



CITTA' DI  
VENEZIA

commessa

# CI 15006 - Demolizione case abbandonate e realizzazione di una piazzetta con Skatepark via Trieste Marghera



**Finanziato  
dall'Unione europea**  
NextGenerationEU

## Progetto esecutivo

committente

**Comune di Venezia**  
**Direzione lavori pubblici**  
**Settore Edilizia Comunale Terraferma**  
Sede di Venezia: San Marco 4136  
Sede di Mestre: Viale Ancona, 63-30170

Il R.U.P.  
**ing. Francesco Dittadi**  
Il Dirigente  
**arch. Aldo Menegazzi**  
Il Direttore  
**ing. Simone Agrondi**

progettazione

**ENRICO DUSI STUDIO**

**Enrico Dusi Studio**  
S.Polo 3083 - 30125 Venezia  
www.enricodusi.com  
mail@enricodusi.com  
T. 041.8227556

progettista  
**arch. Enrico Dusi**  
collaboratori  
**arch. Marta Magnaguagno**



consulente per l'ingegneria

**IBZ S.r.l. - Società di Ingegneria**  
Sede legale: piazza Attilio Rizzo, n. 53  
30027 San Donà di Piave  
info@ibzsrl.it  
T. +39 0421 1545441

referente  
**ing. Alessandro Zuccon**

consulente DNSH e aspetti ambientali

**arch. Matteo Dianese**  
via Risorgimento, 16/B - 30027 - San Donà di Piave (VE)  
m.dianese@studiodianese.it  
T. +39 0421 222553

commessa

**22004**

ambito

**Progetto esecutivo**

codice elaborato

**22004-04\_0F.01\_r00.pdf**

gruppo elaborati

**DOCUMENTI GENERALI**

titolo elaborato

**CAPITOLATO SPECIALE - NORME TECNICHE**

numero elaborato

**0F.01**

revisione

**r00**

rev	data	motivo dell'emissione	eseguito	controllato	approvato
00	04/05/2023		AZ	AZ	ED

## **PARTE SECONDA**

### **SPECIFICAZIONE DELLE PRESCRIZIONI TECNICHE**

<b>ART. 1 CONDIZIONI GENERALI D'ACCETTAZIONE .....</b>	<b>11</b>
<b>ART. 2 NORME GENERALI PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI .....</b>	<b>12</b>
<b>ART. 3 PROVE SUI MATERIALI .....</b>	<b>13</b>
3.1 RILIEVI E SAGGI.....	13
3.2 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DEI LAVORI .....	13
<b>ART. 4 TRACCIAMENTI .....</b>	<b>14</b>
<b>ART. 5 DEMOLIZIONE DI CONGLOMERATI BITUMINOSI .....</b>	<b>15</b>
5.1 FRESATURA .....	15
5.2 SCARIFICA.....	15
<b>ART. 6 DEMOLIZIONI.....</b>	<b>16</b>
<b>ART. 7 IDRODEMOLIZIONI.....</b>	<b>17</b>
7.1 IDRODEMOLIZIONI AUTOMATIZZATE .....	17
7.2 IDRODEMOLIZIONI CON LANCIA.....	18
7.3 CONTROLLO DELLE ACQUE DI SCARICO.....	18
7.4 OPERAZIONI DI CONTROLLO .....	18
<b>ART. 8 PUNTELLAZIONI E SBADACCHIATURE .....</b>	<b>19</b>
8.1 PUNTELLAZIONI IN LEGNO .....	19
8.2 PUNTELLAZIONI DI CARPENTERIA METALLICA .....	19
8.3 PUNTELLAZIONI CON MARTINETTI A VITE .....	19
<b>ART. 9 OPERE PROVVISORIALI.....</b>	<b>21</b>
9.1 PONTEGGI IN LEGNO .....	21
9.2 PONTEGGI METALLICI .....	21
9.3 PUNTELLI .....	22
9.4 CENTINE .....	22
9.5 CESTELLO ELEVATORE .....	22
<b>ART. 10 AGGOTTAMENTI .....</b>	<b>24</b>
10.1 POZZI DI AGGOTTAMENTO.....	24
10.2 PUNTE FILTRANTI WELL POINT .....	27
10.3 TRINCEE DRENANTI.....	29
10.4 DRENI SUB-ORIZZONTALI (MICRODRENI) .....	30
10.5 POZZI DRENANTI.....	31
<b>ART. 11 SCAVI.....</b>	<b>33</b>
11.1 SCAVI DI SBANCAMENTO .....	33
11.2 SCAVI DI FONDAZIONE .....	33
11.3 SCAVI SUBACQUEI E PROSCIUGAMENTI.....	34
11.4 SCAVI PER COSTRUZIONE DI CONDOTTE .....	34
11.5 INTERFERENZE CON SERVIZI PUBBLICI SOTTERRANEI .....	35
<b>ART. 12 REINTERRI E RILEVATI.....</b>	<b>37</b>
12.1 MATERIALE PER RILEVATI ORDINARI .....	37
12.2 MATERIALE PER RINTERRI .....	37
12.3 PREPARAZIONE DELL'AREA .....	38
12.4 RINTERRI IN FONDAZIONE .....	38
12.5 RINTERRI PER LA COSTRUZIONE DI STRUTTURE.....	38
12.6 RENTERRI PER COSTRUZIONE DI CONDOTTE .....	38
12.7 COMPATTAMENTI .....	39
<b>ART. 13 TRASPORTI .....</b>	<b>40</b>
<b>ART. 14 PERFORAZIONE TELEGUIDATA .....</b>	<b>41</b>
<b>ART. 15 VESPAIO DI SOTTOFONDO AERATO CON CASSEFORME MODULARI .....</b>	<b>42</b>
<b>ART. 16 FORMAZIONE DEL PIANO DI POSA DEL RILEVATO STRADALE .....</b>	<b>43</b>
16.1 BONIFICA DEL SOTTOFONDO STRADALE .....	43
16.2 COSTIPAMENTO DEL TERRENO IN SITO.....	43
16.3 STABILIZZAZIONE A CALCE / CEMENTO DI UNA TERRA .....	43
<b>ART. 17 FONDAZIONE STRADALE .....</b>	<b>46</b>
17.1 TOUT VENANT DI CAVA O DI FRANTOIO .....	46
17.2 TOUT VENANT REALIZZATO CON MATERIALE RICICLATO.....	46
17.3 MATERIALI STABILIZZATI.....	46
<b>ART. 18 FONDAZIONE STRADALE IN MISTO CEMENTATO .....</b>	<b>48</b>
18.1 MATERIALI COSTITUENTI LA MISCELA .....	48
18.2 MISCELA .....	49
<b>ART. 19 FONDAZIONE STRADALE IN MISTO GRANULOMETRICAMENTE STABILIZZATO .....</b>	<b>51</b>
<b>ART. 20 CONGLOMERATI BITUMINOSI .....</b>	<b>53</b>
20.1 MATERIALI INERTI .....	53
20.2 LEGANTE .....	54

20.3 MISCELA .....	54
20.4 CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE .....	56
20.5 FORMAZIONE E CONFEZIONE DEGLI IMPASTI .....	56
20.6 TRASPORTO DEGLI IMPASTI.....	56
20.7 POSA IN OPERA DEGLI IMPASTI .....	56
20.8 REQUISITI PRESTAZIONALI DEI CONGLOMERATI BITUMINOSI .....	57
<b>ART. 21 MANTI DI USURA TIPO GAP GRADED CONFEZIONATI A TIEPIDO CONTENENTI FRESATO E ADDITI VATI CON POLIMERI SBR/NR SECONDO PROCESSO DRY .....</b>	<b>59</b>
21.1 AGGREGATI .....	59
21.2 LEGANTE .....	61
21.3 MISCELA .....	61
21.4 CONFEZIONAMENTO DELLA MISCELA .....	63
21.5 PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE DI STESA.....	63
21.6 POSA IN OPERA DELLA MISCELA .....	64
21.7 CONTROLLI.....	64
<b>ART. 22 CERTIFICAZIONI E PROVE SUI PACCHETTI STRADALI.....</b>	<b>67</b>
22.1 DENSITÀ IN SITO .....	69
22.2 PROVE SU PIASTRA .....	70
22.3 VERIFICA DELLO SPESSORE CON CAROTAGGIO .....	71
<b>ART. 23 GIUNTI DI DILATAZIONE STRADALE .....</b>	<b>72</b>
23.1 GIUNTI IN GOMMA - METALLO .....	72
23.2 GIUNTI A PETTINE .....	72
23.3 GIUNTI A PIASTRE METALLICHE .....	72
23.4 GIUNTI AL LAMELLE (PROFILATI) TRASVERSALI .....	72
23.5 ALTRI TIPI DI GIUNTO .....	73
23.6 POSA IN OPERA .....	73
23.7 REQUISITI PRESTAZIONALI.....	74
23.8 MATERIALI - REQUISITI E PENALI .....	75
<b>ART. 24 DIAFRAMMI IN C.A.....</b>	<b>77</b>
24.1 CONGLOMERATI CEMENTIZI .....	77
24.2 FANGHI BENTONITICI .....	77
24.3 FANGHI POLIMERICI BIODEGRADABILI .....	78
24.4 ACCIAIO.....	78
24.5 MODALITA' ESECUTIVE.....	80
24.6 CONTROLLO DELL'ESECUZIONE.....	84
24.7 PROVE DI CARICO.....	84
<b>ART. 25 DIAFRAMMI PLASTICI .....</b>	<b>90</b>
25.1 MURO DI MALTA LIQUIDA .....	90
25.2 MURO DI CALCESTRUZZO PLASTICO .....	90
25.3 MODALITA' ESECUTIVE.....	90
25.4 CONTROLLO DELL'ESECUZIONE.....	91
<b>ART. 26 PALANCOLATE.....</b>	<b>92</b>
26.1 PALANCOLATE METALLICHE .....	92
26.2 PALANCOLATE IN C.A. PREFABBRICATE .....	92
26.3 ATTREZZATURA DI INFISSIONE E ESTRAZIONE .....	94
26.4 INFISSIONE .....	94
26.5 ESTRAZIONE.....	95
26.6 INSTALLAZIONE DI ANCORAGGI .....	95
26.7 IMPERMEABILIZZAZIONE DEI GIUNTI.....	96
26.8 CONTROLLI E DOCUMENTAZIONE .....	96
26.9 REQUISITI SPECIALI.....	97
<b>ART. 27 INIEZIONI .....</b>	<b>98</b>
27.1 MISCELE CEMENTIZIE NORMALI.....	98
27.2 MISCELE CEMENTIZIE CON CEMENTI MICROFINI .....	98
27.3 PERFORAZIONE .....	100
27.4 ALLESTIMENTO DEI FORI DI INIEZIONE .....	100
27.5 PREPARAZIONE DELLA MISCELA .....	101
27.6 INIEZIONE .....	101
27.7 ESECUZIONE DEI TRATTAMENTI.....	101
27.8 CONTROLLI E DOCUMENTAZIONE .....	101
<b>ART. 28 TRATTAMENTI COLONNARI .....</b>	<b>103</b>
28.1 MISCELE CEMENTIZIE DI INIEZIONE .....	103
28.2 TUBI IN ACCIAIO .....	104
28.3 BARRE IN ACCIAI SPECIALI .....	104
28.4 VETRORESINA .....	105
28.5 TRATTAMENTI COLONNARI JETTING .....	107
28.6 TRATTAMENTI COLONNARI MECCANICI (TIPO TURBOJET O EQUIVALENTE) .....	110
28.7 REQUISITI SPECIALI.....	111
<b>ART. 29 PALI INFISSI .....</b>	<b>112</b>
29.1 ARMATURE METALLICHE .....	112

29.2 RIVESTIMENTI METALLICI .....	113
29.3 CONGLOMERATI CEMENTIZI .....	113
29.4 PALI BATTUTI GETTATI IN OPERA CON RIVESTIMENTO DEFINITIVO .....	115
29.5 PALI BATTUTI GETTATI IN OPERA CON TUBO FORMA ESTRAIBILE .....	116
29.6 PALI VIBRO-INFISSI GETTATI IN OPERA CON TUBO FORMA PROVVISORIO .....	117
29.7 PALI BATTUTI PREFABBRICATI .....	117
29.8 SCAPITIZZATURA .....	118
29.9 REQUISITI SPECIALI .....	118
<b>ART. 30 PALI TRIVELLATI .....</b>	<b>119</b>
30.1 ARMATURE METALLICHE .....	119
30.2 RIVESTIMENTI METALLICI .....	120
30.3 CONGLOMERATI CEMENTIZI .....	120
30.4 FANGHI BENTONITICI .....	120
30.5 FANGHI POLIMERICI BIODEGRADABILI .....	122
30.6 PALI TRIVELLATI CON FANGHI BENTONITICI .....	124
30.7 PALI TRIVELLATI CON FANGHI BIODEGRADABILI .....	125
30.8 PALI TRIVELLATI CON RIVESTIMENTO PROVVISORIO .....	125
30.9 PALI TRIVELLATI AD ELICA CONTINUA .....	126
30.10 PALI C.S.P. ....	127
30.11 SCAPITIZZATURA .....	128
30.12 REQUISITI SPECIALI .....	128
<b>ART. 31 PALI ELICOIDALI .....</b>	<b>129</b>
31.1 ARMATURE TUBOLARI .....	129
31.2 MALTE E MISCELE CEMENTIZIE .....	129
<b>ART. 32 PALI FDP .....</b>	<b>131</b>
32.1 CONGLOMERATO CEMENTIZIO .....	132
32.2 ARMATURE METALLICHE .....	132
<b>ART. 33 MICROPALI .....</b>	<b>135</b>
33.1 ARMATURA CON BARRE DI ACCIAIO PER C.A. ....	135
33.2 ARMATURE TUBOLARI .....	135
33.3 ARMATURE CON PROFILATI IN ACCIAIO .....	135
33.4 MALTE E MISCELE CEMENTIZIE .....	135
<b>ART. 34 PROVE SU PALI .....</b>	<b>138</b>
34.1 PROVE DI CARICO ASSIALE .....	139
34.2 PROVE DI CARICO SU PALI STRUMENTATI .....	141
34.3 PROVE DI CARICO LATERALE .....	142
34.4 PROVE NON DISTRUTTIVE .....	142
34.5 PROVE DI CONTROLLO SONICO .....	142
34.6 PROVE DI AMMETTENZA MECCANICA .....	143
34.7 PROVE DI VERTICALITA' DEL PALO .....	143
<b>ART. 35 PROVE SU MICROPALI .....</b>	<b>144</b>
35.1 PROVE DI CARICO ASSIALE .....	144
35.2 PROVE NON DISTRUTTIVE .....	145
<b>ART. 36 OPERE IN CARPENTERIA METALLICA .....</b>	<b>147</b>
36.1 ACCIAIO FUSO IN GETTI .....	147
36.2 ACCIAI PER CARPENTERIA METALLICA .....	147
36.3 ACCIAI PER CARPENTERIA METALLICA IN ZONA SISMICA .....	148
36.4 BULLONI, DADI E BARRE FILETTATE .....	148
36.5 BULLONI PER GIUNZIONI AD ATTRITO .....	148
36.6 ACCIAIO COR-TEN .....	149
36.7 CAVI DI POST TENSIONE .....	151
36.8 GHISA .....	151
36.9 CHIUSINI, CADITOIE E GRIGLIE IN GHISA .....	151
36.10 LAMIERA ONDULATA PER I MANUFATTI TUBOLARI METALLICI E PER LE BARRIERE GUARDASTRADA .....	151
36.11 LAMIERA GRECATA .....	152
36.12 ALLUMINIO, LEGHE E PRODOTTI .....	152
36.13 ALLUMINIO ANODIZZATO .....	152
36.14 PRESCRIZIONI SPECIFICHE SULLE SALDATURE .....	153
36.15 PULITURA .....	154
36.16 MODALITA' DI ESECUZIONE .....	154
36.17 MONTAGGIO .....	154
36.18 PPRESCRIZIONI PARTICOLARI PER GLI ELEMENTI ZINCATI .....	155
36.19 TOLLERANZA .....	155
36.20 MESSA A TERRA .....	155
36.21 MODALITA' DI CONSERVAZIONE E CURA .....	155
36.22 PROVE DI CONTROLLO IN FASE ESECUTIVA .....	155
<b>ART. 37 ZINCATURA DI OPERE IN ACCIAIO .....</b>	<b>157</b>
37.1 PREPARAZIONE SUPERFICI / ELEMENTI .....	158
37.2 MODALITA' DI ESECUZIONE .....	158
37.3 SPESSORE DEL RIVESTIMENTO E CORROSIONE .....	158

37.4 RIPARAZIONI .....	159
37.5 CERTIFICAZIONI E PROVE .....	159
37.6 ZINCATURA DI LAMIERE .....	159
<b>ART. 38 OPERE IN ACCIAIO INOX .....</b>	<b>160</b>
<b>ART. 39 MANUFATTI IN ACCIAIO .....</b>	<b>162</b>
39.1 STRUTTURA IN LAMIERA GRECATA .....	162
39.2 PANNELLI SANDWICH .....	162
39.3 PANNELLI DI TAMPONAMENTO LATERALE .....	164
39.4 ROTAIE .....	164
39.5 PESA TIPO BURIMEC SERIE M/E .....	165
39.6 PARETI IN PANNELLI TIPO ORSOGRIL .....	165
39.7 DOGHE DI RIVESTIMENTO IN ALLUMINIO PREVERNICIATO .....	165
39.8 SCOSSALINE/COPERTINE IN LAMIERA DI ALLUMINIO .....	165
39.9 COPRIGIUNTI IN ALLUMINIO .....	165
<b>ART. 40 DISPOSITIVI ANTISISMICI .....</b>	<b>166</b>
40.1 DISPOSITIVI A COMPORTAMENTO LINEARE .....	166
40.2 DISPOSITIVI A COMPORTAMENTO NON LINEARE .....	166
40.3 DISPOSITIVI A COMPORTAMENTO VISCOSO .....	167
40.4 ISOLATORI ELASTOMERICI .....	168
40.5 ISOLATORI A SCORRIMENTO .....	169
40.6 DISPOSITIVI A VINCOLO RIGIDO DEL TIPO A FUSIBILE .....	170
40.7 DISPOSITIVI (DINAMICI) DI VINCOLO PROVVISORIO .....	171
<b>ART. 41 LEGNAME .....</b>	<b>173</b>
41.1 LEGNO LAMELLARE .....	173
41.2 SISTEMA DI FONDAZIONE PER EDIFICI A STRUTTURA LEGGERA IN LEGNO .....	173
41.3 PANNELLI IN LEGNO A STRATI INCROCIATI .....	174
41.4 PANNELLI A SCAGLIE ORIENTATE (OSB) .....	175
41.5 INSTALLAZIONE DI SISTEMA DI FONDAZIONE PER EDIFICI A STRUTTURA LEGGERA IN LEGNO .....	175
41.6 INSTALLAZIONE DI PANNELLI IN LEGNO A STRATI INCROCIATI .....	175
<b>ART. 42 CASSEFORME PER CONGLOMERATI CEMENTIZI E DISARMO .....</b>	<b>177</b>
42.1 CASSERI PER CONTENIMENTO CONTROSPINTA .....	177
42.2 RETE FERMAGETTO TIPO NERVO-METAL® O PERNERVO-METAL® .....	177
42.3 MATRICI PER GETTI A VISTA .....	178
42.4 CASSEFORME PER CALCESTRUZZO TIPO SCC .....	179
42.5 MATRICI PER GETTI A VISTA .....	179
<b>ART. 43 CONGLOMERATI CEMENTIZI SEMPLICI E ARMATI .....</b>	<b>181</b>
43.1 ACQUA .....	181
43.2 LEGANTI IDRAULICI .....	181
43.3 GHIAIA - PIETRISCO - SABBIA .....	182
43.4 INERTI LEGGERI - POMICE - ARGILLA ESPANSA - POLISTIROLO ESPANSO .....	183
43.5 ADDITIVI .....	184
43.6 RESISTENZE DEI CALCESTRUZZI .....	184
43.7 CONFEZIONE E TRASPORTO DEL CALCESTRUZZO .....	185
43.8 POSA IN OPERA .....	185
43.9 GETTI A BASSA TEMPERATURA .....	186
43.10 GETTI DI ACQUA .....	186
43.11 CONGLOMERATI CEMENTIZI PRECONFEZIONATI .....	186
43.12 GETTI DI CALCESTRUZZO DA DILAVARE SUPERFICIALMENTE .....	186
43.13 CONTROLLI E COLLAUDO .....	187
<b>ART. 44 CALCESTRUZZO TIPO SCC .....</b>	<b>188</b>
44.1 CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO .....	188
44.2 ITER DI QUALIFICA DEL CALCESTRUZZO .....	189
<b>ART. 45 CALCESTRUZZO SPRUZZATO .....</b>	<b>191</b>
45.1 ACQUA DI IMPASTO .....	192
45.2 CEMENTO .....	192
45.3 CENERI VOLANTI E FUMI DI SILICE .....	192
45.4 AGGREGATI .....	192
45.5 CALCESTRUZZO SPRUZZATO PER VIA UMIDA .....	192
45.6 ADDITIVAZIONE DEL CALCESTRUZZO PROIETTATO .....	192
45.7 CLASSIFICAZIONE .....	193
45.8 MISCELE .....	194
45.9 PRESCRIZIONI PER IL CALCESTRUZZO .....	194
<b>ART. 46 CONGLOMERATI IN RESINA SINTETICA .....</b>	<b>195</b>
<b>ART. 47 ACCIAIO PER C.A. ....</b>	<b>196</b>
<b>ART. 48 ANCORAGGI PER CALCESTRUZZO .....</b>	<b>198</b>
48.1 VITI PER CALCESTRUZZO .....	198
48.2 TASSELLI MECCANICI .....	198
48.3 TASSELLI A CALZA PER ANCORANTI CHIMICI .....	198
48.4 BARRE AD ADERENZA MIGLIORATA .....	198
48.5 RESINE .....	198

48.6 RESINE EPOSSIDICHE .....	199
48.7 RESINE POLIESTERI .....	200
48.8 RESINE VINILESTERI .....	200
48.9 SABBIE, INERTI E CARICHE PER RESINE .....	200
48.10 RINFORZANTI PER RESINE .....	200
48.11 INGHISAGGI .....	201
<b>ART. 49 RINFORZI CON FIBRE DI CARBONIO E FIBRE DI VETRO .....</b>	<b>202</b>
49.1 FIBRA DI VETRO (GFRP) .....	202
49.2 FIBRA DI CARBONIO (CFRP) .....	202
49.3 RESINE .....	203
49.4 MODALITA' DI APPLICAZIONE .....	204
49.5 CONTROLLO DELL'ESECUZIONE .....	206
<b>ART. 50 RINFORZO CON RETE IN FIBRE DI VETRO .....</b>	<b>208</b>
<b>ART. 51 RINFORZO STRUTTURALE FRM .....</b>	<b>209</b>
51.1 RETE IN FIBRA DI PBO BIDIREZIONALE A MATRICE INORGANICA ECOCOMPATIBILE .....	209
51.2 CONNESSIONE CON FIBRE DI PBO UNIDIREZIONALE IN MATRICE INORGANICA ECOCOMPATIBILE .....	209
51.3 FINITURA A INTONACO .....	210
<b>ART. 52 RINFORZO STRUTTURALE CON SISTEMA RETICOLA .....</b>	<b>211</b>
52.1 TREFOLO .....	211
52.2 CONNETTORE NON PASSANTE .....	211
52.3 CONNETTORE PASSANTE .....	211
52.4 MALTA .....	211
52.5 MALTA FIBRORINFORZATA .....	212
52.6 ACCESSORI .....	213
52.7 SISTEMA NON PASSANTE .....	214
52.8 SISTEMA PASSANTE .....	215
<b>ART. 53 TUBAZIONI E POZZETTI PREFABBRICATI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO .....</b>	<b>216</b>
53.1 TUBAZIONI .....	216
53.2 POZZETTI .....	218
53.3 CHIUSINI PER CAMERETTE .....	219
53.4 FOSSA TIPO IMHOFF .....	219
53.5 POSA E FISSAGGIO TUBAZIONI .....	220
53.6 POSA POZZETTI .....	221
53.7 POSA CHIUSINI PER CAMERETTE .....	221
53.1 POSA FOSSA IMHOFF .....	221
<b>ART. 54 MANUFATTI E COMPONENTI PREFABBRICATI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E CONGLOMERATO CEMENTIZIO PRECOMPRESSO .....</b>	<b>223</b>
54.1 LASTRE PREDALLES .....	224
54.2 PRODOTTI PREFABBRICATI NON SOGGETTI A MARCATURA CE .....	224
54.3 APPOGGI .....	224
54.4 MONTAGGIO .....	225
54.5 REALIZZAZIONE DELLE UNIONI E DEI GIUNTI .....	225
54.6 CONTROLLO E ACCETTAZIONE .....	225
<b>ART. 55 MALTE .....</b>	<b>227</b>
55.1 MALTE .....	227
55.2 MALTE PRECONFEZIONATE .....	227
55.3 MALTA ANTIRITIRO .....	227
55.4 MALTA ANTIRITIRO FIBRORINFORZATA .....	228
55.5 MALTA ANTIRITIRO FIBRORINFORZATA COLABILE .....	229
55.6 APPLICAZIONE MALTA ANTIRITIRO FIBRORINFORZATA .....	230
55.7 APPLICAZIONE MALTA ANTIRITIRO FIBRORINFORZATA COLABILE .....	231
<b>ART. 56 RIPRISTINO E PROTEZIONE DELLE STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO .....</b>	<b>232</b>
56.1 PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DEI CALCESTRUZZI E DELLE ARMATURE METALLICHE .....	232
56.2 SABBIAZIONE DI ARMATURE .....	232
56.3 RICOSTRUZIONE DI ARMATURE .....	232
56.4 PASSIVAZIONE E RIPRISTINO DELLE ARMATURE METALLICHE .....	233
56.5 INCOLLAGGIO DELLE BARRE DI ACCIAIO AL CALCESTRUZZO .....	233
56.6 CONSOLIDAMENTO CALCESTRUZZI INCOERENTI PER MANCANZA DI LEGANTI .....	233
56.7 RICOSTITUZIONE DEL COPRIFERRO E RIPRISTINO VOLUMETRICO .....	233
56.8 RIPRISTINO DI FESSURAZIONI MEDIANTE INIEZIONI DI RESINE .....	234
56.9 PROTEZIONE DEI CALCESTRUZZI RISANATI .....	235
56.10 TINTEGGIATURA DEI CALCESTRUZZI RISANATI .....	235
<b>ART. 57 MURATURE DI MATTONI E IN PIETRA .....</b>	<b>237</b>
57.1 MATERIALI LATERIZI .....	237
57.2 ELEMENTI DI LATERIZIO E CALCESTRUZZO .....	237
57.3 ELEMENTI RESISTENTI NATURALI .....	237
57.4 MANUFATTI IN PIETRA ARTIFICIALE .....	237
57.5 ESECUZIONE DI MURATURE IN GENERE .....	238
57.6 ESECUZIONE DI MURATURE PORTANTI .....	238
57.7 ESECUZIONE DI MURATURE IN PIETRE .....	239

57.8 ESECUZIONE DI MURATURE IN BRECCIA .....	239
<b>ART. 58 MURATURA ARMATA .....</b>	<b>241</b>
58.1 POSA IN OPERA DEI BLOCCHI .....	241
58.2 DISPOSIZIONE DELLE ARMATURE .....	242
<b>ART. 59 MURATURE IN BLOCCHI CASSERO IN LEGNO CEMENTO .....</b>	<b>243</b>
<b>ART. 60 MURATURE IN MODULI CASSERO PREFABBRICATI .....</b>	<b>246</b>
<b>ART. 61 DEUMIDIFICAZIONE DELLE MURATURE.....</b>	<b>249</b>
61.1 IMPREGNANTI AD EFFETTO IDROFOBIZZANTE .....	249
61.2 IMPREGNANTI CONTRO LA FORMAZIONE DI EFFLORESCENZE SALINE .....	249
61.3 IMPREGNANTI PER INTERVENTI DI DEUMIDIFICAZIONE .....	250
61.4 IMPREGNANTI AD EFFETTO CONSOLIDANTE .....	250
61.5 DEUMIDIFICAZIONE DELLE MURATURE MEDIANTE INIEZIONE DI SOSTANZE IDROFOBIZZANTI .....	251
61.6 DEUMIDIFICAZIONE MEDIANTE TAGLI CONTIGUI A SEZIONE CIRCOLARE ED INSERIMENTO NELLA MURATURA DI CONGLOMERATI IN RESINA.....	252
61.7 UTILIZZO DI INTONACI IDROFUGHI .....	252
61.8 ELIMINAZIONE DELLE EFFLORESCENZE SALINE .....	252
61.9 MODALITÀ DI PROVA, CONTROLLO E COLLAUDO .....	253
<b>ART. 62 CONSOLIDAMENTO DELLE MURATURE .....</b>	<b>254</b>
62.1 CONSOLIDAMENTO SUPERFICIALE .....	254
62.2 CONSOLIDAMENTO MEDIANTE INIEZIONI .....	254
62.3 RIPRISTINO DI MURATURE CON LA TECNICA DEL SCUCI-CUCI .....	254
62.4 RISTILATURA ARMATA CON BARRE ELICOIDALI IN ACCIAIO INOX .....	255
62.5 RAFFORZAMENTO DI MURATURE MEDIANTE L'APPLICAZIONE DI TIRANTATURE DIFFUSE IN ACCIAIO INOX .....	255
62.6 RINFORZO DI MURATURE MEDIANTE PLACCAGGIO CON FASCE IN FIBRA DI ACCIAIO GALVANIZZATO .....	256
62.7 INTONACO ARMATO .....	258
62.8 BETONCINO STRUTTURALE DI CONSOLIDAMENTO .....	258
62.9 INTEGRAZIONE E RIPRISTINO DI MANUFATTI IN MATTONI A VISTA AVENTI VALENZA STORICA .....	259
<b>ART. 63 RESTAURO DELLE FACCIATE ESTERNE .....</b>	<b>260</b>
63.1 OPERAZIONI PRELIMINARI .....	260
63.2 PULIZIA E TRATTAMENTO BIOCIDA .....	260
63.3 STUCCATURA .....	260
63.4 RESTAURO DI STUCCHI E DECORAZIONI .....	260
63.5 RESTAURO DI PITTURE .....	262
63.6 RIMOZIONE COMPLETA DI INTONACI A BASE CEMENTIZIA .....	263
63.7 PRECONSOLIDAMENTO .....	263
63.8 CONSOLIDAMENTO .....	263
63.9 CONSOLIDAMENTO MEDIANTE INIEZIONI .....	264
63.10 RASATURA A CALCE .....	265
63.11 FINITURA SUPERFICIALE A BASE DI SILICATI DI POTASSIO .....	266
63.12 PROTEZIONE SUPERFICIALE .....	266
63.13 PROTEZIONE IDROREPELLENTE .....	266
<b>ART. 64 RESTAURO DEGLI ELEMENTI METALLICI .....</b>	<b>268</b>
<b>ART. 65 ISOLAMENTO .....</b>	<b>269</b>
65.1 PANNELLI ISOLANTI IN LANA DI ROCCIA PER PARETI DIVISORIE E COPERTURE .....	270
65.2 MATERASSINI ISOLANTI IN LANA DI ROCCIA .....	270
65.3 PANNELLI ISOLANTI IN EPS .....	270
65.4 PANNELLI ISOLANTI IN POLISTIRENE ESTRUSO AD ALTA DENSITÀ .....	270
65.5 POSA PANNELLI ISOLANTI .....	270
65.6 POSA MATERASSINI ISOLANTI IN LANA DI ROCCIA .....	271
<b>ART. 66 ISOLAMENTO MEDIANTE INSUFFLAGGIO DI CELLULOSA .....</b>	<b>272</b>
66.1 FIBRA DI CELLULOSA .....	272
66.2 MACCHINA PER INSUFFLARE .....	272
<b>ART. 67 ISOLAMENTO A CAPPOTTO .....</b>	<b>275</b>
<b>ART. 68 IMPERMEABILIZZAZIONE.....</b>	<b>280</b>
68.1 MEMBRANA BUGNATA .....	280
68.2 MEMBRANA BENTONITICA.....	280
68.3 MEMBRANA BITMINOSA.....	280
68.4 MEMBRANA BITUMINOSA CHIARA .....	281
68.5 MALTA CEMENTIZIA IMPERMEABILIZZANTE .....	281
68.6 PRIMER IMPERMEABILIZZANTE .....	282
68.7 GIUNTO BENTONITICO .....	282
68.8 GIUNTO WATERSTOP.....	282
68.9 GIUNTO RE-INIETTABILE .....	283
68.10 TELO BENTONITICO .....	283
<b>ART. 69 IMPERMEABILIZZAZIONE DI PAVIMENTAZIONI ESTERNE IN CALCESTRUZZO CON RIVESTIMENTO POLIURETANICO.....</b>	<b>285</b>
69.1 BANDA ADESIVA IN GOMMA .....	285
69.2 TNT IN POLIESTERE.....	285
69.3 PRIMER.....	285
69.4 IMPERMEABILIZZANTE.....	286

69.5 FINITURA .....	286
69.6 PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE .....	286
69.7 MANO DI AGGANGIO .....	287
69.8 IMPERMEABILIZZAZIONE .....	287
69.9 FINITURA .....	287
69.10 ARMATURA DI RINFORZO .....	288
<b>ART. 70 INTONACI .....</b>	<b>289</b>
70.1 INTONACO GREZZO O ARRICCITURA .....	289
70.2 INTONACO COMUNE O CIVILE .....	289
70.3 INTONACHINO DI FINITURA A MARMORINO .....	289
70.4 INTONACI COLORATI .....	289
70.5 INTONACO A STUCCO .....	289
70.6 INTONACO A STUCCO LUCIDO .....	290
70.7 RABBOCCATURE .....	290
70.8 RINZAFFO CON FUNZIONE ANTISALE .....	290
70.9 INTONACO MINERALE PREMISCELATO FIBRORINFORZATO .....	290
70.10 INTONACO DEUMIDIFICANTE .....	290
70.11 INTONACHINO DI FINITURA A BASE DI CALCE IDRAULICA NATURALE .....	290
70.12 INTONACO INTUMESCENTE .....	290
<b>ART. 71 PITTURE E VERNICI .....</b>	<b>293</b>
71.1 OLIO DI LINO COTTO .....	293
71.2 ACQUARAGIA (ESSENZA DI TREMENTINA) .....	293
71.3 BIANCA .....	293
71.4 BIANCO DI ZINCO .....	293
71.5 MINIO .....	293
71.6 LATTE DI CALCE .....	293
71.7 COLORI ALL'ACQUA, A COLLA O AD OLIO .....	293
71.8 VERNICI .....	293
71.9 ENCAUSTICI .....	293
71.10 SMALTI .....	293
71.11 PITTURE AD OLIO ED OLEOSINTETICHE .....	293
71.12 PITTURE ALL'ACQUA (IDROPITTURE) .....	294
71.13 TEMPERE .....	294
71.14 TINTE A CALCE .....	294
71.15 PITTURE AI SILICATI .....	294
71.16 PITTURE CEMENTIZIE .....	294
71.17 PITTURE EMULSIONATE .....	294
71.18 PITTURE E SMALTI DI RESINE SINTETICHE .....	294
71.19 PITTURE ANTICARBONATAZIONE .....	294
71.20 PITTURE ANTIRUGGINE E ANTICORROSIVE .....	294
71.21 VERNICE INTUMESCENTE .....	294
71.22 TINTEGGIATURA A CALCE .....	295
71.23 TINTEGGIATURA A COLLA E GESSO .....	295
71.24 PITTURA PER ESTERNI AI SILICATI .....	295
71.25 PITTURA ANTIMUFFA PER INTERNI AI SILICATI .....	296
71.26 VERNICIATURE AD OLIO .....	296
71.27 VERNICIATURE A SMALTO COMUNE .....	297
71.28 VERNICIATURE CON VERNICI PIETRIFICANTI E LAVABILI A BASE DI BIANCO DI TITANIO (TIPO CEMENTITE O SIMILI), SU INTONACI: .....	297
71.29 APPLICAZIONE DI PROTETTIVI ANTINCENDIO .....	297
71.30 VERNICIATURE DI SUPERFICI IN CALCESTRUZZO .....	297
71.31 VERNICIATURE ANTICARBONATAZIONE DI SUPERFICI IN CALCESTRUZZO .....	298
71.32 ZINCATURA A FREDDO DI ELEMENTI IN ACCIAIO .....	298
71.33 VERNICIATURA ANTICORROSIVA DI ELEMENTI IN ACCIAIO .....	299
<b>ART. 72 OPERE IN MATERIALI LAPIDEI (PIETRA DA TAGLIO, MARMO E PIETRA NATURALE) .....</b>	<b>303</b>
<b>ART. 73 PULITURA DEI MATERIALI LAPIDEI (O ALTRE SUPERFICI) .....</b>	<b>305</b>
73.1 PRODOTTI .....	305
73.2 PULITURA CON ACQUA E AMMONIO .....	307
73.3 PULITURA CON ACQUA .....	307
73.4 PULITURA CON ACQUA DEMINERALIZZATA NEBULIZZATA .....	307
73.5 PULITURA CON INTERVENTO MICRO-ABRASIVO .....	308
73.6 SISTEMI DI TIPO MECCANICO .....	308
73.7 TRATTAMENTO BIOCIDIA .....	308
73.8 IMPACCHI DI COMPOSTO A BASE DI BICARBONATO D'AMMONIO .....	308
<b>ART. 74 RESTAURO CONSERVATIVO DEI MATERIALI LAPIDEI .....</b>	<b>309</b>
74.1 ASPORTAZIONE STUCCATURE .....	309
74.2 PRECONSOLIDAMENTO .....	309
74.3 TASSELLATURA .....	309
74.4 STUCCATURA .....	309
74.5 PIGMENTAZIONE STUCCATURE .....	310
74.6 PROTEZIONE SUPERFICIALE .....	310

74.7 ROCCIA RIGENERATA.....	310
<b>ART. 75 PAVIMENTAZIONI IN PORFIDO .....</b>	<b>311</b>
75.1 CUBETTI .....	311
75.2 PIASTRELLE .....	311
75.3 LASTRE IRREGOLARI (OPUS INCERTUM) .....	312
75.4 BINDERI .....	312
75.5 CORDONI .....	312
75.6 SOGLIE CARRAIE - PLINTI - BOCHE DI LUPO .....	313
75.7 POSA IN OPERA DI CUBETTI.....	313
75.8 POSA IN OPERA DI PIASTRELLE REGOLARI.....	313
75.9 POSA IN OPERA DI LASTRE IRREGOLARI AD OPERA INCERTA .....	314
75.10 POSA IN OPERA DI CORDONI E BINDERI .....	314
75.11 POSA IN OPERA DI SMOLLERI .....	314
75.12 POSA IN OPERA DEGLI ALTRI ELEMENTI IN PORFIDO.....	314
75.13 RIPARAZIONI E RIPRISTINI .....	314
<b>ART. 76 PAVIMENTAZIONI IN MASSELI DI CALCESTRUZZO, CORDONATE, ACCIOTTOLATI E SELCIATI .....</b>	<b>315</b>
76.1 CUBETTI IN PIETRA .....	315
76.2 MATTONELLE E MARMETTE DI CEMENTO .....	315
76.3 MASSELI DI CALCESTRUZZO .....	315
76.4 PIETRINI IN CEMENTO .....	315
76.5 PIETRINI E MATTONELLE DI TERRACOTTA GREIFICATE .....	315
76.6 PEZZAMI PER PAVIMENTI A BOLLETTONATO .....	315
76.7 CORDONATA IN PIETRA .....	315
76.8 CORDONATA IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO VIBRO-COMPRESSO .....	316
76.9 CORDONATA IN CEMENTO .....	316
76.10 CIOTTOLI PER SELCIATI.....	316
76.11 MARCIAPIEDI RIALZATI.....	316
76.12 ACCIOTTOLATI .....	316
76.13 SELCIATI.....	316
76.14 PAVIMENTAZIONI DIVERSE.....	316
<b>ART. 77 PAVIMENTAZIONI INTERNE.....</b>	<b>318</b>
77.1 PAVIMENTI IN GRES.....	318
77.2 ADESIVI PER PAVIMENTAZIONI .....	318
77.3 GRANIGLIA PER PAVIMENTI ALLA VENEZIANA.....	319
77.4 MASSETTO DI ALLEGGERIMENTO.....	319
77.5 MASSETTO DI SOTTOFONDO.....	319
77.6 PREPARAZIONE DEL PIANO DI POSA.....	320
77.7 RASATURA PER LIVELLAMENTO DI FONDI PER POSA DI PAVIMENTO IN LINOLEUM .....	320
77.8 MALTA CEMENTIZIA TISSOTROPICA FIBRORINFORZATA LIVELLANTE.....	320
77.9 POSA IN OPERA .....	320
77.10 GIUNTI.....	321
77.11 SIGILLATURE E STUCCATURE .....	321
77.12 PAVIMENTI IN PIASTRELLE E PEZZI SPECIALI IN GRES FINE PORCELLANATO .....	321
77.13 PAVIMENTAZIONE IN PIETRA DA TAGLIO.....	321
77.14 PAVIMENTI IN PIASTRELLE DI CERAMICA MONOCOTTURA.....	322
77.15 PAVIMENTI IN LINOLEUM .....	322
77.16 PAVIMENTI IN PVC.....	322
77.17 TRATTAMENTO OLEO-IDRICO REPELLENTE ANTIMACCHIA PER SUPERFICI IN CALCESTRUZZO .....	322
77.18 PAVIMENTI IN GETTO DI CEMENTO .....	322
77.19 PAVIMENTAZIONE INDUSTRIALE .....	322
77.20 SPOLVERO DI QUARZO .....	323
77.21 PAVIMENTO SOPRAELEVATO .....	323
<b>ART. 78 RIVESTIMENTI DI PARETI .....</b>	<b>324</b>
<b>ART. 79 GIUNTI DI DILATAZIONE .....</b>	<b>325</b>
79.1 ALLUMINIO .....	325
79.2 INSERTI .....	325
79.3 INSTALLAZIONE GIUNTI PER PAVIMENTI.....	326
79.4 INSTALLAZIONE GIUNTI PER PARETI E SOFFITTI.....	327
79.5 INSTALLAZIONE GIUNTI DI SEZIONAMENTO .....	329
<b>ART. 80 LATTONERIE .....</b>	<b>330</b>
80.1 LATTONERIE IN ALLUMINIO.....	330
80.2 LATTONERIE IN ACCIAIO .....	331
<b>ART. 81 FRANGISOLE IN LEGA DI ALLUMINIO .....</b>	<b>333</b>
<b>ART. 82 SERRAMENTI ESTERNI IN ALLUMINIO.....</b>	<b>334</b>
82.1 MATERIALI E FINITURA SUPERFICIALE .....	334
82.2 CARATTERISTICHE TECNICHE .....	336
82.3 ACCESSORI .....	336
82.4 FABBRICAZIONE E MONTAGGIO .....	337
82.5 ISPEZIONI, PROVE E COLLAUDO FINALE .....	337
<b>ART. 83 SERRAMENTI ESTERNI IN ACCIAIO .....</b>	<b>338</b>

83.1 MATERIALI E FINITURA SUPERFICIALE .....	338
83.2 ACCESSORI .....	340
83.3 FABBRICAZIONE E MONTAGGIO .....	340
83.4 ISPEZIONI, PROVE E COLLAUDO FINALE .....	340
<b>ART. 84 SERRAMENTI ESTERNI IN PVC .....</b>	<b>341</b>
84.1 MATERIALI E FINITURA SUPERFICIALE .....	341
84.2 COSTRUZIONE DEL PROFILO .....	342
84.3 FERRAMENTA .....	342
84.4 VETRAGGIO .....	343
84.5 FABBRICAZIONE E MONTAGGIO .....	344
84.6 STATICA .....	344
84.7 ISPEZIONI, PROVE E COLLAUDO FINALE .....	344
<b>ART. 85 SERRAMENTI ESTERNI IN ACCIAIO NON A TAGLIO TERMICO .....</b>	<b>345</b>
85.1 MATERIALI E FINITURA SUPERFICIALE .....	345
85.2 ACCESSORI .....	347
85.3 FABBRICAZIONE E MONTAGGIO .....	347
85.4 ISPEZIONI, PROVE E COLLAUDO FINALE .....	347
<b>ART. 86 EVACUATORI DI FUMO .....</b>	<b>348</b>
86.1 MATERIALI .....	348
86.2 CERTIFICAZIONI .....	349
86.3 COLLAUDO .....	349
<b>ART. 87 OPERE IN VETRO E IN POLICARBONATO .....</b>	<b>350</b>
87.1 LASTRE IN VETRO .....	350
87.2 LASTRE IN POLICARBONATO COMPATTO .....	350
87.3 LASTRE IN POLICARBONATO ALVEOLARE .....	350
87.4 PELLICOLA DI SICUREZZA .....	351
<b>ART. 88 PORTONI AD IMPACCHETTAMENTO .....</b>	<b>352</b>
88.1 MATERIALI .....	352
88.2 CARICO DEL VENTO .....	353
88.3 FUNZIONAMENTO .....	354
<b>ART. 89 PORTE INTERNE TAGLIAFUOCO IN ACCIAIO .....</b>	<b>355</b>
89.1 MATERIALI .....	355
89.2 MODALITÀ DI ESECUZIONE .....	355
89.3 MODALITÀ DI CONSERVAZIONE .....	356
89.4 CERTIFICAZIONI .....	356
<b>ART. 90 PORTE INTERNE .....</b>	<b>357</b>
90.1 MATERIALI .....	357
90.2 MODALITÀ DI ESECUZIONE .....	357
90.3 CAMPIONATURE .....	358
<b>ART. 91 PARETI CON PANNELLI IN HPL .....</b>	<b>359</b>
<b>ART. 92 PARETI IN CARTONGESSO .....</b>	<b>360</b>
92.1 ORDITURE METALLICHE .....	360
92.2 LASTRE DI GESSO .....	360
92.3 LASTRE ANTINCENDIO .....	361
92.4 POSA IN OPERA .....	362
92.5 TIPOLOGIE DI PARETI DA REALIZZARE .....	363
<b>ART. 93 CONTROSOFFITTI .....</b>	<b>366</b>
93.1 MATERIALI .....	366
93.2 MODALITÀ DI ESECUZIONE .....	366
93.3 POSA IN OPERA .....	367
93.4 TIPOLOGIE DI CONTROSOFFITTO .....	367
93.5 MODALITÀ DI CONSERVAZIONE E CURA .....	369
<b>ART. 94 IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO .....</b>	<b>370</b>
94.1 ASCENSORI .....	370
94.2 PIATTAFORME ELEVATRICI .....	373
94.3 INSTALLAZIONE ASCENSORI .....	373
94.4 INSTALLAZIONE PIATTAFORME ELEVATRICI .....	374
<b>ART. 95 OPERE A VERDE .....</b>	<b>375</b>
95.1 TERRENO VEGETALE .....	375
95.2 CONCIMI .....	375
95.3 MATERIALE PER PIANTUMAZIONE .....	375
95.4 SEMENZE .....	375
95.5 ZOLLE .....	375
95.6 PALETTI .....	375
95.7 NONTESUTI .....	375
95.8 GEOGRIGLIE .....	375
95.9 GEORETI .....	375
95.10 GRIGLIE SALVAPRATO .....	375
95.11 FORMAZIONE TETTO VERDE .....	376
95.12 SEMINA DI MANTO ERBOSO .....	376

95.13 FORMAZIONE PRATO ARMATO .....	377
95.14 FORMAZIONE GIARDINO ROCCIOSO .....	377
95.15 MESSA A DIMORA DI PIANTE .....	377
<b>ART. 96 SEGNALETICA E ELEMENTI INDICATORI.....</b>	<b>378</b>
96.1 SEGNALETICA ORIZZONTALE .....	378
96.2 SEGNALETICA VERTICALE .....	379
96.3 ELEMENTI INDICATORI .....	380
<b>ART. 97 BARRIERE STRADALI .....</b>	<b>382</b>
97.1 CARATTERISTICHE DELLE BARRIERE DI SICUREZZA IN ACCIAIO .....	382
97.2 GENERALITÀ .....	383
97.3 OMOLOGAZIONE DELLE BARRIERE E DEI DISPOSITIVI .....	383
97.4 CONFORMITÀ DEI DISPOSITIVI DI RITENUTA NELLE COSTRUZIONI STRADALI E LORO INSTALLAZIONE .....	383
97.5 CRITERI DI SCELTA DEI DISPOSITIVI DI SICUREZZA STRADALE .....	383
97.6 PROVE TECNICHE (STATICHE DINAMICHE) SULLE BARRIERE .....	384
<b>ART. 98 BARRIERE ACUSTICHE .....</b>	<b>385</b>
98.1 PREQUALIFICA DEL SISTEMA ANTIRUMORE.....	385
98.2 PROVE ACUSTICHE .....	385
98.3 CARATTERISTICHE ACUSTICHE .....	386
98.4 CARATTERISTICHE GENERALI .....	386
98.5 PANNELLI .....	386
98.6 VERNICIATURE .....	388
98.7 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE.....	391
98.8 MONTAGGIO.....	392
98.9 VERIFICA ACUSTICA DELLA BARRIERA ANTIRUMORE .....	392
<b>ART. 99 MANUFATTI PER IL SOSTEGNO E RINFORZO DEL TERRENO .....</b>	<b>393</b>
99.1 CHIODATURE.....	393
99.2 PANNELLI IN FUNE PER PROTEZIONE ZONA FRANOSA .....	394
<b>ART. 100 IMPIANTO DI TRATTAMENTO ACQUE METEORICHE .....</b>	<b>395</b>
100.1 IMPIANTO DI TRATTAMENTO ACQUE METEORICHE DELLA CAPACITÀ FINO A 120 L/S .....	395
100.2 STAZIONE DI SOLLEVAMENTO DA UBICARE ALL'INTERNO DELL'IMPIANTO DI TRATTAMENTO PER UNA PORTATA COMPLESSIVA DI L/S 120 .....	395
<b>ART. 101 IMPIANTO MECCANICO .....</b>	<b>398</b>
101.1 NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO.....	398
101.2 PROCEDURE PER IL COLLAUDO DEGLI IMPIANTI.....	399
101.3 REQUISITI DELLE APPARECCHIATURE .....	400
<b>ART. 102 IMPIANTO ELETTRICO.....</b>	<b>407</b>
102.1 REQUISITI DI RISPONDEZZA A NORME, LEGGI, REGOLAMENTI .....	407
102.2 DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI E MISURE DI SICUREZZA .....	407
102.3 PRESCRIZIONI RIGUARDANTI I CIRCUITI.....	407
102.4 TUBI PROTETTIVI PERCORSO TUBAZIONI, CASSETTE DI DERIVAZIONE .....	408
102.5 POSA DI CAVIDOTTI INTERRATI .....	408
102.6 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI .....	409

**Art. 1 CONDIZIONI GENERALI D'ACCETTAZIONE**

I materiali da impiegare per i lavori di cui all'appalto dovranno corrispondere, come caratteristiche, a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia e nei successivi appositi articoli; in mancanza di particolari prescrizioni dovranno essere delle migliori qualità esistenti in commercio e dovranno soddisfare i requisiti richiesti dall'Elenco Prezzi.

**Tutti i materiali e le lavorazioni dovranno inoltre essere rispondenti a quanto indicato nel D.M. 11/10/2017, recante i "Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici". Si rimanda al documento PE.DG.017.00 – CAM – verifica requisiti.**

Il prezzo di tutte le lavorazioni, in particolare di quelle relative agli interventi di "Nuova costruzione padiglione asilo nido Girotondo", comprende la realizzazione / fornitura di preventive campionature su / di porzioni limitate di materiale, in modo da verificare la quantità / qualità di prodotto migliore.

**In ogni caso, TUTTI i materiali, prima della loro posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione Lavori. I materiali si intendono accettati quanto saranno soddisfatte le seguenti condizioni:**

- Prima del loro impiego, con un congruo anticipo di almeno 7 giorni, l'impresa dovrà sottoporre al direttore dei lavori la documentazione prevista dalla normativa vigente in riferimento ai materiali che intende proporre per la realizzazione dell'opera (di qualsiasi tipo, strutturale, edile architettonico, impiantistico);
- Il direttore dei lavori provvederà alla verifica della documentazione ricevuta e darà la propria approvazione entro 3 giorni;
- Nel caso in cui la documentazione del materiale trasportato in cantiere sia allegata alla bolla di fornitura dello stesso (ad esempio l'acciaio da cemento armato, acciaio da carpenteria metallica, ecc.), i documenti di trasporto dovranno essere conformi alla normativa vigente ed essere consegnati in copia anche al direttore dei lavori;
- L'approvazione si intende avvenuta nel momento in cui il direttore di lavori emetterà un "verbale di accettazione del materiale" che dovrà essere sottoscritto anche dall'impresa appaltatrice dei lavori e conservato in copia in cantiere;
- Ogni forma di impiego dei materiali non conforme a quanto sopra riportato, autorizza il direttore dei lavori a sospendere il pagamento delle forniture dei suddetti materiali per i quali non è avvenuta l'emissione del "verbale di accettazione";

I materiali potranno provenire da località o fabbriche che l'impresa riterrà di sua convenienza, purché corrispondano ai requisiti di cui sopra.


Nonostante l'accettazione dei materiali da parte della Direzione dei Lavori, l'impresa resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

Ai sensi del Regolamento europeo n. 305 del 09/03/2011, che fissa le condizioni per la commercializzazione dei prodotti da costruzione definendo le modalità di descrizione delle loro prestazioni e per l'uso della marcatura CE, essi devono essere provvisti della dichiarazione di prestazione e della marcatura CE, nel caso siano oggetto di applicazione di una norma armonizzata o siano conformi a una valutazione tecnica europea.

La dichiarazione di prestazione deve essere redatta dal produttore secondo quanto indicato dagli articoli 4 e 6 del suddetto Regolamento: essa sarà fornita in forma cartacea o su supporto elettronico in lingua italiana.

La marcatura CE dimostra la conformità alla dichiarazione di prestazione e a tutti i requisiti stabiliti nel suddetto Regolamento e alle relative norme di armonizzazione europee o alle valutazioni tecniche europee; essa dovrà essere apposta secondo quanto indicato dagli articoli 8 e 9 del suddetto Regolamento, in modo visibile e indelebile sul prodotto stesso o su un'etichetta ed esso applicata o, qualora non possibile, sull'imballaggio o sui documenti di accompagnamento.

L'elenco delle norme armonizzate relative ai prodotti da costruzione è pubblicato dalla Gazzetta ufficiale dell'Unione europea e costantemente aggiornato. Indica inoltre il periodo di coesistenza con eventuali norme precedenti, al termine del quale le norme armonizzate saranno l'unico riferimento per la redazione della dichiarazione di prestazione dei prodotti da costruzione.

Le aziende produttrici di tutti i materiali dovranno essere certificate secondo le norme internazionali di assicurazione di qualità  EC-1-2009 UNI EN ISO 9001:2008. L'impresa ha l'obbligo di presentare detti certificati su richiesta della D.L..

Quando la Direzione dei Lavori abbia rifiutata una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'impresa dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute; i materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese della stessa Impresa.

Qualora l'Appaltatore, nel proprio interesse o di sua iniziativa, impieghi materiali di dimensioni, consistenza o qualità superiori a quelle prescritte o con una lavorazione più accurata, ciò non gli darà diritto ad un aumento dei prezzi e la stima sarà fatta come se i materiali avessero le dimensioni, la qualità ed il magistero stabiliti dal contratto.

Qualora venga ammessa dalla Stazione appaltante - in quanto non pregiudizievole all'idoneità dell'opera - qualche carenza nelle dimensioni, nella consistenza o qualità dei materiali, ovvero una minor lavorazione, la Direzione dei Lavori può applicare un'adeguata riduzione di prezzo in sede di contabilizzazione, salvo esame e giudizio definitivo in sede di collaudo.

Se l'Appaltatore, senza l'autorizzazione scritta del Direttore dei Lavori, impiegherà materiali di dimensioni, consistenza o qualità inferiori a quelle prescritte, l'opera potrà essere rifiutata e l'Appaltatore sarà tenuto a rimuovere a sua cura e spese detti materiali, ed a rifare l'opera secondo le Prescrizioni, restando invariati i termini di ultimazione contrattuale.

**Art. 2 NORME GENERALI PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

Le quotazioni dei lavori e delle provviste saranno determinate con metodi geometrici a numero o a peso, in relazione a quanto previsto nell'Elenco Prezzi.

I lavori saranno liquidati in base alle misure fissate dal progetto anche se dalle misure di controllo rilevate dagli incaricati dovessero risultare spessori, lunghezze, larghezze, superfici e cubature effettivamente superiori. Soltanto nel caso che la Direzione Lavori abbia ordinato per iscritto tali maggiori dimensioni se ne terrà conto nella contabilizzazione.

Nel caso che dalle misure di controllo risultassero dimensioni minori di quelle indicate in progetto o prescritte dalla Direzione Lavori, sarà in facoltà insindacabile della Direzione Lavori ordinare la demolizione delle opere e la loro ricostruzione a cura ed a spese dell'Impresa; soltanto se le minori dimensioni risultassero compatibili con la funzionalità e la stabilità delle opere la Direzione Lavori potrà ammettere in contabilità le quantità effettivamente eseguite.

Le misure saranno prese in contraddittorio, mano a mano che si procederà all'esecuzione dei lavori, e riportate su appositi libretti che saranno firmati dagli incaricati della Direzione Lavori e dell'Impresa. Resta sempre salva, in ogni caso, la possibilità di verifica e di rettifica in occasione delle operazioni di collaudo.

Le prestazioni in economia dovranno essere assolutamente eccezionali e potranno adottarsi solo per lavori del tutto marginali. In ogni caso verranno compensate soltanto se riconosciute oggetto di un preventivo ordine ed autorizzazione scritti della Direzione Lavori.

Le assistenze in genere non saranno compensate in quanto tutte le opere comprese nel presente Capitolato si intendono eseguite, fornite e poste in opera comprensive di ogni onere per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

**Art. 3 PROVE SUI MATERIALI**

L'Appaltatore per poter impiegare i vari tipi di materiali prescritti dalle presenti Norme Tecniche, dovrà esibire preventivamente al Direttore dei Lavori, per ogni categoria di lavoro, i certificati rilasciati da un Laboratorio ufficiale relativo ai valori caratteristici richiesti.

I certificati, in rapporto ai dosaggi e composizioni proposti, dovranno essere esibiti tanto se i materiali siano prodotti direttamente, quanto se prelevati da impianti, cave, stabilimenti gestiti da terzi; essi dovranno essere rinnovati ogni qualvolta risultino incompleti o si verifichi una variazione delle caratteristiche dei materiali, delle miscele o degli impianti di produzione.

L'impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni momento, e periodicamente per le forniture di materiali di impiego continuo, agli accertamenti di laboratorio e alle verifiche tecniche sui materiali impiegati o da impiegare, siano esse obbligatorie secondo la normativa vigente o previste nel presente capitolato speciale d'appalto, disposte dal Direttore dei Lavori o dall'organo di collaudo.

Le spese per il prelievo, la formazione e l'invio dei campioni presso laboratori ufficiali, nonché per le corrispondenti prove ed esami, saranno imputate a carico delle somme a disposizione accantonate a tale titolo, ai sensi dell'art. 111, comma 1-bis del Codice dei Contratti.

Il Direttore dei Lavori o l'organo di collaudo potranno disporre l'esecuzione di ulteriori prove ed analisi, ancorché non prescritte dalla normativa vigente o dal presente capitolato speciale d'appalto, qualora ritenute necessarie per stabilire l'idoneità dei materiali impiegati o da impiegare e imputando le spese a carico dell'impresa, ai sensi dell'art. 6, comma 4, del D.M. del 07/03/2018, n. 49.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio. Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nei locali indicati dalla Direzione dei Lavori, previa apposizione di sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'impresa e nei modi più adatti a garantirne l'autenticità e la conservazione. In mancanza di una speciale normativa di legge o di Capitolato, le prove potranno essere eseguite presso un Istituto autorizzato, la fabbrica di origine o il cantiere, a seconda delle disposizioni della Direzione dei Lavori. I risultati ottenuti saranno i soli riconosciuti validi dalle due parti e ad essi esclusivamente si farà riferimento a tutti gli effetti del presente appalto.

**3.1 RILIEVI E SAGGI**

L'impresa dovrà contribuire e fornire assistenza per eseguire eventuali rilievi più approfonditi necessari a documentare le caratteristiche architettoniche ed artistiche dell'edificio oggetto dell'intervento, ed a supportare ulteriori verifiche da parte della Direzione Lavori, concordate con la Committenza, senza nulla obiettare in merito o richiedere maggiori compensi. I rilievi comunque dovranno essere eseguiti tempestivamente, compatibilmente con le caratteristiche dei manufatti. L'Impresa dovrà inoltre effettuare a proprio carico l'esecuzione di prelievi e conseguenti analisi chimico – fisiche sui materiali espressamente richiesti dalla Direzione Lavori, nonché saggi stratigrafici senza nulla eccepire.

**3.2 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DEI LAVORI**

L'impresa è tenuta a fornire documentazione fotografica delle singole fasi delle lavorazioni. In ogni caso la Ditta dovrà garantire il libero accesso alla Direzione lavori, od al fotografo incaricato da questa, per effettuare ulteriore documentazione che ritenga opportuna.

**Art. 4 TRACCIAMENTI****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Prima di porre mano ai lavori di sterro o riporto o di costruzione di opere d'arte, l'Impresa è obbligata ad eseguire la picchettazione completa del lavoro, in modo che risultino indicati i limiti degli scavi e dei riporti in base alla larghezza del piano stradale, alla inclinazione delle scarpate, alla formazione delle cunette. A suo tempo dovrà pure stabilire, nei tratti che fosse per indicare la Direzione dei lavori, le modine o garbe necessarie a determinare con precisione l'andamento delle scarpate tanto degli sterri che dei rilevati, curandone poi la conservazione e rimettendo quelli manomessi durante la esecuzione dei lavori.

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 5 DEMOLIZIONE DI CONGLOMERATI BITUMINOSI****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI****5.1 FRESATURA**

La fresatura della sovrastruttura per la parte legata a bitume per l'intero spessore o parte di esso dovrà essere effettuata con idonee attrezzature, munite di frese a tamburo, funzionanti a freddo, munite di nastro caricatore per il carico del materiale di risulta.

Potranno essere eccezionalmente impiegate anche attrezzature tradizionali quali ripper, escavatore, demolitori, ecc., a discrezione della D.L. ed a suo insindacabile giudizio.

Le attrezzature tutte dovranno essere perfettamente efficienti e funzionanti e di caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dall'ANAS.

Nel corso dei lavori la D.L. potrà richiedere la sostituzione delle attrezzature anche quando le caratteristiche granulometriche risultino idonee per il loro reimpiego in impianti di riciclaggio.

La superficie del cavo dovrà risultare perfettamente regolare in tutti i punti, priva di residui di strati non completamente fresati che possano compromettere l'aderenza delle nuove stese da porre in opera (questa prescrizione non è valida nel caso di demolizione integrale degli strati bituminosi).

L'Impresa si dovrà scrupolosamente attenere agli spessori di demolizione stabiliti dalla D.L.

Qualora questi dovessero risultare inadeguati e comunque diversi in difetto o in eccesso rispetto all'ordinativo di lavoro, l'Impresa è tenuta a darne immediatamente comunicazione al Direttore dei Lavori o ad un suo incaricato che potranno autorizzare la modifica delle quote di scarifica.

Il rilievo dei nuovi spessori dovrà essere effettuato in contraddittorio.

Lo spessore della fresatura dovrà essere mantenuto costante in tutti i punti e sarà valutato mediando l'altezza delle due pareti laterali con quella della parte centrale del cavo.

La pulizia del piano di scarifica, nel caso di fresature corticali o subcorticali dovrà essere eseguita con attrezzature munite di spazzole rotanti e/o dispositivi aspiranti o simili in grado di dare un piano perfettamente pulito.

Le pareti dei tagli longitudinali dovranno risultare perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e privo di sgretolature.

Sia il piano fresato che le pareti dovranno, prima della posa in opera dei nuovi strati di riempimento, risultare perfettamente puliti, asciutti e uniformemente rivestiti dalla mano di attacco in legante bituminoso.

**5.2 SCARIFICA**

Per tratti di strada già pavimentati sui quali dovrà procedersi a ricariche e risagomature, l'impresa dovrà dapprima ripulire accuratamente il piano viabile provvedendo poi alla scarificazione della massicciata esistente adoperando, all'uopo, apposito scarificatore opportunamente trainato e guidato. La scarificazione sarà spinta fino alla profondità ritenuta necessarie dalla Direzione dei Lavori entro i limiti nel relativo articolo di Elenco provvedendo poi alla successiva vagliatura e raccolta in cumuli del materiale utilizzabile, su aree di deposito procurate a cura e spese dell'impresa.

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 6 DEMOLIZIONI****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Le demolizioni in genere saranno eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni, in modo da prevenire qualsiasi infortunio agli addetti al lavoro, rimanendo perciò vietato di gettare dall'alto i materiali in genere, che invece dovranno essere trasportati o guidati in basso, salvo che vengano adottate opportune cautele per evitare danni ed escludere qualunque pericolo.

Nelle demolizioni l'Appaltatore dovrà procedere in modo da non deteriorare i materiali che possano ancora, a giudizio della Direzione, impiegarsi utilmente, sotto pena di rivalsa di danni verso l'Amministrazione; alla quale spetta ai sensi dell'art. 36 del Capitolato generale la proprietà di tali materiali, alla pari di quello proveniente dagli scavi in genere, di cui è cenno nel precedente articolo, e l'Appaltatore dovrà provvedere per la loro cernita, trasporto in deposito ecc., in conformità e con tutti gli oneri previsti nel citato art. 36.

La direzione dei lavori si riserva di disporre con sua facoltà insindacabile l'impiego dei suddetti materiali utili per l'esecuzione dei lavori appaltati, da valutarsi con i prezzi ad essi attribuiti in elenco, ai sensi del citato art. 36 del Capitolato generale.

I materiali non utilizzabili provenienti dalle demolizioni dovranno sempre, e al più presto, venire trasportati, a cura dell'Appaltatore, in rifiuto alle pubbliche discariche e comunque fuori la sede dei lavori con le norme e cautele disposte per gli analoghi scarichi in rifiuto di materie.

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

La demolizione di murature di qualsiasi genere e di strutture in conglomerato cementizio semplice od armato, normale o precompresso, verrà compensata a metro del loro effettivo volume. La demolizione di gabbionate o di materassi in filo di ferro e pietrame verrà compensata sulla base degli effettivi volumi, con il prezzo relativo alla demolizione di murature di qualsiasi genere. I relativi prezzi, che comprendono il trasporto a rifiuto, si applicano anche per la demolizione entro terra fino alla profondità indicata dalla Direzione Lavori.

La demolizione di fabbricati di qualsiasi specie e genere verrà invece compensata a metro cubo vuoto per pieno, limitando la misura in altezza dal piano di campagna al livello della gronda del tetto; dovranno essere demoliti, oltre ai pavimenti del piano terreno, anche le fondazioni di qualsiasi tipo fino alla profondità indicata dalla Direzione Lavori. Compreso l'allontanamento di tutti i materiali di risulta fuori dalle pertinenze stradali, restando il materiale riutilizzabile di proprietà dell'Impresa.

La demolizione integrale di impalcati di opere d'arte in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso verrà compensato a metro cubo del loro effettivo volume.

La demolizione integrale di impalcati di cavalcavia in conglomerato cementizio armato, normale o precompresso, o a struttura mista in acciaio e conglomerato cementizio armato, su strada in esercizio, verrà compensata a metro quadrato di superficie effettiva, misurata in proiezione orizzontale.

L'asportazione di strati di conglomerato cementizio ammalorato sia mediante scalpellatura che con l'impiego di macchine idrodemolitrici verrà compensato per lo spessore medio misurato mediante rilievo su un reticolo di lato un metro.

Il prezzo delle idrodemolizioni comprende e compensa anche gli oneri per l'approvvigionamento dell'acqua occorrente per l'asportazione del materiale fresato e per la pulizia della superficie risultante.

La demolizione di fondazioni stradali e di pavimentazioni di conglomerato bituminoso verrà compensata con i relativi prezzi di elenco. Nel caso di demolizione parziale di strati di conglomerato bituminoso con impiego di macchina scarificatrice, dovrà essere computata la superficie effettiva per lo spessore medio ottenuto misurando la profondità di fresatura in corrispondenza dei bordi e del centro del cavo.

**Art. 7 IDRODEMOLIZIONI****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Le idrodemolizioni saranno realizzate mediante passaggio sulle superfici di intervento di un getto d'acqua in pressione, per la rimozione di uno strato di materiale superficiale o profondo, a seconda dell'energia impiegata. Essa viene determinata dai seguenti parametri:

- tipo di ugelli,
- portata d'acqua,
- pressione alla pompa,
- distanza degli ugelli dalla superficie,
- tempo di permanenza degli ugelli sulla superficie.

Preliminarmente all'avvio delle attività di idrodemolizione, l'Impresa eseguirà alla presenza della D.L. delle prove preliminari di taratura del sistema che intende utilizzare per ottenere i livelli prestazionali indicati nel progetto.

Le idrodemolizioni saranno eseguite con le necessarie precauzioni, in modo da prevenire qualsiasi infortunio agli addetti al lavoro.

Il processo di demolizione, comunque esso sia condotto, deve garantire la stabilità delle armature esistenti; l'Impresa ne risponde, pena la sostituzione a proprio carico delle armature danneggiate e/o distaccatesi, quindi perse.

Gli interventi dovranno risultare selettivi e asportare gli strati di conglomerato degradati senza intaccare quelli aventi resistenza uguale o superiore alla minima indicata in progetto. Il progetto, inoltre, definisce lo spessore di calcestruzzo da asportare sulla base dei risultati di un'apposita indagine preliminare.

La superficie del calcestruzzo di supporto dovrà risultare esente da parti in distacco e macroscopicamente ruvida (asperità di circa 5 mm di profondità) allo scopo di ottenere la massima aderenza tra il nuovo ed il vecchio materiale.

In corrispondenza di armature a vista, o che arrivino ad essere a vista a seguito del processo di idrodemolizione, il processo sarà spinto sino a garantire l'intera esposizione del ferro sulla completa circonferenza, con asportazione del calcestruzzo per altri 2 cm oltre il ferro di armatura, eliminando quindi dal contatto con i ferri i sali presenti, elemento innescante fenomeni di corrosione. Il trattamento di idroscarifica deve raggiungere l'obiettivo di eliminare completamente la ruggine presente sui ferri da lasciare in opera, lasciandoli puliti e senza detriti al contorno, con superficie portata a metallo bianco (grado SA 2,5 secondo la specifica SSPC-SP/10/63), altrimenti dovendo intervenire manualmente.

I materiali risultanti, di proprietà dell'Amministrazione, dovranno essere recuperati e caricati all'interno di un cassone all'interno dell'area di cantiere. Saranno successivamente trasportati a discarica autorizzata, previa verifica della non pericolosità per mezzo di indagini di caratterizzazione effettuate sui campioni prelevati.

**7.1 IDRODEMOLIZIONI AUTOMATIZZATE**

Esse garantiscono il passaggio dell'utensile in condizioni di uniformità di energia applicata che sarà tarata per risultare sufficiente a rimuovere il calcestruzzo degradato.

Ne consegue che:

- zone di maggiore degrado, a parità di energia impiegata, presenteranno uno spessore maggiore di demolizione; l'Impresa controllerà tale eventualità:
  - ritardando l'energia adottata per non asportare oltre lo spessore convenuto,
  - convenendo con la DL eventuali diverse procedure, nel caso che la qualità del supporto in tal modo raggiunto risulti insufficiente,
- zone di minimo degrado avranno bisogno di maggiore energia di idrodemolizione per raggiungere il livello minimo prestazionale fissato: in tali zone i parametri di demolizione andranno quindi adeguati;
- su punti specifici ove non si siano raggiunti gli obiettivi prefissati, si procederà nuovamente con un processo non meccanizzato fino al raggiungimento del livello fissato.

Saranno eseguite per l'asportazione di strati corticali di calcestruzzo degradato in parete libera con mezzo semovente tipo Crawler 30 rob della Falch o similare che garantisca un getto d'acqua avente portata superiore a 200 lt/minuto e pressione variabile sino a 1500 atm.

Il mezzo necessario per i lavori sarà composto da:

- un carro con ruote gommate o cingolato, dotato di stabilizzatori idraulici laterali, sul quale sono alloggiati il motore e l'impiantistica,
- un braccio telescopico applicato ad una ralla, installata sul carro, che permette il posizionamento della slitta che porta il sistema di demolizione con raggio di estensione fino a 10 m rispetto al piano di lavoro (platea di fondazione),
- una slitta, sulla quale scorre il carrello, che porta la testa di demolizione, costituita per l'idroscarifica da più utensili (ugelli) puntoidali o brandeggianti, rotanti inerzialmente o idraulicamente; gli utensili sono ugelli singoli o multipli, fatti avanzare parallelamente alla superficie del paramento ad una velocità e a una distanza programmata.

È importante garantire una distanza costante del getto d'acqua dalla superficie da lavorare. Per questo è richiesto un sistema automatico di "copiatura", che comandi il movimento di accosto della slitta al paramento.

Tali macchine dovranno quindi essere sottoposte alla preventiva approvazione della Direzione Lavori ed essere corredate di sistemi di pre-regolazione della velocità operativa con comando e controllo a distanza e di sistemi sicurezza e protezione contro la proiezione del materiale demolito.

L'Impresa dovrà provvedere inoltre all'installazione di carter o pannellature protettive metalliche poste sulla parte posteriore dell'attrezzatura

demolitrice atte a evitare la proiezione di materiale all'esterno dell'area di lavoro.

L'Impresa dovrà provvedere inoltre all'installazione di una unità di sedimentazione tipo cont sed 100 della Falch o similare, capacità 7000 litri, per il filtraggio dell'acqua utilizzata nel corso dell'idrodemolizione prima dello scarico nel sistema di raccolta esistente.

Sono compresi gli elementi di collegamento alla macchina demolitrice e allo scarico, quali tubi, pompe, giunzioni, ecc. di adeguate dimensioni e caratteristiche. Compresa la manodopera per la movimentazione del materiale e ogni altro onere.

## **7.2 IDRODEMOLIZIONI CON LANCIA**

In questo caso l'intensità dell'energia applicata viene determinata dall'operatore al fine di conseguire l'asportazione del calcestruzzo corticale negli spessori preposti, con eventuali successive passate nelle zone di maggiore resistenza; tale modalità operativa implica un più frequente controllo della qualità del supporto raggiunto.

L'operazione verrà eseguita con lancia che garantisca un getto d'acqua avente portata variabile sino a 25 lt/minuto e pressione variabile sino a 2500 atm.

La lavorazione dovrà essere eseguita senza compromettere l'integrità e l'ancoraggio dei ferri d'armatura messi a nudo nonché l'integrità strutturale del calcestruzzo limitrofo non demolito.

## **7.3 CONTROLLO DELLE ACQUE DI SCARICO**

Dovrà essere previsto il controllo delle acque di scarico, la qualità delle quali dovrà essere conforme ai limiti delle tabelle contenute nell'Allegato 5 alla Parte terza del Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

Per questo motivo, è prevista l'installazione di una unità di sedimentazione tipo cont sed 100 della Falch o similare, capacità 7000 litri, per il filtraggio dell'acqua utilizzata nel corso dell'idrodemolizione prima dello scarico nel sistema di raccolta esistente.

## **7.4 OPERAZIONI DI CONTROLLO**

Le operazioni di controllo del risultato ottenuto prevedono:

- la misura sistematica degli spessori rimossi;
- la misura della resistenza del calcestruzzo messo a nudo con metodi valutativi della qualità "a vista" e mediante martellinatura; la D.L. potrà esigere il controllo della resistenza del calcestruzzo messo a nudo con metodo sclerometrico.

Si prescrive espressamente che l'impresa, prima di avviare la ricostruzione, esegua una ricognizione con la direzione lavori, verificando e verbalizzando l'idoneità della parete alla ricostruzione, in particolare in funzione della totale assenza di parti incoerenti.

Situazioni singolari, che evidenzino ulteriori opportunità di approfondimento del processo di asportazione, saranno segnalate alla Direzione Lavori. L'impresa è tenuta inoltre, in presenza di anomalie geometriche, e comunque di situazioni che possano in qual modo implicare un aggravio di costo, a significare le circostanze alla D.L. e documentarle previamente alle azioni necessarie.

## **NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 8 PUNTELLAZIONI E SBADACCHIATURE****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Le puntellazioni e sbadacchiature per garantire la stabilità delle strutture durante i lavori, sia per il sostentamento delle facciate a svuotamento avvenuto, sia per realizzare l'appoggio superiore ai diaframmi in fase di scavo, sia per l'apertura di vani al fine di inserire strutture di calcestruzzo o di acciaio nelle murature, ed in generale durante l'esecuzione di opere di sottomurazione, o di trivellazioni di pali, potranno essere eseguite con legno o acciaio a seconda delle necessità e delle prescrizioni della Committente.

Dette puntellazioni dovranno essere dimensionate e conformate in modo da garantire che durante le operazioni di messa in opera, durante il periodo di utilizzazione, durante l'operazione di smontaggio, non si verifichino cedimenti e fessurazioni nelle aperture. L'Impresa dovrà pertanto a sua cura e spese redigere e presentare per l'approvazione alla Committente, prima dell'inizio dei lavori, le verifiche di calcolo e i disegni esecutivi delle puntellazioni e le verifiche di stabilità delle strutture sostenute, con riferimento alle varie fasi operative.

Qualora detta relazione di calcolo fosse già stata fornita dalla Committente, l'Appaltatore dovrà eseguirne la verifica a mezzo di ingegneri di sua fiducia, documentare per iscritto le eventuali osservazioni in contrasto, ed assumere piena ed intera responsabilità tanto del progetto quanto dell'esecuzione dell'opera.

Resta in ogni caso stabilito che l'Appaltatore non è in alcun modo esonerato dalle responsabilità derivanti a norma di legge e di contratto, malgrado i controlli e le progettazioni eventualmente fornitigli dalla Committente, rimanendo esso il solo responsabile dei danni di qualsiasi natura, importanza e conseguenza che dovessero derivare alle persone o cose, anche di terzi, per deficienza di calcolo e di esecuzione delle puntellazioni stesse.

Si stabilisce fin d'ora che le caratteristiche del suolo non dovranno essere ritenute peggiori a quelle espresse nelle indicazioni seguenti:

- profondità dello strato su cui poggiano le strutture fondazionali delle puntellazioni > 1,50 m
- angolo di attrito > 18°
- tensione ammissibile 0,4 km/cm<sup>2</sup>

e che valutazioni in difetto dovranno essere comunque dimostrate con prove geotecniche.

In ogni caso si dovrà sempre attentamente valutare il cedimento delle strutture fondazionali della puntellazione al fine di garantire l'integrità delle strutture da puntellare.

**8.1 PUNTELLAZIONI IN LEGNO**

Le puntellazioni di legno dovranno essere eseguite con legname di abete o larice, delle sezioni minime di cm. 19x21 per i ritzi, dormienti, longheroni o saettoni. Il collegamento dei vari elementi dovrà essere opportunamente effettuato con briglie di tavole e coprigiunti chiodati e all'occorrenza con ferramenta per collegamento dei giunti, fissati con chiodi a mano o con viti mordenti. La messa in forza dovrà essere effettuata con cunei e cuscinetti di appoggio in larice o rovere nella quantità occorrente, i quali una volta messi in sito e forzati, dovranno essere fissati. Dovrà essere curata la sorveglianza delle puntellazioni affinché per effetto di ritiro del legname non si verifichino allentamenti dei cunei. Le operazioni di smontaggio dovranno avvenire solo dopo che le strutture eseguite siano maturate e verificate come atte a sostenere gli sforzi definitivi massimi da prevedere loro applicati.

**8.2 PUNTELLAZIONI DI CARPENTERIA METALLICA**

Tutte le puntellazioni di acciaio dovranno essere conformi, anche se trattasi di opere provvisorie, alle prescrizioni di Capitolato inerenti alle "Strutture portanti di carpenteria metallica". Nel prezzo delle puntellazioni di carpenteria metallica sono compresi gli oneri per l'esecuzione dei mutui ancoraggi muratura-puntellazioni, la formazione di eventuali aperture di brecce nelle murature, eventuali rimozioni provvisorie dei mutui ancoraggi per consentire l'esecuzione di determinate categorie di lavoro, nonché i ponteggi provvisori necessari per il montaggio delle puntellazioni stesse oltre a qualsiasi altro onere necessario per dare la struttura provvisoria completa ed atta ad assolvere il compito ad essa affidato.

**8.3 PUNTELLAZIONI CON MARTINETTI A VITE**

Le puntellazioni in acciaio dovranno essere eseguite con puntelli di tondi di acciaio del diametro minimo di 28 mm. Opportunamente filettati da un lato e provvisti di dado. L'appoggio delle murature da puntellare deve essere effettuato mediante piastre e contropiastre di acciaio dello spessore minimo di 10 mm. con interposto uno strato di malta cementizia forte, atta a garantire l'uniformità dell'appoggio. La messa in forza dovrà essere effettuata mediante l'avvitamento del bullone con chiave fissa a braccio lungo. La messa in forza dei puntelli in acciaio, che potranno essere a semplice o a doppia colonna, dovrà essere preceduta dal taglio della porzione di muratura occorrente per l'inserimento del martinetto, previo accertamento che la consistenza della struttura muraria di appoggio sia idonea al sostentamento del carico concentrato sul martinetto stesso. Una volta eseguita e maturata l'opera definitiva, per cui e' occorsa la puntellazione si procederà alla rimozione del martinetto mediante taglio della muratura sovrastante o sottostante per la minima quantità occorrente all'estrazione delle piastre o colonne, avendo preso la precauzione di proteggere queste ultime con opportune camicie distanziatrici. Nel caso invece che il martinetto fosse lasciato a perdere nella struttura, dovrà essere curato che le parti metalliche siano opportunamente protette, preventivamente, da azioni corrosive mediante vernici antiruggine e che ad opera ultimata esse non risultino sporgenti dalla struttura.

NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

**Art. 9 OPERE PROVVISORIALI****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Come stabilito dall'art. 122 del Testo Unico, nei lavori che sono eseguiti ad un'altezza superiore ai 2,00 ml, devono essere adottate, seguendo lo sviluppo dei lavori stessi, adeguate impalcature o ponteggi o idonee opere provvisorie o comunque precauzioni atte ad eliminare i pericoli di caduta di persone e di cose conformemente al punto 2 dell'allegato XVIII del medesimo Testo Unico.

Nei cantieri in cui vengono usati ponteggi deve essere tenuta ed esibita, a richiesta degli organi di vigilanza, copia dell'autorizzazione alla costruzione ed all'impiego degli stessi, ai sensi del comma 6 dell'articolo 131 del Testo Unico e copia del piano di montaggio, uso e smontaggio (Pi.M.U.S.), i cui contenuti sono riportati nell'allegato XXII del Testo Unico.

E' obbligo dell'impresa assicurarsi che:

- lo scivolamento degli elementi di appoggio del ponteggio sia impedito tramite fissaggio su una superficie di appoggio, o con un dispositivo antiscivolo, oppure con qualsiasi altra soluzione di efficacia equivalente;
- i piani di posa dei predetti elementi di appoggio abbiano una capacità portante sufficiente;
- il ponteggio sia stabile;
- dispositivi appropriati impediscano lo spostamento involontario dei ponteggi su ruote durante l'esecuzione dei lavori in quota;
- le dimensioni, la forma e la disposizione degli impalcati di un ponteggio siano idonee alla natura del lavoro da eseguire, adeguate ai carichi da sopportare e tali da consentire un'esecuzione dei lavori e una circolazione sicure;
- il montaggio degli impalcati dei ponteggi sia tale da impedire lo spostamento degli elementi componenti durante l'uso, nonché la presenza di spazi vuoti pericolosi fra gli elementi che costituiscono gli impalcati e i dispositivi verticali di protezione collettiva contro le cadute;
- le parti di ponteggio non pronte per l'uso siano evidenziate, in particolare durante le operazioni di montaggio, smontaggio o trasformazione, mediante segnaletica di avvertimento di pericolo generico e delimitandole con elementi materiali che impediscano l'accesso alla zona di pericolo, ai sensi del titolo V del Testo Unico.

**9.1 PONTEGGI IN LEGNO**

Sopra i ponti di servizio e sulle impalcature sarà vietato il deposito di qualsiasi attrezzo o materiale con la sola eccezione per quelli di pronto utilizzo.

I montanti, costituiti da elementi, accoppiati, dovranno essere fasciati con reggette metalliche (acciaio dolce) fissate con chiodi o con ganasce (traversine in legno).

Gli elementi dei montanti dovranno essere sfalsati di almeno un metro.

L'altezza dei montanti dovrà superare di almeno ml. 1,20 l'ultimo piano del ponte o il piano di gronda e la distanza fra i montanti non sarà superiore ai metri 3,60.

L'intera struttura dovrà risultare perfettamente verticale o leggermente inclinata verso la costruzione, assicurata solidamente alla base dei montanti ed ancorata alla costruzione in corrispondenza di ogni due piani di ponte e di ogni due file di montanti.

I correnti (elementi orizzontali di tenuta), collocati a distanza non superiore a due metri, dovranno poggiare su "gattelli" di legno ed essere fissati ai montanti mediante piattine di acciaio dolce e chiodi forgiati o apposite squadre in ferro (aggancia ponti).

La distanza fra due traversi consecutivi (poggiate sui correnti e disposti perpendicolarmente alla muratura) non sarà superiore a ml. 1,20.

Gli intavolati da utilizzare per piani di ponte, impalcati, passerelle ed andatoie dovranno essere costituiti da elementi prefabbricati costituiti da materiali metallici o da legname sano, privo di nodi passanti o fessurazioni, aventi fibre con andamento parallelo al loro asse longitudinale e dimensioni adeguate al carico (non inferiore a 4 cm di spessore e 20 cm di larghezza).

Gli intavolati dovranno poggiare su almeno quattro traversi senza parti a sbalzo, essere posti a contatto con i montanti ed essere distaccati dalla costruzione non più di 20 cm.

I parapetti saranno costituiti da una o più tavole il cui margine superiore sarà collocato nella parte interna dei montanti a non meno di metri 1 dal tavolato.

Le tavole fermapiè, da collocare in aderenza al piano di calpestio, avranno un'altezza di almeno 20 cm.

**9.2 PONTEGGI METALLICI**

L'Appaltatore impiegherà strutture metalliche munite dell'apposita autorizzazione ministeriale che avrà l'obbligo di tenere in cantiere. Le strutture saranno realizzate secondo i disegni, i calcoli e le disposizioni previste dall'art.14 del D.P.R. 07.01 .56 n. 164; in particolare il ponteggio dovrà essere costituito tutto da elementi provenienti da una unica casa costruttrice.

Le aste di ponteggio dovranno essere costituite da profilati o da tubi privi di saldature e con

superficie terminale ad angolo retto con l'asse dell'asta; dovranno avere tutte impresso il marchio della casa costruttrice di provenienza.

L'estremità inferiore del montante dovrà essere sostenuta da una piastra di base metallica, a superficie piana, di area non minore a 18 volte l'area del poligono circoscritto alla sezione del montante stesso e di spessore tale da resistere senza deformazioni al carico. La piastra dovrà avere un dispositivo di collegamento col montante atto a centrare il carico su di essa e tale da non produrre movimenti flettenti sul montante.

I ponteggi dovranno essere controventati sia in senso longitudinale che trasversale, ogni controvento dovrà essere atto a resistere sia agli sforzi di trazione che di compressione.

I giunti metallici dovranno avere caratteristiche di resistenza adeguata a quelle delle aste collegate e dovranno assicurare una notevole resistenza allo scorrimento.

I montanti di una stessa fila dovranno essere posti ad una distanza non superiore a ml. 1,80 da asse ad asse.

Per ogni piano di ponte dovranno essere utilizzati due correnti di cui uno può far parte del parapetto.

Gli intavolati lignei andranno realizzati come prescritto per i ponteggi in legno.

### **9.3 PUNTELLI**

Sono organi strutturali destinati al sostegno provvisorio totale o parziale delle masse murarie o di terreno o di strutture in genere che si presentano faticanti, o in fase di realizzazione e per la loro messa in sicurezza in generale. Potranno essere costruiti in legname, ferro e in calcestruzzo di cemento armato, con travi unici o multipli allo scopo di assolvere funzioni di sostegno e di ritegno. Per produrre un'azione di sostegno, l'Appaltatore, secondo le prescrizioni di progetto, adotterà la disposizione ad asse verticale semplice o doppia, mentre per quella di ritegno affiderà l'appoggio dei due ritti ad un traverso analogo a quello superiore allo scopo di fruire, nel consolidamento provvisorio, del contributo del muro. Nell'azione di ritegno dovrà adottare, in base alla necessità del caso, la disposizione ad asse inclinato o a testa aderente oppure orizzontale o lievemente inclinata.

La scelta del tipo di puntellamento d'adottare sarà fatta secondo quanto stabilito dagli elaborati di progetto o ordinato dalla D.L..

Se la massa presidiata per il degrado causato dal dissesto e per anomalie locali non sarà stimata capace di offrire efficace contrasto all'azione localizzata delle teste, dovranno essere adottate tutte le precauzioni ritenute opportune dalla D.L..

Al piede del puntello sarà necessario creare una sede ampia capace di abbassare quanto più possibile i carichi unitari sul terreno al fine di rendere trascurabili le deformazioni.

Nei puntelli di legname verrà, quindi, disposta una platea costituita sia da travi di base che da correnti longitudinali e trasversali. In quelli di cemento armato verrà adottato un plinto disposto sulla muratura.

### **9.4 CENTINE**

Lo scopo dell'armatura a centina è duplice: attuare un solido sostegno per i materiali fino al compimento dell'opera e fornire l'esatta forma circolare che l'elemento in costruzione dovrà assumere. L'Appaltatore, quindi, dovrà provvedere a costruire l'armatura per la realizzazione di un apparecchio murario curvo (arco, volta o cupola) provvedendo a realizzare sia una parte (centina)

che, sufficientemente solida, resistente al peso dei materiali durante l'esecuzione dell'opera, sia un'altra parte (manto o dossale) che, presentando una superficie identica a quella dell'intradosso della struttura in costruzione, sarà adatta a dare la forma più idonea allo specifico oggetto da realizzare.

### **9.5 CESTELLO ELEVATORE**

In caso di lavori in quota, eseguiti a un'altezza superiore ai 2,00 ml, possono essere utilizzate piattaforme di lavoro elevabili. Saranno scelte le attrezzature di lavoro più idonee a garantire e mantenere condizioni di lavoro sicure e con dimensioni confacenti alla natura dei lavori da eseguire, alle sollecitazioni prevedibili e ad una circolazione priva di rischi; inoltre, si dovrà verificare che il posizionamento e l'utilizzo della piattaforma siano effettuati in conformità alle istruzioni d'uso.

L'utilizzo delle piattaforme è riservato ai lavoratori allo scopo incaricati che abbiano ricevuto una preventiva informazione, formazione e addestramento adeguati. Nell'utilizzo delle piattaforme è obbligatorio l'uso degli idonei dispositivi di protezione individuali per prevenire il rischio di sbalzamento fuori dal cestello.

I requisiti minimi di cui devono essere dotate le piattaforme elevatrici sono:

- dimensione minima trasversale della piattaforma non inferiore a 0,50 metri, provvista, su tutti i lati, di protezione rigida solidamente fissata alla base e costituita da almeno un parapetto di altezza non inferiore a 1 metro dotato di corrimano, uno o più correnti intermedi in modo da presentare uno spazio libero verticale non superiore a 0,50 metri e una fascia di arresto al piede di altezza non inferiore a 0,15 metri, passaggio per l'accesso dotato di chiusura non apribile verso il basso o verso l'esterno e richiudibile automaticamente;
- inclinazione del carro di base rispetto al piano orizzontale nei limiti previsti dal costruttore; la piattaforma deve in ogni caso risultare automaticamente livellata con una tolleranza rispetto al piano orizzontale di 5°;
- dotazione di chiave per commutazione comandi a terra/comandi sul cestello (la manovra contemporanea da posti diversi non è consentita);
- dotazione di dispositivi di recupero del personale a bordo della piattaforma in caso di mancanza di alimentazione o di malore degli operatori e di dispositivo di ARRESTO DI EMERGENZA con priorità su tutti gli altri comandi.

Le macchine per il sollevamento o lo spostamento di persone devono essere di natura tale da:

- evitare i rischi di caduta dall'abitacolo, se esiste, per mezzo di dispositivi appropriati;
- evitare per l'utilizzatore qualsiasi rischio di caduta fuori dell'abitacolo, se esiste;
- escludere qualsiasi rischio di schiacciamento, di intrappolamento oppure di urto dell'utilizzatore, in particolare i rischi dovuti a collisione accidentale;
- garantire che i lavoratori bloccati in caso di incidente nell'abitacolo non siano esposti ad alcun pericolo e possano essere liberati.

Nell'installazione e nell'utilizzo delle piattaforme di lavoro elevabili devono essere tenute in considerazione:

- le condizioni del terreno, che devono essere idonee a garantire la stabilità della macchina, sia per quelle funzionanti su stabilizzatori, sia per quelle che operano su ruote o cingoli; in ogni caso, è raccomandabile mettere sotto i piedi degli stabilizzatori, indipendentemente dalle condizioni apparenti del terreno, un elemento ripartitore, ad esempio di legno, in buone condizioni e di spessore adeguato;
- la presenza di ostacoli e di interferenze nell'area di lavoro, scegliendo un modello e tipo di macchina con dimensione adatta per il percorso di lavoro richiesto, studiando un percorso che eviti gli ostacoli e le interferenze, verificando che ci sia spazio sufficiente durante lo spostamento verso il punto di lavoro e procedendo a bassa velocità;
- le condizioni meteorologiche, evitando l'uso della piattaforma di lavoro elevabile in caso di avverse condizioni del tempo; infatti l'art. 111, comma 7, del D.Lsg. n. 81/2008 prescrive che siano effettuati i lavori temporanei in quota soltanto se le condizioni meteorologiche non mettono in pericolo la sicurezza e la salute dei lavoratori, in particolare in caso di vento forte (indicativamente, la velocità limite del vento oltre la quale non è consentito l'uso del cestello è pari a 12,5 m/s);
- la presenza di linee elettriche; i lavori in prossimità di parti attive nude o non sufficientemente protette, devono avvenire a distanza di sicurezza, in funzione della tensione della linea elettrica, a meno che non siano state messe fuori tensione ed in sicurezza le parti attive per tutta la durata dei lavori o che siano stati posizionati ostacoli rigidi o barriere che impediscano l'avvicinamento alle parti stesse;

- l'illuminazione e la ventilazione, da garantire;
- la segnalazione dei pericoli a terra, per evitare il rischio di investimento o di caduta dall'alto di carichi nell'area in proiezione a terra dei movimenti possibili della piattaforma, segregando opportunamente tutta l'area di lavoro.

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 10 AGGOTTAMENTI****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

L'Appaltatore sarà tenuto all'osservanza di tutte le normative cogenti a livello nazionale in merito ai contenuti delle presenti prescrizioni; a queste si aggiungeranno tutte le norme e le istruzioni tecniche non cogenti che potranno essere applicate. In particolare dovranno essere rispettate le seguenti norme:

- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11/03/1988,
- Circolare LL.PP. n° 30483 del 24/09/1988,
- UNI EN ISO 9969:1992,
- UNI EN ISO 10319:1998.

Per tutte le opere di aggottamento, l'Appaltatore dovrà ottemperare le prescrizioni riportate nel seguito.

Durante l'aggottamento l'Appaltatore dovrà monitorare l'efficienza del sistema di pompaggio, registrando anche le portate emunte e controllando la loro compatibilità con i valori previsti da progetto. La potenza degli impianti predisposti dall'Appaltatore dovrà essere adeguata allo smaltimento delle portate. Sarà onere dell'Appaltatore lo smaltimento dei quantitativi di acqua emunta in adeguati recapiti (fossi, scoli, canali, etc.).

L'Appaltatore dovrà predisporre gli impianti di emungimento in modo adeguato al fine di raggiungere i livelli piezometrici di depressurizzazione previsti da progetto.

Durante le operazioni di pompaggio l'Appaltatore dovrà predisporre un sistema di monitoraggio dell'andamento della superficie piezometrica mediante la collocazione di piezometri per il rilevamento del livello di falda. Tali dispositivi dovranno essere disposti, in particolare, in prossimità di manufatti edilizi ed infrastrutturali presenti nel raggio d'influenza degli emungimenti. Nel caso in cui i livelli di abbassamento della superficie piezometrica siano superiori a quelli previsti, si dovrà verificare la loro compatibilità con le opere in progetto e con i manufatti presenti in prossimità dell'opera stessa.

I monitoraggi previsti per i manufatti e le opere infrastrutturali presenti in prossimità dell'opera sono validi anche per l'eventuale presenza di colture, vegetazioni, o specie arboree di particolar pregio che a causa degli emungimenti possono subire dei danni.

Durante le operazioni di aggottamento dovrà essere monitorato il trasporto di materiale fino, al fine di non avere asportazione di terreno nell'intorno dell'area interessata dal pompaggio.

Al fine di salvaguardare l'efficienza statica degli eventuali edifici in vicinanza delle opere in progetto dovrà essere predisposta un'adeguata campagna di monitoraggio delle deformazioni del piano campagna, delle eventuali paratie di sostegno e dei cedimenti delle fondazioni dei fabbricati e delle opere infrastrutturali.

Nella tabella che segue sono sintetizzati i "limiti di attenzione" (limiti a partire dai quali sarà necessario un'intensificazione delle misure dei monitoraggi) e "limiti di allarme" (limiti dopo i quali è necessario interrompere le attività di cantiere per eseguire interventi correttivi e/o integrativi alle opere) delle deformazioni per i diaframmi da tener presente in fase di esecuzione dei diaframmi stessi.

Controlli	Strumenti e misure	Criteri	
		Attenzione	Allarme
Spostamenti (orizzontali) in testa delle paratie	Misure topografiche con mire ottiche a riflessione collocate sopra la trave di coronamento	0.8 x Dcalcolo	1.2 x Dcalcolo

Dovendosi prevedibilmente misurare spostamenti dell'ordine di qualche millimetro, risulta senz'altro impiegabile una stazione totale ( $\pm 0,1$  mm) che riferisca gli spostamenti di mire ottiche applicate alle strutture (scotch-light) in elevazione rispetto a punti al di fuori dell'ambito di influenza dell'intervento (edifici ragionevolmente non influenzati dalle opere perché distanti).

Per gli edifici sarà opportuno stabilire anche un congruo numero di basi per l'esecuzione di una livellazione geometrica di alta precisione ( $\pm 0,1$  mm) con riferimento a caposaldi in zona stabile, onde verificare con maggior precisione l'entità degli spostamenti verticali assoluti e relativi.

Qualora si verificassero spostamenti a "livello di attenzione" dovrà essere incrementata, durante la prosecuzione degli scavi, la frequenza del monitoraggio degli spostamenti dei fabbricati in vicinanza alla zona soggetta a emungimento.

Nel caso che gli spostamenti raggiungano il "livello di allarme" dovranno essere interrotti gli aggottamenti e predisposto l'inserimento di ulteriori interventi provvisori con un monitoraggio protratto nel tempo dei cedimenti verificando l'avvenuto assestamento.

Prima della successiva ripresa dei lavori, oltre alla predisposizione di un idoneo piano di avanzamento, se necessario si effettueranno interventi di consolidamento delle fondazioni prospicienti valutando opportunamente le modalità esecutive (per esempio con iniezioni di resine poliuretatiche espansive o cementi micronizzati).

**10.1 POZZI DI AGGOTTAMENTO**

I pozzi per l'aggottamento delle acque di falda sono realizzati mediante le seguenti fasi:

- perforazione;
- posa delle tubazioni definitive e dei filtri;
- formazione eventuale del dreno;

- cementazione ed isolamento;
- sviluppo.

#### 10.1.a Perforazione

I metodi di perforazione per i pozzi possono essere suddivisi nelle due seguenti categorie principali:

- metodi di perforazione a percussione;
- metodi di perforazione a rotazione (a circolazione diretta o inversa).

Nel caso delle falde freatiche molto superficiali si possono usare anche altri metodi; che verranno descritti a parte.

La perforazione dovrà avere un diametro massimo di 620 mm.

#### METODO A PERCUSSIONE

Questo sistema si basa sulla frantumazione e asporto del terreno mediante un utensile molto pesante (sonda e/o benna), collegato ad un cavo di acciaio il quale batte ritmicamente sul fondo (sonda) o fatto cadere al fondo da una certa altezza (benna); il tutto comandato da un organo meccanico a caduta libera.

Man mano che avanza la perforazione si fa scendere una tubazione di perforazione in modo da sostenere le pareti dello scavo o preforo; tale tubazione può essere infissa nel terreno in modi diversi:

- con giracolonna: consiste in una morsa idraulica molto pesante, che fa ruotare alternativamente la tubazione di perforazione, favorendo la discesa sia per diminuzione dell'attrito laterale sia per il proprio peso. In questo caso si utilizzano tronchi di tubo a saldare;
- per gravità: la tubazione di perforazione discende nel terreno o per proprio peso o, più frequentemente, battendola tramite la sonda alla sua sommità, unita di una falsa testa. In questo caso si usano tubi filettati;
- per in fissione: la tubazione di perforazione viene infissa nel terreno mediante due martinetti oleodinamici inversi che tirano verso il basso la tubazione. Questa rimane in opera come tubazione di rivestimento. Tale metodo è andato in disuso perché crea dei problemi nel momento in cui si devono creare i filtri in opera. In questo caso si usano tubi a saldare.

Per quanto riguarda i tipi di terreno da perforare, il metodo a percussione dà buoni risultati in presenza di terreni incoerenti e di terreni argillosi, più o meno duri; comunque è possibile utilizzarlo anche in presenza di terreni granulari, più o meno cementati (arenarie e conglomerati) ad in rocce molto tenere (calcarei). È un metodo molto lento e non conveniente per profondità superiori ai 120÷150 m.

#### SISTEMA A ROTAZIONE A CIRCOLAZIONE INVERSA

In questo sistema una testa idraulica mette in rotazione una batteria di aste alle estremità delle quali è posto uno scalpello di disegno diverso a seconda dei terreni interessati. Il terreno frantumato, con azione di taglio, viene portato in superficie dal fluido che risale attraverso le aste per effetto air-lift.

I detriti si depositano in superficie in grandi vasche di circolazione. Il fluido viene quindi fatto scendere nell'intercapedine esistente tra il preforo e le aste. Il fluido ha anche funzioni di stabilizzazione ed impermeabilizzazione temporanea delle pareti del foro.

Il sistema è particolarmente adatto alla realizzazione di grandi diametri di perforazione. La potenza complessiva necessaria per eseguire i diametri ordinari dei pozzi per acqua, raramente superiori a 1000÷1200 mm, risulta molto elevata rispetto ad altri sistemi di perforazione a rotazione.

Data la complessità dell'impianto cantiere, il sistema è poco adatto alle piccole profondità ed è normalmente sconsigliato al di sotto dei 70÷80 cm. È invece adatto alle perforazioni di terreni incoerenti, a granulometria piccola e media o anche in presenza di ciottoli che possano passare all'interno delle aste di perforazione senza essere frantumati. In queste condizioni di impiego lo scalpello ha solo azione di taglio e l'avanzamento è velocissimo. Molto impegnativo, e di fatto non utilizzato per la perforazione in roccia.

L'applicazione ottimale di questo sistema è in terreni alluvionali con profondità compresa tra 100 e 400 m da eseguirsi con diametri compresi tra 500 e 1200 mm.

#### SISTEMA A ROTAZIONE A CIRCOLAZIONE DIRETTA A FANGO

Come per il sistema appena descritto, la batteria di aste muove uno scalpello "tricono" il quale per azione di percussione/taglio frantuma il terreno.

Quest'ultimo è riportato in superficie dal fango che, iniettato all'interno delle aste di perforazione, fuoriesce dallo scalpello e risale in superficie nell'intercapedine tra le aste ed il foro. Il fango che risale in superficie (velocità bassa: 0.2÷0.5 m/s) forma un pannello di stabilizzazione e impermeabilizzazione temporanea delle pareti della perforazione. I detriti giunti in superficie vengono separati dal fango con metodi meccanici. Quasi sempre con il poco efficiente metodo della sedimentazione. Il fango viene quindi reimmesso in circolazione da una pompa a pistoncini che lo inietterà all'interno delle aste fino agli ugelli dello scalpello.

La sezione dell'intercapedine tra aste e preforo cresce con il quadrato del diametro dello scalpello. Il costo, all'aumento della portata della pompa, cresce quindi rapidamente, sia per le potenze in gioco sia per le dimensioni delle attrezzature impiegate. Tale sistema è quindi conveniente sui diametri relativamente piccoli.

I diametri degli scalpelli possono arrivare fino a 26" (660 mm). I più usati si limitano a 8" Y2 (216 mm), 12" 1/4 (311 mm), 17" Y2 (444 mm) e 14" 3/4 (375 mm).

Il sistema offre ottime velocità di avanzamento e consente di perforare in tutti i tipi di terreni, ad eccezione che in rocce fratturate, a causa dell'eccessivo assorbimento di fluido. In questi casi si dovrà ricorrere al martello fondo foro.

#### PERFORAZIONE AD ARIA COMPRESSA E MARTELLO FONDO FORO

Il sistema di perforazione del presente metodo è analogo a quello della circolazione diretta. Il fango bentonitico è sostituito dall'aria compressa alla quale talvolta vengono aggiunti schiumogeni che favoriscono la pulizia del preforo e diminuiscono il consumo dell'aria.

Il sistema è adatto prevalentemente ai terreni coerenti. In presenza d'acqua il battente piezometrico può essere penetrato solo per 100±200 m, in ragione della pressione attualmente disponibile con gli attuali compressori in commercio.

Le profondità raggiungibili sono anche di molte centinaia di metri. È tuttavia necessario che non si formi un battente di acqua che prevalga sulla pressione del compressore. I diametri di perforazione consigliati sono 12" 1/4 ± 14" 3/4. Oltre tali diametri l'incidenza del costo dei compressori (consumi) si rende il sistema poco conveniente. Anche in presenza di schiumogeni che possono ridurre di un terzo il consumo d'aria.

#### PERFORAZIONE PER CAROTAGGIO CONTINUO

Questo metodo è utilizzato per la perforazione dei pozzi poco profondi e di piccolo diametro. Viene utilizzato come utensile di scavo un tubo munito al fondo di una scarpa tagliente, il tutto collegato ad una batteria di aste da perforazione.

Lo scavo ha una sezione anulare mentre la parte centrale del terreno o roccia rimane intatta (carota). Il carotiere è formato da un tubo (barra da nucleo) molto lungo (4±8 m) con sul fondo, avvitata, la scarpa tagliente (taglione). Sopra la barra da nucleo vi è un altro tubo (calice) aperto in alto, dove si depositano i detriti della perforazione. Il tutto collegato alla batteria delle aste di perforazione. I taglioni possono essere di vario tipo, a diamante, a widia, a graniglia e a denti.

La perforazione viene fatta a circolazione diretta dell'acqua. I detriti vengono sollevati dal fondo del pozzo e portati alla sommità del tubo calice dove, aumentando la sezione dell'intercapedine e diminuendo la velocità ascensionale dell'acqua, precipitano e si depositano.

Nel caso di perforazione in terreni incoerenti o poco coerenti, è consigliabile usare il doppio carotiere. Esso è formato da due tubi:

- tubo esterno: è collegato al taglione e ruota con la batteria di aste. Deve avere un grande diametro in quanto il suo diametro interno deve essere uguale a quello del tubo portacarota;
- tubo interno (portacarota): collegato al manicotto di giunzione mediante un cuscinetto a sfere, rimane fermo durante la perforazione. All'estremità inferiore del tubo carota e al suo interno, c'è un cestello a molle per trattenere la carota.

#### BUCKET

Questo sistema è impiegato per la costruzione di pozzi freatici rivestiti con tubi di cemento di  $\phi$  1.0 m. Le profondità raggiunte non sono in genere elevatissime 6.0+7.0 m e sono legate al metodo di scavo impiegato.

Questo può infatti essere eseguito con una benna mordente applicata al braccio di un escavatore o utilizzando la perforazione a rotazione.

#### POZZI BATTUTI

Quando il livello della falda freatica è superficiale e il terreno è costituito da ghiaia o sabbia, si può infiggere un tubo già finestrato battendolo con un maglio adeguato. Lo sviluppo attorno al filtro del pozzo avverrà con la formazione di un dreno naturale.

#### POZZO NORTON O MACRO WELL POINT

Nelle condizioni descritte al punto precedente, quando il terreno è costituito prevalentemente da sabbia sciolta, è possibile infiggere direttamente il tubo del pozzo ( $\phi$  4"), già dotato della parte filtrante.

La posa avviene, come nel tradizionale metodo di infissione dei well point, con l'ausilio di una motopompa centrifuga autoadescante di elevata prevalenza.

L'acqua che fuoriesce dal filtro rimuove il terreno favorendo una discesa del pozzo nel terreno. Il materiale rimosso risale parzialmente in superficie, lungo lo spazio anulare tra il pozzo e il terreno.

#### ELICA CAVA

Questa tecnologia di perforazione consente di eseguire piccole perforazioni a secco e di posare la tubazione definitiva.

In fase di recupero è possibile eseguire un modesto drenaggio e cementare il tratto superficiale.

##### 10.1.b Posa delle tubazioni definitive e dei filtri

Eseguita la perforazione, si procede alla posa della tubazione definitiva e dei filtri. La tubazione ed il filtro vengono calati coassialmente al preforo, utilizzando elementi centratori in acciaio, posti in corrispondenza del filtro. In funzione del tipo di pozzo da realizzare le tubazioni possono essere di acciaio a norme UNI, di acciaio a norme API (studiati per la perforazione petrolifera), di PVC e di materiali plastici.

La velocità dell'acqua all'interno del pozzo non deve superare i 3 cm/s. valore per il quale risultano minime le perdite di carico, riducendo i fenomeni di incrostazione, corrosione ed erosione.

Tra i vari tipi di filtro si annoverano quelli:

- a ponte: sono i più diffusi, realizzati da una lamiera di acciaio sulla quale, per punzonatura, sono realizzati dei piccoli ponticelli con luci di passaggio comprese tra 0.8 e 0.3 mm. Successivamente, la lamiera viene calandrata e saldata;
- a spirale continua: hanno una elevata superficie filtrante e la geometria della spirale limita i fenomeni di intasamento consentendo sviluppi efficaci. Questo tipo di filtro è realizzato da un filo a profilo triangolare, avvolto e saldato a barrette verticali di supporto;
- fresati sul corpo del PVC o PE (polietilene): si hanno in genere basse superfici filtranti e forti percentuali di intasamento dovuta alle pareti parallele delle aperture che sono inoltre di spessore elevato;
- eseguiti in opera: i filtri sono realizzati con un punzonatore meccanico o idraulico. Questi filtri hanno il limite di una percentuale di apertura bassissima oltre che di una grossolana imprecisione delle dimensioni delle luci. Questo tipo di filtro è pertanto utilizzabile solo in acquiferi matrice grossolana e per i pozzi nei quali si trascura il parametro dell'efficienza.

Il diametro del tubo di rivestimento del pozzo è legato alla portata del pozzo stesso. La verifica va effettuata su tre parametri:

- ingombro della pompa: la corona circolare tra la pompa e la tubazione di rivestimento dovrà avere uno spessore minimo di 25 mm per aumentare proporzionalmente all'incremento della portata.
- ingombro delle flange della tubazione di mandata: dovrà consentire la protezione del cavo elettrico e la discesa di un freatometro o di sonde di livello;
- velocità di flusso: è opportuno rispettare i limiti nella velocità di flusso per non incorrere in perdite di carico eccessive.

La lunghezza della tubazione filtrante deve essere valutata sulla base delle caratteristiche idrauliche, geologiche e giaciture dell'acquifero da captare.

Per quanto concerne invece il dreno artificiale da utilizzare, quando questo sia necessario, si dovrà provvedere ad una selezione granulometria e della composizione mineralogica (vedasi capitolo Materiale drenante).

Dopo avere eseguito il pozzo si procederà alla sua cementazione per consentire l'isolamento dei livelli dei livelli acquiferi dalla superficie e fra loro stessi. L'isolamento potrà avvenire con l'uso di boiaccia di cemento, di argilla in cilindretti.

Il lamierino dovrà avere un diametro massimo di 406 mm e spessore 5 mm.

##### 10.1.c Materiale drenante

Si eseguirà il riempimento con materiale arido pulito provvedendo contemporaneamente all'estrazione del rivestimento provvisorio. Si utilizzerà di norma un fuso granulometrico compreso fra 2 e 25 mm circa. La granulometria del fuso sarà commisurata alla natura e alla granulometria del terreno incontrato. Il materiale lapideo dovrà essere pulito e vagliato, tondo o di frantumazione, non gelivo e inalterabile all'acqua.

In ogni caso la granulometria del materiale drenante dovrà soddisfare le seguenti condizioni:

$D_{15}/d_{85} < 4 < D_{15}/d_{10}$

$2 < D_{60}/D_{10} < 5$

dove d indica il diametro dei grani del terreno e D il diametro dell'inerte.

#### 10.1.d Sviluppo dei pozzi

Lo sviluppo dei pozzi consiste in un insieme di operazioni che hanno l'obiettivo di raggiungere la massima efficienza del pozzo e l'eliminazione del trascinamento di sabbia o di impurità presenti nella falda captata. Gli esiti dello sviluppo sono legati alle procedure adottate per questa operazione ma determinati anche da una corretta progettazione del pozzo (perforazione, dimensionamento di filtro e dreno, corretta esecuzione dei diversi interventi). Le due principali operazioni che devono essere eseguite per ottenere uno sviluppo efficace del pozzo, sono l'eliminazione dei ponti di sabbia in prossimità del pozzo e l'emungimento con una portata nettamente superiore alla portata ottimale del pozzo.

Nel primo caso la rottura della selezione dei grani, che inevitabilmente si forma con il pompaggio dell'acqua verso il pozzo si ottiene con l'inversione del moto dell'acqua, dal pozzo all'aquifero. I metodi più usati sono il pistonaggio, il pompaggio, l'air-lift, il lavaggio con ugelli.

Nel secondo caso, il pompaggio con air-lift o elettropompa sommersa è fondamentale per verificare la stabilizzazione del dreno, ottenuta con il pistonaggio. Per evitare usure elevate alle pompe è preferibile utilizzare l'air-lift. Tuttavia, quando il livello statico è molto profondo e l'immersione modesta, il sistema perde efficienza. In questo caso si ricorre all'impiego di un'elettropompa sommersa per completare lo sviluppo.

### 10.2 PUNTE FILTRANTI WELL POINT

L'impianto well point è costituito da una serie di pozzi di diametro variabile (generalmente 1" 1/2) e lunghezza adeguata alle specifiche esigenze, connessi ad una pompa centrifuga autoadescante mediante una serie di collettori, raccordi e tubi di collegamento.

Ogni singolo elemento well point è costituito da una tubazione chiusa, alla cui estremità inferiore è posizionato un filtro attraverso il quale avviene l'emungimento dell'acqua dal terreno. La lunghezza e le caratteristiche dei filtri sono strettamente legate al tipo di terreno nel quale si effettua il pompaggio. Il collettore di aspirazione ha generalmente un diametro di 150 mm; i manicotti flessibili di collegamento, si 50 mm. Questi ultimi sono dotati di spirale in acciaio incorporata, in grado di mantenere la piena sezione del tubo flessibile quando il sistema è in depressione.

Per quanto concerne i materiali costruttivi, il collettore è realizzato con tubi in acciaio zincato e raccordi rapidi sferici di collegamento, mentre le tubazioni flessibili possono essere di PVC o di gomma-tela. L'impiego di impianti well point installati permanentemente o per lunghi periodi in acque salmastre, può richiedere l'uso di collettori e well point realizzati in HDPE.

La pompa asservita all'impianto (elettropompa e motopompa) e del tipo centrifugo autoadescante, con pompa del vuoto in gradi di evacuare in funzione del modello, una portata d'aria compresa tra 90 e 150 m<sup>3</sup>/h.

#### 10.2.a Prescrizioni

Lo studio di un intervento di drenaggio dovrebbe comprendere quanto riportato nel seguito.

La raccolta preliminare di tutta la documentazione relativa a sia alle caratteristiche costruttive del manufatto da realizzare sia all'idrogeologia dell'area interessata dai lavori.

L'esecuzione di un sopralluogo nel quale si verifichino le condizioni logistiche del cantiere. Sarà così possibile definire:

- la posizione planimetrica dell'impianto;
- la distanza dalle pompe dei punti (condotte fognarie, canali, ecc.) per lo scarico delle acque pompate dal terreno;
- la disposizione delle pompe e la disponibilità di potenza adeguata in cantiere;
- le condizioni al contorno dello scavo, come presenza di edifici, strade, ecc;
- gli eventuali rapporti tra l'acqua di falda e l'idrografia superficiale.

La definizione di un modello idrogeologico con previsione di massima delle portate da estrarre dai terreni. L'esecuzione di una prova di pompaggio preliminare che consente di:

- verificare la validità del modello idrogeologico teorico (portate emunte ed abbassamenti prodotti);
- identificare le migliori modalità di installazione dei well point (infissione diretta, uso di trivella, ecc);
- il dimensionamento finale dell'impianto con riferimento al numero di well point da impiegare, al loro interasse e alle caratteristiche delle pompe da asservire all'impianto well point.

#### 10.2.b Modalità di installazione

Le modalità di installazione dei well point sono legate alle specifiche condizioni stratigrafiche e proprietà granulometriche dei terreni oggetto degli interventi di drenaggio. Di seguito viene elencata una serie di metodologie di installazione, legate alla natura dei terreni interessati dagli interventi di aggettamento.

#### TERRENI SABBIOSI

L'infissione dei well point nel terreno viene eseguita con l'impiego di una motopompa centrifuga autoadescante Jetting (Q max = 1000 l/min – H max = 70 m) che, attraverso delle manichette flessibili (ø 50 mm), invia acqua in pressione verso il well point posizionato per l'infissione. L'acqua attraversa il tubo di sollevamento e fornisce dal filtro well point sia lateralmente che frontalmente, con l'aertura di una valvola a sfera. Tale getto d'acqua in pressione produce la rimozione e la parziale asportazione in superficie del terreno attraversato. Questo favorisce la penetrazione del well point nel terreno per collocare il filtro alla profondità richiesta. Si tratta di una perforazione manuale a circolazione diretta d'acqua e a distruzione di nucleo.

Quando il well point viene messo in depressione la valvola collocata nel puntale del filtro si chiude favorendo l'ingresso dell'acqua dalle sole pareti laterali del filtro stesso.

#### TERRENI A GRANULOMETRIA FINE (LIMOSI O LIMOSO-SABBIOSI) O CON STRATIFICAZIONI ARGILLOSO-LIMOSE

In presenza di terreni a granulometria fine o con stratificazioni argillose, l'infissione dei well point è preceduta dalla realizzazione di un dreno verticale di sabbia (prefiltro) Ø 20 cm, all'interno del quale viene posato il well point. Tale dreno ha lo scopo di impedire l'ostruzione dei filtri ed inoltre costituisce una via preferenziale in grado di mettere in comunicazione strati a diversa permeabilità.

Il materiale drenante da mettere nel foro deve avere una granulometria uniforme. La scelta del materiale drenante può essere eseguita seguendo la relazione (Borniez – 1956):

$$d = 6 D_{60-80}$$

dove: d diametro del materiale drenante;

D60 diametro dei granuli corrispondenti alle ordinate del 60% della curva granulometria;

D80 diametro dei granuli corrispondenti alle ordinate del 80% della curva granulometria.

A risultati analoghi si arriva utilizzando la regola di Truelsen (1957):

$$d = (4+5) D_{75-85} \text{ se } U < 3$$

$d = (4+5) D90-95$  se  $3 < U < 5$

dove: D75-85 diametro dei granuli corrispondenti alle ordinate comprese tra 75% e 85% della curva granulometria;

D90-95 diametro dei granuli corrispondenti alle ordinate comprese tra 90% e 95% della curva granulometria;

U coefficiente di uniformità.

Per  $U > 5$  esiste il rischio di asportazione dei sedimenti fini.

Inoltre, è possibile ricorrere alla relazione:

$d = (4+6) D70$

con il coefficiente 4 per i terreni uniformi e 6 nel caso di terreni non uniformi.

#### TERRENI SABBIOSI GHIAIOSI

Nei terreni sabbiosi-ghiaiosi, quando è ancora consentito l'impiego degli impianti well point, l'infissione dei micropozzi può avvenire nei modi seguenti:

- infissione tradizionale a getto d'acqua in pressione (solo se la componente sabbiosa è prevalente);
- posa con perforazione idraulica preliminare (se la componente ghiaiosa è prevalente).

Altre possono essere inoltre le metodologie di installazione adottate di volta in volta in funzione della composizione granulometria dei terreni oggetto dei lavori (trivelle ad elica azionate da motore idraulico, battipalo, vibratori pneumatici applicati alla testa dei well point).

#### TERRENI ROCCIOSI

I terreni rocciosi presentano una permeabilità per fatturazione o dissoluzione e non per porosità, inoltre l'acqua circola attraverso la roccia per vie difficili da individuare. Ne consegue l'impossibilità di impiegare con successo gli impianti well point in queste particolari condizioni operative.

##### 10.2.c Scelta dei filtri

La scelta dei filtri da montare sui well point deve essere fatta sulla base dei seguenti parametri:

- granulometria dei terreni;
- valore stimato della portata da estrarre dal terreno.

Nei terreni sabbiosi si opera con filtri in rete di reps,  $\phi 1 \frac{1}{4}$  (31.75 mm) con passaggio 0.2 mm e lunghezza 0.65 m.

Nei terreni sabbiosi-ghiaiosi si utilizzano invece filtri con 32 aperture circolari  $\phi 8$  mm. In fase di pompaggio le aperture più elevate riducono le perdite di carico in corrispondenza al filtro, consentendo portate di emungimento superiori rispetto ai filtri per sabbia.

##### 10.2.d Profondità di posa e di utilizzo

Generalmente le punte filtranti dovrebbero essere infisse ad una profondità minima, oltre il fondo dello scavo da drenare, pari a:

$$p = h + 1.5 \quad (\text{m})$$

dove p è la profondità del filtro dal piano campagna, e h è la profondità dello scavo dal piano campagna.

Lo schema indicato, valido in linea generale, dovrà essere verificato in base alle caratteristiche degli strati da drenare.

L'altezza massima di aspirazione vuotometrica di un impianto well point, in condizioni di perfetta efficienza, potrebbe essere di circa 8.7 m.

In tali condizioni di impiego le portate, però sarebbero fortemente ridotte. Infatti, per raggiungere profondità di scavo elevate, con abbattimenti del livello di falda superiori a 4+5 m, si ricorrerà alla posa di più anelli concentrici di well point, utilizzando la cosiddetta installazione a gradoni. Il battente idraulico dovrà quindi essere abbattuto in fasi successive, con ripetute installazioni, a quote diverse, degli impianti di well point, in modo da mantenere il dislivello tra la bocca aspirante della pompa ed il livello dinamico della falda entro i limiti di corretto funzionamento del sistema.

##### 10.2.e Distanza di installazione

L'impianto well point dovrà essere installato ad una distanza di sicurezza, rispetto all'unghia inferiore dello scavo, pari alla profondità di scavo. L'applicazione di tale prescrizione dovrà essere applicata in relazione alla compatibilità con gli spazi di cantiere.

È comunque fondamentale evidenziare che più ci si avvicina alla con l'installazione dell'impianto alla scarpata, più aumenta la probabilità di incontrare inconvenienti durante le operazioni di scavo.

Il posizionamento degli impianti well point nei terreni con stratificazioni non stratificazioni impermeabili deve essere fatto necessariamente alla giusta distanza dalle scarpate di scavo.

Il posizionamento dell'impianto well point all'interno dello scavo verrà sfruttata nel caso di costruzione di edifici con sottomurazioni di strutture esistenti o con piano sotterranei protetti da paratie in calcestruzzo.

In questi casi la presenza dell'impianto, che deve rimanere in funzione fino a struttura ultimata, determina discontinuità durante il getto delle fondazioni e tutta una serie di fori che devono essere chiusi con particolare cura dopo l'estrazione. La qualità delle fondazioni non dovrà risultare pregiudicata dai fori per l'esercizio dell'impianto well point. I metodi più usati per evitare ciò sono:

- protezione con tubi in plastica PVC;
- protezione con cartone ondulato;
- protezione con camicia in ferro plagiata.

8.3.7 Gruppi di emergenza  
Vista l'importanza fondamentale dell'impianto well point per l'esecuzione degli scavi e delle opere di fondazione, deve esserne garantito un corretto funzionamento 20 ore su 24, per tutta la durata dei lavori. Questo anche per impedire la risalita dell'acqua di falda all'interno dello scavo con crolli conseguenti delle pareti di scavo. Si dovrà quindi prevedere l'utilizzo di sistemi di emergenza, in particolare:

- gruppi di emergenza automatici in parallelo;
- gruppi di emergenza automatici comandati da regolatori di livello;
- impianti per alimentazione di emergenza con gruppo elettrogeno ad avviamento automatico.

La scelta del sistema di emergenza deve essere effettuata sulla base delle caratteristiche tecniche e logistiche dell'impianto di pompaggio ed anche in ragione di criteri legati alla sicurezza ed alla economicità del sistema.

#### GRUPPI DI EMERGENZA AUTOMATICI IN PARALLELO

I gruppi di emergenza automatici sono motopompe, accoppiate in parallelo ai gruppi primari elettrici, che intervengono e si sostituiscono agli stessi, sia in caso di mancata erogazione dell'energia elettrica sia in caso di guasto improvviso.

#### GRUPPI DI EMERGENZA AUTOMATICI COMANDATI DA REGOLATORI DI LIVELLO

I gruppi di emergenza con comando a galleggianti sono motopompe di riserva collegate all'impianto di emungimento. Essi intervengono nei casi di necessità quando le portate risultano superiori rispetto a quelle controllate con le pompe in esercizio. I gruppi di emergenza sono

comandati unicamente dal livello della falda, mediante galleggianti o sonde elettroniche inserite in pozzi piezometrici.

#### IMPIANTO PER ALIMENTAZIONE DI EMERGENZA CON GRUPPO ELETTROGENO AD AVVIAMENTO AUTOMATICO

L'impianto di emergenza con gruppo elettrogeno interviene automaticamente in casi di interruzione nell'alimentazione elettrica dell'elettropompa.

Attraverso un quadro elettrico si ottiene automaticamente l'avvio temporizzato in successione delle varie pompe onde evitare sovraccarichi di tensione difficilmente assorbibili dal gruppo stesso.

### 10.3 TRINCEE DRENANTI

In presenza di falde freatiche superficiali e quando il battente idraulico da deprimere e controllare è modesto, si potrà ricorrere all'impiego delle trincee drenanti. Si tratta generalmente di scavi disposti trasversalmente alla direzione di flusso della falda, con l'obiettivo di incanalare l'acqua di falda, convogliandola verso i punti di raccolta.

La profondità delle trincee drenanti può variare da 4+5 m a 10+15 m, per cui le attrezzature di scavo dovranno essere prescelte in base alle esigenze progettuali e alle loro effettive capacità operative.

Le trincee saranno colmate di materiale drenante e, al fondo, sarà posizionata una tubazione drenante in materiale plastico.

Nel caso di un drenaggio con l'impiego di una trincea drenante, la capacità di emungimento del sistema può essere aumentata mettendo in depressione la tubazione drenante mediante una pompa centrifuga autoadescante.

#### 10.3.a Attrezzature e procedimenti di scavo

Per trincee di modesta profondità è possibile utilizzare escavatori a braccio rovescio, con benna a cucchiaio. In tal caso lo scavo procederà con continuità, e le operazioni di posa dei geotessili e di riempimento saranno effettuate a seguire.

Per l'esecuzione di trincee drenanti profonde saranno utilizzate le attrezzature e le tecniche di scavo dei diaframmi, lo scavo della trincea dovrà essere necessariamente eseguito a secco, provvedendo al suo immediato riempimento con il materiale drenante. Nei casi in cui la coesione del terreno non sia in grado di garantire la stabilità dello scavo, potranno essere utilizzati fanghi biodegradabili. In alternativa si utilizzeranno schermi costituiti da pozzi drenanti.

Lo scavo delle trincee drenanti profonde sarà condotto per pannelli successivi, eseguiti utilizzando una benna mordente il cui spessore nominale dovrà corrispondere allo spessore di progetto della trincea. Per consentire lo scavo di pannelli adiacenti a quelli già riempiti con materiale drenante, senza che questo frani, saranno utilizzati dei tubi spalla opportunamente immersi nel terreno e ancorati in testa.

#### 10.3.b Materiali

##### TUBI DRENANTI

Le tubazioni potranno essere costituite da:

- tubi flessibili a doppia parete in HDPE;
- tubi flessibili a doppia parete in HDPE con geotessile filtrante in fibra sintetica;
- tubi rigidi a doppia parete in HDPE;
- tubi in PVC.

La rigidità anulare (resistenza allo schiacciamento) dei tubi determinata secondo la norma UNI EN ISO 9969 dovrà essere almeno appartenente alla categoria SN4, pari a 4 kN/m<sup>2</sup>. Il campo di applicazione dovrà estendersi da -25 a +60°C. I tubi dovranno resistere alla prova di piegatura sia a temperatura ambiente che a -5°C, eseguita con un raggio di piegatura pari ad almeno 5 volte il diametro nominale del tubo. I tubi dovranno essere forati con 5+6 fori al metro su 240° o 360° della circonferenza. I diametri esterni dei tubi, salvo casi particolari possono variare da 63 mm e 200 mm.

##### RIEMPIMENTO DRENANTE

Il cavo rivestito sarà riempito con materiale drenante, curando in particolare che il geotessile aderisca alle pareti dello scavo. Si utilizzerà materiale lapideo pulito e lavato, tondo o di frantumazione, con pezzatura massima non eccedente i 70 mm.

In ogni caso la granulometria del materiale drenante dovrà soddisfare le seguenti condizioni:

$$4 d_{15} < D_{15} < d_{85} D_{60} / D_{15} < 2$$

ove  $d$  indica il diametro dei grani del terreno e  $D$  il diametro dell'inerte. Il riempimento verrà arrestato a circa 50 cm dal piano campagna. Superiormente la zona di scavo sarà ricoperta con materiale di scavo.

##### GEOCOMPOSITO

Le pareti dello scavo saranno di norma rivestite con un foglio di geocomposito le cui caratteristiche saranno stabilite dal progettista, in relazione alla granulometria del terreno naturale e del materiale di riempimento. Di norma il geocomposito deve essere prodotto utilizzando polipropilene inestensibile ai raggi ultravioletti, all'aggressione salina e non putrescibile. Il processo meccanico di produzione deve prevedere la legatura dei filamenti (agugliatura) e termosaldato.

In ogni caso il geocomposito dovrà avere caratteristiche non inferiori a quanto riportato nella tabella che segue:

Spessore a 2KPa 14 mm

Massa areica 1030 g/m<sup>2</sup>

Resistenza a trazione MD/CMD (EN ISO 10319) 20/22 kN/cm

Capacità drenante nel piano 1.4 l/(mxs)

#### 10.3.c Controlli e documentazione

Per ogni pannello scavato, ovvero giornalmente se lo scavo è eseguito con attrezzatura a braccio rovescio, l'Appaltatore fornirà una scheda con indicati:

- profondità;
- volumi scavati;
- volumi di riempimento;
- curva granulometria degli inerti;
- risultati sulle prove dei materiali.
- livello idrico a operazioni concluse (solo per i pozzi ispezionabili).

**10.4 DRENI SUB-ORIZZONTALI (MICRODRENI)**

I microdreni sono costituiti da fori appositamente realizzati nel terreno mediante sonde di perforazione ed attrezzi con tubi parzialmente o totalmente filtranti. I microdreni possono avere lunghezza variabile ed essere inclinati fino alla quasi orizzontalità, a seconda dello scopo per cui il progetto ne prevede la installazione.

**10.4.a Caratteristiche dei tubi drenanti**

Il tubo filtrante avrà caratteristiche (diametro, lunghezza e apertura della fessurazione) conforme al progetto. Il materiale costituente dovrà essere plastico non alterabile, con spessore e resistenza tale da garantire la corretta posa in opera nelle specifiche condizioni del sito e di ciascuna operazione. Qualora non diversamente prescritto, lo spessore sarà di almeno 2.5 mm, l'apertura della finestratura di 0.2 mm, il diametro esterno del tubo di almeno 40mm. Il tratto ceco avrà diametro interno uguale a quello finestrato. La parte terminale dei tubi di ciascun dreno, per una lunghezza di almeno 5 cm, sarà sufficientemente resistente da non subire danni o deformazioni consistenti, una volta in opera, in conseguenza del congelamento dell'acqua in essa contenuta.

**10.4.b Attrezzatura**

L'attrezzatura di perforazione sarà costituita da una sonda di adeguate dimensioni e potenza operativa, a rotazione o rotoperussione, completa degli accessori necessari. Le tubazioni di rivestimento provvisorio dovranno garantire il sostentamento delle pareti del foro anche nelle condizioni di perforazione più gravose, permettendo in ogni caso la installazione dei dreni. Il diametro interno del rivestimento non dovrà superare di oltre 30 mm quello esterno dei tubi drenanti da inserire.

**10.4.c Perforazione**

La perforazione dovrà essere condotta con modalità approvate, comunque con un solo diametro per tutto il foro, con eventuali maggiorazioni di tale diametro in corrispondenza del tratto equipaggiato con tubazione cieca, qualora ritenuto utile o necessario per il raggiungimento della profondità richiesta. La perforazione sarà sempre accompagnata da rivestimento provvisorio, senza impiego di fluidi diversi da acqua eventualmente additivata con polimeri biodegradabili in 20-40 ore.

E' ammesso uno scostamento massimo dell'asse teorico non superiore al 3%. Al termine della perforazione il foro sarà energicamente lavato con acqua pulita. Si eviterà, se non altrimenti approvato, di perforare contemporaneamente dreni con interasse inferiore a 10 m.

**10.4.d Installazione**

Il dreno sarà inserito nell'interno del rivestimento provvisorio, che sarà solo successivamente estratto. La bocca del tubo dovrà sporgere di 4-6 cm dal paramento di boccaforo e verrà protetta da staffe in acciaio sporgenti. Nel caso di dreni con tratto cieco maggiore di 10 m in lunghezza, il tubo dovrà essere dotato di accessori atti a separare il tratto filtrante da quello cieco mediante cementazione dell'intercapedine tra tubo e foro lungo il tratto cieco.

A questo scopo dovranno essere predisposti:

- 2 valvole a manicotto distanti 100 e 150 cm dal punto di giunzione tra il tratto filtrante e cieco;
- un sacco otturatore in tela di juta o simili, avente 40 cm di diametro e lunghezza di circa 200 cm, legato alle estremità e disposto a copertura delle valvole, nel tratto di tubo cieco più profondo;
- alcune valvole a manicotto lungo la parte cieca del tubo non occupato dal sacco otturatore.

La cementazione si eseguirà ponendo in opera una miscela cementizia, mediante un condotto di iniezione munito di doppio otturatore, subito dopo l'estrazione del rivestimento provvisorio. Le modalità per la cementazione sono sottoelencate:

- posizionamento del sacco otturatore in corrispondenza della valvola inferiore;
- iniezione di un volume di miscela corrispondente al volume del sacco otturatore completamente espanso, con una pressione di iniezione alla quota della valvola compresa tra 0.2 dH ed un prudenziale margine rispetto alla pressione che procura la lacerazione e la sfilatura del tubolare dalle sue legature alle estremità (dH equivale alla differenza di quota tra la valvola inferiore e bocca foro);
- spostamento del doppio otturatore sulla valvola appena sopra il sacco otturatore iniettato e riempimento con miscela in pressione fino al suo rifluimento a bocca foro.

Ove previsto dal progetto il tratto filtrante sarà rivestito con foglio di geotessile, le cui caratteristiche saranno di volta in volta specificate, e comunque non inferiori a quanto prescritto in tabella seguente.

Spessore	2.5 mm
Peso	300 g/m <sup>2</sup>
Resistenza a trazione (UNI8639)	350 N/5 cm
Allungamento (UNI 8639)	70%
Trazione trasversale (UNI 8639)	500 N/5 cm
Allungamento trasversale (UNI 8639)	30%
Permeabilità	5 e -3 cm/s

Il tubo drenante rigido microfessurato in PVC dovrà avere le seguenti caratteristiche:

Diametro tubo esterno	114 mm
Spessore	7.2 mm
Diametro esterno manicotti	125 mm
Larghezza fessure	0.5-0.7 mm

**10.4.e Lavaggio e manutenzione dei dreni**

Terminate le operazioni di installazione ed eventuale cementazione dei tubi, il dreno dovrà essere lavato con acqua mediante una lancia con tratto terminale metallico dotato di ugelli per la fuoriuscita radiale del liquido; la lancia scorrerà entro il tubo grazie a dei pattini opportuni.

namente disposti e tali da prevenire ogni danneggiamento del dreno. Il lavaggio sarà eseguito a partire dal fondo dreno, risalendo a giorno in forma graduale e progressiva dopo aver osservato la fuoriuscita di acqua limpida da bocca foro. Il lavaggio sarà se necessario ripetuto fino alla sicura creazione di un filtro rovescio naturale nel terreno circostante il dreno, in modo tale da assicurare che nelle fasi di esercizio il drenaggio delle acque non sia accompagnato da indesiderati fenomeni di trasporto solido.

A installazione e lavaggio avvenuti, ogni dreno sarà mantenuto tale da permettere l'accesso alla bocca per periodiche ispezioni e misure della portata emunta.

#### 10.4.f Documentazione e controlli

Per ogni dreno installato l'impresa esecutrice compilerà un'apposita scheda con le informazioni generali per l'identificazione, le caratteristiche dimensionali del foro realizzato e del dreno installato, lo schema geometrico dell'installazione e della eventuale cementazione, i risultati visivi del lavaggio. La discordanza della posizione di progetto non dovrà essere superiore a 10 cm. Se richiesto dalla direzione Lavori, l'Impresa Esecutrice provvederà alla lettura della portata emunta, alla misura della frazione solida in sospensione e alla misura della lunghezza del tubo libera e percorribile.

### 10.5 POZZI DRENANTI

I dreni hanno la funzione di realizzare nel terreno dei percorsi di raccolta delle acque, e di conseguenza modificare il regime idraulico.

Gli scopi sono sostanzialmente due:

- favorire nei terreni coesivi normalmente consolidati i processi di consolidazione sotto carico, accelerando il decorso dei relativi cedimenti;
- abbattere il livello piezometrico della falda, per favorire la stabilità di pendii naturali o artificiali.

Le caratteristiche dei terreni per quanto concerne tipo, interasse, lunghezza, diametro e disposizione planimetrica, saranno definite dal progetto; l'Appaltatore dovrà realizzare i dreni con le prescritte caratteristiche, sottoponendo preventivamente alla Direzione Lavori eventuali proposte di variazione rispetto alle caratteristiche tipologiche prefissate, che dovranno comunque essere tali da garantire le medesime capacità e funzionalità.

#### 10.5.a Definizioni

I pozzi drenanti sono utilizzati negli interventi di consolidamento di scarpate instabili, allo scopo di intercettare le acque falda fino a grande profondità. L'intervento consiste nella realizzazione di una batteria di pozzi di diametro generalmente compreso tra 1.2 e 2.0 m, a interassi variabili tra 6 e 10 m circa, filtranti su tutto il mantello, reciprocamente collegati sul fondo con uno o più collettori di raccolta e scarico.

Le acque di drenaggio vengono smaltite per gravità, realizzando i collettori di fondo con una pendenza in genere non inferiore al 2%.

#### 10.5.b Prescrizioni tecniche particolari

#### ATTREZZATURE

Per la realizzazione di schermi di pozzi drenanti saranno utilizzate le attrezzature per l'esecuzione di pali trivellati con l'impiego di colonne di rivestimento provvisorio. È tassativamente esclusa la possibilità di impiego di fanghi bentonitici. L'impiego di acqua o di fanghi biodegradabili potrà essere autorizzato, in determinate circostanze dalla Direzione Lavori.

Per la realizzazione dei collettori di fondo saranno utilizzate sonde a rotazione e rotopercussione a manovra corta, montate su telai di forma cilindrica, di diametro compatibile con il diametro dei pozzi. Le sonde potranno essere a funzionamento automatico, telecomandato o manuale. Alle sonde dovranno essere asservite attrezzature di servizio integrate, costituite da una gru, motore e centralina idraulica, pompe sommerse per lo svuotamento provvisorio dei pozzi, etc. prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore dovrà trasmettere alla Direzione Lavori una planimetria con indicate tutti i pozzi drenanti, numerati progressivamente, specificando i previsti allestimenti finali (pozzi drenanti, pozzi ispezionabili, etc.) e la sequenza di esecuzione.

#### PERFORAZIONI

Le batterie di pozzi drenanti con collegamento sul fondo saranno realizzate mediante due fasi esecutive:

- la prima concerne la perforazione verticale, da eseguirsi con modalità ed attrezzature convenzionali, con il solo limite di non utilizzare fanghi bentonitici che, a seguito della formazione del "cake" sulle pareti dello scavo, ridurrebbero l'effetto drenante; è comunque anche da limitare l'impiego di acqua, allo scopo di non arricchire ulteriormente le falde; pertanto la più corretta procedura esecutiva per la realizzazione di pozzi consiste nello scavo a "secco" con rivestimento provvisorio del foro;
- la seconda fase di lavoro concerne l'esecuzione della trivellazione per il collegamento al fondo mediante una speciale attrezzatura in grado di operare all'interno dei pozzi, impiegando l'utensile più adatto alla natura del terreno da attraversare. Eseguiti i collegamenti, si procederà all'allestimento definitivo dei pozzi, mentre le attrezzature di scavo e perforazione vengono utilizzate per l'esecuzione di un nuovo tratto di batteria.

Di norma i lavori dovranno iniziare dal pozzo posto più a valle, in modo da consentire il funzionamento dell'impianto sin dalle prime fasi di lavoro.

#### ESECUZIONE DEI COLLEGAMENTI TRA I POZZI

Prima di effettuare i collegamenti dovranno essere controllati tutti i parametri geometrici delle perforazioni verticali ed orizzontali, allo scopo di assicurare la necessaria precisione piano-altimetrica del collegamento. L'Appaltatore deve trasmettere alla Direzione Lavori le modalità di controllo della geometria delle perforazioni.

Completata la trivellazione, si procederà alla posa in opera del collettore di collegamento che dovrà essere realizzato utilizzando tubi in grado di resistere alle pressioni interne ed esterne, e di sopportare elevate deformazioni senza danni.

L'intercapedine tra tubazione e perforazione sarà adeguatamente impermeabilizzata utilizzando una miscela cementizia plastica.

#### ALLESTIMENTO DEFINITIVO DEI POZZI

Sono possibili i seguenti allestimenti:

- pozzi drenanti a tutta sezione;
- pozzi drenanti ispezionabili;
- pozzi drenanti con rivestimento strutturale.

#### POZZI DRENANTI A TUTTA SEZIONE

Impermeabilizzato il fondo del pozzo si realizzerà il collegamento dei due tubi (di arrivo e mandata) tramite un tratto adeguatamente fessurato. Si eseguirà quindi il riempimento con materiale arido pulito provvedendo contemporaneamente all'estrazione del rivestimento provvisorio. Si utilizzerà di norma un fuso granulometrico compreso fra 2 e 25 mm circa. Il material lapideo dovrà essere pulito e vagliato, tondo o di frantumazione.

In ogni caso la granulometria del materiale drenante dovrà soddisfare le seguenti condizioni:

$D_{15}/d_{85} < 4$  /  $D_{15}/d_{15} < 2$  /  $D_{60}/D_{10} < 5$

dove d indica il diametro dei grani del terreno e D il diametro dell'inerte. Il riempimento verrà arrestato a circa 50 cm dal piano campagna.

Per favorire il corretto assestamento della ghiaia potrà essere opportuno facilitarne la discesa mediante il deflusso di una piccola portata d'acqua. Completato il riempimento si provvederà alla realizzazione di un tappo superiore di impermeabilizzazione, separato dal materiale drenante per mezzo di una membrana geotessile o in PVC.

#### **POZZI ISPEZIONABILI**

Si tratta di pozzi aventi rivestimento definitivo  $\phi$  1.5 m, in modo da realizzare una intercapedine di spessore 15 cm. La presenza del rivestimento definitivo consente in ogni momento di accedere alla tubazione di collegamento per verificare il normale funzionamento ed eseguire, se necessario, eventuali manutenzioni.

Il mantello drenante di questi pozzi sarà ottenuto tramite il riempimento di questa corona anulare esterna con il materiale granulare arido 2  $\pm$  25 mm. Eseguita l'impermeabilizzazione del fondo (esterno ed interno) si procederà al versamento del materiale drenante mediante opportuni convogliatori. Eseguito anche il tappo superiore, si provvederà ad installare all'interno del rivestimento definitivo una scala metallica munita di gabbia di protezione. Infine verrà posto in opera il chiusino di testa, in cemento armato prefabbricato, munito di botola in ghisa.

#### **POZZI DRENANTI STRUTTURALI**

Si tratta di pozzi aventi diametro  $\phi$  2 m, il cui mantello drenante, di spessore medio  $s = 10$  cm, è coassiale ed esterno ad un rivestimento in conglomerato cementizio armato di 30 cm di spessore.

Esecutivamente il pozzo sarà realizzato inserendo entro la perforazione  $\phi$  2 m due rivestimenti ondulati  $\phi$  1.2 m e  $\phi$  1.8 m, coassiali, al cui interno verrà quindi posizionata l'armatura. I due rivestimenti, il cui spessore ( $\geq 2.7$  mm) è comunque da dimensionare in base alla profondità del getto di cls, fungono da cassero a "perdere". Se realizzati in acciaio zincato essi possono essere considerati, sotto certe condizioni, collaboranti permanentemente. Posizionati i lamierini e l'armatura si eseguirà il riempimento dell'intercapedine esterna con materiale drenante e quindi il getto di cls, previo adeguato puntellamento interno. Le acque di drenaggio vengono raccolte all'interno del pozzo tramite 2  $\pm$  3 perforazioni radiali del rivestimento in c.a.. L'allestimento del pozzo sarà infine completato in maniera analoga a quanto previsto per i pozzi ispezionabili (scala, chiusino, botola, etc.).

#### **RACCOMANDAZIONI PARTICOLARI**

##### **VERIFICA DELLA PROFONDITÀ DI DRENAGGIO**

Sarà realizzata mediante l'esecuzione di alcuni pozzi, in posizioni opportunamente prescelte. Le profondità dei pozzi devono essere infatti congrue con l'obiettivo di tenere depressa la falda fino alle profondità previste in progetto, e con la necessità di rispettare ovunque le pendenze della condotta di fondo. È opportuno quindi in via preliminare verificare localmente la profondità da raggiungere e modificare, se necessario, la posizione della condotta di scarico.

L'Appaltatore indicherà nella planimetria dell'intervento i pozzi preliminari. Se approvato dalla Direzione Lavori, questi pozzi potranno far parte degli schermi drenanti di esercizio.

##### **ESECUZIONE DEI COLLEGAMENTI**

I collegamenti orizzontali saranno eseguiti di norma partendo dai pozzi più in basso, in modo da avere progressivamente attivo il sistema drenante; in caso contrario si utilizzeranno, provvisoriamente, delle pompe di sollevamento. In genere la pendenza media della condotta di fondo non potrà essere inferiore al 2%; è consigliabile la realizzazione della condotta secondo una disposizione a gradini.

##### **INTEGRAZIONE DEL DRENAGGIO**

Ove previsto dal progetto si installeranno all'interno dei pozzi delle raggiere di tubi microfessurati in PVC. L'importanza di questi micro-dreni è dovuta alla possibilità che offrono di incrementare la captazione delle acque in terreni poco permeabili, o al contatto tra coltre e substrato.

##### **ALLONTANAMENTO DEFINITIVO DELLE ACQUE**

Sarà ottenuto mediante il loro recapito dai pozzi terminali ad un sistema di cabalette superficiali, da disporre lungo opportune direttrici.

##### **CONTROLLI E DOCUMENTAZIONE**

L'Appaltatore dovrà provvedere ad installare una rete di controllo geotecnico, conforme alle indicazioni di progetto e/o secondo un piano approvato dalla Direzione Lavori. Dovrà inoltre provvedere, con le frequenze che saranno concordate con la Direzione Lavori, al controllo della strumentazione geotecnica integrata con la misurazione periodica delle portate di drenaggio, sia agli scarichi, sia in corrispondenza dei punti nodali più significativi.

Per ogni pozzo eseguito e messo in collegamento, l'Appaltatore dovrà fornire una scheda tecnica indicante:

- data e numero del pozzo;
- diametro;
- profondità;
- volumi di acqua emunta per asciugare il pozzo;
- tipo di allestimento;
- numero, quota, diametro e larghezza dei collegamenti a indicare i pozzi collegati;
- volumi dei materiali drenanti messi in opera;
- livello idrico a operazioni concluse (solo per i pozzi ispezionabili).

#### **NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 11 SCAVI****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Gli scavi saranno eseguiti secondo le sagome geometriche prescritte dalla Direzione dei Lavori e, qualora le sezioni assegnate vengano maggiorate, l'Appaltatore non avrà diritto ad alcun compenso per i maggiori volumi di scavo, ma anzi sarà tenuto ad eseguire a proprie cure e spese tutte le maggiori opere, anche di ripristino, che si rendessero per conseguenza necessarie.

Pure senza speciale compenso - bensì con semplice corresponsione dei prezzi o delle maggiorazioni che l'Elenco stabilisce in funzione delle varie profondità - l'Appaltatore dovrà spingere gli scavi occorrenti alla fondazione dei manufatti fino a terreno stabile.

I materiali scavati dovranno essere riutilizzati all'interno del cantiere o trasportati a discarica autorizzata secondo quanto riportato nel piano di utilizzo delle terre e rocce da scavo, redatto a cura dell'Impresa appaltatrice dei lavori ai sensi del D.Lgs. 03/04/2006, n. 152 e secondo le linee guida della Regione Veneto.

Sono altresì compresi nel compenso contrattuale tutti gli oneri per l'indennità di discarica del materiale risultante dagli scavi e non riutilizzabile dall'Appaltatore nell'ambito del cantiere.

**11.1 SCAVI DI SBANCAMENTO**

Per scavi di sbancamento o tagli a sezione aperta si intendono quelli praticati al disopra del piano orizzontale, passante per il punto più depresso del terreno naturale o per il punto più depresso delle trincee o splateamenti, precedentemente eseguiti ed aperti almeno da un lato.

Quando l'intero scavo debba risultare aperto su di un lato (caso di un canale fagatore) e non venga ordinato lo scavo a tratti, il punto più depresso è quello terminale.

Appartengono alla categoria degli scavi di sbancamento così generalmente definiti tutti i cosiddetti scavi di splateamento e quelli per allargamento di trincee, tagli di scarpate di rilevati per costruirvi opere di sostegno, scavi per incassatura di opere d'arte (spalle di ponti, spallette di briglie ecc.) eseguiti superiormente al piano orizzontale determinato come sopra, considerandosi come piano naturale anche l'alveo dei torrenti e dei fiumi.

**11.2 SCAVI DI FONDAZIONE**

Per scavi di fondazione in generale si intendono quelli ricadenti al disotto del piano orizzontale di cui all'articolo precedente, chiusi fra le pareti verticali riproducenti il perimetro delle fondazioni delle opere d'arte. Quali che siano la natura e la qualità del terreno, gli scavi per fondazione dovranno essere spinti fino alla profondità che dalla Direzione dei lavori verrà ordinata all'atto della loro esecuzione, tenendo conto delle prescrizioni di cui al D. M. 11 marzo 1988 riguardante le norme tecniche sui terreni e i criteri di esecuzione delle opere di sostegno e di fondazione e la relativa Circ. M. LL. PP. 24 settembre 1988, n. 30483.

Le profondità, che si trovino indicate nei disegni di consegna sono perciò di semplice avviso e l'Amministrazione appaltante si riserva piena facoltà di variarle nella misura che reputerà più conveniente, senza che ciò possa dare all'Appaltatore motivo alcuno di fare eccezione o domande di speciali compensi, avendo egli soltanto diritto al pagamento del lavoro eseguito, coi prezzi contrattuali stabiliti per le varie profondità da raggiungere.

E' vietato all'Appaltatore, sotto pena di demolire il già fatto, di porre mano alle murature prima che la Direzione dei lavori abbia verificato ed accettato i piani delle fondazioni.

I piani di fondazione dovranno essere generalmente orizzontali, ma per quelle opere che cadono sopra falde inclinate, potranno, a richiesta della Direzione dei lavori, essere disposti a gradini ad anche con determinate contro pendenze.

Gli scavi di fondazione dovranno di norme essere eseguiti a pareti verticali e l'Impresa dovrà, occorrendo, sostenerle con convenienti armature e sbadacchiature, restando a suo carico ogni danno alle cose ed alle persone che potesse verificarsi per smottamenti o franamenti dei cavi. Questi potranno però, ove ragioni speciali non lo vietino, essere eseguiti con pareti a scarpata. In questo caso non sarà compensato il maggiore scavo eseguito, oltre quello strettamente occorrente per la fondazione dell'opera, e l'Impresa dovrà provvedere a sue cure e spese al successivo riempimento del vuoto rimasto intorno alle murature di fondazione dell'opera, con materiale adatto, ed al necessario costipamento di quest'ultimo.

Analogamente dovrà procedere l'Impresa senza ulteriore compenso a riempire i vuoti che restassero attorno alle murature stesse, pure essendosi eseguiti scavi a pareti verticali, in conseguenza della esecuzione delle murature con riseghe in fondazione.

Per aumentare la superficie di appoggio la Direzione dei lavori potrà ordinare per il tratto terminale di fondazione per un'altezza sino ad un metro che lo scavo sia allargato mediante scampanatura, restando fermo quanto sopra è detto circa l'obbligo dell'Impresa, ove occorra di armare convenientemente, durante i lavori, la parete verticale sovrastante.

Qualora gli scavi si debbano eseguire in presenza di acqua, e questa si elevi negli scavi, non oltre però il limite massimo di cm 20 previsto nel titolo seguente, l'Appaltatore dovrà provvedere, se richiesto dalla Direzione dei lavori, all'esaurimento dell'acqua stessa coi mezzi che saranno ritenuti più opportuni.

L'Appaltatore dovrà provvedere, a sua cura, spese ed iniziativa, alle suddette assicurazioni, armature, puntellature e sbadacchiature, nelle quantità e robustezza che per la qualità delle materie da escavare siano richieste. Il legname impiegato a tale scopo, sempreché non si tratti di armature formanti parte integrante dell'opera, da restare quindi in posto in proprietà dell'Amministrazione, resteranno di proprietà dell'Impresa, che potrà perciò ricuperarle ad opera compiuta. Nessun compenso spetta all'Impresa se, per qualsiasi ragione, tale ricupero possa risultare soltanto parziale, od anche totalmente negativo.

L'Impresa sarà tenuta ad evitare il recapito entro i cavi di fondazione di acque provenienti dall'esterno. Nel caso che ciò si verificasse resterebbe a suo totale carico la spesa per i necessari aggettamenti.

### **11.3 SCAVI SUBACQUEI E PROSCIUGAMENTI**

Se dagli scavi in genere e da quelli di fondazione, malgrado l'osservanza delle prescrizioni di cui agli articoli precedenti, l'Appaltatore, in caso di acque sorgive o filtrazioni, non potesse far defluire l'acqua naturalmente, è in facoltà della Direzione dei lavori di ordinare, secondo i casi e quando lo riterrà opportuno, l'esecuzione degli scavi subacquei, oppure il prosciugamento.

Sono considerati come scavi subacquei soltanto quelli eseguiti in acqua a profondità maggiore di 20 cm sotto il livello costante a cui si stabiliscono le acque sorgive nei cavi, sia naturalmente, sia dopo un parziale prosciugamento ottenuto con macchine o con l'apertura di canali di drenaggio.

Il volume di scavo eseguito in acqua, sino ad una profondità non maggiore di 20 cm dal suo livello costante, verrà perciò considerato come scavo in presenza d'acqua, ma non come scavo subacqueo. Quando la Direzione dei lavori ordinasse il mantenimento degli scavi in asciutto sia durante l'escavazione, sia durante l'esecuzione delle murature o di altre opere di fondazione, gli esaurimenti relativi verranno eseguiti in economia, e l'Appaltatore, se richiesto, avrà l'obbligo di fornire le macchine e gli operai necessari.

Per i prosciugamenti praticati durante l'esecuzione delle murature, l'Appaltatore dovrà adottare tutti quegli accorgimenti atti ad evitare il dilavamento delle malte.

### **11.4 SCAVI PER COSTRUZIONE DI CONDOTTE**

Lo scavo per la posa di condutture dovrà essere regolato in modo che il piano di appoggio del tubo o del manufatto, una volta preparato il letto di posa o il sottofondo in magrone, si trovi alla profondità indicata nei profili di posa esecutivi, salvo quelle maggiori profondità che si rendessero necessarie in alcuni punti in conseguenza del tipo di terreno e delle esigenze di posa.

Le profondità di scavo saranno riferite ad appositi picchetti posti dall'appaltatore e a caposaldi fissati dalla Stazione Appaltante alla consegna dei lavori; l'Appaltatore ha l'obbligo di verificare le quote assegnate ai caposaldi a cui dovrà fare riferimento e ad eseguire tutte le attività indicate nel presente Capitolato.

Ove occorra, per ragioni imprescindibili di lavoro, spostare qualcuno dei caposaldi, egli ne preparerà a tutte sue spese un altro nella posizione più opportuna scelta dall'Appaltante e provvederà a rilevarne la quota.

Gli scavi per la posa delle condutture saranno eseguiti con mezzi meccanici od a mano od in entrambi i modi a seconda delle situazioni particolari di ogni singolo tratto di condotta e con la minima larghezza compatibile con la natura delle terre e con le dimensioni esterne delle condotte, ricavando opportuni allargamenti e nicchie per i blocchi di ancoraggio o di spinta, per i giunti, per le apparecchiature, per i pezzi speciali e le camerette.

In ogni caso, gli scavi saranno eseguiti secondo le sagome geometriche prescritte dalla Direzione dei Lavori e, qualora le sezioni assegnate vengano maggiorate, l'Appaltatore non avrà diritto ad alcun compenso per i maggiori volumi di scavo, ma anzi sarà tenuto ad eseguire a proprie cure e spese tutte le maggiori opere, anche di ripristino, che si rendessero per conseguenza necessarie.

Pure senza speciale compenso - bensì con semplice corresponsione dei prezzi o delle maggiorazioni che l'Elenco stabilisce in funzione delle varie profondità - l'Appaltatore dovrà spingere gli scavi occorrenti alla fondazione dei manufatti fino a terreno stabile.

Senza che ciò dia diritto a pretendere delle maggiorazioni sui prezzi d'Elenco, i materiali scavati che, a giudizio della Direzione dei Lavori, possano essere riutilizzati, ed in modo particolare quelli costituenti le massicciate stradali, le cotiche erbose ed il terreno di coltivo, dovranno essere depositati in cumuli distinti in base alla loro natura, se del caso eseguendo gli scavi a strati successivi, in modo da poter asportare tutti i materiali d'interesse prima di approfondire le trincee.

In particolare, l'Appaltatore dovrà realizzare una tempestiva intesa con l'autorità stradale competente, al fine di identificare le modalità ed i luoghi più idonei per l'accatastamento dei materiali da riutilizzare e per il successivo ripristino della massicciata stradale.

Di norma i materiali scavati che risultino idonei per il reinterro verranno depositati a lato della fossa, sempreché sia disponibile la superficie necessaria, in modo tale da non ostacolare o rendere pericolosi il traffico stradale e l'attività delle maestranze.

Il materiale scavato dovrà essere accumulato con un'inclinazione corrispondente all'angolo di scarpata naturale. In generale dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti a impedire l'allagamento degli scavi da parte delle acque superficiali, gli scoscendimenti dei materiali ed ogni altro eventuale danno, che, comunque, nel caso avesse a verificarsi, dovrà essere riparato a cure e spese dell'Appaltatore.

Tra lo spigolo superiore della fossa ed il piede della scarpata del materiale di risulta, si deve mantenere libera una striscia sufficiente ad essere utilizzata come corsia dell'escavatore e per il trasporto dei materiali.

Nel deposito dei materiali di risulta si deve fare attenzione a non coprire gli idranti, i pozzetti di ispezione ai condotti dei servizi pubblici sotterranei, i pozzetti per le acque di pioggia stradali e manufatti simili.

Nel caso in cui i cumuli dei materiali di risulta siano adiacenti ad alberature stradali, i tronchi degli alberi devono essere protetti con tavole di legno.

E' vietato l'accumulo dei materiali di risulta nelle immediate adiacenze dello scavo.

Qualora le condizioni ambientali non consentano soluzioni diverse deve in ogni caso essere salvaguardata l'incolumità dell'opera in costruzione e delle maestranze di cantiere, ferme restando le norme riguardanti le sicurezze sui cantieri di lavoro.

I materiali di risulta esuberanti e quelli non adatti al reinterro devono essere caricati sui mezzi di trasporto direttamente dagli escavatori o dagli operai addetti allo scavo e mandati a scarica senza deposito intermedio. Qualora, in particolare su strade strette, non sia possibile l'accumulo dei materiali di scavo accanto alla fossa, i materiali idonei al reimpiego devono essere direttamente caricati sui mezzi di trasporto e portati ad un deposito intermedio a scelta dell'Impresa Appaltatrice ed accettata dalla Direzione dei Lavori.

Il materiale in eccedenza o non idoneo al reinterro verrà spianato a lavoro ultimato ovvero portato a rifiuto.

Ogni e qualsiasi movimento di terra come sopra descritto deve intendersi compensato con l'articolo di Elenco relativo agli scavi e reinterri. Tali spostamenti di materie saranno preventivamente sottoposti al parere della Direzione Lavori, che li autorizzerà solo nel caso di insufficiente spazio ai lati dello scavo, in funzione della viabilità nella zona oppure per l'incolumità degli operai addetti ai lavori di posa delle condotte.

Qualora il materiale di risulta degli scavi delle trincee non fosse ritenuto idoneo per il reinterro a giudizio insindacabile della Direzione Lavori lo stesso verrà portato a rifiuto e sostituito con materiale idoneo che verrà pagato con il relativo prezzo di elenco.

Raggiunto il piano di posa alla quota prevista dai profili esecutivi si provvederà a livellarlo accuratamente. Qualora a giudizio della Direzione Lavori, il terreno d'appoggio del tubo non risulti idoneo o sia accidentato per trovanti od altro e comunque in tutti quei casi in cui non vi sia garanzia sufficiente che la condotta appoggi uniformemente sul terreno per tutta la sua lunghezza, dovrà essere predisposto uno strato di

allettamento di adeguato spessore sul quale verrà appoggiata la condotta. Il suddetto letto potrà venire formato anche con parte del terreno di risulta dagli scavi ove questo risulti sufficientemente sciolto, nel qual caso sarà a carico dell'Impresa.

Nei punti ove cadono i giunti si dovranno scavare, all'atto della posa di questi, nicchie larghe e profonde tali da permettere di lavorare con comodità alla perfetta esecuzione dei giunti ed alla loro completa ispezione durante le prove.

Qualora nell'esecuzione degli scavi la Direzione Lavori ritenesse i normali mezzi di aggotamento non sufficienti a garantire la buona esecuzione dell'opera a causa della falda freatica elevata, con conseguenti franamenti e ribollimenti negli scavi, sarà in facoltà della stessa Direzione lavori di ordinare l'impiego di mezzi idonei per l'abbassamento della falda, da compensare a parte con il relativo prezzo di elenco, nel quale si è tenuto conto di tutti gli oneri per installazione, funzionamento e rimozione degli impianti.

Per la continuità del transito in genere si costruiranno adeguati ponti provvisori, salvo accordi che potessero intervenire fra la Impresa ed interessati per una temporanea sospensione o diversione del transito.

In particolare l'Impresa dovrà curare le necessarie segnalazioni, le quali, durante la notte, saranno luminose e, se occorre, custodite. In caso di inevitabili interruzioni in qualche tratto di strada saranno disposti a cura dell'Impresa opportuni avvisi e segnalazioni, in ogni caso nel rispetto delle norme del nuovo Codice della Strada e del Regolamento di attuazione.

L'Impresa assume la completa responsabilità di eventuali danni a persone o cose derivanti dalla mancata od insufficiente osservanza delle prescrizioni o cautele necessarie.

Per l'inizio dei lavori, per la manomissione delle strade e piazze, per tutto quanto possa avere riferimento ad occupazioni provvisorie che vadano a determinarsi sulle aree pubbliche o private e per quanto concerne la demolizione e la ricostruzione delle pavimentazioni stradali, l'Impresa deve ottenere l'approvazione della Direzione dei Lavori ed anche il preventivo consenso, per quanto di sua pertinenza, delle autorità competenti e dei privati proprietari ed attenersi alle prescrizioni degli stessi, senza diritto a particolari compensi.

Qualora sia previsto l'insediamento della tubazione nella sede stradale, l'Impresa dovrà procedere alla formazione dei cavi per tratti sufficientemente brevi disponendo e concentrando i mezzi d'opera in modo da rendere minimo, per ogni singolo tratto, il tempo di permanenza con cavo aperto. Lo sviluppo di tali tratti verrà tassativamente indicato di volta in volta dalla Direzione Lavori.

In particolare si fa obbligo all'Appaltatore di attenersi scrupolosamente alle disposizioni date, per tramite della Direzione dei Lavori, dall'Amministrazione (Comune, Provincia, ANAS, ecc.) investita della sorveglianza e manutenzione della strada interessata ai lavori.

Nel prezzo di tariffa per gli scavi per posa condotte sono compresi tutti gli oneri derivanti all'Impresa per la puntellazione e sbadacchiatura degli scavi (siano essi in presenza o no d'acqua) che dovranno essere eseguiti in modo da assicurare abbondantemente contro ogni pericolo gli operai ed impedire ogni smottamento di materie durante l'esecuzione degli scavi, degli aggotamenti e di tutte le altre operazioni. L'Impresa è tenuta, a sue spese, ad accertarsi preventivamente della stabilità e stato di conservazione delle opere di proprietà di terzi interessate dai lavori ad essa appaltati ed è responsabile di ogni infortunio o danno a terzi o a cose di terzi derivanti da fatti, negligenze o colpe dei suoi dipendenti, intendendosi perciò la Stazione Appaltante indenne e sollevata al riguardo da ogni responsabilità.

L'Impresa deve, nei casi dubbi, chiedere preventivamente conferma scritta alla Stazione Appaltante circa i particolari di esecuzione delle opere.

L'Impresa è tenuta a riparare e rifondere, oltre ai danni causati durante la effettuazione dei lavori, anche quelli che, ad opere ultimate, dovessero successivamente verificarsi in dipendenza di deficienze non rilevabili o non rilevate e ciò fino a scadenza di responsabilità a termini di legge e comunque almeno fino a collaudo generale.

I danni di qualunque genere causati dal personale dell'Impresa, o comunque da essa dipendenti, qualora non risarciti in tempo debito, possono a giudizio insindacabile della Stazione Appaltante, essere liquidati direttamente dalla stessa che si rivala sui compensi dovuti all'Impresa e nelle altre forme che ritenga opportune.

Sono a carico della Stazione Appaltante solo i danni inevitabili di qualsiasi tipo, non imputabili cioè a colpa o negligenza dell'Impresa, ma propri dell'opera da eseguire e quindi prevedibili.

Di questi danni l'Impresa deve dare avviso alla Stazione Appaltante, indicando anche la loro entità presumibile, prima dell'inizio delle opere, alle quali deve dare corso solo dopo avere ottenuto benestare scritto dalla stessa; in mancanza di tale preventivo benestare, la Stazione Appaltante può rifiutare di assumersi l'onere del risarcimento per danni, che sono quindi a carico dell'Impresa, o di riconoscere danni di maggiore entità di quella segnalata, riservandosi, in ogni caso, il diritto di trattare direttamente con terzi proprietari.

L'Impresa deve provvedere ad assicurarsi contro i rischi derivanti da fatti od omissioni dei suoi dipendenti e deve presentare, a richiesta della Stazione Appaltante, i documenti attestanti l'avvenuto adempimento di tali obblighi.

Nei prezzi di tariffa si è tenuto conto dell'obbligo per l'Impresa di provvedere a tutta sua cura e spese, ad assicurare la continuità del traffico stradale nel miglior modo possibile, ed in particolare quello pedonale e l'accesso alle case (portoni e botteghe) lungo le arterie ove si eseguono i lavori, per cui l'Impresa dovrà sottostare a quanto stabilirà la Direzione Lavori, fornendo e collocando in opera a tutta sua cura e spese, pedane, passerelle, ponticelli di servizio.

Nei prezzi degli scavi sono comprese tutte le spese per aggotamenti, per sollevamento di acqua ed ogni lavoro necessario a togliere dagli scavi tutte le acque che vi si raccogliessero sia per la pioggia che per le infiltrazioni laterali o dal fondo oppure da condutture esistenti.

Dovendosi il prezzo dello scavo con i relativi oneri tutti ritenersi valido e da applicarsi anche nel caso di demolizione per sostituzione di condotte esistenti, le dimensioni da contabilizzare nella fattispecie saranno quelle corrispondenti al maggiore fra i diametri dell'esistente e della nuova condotta.

Per tutto il tempo in cui, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori, gli scavi dovranno rimanere aperti per le prove, verifiche ecc. saranno a carico esclusivo dell'Appaltatore tutte le spese per armature, per aggotamenti, per esaurimenti di acqua e per il necessario ripristino dello scavo, nonché tutte le altre spese per la perfetta manutenzione dello scavo stesso.

#### **11.5 INTERFERENZE CON SERVIZI PUBBLICI SOTTERRANEI**

L'Appaltatore prima dell'inizio dei lavori di scavo, sulla scorta dei disegni di progetto e/o mediante sopralluoghi con gli incaricati degli uffici competenti, deve determinare con esattezza i punti dove la canalizzazione interferisce con servizi pubblici sotterranei (condutture per acqua e gas, cavi elettrici, telefonici e simili, nonché manufatti in genere).

Nel caso di intersezione, i servizi interessati dovranno essere messi in luce ed assicurati solo alla presenza di incaricati degli uffici competenti. In ogni caso, appena venga scoperto un condotto non in precedenza segnalato, appartenente ad un servizio pubblico sotterraneo, o si verifichi un danno allo stesso durante i lavori, l'Appaltatore dovrà avvertire immediatamente l'Ufficio competente.

I servizi intersecati devono essere messi in luce mediante accurato scavo a mano, fino alla quota di posa della canalizzazione, assicurati mediante un solido sistema di puntellamento nella fossa e - se si tratta di acquedotti - protetti dal gelo nella stagione invernale, prima di avviare i lavori generali di escavazione con mezzi meccanici.

Le misure di protezione adottate devono assicurare stabilmente l'esercizio dei servizi intersecati. Qualora ciò non sia possibile, su disposizione della Direzione dei Lavori, sentiti gli Uffici competenti, si provvederà a deviare dalla fossa i servizi stessi.

Restano comunque a carico dell'Appaltatore tutti i danni che fossero arrecati sia in via diretta che indiretta alle suddette opere. L'Appaltatore dovrà inoltre porre tutta l'attenzione per ridurre al minimo gli inconvenienti e se si dovessero verificare, dovranno essere tempestivamente rimediati, sempre a tutta sua cura e spese.

#### NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

La misurazione degli scavi di sbancamento e dei rilevati verrà effettuata con il metodo delle sezioni raggiugliate. All'atto della consegna dei lavori l'impresa eseguirà, in contraddittorio con la Direzione Lavori, il controllo delle quote nere delle sezioni trasversali e la verifica delle distanze fra le sezioni stesse, distanze misurate sull'asse stradale o, in caso di sedi separate, sull'asse geometrica di ciascuna sede, in base a tali rilievi, ed a quelli da praticarsi ad opera finita od a parti di essa, purché finite, con riferimento alle sagome delle sezioni tipo ed alle quote di progetto, sarà determinato il volume degli scavi e dei rilevati eseguiti per la sede stradale. Analogamente si procederà per le altre opere fuori della medesima sede. Resta inteso che, sia in trincea che in rilevato, la sagoma rossa delimitante le aree di scavo o di riporto è quella che segue il piano di banchina, il fondo cassonetto sia della banchina di sosta che della carreggiata e dello spartitraffico, come risulta dalla sezione tipo.

Tutti i materiali provenienti dagli scavi sono di proprietà della Stazione appaltante; l'impresa potrà usufruire dei materiali stessi, sempre che vengano riconosciuti idonei dalla Direzione Lavori, limitatamente ai quantitativi necessari alla esecuzione delle opere appaltate e per quelle categorie di lavoro di cui è stabilito il prezzo di elenco che prevede l'impiego di materiali di proprietà della Stazione appaltante.

È fatta salva la facoltà riservata alla Direzione Lavori di cederli all'impresa, addebitandoglieli a norma del Capitolato Generale dello Stato approvato con D.P.R. 16.7.1962 n. 1063. Qualora però di detti materiali non esistesse la voce di reimpiego ed il relativo prezzo, questo verrà desunto dai prezzi di elenco per fornitura di materiale a piè d'opera diviso per il coefficiente 1,10 e decurtato del ribasso d'asta.

Quando negli scavi in genere si fossero superati i limiti assegnati non si terrà conto del maggior lavoro eseguito, e l'impresa dovrà, a sue spese, rimettere in sito le materie scavate in più e comunque provvedere a quanto necessario per assicurare la regolare esecuzione delle opere.

Il prezzo relativo agli scavi in genere, da eseguirsi con le modalità prescritte nelle presenti Norme, comprende e compensa tra gli altri oneri:

- taglio degli alberi, arbusti, cespugli; eliminazione di ceppaie, radici; ecc; loro eventuale trasporto in aree messe a disposizione dalla Direzione Lavori;
- scavo, carico, trasporto a reimpiego, a rifiuto o a deposito e scarico;
- la perfetta profilatura delle scarpate e dei cassonetti anche in roccia;
- gli esaurimenti d'acqua (che saranno compensati solo per gli scavi di fondazione) compresi gli oneri per il loro trattamento secondo le vigenti norme di legge;
- le frantumazioni dei materiali rocciosi (compresi i trovanti) da reimpiegare nella formazione di rilevati o di riempimenti nell'ambito del lotto, per ridurli alle dimensioni prescritte nelle presenti norme;
- tutti gli oneri e le spese occorrenti per ottenere la disponibilità delle aree di scarica e di deposito, comprese le relative indennità ed accessi, nonché le spese occorrenti per la sistemazione e la regolarizzazione superficiale dei materiali nelle prime e la sistemazione e regolarizzazione superficiale, prima e dopo l'utilizzazione, nella seconde;
- prove in laboratorio ed in sito per la verifica della idoneità dei materiali da reimpiegare.

Qualora per la qualità del terreno, o per qualsiasi altro motivo, fosse necessario puntellare, sbadacchiare ed armare le pareti degli scavi, l'impresa dovrà provvedervi a sue spese, adottando tutte le precauzioni necessarie per impedire smottamenti e franamenti. L'impresa è tenuta a coordinare opportunamente per campioni la successione e la esecuzione delle opere di scavo e murarie ed i relativi oneri sono da intendersi compresi e compensati nei prezzi contrattuali.

Nessun compenso spetterà all'impresa per il mancato recupero, parziale o totale, del materiale impiegato in dette armature e sbadacchiature, e così pure se le condizioni locali richiedessero che gli scavi debbano essere eseguiti per campioni.

Negli scavi in terra è compreso il disfacimento di eventuali drenaggi in pietrame o in misto granulare rinvenuti durante i lavori. Verranno compensati a parte, con i prezzi di elenco relativi a scavi in roccia od a demolizione di murature, soltanto i trovanti rocciosi, se frantumati, o le fondazioni in muratura, aventi singolo volume superiore a m<sup>3</sup> 0,50 e detraendo il volume relativo da quello degli scavi in terra.

Si precisa che nel caso degli scavi di sbancamento per impianto di opere d'arte, non sarà pagato il riempimento a ridosso della muratura o degli eventuali drenaggi a tergo della stessa, che l'impresa dovrà eseguire a propria cura e spese sino a raggiungere la quota del preesistente terreno naturale.

Gli scavi di fondazione saranno computati per un volume uguale a quello risultante dal prodotto dell'area di base delle murature di fondazione per la loro profondità, misurata a partire dal piano dello scavo di sbancamento.

Gli scavi di fondazione potranno essere eseguiti, ove ragioni speciali non lo vietino, anche con pareti a scarpata ma, in tal caso, non sarà pagato il maggior volume, né degli scavi di fondazione né di quelli di sbancamento.

Solo nel caso che le pareti a scarpata siano ordinate dalla Direzione Lavori, saranno computati i maggiori volumi corrispondenti. In ogni caso non sarà pagato il riempimento a ridosso delle murature o degli eventuali drenaggi a tergo delle stesse, che l'impresa dovrà eseguire a propria cura e spese, sino a raggiungere la quota dei piani di sbancamento o del preesistente terreno naturale. Al volume di scavo per ciascuna classe di profondità indicata nell'Elenco Prezzi, verrà applicato il relativo prezzo e sovrapprezzo.

Gli scavi di fondazione saranno considerati subacquei e compensati con il relativo sovrapprezzo, solo se eseguiti a profondità maggiore di m 20 dal livello costante a cui si stabilizzano le acque eventualmente esistenti nel terreno.

Qualora la Direzione Lavori ritenesse opportuno provvedere direttamente all'esaurimento delle acque mediante opere di deviazione o pompaggio, lo scavo sarà contabilizzato come eseguito all'asciutto.

**Art. 12 REINTERRI E RILEVATI**

Si intendono applicate le seguenti norme:

- CNR NTS 93/83: Campionatura di aggregati
- CNR NTS 95/84: Forma di aggregati lapidei
- C.N.R.UNI 10006/2002: Costruzione e manutenzione delle strade - Tecniche di impiego delle terre
- Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81 - recante "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro".
- Decreto Legislativo 3 agosto 2009, n. 106 "Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.
- D. Lgs. n. 152 del 3 aprile 2006 "Norme in materia ambientale"
- D.P.R. n. 120 del 13.06.2017 (abroga il Decreto 161 del 10.08.2012) - Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto- legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164.
- D.M. 1.4.98, n. 145 "Definizione del modello e dei contenuti del formulario di accompagnamento dei rifiuti ai sensi dell'art. 15 del D.Lgs. 22/97 (aggiornato con le modifiche disposte dalla direttiva ministeriale 9 aprile 2002)"
- Circolare 4 agosto 1998, n. GAB/DEC/812/98 "Esplicativa sulla compilazione dei registri di carico scarico dei rifiuti e dei formulari di accompagnamento dei rifiuti trasportati individuati, rispettivamente, dal decreto ministeriale 1° aprile 1998, n. 145, e dal decreto ministeriale 1° aprile 1998, n. 148"
- UNI EN 13285:2010: Miscele non legate - Specifiche
- UNI CEN ISO/TS 17892-1:2005: Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni – Parte 1: Determinazione del contenuto in acqua.
- UNI EN 13286-47:2012: Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 47: Metodo di prova per la determinazione dell'indice di portanza CBR, dell'indice di portanza immediata e del rigonfiamento.
- UNI EN ISO 14688-1:2003: Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Identificazione e descrizione.
- UNI CEN ISO/TS 17892-12:2005: Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni – Parte 12: Determinazione dei limiti di Atterberg.
- CNR-B.U. n. 69/1978 Norme sui materiali stradali; Prova di costipamento di una terra
- CNR-B.U. n. 146/1992: Determinazione dei moduli di deformazione  $M_d$  e  $M_d 1$  mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare.
- UNI EN 13242:2013: Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade.

Per tutte le norme citate si intendono applicate le successive modifiche ed integrazioni.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****12.1 MATERIALE PER RILEVATI ORDINARI**

Per la costituzione dei rilevati si deve avere la massima cura nella scelta dei materiali idonei, escludendo i terreni vegetativi e quelli con humus, radici, erbe, materie organiche.

Per i rilevati da eseguirsi con terreni provenienti da cave, devono essere impiegate soltanto terre appartenenti ai gruppi A-1, A-2-4, A-2-5, A-3 (vedi classificazione delle terre – Tabella CNR-UNI 10006).

A suo esclusivo giudizio, la DL può ammettere l'impiego di altri materiali, anche se non classificati (come i materiali vulcanici, artificiali, etc.). In ogni caso le terre per la formazione di rilevati, provenienti sia da scavi che da cave, non possono avere indice di gruppo superiore a 15.

**12.2 MATERIALE PER RINTERRI**

Si devono sempre impiegare materie sciolte o ghiaiose, escludendosi in modo assoluto l'impiego di quelle argillose e, in generale, di tutte quelle che con l'assorbimento di acqua si rammolliscono e si gonfiano, generando spinte.

Il pietrame per i riempimenti deve costituito da ciottoli e pietre naturali sostanzialmente compatte ed uniformi.

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Per la formazione dei rilevati o per qualunque opera di rinterro, ovvero per riempire i vuoti tra le pareti dei cavi e le strutture di fondazione o da addossare alle strutture stesse e fino alle quote prescritte dalla D.L., salvo diverse prescrizioni di progetto, si devono impiegare fino al loro totale esaurimento, tutte le materie provenienti dagli scavi di qualsiasi genere eseguiti nell'ambito del cantiere, in quanto disponibili ed adatte, a giudizio insindacabile della DL, per la formazione dei rilevati, dopo avere provveduto alla cernita e all'accatastamento dei materiali che si ritengono idonei per la formazione di ossature, inghiaiamenti, costruzioni murarie, etc., i quali restano di proprietà della Committente. Quando vengono a mancare in tutto o in parte i materiali di cui sopra, si utilizzano le materie prelevandole da cave di prestito che forniscano materiali riconosciuti pure idonei dalla DL; le quali cave possono essere aperte dovunque l'impresa riterrà di sua convenienza, subordinatamente soltanto alla idoneità delle materie da portare in rilevato ed al rispetto delle vigenti disposizioni di legge in materia di polizia mineraria e forestale, nonché stradale.

Le suddette cave di prestito da aprire a totale cura e spese dell'appaltatore, devono essere coltivate in modo che, tanto durante l'esecuzione degli scavi quanto a scavo ultimato, sia provveduto al loro regolare e completo scolo e restino impediti ristagni di acqua ed

impaludamenti. A tale scopo, l'Appaltatore, quando occorra, deve aprire opportuni fossi di scolo con sufficiente pendenza.

Le cave di prestito devono avere una profondità tale da non pregiudicare la stabilità di alcuna parte dell'opera appaltata, né comunque danneggiare opere pubbliche o private.

Tutte le riparazioni o ricostruzioni che si rendano necessarie per la mancata o imperfetta osservanza delle presenti prescrizioni, sono a completo carico dell'Appaltatore.

### **12.3 PREPARAZIONE DELL'AREA**

La preparazione dell'area dove deve essere eseguito il rilevato deve prevedere il taglio di eventuali piante, l'estirpazione delle radici, ceppaie, arbusti, etc ed il loro avvio a discarica.

La superficie del terreno sulla quale devono elevarsi i terrapieni, deve essere previamente scoticata, ove occorra e, se inclinata, essere tagliata a gradoni con leggera pendenza verso monte.

La terra da trasportare nei rilevati deve essere anche essa preventivamente espurgata da erbe, canne, radici e da qualsiasi altra materia eterogenea.

Prima di procedere all'esecuzione delle opere in terra, l'Appaltatore deve effettuare uno studio per accertare che i materiali da impiegare, abbiano le caratteristiche richieste, nonché per definire le modalità di esecuzione e gli impianti da impiegare, al fine di ottenere un'opera avente le caratteristiche prescritte.

Nel definire le modalità esecutive, l'Appaltatore deve tenere conto di quanto segue:

- lo spessore degli strati, misurato dopo il costipamento, deve essere 0.20 m.;
- il numero delle passate del rullo non deve essere inferiore a 6;
- la larghezza della sovrapposizione delle singole passate non deve essere inferiore a 0.50 m.;
- la velocità operativa del rullo non deve essere superiore a 4 Km/h.

La formazione del piano di posa deve quindi essere eseguita mediante completa asportazione del terreno vegetale e sua sostituzione con materiale idoneo, per una profondità media di cm 20, o superiore qualora la DL lo ritenga necessario e lo ordini.

### **12.4 RINTERRI IN FONDAZIONE**

Per i rinterri da addossarsi alle strutture di fondazione, si devono sempre impiegare materie sciolte o ghiaiose, restando vietato in modo assoluto l'impiego di quelle argillose e, in generale, di tutte quelle che con l'assorbimento di acqua si rammolliscono e si gonfiano generando spinte.

Nella formazione dei suddetti rinterri e riempimenti, deve essere usata ogni diligenza perché la loro esecuzione proceda per strati orizzontali di eguale altezza e mai superiore a 20 cm, disponendo contemporaneamente le materie ben sminuzzate con maggiore regolarità e precauzione, in modo da caricare uniformemente le strutture di fondazione su tutti i lati e da evitare le sfiancature che potrebbero derivare da un carico male distribuito.

### **12.5 RINTERRI PER LA COSTRUZIONE DI STRUTTURE**

L'eventuale rinterro sotto le solette a terra in calcestruzzo deve avvenire per strati orizzontali di eguale altezza e comunque non superiori ai 20 cm di spessore. Inoltre si procede alla compattazione meccanica dei suddetti strati prima che sia gettato lo strato superiore, disponendo contemporaneamente le materie ben sminuzzate con la maggiore regolarità e precauzione, in modo da caricare uniformemente le strutture di fondazione su tutti i lati e da evitare le sfiancature che potrebbero derivare da un carico male distribuito.

Il rinterro di scavi vicini ad elementi strutturali deve avvenire, per quanto possibile, solo dopo che l'elemento strutturale sia stato completato ed accettato. Il riempimento contro le strutture di calcestruzzo deve avvenire solo quando ordinato dalla DL.

Salvo diversa esplicita indicazione, la compattazione di tutti i riempimenti sotto le solette a terra deve essere fatta in maniera da avere una densità minima del 95% della densità massima.

È vietato addossare terrapieni a murature di fresca costruzione.

Le materie trasportate in rilevato o rinterro con vagoni, automezzi o altri mezzi non possono essere scaricate direttamente contro le strutture, ma devono essere depositate in vicinanza dell'opera per essere riprese e trasportate con carriole, barelle od altro mezzo, al momento della formazione dei rinterri.

Per tali movimenti di materie deve sempre provvedersi alla pilonatura delle materie stesse, da farsi secondo le prescrizioni che vengono indicate dalla DL.

### **12.6 REINTERRI PER COSTRUZIONE DI CONDOTTE**

I reinterri dovranno essere eseguiti in modo che:

- per natura del materiale e modalità di costipamento, non abbia a formarsi, in prosieguo di tempo, cedimenti o assestamenti irregolari;
- i condotti e i manufatti non siano assoggettati a spinte trasversali e di galleggiamento e, in particolare non vengano loro provocati spostamenti;
- si formi un'intima unione tra il terreno naturale e il materiale di riempimento, cosicché, in virtù dell'attrito con le pareti dello scavo, ne consegua un alleggerimento del carico sui condotti.

Non potranno in ogni caso essere impiegati:

- materiali che posano aggredire chimicamente le opere quali scorie o terreni gessosi;
- materiali voluminosi quali terreni gelati o erbosi, terreni limo-argillosi che a contatto con l'acqua si siano rigonfiati più del 10% del volume;
- materiali di natura organica quali: legno, carta, foglie, torba e simili che possono successivamente provocare sprofondamenti;
- grosse pietre o frammenti di calcestruzzo e muratura che possano danneggiare la canalizzazione e i manufatti durante il reinterro o, a costipamento avvenuto, determinare la concentrazione di carichi sui condotti;

Nell'eseguire i reinterri si dovrà distinguere tra il rinalzo della tubazione, il rendimento della fossa e la sistemazione dello strato superficiale. Il rinalzo si estende dal fondo della fossa fino ad una altezza di 30 cm sopra la generatrice del tubo; esso dovrà essere realizzato con materiale privo di corpi estranei compresi ciottoli.

La compattazione del rinalzo dovrà essere eseguita a mano, con apparecchi leggeri e contemporaneamente da ambo i lati della tubazione evitando di determinare spinte trasversali o di galleggiamento sulla tubazione.

## 12.7 COMPATTAMENTI

Tutte le terre, una volta stese nelle posizioni prescritte dalla DL, devono, strato per strato, essere ben costipati con vibratori meccanici. L'ultimo strato deve essere ben livellato fino a raggiungere la quota finale di progetto a compattamento avvenuto secondo gli indici di progetto riferiti alla normativa AASHO.

Qualora non sia possibile completare le operazioni di compattazione dello strato steso, devono essere effettuate almeno le prime due passate della compattazione prescritta.

Alla ripresa delle operazioni di compattazione o alla stesura del nuovo strato, qualora la superficie risultasse alterata da agenti atmosferici e/o da altre cause accidentali, l'Appaltatore deve eseguire un'adeguata scarificazione, con rimozione del materiale che non risultasse più idoneo, seguita da livellatura, compattazione ed esecuzione (o ripetizione) delle occorrenti prove.

L'ammorsamento con opere in terra eventualmente esistenti, deve essere eseguito ricavando dei gradoni nella scarpata di quest'ultima in corrispondenza dello strato da stendersi, aventi pedata di circa 0.50 m. o comunque tale da assicurare che tutto il materiale sciolto esistente in superficie della scarpata venga asportato. In generale, la compattazione deve essere effettuata dopo aver verificato il contenuto di acqua presente nei materiali da utilizzare per il rilevato e che deve essere prossimo (+/-2%) ai livelli ottimali indicati dalle prove di laboratorio per ciascun tipo di materiale impiegato. Tutte le operazioni devono essere condotte con gradualità ed il passaggio dei rulli o delle macchine deve prevedere una sovrapposizione delle fasce di compattazione di almeno il 10% della larghezza del rullo stesso per garantire una completa uniformità.

Nel caso di compattazioni eseguite su aree o parti di terreno confinanti con murature, paramenti o manufatti in genere si devono utilizzare, entro una distanza di due metri da questi elementi, piastre vibranti o rulli azionati a mano con le accortezze necessarie a non danneggiare le opere già realizzate. In questi casi può essere richiesto, dalla DL, l'uso di 25/50 Kg. di cemento da mescolare per ogni mc. di materiale da compattare per ottenere degli idonei livelli di stabilizzazione delle aree a ridosso dei manufatti già realizzati.

L'umidità di costipamento non deve mai essere maggiore del limite del ritiro preventivamente definito in laboratorio, diminuito del 5%; nel caso che l'umidità del terreno sia maggiore di questo valore, occorre diminuire il contenuto di umidità in loco, mescolando alla terra, per lo spessore che viene indicato dalla DL, altro materiale idoneo asciutto, o lasciando asciugare il materiale all'aria, previa disaggregazione.

Qualora, operando nel modo suddetto, l'umidità all'atto del costipamento risulta inferiore a quella ottenuta in laboratorio, si deve provvedere a raggiungere la prescritta densità massima apparente, aumentando il lavoro di costipamento meccanico.

### NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

Il volume dei rilevati e dei rinterri sarà determinato con il metodo delle sezioni ragguagliate, in base a rilevamenti eseguiti come per gli scavi di sbancamento.

I rinterri saranno valutati a metro cubo per il loro volume effettivo misurato in opera. Nei prezzi di elenco sono previsti tutti gli oneri per il trasporto dei terreni da qualsiasi distanza e per gli eventuali indennizzi a cave di prestito.

**Art. 13 TRASPORTI**

Si intende il:

- Trasporto a discarica di materiali provenienti da scavi eseguiti con mezzi meccanici,
- Trasporto e sistemazione nell'ambito del cantiere di materiale proveniente dagli scavi.

Si intendono applicate le seguenti norme:

- Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81 - recante "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro."
- "Decreto Legislativo 3 agosto 2009, n. 106 "Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.
- D. Lgs. n. 152 del 3 aprile 2006 "Norme in materia ambientale"
- D.P.R. n. 120 del 13.06.2017 (abroga il Decreto 161 del 10.08.2012) - Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto- legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164.
- D.M. 1.4.98, n. 145 "Definizione del modello e dei contenuti del formulario di accompagnamento dei rifiuti ai sensi dell'art. 15 del D. Lgs. 22/97 (aggiornato con le modifiche disposte dalla direttiva ministeriale 9 aprile 2002)"
- Circolare 4 agosto 1998, n. GAB/DEC/812/98 "Esplicativa sulla compilazione dei registri di carico scarico dei rifiuti e dei formulari di accompagnamento dei rifiuti trasportati individuati, rispettivamente, dal decreto ministeriale 1° aprile 1998, n. 145, e dal decreto ministeriale 1° aprile 1998, n. 148".

Per tutte le norme citate si intendono applicate le successive modifiche ed integrazioni.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

L'Appaltatore, in conformità con i grafici ed altri allegati di progetto e di contratto e nel rispetto del capitolato e disciplinare tecnico, provvede a tutti i trasporti, a qualunque distanza, con qualunque mezzo ed in qualunque condizione, sia all'interno che all'esterno del cantiere, e provvede in particolare al trasporto a discarica autorizzata di tutti i materiali sia di risulta, che comunque presenti in cantiere all'atto della presa in consegna e durante tutto il periodo dei lavori, secondo quanto indicato dalla DL.

Le operazioni di trasporto includono sempre l'onere di carico su automezzo e successivo scarico nel sito di destinazione.

L'Appaltatore deve provvedere ai materiali di consumo degli automezzi ed alla mano d'opera del conducente.

Deve provvedere inoltre al carico sui mezzi ed al trasporto a discarica a qualsiasi distanza, e deve accollarsi i diritti di discarica.

I mezzi di trasporto debbono essere forniti in pieno stato di efficienza e corrispondere alle prescritte caratteristiche, assicurati come per legge, tasse pagate.

È vietato l'uso di mezzi per i quali sia scaduto il termine per l'effettuazione del collaudo, pur se richiesto e non ancora effettuato per ritardi non imputabili all'Appaltatore.

Il trasporto deve avvenire presso discariche autorizzate a seconda della tipologia del materiale da smaltire (ordinario, speciale, tossico-nocivo, etc).

Salvo diverse indicazioni di contratto, tutti gli oneri di discarica restano a carico dell'Appaltatore, inclusi nei prezzi di elenco relativi al trasporto a discarica (in caso di appalto a misura) ovvero nel prezzo a forfait globale (nel caso di appalto a corpo).

L'Appaltatore, in mancanza di diverse specifiche indicazioni di progetto, deve provvedere al trasporto e alla sistemazione nell'ambito del cantiere del materiale riutilizzabile proveniente dagli scavi o dalle demolizioni, ed al trasporto a discarica di quello non riutilizzabile.

L'Appaltatore deve altresì provvedere all'accantonamento provvisorio, per tutto il tempo necessario, del materiale proveniente dagli scavi in siti intermedi, ove tale operazione si rendesse necessaria in relazione alle esigenze operative del cantiere o alle esigenze di sicurezza o nel caso in cui accantonamenti intermedi del materiale si rendessero necessarie per esigenze tecniche specifiche, quali ad esempio la formazione dei rilevati a strati successivi.

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

Salvo diversa indicazione, i trasporti sono generalmente inclusi nella valutazione delle materie da trasportare, fatta, a seconda dei casi, a volume od a peso, con riferimento alla distanza.

**Art. 14 PERFORAZIONE TELEGUIDATA****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Il metodo consiste nell'effettuare un foro pilota ovvero infilare nel terreno una particolare testa rotante seguita da una successione di speciali aste flessibili. L'avanzamento avviene mediante spinta e rotazione effettuata da una speciale macchina perforatrice. Grazie all'aiuto della forza idromeccanica fornita dal pompaggio di una sospensione fluida composta da acqua e bentonite (materiale argilloso atossico) la macchina permette di estrarre un volume di terreno pari al volume del tubo in posa. Quando la tubazione arriva nel punto di uscita, la testa viene sostituita da un alesatore collegato ad un giunto rotante al quale vengono fissate le tubazioni da trascinare indietro fino al punto d'ingresso.

Il sistema, chiamato anche directional drilling, permette, dipendentemente dal tipo di terreno e dalle condizioni di progetto, la posa di tubi sino ad un diametro di 100 cm ad una distanza di 200 metri.

L'esecuzione di perforazione sotterranea sub-orizzontale mediante trivellazione orizzontale controllata deve avvenire con l'impiego di idonee macchine munite di comando e rilevamento della sonda di perforazione ad onde radio e/o elettromagnetiche, a qualsiasi profondità e per qualsiasi lunghezza, ed in condizioni tali da non creare disturbo al sito attraversato.

Le macchine di perforazione devono essere in perfetto stato d'uso e manutenzione e devono essere utilizzate da mano d'opera specializzata.

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 15 VESPAIO DI SOTTOFONDO AERATO CON CASSEFORME MODULARI****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

Elementi modulari in polipropilene riciclato conformato a calotta sferica che si conclude su quattro supporti, tipo Iglù® della Daliform Group o similari, per la realizzazione di vespaio aerato e la rapida formazione, a secco, di una piattaforma pedonabile autoportante.

Le casseforme dovranno avere dimensioni come da indicazioni progettuali, foggia convessa in appoggio unicamente sui quattro piedi laterali per garantire massima ventilazione e agevolare il passaggio delle utenze, e possedere a secco una resistenza allo sfondamento di 150 kg in corrispondenza del centro dell'arco mediante pressore di dimensioni 8 x 8 cm.

La cassaforma in plastica riciclata non deve rilasciare sostanze inquinanti, deve essere corredata da Certificato di Conformità Ambientale e prodotta da Azienda Certificata secondo le Norme Internazionali UNI EN ISO 9001 (Qualità), UNI EN ISO 14001 (Ambiente); BSI OHSAS 18001 (Sicurezza) e SA 8000 (Responsabilità Sociale).

La ditta fornitrice delle casseforme dovrà inoltre esibire certificazione di prodotto approvato da ente membro EOTA (European Organisation for Technical Approvals).

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Realizzazione di vespaio aerato mediante fornitura e posa in opera di casseforme modulari in polipropilene riciclato per la rapida formazione a secco di una piattaforma pedonabile autoportante sopra cui eseguire la gettata di calcestruzzo per il riempimento del cassero fino alla sua sommità (a raso) e di una soletta superiore armata con rete elettrosaldata, livellata e tirata a frattazzo, secondo le seguenti fasi operative:

1. Preparazione del terreno naturale mediante scavo di sbancamento e livellamento del fondo.
2. Preparazione del sottofondo in calcestruzzo magro da dimensionare in funzione di sovraccarichi e portata del terreno.
3. Posa del fermagetto attorno alle travi di fondazione, previa posa delle armature previste.
4. Posa dei casseri ad incastro maschio/femmina procedendo da sinistra a destra dall'alto in basso, facendo attenzione che la freccia sia rivolta verso l'alto.
5. Posa della rete elettrosaldata appoggiata sopra i casseri.
6. Esecuzione del getto di calcestruzzo partendo dal centro dell'arco, lasciandolo scendere dentro le gambe del cassero modulare.
7. Proseguire il getto riempiendo tutti i cordoli e le travi di fondazione.

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 16 FORMAZIONE DEL PIANO DI POSA DEL RILEVATO STRADALE****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Il piano di posa del rilevato stradale può essere realizzato (previo scotico del materiale vegetale) principalmente in due modi:

- con bonifica del materiale esistente, mediante rimozione del materiale in sito,
- con stabilizzazione a calce/cemento in sito (a norma UNI EN 14227), a strati di 30-40 cm.

**16.1 BONIFICA DEL SOTTOFONDO STRADALE**

Il terreno interessato dalla costruzione del corpo stradale che dovrà sopportare direttamente o la sovrastruttura o i rilevati, verrà preparato asportando il terreno vegetale per tutta la superficie e per la profondità fissata dal progetto o stabilito dalla Direzione dei lavori.

I piani di posa dovranno anche essere liberati da qualsiasi materiale di altra natura vegetale, quali radici, cespugli, alberi.

Rimosso il terreno costituente lo strato vegetale, estirpate le radici fino ad un metro di profondità sotto il piano di posa e riempite le buche così costituite si procederà, in ogni caso, ai seguenti controlli:

- a) determinazione del peso specifico apparente del secco del terreno in sito e di quello massimo determinato in laboratorio;
- b) determinazione dell'umidità in sito in caso di presenza di terre sabbiose, ghiaiose o limose;
- c) determinazione dell'altezza massima delle acque sotterranee nel caso di terre limose.

**16.2 COSTIPAMENTO DEL TERRENO IN SITO**

Se sul terreno deve essere appoggiata la sovrastruttura direttamente o con l'interposizione di un rilevato di altezza minore di cm 50, si seguiranno le seguenti norme:

- a) per le terre sabbiose o ghiaiose, si dovrà provvedere al costipamento del terreno per uno spessore di almeno cm 25 con adatto macchinario fino ad ottenere un peso specifico apparente del secco in sito, pari almeno al 95% di quello massimo ottenuto in laboratorio;
- b) per le terre limose, in assenza d'acqua si procederà come al precedente capo a);
- c) per le terre argillose si provvederà alla stabilizzazione del terreno in sito, mescolando ad esso altro idoneo, in modo da ottenere un conglomerato, a legante naturale, compatto ed impermeabile, dello spessore che verrà indicato volta per volta e costipato fino ad ottenere un peso specifico apparente del secco pari al 95% del massimo ottenuto in laboratorio. Nel caso in cui le condizioni idrauliche siano particolarmente cattive, il provvedimento di cui sopra sarà integrato con opportune opere di drenaggio.

Se il terreno deve sopportare un rilevato di altezza maggiore di m 0,50:

- a) per terre sabbiose o ghiaiose si procederà al costipamento del terreno con adatto macchinario per uno spessore di almeno 25 centimetri, fino ad ottenere un peso specifico apparente del secco pari all'85% del massimo ottenuto in laboratorio per rilevati aventi una altezza da m 0,50 a m 3, pari all'80% per rilevati aventi una altezza superiore a m 3;
- b) per le terre limose in assenza di acqua si procederà come indicato al comma a);
- c) per le terre argillose si procederà analogamente a quanto indicato al punto c) del cap. A).

In presenza di terre torbose si procederà in ogni caso alla sostituzione del terreno con altro tipo sabbioso-ghiaioso per uno spessore tale da garantire una sufficiente ripartizione del carico.

**16.3 STABILIZZAZIONE A CALCE / CEMENTO DI UNA TERRA**

La stabilizzazione del suolo ha come scopo quello di rendere un terreno utilizzabile, migliorandone le caratteristiche reologiche, chimiche, meccaniche e la sua durata, permettendogli di sopportare le sollecitazioni indotte dagli eventuali carichi applicati e resistere agli agenti atmosferici ai quali è soggetto.

L'adozione delle miscele terreno-legante nasce dall'esigenza di migliorare le caratteristiche meccaniche dei terreni in sito costituenti i piani di imposta dei rilevati stradali o dei terreni provenienti dagli scavi di sbancamento e/o fondazione nell'ambito del cantiere, qualora questi si caratterizzino per una natura limosa o anche spiccatamente argillosa, in modo che possano essere proficuamente impiegati come adeguati piani di imposta dei rilevati o come materiali per la costruzione dei rilevati stradali fino ai sottofondi della pavimentazione stradale vera e propria.

Con riferimento alla classificazione CNR-UNI 10006, si prestano al trattamento con calce le terre fini plastiche, argille limose dei gruppi A6 A7 non eccessivamente plastiche, così come quelle del gruppo A51 quando di origine vulcanica od organogena. Ghiaie argillose identificabili come A2-6 e A2-7 possono essere convenientemente stabilizzate con calce, quando contengano una frazione di passante al setaccio 4 UNI non inferiore al 35%.

Possono essere convenientemente trattate a calce, altresì, le vulcaniti vetrose, costituite da terre pozzolaniche ricche di silice amorfa.

In ogni caso la terra deve essere priva di elementi di grosse dimensioni, tali da impedire l'azione dei mezzi di miscelazione.

Le terre impiegate non dovranno presentare un contenuto di sostanza organica superiore al

2%. La D.L. potrà derogare a tale limitazione se opportune campagne di sperimentazione, siano tali da indicare che percentuali più elevate di sostanza organica garantiscano comunque i requisiti di resistenza, indeformabilità e durabilità richiesti.

Inoltre le terre impiegate non dovranno avere un contenuto di solfati superiore all'1%.

La D.L. potrà derogare a tale limitazione se opportune campagne di sperimentazione, siano tali da indicare che percentuali più elevate di

solfati garantiscano comunque i requisiti di resistenza richiesti.

L'attitudine al trattamento dei terreni, differenziata in relazione alla destinazione del materiale, deve risultare da appositi studi preliminari di laboratorio atto a definire le percentuali ottimali di umidità e di legante.

Lo studio di stabilizzazione prevede delle analisi preventive:

- classificazione del materiale,
- determinazione del contenuto di acqua,
- verifica della percentuale minima di calce con metodo C.I.C.,
- scelta della tipologia di legante,
- costipamento Proctor con percentuali crescenti di legante,
- provini CBR per determinare le caratteristiche meccaniche della miscela,
- prova di taglio (angolo di attrito interno e coesione),
- analisi dei dati e restituzione del risultato ottimale

Nel caso di terre appartenenti ai gruppi A4 ed A5 la calce aerea può essere utilizzata esclusivamente per ridurre l'umidità del terreno naturale per esigenze di compattazione. In questo caso per migliorare le caratteristiche meccaniche dei materiali e renderle stabili nel tempo, occorre aggiungere, successivamente alla calce, leganti idraulici quali cemento portland 325. I requisiti meccanici delle miscele terra-calce-cemento devono essere i medesimi richiesti per le miscele terra-calce. La stabilizzazione mista con calce e successivamente con cemento può essere utilizzata anche in presenza di argille ad elevata plasticità (IP20) se interessa acquisire la stabilità all'acqua delle miscele a breve termine (entro 30-40 gg dalla stabilizzazione).

I processi di fabbricazione delle miscele debbono avvenire preferibilmente nei luoghi di estrazione (scavi in trincea o cave di prestito). Il trattamento nei luoghi d'impiego non comporta particolari problemi per lo strato destinato a rimanere direttamente a contatto con il terreno naturale (strato inferiore delle bonifiche dei piani d'appoggio dei rilevati e dei sottofondi in trincea) mentre nella formazione dei rilevati bisogna curare attentamente che l'intero spessore sia stato interessato dal processo di stabilizzazione.

Il trattamento prevede, in genere, le seguenti fasi operative:

- Scasso del terreno con appositi aratri o scarificatrici, per tutto lo spessore da trattare (generalmente non superiore a cm.30;
- Frantumazione delle zolle con opportune frese (pulvimixer) per rendere la superficie sufficientemente regolare prima dello spandimento della calce;
- Eventuale apporto d'acqua, se è necessario aumentare l'umidità della terra;
- Spandimento del legante in polvere mediante adatte macchine spanditrici. Tale operazione deve essere effettuata esclusivamente su quella porzione di terreno che si prevede di trattare entro la giornata lavorativa; si deve impedire a qualsiasi mezzo, eccetto che a quelli adibiti alla miscelazione, di attraversare la porzione di terreno sulla quale è stato steso il legante, fino a quando questo non sia stato completamente miscelato; inoltre le spanditrici devono essere munite di un sistema di dosaggio asservito alla velocità d'avanzamento. Il quantitativo di calce necessario al trattamento dell'intero strato, deve essere distribuito in maniera uniforme sulla superficie, prevedendo che ad ogni passaggio della spanditrice non debba essere distribuito più del 3% in peso rispetto alla massa di terra da trattare.
- Miscelazione della terra con macchine ad albero orizzontale rotante (pulvimixer) che permettano una miscelazione omogenea del legante e del terreno sullo spessore considerato. Il numero di passate dipende dalla natura del terreno trattato e dal suo grado di umidità. Si deve garantire un sufficiente sbriciolamento della terra, sino ad ottenere una colorazione uniforme ed una dimensione massima delle zolle a 50 mm per le bonifiche dei piani d'appoggio dei rilevati di 40 mm per gli strati di rilevato e di 30 per quelli di sottofondo. Il materiale tratto deve essere compattato evitando attese che, se prolungate, portano ad un decadimento delle prestazioni meccaniche a medio e lungo termine delle miscele. Di conseguenza è vietato all'impresa di porre in essere nell'organizzazione dei lavori, attese superiori alle sei ore tra l'ultimazione della miscelazione e l'avvio del costipamento. Le miscele che abbiano subito attese prolungate debbono essere allontanate.

Per gli strati di sottofondo la stesa del materiale deve essere effettuata soltanto mediante motolivellatrici.

Per la compattazione si devono utilizzare rulli a piedi costipanti o rulli gommati. Il costipamento deve essere spinto sino ad ottenere per il grado di addensamento i livelli indicati in progetto.

Le operazioni di trattamento e di posa in opera della terra stabilizzata devono essere effettuate in condizioni meteorologiche tali da evitare rapide variazioni del contenuto di acqua dei terreni naturali e delle miscele terra calce. Le operazioni vanno sospese se la temperatura scende sotto i 2° C.

In corso d'opera il controllo del dosaggio in calce è effettuato valutando la quantità in peso di legante raccolta in contenitori di superficie nota, disposti sull'area da trattare e va effettuata con misurazioni ogni ca mq. 2000.

La bontà della miscelazione e la dimensione massima delle zolle è valutata mediante setacciatura a secco, mentre l'omogenea ripartizione del legante nella massa trattata mediante l'esame della colorazione delle miscele e, eventualmente, mediante misure di Ph su campioni a diversa profondità con una media di ca uno ogni 4000 mq. L'ubicazione dei prelievi e delle prove è a scelta insindacabile della D.L..

Sugli strati finiti possono essere effettuate prove con piastra per valutare il modulo di deformazione e vanno valutati tenendo conto della destinazione dello strato (rilevato o sottofondo) e della stagionatura (età) delle miscele.

Sono previsti i seguenti controlli in corso d'opera:

FASE	DESCRIZIONE VERIFICA	RIFERIMENTI NORMATIVI	FREQUENZA
1	Classificazione del materiale	CNR B.U. 10006 - CNR B.U 23	Ogni 1000 mc
2	Determinazione del contenuto d'acqua	CNR UNI 10008	Ad ogni inizio o ripresa delle lavorazioni. Determinazione durante la stabilizzazione 2 ogni 400 mq o al cambio di terreno.
3	Verifica della % di calce/cemento		Ogni 500 mq
4	Verifica del grado di polverizzazione		Ogni 500 mq
5	Costipamento Proctor Procedimento AASHTO modificato	CNR B.U. N° 69-1978	Ogni cambiamento di materiale con un minimo di 1 ogni 5000 mc
6	Prova CBR	CNR UNI 10009	Ogni 4000 mq

7	Prova di carico su piastra	CNR B.U. 146	Ogni 1000 mq
8	Massa Volumica - Densità in sito	CNR B.U. 22	Ogni 1000 mq
9	Determinazione contenuto di sostanze Organiche e di Solfati	UNI 8520-11	Ogni 6000 mc

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 17 FONDAZIONE STRADALE****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****17.1 TOUT VENANT DI CAVA O DI FRANTOIO**

Quando per gli strati di fondazione della sovrastruttura stradale sia disposto di impiegare detriti di cava, il materiale deve essere in ogni caso non suscettibile all'azione dell'acqua (non solubile, non plasticizzabile) ed avere un potere portante C.B.R. (rapporto portante californiano) di almeno 40 allo stato saturo.

Dal punto di vista granulometrico non sono necessarie prescrizioni specifiche per i materiali teneri (tufi, arenarie) in quanto la loro granulometria si modifica e si adegua durante la cilindratura; per materiali duri la granulometria dovrà essere assortita in modo da realizzare una minima percentuale dei vuoti: di norma la dimensione massima degli aggregati non deve superare i 10 cm.

Per gli strati superiori si farà uso di materiali lapidei più duri tali da assicurare un C.B.R. saturo di almeno 80; la granulometria dovrà essere tale da dare la minima percentuale di vuoti; il potere legante del materiale non dovrà essere inferiore a 30.

**17.2 TOUT VENANT REALIZZATO CON MATERIALE RICICLATO**

In alternativa ai materiali naturali rispondenti alla classificazione C.N.R. U.N.I. 10006 può essere previsto, nella costruzione di rilevati, l'impiego di inerti provenienti da recupero e riciclaggio di materiali edili. I rilevati con materiali riciclati potranno essere eseguiti previa autorizzazione della D.L. e solo quando vi sia la possibilità di effettuare un tratto completo di rilevato ben definito delimitato tra due sezioni trasversali e/o due piani quotati del corpo stradale. E' comunque vietato l'utilizzo diretto dei materiali provenienti da demolizioni, costruzioni e scavi ai sensi del D.P.R. 10-9-1982 n. 915 e seguenti, e del Decreto Legislativo n° 22 del 5/02/1997 e successive modifiche ed integrazioni. L'uso di tali materiali è consentito previo loro trattamento in appositi impianti di riciclaggio autorizzati secondo la normativa di Legge vigente.

Gli impianti di riciclaggio dovranno essere costituiti da distinte sezioni di trattamento, attraverso fasi meccanicamente e tecnologicamente interconnesse di macinazione, vagliatura, selezione granulometrica e separazione dei materiali ferrosi, legnosi, e delle frazioni leggere, nonché delle residue impurità, per la selezione dei prodotti finali. Gli impianti dovranno comunque essere dotati di adeguati dispositivi per la individuazione di materiali non idonei. Dovrà essere preventivamente fornita alla D.L. oltre all'indicazione dell'impianto o degli impianti di produzione, con la specifica delle caratteristiche delle modalità operative riferite sia alla costanza di qualità del prodotto, sia ai sistemi di tutela da inquinanti nocivi, una campionatura significativa del materiale prodotto e le eventuali certificazioni relative a prove sistematiche fatte eseguire su materiali. Il materiale dovrà comunque rispondere alle specifiche tecniche di seguito riportate. Il materiale fornito dovrà avere pezzatura non superiore a 71 mm. e dovrà rientrare nel fuso granulometrico di seguito riportato.

Serie Crivelli e Setacci UNI	passante % in peso
crivello 71	100
crivello 40	75 - 100
crivello 25	60 - 87
crivello 10	35 - 67
setaccio 2	15 - 40
setaccio 0.4	7 - 22
setaccio 0.075	2 - 15

I componenti lenticolari non dovranno essere (definite come in BU CNR n° 95/84) in quantità superiore al 30 % ; devono essere assenti sostanze organiche (UNI 7466/75 II parte) o contaminanti, ai sensi del D.P.R. 10.9.1989 n° 915 pubblicato sulla G.U. n°343 del 15.12.82.

Prove di prequalificazione del materiale:

a) determinazione della percentuale di rigonfiamento, che dovrà essere, secondo le modalità previste per la prova CBR (CNR UNI 10009), inferiore a 1%;

b) prova di abrasione Los Angeles, sarà ritenuto idoneo il materiale che subisce perdite inferiori al 40 % in peso;

c) verifica della sensibilità al gelo (CNR 80/1988 Fasc. 4 art. 23 modificato), condotta sulla parte di aggregato passante al setaccio 38.1 e trattenuto al setaccio 9.51 (Los Angeles classe A); sarà ritenuto idoneo il materiale con sensibilità al gelo  $G \leq 30$ .

Per la posa in opera si dovrà procedere alla determinazione dell'umidità ottimale di costipamento mediante procedimento AASHO modificato (CNR 69 - 1978) e per la stesa del materiale si dovrà procedere per strati di spessore compreso fra 15 a 30 cm, secondo le indicazioni della D.L., costipati per mezzo di rulli vibranti di tipo pesante.

Il materiale dovrà essere scaricato in cumuli estesi e immediatamente sottoposto ad una prima umidificazione, per evitare la separazione delle parti a diversa granulometria, non essendo presente di norma la umidità naturale.

L'umidità da raggiungersi non dovrà essere inferiore al 7-8 %.

Il materiale dovrà essere posto in opera mediante motolivellatore (Grader), o con altro mezzo idoneo, di adeguata potenza, in maniera da evitare comunque la separazione dei componenti di pezzatura diversa, e adeguatamente rullato a umidità ottimale.

**17.3 MATERIALI STABILIZZATI**

Essi debbono identificarsi mediante la loro granulometria e i limiti di Atterberg, che determinano la percentuale di acqua in corrispondenza della quale il comportamento della frazione fina per terreno (passante al setaccio 0,42 mm n.40 A.S.T.M.) passa da una fase solida ad una plastica (limite di plasticità L.P.) e da una fase plastica ad una fase liquida (limite di fluidità LL.) nonché dall'indice di plasticità (differenza fra il limite di fluidità LL. e il limite di plasticità L.P.).

Tale indice, da stabilirsi in genere per raffronto con casi simili di strade già costruite con analoghi terreni, ha notevole importanza.

Salvo più specifiche prescrizioni della Direzione dei lavori si potrà fare riferimento alle seguenti caratteristiche (Highway Research Board):

- 1) strati inferiori (fondazione): tipo miscela sabbia-argilla: dovrà interamente passare al setaccio 25 mm: ed essere almeno passante per il 65% al setaccio n. 10 A.S.T.M.; il detto passante al n. 10 dovrà essere passante dal 55 al 90% al n. 20 A.S.T.M. e dal 35 al 70% passante al n.40 A.S.T.M. dal 10 al 25% passante al n.200 A.S.T.M.
- 2) strati inferiori (fondazione): tipo di miscela ghiaia o pietrisco, sabbia ed argilla: dovrà essere interamente passante al setaccio da 71 mm; ed essere almeno passante per il 50% al setaccio da 10 mm dal 25 al 50% al setaccio n. 4, dal 20 al 40% al setaccio n.10, dal 10 al 25% al setaccio n.40, dal 3 al 10% al setaccio n.200;
- 3) negli strati di fondazione, di cui ai precedenti paragrafi 1) e 2), l'indice di plasticità non deve essere superiore a 6, il limite di fluidità non deve superare 25 e la frazione passante al setaccio n. 200 A.S.T.M. deve essere preferibilmente la metà di quella passante al setaccio n.40 e in ogni caso non deve superare i due terzi di essa.
- 4) strato superiore della sovrastruttura tipo miscela sabbia-argilla: valgono le stesse condizioni granulometriche di cui al paragrafo 1);
- 5) strato superiore della sovrastruttura: tipo della miscela ghiaia o pietrisco, sabbia ed argilla: deve essere interamente passante dal setaccio da 25 mm ed almeno il 65% al setaccio da 10 mm dal 55 all'85% al setaccio n. 4, dal 40 al 70% al setaccio n. 10, dal 25 al 45% al setaccio n.40, dal 10 al 25% al setaccio n.200;
- 6) negli strati superiori 4) e 5) l'indice di plasticità non deve essere superiore a 9 né inferiore a 4, il limite di fluidità non deve superare 35; la frazione di passante al setaccio n. 200 deve essere inferiore ai due terzi della frazione passante al n.40.

Inoltre è opportuno controllare le caratteristiche meccaniche delle miscele con la prova C.B.R. (California bearing ratio) che esprime la portanza della miscela sotto un pistone cilindrico di due pollici di diametro, con approfondimento di 2,5 ovvero 5 mm in rapporto alla corrispondente portanza di una miscela tipo.

In linea di massima il C.B.R. del materiale, costipato alla densità massima e saturato con acqua dopo 4 giorni di immersione, e sottoposto ad un sovraccarico di 9 kg dovrà risultare, per gli strati inferiori, non inferiore a 30 e per i materiali degli strati superiori non inferiore a 70.

Durante la immersione in acqua non si dovranno avere rigonfiamenti superiori allo 0,5 per cento.

#### NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

#### NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

Il tout-venant verrà compensato a volume posato in opera, in base alle sezioni di progetto ed ai rilievi di prima e seconda pianta. Non verranno ammessi fuori sagoma all'interno delle sezioni di progetto.

Potranno essere accettati fuori sagoma all'esterno delle sezioni, purché contenuti nella misura di 30 cm in direzione normale ai paramenti teorici. I fuori sagoma non verranno comunque compensati.

**Art. 18 FONDAZIONE STRADALE IN MISTO CEMENTATO****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

Il misto cementato è costituito da una miscela di aggregati lapidei di primo impiego (misto granulare), trattata con un legante idraulico (cemento). La miscela deve assumere, dopo un adeguato tempo di stagionatura, una resistenza meccanica durevole ed apprezzabile mediante prove eseguibili su provini di forma assegnata, anche in presenza di acqua o gelo.

**18.1 MATERIALI COSTITUENTI LA MISCELA****18.1.a Aggregati**

Gli aggregati sono gli elementi lapidei miscelando i quali si ottiene il misto granulare che costituisce la base del misto cementato. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi (trattenuti al crivello UNI n.5) e dagli aggregati fini.

L'aggregato grosso deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, da elementi naturali tondeggianti, da elementi naturali tondeggianti frantumati (con meno del 20% di superficie arrotondata), da elementi naturali a spigoli vivi. Tali elementi potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella tabella seguente.

Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Los Angeles	CNR 34/73	%	30
Quantità di frantumato	-	%	30
Dimensione max	CNR 23/71	mm	40
Sensibilità al gelo	CNR 80/80	%	30
Passante al setaccio 0.075	CNR 75/80	%	1
Contenuto di:			
-Rocce reagenti con alcali del cemento		%	1

L'aggregato fino deve essere costituito da elementi naturali o di frantumazione che possiedano le caratteristiche riassunte nella tabella seguente.

Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Equivalente in sabbia	CNR 27/72	%	30; 60
Limite Liquido	CNR-UNI 10014	%	25
Indice Plastico	CNR-UNI 10014	%	NP
Contenuto di:			
-Rocce tenere, alterate o scistose	CNR 104/84	%	1
-Rocce degradabili o solfatiche	CNR 104/84	%	1
-Rocce reagenti con alcali del cemento	CNR 104/84	%	1

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

**18.1.b Cemento**

Il cemento è un legante idraulico, cioè un materiale inorganico finemente macinato che, mescolato con acqua, forma una pasta che rapprende e indurisce a seguito di processi e reazioni di idratazione e che, una volta indurita, mantiene la sua resistenza e la sua stabilità anche sott'acqua.

Saranno impiegati i seguenti tipi di cemento, elencati nella norma UNI ENV 197-1:

- tipo I (Portland);
- tipo II (Portland composito);
- tipo III (d'altoforno);
- tipo IV (pozzolanico);
- tipo V (composito).

I cementi utilizzati dovranno rispondere ai requisiti previsti dalla L. 595/65. Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, i cementi utilizzati dovranno essere controllati e certificati come previsto dal DPR 13/9/93 n. 246 e dal D.M. 12/07/93 n. 314. Tale certificazione sarà rilasciata dall'Istituto Centrale per la Industrializzazione e la Tecnologia Edilizia (I.C.I.T.E.), o da altri organismi autorizzati ai sensi del D.M. 12/07/93 n. 314.

**18.1.c Acqua**

L'acqua deve essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica, frazioni limo-argillose e qualsiasi altra sostanza nociva. La quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento (CNR 69 – 1978) con una variazione compresa entro  $\pm 2\%$  del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resistenze indicate.

**18.1.d Aggiunte**

Le aggiunte sono materiali inorganici finemente macinati che possono essere aggiunti al calcestruzzo per modificarne le caratteristiche o ottenerne di speciali.

E' ammesso l'utilizzo di ceneri volanti conformi alla norma UNI EN 450, sia ad integrazione dell'aggregato fine sia in sostituzione del cemento. La quantità in peso di ceneri da aggiungere, in sostituzione del cemento, per ottenere pari caratteristiche meccaniche, sarà stabilita con prove di laboratorio, nella fase di studio delle miscele e comunque non potrà superare il 40% del peso di cemento indicato in prima istanza.

**18.2 MISCELA**

La miscela di aggregati (misto granulare) da adottarsi per la realizzazione del misto cementato deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato nella tabella sottostante.

Serie crivelli e setacci <b>UNI</b>		<i>Autostrade e strade extraurbane principali</i>	<i>Extraurbane econarie ed Urbane di scorrimento</i>	<i>Urbane di quartiere extraurbane e urbane locali</i>
		Passante (%)		
Crivello	40	100	100	
Crivello	30	80- 100		
Crivello	25	72- 90	65 - 100	
Crivello	15	53- 70	4 5	- 7 8
Crivello	10	40- 55	35 - 68	
Crivello	5	28- 40	2 3	- 5 3
Setaccio	2	18- 30	14 - 40	
Setaccio	0.4	8- 18	6	- 2 3
Setaccio	0.18	6- 14	2 - 15	
Setaccio	0.075	5- 10		

Il contenuto di cemento, delle eventuali ceneri volanti dosate in sostituzione del cemento stesso, ed il contenuto d'acqua della miscela, vanno espressi come percentuale in peso rispetto al totale degli aggregati costituenti il misto granulare di base.

Tali percentuali saranno stabilite in base ad uno studio della miscela, effettuato in laboratorio, secondo quanto previsto dal B.U. CNR N. 29, in relazione alle prove di resistenza eseguite sui provini cilindrici confezionati entro stampi CBR (CNR-UNI 10009) impiegati senza disco spaziatore (altezza 17,78 cm, diametro 15,24 cm, volume 3242 cm<sup>3</sup>); per il confezionamento dei provini gli stampi verranno muniti di collare di prolunga allo scopo di consentire il regolare costipamento dell'ultimo strato con la consueta eccedenza di circa 1 cm rispetto all'altezza dello stampo vero e proprio. Tale eccedenza dovrà essere eliminata, previa rimozione del collare suddetto e rasatura dello stampo, affinché l'altezza del provino risulti definitivamente di 17,78 cm.

La miscela di studio verrà preparata partendo da tutte le classi previste per gli aggregati, mescolandole tra loro, con il cemento, con l'eventuale cenere e con l'acqua nei quantitativi necessari ad ogni singolo provino. Comunque, prima di immettere la miscela negli stampi si opererà una vagliatura sul crivello UNI 25 mm allontanando gli elementi trattenuti con la sola pasta di cemento ad essi aderente.

La miscela verrà costipata su 5 strati, con il pestello e l'altezza di caduta di cui alla norma AASHTO modificato, con 85 colpi per strato, in modo da ottenere una energia di costipamento pari a quella della prova citata (diametro pestello 51±0,5 mm, peso pestello 4,535±0,005 Kg, altezza di caduta 45,7 cm). I provini dovranno essere estratti dallo stampo dopo 24 h e portati successivamente a stagionatura per altri 6 giorni in ambiente umido (umidità relativa non inferiore al 90% e temperatura di circa 293 K); in caso di confezione in cantiere la stagionatura si farà in sabbia mantenuta umida.

Operando ripetutamente nel modo suddetto, con l'impiego di percentuali in peso d'acqua diverse (sempre riferite alla miscela intera, compreso quanto eliminato per vagliatura sul crivello 25) potranno essere determinati i valori necessari al tracciamento dei diagrammi di studio. Lo stesso dicasi per le variazioni della percentuale di legante.

In particolare la miscele adottate dovranno possedere i requisiti riportati nella tabella sottostante.

<i>Parametro</i>	<i>Normativa</i>	<i>Valore</i>
Resistenza a compressione a 7 gg	CNR 29/72	Rc 2,5-4,5 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione indiretta a 7 gg (Prova Brasiliana)	CNR 97/84	Rt 0,5 N/mm <sup>2</sup>

Tali valori di resistenza a compressione e a trazione devono essere ottenuti dalla media di 3 provini, se ciascuno dei singoli valori non si scosta dalla media stessa di  $\pm 15\%$ , altrimenti dalla media dei due valori che rimangono dopo aver scartato il valore anomalo.

Per particolari casi è facoltà della Direzione Lavori accettare valori di resistenza a compressione fino a 7.5 N/mm<sup>2</sup>. Nel caso in cui il misto cementato debba essere impiegato in zone in cui sussista il rischio di degrado per gelo-disgelo, è facoltà della Direzione Lavori richiedere che la miscela risponda ai requisiti della norma SN 640 59a.

Da questi dati di laboratorio dovranno essere scelti la curva, la densità e le resistenze da confrontare con quelle di progetto e da usare come riferimento nelle prove di controllo.

L'Impresa è tenuta a comunicare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare. Ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione dello studio di composizione effettuato, che non dovrà essere più vecchio di un anno.

Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio delle miscele, l'Impresa deve rigorosamente attenersi ad esso.

Nella curva granulometrica sono ammessi variazioni delle singole percentuali di l'aggregato grosso di  $\pm 5$  punti e di  $\pm 2$  punti per l'aggregato fino.

In ogni caso non devono essere superati i limiti del fuso.

Per la percentuale di cemento nelle miscele è ammessa una variazione di  $\pm 0.5\%$ .

#### NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

Il misto cementato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte. L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per evitare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possano compromettere la pulizia degli aggregati. I cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei pre-dosatori eseguita con la massima cura. Non è consentito il mescolamento di cementi diversi per tipo, classe di resistenza o provenienza. Il cemento e le aggiunte dovranno essere adeguatamente protetti dall'umidità atmosferica e dalle impurità.

La miscela verrà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti prescritti. Ogni depressione, avvallamento o ormaia presente sul piano di posa dev'essere corretta prima della stesa. Prima della stesa è inoltre necessario verificare che il piano di posa sia sufficientemente umido e, se necessario, provvedere alla sua bagnatura evitando tuttavia la formazione di una superficie fangosa.

La stesa verrà eseguita impiegando macchine finitrici. Il tempo massimo tra l'introduzione dell'acqua nella miscela del misto cementato e l'inizio della compattazione non dovrà superare i 60 minuti.

Le operazioni di compattazione dello strato devono essere realizzate con apparecchiature e sequenze adatte a produrre il grado di addensamento e le prestazioni richieste. La stesa della miscela non deve di norma essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 0°C e mai sotto la pioggia.

Nel caso in cui le condizioni climatiche (temperatura, soleggiamento, ventilazione) comportino una elevata velocità di evaporazione, è necessario provvedere ad una adeguata protezione delle miscele sia durante il trasporto che durante la stesa.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non deve superare di norma le due ore per garantire la continuità della struttura. Particolari accorgimenti devono adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali che andranno protetti con fogli di polietilene o materiale simile. Il giunto di ripresa deve essere ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola e togliendo la tavola al momento della ripresa della stesa. Se non si fa uso della tavola si deve, prima della ripresa della stesa, provvedere a tagliare l'ultima parte dello strato precedente, in modo che si ottenga una parete perfettamente verticale. Non devono essere eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa.

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e finitura dello strato, deve essere applicato un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55% in ragione di 1-2 daN/m<sup>2</sup> (in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto) e successivo spargimento di sabbia.

Il tempo di maturazione protetta non dovrà essere inferiore a 72 ore, durante le quali il misto cementato dovrà essere protetto dal gelo.

Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati. Aperture anticipate sono consentite solo se previste nella determinazione della resistenze raggiunta dal misto.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche o da altre cause devono essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'Impresa.

#### NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

**Art. 19 FONDAZIONE STRADALE IN MISTO GRANULOMETRICAMENTE STABILIZZATO****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

La fondazione è costituita da miscele di terre stabilizzate granulometricamente; la frazione grossa di tali miscele (trattenuto al setaccio 2 UNI) può essere costituita da ghiaie, frantumati, detriti di cava, scorie o anche altro materiale ritenuto idoneo dalla Direzione Lavori, proveniente da scavi o da depositi.

La fondazione potrà essere formata da materiale idoneo pronto all'impiego oppure da correggersi con adeguata attrezzatura in impianto fisso di miscelazione o in sito.

Il materiale da impiegare, dopo l'eventuale correzione e miscelazione in impianto fisso, dovrà rispondere alle caratteristiche seguenti:

- a) dimensioni non superiori a mm 71, nè forma appiattita, allungata o lenticolare;  
b) granulometria compresa nel seguente fuso e avente andamento continuo e uniforme praticamente concorde a quello delle curve limiti:

Serie crivelli e setacci UNI	Passante % totale in peso
Crivello 71	100
" 40	75 - 100
" 25	60 - 87
" 10	35 - 67
" 5	25 - 55
Setaccio 2	15 - 40
" 0,4	7 - 22
" 0,075	2 - 10

- c) rapporto tra il passante al setaccio 0,075 ed il passante al setaccio 0,4 inferiore a 2/3;  
d) perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature inferiore al 30%;  
e) equivalente in sabbia misurato sulla frazione passante al setaccio ASTM n. 4 compreso tra 25 e 65 (la prova va eseguita con dispositivo meccanico di scuotimento). Tale controllo dovrà essere eseguito anche sul materiale prelevato dopo costipamento. Il limite superiore dell'equivalente in sabbia -65- potrà essere variato dalla Direzione Lavori in funzione delle provenienze e delle caratteristiche del materiale. Per tutti i materiali aventi equivalente in sabbia compreso fra 25 e 35, la Direzione Lavori richiederà in ogni caso (anche se la miscela contiene più del 60% in peso di elementi frantumati) la verifica dell'indice di portanza CBR di cui al successivo comma;  
f) indice di portanza CBR (1) dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al crivello 25) non minore di 50. E' inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di + 2% rispetto all'umidità ottima di costipamento.

Se le miscele contengono oltre il 60% in peso di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione avverrà sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti commi a), b), d), e), salvo nel caso citato al comma e) in cui la miscela abbia equivalente in sabbia compreso tra 25 e 109.

Questo materiale, qualora la Direzione Lavori ne accerti la non corrispondenza anche ad una sola delle caratteristiche richieste, non potrà essere impiegato nella lavorazione e se la stessa Direzione Lavori riterrà, a suo insindacabile giudizio, che non possa essere reso idoneo mediante opportuni interventi correttivi da effettuare a cura e spese dell'Impresa, dovrà essere allontanato dal cantiere.

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Il piano di posa dello strato dovrà avere le quote, la sagoma ed i requisiti di compattezza previsti in progetto o prescritti dalla Direzione Lavori ed essere ripulito da materiale estraneo.

Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a cm 20 e non inferiore a cm 10, e dovrà presentarsi, dopo il costipamento, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti. L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato. Verificandosi comunque eccesso di umidità, o danni dovuti al gelo, lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria. Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti o vibranti gommati, tutti semoventi. L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento per ogni cantiere, verranno accertate dalla Direzione Lavori con una prova sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere.

Il costipamento di ogni strato dovrà essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 95% della densità massima fornita dalla prova AASHTO modificata. (AASHTO T 180 - 57 metodo D) con esclusione della sostituzione degli elementi trattenuti al setaccio 3/4". (2)

Il valore del modulo di deformazione Md, misurato con il metodo di prova su piastra (f 30 cm), ma nell'intervallo compreso fra MPa 0,15 e 0,25, non dovrà essere inferiore a MPa 80. In caso contrario l'Impresa, a sua cura e spese dovrà adottare tutti i provvedimenti atti al raggiungimento del valore prescritto, non esclusa la rimozione ed il rifacimento dello strato.

La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre cm 1, controllato a mezzo di un regolo di m 4,00 di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali. Lo spessore dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5% purché questa differenza si presenti solo saltuariamente. In caso contrario l'Impresa a sua cura e spese, dovrà provvedere al raggiungimento dello spessore prescritto.

NOTE: (1) CNR-UNI 10009 - Prove sui materiali stradali; indice di portanza CBR di una terra.

(2) AASHTO T 180 - 57 metodo D con esclusione della sostituzione degli elementi trattenuti al setaccio 3/4". Se la misura in sito riguarda materiale contenente fino al 25% in peso di elementi di dimensioni maggiori di mm 25, la densità ottenuta verrà corretta in base alla formula:

$$dr = \frac{di \cdot Pc (100 - x)}{100 Pc - x di}$$

dr = densità della miscela ridotta degli elementi di dimensione superiore a 25 mm, da paragonare a quello AASHTO modificata determinata in laboratorio;

di = densità della miscela intera;

Pc = peso specifico degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm;

x = percentuale in peso degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm.

La suddetta formula di trasformazione potrà essere applicata anche nel caso di miscele contenenti una percentuale in peso di elementi di dimensione superiore a mm 35, compresa tra il 25% e il 40%.

In tal caso nella stessa formula, al termine x dovrà essere sempre dato il valore 25 (indipendentemente dalla effettiva percentuale in peso trattenuto al crivello UNI 25 mm).

#### NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

**Art. 20 CONGLOMERATI BITUMINOSI****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****20.1 MATERIALI INERTI**

L'aggregato grosso sarà costituito da pietrischetti e graniglie che potranno anche essere di provenienza o natura petrografica diversa, purché alle prove appresso elencate, eseguite su campioni rispondenti alla miscela che si intende formare, risponda ai seguenti requisiti:

*20.1.a Per strati di base e di collegamento:***Aggregato grosso**

L'aggregato grosso (frazione > 4 mm) sarà costituito da ghiaie frantumate, pietrischi, pietrischetti e graniglie che potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa, purché alle prove di seguito elencate, eseguite su campioni rispondenti alla miscela che si intende formare corrisponda ai seguenti requisiti:

Parametro misura	Normativa	Unità di misura	Requisito
Los Angeles	UNI EN 1097-2	%	≤ 25 LA25
Micro Deval	UNI EN 1097-1	%	≤ 20 M DE20
Percentuali di superfici frantumate	UNI EN 933-5	%	≥ 90 C90/1
Resistenza al gelo-disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤ 1 F1
Contenuto di fini	UNI-EN 933-1	%	≤ 1 F1
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	%	≤ 25 FI25

**Aggregato fino**

L'aggregato fino (frazione < 4 mm) sarà costituito da sabbie ricavate esclusivamente da frantumazione di rocce e da elementi litoidi di fiume con le seguenti caratteristiche:

Parametro misura	Normativa	Unità di misura	Requisito
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 60 SE 60
Percentuali di superfici frantumate	UNI EN 933-5	%	≥ 40 C50/10
Contenuto di fini	UNI-EN 933-1	%	≤ 2 F2

Nel caso che si preveda di assoggettare al traffico lo strato di collegamento in periodi umidi od invernali, la perdita in peso per scuotimento sarà limitata allo 0,5%.

*20.1.b Per strati di usura:***Aggregato grosso**

L'aggregato grosso (frazione > 4 mm) sarà costituito da ghiaie frantumate, pietrischi, pietrischetti e graniglie che potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa, purché alle prove di seguito elencate, eseguite su campioni rispondenti alla miscela che si intende formare corrisponda ai seguenti requisiti:

Parametro misura	Normativa	Unità di misura	Requisito
Los Angeles	UNI EN 1097-2	%	≤ 20 LA20
Micro Deval	UNI EN 1097-1	%	≤ 15 M DE15
Percentuali di superfici frantumate	UNI EN 933-5	%	≥ 100 C100/0
Resistenza al gelo-disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤ 1 F1
Contenuto di fini	UNI-EN 933-1	%	≤ 1 F1
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	%	≤ 30 FI30
Resistenza alla levigazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-8	%	≥ 42 PSV42

Nello strato di usura la miscela finale degli aggregati deve contenere una frazione grossa di natura basaltica o porfirica, con PSV (Resistenza alla levigazione dell'aggregato grosso) ≥ 45 PSV44, pari alla quantità necessaria ad ottenere le prestazioni richieste, tenendo conto che tali prestazioni dovranno mantenersi accettabili per almeno 5 anni.

In alternativa all'uso del basalto o del porfido si possono utilizzare, previo assenso o autorizzazione da parte della D.L., inerti porosi naturali (vulcanici) od artificiali (argilla espansa "resistente" o materiali similari, scorie d'altoforno, loppe, ecc.) ad elevata rugosità superficiale (PSV ≥ 50 PSV50) di pezzatura 5/15 mm, conformi alla norma UNI EN 13043:2004 e nella percentuale necessaria per il rispetto delle prestazioni richieste.

In percentuali in peso comprese tra il 20% ed il 30% del totale, ad eccezione dell'argilla espansa che deve essere di pezzatura 5/10 mm, con percentuale di impiego in volume compresa tra il 25% ed il 35% degli inerti che compongono la miscela.

**Aggregato fino**

L'aggregato fino (< frazione 4 mm) sarà costituito da sabbie ricavate esclusivamente da frantumazione di rocce e da elementi litoidi di fiume con le seguenti caratteristiche:

Parametro misura	Normativa	Unità di misura	Requisito
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 70 SE 70
Percentuali di superfici frantumate	UNI EN 933-5	%	≥ 50 C50/10
Contenuto di fini	UNI-EN 933-1	%	≤ 2 F2

Per le banchine di sosta saranno impiegati gli inerti prescritti per gli strati di collegamento e di usura di cui sopra.

In ogni caso i pietrischi e le graniglie dovranno essere costituiti da elementi sani, duri, durevoli, approssimativamente poliedrici, con spigoli vivi, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei.

L'aggregato fino sarà costituito in ogni caso da sabbie naturali o di frantumazione che dovranno soddisfare ai requisiti dell'art. 5 delle Norme dei C.N.R. predetto ed in particolare:

- equivalente in sabbia, determinato con la prova AASHTO T 176, non inferiore al 55%;
- materiale non idrofilo (C.N.R., fascicolo IV/1953) con le limitazioni indicate per l'aggregato grosso. Nel caso non fosse possibile reperire il materiale della pezzatura 2-5 mm necessario per la prova, la stessa dovrà essere eseguita secondo le modalità della prova Riedel-Weber con concentrazione non inferiore a 6.

Gli additivi minerali (fillers) saranno costituiti da polvere di rocce preferibilmente calcaree o da cemento, calce idrata, calce idraulica, polveri di asfalto e dovranno risultare alla setacciatura per via secca interamente passanti al setaccio n. 30 ASTM e per almeno il 65% al setaccio n. 200 ASTM.

Per lo strato di usura, a richiesta della Direzione dei Lavori, il filler potrà essere costituito da polvere di roccia asfaltica contenente il 6-8% di bitume ad alta percentuale di asfalteni con penetrazione Do a 25 gradi centigradi inferiore a 150 dmm.

Per filiers diversi da quelli sopra indicati è richiesta la preventiva approvazione della Direzione dei Lavori in base a prove e ricerche di laboratorio.

**20.2 LEGANTE**

Il legante deve essere costituito da bitume semisolido (tal quale). I bitumi sono composti organici costituiti sostanzialmente da miscele di idrocarburi, completamente solubili in solfuro di carbonio e dotati di capacità legante.

Il bitume deve essere del tipo 50/70 o 70/100 con le caratteristiche indicate nella tabella sottostante:

Parametro misura (tipo 50-70)	Normativa	Unità di misura	Requisito
Penetrazione a 25° C	EN 1426, CNR 24/71	dmm	50-70
Punto di rammolimento	EN 1427, CNR 35/73	° C	46-56
Punto di rottura (Fraass)	EN 12593/1999	° C	≤ -8
Viscosità dinamica a 160°C	ASTM D 4402	Pa x s	> 0,1
<b>Valori dopo RFTOT</b>	<b>EN 12607-1</b>		
Penetrazione residua a 25° C	EN 1426, CNR 24/71	%	≥ 50
Incremento del punto di rammolimento	EN 1427, CNR 35/73	° C	≤ 9

Parametro misura (tipo 50-70)	Normativa	Unità di misura	Requisito
Penetrazione a 25° C	EN 1426, CNR 24/71	dmm	50-70
Punto di rammolimento	EN 1427, CNR 35/73	° C	46-56
Punto di rottura (Fraass)	EN 12593/1999	° C	≤ -8
Viscosità dinamica a 160°C	ASTM D 4402	Pa x s	> 0,1
<b>Valori dopo RFTOT</b>	<b>EN 12607-1</b>		
Penetrazione residua a 25° C	EN 1426, CNR 24/71	%	≥ 50
Incremento del punto di rammolimento	EN 1427, CNR 35/73	° C	≤ 9

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati e documentazione di marcatura CE secondo la norma UNI EN 12591.

**20.3 MISCELA****20.3.a Strato di base**

La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di base dovrà avere una composizione granulometrica per la quale si indica a titolo di orientamento la seguente formula:

SERIE SETACCI UNI

Setaccio 31,5  
Setaccio 20  
Setaccio 16  
Setaccio 8  
Setaccio 4  
Setaccio 2

MISCELA PASSANTE % TOTALE IN PESO

100  
68 ÷ 88  
55 ÷ 78  
36 ÷ 60  
25 ÷ 48  
18 ÷ 38

Setaccio 0,5	8 ÷ 21
Setaccio 0,25	5 ÷ 16
Setaccio 0,063	4 ÷ 8

La quantità di bitume nel conglomerato dovrà essere compresa tra il 4,0% ed il 5,0% sul peso degli inerti (UNI EN 12697-1 e 39). Dovrà inoltre presentare una percentuale di vuoti residui compresi fra 4% e 7%.

#### 20.3.b Strato di collegamento (binder)

La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di collegamento dovrà avere una composizione granulometrica per la quale si indica a titolo di orientamento la seguente formula:

SERIE CRIVELLI E SETACCI UNIPASSANTE	TOTALE IN PESO %	
Crivello	25	100
Crivello	15	65 - 100
Crivello	10	50 - 80
Crivello	5	30 - 67
Setaccio	2	20 - 45
Setaccio	0,4	7 - 25
Setaccio	0,18	5 - 15
Setaccio	0,075	4 - 8

Il tenore di bitume dovrà essere compreso tra il 5% ed il 5,5% riferito al peso degli aggregati. Esso dovrà comunque essere il minimo che consenta il raggiungimento dei valori di stabilità Marshall e compattezza di seguito riportati. Il conglomerato bituminoso destinato alla formazione dello strato di collegamento dovrà avere i seguenti requisiti:

- \* la stabilità Marshall eseguita a 60 gradi centigradi su provini costipati con 75 colpi di maglio per ogni faccia dovrà risultare in ogni caso uguale o superiore a 900 Kg. I valori dello scorrimento, sempre alla prova Marshall corrispondente alle condizioni di impiego prescelte, devono essere compresi fra 2 e 4 mm. Gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresa tra 3 e 7%. Inoltre il valore della rigidità Marshall, cioè il rapporto tra la stabilità misurata in kg e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere in ogni caso superiore a 300 (C.N.R 30-1973);
- \* la prova Marshall eseguita su provini che abbiano subito un periodo di immersione in acqua distillata per 15 giorni, dovrà dare un valore di stabilità non inferiore al 75% di quello precedentemente indicato.
- \* elevatissima resistenza all'usura superficiale;
- \* sufficiente ruvidezza della superficie, tale da non renderla scivolosa;
- \* il volume dei vuoti residui a cilindratura finita dovrà essere compreso tra 4 e 10%.

#### 20.3.c Strato di usura

La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di usura dovrà avere una composizione granulometrica per la quale, a titolo di orientamento, si indica la formula seguente:

SERIE CRIVELLI E SETACCI UNIPASSANTE	TOTALE IN PESO %	
Crivello	15	100
Crivello	10	70 - 100
Crivello	5	43 - 67
Setaccio	2	25 - 45
Setaccio	0,4	12 - 24
Setaccio	0,18	7 - 15
Setaccio	0,075	6 - 11

Il tenore di bitume dovrà essere compreso tra il 5,5% ed il 6% riferito al peso totale degli aggregati. Il coefficiente di riempimento con bitume dei vuoti intergranulari della miscela addensata non dovrà superare l'80%, il contenuto di bitume della miscela dovrà comunque essere il minimo che consenta il raggiungimento dei valori di stabilità Marshall e compattezza di seguito riportata.

Il conglomerato dovrà avere i seguenti requisiti:

- \* resistenza meccanica elevatissima, cioè capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli sia in fase dinamica che statica, anche sotto le più alte temperature estive, e sufficiente flessibilità per poter seguire sotto gli stessi carichi qualunque assetamento eventuale del sottofondo anche a lunga scadenza; il valore della stabilità Marshall (prova ASTM D 1559) eseguita a 60 gradi centigradi su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia dovrà essere di almeno 1.000 Kg. I valori dello scorrimento, sempre alla prova Marshall, corrispondenti alle condizioni di impiego prescelte devono essere compresi fra 1 e 3,5 mm. La percentuale dei vuoti dei provini Marshall, sempre nelle condizioni di impiego prescelte, deve essere compresa fra 3 e 6%. Inoltre il valore della rigidità Marshall, cioè il rapporto tra la stabilità misurata in kg e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere in ogni caso superiore a 300 (C.N.R 30-1973);
- \* La prova Marshall eseguita su provini che abbiano subito un periodo di immersione in acqua distillata per 7 giorni dovrà dare un valore di stabilità non inferiore al 75% di quelli precedentemente indicati;
- \* elevatissima resistenza all'usura superficiale C.L.A.: > 0.45,
- \* sufficiente ruvidezza della superficie tale da non renderla scivolosa B.P.N.>65,
- \* grande compattezza: il volume dei vuoti residui a rullatura terminata dovrà essere compreso fra 4% e 8%.

Ad un anno dall'apertura al traffico il volume dei vuoti residui dovrà invece essere compreso fra 3% e 6% e l'impermeabilità praticamente totale; il coefficiente di permeabilità misurato su uno dei provini Marshall, riferentesi alle condizioni di impiego prescelte, in permeametro a carico costante di 50 cm di acqua, non dovrà risultare inferiore a 10.6 cm/sec.

Sia per i conglomerati bituminosi per strato di collegamento che per strato di usura, nel caso in cui la prova Marshall venga effettuata a titolo di controllo della stabilità del conglomerato prodotto, i relativi provini dovranno essere confezionati con materiale prelevato presso l'impianto di produzione ed immediatamente costipato senza alcun ulteriore riscaldamento. In tal modo la temperatura di costipamento consentirà anche il controllo delle temperature operative. Inoltre, poiché la prova va effettuata sul materiale passante al crivello da 25 mm, lo stesso dovrà essere vagliato se necessario.

### NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

La parte superiore della sovrastruttura stradale sarà, in generale, costituita da un doppio strato di conglomerato bituminoso steso a caldo, e

precisamente: da uno strato inferiore di collegamento (binder) e da uno strato superiore di usura.

Il conglomerato per ambedue gli strati sarà costituito da una miscela di pietrischetti, graniglie, sabbie ed additivi (secondo le definizioni riportate nell'art. 1 delle "Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, della sabbia, degli additivi per costruzioni stradali" dei C.N.R., fascicolo IV/1953), mescolati con bitume a caldo, e verrà steso in opera mediante macchina vibrofinitrice.

Gli aggregati aventi tutti i requisiti richiesti devono risultare assortiti in modo tale da ottenere una granulometria complessiva che risponda alle prescrizioni di Capitolato. Lo studio di ottimizzazione dell'impasto verrà effettuato con il metodo Marshall o con il metodo della pressa giratoria fino alla determinazione dell'esatta quantità di legante occorrente.

Per conglomerato riciclato deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione in frantoio di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla fresatura in sito eseguita con idonee macchine. La percentuale di materiale di recupero consentita sarà tale da poter garantire alla miscela prodotta il raggiungimento di tutte le prestazioni richieste nel rispetto dei limiti minimi e massimi previsti.

**Il materiale riciclato dovrà essere qualificato secondo quanto previsto dalla norma UNI EN 13108:8.**

#### **20.4 CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE**

L'impresa è tenuta a presentare la composizione delle miscele che intende adottare, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni, comprovando con certificati di laboratorio la rispondenza della composizione granulometrica e dei dosaggio in bitume alle richieste caratteristiche di stabilità, compattezza e impermeabilità.

La Direzione dei Lavori si riserva di approvare i risultati prodotti o di fare eseguire nuove ricerche. L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'impresa relativa al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati in opera.

Una volta accettata la composizione proposta, l'impresa dovrà ad essa attenersi rigorosamente. Non sarà ammessa una variazione del contenuto di sabbia e dell'aggregato di più o meno 5 sulla percentuale corrispondente alla curva granulometrica prescelta, e di più o meno 1,5 sulla percentuale di additivo. Per la quantità di bitume non sarà tollerato uno scostamento dalla percentuale stabilita in base alla preventiva prova Marshall di più o meno 0,3%.

#### **20.5 FORMAZIONE E CONFEZIONE DEGLI IMPASTI**

Gli impasti saranno eseguiti a mezzo di impianti fissi approvati dalla Direzione dei Lavori. In particolare essi dovranno essere di potenzialità adeguata e capaci di assicurare: il perfetto essiccamento; la separazione della polvere ed il riscaldamento uniforme della miscela di aggregati; la classificazione dei singoli aggregati mediante vagliatura ed il controllo della granulometria; la perfetta dosatura degli aggregati mediante idonea apparecchiatura che consenta il dosaggio delle categorie di aggregati già vagliati prima dell'invio al mescolatore-, il riscaldamento dei bitume alla temperatura richiesta e a viscosità uniforme fino al momento dell'impasto ed il perfetto dosaggio dei bitume e dell'additivo.

In apposito laboratorio installato in cantiere a cura e spese dell'impresa, dovranno essere effettuati, a discrezione della Direzione dei Lavori, ma con frequenza almeno giornaliera: - la verifica granulometrica dei singoli aggregati approvvigionati in cantiere e quella degli aggregati stessi all'uscita dei vagli di riclassificazione;

- la verifica della composizione dei conglomerati (granulometria degli inerti, percentuale dei bitume, percentuale di additivo) e della stabilità Marshall, prelevando il conglomerato all'uscita del mescolatore o alla stesa;

- la verifica delle caratteristiche dei conglomerati finiti, eseguendo il prelievo a rullatura ultimata ed a conglomerato raffreddato.

A discrezione della Direzione dei Lavori dovranno essere frequentemente controllate le qualità e le caratteristiche dei bitume; le temperature degli aggregati e dei bitume. A tal fine gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti saranno munite di termometri fissi.

#### **20.6 TRASPORTO DEGLI IMPASTI**

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa dovrà avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci, sempre dotati di telone di copertura avvolgente, per evitare i raffreddamenti superficiali del materiale e la conseguente formazione di crostoni superficiali.

La percorrenza stradale, dall'impianto al cantiere di stesa, non dovrà richiedere pertanto un tempo eccessivamente lungo per non causare il raffreddamento del conglomerato.

In ogni caso la durata del trasporto è vincolata dalla temperatura minima del conglomerato alla stesa, che non dovrà essere inferiore a 140° e 150 °C rispettivamente nel caso di impiego bitumi tradizionali o di bitumi modificati.

Si precisa pertanto che non saranno accettati conglomerati bituminosi che all'atto della stesa presentino temperature inferiori a quelle sopraindicate.

#### **20.7 POSA IN OPERA DEGLI IMPASTI**

Previo accurata pulizia della superficie da rivestire, mediante energico lavaggio e soffiatura, ed alla stesa sulla superficie stessa di un velo continuo di ancoraggio con emulsione in ragione di 0,5 kg/m². Immediatamente farà seguito lo stendimento dello strato di collegamento. A lavoro ultimato la carreggiata dovrà risultare perfettamente sagomata con i profili e le pendenze prescritte dalla Direzione dei Lavori.

Analogamente si procederà per la posa in opera dello strato di usura, previa spalmatura, sullo strato di collegamento, di una ulteriore mano di ancoraggio identica alla precedente.

L'applicazione dei conglomerati bituminosi verrà fatta a mezzo di macchine spanditrici-finitrici, di tipo approvato dalla Direzione dei lavori dotate di meccanismi di autolivellazione, in perfetto stato d'uso.

Le macchine per la stesa dei conglomerati, analogamente a quelle per la confezione dei conglomerati stessi, dovranno possedere caratteristiche di precisione di lavoro tale che il controllo umano sia ridotto al minimo.

Il materiale verrà disteso a temperatura non inferiore a 140 gradi centigradi controllato immediatamente dietro la finitrice.

La stesa dei conglomerati non andrà effettuata quando le condizioni meteorologiche non siano tali da garantire la perfetta riuscita del lavoro e in particolare quando il piano di posa si presenti comunque bagnato e la temperatura dello strato di posa dei conglomerati, misurata in un foro di circa 2-3 cm di profondità e di diametro corrispondente a quello del termometro, sia inferiore a 5 gradi centigradi.

Se la temperatura dello strato di posa è compresa tra 5 e 10 gradi centigradi si dovranno adottare, previa autorizzazione della Direzione dei Lavori, degli accorgimenti che consentano di ottenere ugualmente la compattazione dello strato messo in opera e l'aderenza con quello

inferiore (innalzamento temperatura di confezionamento e trasporto con autocarri coperti).

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche o da altre cause, dovranno essere rimossi e sostituiti a totale cura e spesa dell'impresa.

Nella stesa si dovrà porre grande attenzione alla formazione dei giunti longitudinali e quando il bordo di una striscia sia stato danneggiato, il giunto dovrà essere tagliato in modo da presentare una superficie liscia finita.

Qualora nella ' esecuzione dello strato di usura venisse a determinarsi, a causa di particolari situazioni ambientali, una sensibile differenza di temperatura fra il conglomerato della striscia già posta in opera e quello da stendere, la Direzione dei Lavori potrà ordinare il preriscaldamento, a mezzo di appositi apparecchi a radiazione di raggi infrarossi, del bordo terminale della prima striscia contemporaneamente alla stesa del conglomerato della striscia contigua.

In corrispondenza dei giunti di ripresa di lavoro e dei giunti longitudinali tra due strisce adiacenti, si procederà alla spalmatura con legante bituminoso allo scopo di assicurare impermeabilità ed adesione alle superfici di contatto.

La sovrapposizione degli strati dovrà essere eseguita in modo che i giunti longitudinali suddetti risultino sfalsati di almeno 30 cm. La superficie dovrà presentarsi priva di ondulazioni: un'asta rettilinea lunga m 4 posta sulla superficie pavimentata dovrà aderirvi con uniformità. Solo su qualche punto sarà tollerato uno scostamento non superiore a 4 mm.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere dovranno essere realizzati sempre previo taglio ed esportazione della parte terminale di azzerramento.

Il manto di usura e lo strato di collegamento saranno compressi con rulli meccanici a rapida inversione di marcia. La rullatura comincerà ad essere condotta alla più alta temperatura possibile, iniziando il primo passaggio con le ruote motrici e proseguendo in modo che un passaggio si sovrapponga parzialmente all'altro; si procederà pure con passaggi in diagonale.

Il costipamento sarà ultimato con rulli statici o con rulli gommati tutti di peso idoneo ad assicurare il raggiungimento della densità prescritta.

Al termine della compattazione lo strato di base dovrà avere una densità uniforme in tutto lo spessore non inferiore al 97% di quella Marshall dello stesso giorno, rilevata all'impianto o alla stesa. Tale valutazione sarà eseguita sulla produzione giornaliera secondo norma B.U. C.N.R. n. 40 (30 marzo 1973): il valore risulterà dalla media di due prove.

La valutazione delle densità verrà eseguita su carote di 10 cm di diametro; dovrà essere usata particolarmente cura nel riempimento delle cavità rimaste negli strati dopo il prelievo delle carote.

## 20.8 REQUISITI PRESTAZIONALI DEI CONGLOMERATI BITUMINOSI

### 20.8.a Strato di base tradizionale e modificato

Lo strato di base ha la funzione di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli grazie alla sua resistenza meccanica e sufficiente flessibilità per poter assecondare sotto gli stessi carichi qualunque eventuale assestamento del sottofondo anche a lunga scadenza.

Parametro misura	Normativa	Unità di misura	Requisito BASE TRADIZIONALE	Requisito BASE MODIFICATO
Stabilità Marshall eseguita a 60° C (75 colpi/faccia)	UNI EN 12697-34	kN	$\geq 7,5 \text{ S min}$	$\geq 10,0 \text{ S min}$
Stabilità Marshall eseguita a 60° C (75 colpi/faccia)	UNI EN 12697-34	kN	$\leq 13,5 \text{ S max}$	$\leq 15,5 \text{ S max}$
Quoziente Marshall	UNI EN 12697-34	kN/mm	$\geq 2,5 \text{ Q min}$	
Quoziente Marshall	UNI EN 12697-34	kN/mm	$\leq 4,5 \text{ Q max}$	
Percentuale di vuoti residui	UNI EN 12697-5,6,8	%	$\geq 4 \text{ V min}$ $< 7 \text{ V max}$	
Percentuale di vuoti residui (provini confezionati con compattatore giratorio a 180 cicli secondo UNI EN 12697-31) METODO VOLUMETRICO: Condizioni di prova      Valore richiesto Angolo di rotazione $1,25^\circ \pm 0,02$ Velocità di rotazione      30 rotazioni/min Pressione verticale      600 KPa Diametro verticale      150 mm	UNI EN 12697-31	%	$\geq 4 \text{ V min}$ $< 7 \text{ V max}$	
Resistenza a trazione indiretta a 25° C	UNI EN 12697-23	N/mm <sup>2</sup>	$\geq 0,6$	
Resistenza a trazione indiretta a 25° C (provini confezionati con compattatore giratorio a 180 cicli secondo UNI EN 12697-31)	UNI EN 12697-23	N/mm <sup>2</sup>	$> 0,6$	$> 1,0$
Modulo di rigidezza mediante prova IT-CY di trazione indiretta mediante provini di conglomerato bituminoso cilindrico a 20°C e 10 Hz	UNI EN 12697-26 Allegato C	MPa	$\geq 3000$	$\geq 4000$

Il volume dei vuoti residui a cilindratura finita dovrà essere compreso tra il 4% V min4 ed il 8% V max8 (UNI EN 12697-8, UNI EN 12697-6, UNI EN 12697-5).

### 20.8.b Strato di collegamento (binder) tradizionale e modificato

Lo strato di collegamento binder ha la funzione di ancorare lo strato di usura a quello di base, trasmettendo l'azione verticale dei carichi. L'elevata resistenza meccanica e la capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli, sono le sue caratteristiche principali.

Il conglomerato bituminoso destinato alla formazione dello strato di collegamento dovrà avere i seguenti requisiti:

Parametro misura	Normativa	Unità di misura	Requisito BASE TRADIZIONALE	Requisito BASE MODIFICATO
------------------	-----------	-----------------	-----------------------------	---------------------------

Stabilità Marshall eseguita a 60° C (75 colpi/faccia)	UNI EN 12697-34	kN	≥ 9,0 S min7,5	≥ 12,0 S min10
Stabilità Marshall eseguita a 60° C (75 colpi/faccia)	UNI EN 12697-34	kN	≤ 14,5 S max15	≤ 16,0 S max
Quoziente Marshall	UNI EN 12697-34	kN/mm	≥ 3,0 Q min3	
Quoziente Marshall	UNI EN 12697-34	kN/mm	≤ 5,0 Q max	
Percentuale di vuoti residui	UNI EN 12697-5,6,8	%	≥ 3 V min3 < 7 V max7	
Percentuale di vuoti residui (provini confezionati con compattatore giratorio a 180 cicli secondo UNI EN 12697-31) METODO VOLUMETRICO: Condizioni di prova Valore richiesto Angolo di rotazione 1,25° ± 0,02 Velocità di rotazione 30 rotazioni/min Pressione verticale 600 KPa Diametro verticale 150 mm	UNI EN 12697-31	%	≥ 3 V min3 < 7 V max7	
Resistenza a trazione indiretta a 25° C	UNI EN 12697-23	N/mm <sup>2</sup>	≥ 0,7	≥ 1,0
Resistenza a trazione indiretta a 25° C (provini confezionati con compattatore giratorio a 180 cicli secondo UNI EN 12697-31)	UNI EN 12697-23	N/mm <sup>2</sup>	> 0,7	> 1,0
Modulo di rigidità mediante prova IT-CY di trazione indiretta mediante provini di conglomerato bituminoso cilindrico a 20°C e 10 Hz	UNI EN 12697-26 Allegato C	MPa	≥ 3200	≥ 4200

#### 20.8.c Strato di usura e usura fine tradizionale e modificato

Lo strato di usura detto anche tappeto di usura è la parte superficiale della pavimentazione soggetta all'usura del traffico e sottoposta agli agenti atmosferici.

La sua funzione è quella di sopportare le sollecitazioni tangenziali e verticali dei carichi, offrire aderenza ai pneumatici e nel contempo impermeabilizzare gli strati sottostanti. Elevata resistenza meccanica, rugosità superficiale e compattezza sono gli elementi che lo caratterizzano.

Parametro misura	Normativa	Unità di misura	Requisito BASE TRADIZIONALE	Requisito BASE MODIFICATO
Stabilità Marshall eseguita a 60° C (75 colpi/faccia)	UNI EN 12697-34	kN	≥ 10,0 S min10	≥ 12,0 S min10
Stabilità Marshall eseguita a 60° C (75 colpi/faccia)	UNI EN 12697-34	kN	≤ 15,0 S max15	≤ 16,0 S max
Quoziente Marshall	UNI EN 12697-34	kN/mm	≥ 3,0 Q min3	
Quoziente Marshall	UNI EN 12697-34	kN/mm	≤ 5,0 Q max	
Percentuale di vuoti residui	UNI EN 12697-5,6,8	%	≥ 3 V min3 < 6 V max6	
Percentuale di vuoti residui (provini confezionati con compattatore giratorio a 180 cicli secondo UNI EN 12697-31) METODO VOLUMETRICO: Condizioni di prova Valore richiesto Angolo di rotazione 1,25° ± 0,02 Velocità di rotazione 30 rotazioni/min Pressione verticale 600 KPa Diametro verticale 150 mm	UNI EN 12697-31	%	≥ 3 V min3 < 6 V max6	
Resistenza a trazione indiretta a 25° C	UNI EN 12697-23	N/mm <sup>2</sup>	≥ 0,8	
Resistenza a trazione indiretta a 25° C (provini confezionati con compattatore giratorio a 180 cicli secondo UNI EN 12697-31)	UNI EN 12697-23	N/mm <sup>2</sup>	> 0,8	> 1,0
Modulo di rigidità mediante prova IT-CY di trazione indiretta mediante provini di conglomerato bituminoso cilindrico a 20°C e 10 Hz	UNI EN 12697-26 Allegato C	MPa	≥ 3500	≥ 4500
Coefficiente di aderenza trasversale (misurato con apparecchio portatile a pendolo) - Strato appena finito - a 2 mesi dalla stesa		BPN		> 55 > 52
Tessitura geometrica (macro-rugosità)		HS		> 0,40

#### NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

I conglomerati bituminosi per gli strati di base, di collegamento (binder), e di usura saranno computati sulla base delle quantità effettivamente eseguite, senza tenere conto di eventuali eccedenze rispetto alle quantità teoriche di progetto, sia per quanto si riferisce a volumi e superfici che per gli spessori dei singoli strati.

I prezzi unitari comprendono e compensano tutte le forniture, prestazioni ed oneri richiamati nei rispettivi articoli di elenco e nei relativi articoli delle presenti Norme.

**Art. 21 MANTI DI USURA TIPO GAP GRADED CONFEZIONATI A TIEPIDO CONTENENTI FRESATO E ADDITIVI VATI CON POLIMERI SBR/NR SECONDO PROCESSO DRY**

I manti di usura tipo gap graded realizzati con conglomerati bituminosi a tiepido contenenti materiale fresato e additivati con polimeri SBR/NR fanno parte di quella tipologia di conglomerati bituminosi detti di nuova generazione, impiegati per la realizzazione di manti di usura speciali a bassa emissione sonora. Tali manti sono delle miscele che, grazie alle particolari caratteristiche granulometriche e alla presenza del polimero SBR/NR, consentono di ottimizzare le prestazioni acustiche senza pregiudicare la durabilità, la stabilità e la sicurezza della circolazione. A differenza dei conglomerati bituminosi tradizionali, in queste miscele una parte dell'inerte è costituito da polimeri. Il polimero SBR/NR proveniente dal riciclaggio di pneumatici fuori uso è additivato agli aggregati lapidei presso l'impianto di confezionamento del conglomerato bituminoso tramite processo dry.

L'impiego in tali miscele di bitumi ad alta lavorabilità o di particolari tipi di additivi consente di ottenere il cosiddetto conglomerato bituminoso tiepido, caratterizzato da temperature di miscelazione e di posa di circa 30–40 °C inferiori rispetto ad un conglomerato bituminoso tradizionale a caldo.

I conglomerati bituminosi utilizzati per il confezionamento di manti di usura tipo gap graded contenenti materiale fresato e additivati con polimero SBR/NR secondo processo dry, aventi spessori in opera di almeno 30 mm, sono composti da una miscela costituita da inerti lapidei di primo impiego (ghiaie, pietrischi, graniglie, sabbie e filler), da materiale fresato (materiale proveniente da fresatura stradale adeguatamente selezionato) e da polimero SBR/NR. La miscela è prodotta in appositi impianti a temperature inferiori rispetto ad un conglomerato tradizionale mediante l'impiego di bitumi modificati ad alta lavorabilità o mediante l'aggiunta di specifici additivi. Questo conglomerato, chiuso e totalmente impermeabile agli strati sottostanti, viene proposto in alternativa al drenante fonoassorbente per le maggiori possibilità di applicazione e per una più semplice manutenzione. Esso è stato studiato per migliorare l'aderenza, impermeabilizzare la struttura sottostante, attenuare il rumore di rotolamento degli pneumatici e ridurre le emissioni di fumi e polveri sia in fase di produzione sia durante la stesa in opera. L'impiego di polimeri provenienti dal riciclaggio di pneumatici fuori uso insieme all'impiego di materiale fresato nel confezionamento di manti di usura ad elevate prestazioni consente di limitare il consumo di materie prime non rinnovabili e costituisce una tecnica innovativa per garantire la sostenibilità ambientale delle infrastrutture. Ai vantaggi in termini acustici si aggiungono quelli derivanti dal confezionamento a temperature di circa 30–40 °C inferiori rispetto ad un conglomerato tradizionale a caldo, con conseguenti riduzioni dell'inquinamento da emissioni di fumi e polveri sia in fase di produzione sia durante la stesa in opera, tutelando gli operatori e garantendo loro una miglior qualità di lavoro; il contenimento della temperatura durante il confezionamento all'impianto e alla stesa si traduce poi in un considerevole risparmio energetico. Oltre a questi eco-obiettivi, con l'impiego dei conglomerati tiepidi è possibile realizzare pavimentazioni bituminose anche in situazioni meteorologiche sfavorevoli (durante l'autunno o l'inverno) data l'elevata lavorabilità dei materiali a basse temperature e il lento decadimento della temperatura nel tempo. Tali eco-obiettivi o eco-prestazioni dovranno essere affiancati ad elevate prestazioni fisico-meccaniche del prodotto finito tali da garantire una pavimentazione più sicura e più durevole.

Il contributo fornito alla sicurezza stradale da questi manti è elevato e ciò suggerisce una loro maggiore applicazione sia nella costruzione di nuove pavimentazioni, sia nel rifacimento del manto di usura di pavimentazioni esistenti.

La composizione granulometrica della miscela deve essere studiata in volume e non in massa; ciò è essenziale, in fase di progettazione della miscela per considerare correttamente la differente massa volumica della componente litica e del polimero.

Durante la stesa del manto di usura saranno effettuate, sotto la responsabilità del partner di progetto Ecopneus, misure di qualità dell'aria per verificare i livelli di alcuni inquinanti. A tal fine sarà richiesto ai lavoratori dell'impresa di indossare dei dosimetri per valutare l'esposizione durante l'esecuzione dei lavori. I dati, nel rispetto della normativa sulla privacy saranno raccolti in modo anonimo e saranno impiegati solo ai fini di ricerca nell'ambito del progetto Nereide.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****21.1 AGGREGATI**

La fase solida dei conglomerati per manti di usura tipo gap graded confezionati a tiepido contenenti fresato e additivati con polimeri SBR/NR secondo processo dry è costituita da aggregati lapidei di primo impiego, da materiale fresato adeguatamente selezionato e da polimeri SBR/NR.

Gli aggregati lapidei di primo impiego dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva CPR 305/13 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043.

**AGGREGATI LAPIDEI DI PRIMO IMPIEGO**

Gli aggregati lapidei di primo impiego sono costituiti da elementi totalmente frantumati, sani, duri, di forma poliedrica, esenti da polveri e materiali estranei. I granuli non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare. La miscela degli inerti è costituita dall'insieme degli aggregati grossi, degli aggregati fini e del filler, che può provenire dalla frazione fina o essere aggiunto.

**Aggregato grosso**

Designazione attribuita agli aggregati di dimensioni più grandi con "D" minore o uguale a 45 mm e con "d" maggiore o uguale a 2 mm, dove con "D" si indica la dimensione dello staccio superiore e con "d" quella dello staccio inferiore. La designazione dell'aggregato grosso dovrà essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base abbinati agli stacci del gruppo 2 della UNI EN 13043. Sarà costituito da pietrischi, pietrischetti e graniglie che potranno essere di provenienza e natura petrografia diversa (preferibilmente basalti porfidi, inerti artificiali da forno elettrico), aventi forma poliedrica a spigoli vivi che soddisfino i requisiti indicati nella Tabella 1.1. Per la miscela di aggregato grosso deve essere misurato il valore di levigabilità (PSV) per ogni provenienza o natura petrografica del materiale utilizzato: il valore di PSV misurato sulla pezzatura minima passante allo staccio di 1 0 mm e trattenuta allo staccio a barre a 7,2 mm, deve essere  $\geq 44$ .

Tabella 1.1 Requisiti dell'aggregato grosso

Indicatori di qualità				Categoria UNI EN 13043
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore	
Los Angeles	UNI EN 1097-2	%	< 20	LA20
Quantità di frantumato	UNI EN 933-5	%	100	C100/0
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	8	–
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	%	< 4	F4
Spogliamento	UNI EN 12697-11	%	0	–
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	%	< 1	f1
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	%	< 20	FI20
Indice di forma	UNI EN 933-4	%	< 15	SI15
Porosità	UNI EN 1936	%	< 1,5	–
PSV	UNI EN 1097-8	–	< 44	PSV44

**Aggregato fine**

Designazione attribuita agli aggregati di dimensioni più piccole con “D” minore o uguale a 2 mm e contenente particelle che sono per la maggior parte trattenute su uno staccio di 0,063 mm. La designazione dell'aggregato fine dovrà essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima D = 4 mm. Esso deve essere costituito esclusivamente da sabbie ricavate per frantumazione di rocce e da elementi litoidi di fiume e deve possedere le caratteristiche riassunte nella Tabella 1.2.

Il trattenuto allo staccio di 2 mm non deve superare il 10% qualora gli aggregati fini provengano da rocce aventi un valore di PSV  $\geq 44$ .

Tabella 1.2 Requisiti dell'aggregato fine

Indicatori di qualità			VALORE	Categoria UNI EN 13043
Parametro	Normativa	Unità di misura		
Equivalente in Sabbia	UNI EN 933-8	%	$\geq 80$	–
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	%	$\leq 3$	f3

Il filler, frazione passante per la maggior parte allo staccio 0,063 mm, proviene dalla frazione fine degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. In ogni caso il filler per i manti di usura tipo gap graded a tiepido contenenti fresato e additivati con polimeri SBR/NR secondo processo dry deve soddisfare i requisiti indicati nella Tabella 1.3.

Tabella 1.3 Requisiti del filler

Indicatori di qualità			Valore	Categoria UNI EN 13043
Parametro	Normativa	Unità di misura		
Passante allo staccio 0,125 mm	UNI EN 933-1	%	100	–
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	%	$\geq 80$	–
Indice Plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	%	N.P.	–
Vuoti Rigden	UNI EN 1097-4	%	28 – 45	V28f45
Stiffening Power	UNI EN 13179-1	°C	8 – 16	AR&B8/16

**CONGLOMERATO RICICLATO**

Per conglomerato riciclato si intende quello proveniente dalla fresatura in sito eseguita con idonee macchine (preferibilmente a freddo) adeguatamente selezionato per classi granulometriche e per luogo di provenienza. Per ogni lavorazione, le percentuali in peso di materiale fresato definito di “integrazione”, riferite al totale della miscela degli inerti, devono essere comprese nei limiti riportati nella Tabella 1.4.

Per il confezionamento di manti di usura tipo gap graded può essere utilizzato conglomerato riciclato proveniente da vecchi strati di usura realizzati con aggregati basaltici e avente dimensione massima dell'aggregato post estrazione di bitume (UNI EN 933-1, UNI EN 12697-2) pari a 8 mm.

La percentuale e la provenienza del conglomerato riciclato da impiegare deve essere obbligatoriamente dichiarata nello studio di progetto della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

Tabella 1.4 Composizioni indicative dei formulati per manti di usura tipo gap graded a tiepido contenenti fresato e additivati con polimeri SBR/NR secondo processo dry

Materiali freschi (% di impiego nella miscela)	Materiali fresati (% di impiego nella miscela)
> 80	< 20

**ADDITIVO POLIMERICO**

Gli additivi polimerici elastomerici (tipo SBR/NR) saranno forniti in granuli ed in qualità di “materia prima” accompagnati da certificato di prodotto ISO (rilasciato da un Ente di Certificazione notificato).

L'additivo polimerico, ottenuto da riduzione preferibilmente meccanica (taglio a temperatura ambiente) di pneumatici fuori uso di automobili

o autocarri, dovrà soddisfare i seguenti requisiti:

- massa volumica apparente dei granuli pari a  $1,15 \pm 0,05 \text{ g/cm}^3$ ;
- quantità di polvere minerale, carbonato di calcio o talco (utilizzato per impedire l'aderenza delle particelle), non superiore al 4% del peso della gomma;
- contenuto di gomma > 50%;
- contenuto di altri inquinanti complessivamente  $\leq 0,05\%$  in peso;
- assenza di polimeri di composizione chimica diversa dagli elastomerici;
- granulometria: 0/1 mm.

Il granulato polimerico dovrà essere introdotto nella miscela in quantità non inferiori al 0,5% in peso rispetto al totale di aggregati componenti la miscela.

La granulometria e l'effettiva percentuale del granulato polimerico da additivare dovranno essere determinati mediante lo studio della miscela nel rispetto dei requisiti previsti nelle presenti specifiche tecniche.

## 21.2 LEGANTE

Per il confezionamento di manti di usura gap graded a temperature inferiori a quelle dei conglomerati bituminosi tradizionali è previsto l'impiego di bitumi tradizionali per basse temperature o l'aggiunta di additivi alla miscela al fine di ridurre le temperature di miscelazione e posa in opera del conglomerato. L'impiego dei bitumi tradizionali a bassa temperatura o di alcuni specifici additivi da aggiungere direttamente nella miscela consentono di abbassare la temperatura di produzione e di stesa e compattazione del conglomerato bituminoso, fornendo al contempo un'azione rigenerante e un consistente contributo in qualità di attivante di adesione.

La quantità di effettivo impiego del bitume ad alta lavorabilità o dell'additivo deve essere determinata mediante la valutazione delle caratteristiche di lavorabilità da misure di sforzo di taglio con dispositivo GPDA (Gyratory Pressure Distribution Analyzer). Tale quantitativo deve garantire valori degli indici N92 e CFI13, determinati sulla miscela addensata con Pressa Giratoria ad una temperatura di  $130^\circ\text{C}$ , non superiori del 20% rispetto agli stessi indici determinati sulla miscela addensata a  $165^\circ\text{C}$ . La percentuale di bitume delle miscele sarà quella di effettivo impiego di cui al 3.1.

I conglomerati bituminosi utilizzati per la formazione di manti di usura tipo gap graded a tiepido contenenti fresato e additivati con polimeri SBR/NR secondo processo dry vengono confezionati con bitumi modificati cioè con bitumi semisolidi contenenti polimeri SBS le cui caratteristiche sono riportate nella Tabella 1.5.

Il rapporto filler – bitume dovrà mantenersi tra 1,1 e 1,7.

I leganti a base di bitume impiegati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva CPR 305/17 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA delle norme europee armonizzate di riferimento: UNI EN 1259, UNI EN 14023 per i bitumi modificati, UNI EN 13808 per le emulsioni di bitume.

Tabella 1.5 Requisiti dei bitumi tradizionali per manti di usura tipo gap graded a tiepido contenenti fresato e additivati con polimeri SBR/NR secondo processo dry

secondo processo dry			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Specifica UNI EN 14023
Requisiti essenziali			
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	50 – 70
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	45 - 60
Requisiti dopo RTFOT UNI EN 12607-1	Penetrazione residua UNI EN 1426	%	≥ 40
	Incremento del punto di ram- mollimento UNI EN 1427	°C	≤ 9
Altre proprietà			
Punto di rottura (Fraass) min	UNI EN 12593	C	≤ -6
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 13398	%	---
Ulteriori richieste tecniche			
Viscosità dinamica a 160°C	UNI EN 14023	Pa x s	0.03-0.10

## 21.3 MISCELA

La miscela composta dagli aggregati di primo impiego, dal materiale fresato post estrazione di bitume e dal polimero SBRfNR da adottarsi per i conglomerati bituminosi tipo gap graded confezionati a tiepido deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in Tabella 1.6.

Prima del suo reimpiego, il materiale da riciclare deve essere vagliato per eliminare eventuali elementi (grumi, placche, ecc.) di dimensioni maggiori del diametro massimo previsto per la miscela.

Gli strati di usura tipo gap graded devono avere uno spessore di almeno 30 mm. La percentuale di bitume, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella 1.6. La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico su provini addensati con pressa giratoria secondo UNI EN 12697-31.

Tabella 1.6 Requisiti granulometrici della miscela per conglomerati tipo gap graded a tiepido contenenti fresato e additivati con polimeri SBR/NR secondo processo dry

Serie stacci UNI (mm)		Passante totale in peso (%)
Staccio	8	100
Staccio	6,3	80 – 100
Staccio	4	40 – 60
Staccio	2	18 – 33
Staccio	1	13 – 22
Staccio	0,5	10 – 18
Staccio	0,25	8 – 15
Staccio	0,125	7 – 13
Staccio	0,063	7 – 12
Percentuale di bitume		6,5% – 9%
Percentuale di polimero SBR/NR		1% – 3,0%
Spessore (mm)		≥ 30

Le caratteristiche richieste per i conglomerati bituminosi tipo gap graded a tiepido contenenti fresato e additivati con polimeri SBR/NR secondo processo dry sono riportate nella Tabella 1.7.

Tabella 1.7 Requisiti della miscela per conglomerati tipo gap graded a tiepido contenenti fresato e additivati con polimeri SBR/NR secondo processo dry studiata con metodo volumetrico

METODO VOLUMETRICO		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Velocità di rotazione	Rotazioni/min	30
Pressione verticale	kPa	600
Diametro del provino	mm	100
<b>Risultati richiesti</b>		
Vuoti a 10 rotazioni (*)	%	9 – 13
Vuoti a 50 rotazioni (*) (**)	%	4 – 7
Vuoti a 130 rotazioni (*)	%	≥ 2
Resistenza a trazione indiretta ITS a 25 °C (***) (UNI EN 12697-23)	N/mm <sup>2</sup>	≥ 0,5
Modulo di rigidezza IT-CY a 20° su provini confezionati con pressa giratoria a 50 rotazioni diametro 150 mm	MPa	> 4000
Coefficiente di trazione indiretta CTI a 25 °C (***) (UNI EN 12697-23)	N/mm <sup>2</sup>	40 – 120
Sensibilità all'acqua ITSR a 25 °C (***) (UNI EN 12697-12)	%	≥ 80
(*) Percentuale dei vuoti determinata secondo la UNI EN 12697-8 (**) La massa volumica ottenuta con 50 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con DG (***) Su provini confezionati con 50 rotazioni della pressa giratoria		

Coefficiente di Trazione Indiretta: CTI = 
$$\frac{\pi \cdot D \cdot ITS}{2 \cdot DC}$$

dove:

ITS = resistenza a trazione indiretta espressa in N/mm<sup>2</sup>

D = diametro del campione espresso in mm

DC = spostamento di compressione a rottura espresso in mm

Prima dell'inizio delle lavorazioni, l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori lo studio di progetto della miscela che intende adottare, in originale e firmato dal responsabile dell'Impresa. Esso deve essere corredato da una completa documentazione degli studi effettuati e contenere i risultati delle prove di accettazione e d'idoneità della miscela di progetto e di tutti gli elementi che la compongono

(aggregati, conglomerato riciclato, polimero SBR/NR, leganti, additivi). Durante i lavori l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente alla formulazione di progetto accettata, operando i controlli di produzione e di messa in opera secondo il Sistema di Qualità da essa adottato. La D.L., in contraddittorio con l'Impresa, in ogni momento e a suo insindacabile giudizio, in cantiere, alla stesa ed in impianto, potrà effettuare prelievi, controlli, misure e verifiche sia sui singoli componenti della miscela che sul prodotto finito, sulle attrezzature di produzione, accessorie e di messa in opera. L'esito positivo dei suddetti controlli e verifiche non elimina le responsabilità dell'Impresa sull'ottenimento dei risultati finali del prodotto in opera che sono espressamente richiamati in questo articolo.

Nella curva granulometrica saranno ammesse variazioni delle singole percentuali del contenuto di aggregato grosso di  $\pm 3$  punti percentuali, del contenuto di aggregato fine di  $\pm 2$  punti percentuali, del passante allo staccio UNI 0,063 mm di  $\pm 1,5$  punti percentuali.

Per la percentuale di bitume, determinata secondo UNI EN 12697-1, è tollerato uno scostamento di  $\pm 0,25\%$ .

I precedenti valori percentuali degli scostamenti sono in peso, rispetto al totale di aggregati (lapidei e polimerici) componenti la miscela, e devono essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate all'impianto e alla stesa come pure dall'esame delle carote prelevate in sito, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

## NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

### 21.4 CONFEZIONAMENTO DELLA MISCELA

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

In ciascun impianto, la produzione non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento degli inerti, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti della miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'eventuale additivo. Nel caso di impiego di additivo per la riduzione della temperatura di produzione e di stesa, esso sarà aggiunto direttamente nel mescolatore dell'impianto di produzione dopo una prima fase di miscelazione in cui gli inerti sono stati completamente e uniformemente rivestiti con il legante.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura. Lo stoccaggio del conglomerato bituminoso riciclato deve essere al coperto. L'umidità del conglomerato riciclato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%. Nel caso di valori superiori la produzione deve essere sospesa.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

Gli aggregati lapidei di primo impiego, passando attraverso il cilindro essiccatore, saranno portati alla temperatura di miscelazione. Una volta scaricati, insieme al filler e al polimero SBR/NR, nel mescolatore saranno miscelati con il legante per un tempo non inferiore ai 30 secondi.

L'immissione del polimero SBR/NR deve avvenire mediante dispositivi meccanici servo assistiti collegati all'impianto di produzione, in modo tale da garantire con precisione la quantità prevista, anche in presenza di variazioni della quantità della miscela prodotta. Qualora non fosse possibile disporre all'impianto di un sistema automatizzato, sarà possibile aggiungere il polimero SBR/NR in sacchi predosati da inserire manualmente attraverso lo sportello del mescolatore all'impianto.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra  $130^{\circ}\text{C}$  e  $140^{\circ}\text{C}$  e quella del legante tra  $160^{\circ}\text{C}$  e  $180^{\circ}\text{C}$ .

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

### 21.5 PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE DI STESA

Prima di iniziare la stesa del conglomerato bituminoso per manti di usura tipo gap graded a tiepido contenenti fresato e additivati con polimeri SBR/NR secondo processo dry va verificata l'efficienza delle opere per il deflusso delle acque. Se non sono rispettate le pendenze trasversali del piano di posa (sempre  $> 2,5\%$ ), questo deve essere risagomato; inoltre, devono essere verificate le condizioni di regolarità longitudinale e la presenza di ormaie, per valutare la necessità di eseguire un intervento preliminare di regolarizzazione del piano di posa dello strato di usura. Questi sono necessari qualora l'IRI sia maggiore di  $1,8\text{ mm/m}$  e di  $2,0\text{ mm/m}$ , rispettivamente per intervento su tutta o su parte della carreggiata, e le ormaie abbiano profondità maggiore di 10 mm. Eventuali interventi preliminari di risanamento profondo o di rinforzo della pavimentazione esistente, necessari a garantire la vita utile richiesta, devono essere previsti in fase di progettazione. E' poi necessario provvedere ad una accurata pulizia della superficie stradale eliminando anche l'eventuale preesistente segnaletica orizzontale.

Prima di iniziare la stesa dei manti di usura tipo gap graded a tiepido contenenti fresato e additivati con polimeri SBR/NR è necessario stendere una adeguata mano d'attacco, realizzata con emulsione tradizionale, che avrà lo scopo di garantire un perfetto ancoraggio con la pavimentazione esistente e prevenire la risalita di eventuali fessure dagli strati sottostanti.

La mano d'attacco sarà eseguita in ragione di  $1,0\text{ Kg/m}^2$  mediante apposite macchine spanditrici automatiche in grado di assicurare l'uniforme distribuzione del prodotto ed il dosaggio previsto. Si potrà realizzare la mano d'attacco utilizzando una emulsione con le caratteristiche minime previste dalla Tabella 1.8 stesa mediante apposite macchine spanditrici automatiche in ragione di  $1,0\text{ Kg/m}^2$  e successive spandimento, se necessario di filler.

L'emulsione impiegata per le mani di attacco dovrà essere qualificata in conformità alla direttiva CPR 305/17 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA delle norme europee armonizzate di riferimento: UNI EN 14023 per i bitumi modificati, UNI EN 13808 per le emulsioni di bitume.

Tabella 1.8 Caratteristiche minime di accettazione dell'emulsione di tradizionale

Parametro	Normativa	Unità di misura	Specifica UNI EN 13808
Contenuto di bitume + flussante	UNI EN 1431	%	≥ 60
Contenuto d'acqua	UNI EN 1428	%	≤ 40
<b>Caratteristiche del bitume recuperato per evaporazione UNI EN 13074</b>			
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	≤ 100
Punto di rammolimento	UNI EN 1427	°C	≥ 46
Punto di rottura Fraass	UNI EN 12593	°C	≤ -8

## 21.6 POSA IN OPERA DELLA MISCELA

La posa in opera dei manti di usura tipo gap graded a tiepido contenenti fresato e additivati con polimeri SBRfNR secondo processo dry viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La velocità di avanzamento delle vibrofinitrici non deve essere superiore ai 3-4 m/min con alimentazione continua del conglomerato. Lo spessore dello strato deve essere posato per la sua intera altezza (spessore minimo di 30 mm) con un'unica passata, limitando il più possibile le interruzioni della stesa ed evitando interventi manuali per la correzione delle anomalie.

Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente. Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali con quelli degli strati sottostanti deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice deve risultare in ogni momento non inferiore a 120 °C.

La stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Il conglomerato eventualmente compromesso deve essere immediatamente rimosso e successivamente lo strato deve essere ricostruito a spese dell'Impresa.

La compattazione del conglomerato deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

Il costipamento deve essere realizzato mediante rullo statico a ruote metalliche del peso massimo di 15 t. Al termine della compattazione la percentuale dei vuoti della miscela non dovrà essere maggiore del 2% rispetto a quella di progetto, determinata a 50 rotazioni con pressa giratoria.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie dello strato deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita dello strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa del manto di usura verrà stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

## 21.7 CONTROLLI

Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi per manti di usura tipo gap graded a tiepido contenenti fresato e additivati con polimeri SBRfNR secondo processo dry e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in sito con laboratorio mobile.

### 21.7.a CONTROLLO DELLE FORNITURE

Oltre ai controlli iniziali, necessari per l'accettazione, anche in corso d'opera, per valutare che non si verifichino variazioni nella qualità dei materiali, devono essere effettuate prove di laboratorio su campioni prelevati in contraddittorio con la D.L.

Il controllo della qualità degli aggregati lapidei di primo impiego, del materiale fresato e dell'additivo polimerico deve essere effettuato mediante prove di laboratorio su campioni prelevati in impianto prima della miscelazione. Il controllo della qualità del bitume dovrà essere eseguito su campioni prelevati all'impianto direttamente dalla cisterna.

### 21.7.b CONTROLLO DELLA MISCELA PRELEVATA AL MOMENTO DELLA STESA

Il prelievo del conglomerato bituminoso sfuso avverrà in contraddittorio al momento della stesa. Il tipo di prelievo da eseguire è riportato in Tabella 1.10. Sui campioni prelevati alla vibrofinitrice saranno effettuati i seguenti controlli:

- la percentuale di bitume (UNI EN 12697-1);
- la granulometria degli aggregati (UNI EN 12697-2).

Inoltre, mediante la Pressa Giratoria saranno controllate le caratteristiche di idoneità della miscela. I provini confezionati mediante l'apparecchiatura Pressa Giratoria devono essere sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta a 25 °C (UNI EN 12697-23) e sensibilità all'acqua a 25 °C (UNI EN 12697-12).

I valori rilevati in sede di controllo dovranno essere conformi a quelli dichiarati nello studio di progetto della miscela di cui al 3.

Per i valori di ITS e ITSR non sono ammesse tolleranze. Valori di ITS o ITSR inferiori ai valori di soglia di non accettabilità riportati in Tabella 1.7 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Tabella 1.10 Controlli delle miscele prelevate al momento della stesa

TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	REQUISITI RICHIESTI
Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela

#### CONTROLLI PRESTAZIONALI SULLO STRATO FINITO

Dopo la stesa, la Direzione Lavori preleverà, in contraddittorio con l'Impresa, delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato in opera e la verifica degli spessori. Il tipo di prelievo da eseguire è riportato nella Tabella 1.11.

Sulle carote verranno determinati:

- lo spessore dello strato (medio di quattro misure in ciascuna carota);
- la massa volumica;
- la percentuale dei vuoti residui.

Lo spessore dello strato verrà determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate sulle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%. Lo spessore medio dello strato deve essere non inferiore a quello previsto nel progetto.

La percentuale dei vuoti della miscela in sito, nel 95% dei prelievi, non dovrà essere maggiore del 2% rispetto a quella di progetto.

Tabella 1.11 Controlli prestazionali sullo strato finito

TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Carote per spessori	Pavimentazione	Ogni 2500 m <sup>2</sup> di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Carote per vuoti in sito	Pavimentazione	Ogni 2500 m <sup>2</sup> di fascia di stesa	≤ % dei vuoti della miscela di progetto + 2%

#### Caratteristiche superficiali

Sulle pavimentazioni finite dovranno essere eseguite prove per il controllo dei valori di aderenza, macrotestitura superficiale dello strato di usura con le frequenze riportate in Tabella 1.12. Le misure di aderenza (resistenza ad attrito radente) eseguite con lo Skid Tester secondo la norma UNI EN 13036-4, dovranno fornire valori di BPN (British Pendulum Number) ≥ 60. La tessitura superficiale, misurata con l'altezza di sabbia (HS), determinata secondo la metodologia riportata nella UNI EN 13036-1, deve risultare ≥ 0,5 mm.

In affiancamento alla classica prova di skid test, sarà eseguito un rilievo ad alto rendimento attraverso l'apparecchiatura SCRIMTEX su tutte le tratte realizzate con passo di campionamento (valore di CAT) ogni 10 m.

Sarà analizzato con precisione il coefficiente di aderenza della superficie stradale in modo continuo. L'aderenza è fornita dalle proprietà di resistenza allo slittamento della superficie stradale; un valore sufficientemente elevato di questo parametro migliora la sicurezza della strada e contribuisce a diminuire il numero degli incidenti. L'apparecchiatura utilizzata per questo genere di analisi è lo SCRIMTEX, un'apparecchiatura ideata per la misura contemporanea del coefficiente di aderenza trasversale (secondo UNI CEN/TS 15901-6:2010 ex CNR B.U. 147/1992).

La velocità di rilievo dovrà essere mantenuta per quanto possibile costante e pari a 60 ± 5 km/h.

Le misure di CAT e di HS dovranno essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico.

Tabella 1.12 Controllo delle caratteristiche superficiali

TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia stesa	BPN ≥ 60
Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia stesa	HS ≥ 0,5 mm
Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia stesa	F60 ≥ 0,21
Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia stesa	SP ≥ 45 km/h
Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia stesa	CAT ≥ 58

Le tratte omogenee saranno individuate con una procedura statistica.

Le misure di aderenza e di tessitura dovranno essere effettuate con un "passo di misura" di 10 m e i valori misurati potranno, eventualmente, essere mediati ogni 50 m per filtrare disomogeneità occasionali e localizzate delle superfici.

Dalla miscela prelevata all'atto della stesa saranno confezionati tre provini con Pressa Giratoria, ad un numero di rotazioni pari a 50. Sulla faccia superiore dei provini così preparati e tagliati dello spessore pari a quello di progetto verranno controllate le capacità di fonoassorbimento mediante tubo di impedenza secondo la procedura definita nella UNI EN ISO 10534-2. I valori dei coefficienti di assorbimento acustico devono soddisfare quelli riportati in Tabella 1.13.

Tabella 1.13 Controllo delle capacità di fonoassorbimento

Frequenza (Hz)	400	500	630	800	1000	1250	1600
Coefficiente di assorbimento acustico	$a \leq 0,20$	$a \leq 0,20$	$a \leq 0,20$	$a \leq 0,20$	$a \leq 0,20$	$a \leq 0,20$	$a \leq 0,20$

**Regolarità**

L'indice I.R.I. (International Roughness Index), calcolato (come definito dalla World Bank nel 1986 – The International Road Roughness Experiment) a partire dal profilo longitudinale della pavimentazione, dovrà essere:

inferiore a 1,8 mm/m nel caso di intervento con strato di superficie steso su tutta la carreggiata;

inferiore a 2,0 mm/m nel caso di intervento limitato a una parte della carreggiata. Le misure del profilo longitudinale interesseranno tutta l'estensione dell'intervento e dovranno essere eseguite in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico, utilizzando un profilometro laser, e dovranno essere effettuate con un "passo di misura" non superiore a 10 cm. I valori dell'indice IRI verranno calcolati con un "passo" di 100 m a partire dal profilo longitudinale misurato. Per la valutazione della caratteristica di regolarità superficiale, nel caso di utilizzo dell'indice IRI, si farà riferimento ai valori medi, ricavati dai valori puntuali (passo 100 m), relativi a ciascuna tratta omogenea in cui è possibile suddividere la tratta misurata; i valori di IRI così ricavati dovranno risultare in accordo con le prescrizioni sopra riportate. Le tratte omogenee saranno individuate da un programma di calcolo collegato al programma di restituzione dei dati di regolarità.

**Tolleranze sui risultati e penali**

A discrezione della D.L. possono essere ammesse le seguenti tolleranze sui risultati delle prove di controllo. Per percentuali dei vuoti maggiori di quelli previsti al 5.4.3 verrà applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce pari al 2,5% dell'importo dello strato per ogni 0,5% di vuoti in eccesso fino ad un massimo del 4%; valori dei vuoti in eccesso superiori al 4% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Per valori medi di BPN o F60, come definiti in precedenza per ciascuna tratta omogenea o per ciascuna tratta da 50 m, inferiori ai valori prescritti verrà applicata una detrazione dell'1,5% dell'importo dello strato per ogni unità di BPN in meno o una detrazione del 2% per ogni 0,01 unità di F60 in meno, fino al raggiungimento di una soglia di non accettabilità appresso specificata. Tali detrazioni saranno calcolate con riferimento alla larghezza complessiva dello strato di rotolamento, anche se le misure interessano una sola corsia.

Per valori medi di HS o SP, come definiti in precedenza per ciascuna tratta omogenea o per ciascuna tratta da 50 m, inferiori ai valori prescritti, allo strato di rotolamento (quello a diretto contatto con i pneumatici) verrà applicata una detrazione del 15 % del suo costo (da calcolare prendendo a riferimento la larghezza complessiva di tale strato anche se le misure interessano una sola corsia) per ogni 0,1 mm di HS in meno o una detrazione del 1,5% per ogni unità di SP in meno, fino al raggiungimento di una soglia di non accettabilità appresso specificata.

Le detrazioni determinate per i diversi parametri di controllo di aderenza e macrotestitura saranno cumulate fino ad un valore massimo del 15%.

I valori della soglia di non accettabilità sono:

BPN = 50

F60 = 0,14

HS = 0,4 mm

Sp = 34 km/h

CAT = 40

Qualora il valore medio di aderenza (BPN o F60) o di macrotestitura (HS o SP), come definito in precedenza per ciascuna tratta omogenea o per ciascuna tratta da 50 m (misure di HS con profilometro laser) sia inferiore o uguale ai valori ritenuti inaccettabili si dovrà procedere gratuitamente all'asportazione completa con fresa dello strato per tutta la sua larghezza ed alla stesa di un nuovo strato; in alternativa a quest'ultima operazione si potrà procedere a cura e spese dell'Impresa alla realizzazione di un nuovo strato al di sopra di quello esistente, previa stesa di una mano di attacco.

**Tolleranze di esecuzione dei piani di progetto**

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto, verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni millimetro di materiale mancante, mentre carenze superiori al 20% dello spessore di progetto comporteranno la rimozione dello strato e la sua successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Qualora il valore medio di IRI, come definito in precedenza per ciascuna tratta omogenea, non soddisfi le condizioni richieste, lo strato di rotolamento (quello a diretto contatto con i pneumatici) verrà penalizzato del 1% del suo costo (da calcolare prendendo a riferimento la larghezza complessiva di tale strato anche se le misure interessano una sola corsia) per ogni 0,1 mm/fm di IRI in eccesso, fino al raggiungimento di una soglia di non accettabilità pari al valore di 3,5 mm/m.

Qualora il valore medio di IRI, come definito in precedenza per ciascuna tratta omogenea, sia maggiore o uguale a tale valore, si dovrà procedere gratuitamente all'asportazione completa con fresa dello strato per tutta la sua larghezza e alla stesa di un nuovo strato; il nuovo strato sarà comunque soggetto alle stesse condizioni di controllo e agli stessi requisiti di regolarità precedentemente descritti.

Le detrazioni determinate per i diversi parametri di controllo saranno cumulate.

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 22 CERTIFICAZIONI E PROVE SUI PACCHETTI STRADALI****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

Per poter essere autorizzato ad impiegare i vari tipi di materiali (misti lapidei, bitumi, cementi, etc) prescritti dalle presenti Norme Tecniche, l'Appaltatore dovrà esibire alla D.L., prima dell'impiego, i relativi Certificati di Qualità rilasciati da un Laboratorio.

Tali certificati dovranno contenere tutti i dati relativi alla provenienza e alla individuazione dei singoli materiali o alla loro composizione, agli impianti o ai luoghi di produzione, nonché i dati risultanti dalle prove di laboratorio, atte ad accertare i valori caratteristici richiesti per le varie categorie di lavoro o di fornitura in un rapporto a dosaggi e composizioni proposte.

I certificati, che dovranno essere esibiti tanto se i materiali sono prodotti direttamente, quanto se prelevati da impianti, da cave o da stabilimenti anche se gestiti da terzi, avranno una validità biennale.

I certificati dovranno comunque essere rinnovati ogni qualvolta risultino incompleti o si verifichi una variazione delle caratteristiche dei materiali, delle miscele o degli impianti di produzione.

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Le prove di verifica della natura e delle qualità dei materiali utilizzati saranno in numero e tipologia rispondenti ai criteri elencati nel seguito.

Le prove andranno distribuite in modo tale da essere sicuramente rappresentative dei risultati conseguiti, in relazione alle caratteristiche dei terreni attraversati. La Direzione Lavori potrà richiedere, in presenza di terreni "instabili", l'esecuzione di prove speciali (prove di carico previa saturazione, ecc.).

L'Appaltatore è obbligato comunque ad organizzare per proprio conto, con personale qualificato ed attrezzature adeguate, approvate dalla D.L., un laboratorio di cantiere, in cui si procederà ad effettuare tutti gli ulteriori accertamenti di routine ritenuti necessari dalla D.L. per la caratterizzazione e l'impiego dei materiali.

**Piano di posa del rilevato:****Prove in sito**

- una prova di carico su piastra e una prova di densità in sito ogni 1.500 mq

**Corpo del rilevato:****Prove di laboratorio**

- analisi granulometrica : ogni 20.000 mc
- determinazione del contenuto in acqua : ogni 20.000 mc
- determinazione della densità massima AASHO modificata: una prova ogni 500 mc per i primi 5.000 mc e quindi una ogni 10.000 mc per i successivi metri cubi

**Prove in sito**

- determinazione della densità in sito: una prova ogni 250 mc per i primi 5.000 mc e quindi una ogni 5.000 mc per i successivi metri cubi

**Ultimo strato di 30 centimetri del rilevato (piano di posa della fondazione stradale)****Prove di laboratorio**

- determinazione della densità massima AASHO modificata: una prova ogni 500 mc per i primi 5.000 mc e quindi una ogni 2.500 mc per i successivi metri cubi

**Prove in sito**

- determinazione della densità in sito: una prova ogni 250 mc per i primi 5.000 mc e quindi una ogni 1.000 mc per i successivi metri cubi
- prova di carico con piastra : una prova ogni 500 mc per i primi 5.000 mc e quindi una ogni 2.000 mc per i successivi metri cubi

**Fondazione in materiale arido****Prove di laboratorio**

- analisi granulometrica : ogni 500 mc con un minimo di un prelievo giornaliero durante la stesa:
  - determinazione dell'umidità ottimale di costipamento mediante prova di costipamento con procedimento AASHO modificato (CNR BU n° 69)
  - determinazione della percentuale di rigonfiamento secondo le modalità previste per la prova CBR (CNR UNI 10009)
  - verifica della sensibilità al gelo (CNR BU n° 80/80), condotta sulla parte di aggregato passante al setaccio 38.1 e trattenuto al setaccio 9.51 (Los Angeles classe A)
  - prova di abrasione Los Angeles

**Prove in sito**

- determinazione della densità in sito : ogni 1.500 mq di stesa
- prova di carico con piastra : una prova ogni 1.500 mq di stesa

**Fondazione in misto cementato****Prove di laboratorio**

Dovranno essere eseguite sui materiali costituenti, sulla miscela prelevata allo stato fresco al momento della stesa, sulle carote estratte dalla pavimentazione, con la frequenza indicata nella tabella sottostante.

TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE
Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 mq di stesa
Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 mq di stesa
Acqua	Impianto	Iniziale
Cemento	Impianto	Iniziale
Aggiunte	Impianto	Iniziale
Misto cementato fresco	Vibrofinitrice (al momento della stesa)	Giornaliera oppure Ogni 5000 mq di stesa
Carote per spessori	Pavimentazione	Ogni 100m di fascia di stesa
Strato finito (densità in sito)	Strato finito	Giornaliera oppure Ogni 5.000 mq di stesa

I campioni verranno prelevati in contraddittorio. Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione in luogo indicato dalla D.L. previa apposizione dei sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Appaltatore e nei modi più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione.

*In aggiunta, su campioni della miscela preparati secondo una delle procedure indicate nelle norme UNI EN 13286/50-51-52-53, deve essere sperimentalmente determinato il parametro "Modulo elastico" ai sensi della Norma UNI EN 13286/43. Fra le metodologie indicate dalla Norma dovrà essere utilizzata quella riportata nel paragrafo 5 "Determinazione mediante Prova di Trazione Indiretta" (di cui alla Norma UNI EN 13286/42). Il "Modulo elastico" dovrà possedere valori correlabili (anche empiricamente) con le prescrizioni relative al Modulo Dinamico riportate nell'elaborato di calcolo della pavimentazione ed ha la funzione di costituire il riferimento per i controlli alla stesa.*

Sui campioni saranno effettuati i controlli di:

- percentuale di cemento : ogni 500 mc con un minimo di un prelievo giornaliero durante la stesa
- analisi granulometrica : ogni 500 mc con un minimo di un prelievo giornaliero durante la stesa

#### Prove in sito

- determinazione della densità in sito : ogni 1.500 mq di stesa con un minimo di un prelievo giornaliero durante la stesa
- prova di carico con piastra : una prova ogni 300 metri lineari di carreggiata, oppure due prove ogni attraversamento
- determinazione della resistenza a compressione della miscela a 7 giorni : ogni 1.500 mq di stesa con un minimo di un prelievo giornaliero durante la stesa
- determinazione della resistenza a trazione indiretta (brasiliiana) della miscela a 7 giorni di maturazione : ogni 1.500 mq di stesa con un minimo di un prelievo giornaliero durante la stesa
- verifica delle caratteristiche geometriche:  
superficie,  
spessore, verificato con la frequenza di almeno un carotaggio ogni 500 m di strada o carreggiata: eventuali tolleranze in difetto non dovranno essere superiori al 5% nel 98% dei rilevamenti.

Inoltre, su richiesta della Direzione Lavori potranno essere eseguite prove dinamiche, sulla pavimentazione interamente realizzata, mediante apparecchiatura ad alto rendimento (FWD – Deflettometro a massa battente), volte a dimostrare la corrispondenza fra moduli dinamici in situ e moduli di calcolo, sulla base di back analysis fondata su modelli contemplanti idonee leggi costitutive per i materiali testati. Prove eseguite con deflettometro portatile a massa battente (PFWD) da 15 kg dovranno sempre garantire, sulla superficie dello strato finito, un valore di Modulo Evd (ai sensi della specifica tedesca TP BF – StB Teil B 8.3) non inferiore a  $100 \pm 10$  MPa.

#### Stabilizzato

##### Prove di laboratorio

- analisi granulometrica : ogni 500 mc con un minimo di un prelievo giornaliero durante la stesa

Dovrà essere verificata la rispondenza delle caratteristiche granulometriche delle miscele con quelle preventivamente accertate in laboratorio mediante le seguenti prove:

- 1) granulometria compresa nel fuso e avente andamento continuo e uniforme praticamente concorde a quello delle curve limiti;
- 2) dimensioni non superiori a 71 mm, né forma appiattita, allungata o lenticolare;
- 3) rapporto tra il passante al setaccio 0,075 ed il passante al setaccio 0,4 inferiore a 2/3;
- 4) prova Los Angeles (CNR 34 - 1973) eseguita sulle singole pezzature, con perdita in peso inferiore al 30%;
- 5) equivalente in sabbia (CNR 27 - 1972), misurato sulla frazione passante al setaccio n 4 ASTM, compreso tra 25 e 65 (la prova va eseguita con dispositivo meccanico di scuotimento). Tale controllo dovrà essere eseguito anche sul materiale prelevato dopo costipamento. Il limite superiore dell'equivalente in sabbia, pari a 65- potrà essere variato dalla Direzione Lavori in funzione delle provenienze e delle caratteristiche del materiale. Per tutti i materiali aventi equivalente in sabbia compreso fra 25-35, la Direzione Lavori richiederà in ogni caso (anche se la miscela contiene più del 60% in peso di elementi frantumati) la verifica dell'indice di portanza CBR (CNR - UNI 10009) di cui al successivo comma;
- 6) indice di portanza CBR (CNR - UNI 10009) dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al crivello 25) non minore di 50; inoltre viene richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di  $\pm 2\%$  rispetto all'umidità ottima di costipamento;
- 7) prova di costipamento delle terre, con energia AASHTO modificata (CNR 69 - 1978). Il costipamento di ogni strato dovrà essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 98% della densità massima fornita dalla prova AASHTO modificata con esclusione della sostituzione degli elementi trattenuti al crivello 25 (AASHTO T 180-57 metodo D). Se le miscele contengono oltre il

60% in peso di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione avverrà sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti commi a), b), d), e), salvo nel caso citato al comma e) in cui la miscela abbia equivalente in sabbia compreso tra 25 - 35.

**Prove in sito**

- determinazione della densità in sito : ogni 1.500 mq di stesa
- prova di carico con piastra : una prova ogni 1.500 mq di stesa
- verifica delle caratteristiche geometriche:  
superficie,  
spessore, verificato con la frequenza di almeno un carotaggio ogni 500 m di strada o carreggiata: eventuali tolleranze in difetto non dovranno essere superiori al 5% nel 98% dei rilevamenti.

**Strato di base****Prove di laboratorio**

- verifica granulometrica dei singoli aggregati approvvigionati in cantiere e quella degli aggregati stessi all'uscita dei vagli di riclassificazione;
- determinazione della perdita in peso per abrasione mediante l'apparecchio "Los Angeles" (CNR B.U. 34/73)
- verifica della composizione del conglomerato (granulometria degli inerti, percentuale del bitume, percentuale di additivo) prelevando il conglomerato all'uscita del mescolatore o a quella della tramoggia di stoccaggio;
- verifica delle caratteristiche Marshall del conglomerato e precisamente: peso di volume (C.N.R. 40-1973), media di due prove; percentuale di vuoti (C.N.R. 39-1973), media di due prove; stabilità e rigidità Marshall;
- determinazione della resistenza a trazione indiretta e della deformazione a rottura (CNR B.U. 134/9 1)
- verifica dell'adesione bitume-aggregato secondo la prova ASTM-D 1664/89-80 e/o secondo la prova di spoliatura (C.N.R. 138 - 1992);
- caratteristiche del legante bituminoso, e precisamente: - Penetrazione a 25°C (CNR B.U. 24/7 1);  
- Punto di rammollimento con il metodo "palla e anello" (CNR B.U. 35/73);  
- Punto di rottura Fraass (CNR B.U. 43/74);  
- Perdita per riscaldamento (volatilità: CNR B.U. 50/76); il residuo deve poi essere sottoposto alle prove di penetrazione e rottura, per verificare che le caratteristiche reologiche non siano cambiate eccessivamente;  
- Contenuto di paraffina (CNR B.U. 66/78).

Non sarà ammessa una variazione del contenuto di aggregato grosso superiore a  $\pm 5\%$  e di sabbia superiore a  $\pm 3\%$  sulla percentuale corrispondente alla curva granulometrica prescelta, e di  $\pm 1,5\%$  sulla percentuale di additivo.

Per la quantità di bitume non sarà tollerato uno scostamento dalla percentuale stabilita di  $\pm 0,3\%$ .

Dovranno inoltre essere preparati dei campioni della miscela con pressa giratoria ai sensi della Norma UNI EN 12697/31 "Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Preparazione del provino con pressa giratoria"; i provini dovranno essere confezionati al 98% della densità Dg, determinata dopo 143 giri. Su detti campioni verrà sperimentalmente determinato il parametro "Rigidità" ai sensi della Norma UNI EN 12697/26 (tale parametro è ivi inteso come valore assoluto del modulo complesso o come valore del modulo secante, a seconda della procedura di prova). Fra le metodologie indicate dalla Norma dovrà essere utilizzata quella riportata in Annesso C "Metodo IT-CY, Prova di Trazione Indiretta su provini cilindrici". La "Rigidità" dovrà soddisfare le prescrizioni relative al Modulo Dinamico riportate nell'elaborato di calcolo della pavimentazione ed ha la funzione di costituire il riferimento per controlli alla stesa.

In cantiere dovrà essere tenuto apposito registro numerato e vidimato dalla Direzione Lavori sul quale l'Appaltatore dovrà giornalmente registrare tutte le prove ed i controlli effettuati.

In corso d'opera ed in ogni fase delle lavorazioni la Direzione Lavori effettuerà, a sua discrezione, tutte le verifiche, prove e controlli, atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

**Prove in sito**

- determinazione della densità in sito : ogni 1.500 mq di stesa
- prova di carico con piastra : una prova ogni 1.500 mq di stesa
- verifica delle caratteristiche geometriche:  
superficie,  
spessore, verificato con la frequenza di almeno un carotaggio ogni 500 m di strada o carreggiata: eventuali tolleranze in difetto non dovranno essere superiori al 5% nel 98% dei rilevamenti.

**Strati di collegamento (binder) e di usura****Prove di laboratorio**

Valgono le stesse prescrizioni previste per lo strato di base. Per lo strato di usura va aggiunta la prova per la determinazione della deformazione delle miscele di aggregati lapidei e bitume sotto carico statico, secondo le modalità e i valori di riferimento indicati in CNR B.U. 136/91.

**Prove in sito**

Valgono le stesse prescrizioni previste per lo strato di base. Per lo strato di usura vanno aggiunte le seguenti due prove:

- determinazione della macrorugosità con il sistema dell'altezza in sabbia HS (CNR B.U. 94/83), verificando che sia rispettato il valore minimo HS pari a 0,4mm;
- misura della resistenza di attrito radente mediante l'apparecchio portatile a pendolo (skid tester), secondo le modalità e i valori di riferimento indicati in CNR B.U. 105/85.

**22.1 DENSITÀ IN SITO**

A compattazione ultimata la densità in sito, nel 95% dei prelievi, non deve essere inferiore al 98% del valore di riferimento (ottimo) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Le misure della densità sono effettuate secondo quanto previsto dal B.U. CNR N. 22.

Per valori di densità inferiori a quello previsto viene applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce:

- del 10 % dell'importo dello strato e del pacchetto sovrastante per densità in sito comprese tra 95 e 98 % del valore di riferimento;
- del 20 % dell'importo dello strato e del pacchetto sovrastante per densità in sito comprese tra 92 e 95 % del valore di riferimento.

## 22.2 PROVE SU PIASTRA

La prova su piastra consente una valutazione dello stato di compattazione del terreno. E' prevista l'effettuazione di due cicli di carico: il primo per la determinazione del modulo di deformazione (Md) calcolato in corrispondenza di un incremento di carico  $\Delta p$  di 0,10 N/mm<sup>2</sup>, il secondo per la determinazione del grado di costipamento attraverso il rapporto  $Md/M'd$  ( $\leq 1$ ) dove  $M'd$  è il modulo di deformazione calcolato nel secondo ciclo.

Il modulo di deformazione (Md) è la misura convenzionale della capacità portante di una superficie, sia essa sottofondo, strato di fondazione o strato di base espresso in N/mm<sup>2</sup>.

Tutti gli oneri relativi alle prove di cui sopra, in essi compresi quelli per il rilascio dei certificati, saranno a carico dell'Impresa.

La portanza degli strati di fondazione dovrà essere verificata sul sito: dalle prove di carico su piastra da 30 cm dovrà risultare, sopra il piano di fondazione, un modulo di deformazione minimo di:

Md min > 15-30 MPa (150-300 kg/cm<sup>2</sup>) per i piani di posa del terreno di sottofondo.

Md min > 80 MPa (800 kg/cm<sup>2</sup>) per i piani di posa degli strati di fondazione.

Md min > 100 MPa (1000 kg/cm<sup>2</sup>) per i piani di posa degli strati di base.

Md min > 150 MPa (1500 kg/cm<sup>2</sup>) sopra lo strato di fondazione in misto cementato.

misurati al primo ciclo di carico e in condizioni di umidità prossima a quella di costipamento nell'intervallo compreso tra 0.15 e 0.25 MPa (1.5-2.5 kg/cm<sup>2</sup>).

### 22.2.a Condizioni operative

Preparare la superficie della zona da testare eliminando eventuali irregolarità superficiali mediante un sottile strato di sabbia di circa 1÷5 mm. Predisporre un contrasto fisso (ex parte posteriore di un autocarro carico di terra) pari ad un carico almeno doppio di quello massimo esercitato sulla piastra.

### 22.2.b Procedura

Posizionare la piastra da Ø750 mm sulla superficie dello strato di prova verificando che appoggi interamente sulla superficie e che sia in posizione orizzontale.

Predisporre il martinetto idraulico con snodo sferico posizionandolo al centro della piastra portando a contatto con il contrasto, se necessario si possono usare delle prolunghie. La misura del cedimento può essere effettuata in due modi: con la Procedura A mediante 1 sensore centesimale o con la Procedura B usando 3 sensori centesimali.

Il braccio del sensore viene a sua volta fissato alla barra di riferimento i cui appoggi devono distare dai bordi delle aree caricate (piastra e ruote o altro supporto del contrasto) non meno di 1 m per la piastra e di 0,50 m per le ruote. Il complesso di misura dei cedimenti (trave, braccio, sensore) deve essere riparato dai raggi diretti del sole, da scosse e da vibrazioni. Occorre evitare, inoltre, qualsiasi circolazione in prossimità del posto di misura.

Predisporre la barra di riferimento su cui sono installati nel caso della Procedura B 3 sensori centesimali posti a 120° sul perimetro della piastra, a circa 5 mm dal bordo, mentre per la Procedura A il sensore sarà posizionato centralmente alla piastra mediante struttura apposita. Indipendentemente dalla procedura adottata, si libera la cerniera sferica e si applica, agendo sul martinetto, un carico di assetto di 0,02 N/mm<sup>2</sup> complessivamente, ossia compreso il carico dell'apparecchiatura gravante sulla superficie da provare e non misurata dal dinamometro.

Si attende che i cedimenti si siano esauriti (ossia quando la differenza di due letture consecutive del comparatore effettuate con intervallo di 1 minuto, in relazione alle deformazioni sotto carico o allo scarico, sia di  $\pm 0,02$  mm) e si azzerano i comparatori.

Si porta il carico al valore di 0,05 N/mm<sup>2</sup> e si effettua una prima lettura del comparatore (in caso di procedura A) o dei tre comparatori (in caso di procedura B), determinando in quest'ultimo caso la media dei tre cedimenti letti.

Vengono quindi applicati i seguenti incrementi di carico, effettuando ogni minuto le corrispondenti letture al/ai comparatore/i fino alla stabilizzazione dei cedimenti.

Primo ciclo: per i terreni di sottofondo e per gli strati di rilevato gli incrementi di carico di 0,05 N/mm<sup>2</sup> fino a raggiungere la pressione di 0,20 N/mm<sup>2</sup>; per gli strati di fondazione e di base: incrementi di carico di 0,10 N/mm<sup>2</sup> fino a raggiungere rispettivamente la pressione di 0,35 e 0,45 N/mm<sup>2</sup>.

Si effettuano le letture dei cedimenti ad ogni incremento di carico, letto il cedimento relativo al carico massimo si effettua lo scarico completo, se interessa determinare solo il modulo Md, mentre qualora occorra determinare anche il modulo  $M'd$ , al fine di giudicare la qualità del costipamento, al termine del primo ciclo di carico, si effettua lo scarico fino alla pressione di 0,05 N/mm<sup>2</sup> e si rileva, dopo la stabilizzazione della deformazione il cedimento residuo. Partendo da queste condizioni, si inizia il secondo ciclo di carico, applicando gli incrementi di carico indicati in seguito.

Secondo ciclo: per i terreni di sottofondo e per gli strati di rilevato gli incrementi di carico di 0,05 N/mm<sup>2</sup> fino a raggiungere la pressione di 0,15 N/mm<sup>2</sup>; per strati di fondazione e per strati di base gli incrementi di carico di 0,10 N/mm<sup>2</sup> fino a raggiungere rispettivamente la pressione di 0,25 e 0,35 N/mm<sup>2</sup>.

Si misura la temperatura dell'aria più volte nel corso della prova per accertare che essa non abbia subito variazioni sensibili. Eseguita la prova, si rimuove l'apparecchiatura e si effettua un prelievo di materiale in prossimità del punto di misura per stabilire l'umidità (CNR-UNI 10008) dello strato. Il prelievo deve interessare uno spessore di almeno 15 cm. Qualora si eseguano prove su un sottofondo la cui struttura non è nota, si dovrà eseguire uno scavo nel terreno fino alla profondità di circa 50 cm, onde rilevare la stratigrafia del terreno e controllare che sotto la piastra non vi siano ciottoli o blocchi di dimensioni maggiori a 1/3 del diametro della piastra. In tale eventualità la prova non è da considerarsi significativa e deve essere ripetuta in un altro posto opportunamente scelto. Nel caso di prove eseguite su strati di fondazione o di base si dovrà aver cura che la dimensione massima dell'aggregato in corrispondenza della zona provata non superi 1/3 del diametro della piastra.

### 22.2.c Apparecchiatura

Piastra d'acciaio di spessore non minore di 20 mm e da Ø750  $\pm$  1 mm. Martinetto idraulico comandato da pompa manuale o elettrica. Manometro di classe 1 per la lettura delle pressioni o trasduttore di pressione con apposita centralina di acquisizione e lettura.

Sensori centesimali meccanici o preferibilmente sensori elettronici. Eventualmente un'unità di acquisizione e memorizzazione dei dati.

**22.2.d Resoconto di prova**

Il resoconto di prova deve includere:

- nome degli sperimentatori;
- data e ora della prova;
- caratteristiche tecniche principali della strumentazione utilizzata;
- identificazione della posizione di prova;
- temperatura ambiente;
- contenuto d'acqua del terreno;
- tipo di terreno;
- tabella dei risultati in forma tabellare e grafica;
- allegare immagini del sito e della prova.

L'operazione va eseguita o diretta da personale qualificato e certificato quale sperimentatore di questa tipologia di indagine.

**22.3 VERIFICA DELLO SPESSORE CON CAROTAGGIO**

Lo spessore dovrà essere generalmente verificato con la frequenza di almeno un carotaggio ogni 500 m di strada o carreggiata: eventuali tolleranze in difetto non dovranno essere superiori al 5% nel 98% dei rilevamenti.

In caso contrario, la frequenza dovrà essere incrementata secondo le indicazioni della Direzione Lavori e l'Appaltatore a sua cura e spese dovrà compensare gli spessori carenti incrementando in ugual misura lo spessore dello strato di conglomerato bituminoso sovrastante.

Per ciascuna carota dovrà essere determinato lo spessore medio effettuando due misure diametralmente opposte; non si dovrà tenere conto di eventuali maggiori spessori rispetto a quelli di progetto o prescritti dalla Direzione Lavori.

Dalla media degli spessori medi delle carote prelevate da ciascuna tratta si ricaverà il valore dello spessore di ciascuno strato della pavimentazione.

Qualora tale valore non si discosti di oltre il 5% rispetto allo spessore di progetto lo strato verrà accettato, fatti salvi naturalmente gli effetti derivanti dalla verifica degli altri parametri.

Nel caso di scostamento superiore al 5% si applicheranno le seguenti decurtazioni sui prezzi di elenco della tratta interessata:

- scostamento > 5% < 10%: decurtazione 20%
- scostamento > 10% < 20%: decurtazione 35%.

Qualora lo scostamento fosse superiore al 20% l'Impresa, a sua totale cura e spese, dovrà provvedere alla fresatura ed al rifacimento dello strato per l'intera tratta interessata.

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 23 GIUNTI DI DILATAZIONE STRADALE**

A seconda della luce degli elementi strutturali soggetti a dilatazione, verranno impiegati particolari dispositivi intesi ad assicurare la protezione dei giunti all'uopo predisposti e tali da garantire la perfetta impermeabilità della struttura ed impedire il passaggio delle acque al di sotto della soletta. I giunti saranno infatti attrezzati in maniera tale da impedire il libero scolo delle acque sulla sottostruttura, bensì il convogliamento delle acque lontano dalla struttura nelle sedi opportune.

I giunti dovranno rispondere a quanto prescritto dal D.M. del Ministero dei LL.PP. in data 4 maggio 1990 «Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali» e sue istruzioni emanate con circolare Ministero LL.PP. n. 34233 del 25/2/1991.

Inoltre, dovranno essere realizzati secondo le norme CNR 10018/85.

Sono a carico dell'Impresa, oltre agli oneri di posa in opera, anche le seguenti operazioni:

- preparazione del fondo di appoggio e del massello di livellamento;
- magazzino e guardiania degli apparecchi fino al loro fissaggio definitivo;
- trasporto in cantiere fino alla posizione di montaggio;
- tutte le predisposizioni necessarie per consentire il collegamento fra gli apparecchi di giunto e le strutture, quali in particolare:
  - l'adattamento dei casseri,
  - le cavità da predisporre nelle strutture per l'ancoraggio di zanche e tirafondi, anche con la predisposizione di armature in attesa,
  - la posa in opera di profilati metallici ed altri manufatti annegati nel calcestruzzo, con le relative zanche di ancoraggio, o il fissaggio con barre filettate;
- fornitura e posa delle scossaline e profili in acciaio per la raccolta e il drenaggio delle acque di sottopavimentazione.

Qualora la Direzione dei Lavori ritenga, a suo insindacabile giudizio, di consentire il traffico di cantiere o di esercizio, sugli impalcati prima del completamento dei giunti, l'Impresa dovrà provvedere alla sistemazione provvisoria degli stessi, con getti di malta bastarda, con piastre di protezione e quant'altro ordinato dalla Direzione Lavori.

Tutte le suddette predisposizioni dovranno essere verificate dalla Direzione dei Lavori, che avrà facoltà di prescrivere la rettifica e l'adattamento.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****23.1 GIUNTI IN GOMMA - METALLO**

Sono giunti normalmente costituiti da una struttura in gomma nella quale mediante il processo di vulcanizzazione o altro processo tecnologico vengono inseriti dei profili metallici atti a modificare, in determinati punti, la rigidità o la portanza della struttura elastomerica. In questo gruppo possono essere distinti due fondamentali sottogruppi in funzione del meccanismo con cui viene ottenuta la capacità di dilatazione/contrazione del giunto e precisamente:

- deformando elasticamente, con sollecitazione di tipo tagliente, idonee zone elastomeriche opportunamente predisposte,
- deformando in maniera elastica dei profili elastomerici la cui studiata geometria viene modificata da sollecitazioni di norma flessionali.

Caratteristica di questa tipologia di giunti è la presenza a livello della superficie trafficata di una serie più o meno numerosa di varchi paralleli all'asse del giunto necessari allo sviluppo delle deformazioni elastiche richieste.

Generano un certo rumore.

**23.2 GIUNTI A PETTINE**

Sono Giunti ottenuti mediante la contrapposizione di due elementi metallici (acciaio o alluminio in genere) aventi configurazione a pettine tra loro complementare.

Questi due elementi, fissati ognuno alla relativa testata, garantiscono, grazie ad una idonea compenetrazione, la continuità del piano viabile in presenza delle dilatazioni/contrazioni richieste al giunto.

Lo schema statico di tali giunti può essere di trave in duplice appoggio quando l'elemento a pettine posa su entrambe le testate, o a mensola quando esso è fissato a sbalzo su di una sola testata.

Loro caratteristica è la necessità di richiedere uno specifico dispositivo, generalmente una scossalina, per garantire l'impermeabilità del varco.

Richiedono inoltre una particolare attenzione sia nell'allineamento in fase di posa che nell'ancoraggio alla testata, soprattutto nel caso di schema strutturale a mensola.

Salvo particolari accorgimenti questo tipo di giunto permette spostamenti trasversali limitati.

**23.3 GIUNTI A PIASTRE METALLICHE**

Sono quei giunti in cui una serie di piastre metalliche, nude o rivestite di gomma, tra loro vincolate forma un sistema articolato che assicura gli scorrimenti richiesti garantendo la continuità del piano viabile.

Sono utilizzati normalmente per grandi scorrimenti e possono essere caratterizzati da un certo ingombro in senso verticale. Salvo particolari accorgimenti questo tipo di giunto permette spostamenti trasversali limitati.

**23.4 GIUNTI AL LAMELLE (PROFILATI) TRASVERSALI**

Sono i giunti in cui la continuità del piano viabile è assicurata da una serie di profili metallici posti in senso trasversale e uniti tra loro da idonei profili in gomma si da creare una superficie impermeabile caratterizzata dall'alternanza, lungo tutto lo sviluppo trasversale dei profili in acciaio e dei profili in gomma che con la loro deformabilità assicurano lo sviluppo dei scorrimenti richiesti.

La portanza dei profili metallici è garantita da una struttura di sostegno, su cui i suddetti profili poggiano e scorrono, ancorata alle testate dell'opera d'arte. Anche in questo caso viene richiesta una particolare predisposizione delle testate alle quali deve essere fissata la struttura di sostegno.

Detti giunti possono essere costruiti in versioni che permettono notevoli escursioni trasversali.

Sono giunti rumorosi.

### 23.5 ALTRI TIPI DI GIUNTO

Sono i giunti longitudinali, in genere del tipo gomma - metallo o quelli per le fessure di affiancamento opere di due diverse carreggiate. Tipologie di giunto non contemplate nei paragrafi precedenti saranno soggette a preventiva approvazione da parte della Committente, salvo le tipologie particolari.

## NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

### 23.6 POSA IN OPERA

#### 23.6.a Piani e vani di posa

Il Fornitore del giunto dovrà presentare alla Committente entro 20 gg dall'aggiudicazione i disegni relativi alle predisposizioni ed alla procedura di montaggio in opera riferite al giunto in posizione di apertura media. Su tali elaborati dovranno in ogni caso essere riportate le tolleranze di montaggio. Tali elaborati saranno ritenuti idonei previa accettazione da parte della Committente. Nel caso di manutenzioni, detti disegni saranno di volta in volta adeguati alle operazioni da compiere.

**Nel caso di installazione di giunti di dilatazione su opere nuove**, la posa in opera del giunto deve essere eseguita dopo la stesa della pavimentazione.

La scelta più conveniente nella realizzazione delle varie fasi esecutive è qui di seguito elencata:

- taglio della pavimentazione per l'intero suo spessore, lungo le linee delimitanti la fascia da asportare;
- demolizione della pavimentazione e dell'eventuale strato di impermeabilizzazione;
- asportazione di eventuali strutture di giunto provvisorio;
- rinvivatura dell'estradosso soletta mediante fresatura, sabbiatura o bocciardatura;
- eventuale getto di malta cementizia reoplastica, a ritiro compensato, fibrorinforzata, predosata o betoncino cementizio reoplastico, a ritiro compensato, fibrorinforzato, opportunamente armato e collegato alla testata, per portare in quota il piano di appoggio dell'apparecchio di giunto;
- posizionamento del giunto, da effettuare con appositi apparecchi di livellazione in funzione delle quote della pavimentazione adiacente;
- pre-regolazione, da eseguire a cura dei tecnici del Fornitore e con proprie attrezzature, secondo le caratteristiche del giunto e le disposizioni della Direzione Lavori in base alla stagione e alle caratteristiche dell'opera;
- completamento del massetto di raccordo tra giunto e pavimentazione;
- esecuzione del giunto di cordolo.

**Nel caso di manutenzioni**, ripristini e adeguamenti, la posa in opera del giunto potrà essere eseguita prima o dopo la stesa della pavimentazione procedendo secondo le seguenti fasi:

- taglio della pavimentazione per l'intero suo spessore, lungo le linee delimitanti la fascia da asportare;
- demolizione della pavimentazione e dell'eventuale strato di impermeabilizzazione;
- eventuale asportazione di giunto esistente ammalorato;
- eventuale ripristino della testata di soletta con malta cementizia reoplastica, a ritiro compensato, fibrorinforzata, predosata o betoncino cementizio reoplastico, a ritiro compensato, fibrorinforzato, secondo il tipo di degrado riscontrato;
- getto di malta cementizia reoplastica, a ritiro compensato, fibrorinforzata, predosata o betoncino cementizio reoplastico, a ritiro compensato, fibrorinforzato, opportunamente armato e collegato alla testa, per portare in quota il piano di appoggio dell'apparecchio di giunto. Nel caso di degrado profondo della testa di soletta, il ripristino avverrà, previa verifica di funzionalità delle armature esistenti e loro eventuale integrazione, con un unico getto in betoncino cementizio reoplastico, a ritiro compensato, fibrorinforzato sino alla quota del piano di appoggio dell'apparecchio di giunto;
- posizionamento del giunto, da effettuare con appositi apparecchi di livellazione in funzione delle quote della pavimentazione adiacente;
- pre-regolazione, da eseguire a cura dei tecnici del Fornitore e con proprie attrezzature, secondo le caratteristiche del giunto e le disposizioni della Direzione Lavori in base alla stagione e alle caratteristiche dell'opera;
- completamento del massetto di raccordo tra giunto e pavimentazione;
- esecuzione del giunto di cordolo.

#### 23.6.b Preregolazione

La preregolazione del giunto avverrà in base ai dati forniti dalla Direzione dei Lavori con comunicazione scritta da inviare prima dell'inizio dei lavori.

La preregolazione dovrà tenere conto dell'apertura strutturale esistente, della funzionalità del giunto precedentemente approvato e della capacità di movimento degli apparecchi di appoggio.

#### 23.6.c Raccordo con la pavimentazione

Il raccordo con la pavimentazione, salvo diverse prescrizioni del progetto nel caso di manutenzioni, sarà di larghezza minima di 100 mm ed andrà eseguito con betoncino cementizio, reoplastico, a ritiro compensato, fibrorinforzato e di 50 mm se eseguito con altro prodotto specifico (asfalto colato, resina a basso modulo elastico, ecc.) con caratteristiche indicate dal Fornitore e accettate dalla Committente.

La posa in opera del giunto potrà essere eseguita prima o dopo la stesa della pavimentazione, in funzione della tipologia del giunto e delle specifiche condizioni operative; tale scelta dovrà essere concordata dalla Direzione Lavori con il Fornitore.

E' compito specifico della Direzione Lavori fornire le quote di posa in opera del giunto e predisporre gli specifici controlli affinché la differenza di quota tra il piano della pavimentazione ed il piano del giunto sia rispettivamente compresa tra i + 5 mm e 0 mm.

Tale prescrizione è di fondamentale importanza al fine di preservare il giunto da inutili e dannose sollecitazioni d'urto indotte dal traffico,

sollecitazioni che potrebbero inficiare la funzionalità stessa del giunto.

#### **23.6.d Sistema di raccolta delle acque**

La raccolta delle acque sarà assicurata da una scossalina che collega le due testate della apertura strutturale oppure da due gronde su ciascuna delle due testate. Entrambi i sistemi dovranno interessare tutta la larghezza dell'impalcato anche qualora il giunto sia limitato alla sola zona carrabile.

### **23.7 REQUISITI PRESTAZIONALI**

#### **23.7.a Continuità e movimento**

Il giunto deve consentire gli spostamenti longitudinali e le rotazioni relative delle parti contrapposte senza opporre significativa resistenza. Eventuali spostamenti trasversali dovranno essere richiesti esplicitamente dal progettista. Significativi spostamenti verticali devono di norma essere impediti dal sistema di vincolo della struttura, in quanto pregiudicano la sicurezza del traffico veicolare e la durabilità del giunto stesso. Eventuali diverse esigenze dovranno essere oggetto di specifica prescrizione.

#### **23.7.b Impermeabilità**

Il giunto di regola deve essere impermeabile a tutte le acque meteoriche o di lavaggio provenienti dalla superficie del piano viabile; nel caso in cui ne sia invece previsto il passaggio attraverso il giunto, le acque devono essere raccolte immediatamente sotto di esso in apposita canaletta ed allontanate dalle strutture adiacenti.

Nei giunti l'impermeabilizzazione è ottenuta mediante dispositivi di sottopavimentazione realizzati con scossaline o con canali di gronda collegati senza soluzione di continuità al sistema di impermeabilizzazione della soletta. Tali dispositivi non devono interferire con le strutture principali dell'opera e devono consentire agevolmente le operazioni di ispezione e manutenzione.

#### **23.7.c Drenaggio e caditoie**

Il giunto deve essere munito di dispositivo di drenaggio atto a smaltire le acque che si infiltrano al di sotto della pavimentazione stradale. I dispositivi di drenaggio non devono interferire con le strutture principali dell'opera.

Per un corretto funzionamento del sistema di drenaggio è indispensabile prevedere, nel caso non siano presenti, delle adeguate caditoie a ridosso del sistema di drenaggio del giunto.

#### **23.7.d Aderenza**

Il giunto deve garantire un'adeguata aderenza agli pneumatici dei veicoli, ed in particolare tutti i giunti longitudinali dovranno presentare opportuni risalti o irruvidimenti superficiali in modo tale da garantire un'adeguata aderenza.

#### **23.7.e Resistenza alla corrosione**

Tutte le parti metalliche soggette a corrosione devono essere protette da un idoneo ciclo protettivo.

#### **23.7.f Manutenzioni**

Il giunto non deve pregiudicare tutte le operazioni di ordinaria e straordinaria manutenzione delle opere d'arte (es.: sollevamento, ispezioni ecc.) nonché le operazioni invernali (urto di coltelli spazzaneve).

#### **23.7.g Prescrizioni acustiche dei giunti**

Per verificare le caratteristiche acustiche dei giunti installati lungo la rete si prescrive l'esecuzione di una prova finalizzata a misurare l'incremento di rumore dovuto al passaggio del veicolo sul giunto. Il rumore è sia quello prodotto verso l'alto rispetto al piano viabile, sia quello prodotto verso il basso, sotto l'intradosso dell'impalcato.

La prova potrà essere effettuata al fine di:

- omologare preventivamente i giunti;
- verificare la corrispondenza dei giunti installati rispetto a quanto ordinariamente certificato;
- collaudare il giunto in situ;
- verificare nel tempo il mantenimento delle proprietà acustiche.

La prova andrà effettuata sul giunto installato o anche, se necessario, al di sotto di essa. La velocità del vento durante le misurazioni dovrà essere inferiore a 2 m/s.

La strumentazione di misura dovrà essere conforme a quanto prescritto per i fonometri di classe I della norma IEC 651 ovvero CEI 29 - 1; se si utilizzano fonometri integratori si dovrà fare riferimento alle norme IEC 83 1, per i filtri in banda di ottava o terzi di ottava si farà riferimento alla IEC 225. Le misure di rumore andranno effettuate utilizzando la ponderazione A e la costante di tempo slow.

La sorgente di rumore sarà costituita da un veicolo leggero che transita sul giunto con velocità di 100 Km/h.

La prova andrà poi ripetuta utilizzando come sorgente di rumore un veicolo pesante definito dalla D.L. a velocità di 70 Km/h.

Per tale prova il microfono ricevitore sarà posto in corrispondenza del giunto ad 1.5 m di altezza dal piano viabile ed un altro microfono sarà posto a 50 m dopo il giunto, entrambi a 4 m di distanza dall'asse del veicolo.

La prova andrà eseguita con due microfoni in modo sequenziale, ciascuna per un intervallo di tempo di 2 secondi relativo al passaggio del veicolo davanti al microfono stesso.

Le rilevazioni andranno effettuate con queste modalità o altre definite con la Committente in tratti di strada adiacenti in presenza ed in assenza di giunto ottenendo così i valori dell'incremento di rumore dovuto al giunto come differenza fra le varie letture strumentali. Ciascuna delle prove previste:

- in assenza ed in presenza di giunto con veicolo leggero;
- in assenza ed in presenza di giunto con veicolo pesante;

effettuata con questa modalità o altre definite con la Committente, andrà ripetuta almeno 3 volte e il risultato sarà dato dal valore medio dei valori rilevati nei tre passaggi.

Il confronto tra il rumore misurato in presenza del giunto rispetto a quello misurato in assenza del giunto sarà rilevato con il SEL (Sound Exposure Level) espresso in dB (A).

La D.L. qualora lo ritenesse opportuno al fine di verificare l'eventuale aumento di rumorosità prodotto dal nuovo giunto si riserva la facoltà di eseguire delle apposite prove.

### 23.8 MATERIALI – REQUISITI E PENALI

#### 23.8.a Giunto stradale

Elemento tipo Algaflex T 50 di dilatazione ed impermeabilità a livello pavimentazione per impalcati di ponti e viadotti con travate in c.a. o c.a.p. o strutture miste in acciaio - c.a., adatto per assorbire scorrimenti degli impalcati fino a 50 mm, costituito da:

- elemento deformabile in gomma rinforzato con inserti metallici vulcanizzati. Gli inserti metallici devono essere interamente conglobati nella gomma per evitare corrosioni; essi devono essere inoltre disposti in modo tale che in qualsiasi sezione verticale del giunto sia presente almeno un inserto metallico;
- sistema di ancoraggio realizzato mediante tirafondi in acciaio di idonee dimensioni, e ancorati con resine epossidiche, completi di dadi e rondelle;
- Sistema di drenaggio costituito da una membrana di neoprene di spessore minimo di 2 mm e tubi di drenaggio. Il giunto dovrà essere posato a quota pavimentazione completa (binder+usura) dell'opera d'arte senza creare dislivelli e cercando di ottenere la massima complanarità fra pavimentazione e giunto.

Il giunto è costituito da materiali aventi le seguenti caratteristiche:

1. gomma naturale (durezza shore A 60; rottura 170 kg/cmq; allungamento 450%)
2. laminati (Fe 430; UNI-EN 10025/95)
3. tirafondi a tutto filetto (C40 trattamento anticorrosivo Dacromet 320)
4. dadi e rondelle (Fe 60 trattamento Dacromet 320)
5. resine epossidiche additate con quarzo di adeguata granulometria

La fornitura in opera comprende:

- a) taglio con idonea segatrice a disco della pavimentazione in conglomerato bituminoso per tutta la larghezza e lunghezza necessaria, demolizione e trasporto a discarica;
- b) preparazione dell'estradosso della soletta interessata al giunto, mediante bocciardatura spinta a qualsiasi profondità, lavaggio delle superfici, soffiatura con aria compressa;
- c) fornitura e posa di scossalina impermeabile in neoprene, spessore minimo 2 mm;
- d) fornitura e posa in opera del giunto di dilatazione vero e proprio compreso di ancoraggi alle solette e il serraggio dei dadi con chiave dinamometrica.

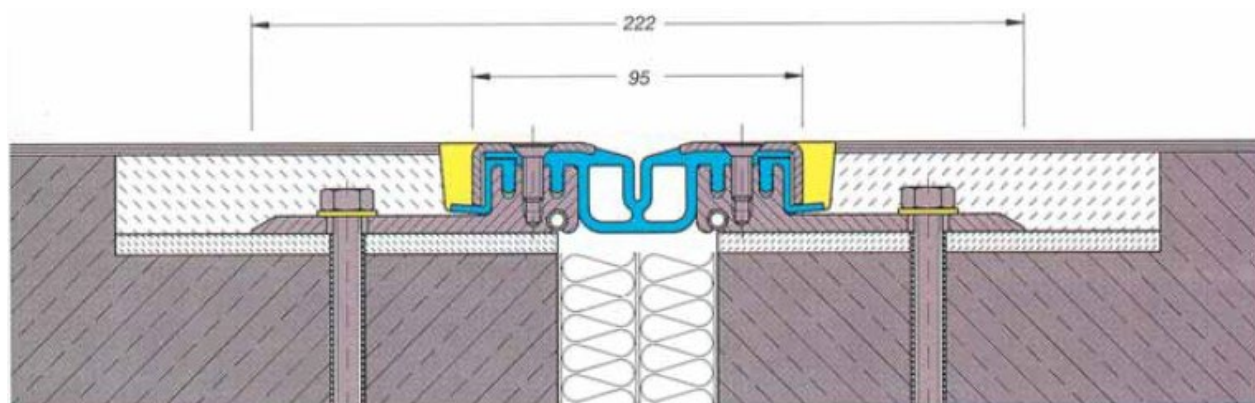
#### 23.8.b Giunto di dilatazione a tenuta per pavimenti impermeabilizzati superficialmente

#### DESCRIZIONE DEL PRODOTTO

Elemento tipo MIGUTAN FP 90 NI con guaine corte della Joint o similare per giunti di larghezza fino a 60 mm, costituito da:

- profilo portante in alluminio con ali di fissaggio preforate, angolari di protezione in vista in acciaio inox da 2.5 mm di spessore,
- elementi di tenuta in gomma,
- inserti metallici vulcanizzati interamente conglobati nella gomma per evitare corrosioni e disposti in modo tale che in qualsiasi sezione verticale del giunto sia presente un inserto metallico.

Le armature metalliche in corrispondenza della fenditura della struttura devono essere dimensionate per sopportare i carichi stradali previsti.



#### DATI TECNICI

Profilo	Larghezza max giunto [mm] $b_{\text{max}}$	Movimento totale del profilo [mm] $\Delta b_{\text{max}}$	Larghezza visibile del profilo [mm] $b_s$	Larghezza totale del profilo [mm] $b_t$	Altezza totale del profilo [mm] $h$	Portata <sup>(1)</sup> [kN] 	Portata <sup>(2)</sup> [kN] 	Portata <sup>(3)</sup> [N/mm] 
FP 90/25 NI gc	60	40 (± 20)	95	222	25	600	130	-
FP 90/35 NI gc	60	40 (± 20)	95	222	35	600	130	-
FP 90/45 NI gc	60	40 (± 20)	95	211	46	300	70	-
FP 90/60 NI gc	60	40 (± 20)	95	222	60	300	30	-
FP 90/80 NI gc	60	40 (± 20)	95	222	81	120	30	-
FP 90/95 NI gc	60	40 (± 20)	95	222	97	60	-	-
FP 90/115 NI gc	60	40 (± 20)	95	222	117	60	-	-

**Capacità di carico**Portata<sup>(1)</sup>: automezzi (DIN 1072)Portata<sup>(2)</sup>: carrelli elevatori (DIN 1055) - carico su ruota pneumatica o gomma piena basato su impronta di 200x200 mmPortata<sup>(3)</sup>: carico per unità di larghezza di ruota rigida (vulkollan, poliammide, etc.)**POSA IN OPERA**

Si prevedono le seguenti lavorazioni:

- eventuale rimozione del giunto esistente da sostituire e della scossalina in acciaio inox all'intradosso della soletta,
- taglio con idonea segatrice a disco della pavimentazione, per tutta la larghezza e lunghezza necessarie, demolizione e trasporto a discarica, la preparazione dell'estradosso della soletta mediante bocciardatura spinta a qualsiasi profondità, lavaggio delle superfici, soffiatura con aria compressa,
- verifica e integrazione dello strato di guaina impermeabilizzante inferiore,
- esecuzione di strato di malta cementizia per la formazione del piano di posa, di spessore variabile, dosata a 300 kg di cemento per mc di sabbia, con funzione di cuscinetto tra soletta e l'intradosso della struttura formante il giunto vero e proprio,
- fornitura e posa in opera del giunto impermeabile mediante tasselli di fissaggio M10/70 mm secondo quanto specificato nei disegni dalla ditta fornitrice e quanto ordinato dalla D.L.,
- risarcitura con malta cementizia tissotropica fibrorinforzata,
- risarcitura di interstizi tra il giunto e il riempimento in malta con sigillante poliuretanico monocomponente ad alto modulo elastico,
- applicazione di armatura di rinforzo costituita da tessuto non tessuto di poliestere, peso 130 g/mq, legata mediante stesa di impermeabilizzante poliuretanico bicomponente autolivellante, dato come primer con adeguata percentuale di diluizione e a ricoprimento,
- installazione di nuova scossalina in acciaio inox all'intradosso della soletta, in sostituzione dell'esistente rimossa.

Tutti i materiali da utilizzare dovranno essere preventivamente accettati dalla D.L.

**23.8.c Giunto di dilatazione da marciapiede**

Elemento costituito da lamiere sagomate in alluminio, con superficie antisdrucciolo (compreso il proseguimento del sistema di raccolta delle acque del giunto stradale (scossalina), il fissaggio alla sovrastruttura con idonei ancoraggi meccanici ed il risvolto laterale sul marciapiede.

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 24 DIAFRAMMI IN C.A.**

I requisiti di base per i materiali e per la tecnologia esecutiva delle opere sono di regola definiti dal progettista nelle tavole del progetto esecutivo; se non riportati su queste tavole, tali indicazioni possono essere definite dall'Appaltatore e sono da sottoporre alla Direzione Lavori per approvazione. Nel seguito saranno date, laddove ritenute opportune, delle indicazioni di riferimento per l'Appaltatore, da considerarsi di minima e da utilizzare laddove non in contrasto con quanto riportato sugli elaborati grafici.

Per diaframma a parete continua si intende una paratia realizzata asportando il terreno naturale e sostituendolo con un conglomerato cementizio adeguatamente armato, così come definito al § 3.1 della norma europea UNI EN 1538.

Lo scavo è eseguito per elementi singoli (pannelli), le cui dimensioni corrispondono alle dimensioni nominali dell'utensile di scavo, o ad un suo multiplo, gettati monoliticamente.

Pannelli isolati possono essere utilizzati per realizzare fondazioni profonde, alle stregua di pali trivellati di grande diametro.

I giunti di un diaframma sono costituiti dalle superfici di contatto tra i singoli pannelli costituenti il diaframma.

L'Appaltatore sarà tenuto all'osservanza di tutte le normative cogenti a livello nazionale in merito ai contenuti delle presenti prescrizioni; a queste si aggiungeranno tutte le norme e le istruzioni tecniche non cogenti che verranno richiamate nei successivi paragrafi.

In aggiunta dovranno essere rispettate le seguenti normative e prescrizioni, compresi gli eventuali aggiornamenti, modifiche ed integrazioni:

- UNI EN 1538:2002. 01/05/02. Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Diaframmi.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

Salvo diverse indicazioni del presente Capitolato, i materiali utilizzati dovranno essere conformi alla norma UNI EN 1538.

**24.1 CONGLOMERATI CEMENTIZI**

La classe e le caratteristiche dei conglomerati cementizi impiegati per la formazione dei diaframmi dovranno essere conformi a quanto prescritto nei disegni di progetto.

Il cemento impiegato deve essere scelto in relazione alle caratteristiche ambientali, con particolare attenzione all'aggressività dell'ambiente stesso (suolo e acqua freatica), in conformità con § 4.1 della UNI EN 206.

Si dovranno rispettare le prescrizioni del § 6.5 della UNI EN 1538, relativamente alle indicazioni generali (§ 6.5.1), agli aggregati (§ 6.5.2), al contenuto di cemento (§ 6.5.3), agli additivi (§ 6.5.5 e le norme UNI di riferimento).

Il rapporto acqua/cemento non dovrà superare il valore di 0.50, comprendendo l'umidità degli inerti nel peso dell'acqua (a differenza di quanto indicato al § 6.5.4 della UNI EN 1538).

Per quanto riguarda la lavorabilità del calcestruzzo fresco, i valori consigliati al § 6.5.6 della UNI EN 1538 dovranno essere considerati come prescrizione.

**24.2 FANGHI BENTONITICI**

I controlli sui fanghi bentonitici saranno atti a determinare i parametri di seguito specificati:

- caratteristiche della bentonite in polvere;
- caratteristiche dell'acqua per il confezionamento;
- caratteristiche del fango bentonitico fresco;
- caratteristiche del fango bentonitico all'interno dello scavo.

**BENTONITE IN POLVERE**

La bentonite avrà le caratteristiche minime indicate nella tabella seguente:

Caratteristiche	Accettabilità
Residuo al vaglio da 10.000 maglie cm <sup>2</sup>	≤ 1%
Tenore di umidità	≤ 15%
Limite di liquidità	≥ 400%
Viscosità Marsh della sospensione al 6% in acqua distillata	≥ 40"
Decantazione della sospensione al 6% in 24 ore	≤ 2%
Acqua separata per pressofiltrazione di 450 cc della sospensione al 6% in 30' a 7 bar	≤ 18 cc
pH dell'acqua filtrata	7 ≤ pH ≤ 9
Spessore del cake sul filtro della filtro-pressa	≤ 2.5 mm

La scelta del tipo di bentonite, certificato dal fornitore, è assoggettata alla sua affinità con le caratteristiche chimico-fisiche del terreno di scavo e dell'acqua di falda.

**CARATTERISTICHE DELL'ACQUA PER IL CONFEZIONAMENTO DEI FANGHI**

I limiti di accettabilità dell'acqua per il confezionamento dei fanghi bentonitici sono riportate nella tabella che segue.

Caratteristiche	Accettabilità
Contenuto di solfati (come SO <sub>3</sub> )	≤ 20 mg/l
Contenuto di cloruri (lone CL)	≤ 20 mg/l
Sostanze sospese	≤ 2 g/l

#### PREPARAZIONE FANGHI BENTONITICI

I fanghi saranno ottenuti per idratazione della bentonite sopra descritta in acqua chiara di cantiere, con eventuale impiego di additivi non flocculanti.

Il dosaggio di bentonite, in peso, deve risultare di norma compreso fra il 4 ed il 7%.

Qualunque variazione in sede esecutiva, dovuta ad esempio a problematiche di confezionamento o di appesantimento durante la perforazione, dovrà essere comunicata alla Direzione Lavori per approvazione.

L'impianto di preparazione del fango sarà costituito da:

- dosatori - mescolatori automatici (è ammesso, l'impiego di mud-hopper);
- silos di stoccaggio della bentonite in polvere;
- vasche di agitazione, maturazione e stoccaggio del fango fresco prodotto;
- relative pompe e circuito di alimentazione e di recupero fino agli scavi;
- vasche di recupero;
- dissabbiatori;
- vasca di raccolta della sabbia e di sedimentazione del fango non recuperabile.

Il fango verrà ottenuto miscelando, fino ad ottenere una sospensione finemente dispersa, i seguenti componenti:

- acqua dolce di cantiere;
- bentonite in polvere;
- additivi eventuali inerti (disperdenti, sali tampone, etc.).

Dopo la miscelazione la sospensione verrà immessa nelle apposite vasche di "maturazione" del fango, nelle quali essa dovrà rimanere per un tempo adeguato, prima di essere impiegata nella perforazione. Di norma la maturazione richiede da 6 a 12 ore.

#### CONTROLLI SUL FANGO

Le caratteristiche del fango pronto per l'impiego dovranno essere comprese entro i limiti indicati al § 6.3.1 della UNI EN 1538. Qualunque variazione, anche consentita da tale norma, dovrà essere comunicata alla Direzione Lavori per approvazione.

In aggiunta si prescrive che la temperatura del fango fresco dovrà essere superiore a 5°C.

In caso di esito non soddisfacente, l'Appaltatore sostituirà, parzialmente od integralmente, il fango per ricondurlo a tali limiti.

Qualora, prima dell'inizio del getto, non fosse possibile con le apparecchiature di depurazione a disposizione, far rientrare il fango nei limiti sopra citati, l'Appaltatore dovrà procedere alla completa sostituzione del fango di scavo.

#### 24.3 FANGHI POLIMERICI BIODEGRADABILI

Per fango biodegradabile si intende un fluido di perforazione ad alta viscosità che muta spontaneamente le proprie caratteristiche nel tempo, riassumendo dopo pochi giorni le caratteristiche di viscosità proprie dell'acqua.

Le soluzioni polimeriche possono essere utilizzate ai sensi del § 6.3.2 della UNI EN 1538. In ogni caso la formulazione del fango deve essere preventivamente studiata con prove di laboratorio e comunicata alla Direzione Lavori per approvazione.

Nelle prove occorrerà tenere conto della effettiva temperatura di utilizzo del fango (temperatura dell'acqua disponibile in cantiere e temperatura dell'acqua di falda). Il decadimento spontaneo della viscosità deve avvenire di norma dopo un tempo sufficiente al completamento degli scavi; in linea generale la perdita di viscosità deve iniziare dopo 20+40 ore dalla preparazione. Se necessario, i fanghi potranno essere additivati utilizzando correttivi idrolizzati.

Per la produzione dei fanghi biodegradabili si utilizzeranno di norma prodotti a base di amidi.

#### 24.4 ACCIAIO

Le armature metalliche saranno costituite da barre di acciaio B450C ad aderenza migliorata.

Nel caso di utilizzo di acciaio saldabile, si prescrive di ricorrere alla saldatura (puntatura) delle staffe con i ferri longitudinali, al fine di rendere le gabbie d'armatura in grado di sopportare le sollecitazioni di movimentazione: la saldabilità delle barre di armatura dovrà essere certificata dalla ditta fornitrice. Gli elettrodi o i fili utilizzati devono essere di composizione tale da non introdurre fenomeni di fragilità.

A meno che non vengano prese precauzioni particolari, gli altri elementi metallici utilizzati in diaframmi gettati in opera, come tubi, piastre, connettori, ecc. non dovranno essere di acciaio zincato o di altri materiali che possono produrre effetti elettrostatici risultanti in un aumento dello strato di fango bentonitico (bentonite cake) o che possono causare corrosione elettrochimica dell'armatura.

#### NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori una planimetria riportante la posizione di tutti i pannelli costituenti i diaframmi, inclusi quelli di prova; ciascun pannello dovrà essere identificato da un numero progressivo.

Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore dovrà eseguire il tracciamento dei pannelli identificando la posizione sul terreno mediante infissione di appositi picchetti. Dei testimoni (capisaldi) a cui fare rapidamente riferimento dovranno essere posizionati in modo da non interferire con le normali operazioni di cantiere.

Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alle indagini necessarie ad accertare l'eventuale presenza di manufatti interrati di qualsiasi natura (cunicoli, tubazioni, cavi, etc.) che potrebbero interferire con i diaframmi da infiggere. Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alle eventuali opere di deviazione e/o di rimozione di tali ostacoli prima di dare corso alle attività di scavo e/o di infissione, salvo diversa indicazione data nello specifico dal presente capitolato.

L'Appaltatore dovrà verificare e fare in modo che il numero, la potenza e la capacità operativa delle attrezzature siano tali da consentire una

produttività congruente con i programmi di lavoro previsti. Sarà altresì cura dell'Appaltatore selezionare ed utilizzare le attrezzature più adeguate alle condizioni ambientali, stratigrafiche ed idrogeologiche dei terreni.

Sarà cura dell'Appaltatore adottare tutti gli accorgimenti necessari ad attenuare i disturbi alle persone derivanti dalla vibrazione e dai rumori connessi con le attività di scavo.

Nel caso in cui, durante il corso dei lavori, l'Appaltatore ritenga opportuno variare le metodologie esecutive precedentemente approvate, sarà sua cura effettuare le nuove prove tecnologiche preliminari eventualmente necessarie e sottoporle alla Direzione Lavori per accettazione.

In fase esecutiva, l'Appaltatore dovrà provvedere a tutti gli accorgimenti o a tutte le opere provvisorie che riterrà necessari ed opportuni per garantire le migliori condizioni di sicurezza ed evitare qualsiasi danno ai fabbricati e/o ai manufatti adiacenti, essendo comunque a carico dell'Appaltatore tutti gli oneri e i costi connessi alla realizzazione ed al progetto di dettaglio di tutte le opere provvisorie. Restano in ogni caso a carico dell'Appaltatore gli oneri conseguenti al ripristino dei danni provocati dalla realizzazione delle opere.

L'Appaltatore non potrà richiedere alcun compenso per il fatto che, a seguito di prescrizioni di autorità terze competenti, i lavori per la costruzione dei pannelli debbano eseguirsi in orario notturno o per fasi, secondo un programma fissato dalla Direzione Lavori.

Sarà cura dell'Appaltatore provvedere all'immediato trasporto a rifiuto di tutti i materiali di risulta provenienti dagli scavi e dalle lavorazioni comunque connesse con l'installazione di diaframmi, con particolare riferimento ai fanghi bentonitici.

Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alla scapitozzatura delle teste di tutti i pannelli, fino alla quota di progetto, provvedendo altresì alla sistemazione ed alla ripulitura dei ferri d'armatura. Nel caso in cui, per effetto delle lavorazioni subite, la parte superiore del pannello non avesse le caratteristiche richieste, l'Appaltatore dovrà provvedere alla estensione della scapitozzatura (per eliminare tale parte) ed alla sua ricostruzione. La scapitozzatura dovrà avvenire con idonea attrezzatura preliminarmente approvata dalla Direzione Lavori, tale da consentire la demolizione senza fessurazione della parte rimanente del diaframma e senza danneggiamento delle armature.

Qualora, durante la scopertura del paramento in vista del diaframma, si riscontrassero difetti di esecuzione (quali soluzioni di continuità nel conglomerato, non perfetta tenuta dei giunti di collegamento, ecc.), sarà cura dell'Appaltatore adottare i provvedimenti ritenuti necessari ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori; qualora richiesto dalla Direzione Lavori, l'Appaltatore dovrà altresì presentare una specifica relazione tecnica giustificativa dei rimedi che ritiene di adottare, per la necessaria autorizzazione.

Sarà cura dell'Appaltatore eseguire tutte le operazioni di pulitura delle superfici a vista conseguenti all'escavazione dei diaframmi, in modo da consentire la successiva realizzazione della controparete di rivestimento.

Sarà cura dell'Appaltatore far eseguire tutti i controlli e le prove (sia preliminari che in corso d'opera) prescritti dal presente Capitolato, così come quelli integrativi che a giudizio della Direzione Lavori, si rendessero necessari per garantire le qualità e le caratteristiche previste da progetto.

#### SOGGEZIONI GEOTECNICHE E AMBIENTALI

La perforazione "a secco", senza impiego di fanghi di stabilizzazione, non è ammessa.

Nell'esecuzione dei diaframmi le pareti dello scavo dovranno essere sempre sostenute con l'immissione di fanghi bentonitici. L'impiego di altre sostanze per il sostegno dello scavo (quali, ad esempio, polimeri biodegradabili), dovrà essere preventivamente autorizzato dalla Direzione Lavori, dietro presentazione da parte dell'Appaltatore di adeguata documentazione tecnica giustificativa.

La perforazione a fango in terreni molto aperti, privi di frazioni medio-fini ( $D_{10} > 4 \text{ mm}$ ), può richiedere l'esecuzione preliminare di bonifiche o intasamenti atti ad evitare perdite eccessive dei fluidi di sostegno alla perforazione.

La tenuta idraulica fra i diversi pannelli, ove richiesto dal progetto, dovrà essere ottenuta mediante idonei giunti da realizzare nelle posizioni di minor sollecitazione: le modalità d'esecuzione dei giunti sono descritte nel successivo § MODALITA' ESECUTIVE.

In merito ai limiti delle vibrazioni, l'Appaltatore dovrà assicurare il rispetto delle seguenti norme, oltre a quanto desumibile dallo stato dell'arte, al fine di ridurre danni alle strutture e disturbo ai residenti:

- UNI 9614:1990. 31/03/1990. Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo,
- UNI 9916:2004. 01/04/2004. Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici,
- UNI 11048:2003. 01/03/2003. Vibrazioni meccaniche ed urti - Metodo di misura delle vibrazioni negli edifici al fine della valutazione del disturbo.

L'Appaltatore dovrà comunicare alla Direzione Lavori i provvedimenti che intende adottare nel caso del superamento dei limiti stessi (indicati all'interno della UNI 9614).

A sua discrezione, la Direzione Lavori potrà, con riferimento a quanto proposto, richiedere che l'Appaltatore provveda ad eseguire un campo prove per l'effettuazione di misure di controllo delle vibrazioni indotte al contorno, con oneri e spese relative a carico del medesimo Appaltatore.

#### DOCUMENTAZIONE PRELIMINARE

L'Appaltatore dovrà presentare, con debito anticipo, alla Direzione Lavori una relazione illustrativa delle modalità di esecuzione, dell'organizzazione di cantiere e delle varie fasi operative. Tale relazione dovrà in particolare contenere tutte le informazioni elencate al § 4 della UNI EN 1538, oltre alle seguenti indicazioni:

- le procedure operative e le modalità di esecuzione delle opere,
- l'elenco e la specifica delle apparecchiature da utilizzare, conformi alle caratteristiche indicate nel presente Capitolato. In generale esse dovranno essere in numero tale da consentire di far fronte rapidamente e senza interruzioni significative delle lavorazioni, ad eventuali inconvenienti tecnici o di altra natura che dovessero verificarsi,
- nel caso che l'esecuzione dei lavori comporti il superamento dei limiti ammissibili per le vibrazioni (§ Soggezioni geotecniche e ambientali), una relazione sui provvedimenti che verranno adottati,
- la necessaria documentazione sulla natura del terreno (rilievi stratigrafici) con lo scopo di valutare l'idoneità degli accorgimenti tecnici e delle attrezzature scelte; si dovrà fare riferimento ai dati geotecnici indicati al § 5 della UNI EN 1538,
- una dichiarazione che certifichi che l'area in cui debbono essere eseguiti i lavori è stata riscontrata priva di impedimenti alla esecuzione degli stessi o in caso contrario una relazione sulle misure e provvedimenti presi,
- le planimetrie riportanti la posizione dei diaframmi, con la loro numerazione progressiva,
- il programma temporale dei lavori.

#### PROVE TECNOLOGICHE PRELIMINARI

La Direzione Lavori, potrà richiedere di verificare l'idoneità delle attrezzature e di modificare le modalità operative, in relazione a particolari condizioni stratigrafiche o all'importanza dell'opera, mediante l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari in condizioni il più possibile rappresentative delle opere di progetto; in tal caso potranno essere introdotti anche i rilevamenti ambientali di cui al § 2.3.1 relativi alle

vibrazioni indotte dai lavori.

L'Appaltatore dovrà assicurarsi preliminarmente che le effettive caratteristiche del sottosuolo siano rispondenti alle previsioni progettuali, eseguendo, se del caso, apposite indagini geotecniche integrative a proprie spese.

Nella qualifica deve essere prevista la costruzione di un prototipo di gabbia di armatura di cui al § Armatura.

#### **24.5 MODALITA' ESECUTIVE**

Nella esecuzione dei diaframmi dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti necessari a realizzare l'opera conformemente ai requisiti progettuali, in particolare per quanto riguarda il rispetto della verticalità, la complanarità e l'impermeabilità dei giunti.

Le attrezzature, gli utensili e le modalità di scavo dovranno essere definite dall'Appaltatore in modo da assicurare il raggiungimento delle profondità di progetto, l'attraversamento di eventuali strati di terreno lapideo o cementato, l'immorsamento nel sub-strato roccioso, etc..

La distanza minima fra gli assi di due scavi attigui, in corso, appena ultimati o in corso di getto, dovrà essere tale da impedire eventuali fenomeni di interazione. E' opportuno che la realizzazione di ogni singolo pannello venga eseguita con continuità nelle sue diverse fasi operative: qualora, tuttavia, in fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta notturna, mancato trasporto del calcestruzzo, etc.), sarà necessario interrompere la perforazione alcuni metri prima ed ultimare solo nell'imminenza del getto: restano in ogni caso a carico dell'Impresa, gli oneri conseguenti ad eventuali franamenti od altri dissesti che dovessero causarsi in seguito a tali interruzioni.

Valgono le prescrizioni generali riportate al § 7.1 della UNI EN 1538, con le precisazioni che:

- lo spessore del diaframma è sempre equivalente alla larghezza dell'utensile;
- i pannelli devono avere sempre la stessa sezione per tutta la lunghezza;
- non sono ammesse gabbie adiacenti per uno stesso pannello; per la continuità delle gabbie di armatura lungo il pannello vedere § 2.5.3 del presente Capitolato.

##### **24.5.a Attrezzature**

#### **ESCAVATORI**

Le caratteristiche degli escavatori e delle gru di servizio dovranno essere scelti dall'Appaltatore in relazione alle capacità operative effettivamente necessarie per eseguire gli scavi ed i getti in conformità con le prescrizioni di progetto.

#### **BENNE MORDENTI**

Le benne potranno essere sopportate da Kelly semplice, telescopico oppure a fune libera. Dovranno essere provviste di fori per la fuoriuscita dei fanghi durante il sollevamento e disporre di adatte guide e distanziali in modo da evitare l'effetto pistone durante le operazioni di risalita.

Le dimensioni delle benne mordenti dovranno corrispondere alle dimensioni nominali dei pannelli da scavare, a meno di prevedere lo scavo di pannelli multipli.

Le benne mordenti possono essere a funzionamento idraulico o meccanico.

In prossimità di linee elettriche, le benne non potranno essere manovrate mediante fune libera, ma solo tramite aste di guida tipo Kelly: in ogni caso, le varie fasi operative dovranno essere concordate con i competenti tecnici degli Enti gestori, nel rispetto delle norme di sicurezza previste per le lavorazioni in prossimità di linee elettriche.

Nel caso di diaframmi a meno di dieci metri dalle abitazioni, non potranno essere utilizzate benne a fune libera, ma solo tramite aste guida con sistema tipo Kelly.

Nei Kelly telescopici i dispositivi di battuta devono essere tali da evitare rotazioni relative tra le varie aste.

L'ancoraggio del Kelly sull'escavatore deve essere realizzato in modo da ridurre al minimo gli effetti di beccheggio dell'attrezzatura, conseguenti alla variazione di baricentro durante le manovre di scavo.

#### **IDROFRESA**

Le frese idrauliche per lo scavo dei pannelli dovranno essere costituite da due ruote fresanti, dotate di opportuna dentatura, in movimento rotativo sincrono opposto.

I tamburi fresanti saranno azionati da motori idraulici ad albero fisso e telaio ruotante inseriti al loro interno, oppure ad essi collegati con opportuni cinematismi.

Il telaio della fresa idraulica dovrà contenere anche una pompa per la circolazione del fango di perforazione, avente portata non inferiore a 120 l/sec e prevalenza adeguata a superare tutti i dislivelli e le perdite di carico esistenti tra il piano delle corree e l'impianto di recupero dei fanghi.

Le dimensioni dell'idrofresa in pianta dovranno corrispondere a quelle dei pannelli da scavare; è ammessa l'esecuzione di pannelli multipli.

#### **IMPIANTO DI DEPURAZIONE E RECUPERO DEI FANGHI**

L'Appaltatore dovrà predisporre e mantenere operanti idonee apparecchiature di depurazione del fango che consentano di eliminare o ridurre le quantità di detrito trattenuto in sospensione.

La determinazione del peso di volume del fango prima dell'inizio del getto dovrà essere eseguita su campioni prelevati con campionario ad una quota di 1 m superiore a quella di fondo del pannello.

I dissabbiatori dovranno essere dotati di un vaglio vibrante in corrispondenza dell'arrivo della tubazione di mandata, di una pompa centrifuga per fanghi e di un numero adeguato di cicloni. E' richiesta una capacità minima di 100 m3/ora per ogni dissabbiatore. Numero e potenza dei dissabbiatori dovranno essere commisurati alle effettive necessità derivanti dai ritmi di perforazione delle attrezzature di scavo e dal tipo dei terreni attraversati. Gli impianti di recupero dei fanghi asserviti alle idrofresche dovranno avere una capacità operativa commisurata alla pompa di aspirazione della fresa. Nel caso di scavo in terreni coesivi, a valle dei dissabbiatori, dovrà essere prevista una centrifuga per la separazione delle frazioni fini inattive tenute in sospensione nel fango.

Dovranno essere previste delle vasche supplementari per la maturazione dei fanghi appena confezionati.

##### **24.5.b Armatura**

Valgono le prescrizioni di cui al § 7.4, 7.5 e 7.6 della UNI 1538, con le precisazioni che:

- Paragrafo 2 del § 7.4.2: è ammesso l'uso di un intervallo netto minimo tra barra e barra di 74 mm (corrispondente ad un interasse minimo di 10 cm tra barre di diametro 26 mm), purché la sovrapposizione avvenga verso l'interno senza diminuire tale valore e purché

- la dimensione massima degli aggregati non ecceda i 20 mm,
- le armature verranno pre-assemblate fuori opera in gabbie: i collegamenti tra le gabbie saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro, con morsetti o con saldatura,
- le armature trasversali dei pannelli saranno costituite da staffe esterne ai ferri longitudinali,
- il diametro delle staffe dovrà essere non inferiore a 10 mm. Le armature trasversali dovranno contrastare efficacemente gli spostamenti della barre longitudinali verso l'esterno; le staffe dovranno essere chiuse e risvoltate verso l'interno. Al fine di irrigidire le gabbie d'armature dovranno essere predisposti i necessari ferri (diagonali, ad U etc.) atti a sollevare e trasportare le stesse.

Nella qualifica deve essere prevista la costruzione di un prototipo di gabbia, avente le caratteristiche previste dal progetto, da cui verranno prelevati dei campioni di barre longitudinali e staffe da sottoporre a prova di verifica a trazione, in modo da verificare il mantenimento delle caratteristiche originarie delle barre di acciaio. Nei campioni prelevati dovrà essere presente almeno una saldatura.

In corso d'opera la frequenza dei prelievi per le prove di verifica di cui sopra, sarà di 3 campioni di barra longitudinale e di staffa ogni 500 m di gabbia.

Per i distanziatori in plastica, al fine di garantire la solidarietà col calcestruzzo, è necessario verificare che la loro superficie sia forata per almeno il 25%. I centratrici saranno posti a gruppi di 3-4 regolarmente distribuiti sul perimetro e con spaziatura verticale di massima 4 m.

E' ammessa la giunzione mediante una sovrapposizione non inferiore a 40 diametri (ove non diversamente indicato) o mediante impiego di un adeguato numero di morsetti, legature o saldature.

Le gabbie di armatura dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine ed essere mantenute in posto, prima del getto senza che appoggino sul fondo dello scavo.

Qualora sia prevista la tirantatura del pannello, dovranno essere posizionati nell'armatura dei tubi guida, aventi diametro maggiore del foro necessario per la messa in opera del tirante, passanti in tutto lo spessore del pannello medesimo. Le relative cassette, nelle quali posizionare le piastre di ripartizione del tirante, dovranno essere predisposte con l'inclinazione prevista dal progetto.

#### 24.5.c Tolleranze

I diaframmi dovranno essere realizzati nella posizione e con le dimensioni di progetto; dovranno essere rispettate le tolleranze indicate al § 8.2 della UNI EN 1538, salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto e con le seguenti precisazioni:

- posizione planimetrica dell'asse del diaframma rispetto alla linea mediana delle corree:  $\pm 3$  cm;
- quota di testa diaframma:  $\pm 5$  cm;
- profondità:  $\pm 25$  cm;
- complanarità dei giunti:  $\pm 1\%$ ;

Per il controllo della geometria delle pareti si potranno utilizzare anche sistemi meccanici costituiti da una dima di controllo con dimensioni prossime a quelle di ogni elemento, sulla quale vengono applicati inclinometri, oppure ecometri (tipo Koden) che consentano di restituire l'immagine della geometria dello scavo. Questo tipo di strumentazione permette di misurare e visualizzare le sezioni dello scavo e la sua perpendicolarità per tutta la sua lunghezza registrando i dati e visualizzandoli.

Il rispetto della complanarità dei giunti comporta una limitazione nella tolleranza ammessa per la verticalità assoluta dei pannelli; se un pannello è discosto dell'1 %, il pannello adiacente deve essere discosto dalla verticale nella stessa direzione, oppure deve essere perfettamente verticale.

Ad ultimazione dello scavo di ciascun pannello si dovrà procedere alla registrazione dell'inclinazione dello stesso a mezzo di inclinometri applicati alle aste di perforazione; per garantire la complanarità dei pannelli, data la tendenza della benna d'inclinarsi in direzione dell'escavatore, sarà necessario operare con gli escavatori sempre dalla stessa parte del diaframma.

Anche per pannelli singoli, da utilizzare quali strutture di fondazione, si prescrivono le tolleranze sopraindicate.

#### 24.5.d Opere preliminari

##### PIANI DI LAVORO

Le attrezzature di perforazione e di servizio dovranno operare da un piano di lavoro preventivamente realizzato, in modo da evitare variazioni di assetto delle attrezzature durante il loro funzionamento. Il piano di lavoro dovrà essere mantenuto costantemente pulito e sgombro dai materiali di risulta, e dovrà essere mantenuto con le stesse caratteristiche iniziali.

L'Appaltatore dovrà rispettare le prescrizioni di cui al § 8.3.1 della UNI 1538.

##### CORDOLI – GUIDA (CORREE)

I cordoli-guida, oltre a garantire l'allineamento planimetrico dei singoli pannelli in senso longitudinale, hanno anche la funzione di sostegno per le armature in fase di getto e dell'impalcatura delle tubazioni usate per il getto, che in corso di esecuzione verranno accorciate seguendo la risalita del calcestruzzo nello scavo. I cordoli hanno inoltre la funzione di guidare l'utensile di scavo, sostenere il terreno più superficiale e costituire un'adeguata vasca per le escursioni del livello del fango bentonitico durante l'introduzione dell'utensile di scavo.

L'Appaltatore dovrà rispettare le prescrizioni di cui al § 8.3.2 della UNI 1538, con le seguenti precisazioni:

- le coppie di cordoli-guida (corree), paralleli e contrapposti, avranno una distanza netta pari allo spessore nominale del diaframma, aumentato di 7 cm con riferimento ai capisaldi piano-altimetrici di progetto.
- i cordoli saranno realizzati in conglomerato cementizio opportunamente armato, con dimensioni minime di 0.35 x 0.80 m; l'armatura sarà continua ed il getto sarà fatto contro casseri.

Particolare cura dovrà quindi essere posta nell'esecuzione dei cordoli, sia nei riguardi della preparazione del piano di posa e del tracciamento (quota superiore e direzione), sia per la loro verticalità, in quanto essi costituiscono l'elemento fondamentale per ogni riferimento del diaframma (quote ed allineamento).

Nella realizzazione dei cordoli si avrà cura di posizionare con precisione i casseri, in modo da ottenere che la linea mediana dei cordoli stessi non si discosti dalla posizione planimetrica del diaframma in misura superiore alla tolleranza ammessa (vedere § Tolleranze).

I cordoli saranno adeguatamente marcati con chiodi e strisce di vernice in corrispondenza degli estremi di ciascun pannello di diaframma da scavare.

##### CONTROLLO DELLA VERTICALITÀ

Per il controllo della verticalità dello scavo, e quindi dei pannelli, saranno utilizzati sistemi la cui precisione è commisurata alle profondità dei pannelli ed all'importanza dell'opera. Di norma potranno essere utilizzati inclinometri biassiali da fissare sull'utensile di scavo, in modo da avere il controllo della perforazione a varie profondità.

Poiché l'inclinometro non dà indicazioni circa l'eventuale rotazione del pannello, si provvederà, qualora ritenuto necessario ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori, a misure più precise o integrative quali:

- rilievo della geometria del pannello mediante sonda ad ultrasuoni (tipo sistema KODEN);
- rilievo della rotazione mediante controllo della posizione delle funi di sospensione di un "pendolo" di massa non inferiore a 2000 Kg, a forma di parallelepipedo a base quadrata, il cui lato è pari allo spessore del pannello meno 5 cm.

Sia la sonda che il pendolo saranno fatti discendere in corrispondenza delle estremità del pannello da misurare. Le misure saranno eseguite in risalita.

#### 24.5.e Perforazione

Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore fornirà i disegni di dettaglio, contenenti la planimetria con i pannelli numerati, indicando i primari ed i secondari, e la sequenza di esecuzione degli stessi.

L'Appaltatore dovrà rispettare le prescrizioni di cui al § 8.4 e 8.5 della UNI 1538.

### ATTREZZATURE

#### SCAVO CON BENNA MORDENTE

Lo scavo con benna mordente sarà eseguito in presenza di fango bentonitico (o di altre sostanze, quali polimeri biodegradabili, se preventivamente autorizzati dalla Direzione Lavori) in quiete.

Durante la perforazione, il livello del fango dovrà costantemente essere mantenuto in prossimità del piano di lavoro. Nel caso di improvviso franamento, con o senza perdita di fango bentonitico, lo scavo verrà immediatamente sospeso e la parte interessata dal franamento riempita con calcestruzzo magro che verrà in seguito riscavato.

Durante l'esecuzione dello scavo dovranno essere presi tutti gli accorgimenti ragionevoli, al fine di prevenire la fuoriuscita del fango bentonitico al di là delle immediate vicinanze della zona di scavo.

Al termine della perforazione si dovrà procedere all'accurata rimozione dei detriti rimasti sul fondo nonché alla sostituzione parziale od integrale del fango per ricondurlo alle caratteristiche sopra prescritte (§ 2.4.2) per l'esecuzione del getto.

In caso contrario, l'Appaltatore sostituirà parzialmente od integralmente il fango per ricondurlo alle caratteristiche richieste.

Tipo e numero dei controlli saranno commisurati, per ogni pannello, al raggiungimento delle suddette prescrizioni.

#### SCAVO CON IDROFRESA

Nelle prime fasi di scavo è previsto l'utilizzo della benna mordente, almeno fino al raggiungimento della profondità necessaria per il funzionamento della pompa di circolazione del fango incorporata nell'idrofresa. La seconda attrezzatura (idrofresa) sarà impiegata in successione, per profondità di scavo superiori, fino al raggiungimento della quota di progetto.

Le due attrezzature, dunque, costituiranno un unico gruppo di scavo. In relazione alla natura dei litotipi presenti, si potrà effettuare un pre-scavo oltre la profondità minima richiesta per l'innescio della circolazione inversa del fango bentonitico, ottimizzando i tempi di impiego delle due attrezzature ai fini di un corretto e rapido completamento dello scavo.

Di norma l'impiego dell'idrofresa è da prevedersi nella realizzazione di diaframmi di grande profondità e/o interessanti sub-strati di consistenza litoidi o con presenza di grossi trovanti.

#### SCAVO CON SCALPELLO

Nel caso della presenza di trovanti isolati sarà concesso l'uso di uno scalpello a percussione per il superamento del tratto non scavabile per mezzo della benna mordente.

#### STABILITÀ DELLA TRINCEA

Per la stabilità della trincea durante lo scavo si dovrà fare riferimento al § 7.2 della UNI EN 1538.

#### INTESTATURA IN ROCCIA

Nel caso di intestatura in roccia si dovrà fare riferimento al § 7.3 della UNI EN 1538.

#### DISPOSITIVI PER LA FORMAZIONE DEI GIUNTI

L'Appaltatore dovrà rispettare le prescrizioni di cui al § 8.6 della UNI 1538.

I giunti tra i singoli pannelli del diaframma dovranno essere realizzati con la massima cura e diligenza durante le varie fasi operative, in modo da garantire le migliori condizioni di impermeabilità del paramento finito.

Per la corretta formazione dei giunti, si utilizzeranno tubi-spalla di opportuna forma e dimensione tipo:

- colonne semi-circolari;
- profilati piatti irrigiditi con colonne semi-circolari;
- palancole speciali per l'introduzione ed annegamento nel cls di adeguati "water stop" (tipo CWS);
- "canne d'organo", ecc..

Di norma, si procederà alla realizzazione di pannelli distanziati planimetricamente e caratterizzati da estremità di forma semicilindrica concava; successivamente si eseguiranno i pannelli posti a cavallo dei precedenti, caratterizzati da estremità di forma semicilindrica convessa in modo da aderire ai precedenti.

A tal fine viene previsto l'impiego di tubi spalla, di larghezza pari allo spessore del diaframma e lunghezza uguale: i tubi spalla saranno messi in opera, controllandone la verticalità con sistemi ottici, non appena completata la perforazione, e per tutta la profondità del pannello.

Ad avvenuta presa del getto si provvederà alla rimozione dei tubi spalla, utilizzando un opportuno estrattore a morsa idraulica; se necessario la superficie del tubo spalla potrà essere preventivamente trattata con prodotti disarmanti.

Si avrà cura di pulire adeguatamente i tubi spalla prima del loro impiego.

Nello scavo dei pannelli adiacenti si avrà cura di pulire con estrema cura l'impronta lasciata dal tubo-spalla, mediante opportuni raschiatoi, la cui forma è ricalcata su quella del tubo spalla utilizzato. I raschiatoi saranno utilizzati a fine perforazione, fissandoli rigidamente sull'utensile di scavo.

Qualora sia utilizzata l'idrofresa è possibile realizzare i giunti senza impiego dei tubi-spalla, provvedendo ad alesare i pannelli primari già gettati.

#### 24.5.f Posizionamento dell'armatura e di altri elementi

L'Appaltatore dovrà rispettare le prescrizioni di cui al § 8.7 della UNI 1538.

#### 24.5.g Getto del calcestruzzo

Per quanto riguarda le modalità di preparazione e trasporto del calcestruzzo si rimanda alle specifiche tecniche di cui alla Sezione "Manufatti in conglomerato cementizio".

Prima del getto si provvederà al controllo delle caratteristiche del fango ed, eventualmente, alla sostituzione del fango di perforazione fino al raggiungimento dei prescritti valori.

Per la rimonta del fango di perforazione da sostituire prima del getto, si potrà utilizzare uno dei seguenti sistemi:

- eiettore (air lifting);
- pompa sommersa per fanghi;
- pompa-vuoto applicata in testa al tubo-getto.

Nel caso di scavo con idrofresa l'eventuale dissabbiamento, se necessario, sarà condotto mantenendo l'utensile a fondo foro e prolungando la circolazione inversa del fango.

L'Appaltatore dovrà rispettare le prescrizioni di cui al § 8.8 della UNI 1538, a meno di diverse indicazioni nel presente Capitolato.

Il getto del calcestruzzo avverrà impiegando il tubo di convogliamento. Esso sarà costituito da sezioni non più lunghe di 3.00 m di tubo in acciaio. L'interno del tubo sarà pulito, privo di irregolarità e strozzature. Le giunzioni tra sezione e sezione saranno del tipo filettato, senza manicotto (filettatura in spessore) o con manicotti esterni che comportino un aumento di diametro non superiore a 2.0 cm; sono escluse le giunzioni a flangia.

Il tubo sarà provvisto, all'estremità superiore, di una tramoggia di carico avente una capacità di almeno  $0.5 \pm 0.6$  m<sup>3</sup>, e mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento.

Un supporto per facilitare le operazioni di predisposizione e di accorciamento del tubo getto sarà posto sulle corree di guida.

Prima di installare il tubo getto sarà eseguita una ulteriore misura del fondo foro; qualora lo spessore del deposito superi i 20 cm si provvederà all'estrazione della gabbia d'armatura ed alle operazioni di pulizia.

Al fine di evitare azioni di contaminazione/dilavamento del primo calcestruzzo gettato, prima di iniziare il getto si disporrà entro il tubo, in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo formato da un involucro di carta riempito con vermiculite granulare o palline di polistirolo.

Durante il getto, il tubo convogliatore sarà opportunamente manovrato per un'ampiezza di  $20 \pm 30$  cm, in modo da favorire l'uscita e la risalita del calcestruzzo.

Prima verifica del livello raggiunto, utilizzando uno scandaglio metallico a fondo piatto, il tubo di convogliamento sarà accorciato per tratti successivi nel corso del getto, sempre conservando un'immersione minima nel calcestruzzo di 2,5 m e massima di 6 m (a differenza dei 2 metri minimi richiesti dalla UNI EN 1538 § 8.8 paragrafo 10).

All'inizio del getto si dovrà disporre di un volume di calcestruzzo pari a quello del tubo di getto e di almeno 3 o 4 m di pannello. E' prescritta una cadenza di getto non inferiore a 25 m<sup>3</sup>/ora.

Il getto di un pannello dovrà comunque essere completato in un tempo tale che il calcestruzzo rimanga sempre lavorabile nella zona di rifluimento.

La centrale di confezionamento dovrà quindi consentire la produzione delle quantità di impasto superiori rispetto alle necessità operative: l'intervallo di tempo tra il confezionamento e la posa dovrà essere contenuto entro i limiti stabiliti nella relazione preliminare di accettazione delle miscele.

In presenza di pannelli di lunghezza superiore a 4 m, o forma tale da richiedere l'impiego di due o più tubi getto, questi dovranno essere alimentati in modo sincrono per assicurare la risalita uniforme del calcestruzzo.

Per nessuna ragione il getto dovrà venire sospeso prima del totale riempimento del pannello. A pannello riempito il getto sarà proseguito fino alla completa espulsione del calcestruzzo contaminato dal fango di bentonite.

#### 24.5.h Scapitozzatura

Al fine di rendere il diaframma continuo con la fondazione o di creare un cordolo di collegamento tra le teste dei diaframmi, si rende necessario demolire la parte superiore del pannello, per un'altezza di almeno 1 metro.

La modalità di demolizione della testa del pannello dovrà essere tale da evitare la formazione ed il diffondersi di lesioni nel pannello stesso; a questo scopo si prescrive l'utilizzo di attrezzature di tipo idraulico, che applicano forze statiche in direzione orizzontale concentrate sul perimetro del pannello e provocano una rottura localizzata del calcestruzzo, con una minima influenza sull'armatura.

#### 24.5.i Giunto tipo AVEC

La tenuta idraulica tra pannelli di diaframmi contigui, sia in via provvisoria (fase di cantiere) che nel definitivo (in esercizio) è affidata ad un giunto interno di tenuta idraulica posto in opera durante la realizzazione dei diaframmi strutturali.

Il giunto di tenuta idraulica tipo AVEC o equivalente è costituito da un elemento water-stop elastico munito di apposita palancola metallica portagiunto recuperabile, da interporre tra pannelli contigui.

La modalità di posa degli elementi di tenuta idraulica prevede la realizzazione dei diaframmi per pannelli consequenziali, secondo le seguenti fasi operative:

Fase 1: scavo del setto di apertura pannello e collocazione della palancola portagiunto contenente il giunto elastico di tenuta idraulica;

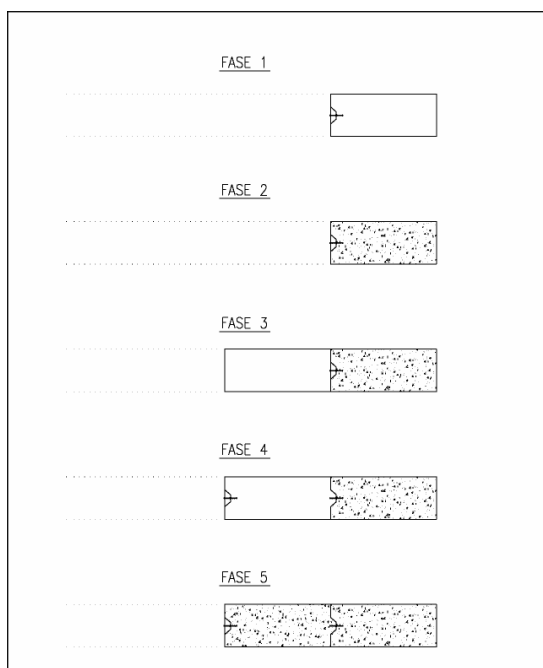
Fase 2: posa dell'armatura e getto del setto di diaframma;

Fase 3: scavo del setto di diaframma adiacente e controllo della verticalità dello scavo;

Fase 4: rimozione della palancola portagiunto (in questa fase il distacco della palancola dal getto avviene tramite l'azione di appositi martinetti oleodinamici contenuti entro la palancola), collocazione della stessa con nuovo giunto elastico, sul lato opposto di scavo;

Fase 5: posa dell'armatura e getto del setto di diaframma.

Nella figura seguente sono rappresentate le fasi realizzative dei diaframmi con giunto tipo AVEC o equivalente.



## 24.6 CONTROLLO DELL'ESECUZIONE

Durante l'esecuzione dei diaframmi dovranno essere controllate le fasi indicate al § 9 della UNI EN 1538, con particolare riferimento al prospetto 3 della stessa.

L'Appaltatore dovrà redigere:

- una scheda indicante i riferimenti e le indicazioni generali relative al calcestruzzo ed al fluido di supporto, usando la scheda riportata nel prospetto B1 della UNI EN 1538;
- una scheda per ogni pannello, usando la scheda riportata nel prospetto B2 della UNI EN 1538.

In presenza di anomalie o differenze rispetto alla stratigrafia prevista, qualora le condizioni reali risultino inferiori a quelle di progetto, l'Appaltatore procederà al riesame della progettazione ed adotterà gli opportuni provvedimenti, concordandoli con la Direzione Lavori.

## 24.7 PROVE DI CARICO

### 24.7.a Generalità

Nei paragrafi che seguono vengono fornite le indicazioni tecniche generali per l'esecuzione di prove di carico su pannelli isolati di fondazione.

Le prove di carico hanno principalmente lo scopo di:

- accertare eventuali gravi deficienze esecutive;
- verificare i margini di sicurezza disponibili nei confronti della rottura del sistema fondazione-terreno;
- valutare le caratteristiche di deformabilità del sistema fondazione terreno.

### DEFINIZIONI

Questa serie di prove è sostanzialmente di tre tipi:

- prove di resistenza meccanica sotto carico (assiale o laterale):
  - prove di collaudo (prova non distruttiva), effettuate sui pannelli definitivi, dei quali non bisogna compromettere l'integrità; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova ( $P_{max}$ ) è in generale pari a 1,5 volte il carico di esercizio ( $P_{es}$ ) (vedere prova specifica);
  - prove a carico limite (prova distruttiva), effettuate sui pannelli appositamente predisposti all'esterno dell'opera, spinti fino a carichi di rottura del sistema pannello-terreno o prossimi ad esso; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova ( $P_{max}$ ) è in generale pari a 2,5 volte il carico di esercizio ( $P_{es}$ ) (vedere prova specifica).
- controlli non distruttivi di integrità del pannello, mediante prove di controllo sonico:
  - carotaggio sonico (down-hole); - prova cross-hole.

Nel seguito, si definiranno due pannelli come appartenenti alla stessa tipologia se avranno le stesse dimensioni in pianta.

### NUMERO E UBICAZIONE DEI DIAFRAMMI DI PROVA

Il numero e l'ubicazione dei pannelli da sottoporre a prova di carico devono essere stabiliti in funzione dell'importanza dell'opera, dell'affidabilità, in termini quantitativi, dei dati geotecnici disponibili e del grado di omogeneità del terreno.

Il numero e l'ubicazione dei pannelli di prova sono di regola definiti dal progettista nelle tavole del progetto esecutivo; se non riportati su queste tavole, tali indicazioni possono essere definite dall'Appaltatore, e comunque sotto approvazione della Direzione Lavori. In particolare, l'Appaltatore al termine dell'esecuzione delle fondazioni proporrà i pannelli da sottoporre a prove di carico. La Direzione Lavori, tenendo soprattutto conto dell'omogeneità dei terreni in cui è installato il lotto di pannelli e dei risultati delle prove a carico limite eseguite per pannelli dello stesso diametro, potrà accettare o modificare la scelta dei pannelli da sottoporre a prova di carico.

In ogni caso devono essere rispettati i seguenti quantitativi minimi (il numero di pannelli corrispondente ad una percentuale dovrà essere arrotondato all'intero superiore).

Prova	Pannelli da testare
Prova (assiale) a carico limite	1 per ogni tipologia di pannello e per terreni equivalenti dal punto di vista geotecnico.
Prova (assiale e laterale) di collaudo	2% dei pannelli con un minimo di 2 pannelli per opera; comunque almeno 1 per ogni tipologia di pannello e per terreni equivalenti dal punto di vista geotecnico
Prova sonora	Almeno il 15% dei pannelli dovranno essere attrezzati, con un minimo di 4 pannelli; la prova si effettua su tutti i pannelli attrezzati.
Prova di ammettenza meccanica Opzionale: a discrezione della Direzione lavori.	Si dovrà eseguire una taratura di tale prova su almeno il 5% dei pannelli, con un minimo di 2; i pannelli da utilizzare per la taratura dovranno essere di sicura efficienza, valutata con prove di tipo sonico. Dopo la taratura si potrà per similitudine procedere alla prova, da estendersi ai pannelli non testati con prova sonica (e quindi fino al 85% dei pannelli).
Prove assiali su pannelli strumentati	Su indicazione del progettista

In particolare, nel 15% dei pannelli attrezzati per prova sonora dovranno essere compresi:

- i pannelli sottoposti a prova di collaudo (2% dei pannelli con un minimo di 2 pannelli per opera);
- i pannelli su cui effettuare la taratura della eventuale prova di ammettenza meccanica (5% sul totale dei pannelli).

Lo scopo di questa organizzazione delle prove è quello di testare l'efficienza di un numero adeguato di pannelli (almeno il 15% sul totale); a discrezione della Direzione Lavori, nel caso si riscontrino risultati non soddisfacenti nel corso delle prove, tutti i pannelli potranno essere testati, ed in particolare il 15% con prova sonora ed il rimanente 85 % con prova di ammettenza meccanica.

Le prove di ammettenza meccanica devono essere tarate su pannelli di cui si sia già accertata l'idoneità tramite prova di carico e/o prova cross-hole; ciò al fine di definire un riferimento di correlazione con cui valutare, a giudizio esclusivo della DL, l'idoneità di pannelli soggetti solo a prove di ammettenza meccanica. In particolare, la taratura di questa prova dovrà essere effettuata su almeno il 5 % dei pannelli con un minimo di 2 pannelli già soggetti a prova di carico e/o prova cross-hole.

Per quanto concerne i controlli basati su prove sonore, da eseguire sui pannelli di medio e grande diametro, considerata la necessità di predisporre all'interno del pannello dei tubi di misura (tubi metallici aventi diametro interno non inferiore a 1"1/2), l'Appaltatore dovrà individuare, in accordo con la Direzione Lavori, i pannelli da sottoporre a tale tipologia di controllo (carotaggio sonico, prove crosshole).

Le caratteristiche dei pannelli di prova (lunghezza, diametro, modalità esecutive, caratteristiche dei materiali, ecc.) dovranno essere del tutto simili a quelle dei pannelli dimensionati in fase di progetto. I terreni in cui questi dovranno essere eseguiti saranno limitrofi all'area di progetto e comunque tali da identificarsi il più possibile con le caratteristiche di quelli presenti nell'area di progetto.

#### 24.7.b Prove di carico assiale

##### DEFINIZIONI DEI CARICHI DI PROVA

I carichi di prova saranno definiti di volta in volta dal progettista, in relazione alle finalità della prova stessa.

Di norma il massimo carico di prova  $P_{prova}$  sarà

- $P_{prova} = 1.5 P_{esercizio}$  per prove di collaudo
- $P_{prova} = P_{lim}$  per prove a carico limite

ove con  $P_{lim}$  si indica quel valore di carico per il quale si raggiunge la condizione di rottura dell'insieme diaframma terreno (§ 2.7.2.6). Ove ciò non sia possibile, la prova deve essere eseguita fino ad un carico pari ad almeno 2.5 volte il carico di esercizio e comunque nei limiti della massima zavorra disponibile in commercio.

##### DISPOSITIVI PER L'APPLICAZIONE E PER LA MISURA DEL CARICO

Il carico sarà applicato mediante uno o più martinetti idraulici, con corsa = 200 mm, posizionati in modo da essere perfettamente centrati rispetto all'asse del pannello.

I martinetti saranno azionati da una pompa idraulica esterna. Martinetti e manometro della pompa saranno corredati da un certificato di taratura recente (<3mesi).

Nel caso di impiego di più martinetti occorre che:

- i martinetti siano uguali;
- l'alimentazione del circuito idraulico sia unica.

La reazione di contrasto sarà di norma ottenuta tramite una zavorra, la cui massa dovrà essere non inferiore alla massa equivalente al massimo carico di prova, incrementato del 20%.

La zavorra sarà sostenuta con una struttura costituita da una trave metallica di adeguata rigidità sui cui estradosso, tramite una serie di traversi di ripartizione, vanno posizionati blocchi di calcestruzzo o roccia.

In alternativa la zavorra potrà essere sostituita con:

- pannelli di contrasto, dimensionati a trazione (non facenti parte di alcuna fondazione definitiva);
- tiranti di ancoraggio collegati ad un dispositivo di contrasto.

In questi casi si avrà cura di ubicare i pannelli o i bulbi di ancoraggio dei tiranti a sufficiente distanza dal pannello di prova (minimo 5 metri).

L'Appaltatore, nel caso di prove di carico con pannelli di contrasto, dovrà redigere un progetto dettagliato delle prove di carico indicando numero, interassi, dimensioni, e lunghezza dei pannelli.

Qualora sia richiesto l'uso di una centralina oleodinamica preposta a fornire al/ai martinetti la pressione necessaria, questa dovrà essere di tipo sufficientemente automatizzato per poter impostare il carico con la velocità richiesta, variarla in caso di necessità e mantenere costante il carico durante le soste programmate.

Per realizzare ciò si può disporre di un sistema di comando costituito da un pannello di facile utilizzo (oppure di una tastiera collegata all'eventuale microprocessore di controllo); per misurare il carico applicato alla testa del pannello si interporrà tra il martinetto di spinta ed il pannello una cella di carico del tipo ad estensimetri elettrici con opportuno fondo scala.

Nel caso non fosse disponibile tale tipo di cella, il carico imposto al pannello verrà determinato in base alla pressione fornita ai martinetti misurata con un manometro oppure, dove previsto, misurata con continuità da un trasduttore di pressione collegato al sistema di

acquisizione automatico e, in parallelo, con un manometro.

Il manometro ed il trasduttore di pressione, se utilizzati, dovranno essere corredati da un rapporto di taratura rilasciato da non più di 3 mesi da un laboratorio ufficiale.

Lo strumento di misura dovrà avere fondo scala e precisione adeguati e non inferiore al 5% del carico applicato per i manometri e del 2% per le celle di carico.

Il quadrante del manometro dovrà avere tacche di divisione adeguata alla agevole lettura con la precisione richiesta.

E' obbligatorio l'inserimento di un dispositivo automatico in grado di mantenere costante ( $\pm 20\text{kN}$ ) il carico applicato sul pannello, per tutta la durata di un gradino di carico ed indipendentemente dagli abbassamenti della testa del pannello.

#### DISPOSITIVI PER LA MISURA DEI CEDIMENTI

Saranno utilizzati tre comparatori centesimali, con corsa massima non inferiore a 50 mm, disposti a circa  $120^\circ$  intorno all'asse verticale del pannello. Il sistema di riferimento sarà costituito da una coppia di profilati metallici poggianti su picchetti infissi al terreno ad una distanza di almeno 5 metri dal pannello.

Il sistema sarà protetto dall'irraggiamento solare nella maniera ritenuta più idonea.

Preliminarmente all'esecuzione delle prove saranno eseguiti cicli di misure allo scopo di determinare l'influenza delle variazioni termiche e/o di eventuali altre cause di disturbo.

Dette misure, compreso anche il rilievo della temperatura, saranno effettuate per un periodo di 24 ore con frequenze di 2 ore circa.

#### PREPARAZIONE DEI PANNELLI DA SOTTOPORRE A PROVA

I pannelli prescelti saranno preparati mediante regolarizzazione della testa previa scapitozzatura del cls e messa a nudo del fusto per un tratto di 50 cm. Nel tratto esposto saranno inserite n.3 staffe metalliche, a  $120^\circ$ , per la successiva apposizione dei micrometri.

Sopra la testa regolarizzata si stenderà uno strato di sabbia di circa 3 cm di spessore, oppure una lastra di piombo. Si provvederà quindi a poggiare una piastra metallica di ripartizione del carico di adeguata superficie, in modo da ricondurre la pressione media sul conglomerato a valori compatibili con la sua resistenza a compressione semplice.

#### REALIZZAZIONE DEL CONTRASTO

La zavorra sarà messa a dimora dopo avere preliminarmente posizionato la trave di sostegno su due appoggi laterali, posti a circa 3 metri dall'asse del pannello.

L'altezza dei due appoggi deve essere sufficiente a consentire il posizionamento dei martinetti e dei relativi centratori e del sistema di riferimento per la misura dei cedimenti. In ogni caso l'altezza deve essere tale da consentire le operazioni di lettura con sufficiente agio ( $h_{\min} = 1.5\text{ m}$ ). Tra i martinetti e la trave sarà interposto un dispositivo di centramento del carico, allo scopo di eliminare il pericolo di ovalizzazione del pistone. Questo dispositivo può essere realizzato mediante un giunto a rotula, costituito da una sfera di acciaio  $\varnothing 50\text{ mm}$  circa, inserita entro due piastre metalliche dotate di opportune cavità porta-sfera.

Gli stessi accorgimenti saranno adottati anche nel caso in cui la trave o struttura di contrasto farà capo a pannelli o tiranti di ancoraggio.

#### PROGRAMMA DI CARICO

Il programma di carico sarà definitivo di volta in volta, in relazione alla finalità della prova.

Di norma si farà riferimento al seguente schema, che prevede due cicli di carico e scarico, da realizzarsi come di seguito specificato.

##### 1° Ciclo

Applicazione di "n" ( $n \geq 4$ ) gradini di carico successivi, di entità pari a  $\Delta P$ , fino a raggiungere il carico Pes

In corrispondenza di ciascun gradino di carico si eseguiranno misure dei cedimenti con la seguente frequenza:

- $t = 0$  (applicazione del carico)
- $t = 2'$
- $t = 4'$
- $t = 8'$
- $t = 15'$

Si proseguirà quindi ogni 15' fino a raggiunta stabilizzazione, e comunque per non più di 2 ore.

Il cedimento è considerato stabilizzato se, a parità di carico, è soddisfatta la seguente condizione tra due misure successive ( $\Delta t = 15'$ ):  $\delta s \leq 0.025\text{ mm}$ .

Per il livello corrispondente a Pes il carico viene mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi si procede allo scarico mediante almeno 3 gradini, in corrispondenza dei quali si eseguono misure a  $t = 0$ ;  $t = 5'$ ;  $t = 10'$  e  $t = 15'$ .

Allo scarico le letture verranno eseguite anche a  $t = 30'$ ,  $t = 45'$  e  $t = 60'$ .

##### 2° Ciclo

Applicazione di "m" ( $m \geq 9$ ) gradini di carico  $\Delta P$  fino a raggiungere il carico Pprova (vedere 2.7.2.1).

In corrispondenza di ogni livello di carico si eseguiranno misure di cedimento con la stessa frequenza e limitazioni di cui al 1° Ciclo.

Il carico Pprova quando è minore di Plim, sarà mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi il pannello sarà scaricato mediante almeno 3 gradini (di entità  $3 \Delta P$ ) con misure a  $t = 0$ ,  $t = 5'$ ,  $t = 10'$  e  $t = 15'$ . A scarico ultimato si eseguiranno misure fino a  $t = 60'$ . Una lettura finale dovrà essere effettuata 12 ore dopo che il pannello è stato completamente scaricato.

Nel caso di prove a carico limite, si considererà raggiunto il carico limite Plim, e conseguentemente si interromperà la prova, allorquando risulti verificata una delle seguenti condizioni:

- cedimento ( $P_{\text{lim}}$ )  $\geq 2$  cedimento ( $P_{\text{lim}} - \Delta P$ )
- cedimento ( $P_{\text{lim}}$ )  $> 0.10$  s ove s indica lo spessore del pannello.

In ogni caso, il carico limite deve essere superiore a 2.5 volte il carico di esercizio.

#### DOCUMENTAZIONE DELLE PROVE

Le misure dei cedimenti saranno registrate utilizzando moduli contenenti:

- il n° del pannello;
- l'orario di ogni singola operazione;
- la temperatura;
- il carico applicato;

- il tempo progressivo di applicazione del carico;
- le corrispondenti misure di ogni comparatore;
- i relativi valori medi;
- le note ed osservazioni.

Le tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento costituiranno il verbale della prova.

La documentazione fornita dall'esecutore della prova dovrà comprendere i seguenti dati:

- tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento con le indicazioni singole dei comparatori e la loro media aritmetica; sono richieste anche le fotocopie chiaramente leggibili della documentazione originale di cantiere.
- diagrammi carichi-cedimenti finali per ciascun comparatore e per il valore medio;
- diagrammi carichi-cedimenti (a carico costante) per ciascun comparatore e per il valore medio;
- numero di identificazione e caratteristiche nominali del pannello (lunghezza, sezione);
- stratigrafia del terreno rilevata durante la perforazione;
- geometria della prova (dispositivo di contrasto, travi portamicrometri, etc.);
- disposizione, caratteristiche e certificati di taratura della strumentazione; scheda tecnica del pannello, preparata all'atto dell'esecuzione.
- relazione tecnica riportante l'elaborazione dei dati e l'interpretazione della prova medesima nonché l'individuazione del carico limite con il metodo delle inverse pendenze.

#### 24.7.c Prove di carico laterale

Queste prove sono da prevedersi nei casi in cui ai pannelli di fondazione è affidato il compito di trasmettere al terreno carichi orizzontali di rilevante entità.

Il numero ed i pannelli da sottoporre a prova dovrà essere dell'1% dei pannelli e, comunque, almeno su un pannello per ogni opera.

Nella esecuzione delle prove ci si atterrà alle prescrizioni già impartite per le prove di carico assiale salvo quanto qui di seguito specificato.

Il contrasto sarà di norma ottenuto utilizzando un pannello di caratteristiche geometriche analoghe, distante almeno 3 m. Il martinetto sarà prolungato mediante una trave di opportuna rigidità.

Gli spostamenti saranno misurati su entrambi i pannelli. Si utilizzeranno per ciascun pannello 2 coppie di comparatori centesimali fissati alla stessa quota; la prima coppia sarà disposta in posizione frontale rispetto alla direzione di carico; la seconda coppia sarà disposta in corrispondenza dell'asse trasversale alla direzione di carico.

#### 24.7.d Prove di carico su pannelli strumentati

##### GENERALITÀ

Quando richiesto, le prove di carico, oltre che per definire la curva carico cedimento alla testa del pannello, avranno lo scopo di valutare l'entità e la distribuzione delle sollecitazioni e/o delle deformazioni con la profondità.

Pertanto dovrà essere predisposta una adeguata strumentazione lungo il pannello, e anche alla base del pannello stesso. I dispositivi indicati nel presente paragrafo sono pertanto da considerarsi aggiuntivi rispetto a quanto descritto nei paragrafi precedenti.

L'identificazione dei pannelli soggetti a prova come sopra specificato dovrà essere tassativamente effettuata prima dell'inizio dei lavori e mantenuta invariata per tutta la durata di questi. Questa prescrizione è dovuta al fatto che i pannelli sottoposti alle prove finali dovranno essere dotati di attrezzature e/o strumentazioni inglobate all'interno della propria struttura e necessarie per l'esecuzione delle prove stesse.

Per i pannelli strumentati, ad ultimazione del getto, verrà eseguito un controllo generale della strumentazione per constatare eventuali guasti dovuti alle operazioni di realizzazione del pannello.

Ulteriori controlli con registrazione dei dati verranno eseguiti a 7, 14 e 28 giorni ed immediatamente prima della prova di carico. Quest'ultima costituirà la misura di origine per le successive letture.

##### STRUMENTAZIONE PER LE PROVE DI CARICO ASSIALE

###### STRUMENTAZIONE LUNGO IL FUSTO DEL PANNELLO

Il numero e l'ubicazione delle sezioni strumentate sarà stabilito di volta in volta in accordo con la Direzione Lavori. In ogni caso dovranno essere previste almeno 3 sezioni strumentate.

Indicativamente la sezione strumentata superiore sarà ubicata in prossimità della testa del pannello, esternamente al terreno.

Qualora non fosse possibile realizzare la sezione strumentata di testa al disopra del piano lavoro, dopo l'esecuzione del pannello si procederà ad isolare il pannello dal terreno sovrastante fino alla quota della sezione strumentata di testa; in questo caso la sezione strumentata di testa sarà posizionata il più vicino possibile al piano lavoro. Le dimensioni geometriche di questa sezione strumentata dovranno essere accuratamente misurate prima delle prove. Tale sezione consentirà di avere indicazioni sul modulo del calcestruzzo in corrispondenza dei vari gradini di carico e sarà di riferimento per il comportamento di tutte le altre.

Ogni sezione strumentata sarà costituita da almeno 4 estensimetri elettrici disposti ai vertici della sezione. Le celle estensimetriche saranno fissate all'armatura longitudinale e protette dal contatto diretto con il calcestruzzo.

Esse saranno corredate di rapporto di taratura rilasciato da un laboratorio ufficiale. Per ogni sezione strumentata si ammetteranno tolleranze non superiori a 10 cm rispetto alla quota teorica degli estensimetri elettrici.

###### STRUMENTAZIONE ALLA BASE DEL PANNELLO

La sezione verrà ubicata a 1 metro circa dalla base del pannello; essa sarà strumentata mediante una o più celle di carico costituite da estensimetri elettrici.

In aggiunta, la misura degli spostamenti alla base del pannello verrà realizzata con un estensimetro meccanico a base lunga. Esso misurerà le deformazioni relative tra la base e la testa del pannello.

L'ancoraggio dello strumento sarà posizionato alla quota degli estensimetri elettrici e la misura sarà riportata in superficie mediante un'asta di acciaio rigida avente coefficiente di dilatazione termica comparabile con quello del calcestruzzo.

Sarà eliminato il contatto con il calcestruzzo circostante mediante una tubazione rigida di acciaio di circa 1" di diametro esterno.

Particolare cura sarà posta nel rendere minimo l'attrito tra asta interna e tubazione esterna utilizzando, ad esempio, distanziali di materiale antifrizione e altri sistemi analoghi, prestando attenzione ad usarne un numero sufficiente, ma non eccessivo.

Occorrerà garantire una perfetta tenuta tra l'ancoraggio ed il tubo esterno al fine di

evitare intrusioni di calcestruzzo nell'intercapedine asta-tubo di protezione all'atto del getto, pena il non funzionamento dello strumento. Come per gli altri tipi di tubazione anche questa sarà portata sino in superficie a fuoriuscire dalla testa del pannello. In questo punto verranno installati dei trasduttori di spostamento lineari con fondo scala di circa 20 ÷ 30 mm e precisione dello 0.2% del fondo scala, per la misura in continuo degli spostamenti relativi fra il tubo di protezione (testa del pannello) e l'ancoraggio solidale alla base del pannello. La testa di questo strumento andrà adeguatamente protetta contro avverse condizioni atmosferiche, contro urti meccanici accidentali e contro le variazioni di temperatura.

#### **METODOLOGIE D'INSTALLAZIONE DEGLI ESTENSIMETRI ELETTRICI**

Gli estensimetri andranno fissati alle staffe dell'armatura e saranno dotati di barre di prolunga in acciaio da entrambi i lati non inferiori a 50 cm.

Gli strumenti saranno adeguatamente protetti da possibili urti del tubo getto con rinforzi e protezioni in acciaio da definirsi sul posto.

Tutti i cavi elettrici provenienti dagli estensimetri dovranno essere protetti dal diretto contatto meccanico con i ferri d'armatura, i quali non sempre sono privi di asperità che potrebbero incidere le guaine, alterandone il fattore di isolamento.

Quest'ultima condizione può essere realizzata con diverse modalità; se ne riporta qui di seguito un esempio.

I cavi singoli andranno protetti con tubazioni di PVC rinforzate sino alla testa del pannello o sino a confluire in tubi di acciaio verticali, in genere di circa 2" di diametro, ognuno dei quali provvede a proteggere un certo numero di cavi sino all'uscita dalla testa.

Normalmente si farà in modo che le tubazioni da inserire nella gabbia siano simmetricamente disposte all'interno della sezione.

L'uscita dei cavi dalla testa del pannello non dovrà costituire un ingombro alle operazioni successive.

#### **STRUMENTAZIONE PER LE PROVE DI CARICO LATERALE**

La strumentazione consisterà in almeno un tubo inclinometrico da inserire nel getto.

Le modalità di misura saranno analoghe a quanto indicato nella Specifica di Controllo Qualità relativamente ai controlli da effettuare in fase di scavo. Se richiesto dalla Direzione Lavori anche i pannelli sottoposti a prove di carico laterale potranno avere sezioni strumentate con estensimetri elettrici a varie profondità.

##### **24.7.e Prove di controllo sonico**

Le prove di controllo sonico consistono in:

- carotaggio sonico,
- prove cross-hole.

Si prescrive in generale l'utilizzo di prove cross-hole, a meno di diversa indicazione data dal progettista o dalla Direzione Lavori.

Le prove verranno eseguite non prima di 28 giorni dal termine delle operazioni di getto.

Qualora, dai risultati delle prove di cui sopra eseguite sui pannelli, si fossero evidenziati elementi tali da poter presumere gravi deficienze rispetto alle prescrizioni del Capitolato Speciale d'Appalto e alle disposizioni della Direzione Lavori, in corso d'opera potrà essere prevista l'esecuzione di carotaggi continui meccanici, a cura e spese dell'Impresa. Il carotaggio dovrà essere eseguito con utensili e attrezzature tali da garantire la verticalità del foro e consentire il prelievo continuo, allo stato indisturbato, del conglomerato e se richiesto del sedime d'imposta. Allo scopo saranno impiegati doppi carotieri provvisti di corona diamantata aventi diametro interno minimo pari a mm 60. Nel corso della perforazione dovranno essere rilevate le caratteristiche macroscopiche del conglomerato e le discontinuità eventualmente presenti, indicando in dettaglio la posizione e il tipo delle fratture. Su alcuni spezzoni di carota saranno eseguite prove di laboratorio atte a definire le caratteristiche fisico-meccaniche del calcestruzzo. Al termine del carotaggio si provvederà a riempire il foro mediante boiaccia di cemento, immessa dal fondo foro.

#### **CAROTAGGIO SONICO**

##### **Descrizione della prova**

Il metodo di misura consiste nella esecuzione di un carotaggio nel pannello già eseguito e nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel calcestruzzo circostante, seguendo un percorso parallelo all'asse del tubo.

La sonda sonica è composta da un elemento emettitore ed uno ricevitore, distanziati normalmente di 0,50 m.

##### **Modalità e frequenze di esecuzione**

La sonda viene fatta scorrere all'interno del foro ad intervalli regolari di profondità, almeno ogni 5 cm; l'elemento emettitore genera un impulso che raggiunge il ricevitore dopo essersi propagato nel calcestruzzo.

Il risultato delle misure è una diagrafica a "densità variabile" che visualizza lo stato di integrità oppure la presenza di anomalie del calcestruzzo.

Questo tipo di prove dovrà essere eseguito quando l'Appaltatore e/o la Direzione Lavori, a seguito di altre prove o riscontri, abbiano fondati dubbi sulla corretta esecuzione ed integrità del pannello stesso.

A giudizio della Direzione Lavori, in alternativa alla prova come sopra descritta, si potrà procedere a prove del tipo vibrazionale eseguite dalla testa del pannello.

#### **PROVE CROSS-HOLE**

##### **Descrizione della prova**

Le misure di cross-hole (impulso su percorso orizzontale) sonico consistono nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel calcestruzzo interposto tra tubi di misura.

Per l'esecuzione della prova è necessario aver predisposto tutti i tubi necessari all'interno del pannello prima dell'esecuzione del getto.

Il numero minimo di tubi da predisporre nel pannello dipende dalla dimensione più piccola del pannello stesso:

- per dimensioni inferiori a 80 cm, almeno tre tubi, disposti allineati;
- per dimensioni superiori a 80 cm (compreso), almeno 6 tubi, disposti ai vertici di un rettangolo e nel punto medio dei due lati più lunghi.

##### **Frequenza e modalità di esecuzione**

Prima dell'esecuzione della prova i tubi devono essere riempiti con acqua dolce.

In uno di questi viene introdotta la sonda emettitrice, nell'altro quella ricevente. Le due sonde vengono contemporaneamente fatte scorrere all'interno dei due tubi; ad intervalli regolari di profondità la sonda emettitrice genera un impulso sonico che raggiunge l'altra sonda dopo aver attraversato il calcestruzzo.

Le misure debbono essere eseguite almeno ogni 10 cm. di avanzamento delle sonde nelle tubazioni predisposte.

Il segnale sonico modula il pennello elettronico di un oscilloscopio la cui traccia sincronizzata sull'istante di emissione, viene fatta traslare della stessa quantità ad ogni emissione di impulso.

L'esito delle prove sarà registrato con strumentazione digitale.

Nel caso si individuassero anomalie, le misure saranno ripetute con le sonde a quote diverse tra loro, al fine di stabilire se l'anomalia riscontrata è dovuta ad un piano di discontinuità oppure è provocata da cavità o inclusioni nel getto di calcestruzzo.

#### **24.7.f Prove di ammettenza meccanica**

Le prove di ammettenza meccanica (transient dynamic response test) costituiscono un metodo rapido di accertamento dell'integrità del pannello.

I pannelli soggetti a prova di carico assiale possono essere sottoposti anche a prova di ammettenza meccanica, su richiesta della Direzione Lavori.

La correlazione dei risultati delle due prove potrà consentire di valutare anche la capacità portante dei pannelli non soggetti a prova di carico assiale sui quali venga eseguita la prova di ammettenza meccanica.

#### **Modalità di esecuzione**

La prova può essere effettuata colpendo la testa del pannello con un piccolo martello contenente un trasduttore di forza.

L'eccitazione dinamica dovrà invece essere ottenuta preferibilmente mediante un eccitatore a masse eccentriche, in grado di applicare una forza oscillante secondo una sinusoide di frequenza nota, variabile in genere da 20 a 100 Hz.

Il pannello deve essere preparato mediante spianamento e regolarizzazione della testa; lo spessore della malta deve essere non superiore a 5 cm.

L'impiego di eccitatore a masse eccentriche determina la necessità di inserire nella testa del pannello dei tirafondi di ancoraggio.

I segnali di forza e velocità sono elaborati digitalmente e memorizzati nel posto tramite una centralina di registrazione ed elaborazione dati.

Su un grafico viene registrato l'andamento della curva velocità/forza (ammettenza meccanica) in funzione della frequenza di eccitazione.

La curva ottenuta è funzione del modulo  $E_c$  del conglomerato cementizio, della rigidezza del terreno laterale di appoggio e della geometria del pannello.

#### **NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 25 DIAFRAMMI PLASTICI**

I requisiti di base per i materiali e per la tecnologia esecutiva delle opere sono di regola definiti dal progettista nelle tavole del progetto esecutivo; se non riportati su queste tavole, tali indicazioni possono essere definite dall'Appaltatore e sono da sottoporre alla Direzione Lavori per approvazione. Nel seguito saranno date, laddove ritenute opportune, delle indicazioni di riferimento per l'Appaltatore, da considerarsi di minima e da utilizzare laddove non in contrasto con quanto riportato sugli elaborati grafici.

Per diaframma plastico si intendono due tipologie di muro:

- muro di calcestruzzo plastico così come definito al § 3.5 della norma europea UNI EN 1538, che utilizza calcestruzzo plastico così come definito al § 3.11 della stessa.
- muro di malta liquida così come definito al § 3.4 della norma europea UNI EN 1538, che utilizza malta liquida autoindurente così come definito al § 3.10 della stessa.

E' preferibile l'utilizzo di un muro di calcestruzzo plastico, soprattutto nel caso di scavi profondi.

L'Appaltatore sarà tenuto all'osservanza di tutte le normative cogenti a livello nazionale in merito ai contenuti delle presenti prescrizioni; a queste si aggiungeranno tutte le norme e le istruzioni tecniche non cogenti che verranno richiamate nei successivi paragrafi.

In aggiunta dovranno essere rispettate le seguenti normative e prescrizioni, compresi gli eventuali aggiornamenti, modifiche ed integrazioni:

- UNI EN 1538:2002. 01/05/02. Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Diaframmi.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****25.1 MURO DI MALTA LIQUIDA**

Per quanto riguarda i materiali, si dovranno rispettare:

- le prescrizioni generali riportate nel § 6.2 della UNI EN 1538, comprendenti anche il tipo di cemento da utilizzare;
- per la bentonite in polvere, le prescrizioni del § Fanghi bentonitici del presente Capitolato;
- per le caratteristiche dell'acqua, le prescrizioni del § Fanghi bentonitici del presente Capitolato;
- per gli eventuali additivi, le norme UNI di riferimento;
- per la malta liquida autoindurente al § 6.4 della UNI EN 1538.

La miscela autoindurente è composta da una miscela ternaria a base di acqua/cemento/bentonite. La composizione più adatta viene generalmente messa a punto prima in laboratorio poi in cantiere, con opportune prove di qualificazione, da sottoporre alla Direzione Lavori per approvazione.

In generale i rapporti tra i tre suddetti componenti sono pari a:

- Rapporto cemento/acqua = 0.18 - 0.30 (in peso)
- Rapporto bentonite/acqua = 0.05 - 0.07 (in peso)

I dosaggi solitamente utilizzati per metro cubo di miscela sono indicativamente i seguenti:

- acqua: 900 - 950 litri
- cemento: 200 - 250 kg
- bentonite: 45 - 55 kg

Tale miscela è caratterizzata dai seguenti parametri:

- Densità circa 1.15 - 1.20 t/m<sup>3</sup>
  - Viscosità Marsh circa 35 - 50 sec
  - Resa volumetrica circa 95 - 99 %
  - Resistenza a compressione E.L.L. (a 28 gg) circa 2 - 10 kg/cm<sup>2</sup>
  - Deformazione (al 50% della rottura) circa 0.2 - 0.4 %
  - Modulo (al 50% della rottura) circa 700-2000 kg/cm<sup>2</sup>
- La permeabilità media a 28 gg dovrà essere inferiore a 5e-6 cm/s.

In terreni aridi sarà buona norma aggiungere a tale miscela idonei additivi mirati ad evitare la perdita di acqua con conseguente degrado delle caratteristiche finali della miscela.

**25.2 MURO DI CALCESTRUZZO PLASTICO**

Per quanto riguarda il calcestruzzo plastico, si dovrà fare riferimento all'appendice A della UNI EN 1538.

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Si dovranno rispettare le prescrizioni per diaframmi di calcestruzzo. In particolare dovranno essere specificate le proprietà di permeabilità, resistenza e deformazione del materiale del muro, nonché i metodi di prova (§ 4 della UNI EN 1538).

Se non diversamente indicato nei disegni di progetto, la permeabilità media (a 28 gg) dovrà essere inferiore a 5x10<sup>-6</sup> cm/sec.

**25.3 MODALITÀ ESECUTIVE**

Le modalità esecutive per la realizzazione di un diaframma plastico in miscela autoindurente, possono essere riassunte schematicamente nelle seguenti fasi:

- tracciamento e realizzazione dei muretti guida;
- scavo di una serie di elementi primari con asportazione del terreno, utilizzando la stessa miscela plastica autoindurente per sostenere

le pareti di scavo;

- scavo di elementi intermedi secondari con ravvivamento della superficie verticale relativa alle estremità dei pannelli primari precedentemente eseguiti; con questa seconda fase si realizza pertanto un diaframma impermeabile continuo.

In casi particolari, quali quello di scavi molto profondi, sarà necessario eseguire la perforazione in presenza di fango bentonitico da sostituire, a fine scavo, con la miscela plastica autoindurente.

#### **25.4 CONTROLLO DELL'ESECUZIONE**

Durante l'esecuzione dei diaframmi, rispettivamente con calcestruzzo plastico o con malta autoindurente, dovranno essere controllate le fasi indicate al § 9 della UNI EN 1538, con particolare riferimento al prospetto 6 e 7 della stessa.

L'Appaltatore dovrà redigere:

- una scheda indicante i riferimenti e le indicazioni generali relative al calcestruzzo ed al fluido di supporto, usando la scheda riportata nel prospetto B8 o B10 della UNI EN 1538;
- una scheda per ogni pannello, usando la scheda riportata nel prospetto B9 o B1 1 della UNI EN 1538.

#### **NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 26 PALANCOLATE**

Per palancolato si intende una diaframmatura realizzata mediante infissione nel terreno di profilati in genere metallici, i cui bordi laterali (gargami) sono sagomati in modo da realizzare una opportuna guida all'infissione del profilato adiacente, disposto in posizione simmetricamente rovesciata.

In alcuni casi possono essere utilizzate palancole in cemento armato, prefabbricate in stabilimento, eventualmente precompresso con la tecnica dei fili aderenti.

L'Appaltatore sarà tenuto all'osservanza di tutte le normative cogenti a livello nazionale in merito ai contenuti delle presenti prescrizioni; a queste si aggiungeranno tutte le norme e le istruzioni tecniche non cogenti che verranno richiamate nei successivi paragrafi.

In aggiunta dovranno essere rispettate le seguenti normative e prescrizioni, compresi gli eventuali aggiornamenti, modifiche ed integrazioni:

- UNI EN 12063:2002 01/04/02 Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Palancole

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****26.1 PALANCOLATE METALLICHE**

Le palancole nuove devono essere conformi alla UNI EN 10248 e alla UNI EN 10249. Le palancole riutilizzate devono essere conformi almeno alle specifiche di progetto per quanto concerne tipo, dimensioni, qualità, e classe di acciaio.

Dovranno essere utilizzati profilati aventi forma, sezione, spessore, lunghezza, conformi a quanto previsto dal progetto o, nel caso di impieghi di carattere provvisorio, comunque sufficienti a resistere alle massime sollecitazioni, sia in esercizio che durante le fasi di infissione ed estrazione.

Salvo differenti indicazioni riportate nei disegni di progetto, l'acciaio delle palancole dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- tensione di rottura  $f_t$  510 N/mm<sup>2</sup>
- limite elastico  $f_y$  355 N/mm<sup>2</sup>.

La superficie delle palancole dovrà essere convenientemente protetta con una pellicola di bitume o altro materiale protettivo. I gargami e le corree dovranno essere perfettamente allineati e puliti.

Vernici, rivestimenti e altri sistemi anticorrosione di elementi di acciaio devono essere conformi alle specifiche di progetto.

Nel caso di opere provvisorie è consentito l'impiego di palancole già usate, purché in buono stato e non danneggiate, tali da garantire le previste condizioni di resistenza e tenuta. Tipo e qualità del materiale potranno essere diversi da quanto indicato in progetto. In ogni caso occorrerà effettuare un rilievo geometrico delle sezioni dei profili, con precisione  $\pm 1$  mm, oltre alle necessarie analisi statiche giustificanti la possibilità di sostituzione. Sarà cura dell'Appaltatore presentare alla Direzione Lavori tale relazione di calcolo in base ai materiali realmente utilizzati in cantiere.

A discrezione della Direzione Lavori, le palancole potranno essere sottoposte a prove meccaniche e chimiche al fine di verificare la corrispondenza della fornitura con quanto definito nel progetto e nel Capitolato.

Le eventuali saldature eseguite sulle palancole dovranno essere eseguite seguendo le indicazioni riportate all'appendice B della UNI EN 12063.

**26.2 PALANCOLATE IN C.A. PREFABBRICATE**

Per le opere realizzate in conglomerato cementizio si utilizzeranno le specifiche di controllo, le modalità di qualifica, verifica e certificazione riportate alla sezione relativa alle Opere in Conglomerato Cementizio.

Di norma queste palancole dovranno essere prodotte in stabilimento utilizzando:

- calcestruzzo dosato con 350 Kg/m<sup>3</sup> di cemento pozzolanico tipo 425, centrifugato;
- armatura in acciaio tipo Fe B44k controllato, ad aderenza migliorata. E' ammesso, se previsto da progetto, l'impiego di palancole a sezione cava.

L'armatura dovrà essere opportunamente staffata, con infittimento delle barre alla punta ed al calcio della palancola. Ove previsto da progetto, potrà essere adottata la precompressione con il sistema a fili aderenti.

In punta le palancole dovranno essere rinforzate mediante taglianti in acciaio di adeguati spessori e forme.

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alle indagini necessarie ad accertare la eventuale presenza di manufatti interrati di qualsiasi natura (cunicoli, tubazioni, cavi, etc.) che possono interferire con le palancole da realizzare o che possano essere danneggiati o comunque arrecare danno durante l'effettuazione dei lavori.

Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alle eventuali opere di deviazione e/o rimozione di tali ostacoli prima dell'inizio delle operazioni di infissione, salvo diversa indicazione data nello specifico dal presente capitolato.

Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore dovrà eseguire il tracciamento delle opere identificando la posizione sul terreno mediante infissione di appositi picchetti in corrispondenza dell'asse di ciascuna opera da realizzare.

L'Appaltatore dovrà verificare e fare in modo che il numero, la potenza e la capacità operativa delle attrezzature siano tali da consentire una produttività congruente con i programmi di lavoro previsti. Sarà altresì cura dell'Appaltatore selezionare ed utilizzare le attrezzature più adeguate alle condizioni ambientali, stratigrafiche ed idrogeologiche dei terreni.

Sarà cura dell'Appaltatore adottare tutti gli accorgimenti necessari ad attenuare i disturbi alle persone derivanti dalla vibrazione e dai rumori connessi con le attività di scavo e/o infissione. Sarà altresì cura dell'Appaltatore evitare che le diverse operazioni possano arrecare danno ad opere e manufatti preesistenti.

Sarà cura dell'Appaltatore provvedere all'immediato trasporto a rifiuto di tutti i materiali di risulta provenienti dalle lavorazioni connesse con l'installazione delle palancole.

Nel caso in cui, durante il corso dei lavori, l'Appaltatore ritenga opportuno variare le metodologie esecutive precedentemente approvate, sarà sua cura effettuare le nuove prove tecnologiche preliminari eventualmente necessarie e sottoporle alla Direzione Lavori per accettazione.

In fase esecutiva, l'Appaltatore dovrà provvedere a tutti gli accorgimenti o a tutte le opere provvisorie che riterrà necessari ed opportuni per garantire le migliori condizioni di sicurezza ed evitare qualsiasi danno ai fabbricati e/o ai manufatti adiacenti, essendo comunque a carico dell'Appaltatore tutti gli oneri e i costi connessi alla realizzazione ed al progetto di dettaglio di tutte le opere provvisorie. Restano in ogni caso a carico dell'Appaltatore gli oneri conseguenti al ripristino dei danni provocati dalla realizzazione delle opere.

L'Appaltatore non potrà richiedere alcun compenso per il fatto che, a seguito di prescrizioni di autorità terze competenti, i lavori per la costruzione dei pannelli debbano eseguirsi in orario notturno o per fasi, secondo un programma fissato dalla Direzione Lavori.

Sarà cura dell'appaltatore far eseguire tutti i controlli e le prove (sia preliminari che in corso d'opera) prescritti dal presente Capitolato, così come quelli integrativi che a giudizio della Direzione Lavori si rendessero necessari per garantire le qualità e le caratteristiche previste da progetto.

#### SOGGEZIONI GEOTECNICHE E AMBIENTALI

In merito ai limiti delle vibrazioni, l'Appaltatore dovrà assicurare il rispetto delle seguenti norme, oltre a quanto desumibile dallo stato dell'arte, al fine di ridurre danni alle strutture e disturbo ai residenti:

- UNI 9614:1990. 31/03/1990. Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo.
- UNI 99 16:2004. 01/04/2004. Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici
- UNI 11048:2003. 01/03/2003. Vibrazioni meccaniche ed urti - Metodo di misura delle vibrazioni negli edifici al fine della valutazione del disturbo.

L'Appaltatore dovrà comunicare alla Direzione Lavori i provvedimenti che intende adottare nel caso del superamento dei limiti stessi (indicati all'interno della UNI 9614).

A sua discrezione, la Direzione Lavori potrà, con riferimento a quanto proposto, richiedere che l'Appaltatore provveda ad eseguire un campo prove per l'effettuazione di misure di controllo delle vibrazioni indotte al contorno, con oneri e spese relative a carico del medesimo Appaltatore.

#### DOCUMENTAZIONE PRELIMINARE

L'Appaltatore dovrà presentare, con debito anticipo, alla Direzione Lavori una relazione illustrativa delle modalità di esecuzione, dell'organizzazione di cantiere e delle varie fasi operative. Tale relazione dovrà in particolare contenere tutte le informazioni elencate al § 4 della UNI EN 12063, oltre alle seguenti indicazioni:

- le procedure operative e le modalità di esecuzione delle opere;
- l'elenco e la specifica delle apparecchiature da utilizzare (conformi alle caratteristiche indicate al § MODALITA' ESECUTIVE). In generale esse dovranno essere in numero tale da consentire di far fronte rapidamente e senza interruzioni significative delle lavorazioni, ad eventuali inconvenienti tecnici o di altra natura che dovessero verificarsi;
- nel caso che l'esecuzione delle infissioni comporti il superamento dei limiti ammissibili per le vibrazioni (§ Soggezioni geotecniche e ambientali), una relazione sui provvedimenti che verranno adottati;
- la necessaria documentazione sulla natura del terreno (rilievi stratigrafici) per valutare l'idoneità degli accorgimenti tecnici e delle attrezzature scelte;
- una dichiarazione che certifichi che l'area in cui debbono essere eseguiti i palancolati è stata riscontrata priva di impedimenti alla esecuzione degli stessi o in caso contrario una relazione sulle misure e provvedimenti presi;
- le planimetrie riportanti la posizione delle palancole con la loro numerazione progressiva, nonché la profondità d'infissione di progetto;
- il programma temporale dei lavori in riferimento alle infissioni delle singole palancole.

Qualora le palancole vengano utilizzate per opere provvisorie, potranno essere impiegate palancole di tipo e materiale differenti rispetto a quelli indicati nel progetto. In tal caso dovranno essere forniti dati certi su qualità, tipo e caratteristiche delle palancole oltre che del materiale, onde poterne riscontrare la corrispondenza con quanto previsto in progetto o effettuare i necessari calcoli per l'uso delle stesse. Ogni modifica rispetto ai dati indicati nel progetto dovrà comunque essere sottoposta ad approvazione della Direzione Lavori.

#### PROVE TECNOLOGICHE PRELIMINARI

La Direzione Lavori potrà richiedere di verificare l'idoneità delle attrezzature e di modificare le modalità operative, in relazione a particolari condizioni stratigrafiche o all'importanza dell'opera, mediante l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari in condizioni il più possibile rappresentative delle opere di progetto; in tal caso potranno essere introdotti anche i rilevamenti ambientali di cui al § Soggezioni geotecniche e ambientali, relativi alle vibrazioni indotte dai lavori.

#### PREPARAZIONE DEI PIANI DI LAVORO E TOLLERANZE

I piani di lavoro dovranno essere adeguati in relazione alle dimensioni delle attrezzature da utilizzare; la loro quota dovrà consentire di rispettare ovunque le quote di progetto relative alla testa del palancolato.

Si prescrive il rispetto delle seguenti tolleranze:

posizione planimetrica asse mediano palancolato:  $\pm 3$  cm;

verticalità:  $\pm 2\%$

quota testa:  $\pm 5$  cm

profondità:  $\pm 25$  cm

Se la quota di testa delle palancole successivamente all'infissione differisce di oltre 50 mm dal livello specificato dal progetto, si dovrà verificare che i requisiti di prestazione (per esempio i collegamenti con altri elementi) siano tuttavia soddisfatti. In caso contrario, le palancole dovranno essere modificate in base ai requisiti di esecuzione.

Qualora l'infissione risultasse ostacolata, l'Appaltatore, previo accordo della Direzione Lavori e previa verifica della congruità progettuale dell'opera, potrà limitare l'infissione a quote superiori, provvedendo al taglio della parte di palancola eccedente rispetto alla quota di testa prevista in progetto.

La realizzazione dei palancolati richiede che vengano adottati tutti i provvedimenti necessari perché l'opera abbia, senza eccezioni, i requisiti progettuali, in particolare per quanto riguarda la verticalità, la complanarità, il mutuo incastro degli elementi costitutivi e la capacità

di resistere ai carichi laterali.

Le modalità di stoccaggio e movimentazione delle palancole dovranno essere conformi a quanto riportato al § 8.3 della UNI EN 12063.

La saldatura ed il taglio degli elementi in acciaio dovranno essere conformi a quanto riportato al § 8.4 della UNI EN 12063.

Lo scavo, il riempimento, il drenaggio e l'aggottamento dovranno essere eseguiti con la dovuta cura e secondo le specifiche di progetto. Lo scavo ed il riempimento non dovranno arrecare danno alle parti della struttura di palancole già installate.

### **26.3 ATTREZZATURA DI INFISSIONE E ESTRAZIONE**

L'attrezzatura d'infissione e di estrazione avrà caratteristiche conformi a quanto definito dall'Appaltatore allo scopo di assicurare il raggiungimento della profondità d'infissione richiesta nel contesto stratigrafico locale e la possibilità di estrazione degli elementi non definitivi; inoltre, dovrà tenere conto delle possibili conseguenze indotte dalle vibrazioni sui fabbricati, manufatti e servizi adiacenti (§ Soggezioni geotecniche e ambientali).

L'infissione potrà essere realizzata:

- a percussione, utilizzando un battipalo;
- a vibrazione, con apposito vibratore;
- a spinta, con attrezzatura oleodinamica.

L'estrazione sarà preferibilmente eseguita mediante vibrazione.

#### **a) Battipalo**

Il battipalo sarà di tipo scorrevole su una torre con guide fisse e perfetto allineamento verticale, con caratteristiche in accordo alle prescrizioni di progetto, se esistenti.

Il battipalo dovrà essere in grado di fornire l'energia sufficiente alla infissione entro i terreni presenti nel sito, adeguatamente alle condizioni della stratigrafia locale.

La massa battente del battipalo agirà su un cuffia o testa di battuta in grado di proteggere efficacemente la palancola da indesiderate deformazioni o danni.

Per ogni attrezzatura l'Appaltatore dovrà fornire le seguenti informazioni:

- marca e tipo del battipalo;
- principio di funzionamento;
- energia massima di un colpo e relativa possibilità di regolazione;
- n. di colpi al minuto e relativa possibilità di regolazione;
- caratteristiche della cuffia o testa di battuta;
- peso del battipalo.

Le attrezzature di infissione a percussione potranno essere:

- magli a caduta libera;
- magli diesel;
- magli idraulici;
- magli ad aria.

#### **b) Vibratore**

L'infissione delle palancole sarà effettuata unicamente tramite un'apposita testa vibrante a masse eccentriche rotanti a momento variabile azionata da una centralina oleodinamica e sopportata da una gru di sollevamento atta allo scopo.

Le caratteristiche dell'attrezzatura (momento di eccentricità, numero di vibrazioni al minuto, forza centrifuga all'avvio, ampiezza ed accelerazione del minimo) saranno scelte dall'Appaltatore in relazione al tipo di palancole, alla loro lunghezza, al tipo di terreni che si prevede di attraversare ed alle prestazioni da ottenere, eventualmente anche a seguito di prove tecnologiche preliminari.

Le attrezzature di infissione a vibrazione potranno essere:

- vibrator ad alta e bassa frequenza;
- vibrator ad alta frequenza con eccentricità variabile della massa rotante;
- vibratore ad alta frequenza con eccentricità continuamente variabile e fasi di avvio ed arresto prive di risonanza;

#### **c) Palancole infisse a spinta**

Laddove la vibrazione o il rumore costituiscono un problema, l'infissione compressa delle palancole nel terreno può costituire un'alternativa. Normalmente la pressione è più efficace in terreni coerenti. In terreni difficili, la pretrivellazione e, talvolta, il getto d'acqua possono risultare efficaci nel guidare la palancola fino al raggiungimento della profondità richiesta.

L'infissione, nel caso di palancole infisse a spinta, avviene mediante delle presse oleodinamiche, che permettono l'infissione e l'estrazione delle palancole con un movimento uniforme, silenzioso e fluido.

L'assenza di vibrazioni elimina il rischio di danni alle strutture ed alle attrezzature che si trovano nelle vicinanze. I rumori sono praticamente assenti evitando in tale maniera qualsiasi inquinamento acustico.

Il sistema funziona solamente in terreni a matrice fine (sabbie limose, limi, argille) e le profondità raggiungibili sono legate alle caratteristiche dei terreni stessi. In alcuni casi è necessaria la vibroinfissione delle prime tre palancole che funzionino da guida e da contrasto per l'attrezzatura.

L'attrezzatura è in grado di muoversi sulle palancole già infisse sia in fase di affondamento che di estrazione.

### **26.4 INFISSIONE**

L'infissione delle palancole dovrà essere conforme, oltre a quanto riportato nel seguito, alle indicazioni riportate al § 8.5 della UNI EN 12063.

Le palancole saranno preferibilmente infisse con l'ausilio di uno scavo guida d'invito, di dimensioni adeguate. L'attrezzatura di infissione dovrà scorrere lungo un castello metallico di guida, in modo da garantire la verticalità di infissione. Il controllo della verticalità dovrà essere continuamente monitorato ed eventuali deviazioni in eccesso dalla verticalità corrette tempestivamente.

L'infissione per battitura avverrà con l'uso di un battipalo perfettamente efficiente e proseguirà fino al raggiungimento della quota di progetto o fino al raggiungimento del rifiuto, che, se non diversamente indicato, sarà considerato raggiunto quando si misureranno, per 50 colpi di maglio, avanzamenti non superiori a 10 cm. L'Appaltatore potrà, informandone la Direzione Lavori, ricorrere a delle iniezioni di acqua in

pressione per facilitare il superamento di livelli granulari addensati, procurando la discesa della palancola per peso proprio con l'ausilio di una modesta battitura. Modalità, pressioni e portata del getto devono essere comunicate alla Direzione Lavori. Nel caso in cui siano presenti degli strati sabbiosi particolarmente densi, si renderà necessario allentare la loro resistenza mediante una delle tecniche di seguito riportate.

**Getto a bassa pressione con poca quantità d'acqua:**

pressione: da 1.5 MPa a 2.0 MPa;  
scarico: da 2 l/s a 4 l/s per tubo;  
diametro tubi: circa 25 mm; numero tubi: da 1 a 2 per palancola.  
(I tubi vengono saldati alle palancole lasciati in situ).

**Getto ad alta pressione**

pressione: da 25 MPa a 50 MPa (all'uscita della pompa);  
scarico: da 1 l/s a 2 l/s;  
diametro tubi: da 20 mm a 30 mm;  
diametro ugello: da 1.5 mm a 3.0 mm.  
Pretrivellazione, con o senza cemento-bentonite.  
Uso di esplosivi in casi speciali.

Il getto a bassa pressione viene principalmente impiegato in terreni densi non coerenti. Il getto a bassa pressione con poca quantità d'acqua in combinazione con un vibratore permette alle palancole di penetrare nei terreni particolarmente densi. In generale le caratteristiche dei terreni vengono modificate in misura minima e non vi è praticamente assestamento, anche se occorre prestare molta attenzione nel caso in cui le palancole debbano sopportare carichi verticali. L'impiego di questo metodo è raccomandato in combinazione con vibrazione ad alta frequenza. Il getto a bassa pressione, inoltre, può essere talvolta utilizzato per il trattamento preliminare del terreno prima dell'infissione della palancola. Il getto a bassa pressione con molta quantità d'acqua è un metodo piuttosto brutale, specialmente se i tubi non sono fissati alle palancole, e non è pertanto consigliato. Il getto ad alta pressione o la lubrificazione può essere particolarmente efficace in strati di terreno molto densi. Quantità limitate di fluido, acqua o talvolta cemento-bentonite vengono iniettate nel terreno tramite ugelli fissati alla palancola a breve distanza dal piede. Grazie al ridotto consumo di acqua, questo metodo consente un controllo efficace della palancola. Le proprietà del terreno vengono negativamente influenzate soltanto in un'area circoscritta intorno alle palancole. Il rendimento generale non viene influenzato in maniera significativa. La pretrivellazione viene talvolta eseguita prima dell'infissione della palancola. Il terreno viene localmente smosso attraverso questo processo. Normalmente vengono usati prefiori a trivella. La pretrivellazione viene spesso eseguita in corrispondenza del gargame solidarizzato di una coppia di palancole, ma può risultare più efficiente pretrivellare in corrispondenza del gargame libero. Se si prevedono forti difficoltà durante l'infissione oppure se sussistono particolari requisiti concernenti l'impermeabilità della palancolata, conviene utilizzare la trivella per sostituire una colonna di terreno con un impasto di cemento-bentonite in corrispondenza dei gargami. La fatturazione tramite brillamento viene normalmente effettuata se le palancole devono superare ostruzioni nel terreno o ancora se devono penetrare il substrato roccioso. Se l'infissione ha luogo su strati di terreno particolarmente duri, la rigidità e la stabilità del sistema di guida dovranno essere oggetto di particolare attenzione al fine di mantenere l'inclinazione trasversale e longitudinale e gli spostamenti orizzontali delle palancole infisse. In caso di qualsiasi anomalia rilevata nel corso della infissione e comunque nel caso di mancato raggiungimento della prevista quota finale, l'Appaltatore dovrà immediatamente informare la Direzione Lavori.

**26.5 ESTRAZIONE**

Le palancole appartenenti ad opere provvisorie saranno estratte associando tiro e vibrazione. Per la fase di estrazione si compilerà una scheda analoga a quella descritta per l'infissione. A estrazione avvenuta, la palancola sarà esaminata ed il suo stato brevemente descritto, annotando la presenza di distorsioni, deformazioni o danni. Procedendo all'estrazione delle palancole si dovrà tener conto di quanto segue: deformazioni verticali e orizzontali nel terreno circostante; eventuali creazioni di vie di collegamento tra livelli di falda che prima non erano in comunicazione. In particolare, i terreni coerenti possono aderire alle facce delle palancole creando di conseguenza vuoti nel terreno quando le stesse vengono estratte. In sabbie e limi sciolti, le vibrazioni e i vuoti potrebbero causare spostamenti del terreno in grado di danneggiare gli edifici e gli impianti circostanti. Tali spostamenti del terreno e i possibili legami tra regimi di acqua freatica possono essere evitati iniettando, quando possibile, nei vuoti boiacca di cemento o similari, contemporaneamente all'estrazione. Durante l'estrazione delle palancole si dovranno registrare per ciascun elemento il tempo di estrazione. Se le palancole si trovano vicino a strutture sensibili, a impianti chimici, a servizi infrastrutturali sensibili, a ferrovie sotterranee, ecc., l'estrazione deve essere eseguita con particolare attenzione. La movimentazione ed il trasporto delle palancole dovrà avvenire secondo i requisiti al § 8.3 della UNI EN 12063.

**26.6 INSTALLAZIONE DI ANCORAGGI**

La posizione, l'allineamento e l'esecuzione degli ancoraggi, incluso il collegamento alle travi correa, devono corrispondere alle specifiche di progetto. La natura e la compattazione del materiale di riempimento devono soddisfare i requisiti del progetto ed i requisiti di cui al punto 5 della UNI ENV 1997-1. Gli ancoraggi al terreno devono essere installati secondo le specifiche della UNI EN 1537. Se vengono utilizzati pali a trazione per l'ancoraggio di una palancola, l'esecuzione deve essere effettuata secondo il punto 7.7 della UNI ENV 1997-1. Si deve considerare il fatto di sigillare i fori di ancoraggio nelle palancole onde prevenire tra filamenti di terreno e infiltrazioni d'acqua.

## **26.7 IMPERMEABILIZZAZIONE DEI GIUNTI**

Qualora sia richiesta un'impermeabilizzazione particolare in corrispondenza dei giunti delle palancole in modo da garantire la tenuta idraulica, l'Appaltatore dovrà proporre alla Direzione Lavori il sistema di impermeabilizzazione che intende attuare per la necessaria approvazione, per il rispetto delle prescrizioni di progetto.

Esistono diversi tipi di impermeabilizzazione:

- guarnizioni in materiale plastico preassemblata al giunto in fabbrica;
- bitumazione dei gargami a caldo eseguita in fabbrica o in cantiere;
- applicazione di fluidi o mastici di riempimento speciali nei gargami;
- applicazione di materiali espansivi a contatto con l'acqua oppure sigillanti elastomerici;
- saldature dei gargami, se possibile;
- iniezione nei gargami liberi di cemento-bentonite o di prodotti chimici espansivi ed indurenti durante l'installazione delle palancole;
- riempimento dei fori trivellati in corrispondenza dei gargami prima dell'infissione con malta di cemento bentonite;
- posizionamento della palancolata di acciaio in un solco riempito con impasto di cemento-bentonite;
- installazione di uno schermo impermeabile separato dietro la palancola;
- combinazione di due tecniche quali "l'intasamento del gargame" e "il riempimento dei prefiori con bentonite".
- Il riempimento dei gargami con materiali bituminosi è generalmente sufficiente. In presenza di requisiti severi in fatto di permeabilità può essere opportuno l'impiego di materiali di riempimento ad espansione, di un sigillante elastico modellabile oppure la combinazione di due metodi.

I materiali di tenuta atti a ridurre la permeabilità dei gargami, ove richiesti, devono essere conformi alle specifiche di progetto.

Quando i requisiti di impermeabilità sono particolarmente rigidi, dovrebbe essere dimostrato, sulla base di prove realistiche eseguite sui gargami a tenuta, che il prodotto utilizzato soddisfa le specifiche di progetto.

## **26.8 CONTROLLI E DOCUMENTAZIONE**

L'Appaltatore rendere disponibile in cantiere un programma di supervisione, nel quale devono essere annotate quantomeno le seguenti informazioni:

- frequenza dei vari controlli;
- valori critici delle deformazioni, forze e livelli dell'acqua.

La supervisione di tutti i lavori collegati all'esecuzione di strutture in palancole deve essere almeno conforme al punto 4 della UNI ENV 1997-1.

La supervisione deve includere, altresì, ove applicabile, i seguenti controlli ed osservazioni:

- se le condizioni di cantiere, i terreni e le acque libere sono conformi ai dati riportati nel progetto;
- se si trovano ostruzioni nel terreno in grado di ostacolare l'infissione della palancola, non previste in fase di progettazione;
- se il metodo di infissione è adatto alla posa in opera delle palancole secondo i requisiti di progetto nonché ambientali;
- se la sequenza ed il metodo di esecuzione sono conformi allo schema di esecuzione e se i criteri relativi al passaggio da una fase a quella successiva corrispondono a quelli riportato nello schema (vedi § 7.4 della UNI EN 12063);
- se gli elementi delle paratie sono adeguatamente stoccati e movimentati, come riportato al § 6 della UNI EN 12063;
- se i trattamenti, i materiali e i prodotti utilizzati per la protezione degli elementi di acciaio sono conformi a quanto riportato al § 6.4 della UNI EN 12063;
- se le dime e gli altri dispositivi atti a guidare le palancole durante l'infissione sono posizionati correttamente e sufficientemente stabili a garantire che le palancole stesse soddisfano le tolleranze specificate;
- se la verticalità durante il posizionamento e l'infissione degli elementi di una parete viene controllata con strumenti sufficientemente precisi;
- se le palancole e gli altri elementi strutturali rientrano nelle tolleranze specificate al 4.3.4;
- se le posizioni degli elementi di ancoraggio sono conformi al progetto;
- se i sovraccarichi dietro la palancolata rientrano nei limiti previsti in tutte le fasi dell'esecuzione;
- se sussistono danni ad edifici impianti o servizi sotterranei adiacenti potrebbero essere attribuiti ai lavori di esecuzione;
- se durante l'esecuzione dei lavori sono subentrati eventi che hanno negativamente influenzato la qualità della struttura.

Le prove di carico sulle palancole dovranno essere eseguite in conformità al § 7.5 della UNI ENV 1997-1.

Nel corso della infissione per battitura, verrà conteggiato il numero dei colpi per avanzamenti di 1 m. In corrispondenza degli ultimi metri, se richiesto dalla Direzione Lavori, si conterà il numero di colpi per l'infissione di tratte successive di 10 cm.

Al termine della infissione, l'Appaltatore dovrà controllare la posizione piano- altimetrica e l'effettivo incastro laterale reciproco degli elementi.

Per ciascun elemento infisso, l'Appaltatore dovrà redigere una scheda indicante:

- n. progressivo della palancola;
- dati tecnici della attrezzatura;
- tempo necessario per l'infissione;
- informazioni relative alla locale stratigrafia;
- tabella dei colpi per l'avanzamento (ove applicabile);
- note aggiuntive su eventuali anomalie o inconvenienti.

Se i livelli dell'acqua freatica e delle acque libere sono parametri critici secondo il progetto, devono essere monitorati ad intervalli sufficientemente brevi per ottenere un quadro affidabile dei detti livelli.

Si raccomanda che il monitoraggio dei livelli dell'acqua freatica o della pressione idrostatica venga continuato anche successivamente al completamento dei lavori, fino a che non si sia stabilito che non si siano prodotti effetti negativi.

Se il lavoro si colloca in un'area urbana, i livelli delle vibrazioni e del rumore sul cantiere e in corrispondenza degli edifici più esposti dovranno essere registrati periodicamente. Tali misurazioni si dovranno effettuare secondo la prassi locale al fine di confrontare i risultati ottenuti con i criteri più appropriati all'area in questione.

Gli spostamenti orizzontali dell'estremità superiore della palancola (se la palancola è a sbalzo) e della zona intermedia tra due livelli di vincolo (se la palancola è vincolata a più livelli) dovranno essere misurati periodicamente con la dovuta accuratezza in punti predefiniti, in modo tale che i risultati ottenuti possano essere confrontati con i valori presunti di progetto.

Se edifici o impianti sensibili si trovano nelle immediate vicinanze della struttura in palancole, oltre alle misure appena descritte dovranno

essere presi in considerazione almeno i seguenti fattori:

- misurazioni degli spostamenti alla profondità scelta;
- misurazione dei movimenti di assestamento di detti edifici ed impianti;
- misurazioni della forza di ancoraggio.

In presenza di anomalie o differenze rispetto alla stratigrafia prevista, l'Appaltatore procederà al riesame della progettazione ed adotterà gli opportuni provvedimenti, concordandoli con la Direzione Lavori.

Per le strutture di palancole permanenti, si dovranno tenere a disposizione in cantiere gli appositi registri relativi a tutti i particolari raccolti durante la supervisione, il collaudo e il monitoraggio.

Nelle registrazioni di cantiere definitive dovranno essere contenute le informazioni seguenti:

- la posizione "realizzata" della struttura in palancole relativa a punti o linee di riferimento fissi, incluse le strutture ausiliarie che rimangono nel terreno;
- l'elenco contenente le informazioni rilevanti circa l'uso, la manutenzione e l'ispezione della struttura;
- le informazioni prescritte nella relazione di progettazione riguardo ai livelli dell'acqua freatica e alle pressioni idrostatiche;
- le direttive particolari concernenti la gestione a completamento dei lavori ove ritenuto necessario in seguito ad osservazioni fatte durante l'esecuzione;
- le direttive per la manutenzione dei sistemi di drenaggio, nonché i metodi da utilizzare e la relativa frequenza;
- le restrizioni di sovraccarico dietro la parete;
- gli spostamenti della palancole durante l'esecuzione;
- gli eventi che hanno avuto ripercussioni negative sull'esecuzione ed il modo in cui queste ultime sono state affrontate;
- la registrazione degli eventuali danni prodotti sugli edifici adiacenti;
- i risultati delle prove di infissione e di carico.

## 26.9 REQUISITI SPECIALI

### 26.9.a Sicurezza

Durante l'esecuzione della struttura di palancole, devono essere rispettate le norme, le specifiche o i requisiti statuari vigenti con riguardo alla sicurezza.

### 26.9.b Impatto sugli edifici e sugli impianti adiacenti

Quando nelle vicinanze del cantiere si trovano strutture o impianti suscettibili di danni della lavorazione, le condizioni di dette strutture devono essere tenute sotto stretta osservazione e documentate prima dell'esecuzione dei lavori.

Contestualmente all'infissione o all'estrazione delle palancole con vibrator o a percussione, gli edifici interessati devono essere regolarmente monitorati.

### 26.9.c Inquinamento acustico

Devono essere adottate speciali precauzioni onde garantire che i carichi di rumore non eccedano il limite prescritto dalle direttive internazionali e nazionali.

### 26.9.d Permeabilità delle palancole

Le procedure atte a ridurre la permeabilità delle palancole e le prove relative, ove richieste, devono essere scelte secondo il progetto.

Se nel progetto sono specificati requisiti restrittivi riguardo la permeabilità delle palancole, deve essere dimostrato che tutte le attività, i materiali e le procedure ritenuti necessari a soddisfare detti requisiti sono conformi ai criteri di prestazione specificati nel progetto. Qualora non esista un'esperienza confrontabile, devono essere eseguite prove rappresentative sui gargami sigillati, che dimostrino come il metodo proposto soddisfi i requisiti di scarico specificati (vedi appendice E della UNI EN 12063).

## NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

**Art. 27 INIEZIONI**

Le iniezioni identificano le attività finalizzate al miglioramento ed alla impermeabilizzazione dei terreni e delle rocce, realizzate mediante iniezione di:

- miscele cementizie stabili ed instabili;
- miscele con cementi microfini stabili.

Le iniezioni costituiscono una tecnica atta a modificare le caratteristiche meccaniche (resistenza e deformabilità) e le caratteristiche idrauliche (permeabilità) di terreni porosi e di rocce fessurate o fratturate, o aventi cavità di varie dimensioni, per effetto dell'immissione di idonee miscele, attraverso fori di piccolo diametro.

Tali miscele sono dei fluidi (sospensioni, soluzioni, emulsioni) dotate di proprietà reologiche evolutive, inizialmente idonee alla penetrazione nel mezzo poroso o fratturato, e che raggiungono in seguito le caratteristiche adeguate agli scopi del trattamento.

I terreni iniettabili comprendono i terreni alluvionali o detritici, fino ad un certo limite di permeabilità (dalle ghiaie alle sabbie fini) e le rocce (da carsiche a microfessurate).

I trattamenti possono definirsi di:

- impregnazione, quando tendono a riempire i vuoti dei terreni sciolti porosi;
- intasamento, quando tendono a riempire fratture o cavità della roccia;
- ricomprensione, quando tendono a formare, nei terreni fini, un reticolo di lenti resistenti e scarsamente deformabili, ottenuto per fratturazione idraulica (claquage).

Le miscele di iniezione consistono in:

- sospensioni di un legante idraulico in acqua con eventuali additivi stabilizzanti (miscele cementizie);
- soluzioni colloidali, ottenute sciogliendo in acqua colloidali puri (silicato di sodio) ed utilizzando reagenti organici (acetato di etile);
- soluzioni pure inorganiche, costituite da soluzioni acquose di silice pura con impiego di reagenti inorganici.

In relazione alla penetrabilità ed alla stabilità le sospensioni cementizie si definiscono:

- miscele cementizie instabili, costituite da miscele binarie, nelle quali la fase solida tende a sedimentare con rilevante cessione di acqua libera (bleeding);
- miscele cementizie stabili, costituite da miscele ternarie (acqua- cemento- bentonite) o da miscele binarie corrette con additivi disperdenti e stabilizzanti;
- miscele con cementi microfini, costituite da miscele binarie, con impiego di cementi macinati e additivati.

L'Appaltatore sarà tenuto all'osservanza di tutte le normative cogenti a livello nazionale in merito ai contenuti delle presenti prescrizioni; a queste si aggiungeranno tutte le norme e le istruzioni tecniche non cogenti che verranno richiamate nei successivi paragrafi.

In aggiunta dovranno essere rispettate le seguenti normative e prescrizioni, compresi gli eventuali aggiornamenti, modifiche ed integrazioni:

- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 09/01/1996.
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11/03/1988 e Circolare LL.PP. n° 30483 del 24/09/1988.
- UNI 10764:1999 30/04/1999. Leganti idraulici microfini: definizioni e requisiti.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****27.1 MISCELE CEMENTIZIE NORMALI**

Di norma le miscele cementizie di iniezione per i trattamenti di impregnazione saranno preparate adottando un dosaggio in peso dei componenti tale da soddisfare un rapporto cemento/acqua:

$$0,2 \leq c/a \leq 0,6$$

con impiego di additivi stabilizzanti e disperdenti; per ottenere la stabilizzazione potrà essere utilizzato un agente colloidale, ad esempio bentonite, con rapporto:

$$0,01 \leq b/a \leq 0,04.$$

Per i trattamenti di intasamento di rocce fessurate il dosaggio c/a può variare nell'intervallo:

$$0,4 \leq c/a \leq 1,4$$

Il cemento impiegato dovrà essere scelto in relazione alle esigenze di penetrabilità ed alle caratteristiche ambientali, considerando, in particolare, l'aggressività dell'ambiente esterno. E' ammesso l'uso di additivi stabilizzanti, disperdenti e/o fluidificanti. Le schede tecniche dovranno essere preventivamente approvate dalla D.L..

Le miscele cementizie dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- viscosità Marsh:  $35 \pm 45$  secondi,
- viscosità apparente:  $10 \pm 20$  cP,
- rendimento volumetrico (per miscele stabili):  $\geq 95$  %.

**27.2 MISCELE CEMENTIZIE CON CEMENTI MICROFINI**

Per leganti idraulici microfini si intendono dei materiali inorganici a comportamento idraulico, in forma di polvere finissima, costituiti da granuli la cui dimensione massima è minore di 35  $\mu$ m. I microcementi sono microleganti aventi costituenti e composizione conformi a quanto riportato nella legislazione vigente.

Per miscele idrauliche per iniezioni si intendono dei materiali costituiti da un legante idraulico omogeneamente disperso in una fase acquosa, idonei a penetrare in sistemi caratterizzati da fessure, cavità, porosità anche di piccolo diametro, e che si rapprendono ed induriscono nel tempo, migliorando le caratteristiche meccaniche e/o di continuità spaziale del sistema originario.

**CARATTERISTICHE DEI CEMENTI E MICROFINI**

Le miscele con cementi microfini saranno ottenute a seguito di processi di produzione tali da aumentare la finezza del cemento fino a valori dell'ordine di  $8500 \pm 12000 \text{ cm}^2/\text{g}$  (Blaine). I processi di macinazione e separazione dovranno quindi consentire di ottenere un fuso granulometrico delle particelle solide presenti nella sospensione caratterizzata dai seguenti valori:

$D_{98} = 10 \pm 20 \mu\text{m}$

$D_{50} = 3 \pm 5 \mu\text{m}$

La granulometria sarà determinata con porosimetri a mercurio o apparecchiature di equivalente precisione. Il dosaggio (rapporto cemento legante), in relazione agli impieghi, potrà variare nell'intervallo  $0,5 \leq c/a \leq 0,6$ .

E' ammesso l'impiego di eventuali additivi disperdenti e fluidificanti inorganici. Per migliorare la stabilità delle sospensioni, soprattutto di quelle caratterizzate da più alti rapporti acqua/legante, si potranno impiegare opportuni additivi sospensivanti che riducono sensibilmente la percentuale di sedimentazione.

Gli additivi dovranno risultare ecologicamente compatibili con il sistema da consolidare e chimicamente compatibili con il legante microfine. I microleganti possono avere particolari costituenti o composizioni diverse in funzione delle caratteristiche meccaniche, fisiche e chimiche del sistema da trattare e/o di altre specifiche esigenze di applicazione.

**REQUISITI DEI CEMENTI MICROFINI E DELLE MISCELE**

Le miscele con cementi microfini dovranno soddisfare i seguenti requisiti: viscosità Marsh:  $27 \pm 30$  secondi

rendimento volumetrico:  $\geq 95 \%$

tempo di inizio presa (UNI EN 196-3):  $\geq 30 \text{ min}$

stabilità di volume (UNI EN 196-3):  $\leq 10 \text{ mm}$

solforati come  $\text{SO}_3$  (UNI EN 196-2):  $\leq 4\%$

cloruri (UNI EN 196-2):  $\leq 0.2\%$ .

Per particolari esigenze d'uso, potranno essere specificati per i microleganti requisiti aggiuntivi o sostitutivi di quelli appena indicati.

Le miscele confezionate in cantiere saranno di norma sottoposte alle seguenti tipologie di controllo:

- peso specifico;
- viscosità Marsh;
- decantazione o resa volumetrica;
- viscosità apparente (Rheometer);
- presso filtrazione;
- tempo di presa;
- prelievo di campioni per prove di permeabilità e di compressione.

Il peso specifico dovrà risultare pari ad almeno il 95% di quello teorico, calcolato assumendo  $3 \text{ g/cm}^3$  il peso specifico del cemento.

Nelle prove di decantazione l'acqua separata in 24 ore non dovrà superare il 5% in volume per le miscele stabili.

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Prima di dare inizio ai lavori l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori una planimetria riportante la posizione di tutte le iniezioni, incluse quelle di prova, contrassegnate da un numero progressivo.

Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore dovrà eseguire il tracciamento delle iniezioni identificando la posizione sul terreno mediante infissione di appositi picchetti in corrispondenza dell'asse di ciascuna di esse. Dei testimoni (capisaldi) a cui fare rapidamente riferimento dovranno essere posizionati in modo da non interferire con le normali operazioni di cantiere.

Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alle indagini necessarie ad accertare la eventuale presenza di manufatti interrati di qualsiasi natura (cunicoli, tubazioni, cavi, etc.) che possono interferire con le iniezioni da realizzare o che possano essere danneggiati o comunque arrecare danno durante l'effettuazione dei lavori. Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alle eventuali opere di deviazione e/o rimozione di tali ostacoli prima dell'inizio delle operazioni di infissione o perforazione, salvo diversa indicazione data nello specifico dal presente capitolato.

L'Appaltatore dovrà verificare e fare in modo che il numero, la potenza e la capacità operativa delle attrezzature siano tali da consentire una produttività congruente con i programmi di lavoro previsti. Sarà altresì cura dell'Appaltatore selezionare ed utilizzare le attrezzature più adeguate alle condizioni ambientali, stratigrafiche ed idrogeologiche dei terreni ed alle dimensioni dei micropali.

Sarà cura dell'Appaltatore adottare tutti gli accorgimenti necessari ad attenuare i disturbi alle persone derivanti dalla vibrazione e dai rumori connessi con le attività di scavo.

Sarà cura dell'Appaltatore provvedere all'immediato trasporto a rifiuto di tutti i materiali di risulta provenienti dagli scavi e dalle lavorazioni comunque connesse con l'esecuzione delle iniezioni.

Nel caso in cui, durante il corso dei lavori, l'Appaltatore ritenga opportuno variare le metodologie esecutive precedentemente approvate, sarà sua cura effettuare le nuove prove tecnologiche preliminari eventualmente necessarie e sottoporle alla Direzione Lavori per accettazione.

Sarà altresì cura dell'Appaltatore evitare che l'esecuzione delle iniezioni arrechi danno, per effetto di vibrazione e/o spostamenti di materie, a quelle adiacenti così come ad opere e manufatti preesistenti.

In fase esecutiva, l'Appaltatore dovrà provvedere a tutti gli accorgimenti o a tutte le opere provvisorie che riterrà necessari ed opportuni per garantire le migliori condizioni di sicurezza ed evitare qualsiasi danno ai fabbricati e/o ai manufatti adiacenti, essendo comunque a carico dell'Appaltatore tutti gli oneri e i costi connessi alla realizzazione ed al progetto di dettaglio di tutte le opere provvisorie. Restano in ogni caso a carico dell'Appaltatore gli oneri conseguenti al ripristino dei danni provocati dalla realizzazione delle opere.

L'Appaltatore non potrà richiedere alcun compenso per il fatto che, a seguito di prescrizioni di autorità terze competenti, i lavori per l'esecuzione delle iniezioni debbano eseguirsi in orario notturno o per fasi, secondo un programma fissato dalla Direzione Lavori.

Sarà cura dell'Appaltatore far eseguire tutti i controlli e le prove (sia preliminari che in corso d'opera) prescritti dal presente Capitolato, così come quelli integrativi richiesti dalla Direzione Lavori, qualora si rendessero necessari per garantire la qualità e le caratteristiche previste dal progetto.

**SOGGEZIONI GEOTECNICHE ED AMBIENTALI**

Poiché la corretta scelta delle metodologie e dei prodotti di iniezione è basilare per la corretta realizzazione dei trattamenti, l'Appaltatore dovrà valutare attentamente gli elementi di conoscenza delle caratteristiche dei terreni (stratigrafia, granulometria, etc.), o i caratteri

strutturali e morfologici degli ammassi rocciosi (grado di fratturazione, permeabilità Lugeon, etc.). Dovrà inoltre valutare attentamente l'influenza della falda (pressione, velocità di filtrazione, etc.).

Ove ne ricorra l'opportunità la Direzione Lavori richiederà l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari, secondo quanto precisato al punto successivo.

#### **SALVAGUARDIA AMBIENTALE**

Gli interventi con finalità impermeabilizzanti non dovranno modificare le condizioni idrologiche del sottosuolo all'esterno delle aree immediatamente adiacenti ai trattamenti.

E' consentito esclusivamente l'impiego di prodotti stabili nel tempo, e che non cedano al terreno ed alle falde circostanti liquidi residuali inquinanti. Di norma quindi è fatto divieto all'uso di soluzioni colloidali e di reagenti organici, o di altre soluzioni in contrasto con le vigenti norme in materia di tutela ambientale.

#### **CONTROLLO DEGLI STATI TENSO-DEFORMATIVI**

I procedimenti di iniezione dovranno essere definiti ed applicati in modo da evitare che abbiano luogo modificazioni indesiderate dello stato di deformazione e dello stato di sollecitazione su opere vicine.

#### **PROVE TECNOLOGICHE PRELIMINARI**

I prodotti e ed i procedimenti esecutivi prescelti dovranno essere preventivamente comunicati dall'Appaltatore alla Direzione Lavori. Se richiesto dalla Direzione Lavori, in relazione a particolari condizioni stratigrafiche o all'importanza dell'opera, l'idoneità delle miscele e dei procedimenti sarà verificata mediante l'esecuzione di prove preliminari.

Tali prove saranno costituite da "iniezioni preliminari" atte a dimostrare l'efficacia e l'affidabilità delle modalità prescelte, nonché a verificare l'idoneità del tipo di miscela, degli assorbimenti nelle varie fasi e passate, delle pressioni di iniezione, e di qualunque altra tecnica esecutiva atta al raggiungimento delle caratteristiche meccaniche dei terreni trattati specificate nel progetto approvato.

Le iniezioni di prova saranno eseguite in terreni aventi caratteristiche identiche a quelle su cui si dovrà operare. Il numero e le lunghezze delle iniezioni di prova saranno stabilite sulla base della eterogeneità dei terreni da consolidare, dei parametri progettuali e dell'importanza dell'intervento. Successivamente, a cura e spese dell'Appaltatore, saranno eseguiti sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati e prove in sito comparative su terreni trattati e non trattati. Le carote estratte da ciascun sondaggio dovranno essere catalogate in apposite cassette ed accompagnate da una descrizione dettagliata del grado di continuità dei campioni estratti, della lunghezza di ciascun pezzo di carota, del numero dei giunti e della eventuale presenza di lenti di terreno non consolidato. Saranno inoltre effettuate prove di laboratorio sui campioni indisturbati per accertare rigidità, resistenza e, ove richiesto, permeabilità del materiale consolidato.

Qualora la serie delle iniezioni di prova non fornisca soddisfacenti garanzie in ordine alla uniformità e alla efficacia del trattamento o i risultati dei carotaggi e delle prove in sito ed in laboratorio fossero giudicati inaccettabili, si renderà necessaria, a cura e spese dell'Appaltatore, la realizzazione di nuove serie di iniezioni di prova fino ad ottenere risultati soddisfacenti. Nel caso in cui ciò non risultasse possibile per la natura dei terreni, il trattamento dovrà essere considerato non realizzabile.

#### **TOLLERANZE**

I fori di iniezione dovranno essere realizzati nella posizione e con le inclinazioni di progetto, con le seguenti tolleranze ammissibili, salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto:

- coordinate piano-altimetriche:  $\pm 5$  cm;
- scostamento dall'asse teorico:  $\pm 2\%$ ;
- lunghezza:  $\pm 15$  cm.

### **27.3 PERFORAZIONE**

La perforazione sarà eseguita mediante sonda a rotazione o rotopercussione, con circolazione di fluidi, fino a raggiungere la profondità di progetto. Il diametro di norma non sarà superiore a 100 mm. Nel caso di fori stabili, ad esempio in rocce non eccessivamente fratturate, il rivestimento potrà essere in parte o del tutto omissivo. Per la circolazione del fluido di perforazione saranno utilizzate pompe a pistoncini portate e pressioni adeguate.

I fluidi di perforazione potranno essere costituiti da:

- acqua;
- fanghi bentonitici o cementizi;
- aria nel caso di perforazione a rotopercussione con martello a fondo foro, o in altri casi proposti dall'Appaltatore.

### **27.4 ALLESTIMENTO DEI FORI DI INIEZIONE**

Completata la perforazione si provvederà a rimuovere i detriti presenti nel foro, o in sospensione nel fluido di perforazione, prolungando la circolazione del fluido stesso fino alla sua completa chiarificazione.

Si provvederà quindi ad inserire la canna di iniezione, in PVC o metallica,  $\varnothing 1" 1/2 \pm 2"$  munita di valvole di non ritorno del tipo a "manchette", fino a raggiungere la profondità di progetto, numero e passo delle valvole dovranno essere conformi a quanto indicato in progetto. La canna valvolata dovrà essere prolungata fino ad uscire a boccaforo per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezione.

Non appena completata la messa in opera del tubo valvolato di iniezione, si procederà immediatamente alla cementazione del foro (iniezione di "guaina"), iniettando attraverso la valvola più profonda un quantitativo di miscela sufficiente a riempire l'intercapedine tra le pareti del foro e la canna stessa. Contemporaneamente si procederà all'estrazione dei rivestimenti provvisori, quando utilizzabili, e si effettueranno i necessari rabbocchi di miscela cementizie.

In alternativa, per i fori non rivestiti e previa comunicazione alla Direzione Lavori, si formerà dapprima la guaina, facendo circolare miscela attraverso le aste di perforazione, e quindi si inserirà la canna di iniezione. Per la formazione della guaina di norma si utilizzerà una miscela cementizie di composizione uguale a quella prevista per il trattamento di iniezioni. È ammesso l'impiego o l'aumento della dose di bentonite per favorire la successiva rottura della guaina. Completata l'iniezione di guaina si provvederà a lavare con acqua il cavo interno della canna.

## **27.5 PREPARAZIONE DELLA MISCELA**

Le miscele saranno confezionate utilizzando impianti a funzionamento automatico o semi-automatico, costituiti dai seguenti principali componenti:

- bilance elettroniche per componenti solidi;
- vasca volumetrica per acqua;
- mescolatore primario ad elevata turbolenza, min. 1500 giri/min.;
- vasca di agitazione secondaria e dosatori volumetrici.

Gli impianti di preparazione delle miscele con cementi microfoni saranno inoltre attrezzati, in relazione alle varie caratteristiche tecnologiche di produzione, con dispositivi di macinazione e separazione in grado di aumentare la finezza dei cementi. A valle degli impianti di produzione saranno disposti gli iniettori, in numero sufficiente ad alimentare i vari fori di iniezione contemporaneamente utilizzati. Gli iniettori saranno costituiti da pompe oleodinamiche a pistoncini aventi le seguenti caratteristiche minime:

- pressione max di iniezione: 100 bar
- portata max:  $2 \div 4$  m<sup>3</sup>/ora
- numero max pistonate/minuto:  $\geq 60$ .

Le caratteristiche delle attrezzature che si prevede di utilizzare dovranno essere preventivamente comunicate alla Direzione Lavori, specificando in particolare alesaggio e corsa dei pistoncini.

## **27.6 INIEZIONE**

Ricorso un periodo di 24÷36 ore dalla formazione della guaina, si darà luogo alla esecuzione delle iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati, in conformità alle indicazioni di progetto.

### **TRATTAMENTI DI IMPREGNAZIONE**

Si procederà valvola per valvola, a partire dal fondo, tramite un packer a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione. Ottenuta l'apertura della valvola, si darà luogo all'iniezione in pressione fino ad ottenere i valori dei volumi di assorbimento e di pressione prescritti in progetto. Per pressione di iniezione si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito.

Nei trattamenti di impregnazione l'iniezione dovrà essere tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 30 l/min, e comunque con valori che, in relazione alla effettiva pressione di impiego, siano tali da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (claquage). La distanza minima tra due fori iniettati contemporaneamente dovrà essere determinata in relazione alle pressioni di iniezioni in modo da non provocare indesiderati inconvenienti, quali sollevamenti nelle adiacenze o comunicazioni tra fori o colonne vicine, non ancora indurite. A tal fine l'Appaltatore, sulla base anche delle prove preliminari, dovrà studiare la corretta sequenza di esecuzione.

Nel caso in cui l'iniezione del previsto volume non comporti il raggiungimento della prescritta pressione, o viceversa, la valvola sarà nuovamente iniettata, trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore. Fino a quando le operazioni di iniezioni non saranno concluse, al termine di ogni fase occorrerà procedere al lavaggio interno del tubo d'armatura.

### **TRATTAMENTI DI INTASAMENTO**

Saranno eseguiti in conformità con le modalità e le indicazioni date nel progetto di intervento. Ove previsto le iniezioni potranno essere realizzate anche in fase unica, in risalita o in avanzamento, attraverso le aste di perforazione.

### **TRATTAMENTI DI RICOMPRESSIONE**

Verificato l'esatto posizionamento delle valvole, si darà luogo alle iniezioni utilizzando portate e pressioni atte a produrre la fratturazione idraulica del terreno, registrando opportunamente la pressione di picco e la successiva pressione di alimentazione della frattura.

L'iniezione sarà arrestata al raggiungimento dei previsti volumi di miscela cementizie.

## **27.7 ESECUZIONE DEI TRATTAMENTI**

Le attrezzature impiegate dovranno essere in grado di eseguire le lavorazioni richieste con la necessaria continuità per assicurare la uniformità dei trattamenti; i tubi di iniezione dovranno essere atti a resistere a pressioni non inferiori a 12 MPa; l'impianto di miscelazione dovrà essere munito di dispositivo di pesatura del cemento e di misura dell'acqua, dosatore di additivi e conta-cicli di miscelazione progressivo; la centrale di iniezione sarà attrezzata con pompe ad alta pressione munite di manometri posti a bocca foro, con certificato ufficiale di taratura.

Qualora si dovessero riscontrare variazioni sensibili nelle caratteristiche dei terreni attraversati rispetto a quelle assunte inizialmente per la messa a punto del sistema, l'Appaltatore, a sua cura spese, dovrà verificare puntualmente l'idoneità dei parametri adottati provvedendo eventualmente ad una loro ritaratura in corso d'opera.

L'Appaltatore in ogni caso dovrà procedere a continui sondaggi nei trattamenti effettuati per verificare la rispondenza alle prescrizioni progettuali relativamente a resistenze e spessori.

A carico dell'Appaltatore si considerano tutte le operazioni preliminari di sondaggio, prove, progettazione e campo prove; la documentazione dei lavori; la ubicazione dei punti di trattamento; le operazioni di perforazione ed infissione dei tubi valvolati; l'esecuzione delle iniezioni di guaina e di quelle di consolidamento, compreso la fornitura di tutti i materiali ed in particolare:

- il cemento da impiegare nelle iniezioni di guaina e di consolidamento in terreni molto aperti, caratterizzati da un coefficiente di permeabilità fino a 10-2 m/s, sarà cemento del tipo normale;
- per le iniezioni di consolidamento in terreni con coefficiente di permeabilità minori di 10-2 m/s, si useranno cementi microfini, acqua, additivi fluidificanti, ecc.

Sono, altresì, a carico dell'Appaltatore eventuali superfici di parete consolidata eccedenti le dimensioni teoriche di progetto.

## **27.8 CONTROLLI E DOCUMENTAZIONE**

Per ogni foro eseguito l'impresa dovrà fornire una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- numero del foro e data di esecuzione;
- lunghezza della perforazione;
- modalità di esecuzione della perforazione:

- utensile;
- fluido;
- rivestimenti;
- caratteristiche della canna di iniezione (numero, passo, e posizione delle valvole);
- volume dell'iniezione di guaina;
- tabella delle iniezioni selettive indicanti per ogni valvola e per ogni fase:
- data;
- pressione di apertura;
- volumi di assorbimento;
- pressioni raggiunte;
- caratteristiche della miscela utilizzata;
- composizione:
- peso specifico;
- viscosità Marsh;
- rendimento volumetrico o decantazione;
- dati di identificazione dei campioni prelevati per le successive prove di laboratorio.

L'Appaltatore dovrà inoltre eseguire, sempre a sua cura e sotto il controllo della Direzione Lavori, la verifica degli effetti indotti nel terreno ed infine l'accertamento dell'uniformità e delle caratteristiche meccaniche del terreno consolidato mediante prove in sito ed in laboratorio su campioni prelevati con carotaggi.

L'Appaltatore potrà dare corso ai trattamenti soltanto dopo che la Direzione Lavori avrà espresso il suo benestare in base ai risultati delle prove di cui sopra, con l'avvertenza che in ogni caso tale benestare non ridurrà la responsabilità dell'Appaltatore circa il raggiungimento delle prescrizioni progettuali in termini di spessore e resistenza del terreno consolidato.

#### NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

**Art. 28 TRATTAMENTI COLONNARI**

I trattamenti colonnari identificano l'esecuzione di colonne di terreno consolidato, ottenute tramite:

- sistemi jetting (jet-grouting);
- mescolazione meccanica (tipo turbojet o equivalente).

**TRATTAMENTI COLONNARI JETTING (JET GROUTING)**

Per la descrizione dei termini e delle definizioni relative ai trattamenti colonnari jetting si deve far riferimento a quanto riportato al § 3 della UNI EN 12716, oltre alle indicazioni riportate nel seguito.

Si definiscono trattamenti colonnari gli interventi di consolidamento e miglioramento dei terreni, mediante mescolazione in sito con leganti cementizi, iniettati a pressioni elevate con l'impiego di sistemi jetting (jet-grouting), tale pratica consente di modificare le caratteristiche meccaniche (resistenza e deformabilità) ed idrauliche (permeabilità) del terreno.

Perforato il terreno, l'iniezione jetting viene eseguita di norma in risalita, utilizzando quale circuito di iniezione la batteria di aste di perforazione e l'utensile di disaggregazione, sormontato da un "monitor" opportunamente corredato di ugelli di iniezione. Per effetto della rotazione dell'asta durante l'estrazione, l'iniezione jetting realizza una colonna il cui diametro medio nominale dipende dalle modalità e dai parametri di iniezione utilizzati (n. dei fluidi, pressioni, velocità di rotazione e di risalita, etc.).

Gli elementi ottenuti, qualora previsto dal progetto, possono essere successivamente armati, utilizzando barre in acciaio ad aderenza migliorata o tubi metallici.

L'inserimento dell'armatura può avvenire a miscela cementizia fresca, per infissione a pressione, oppure riprocedendo le colonne e procedendo all'armatura con la stessa tecnica dei micropali.

I trattamenti colonnari jetting (jet-grouting), in funzione delle modalità di iniezione della miscela, si distinguono in:

- Sistema jet-grouting monofluido. L'iniezione ad alta velocità delle miscele avviene attraverso gli ugelli laterali di una testa monitor montata sulla batteria di aste di perforazione e solidale all'utensile di disaggregazione. Il getto della miscela, eiettato ad alta pressione, funge da mezzo disagregante e di miscelazione del terreno circostante.
- Sistema jet-grouting bifluido. E' un sistema analogo al precedente. L'iniezione ad alta pressione della miscela avviene attraverso speciali ugelli a fori coassiali, che permettono di iniettare la miscela insieme a un getto di aria in pressione. Con tale sistema (getto anulare e coassiale di aria compressa) si riesce a mantenere coerente ed energizzato su una maggiore distanza il getto di miscela cementizia.
- Sistema jet-grouting trifluido. L'iniezione della miscela cementizia avviene, a bassa pressione, attraverso un ugello posto nella parte inferiore della batteria delle aste di perforazione mentre la disaggregazione del terreno avviene attraverso una serie di ugelli, posti al livello superiore, che eiettano acqua ad elevata pressione. L'efficacia del getto d'acqua è incrementata da un getto coassiale e anulare di aria compressa. Con tale sistema l'azione disagregante avviene quindi tramite il getto a elevata pressione di acqua e aria, mentre la miscela stabilizzante viene iniettata nel terreno sottostante già disagregato e con contenuto d'acqua incrementato.

**TRATTAMENTI COLONNARI MECCANICI**

Si definiscono trattamenti colonnari meccanici gli interventi realizzati con tecniche atte a formare una colonna di terreno stabilizzato, di dimensioni univocamente definite, mediante mescolazione meccanica con apporto di additivi chimici inorganici. Usualmente tali additivi sono cemento e calce: le pressioni specifiche fanno riferimento alle tecniche con apporto di cemento. L'apporto di cemento può sostanzialmente avvenire in due modi:

- per via secca, mediante un flusso di aria in pressione;
- per via umida, inviando direttamente la miscela acqua – cemento.

Gli scopi principali della stabilizzazione mediante apporto di additivi chimici possono così sintetizzarsi:

- controllo della stabilità volumetrica (rigonfiamento e ritiro);
- incremento della resistenza al taglio del terreno;
- modifica delle caratteristiche di deformabilità;
- variazione della permeabilità.

Il meccanismo di stabilizzazione mediante apporto di calce o cemento è sostanzialmente simile, ed i prodotti finali delle loro reazioni sono una serie di silicati di calcio idratati.

L'Appaltatore sarà tenuto all'osservanza di tutte le normative cogenti a livello nazionale in merito ai contenuti delle presenti prescrizioni; a queste si aggiungeranno tutte le norme e le istruzioni tecniche non cogenti che verranno richiamate nei successivi paragrafi.

In aggiunta dovranno essere rispettate le seguenti normative e prescrizioni, compresi gli eventuali aggiornamenti, modifiche ed integrazioni:

- CNR 36/73, Stabilizzazione delle terre con calce.
- UNI EN 12716:2003. 01/08/03. Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Getti per iniezione (jet grouting).

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

Per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali si fa riferimento al § 6 della UNI EN 12716, oltre a quanto viene riportato nel seguito.

**28.1 MISCELE CEMENTIZIE DI INIEZIONE****a) Caratteristiche dei componenti**

Dovrà essere impiegata una miscela binaria cemento/acqua il cui rapporto è variabile in funzione del tipo di terreno e dei parametri richiesti.

Il cemento impiegato dovrà essere scelto in relazione alle caratteristiche ambientali considerando, in particolare, l'aggressività da parte dell'ambiente esterno. Si utilizzerà acqua chiara di cantiere, dolce, limpida, esente da tracce di cloruri o di solfati, non inquinata da materie organiche, o comunque dannose alla idratazione dei leganti utilizzati.

È ammesso l'uso di additivi, approvati caso per caso dalla Direzione Lavori:

- stabilizzanti (se bentonite, non oltre il 3% della massa del cemento)
- fluidificanti, acceleranti o ritardanti di presa;
- impermeabilizzanti;
- additivi di protezione della miscela dal dilavamento, di tipo idrorepellente, nel caso di falda con discreta pressione e moto di filtrazione (es. sabbie grossolane e ghiaie pulite), in modo da ottenere miscele ternarie cemento/acqua e additivi con antischiuma non inquinanti, da definirsi in base alle caratteristiche fisico-chimiche del prodotto proposto;
- di protezione da eventuali agenti organici presenti nel terreno.

Naturalmente l'adozione di additivi svolge un ruolo importante sulle caratteristiche meccaniche delle miscele e della colonna di terreno stabilizzato, che andranno di volta in volta verificate ed accettate in funzione degli scopi del trattamento stesso. Le schede tecniche dei prodotti commerciali che l'Appaltatore si propone di usare dovranno essere preventivamente concordati con la Direzione Lavori per opportuna informazione.

#### **b) Preparazione delle miscele cementizie**

Di norma le miscele cementizie di iniezione per i trattamenti jet-grouting saranno preparate adottando un dosaggio in peso dei componenti tale da soddisfare un rapporto acqua/cemento:

$$1 \leq a/c \leq 2$$

Per i trattamenti meccanici per via umida il dosaggio potrà variare nell'intervallo:  $0,5 \leq a/c \leq 1$ .

Le miscele saranno confezionate utilizzando impianti a funzionamento automatico o semi-automatico, costituiti da seguenti principali componenti: bilance elettroniche per componenti solidi, vasca granulometrica per acqua, mescolatore primario ad elevata turbolenza (min. 1500 giri/min) e vasca di agitazione secondaria.

La quantità di cemento da iniettare in massa secca per metro di terreno trattato dovrà essere opportunamente calibrata al fine di raggiungere i diametri utili stabiliti in progetto.

La progettazione dovrà comunque tener conto che il segmento più superficiale di trattamento verticale (50 ÷ 80 cm) o sub-orizzontale (150 ÷ 200 cm) risulta non utilizzabile poiché l'efficacia dell'iniezione viene condizionata da perdite di pressione attraverso il boccaforo e da franamenti del terreno circostante.

#### **c) Controlli e documentazione**

Le miscele confezionate in cantiere saranno di norma sottoposte alle seguenti tipologie di controllo:

Prove preliminari:

- peso specifico;
- viscosità Marsh;
- decantazione o resa volumetrica;
- tempo di presa;
- prelievo di campioni cilindrici per prove di compressione non confinate a rottura (rapporto altezza/diametro 2.0) a 3 giorni, 7 giorni, 28 giorni; 56 giorni in caso di utilizzo di miscele ad indurimento lento.

Prove durante il lavoro:

- densità (minimo due volte per turno);
- viscosità Marsh (giornaliera);

Il peso specifico dovrà risultare almeno pari al 90% di quello teorico, calcolato assumendo 3 g/cm<sup>3</sup> il peso specifico del cemento e 2,65 g/cm<sup>3</sup> quello degli inerti, nell'ipotesi che non vengo inclusa aria. Nelle prove di decantazione l'acqua separata in 24 ore non dovrà superare il 3% in volume.

La quantità di cemento da iniettare in massa secca per metro di terreno trattato dovrà essere opportunamente calibrata al fine di raggiungere i diametri utili stabiliti in progetto.

La progettazione dovrà comunque tener conto che il segmento più superficiale di trattamento verticale (50 ÷ 80 cm) o sub - orizzontale (150 ÷ 200 cm) risulta non utilizzabile poiché l'efficacia dell'iniezione viene condizionata da perdite di pressione attraverso il boccaforo e da franamenti del terreno circostante.

Al termine delle lavorazioni, dovranno essere in ogni caso garantite le condizioni di impermeabilità del fondo scavo necessarie per la corretta esecuzione delle opere di progetto.

### **28.2 TUBI IN ACCIAIO**

Per la realizzazione dell'armatura delle colonne jet-grouting ove previsto è prescritto l'impiego di tubi aventi le caratteristiche geometriche e qualità dell'acciaio conformi a quanto indicato nei disegni di progetto. I tubi dovranno essere del tipo senza saldature, con giunzioni filettate interne. Le caratteristiche delle giunzioni (filettatura, lunghezza, sezioni utili) dovranno consentire una trazione ammissibile pari almeno al 70% del medesimo carico ammissibile a trazione. Previa documentazione alla Direzione Lavori, è ammesso l'impiego di tubi di produzione non nazionale, di caratteristiche meccaniche equivalenti a quanto prescritto in progetto. In ogni caso, la qualità dell'acciaio dovrà essere certificata in conformità a quanto prescritto nel D.M. del 09/01/96 emanato in applicazione dell'Art. 21 della Legge 05/11/171 n. 1086.

In particolare per le prove di qualificazione dovrà essere fatto riferimento a quanto riportato nel D.M. in questione e alle norme richiamate per:

- Materiali da impiegare: Norme UNI EN 10210 Parti Ia e 2a; UNI EN 10025; EN 10045 Parte 1a;
- Saldature: Norme UNI 5132; UNI 7278;
- Bullonature: Norme UNI 5727; UNI 5592;
- Collaudi Norma UNI 10024.

Al fine di garantire l'identificazione e la rintracciabilità dei prodotti approvvigionati tutto il materiale avente dimensione quadra o tonda superiore a 60,3 mm dovrà essere marcato; sull'intera lunghezza di ciascun elemento e a intervalli non inferiori a 3,0 m, con i parametri definiti nel paragrafo 10 della Norma UNI EN 10210/1a. Di ogni partita di materiale consegnato dovranno essere conservate e rese eventualmente disponibili alla Direzione Lavori le bolle di consegna e i certificati di prova.

### **28.3 BARRE IN ACCIAI SPECIALI**

Le barre saranno in acciaio del tipo ad aderenza migliorata (a.m.) di qualità e caratteristiche conformi a quanto specificato nelle Norme

richiamate al punto § Normative di riferimento. E' consentito, ove espressamente richiesto dai disegni di progetto, l'impiego di barre in acciai speciali ed a filettatura continua, tipo Dywidag o similare. Le caratteristiche di tali acciai dovranno essere certificate dal produttore, e verificate a norma dei regolamenti già richiamati.

#### 28.4 VETRORESINA

Con il termine vetroresina si indica un materiale composito i cui componenti di base sono tessuti in fibre di vetro e/o fibre di vetro o aramidiche, legati fra loro da una matrice di resine termoindurenti opportunamente polimerizzate. Il materiale è fortemente anisotropo e quindi si dovrà tener conto, per il suo corretto impiego, della disposizione delle fibre di rinforzo.

I tubi in vetroresina dovranno essere non giuntati per lunghezze fino a 15 m mentre per lunghezze maggiori, la giunzione dovrà essere ottenuta mediante manicotti di resistenza non inferiore a quella del tubo. Non saranno accettate giunzioni incollate.

I materiali utilizzati dovranno essere certificati dal produttore.

#### NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alle indagini necessarie ad accertare la eventuale presenza di manufatti interrati di qualsiasi natura (cunicoli, tubazioni, cavi, etc.) che possono interferire con le opere da realizzare o che possano essere danneggiati o comunque arrecare danno durante l'effettuazione dei lavori. Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alle eventuali opere di deviazione e/o rimozione di tali ostacoli prima dell'inizio delle operazioni, salvo diversa indicazione data nello specifico dal presente capitolato.

Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore dovrà eseguire il tracciamento delle opere identificando la posizione sul terreno mediante infissione di appositi picchetti in corrispondenza dell'asse di ciascuna opera da realizzare.

L'Appaltatore dovrà verificare e fare in modo che il numero, la potenza e la capacità operativa delle attrezzature siano tali da consentire una produttività congruente con i programmi di lavoro previsti. Sarà altresì cura dell'Appaltatore selezionare ed utilizzare le attrezzature più adeguate alle condizioni ambientali, stratigrafiche ed idrogeologiche dei terreni ed alle dimensioni delle opere da realizzare.

Nel caso in cui durante il corso dei lavori l'Appaltatore ritenga opportuno variare le metodologie esecutive precedentemente approvate, sarà sua cura effettuare le nuove prove tecnologiche preliminari eventualmente necessarie e sottoporle alla Direzione Lavori per accettazione.

Sarà cura dell'Appaltatore apporre adeguati contrassegni, opportunamente spaziali, su tutti gli elementi (tubi-forma, gabbie d'armatura, pali, funi, etc.) sui quali nelle differenti fasi di lavorazione è necessario effettuare delle misurazioni per verificare la profondità d'infissione, il livello d'estrazione ed il rifiuto.

Sarà cura dell'Appaltatore adottare tutti gli accorgimenti necessari ad attenuare i disturbi alle persone derivanti dalla vibrazione e dai rumori connessi con le attività di scavo. Sarà altresì cura dell'Appaltatore evitare che le operazioni di perforazione ed iniezione arrechino danno, per effetto di vibrazione e/o spostamenti di materie, ad opere di consolidamento adiacenti così come ad opere e manufatti preesistenti.

Sarà cura dell'Appaltatore provvedere all'immediato trasporto a rifiuto di tutti i materiali di risulta provenienti dalle lavorazioni connesse con la realizzazione delle opere.

L'Appaltatore non potrà richiedere alcun compenso per il fatto che, a seguito di prescrizioni di autorità terze competenti, i lavori per la realizzazione delle opere debbano eseguirsi in orario notturno o per fasi, secondo un programma fissato dalla Direzione Lavori.

In fase esecutiva, l'Appaltatore dovrà provvedere a tutti gli accorgimenti o a tutte le opere provvisorie che riterrà necessari ed opportuni per garantire le migliori condizioni di sicurezza ed evitare qualsiasi danno ai fabbricati e/o ai manufatti adiacenti, essendo comunque a carico dell'Appaltatore tutti gli oneri e i costi connessi alla realizzazione ed al progetto di dettaglio di tutte le opere provvisorie. Restano in ogni caso a carico dell'Appaltatore gli oneri conseguenti al ripristino dei danni provocati dalla realizzazione delle opere.

Sarà cura dell'Appaltatore far eseguire tutti i controlli e le prove (sia preliminari che in corso d'opera) prescritti dal presente Capitolato, così come quelli integrativi richiesti dalla Direzione Lavori, qualora si rendessero necessari per garantire la qualità e le caratteristiche previste dal progetto.

#### SOGGEZIONI GEOTECNICHE ED AMBIENTALI

Di norma le perforazioni dovranno essere eseguite, con circolazione di fluidi di perforazione per l'allontanamento dei detriti e per il raffreddamento dell'utensile. I fluidi di perforazione potranno essere costituiti da:

- acqua;
- miscele cementizie (per evitare ad esempio dilavamenti su colonne vicine appena eseguite);
- aria, nel caso di perforazione a rotopercolazione con martello a fondo foro, o in altri casi proposti dall'Appaltatore e accettati dalla Direzione Lavori.

Le pressioni di iniezione devono essere determinate in modo da non provocare indesiderati inconvenienti, quali sollevamenti nelle adiacenze o comunicazioni tra fori o colonne vicine, non ancora indurite. A tal fine l'Appaltatore, sulla base anche di eventuali prove preliminari, dovrà studiare la corretta sequenza di esecuzione.

In merito ai limiti delle vibrazioni, l'Appaltatore dovrà assicurare il rispetto delle seguenti norme, oltre a quanto desumibile dallo stato dell'arte, al fine di ridurre danni alle strutture e disturbo ai residenti:

- UNI 9614:1990. 31/03/1990. Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo.
- UNI 99 16:2004. 01/04/2004. Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici
- UNI 11048:2003. 01/03/2003. Vibrazioni meccaniche ed urti - Metodo di misura delle vibrazioni negli edifici al fine della valutazione del disturbo.

L'Appaltatore dovrà comunicare alla Direzione Lavori i provvedimenti che intende adottare nel caso del superamento dei limiti stessi (indicati all'interno della UNI 9614).

A sua discrezione, la Direzione Lavori potrà, con riferimento a quanto proposto, richiedere che l'Appaltatore provveda ad eseguire un campo prove per l'effettuazione di misure di controllo delle vibrazioni indotte al contorno, con oneri e spese relative a carico del medesimo Appaltatore.

Durante l'esecuzione dei trattamenti colonnari il monitoraggio dei parametri di trattamento ed il controllo del procedimento dovranno essere eseguiti in base a quanto riportato dal § 9.3.1 al § 9.3.7 e al § 9.5 della UNI EN 12716.

#### DOCUMENTAZIONE PRELIMINARE

L'Appaltatore dovrà presentare, con debito anticipo, alla Direzione Lavori una relazione illustrativa delle modalità di esecuzione, dell'organizzazione di cantiere e delle varie fasi operative. Tale relazione dovrà in particolare contenere tutte le informazioni elencate al §

4.1 e al § 10.1 della UNI EN 12716, oltre alle seguenti indicazioni:

- le procedure operative e le modalità di esecuzione delle opere;
- l'elenco e la specifica delle apparecchiature da utilizzare, conformi alle caratteristiche indicate nel presente Capitolato. In generale esse dovranno essere in numero tale da consentire di far fronte rapidamente e senza interruzioni significative delle lavorazioni, ad eventuali inconvenienti tecnici o di altra natura che dovessero verificarsi.
- nel caso che l'esecuzione dei lavori comporti il superamento dei limiti ammissibili per le vibrazioni (§5.3.1), una relazione sui provvedimenti che verranno adottati.
- la necessaria documentazione sulla natura del terreno (rilievi stratigrafici) per valutare l'idoneità degli accorgimenti tecnici e delle attrezzature scelte. Tale
- documentazione dovrà essere conforme a quanto riportato al § 5 della UNI EN 12716;
- una dichiarazione che certifichi che l'area in cui debbono essere eseguiti i lavori è stata riscontrata priva di impedimenti alla esecuzione degli stessi o in caso contrario una relazione sulle misure e provvedimenti presi.
- le planimetrie riportanti la posizione dei trattamenti colonnari, inclusi quelle di prova, contrassegnati da un numero progressivo;
- il programma temporale dei lavori.

#### PROVE TECNOLOGICHE PRELIMINARI

La Direzione Lavori richiederà di norma di verificare l'idoneità delle attrezzature ed eventualmente di modificare le modalità operative, in relazione a particolari condizioni stratigrafiche o all'importanza dell'opera, mediante l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari in condizioni il più possibile rappresentative delle opere di progetto; in tal caso potranno essere introdotti anche i rilevamenti ambientali di cui al § Soggezioni geotecniche ed ambientali, relativi alle vibrazioni indotte dai lavori.

Le prove preliminari dovranno essere conformi a quanto riportato al § 9.2 della UNI EN 12716, oltre a quanto riportato nel seguito.

Definite le modalità esecutive più idonee, si procederà all'esecuzione di un primo campo prova che sarà costituito da almeno 2 colonne (salvo particolari richieste che la Direzione Lavori si riserva di volta in volta di fare), rappresentative dell'intervento che si dovrà realizzare, finalizzato alla definizione dei parametri ottimali per l'esecuzione (diametro minimo). Una volta scelti i parametri si procederà all'esecuzione di un secondo campo prova costituito da minimo 2 colonne compenetrante sulle quali si eseguiranno campionamenti mediante carotaggio, prove di carico e prove di laboratorio che potranno essere richiesti in tutto o in parte o eventualmente integrati, come verrà di volta in volta indicato dalla Direzione

Lavori in funzione del progetto.

I risultati di tali prove dovranno essere presentati alla Direzione Lavori, che potrà modificare le modalità operative o richiedere ulteriori prove.

#### DETERMINAZIONE DEL DIAMETRO MEDIO DELLE COLONNE

La verifica della geometria delle colonne dovrà essere conforme a quanto riportato al § 9.4.1 della UNI EN 12716, oltre a quanto riportato nel seguito.

Il diametro sarà misurato mediante la messa a giorno di almeno 3 m delle colonne (trascorrendo i primo 50 cm dal piano campagna). Qualora gli eventuali strati profondi di terreno da trattare presentino caratteristiche sostanzialmente diverse dai terreni superficiali, le colonne di prova andranno spinte a tali profondità; in questo caso, il controllo del diametro per strati più profondi verrà eseguito tramite carotaggi (vedere § successivo).

#### CAROTAGGI E PROVE IN SITO

Di norma si eseguiranno le seguenti prove:

- esecuzione di un carotaggio continuo (carotiere a pareti sottili) su tutte le colonne per tutta la loro lunghezza, posizionato al centro; il carotaggio dovrà mostrare una percentuale di recupero superiore al 70%;
- esecuzione di un carotaggio continuo per tutta la lunghezza, posizionato all'intersezione delle due colonne compenetranti;
- esecuzione di carotaggi continui lungo tutto il presunto bordo esterno teorico ipotizzabile, in numero sufficiente per l'individuazione del diametro, nel caso di colonne profonde per le quali non è possibile procedere con esami visivi diretti;
- misura della velocità di propagazione delle onde elastiche longitudinali, lungo i fori eseguiti in asse, con il metodo del carotaggio sonico (down-hall). Le colonne dovranno aver raggiunto almeno 30 gg. di maturazione (preferibilmente 30 gg. nel caso di terreno incoerenti e 40 gg. nel caso di terreni coesivi); le misure verranno eseguite attraverso dei tubi in acciaio del diametro interno maggiore o uguale a 35 mm inseriti all'interno delle perforazioni di carotaggio ed adeguatamente cementati;
- per trattamenti intensivi, come ad esempio per la realizzazione di trattamenti di fondo, potrà venire richiesta l'esecuzione di prove cross-hole attraverso almeno tre tubi in acciaio posti ad un interasse di circa 100 cm (e che comunque verrà definito di volta in volta). Le misure microsismiche dovranno essere effettuate, per tutte le coppie possibili di tubi, sia sul terreno vergine prima dell'intervento, che sul trattamento dopo almeno 30 gg. dalla sua realizzazione;
- per trattamenti intensivi potranno venire richieste prove di permeabilità di tipo Lugeon (a questo proposito si veda il Capitolato sulle indagini geognostiche). Le prove di permeabilità dovranno essere conformi a quanto riportato al § 9.4.3 della UNI EN 12716.

I carotaggi dovranno essere eseguiti con corone a diamante e doppio carotiere con almeno 100 mm di diametro nominale. La sonda dovrà avere una spinta non inferiore a 3500 kg continua per almeno 80 cm con coppia massima non minore di 400 kgm.

Sui campioni prelevati si effettueranno le seguenti operazioni:

- catalogazione, descrizione e documentazione fotografica;
- osservazioni relative al grado di continuità con l'indicazione delle percentuali di recupero e la lunghezza di ciascun pezzo di carota (in cm);
- trasporto, nel laboratorio concordato con la Direzione Lavori, dei campioni preventivamente inseriti in fustelle di PVC chiuse con paraffina ed opportunamente imballati.

#### PROVE DI CARICO

Si escludono nel caso di cui al presente capitolato prove di carico verticali. Qualora nell'esecuzione si ritengano necessari interventi di jet grouting non previsti per cui risulti significativa la capacità di carico verticale le prove andranno condotte in ottemperanza alle specifiche relative ai pali di fondazione. Potranno altresì essere richieste, per i trattamenti armati, delle prove di carico orizzontale. Entità dei carichi, velocità e tempi di applicazione, e numero dei cicli di carico e scarico, considerata la particolarità della prova, verranno di volta in volta concordati con la Direzione Lavori.

**PROVE DI LABORATORIO**

Le prove di laboratorio dovranno essere conformi a quanto riportato al § 9.4.2 della UNI EN 12716, oltre a quanto riportato nel seguito.

Si eseguiranno le seguenti determinazioni:

- creazione di gruppi omogenei di campioni in base ad esame visivo;
- analisi microsismica di ciascun campione dei gruppi, ricavando la velocità di propagazione delle onde elastiche di vibrazioni longitudinali; tali rilievi verranno effettuati sia lungo l'asse della carota che ortogonalmente all'asse, secondo sezioni disposte ogni 5 cm a partire da una estremità; per ogni sezione verranno fatte tre misure ruotando ogni volta di 60° la direzione di propagazione;
- determinazione del peso specifico di ogni campione;
- in base all'analisi microsismica ed al peso specifico dei campioni, si potranno creare ulteriori sottogruppi omogenei; per ogni sottogruppo si dovrà scegliere un campione rappresentativo;
- per il campione rappresentativo di ogni sottogruppo, si dovrà eseguire: - una prova di compressione assiale ad espansione libera, spinta fino a rottura, con rilievo della deformata assiale e della espansione laterale; - una prova di trazione indiretta tipo "brasiliiana".
- determinazione della granulometria e delle caratteristiche di permeabilità, secondo un programma che sarà definito di volta in volta con la Direzione Lavori.

Si dovrà scrivere un rapporto delle prove di laboratorio, che dovrà essere consegnato alla Direzione Lavori per il confronto con i dati assunti nel progetto.

**PREPARAZIONE DEI PIANI DI LAVORO E TOLLERANZE**

Prima di iniziare la perforazione dovrà essere materializzata sul terreno la posizione delle iniezioni mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza di ciascun asse. Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo dell'iniezione quale risulta dalla pianta dell'intervento di consolidamento.

Le colonne dovranno essere realizzate nella posizione e con le dimensioni nominali di progetto, con le seguenti tolleranze ammissibili, salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto:

- coordinate planimetriche del centro della colonna  $\pm 2$  cm
- scostamento dall'asse teorico  $\pm 2$  %
- lunghezza  $\pm 15$  cm
- diametro medio reso  $\pm 15$  %
- quota testa colonna  $\pm 5$  cm.

**PROVE TECNOLOGICHE IN CORSO DI ESECUZIONE**

In corso di esecuzione delle colonne di jet-grouting dovranno essere acquisiti i seguenti parametri mediante apposita centralina registratore:

- pressione miscela;
- portata pompe (miscela);
- volume di iniezione;
- densità;
- profondità;
- tempi di risalita;
- intervalli di risalita;
- velocità di rotazione.

Dovrà essere eseguito minimo un carotaggio ogni dieci colonne realizzate in corrispondenza della compenetrazione. Qualora ci fossero dubbi sulla lunghezza delle colonne registrate dovranno essere eseguite altre due perforazioni secondo le indicazioni della Direzione Lavori.

Per quel che riguarda le modalità esecutive, si fa riferimento al § 8 della UNI EN 12716, oltre a quanto riportato nel seguito.

**28.5 TRATTAMENTI COLONNARI JETTING**

Tutti i sistemi dovranno permettere di realizzare trattamenti verticali o con inclinazione di 10÷15° rispetto alla verticale. Il sistema monofluido potrà essere richiesto anche per la realizzazione di trattamenti sub-orizzontali con inclinazione verso l'alto. La successione temporale delle perforazioni, fra i vari trattamenti e delle conseguenti iniezioni, dovrà essere espressamente indicata dall'Appaltatore.

In linea di principio la sequenza operativa dovrà essere tale che la colonna in corso di esecuzione disti almeno tre metri dall'ultima eseguita. La velocità di risalita dovrà essere mantenuta costante durante tutta l'iniezione, in accordo a quanto determinato prima dell'inizio dei lavori nel campo prove. E' richiesta, prima dell'esecuzione di ogni colonna, la verifica dello stato di usura degli ugelli e dei loro diametri nominali e il controllo dell'efficacia dei giunti della batteria di iniezione.

Prima di iniziare la perforazione dovrà essere materializzata sul terreno la posizione delle iniezioni mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza di ciascun asse. Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo dell'iniezione quale risulta dalla pianta dell'intervento di consolidamento. Su tale pianta, redatta e presentata dall'Appaltatore alla Direzione Lavori, dovrà essere indicata la posizione di tutte le iniezioni, incluse quelle eventuali di prova, contrassegnate con numero progressivo.

**Perforazione**

La perforazione potrà essere eseguita direttamente tramite la batteria di iniezione munita di una testa (monitor) posta al di sopra dell'utensile di perforazione a "rotazione" o a "rotopercussione", a seconda dei terreni, sino alla profondità richiesta. Durante la perforazione si provvederà ad immettere il fluido di circolazione che fuoriesce dal fondo attraverso il passaggio interno alle aste agevolando la penetrazione del terreno, raffreddando e mantenendo pulito l'utensile disagregatore. Il metodo di perforazione utilizzato dovrà essere tale da consentire successivamente, durante il trattamento "jet grouting", la continua risalita del fluido a giorno.

In funzione della modalità di iniezione della miscela, si distinguono:

- sistema jetting monofluido. Al termine della perforazione il foro di passaggio al fondo in corrispondenza dell'utensile disagregatore verrà chiuso e si procederà alla iniezione della miscela che fuoriesce ad alta velocità attraverso gli ugelli laterali, creando la colonna di terreno consolidato. In tale fase la batteria verrà ruotata ed estratta con velocità variabili in funzione delle caratteristiche meccaniche dei terreni da trattare e del diametro da ottenere (vedere punto d).
- sistema jetting a due fluidi. In questo caso la batteria di iniezione sarà composta da due aste coassiali per il passaggio:
  - del fluido di perforazione e successivamente della miscela di iniezione (asta centrale);
  - dell'aria da immettere durante l'iniezione in un getto anulare e quello della miscela (asta esterna).
- sistema jetting a tre fluidi. In questo caso la perforazione potrà ancora venire eseguita direttamente tramite la batteria di aste di

iniezione solamente per i casi in cui sia utilizzabile il sistema a rotazione. In terreni particolarmente difficili, in cui è richiesta una perforazione a rotoperforazione, sarà necessario provvedere ad un preforo in cui inserire successivamente la batteria di iniezione. La batteria sarà costituita da aste coassiali a tre vie aventi tre passaggi separati per l'acqua (al centro), l'aria (intermedio) e la miscela stabilizzante (esterno).

#### Impianti ed attrezzature di iniezione

##### Centrale di iniezione

Le pompe di iniezione ad alta pressione, le cui caratteristiche dovranno essere dichiarate dall'Appaltatore prima dell'inizio dei lavori, dovranno essere provviste di manometri sia sulla mandata delle pompe sia in prossimità dell'inserimento dei tubi ad alta pressione nelle batterie delle aste di iniezione. I manometri dovranno essere sigillati e muniti di un certificato ufficiale di taratura non anteriore a tre mesi. Dovranno essere installate, in funzione delle caratteristiche delle pompe, opportuni dispositivi atti a regolare le mandate delle pompe stesse.

##### Attrezzature di iniezione

Sono le stesse attrezzature utilizzate per la perforazione. Tali attrezzature dovranno essere idonee per effettuare l'iniezione della colonna stabilizzata in un'unica fase senza interruzione, sino a lunghezze del tratto iniettato pari circa 12±15 m; per casi particolari le eventuali interruzioni dovranno essere comunicate alla Direzione Lavori.

In caso di interruzione (accidentale o meno) dell'iniezione sarà necessario, eliminato l'inconveniente, far ripartire l'iniezione almeno 50 cm al di sotto della quota di interruzione.

Le attrezzature di iniezione dovranno essere munite di dispositivi atti a regolare la velocità di risalita tramite temporizzatore od altro idoneo dispositivo che determini una risalita continua, o almeno a scatti uniformi (3±5 cm a intervalli prestabiliti). Comunque il passo dovrà produrre una colonna continua. La parte inferiore dell'antenna dovrà essere provvista di evidenti contrassegni posti ad interasse di 10 cm (in prossimità delle aste per una lunghezza totale di almeno 100 cm) allo scopo di poter effettuare un controllo visivo cronometrato dalla velocità di risalita. Il controllo della velocità di rotazione delle aste durante l'iniezione dovrà essere effettuato preferibilmente tramite un'apposita strumentazione di controllo. È richiesta la verifica giornaliera dello stato di verifica degli ugelli e dei loro diametri nominali ed il controllo dell'efficienza dei giunti della batteria di iniezione.

#### Parametri operativi di iniezione

La definizione dei parametri di iniezione sarà proposta da dall'Appaltatore e verificata con l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari. La tabella che segue fornisce indicativamente i valori tipici che potranno essere adottati la scelta definitiva dei parametri dovrà essere concordata con la Direzione Lavori.

SISTEMI	MONOFLUIDO	A DUE	A TRE FLUIDI
Pressione pompa miscela (MPa)	40÷45	40÷45	2÷6
Portata miscela (l/min)	80÷150	120÷180	70÷100
Diametro ugello miscela (mm)	1,6÷3,0	2,5÷3,0	3,5÷6,0
Numeri ugello miscela (n.)	1÷3	1÷2	1
Rapporto acqua/cemento	0.7/1.0	0.7/1.0	0.7/1.0
Pressione pompa acqua (MPa)	=	=	40÷60
Portata flusso acqua (l/min)	=	=	80÷120
Diametro ugello acqua (mm)	=	=	1,8÷2,6
Pressione aria compressa (MPa)	=	0,7÷1,7	0,7÷1,7
Portata flusso aria (m³/min)	=	7 ÷ 10	7÷10
Velocità risalita (cm/min)	20÷50	15÷30	4÷7
Velocità rotazione (rpm)	8÷30	7÷15	4 ÷ 10
N.B. I valori riportati in tabella sono indicativi e variano in funzione del tipo di terreno da trattare e dei requisiti progettuali richiesti			

Il dosaggio della miscela, la pressione e portata di iniezione, la velocità di rotazione e di sollevamento dell'asta dovranno essere scelte opportunamente, in relazione alle caratteristiche del terreno da consolidare, onde conseguire, oltre al diametro voluto, la necessaria resistenza, compenetrazione e impermeabilità delle colonne.

Dei sensori dovranno fornire, in corso d'opera, la registrazione continua dei parametri (di profondità, di pressione, di flusso) per tutta la lunghezza della colonna.

I parametri dovranno essere stabiliti mediante l'esecuzione di un campo prove eseguito nelle vicinanze ed in terreni il più possibile rappresentativi.

#### Caratteristiche minime dei trattamenti

In via preliminare, come specificato al punto 5.3.3, si dovrà effettuare un campo prova, finalizzato alla verifica delle attrezzature e dei procedimenti. In ogni caso, a meno di particolari esigenze progettuali di volta in volta indicate, le caratteristiche delle colonne da realizzare saranno conformi a quanto specificato nella tabella riportata nel seguito, ove con qu si intende la resistenza media ad espansione laterale libera sui campioni prelevati dai carotaggi di controllo e con Dm il diametro medio, in uno stesso tipo di terreno, misurato su colonne scoperte.

SISTEMA	TIPO TERRENO	DIAMETRO MEDIO (m)	RESISTENZA (MPa)
	Incoerenti sciolti	0.6±0.8	

Monofludio	Incoerenti da mediam. a molto addensati	0.4±0.6	? 5.0±6.0
	Coesivi soffici o mediamente compatti	0.4±0.6	? 1.5±2.0
	Coesivi molto compatti	0.3±0.5	
A due fluidi	Incoerenti sciolti	1.0±1.5	
	Incoerenti da mediam. a molto addensati	0.6±0.9	? 5.0±6.0
	Coesivi soffici o mediamente compatti	0.7±1.0	? 1.5±2.0
A tre fluidi	Coesivi molto compatti	0.5±0.8	
	Incoerenti sciolti	1.6±2.0	
	Incoerenti da mediam. a molto addensati	1.0±1.5	? 5.0±6.0
	Coesivi soffici o mediamente compatti	1.2±1.6	? 1.5±2.0
	Coesivi molto compatti	0.6±1.0	

Il modulo di elasticità tangenziale E dovrà assumere valori pari o superiori a 100 qkj. Per ottenere i suddetti valori si dovranno rispettare le seguenti quantità minime di cemento da iniettare, in funzione del sistema prescelto (la quantità di cemento viene indicata come peso secco per metro cubo di terreno trattato):

- sistema monofluido 350÷400 kg/m<sup>3</sup>;
- sistema a due fluidi 400÷450 kg/m<sup>3</sup>;
- sistema a tre fluidi 600÷700 kg/m<sup>3</sup>.

#### Inserimento di armature

Qualora le colonne in jet grouting, in accordo al progetto, debbano svolgere anche funzioni strutturali o comunque al fine di garantire loro una maggiore duttilità, si procederà ad inserire all'interno delle stesse degli elementi di armatura. Gli elementi previsti sono:

- tubi in acciaio;
- barre in acciaio ad aderenza migliorata.

Tali elementi verranno infissi in asse alle colonne mediante semplice pressione, con eventuale ausilio di vibrazione o percussione, non appena ultimata la fase di iniezione.

Qualora la natura dei terreni consolidati sia tale da non permettere l'infissione dell'elemento di armatura (come nel caso di terreni ad elevata percentuale di ghiaia o ciottoli) questo potrà venir posizionato previa riperforazione utilizzando miscele cementizie di composizione simile a quella della miscela utilizzata per l'iniezione. Le modalità esecutive dettagliate saranno proposte dall'Appaltatore e saranno comunicate alla Direzione Lavori.

#### Controlli e documentazione

Per ciascuna colonna che verrà eseguita durante il lavoro, contraddistinta con una numerazione pregressiva, dovrà essere compilata dall'Appaltatore una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- numero della colonna e data di esecuzione
- lunghezza della perforazione
- modalità di esecuzione della perforazione:

- diametro
- fluido
- caratteristiche dell'utensile
- parametri di iniezione:
  - numero e caratteristiche degli ugelli
  - velocità di rotazione e di risalita
  - pressioni
  - volumi
- caratteristiche e controlli sulla miscela:
  - composizione
  - densità
  - viscosità
  - decantazione.

Potranno infine venire richieste le stesse prove in sito e di laboratorio indicate per il campo prova, per un numero non inferiore all' 1% dei trattamenti eseguiti. Queste prove verranno definite di volta in volta in funzione della specificità del progetto.

## **28.6 TRATTAMENTI COLONNARI MECCANICI (TIPO TURBOJET O EQUIVALENTE)**

Il sistema consiste nel far penetrare nel terreno sino alla profondità desiderata, mediante rotazione, un particolare utensile costituito da sistemi di lame disposte a croce, collegate da un'asta cava, in grado di perforare e disgregare il terreno senza asportarlo in superficie, formando in tal modo una colonna di terreno uniformemente rimaneggiata di diametro pari a quello delle lame più esterne. L'immissione della miscela stabilizzante, per via secca o per via umida, potrà essere realizzata durante la fase di discesa o di risalita dell'utensile. Nella fase di risalita, ruotando le aste di perforazioni in senso contrario a quello della discesa, per effetti della inclinazione della volvente dell'elica dell'utensile, si imprimeranno al terreno delle forze di compressione uniformemente distribuite su tutta l'area, in grado di compattare il terreno mescolato con l'elemento consolidante, formando la colonna di terreno stabilizzato.

### **Sistema con apporto di cemento per via secca**

In questo caso l'elemento stabilizzante, cemento in polvere, verrà immesso nel terreno attraverso degli ugelli posizionati nella parte superiore dell'utensile. L'immissione avviene di norma nella fase di risalita, utilizzando, come veicolo di trasporto, aria in pressione che fa scorrere il cemento attraverso le aste cave di perforazione. Questa dovrà essere di sezione tale da garantire al terreno la formazione, nel suo intorno, di un condotto anulare cilindrico attraverso il quale si effettua lo scarico all'esterno dell'aria compressa iniettata dagli ugelli del disgregatore.

L'attrezzatura dovrà essere provvista di un'opportuna campana di trattamento delle polveri. Nella fase di discesa la penetrazione dell'utensile sarà facilitata dall'immissione di aria in pressione che fuoriesce dagli stessi ugelli che si utilizzeranno per l'immissione di cemento secco ed aria nella fase successiva. È importante che l'aria immessa, sia nella fase di perforazione che come veicolo di trasporto dello stabilizzante, sia adeguatamente essiccata. Il sistema con apporto

per via secca richiede che il terreno da trattare abbia un elevato contenuto d'acqua al fine di poter far completamente svolgere la reazione di presa dell'agente stabilizzante. In caso contrario, per terreni aventi un contenuto d'acqua ridotto, bisognerà provvedere all'immissione della stessa, in quantità idonee, durante la fase di discesa dell'utensile.

### **Sistema con apporto di cemento per via umida**

In questo caso l'elemento stabilizzante viene immesso nel terreno già come miscela stabile acqua/cemento, eventualmente additivata. L'immissione della miscela, a seconda dei casi, può essere fatta nella fase di discesa che di risalita. Nel caso l'immissione avvenga nella fase di discesa essa serve per garantire la penetrazione dell'utensile e la fluidificazione del terreno da trattare. Nel caso di immissione nella fase di risalita, come fluido di perforazione durante la discesa dell'utensile si utilizzerà l'acqua. Ovviamente l'immissione di tutti i fluidi avverrà, come per il caso precedente, attraverso le aste cave e gli ugelli posizionati in prossimità dell'utensile. Questo sistema, per la sua peculiarità, è idoneo a trattare terreni con basso contenuto d'acqua, anche incoerenti.

### **Parametri operativi**

I principali parametri operativi dei due sistemi di miscelazione meccanica si possono così sintetizzare:

- velocità di rotazione dell'utensile:  $15 \pm 45$  giri/minuto
- velocità di discesa e risalita:  $0.5 \pm 10$  cm/giro
- portata massima acqua:  $200 \pm 250$  l/m
- pressione acqua:  $1.5 \pm 3.0$  MPa
- compressore aria (essiccata)  $10000 \pm 20000$  litri
- pressione aria  $2.0 \pm 1.0$  MPa
- impianto in grado di erogare le seguenti quantità di cemento o miscela binaria:
  - cemento  $3000 \pm 10000$  kg/ora
  - miscela  $4000 \pm 15000$  l/ora.

Tenendo conto della continua evoluzione dei sistemi descritti, deroghe a quanto sopra potranno essere accettate dalla Direzione Lavori purché adeguatamente documentate con prove tecnologiche.

### **Caratteristiche minime dei trattamenti**

A meno di particolari esigenze progettuali, di volta in volta indicate, le caratteristiche medie delle colonne consolidate dovranno essere le seguenti:

- diametro delle colonne: unicamente determinato dal diametro delle lame dell'elica di perforazione; usualmente  $D = 600 \pm 1200$  mm;
- quantità di stabilizzante da introdurre: indipendentemente dal sistema adottato la quantità minima di cemento immesso non dovrà essere inferiore al 10% del peso di terreno secco della colonna trattata; per colonne trattate con immissione a secco, il cemento potrà essere caricato con sabbia di dimensioni
- $\phi_{max} \leq 5$  mm;
- la resistenza media ad espansione laterale limite dei campioni prelevati dalle colonne dovrà essere in linea di massima:
  - $q_u \geq 10$  kg/cm<sup>2</sup> per terreni coesivi;
  - $q_u \geq 40$  kg/cm<sup>2</sup> per terreni incoerenti.

### **Controlli e documentazione**

Per ciascuna colonna che verrà eseguita durante il lavoro, contraddistinta con una numerazione progressiva, dovrà essere compilata dall'Appaltatore una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- numero della colonna e data di esecuzione
- lunghezza della perforazione
- modalità di esecuzione della perforazione (diametro, fluido, caratteristiche dell'utensile)
- parametri di iniezione (numero e caratteristiche degli ugelli, velocità di rotazione e di risalita, pressioni, volumi di iniezione)
- caratteristiche e controlli sulla miscela (composizione, densità, viscosità, decantazione)

Potranno infine venire richieste le stesse prove in sito e di laboratorio indicate per il campo prova, per un numero non inferiore all' 1% dei trattamenti eseguiti. Queste prove verranno definite di volta in volta in funzione della specificità del progetto.

Si devono compilare registrazioni dell'esecuzione dei trattamenti di jet grouting per riferimento futuro. Per ogni elemento queste devono comprendere:

- i parametri di trattamento;
- osservazioni sul materiale rifluito;
- caratteristiche impreviste;
- data e ora di esecuzione;

Quando sono state effettuate prove preliminari in loco, si deve preparare un rapporto dettagliato che includa tutti i risultati ottenuti con riferimento alle condizioni del terreno prevalenti e alle dimensioni degli elementi di jet grouting da costruire.

Il piano esecutivo dei trattamenti di jet grouting e tutte le registrazioni devono essere conservati dopo il completamento dei lavori.

### **28.7 REQUISITI SPECIALI**

#### **CONFORMITA' ALLE NORME NAZIONALI**

L'esecuzione dei trattamenti colonnari deve essere conforme a tutte le norme nazionali, alle specifiche o ai requisiti obbligatori relativi a:

- sicurezza sul cantiere;
- sicurezza dei procedimenti operativi;
- sicurezza operativa di perforazione e di iniezione, attrezzature e strumenti ausiliari;
- protezione ambientale.

#### **SICUREZZA DEL CANTIERE**

Si devono adottare misure appropriate per proteggere la salute e la sicurezza dei lavoratori e di altre persone presenti in cantiere o nelle sue vicinanze.

I pericoli per la salute e la sicurezza associati al jet grouting devono essere valutati in relazione alle condizioni specifiche del cantiere.

#### **PROTEZIONE DELL'AMBIENTE**

Si devono adottare misure per limitare o evitare effetti negativi sull'ambiente. Si devono considerare i seguenti rischi per l'ambiente:

- movimenti indotti nel terreno o in strutture adiacenti;
- inquinamento dell'acqua superficiale;
- variazioni inaccettabili nel flusso naturale dell'acqua di falda;
- inquinamento dell'aria;
- rumore.

I metodi per la gestione del materiale rifluito, inclusi:

- raccolta in corrispondenza della superficie del foro;
- stoccaggio temporaneo in cantiere;
- possibile trattamento;
- smaltimento finale,
- devono essere tali da minimizzare gli effetti negativi sull'ambiente.

### **NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 29 PALI INFISSI**

Le prescrizioni di cui al presente capitolo si riferiscono a pali di medio e grande diametro (da un minimo di 400mm ad un massimo di 3000 mm) infissi (battuti o vibrati) gettati in opera o prefabbricati.

**PALI INFISSI GETTATI IN OPERA**

Si definiscono pali infissi gettati in opera quelli realizzati riempiendo con calcestruzzo (dopo la posizionatura della gabbia metallica di armatura) lo spazio interno vuoto di un elemento tubolare metallico fatto penetrare nel terreno mediante battitura o per vibrazione, senza asportazione del terreno medesimo.

I pali infissi gettati in opera si distinguono in:

- Pali con rivestimento definitivo in lamiera d'acciaio, corrugata o liscia, chiusi alla base con un fondello d'acciaio. I pali vengono realizzati infiggendo nel terreno il rivestimento tubolare. Dopo l'infissione e la eventuale ispezione interna del rivestimento, il palo viene completato riempiendo il cavo del rivestimento con calcestruzzo armato.
- Pali realizzati tramite infissione nel terreno (mediante battitura o vibrazione) di un tubo forma estraibile, chiuso alla base da un fondello a perdere. Terminata l'infissione, il palo viene gettato con calcestruzzo, con o senza la formazione di un bulbo espanso di base. Durante il getto, il tubo-forma viene estratto dal terreno.
- Pali realizzati tramite l'infissione (mediante battitura o vibrazione) nel terreno di un tubo forma estraibile chiuso alla base da una valvola a becco che si apre in fase di estrazione. Durante il getto, il tubo forma viene estratto dal terreno.

**PALI INFISSI PREFABBRICATI**

Si definiscono pali infissi prefabbricati quelli realizzati mediante battitura di manufatti, senza asportazione di terreno, eventualmente con l'ausilio di getti d'acqua in pressione alla punta.

A seconda che i pali siano prefabbricati in stabilimento od in cantiere, saranno adottate le seguenti tipologie costruttive:

- pali prefabbricati in stabilimento: in calcestruzzo centrifugato ed eventualmente precompresso, di norma a sezione circolare, di forma cilindrica, tronco-conica o cilindro-tronco-conica.
- pali prefabbricati in cantiere: in calcestruzzo vibrato, di norma a sezione quadrata.

L'Appaltatore sarà tenuto all'osservanza di tutte le normative cogenti a livello nazionale in merito ai contenuti delle presenti prescrizioni; a queste si aggiungeranno tutte le norme e le istruzioni tecniche non cogenti che verranno richiamate nei successivi paragrafi.

In aggiunta dovranno essere rispettate le seguenti normative e prescrizioni, compresi gli eventuali aggiornamenti, modifiche ed integrazioni:

- D.M. 11/03/1988 e Circ. MIn. 30483 del 24/09/1988.
- Raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana sui pali di fondazione, Dicembre 1984.
- UNI EN 12699:2002. 01/07/02. Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Pali eseguiti con spostamento del terreno.
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 09/01/1996.
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture 17/01/2018.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

Salvo diverse indicazioni del presente Capitolato, i materiali utilizzati dovranno essere conformi al § 6 della UNI EN 1536:2003 e al § 6 della UNI EN 12699:2002.

**29.1 ARMATURE METALLICHE**

Barre di acciaio, reti di filo di acciaio, tubi o profilati di acciaio utilizzati per l'armatura dei pali devono conformarsi con le ENV 10080, EN 102 10-1 e EN 100025.

Le armature metalliche saranno costituite da barre ad aderenza migliorata; le armature trasversali dei pali saranno costituite da spirali o da staffe in tondino esterne ai ferri longitudinali. I pali dovranno essere armati per tutta la loro lunghezza.

Le armature verranno pre-assemblate fuori opera in "gabbie"; i collegamenti saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro o con morsetti.

Nel caso di utilizzo di acciaio saldabile ai sensi del D.M. 9/1/96, si prescrive di ricorrere alla saldatura (puntatura) delle staffe, o dei cerchioni irrigidenti con i ferri longitudinali, al fine di rendere le gabbie d'armatura in grado di sopportare le sollecitazioni di movimentazione. In questo caso verrà richiesta la certificazione di saldabilità degli acciai da parte della ditta fornitrice. Gli elettrodi o i fili utilizzati devono essere di composizione tale da non introdurre fenomeni di fragilità.

L'intervallo netto minimo tra barra e barra, misurato lungo la circonferenza che ne unisce i centri, non dovrà in alcun caso essere inferiore a 7.4 cm (corrispondente ad una barra F26 di interasse 10 cm).

L'interasse delle staffe non dovrà essere superiore a 20 cm ed il diametro dei ferri non inferiore a 10 mm. Non è consentito l'uso delle armature elicoidali ove ogni spira non sia fissata solidamente a tutte le armature longitudinali intersecate.

Le armature trasversali dovranno contrastare efficacemente gli spostamenti della barre longitudinali verso l'esterno; le staffe dovranno essere chiuse e risvoltate verso l'interno. Al fine di irrigidire le gabbie d'armature dovranno essere predisposti i necessari ferri (diagonali, ad U etc.) atti a sollevare e trasportare le stesse.

Al fine di irrigidire le gabbie d'armatura potranno essere realizzati opportuni telai cui fissare le barre di armatura. Detti telai potranno essere realizzati utilizzando barre lisce verticali legate ad anelli irrigidenti orizzontali; orientativamente, a seconda delle dimensioni e della lunghezza del palo, potrà provvedersi un cerchiante ogni 2,5 + 3 m.

Nella qualifica deve essere prevista la costruzione di un prototipo di gabbia, avente le caratteristiche previste dal progetto, da cui verranno prelevati dei campioni di barre longitudinali e staffe da sottoporre a prova di verifica a trazione, in modo da verificare il mantenimento delle caratteristiche originarie delle barre di acciaio. Nei campioni prelevati dovrà essere presente almeno una saldatura.

In corso d'opera la frequenza dei prelievi per le prove di verifica di cui sopra, sarà di 3 campioni di barra longitudinale e di staffa ogni 500 ml di gabbia.

L'armatura di lunghezza pari a quella del palo dovrà essere posta in opera prima del getto e mantenuta in posto senza poggiarla sul fondo del foro.

Le gabbie di armatura saranno dotate di opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo di 6 cm rispetto al diametro nominale del foro.

Per i distanziatori in plastica, al fine di garantire la solidarietà col calcestruzzo, è necessario verificare che la loro superficie sia forata per almeno il 25%. I centratori saranno posti a gruppi di 3-4 regolarmente distribuiti sul perimetro e con spaziatura verticale di massima 4 m.

E' ammessa la giunzione mediante una sovrapposizione non inferiore a 40 diametri (ove non diversamente indicato) o mediante impiego di un adeguato numero di morsetti, legature o saldature.

Le gabbie di armatura dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine e dovranno essere messe in opera prima del getto, fatta eccezione per i pali trivellati a elica.

## **29.2 RIVESTIMENTI METALLICI**

Le caratteristiche geometriche dei rivestimenti, sia provvisori che definitivi, saranno conformi alle prescrizioni di progetto. Le caratteristiche meccaniche e di rigidità (spessore ed inerzia) dovranno essere sufficienti a consentire il trasporto, il sollevamento e l'infissione senza che gli stessi subiscano danni, ovalizzazioni, etc. Per i pali battuti, infissi senza alcuna asportazione di terreno, il dimensionamento dei tubi di rivestimento potrà essere fatto con il metodo dell'onda d'urto. I rivestimenti definitivi dei pali infissi e gettati in opera dovranno avere la base piatta e saldata al fusto in modo da resistere alle sollecitazioni di battitura e ribattitura, evitare infiltrazioni di acqua e non avere sporgenze esterne. Nel caso di pali da realizzare in ambienti aggressivi, la superficie esterna del palo dovrà essere rivestita con materiali protettivi adeguati (ad esempio vernici a base di poliuretano-catrame), da concordare con la Direzione Lavori, se non specificati in elenco prezzi o negli elaborati grafici di progetto.

## **29.3 CONGLOMERATI CEMENTIZI**

I calcestruzzi saranno conformi a quanto prescritto nei disegni di progetto e nel capitolato relativo alle opere in conglomerato cementizio.

Il valore del rapporto acqua/cemento non dovrà di norma superare il limite di 0.5, umidità degli inerti compresa. Per garantire la lavorabilità in fase di getto, il calcestruzzo dovrà avere uno slump compreso tra 16 e 20 cm; la misura sarà eseguita utilizzando il cono di Abrams (cfr. Norme CNR UNI 7 163-79).

Il cemento da impiegare dovrà essere scelto in relazione alle caratteristiche ambientali considerando, in particolare, l'aggressività da parte dell'ambiente esterno.

La dimensione massima degli inerti deve essere tale che:

$D_{max} * 2.5 < i_{min}$ .

dove "i min." è il valore minimo del passo fra le barre longitudinali.

Il calcestruzzo dovrà essere confezionato e trasportato con un ritmo tale da consentire di completare il getto di ciascun palo senza soluzione di continuità, secondo le cadenze prescritte e rendendo minimo l'intervallo di tempo fra preparazione e getto.

L'Appaltatore pertanto dovrà garantire la disponibilità del calcestruzzo necessario per soddisfare la produzione giornaliera di pali in accordo al programma di costruzione.

## **NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Prima di dare inizio ai lavori l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori una planimetria riportante la posizione di tutti i pali, inclusi quelli di prova, contrassegnati da un numero progressivo per ciascun palo.

Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore dovrà eseguire il tracciamento dei pali identificando la posizione sul terreno mediante infissione di appositi picchetti in corrispondenza dell'asse di ciascun palo. Dei testimoni (capisaldi) a cui fare rapidamente riferimento dovranno essere posizionati in modo da non interferire con le normali operazioni di cantiere.

Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alle indagini necessarie ad accertare la eventuale presenza di manufatti interrati di qualsiasi natura (cunicoli, tubazioni, cavi, etc.) che possono interferire con i pali da realizzare o che possano essere danneggiati o comunque arrecare danno durante l'effettuazione dei lavori. Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alle eventuali opere di deviazione e/o rimozione di tali ostacoli prima dell'inizio delle operazioni di infissione o perforazione, salvo diversa indicazione data nello specifico dal presente capitolato.

L'Appaltatore dovrà verificare e fare in modo che il numero, la potenza e la capacità operativa delle attrezzature siano tali da consentire una produttività congruente con i programmi di lavoro previsti. Sarà altresì cura dell'Appaltatore selezionare ed utilizzare le attrezzature più adeguate alle condizioni ambientali, stratigrafiche ed idrogeologiche dei terreni ed alle dimensioni dei pali.

Sarà cura dell'Appaltatore adottare tutti gli accorgimenti necessari ad attenuare i disturbi alle persone derivanti dalla vibrazione e dai rumori connessi con le attività di scavo (§ Soggezioni geotecniche e ambientali).

Sarà cura dell'Appaltatore provvedere all'immediato trasporto a rifiuto di tutti i materiali di risulta provenienti dagli scavi e dalle lavorazioni comunque connesse con l'installazione di pali, con particolare attenzione allo smaltimento dei fanghi bentonitici.

Nel caso in cui, durante il corso dei lavori, l'Appaltatore ritenga opportuno variare le metodologie esecutive precedentemente approvate, sarà sua cura effettuare le nuove prove tecnologiche preliminari eventualmente necessarie e sottoporle alla Direzione Lavori per accettazione.

Sarà cura dell'Appaltatore apporre adeguati contrassegni, opportunamente spaziosi, su tutti gli elementi (tubi-forma, gabbie d'armatura, pali, funi, etc.) sui quali nelle differenti fasi di lavorazione è necessario effettuare delle misurazioni per verificare la profondità d'infissione, il livello d'estrazione ed il rifiuto.

Sarà altresì cura dell'Appaltatore evitare che l'installazione dei pali arrechi danno, per effetto di vibrazione e/o spostamenti di materie, ai pali adiacenti così come ad opere e manufatti preesistenti.

In fase esecutiva, l'Appaltatore dovrà provvedere a tutti gli accorgimenti o a tutte le opere provvisorie che riterrà necessari ed opportuni per garantire le migliori condizioni di sicurezza ed evitare qualsiasi danno ai fabbricati e/o ai manufatti adiacenti, essendo comunque a carico dell'Appaltatore tutti gli oneri e i costi connessi alla realizzazione ed al progetto di dettaglio di tutte le opere provvisorie. Restano in ogni caso a carico dell'Appaltatore gli oneri conseguenti al ripristino dei danni provocati dalla realizzazione delle opere.

L'Appaltatore non potrà richiedere alcun compenso per il fatto che, a seguito di prescrizioni di autorità terze competenti, i lavori per la

costruzione dei pali debbano eseguirsi in orario notturno o per fasi, secondo un programma fissato dalla Direzione Lavori.

Sarà cura dell'Appaltatore far eseguire tutti i controlli e le prove (sia preliminari che in corso d'opera) prescritti dal presente Capitolato, così come quelli integrativi richiesti dalla Direzione Lavori, qualora si rendessero necessari per garantire la qualità e le caratteristiche previste dal progetto.

Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alla scapitozzatura delle teste di tutti i pali, fino alla quota di progetto (piano d'imposta della fondazione sovrastante), provvedendo altresì alla sistemazione e ripulitura dei ferri d'armatura. Nel caso in cui, per effetto delle lavorazioni subite, la parte superiore del palo non avesse le caratteristiche richieste, l'Appaltatore dovrà provvedere alla estensione della scapitozzatura (per eliminare tale parte) ed alla ricostruzione, fino al piano d'imposta della fondazione sovrastante.

#### SOGGEZIONI GEOTECNICHE ED AMBIENTALI

In merito ai limiti delle vibrazioni, l'Appaltatore dovrà assicurare il rispetto delle seguenti norme, oltre a quanto desumibile dallo stato dell'arte, al fine di ridurre danni alle strutture e disturbo ai residenti:

- UNI 9614:1990. 31/03/1990. Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo.
- UNI 99 16:2004. 01/04/2004. Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici
- UNI 11048:2003. 01/03/2003. Vibrazioni meccaniche ed urti - Metodo di misura delle vibrazioni negli edifici al fine della valutazione del disturbo.

L'Appaltatore dovrà comunicare alla Direzione Lavori i provvedimenti che intende adottare nel caso del superamento dei limiti stessi (indicati all'interno della UNI 9614).

A sua discrezione, la Direzione Lavori potrà, con riferimento a quanto proposto, richiedere che l'Appaltatore provveda ad eseguire un campo prove per l'effettuazione di misure di controllo delle vibrazioni indotte al contorno, con oneri e spese relative a carico del medesimo Appaltatore.

L'esecuzione di prefiori per la riduzione della vibrazione è ammessa, con le limitazioni di cui ai successivi paragrafi del presente Capitolato.

Deve essere pianificata la sequenza di infissione dei pali.

I pali devono essere protetti dagli attacchi di organismi, sostanze aggressive, corrosione e correnti vaganti laddove esistano tali rischi.

Devono essere tenute in considerazione l'influenza dei metodi di infissione nei confronti delle prestazioni dei pali, della sicurezza delle strutture esistenti e dei pendii potenzialmente instabili.

I metodi di infissione devono essere tali da non compromettere la capacità portante dei pali già collocati e/o la sicurezza delle strutture esistenti.

#### DOCUMENTAZIONE PRELIMINARE

L'Appaltatore dovrà presentare, con debito anticipo, alla Direzione Lavori una relazione illustrativa delle modalità di esecuzione, dell'organizzazione di cantiere e delle varie fasi operative; tale relazione dovrà in particolare contenere:

- le procedure operative e le modalità di esecuzione delle opere;
- l'elenco e la specifica delle apparecchiature da utilizzare, conformi alle caratteristiche indicate nel presente Capitolato. In generale esse dovranno essere in numero tale da consentire di far fronte rapidamente e senza interruzioni significative delle lavorazioni, ad eventuali inconvenienti tecnici o di altra natura che dovessero verificarsi.
- nel caso che l'esecuzione dei lavori comporti il superamento dei limiti ammissibili per le vibrazioni (§ 6.3.1), una relazione sui provvedimenti che verranno adottati.
- la necessaria documentazione sulla natura del terreno (rilievi stratigrafici) per valutare l'idoneità degli accorgimenti tecnici e delle attrezzature scelte, anche sulla base di quanto riportato al § 5 della UNI EN 1536:2003 e al § 5 della UNI EN 12699:2002.
- una dichiarazione che certifichi che l'area in cui debbono essere eseguiti i lavori è stata riscontrata priva di impedimenti alla esecuzione degli stessi o in caso contrario una relazione sulle misure e provvedimenti presi.
- le planimetrie riportanti la posizione dei pali, con la loro numerazione progressiva.
- il programma temporale dei lavori.
- La documentazione dovrà essere conforme ai requisiti riportati al § 4 della UNI EN 1536:2003 e al § 4 della UNI EN 12699:2002.

#### PROVE TECNOLOGICHE PRELIMINARI

La Direzione Lavori, potrà richiedere di verificare l'idoneità delle attrezzature e di modificare le modalità operative, in relazione a particolari condizioni stratigrafiche o all'importanza dell'opera, mediante l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari in condizioni il più possibile rappresentative delle opere di progetto; in tal caso potranno essere introdotti anche i rilevamenti ambientali di cui al § 6.3.1 relativi alle vibrazioni indotte dai lavori.

La scelta delle attrezzature di scavo o di battitura e gli associati dettagli esecutivi e di posa in opera del palo, dovranno essere comunicati preliminarmente all'esecuzione dei pali dall'Impresa alla DL.

Nell'eventualità di particolare complessità della situazione geotecnica e/o stratigrafica, o in relazione dell'importanza dell'opera, l'idoneità delle attrezzature sarà verificata mediante l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari.

Tali verifiche dovranno essere condotte in aree limitrofe a quelle interessanti la palificata in progetto e comunque tali da essere rappresentative dal punto di vista geotecnico ed idrogeologico.

I pali di prova, eventualmente strumentati (per la determinazione del carico limite), a cura dell'Impresa, saranno eseguiti in numero del 1% del numero totale dei pali con un minimo di 2 pali per opera, e comunque secondo le prescrizioni della DL; le prove di collaudo saranno eseguite in numero pari allo 0,5% del numero totale dei pali, con un numero minimo di 1 palo per opera.

I pali di prova dovranno essere realizzati in corrispondenza dell'opera, e predisposti al di fuori della palificata ad una distanza dalla stessa non inferiore ai 10 m presa ortogonalmente dal bordo più vicino del plinto di raccordo, in maniera tale da ricadere nella medesima situazione geotecnica e/o stratigrafica della palificata in progetto.

Tali pali dovranno essere eseguiti o posti in opera alla presenza della DL, cui spetta l'approvazione delle modalità esecutive da adottarsi per i pali in progetto.

In ogni caso l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura, all'esecuzione di tutte quelle prove di controllo non distruttive, ed a ogni altra prova di controllo, che saranno richieste dalla DL, tali da eliminare gli eventuali dubbi sulla accettabilità delle modalità esecutive.

Nel caso in cui l'Impresa proponga di variare nel corso dei lavori la metodologia esecutiva, sperimentata ed approvata inizialmente, si dovrà dar corso, sempre a sua cura, alle prove tecnologiche precedentemente descritte.

#### TOLLERANZE

Salvo diverse indicazioni del presente Capitolato, le tolleranze da rispettare dovranno essere conformi ai requisiti riportati al § 7.2 della UNI EN 1536:2003 e al § 7.3 della UNI EN 12699:2002.

I pali dovranno essere realizzati nella posizione e con le dimensioni di progetto, con le seguenti tolleranze ammissibili, salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto:

- coordinate planimetriche del centro del palo (rispetto al diametro del palo):  $\pm 10\%$
- verticalità  $\pm 2\%$ ;
- lunghezza:
- pali aventi diametro  $< 600 \text{ mm} \pm 15 \text{ cm}$
- pali aventi diametro  $\geq 600 \text{ mm} \pm 25 \text{ cm}$
- diametro finito  $\pm 5 \%$
- quota di testa palo  $\pm 5 \text{ cm}$ .

Salvo diverse indicazioni del presente Capitolato, le modalità esecutive dovranno essere conformi al § 8 della UNI EN 12699:2002 per quel che riguarda i pali eseguiti con spostamento del terreno.

#### **29.4 PALI BATTUTI GETTATI IN OPERA CON RIVESTIMENTO DEFINITIVO**

##### **a) Attrezzatura**

L'infissione del rivestimento definitivo sarà eseguita con un battipalo scorrevole su una torre avente guide fisse con perfetto allineamento verticale.

Le caratteristiche del battipalo saranno conformi alle indicazioni di progetto, quando esistenti.

In ogni caso il battipalo impiegato deve essere in grado di fornire l'energia sufficiente alla infissione entro i terreni presenti nel sito; è prescritta comunque una energia minima non inferiore a 120 kJ.

La definizione delle caratteristiche minime del battipalo sarà eseguita a cura dell'Appaltatore, utilizzando le formule dinamiche oppure l'analisi con il metodo dell'onda d'urto, noti che siano le caratteristiche geometriche del palo, il materiale di costruzione e la portata limite richiesta dal progetto.

La massa battente del battipalo agirà su un cuscino (cuffia o testa di battuta) di cui siano note le caratteristiche geometriche e di elasticità.

Per ogni attrezzatura l'Appaltatore dovrà fornire le seguenti informazioni:

- marca e tipo del battipalo;
- principio di funzionamento del battipalo;
- energia massima di un colpo e relativa possibilità di regolazione;
- n. di colpi al minuto e relativa possibilità di regolazione;
- efficienza "E" del battipalo;
- caratteristiche del cuscino (materiale, diametro, altezza costante elastica, coefficiente di costituzione);
- caratteristiche della cuffia (materiale e peso);
- peso degli eventuali adattatori;
- peso del battipalo.

L'efficienza "E" dovrà essere sempre maggiore del 70%.

Qualora richiesto dalla Direzione Lavori, l'Appaltatore dovrà provvedere alla strumentazione del battipalo per la misura della velocità terminale del maglio, onde ricavare, sulla base delle caratteristiche dell'attrezzatura certificate dal costruttore, la reale efficienza "E" del battipalo.

Considerazioni dovranno essere esposte dall'Appaltatore in apposite relazioni riguardo agli effetti al contorno per effetto dell'infissione, in termini di vibrazione e di rumore. A discrezione della Direzione Lavori potrà essere richiesta l'adozione di opportuni campi prova, comprendenti l'installazione di sismografi, accelerometri ed altra strumentazione in edifici posti all'intorno. Tutti gli oneri relativi saranno a carico dell'Appaltatore, in quanto ritenuti remunerati dal prezzo offerto.

##### **b) Tubi di rivestimento**

I tubi di rivestimento saranno in acciaio, di qualità, forma e spessore tali da sopportare tutte le sollecitazioni agenti durante l'infissione e da non subire distorsioni o collassi conseguenti alla pressione del terreno od alla infissione di pali vicini. I rivestimenti saranno chiusi alla base da una piastra in acciaio di resistenza adeguata, comunque di spessore  $> 3 \text{ mm}$ , saldata per l'intera circonferenza al tubo di rivestimento. La piastra sarà priva di sporgenze rispetto al rivestimento; la saldatura sarà tale da prevenire l'ingresso di acqua all'interno per l'intera durata della battitura ed oltre.

E' ammesso l'impiego di lamierino di modesto spessore, corrugato, battuto mediante mandrino.

E' ammesso l'impiego di rivestimenti a sezione variabile, con raccordi flangiati.

##### **c) Mandrino**

E' prevista la possibilità di utilizzare un mandrino di acciaio, di opportune dimensioni e resistenza, allo scopo di eseguire la battitura sul fondello. E' ammesso l'impiego di mandrini ad espansione, resi temporaneamente solidali al rivestimento.

E' ammesso l'impiego di mandrini speciali per la battitura multipla di rivestimenti a sezione variabile.

##### **d) Infissione**

L'infissione dei rivestimenti tramite battitura avverrà senza estrazione di materiale, con spostamento laterale del terreno naturale.

L'Appaltatore dovrà comunicare alla Direzione Lavori il programma cronologico di infissione di tutti i pali, elaborato in modo da rendere minimi gli effetti negativi dell'infissione stessa sulle opere vicine e sui pali già installati.

E' ammesso, se previsto dal progetto, ovvero se approvato dalla Direzione Lavori, l'esecuzione della battitura in due o più fasi, con eventuale modifica del procedimento (ad esempio eseguendo dapprima la battitura in testa, e prevedendo l'impiego del mandrino in 2<sup>a</sup> fase).

Nel caso di utilizzo del mandrino, esso sarà infilato nel rivestimento; se previsto, il mandrino verrà espanso e mantenuto del tutto solidale al tubo-forma per l'intera durata dell'infissione, a seguito della quale sarà estratto.

L'inserimento del mandrino nel rivestimento sarà eseguito, se necessario, con l'ausilio di un "palo-pozzo" di diametro superiore a quello dei pali di esercizio.

Il "palo-pozzo" potrà essere trasformato in palo di esercizio, se accettato dalla Direzione Lavori, in funzione delle sue caratteristiche ed

ubicazione.

Si considererà raggiunto il rifiuto allorché, con un battipalo pienamente efficiente, si avranno avanzamenti non superiori a 10 cm per 100 colpi di maglio.

Per pali di particolare lunghezza è ammessa la saldatura in opera di due spezzoni di rivestimento, il primo dei quali già infisso. Il secondo spezzone, nel corso della saldatura, sarà mantenuto in posizione fissa da un'adeguata attrezzatura di sostegno.

L'infissione dei rivestimenti sarà arrestata quando sarà soddisfatta una delle seguenti condizioni:

- raggiungimento della quota di progetto;
- misurazione del rifiuto della battitura.

In quest'ultimo caso, la Direzione Lavori avrà facoltà di chiedere all'Appaltatore la ribattitura del palo dopo 24 ore di attesa, se motivata da ragioni geotecniche particolari (forti sovrappressioni interstiziali, etc.).

L'Appaltatore, previa comunicazione alla Direzione Lavori, potrà eseguire dei prefiori di guida alla infissione per evitare o ridurre i problemi di vibrazione o il danneggiamento di opere o pali già esistenti. Il prefioro avrà diametro massimo inferiore di almeno 20 mm rispetto a quello esterno della tubazione di rivestimento. Di norma la profondità sarà inferiore ai 2/3 della profondità del palo, e comunque tale da non raggiungere lo strato portante (se esistente). Il prefioro potrà anche essere richiesto per il raggiungimento delle quote di progetto nel caso di livelli superficiali molto addensati o cementati.

#### e) Armature

Le gabbie di armatura saranno assemblate in stabilimento o a piè d'opera in conformità con i disegni di progetto e con le specifiche di cui al § Armature metalliche.

Esse saranno posizionate entro i rivestimenti curando il perfetto centramento mediante l'impiego di opportuni distanziatori e rispettando con precisione le quote verticali prescritte nei disegni di progetto.

Prima del posizionamento si avrà cura di rimuovere eventuali corpi estranei presenti nel cavo e si verificherà che l'eventuale presenza di acqua entro il tubo di rivestimento non superi il limite di 15 cm.

#### f) Getto del calcestruzzo

Il getto dovrà essere effettuato ad iniziare dal fondo foro, utilizzando un tubo convogliatore metallico di diametro 20-26 cm, in spezzoni di circa 3 m, dotato in sommità di una tramoggia di carico della capacità di almeno 0.5-0.6 mc.

Il getto di calcestruzzo dovrà essere portato ad almeno 0.5-1.0 m al di sopra della quota di progetto della testa palo al fine di tenere conto del calo del calcestruzzo dovuto all'estrazione del tubo-forma (ove necessario) e comunque per consentire di eliminare la parte superiore del getto (scapitozzatura).

La cadenza di getto dovrà essere non inferiore a 15 mc/ora.

Durante il getto il tubo convogliatore sarà ritmicamente manovrato per circa 20-30 cm in modo da favorire l'uscita e la risalita del calcestruzzo evitando altresì la segregazione della malta dagli inerti.

Il tubo-getto sarà man mano accorciato, provvedendo a mantenere l'estremità inferiore entro il getto per almeno 2 m.

Per lamierini di diametro interno non superiore a 40 cm, il tubo-getto potrà essere omesso.

#### g) Controlli e documentazione

Nel corso dell'infissione verrà conteggiato il numero di colpi, per avanzamenti di 1 m.

In corrispondenza degli ultimi 4 m, o più se richiesto dalla Direzione Lavori, si conterà il numero di colpi per l'infissione di tratte successive di 10 cm.

Al termine della infissione l'Appaltatore dovrà effettuare il controllo della profondità raggiunta, della verticalità e della posizione planimetrica.

Per ciascun palo l'Appaltatore provvederà a redigere una scheda indicante:

- n. progressivo del palo (riferito ad una planimetria)
- profondità d'infissione
- dati tecnici dell'attrezzatura
- informazioni relative alla locale stratigrafia
- tempo necessario per l'infissione
- tabella dei colpi per l'avanzamento
- grafico dei colpi relativo agli ultimi 4 m

In presenza di anomalie e/o differenze rispetto alla stratigrafia prevista, qualora le condizioni reali risultino inferiori a quelle di progetto, l'Appaltatore procederà al riesame della progettazione ed adotterà gli opportuni provvedimenti concordandoli con la Direzione Lavori.

### **29.5 PALI BATTUTI GETTATI IN OPERA CON TUBO FORMA ESTRAIBILE**

#### a) Attrezzatura

L'infissione del tubo forma provvisorio sarà eseguita con un battipalo conforme alle specifiche di cui al punto precedente.

#### b) Tubi di rivestimento

Le medesime specifiche del punto precedente valgono per le caratteristiche della tubazione provvisoria.

Per l'espulsione del fondello, posto ad occludere l'estremità inferiore del tubo-forma, è ammesso l'impiego di un pistone rigido di diametro pari a quello interno del tubo-forma collegato, tramite un'asta rigida, alla base della testa di battuta.

E' ammesso l'impiego di tubo-forma dotati di fondello incernierato recuperabile.

#### c) Infissione

L'infissione sarà effettuata in conformità a quanto specificato al punto precedente con la sola esclusione di quanto non applicabile.

#### d) Armature

Valgono le prescrizioni di cui al punto precedente.

#### e) Getto del calcestruzzo

Il getto avverrà secondo le modalità e le prescrizioni di cui al punto precedente, con contemporanea estrazione ed accorciamento del tubo-

forma provvisorio, la cui scarpa deve essere tenuta costantemente sotto un battente di calcestruzzo non inferiore a 2 m. A questo scopo ogni manovra di accorciamento del rivestimento esterno e del tubo convogliatore deve essere preceduto dalla misurazione del livello del calcestruzzo, tramite l'impiego di uno scandaglio.

Lo scandaglio è costituito da un grave metallico, del peso di circa 5 Kg, di forma cilindrica con fondo piatto, corredato di un filo di sospensione metrato.

f) Controlli e documentazione

Valgono le prescrizioni di cui al punto precedente.

## **29.6 PALI VIBRO-INFISSI GETTATI IN OPERA CON TUBO FORMA PROVVISORIO**

a) Attrezzatura

L'energia necessaria per l'infissione sarà applicata in testa al palo utilizzando un battipalo analogo a quanto specificato per i pali battuti gettati in opera e utilizzando un vibratore a masse eccentriche regolabili, a funzionamento idraulico o elettrico. Le caratteristiche del vibratore (momento di eccentricità, numero di vibrazioni per minuto, forza centrifuga all'avvio, ampiezza ed accelerazione del minimo) saranno scelte dall'Appaltatore in relazione alle prestazioni da ottenere, eventualmente anche a seguito di prove tecnologiche preliminari.

Considerazioni dovranno essere esposte dall'Appaltatore in apposite relazioni riguardo agli effetti al contorno per effetto dell'infissione-vibrazione, in termini di vibrazione e di rumore. A discrezione della Direzione Lavori potrà essere richiesta l'adozione di opportuni campi prova, comprendenti l'installazione di sismografi, accelerometri ed altra strumentazione in edifici posti all'intorno. Tutti gli oneri relativi saranno a carico dell'Appaltatore, in quanto ritenuti remunerati dal prezzo offerto.

b) Infissione del tubo forma

Per quanto concerne le caratteristiche del tubo forma e le modalità di infissione dello stesso valgono le prescrizioni specificate in § precedenti.

L'infissione sarà eseguita fino al raggiungimento delle quote previste in progetto.

La distanza minima e/o l'intervallo di tempo tra l'infissione di due pali adiacenti sarà definita in relazione alla natura dei terreni attraversati. In ogni caso la distanza minima non sarà inferiore a 3 diametri.

c) Posa dell'armatura e getto

Per quanto concerne le caratteristiche dell'armatura e le modalità di getto valgono le prescrizioni specificate in § precedente.

Completata l'infissione, si provvederà a porre in opera l'armatura entro il tubo-forma e si darà luogo al getto, estraendo man mano, per vibrazione, il tubo-forma provvisorio.

La vibrazione favorisce l'assestamento del calcestruzzo; per evitare eventuali franamenti del terreno ed il conseguente inglobamento di materiale nel getto di calcestruzzo, questo dovrà avere uno slump di 9 - 10 cm, e inerti  $\phi_{max} = 25$  mm.

L'assorbimento reale di calcestruzzo può eccedere il valore teorico, riferito al diametro nominale del palo, in misura del 10%.

d) Controlli e documentazione

L'Appaltatore dovrà redigere per ogni palo una scheda tecnica contenente tutti i dati interessanti il palo:

- n. progressivo del palo (riferito ad una planimetria)
- profondità d'infissione
- dati tecnici dell'attrezzatura
- descrizione di eventuali presunte anomalie stratigrafiche
- tempo necessario per l'infissione
- grafico degli assorbimenti di calcestruzzo.

In presenza di anomalie o differenze rispetto alle condizioni previste in progetto, l'Appaltatore provvederà, qualora le condizioni reali risultino inferiori da quelli di progetto, al riesame della progettazione ed adotterà gli opportuni provvedimenti concordandoli con la Direzione Lavori.

## **29.7 PALI BATTUTI PREFABBRICATI**

a) Prefabbricazione dei pali

La prefabbricazione dei pali potrà avvenire in stabilimento di produzione o in cantiere:

- Pali prefabbricati in stabilimento. I pali dovranno essere costruiti con calcestruzzo centrifugato avente resistenza caratteristica dopo stagionatura  $R_{ck} \geq 40$  MPa. Se richiesto, i pali saranno di tipo precompresso con il metodo dei fili d'acciaio aderenti.
- Pali prefabbricati in cantiere. I pali saranno realizzati con calcestruzzo tipo IA in accordo alla tabella "Tipi di Conglomerato Cementizio" di cui alla Sezione corrispondente. La stagionatura potrà essere naturale in ambiente umido, oppure a vapore; in ogni caso i pali dovranno raggiungere caratteristiche di resistenza alla compressione e all'urto tali da permetterne l'infissione nelle condizioni stratigrafiche del sito senza lesioni e rotture. Le armature metalliche dovranno essere costituite da barre ad aderenza migliorata; le armature trasversali dei pali saranno costituite da uno o due spirali in filo lucido crudo esterne ai ferri longitudinali. Le armature verranno preassemblate in "gabbie"; i collegamenti saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro. Le gabbie di armature avranno un copriferro netto minimo rispetto alla superficie del palo di 3 cm; dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine.

b) Giunzione dei pali

Nel caso di pali di lunghezza superiore a 16 m, è ammesso il ricorso alla giunzione di 2 o più elementi; il giunto sarà costituito da un anello di acciaio con armatura longitudinale, solidale con ciascuno degli spezzoni di palo da unire; gli anelli verranno saldati fra loro e protetti con vernici bituminose o epossidiche.

c) Protezione della punta

La punta dei pali sarà protetta con una puntazza metallica formata da un cono di lamiera con angolo al vertice di 60°, resa solidale al fusto del palo tramite spezzoni di tondino saldati alla puntazza ed annegati nel calcestruzzo.

In terreni poco compatti, l'uso della puntazza potrà essere evitato.

In terreni molto compatti, la puntazza sarà rinforzata con massello di ghisa o sostituita con uno spezzone di profilato in acciaio a doppio T (nel caso di roccia).

## d) Attrezzatura

L'infissione del palo sarà eseguita con un battipalo conforme alle specifiche valide per i pali battuti gettati in opera.

## e) Infissione

L'infissione dei pali avverrà tramite battitura, senza estrazione di materiale. Nel caso di strati granulari addensati, si potrà facilitare l'infissione con iniezioni d'acqua.

La discesa del palo in tal caso avverrà per peso proprio o con l'ausilio di una modesta battitura.

Le iniezioni d'acqua saranno interrotte non appena superato lo strato granulare e comunque non oltre 2 m prima del raggiungimento della quota di progetto. Modalità, pressioni e portata del getto dovranno essere comunicate alla Direzione Lavori.

Se motivato da esigenze di riduzione delle vibrazioni, o in alternativa all'uso delle iniezioni d'acqua, si potranno eseguire prefori aventi diametro inferiore di almeno 20 mm alla minima sezione del palo.

Il preforo non dovrà raggiungere lo strato portante (se esistente) e fermarsi comunque almeno a 2/3 della profondità di progetto.

L'infissione dei pali sarà attestata quando si registrerà il raggiungimento di una delle seguenti condizioni:

- arrivo alla quota di progetto;
- misurazione del rifiuto alla battitura.

In quest'ultimo caso, la Direzione Lavori ha facoltà di chiedere all'Appaltatore la ribattitura del palo dopo 24 ore di attesa, per tratti anche superiori a 0.5 m, se motivata da ragioni geotecniche particolari (forti sovrappressioni interstiziali, etc.).

Si intende raggiunto il rifiuto quanto l'infissione corrispondente a 10 colpi di battipalo efficiente è inferiore a 2.5 cm.

## f) Controlli e documentazione

Valgono le prescrizioni relative ai pali battuti gettati in opera.

**29.8 SCAPITIZZATURA**

Al fine di rendere il palo continuo con la fondazione, si rende necessario demolire la parte superiore del palo, per un'altezza di un diametro e comunque di almeno 1 metro.

La modalità di demolizione della testa del palo dovrà essere tale da evitare la formazione ed il diffondersi di lesioni nel palo stesso; a questo scopo si prescrive l'utilizzo di attrezzature di tipo idraulico, che applicano forze statiche in direzione radiale concentrate sul perimetro del palo e provocano una rottura localizzata del calcestruzzo, con una minima influenza sull'armatura.

**29.9 REQUISITI SPECIALI**

## SICUREZZA DEL CANTIERE

Si devono adottare misure appropriate per proteggere la salute e la sicurezza dei lavoratori e di altre persone presenti in cantiere o nelle sue vicinanze.

I pericoli per la salute e la sicurezza associati all'esecuzione dei pali devono essere valutati in relazione alle condizioni specifiche del cantiere.

## RUMORE E VIBRAZIONI

Se le persone nelle vicinanze potrebbero essere esposte a rumore e/o vibrazioni, si dovrebbero indicare i livelli previsti di rumore e/o di vibrazioni mediante infissione di prova tramite esperienza confrontabile, quindi valutare l'accettabilità del processo. Ove necessario, si dovrebbe eseguire il monitoraggio durante l'esecuzione dei lavori, per per confermare che i livelli siano mantenuti entro i limiti concordati.

## PROTEZIONE DELL'AMBIENTE

Si devono adottare misure per limitare o evitare effetti negativi sull'ambiente. Si devono considerare i seguenti rischi per l'ambiente:

- movimenti indotti nel terreno;
- inquinamento dell'acqua superficiale;
- inquinamento dell'acqua freatica;
- variazioni inaccettabili nel flusso naturale dell'acqua di falda;
- inquinamento dell'aria;
- inquinamento del terreno;
- rumore.

## IMPATTO SULLE STRUTTURE

Laddove sono presenti strutture ed installazioni sensibili o pendii instabili in prossimità del sito della possibile sfera di influenza dei lavori di palificazione, la loro condizione dovrebbe essere accuratamente conservata e documentata prima e durante l'esecuzione dei lavori di palificazione.

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 30 PALI TRIVELLATI**

Le prescrizioni di cui al presente capitolo si riferiscono a pali di medio e grande diametro (da un minimo di 400mm ad un massimo di 3000 mm)

Dal punto di vista esecutivo, i pali sono identificati dalle seguenti tipologie:

- Pali trivellati, con uso di fanghi bentonitici o di polimeri biodegradabili o di camicia metallica per sostenere lo scavo;
- Pali trivellati ad elica continua e pali C.S.P. (Case Secant Piles).

**PALI TRIVELLATI**

Si definiscono pali trivellati quelli ottenuti per asportazione del terreno e sua sostituzione con calcestruzzo armato, con l'impiego di perforazione a rotazione o rotopercolazione, eseguiti in materiali di qualsiasi natura e consistenza (inclusi muratura, calcestruzzi, trovanti, strati cementati e roccia dura), anche in presenza di acqua e/o in alveo con acqua fluente.

Durante la perforazione la stabilità dello scavo può essere ottenuta con l'ausilio di fanghi bentonitici (oppure, quando richiesto, di polimeri biodegradabili), ovvero tramite l'infissione di un rivestimento metallico provvisorio.

Il tubo forma provvisorio in acciaio viene infisso con movimento rototraslatorio o vibratorio a mezzo di morsa giracolonna o sistema equivalente (scalpelli frangiroccia a percussione, eliche per roccia, ecc.). Tale tipologia è da utilizzare in presenza di trovanti, strati lapidei, murature esistenti e ove non fosse possibile l'utilizzo di diversa attrezzatura di perforazione.

**PALI TRIVELLATI AD ELICA CONTINUA**

Si definiscono pali trivellati ad elica continua i pali realizzati mediante infissione per rotazione di una trivella ad elica continua e successivo getto di calcestruzzo, fatto risalire dalla base del palo attraverso il tubo convogliatore interno all'anima dell'elica, con portate e pressioni controllate. L'estrazione dell'elica avviene contemporaneamente alla immissione del calcestruzzo.

L'Appaltatore sarà tenuto all'osservanza di tutte le normative cogenti a livello nazionale in merito ai contenuti delle presenti prescrizioni; a queste si aggiungeranno tutte le norme e le istruzioni tecniche non cogenti che verranno richiamate nei successivi paragrafi.

In aggiunta dovranno essere rispettate le seguenti normative e prescrizioni, compresi gli eventuali aggiornamenti, modifiche ed integrazioni:

- D.M. 11/03/1988 e Circ. MIn. 30483 del 24/09/1988.
- Raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana sui pali di fondazione, Dicembre 1984.
- UNI EN 1536:2003, 01/01/03, Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Pali trivellati.
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 09/01/1996.
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture 17/01/2018.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

Salvo diverse indicazioni del presente Capitolato riguardanti le Opere in Conglomerato Cementizio, che si intendono integralmente applicabili, i materiali utilizzati dovranno essere conformi al § 6 della UNI EN 1536:2003 e al § 6 della UNI EN 12699:2002.

**30.1 ARMATURE METALLICHE**

Barre di acciaio, reti di filo di acciaio, tubi o profilati di acciaio utilizzati per l'armatura dei pali devono conformarsi con le ENV 10080, EN 102 10-1 e EN 100025.

Le armature metalliche saranno costituite da barre ad aderenza migliorata; le armature trasversali dei pali saranno costituite da spirali o da staffe in tondino esterne ai ferri longitudinali. I pali dovranno essere armati per tutta la loro lunghezza.

Le armature verranno pre-assemblate fuori opera in "gabbie"; i collegamenti saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro o con morsetti.

Nel caso di utilizzo di acciaio saldabile ai sensi del D.M. 9/1/96, si prescrive di ricorrere alla saldatura (puntatura) delle staffe, o dei cerchioni irrigidenti con i ferri longitudinali, al fine di rendere le gabbie d'armatura in grado di sopportare le sollecitazioni di movimentazione. In questo caso verrà richiesta la certificazione di saldabilità degli acciai da parte della ditta fornitrice. Gli elettrodi o i fili utilizzati devono essere di composizione tale da non introdurre fenomeni di fragilità.

L'intervallo netto minimo tra barra e barra, misurato lungo la circonferenza che ne unisce i centri, non dovrà in alcun caso essere inferiore a 7.4 cm (corrispondente ad una barra F26 di interasse 10 cm).

L'interasse delle staffe non dovrà essere superiore a 20 cm ed il diametro dei ferri non inferiore a 10 mm. Non è consentito l'uso delle armature elicoidali ove ogni spira non sia fissata solidamente a tutte le armature longitudinali intersecate.

Le armature trasversali dovranno contrastare efficacemente gli spostamenti delle barre longitudinali verso l'esterno; le staffe dovranno essere chiuse e risvoltate verso l'interno. Al fine di irrigidire le gabbie d'armature dovranno essere predisposti i necessari ferri (diagonali, ad U etc.) atti a sollevare e trasportare le stesse.

Al fine di irrigidire le gabbie d'armatura potranno essere realizzati opportuni telai cui fissare le barre di armatura. Detti telai potranno essere realizzati utilizzando barre lisce verticali legate ad anelli irrigidenti orizzontali; orientativamente, a seconda delle dimensioni e della lunghezza del palo, potrà provvedersi un cerchiente ogni 2,5 ÷ 3 m.

Nella qualifica deve essere prevista la costruzione di un prototipo di gabbia, avente le caratteristiche previste dal progetto, da cui verranno prelevati dei campioni di barre longitudinali e staffe da sottoporre a prova di verifica a trazione, in modo da verificare il mantenimento delle caratteristiche originarie delle barre di acciaio. Nei campioni prelevati dovrà essere presente almeno una saldatura.

In corso d'opera la frequenza dei prelievi per le prove di verifica di cui sopra, sarà di 3 campioni di barra longitudinale e di staffa ogni 500 ml di gabbia.

L'armatura di lunghezza pari a quella del palo dovrà essere posta in opera prima del getto e mantenuta in posto senza poggiarla sul fondo del foro.

Non si ammette di norma la distribuzione delle barre verticali su doppio strato; l'intervallo netto minimo tra barra e barra, misurato lungo la circonferenza che ne unisce i centri, non dovrà in alcun caso essere inferiore a 7,5 cm con aggregati di diametro minimo non superiore ai 2 cm, e 10 cm con aggregati di diametro superiore.

Le gabbie di armatura saranno dotate di opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo di 6 cm rispetto al diametro nominale del foro.

Per i distanziatori in plastica, al fine di garantire la solidarietà col calcestruzzo, è necessario verificare che la loro superficie sia forata per almeno il 25%. I centratori saranno posti a gruppi di 3-4 regolarmente distribuiti sul perimetro e con spaziatura verticale di massima 4 m.

E' ammessa la giunzione mediante una sovrapposizione non inferiore a 40 diametri (ove non diversamente indicato) o mediante impiego di un adeguato numero di morsetti, legature o saldature.

Le gabbie di armatura dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine e dovranno essere messe in opera prima del getto e mantenute in posto sostenendole dall'alto, evitando in ogni caso di appoggiarle sul conglomerato cementizio già in opera o sul fondo del foro; ove fosse necessario è ammessa la giunzione, che potrà essere realizzata mediante sovrapposizione non inferiore a 40 diametri.

La posa della gabbia all'interno del tubo forma, per i pali battuti, potrà aver luogo solo dopo aver accertato l'assenza di acqua e/o terreno all'interno dello stesso.

Qualora all'interno del tubo forma si dovesse riscontrare la presenza di terreno soffice o di infiltrazione di acqua la costruzione del palo dovrà essere interrotta, previo riempimento con conglomerato cementizio magro.

Tale palo sarà successivamente sostituito, a cura e spese dell'Impresa, da uno o due pali supplementari, sentito il progettista.

L'Impresa esecutrice dovrà inoltre adottare gli opportuni provvedimenti atti a ridurre la deformazione della gabbia durante l'esecuzione del fusto.

A getto terminato, si dovrà comunque registrare la variazione della quota della testa dei ferri d'armatura.

Al fine di irrigidire le gabbie di armatura potranno essere realizzati opportuni telai cui fissare le barre d'armatura.

Detti telai potranno essere realizzati utilizzando barre lisce verticali legate ad anelli irrigidenti orizzontali; orientativamente, a seconda delle dimensioni e della lunghezza del palo, potrà prevedersi un cerchiante ogni 2,5 – 3 m.

Per i pali trivellati, al fine di eseguire le prove geofisiche che sono descritte nel punto 4.2.2.2, l'Impresa dovrà fornire e porre in opera, a sua cura e spese, nel 5% del numero totale dei pali trivellati con un diametro  $d \geq 700$  mm, con un minimo di 2 pali, due o tre tubi estesi a tutta la lunghezza del palo, solidarizzati alla gabbia di armatura.

### **30.2 RIVESTIMENTI METALLICI**

Le caratteristiche geometriche dei rivestimenti, sia provvisori che definitivi, saranno conformi alle prescrizioni di progetto.

Nel caso dei pali trivellati, con tubazioni di rivestimento, questa dovrà essere costituita da tubi di acciaio, di diametro esterno pari al diametro nominale del palo, suddivisi in spezzoni lunghi 2,0 – 2,5 m connessi tra loro mediante manicotti esterni filettati o innesti speciali a baionetta, con risalti interni raccordati di spessore non superiore al 2% del diametro nominale.

L'infissione della tubazione di rivestimento sarà ottenuta imprimendole un movimento rototraslatorio mediante morsa azionata da comandi oleodinamici, oppure applicandole in sommità un vibratore di adeguata potenza (essenzialmente in terreni poco o mediamente addensati, privi di elementi grossolani e prevalentemente non coesivi).

In questo secondo caso, la tubazione potrà essere suddivisa in spezzoni più lunghi di 2,50 m o anche essere costituita da un unico pezzo di lunghezza pari alla profondità del palo.

E' ammessa la giunzione per saldatura degli spezzoni, purché non risultino varchi nel tubo che possono dar luogo all'ingresso di terreno.

### **30.3 CONGLOMERATI CEMENTIZI**

I calcestruzzi saranno conformi a quanto prescritto nei disegni di progetto e nel capitolato relativo alle opere in conglomerato cementizio.

Il conglomerato sarà confezionato in apposita centrale di preparazione atta al dosaggio a peso dei componenti.

Le classi di aggregato da impiegare dovranno essere tali da soddisfare il criterio della massima densità (curva di Fuller) per la loro granulometria.

La dimensione massima degli inerti deve essere tale che  $D_{max}/2,5 \geq i_{min}$  dove  $i_{min}$  è il valore minimo del passo fra le barre longitudinali, e comunque non superiore ai 32 mm.

Il cemento da impiegato dovrà soddisfare i requisiti richiesti dalla vigente Legislazione, e dovrà essere scelto in relazione alle caratteristiche ambientali, in particolare, l'aggressività da parte dell'ambiente esterno.

Il conglomerato cementizio dovrà avere una resistenza caratteristica ( $R_{ck}$ ) così come indicato in progetto, e comunque non inferiore a  $R_{ck} \geq 30$ .

Il valore del rapporto acqua/cemento non dovrà di norma superare il limite di 0,5, umidità degli inerti compresa. Per garantire la lavorabilità in fase di getto, il calcestruzzo dovrà avere uno slump compreso tra 16 e 20 cm; la misura sarà eseguita utilizzando il cono di Abrams (cfr. Norme CNR UNI 7 163-79).

Per soddisfare entrambi questi requisiti, potrà essere aggiunto all'impasto un idoneo additivo fluidificante non aerante.

E' ammesso altresì l'uso di ritardanti di presa o di fluidificanti con effetto ritardante.

I prodotti commerciali che l'Impresa si propone di usare dovranno essere sottoposti all'esame ed all'approvazione preventiva della DL.

I mezzi di trasporto dovranno essere tali da evitare segregazione dei componenti.

Il calcestruzzo dovrà essere confezionato e trasportato con un ritmo tale da consentire di completare il getto di ciascun palo senza soluzione di continuità, secondo le cadenze prescritte e rendendo minimo l'intervallo di tempo fra preparazione e getto, e comunque non inferiore a 15 m<sup>3</sup>/ora per pali di diametro  $d < 800$  mm e di 20 m<sup>3</sup>/ora per pali di diametro  $d \geq 800$  mm.

L'Impresa dovrà garantire la disponibilità del calcestruzzo necessario per soddisfare la produzione giornaliera di pali in accordo al programma di costruzione.

### **30.4 FANGHI BENTONITICI**

I fanghi bentonitici da impiegare nella esecuzione di prefori per l'esecuzione di pali trivellati, saranno ottenuti miscelando fino ad avere una soluzione finemente dispersa, i seguenti componenti:

- acqua (chiara di cantiere);
- bentonite in polvere;
- eventuali additivi (disperdenti, sali tampone, etc.)

**BENTONITE IN POLVERE**

La bentonite avrà le caratteristiche minime indicate nella tabella seguente:

Residuo al vaglio da 10.000 maglie cm <sup>2</sup>	<= 1%
Tenore di umidità	<= 15%
Limite di liquidità	>=400%
Viscosità Marsh della sospensione al 6% in acqua distillata	>= 40"
Decantazione della sospensione al 6% in 24 ore	<= 2%
Acqua separata per pressofiltrazione di 450 sospensione al 6% in 30' a 7cc bar	<= 18 cc
pH dell'acqua filtrata	7 <=pH <= 9
Spessore del cake sul filtro della filtro-pressa	<= 2.5 mm

La scelta del tipo di bentonite, certificato dal fornitore, è assoggettata alla sua affinità con le caratteristiche chimico-fisiche del terreno di scavo e dell'acqua di falda.

**CARATTERISTICHE DELL'ACQUA PER IL CONFEZIONAMENTO DEI FANGHI**

I limiti di accettabilità dell'acqua per il confezionamento dei fanghi bentonitici sono riportate nella tabella che segue.

Caratteristiche	Limiti di accettabilità
Contenuto di solfati (come SO <sub>3</sub> )	≤ 20 mg/l
Contenuto di cloruri (lone CL)	≤ 20 mg/l
Sostanze sospese	≤ 2 g/l

**PREPARAZIONE FANGHI BENTONITICI**

I fanghi saranno ottenuti per idratazione della bentonite sopra descritta in acqua chiara di cantiere, con eventuale impiego di additivi non flocculanti.

I fanghi saranno ottenuti miscelando, fino ad ottenere una sospensione finemente dispersa, i seguenti componenti:

- acqua dolce di cantiere;
- bentonite in polvere;
- additivi eventuali (disperdenti, sali tampone, etc.).

Il dosaggio di bentonite, in peso, deve risultare di norma compreso fra il 4 ed il 7%.

Variazioni in più o in meno saranno stabilite, in sede esecutiva, in relazione ad eventuali problematiche di confezionamento o di appesantimento durante la perforazione.

Gli additivi dovranno essere prescelti tenendo conto della natura e dell'entità degli elettroliti presenti nell'acqua di falda in modo da evitare che essa provochi la flocculazione del fango.

La miscelazione sarà eseguita in impianti automatici con pompe laminatrici o mescolatori ad alta turbolenza accoppiati a cicloni ed operanti a circuito chiuso e con dosatura a peso dei componenti. L'impianto di preparazione del fango sarà costituito da:

- dosatori - mescolatori automatici (è ammesso, l'impiego di mud-hopper);
- silos di stoccaggio della bentonite in polvere;
- vasche di agitazione, maturazione e stoccaggio del fango fresco prodotto;
- relative pompe e circuito di alimentazione e di recupero fino agli scavi;
- vasche di recupero;
- dissabbiatori;
- vasca di raccolta della sabbia e di sedimentazione del fango non recuperabile.

In ogni caso dovranno essere installate apposite vasche di adeguata capacità (>20m<sup>3</sup>) per la "maturazione" del fango. Dopo la miscelazione, nelle quali esso dovrà rimanere per almeno 24 ore dopo la preparazione, prima di essere impiegato nella perforazione.

**CONTROLLI SUL FANGO**

I controlli sui fanghi bentonitici saranno atti a determinare i parametri di seguito specificati:

- caratteristiche della bentonite in polvere;
- caratteristiche dell'acqua;
- caratteristiche del fango bentonitico fresco;
- caratteristiche del fango bentonitico nell'interno dello scavo.

Le caratteristiche del fango pronto per l'impiego dovranno essere comprese entro i limiti seguenti:

- peso specifico: non superiore a 1,1 t/m<sup>3</sup>
- viscosità Marsh: compresa fra 30" e 60"
- temperatura: > 5° C
- pH: 9-11

I controlli sui fanghi bentonitici all'interno dello scavo, prima del getto, dovranno garantire i limiti seguenti:

- contenuto in sabbia del fango ≤ 5% in peso
- densità ≤ 1,15 t/m<sup>3</sup> in peso

L'Impresa dovrà predisporre e mantenere operanti idonee apparecchiature di depurazione del fango che consentono di contenere entro limiti ristretti la quantità di materiale trattenuto in sospensione.

La determinazione dei valori sopraindicati sarà condotta su campioni di fango prelevati a mezzo di campionatore per fluidi in prossimità del fondo dello scavo.

Per riportare il fango entro i limiti indicati esso deve essere fatto circolare per il tempo necessario, attraverso separatori a ciclone (o di pari efficacia), con una condotta dal fondo dello scavo, prima di reimmetterlo all'interno del cavo.

In caso di esito non soddisfacente l'Appaltatore sostituirà, parzialmente od integralmente, il fango per ricondurlo a tali limiti.

Qualora, prima dell'inizio del getto, non fosse possibile con le apparecchiature di depurazione a disposizione, far rientrare il fango nei limiti sopra citati, l'Appaltatore dovrà procedere alla completa sostituzione del fango di scavo. Il fango estratto sarà in tal caso depurato in un secondo tempo, oppure convogliato a rifiuto presso discariche autorizzate, nel rispetto delle vigenti Norme di Legge.

### **30.5 FANGHI POLIMERICI BIODEGRADABILI**

Per fango biodegradabile si intende un fluido di perforazione ad alta viscosità che muta spontaneamente le proprie caratteristiche nel tempo, riassumendo dopo pochi giorni le caratteristiche di viscosità proprie dell'acqua.

Per la produzione dei fanghi biodegradabili si utilizzeranno di norma prodotti a base di amidi.

La formulazione del fango deve essere preventivamente studiata con prove di laboratorio e comunicata alla Direzione Lavori.

Nelle prove occorrerà tenere conto della effettiva temperatura di utilizzo del fango (temperatura dell'acqua disponibile in cantiere e temperatura dell'acqua di falda). Il decadimento spontaneo della viscosità deve avvenire di norma dopo un tempo sufficiente al completamento degli scavi; in linea generale la perdita di viscosità deve iniziare dopo 20+40 ore dalla preparazione. Se necessario, i fanghi potranno essere additivati utilizzando correttivi idrolizzati.

Le caratteristiche del fango pronto per l'impiego dovranno essere comprese entro i limiti seguenti:

- peso specifico: non superiore a 1,1 t/m<sup>3</sup>
- viscosità Marsh: compresa fra 30" e 60"
- temperatura: > 5° C
- pH: 9-11

### **NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alle indagini necessarie ad accertare la eventuale presenza di manufatti interrati di qualsiasi natura (cunicoli, tubazioni, cavi, etc.) che possono interferire con i pali da realizzare o che possano essere danneggiati o comunque arrecare danno durante l'effettuazione dei lavori. Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alle eventuali opere di deviazione e/o rimozione di tali ostacoli prima dell'inizio delle operazioni di infissione o perforazione, salvo diversa indicazione data nello specifico dal presente capitolato.

L'Appaltatore dovrà verificare e fare in modo che il numero, la potenza e la capacità operativa delle attrezzature siano tali da consentire una produttività congruente con i programmi di lavoro previsti. Sarà altresì cura dell'Appaltatore selezionare ed utilizzare le attrezzature più adeguate alle condizioni ambientali, stratigrafiche ed idrogeologiche dei terreni ed alle dimensioni dei pali.

Sarà cura dell'Appaltatore adottare tutti gli accorgimenti necessari ad attenuare i disturbi alle persone derivanti dalla vibrazione e dai rumori connessi con le attività di scavo (§ Soggezioni geotecniche e ambientali).

Sarà cura dell'Appaltatore provvedere all'immediato trasporto a rifiuto di tutti i materiali di risulta provenienti dagli scavi e dalle lavorazioni comunque connesse con l'installazione di pali, con particolare attenzione allo smaltimento dei fanghi bentonitici.

Nel caso in cui, durante il corso dei lavori, l'Appaltatore ritenga opportuno variare le metodologie esecutive precedentemente approvate, sarà sua cura effettuare le nuove prove tecnologiche preliminari eventualmente necessarie e sottoporle alla Direzione Lavori per accettazione.

Sarà cura dell'Appaltatore apporre adeguati contrassegni, opportunamente spaziali, su tutti gli elementi (tubi-forma, gabbie d'armatura, pali, funi, etc.) sui quali nelle differenti fasi di lavorazione è necessario effettuare delle misurazioni per verificare la profondità d'infissione, il livello d'estrazione ed il rifiuto.

Sarà altresì cura dell'Appaltatore evitare che l'installazione dei pali arrechi danno, per effetto di vibrazione e/o spostamenti di materie, ai pali adiacenti così come ad opere e manufatti preesistenti.

In fase esecutiva, l'Appaltatore dovrà provvedere a tutti gli accorgimenti o a tutte le opere provvisorie che riterrà necessari ed opportuni per garantire le migliori condizioni di sicurezza ed evitare qualsiasi danno ai fabbricati e/o ai manufatti adiacenti, essendo comunque a carico dell'Appaltatore tutti gli oneri e i costi connessi alla realizzazione ed al progetto di dettaglio di tutte le opere provvisorie. Restano in ogni caso a carico dell'Appaltatore gli oneri conseguenti al ripristino dei danni provocati dalla realizzazione delle opere.

L'Appaltatore non potrà richiedere alcun compenso per il fatto che, a seguito di prescrizioni di autorità terze competenti, i lavori per la costruzione dei pali debbano eseguirsi in orario notturno o per fasi, secondo un programma fissato dalla Direzione Lavori.

Sarà cura dell'Appaltatore far eseguire tutti i controlli e le prove (sia preliminari che in corso d'opera) prescritti dal presente Capitolato, così come quelli integrativi richiesti dalla Direzione Lavori, qualora si rendessero necessari per garantire la qualità e le caratteristiche previste dal progetto.

Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alla scapitozzatura delle teste di tutti i pali, fino alla quota di progetto (piano d'imposta della fondazione sovrastante), provvedendo altresì alla sistemazione e ripulitura dei ferri d'armatura. Nel caso in cui, per effetto delle lavorazioni subite, la parte superiore del palo non avesse le caratteristiche richieste, l'Appaltatore dovrà provvedere alla estensione della scapitozzatura (per eliminare tale parte) ed alla ricostruzione, fino al piano d'imposta della fondazione sovrastante.

### **DOCUMENTAZIONE PRELIMINARE**

L'Appaltatore dovrà presentare, con debito anticipo, alla Direzione Lavori una relazione illustrativa delle modalità di esecuzione, dell'organizzazione di cantiere e delle varie fasi operative; tale relazione dovrà in particolare contenere:

- le procedure operative e le modalità di esecuzione delle opere;
- l'elenco e la specifica delle apparecchiature da utilizzare, conformi alle caratteristiche indicate nel presente Capitolato. In generale esse dovranno essere in numero tale da consentire di far fronte rapidamente e senza interruzioni significative delle lavorazioni, ad eventuali inconvenienti tecnici o di altra natura che dovessero verificarsi.
- nel caso che l'esecuzione dei lavori comporti il superamento dei limiti ammissibili per le vibrazioni (§ 6.3.1), una relazione sui provvedimenti che verranno adottati.
- la necessaria documentazione sulla natura del terreno (rilievi stratigrafici) per valutare l'idoneità degli accorgimenti tecnici e delle

- attrezzature scelte, anche sulla base di quanto riportato al § 5 della UNI EN 1536:2003 e al § 5 della UNI EN 12699:2002.
- una dichiarazione che certifichi che l'area in cui debbono essere eseguiti i lavori è stata riscontrata priva di impedimenti alla esecuzione degli stessi o in caso contrario una relazione sulle misure e provvedimenti presi.
- le planimetrie riportanti la posizione dei pali, con la loro numerazione progressiva.
- il programma temporale dei lavori.
- La documentazione dovrà essere conforme ai requisiti riportati al § 4 della UNI EN 1536:2003 e al § 4 della UNI EN 12699:2002.

#### PROVE TECNOLOGICHE PRELIMINARI

La Direzione Lavori potrà richiedere di verificare l'idoneità delle attrezzature e di modificare le modalità operative, in relazione a particolari condizioni stratigrafiche o all'importanza dell'opera, mediante l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari in condizioni il più possibile rappresentative delle opere di progetto; in tal caso potranno essere introdotti anche i rilevamenti ambientali di cui al § 6.3.1 relativi alle vibrazioni indotte dai lavori.

La scelta delle attrezzature di scavo o di battitura e gli associati dettagli esecutivi e di posa in opera del palo, dovranno essere comunicati preliminarmente all'esecuzione dei pali dall'Impresa alla DL.

Nell'eventualità di particolare complessità della situazione geotecnica e/o stratigrafica, o in relazione dell'importanza dell'opera, l'idoneità delle attrezzature sarà verificata mediante l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari.

Tali verifiche dovranno essere condotte in aree limitrofe a quelle interessanti la palificata in progetto e comunque tali da essere rappresentative dal punto di vista geotecnico ed idrogeologico.

I pali di prova, eventualmente strumentati (per la determinazione del carico limite), a cura dell'Impresa, saranno eseguiti in numero del 1% del numero totale dei pali con un minimo di 2 pali per opera, e comunque secondo le prescrizioni della DL; le prove di collaudo saranno eseguite in numero pari allo 0,5% del numero totale dei pali, con un numero minimo di 1 palo per opera.

I pali di prova dovranno essere realizzati in corrispondenza dell'opera, e predisposti al di fuori della palificata ad una distanza dalla stessa non inferiore ai 10 m presa ortogonalmente dal bordo più vicino del plinto di raccordo, in maniera tale da ricadere nella medesima situazione geotecnica e/o stratigrafica della palificata in progetto.

Tali pali dovranno essere eseguiti o posti in opera alla presenza della DL, cui spetta l'approvazione delle modalità esecutive da adottarsi per i pali in progetto.

In ogni caso l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura, all'esecuzione di tutte quelle prove di controllo non distruttive, ed a ogni altra prova di controllo, che saranno richieste dalla DL, tali da eliminare gli eventuali dubbi sulla accettabilità delle modalità esecutive.

Nel caso in cui l'Impresa proponga di variare nel corso dei lavori la metodologia esecutiva, sperimentata ed approvata inizialmente, si dovrà dar corso, sempre a sua cura, alle prove tecnologiche precedentemente descritte.

#### SOGGEZIONI GEOTECNICHE ED AMBIENTALI

In merito ai limiti delle vibrazioni, l'Appaltatore dovrà assicurare il rispetto delle seguenti norme, oltre a quanto desumibile dallo stato dell'arte, al fine di ridurre danni alle strutture e disturbo ai residenti:

- UNI 9614:1990. 31/03/1990. Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo.
- UNI 99 16:2004. 01/04/2004. Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici
- UNI 11048:2003. 01/03/2003. Vibrazioni meccaniche ed urti - Metodo di misura delle vibrazioni negli edifici al fine della valutazione del disturbo.

L'Appaltatore dovrà comunicare alla Direzione Lavori i provvedimenti che intende adottare nel caso del superamento dei limiti stessi (indicati all'interno della UNI 9614). A sua discrezione, la Direzione Lavori potrà, con riferimento a quanto proposto, richiedere che l'Appaltatore provveda ad eseguire un campo prove per l'effettuazione di misure di controllo delle vibrazioni indotte al contorno, con oneri e spese relative a carico del medesimo Appaltatore.

Le tecniche di perforazione dovranno essere le più adatte in relazione alla natura del terreno attraversato; in particolare, la perforazione "a secco" senza rivestimento è ammessa solo in terreni uniformemente argillosi di media ed elevata consistenza, esenti da intercalazioni incoerenti e non interessati da falde che possono causare ingresso di acqua nel foro, caratterizzati da valori della resistenza al taglio non drenata ( $C_u$ ) che alla generica profondità di scavo  $H$  soddisfatti la seguente condizione:

$$C_u \geq \gamma H/3$$

dove:

$\gamma$  = peso di volume totale;

Inoltre, la perforazione "a secco" è ammissibile solo dove possa essere eseguita senza alcun ingresso di acqua nel foro; la perforazione a fango non è di norma ammessa in terreni molto aperti, privi di frazioni mediofini ( $D_{10} > 4$  mm).

Durante le operazioni di perforazione si dovrà tenere conto della esigenza di non peggiorare le caratteristiche meccaniche del terreno circostante il palo, si dovrà quindi minimizzare e/o evitare:

- rammollimento di strati coesivi, minimizzando e/o annullando l'intervallo di tempo tra la perforazione e il getto del palo;
- la diminuzione di densità relativa ( $D_r$ ) degli strati incoerenti;
- la diminuzione delle tensioni orizzontali efficaci, proprie dello stato naturale;
- la riduzione dell'aderenza palo-terreno, a causa dell'uso improprio dei fanghi.

Nel caso di attraversamento di trovanti lapidei, non estraibili con i normali metodi di scavo, o di strati rocciosi o cementati e per conseguire una sufficiente ammorsatura del palo nei substrati rocciosi di base, si farà ricorso all'impiego di scalpelli frangiroccia azionati a percussione, del peso e forma adeguati.

In alternativa, ed in relazione alla natura dei materiali attraversati, potranno essere impiegate speciali attrezzature fresanti.

L'uso di queste attrezzature dovrà essere frequentemente alternato a quello del secchione, che hanno il compito di estrarre dal foro i materiali di risulta.

Sulle attrezzature di manovra degli utensili di scavo, saranno disposte delle marcature regolari (1-2 m) che consentiranno il rapido apprezzamento della profondità alla quale gli utensili stanno operando.

La verticalità delle aste di guida rigide, dovrà essere controllata da un indicatore a pendolo disposto sulle stesse.

#### TOLLERANZE

Salvo diverse indicazioni del presente Capitolato, le tolleranze da rispettare dovranno essere conformi ai requisiti riportati al § 7.2 della UNI EN 1536:2003 e al § 7.3 della UNI EN 12699:2002.

I pali dovranno essere realizzati nella posizione e con le dimensioni di progetto, con le seguenti tolleranze ammissibili, salvo più rigorose

limitazioni indicate in progetto:

- coordinate planimetriche del centro del palo (rispetto al diametro del palo):  $\pm 10\%$
- verticalità  $\pm 2\%$ ;
- lunghezza:
  - pali aventi diametro  $< 600 \text{ mm} \pm 15 \text{ cm}$
  - pali aventi diametro  $\geq 600 \text{ mm} \pm 25 \text{ cm}$
- diametro finito  $\pm 5 \%$
- quota di testa palo  $\pm 5 \text{ cm}$ .

L'Impresa è tenuta ad eseguire a suo esclusivo onere e spese tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della Direzione Lavori, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per avviare all'esecuzione di pali in posizione e/o con dimensioni non conformi alle tolleranze qui stabilite, compresi pali aggiuntivi ed opere di collegamento.

#### PREPARAZIONE DEL PIANO DI LAVORO

Per la realizzazione dei pali in alveo, in presenza di un battente di acqua fluente, l'Impresa predisporrà la fondazione di un piano di lavoro a quota sufficientemente elevata rispetto a quella dell'acqua per renderlo transitabile ai mezzi semoventi portanti le attrezzature di infissione o di perforazione e relativi accessori e di tutte le altre attrezzature di cantiere.

#### TRACCIAMENTO

Prima di iniziare la perforazione, a cura e spese dell'impresa si dovrà indicare sul terreno la posizione dei pali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo.

Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del palo quale risulta dalla pianta della palificata.

Tale pianta, redatta e presentata alla Direzione Lavori dall'impresa, dovrà indicare la posizione di tutti i pali, inclusi quelli di prova contrassegnati con numero progressivo.

Se considerato necessario dalla Direzione Lavori, in corrispondenza di ciascun palo sarà posto in opera un avampozzo provvisorio di lamiera d'acciaio con funzioni di guida dell'utensile, di riferimento per la posizione planaltimetrica della sommità del palo e di difesa dall'erosione del terreno ad opera del liquido eventualmente presente nel foro.

Esternamente all'avampozzo saranno installati riferimenti atti a permettere il controllo della sua posizione planimetrica durante la perforazione.

Salvo diverse indicazioni del presente Capitolato, le modalità esecutive dovranno essere conformi al § 8 della UNI EN 1536:2003 per quel che riguarda i pali trivellati.

### **30.6 PALI TRIVELLATI CON FANGHI BENTONITICI**

#### a) Attrezzatura

Per la perforazione saranno utilizzate attrezzature semoventi equipaggiate con rotary. L'utensile di scavo sarà il più idoneo in relazione alla natura e consistenza dei terreni da scavare.

Numero, potenza e capacità operativa delle attrezzature dovranno essere tali da consentire la realizzazione dei pali nei tempi previsti alla luce delle condizioni ambientali, litologiche e idrogeologiche dei terreni da attraversare nonché alle dimensioni dei pali da eseguire.

Considerazioni dovranno essere esposte dall'Appaltatore in apposite relazioni riguardo agli effetti al contorno per effetto della trivellazione, in termini di vibrazione e di rumore. A discrezione della Direzione Lavori potrà essere richiesta l'adozione di opportuni campi prova, comprendenti l'installazione di sismografi, accelerometri ed altra strumentazione in edifici posti all'intorno. Tutti gli oneri relativi saranno a carico dell'Appaltatore, in quanto ritenuti remunerati dal prezzo offerto.

#### b) Preparazione del fango bentonitico

Il fango bentonitico dovrà essere preparato ed utilizzato in accordo alle modalità indicate al punto 6.4.4.

#### c) Perforazione

La perforazione sarà eseguita mediante l'impiego dell'utensile di scavo ritenuto più idoneo allo scopo e con le attrezzature della potenza adeguata, in relazione alle condizioni ambientali, litologiche ed idrogeologiche dei terreni da attraversare nonché alle dimensioni dei pali da eseguire.

Il fango bentonitico impiegato nella perforazione dovrà avere le caratteristiche riportate nel punto precedente.

Il livello del fango nel foro dovrà in ogni caso essere più alto della massima quota piezometrica delle falde presenti nel terreno lungo la perforazione.

Il franco dovrà risultare di norma non inferiore ad 1,0 m, e non dovrà scendere al di sotto di 0,60 m all'atto dell'estrazione dell'utensile nel foro.

La distanza minima fra gli assi di due perforazioni attigue, in corso, appena ultimate o in corso di getto, dovrà essere tale da impedire eventuali fenomeni di interazione e comunque non inferiore ai 5 diametri. Qualora in fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta notturna, mancato trasporto del calcestruzzo, etc.), sarà necessario interrompere la perforazione alcuni metri prima ed ultimare solo nell'imminenza del getto.

Una volta raggiunte le profondità previste dal progetto, si provvederà alla sostituzione del fango di perforazione fino al raggiungimento dei prescritti valori del contenuto in sabbia, ed alla eventuale pulizia del fondo foro con gli utensili più adatti (es. cleaning bucket).

Per la rimonta del fango di perforazione da sostituire prima del getto, si potrà utilizzare uno dei seguenti sistemi:

- eiettore (air lifting);
- pompa sommersa per fanghi;
- pompa-vuoto applicata in testa al tubo-getto.

Nel caso di presenza nel terreno di trovanti lapidei o di strati rocciosi o cementati e per conseguire un adeguato immersione in sub-strati di roccia dura si potrà ricorrere all'impiego di scalpelli frangiroccia azionati a percussione, di peso e forma adeguati alla natura dell'ostacolo e comunque dotati alla sommità di un anello di forma appropriata per la guida dell'utensile.

In alternativa all'uso dello scalpello possono essere utilizzate eliche da roccia aventi spirali rinforzate e denti idonei allo stato di fessurazione della roccia da perforare.

L'impiego dello scalpello comporterà l'adozione di un rivestimento provvisorio, spinto sino al tetto della formazione lapidea, allo scopo di

evitare urti e rimbalzi laterali dello scalpello contro le pareti del foro.

d) Armature

Completata la perforazione si provvederà alla posa in opera della gabbia, preassemblata, in conformità con le specifiche di cui al punto precedente.

e) Getto del calcestruzzo

Il getto del calcestruzzo avverrà impiegando il tubo di convogliamento. Esso sarà costituito da sezioni non più lunghe di 3.00 m di tubo in acciaio avente diametro interno 20÷26 cm.

L'interno del tubo sarà pulito, privo di irregolarità e strozzature. Le giunzioni tra sezione e sezione saranno del tipo filettato, senza manicotto (filettatura in spessore) o con manicotti esterni che comportino un aumento di diametro non superiore a 2.0 cm; sono escluse le giunzioni a flangia.

Il tubo sarà provvisto, all'estremità superiore, di una tramoggia di carico avente una capacità di almeno 0.5 + 0.6 mc, e mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento.

Prima di installare il tubo getto sarà eseguita una ulteriore misura del fondo foro; qualora lo spessore del deposito superi i 20 cm si provvederà all'estrazione della gabbia d'armatura e alle operazioni di pulizia.

Il tubo di convogliamento sarà posto in opera arrestando il suo piede a 30+60 cm dal fondo della perforazione.

Al fine di evitare azioni di contaminazione o dilavamento del primo calcestruzzo gettato, per la presenza di fango bentonitico (ma anche nel caso in cui fosse presente acqua di falda), prima di iniziare il getto si disporrà entro il tubo, in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo formato da un involucro di carta o plastica, riempito con vermiculite granulare, palline di polistirolo o sabbia o da una palla di malta plastica.

In presenza di acqua di falda, potrà altresì essere prevista la posa in opera di idonea contro camicia in lamierino di adeguato spessore per il contenimento del getto.

Durante il getto il tubo convogliatore sarà opportunamente manovrato per un'ampiezza di 20 + 30 cm, in modo da favorire l'uscita e la risalita del calcestruzzo evitando altresì la segregazione della malta dagli inerti.

All'inizio del getto si dovrà predisporre di un volume di conglomerato cementizio pari a quello del tubo di convogliamento e di 3,0 – 4,0 m di palo. E' prescritta una cadenza di getto non inferiore a 15 m3/ora.

Previo verifica del livello raggiunto, utilizzando uno scandaglio metallico a fondo piatto, nel corso del getto il tubo di convogliamento sarà accorciato per tratti successivi, sempre conservando un'immersione minima nel calcestruzzo di 2.0 m.

Il getto di calcestruzzo dovrà essere portato ad almeno 0.5 + 1.0 m al di sopra delle quote di progetto della testa palo per consentire di eliminare la parte superiore del palo (scapitozzatura).

Tale operazione di scapitozzatura si ritiene da eseguire sino alla completa eliminazione di tutti i tratti in cui le caratteristiche del palo non rispondono a quelle previste. In tal caso è onere dell'Impresa procedere al ripristino del palo sino alla quota di sottopinto.

Durante le operazioni di getto, al termine dello scarico di ogni betoniera, l'Appaltatore dovrà verificare la quota di riempimento del palo in modo di avere un immediato raffronto fra la quota teorica e la quota raggiunta.

f) Controlli e documentazione

Per ciascun palo l'Appaltatore dovrà redigere una scheda indicante:

- numero progressivo del palo (riferito ad una planimetria)
- dati tecnici dell'attrezzatura
- profondità di perforazione
- informazioni relative alla stratigrafia locale
- volumi e grafico del getto.

In presenza di anomalie e/o differenze rispetto alla stratigrafia prevista, qualora le condizioni reali risultino inferiori a quelle di progetto, l'Appaltatore procederà al riesame della progettazione ed adotterà gli opportuni provvedimenti concordandoli con la Direzione Lavori.

### **30.7 PALI TRIVELLATI CON FANGHI BIODEGRADABILI**

Valgono le prescrizioni di cui ai punti precedenti.

Per quanto riguarda la preparazione del fango biodegradabile, esso dovrà essere preparato in accordo alle modalità descritte in § precedente.

La scheda tecnica relativa a ciascun palo dovrà contenere, oltre alle indicazioni del § precedente:

- prodotti impiegati
- dosaggio
- tempo di decadimento
- viscosità
- assorbimento.

### **30.8 PALI TRIVELLATI CON RIVESTIMENTO PROVVISORIO**

a) Attrezzature

a.1) Escavatori

Valgono le specifiche relative ai pali trivellati con fanghi bentonitici.

a.2) Morsa muovi-colonna (o gira-colonna)

La morsa dovrà essere costituita da un telaio rigido di supporto, sul quale viene posto un collare metallico, a 3 settori, dotato di un martinetto di chiusura per il serraggio della colonna di rivestimento. Sul telaio di supporto, collegato all'escavatore, saranno montati:

- 2 martinetti di oscillazione, sincronizzati, che imprimono un movimento rotatorio alla colonna
- 2 martinetti di infissione ed estrazione della colonna, a funzionamento indipendente, che consentono anche di correggere eventuali deviazioni della colonna

Il diametro nominale del collare dovrà corrispondere al diametro del palo. Sarà consentito l'impiego di opportune riduzioni.

Le caratteristiche dei martinetti e del circuito idraulico di funzionamento dovranno essere in grado di sviluppare spinta, momento torcente e serraggio della colonna adeguati al diametro e alla lunghezza del palo da realizzare.

## a.3) Vibromorsa

Valgono le prescrizioni relative ai pali vibro-infissi gettati in opera con tubo forma provvisorio.

## a.4) Utensile di scavo

Per lo scavo entro la colonna di rivestimento provvisoria si utilizzerà l'utensile più adatto al tipo di terreno, prevedendo ove necessario l'impiego di scalpello ad elevata energia demolitrice.

## b) Tubi-forma

La tubazione sarà costituita da tubi di acciaio, di diametro esterno pari al diametro nominale del palo, suddivisi in spezzoni connessi tra loro mediante innesti speciali del tipo maschio/femmina.

L'infissione della tubazione di rivestimento sarà ottenuta imprimendole un movimento rototraslatorio mediante adeguata attrezzatura rotary e/o morsa azionata da comandi oleodinamici, oppure, in terreni poco o mediamente addensati, privi di elementi grossolani e prevalentemente non coesivi, applicandole in sommità un vibratore di adeguata potenza. In questo secondo caso la tubazione potrà essere suddivisa in spezzoni ma anche essere costituita da un unico pezzo di lunghezza pari alla profondità del palo. E' ammessa la giunzione per saldatura degli spezzoni, purché non risultino varchi nel tubo che possono dar luogo all'ingresso di terreno.

## c) Perforazione

La perforazione non dovrà essere approfondita al disotto della scarpa del tubo di rivestimento.

Nel caso di presenza di falda, il foro dovrà essere costantemente tenuto pieno d'acqua (o eventualmente di fango bentonitico) con un livello non inferiore a quello della piezometrica della falda. Lo scavo all'interno sarà approfondito sino alla quota di progetto.

L'infissione sotto-scarpa della colonna di rivestimento dovrà consentire di evitare rifluimenti a fondo foro.

## d) Armature

Si applicano le specifiche di cui al punto precedente.

## e) Getto del calcestruzzo

Il getto avverrà conformemente alle specifiche relative ai pali trivellati con fanghi bentonitici, provvedendo altresì alla contemporanea estrazione del tubo-forma provvisorio, la cui scarpa dovrà restare sotto un battente minimo di calcestruzzo non inferiore a 3 m.

## f) Controlli e documentazione

Si applicano le specifiche relative ai pali trivellati con fanghi bentonitici.

**30.9 PALI TRIVELLATI AD ELICA CONTINUA**

## a) Attrezzature

Si utilizzeranno escavatori equipaggiati con rotary a funzionamento idraulico o elettrico montate su asta di guida, e dotate di dispositivo di spinta.

L'altezza della torre e le caratteristiche della rotary (coppia, spinta) dovranno essere commisurate alla profondità da raggiungere.

L'equipaggiamento di cantiere dovrà comprendere la disponibilità di pompe per calcestruzzo in numero adeguato ai ritmi di esecuzione dei pali.

## b) Perforazione

La perforazione sarà eseguita mediante una trivella ad elica continua, di lunghezza e diametro corrispondenti alle caratteristiche geometriche dei pali da realizzare.

L'anima centrale dell'elica deve essere cava, in modo da consentire il successivo passaggio del calcestruzzo. All'estremità inferiore dell'anima sarà posta una punta a perdere, avente lo scopo di impedire l'occlusione del condotto.

La perforazione avverrà di norma regolando coppia e spinta in modo da avere condizioni di infissione prossime al perfetto avvitaimento. In ogni caso il volume di terreno estratto per caricamento della trivella deve essere non superiore al volume teorico della perforazione.

Qualora si riscontrassero rallentamenti della perforazione in corrispondenza di livelli di terreno intermedi o dell'eventuale strato portante inferiore, l'Appaltatore, con l'accordo della Direzione Lavori potrà:

- eseguire prefori di diametro inferiore al diametro nominale di pali;
- ridurre la lunghezza di perforazione.

## c) Armatura

I pali trivellati possono essere armati:

- Prima del getto. L'armatura verrà inserita entro l'anima della trivella elicoidale, il cui diametro interno deve essere congruente con il diametro della gabbia di armatura. All'interno della gabbia dovrà essere inserito un adeguato mandrino, da tenere contrastato sul dispositivo di spinta della rotary per ottenere l'espulsione del fondello a perdere, con effetto di precarica alla base del palo. La gabbia dovrà essere costruita in conformità con il disegno di progetto e nel rispetto delle specifiche di cui al punto 6.4.1.
- Dopo il getto. La gabbia, assemblata a piè d'opera in conformità col progetto ed alle prescrizioni di cui al punto 6.4.1, verrà inserita a getto concluso mediante l'ausilio di un vibratore. Dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad assicurare il centramento della gabbia entro la colonna di calcestruzzo appena formata. Se necessario, la gabbia dovrà essere opportunamente irrigidita per consentirne l'infissione. Tale operazione dovrà essere eseguita immediatamente dopo l'ultimazione del getto, prima che abbia inizio la presa del calcestruzzo.

## d) Getto del calcestruzzo

Il calcestruzzo verrà pompato pneumaticamente entro il cavo dell'asta di perforazione che verrà progressivamente estratta, di norma senza rotazione. La cadenza di getto deve assicurare la continuità della colonna di conglomerato.

Pertanto l'estrazione dell'asta di trivellazione deve essere effettuata ad una velocità congruente con la portata di calcestruzzo pompato, adottando tutti gli accorgimenti necessari ad evitare sbulbature, ovvero interruzioni del getto.

In particolare il circuito di alimentazione del getto dovrà essere provvisto di un manometro di misura della pressione.

Durante l'operazione si dovrà verificare che la pressione sia mantenuta entro l'intervallo di 50 ÷ 150 KPa. Il getto dovrà essere prolungato fino a piano campagna, anche nei casi in cui la quota finita del palo sia prevista a quota inferiore.

## e) Controlli e documentazione

Per ogni palo eseguito l'Appaltatore dovrà redigere una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- n. progressivo del palo (riferito ad una planimetria)
- profondità di perforazione
- osservazioni sulla stratigrafia locale
- tempi di perforazione per tratte successive di 5 m, e di 1 m nel tratto finale, secondo le istruzioni impartite dalla Direzione Lavori
- grafico dei tempi di perforazione
- spinta sul mandrino misurata durante l'estrazione della trivella
- volume di calcestruzzo gettato.

In caso di differenze stratigrafiche rispetto alla situazione nota, o di particolari anomalie riscontrate nei tempi di perforazione, qualora le condizioni reali risultino inferiori a quelle di progetto, l'Appaltatore dovrà procedere al riesame della progettazione e dovrà definire gli eventuali necessari provvedimenti (quali modifica del numero e delle profondità dei pali, esecuzione di prefiori, etc.) concordandoli con la Direzione Lavori.

**30.10 PALI C.S.P.**

La sequenza di costruzione dei pali ad elica continua secanti CSP (Cased Secant Pile) prevede l'esecuzione di pali primari e secondari eseguiti con un'adeguata sovrapposizione.

I pali primari saranno realizzati mediante uno scavo ad elica e il successivo riempimento del foro con calcestruzzo. Il calcestruzzo dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- essere fluido a presa lenta;
- avere una classe di consistenza S5, è ammesso l'impiego di calcestruzzo autocompattante (Scc);
- una resistenza media dopo 28 giorni maggiore o uguale a 3 MPa;
- una densità da 15 a 18 kN/m<sup>3</sup>.

I pali secondari saranno realizzati mediante uno scavo ad elica con tubo forma recuperabile fino alla profondità di progetto e il successivo riempimento del foro con calcestruzzo. Il calcestruzzo dovrà avere una classe di consistenza S4 e un  $R_{ck} \geq 30$  MPa.

I pali primari e secondari dovranno avere un diametro minimo di 80 cm e un interasse pari 60 cm.

## a) Attrezzature

Si utilizzeranno escavatori equipaggiati con rotary a funzionamento idraulico o elettrico montate su asta di guida, e dotate di dispositivo di spinta.

L'altezza della torre e le caratteristiche della rotary (coppia, spinta) dovranno essere commisurate alla profondità da raggiungere.

L'equipaggiamento di cantiere dovrà comprendere la disponibilità di pompe per calcestruzzo in numero adeguato ai ritmi di esecuzione dei pali.

## b) Perforazione

La perforazione sarà eseguita mediante una trivella ad elica continua, di lunghezza e diametro corrispondenti alle caratteristiche geometriche dei pali da realizzare. Per i pali di seconda fase si dovrà utilizzare un tuboforma recuperabile fino alla profondità di progetto.

L'anima centrale dell'elica deve essere cava, in modo da consentire il successivo passaggio del calcestruzzo. All'estremità inferiore dell'anima sarà posta una punta a perdere, avente lo scopo di impedire l'occlusione del condotto.

La perforazione avverrà di norma regolando coppia e spinta in modo da avere condizioni di infissione prossime al perfetto avvitalamento. In ogni caso il volume di terreno estratto per caricamento della trivella deve essere non superiore al volume teorico della perforazione.

Qualora si riscontrassero rallentamenti della perforazione in corrispondenza di livelli di terreno intermedi o dell'eventuale strato portante inferiore, l'Appaltatore, con l'accordo della Direzione Lavori potrà:

- eseguire prefiori di diametro inferiore al diametro nominale di pali;
- ridurre la lunghezza di perforazione.

## c) Armatura

I pali trivellati possono essere armati:

- Prima del getto. L'armatura verrà inserita entro l'anima della trivella elicoidale, il cui diametro interno deve essere congruente con il diametro della gabbia di armatura. All'interno della gabbia dovrà essere inserito un adeguato mandrino, da tenere contrastato sul dispositivo di spinta della rotary per ottenere l'espulsione del fondello a perdere, con effetto di precarica alla base del palo. La gabbia dovrà essere costruita in conformità con il disegno di progetto e nel rispetto delle specifiche di cui al punto precedente.
- Dopo il getto. La gabbia, assemblata a piè d'opera in conformità col progetto ed alle prescrizioni di cui al punto precedente, verrà inserita a getto concluso mediante l'ausilio di un vibratore. Dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad assicurare il centramento della gabbia entro la colonna di calcestruzzo appena formata. Se necessario, la gabbia dovrà essere opportunamente irrigidita per consentirne l'infissione. Tale operazione dovrà essere eseguita immediatamente dopo l'ultimazione del getto, prima che abbia inizio la presa del calcestruzzo.

## d) Getto del calcestruzzo

Il calcestruzzo verrà pompato pneumaticamente entro il cavo dell'asta di perforazione che verrà progressivamente estratta, di norma senza rotazione. La cadenza di getto deve assicurare la continuità della colonna di conglomerato.

Pertanto l'estrazione dell'asta di trivellazione deve essere effettuata ad una velocità congruente con la portata di calcestruzzo pompato, adottando tutti gli accorgimenti necessari ad evitare sbrulature, ovvero interruzioni del getto.

In particolare il circuito di alimentazione del getto dovrà essere provvisto di un manometro di misura della pressione.

Durante l'operazione si dovrà verificare che la pressione sia mantenuta entro l'intervallo di 50 ÷ 150 KPa. Il getto dovrà essere prolungato fino a piano campagna, anche nei casi in cui la quota finita del palo sia prevista a quota inferiore.

## e) Controlli e documentazione

Per ogni palo eseguito l'Appaltatore dovrà redigere una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- n. progressivo del palo (riferito ad una planimetria)

- profondità di perforazione
- osservazioni sulla stratigrafia locale
- tempi di perforazione per tratte successive di 5 m, e di 1 m nel tratto finale, secondo le istruzioni impartite dalla Direzione Lavori
- grafico dei tempi di perforazione
- spinta sul mandrino misurata durante l'estrazione della trivella
- volume di calcestruzzo gettato.

In caso di differenze stratigrafiche rispetto alla situazione nota, o di particolari anomalie riscontrate nei tempi di perforazione, qualora le condizioni reali risultino inferiori a quelle di progetto, l'Appaltatore dovrà procedere al riesame della progettazione e dovrà definire gli eventuali necessari provvedimenti (quali modifica del numero e delle profondità dei pali, esecuzione di prefori, etc.) concordandoli con la Direzione Lavori.

### **30.11 SCAPITOZZATURA**

Al fine di rendere il palo continuo con la fondazione, si rende necessario demolire la parte superiore del palo, per un'altezza di un diametro e comunque di almeno 1 metro.

La modalità di demolizione della testa del palo dovrà essere tale da evitare la formazione ed il diffondersi di lesioni nel palo stesso; a questo scopo si prescrive l'utilizzo di attrezzature di tipo idraulico, che applicano forze statiche in direzione radiale concentrate sul perimetro del palo e provocano una rottura localizzata del calcestruzzo, con una minima influenza sull'armatura.

### **30.12 REQUISITI SPECIALI**

#### **SICUREZZA DEL CANTIERE**

Si devono adottare misure appropriate per proteggere la salute e la sicurezza dei lavoratori e di altre persone presenti in cantiere o nelle sue vicinanze.

I pericoli per la salute e la sicurezza associati all'esecuzione dei pali devono essere valutati in relazione alle condizioni specifiche del cantiere.

#### **RUMORE E VIBRAZIONI**

Se le persone nelle vicinanze potrebbero essere esposte a rumore e/o vibrazioni, si dovrebbero indicare i livelli previsti di rumore e/o di vibrazioni mediante infissione di prova tramite esperienza confrontabile, quindi valutare l'accettabilità del processo. Ove necessario, si dovrebbe eseguire il monitoraggio durante l'esecuzione dei lavori, per confermare che i livelli siano mantenuti entro i limiti concordati.

#### **PROTEZIONE DELL'AMBIENTE**

Si devono adottare misure per limitare o evitare effetti negativi sull'ambiente. Si devono considerare i seguenti rischi per l'ambiente:

- movimenti indotti nel terreno;
- inquinamento dell'acqua superficiale;
- inquinamento dell'acqua freatica;
- variazioni inaccettabili nel flusso naturale dell'acqua di falda;
- inquinamento dell'aria;
- inquinamento del terreno;
- rumore.

#### **IMPATTO SULLE STRUTTURE**

Laddove sono presenti strutture ed installazioni sensibili o pendii instabili in prossimità del sito della possibile sfera di influenza dei lavori di palificazione, la loro condizione dovrebbe essere accuratamente conservata e documentata prima e durante l'esecuzione dei lavori di palificazione.

### **NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 31 PALI ELICOIDALI****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****31.1 ARMATURE TUBOLARI**

Questa tipologia di palo è costituita da tre parti strutturali unite tra loro da saldature ad alta resistenza meccanica. Saranno in acciaio del tipo S 355 e forniti con trattamento di zincatura a caldo a forte spessore.

Ogni componente deve essere lavorato e assemblato secondo le specifiche tecniche indicate dalla ditta produttrice e controllato da personale specializzato.

La testa del palo deve essere caratterizzata dalla presenza di uno o due fori passanti sui quali viene applicato il dispositivo di avvvitamento della macchina piantapali. Una volta agganciato il palo all'avvitatore, questo viene sollevato e posizionato nel punto prescelto, per essere infisso.

Il fusto, di sezione tubolare cilindrica, costituisce la struttura principale del palo ed è interamente realizzato in acciaio S355 certificato alla fonte e predisposto per il riempimento con malta cementizia, che ne aumenta la rigidità dopo la posa in opera.

Le giunzioni degli elementi che costituiscono il palo sono realizzate in stabilimento da personale specializzato, mediante saldatura autogena ad arco di tipo semiautomatico a filo continuo.

Le saldature devono essere calcolate per garantire al palo la massima resistenza meccanica richiesta per l'uso cui è destinato. La loro esecuzione deve essere conforme alle direttive UNI-EN 15609-1.

La punta del palo deve essere munita di terminazione a vite, costituita da due parti distinte: il puntale, formato da una lamina elicoidale a due giri in acciaio S235, rastremata alla base, e la puntazza in acciaio S355 saldata sulla terminazione del fusto, sagomata e rinforzata per facilitare la penetrazione nel terreno.

**I pali dovranno essere realizzati conformemente alle norme UNI EN 10204, UNI EN 10219-1 e ISO 10474 e essere in possesso dei requisiti per essere impiegati come opera fondazionale prefabbricata conformemente alla UNI EN 12699 e all'EUROCODICE 7 (UNI ENV 1997-1).**

**dati tecnici****elemento: fusto****composizione: acciaio S355**

$\varnothing_e$ mm	$\varnothing_i$ mm	s mm	A cm <sup>2</sup>	$J_x$ cm <sup>4</sup>	$W_x$ cm <sup>3</sup>	$f_t (R_m)$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_r$ Kg/cm <sup>2</sup>	$f_y (R_e)$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_s$ Kg/cm <sup>2</sup>	A%
168,3	154,3	7	35,5	1.155,8	135,7	510	5.200	355	3.620	≥21

**elemento: puntale****composizione: acciaio S235**

$\varnothing_e$ mm	$\varnothing_i$ mm	P mm	L mm	$s_i$ mm	$s_e$ mm	$f_t (R_m)$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_r$ Kg/cm <sup>2</sup>	$f_y (R_e)$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_s$ Kg/cm <sup>2</sup>	A%
400	168,3	400	800	20	12	360	3.670	235	2.396	≥24

**elemento: puntazza****composizione: acciaio S355**

Y mm	L mm	H mm	s mm	$f_t (R_m)$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_r$ Kg/cm <sup>2</sup>	$f_y (R_e)$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_s$ Kg/cm <sup>2</sup>	A%
300	200	310	25	510	5.200	355	3.620	≥21

**31.2 MALTE E MISCELE CEMENTIZIE**

Il cemento da impiegare dovrà essere scelto in relazione alle caratteristiche ambientali, prendendo in considerazione in particolare l'aggressività dell'ambiente esterno.

Gli inerti saranno di norma utilizzati solo per il confezionamento di malte da utilizzare per il getto dei pali a semplice cementazione.

In relazione alle prescrizioni di progetto l'inerte sarà costituito da sabbie fini, polveri di quarzo, polveri di calcare, o ceneri volanti.

Nel caso di impiego di ceneri volanti, ad esempio provenienti dai filtri di altoforni, si dovrà utilizzare materiale totalmente passante al vaglio da 0,075 mm.

E' ammesso l'impiego di additivi fluidificanti non aeranti. L'impiego di acceleranti potrà essere consentito solo in situazioni particolari. Schede tecniche di prodotti commerciali che l'Impresa si propone di usare dovranno essere inviate preventivamente alla Direzione Lavori per informazione.

Per quanto riguarda le malte e le miscele cementizie queste di norma dovranno presentare resistenza cubica pari a :  $R_{ck} \geq 30$  MPa  
A questo scopo si prescrive che il dosaggio in peso dei componenti sia tale da soddisfare un rapporto acqua/cemento:  $a/c \leq 0.5$

La composizione delle miscele di iniezione, riferita ad 1 m<sup>3</sup> di prodotto, dovrà essere la seguente:

- acqua : 600 kg
- cemento : 1200 kg
- additivi : 10 ÷ 20 kg

con un peso specifico pari a circa:  $\gamma = 1.8$  kg/dm<sup>3</sup>

Nella definizione della composizione delle malte, prevedendo un efficace mescolazione dei componenti atta a ridurre la porosità dell'impasto, si può fare riferimento al seguente dosaggio minimo, riferito ad 1 m<sup>3</sup> di prodotto finito:

- acqua : 300 kg
- cemento : 600 kg
- additivi : 5 ÷ 10 kg
- inerti : 1100 ÷ 1300 kg

#### NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

Le tecniche di perforazione e le modalità di esecuzione dovranno essere definite in relazione alla natura dei materiali da attraversare e delle caratteristiche idrogeologiche locali.

La scelta delle attrezzature di perforazione ed i principali dettagli esecutivi, nel caso di situazioni stratigrafiche particolari o per l'importanza dell'opera, dovranno essere messi a punto a cura e spese dell'Impresa, anche mediante l'esecuzione di pali di prova, approvati dalla DL prima dell'inizio della costruzione dei pali.

#### TOLLERANZE GEOMETRICHE

Le tolleranze ammesse sono le seguenti:

- la posizione planimetrica non dovrà discostarsi da quella di progetto più di 5 cm, salvo diverse indicazioni della DL;
- la deviazione dell'asse del palo rispetto all'asse di progetto non dovrà essere maggiore del 2%;
- la sezione dell'armatura metallica non dovrà risultare inferiore a quella di progetto;
- il diametro dell'utensile di perforazione dovrà risultare non inferiore al diametro di perforazione di progetto;
- quota testa palo:  $\pm 5$  cm;
- lunghezza:  $\pm 15$  cm.

#### TRACCIAMENTO

Prima di iniziare la perforazione l'Impresa dovrà, a sua cura e spese, individuare sul terreno la posizione dei pali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo.

Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del palo quale risulta dalla pianta della palificata.

Tale pianta, redatta e presentata alla DL dall'Impresa esecutrice, dovrà indicare la posizione planimetrica di tutti i pali, inclusi quelli di prova, contrassegnati con numero progressivo.

#### PERFORAZIONE

L'inserimento nel terreno avverrà mediante avvitalimento. Il tratto elicoidale presente sulla punta o lungo il corpo del palo ne consente l'ancoraggio e ne favorisce l'inserimento nel suolo. La testa superiore del palo, che rimane esterna al terreno, è costituita da una piastra in acciaio su cui vengono saldati gli elementi di fissaggio idonei al collegamento del palo con le strutture da supportare.

I pali sono introdotti nel terreno tramite una macchina perforatrice idraulica standard e, una volta infissi, possono sostenere vari tipi di strutture destinate a molteplici utilizzi.

Il palo dovrà essere prolungato fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezione. Di norma si procederà immediatamente alla cementazione del palo. I volumi di iniezione saranno conformi alle prescrizioni di progetto.

#### NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

**Art. 32 PALI FDP**

Si tratta di pali di fondazione con tecnologia FDP® (Full Displacement Pile) o "Pali rotopressati a costipamento laterale" senza asportazione di terreno, realizzati in alternativa ai classici pali trivellati o CFA usando una speciale attrezzatura che può presentare differenti diametri (il più frequente è di 600 mm) e che, mentre perfora il terreno, convoglia e compatta il materiale sulle pareti laterali del foro.

La compattazione del terreno, aumentando la resistenza laterale della pareti del foro, migliora la resistenza del palo stesso.

Tale tecnologia può essere applicata nel caso di terreni aventi caratteristiche quali:

- suolo denso ma non coesivo (sabbia, ghiaia),
- suolo fortemente coesivo (argilla, argilla limosa),
- roccia degradata o fratturata.

Negli strati ove non è possibile "costipare lateralmente" il terreno, il materiale in eccesso viene fatto migrare nello strato più "tenere superiore" migliorandone ulteriormente le qualità.

In questo caso per facilitare la penetrazione nei terreni maggiormente costipati viene aggiunta uno spezzone di asta ad elica.

La tecnica esecutiva prevede, in sintesi, le seguenti fasi di lavorazione:

- estratto l'utensile di perforazione e completato il getto, nel caso di realizzazione dovranno essere messi a punto, a cura e spese dell'Impresa, mediante l'esecuzione di perforazioni di prova, approvate dalla Direzione Lavori prima dell'inizio della costruzione dei pali di progetto.
- posizionamento dell'attrezzatura da perforazione,
- realizzazione dello scavo e della costipazione laterale del terreno con appositi utensili a rotazione continua ed avanzamento (attraverso una kelly bar si può estendere lo scavo ad elevate profondità),
- raggiunta la profondità di progetto il palo viene realizzato mediante l'iniezione di calcestruzzo attraverso la cavità dell'utensile,
- estratto l'utensile di perforazione e completato il getto, nel caso di realizzazione dovranno essere messi a punto, a cura e spese dell'Impresa, mediante l'esecuzione di perforazioni di prova, approvate dalla Direzione Lavori prima dell'inizio della costruzione dei pali di progetto.
- eventuale scapitozzatura del palo e ripresa dei ferri di armatura per collegamenti strutturati con travi di coronamento o fondazione.

La scelta delle attrezzature di perforazione ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere messi a punto, a cura e spese dell'Impresa, mediante l'esecuzione di perforazioni di prova, approvate dalla Direzione Lavori prima dell'inizio della costruzione dei pali di progetto.

Le macchine e le attrezzature utilizzate saranno soggette a costante manutenzione e poste in opera in posizione defilata ai lavoratori impiegati in altre attività.

Le attività a maggiori livelli di emissione sonora saranno eventualmente effettuate in orari che tengano in debita considerazione gli edifici circostanti.

I pali dovranno essere eseguiti nel numero e nelle posizioni di progetto.

**PRINCIPALI NORMATIVE DI RIFERIMENTO**

Tutti i materiali, manufatti, attrezzature, sistemi di prova e collaudo, modalità esecutive e di messa in opera ecc. dovranno sottostare ai dettami di Leggi, Decreti, Regolamenti e Circolari Ministeriali vigenti, nonché alle normative UNI (Ente Nazionale Italiano di Unificazione) e successive aggiunte, modificazioni ed aggiornamenti che verranno rese pubbliche dall'UNI, anche se non espressamente richiamate.

Di seguito si richiamano, in maniera indicativa e non necessariamente esaustiva, le principali norme applicabili prescrivendo un'opera di fondazione che utilizzi la tecnologia del FDP.

- Legge 5 novembre 1971, n° 1086: "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e a struttura metallica".
- Legge 2 febbraio 1974, n° 64: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- D.M. 3 dicembre 1987: "Norme tecniche per progettazione, esecuzione e collaudi delle costruzioni prefabbricate".
- D.M. 11 marzo 1988: "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di fondazione".
- Circolare LL PP N° 30483 del 24/09/1988 "Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Circolare Min. LL.PP. 16 marzo 1989: "Istruzioni relative al D.M. 3/12/87, Norme tecniche per progettazione, esecuzione e collaudi delle costruzioni prefabbricate".
- D.M. 9 gennaio 1996: "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- D.M. 16 gennaio 1996: "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- Circ. Min. LL.PP. 4 luglio 1996, n.°156AA.GG/STC.: "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996".
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20.3.2003 – Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica – G.U. n.72 del 8.5.2003, Supplemento Ordinario n.105.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3316 del 2.10.2003 – Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20 Marzo 2003.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3431 del 3.5.2005 – Ulteriori modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20 marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
- Decreto Ministeriale del 14.09.2005 – Norme Tecniche per le Costruzioni – G.U. n.222 del 23.9.2005, Supplemento Ordinario n.159.
- Eurocodice 0 – Criteri generali di progettazione strutturale – UNI EN 1990 del Maggio 2004.
- Eurocodice 7.1 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali – UNI EN 1997-1 del Febbraio 2005.
- Eurocodice 8.1 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici – UNI EN 1998-1 del Marzo 2005.
- Eurocodice 8.5 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti

geotecnici – UNI EN 1998-5 del Gennaio 2005.

- CNR-UNI 10011/88: "Costruzioni di acciaio: istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione".
- UNI-EN 197-1 Cemento, parte 1: Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni.
- UNI-EN 206-1 Concrete-part 1: Specification, performance, production and conformity.
- UNI-EN 791:1997, Macchine perforatrici-sicurezza.
- UNI-EN 996:1995, Apparecchiature di palificazione – Requisiti di sicurezza.
- UNI-EN 1536: "Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Pali trivellati (1999).
- EN 10080: Steel for the reinforcement of concrete welded ribbed reinforcing steel: general.
- UNI EN 15609:2006, Specificazione e qualificazione di saldature per materiali metallici – specificazione delle procedure di saldatura – parte 1 – saldature ad arco.
- ASTM D 1143-81, Standard Test Method for Piles Under Static Axial Compressive Load, 1987.
- API American Petroleum Institute – Spec 13 A Specification for Oil-Well Drilling Fluid Materials.
- API American Petroleum Institute – Spec RP 13 B Standard Procedure for Field Testing drilling Fluids.
- D.M. 17 gennaio 2018.

## QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI

### 32.1 CONGLOMERATO CEMENTIZIO

Qualora l'Appaltatore decida di predisporre un proprio impianto di produzione di calcestruzzo, interno all'area di cantiere, egli dovrà preventivamente, all'inizio dei lavori, procedere alle certificazioni dell'impasto stesso mediante prove di laboratorio e qualifica del prodotto ottenuto.

La dimensione massima degli aggregati dovrà essere inferiore al valore minimo di interspazio tra le armature e comunque non superiore a 32 mm.

Il conglomerato cementizio dovrà risultare di classe di resistenza bassa o media (D.M. 25/09/2005), comunque con resistenza caratteristica pari a 30 MPa, salvo diverse indicazioni prescritte negli elaborati di progetto.

Il rapporto acqua/cemento non dovrà superare il valore di 0,60 nella condizione di aggregato saturo a superficie asciutta, con un quantitativo minimo di cemento pari a 360 kg/m<sup>3</sup>.

In accordo con le norme UNI-EN 206, il calcestruzzo dovrà essere di classe maggiore o uguale a S4; si raccomanda uno «slump» al cono di Abrahams S >18.

Per le modalità da seguire nello «Slump Test», per la determinazione dell'abbassamento, si richiama espressamente quanto prescritto nella norma UNI EN 9418:1998.

Il calcestruzzo dovrà essere fornito con dichiarazione di conformità del prodotto e dei certificati di conformità (marchiatura CE) per i materiali impiegati nel suo confezionamento.

Per soddisfare i requisiti sopra indicati potrà essere aggiunto all'impasto un idoneo additivo superfluidificante non aerante; è ammesso altresì l'uso di ritardanti di presa o superfluidificanti con effetto ritardante (UNI EN 934-2:2001).

I prodotti commerciali che l'Appaltatore si propone di usare dovranno essere sottoposti all'esame ed all'approvazione preventiva della Direzione Lavori.

### 32.2 ARMATURE METALLICHE

Nel caso di utilizzo di armature metalliche, queste ultime dovranno soddisfare le prescrizioni di legge vigenti ed essere conformi al progetto; in particolare si prevede l'utilizzo di un acciaio B450 C controllato.

Le armature verranno pre-assemblate fuori opera in "gabbie"; i collegamenti saranno ottenuti con legatura in filo di ferro oppure mediante punti di saldatura elettrica oppure con appositi morsetti.

La quantità e la tipologia di armatura prevista risulta dagli elaborati grafici di progetto.

Le armature trasversali dei pali saranno costituite da staffe in tondino esterne ai ferri longitudinali, aventi diametro minimo pari a 10 mm e passo come previsto dagli elaborati grafici.

Le gabbie di armatura dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine; queste ultime verranno messe in opera prima dell'inizio del getto, nel caso dell'utilizzo della tecnologia "FDP lost bit", per gravità ed eventualmente vibrare, nel caso di utilizzo della tecnologia "FDP standard".

In caso di gabbie composte da più elementi verticali, la giunzione verrà realizzata con adeguata sovrapposizione.

## NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

### SOGGEZIONI GEOTECNICHE ED AMBIENTALI

L'esecuzione dei pali presuppone da parte dell'Appaltatore la conoscenza, oltre che delle prescrizioni di progetto circa le caratteristiche degli elementi, anche delle informazioni inerenti il terreno da attraversare.

In particolare si dovrà valutare con attenzione i seguenti particolari aspetti:

- presenza di strati altamente permeabili (D10>4 mm);
- presenza di terreni che possono essere causa di instabilità dello scavo;
- presenza di livelli piezometrici artesiani;
- chimica dei materiali da attraversare e dell'acqua di falda, con presenza di componenti che possono avere effetti negativi sui materiali utilizzati nelle varie fasi di costruzione del palo.

Dove sono previste condizioni di stretta interferenza con strutture confinanti alla zona di costruzione si presuppone da parte dell'Appaltatore la conoscenza dello stato in essere.

In particolare, normalmente, esiste l'obbligo per l'Appaltatore di verifica e collaborazione nella realizzazione di tutte le lavorazioni atte al presidio delle opere interrate, dando luogo alla preparazione dei piani di lavoro tali da garantire la corretta esecuzione dei lavori in condizioni di sicurezza, al fine di evitare possibili inconvenienti a cose o persone.

I sottoservizi, sottostrutture, tubazioni e cavi elettrici, eventualmente presenti nel volume di terreno interessato dagli scavi, dovranno essere

preventivamente individuati e deviati in modo da evitare che risultino danneggiati, o provochino danni, a seguito delle lavorazioni.

In presenza di terreni superficiali instabili (per esempio zone di riporto) o nelle zone di risanamento di strutture esistenti interrato, eventualmente preventivamente demolite, dovranno essere realizzate tutte le azioni preventive per la protezione del tratto di scavo instabile. Per gli aspetti e le problematiche esecutive relative a temi ambientali, quali presenza d'inquinanti nel terreno o restrizioni nella destinazione dei materiali di risulta, si rimanda integralmente a quanto prescritto dalla Normativa Nazionale e Regionale vigente ed alle prescrizioni degli Enti preposti alla tutela ambientale (DM n.152, Norme in Materia Ambientale, 3 Aprile 2006).

Inoltre, durante l'esecuzione dovrà essere posta attenzione alle lavorazioni in adiacenza a strade aperte al traffico, o edifici abitati, che dovranno essere eseguite con tutte le segnalazioni e le precauzioni idonee ad evitare danni a persone o cose.

Si avrà, chiaramente, cura di non provocare inquinamenti di superficie o della falda per incontrollate scariche dei detriti; il materiale di risulta, benché minimo, dovrà essere sistematicamente portato alla scarica a meno di riutilizzi progettati preventivamente.

#### TOLLERANZE

Saranno accettate le seguenti tolleranze sull'assetto geometrico del palo:

- sulla lunghezza: uguale a  $\pm 1\%$ ;
- deviazione dell'asse del palo rispetto all'asse di progetto:  $< 2,5\%$ ;
- errore rispetto alla posizione planimetrica:  $\pm 0,15$  m in tutte le direzioni.

Si osservi che per la definizione delle tolleranze geometriche, si assume che alla testa il centro del palo corrisponda al centro geometrico delle armature longitudinali.

Le tolleranze sul diametro nominale D, verificate in base ai volumi di conglomerato cementizio assorbito e rilevate con la frequenza indicata successivamente, sono:

- per ciascun palo, in base all'assorbimento complessivo, si ammette uno scostamento dal diametro nominale compreso tra «-0,01D» e «+0,1D»;
- per ciascuna sezione dei pali sottoposti a misure dell'assorbimento dose per dose, si ammette uno scostamento dal diametro nominale compreso tra «-0,01D» e «+0,1D».

L'Appaltatore è tenuto ad eseguire, a suo esclusivo onere e spesa, tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della Direzione Lavori, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per avviare all'esecuzione di pali in posizione e/o con dimensioni non conformi alle tolleranze qui stabilite, compresi pali aggiuntivi ed opere di collegamento.

#### PREPARAZIONE DEL PIANO DI LAVORO

Il piano di lavoro dovrà avere idonee caratteristiche di portanza e capacità drenante, in modo tale da garantire le condizioni di sicurezza per la movimentazione e per le operazioni a cui sono adibite le attrezzature utilizzate per le lavorazioni in oggetto.

#### TRACCIAMENTO

Prima di iniziare la perforazione, generalmente a cura e spese dell'Appaltatore, si dovrà indicare sul terreno la posizione dei pali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo.

Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del palo quale risulta dalla pianta della palificata.

Tale pianta, redatta e presentata alla Direzione Lavori dall'Appaltatore, dovrà indicare la posizione di tutti i pali.

#### ESECUZIONE DELLE OPERE

La tipica procedura di esecuzione standard è la seguente

- 1) Posizionamento dell'attrezzatura da perforazione.
- 2) Inizio scavo con l'utensile in rotazione continua ed avanzamento. Il suolo viene così reso "sciolto" dall'elica rotante e costipato all'intorno del foro dall'apposito "displacement body" (corpo dislocante).
- 3) Attraverso una Kelly bar si può estendere lo scavo ad elevate profondità (si può arrivare a 40 m, chiaramente in funzione della tipologia di macchina base).
- 4) Una volta raggiunta la profondità finale, l'utensile viene estratto e, contemporaneamente, il calcestruzzo viene pompato attraverso l'interno delle aste cave, uscendo dall'apposito ugello posto in prossimità della punta.
- 5) Ad utensile estratto si installa, se richiesto, la gabbia di rinforzo nel calcestruzzo (eventualmente tramite l'ausilio di un apposito vibratore) o si introducono per gravità idonee gabbie o profilati in acciaio.

L'asta Kelly per l'utensile "Lost Bit" presenta un diametro molto più grande di quella dell'utensile standard; è progettata per permettere, oltre al getto del calcestruzzo a gravità, anche l'inserimento delle gabbie di armatura in fondo al palo. Le superfici interne sono di conseguenza completamente lisce.

L'elemento sottostante di perforazione, dotato di una punta a perdere che incorpora il pilota, e l'elemento di compattazione superiore possono venire allungati per permettere la perforazione degli strati di terreno più consistenti.

Anche in questo caso i diametri variano da 360 mm a, generalmente, un massimo di 710 mm.

Le punte di perforazione sono intercambiabili, con due configurazioni delle flange, e predisposte per diversi tipi di denti al fine di migliorare le prestazioni dell'utensile.

Pertanto, nel caso di procedura "Lost Bit", una volta raggiunta la quota di progetto, si solleva leggermente l'asta, e quindi l'utensile di costipamento, e si inserisce la gabbia all'interno della stessa, lasciandola cadere in modo che stacchi la punta a perdere; successivamente si inizia a pompare cls e si risolve l'asta con l'utensile.

#### PERFORAZIONE

L'utensile è costruito su una robusta asta centrale progettata per convogliare il calcestruzzo fino alla punta.

L'elemento sottostante di perforazione e quello superiore di compattazione possono essere di lunghezze diverse per meglio adattare l'utensile alle condizioni del terreno; conseguentemente la lunghezza dell'utensile può variare da un minimo di ca. 3 m ad un massimo standard di 6-7 m.

I diametri possono essere differenti; il più frequente è di 620 mm, altri diametri spesso utilizzati sono 360, 420, 510 mm ed oltre.

Le punte di perforazione sono pure intercambiabili e predisposte per diversi tipi di denti e di configurazioni delle flange, al fine di massimizzare le prestazioni dell'utensile stesso.

Il tipo, la potenza e la capacità operativa delle attrezzature dovranno in ogni caso essere adeguate alla consistenza del terreno da attraversare, alle caratteristiche ed alle dimensioni dei pali da eseguire nei tempi previsti.

Le attrezzature impiegate dovranno essere conformi alle norme EN996.

L'attrezzatura di scavo dovrà essere dotata di opportuni sistemi meccanici e/o elettronici per il controllo della profondità di scavo.

Durante la fase di scavo saranno visibili sul display della macchina e registrati su apposito sistema elettronico tutti i dati necessari alle verifiche di qualità quali:

- Profondità
- Coppia e forza di spinta
- Velocità di penetrazione
- Velocità di estrazione
- Deviazione
- Volume del cls gettato
- Pressione del cls nel palo durante la fase di getto
- Fattore "alfa".

Il valore "alfa" è una misura dell'energia utilizzata durante il processo di perforazione. In sintesi, tale dato fornisce un'indicazione della consistenza dei vari strati del terreno ed un'indicazione relativa della portata del palo. Il valore alfa viene visualizzato sul "monitor" dell'operatore in tempo reale. In base a tale valore è eventualmente possibile modificare la lunghezza del palo poichè, realizzando dei pali prova, misurando il valore "alfa" ed eseguendo prove di carico (per valutare la capacità portante), è possibile programmare l'allungamento o l'accorciamento dei pali "esecutivi" in tempo reale, in relazione del dato valore "alfa", definito in precedenza, che si incontra durante la perforazione.

#### PREPARAZIONE E TRASPORTO DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO

Il conglomerato cementizio dovrà avere le caratteristiche richiamate dalla presente Specifica Tecnica.

Il conglomerato cementizio dovrà essere confezionato e trasportato con un ritmo tale da consentire di completare il getto del palo senza soluzione di continuità e nel più breve tempo possibile.

In ogni caso ciascun getto dovrà venire alimentato con una cadenza effettiva, inclusi tutti i tempi morti, non inferiore a 20 m³/h e, in ogni caso, con un'interruzione mai superiore ai 20 minuti. Il getto di un palo dovrà comunque essere completato in un tempo tale che il calcestruzzo rimanga sempre lavorabile.

La centrale di confezionamento dovrà quindi consentire l'erogazione nell'unità di tempo di volumi di conglomerato cementizio almeno doppi di quelli teorici richiesti, secondo le prescrizioni di cui al punto seguente.

I mezzi di trasporto del conglomerato cementizio dovranno essere tali da evitare segregazioni dei componenti.

#### POSA IN OPERA DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO

Il getto del conglomerato cementizio avverrà impiegando l'asta di perforazione (Fig. 17).

L'interno di tale tubo dovrà essere pulito, privo di irregolarità e strozzature.

Nel caso di tecnologia "FDP lost bit", il tubo sarà provvisto, all'estremità superiore, di una tramoggia di carico, avente una capacità di 0.4÷0.6 m³, il cui stato e volume viene tenuto sotto controllo tramite una apposita telecamera a CC installata in idonea posizione sulla perforatrice; tale sistema dovrà essere sotto il controllo dell'operatore in cabina.

All'inizio del getto si dovrà disporre di un volume di conglomerato cementizio pari a quello del tubo di convogliamento e di almeno 3 o 4 m di palo.

#### DOCUMENTAZIONE

L'esecuzione di ogni singolo palo dovrà comportare la registrazione su apposita scheda, normalmente compilata dall'Appaltatore in contraddittorio con la Direzione Lavori, dei seguenti dati:

- identificazione del palo;
- data di inizio perforazione e di fine getto;
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione;
- "slumps" del conglomerato cementizio (UNI EN 12350-2);
- assorbimento totale effettivo del conglomerato cementizio e volume teorico del palo.

Nella documentazione generale dovrà inoltre comparire una scheda con le caratteristiche dei componenti del conglomerato cementizio.

Tale scheda dovrà essere riportata su apposito modello che dovrà essere trasmesso dall'Appaltatore alla Direzione Lavori.

Nel caso di utilizzo del "fattore alfa" quale elemento di scelta delle profondità di lavoro, la Direzione Lavori potrà richiedere la restituzione grafica, generata dal sistema B-tronic, di tale parametro.

#### CONTROLLI

La Direzione Lavori controllerà, in fase di esecuzione del foro, la rispondenza delle stratigrafie di progetto con quelle effettive.

A richiesta della Direzione Lavori, alla fine della perforazione si misurerà, in contraddittorio, la profondità del foro tramite uno scandaglio e si verificherà tale valore con il dato riferito dal sistema di controllo elettronico installato sull'attrezzatura; l'operazione verrà effettuata anche all'inizio ed al termine di eventuali interruzioni prolungate della lavorazione, in corrispondenza dei turni di riposo o per altri motivi.

Nel caso di misura delle deviazioni, i dati monitorati dovranno essere restituiti mediante opportuni diagrammi riportanti l'andamento dell'asse palo con la profondità, nelle due direzioni trasversali.

Durante la formazione del fusto del palo, si dovrà provvedere alla esecuzione di:

- una serie di prove di carico a rottura su provini di conglomerato cementizio prelevati in numero e modalità conformi a quanto prescritto nel presente "Capitolato Speciale di Appalto" ed inoltre quando richiesto dalla Direzione Lavori;
- una prova con il cono per ogni giornata o 80 m³ di conglomerato cementizio impiegato (abbassamento al cono UNI EN 12350-2);
- il rilievo della quantità di conglomerato cementizio impiegato per ogni palo.

#### NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

**Art. 33 MICROPALI**

Le tecniche di perforazione e le modalità di getto dovranno essere definite in relazione alla natura dei materiali da attraversare e delle caratteristiche idrogeologiche locali.

La scelta delle attrezzature di perforazione ed i principali dettagli esecutivi, nel caso di situazioni stratigrafiche particolari o per l'importanza dell'opera, dovranno essere messi a punto a cura e spese dell'Impresa, anche mediante l'esecuzione di micropali di prova, approvati dalla DL prima dell'inizio della costruzione dei micropali.

Dovranno essere adottate durante la perforazione tutte le tecniche per evitare il franamento del foro, la contaminazione delle armature, l'interruzione e/o l'inglobamento di terreno nella guaina cementizia che solidarizza l'armatura al terreno circostante.

Le perforazioni dovranno quindi essere eseguite con rivestimento, ed i detriti allontanati mediante opportuni fluidi di perforazione.

Questo potrà consistere in:

- acqua;
- fanghi bentonitici;
- schiuma;
- aria, nel caso di perforazione a rotopercolazione con martello a fondo foro, o in altri casi approvati dalla DL.

E' di facoltà della DL far adottare la perforazione senza rivestimento, impiegando solamente fanghi bentonitici.

La perforazione "a secco" senza rivestimento potrà essere adottata, previa comunicazione alla DL, solo in terreni uniformemente argillosi di media ed elevata consistenza, esenti da intercalazioni incoerenti e non interessati da falde che possono causare ingresso di acqua nel foro, caratterizzati da valori della resistenza al taglio non drenata ( $C_u$ ) che alla generica profondità di scavo  $H$  soddisfi la seguente condizione:

$c_u \geq \gamma H/3$

dove  $\gamma$  = peso di volume totale.

Inoltre, la perforazione "a secco" è ammissibile solo dove possa essere eseguita senza alcun ingresso di acqua nel foro, ed è raccomandata nei terreni argillosi sovraconsolidati.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

Le armature metalliche dovranno soddisfare le prescrizioni di cui al presente articolo e saranno in ogni caso estese a tutta la lunghezza del micropalo.

**33.1 ARMATURA CON BARRE DI ACCIAIO PER C.A.**

Si useranno barre longitudinali ad aderenza migliorata.

Saranno pre-assemblate in gabbie da calare nel foro al termine della perforazione, la giunzione tra i vari elementi della gabbia sarà ottenuta mediante doppia legatura; tra una gabbia e la successiva (in caso di pali di profondità eccedente le lunghezze commerciali delle barre) la giunzione avverrà per saldatura delle barre longitudinali corrispondenti.

Quando previsto dal progetto si potranno adottare micropali armati con un'unica barra senza spirale.

In ogni caso le armature saranno corredate da distanziatori non metallici (blochetti di malta o elementi di materia plastica) idonei ad assicurare un copriferro minimo di 3 cm disposti a intervalli longitudinali non superiore a 2,5 m.

**33.2 ARMATURE TUBOLARI**

Si useranno tubi di acciaio del tipo S 355, senza saldatura longitudinale del tipo per costruzioni meccaniche.

Le giunzioni tra i diversi spezzoni di tubo potranno essere ottenute mediante manicotti filettati o saldati. Tali giunzioni dovranno consentire una trazione pari almeno all'80% del carico ammissibile a compressione. Gli spezzoni dovranno avere idonea lunghezza. **Nel caso di interventi all'interno di edifici, verranno utilizzati elementi modulari di lunghezza pari a circa 1,00-1,50 metri.**

Nel caso i tubi di armatura siano anche dotati di valvole per l'iniezione, essi dovranno essere scovolati internamente dopo l'esecuzione dei fori di uscita della malta (fori  $d = 8$  mm) allo scopo di asportare le sbavature lasciate dal trapano.

Le valvole saranno costituite da manicotti di gomma di spessore minimo  $s = 3.5$  mm, aderenti al tubo e mantenuti in posto mediante anelli in fili di acciaio (diametro 4 mm) saldati al tubo in corrispondenza dei bordi del manicotto.

La valvola più bassa sarà posta subito sopra il fondello che occlude la base del tubo.

Anche le armature tubolari dovranno essere dotate di distanziatori non metallici per assicurare un copriferro minimo di 3 cm, posizionati di preferenza sui manicotti di giunzione.

**33.3 ARMATURE CON PROFILATI IN ACCIAIO**

Le caratteristiche geometriche e meccaniche dei profilati dovranno essere conformi a quelle prescritte in progetto.

Di norma i profilati dovranno essere costituiti da elementi unici.

Saranno ammesse giunzioni saldate, realizzate con l'impiego di adeguati fazzoletti laterali, nel caso di lunghezze superiori ai valori degli standard commerciali (12 – 14 m).

Le saldature saranno dimensionate ed eseguite in conformità alle Norme vigenti.

**33.4 MALTE E MISCELE CEMENTIZIE**

Il cemento da impiegare dovrà essere scelto in relazione alle caratteristiche ambientali, prendendo in considerazione in particolare l'aggressività dell'ambiente esterno.

Gli inerti saranno di norma utilizzati solo per il confezionamento di malte da utilizzare per il getto dei micropali a semplice cementazione.

In relazione alle prescrizioni di progetto l'inerte sarà costituito da sabbie fini, polveri di quarzo, polveri di calcare, o ceneri volanti. Nel caso di impiego di ceneri volanti, ad esempio provenienti dai filtri di altoforni, si dovrà utilizzare materiale totalmente passante al vaglio da 0,075 mm.

E' ammesso l'impiego di additivi fluidificanti non aeranti. L'impiego di acceleranti potrà essere consentito solo in situazioni particolari. Schede tecniche di prodotti commerciali che l'Impresa si propone di usare dovranno essere inviate preventivamente alla Direzione Lavori per informazione.

Per quanto riguarda le malte e le miscele cementizie queste di norma dovranno presentare resistenza cubica pari a :  $R_{ck} \geq 30 \text{ MPa}$

A questo scopo si prescrive che il dosaggio in peso dei componenti sia tale da soddisfare un rapporto acqua/cemento:  $a/c \leq 0.5$

La composizione delle miscele di iniezione, riferita ad 1 m<sup>3</sup> di prodotto, dovrà essere la seguente:

- acqua : 600 kg
- cemento : 1200 kg
- additivi : 10 ÷ 20 kg

con un peso specifico pari a circa:  $\gamma = 1.8 \text{ kg/dm}^3$

Nella definizione della composizione delle malte, prevedendo un efficace mescolazione dei componenti atta a ridurre la porosità dell'impasto, si può fare riferimento al seguente dosaggio minimo, riferito ad 1 m<sup>3</sup> di prodotto finito:

- acqua : 300 kg
- cemento : 600 kg
- additivi : 5 ÷ 10 kg
- inerti : 1100 ÷ 1300 kg

Per la realizzazione di pali plastici con caratteristiche di impermeabilità è previsto l'uso di **bentonite** in miscela, secondo le dosi indicate dalla ditta produttrice a seguito di mix design adeguatamente calcolato per l'utilizzo specifico del presente progetto.

## NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

### TOLLERANZE

Le tolleranze ammesse sono le seguenti:

- la posizione planimetrica non dovrà discostarsi da quella di progetto più di 5 cm, salvo diverse indicazioni della DL;
- la deviazione dell'asse del micropalo rispetto all'asse di progetto non dovrà essere maggiore del 2%;
- la sezione dell'armatura metallica non dovrà risultare inferiore a quella di progetto;
- il diametro dell'utensile di perforazione dovrà risultare non inferiore al diametro di perforazione di progetto;
- quota testa micropalo:  $\pm 5 \text{ cm}$ ;
- lunghezza:  $\pm 15 \text{ cm}$ .

### TRACCIAMENTO

Prima di iniziare la perforazione l'Impresa dovrà, a sua cura e spese, individuare sul terreno la posizione dei micropali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo.

Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del micropalo quale risulta dalla pianta della palificata.

Tale pianta, redatta e presentata alla DL dall'Impresa esecutrice, dovrà indicare la posizione planimetrica di tutti i micropali, inclusi quelli di prova, contrassegnati con numero progressivo.

### PERFORAZIONE

La perforazione sarà eseguita mediante sonda a rotazione o rotopercussione, con rivestimento continuo e circolazione di fluidi, fino a raggiungere la profondità di progetto.

Per la circolazione del fluido di perforazione saranno utilizzate pompe a pistoncini con portate e pressioni adeguate. Si richiedono valori minimi di 200 l/min e 25 bar, rispettivamente.

Nel caso di perforazione a roto-percussione con martello a fondo-foro si utilizzeranno compressori di adeguata potenza; le caratteristiche minime richieste sono:

- portata  $\geq 10 \text{ m}^3/\text{min}$
- pressione 8 bar.

**Tutto il materiale di risulta delle perforazioni dovrà essere trasportato a discarica autorizzata ad onere dell'Appaltatore, secondo quanto stabilito dal presente Capitolato.**

### FORMAZIONE DEL FUSTO DEL MICROPALO

Completata la perforazione si provvederà a rimuovere i detriti presenti nel foro, o in sospensione nel fluido di perforazione, prolungando la circolazione del fluido stesso fino alla sua completa chiarificazione.

Si provvederà quindi ad inserire l'armatura tubolare valvolata, munita di centratori, fino a raggiungere la profondità di progetto. Sono preferibili i centratori non metallici. Il tubo dovrà essere prolungato fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezione.

Di norma si procederà immediatamente alla cementazione del micropalo (guaina); la messa in opera delle armature di frettaggio, ove previste, sarà eseguita successivamente all'iniezione. La solidarizzazione dell'armatura al terreno verrà eseguita in due o più fasi.

**Qualora in presenza di terreni particolarmente permeabili, verrà realizzato un rivestimento dell'armatura con calza in geotessuto per il contenimento del calcestruzzo iniettato.**

Non appena completata la messa in opera del tubo valvolato di armatura, si provvederà immediatamente alla formazione della guaina cementizia, iniettando attraverso la valvola più profonda un quantitativo di miscela sufficiente a riempire l'intercapedine tra le pareti del foro e l'armatura tubolare.

Contemporaneamente si procederà alla estrazione dei rivestimenti provvisori, quando utilizzati, e si effettueranno i necessari rabbocchi di miscela cementizia.

Completata l'iniezione di guaina si provvederà a lavare con acqua il cavo interno del tubo di armatura.

Trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore dalla formazione della guaina, si darà luogo alla esecuzione delle iniezioni selettive per la formazione del bulbo di ancoraggio.

Si procederà valvola per valvola, a partire dal fondo, tramite un packer a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione.

La massima pressione di apertura delle valvole non dovrà superare il limite di 60 bar; in caso contrario la valvola potrà essere abbandonata. Ottenuta l'apertura della valvola, si darà luogo all'iniezione in pressione fino ad ottenere i valori dei volumi di assorbimento e di pressione prescritti in progetto.

Per pressione di iniezione si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito.

L'iniezione dovrà essere tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 30 l/min, e comunque con valori che, in relazione alla effettiva pressione di impiego, siano tali da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (claquage).

I volumi di iniezione saranno di norma non inferiori a tre volte il volume teorico del foro, e comunque conformi alle prescrizioni di progetto.

Nel caso in cui l'iniezione del previsto volume non comporti il raggiungimento della prescritta pressione di rifiuto, la valvola sarà nuovamente iniettata, trascorso un periodo di  $12 \div 24$  ore.

Fino a quando le operazioni di iniezione non saranno concluse, al termine di ogni fase occorrerà procedere al lavaggio interno del tubo d'armatura.

Per eseguire l'iniezione si utilizzeranno delle pompe oleodinamiche a pistoncini, a bassa velocità, aventi le seguenti caratteristiche minime:

-pressione max di iniezione :  $\approx 100$  bar

-portata max :  $\approx 2$  m<sup>3</sup>/ora

-n. max pistonate/minuto :  $\approx 60$ .

Le caratteristiche delle attrezzature utilizzate dovranno essere comunicate alla Direzione Lavori, specificando in particolare alesaggio e corsa dei pistoncini.

#### NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

**Art. 34 PROVE SU PALI**

**Le prove andranno eseguite secondo le indicazioni riportate nel paragrafo § 6.4.3.7 del D.M. 17 gennaio 2018;** nei paragrafi successivi verranno indicate alcune modalità di esecuzione delle prove, la quale resta tuttavia a discrezione del tecnico progettista o del collaudatore.

Le prove ed i controlli relativi ai pali dovranno essere eseguiti in conformità a quanto riportato al § 9 della UNI EN 1536:2003 e al § 9 della UNI EN 12699:2002, salvo diverse indicazioni del presente Capitolato.

Si dovranno inoltre eseguire le registrazioni indicate al § 10 della UNI EN 1536:2003 e al § 10 della UNI EN 12699:2002, salvo diverse specifiche del presente Capitolato. In particolare, per la UNI EN 1536:2003, se non diversamente indicato, di farà riferimento alle schede riportate in appendice B della stessa.

Nei paragrafi che seguono vengono fornite le indicazioni tecniche generali per l'esecuzione di prove e dei controlli di accettazione sui pali.

Le prove di carico hanno principalmente lo scopo di:

- accertare eventuali deficienze esecutive nel palo;
- verificare i margini di sicurezza disponibili nei confronti della rottura del sistema palo-terreno;
- valutare le caratteristiche di deformabilità del sistema palo-terreno.

**DEFINIZIONI**

Questa serie di prove è sostanzialmente di tre tipi:

- prove di resistenza meccanica sotto carico (assiale o laterale):
  - prove di collaudo (prova non distruttiva), effettuate sui pali facenti parte della fondazione, dei quali non bisogna compromettere l'integrità; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova (Pmax) è in generale pari a 1,5 volte il carico di esercizio (Pes) (vedere prova specifica);
  - prove a carico limite (prova distruttiva), effettuate sui pali appositamente predisposti all'esterno della palificata, spinte fino a carichi di rottura del sistema palo-terreno o prossimi ad essa; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova (Pmax) è in generale pari a 2,5 volte il carico di esercizio (Pes) (vedere prova specifica).
- prove non distruttive:
  - prove geofisiche;
  - carotaggio continuo meccanico;
  - scavi attorno al fusto del palo.
- controlli non distruttivi di integrità del palo, mediante prove di controllo sonico:
  - carotaggio sonico;
  - prova cross-hole.
- controlli non distruttivi di integrità del palo, mediante prove di ammettenza meccanica.
- verifica della verticalità del palo.

**NORMATIVE E SPECIFICHE DI RIFERIMENTO**

Valgono le Norme già richiamate al punto 6.1.2, ed inoltre: ASTM D1 143-81, "Standard Test Method for Piles under Static Axial Compressive Load".

**NUMERO E UBICAZIONE DEI PALI DI PROVA**

Il numero e l'ubicazione dei pali da sottoporre a prova di carico devono essere stabiliti in funzione dell'importanza dell'opera, dell'affidabilità, in termini quantitativi, dei dati geotecnici disponibili e del grado di omogeneità del terreno.

Il numero e l'ubicazione dei pali di prova sono di regola definiti dal progettista nelle tavole del progetto esecutivo; se non riportati su queste tavole, tali indicazioni possono essere definite dall'Appaltatore, e comunque sotto approvazione della Direzione Lavori. In particolare, l'Appaltatore al termine dell'esecuzione delle fondazioni proporrà i pali da sottoporre a prove di carico. La Direzione Lavori, tenendo soprattutto conto dell'omogeneità dei terreni in cui è installato il lotto di pali e dei risultati delle prove a carico limite eseguite per pali dello stesso diametro, potrà accettare o modificare la scelta dei pali da sottoporre a prova di carico.

In ogni caso devono essere rispettati i seguenti quantitativi minimi (il numero di pali corrispondente ad una percentuale dovrà essere arrotondato all'intero superiore).

Prova	Pali da testare
Prova (assiale) a carico limite	1 per ogni diametro di palo e per terreni equivalenti dal punto di vista geotecnico.
Prova (assiale e laterale) di collaudo	2% dei pali con un minimo di 2 pali per opera; comunque almeno 1 per ogni diametro di palo e per terreni equivalenti dal punto di vista geotecnico
Prova sonica & Verticalità	Almeno il 15% dei pali dovranno essere attrezzati con un minimo di 4 pali; la prova si effettua su tutti i pali attrezzati.
Prova di ammettenza meccanica Opzionale: a discrezione della Direzione Lavori.	Si dovrà eseguire una taratura di tale prova su almeno il 5% dei pali, con un minimo di 2; i pali da utilizzare per la taratura dovranno essere di sicura efficienza, valutata con prove di tipo sonico. Dopo la taratura si potrà per similitudine procedere alla prova, da estendersi ai pali non testati con prova sonica (e quindi fino al 85% dei pali).
Prove assiali su pali strumentati	Su indicazione del progettista

In particolare, nel 15% dei pali attrezzati per prova sonica dovranno essere compresi:

- i pali sottoposti a prova di collaudo (2% dei pali con un minimo di 2 pali per opera);
- i pali su cui effettuare la taratura della eventuale prova di ammettenza meccanica (5% sul totale dei pali).

Lo scopo di questa organizzazione delle prove è quello di testare l'efficienza di un numero adeguato di pali (almeno il 15% sul totale); a

discrezione della Direzione lavori, nel caso si riscontrino risultati non soddisfacenti nel corso delle prove, tutti i pali potranno essere testati, ed in particolare il 15% con prova sonora ed il rimanente 85 % con prova di ammettenza meccanica.

Le prove di ammettenza meccanica devono essere tarate su pali di cui si sia già accertata l'idoneità tramite prova di carico e/o prova cross-hole; ciò al fine di definire un riferimento di correlazione con cui valutare, a giudizio esclusivo della DL, l'idoneità di pali soggetti solo a prove di ammettenza meccanica. In particolare, la taratura di questa prova dovrà essere effettuata su almeno il 5 % dei pali con un minimo di 2 pali già soggetti a prova di carico e/o prova cross-hole.

Per quanto concerne i controlli basati su prove soniche, da eseguire sui pali di medio e grande diametro, considerata la necessità di predisporre all'interno del palo dei tubi di misura (tubi metallici aventi diametro interno non inferiore a 1"1/2), l'Appaltatore dovrà individuare, in accordo con la Direzione Lavori, i pali da sottoporre a tale tipologia di controllo (carotaggio sonico, prove cross-hole).

Le caratteristiche dei pali di prova (lunghezza, diametro, modalità esecutive, caratteristiche dei materiali, ecc.) dovranno essere del tutto simili a quelle dei pali dimensionati in fase di progetto. I terreni in cui questi dovranno essere eseguiti saranno limitrofi all'area di progetto e comunque tali da identificarsi il più possibile con le caratteristiche di quelli presenti nell'area di progetto.

## QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI

## NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

### 34.1 PROVE DI CARICO ASSIALE

#### DEFINIZIONE DEI CARICHI DI PROVA

I carichi di prova saranno definiti di volta in volta dal progettista, in relazione alle finalità della prova stessa.

Di norma il massimo carico di prova  $P$  prova sarà

- $P$  prova = 1.5  $P$  esercizio per prove di collaudo
- $P$  prova =  $P$  lim per prove a carico limite

ove con  $P$  lim si indica quel valore di carico per il quale si raggiunge la condizione di rottura dell'insieme palo terreno. Ove ciò non sia possibile, la prova deve essere eseguita fino ad un carico pari ad almeno 2.5 volte il carico di esercizio.

Nel caso di prove di collaudo di pali di diametro  $\phi > 1200$  mm, il carico di prova potrà raggiungere un valore di 1,25  $P$  esercizio, qualora fossero stati verificati, con carico di prova = 1,5  $P$  esercizio, pali di diametro  $\phi = 800$  mm realizzati su terreni con le stesse caratteristiche.

#### DISPOSITIVI PER L'APPLICAZIONE E PER LA MISURA DEL CARICO

Il carico sarà applicato mediante uno o più martinetti idraulici, con corsa = 200 mm, posizionati in modo da essere perfettamente centrati rispetto all'asse del palo.

I martinetti saranno azionati da una pompa idraulica esterna. Martinetti e manometro della pompa saranno corredati da un certificato di taratura recente (<3mesi).

Nel caso di impiego di più martinetti occorre che:

- i martinetti siano uguali;
- l'alimentazione del circuito idraulico sia unica.

La reazione di contrasto sarà di norma ottenuta tramite una zavorra, la cui massa dovrà essere non inferiore alla massa equivalente al massimo carico di prova, incrementato del 20%.

La zavorra sarà sostenuta con una struttura costituita da una trave metallica di adeguata rigidità sui cui estradosso, tramite una serie di traversi di ripartizione, vanno posizionati blocchi di calcestruzzo o roccia.

In alternativa la zavorra potrà essere sostituita con:

- pali di contrasto, dimensionati a trazione (non facenti parte di alcuna palificata definitiva);
- tiranti di ancoraggio collegati ad un dispositivo di contrasto.

In questi casi si avrà cura di ubicare i pali o i bulbi di ancoraggio dei tiranti a sufficiente distanza dal palo di prova (minimo 5 diametri).

L'Appaltatore, nel caso di prove di carico con pali di contrasto, dovrà redigere un progetto dettagliato delle prove di carico indicando numero, interassi, dimensioni, e lunghezza dei pali.

Qualora sia richiesto l'uso di una centralina oleodinamica preposta a fornire al/ai martinetti la pressione necessaria, questa dovrà essere di tipo sufficientemente automatizzato per poter impostare il carico con la velocità richiesta, variarla in caso di necessità e mantenere costante il carico durante le soste programmate. Per misurare il carico applicato alla testa del palo si interporrà tra il martinetto di spinta ed il palo una cella di carico del tipo ad estensimetri elettrici con opportuno fondo scala.

Nel caso non fosse disponibile tale tipo di cella, il carico imposto al palo verrà determinato in base alla pressione fornita ai martinetti misurata con un manometro oppure, dove previsto, misurata con continuità da un trasduttore di pressione collegato al sistema di acquisizione automatico e, in parallelo, con un manometro.

Il manometro ed il trasduttore di pressione, se utilizzati, dovranno essere corredati da un rapporto di taratura rilasciato da non più di 3 mesi da un laboratorio ufficiale.

Lo strumento di misura dovrà avere fondo scala e precisione adeguati e non inferiore al 5% del carico applicato per i manometri e del 2% per le celle di carico.

Se viene impiegato soltanto il manometro, il relativo quadrante dovrà avere una scala adeguata alla precisione richiesta.

E' raccomandato l'inserimento di un dispositivo automatico in grado di mantenere costante ( $\pm 20$  kN) il carico applicato sul palo, per tutta la durata di un gradino di carico ed indipendentemente dagli abbassamenti della testa del palo.

#### DISPOSITIVI PER LA MISURA DEI CEDIMENTI

Saranno utilizzati tre comparatori centesimali, con corsa massima non inferiore a 50 mm, disposti a circa 120° intorno all'insieme palo-terreno.

Il sistema di riferimento sarà costituito da una coppia di profilati metallici poggianti su picchetti infissi al terreno ad una distanza di almeno 3 diametri dal palo.

Il sistema sarà protetto dall'irraggiamento solare mediante un telo sostenuto con un traliccio di tubi innocenti.

Preliminarmente all'esecuzione delle prove saranno eseguiti cicli di misure allo scopo di determinare l'influenza delle variazioni termiche e/o di eventuali altre cause di disturbo.

Dette misure, compreso anche il rilievo della temperatura, saranno effettuate per un periodo di 24 ore con frequenze di 2 ore circa.

#### PREPARAZIONE DEI PALI DA SOTTOPORRE A PROVA

I pali prescelti saranno preparati mediante regolarizzazione della testa previa scapitozzatura del cls e messa a nudo del fusto per un tratto di 50 cm.

Nel tratto di fusto esposto saranno inserite n.3 staffe metalliche, a 120°, per la successiva apposizione dei micrometri.

Sopra la testa regolarizzata si stenderà uno strato di sabbia di circa 3 cm di spessore, oppure una lastra di piombo.

Si provvederà quindi a poggiare una piastra metallica di ripartizione del carico di diametro adeguato, in modo da ricondurre la pressione media sul conglomerato a valori compatibili con la sua resistenza a compressione semplice.

#### REALIZZAZIONE DEL CONTRASTO

La zavorra sarà messa a dimora dopo avere posizionato la trave di sostegno su due appoggi laterali, posti a circa 3 diametri dall'asse del palo.

L'altezza dei due appoggi deve essere sufficiente a consentire il posizionamento dei martinetti e dei relativi centratori e del sistema di riferimento per la misura dei cedimenti ( $h_{min.} = 1,5 \text{ m}$ ).

Tra i martinetti e la trave sarà interposto un dispositivo di centramento del carico, allo scopo di eliminare il pericolo di ovalizzazione del pistone.

Gli stessi accorgimenti saranno adottati anche nel caso in cui la trave o struttura di contrasto farà capo a pali o tiranti di ancoraggio.

#### PROGRAMMA DI CARICO

Il programma di carico sarà definito di volta in volta, in relazione alla finalità della prova.

Di norma si farà riferimento al seguente schema, che prevede due cicli di carico e scarico, da realizzarsi come di seguito specificato.

##### 1° Ciclo

a) Applicazione di "n" ( $n \geq 4$ ) gradini di carico successivi, di entità pari a  $\Delta P$ , fino a raggiungere il carico Pes

b) In corrispondenza di ciascun gradino di carico si eseguiranno misure dei cedimenti con la seguente frequenza:

- $t = 0$  (applicazione del carico)
- $t = 2'$
- $t = 4'$
- $t = 8'$
- $t = 15'$

Si proseguirà quindi ogni 15' fino a raggiunta stabilizzazione, e comunque per non più di 2 ore. Il cedimento è considerato stabilizzato se, a parità di carico, è soddisfatta la condizione tra due misure successive ( $t = 15'$ ):  $s \leq 0.025 \text{ mm}$ .

Per il livello corrispondente a Pes il carico viene mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi si procede allo scarico mediante almeno 4 gradini, in corrispondenza dei quali si eseguono misure a:

- $t = 0$
- $t = 5'$
- $t = 10'$
- $t = 15'$

Allo scarico le letture verranno eseguite anche a:

- $t = 30'$
- $t = 45'$
- $t = 60'$

##### 2° Ciclo

a) Applicazione di "m" ( $m \geq 9$ ) gradini di carico  $\Delta P$  fino a raggiungere il carico Pprova (vedere 6.6.2.1).

b) In corrispondenza di ogni livello di carico si eseguiranno misure di cedimento con la stessa frequenza e limitazioni di cui al 1° Ciclo.

c) Il carico P prova quando è minore di Plim, sarà mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi il palo sarà scaricato mediante almeno 3 gradini (di entità  $3 \Delta P$ ) con misure a:

- $t = 0$
- $t = 5'$
- $t = 10'$
- $t = 15'$

A scarico ultimato si eseguiranno misure fino a  $t = 60'$ ; una lettura finale sarà effettuata 12 ore dopo che il palo è stato completamente scaricato.

Nel caso di prove a carico limite, si considererà raggiunto il carico limite Plim, e conseguentemente si interromperà la prova, allorquando risulti verificata una delle seguenti condizioni:

- cedimento ( $Plim$ )  $\geq 2$  cedimento ( $Plim - \Delta P$ )
- cedimento ( $Plim$ )  $\geq 0.10$  diametri

In ogni caso, il carico limite deve essere superiore a 2.5 volte il carico di esercizio.

#### DOCUMENTAZIONE DELLE PROVE

Le misure dei cedimenti saranno registrate utilizzando moduli contenenti:

- il n° del palo con riferimento ad una planimetria;
- l'orario di ogni singola operazione;
- la temperatura;
- il carico applicato;
- il tempo progressivo di applicazione del carico;
- le corrispondenti misure di ogni comparatore;
- i relativi valori medi;

- le note ed osservazioni.

Le tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento costituiranno il verbale della prova.

Le date e il programma delle prove dovranno essere altresì comunicati alla Direzione Lavori con almeno 7 giorni di anticipo sulle date di inizio.

La documentazione fornita dall'esecutore della prova dovrà comprendere i seguenti dati:

- tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento che le indicazioni singole dei comparatori e la loro media aritmetica;
- diagrammi carichi-cedimenti finali per ciascun comparatore e per il valore medio; diagrammi carichi-cedimenti (a carico costante) per ciascun comparatore e per il valore medio;
- numero di identificazione e caratteristiche nominali del palo (lunghezza, diametro);
- stratigrafia del terreno rilevata durante la perforazione (pali trivellati);
- geometria della prova (dispositivo di contrasto, travi portamicrometri, etc.);
- disposizione, caratteristiche e certificati di taratura della strumentazione;
- scheda tecnica del palo, preparata all'atto dell'esecuzione.
- relazione tecnica riportante l'elaborazione dei dati e l'interpretazione della prova medesima nonché l'individuazione del carico limite con il metodo dell'inverse pendenze.

### **34.2 PROVE DI CARICO SU PALI STRUMENTATI**

#### **GENERALITÀ**

Quando richiesto, le prove di carico assiali, oltre che per definire la curva carico- cedimento alla testa del palo, avranno lo scopo di valutare l'entità e la distribuzione del carico assiale e della curva di mobilitazione dell'attrito lungo il palo. Pertanto dovranno essere predisposte una serie di sezioni strumentate nel fusto del palo, e anche alla base del palo stesso. I dispositivi indicati nel presente paragrafo sono pertanto da considerarsi aggiuntivi rispetto a quanto descritto in precedenza.

Per i pali strumentati, ad ultimazione del getto, verrà eseguito un controllo generale della strumentazione per verificare l'integrità a seguito delle operazioni di realizzazione del palo.

Ulteriori controlli con registrazione dei dati verranno eseguiti a 7, 14 e 28 giorni ed immediatamente prima della prova di carico. Quest'ultima costituirà la misura di origine per le successive letture.

#### **STRUMENTAZIONE LUNGO IL FUSTO DEL PALO**

Il numero e l'ubicazione delle sezioni strumentate sarà stabilito di volta in volta in accordo con la Direzione Lavori. In ogni caso dovranno essere previste almeno 4 sezioni strumentate.

Indicativamente la sezione strumentata superiore sarà ubicata in prossimità della testa del palo, esternamente al terreno.

Qualora non fosse possibile realizzare la sezione strumentata di testa al di sopra del piano lavoro, dopo l'esecuzione del palo si procederà ad isolare il palo dal terreno circostante fino alla quota della sezione strumentata di testa; in questo caso la sezione strumentata di testa sarà posizionata il più vicino possibile al piano lavoro. Le dimensioni geometriche di questa sezione strumentata dovranno essere accuratamente misurate prima delle prove. Tale sezione consentirà di avere indicazioni sul modulo del calcestruzzo in corrispondenza dei vari gradini di carico e sarà di riferimento per il comportamento di tutte le altre.

Ogni sezione strumentata sarà costituita da almeno 3 estensimetri elettrici disposti su di una circonferenza, a circa 120° l'uno dall'altro. Le celle estensimetriche saranno fissate all'armatura longitudinale e protette dal contatto diretto con il calcestruzzo. Esse saranno corredate di rapporto di taratura rilasciato da un laboratorio ufficiale. Per ogni sezione strumentata si ammetteranno tolleranze non superiori a 10 cm rispetto alla quota teorica degli estensimetri elettrici.

#### **STRUMENTAZIONE ALLA BASE DEL PALO**

La sezione di misurazione alla base del palo verrà ubicata alla distanza di 1 diametro dalla base del palo stesso.

La punta del palo verrà strumentata mediante una cella di carico costituita da estensimetri elettrici.

In aggiunta, la misura degli spostamenti alla base del palo verrà realizzata con un estensimetro meccanico a base lunga. Esso misurerà le deformazioni relative tra la base e la testa del palo.

L'ancoraggio dello strumento sarà posizionato alla quota degli estensimetri elettrici e la misura sarà riportata in superficie mediante un'asta di acciaio rigida avente coefficiente di dilatazione termica comparabile con quello del calcestruzzo.

Sarà eliminato il contatto con il calcestruzzo circostante mediante una tubazione rigida di acciaio di circa 1" di diametro esterno.

Particolare cura sarà posta nel rendere minimo l'attrito tra asta interna e tubazione esterna utilizzando, ad esempio, distanziali di materiale antifrizione e altri sistemi analoghi, prestando attenzione ad usarne un numero sufficiente, ma non eccessivo.

Occorrerà garantire una perfetta tenuta tra l'ancoraggio ed il tubo esterno al fine di evitare intrusioni di calcestruzzo nell'intercapedine asta-tubo di protezione all'atto del getto.

Come per gli altri tipi di tubazione anche questa sarà portata sino in superficie a fuoriuscire dalla testa del palo a fianco della piastra di ripartizione.

In questo punto verranno installati dei trasduttori di spostamento lineari con fondo scala di circa 20 ÷ 30 mm e precisione dello 0.2% del fondo scala, per la misura in continuo degli spostamenti relativi fra il tubo di protezione (testa del palo) e l'ancoraggio solidale alla base del palo.

La testa di questo strumento andrà adeguatamente protetta contro avverse condizioni atmosferiche, contro urti meccanici accidentali e contro le variazioni di temperatura.

#### **METODOLOGIE D'INSTALLAZIONE DEGLI ESTENSIMETRI ELETTRICI**

Gli estensimetri andranno fissati alle staffe dell'armatura e saranno dotati di barre di prolunga in acciaio da entrambi i lati non inferiori a 50 cm.

Gli strumenti saranno adeguatamente protetti da possibili urti del tubo getto con rinforzi e protezioni in acciaio da definirsi sul posto.

Tutti i cavi elettrici provenienti dagli estensimetri dovranno essere protetti dal diretto contatto meccanico con i ferri d'armatura.

Normalmente si farà in modo che le tubazioni da inserire nella gabbia siano simmetricamente disposte all'interno della sezione.

L'uscita dei cavi dalla testa del palo non dovrà costituire un ingombro alle operazioni successive.

Le modalità di installazione dei cavi saranno comunicate alla Direzione Lavori. Preparazione ed esecuzione della prova

Si applicano integralmente le specifiche di cui al § precedente.

### **34.3 PROVE DI CARICO LATERALE**

Queste prove dovranno essere effettuate nel caso in cui ai pali di fondazione sia affidato il compito di trasmettere al terreno carichi orizzontali di rilevante entità. Il numero ed i pali da sottoporre a prova sarà definito dal progettista e/o concordato con la Direzione Lavori. Nella esecuzione delle prove ci si atterrà alle prescrizioni già impartite per le prove di carico assiale salvo quanto qui di seguito specificato. Il contrasto sarà di norma ottenuto utilizzando un palo di caratteristiche geometriche analoghe, distante almeno 5 diametri. Il martinetto sarà prolungato mediante una trave di opportuna rigidità. Gli spostamenti saranno misurati su entrambi i pali. Si utilizzeranno per ciascun palo 2 coppie di comparatori centesimali fissati alla stessa quota; la prima coppia sarà disposta in posizione frontale rispetto alla direzione di carico, la seconda in corrispondenza dell'asse trasversale alla direzione di carico. Per la misura delle deformazioni durante la prova di carico, la Direzione Lavori indicherà i pali nei quali posizionare, prima del getto, dei tubi inclinometrici. Si utilizzeranno tubi in alluminio a 4 scanalature, diametro  $\varnothing$  81/76 mm, resi solidali alla gabbia di armatura a mezzo di opportune legature. Le misure saranno effettuate con una sonda inclinometrica perfettamente efficiente, di tipo bi-assiale, previo rilevamento delle tensioni iniziali del tubo-guida. Se richiesto dalla Direzione Lavori anche i pali sottoposti a prove di carico laterale potranno avere sezioni strumentate con estensimetri elettrici a varie profondità.

### **34.4 PROVE NON DISTRUTTIVE**

Scopo dei controlli non distruttivi è quello di verificare le caratteristiche geometriche e meccaniche dei pali, non compromettendone l'integrità strutturale. A tale scopo potrà essere richiesta l'esecuzione di:

- A) prove geofisiche;
- B) carotaggio continuo meccanico;
- C) scavi attorno al fusto del palo.

Per tutti i controlli non distruttivi l'impresa provvederà a sottoporre alla approvazione della Direzione Lavori le specifiche tecniche di dettaglio.

#### Prove geofisiche

Possono essere eseguite mediante emissione di impulsi direttamente alla testa del palo o lungo il fusto entro fori precedentemente predisposti.

Il primo tipo di controllo potrà essere eseguito per qualsiasi tipo di palo; il secondo sarà applicato ai soli pali trivellati di diametro  $> 800$  mm.

Il numero dei controlli sarà di volta in volta stabilito dalla Direzione Lavori anche in relazione alla importanza dell'opera, al tipo di palo, alle caratteristiche geotecniche e idrogeologiche dei terreni di fondazione e alle anomalie riscontrate durante l'esecuzione dei pali.

I pali da sottoporre a controllo mediante prove geofisiche saranno prescelti dalla Direzione Lavori.

Prove geofisiche da testa palo verranno eseguite dall'Impresa a sua cura, sotto il controllo della Direzione Lavori, sul 15% del numero totale dei pali e comunque su tutti quei pali ove fossero state riscontrate inosservanze rispetto a quanto prescritto dal presente Capitolato.

Con riferimento ai soli pali trivellati, l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura, sotto il controllo della Direzione Lavori, all'esecuzione di controlli eseguiti entro fori precedentemente predisposti, sul 5%- del numero totale dei pali con un minimo di due.

Sui pali prescelti per tali prove, lungo il fusto dovrà essere predisposta, prima delle operazioni di getto, l'installazione di tubi estesi a tutta la lunghezza del palo, entro cui possono scorrere le sonde di emissione e ricezione degli impulsi.

I tubi saranno solidarizzati alla gabbia di armatura, resi paralleli tra loro e protetti dall'ingresso di materiali.

Gli stessi saranno almeno due per pali aventi diametro  $d \leq 1200$  mm ed almeno tre per diametri superiori.

Le prove dovranno essere eseguite alternando entro i fori le posizioni delle sonde trasmettente e ricevente.

#### Carotaggio continuo meccanico

Il carotaggio dovrà essere eseguito con utensili e attrezzature tali da garantire la verticalità del foro e consentire il prelievo continuo allo stato indisturbato del conglomerato e se richiesto del sedime d'impasto.

Allo scopo saranno impiegati doppi carotieri provvisti di corona diamantata aventi diametro interno minimo pari a 60 mm.

Nel corso della perforazione dovranno essere rilevate le caratteristiche macroscopiche del conglomerato e le discontinuità eventualmente presenti, indicando in dettaglio la posizione e il tipo delle fratture, le percentuali di carotaggio, le quote raggiunte con ogni singola manovra di avanzamento.

Su alcuni spezzoni di carota saranno eseguite prove di laboratorio atte a definire le caratteristiche fisico-meccaniche e chimiche.

Al termine del carotaggio si provvederà a riempire il foro mediante boiaccia di cemento immessa dal fondo foro.

Il carotaggio si eseguirà a cura dell'Impresa, quando ordinato dalla Direzione Lavori, in corrispondenza di quei pali ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle indicazioni riportate nel presente Capitolato e alle disposizioni della medesima.

#### Scavi attorno al fusto del palo

Verranno richiesti ogni qualvolta si nutrano dubbi sulla verticalità e regolarità della sezione nell'ambito dei primi 4,0 – 5,0 m di palo.

Il fusto del palo dovrà essere messo a nudo e pulito con un violento getto d'acqua e reso accessibile all'ispezione visiva.

Successivamente si provvederà a riempire lo scavo con materiali e modalità di costipamento tali da garantire il ripristino della situazione primitiva.

Tali operazioni saranno eseguite, a cura e spese dell'Impresa, in corrispondenza di quei pali ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle indicazioni riportate nel presente Capitolato e alle disposizioni della Direzione Lavori.

### **34.5 PROVE DI CONTROLLO SONICO**

Le prove di controllo sonico consistono in:

- carotaggio sonico
- prove cross-hole.

Si prescrive in generale l'utilizzo di prove cross-hole, a meno di diversa indicazione data dal progettista o dalla Direzione Lavori.

Le prove verranno eseguite non prima di 28 giorni dal termine delle operazioni di getto.

#### **CAROTAGGIO SONICO**

**Descrizione della prova**

Il metodo di misura consiste nella esecuzione di un carotaggio nel palo già eseguito e nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel calcestruzzo circostante, seguendo un percorso parallelo all'asse del tubo.

La sonda sonica è composta da un elemento emettitore ed uno ricevitore, distanziati normalmente di 0,50 m.

**Modalità e frequenze di esecuzione**

La sonda viene fatta scorrere all'interno del foro ad intervalli regolari di profondità, almeno ogni 5 cm; l'elemento emettitore genera un impulso che raggiunge il ricevitore dopo essersi propagato nel calcestruzzo.

Il risultato delle misure è una diagrafica a "densità variabile" che visualizza lo stato di integrità oppure la presenza di anomalie del calcestruzzo.

Questo tipo di prove dovrà essere eseguito quando l'Appaltatore e/o la Direzione Lavori, a seguito di altre prove o riscontri, abbiano fondati dubbi sulla corretta esecuzione ed integrità del palo stesso.

A giudizio della Direzione Lavori, in alternativa alla prova come sopra descritta, si potrà procedere a prove del tipo vibrazionale eseguite dalla testa del palo.

**PROVE CROSS-HOLE****Descrizione della prova**

Le misure di cross-hole (impulso su percorso orizzontale) sonico consistono nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel calcestruzzo interposto tra tubi di misura.

Per l'esecuzione della prova è necessario aver predisposto tutti i tubi necessari all'interno del palo prima dell'esecuzione del getto.

Il numero minimo di tubi da predisporre nel palo dipende dal diametro del palo stesso:

- per diametri non superiori a 60 cm, almeno tre tubi, disposti ai vertici di un triangolo;
- per diametri superiori a 60 cm, almeno quattro tubi, disposti ai vertici di un quadrato.

**Frequenza e modalità di esecuzione**

Prima dell'esecuzione della prova i tubi devono essere riempiti con acqua dolce.

In uno di questi viene introdotta la sonda emettitrice, nell'altro quella ricevente. Le due sonde vengono contemporaneamente fatte scorrere all'interno dei due tubi; ad intervalli regolari di profondità la sonda emettitrice genera un impulso sonico che raggiunge l'altra sonda dopo aver attraversato il calcestruzzo.

Le misure debbono essere eseguite almeno ogni 10 cm. di avanzamento delle sonde nelle tubazioni predisposte.

Il segnale sonico modula il pennello elettronico di un oscilloscopio la cui traccia sincronizzata sull'istante di emissione, viene fatta traslare della stessa quantità ad ogni emissione di impulso.

L'esito delle prove sarà registrato con strumentazione digitale.

Nel caso si individuassero anomalie, le misure saranno ripetute con le sonde a quote diverse tra loro, al fine di stabilire se l'anomalia riscontrata è dovuta ad un piano di discontinuità oppure è provocata da cavità o inclusioni nel getto di calcestruzzo.

**34.6 PROVE DI AMMETTENZA MECCANICA**

Le prove di ammettenza meccanica (transient dynamic response test) costituiscono un metodo rapido di accertamento dell'integrità del palo.

I pali soggetti a prova di carico assiale possono essere sottoposti anche a prova di ammettenza meccanica, su richiesta della Direzione Lavori.

La correlazione dei risultati delle due prove potrà consentire di valutare anche la capacità portante dei pali non soggetti a prova di carico assiale sui quali venga eseguita la prova di ammettenza meccanica.

**Modalità di esecuzione**

La prova può essere effettuata colpendo la testa del palo con un piccolo martello contenente un trasduttore di forza.

L'eccitazione dinamica deve invece essere ottenuta preferibilmente mediante un eccitatore a masse eccentriche, in grado di applicare una forza oscillante secondo una sinusoide di frequenza nota, variabile in genere da 20 a 100 Hz.

Il palo deve essere preparato mediante spianamento e regolarizzazione della testa; lo spessore della malta deve essere non superiore a 5 cm.

L'impiego di eccitatore a masse eccentriche determina la necessità di inserire nella testa del palo dei tirafondi di ancoraggio.

I segnali di forza e velocità sono elaborati digitalmente e memorizzati nel posto tramite una centralina di registrazione ed elaborazione dati.

Su un grafico viene registrato l'andamento della curva velocità/forza (ammettenza meccanica) in funzione della frequenza di eccitazione.

La curva ottenuta è funzione del modulo  $E_c$  del conglomerato cementizio, della rigidezza del terreno laterale di appoggio e della geometria del palo.

**34.7 PROVE DI VERTICALITA' DEL PALO**

I pali dovranno essere eseguiti nel rispetto delle tolleranze definite al § precedente. Oltre al controllo geometrico e di posizionamento del palo, si dovrà verificare anche la sua verticalità.

A questo scopo, uno dei tubi da utilizzarsi nella prova sismica potrà essere sostituito da un tubo guida per la sonda inclinometrica.

Il tubo dovrà essere opportunamente legato con le barre longitudinali di armatura; particolare attenzione dovrà essere posta nel punto di giunzione del tubo, in corrispondenza della zona di sovrapposizione dell'armatura stessa.

L'errore della sonda inclinometrica dovrà essere contenuto entro  $\pm 0.5$  mm/m, ovvero circa  $\pm 0.03^\circ$ .

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 35 PROVE SU MICROPALI**

Le prove andranno eseguite secondo le indicazioni riportate nel paragrafo § 6.4.3.7 del D.M. 17 gennaio 2018; nei paragrafi successivi verranno indicate alcune modalità di esecuzione delle prove, la quale resta tuttavia a discrezione del tecnico progettista o del collaudatore.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI****35.1 PROVE DI CARICO ASSIALE****DEFINIZIONE DEI CARICHI DI PROVA**

I carichi di prova saranno definiti di volta in volta dal progettista, in relazione alle finalità della prova stessa.

Di norma il massimo carico di prova  $P$  prova sarà

- $P$  prova =  $1.5 P$  esercizio per prove di collaudo
- $P$  prova =  $P$  lim per prove a carico limite

ove con  $P$  lim si indica quel valore di carico per il quale si raggiunge la condizione di rottura dell'insieme micropalo terreno.

Il numero e l'ubicazione delle prove di verifica devono essere stabiliti in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del terreno di fondazione; in ogni caso il numero di prove non deve essere inferiore a:

- 1 se il numero di pali è inferiore o uguale a 20,
- 2 se il numero di pali è compreso tra 21 e 50,
- 3 se il numero di pali è compreso tra 51 e 100,
- 4 se il numero di pali è compreso tra 101 e 200,
- 5 se il numero di pali è compreso tra 201 e 500,
- il numero intero più prossimo al valore  $5 + n/500$ , se il numero  $n$  di pali è superiore a 500.

Il numero di prove di carico di verifica può essere ridotto se sono eseguite prove di carico dinamiche, da tarare con quelle statiche di progetto, e siano effettuati controlli non distruttivi su almeno il 50% dei pali.

**DISPOSITIVI PER L'APPLICAZIONE E PER LA MISURA DEL CARICO**

Le attrezzature ed i dispositivi per l'applicazione e per la misura del carico, ed i dispositivi per la misura dei cedimenti saranno conformi alle specifiche di cui al punto precedente.

E' ammessa l'esecuzione di prove di carico a compressione mediante contrasto su micropali laterali, a condizione che:

- le armature tubolari e le eventuali giunzioni filettate dei micropali di contrasto siano in grado di resistere ai conseguenti sforzi di trazione;
- la terna di micropali sia giacente sullo stesso piano verticale o inclinato.

Nel caso di micropali inclinati dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad evitare l'insorgere di carichi orizzontali e/o momenti flettenti dovuti ad eccentricità, che potrebbero influenzare i risultati della prova.

I risultati forniti dai micropali di contrasto potranno essere utilizzati quali valori relativi a prove di carico a trazione, se i carichi effettivamente applicati sono significativi a norma di quanto definito nel punto precedente.

I micropali prescelti saranno preparati mettendo a nudo il fusto per un tratto di  $\approx 20$  cm ed eliminando tutte le superfici di contatto e di attrito con eventuali plinti, solette, murature, etc..

Nel tratto di fusto esposto saranno inserite 3 staffe metalliche, a  $120^\circ$ , per il posizionamento dei micrometri.

Si provvederà quindi a fissare sulla testa del micropalo una piastra metallica di geometria adeguata ad ospitare il martinetto, ed a trasferire il carico sul micropalo.

La zavorra sarà messa a dimora dopo avere posizionato la trave di sostegno su due appoggi laterali, posti a circa 3 m dall'asse del micropalo.

L'altezza degli appoggi dovrà essere sufficiente a consentire il posizionamento del martinetto e del relativo centratore, e del sistema di riferimento per la misura dei cedimenti.

Tra il martinetto e la trave sarà interposto un dispositivo di centramento del carico, allo scopo di eliminare il pericolo di ovalizzazione del pistone.

Gli stessi accorgimenti saranno adottati anche nel caso in cui la trave di contrasto farà capo ad una coppia di micropali posti lateralmente al micropalo da sottoporre a prova di compressione.

**PROGRAMMA DI CARICO**

Il programma di carico sarà definito di volta in volta, in relazione alle finalità della prova.

Di norma si farà riferimento al seguente schema, che prevede 3 cicli di carico e scarico, da realizzarsi come di seguito specificato.

**1° CICLO**

a) Applicazione di " $n$ " ( $n \geq 4$ ) gradini di carico successivi, di entità pari a  $\delta P$ , fino a raggiungere il carico  $P$  es .

b) In corrispondenza di ciascun gradino di carico si eseguiranno misure dei cedimenti con la seguente frequenza:

- $t = 0$  (applicazione del carico)
- $t = 2'$
- $t = 4'$
- $t = 8'$
- $t = 15'$

si proseguirà quindi ogni 15' fino a raggiunta stabilizzazione, e comunque per non più di 2 ore.

Il cedimento  $s$  è considerato stabilizzato se, a parità di carico, è soddisfatta la condizione tra due misure successive ( $\delta t = 15'$ ):  
 $s \leq 0,025 \text{ mm}$ .

c) Per il livello corrispondente a  $P$  es il carico viene mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi si procede allo scarico mediante almeno 3 gradini, in corrispondenza dei quali si eseguono misure a  $t = 0$ ,  $t = 5'$ ,  $t = 10'$ ,  $t = 15'$ .

Allo scarico le letture verranno eseguite anche a  $t = 30'$ ,  $t = 45'$  e  $t = 60'$ .

## 2° CICLO

a) Applicazione rapida di un carico di entità  $1/3 P$  es

b) Lettura dei cedimenti a  $t = 0$ ,  $1'$ ,  $2'$ ,  $4'$ ,  $8'$ ,  $15'$

c) Scarico rapido e letture a  $t = 0$  e  $5'$

d) Applicazione rapida di un carico di entità  $2/3 P$  es

e) Lettura dei cedimenti come in "b"

f) Scarico come in "c"

g) Applicazione rapida di un carico di entità pari a  $P$  es

h) Lettura dei cedimenti come in "b"

i) Scarico con letture a  $t = 0$ ,  $5'$ ,  $10'$ ,  $15'$  e  $30'$ .

## 3° CICLO

a) Applicazione di "m" ( $m \geq 9$ ) gradini di carico  $\delta P$  fino a raggiungere il carico  $P$  prova (o  $P_{lim}$ ).

b) In corrispondenza di ogni livello di carico si eseguiranno misure di cedimento con la stessa frequenza e limitazioni di cui al 1° ciclo, punto "b".

c) Il carico  $P$  prova, quando è  $< P_{lim}$ , sarà mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi il palo sarà scaricato mediante almeno 3 gradini con misure a  $t = 0$ ,  $t = 5'$  e  $t = 10'$  e  $t = 15'$ . A scarico ultimato si eseguiranno misure fino a  $t = 60'$ .

Si considererà raggiunto il carico limite  $P_{lim}$ , e conseguentemente si interromperà la prova, allorché misurando il cedimento  $s$  risulterà verificata una delle seguenti condizioni:

-  $s(P_{lim}) \geq 2 \cdot s(P_{lim} - \delta P)$

-  $s(P_{lim}) \geq 0,2 d + s_{el}$

ove:

$d$  = diametro del micropalo

$s_{el}$  = cedimento elastico del micropalo.

## DOCUMENTAZIONE DELLE PROVE

Le misure dei cedimenti saranno registrate con le stesse modalità indicate al paragrafo precedente.

### 35.2 PROVE NON DISTRUTTIVE

Scopo dei controlli non distruttivi è quello di verificare le caratteristiche geometriche e meccaniche dei pali, non compromettendone l'integrità strutturale. A tale scopo potrà essere richiesta l'esecuzione di:

A) prove geofisiche;

B) carotaggio continuo meccanico;

C) scavi attorno al fusto del palo.

Per tutti i controlli non distruttivi l'impresa provvederà a sottoporre alla approvazione della Direzione Lavori le specifiche tecniche di dettaglio.

#### Prove geofisiche

Possono essere eseguite mediante emissione di impulsi direttamente alla testa del palo o lungo il fusto entro fori precedentemente predisposti.

Il primo tipo di controllo potrà essere eseguito per qualsiasi tipo di palo; il secondo sarà applicato ai soli pali trivellati di diametro  $> 800 \text{ mm}$ .

Il numero dei controlli sarà di volta in volta stabilito dalla Direzione Lavori anche in relazione alla importanza dell'opera, al tipo di palo, alle caratteristiche geotecniche e idrogeologiche dei terreni di fondazione e alle anomalie riscontrate durante l'esecuzione dei pali.

I pali da sottoporre a controllo mediante prove geofisiche saranno prescelti dalla Direzione Lavori.

Prove geofisiche da testa palo verranno eseguite dall'Impresa a sua cura, sotto il controllo della Direzione Lavori, sul 15% del numero totale dei pali e comunque su tutti quei pali ove fossero state riscontrate inosservanze rispetto a quanto prescritto dal presente Capitolato.

Con riferimento ai soli pali trivellati, l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura, sotto il controllo della Direzione Lavori, all'esecuzione di controlli eseguiti entro fori precedentemente predisposti, sul 5%- del numero totale dei pali con un minimo di due.

Sui pali prescelti per tali prove, lungo il fusto dovrà essere predisposta, prima delle operazioni di getto, l'installazione di tubi estesi a tutta la lunghezza del palo, entro cui possono scorrere le sonde di emissione e ricezione degli impulsi.

I tubi saranno solidarizzati alla gabbia di armatura, resi paralleli tra loro e protetti dall'ingresso di materiali.

Gli stessi saranno almeno due per pali aventi diametro  $d \leq 1200 \text{ mm}$  ed almeno tre per diametri superiori.

Le prove dovranno essere eseguite alternando entro i fori le posizioni delle sonde trasmittente e ricevente.

#### Carotaggio continuo meccanico

Il carotaggio dovrà essere eseguito con utensili e attrezzature tali da garantire la verticalità del foro e consentire il prelievo continuo allo stato indisturbato del conglomerato e se richiesto del sedime d'impasto.

Allo scopo saranno impiegati doppi carotieri provvisti di corona diamantata aventi diametro interno minimo pari a  $60 \text{ mm}$ .

Nel corso della perforazione dovranno essere rilevate le caratteristiche macroscopiche del conglomerato e le discontinuità eventualmente presenti, indicando in dettaglio la posizione e il tipo delle fratture, le percentuali di carotaggio, le quote raggiunte con ogni singola manovra di avanzamento.

Su alcuni spezzoni di carota saranno eseguite prove di laboratorio atte a definire le caratteristiche fisico-meccaniche e chimiche.

Al termine del carotaggio si provvederà a riempire il foro mediante boiaccia di cemento immessa dal fondo foro.

Il carotaggio si eseguirà a cura dell'Impresa, quando ordinato dalla Direzione Lavori, in corrispondenza di quei pali ove si fossero

manifestate inosservanze rispetto alle indicazioni riportate nel presente Capitolato e alle disposizioni della medesima.

Scavi attorno al fusto del palo

Verranno richiesti ogni qualvolta si nutrano dubbi sulla verticalità e regolarità della sezione nell'ambito dei primi 4,0 – 5,0 m di palo.

Il fusto del palo dovrà essere messo a nudo e pulito con un violento getto d'acqua e reso accessibile all'ispezione visiva.

Successivamente si provvederà a riempire lo scavo con materiali e modalità di costipamento tali da garantire il ripristino della situazione primitiva.

Tali operazioni saranno eseguite, a cura e spese dell'Impresa, in corrispondenza di quei pali ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle indicazioni riportate nel presente Capitolato e alle disposizioni della Direzione Lavori.

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 36 OPERE IN CARPENTERIA METALLICA****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

I materiali ferrosi saranno esenti da scorie, soffiature, saldature o da qualsiasi altro difetto apparente o latente di fusione, laminazione, trafilatura, fucinatura e simili. Sottoposti ad analisi chimica, dovranno risultare esenti da impurità e da sostanze anormali.

La loro struttura micrografica dovrà essere tale da dimostrare l'ottima riuscita del processo metallurgico di fabbricazione e da escludere qualsiasi alterazione derivante dalla successiva lavorazione a mano e a macchina che possa menomare la sicurezza di impiego.

Essi risponderanno a tutte le norme di accettazione e di resistenza in vigore. In particolare, a seconda delle diverse modalità di impiego, i materiali stessi (acciaio tondo in barre, liscio o ad aderenza migliorata per c.a., acciaio in barre, fili o trefoli per c.a. precompressi, piatti o profilati per strutture metalliche ecc.) dovranno essere conformi a tutte le norme di cui al D.M. 17.01.2018 e successive modificazioni ed integrazioni.

L'Impresa dovrà presentare alla Direzione dei Lavori, per i materiali metallici, i certificati di provenienza e delle prove effettuate presso le fabbriche e fonderie fornitrici e presso i laboratori ufficiali.

**Ai sensi della norma UNI EN 1090-1, tutti gli elementi metallici per uso strutturale dovranno essere in possesso di Marcatura CE.**

**Il produttore dovrà preliminarmente qualificare i propri prodotti attraverso prove o calcoli iniziali di tipo e certificare il proprio FPC (Factory Production Control) conformemente alla norma UNI EN 1090-1 mediante l'intervento di un Organismo Notificato secondo criteri definiti dall'Appendice ZA della norma stessa.**

**Il processo da seguire per poter apporre la Marcatura CE sul proprio prodotto varia a seconda della tipologia e della destinazione d'uso. La base della Marcatura CE ai sensi della norma UNI EN 1090-1 è costituita da:**

- Una dichiarazione di conformità redatta dal produttore,
- Un certificato del controllo di produzione in fabbrica emesso dall'Organismo Notificato.

**La Marcatura CE apposta dovrà poi indicare la conformità all'uso previsto così come specificato nelle varie opzioni della norma stessa.**

**Inoltre, secondo la norma UNI EN 1090-1, i produttori di strutture saldate, o parti di esse, in acciaio o in alluminio, devono eseguire tali attività in accordo alle parti rilevanti delle norme della serie UNI EN ISO 3834. La relazione tra le classi di esecuzione delle strutture e le norme UNI EN ISO 3834 applicabili è contenuta all'interno della norma EN 1090-1. La UNI EN 1090 richiama a riferimento anche ad altri standard di qualifica dei procedimenti e degli operatori di saldatura quali ISO 14731, ISO 9606-1 e EN ISO 15614.**

**36.1 ACCIAIO FUSO IN GETTI**

L'acciaio in getti per cuscinetti, cerniere, rulli e per qualsiasi altro lavoro dovrà essere di prima qualità, esente da soffiature e da qualsiasi altro difetto, e dovranno essere conformi a quanto previsto dalle seguenti normative:

UNI EN 10213:2016	Getti di acciaio per impieghi a pressione.
UNI EN 10283:2010	Getti di acciaio resistenti alla corrosione.
UNI EN 10293:2015	Getti di acciaio per impieghi tecnici generali.
UNI EN 10295:2003	Getti di acciaio resistente al calore.
UNI EN 10340:2008	Getti di acciaio per impieghi strutturali.
UNI EN 10349:2009	Getti d'acciaio - Getti d'acciaio austenitici al manganese.
UNI EN 1559-2:2014	Fonderia - Condizioni tecniche di fornitura - Requisiti addizionali per getti di acciaio.
UNI EN ISO 11970:2016	Specificazioni e approvazione delle procedure di saldatura per le saldature di produzione sui getti di acciaio.
UNI EN ISO 3506-3:2010	Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio inossidabile resistente alla corrosione - Viti senza testa e particolari simili non soggetti a trazione.
UNI EN ISO 898-5:2012	Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio - Viti senza testa e particolari simili filettati non soggetti a trazione.

**36.2 ACCIAI PER CARPENTERIA METALLICA**

**Per quanto riguarda le lavorazioni in carpenteria metallica, fatto salvo quanto specificatamente negli elaborati di progetto, l'acciaio dovrà essere di qualità S275 J2 o con caratteristiche superiori.**

**Questo dovrà essere conforme alle norme armonizzate della serie**

- **UNI EN 10025:2005 (per i laminati),**
- **UNI EN 10210-2:2006 (per i tubi senza saldatura),**
- **UNI EN 10219-1:2006 (per i tubi saldati).**

Per le condizioni tecniche generali di fornitura si applica la norma UNI EN 10204. Essi dovranno inoltre rispondere alle prescrizioni di cui alle Nuove Norme tecniche per le Costruzioni emanate con il D.M. 17.01.2018.

Gli acciai dovranno essere esenti da difetti tali da pregiudicare l'impiego, quali incisioni, ossidazioni, corrosioni, lesioni, untuosità ed in genere ricopertura da sostanze che possano ridurre sensibilmente l'aderenza al conglomerato. Essi inoltre dovranno essere controllati in stabilimento.

Le relative forniture debbono essere accompagnate da un certificato di Laboratorio Ufficiale riferentesi al tipo di armatura di cui trattasi nonché dotate di marchiatura da cui risulti il riferimento allo stabilimento produttore, al tipo di acciaio ed alla sua eventuale saldabilità. La data del certificato deve essere non anteriore più di tre mesi da quella di spedizione, salvo quanto previsto ai punti 11.3.2.10.1 e 11.3.2.11.1 delle nuove norme tecniche per le costruzioni.

I controlli in cantiere sono obbligatori. Il prelievo dei campioni ed i metodi di prova saranno effettuati secondo la UNI ENV 10080:2005, salvo quanto stabilito ai § 11.3.2.10.4 e 11.3.2.11.3 delle nuove norme tecniche. Essi saranno riferiti agli stessi gruppi di diametri ed effettuati con il prelievamento di tre spezzoni marchiat, di uno stesso diametro, scelto entro ciascun gruppo di ciascuna partita di comune provenienza.

Per l'accertamento delle proprietà meccaniche vale quanto indicato nelle norme UNI EN ISO 6892-1:2009, UNI EN ISO 7438/05 ed UNI EN 10080/05, salvo indicazioni contrarie o complementari. Le barre dovranno superare con esito positivo prove di aderenza (secondo il metodo "Beam test"), da eseguirsi presso un Laboratorio Ufficiale, le quali accerteranno la resistenza e la duttilità del materiale.

Eventuali risultati anomali saranno dal Direttore dei Lavori comunicati sia al Laboratorio Ufficiale incaricato in stabilimento, sia al Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei LL.PP.

I materiali che saranno impiegati in tali tipi di strutture rispetteranno le prescrizioni contenute al punto 11.3.4 delle nuove norme tecniche per le costruzioni, con le eventuali successive modifiche ed integrazioni. Gli acciai da impiegare, di uso generale laminati a caldo, in profilati, barre, larghi piatti, lamiere e profilati cavi (anche tubi saldati provenienti da nastro laminato a caldo) saranno del tipo S355JR (ex Fe 510 B), ai sensi della UNI EN 10025/2005, definiti, per le caratteristiche meccaniche, al punto 11.3.4.1 delle nuove norme tecniche per le costruzioni.

Il lamierino in ferro per formazione di guaine per armature per c.a.p.: dovrà essere del tipo laminato a freddo, di qualità extra dolce ed avrà spessore di 2/10 di mm.

Le lamiere, ove impiegate, saranno conformi per qualità e caratteristiche alle norme e prescrizioni della UNI EN 10029.

Per le condizioni tecniche generali di fornitura dei tubi vale la norma UNI EN 10025:2005, UNI EN 10204:2005. I tubi saranno costituiti da acciaio non legato e dovranno corrispondere alla normativa generale di unificazione di seguito riportata:

UNI EN 10216-1/05 Tubi senza saldatura di acciaio per impieghi a pressione – Condizioni tecniche di fornitura – Parte 1: Tubi di acciaio non legato per impieghi a temperatura ambiente

UNI EN 10217-1/05 Tubi saldati di acciaio per impieghi a pressione – Condizioni tecniche di fornitura – Parte 1: Tubi di acciaio non legato per impiego a temperatura ambiente

I tubi dovranno risultare ragionevolmente diritti a vista e presentare sezione circolare entro le tolleranze prescritte; saranno privi di difetti superficiali (interni ed esterni) che possano pregiudicare l'impiego: è ammessa la loro eliminazione purché lo spessore non scenda sotto il minimo prescritto. Tubi e relativi pezzi speciali dovranno inoltre avere la superficie interna ed esterna protetta con rivestimenti appropriati e specificati in Elenco. In ogni caso, qualunque sia il tipo di rivestimento, questo dovrà risultare omogeneo, continuo, ben aderente ed impermeabile.

### 36.3 ACCIAI PER CARPENTERIA METALLICA IN ZONA SISMICA

L'acciaio costituente le membrature, le saldature ed i bulloni deve essere conforme ai requisiti riportati nelle norme sulle costruzioni in acciaio. Per le zone dissipative si applicano le seguenti regole addizionali:

- per gli acciai da carpenteria il rapporto fra i valori caratteristici della tensione di rottura  $f_{tk}$  (nominale) e la tensione di snervamento  $f_{yk}$  (nominale) deve essere maggiore di 1,20 e l'allungamento a rottura A5, misurato su provino standard, deve essere non inferiore al 20%;
- la tensione di snervamento massima  $f_{y,max}$  deve risultare  $f_{y,max} \leq 1,2 f_{yk}$ ;
- i collegamenti bullonati devono essere realizzati con bulloni ad alta resistenza di classe 8.8 o 10.9.

### 36.4 BULLONI, DADI E BARRE FILETTATE

Per quanto riguarda le barre filettate e i dadi da utilizzare nelle lavorazioni indicate negli elaborati di progetto, l'acciaio dovrà avere caratteristiche di resistenza classe 8.8 (alta resistenza) per le barre filettate, e classe 8 per i dadi (UNI EN ISO 898-1:2013); barre filettate e dadi dovranno essere zincate per resistere alla corrosione.

I bulloni, conformi per le caratteristiche dimensionali alla norma UNI EN ISO 4016:2011, devono appartenere alle sotto indicate classi della norma UNI EN ISO 898-1:2013, associate nel modo indicato nella tabella seguente:

	Normali			Ad alta resistenza	
Vite	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
Dado	4	5	6	8	10

Le tensioni di snervamento  $f_{yb}$  e di rottura  $f_{tb}$  delle viti appartenenti alle classi indicate nella precedente tabella sono riportate nella seguente tabella:

	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
$f_{yb}(N/mm^2)$	240	300	480	649	900
$f_{tb}(N/mm^2)$	400	500	600	800	1000

### 36.5 BULLONI PER GIUNZIONI AD ATTRITO

I bulloni per giunzioni ad attrito devono essere conformi alle prescrizioni della tabella sottostante, devono essere associati come indicato nelle tabelle precedenti:

Elemento	Materiale	Riferimento
Viti	8.8 – 10.9 secondo UNI EN ISO 898-1 : 2009	UNI EN 14399 :2005 parti 3 e 4
Dadi	8 - 10 secondo UNI EN 20898-2 :1994	
Rosette	Acciaio C 50 UNI EN 10083-2: 2006 temperato e rinvenuto HRC 32, 40	UNI EN 14399 :2005 parti 5 e 6
Piastrine	Acciaio C 50 UNI EN 10083-2: 2006 temperato e rinvenuto HRC 32, 40	

Gli elementi di collegamento strutturali ad alta resistenza adatti al precarico devono soddisfare i requisiti di cui alla norma europea armoniz-

zata UNI EN 14399-1:2015 e recare la relativa marcatura CE.

### 36.6 ACCIAIO COR-TEN

Caratterizzato dalla presenza in lega di elementi che ne aumentano la resistenza meccanica e la resistenza agli agenti atmosferici (rame, nichel, cromo, fosforo, ecc.).

Esposto allo stato non pitturato alle diverse condizioni atmosferiche, si riveste di una patina uniforme e resistente, costituita dagli ossidi dei suoi elementi di lega, che impedisce il progressivo estendersi della corrosione.

L'acciaio cor-ten viene normalmente fornito allo stato greggio di laminazione sotto forma prevalentemente di lamiera.

Le caratteristiche meccaniche e chimiche dell'acciaio cor-ten sono definite dalla norma EN 10025-5.

In relazione alla diversa composizione chimica e allo spessore, l'acciaio cor-ten presenta differenti caratteristiche di resistenza alla corrosione atmosferica e di resistenza meccanica. Ne esistono 3 tipi:

#### Cor-ten A

Comunemente denominato "al fosforo", viene utilizzato maggiormente per applicazioni architettoniche.

La corrosione del cor-ten A non verniciato si arresta dopo aver provocato una diminuzione di spessore di circa 0,05 mm; in ambiente marino progredisce leggermente col passare degli anni.

Il cor-ten A viene normalmente prodotto in spessori fino a 12,5 millimetri.

#### Composizione chimica % (analisi di colata)

C	Mn	P	S	Si	Cu	Cr	Ni
<= 0,12	0,20 ÷ 0,50	0,07 ÷ 0,15	<= 0,035	0,25 ÷ 0,75	0,25 ÷ 0,55	0,30 ÷ 1,25	<= 0,65

#### Caratteristiche meccaniche (su provette prelevate in senso longitudinale)

Tipo di prodotto	prova di trazione					prova di piega	
	snervamento Rs Kg/mm <sup>2</sup>	resistenza a trazione Rm Kg/mm <sup>2</sup>	allungamento minimo %(*)			α	D
			A	A 8"	A 2"		
Larghi Nastri Nastri Stretti Lamiere Barre Profilati	<= 12,5 mm	>= 35	>= 49	22	19	24	180° a

Per laminati a freddo o prodotti richiesti allo stato normalizzato, i valori minimi di snervamento (Rs) e di resistenza (Rm) vengono ridotti di 3,5 Kg/mm<sup>2</sup>.

#### Cor-ten B

Comunemente denominato "al vanadio", viene utilizzato per strutture fortemente sollecitate.

Il cor-ten B viene normalmente prodotto in spessori fino a 100 mm.

#### Composizione chimica % (analisi di colata)

C	Mn	P	S	Si	Cu	Cr	V
0,10 ÷ 0,19	0,90 ÷ 1,25	<= 0,025	<= 0,035	0,15 ÷ 0,30	0,25 ÷ 0,40	0,40 ÷ 0,65	0,02 ÷ 0,10

#### Caratteristiche meccaniche (su provette prelevate in senso longitudinale)

Tipo di prodotto	prova di trazione					prova di piega		
	snervamento Rs Kg/mm <sup>2</sup>	resistenza a trazione Rm Kg/mm <sup>2</sup>	allungamento minimo %(*)			spessore mm	α	D
			A	A 8"	A 2"			
Lamiere Barre Profilati	>= 12,5 ÷ 38 mm	>= 35	>= 49	20	19	21	<= 19	180° a
							> 19 ÷ 25	180° 1,5a
							> 25 ÷ 38	180° 2a
lamiera	>38÷100 mm	>= 35	>= 49	20	19	21	> 19 ÷ 25	180° 2,5a

Per prodotti richiesti allo stato normalizzato, i valori minimi di snervamento (Rs) e di resistenza (Rm) vengono ridotti di 3,5 Kg/mm<sup>2</sup>.

#### Cor-ten C

Viene utilizzato per strutture fortemente sollecitate.

Il cor-ten C viene normalmente prodotto in spessori fino a 25,5 mm. Fanno eccezione i profilati il cui spessore massimo è di 19 mm.

Composizione chimica % (analisi di colata)

C	Mn	P	S	Si	Cu	Cr	V
0,12 ÷ 0,19	0,90 ÷ 1,35	≤0,025	≤ 0,035	0,15 ÷ 0,30	0,25 ÷ 0,40	0,40 ÷ 0,70	0,04 ÷ 0,10

Caratteristiche meccaniche (su provette prelevate in senso longitudinale)

Tipo di prodotto		prova di trazione					prova di piega		
		snervamento Rs Kg/mm <sup>2</sup>	resistenza a trazione Rm Kg/mm <sup>2</sup>	allungamento minimo %(*)			spessore mm	α	D
				A	A 8"	A 2"			
Lamiere e Barre	≤ 25,5 mm	≥ 42	≥ 56	20	16	21	≤ 19	180°	a
profilati	≤ 19 mm						> 19 ÷ 25,5	180°	1,5a

Per prodotti destinati ad essere sottoposti a trattamento di normalizzazione, il contenuto massimo di carbonio (C) può essere elevato allo 0,22% e quello di manganese (Mn) all'1,45%.

In tal caso, lo spessore massimo di fornitura può essere portato a 38 millimetri.

#### Piegatura a freddo

La piegatura del cor-ten può essere effettuata a freddo fino a spessori di 12,5 mm purché si tengano presenti i minimi raggi di curvatura riportati sulla seguente tabella:

spessore mm	raggio minimo di piegatura (a=spessore)		
	tipo A	tipo B	tipo C
≤ 1,5	a	---	---
>1,5 ÷ 6	2a	2a	3,5a
>6 ÷ 12,5	3a	3a	3,5a

Per spessori superiori, o per piegature più severe, è consigliabile la piegatura a caldo.

#### Formatura a caldo

Per la formatura a caldo del COR-TEN non sussistono problemi particolari. Si consiglia tuttavia di effettuare il riscaldamento ad una temperatura non superiore a 1.100° C e di terminare l'operazione di formatura ad una temperatura compresa fra 815° C e 900° C.

Il raffreddamento conseguente alla formatura a caldo non produce apprezzabile indurimento del materiale, quindi, se la lavorazione è stata eseguita in modo corretto, non sono necessari trattamenti termici finali.

È senz'altro sconsigliabile l'esecuzione della formatura a caldo ad una temperatura inferiore ai 650°C.

#### Saldatura

L'acciaio cor-ten può essere saldato in tutti gli spessori e con tutti i più comuni metodi di saldatura:

- Ad arco con elettrodi rivestiti
- Ad arco sommerso
- Ad arco sotto gas protettivo
- A resistenza

Nella maggior parte dei casi possono essere adoperati materiali di apporto comunemente adottati per la saldatura di acciai al carbonio-manganese aventi caratteristiche meccaniche simili a quelle del COR-TEN.

Qualora invece il COR-TEN venga utilizzato allo stato "nudo" per impieghi architettonici e la saldatura sia effettuata in più di due passate, è consigliabile che, per le ultime due passate, vengano usati elettrodi al 2% o al 3% Ni; in tal modo si otterranno cordoni di saldatura con una colorazione simile a quella dell'acciaio COR-TEN.

In ogni caso è necessario rispettare le temperature minime di pre-riscaldamento riportate sulla tabella sottoindicata, che sono valide per materiali di saldatura a basso idrogeno.

spessore mm	temperatura minima di ambiente o di pre-riscaldamento		
	COR-TEN A	COR-TEN B	COR-TEN C
≤ 12,5	10°C	10°C	10°C
>12,5 ÷ 25	10°C	10°C	40°C
> 25 ÷ 50	40°C	40°C	---

> 50	100°C	100°C	---
------	-------	-------	-----

Nel caso sia previsto l'impiego di materiali non a basso idrogeno o i pezzi da saldare siano fortemente vincolati, sarà opportuno adottare temperature di pre-riscaldamento più elevate.

### 36.7 CAVI DI POST TENSIONE

Per le condizioni tecniche generali di fornitura si applica la norma UNI EN 10204. Essi dovranno inoltre rispondere alle prescrizioni di cui alle Nuove Norme tecniche per le Costruzioni emanate con il D.M. 17.01.2018 al §11.3.

Gli acciai dovranno essere esenti da difetti tali da pregiudicare l'impiego, quali incisioni, ossidazioni, corrosioni, lesioni, untuosità ed in genere ricopertura da sostanze che possano ridurne sensibilmente l'aderenza.

I controlli in cantiere sono obbligatori. Il prelievo dei campioni ed i metodi di prova saranno effettuati secondo quanto stabilito al § 11.3.3.5.4 del D.M. 17.01.2018.

Qualora la fornitura di cavi preformati provenga da un Centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, esaminata preliminarmente la documentazione attestante il possesso di tutti i requisiti previsti al § 11.3.1.7, che il suddetto Centro di trasformazione è tenuto a trasmettergli, può recarsi presso il medesimo Centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso il prelievo dei campioni viene effettuato dal Direttore tecnico del centro di trasformazione secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori; quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.

Per le modalità di prelievo dei campioni, di esecuzione delle prove e di compilazione dei certificati valgono le medesime disposizioni di cui al § 11.3.3.5.3.

Per l'accertamento delle proprietà meccaniche vale quanto indicato nelle norme UNI EN ISO 6892-1:2009, UNI EN ISO 7438/05 ed UNI EN 10080/05, salvo indicazioni contrarie o complementari.

Eventuali risultati anomali saranno dal Direttore dei Lavori comunicati sia al Laboratorio Ufficiale incaricato in stabilimento, sia al Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei LL.PP.

Il lamierino in ferro per formazione di guaine dovrà essere del tipo laminato a freddo, di qualità extra dolce ed avrà spessore di 2/10 di mm.

Le caratteristiche geometriche dei trefoli sono qui di seguito elencate:

- Diametro nominale: 15.2 mm
- Area resistente: 139 mm<sup>2</sup>

Le caratteristiche meccaniche dei trefoli sono indicate nel D.M. 17.01.2018 al §11.3.3:

- Tensione caratteristica di rottura  $f_{ptk}$ :  $\geq 1860$  MPa
- Tensione caratteristica all'1% di deformazione totale  $f_{p(1)\%}$ :  $\geq 1670$  MPa
- Allungamento sotto carico massimo  $A_{gt}$ :  $\geq 3.5$

Per il modulo elastico si farà riferimento al catalogo del fornitore.

La tensione di tesatura in opera dei trefoli è pari a 75% e 50% della tensione caratteristica di rottura  $f_{ptk}$ .

Gli ancoraggi terminali dei trefoli dovranno essere conformi ai disegni di progetto, composti essenzialmente da piastre di ripartizione e apparecchi di bloccaggio.

### 36.8 GHISA

La ghisa grigia per getti dovrà corrispondere per qualità, prescrizioni e prove alla norma UNI EN 1561:2011; la ghisa malleabile per getti, alle norme UNI EN 1562:2012. E' assolutamente escluso l'impiego di ghisa fosforosa.

### 36.9 CHIUSINI, CADITOIE E GRIGLIE IN GHISA

Dovranno essere fusi in ghisa a grafite sferoidale conformi alla normativa UNI EN 124/86 e quindi suddivisi in 6 classi chiamate: A 15, B 125, C 250, D 400, E 600, F 900 dove i numeri: 15, 125, 250, 400, 600, 900 rappresentano i kN di resistenza; tali classi saranno:

- Gruppo 1: Zone usate esclusivamente da pedoni, ciclisti e superfici paragonabili quali spazi verdi.
- Gruppo 2: Marciapiedi, zone pedonali e superfici paragonabili, aree di parcheggio e parcheggi a più piani per autoveicoli.
- Gruppo 3: Copre esclusivamente i dispositivi di coronamento installati su banchine, nelle cunette ai bordi delle strade, che si estendono al massimo fino a 0,5 m. sulle corsie di circolazione e fino a 0,2 m sui marciapiedi, misurati a partire dal bordo del marciapiede.
- Gruppo 4: Vie di circolazione incluse le zone pedonali.
- Gruppo 5: Vie di circonvallazione private sottoposte a carichi assiali particolarmente elevati.
- Gruppo 6: Zone speciali come ad esempio alcune aree d'aeroporto negli aeroporti commerciali.

Per le camerette di ispezione la dimensione di passaggio minima sarà di 600 mm per permettere il passaggio di persone attrezzate con apparecchio di respirazione. Nei pozzetti d'allacciamento saranno ammesse dimensioni minime minori.

Tutti i chiusini, griglie e telai devono portare una marcatura leggibile e durevole indicante:

- UNI EN 124;
- la classe corrispondente;
- il nome e la sigla del fabbricante;
- il riferimento ad un marchio di conformità.

### 36.10 LAMIERA ONDULATA PER I MANUFATTI TUBOLARI METALLICI E PER LE BARRIERE GUARDASTRADA

Sarà in acciaio laminato a caldo avente tensione di rottura a trazione non inferiore a 34 kg/mm<sup>2</sup>, protetta su entrambe le facce da zincatura a bagno caldo praticata dopo il taglio e la piegatura dell'elemento.

Lo zinco sarà presente sulla superficie sviluppata di ogni faccia, in misura non inferiore a 300 gr. per m<sup>2</sup>. Gli elementi finiti dovranno essere esenti da difetti come: soffiature, bolle di fusione, macchie, scalfiture, parti non coperte dalla zincatura, apparecchiature ecc. Tutti i pezzi speciali, organi di giunzione, rivetti ecc. dovranno essere opportunamente zincati.

### **36.11 LAMIERA GRECATA**

Lamiera ottenuta dalla profilatura a freddo di nastri in lamiera. Nella produzione delle lamiere grecate sono impiegati acciai delle classi S275 e S355, con tensioni di lavoro, limitate dal sottile spessore delle lamiere, a circa 140 KN/mm<sup>2</sup>.

Le lamiere possono essere fornite in acciaio nero, zincate o preverniciate ed eventualmente trattate con vernici speciali.

L'altezza della greca è definita dal progetto. Se non diversamente disposto, le lamiere dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- lamiera presso-piegata di acciaio zincato, dello spessore di 12/10 mm di H55 mm, per la formazione di impalcati di appoggio con getto collaborante di calcestruzzo di spessore 65 mm, come indicato sulle tavole esecutive di progetto;

- lamiera presso-piegata di acciaio zincato, dello spessore di 12/10 mm di H150, per la formazione di impalcati di appoggio con getto collaborante di calcestruzzo di spessore 60 mm, come indicato sulle tavole esecutive di progetto.

La zincatura a caldo delle lamiere sottili di acciaio dovrà essere effettuata dopo il taglio e la piegatura dell'elemento, secondo le prescrizioni delle norme di unificazione:

- UNI 5763/66 - Lamiere sottili di acciaio non legato, zincate per immersione a caldo - qualità e tolleranza.

Lo zinco sarà presente sulla superficie sviluppata di ogni faccia, in misura non inferiore a 300 gr. per m<sup>2</sup>.

Gli elementi finiti dovranno essere esenti da difetti come: soffiature, bolle di fusione, macchie, scalfiture, parti non coperte dalla zincatura, apparecchiature ecc. Tutti i pezzi speciali, organi di giunzione, rivetti ecc. dovranno essere opportunamente zincati.

Gli spessori richiesti dovranno intendersi al netto della zincatura.

La tolleranza sulla lunghezza della lamiera dovrà essere inferiore a 2 mm; il taglio sulla lunghezza dovrà essere in squadra con una tolleranza che non superi un angolo di  $\pm 1^\circ$  di fuori squadra; non sono ammesse deformazioni di nessun tipo dovute al taglio.

Il collegamento alla struttura portante sarà assicurato da un sistema a punti di saldatura oppure con chiodi sparati o per bottoni di saldatura.

Le lamiere dovranno essere posate prestando particolare cura alle sovrapposizioni e alle finiture perimetrali; nel prezzo d'appalto s'intendono incluse tutte le scossaline, pezzi speciali, copertine necessarie per le perfette chiusure perimetrali.

### **36.12 ALLUMINIO, LEGHE E PRODOTTI**

Salvo diversa prescrizione, profilati e trafilati saranno forniti in alluminio primario ALP 99,5 UNI 9001/2. Gli stessi materiali dovranno presentare per tutta la loro lunghezza sezione costante, superficie regolare, senza scaglie, vaiolature, striature ed ammanni di materia.

Le lamiere non dovranno presentare sdoppiature né tracce di riparazione.

### **36.13 ALLUMINIO ANODIZZATO**

Dovrà risultare conforme alla seguente normativa di unificazione: UNI 4522 - Rivestimenti per ossidazione anodica dell'alluminio e sue leghe. Classificazione, caratteristiche e collaudo.

Gli strati normalizzati di ossido anodico saranno definiti mediante una sigla (OTO, BRI, ARP, ARS, ARC, IND, VET, rispettivamente per strato: ottico, brillante, architettonico ludico, spazzolato, satinato, industriale grezzo, vetroso), un numero che ne indica la classe di spessore e l'eventuale indicazione della colorazione.

## **NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Si intendono applicate le seguenti norme:

- NTC2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M.14 Gennaio 2008)

- Circolare applicativa delle NTC2008, D.M. 14.01.2008- Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27)

- Norme Tecniche CNR 10012/85: Istruzioni per la valutazione delle azioni sulle costruzioni

- Norme Tecniche CNR 10016/85: Travi composte di acciaio e calcestruzzo. Istruzioni per l'impiego nelle costruzioni

- Norme Tecniche CNR 10024/86: Analisi mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo

Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture

- UNI EN 1991-1-1:2004: Azioni in generale - Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici

- UNI EN 1991-1-2:2004: Azioni in generale - Azioni sulle strutture esposte al fuoco

- UNI EN 1991-1-3:2004 (sostituita dalla normativa UNI EN 1991-1-3:2015): Azioni in generale - Carichi da neve

- UNI EN 1991-1-4:2005 (sostituita dalla normativa UNI EN 1991-1-4:2010): Azioni in generale - Azioni del vento

- UNI EN 1991-1-5:2004: Azioni in generale - Azioni termiche

- UNI EN 1991-1-6:2005: Azioni in generale - Azioni durante la costruzione

- UNI EN 1991-1-7:2006: Azioni in generale - Azioni eccezionali

- UNI EN 1991-3:2006: Azioni indotte da gru e da macchinari

Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio

- UNI EN 1993-1-1:2005 (sostituita dalla normativa UNI EN 1993-1-1:2014): Regole generali e regole per gli edifici

- UNI EN 1993-1-2:2005: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio

- UNI EN 1993-1-3:2007: Regole generali - Regole supplementari per l'impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegati a freddo

- UNI EN 1993-1-4:2007 (sostituita dalla normativa UNI EN 1993-1-4:2015): - Regole generali - Regole supplementari per acciai inossidabili

- UNI EN 1993-1-5:2007(sostituita dalla normativa UNI EN 1993-1-5:2017): Elementi strutturali a lastra

- UNI EN 1993-1-6:2007(sostituita dalla normativa UNI EN 1993-1-6:2017): Resistenza e stabilità delle strutture a guscio

- UNI EN 1993-1-7:2007: Strutture a lastra ortotropa caricate al di fuori del piano

- UNI EN 1993-1-8:2005: Progettazione dei collegamenti

- UNI EN 1993-1-9:2005: Fatica

- UNI EN 1993-1-10:2005: Resilienza del materiale e proprietà attraverso lo spessore

- UNI EN 1993-1-11:2007: Progettazione di strutture con elementi tesi

- UNI EN 1993-1-12:2007: Regole aggiuntive per l'estensione della EN 1993 fino agli acciai di grado S 700  
Per tutte le norme citate si intendono applicate le successive modifiche ed integrazioni.

I materiali e prodotti per uso strutturale devono essere:

- identificati univocamente a cura del produttore, secondo le procedure applicabili;
- qualificati sotto la responsabilità del produttore, secondo le procedure applicabili;
- accettati dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

Il ferro e l'acciaio dolce delle qualità prescritte dovranno essere lavorati diligentemente, con maestria, regolarità di forme, precisione di dimensioni, e con particolare attenzione nelle saldature e bullonature.

Saranno rigorosamente rifiutati tutti quei pezzi che presentassero il più leggero indizio d'imperfezione.

Per la ferramenta di qualche rilievo, l'Appaltatore dovrà preparare e presentare alla Direzione un campione il quale, dopo approvato dalla Direzione stessa, dovrà servire da modello per tutta la provvista.

Per tutti i lavori in ferro, salvo contrarie disposizioni della Direzione, dovrà essere eseguita la coloritura a due mani di minio e a due mani successive ad olio di lino cotto con biacca e tinta a scelta.

#### ONERI E OBBLIGHI DELL'APPALTATORE COMPRESI NELLA FORNITURA

- Le operazioni di tracciamento partendo dai capisaldi che verranno indicati dalla Direzione Lavori;
- L'assistenza da parte del personale dell'Appaltatore durante le operazioni di inghisaggio dei manufatti metallici nelle strutture in C.A.;
- La fornitura e la posa in opera di tutto il materiale necessario come travi, pilastri, piastre, spessori metallici, profilati, lamiere, bulloni, dadi, rondelle, lamiere striate, grigliati, ecc. per la realizzazione delle strutture come rappresentate nei disegni di progetto;
- Trasporto, scarico, immagazzinamento, protezione e custodia dei materiali in cantiere, sollevamento dei vari elementi componenti la fornitura, compresa l'esecuzione della recinzione della zona di immagazzinamento;
- Ponteggi, mezzi di trasporto, mezzi di sollevamento, macchine utensili e attrezzature varie;
- Locali adatti a: ricovero, spogliatoio, refettorio, ecc. per il personale dell'appaltatore, come previsto dalle vigenti norme di igiene e sicurezza sui luoghi di lavoro;
- Le linee elettriche dai punti di presa in cantiere agli utensili utilizzatori;
- Manodopera specializzata e ordinaria per la posa in opera delle strutture;
- Gli oneri relativi all'esecuzione delle prove di carico richieste;
- Il trasporto dai luoghi di installazione e l'accatastamento nell'ambito del cantiere, in zona recintata, preventivamente indicata dalla Direzione Lavori, dei materiali di risulta e di rifiuto. Il trasporto degli stessi al luogo di smaltimento;
- La pulizia delle aree utilizzate per l'accatastamento dei materiali e dei rifiuti;
- L'Appaltatore è responsabile degli inconvenienti che possono verificarsi per l'omissione del controllo degli ordinativi e delle misure delle diverse opere in ferro da rilevare sul posto;
- Sono rigorosamente rifiutati tutti quei pezzi che presentino imperfezioni o inizio d'imperfezione;
- Le lavorazioni in officina dovranno essere condotte nel rispetto rigoroso di quanto prescritto nel D.M. 9.1.1996, parte seconda: "Regole pratiche di progettazione ed esecuzione". L'appaltatore è tenuto ad adottare tecniche e procedimenti di lavorazione appropriati, è pienamente responsabile della buona esecuzione del lavoro e non potrà invocare attenuante alcuna in caso di risultati contestati o contestabili, dovuti ad imperizia o mancato rispetto di prescrizioni stabilite da norme ufficiali cogenti;
- L'Appaltatore dovrà fornire tutte le travi in un solo pezzo senza giunti per elementi di lunghezza inferiore a quella commerciale;
- La posizione delle eventuali giunzioni dovrà essere concordata con la Direzione Lavori e chiaramente indicata sui disegni di officina;
- L'Appaltatore dovrà costruire in officina i vari elementi nelle dimensioni massime compatibili con il trasporto ed una corretta esecuzione del montaggio.

#### CALCOLI STATICI E DISEGNI D'OFFICINA

L'Appaltatore dovrà verificare tutti gli elementi delle strutture in acciaio per i carichi permanenti ed i sovraccarichi indicati nel progetto. L'Appaltatore dovrà inoltre preparare i disegni di officina per tutti gli elementi che dovranno essere presentati alla Direzione Lavori per l'approvazione prima di iniziare la fabbricazione. Sui disegni dei particolari costruttivi dovranno essere indicati gli elementi appresso indicati:

- la lunghezza di taglio di travi, montanti ed elementi di collegamento verticali ed orizzontali;
- le caratteristiche delle giunzioni, siano esse da effettuare in officina o in cantiere;
- la disposizione, il diametro dei fori, le dimensioni e i tipi dei bulloni da impiegare;
- le dimensioni dei cordoni di saldatura, i procedimenti di saldatura, la qualità degli elettrodi da impiegare;
- le coppie di serraggio dei bulloni ad alta resistenza;
- gli spessori delle flange, delle piastre di base, degli irrigidimenti, ed ogni altro elemento impiegato nelle connessioni.

#### **36.14 PRESCRIZIONI SPECIFICHE SULLE SALDATURE**

Le opere di progetto prevedono l'esecuzione di saldature sia in officina sia in opera (in cantiere).

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2011. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale.

**I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati secondo quanto prescritto nel D.M. 17 gennaio 2018 e secondo la norma UNI EN 287-1:2012 da parte di un Ente terzo. I saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo dovranno essere specificamente qualificati e non potranno essere qualificati soltanto mediante l'esecuzione di giunti testa-testa. Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo la norma UNI EN ISO 14732:2013. Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 15614- 1:2012.**

Per la saldatura ad arco di materiali metallici (saldatura ad innesco mediante sollevamento e saldatura a scarica di condensatori ad innesco sulla punta) si applica la norma UNI EN ISO 14555:2014; valgono perciò i requisiti di qualità di cui al prospetto A1 della appendice A della stessa norma.

Nell'esecuzione delle saldature dovranno inoltre essere rispettate le norme UNI EN 1011:2009 parti 1 e 2 per gli acciai ferritici e della parte 3 per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la norma UNI EN ISO 9692-1:2013.

Per quanto attiene i processi di saldatura, e con riferimento al tipo di azione sulle strutture in relazione alla fatica, si adotta nel presente

progetto il **livello C** della norma UNI EN ISO 5817:2014, secondo quanto previsto dal D.M. 17 gennaio 2018 (si veda anche tabella 11.3.XI del capitolo 11.3.4.5 – “Processo di saldatura” – dello stesso decreto ministeriale).

Per il livello C indicato, dovranno essere rispettati i livelli di requisiti di qualità secondo la norma UNI EN ISO 3834:2006 e il livello di conoscenza tecnica del personale secondo il D.M. 17 gennaio 2018.

Le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione. La quantità e la tipologia di controllo verranno definiti dalla Direzione Lavori e dal Collaudatore; comunque si prevede il controllo di almeno il 30% delle saldature complessive. I costi per i controlli sulle saldature saranno sostenuti dal Committente. Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare utile riferimento alle prescrizioni della norma UNI EN ISO 17635:2017. Tutti gli operatori che eseguiranno i controlli dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN 473:2008 almeno di secondo livello.

Le carpenterie metalliche e tutte le lavorazioni ad esse connesse (saldature, fissaggio di barre filettate, inghisaggi, ecc.) dovranno rimanere a vista, e non dovranno essere rivestite, qualora previsto, prima dell'effettuazione dei controlli sulle saldature. E' a carico dell'appaltatore la predisposizione degli apprestamenti necessari a permettere agli operatori incaricati l'esecuzione dei controlli.

Per quanto riguarda il costruttore delle carpenterie metalliche, oltre alle prescrizioni applicabili di cui al paragrafo 11.3.1.7 del D.M. 17 gennaio 2018 (“Centri di trasformazione”), il costruttore deve essere certificato secondo la norma UNI EN ISO 3834:2006 parti 2 e 4 in relazione alla tipologia dei manufatti realizzati mediante giunzioni saldate; il livello di conoscenza tecnica del personale di coordinamento delle operazioni di saldatura deve corrispondere ai requisiti della normativa di comprovata validità. I requisiti sono riassunti nella tab. 11.3.XI del capitolo 11.3.4.5 – “Processo di saldatura” – del D.M. 17 gennaio 2018.

Le saldature, salvo diversa prescrizione di progetto o della DL, devono essere di 2a classe ed a completa penetrazione, con elettrodi basici di classe di qualità 3 adeguati alle caratteristiche meccaniche degli elementi di acciaio da saldare. I lembi da saldare devono essere esenti da incrostazioni, ruggine, grassi, vernici, presenza di umidità etc.

Non possono essere eseguite saldature in ambienti con temperatura inferiore a -5° C.

Le giunzioni saldate dovranno essere eseguite con le modalità appresso indicate:

- le saldature in cantiere potranno essere eseguite solamente dietro esplicita richiesta della Direzione Lavori e a temperatura non inferiore a 0°C;
- le saldature da eseguire sia in officina che in opera saranno così realizzate:
  - giunti testa-testa, a croce, a T: saranno a completa penetrazione e dovranno risultare di seconda classe;
  - cordoni d'angolo: lo spessore della gola dovrà essere pari a 0,7 volte lo spessore minimo degli elementi da collegare.

### **36.15 PULITURA**

I manufatti grezzi, dopo aver subito tutte le lavorazioni previste e prima del trattamento protettivo (zincatura o verniciatura), verranno trattati, in base alle indicazioni di progetto, allo scopo di asportare tutte le formazioni di calamina, ruggine, etc. Successivamente essi devono essere accuratamente lavati e puliti. Le opere devono risultare scevre da cordoni di saldatura e non presentare segni di molatura superficiale o deformazioni da calore. Devono essere eliminati gli effetti tensionali derivanti dalla saldatura. I punti di connessione per giunti ad attrito o saldati devono essere puliti e finiti con lima a grana sottile e telasmeriglio ed avere spigoli vivi o leggermente arrotondati.

### **36.16 MODALITA' DI ESECUZIONE**

L'Appaltatore verifica e fa proprio il progetto di tutte le strutture metalliche, facendosi carico di tutte le precisazioni, adeguamento puntuale allo stato dei luoghi ed eventuale integrazione di opere, e facendosi carico inoltre della redazione dei disegni di officina.

Prima di dare corso alla lavorazione degli elementi componenti la struttura, si devono sottoporre all'approvazione della DL tutti i disegni di officina. Le opere devono essere attentamente coordinate anche in relazione a tutte le predisposizioni in progetto (ad esempio connessioni, ancoraggi, ecc.). Per la esecuzione delle opere in acciaio, l'Appaltatore deve realizzare tutte le opere murarie e provvisorie necessarie per garantire la perfetta geometria delle strutture in rapporto al progetto, compresi gli impalcati, le centine, le staffe di ancoraggio e sostegno provvisorio, a qualsiasi altezza. Ove previsto in progetto i profili devono essere calandrati secondo archi di cerchio, anche policentrici o elicoidali. Le calandrature, quando non è previsto diversamente in progetto o dalla DL, devono essere eseguite a freddo. Ogni pezzo ed opera completa in ferro devono essere forniti a piè d'opera con trattamento antiruggine, ovvero con zincatura o altro procedimento previsto in progetto.

Le strutture dovranno garantire il requisito R60 secondo le indicazioni di progetto.

L'Appaltatore deve proteggere tutte le parti annegate nella muratura, qualora non zincate o altrimenti protette, mediante applicazione di antiruggine. In cantiere sono vietati, salvo autorizzazione della DL, qualunque tipo di taglio e saldatura.

L'acciaio deve essere lavorato diligentemente, con maestria, regolarità di forme e precisione di dimensioni, secondo le indicazioni di progetto o date dalla DL all'atto esecutivo, con particolare attenzione alle saldature e alle bullonature. Le forature devono essere eseguite con trapano. È vietato l'uso della fiamma. Non sono ammesse eccentricità, relative a fori corrispondenti, maggiori del gioco foro-vite. I tagli non devono presentare strappi, riprese o sbavature. Essi devono essere regolari, passati con la smerigliatrice. Raddrizzamenti, spianamenti, etc. devono essere effettuati con dispositivi agenti a pressione, senza riscaldamento locali per non generare tensioni residue. Per il serraggio dei bulloni devono essere usate chiavi dinamometriche a mano o pneumatiche con precisione non inferiore al 10%. I bulloni vengono prima serrati al 60% della coppia prevista, quindi si procederà al serraggio completo.

### **36.17 MONTAGGIO**

Il montaggio delle strutture sarà effettuato con personale, mezzi d'opera ed attrezzature dell'appaltatore e verrà condotto sotto la sua piena ed incondizionata responsabilità, secondo la progressione temporale prevista a programma.

Il montaggio in opera deve essere affidato ad operai abilitati ad eseguire tali lavori ed in numero sufficiente perché il lavoro proceda con la dovuta sicurezza, con perfezione e celerità. I mezzi di sollevamento o di lavoro dovranno garantire la sicurezza e l'effettuazione dei montaggi nei tempi previsti.

Le dime di montaggio dovranno essere inviate in cantiere con un congruo anticipo.

Le misurazioni in contraddittorio sulle fondazioni e lo scambio delle bindelle saranno fatte in tempo utile e comunque prima del definitivo inghisaggio dei tirafondi. Prima dell'apertura del cantiere dovranno essere definiti per tempo: le aree per le installazioni fisse, le necessità di servizi e utenze, l'area di deposito dei materiali, gli accessi necessari al montaggio, tipi, pesi e carico dei mezzi semoventi, ecc.

Tutte le partite di materiale dovranno essere pesate, all'atto del loro arrivo, presso una pesa pubblica. Analogamente si procederà per l'eventuale uscita di materiali di risulta alla fine dei montaggi.

Tutte le misure per i tracciamenti dovranno avere origine da un unico caposaldo su cui saranno indicate le coordinate di base ed il riferimento per il piano di imposta. All'atto dell'arrivo in cantiere tutti i materiali, sia singoli che composti, dovranno presentare, chiaramente visibili, le marche di riconoscimento d'officina. Nel caso in cui fosse richiesta la verniciatura in officina delle strutture, se queste, all'atto del loro arrivo in cantiere presentassero difetti o danneggiamenti alla medesima, si dovrà procedere all'esecuzione dei necessari ritocchi o ripristini prima della posa in opera.

Particolare cura dovrà essere posta, per evitare danneggiamenti, durante lo scarico, la movimentazione e il tiro in alto dei materiali. Durante queste operazioni si dovranno scrupolosamente osservare le norme di sicurezza.

I lavori dovranno essere eseguiti sotto la direzione di un unico responsabile, a tutti gli effetti, la cui presenza in luogo dovrà essere continuativa.

I materiali d'uso di piccola entità ma necessari al montaggio quali: bulloni, dadi, rosette, ecc., dovranno essere approvvigionati con congrua scorta.

Tutte le misure per i tracciamenti di ogni lotto dell'appalto oggetto delle presenti specifiche dovranno avere origine da un unico caposaldo di cui saranno indicate la posizione, la descrizione ed il riferimento per il piano di imposta.

Di regola il montaggio deve essere eseguito con l'ausilio di bulloni provvisori, che non potranno essere riutilizzati per il montaggio definitivo. Le operazioni di bullonatura e saldatura dovranno essere effettuate nel rispetto rigoroso delle norme e prescrizioni vigenti in materia.

**Per le saldature manuali dovranno essere impiegati elettrodi basici e saldatrici in corrente continua. Ogni saldatura eseguita dovrà essere registrata su apposito giornale di cantiere con accanto il nome del saldatore ed il tipo di elettrodo usato. Inoltre, ogni saldatore dovrà essere munito di patentino rilasciato da Ente autorizzato che ne attesti la qualifica e dovrà essere dotato di punzone personale per la marcatura delle saldature dallo stesso eseguite.**

Non potranno essere montati elementi con parti danneggiate. La D.L. ha la facoltà di ordinare la rimozione di tali elementi anche se già in opera senza che per questo l'Appaltatore possa avanzare pretese economiche di qualsiasi genere.

### **36.18 PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER GLI ELEMENTI ZINCATI**

L'assemblaggio di tutti gli elementi zincati deve avvenire mediante procedimenti che non danneggino in qualunque modo la zincatura, le cui modalità di realizzazione sono descritte al § Art. 36 ZINCATURA DI OPERE IN ACCIAIO.

Gli elementi che devono eventualmente subire tagli, saldature o altri aggiustaggi in fase di assemblaggio o montaggio, tali da provocare la rimozione o il danneggiamento della zincatura, devono essere accuratamente sgrassati, lavati e ritoccati con verniciatura di fondo a base di zincanti inorganici, del tipo composto da polimeri inorganici con l'aggiunta di zinco metallico.

### **36.19 TOLLERANZA**

La posa in opera deve essere eseguita con la massima precisione, rispettando quote, fili allineamenti, piombi per il perfetto posizionamento di ogni elemento.

Le carpenterie montate devono avere le seguenti tolleranze massime:

- fuori piano (distanza di uno dei vertici dal piano definito dagli altri tre): max 1 mm per ogni metro di distanza dallo spigolo più vicino con un max di 4 mm;
- lunghezze: 1/1000 della dimensione nominale con un max di 10 mm; la somma degli scarti tollerati tra gli elementi contigui, sommandosi, deve essere inferiore alla tolleranza max di 10 mm;
- il fuori piombo max delle colonne non deve superare l'1.5/1000 dell'altezza della struttura, con un max di 5 mm.

### **36.20 MESSA A TERRA**

Si deve assicurare la continuità elettrica fra i vari elementi costituenti la struttura e si devono predisporre, nelle posizioni indicate dalla DL, i necessari attacchi per le connessioni alla rete di messa a terra generale della costruzione.

### **36.21 MODALITA' DI CONSERVAZIONE E CURA**

Tutti i materiali devono essere protetti contro gli urti accidentali e le aggressioni fisiche e chimiche durante il trasporto al cantiere, la movimentazione nell'ambito dello stesso e la messa in opera. Le opere in carpenteria metallica devono essere protette contro gli urti accidentali e le aggressioni fisiche e chimiche. Nel caso di inadempienza la responsabilità per eventuali danni sarà di esclusiva pertinenza dell'Appaltatore.

### **36.22 PROVE DI CONTROLLO IN FASE ESECUTIVA**

L'impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni momento alla esecuzione delle prove sulle opere in carpenteria metallica secondo quanto previsto al paragrafo 2.2 del presente capitolato.

Le prove su materiali e prodotti, a seconda delle specifiche procedure applicabili, come specificato di volta in volta, devono generalmente essere effettuate da:

- a) laboratori di prova notificati ai sensi del Regolamento Europeo 305/2011 (CPR);
- b) laboratori di cui all'art.59 del DPR n.380/2001;
- c) altri laboratori, dotati di adeguata competenza ed idonee attrezzature, appositamente abilitati dal Servizio Tecnico Centrale.

Inoltre, in particolare la Direzione Lavori si riserva di far eseguire sui dispositivi di ritenuta con archetti (collegamento travi – tegoli di copertura) una prova su un dispositivo campione analogo a quelli di progetto, testato con prova "ciclica" a trazione con successione di carico e scarico a carichi crescenti fino a rottura, secondo le specifiche da concordare con il Collaudatore.

## **NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

I manufatti in acciaio, composti da lamiere, profilati, tubi, getti di fusione, ecc., saranno pagati secondo i prezzi di elenco in base al loro peso, che dovrà essere determinato prima della posa in opera mediante pesatura in contraddittorio tra Direzione lavori ed Impresa, con stesura di apposito verbale controfirmato dalle parti.

Rispetto al peso teorico, determinato sulla base delle distinte dei materiali riportate sui disegni costruttivi di officina, è ammessa una tolleranza in più o in meno del 4% (quattro per cento).

Se il peso effettivo risulterà inferiore al peso teorico diminuito della tolleranza, la Direzione Lavori non accetterà la fornitura. Se il peso effettivo risulterà invece superiore al peso teorico aumentato della tolleranza, verrà compensato solo il peso teorico aumentato del valore di tolleranza.

Ogni operazione di pesatura dovrà riferirsi a parti di uno stesso manufatto.

Viene pertanto esclusa la pesatura cumulativa di elementi appartenenti a manufatti diversi anche quando si tratta di controventi, piastrame, bullonerie rosette, ecc. .

I prezzi d' elenco comprendono e compensano:

- la fornitura di tutti i materiali;
- le armature di sostegno e le impalcature di servizio;
- la lavorazione secondo i disegni esecutivi di progetto, compresa l'esecuzione dei necessari fiorì, la saldatura, chiodatura e ribattitura, gli sfridi di lavorazione;
- la verniciatura, ove indicato, compresa una prima mano di antiruggine e le due successive con vernice precisata nell'elenco prezzi;
- la posa ed il fissaggio in opera;
- ogni altra fornitura, prestazione ed onere per dare l'opera compiuta a perfetta regola d'arte.

**Art. 37 ZINCATURA DI OPERE IN ACCIAIO**

La zincatura a caldo è un processo che permette la formazione di un rivestimento di zinco su oggetti di acciaio attraverso l'immersione a caldo. Questo tipo di protezione permette la formazione di uno strato di lega intermedio zinco-ferro con proprietà di durezza e resistenza maggiori di quella del ferro, protettivo contro la corrosione.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

L'acciaio atto alla zincatura dovrà essere a basso tenore di silicio, circa 0.12÷0.30 % (% di massa).

Lo zinco da usare nel bagno di zincatura deve essere di una delle qualità commerciali di zinco di prima fusione con purezza non minore di quella dello zinco ZN A 98.25, alla temperatura di circa 450°.

La determinazione della massa dello strato di zincatura per unità di superficie deve essere condotta seguendo il metodo della doppia pesata, oppure il metodo della dissoluzione chimica (metodo secondo Aupperle). Il metodo della dissoluzione chimica (metodo secondo Aupperle) fornisce un risultato numericamente più elevato di quello della doppia pesata, perché viene pure disciolto il ferro contenuto nella lega zinco-ferro. La massa dello strato di zincatura per unità di superficie, misurata su 3 provette con le modalità prescritte nella norma, non dovrà essere inferiore ai seguenti valori prescritti nella predetta norma:

CATEGORIE	MASSA DELLO STRATO DI ZINCATURA PER UNITA' DI SUPERFICIE	
	Risultato medio di un gruppo di provette min. g/m <sup>2</sup>	Risultato per ciascuna provetta singola min. g/m <sup>2</sup>
Strutture di acciaio profilato e strutture composte con parti di acciaio avente spessore maggiore di mm 5	500	450
Oggetti fabbricati in lamiera di acciaio avente spessore minore di mm 1	350	300
Perni, viti, bulloni e dadi con diametro maggiore di mm 9	375	300
Oggetti di ghisa, di ghisa malleabile e di acciaio fuso	500	450

Le caratteristiche visive dello strato di zincatura devono essere controllate in base a quanto indicato di seguito:

1) La superficie significativa degli articoli zincati per immersione a caldo, quando sottoposta a esame con vista normale corretta, deve risultare esente, alla distanza di 1 m:

- da noduli;
- da rigonfiamenti (per esempio aree sollevate dal metallo sottostante);
- da rugosità;
- da parti taglienti (che possano causare lesioni);
- da aree non rivestite.

2) Lo strato di zincatura deve risultare continuo e senza macchie nere. La formazione di aree grigie più chiare o più scure (per esempio il disegno a cellule di aree grigio scuro) o alcune disomogeneità superficiali, non deve essere causa di scarto; anche macchie dovute a conservazione in ambiente umido (prodotti della corrosione bianchi o scuri principalmente a base di ossido di zinco formati durante il periodo di immagazzinamento in condizioni di umidità dopo la zincatura per immersione a caldo) non devono essere causa di scarto, a condizione che lo spessore del rivestimento rimanga maggiore del valore minimo specificato.

3) Non devono essere ammessi residui di flusso. Non devono essere ammessi grumi e ceneri di zinco quando possono influenzare l'uso cui è destinato l'articolo zincato per immersione a caldo o i suoi requisiti per la resistenza alla corrosione.

Se i saggi e le provette, nel controllo della massa dello strato di zincatura, non risultano conformi alle prescrizioni relative alla determinazione della massa dello strato di zincatura, in base al metodo di determinazione dell'intera doppia pesata, deve essere eseguito il metodo della dissoluzione. Se con questo sistema i saggi o le provette risultano conformi, l'intera partita è accettata; in caso contrario essa è rifiutata. Gli oggetti costituenti la partita rifiutata possono eventualmente essere nuovamente zincati e quindi ripresentati al collaudo. Se i saggi o le provette, nel controllo della uniformità dello strato di zincatura, non risultano conformi alle prescrizioni riportate nel "Prospetto II" (vedi seguito), si devono controllare altre due serie di saggi o di provette. Se entrambe queste serie risultano conformi, la partita è accettata; in caso contrario essa è rifiutata.

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Si intendono applicate le seguenti norme:

- UNI EN ISO 14713:2017 Rivestimenti di zinco - Linee guida e raccomandazioni per la protezione contro la corrosione di strutture di acciaio e di materiali ferrosi,
- UNI EN ISO 1461:2009 Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova,
- EUR 24286 EN:2013 Zincatura a caldo di componenti in carpenteria metallica prefabbricati.

Inoltre, la norma EN 1090 parte 2 - par. 10 e Allegato F, stabilisce alcuni requisiti aggiuntivi per la zincatura.

Per tutte le norme citate si intendono applicate le successive modifiche ed integrazioni.

**37.1 PREPARAZIONE SUPERFICI / ELEMENTI****FORI**

Gli elementi da trattare con zincatura devono innanzitutto essere dotati di fori di sfiato e scarico, in particolare nel caso di corpi cavi, per permettere il passaggio sia dell'aria che dello zinco all'interno della cavità, in modo da ottenere un rivestimento anche all'interno del manufatto. Il diametro dei fori non deve essere inferiore a 8 mm.

In caso di presenza di piastre di testata o di irrigidimento, queste devono essere smussate.

La posizione dei fori di sfiato deve essere attentamente valutata, in accordo tra il progettista e lo zincatore, in modo da evitare accumuli di zinco e sovrasspessori o esplosioni durante le operazioni di immersione.

**PUNTI DI SOLLEVAMENTO**

È opportuno che gli elementi da trattare con zincatura siano dotati di punti di sollevamento e di ancoraggio. Fino all'altezza di 2,80 m è sufficiente prevedere un punto di ancoraggio, oltre tale misura devono essere previsti 2 punti di ancoraggio.

**SUPERFICIE**

Sugli elementi da trattare va eseguita una corretta laminazione che evita di ottenere una superficie molto ruvida causata dal sollevamento di scaglie di ferro.

È da evitare l'utilizzo di pennarelli o vernici contenenti siliconi o olii che creano un film protettivo che impedisce al pretrattamento di eseguire una perfetta pulizia della superficie e delle saldature. In questo caso la zincatura risulterà irregolare e sarà necessaria la rilavorazione del pezzo.

**37.2 MODALITA' DI ESECUZIONE**

Tutte le zincature dovranno essere eseguite a caldo mediante procedimento elettrolitico, tale da determinare un rivestimento metallico di zinco sull'acciaio, ottenuto per fusione dello zinco nel ferro a 450° C. Dopo la zincatura è ammessa la rifusione di parti dello strato di zincatura con torcia o altro mezzo per riparare eventuali difetti. Dopo centrifugazione, il numero degli oggetti attaccati insieme non deve eccedere l'1% del totale. Lo strato di zincatura deve risultare aderente affinché possa resistere senza criccarsi o spellarsi, quando sia sottoposto alle sollecitazioni derivanti dal normale ciclo tecnologico o dalle normali condizioni di impiego.

**37.3 SPESSORE DEL RIVESTIMENTO E CORROSIONE**

La durata del periodo di protezione contro la corrosione da parte dei rivestimenti realizzati mediante zincatura per immersione a caldo è proporzionale allo spessore del rivestimento.

Nel caso di condizioni estremamente aggressive e/o una durata in servizio eccezionalmente lunga, possono essere richiesti rivestimenti con spessori maggiori di quelli previsti.

Lo spessore minimo del rivestimento da ottenere secondo la norma UNI EN ISO 1461:2009 sui diversi materiali è riportato nella tabella sottostante.

ARTICOLO E SPESSORE DEL MATERIALE	SPESSORE LOCALE DI RIVESTIMENTO (minimo) $\mu\text{m}$	SPESSORE MEDIO DI RIVESTIMENTO (minimo) $\mu\text{m}$
<b>Acciaio &gt; 6 mm</b>	<b>70</b>	<b>85</b>
<b>3 mm &lt; Acciaio <math>\leq</math> 6 mm</b>	<b>55</b>	<b>70</b>
<b>1.5 mm <math>\leq</math> Acciaio <math>\leq</math> 3 mm</b>	<b>45</b>	<b>55</b>
<b>Acciaio &lt; 1.5 mm</b>	<b>35</b>	<b>45</b>
<b>Fusioni di ghisa <math>\geq</math> 6 mm</b>	<b>70</b>	<b>80</b>
<b>Fusioni di ghisa &lt; 6 mm</b>	<b>60</b>	<b>70</b>

La tabella successiva mostra invece la velocità di corrosione dello strato di zinco secondo la normativa UNI-EN-ISO 14713 previa individuazione della categoria di corrosività, ovvero dell'aggressività dell'ambiente.

Nella tabella sono riportati i valori della perdita media annuale di spessore di zinco in funzione di sei differenti ambienti di esposizione.

Codici	Categoria di corrosività	Rischio di corrosione	Perdita media spessore zinco (µm/anno)
C1	Interno: asciutto	Molto basso	< 0,1
C2	Interno: condensa occasionale Esterno: area rurale esposta nell'entroterra	Basso	da 0,1 a 0,7
C3	Interno: alta umidità, leggero inquinamento dell'aria Esterno: Area entroterra urbana o area costiera temperata	Medio	da 0,7 a 2
C4	Interno: piscine, impianti chimici, ecc Esterno: Area industriale entroterra o area costiera urbana	Alto	da 2 a 4
C5	Esterno: Area industriale con alta umidità o area costiera ad alta salinità	Molto Alto	da 4 a 8
Im2	Acqua marina in regioni temperate*	Molto Alto	da 10 a 20

### 37.4 RIPARAZIONI

Le aree complessive non rivestite da riparare da parte dello zincatore non devono essere maggiori dello 0,5% dell'area di superficie totale di un componente. Ciascuna area non rivestita da riparare non deve essere maggiore di 10 cm<sup>2</sup>.

Se è prevista la verniciatura lo zincatore deve comunicare al cliente il tipo di riparazione che intende adottare.

Lo spessore del rivestimento per la riparazione sulle aree scoperte deve essere maggiore di almeno 100 µm a meno di situazioni particolari (sistema duplex, zincatura + verniciatura).

Il rivestimento sulle aree restaurate deve essere in grado di fornire protezione assoluta all'acciaio su cui viene applicato.

### 37.5 CERTIFICAZIONI E PROVE

I saggi devono essere costituiti o dagli oggetti stessi da controllare oppure, quando ciò sia impossibile, da appositi pezzi della stessa qualità di materiale da sottoporre a zincatura insieme agli oggetti che rappresentano.

Il numero e il genere degli oggetti o saggi significativi da usare per ciascuna prova devono essere concordati tra committente e zincatore. Il saggio scelto deve essere sottoposto per intero al controllo se la sua superficie è minore di 100 cmq. Nel caso di saggi di maggiore superficie, la parte da ricavare (provetta) per il controllo deve avere una superficie non minore di 100 cmq. Al fine di promuovere e sostenere processi sostenibili, i trattamenti dovranno essere eseguiti in aziende con certificazione di sistema Qualità (ISO 9001), Ambiente (ISO 14001), Sicurezza (OHSAS 18001), operanti su siti produttivi registrati EMAS. I trattamenti devono essere stati sottoposti a studio del ciclo di vita (LCA) e disporre di Dichiarazione Ambientale di Prodotto EPD. Il tutto permetterà di calcolare l'impatto ambientale della carpenteria (ferro, lavorazioni, trattamenti e montaggio) in termini di CO<sub>2</sub> equivalente.

I trattamenti dovranno essere accompagnati da dichiarazione di conformità ai requisiti indicati, redatti secondo la ISO/IEC 17050-1, Dichiarazione Ambientale di prodotto EPD e registrazione EMAS del sito produttivo.

La zincatura verrà ispezionata alla sua realizzazione seguendo i dettami della norma di riferimento UNI EN ISO 1461.

Lo spessore di zincatura dovrà essere sottoposto a verifica di accertamento mediante utilizzo di spessimetro digitale.

### 37.6 ZINCATURA DI LAMIERE

La zincatura a caldo delle lamiere sottili dovrà essere effettuata secondo le prescrizioni delle norme UNI EN 10346:2009 e UNI EN 10147:1993 e le lamiere dovranno essere del tipo Fe Z 34. La lavorazione per la curvatura delle lamiere dovrà essere eseguita nel senso della laminazione.

Per le lamiere zincate (procedimento Senzimir) il rivestimento potrà essere del tipo da 381 g/mq; fino a 0,6 mm di spessore, l'acciaio dovrà essere del tipo Fe 34, per lo spessore di 0,8 mm o superiore l'acciaio dovrà essere del tipo Fe 42. La finitura delle lamiere stesse dovrà essere eseguita con acido cromico.

## NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

**Art. 38 OPERE IN ACCIAIO INOX****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

L'acciaio inossidabile dovrà essere conforme alle norme AISI 304 o AISI 316 a seconda delle previsioni di progetto o delle indicazioni della Direzione dei Lavori.

Il Direttore dei Lavori potrà richiedere per gli acciai inossidabili certificazioni riguardante le prove definite dalle seguenti norme:

- UNI 3666/65,
- UNI 4008/66,
- UNI 4009/66,
- UNI 4261/66,
- UNI 4262/66,
- UNI 4263/65,
- UNI 4530/73,
- UNI 5687/73,
- UNI 5890/66,
- UNI 5891/66,
- UNI 6375/68,
- UNI 6376/68,
- UNI EN ISO 8565/11,
- UNI EN ISO 9227/12,
- UNI EN ISO 3651-1/00.

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Si intendono applicate le seguenti norme:

- UNI EN 10088-1:2014 Acciai inossidabili - Parte 1: Lista degli acciai inossidabili
- UNI EN 10088-3:2014 Acciai inossidabili - Parte 3: Condizioni tecniche di fornitura dei semilavorati, barre, vergella, filo, profilati e prodotti trasformati a freddo di acciaio resistente alla corrosione per impieghi generali
- UNI EN 10088-2:2014 Acciai inossidabili - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura delle lamiere, dei fogli e dei nastri di acciaio resistente alla corrosione per impieghi generali
- UNI EN ISO 7500-1:2016 Materiali metallici - Verifica delle macchine di prova statica uniassiale - Parte 1: Macchine di prova a trazione/compressione - Verifica e taratura del sistema di misurazione delle forze
- UNI EN ISO 9445-2:2010: Acciai inossidabili laminati a freddo in continuo - Tolleranze sulle dimensioni e sulla forma - Parte 2: Bandelle e nastri larghi Per tutte le norme citate si intendono applicate le successive modifiche ed integrazioni.

**PRESCRIZIONI GENERALI**

L'acciaio inox utilizzato sarà del tipo AISI 304 in base alla normativa EN 10088, secondo dimensioni, forme e spessori riportati negli elaborati grafici di progetto.

Tutte le saldature dovranno essere di 1a classe e a completa penetrazione.

Durante le lavorazioni si dovranno rispettare le seguenti prescrizioni:

- piastre, lamiere e in generale ogni articolo saranno ben dritti e spianati;
- i fori devono essere eseguiti completamente al trapano;
- i tagli delle connessioni devono essere eseguiti con precisione ed esattezza in modo che queste non presentino discontinuità.

La D.L. ha la facoltà di far eseguire esami e prove di accettazione di tutti i materiali, prima dell'inizio delle lavorazioni. A lavorazioni avvenute i manufatti devono essere sottoposti all'accettazione provvisoria del Committente, che vi provvede a mezzo di propri incaricati, i quali ne verificano l'esatta e perfetta lavorazione e la rispondenza alle prescrizioni. L'Appaltatore ha l'obbligo di controllare il fabbisogno dei vari manufatti rilevandone in posto le misure ed il tipo ed il numero esatto di pezzi occorrenti. Prima di iniziare la messa in opera l'Appaltatore deve inoltre verificare la congruenza delle dimensioni dei manufatti con quelle delle strutture destinate a riceverli. Nel caso che detta congruenza non sia realizzata per difetto di esecuzione delle strutture e/o dei manufatti, la D.L. prescrive i provvedimenti da adottare, i cui oneri sono a totale carico dell'Appaltatore. Tutti i manufatti devono essere collocati in opera mediante fissaggio alle strutture di sostegno come indicato negli elaborati di progetto.

L'Appaltatore dovrà altresì provvedere:

- alla lavorazione di elementi anche articolati e di forma non lineare previsti in progetto;
- alla eventuale esecuzione delle calandrate secondo archi circolari;
- alla esecuzione di tutte le lavorazioni quali tagli, forature, saldature, piegature, accoppiamenti necessarie per la realizzazione delle opere previste.

Gli elementi in acciaio inox saranno fissati alle strutture portanti mediante tasselli di dimensioni e tipi indicati negli elaborati di progetto; l'assemblaggio di elementi in acciaio inox sarà ottenuto mediante dadi, bulloni, brugole rigorosamente in acciaio inox.

**TRATTAMENTI**

Gli acciai inox durante le fasi lavorative dovranno essere accuratamente sottoposti alle seguenti operazioni.

**SGRASSAGGIO**

Con questa operazione devono essere rimosse tutte le tracce di grasso dalla superficie dell'elemento di acciaio inossidabile, prima di

sottoporlo al trattamento di finitura superficiale. Lo sgrassaggio può essere effettuato con diversi metodi quali lavaggio con soluzioni alcaline, con emulsioni, con solventi, con detergenti oppure a mezzo di trattamento mediante getti di vapore o di acqua calda in pressione e pulitura con ultrasuoni.

#### **DECAPAGGIO**

Con il decapaggio devono essere rimosse le eventuali scaglie di ossidi che si formano quando un manufatto subisce un riscaldamento a temperatura elevata in presenza di ossigeno atmosferico come accade, per esempio, durante la fucinatura, la laminazione a caldo, la saldatura, ecc. I sistemi di decapaggio possono essere di tipo meccanico (per esempio sabbiatura con sabbia silicea) che di solito precedono quelli chimici quando la quantità di scaglia è di notevole spessore e risulta molto aderente alla superficie. Durante le operazioni di decapaggio è assolutamente necessario predisporre gli ambienti con opportuni sistemi di sicurezza e procedere poi a lavaggi accurati dei manufatti, in quanto i bagni di decapaggio sono fortemente aggressivi e a volte tossici. Se la scaglia è molto aderente è necessario evitare tempi di permanenza troppo prolungati nei bagni di decapaggio per evitare il danneggiamento dei manufatti; è preferibile, in questo caso, alterare ai bagni di decapaggio un'azione meccanica di spazzolatura.

#### **DECONTAMINAZIONE**

Con questo trattamento devono essere rimosse dalla superficie di acciaio inossidabile le tracce ferrose o di altri metalli che l'avessero contaminata durante le lavorazioni. L'operazione consiste nell'immergere o irrorare le superfici del manufatto con apposite soluzioni in grado di sciogliere le parti inquinanti e di ricostituire lo strato passivo eventualmente danneggiato. Dopo la decontaminazione, che non deve in alcun modo alterare lo stato superficiale del manufatto o del semilavorato, si deve eseguire un accurato lavaggio con acqua, così da rimuovere qualsiasi traccia di soluzione acida.

#### **FINITURA**

Tutte le opere in acciaio inox saranno rifinite superficialmente mediante spazzolatura a grana fine e/o altro idoneo trattamento al fine di presentare superficie omogenea con aspetto satinato, mai lucido.

**Art. 39 MANUFATTI IN ACCIAIO****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI****39.1 STRUTTURA IN LAMIERA GRECATA**

Sarà in acciaio zincato e preverniciato con altezza della greca e spessore definiti dal progetto.

Il ciclo di verniciatura consiste in un decapaggio della superficie metallica, seguito dalla stesura di uno strato di primer dello spessore di 5 micron su entrambi i lati; infine viene applicato sul lato a vista uno strato di vernice in resina poliestere dello spessore di 18 micron.

Le lastre vengono montate in orizzontale o in coperture con pendenze come indicato dal produttore e fissate su correnti in metallo o legno predisposti ad interasse idoneo come previsto dalle condizioni di carico. Il fissaggio delle lastre all'orditura sottostante viene eseguito mediante apposite viti in acciaio zincato autofilettanti o automaschianti in funzione del materiale utilizzato per l'orditura stessa, e dotate di rondelle coniche e guarnizioni di tenuta in elastomero EPDM. Il sormonto laterale tra le lastre viene realizzato con la sovrapposizione prevista dal produttore, generalmente di una greca e mezza.

È possibile realizzare lavorazioni speciali sulle lastre quali calandrate o piegature con deformazione controllata.

**39.2 PANNELLI SANDWICH****39.2.a Caratteristiche dei pannelli**

Saranno a doppio rivestimento metallico, per pareti verticali coperture con pendenza non inferiore a 7%, coibentati all'interno con idoneo materiale, atto a garantire le prestazioni minime richieste (poliuretano, lana di roccia, ecc.) dello spessore indicato in progetto, variabile da 50 a 150 mm.

Dovranno rispondere alle seguenti normative:

- UNI EN 14509:2013: Pannelli isolanti autoportanti a doppio rivestimento con paramenti metallici - Prodotti industriali - Specifiche,
- UNI EN 14782:2006: Lastre metalliche autoportanti per coperture, rivestimenti esterni e interni - Specifica di prodotto e requisiti,
- UNI EN 1993-1-3:2007: Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-3: Regole generali - Regole supplementari per l'impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegati a freddo,
- UNI EN 1993-1-5:2007: Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-5: Elementi strutturali a lastra.

Le lamiere potranno essere lisce, microdogate o profilate a 5 greche, per aumentare la resistenza ai carichi statici e dinamici. Saranno in acciaio zincato preverniciato (EN 10346).

I pannelli dovranno garantire le seguenti prestazioni:

Spessore nominale (mm)	Trasmittanza Termica in Accordo UNI EN 14509 A.10 U (W/m² K)	Coefficiente di Trasmissione Termica Medio Iniziale in Accordo EN ISO 6946 K (W/m² K)
50	0,85	0,59
60	0,72	0,50
80	0,52	0,38
100	0,41	0,31
120	0,34	0,26
150	0,28	0,21

REAZIONE AL FUOCO in conformità al EN 13501-1: A2-S1-D0

RESISTENZA AL FUOCO (lamiera superiore ed inferiore spessore 0,6 mm):

REI 30 per pannello di sp. 50 mm (secondo EN 13501-2)

REI 60 per pannello di sp. 80 mm (secondo EN 13501-2)

REI 120 per pannello di sp. 100 mm (secondo EN 13501-2)

FONOSOLAMENTO  $R_w = 31$  dB

Fonoassorbimento: coefficiente di assorbimento acustico pesato  $\alpha_w = 1$

È possibile realizzare lavorazioni speciali sulle lastre quali precurvature.

**39.2.b Montaggio pannelli di copertura**

Il montaggio dovrà essere realizzato nel modo seguente:

- Controllo che gli arcarecci siano posizionati secondo il progetto e che non presentino deformazioni.
  - Sollevamento in quota con l'ausilio di gru munite di bilancieri di adeguata lunghezza, in modo da sostenere il pacco in due punti distanti circa 1/5 della lunghezza del collo. Per l'imbracatura servirsi esclusivamente di cinghie in nylon o canapa. Evitare in modo più assoluto l'uso di funi in acciaio. Per evitare lo schiacciamento dei bordi dei pannelli, è buona norma interporre tra il pacco e le cinghie delle tavole di protezione. Inoltre accompagnare il pacco con una fune, per evitarne l'oscillazione durante il sollevamento in copertura. In funzione della pendenza del tetto ci si dovrà assicurare che i pannelli non scivolino o non vengano sollevati dal vento, predisponendo sistemi idonei di arresto.
  - Prima del montaggio deve essere rimosso il film protettivo di polietilene su tutta la lunghezza del pannello. Verificare attentamente che sulla superficie non vi siano tracce di adesivo residuo della pellicola protettiva. Nel caso se ne rilevasse la presenza, eliminare utilizzando un detergente in soluzione acquosa.
  - Qualora siano state effettuate le incisioni per la predisposizione alla sovrapposizione dei pannelli in falda, o per lo sporto in gronda, (endlapping) prima di procedere al montaggio eseguire l'asportazione del poliuretano. Ove, conseguentemente al controllo dei pannelli in cantiere, risultassero evidenti tracce di fuoriuscita di poliuretano nella zona di sovrapposizione laterale, gli operatori addetti alla posa provvederanno alla rimozione del materiale in eccesso.
  - Montaggio delle lattonerie complementari alla realizzazione della copertura quali sotto-colmi, canali di gronda, faldali e quant'altro previsto al di sotto dell'elemento pannello.
  - Individuare il punto di partenza del 1° pannello. Posizionare e successivamente fissare il pannello avendo cura di controllare il suo allineamento rispetto ai sottostanti arcarecci. Solo per il primo pannello eseguire il fissaggio a valle della prima greca, per ogni sottostante arcareccio.
  - La posa dei successivi pannelli si esegue sovrapponendo la greca vuota sulla greca piena del primo pannello. Posizionato il pannello, con l'ausilio del trapano, predisporre il foro per la vite che dovrà essere perpendicolare alla superficie del pannello e centrata sulla greca; per essere sicuri di questo centraggio si usi come dima un cappellotto. Verificare la perfetta realizzazione della sovrapposizione controllando che le superfici esterne dei due pannelli contigui siano a contatto e livellate.
- Per assicurare un effetto uniforme ai pannelli di copertura, questi vengono collegati, tra un arcareccio e l'altro, nella loro sovrapposizione, con un'ulteriore vite di cucitura diam. 6.3 x 20 più cappellotto e rondella.
- Quando la lunghezza della falda richiede l'utilizzo di più pannelli, si esegue la posa degli stessi, per fasce da sinistra verso destra, operando come sopra indicato.
- La sovrapposizione o sormonto di falda tra pannelli (endlapping) va da un minimo di 100mm ad un massimo di 300mm. La lunghezza del sormonto sarà determinata in funzione della pendenza della copertura.
- Per conferire al sormonto una maggior tenuta agli agenti atmosferici è buona norma interporre tra le lamiere, a valle del gruppo di fissaggio, una o due strisce di mastice sigillante.

Il fissaggio dei pannelli può essere:

- nascosto,
  - a vista, con incastri maschio-femmina, con appositi cappellotti metallici e guarnizione o viti passanti.
- Il fissaggio con viti viene normalmente eseguito con viti tipo BS 6.3 in corrispondenza delle nervature principali per quanto riguarda i pannelli di parete, e cappellotto con guarnizione incorporata più rondella per i pannelli di copertura, e comunque in maniera non difforme da quanto specificato dal progetto. Le viti saranno con la testa in PVC di lunghezza pari a  $S + 20$  mm dove  $S$  = spessore pannelli. Il numero dei fissaggi dovrà essere determinato dal progettista che dovrà tenere in considerazione la direzione dei venti dominanti, l'altitudine, i carichi e sovraccarichi agenti.

### 39.2.c Montaggio pannelli di parete

Il montaggio dovrà essere realizzato nel modo seguente:

- Controllo che i correnti di parete siano posizionati secondo il progetto e che non presentino deformazioni.
- Sollevamento in quota variabile in funzione sia della lunghezza dei pannelli che della quota inferiore di partenza. Nel caso di una parete con partenza da quota max. di 1,50 dal piano di calpestio e pannelli di lunghezza tra i 4 ÷ 6 m., il sollevamento si può eseguire semplicemente a mano o con l'ausilio di una fune. Nei casi in cui i pannelli debbano essere sollevati ad un'altezza dove non è possibile operare da terra, si consiglia il tiro a mezzo di gru o di verricelli unitamente all'ausilio di un cavo munito di 2 staffe che saranno utilizzate, una nella parte inferiore del pannello e l'altra (munita di manicotto scorrevole), sulla parte superiore del pannello. Un anello di sicurezza con moschettone ed una corda guida completano il dispositivo di sollevamento.
- Prima del montaggio deve essere rimosso il film protettivo di polietilene su tutta la lunghezza del pannello. Verificare attentamente che sulla superficie non vi siano tracce di adesivo residuo della pellicola protettiva. Nel caso se ne rilevasse la presenza, eliminare utilizzando un detergente in soluzione acquosa.
- Posa della scossalina di base. Generalmente viene posata su muratura in calcestruzzo armato.
- In base ai disegni esecutivi si individua l'inizio della posa del primo pannello e si procede alla sua messa in opera avendo cura di verificarne la perfetta perpendicolarità. Procedere al fissaggio del pannello sui correnti di parete con le viti in dotazione. Le viti vengono poste sopra i rinforzi trapezoidali presenti sulla lamiera esterna.
- Prima di posare i successivi pannelli, controllare che le zone di contatto delle lamiere dei pannelli siano pulite e libere da eventuali sbavature di poliuretano. Verificare la perfetta realizzazione dell'accoppiamento e procedere al fissaggio.

### 39.2.d Stoccaggio

Qualora si verifichi l'esigenza di stoccare Max. 3 pacchi sovrapposti dovranno essere incrementati gli appoggi con materiali idonei.

Per lo scarico ed il sollevamento utilizzare idonei bilancini ed imbragare i pacchi uno alla volta con braghe in canapa o similari, di larghezza non inferiore a 150 mm con interposte sopra e sotto il pacco tavole rigide di lunghezza adeguata (per impedire lo schiacciamento laterale del pacco).

Depositare i pannelli o lamiere con una pendenza minima del 4% per non consentire eventuali ristagni d'acqua.

La condizione ottimale di stoccaggio è in ambiente chiuso. Quando questo non è possibile occorre realizzare adeguati piani di appoggio e proteggere i pannelli o le lamiere con teli impermeabili che consentano il passaggio dell'aria.

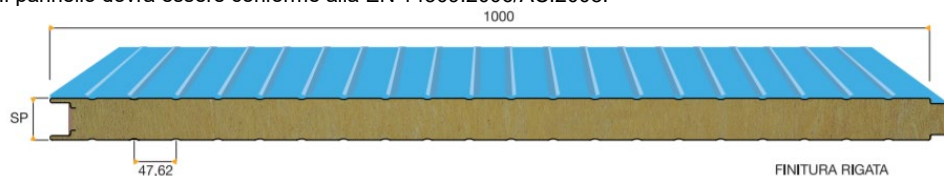
Rimuovere la protezione adesiva prima del montaggio e comunque non oltre 100 giorni solari dalla data di produzione.

I materiali zincati devono essere utilizzati in un brevissimo lasso di tempo in quanto temono particolarmente l'umidità.

**39.3 PANNELLI DI TAMPONAMENTO LATERALE**

Il pannello metallico dovrà essere autoportante del tipo Adria Wall Rock o similari. Il pannello dovrà essere costituito da due lamiere microrigate con interposto uno strato isolante in lana di roccia. La lana di roccia, a fibre orientate disposte ortogonalmente rispetto al piano delle lamiere, dovrà essere posizionata in listelli a giunti sfalsati longitudinalmente e compatti trasversalmente.

Il pannello dovrà essere conforme alla EN 14509:2006/AC:2008.

**Caratteristiche lamiera esterna:**

Spessore:	0,5 – 0,6 mm Acciaio zincato a caldo e preverniciato conforme a Norma Uni En 10143
Qualità:	S250 GD
Finitura:	Micronervature con passo 47,62 mm
Verniciatura:	base poliestere (5µm primer + 20 µm)
Colore:	bianco grigio (simil ral 9002) altri colori a richiesta

**Caratteristiche lamiera interna:**

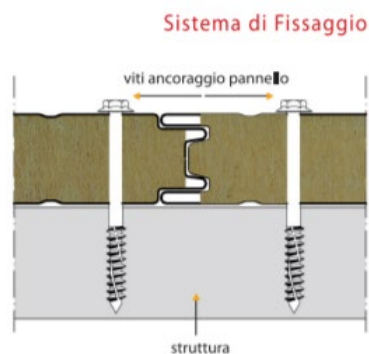
Spessore:	0,5 mm Acciaio zincato a caldo e preverniciato conforme a Norma Uni En 10143
Qualità:	S250 GD
Finitura:	Micronervature con passo 47,62 mm
Verniciatura:	base poliestere (5µm primer + 20 µm)
Colore:	bianco grigio (simil ral 9002) altri colori a richiesta

**Caratteristiche materiale isolante interno:**

Tipologia:	lana di roccia	Densità nominale: 100 kg/m <sup>3</sup> +/- 8 kg/m <sup>3</sup>
------------	----------------	---

**Caratteristiche dimensionali e fisiche del pannello:**

Passo Utile (mm)	:	1.000
Spessore pannello (mm)	:	50-60-80-100-120-150
Lunghezza massima (mm)	:	15.500

**Tolleranze Dimensionali**

	dimensioni	scostamenti
lunghezza pannello	≤ 3 mt. > 3 mt.	± 5 mm. ± 10 mm.
larghezza utile pannello	1000 mm.	± 2 mm.
spessore pannello	S ≤ 100 mm. S > 100 mm.	± 2 mm. ± 2 %
scostamento dall'ortogonalità	1000 mm.	6 mm.

Tolleranze produttive indicate secondo norma EN 14509

**39.4 ROTAIE**

Saranno di tipo Burbach, realizzate in acciaio conforme alla norma DIN 536 comprensive di cuscinetto elastomerico e sistemi di fissaggio diretto. Gli accessori dovranno avere le caratteristiche indicate nella scheda tecnica del prodotto.

Sigla	Misure principali				Momento d'inerzia	Modulo di resistenza	Resistenza alla trazione	Peso
	H	B	P	A	Jx cm <sup>4</sup>	Wx cm <sup>3</sup>	Kg/mm <sup>2</sup>	Kg/m
A 45	55	45	125	24	90	27.0	70	22.1
A 55	65	55	150	31	178	45.6	70	31.8
A 65	75	65	175	38	319	71.4	70	43.1
A 75	85	75	200	45	531	105.4	70	56.2
A 100	95	100	200	60	858	162.2	70	74.3
A 120	105	120	220	72	1361	235.1	70	100.0

A 150	150	150	220	80	4373	565.7	70	150.3
-------	-----	-----	-----	----	------	-------	----	-------

Le rotaie dovranno essere fornite dei rispettivi certificati di analisi e corredate dalle schede tecniche complete.

### **39.5 PESA TIPO BURIMEC SERIE M/E**

Si dovrà installare una pesa a ponte del tipo Burimec serie M/E composta da robusta piattaforma metallica in acciaio S275JR con travi tipo IPE delle dimensioni 18x3x0,4.

La pesa dovrà essere del tipo interrato con una portata nominale di 80 t, divisione minima 20kg, nr. 8 celle di carico del tipo a compressione da 30t caduana, omologata OIML R60, terminale elettronico del tipo BU500 o equivalenti, antivibrante paracolpi 60x25 e stampante del tipo Espon TM-U295 o similari.

La modalità di funzionamento dovrà essere:

- Temperatura di funzionamento da -10 a +50 °C;
- Temperatura di immagazzinamento da -30 a +70°C
- Alimentazione: 230 VCC +/- 10%
- Umidità: max 85% non condensante

L'impresa prima della posa dovrà fornire alla Direzione Lavori tutta la documentazione per la certificazione dell'impianto, ovvero la dichiarazione CE, la relazione di prova; gli elaborati grafici,

### **39.6 PARETI IN PANNELLI TIPO ORSOGRIL**

Le pareti divisorie dovranno essere costituite dai seguenti elementi zincati a caldo UNI EN ISO 1461:

- pannelli in grigliato in acciaio 235 jr elettrolitico Orsogrill o equivalente, avente maglia 50 x 50 / 62 x 66;
- piantane di sostegno in profilo tubolare a sezione quadrata di adeguata dimensione con piastre base a tassellare al pavimento in c.a.;
- bulloneria di fissaggio in acciaio inox antiruggine.

### **39.7 DOGHE DI RIVESTIMENTO IN ALLUMINIO PREVERNICIATO**

Sono previsti rivestimenti di facciate/coperture con doghe in alluminio preverniciato, tipo Prefa® o similare. Il rivestimento sarà con decoro, finiture e colore come da progetto esecutivo e da indicazioni della D.L.. Compresa la fornitura e posa in opera di idonea sottostruttura in alluminio tipo Allface o similare, costituita da staffe di ancoraggio alla struttura e da montanti verticali in alluminio. Le staffe e i profili verticali verranno installati ad interassi come da schede tecniche fornite dal produttore.

### **39.8 SCOSSALINE/COPERTINE IN LAMIERA DI ALLUMINIO**

Sono previste scossaline/copertine in lamiera di alluminio preverniciata, spessore 8/10, di colore a scelta della D.L., comprese sagomature e fissaggi (supporti, elementi di espansione, rivettature, sigillatura, giunti di dilatazione, ecc...).

### **39.9 COPRIGIUNTI IN ALLUMINIO**

Fornitura e posa in opera di coprigiunto in alluminio per posa su giunti piani di pareti interne. Profili in lamiera di alluminio piegata con finitura liscia e pieghe laterali dotate di guarnizioni di compensazione dell'appoggio in Neoprene cellulare. Spessore standard 20/10, corredati di fori svasati per fissaggio a filo (passo fori 40 cm - n° 7 fori/barra da 3 ml). Colore: alluminio preverniciato silver e/o di colore a scelta della D.L..

La posa dovrà avvenire secondo le indicazioni del produttore e degli elaborati di progetto.

## **NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 40 DISPOSITIVI ANTISISMICI****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

Dovranno essere realizzate, a carico dell'Appaltatore, tutte le prove previste dalle Norme Tecniche, in particolare al par. 11.9 del D.M. 17 gennaio 2018.

**40.1 DISPOSITIVI A COMPORTAMENTO LINEARE****40.1.a Le prove di accettazione sui materiali**

Le prove di accettazione sui materiali sono quelle previste dalle vigenti norme e finalizzate ad accertare la tensione e l'allungamento al limite elastico e la tensione e l'allungamento a rottura del materiale costituente gli elementi base del dispositivo. Esse sono finalizzate a individuare i valori medi e quelli caratteristici delle quantità suddette e la prevedibile costanza di comportamento del materiale considerato e devono permettere di estrapolare il comportamento del materiale da quello del dispositivo e di verificare la sostanziale invariabilità del comportamento del dispositivo rispetto alla variazioni ambientali, alla temperatura interna e all'invecchiamento.

Il tipo e le modalità di prova devono essere stabiliti di volta in volta dal produttore, in relazione al tipo di materiale, e verranno giustificati con una relazione, di cui il produttore si assumerà piena e completa responsabilità, che chiarisca in ogni dettaglio il rapporto tra comportamento del materiale e comportamento del dispositivo.

**40.1.b Le prove di qualificazione sui dispositivi**

Detto  $d$  lo spostamento massimo di progetto in un dispositivo, corrispondente allo SLC, le prove di qualificazione sui dispositivi, che possono essere estese a tutti i dispositivi geometricamente simili (rapporti di scala geometrica compresi tra 0,5 e 2) e prodotti con gli stessi materiali di quelli provati, sono le seguenti:

- prova preliminare, condotta imponendo al prototipo almeno cinque cicli completi di deformazioni alternate, con ampiezza massima non inferiore a  $\pm 0,1 d$ ,  $\pm 0,2 d$ ,  $\pm 0,3 d$ ,  $\pm 0,5 d$ ,  $\pm 0,7 d$  e almeno dieci cicli con ampiezza massima non inferiore a  $\pm d$ ;
- prova quasi statica, condotta imponendo al prototipo almeno cinque cicli completi di deformazioni alternate, con ampiezza massima riferita al prototipo reale pari a  $\pm d$ ;
- prova dinamica, condotta imponendo al prototipo almeno cinque cicli completi di deformazioni alternate, con ampiezza massima riferita al prototipo reale pari a  $\pm d$ , applicando le deformazioni imposte con una velocità mediamente pari a quella che si può verificare nel caso del terremoto di progetto relativo allo stato limite di collasso e assimilabile, in mancanza di specifiche valutazioni e per i soli dispositivi facenti parte di sistemi di isolamento sismico, a quella corrispondente a una frequenza di 0,5 Hz per ogni ciclo completo.

La prova dinamica può essere sostituita da una replica della prova statica, qualora il materiale degli elementi base sia acciaio o altro materiale il cui comportamento ciclico non dipenda dalla velocità di deformazione. Tale proprietà dovrà eventualmente essere verificata attraverso apposite prove sui materiali o sugli elementi base.

Le prove di qualificazione devono essere effettuate su almeno due dispositivi. I dispositivi sottoposti a prove di qualificazione potranno essere utilizzati nella costruzione solo se gli elementi sollecitati in campo non lineare vengono sostituiti o se la loro resistenza alla fatica oligociclica è di un ordine di grandezza superiore al numero dei cicli delle prove e comunque previo accertamento della piena funzionalità, attraverso la successiva effettuazione delle prove di accettazione e verifica dei relativi parametri.

Qualora il dispositivo sia geometricamente simile a un isolatore elastomerico e sia soggetto ad azione tagliente, senza però svolgere funzione portante, le prove di qualificazione dovranno essere condotte secondo le modalità previste per le prove su isolatori elastomerici, ma con le seguenti varianti:

- caratterizzazione dei dispositivi in assenza di carico iniziale, riproducendo le condizioni di vincolo sulle facce superiori e inferiori del dispositivo in opera;
- nessuna prova di creep.

**40.1.c Le prove di accettazione sui dispositivi**

Le prove di accettazione sui dispositivi, che saranno effettuate con le modalità già viste per le prove di qualificazione e si riterranno superate se i risultati ottenuti non differiranno da quelli delle prove di qualificazione di oltre il  $\pm 10\%$ , sono le seguenti:

- misura della geometria esterna - con tolleranza di  $\pm 10\%$  sugli spessori e  $\pm 5\%$  sulle lunghezze - dei componenti che risultano determinanti ai fini del comportamento del dispositivo nel sistema strutturale;
- prova ciclica condotta imponendo al prototipo almeno quattro cicli completi di deformazioni alternate, con ampiezza massima non inferiore a  $\pm d/20$ , volte a determinare il valore della rigidezza teorica iniziale  $K_1$ ;
- le prove di accettazione devono essere effettuate su almeno il 20% dei dispositivi, comunque non meno di quattro e non più del numero di dispositivi da mettere in opera. Su almeno un dispositivo verrà anche condotta una prova quasi statica, imponendo almeno cinque cicli completi di deformazioni alternate, con ampiezza massima pari a  $\pm d$ .

Qualora il dispositivo abbia caratteristiche costruttive analoghe a quelle di un isolatore elastomerico, ne sia geometricamente simile e sia soggetto ad azione tagliente senza però svolgere funzione portante dei carichi verticali, le prove di accettazione dovranno essere condotte secondo le modalità previste per le prove su isolatori elastomerici, ma con una variante, consistente nella caratterizzazione dei dispositivi in assenza di carico iniziale, riproducendo le condizioni di vincolo sulle facce superiori e inferiori del dispositivo in opera.

**40.2 DISPOSITIVI A COMPORTAMENTO NON LINEARE**

I dispositivi a comportamento non lineare possono realizzare comportamenti meccanici diversi, ad elevata o bassa dissipazione di energia, con riduzione o incremento della rigidezza al crescere dello spostamento, con o senza spostamenti residui all'azzeramento della forza. Nel seguito si tratteranno dispositivi caratterizzati da una riduzione della rigidezza, ma con forza sempre crescente, al crescere dello

spostamento, i cui diagrammi forza-spostamento sono sostanzialmente indipendenti dalla velocità di percorrenza.

I dispositivi a comportamento non lineare sono costituiti da elementi base che ne determinano le caratteristiche meccaniche fondamentali ai fini della loro utilizzazione. Il loro comportamento è individuato dalla curva caratteristica che lega la forza trasmessa dal dispositivo al corrispondente spostamento. Tali curve caratteristiche sono in generale schematizzabili con delle relazioni bilineari definite imponendo il passaggio per il punto di coordinate  $(F_1, d_1)$ , corrispondente al limite teorico del comportamento elastico lineare del dispositivo e per il punto di coordinate  $(F_2, d_2)$ , corrispondente alla condizione di progetto allo SLC.

Il ciclo bilineare teorico è definito dai seguenti parametri:

$d_{el}$  = spostamento nel primo ramo di carico in una prova sperimentale entro il quale il comportamento è sostanzialmente lineare. In generale può assumersi un valore pari a  $d_2/20$ ;

$F_{el}$  = forza corrispondente a  $d_{el}$ , nel ramo di carico iniziale sperimentale;

$d_1$  = ascissa del punto d'intersezione della linea retta congiungente l'origine con il punto  $(d_{el}, F_{el})$  e la linea retta congiungente i punti  $(d_2/4, F(d_2/4))$  e  $(d_2, F_2)$  nel terzo ciclo della prova sperimentale;

$F_1$  = ordinata del punto d'intersezione della linea retta congiungente l'origine con il punto  $(d_{el}, F_{el})$  e la linea retta congiungente i punti  $(d_2/4, F(d_2/4))$  e  $(d_2, F_2)$  nel terzo ciclo della prova sperimentale;

$d_2$  = spostamento massimo di progetto del dispositivo corrispondente allo SLC;

$F_2$  = forza corrispondente allo spostamento  $d_2$ , ottenuta al terzo ciclo sperimentale.

Le rigidezze elastica e post-elastica, rispettivamente del primo ramo e del secondo ramo, vengono definite come  $K_1 = F_1/d_1$  e  $K_2 = (F_2 - F_1)/(d_2 - d_1)$ , mentre la rigidezza secante è data da  $K_{sec} = F_2/d_2$  e lo smorzamento equivalente è  $\xi_e = E d / (2p F_2 \cdot d_2)$ , essendo  $E$  l'area del ciclo d'isteresi.

Per assicurare un comportamento ciclico stabile, le variazioni in una serie di cicli di carico riferiti allo stesso spostamento massimo devono essere limitate nel modo seguente:

$$K_{2,(i)} - K_{2,(3)} / K_{2,(3)} = 10\%$$

$$\xi_{e,(i)} - \xi_{e,(3)} / \xi_{e,(3)} = 10\%$$

dove

il pedice 3 si riferisce a quantità determinate nel terzo ciclo di carico

il pedice  $i$  si riferisce a quantità relative all' $i$ -esimo ciclo, escluso il primo ( $i = 2$ ).

Il ciclo teorico che eventualmente si assume per l'esecuzione delle analisi non lineari per la progettazione della struttura, completato dei rami di scarico e ricarico coerenti con il comportamento reale, deve essere tale che l'energia dissipata in un ciclo non differisca di più del 10% dall'energia dissipata nel terzo ciclo di carico della prova sperimentale.

Le massime differenze tra le caratteristiche meccaniche ottenute nelle prove di qualificazione e i valori di progetto o nelle normali condizioni d'uso devono essere contenute entro limiti riportati nella tabella 54.1.

Le variazioni devono essere valutate con riferimento al terzo ciclo di prova.

**Tabella 54.1. Massime differenze tra le caratteristiche meccaniche ottenute nelle prove di qualificazione e i valori di progetto o nelle normali condizioni d'uso**

	Fornitura	Invecchiamento	Temperatura	Frequenza di prova
$K_2$	$\pm 15\%$	$\pm 20\%$	$\pm 20\%$	$\pm 10\%$
$K_{sec}$	$\pm 15\%$	$\pm 20\%$	$\pm 40\%$	$\pm 10\%$
$\xi_e$	$\pm 10\%$	$\pm 15\%$	$\pm 15\%$	$\pm 10\%$

Quando il rapporto d'incrudimento risulta  $K_2/K_1 = 0,05$ , il limite su  $K_2$  viene sostituito dal limite sulla variazione di  $K_2/K_1$  che deve differire meno di 0,01 dal valore di progetto.

#### 40.2.a Prove di accettazione sui materiali

Si applica quanto previsto per i dispositivi lineari.

#### 40.2.b Prove di qualificazione sui dispositivi

Si applica quanto previsto per i dispositivi lineari.

#### 40.2.c Prove di accettazione sui dispositivi

Si applica quanto previsto per i dispositivi lineari.

### 40.3 DISPOSITIVI A COMPORTAMENTO VISCOSO

I dispositivi a comportamento viscoso trasmettono in generale soltanto azioni orizzontali e hanno rigidezza trascurabile rispetto alle azioni verticali.

Il dispositivo deve possedere due cerniere sferiche alle estremità, onde evitare effetti di trafilamento e deterioramento delle guarnizioni e la capacità rotazionale deve essere valutata tenendo conto dei carichi che interesseranno la struttura nel corso della vita, degli effetti del sisma e dei disallineamenti di montaggio. In ogni caso la rotazione consentita dalle cerniere non deve essere inferiore ai due gradi sessagesimali.

I dispositivi devono evitare snervamenti sotto l'applicazione dei carichi di servizio e rotture sotto le condizioni di collasso. Devono essere inoltre in grado di sopportare le accelerazioni laterali risultanti dalle analisi sismiche strutturali allo SLC e, in assenza di tale valutazione, devono resistere a una forza minima trasversale pari ad almeno due volte il peso proprio del dispositivo. Il progetto e la costruzione del dispositivo devono consentire la manutenzione nel corso della vita utile ed evitare che fenomeni di instabilità interessino gli steli, nelle condizioni di massima estensione e in riferimento alla configurazione di messa in opera.

#### 40.3.a Le prove di accettazione sui materiali

Le prove di accettazione sui materiali sono quelle previste dalle vigenti norme e finalizzate ad accertare le caratteristiche di viscosità del fluido. Esse devono permettere di estrapolare il comportamento del materiale da quello del dispositivo e di verificare la sostanziale invariabilità del comportamento del dispositivo rispetto alle variazioni ambientali, alla temperatura interna, all'invecchiamento. Il tipo e le modalità di prova verranno stabiliti di volta in volta dal produttore, in relazione al tipo di materiale e verranno giustificati con una relazione, di cui il produttore si assumerà piena e completa responsabilità, che chiarisca in ogni dettaglio il rapporto tra comportamento del materiale e

comportamento del dispositivo.

#### 40.3.b Le prove di qualificazione sui dispositivi

Detto  $d/2$  lo spostamento massimo di progetto in un dispositivo, corrispondente allo SLC, le prove di qualificazione sui dispositivi, che possono essere estese a tutti i dispositivi geometricamente simili (rapporti di scala geometrica compresi tra 0,5 e 2) e prodotti con gli stessi materiali di quelli provati, sono le seguenti:

- prova preliminare, finalizzata alla verifica dei parametri caratterizzanti il comportamento del dispositivo, condotta imponendo al prototipo almeno quattro cicli completi di deformazioni alternate, con rampe a velocità costante e ampiezza massima riferita al prototipo reale non inferiore a  $\pm 0,5 d/2$ , per almeno cinque diversi valori della velocità di spostamento, pari al 25%, 50%, 75%, 100%, 125% del valore di progetto;

- prova dinamica, condotta imponendo al prototipo almeno dieci cicli completi di deformazioni alternate, con ampiezza massima riferita al prototipo reale pari a  $\pm d/2$ , eventualmente effettuati in due serie di cinque o più cicli consecutivi, applicando le deformazioni imposte con una velocità mediamente pari a quella che si può verificare nel caso del terremoto di progetto relativo allo stato limite di collasso e assimilabile, in mancanza di specifiche valutazioni e per i soli dispositivi facenti parte di sistemi di isolamento sismico, a quella corrispondente a una frequenza di 0,5 Hz per ogni ciclo completo di ampiezza massima  $\pm d/2$ .

Le prove di qualificazione devono essere effettuate su almeno due dispositivi. I dispositivi sottoposti a prove di qualificazione potranno essere utilizzati nella costruzione previa verifica della loro perfetta integrità a seguito delle prove, da accertare attraverso la successiva effettuazione delle prove di accettazione e il controllo dei relativi parametri di verifica.

#### 40.3.c Le prove di accettazione sui dispositivi

Le prove di accettazione sui dispositivi, che saranno effettuate con le modalità già viste per le prove di qualificazione e si riterranno superate se i risultati ottenuti non differiranno da quelli delle prove di qualificazione di oltre il  $\pm 10\%$ , sono le seguenti:

- misura della geometria esterna, con verifica delle tolleranze stabilite dal progettista;
- prova dinamica, condotta imponendo al prototipo almeno dieci cicli completi di deformazioni alternate, con ampiezza massima pari a  $\pm d/2$ , eventualmente effettuati in due serie di cinque o più cicli consecutivi, applicando le deformazioni imposte con una velocità mediamente pari a quella che si può verificare nel caso del terremoto di progetto relativo allo stato limite di collasso e assimilabile, in mancanza di specifiche valutazioni e per i soli dispositivi facenti parte di sistemi di isolamento sismico, a quella corrispondente a una frequenza di 0,5 Hz per ogni ciclo completo di ampiezza massima  $\pm d/2$ .

Le prove di accettazione devono essere effettuate su almeno il 20% dei dispositivi, comunque non meno di quattro e non più del numero di dispositivi da mettere in opera.

### 40.4 ISOLATORI ELASTOMERICI

Gli isolatori devono avere pianta con due assi di simmetria ortogonali, così da presentare un comportamento il più possibile indipendente dalla direzione dell'azione orizzontale agente. Ai fini della determinazione degli effetti di azioni perpendicolari agli strati, le loro dimensioni utili devono essere riferite alle dimensioni delle piastre in acciaio, depurate di eventuali fori, mentre per gli effetti delle azioni parallele alla giacitura degli strati si considererà la sezione intera dello strato di gomma.

Le piastre di acciaio devono essere conformi a quanto previsto nelle norme per gli apparecchi di appoggio, con un allungamento minimo a rottura del 18% e spessore minimo pari a 2 mm per le piastre interne e a 20 mm per le piastre esterne.

Si definiscono due fattori di forma:

S 1 fattore di forma primario, rapporto tra la superficie  $A$  comune al singolo strato di elastomero e alla singola piastra d'acciaio, depurata degli eventuali fori (se non riempiti successivamente), e la superficie laterale libera  $L$  del singolo strato di elastomero, maggiorata della superficie laterale degli eventuali fori (se non riempiti successivamente), ossia  $S 1 = A/L$ ;

S 2 fattore di forma secondario, rapporto tra la dimensione in pianta  $D$  della singola piastra in acciaio, parallelamente all'azione orizzontale agente e lo spessore totale  $t$  e degli strati di elastomero, ossia  $S 2 = D/t$  e.

Gli isolatori in materiale elastomerico e acciaio sono individuati attraverso le loro curve caratteristiche forza-spostamento, generalmente non lineari, tramite i due parametri sintetici, ovvero la rigidità equivalente  $K_e$  e il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente  $\square_c$ .

La rigidità equivalente  $K_e$ , relativa a un ciclo di carico, è definita come rapporto tra la forza  $F$  corrispondente allo spostamento massimo raggiunto in quel ciclo e lo stesso spostamento ( $K_e = F/d$ ) e si valuta come prodotto del modulo dinamico equivalente a taglio  $G$  din per  $A/t$  e.

Il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente  $\square_c$  si definisce come rapporto tra l'energia dissipata in un ciclo completo di carico  $E_d$  e  $2p F d$ , ossia  $\square_c = E_d / (2p \cdot F d)$ .

La rigidità verticale  $K_v$  è definita come rapporto tra la forza verticale di progetto  $F_v$  e lo spostamento verticale  $d_v$  ( $K_v = F_v / d_v$ ).

Le massime differenze tra le caratteristiche meccaniche ottenute nelle prove di qualificazione e i valori di progetto o nelle normali condizioni d'uso devono essere contenute entro limiti riportati nella tabella 54.2.

Le variazioni devono essere valutate con riferimento al terzo ciclo di prova. Le frequenze di prova per valutare le variazioni delle caratteristiche meccaniche sono 0,1 Hz e 0,5 Hz.

**Tabella 54.2. Massime differenze tra le caratteristiche meccaniche ottenute nelle prove di qualificazione e i valori di progetto o nelle normali condizioni d'uso**

	Fornitura	Invecchiamento	Temperatura	Frequenza di prova
$K_e$	$\pm 20\%$	$\pm 20\%$	$\pm 20\%$	$\pm 20\%$
$K_v$	-30%	-	-	-
$\square_c$	$\pm 200\%$	$\pm 20\%$	$\pm 20\%$	$\pm 20\%$

Le variazioni dovute al carico verticale, valutate come differenza tra i valori corrispondenti al carico verticale massimo e a quello minimo, non dovranno superare il 15% del valore di progetto.

#### 40.4.a Le prove di accettazione sui materiali

Le prove di accettazione sui materiali sono quelle previste dalle norme sugli apparecchi di appoggio, con le seguenti variazioni e aggiunte:

- le prove di invecchiamento vanno effettuate per 21 giorni a 70 °C;
- la variazione del modulo  $G$  deve essere contenuta entro il 20% del valore iniziale;

- il modulo G deve essere determinato anche per una deformazione tangenziale pari a  $\pm 100\%$ .

#### 40.4.b Le prove di qualificazione sui dispositivi

Le prove di qualificazione sui dispositivi possono essere estese a tutti i dispositivi geometricamente simili (rapporti di scala geometrica compresi tra 0,5 e 2, fattore di forma primario S 1 uguale - con tolleranza del  $\pm 10\%$

- fattore di forma secondario S 2 uguale o maggiore) e a prodotti con gli stessi materiali di quelli provati. Esse devono essere effettuate nell'ordine e con le modalità di seguito specificate, a non meno di due giorni di distanza dalla vulcanizzazione per dispositivi di dimensioni inferiori ai 700 mm e a non meno di quattro giorni per dispositivi più grandi, così da avere una temperatura uniforme sull'intero dispositivo:

- determinazione statica della rigidità a compressione tra il 30% e il 100% del carico verticale V di progetto, opportunamente scalato, in presenza di sisma, e somma dei carichi verticali dovuti a permanenti e accidentali moltiplicati per opportuni coefficienti e alle eventuali azioni concomitanti (forze orizzontali, spostamenti e rotazioni);

- determinazione statica, sotto compressione costante e pari a 6 MPa, o al valore della tensione di compressione di progetto (con una tolleranza del  $\pm 20\%$ ) - se questa è superiore a 8 MPa - del modulo statico di taglio G, convenzionalmente definito come il modulo secante tra le deformazioni di taglio corrispondenti agli spostamenti 0,27 t e 0,58 t e mediante prove di carico-scarico, fino a uno spostamento massimo pari a t e in corrispondenza del terzo ciclo;

- determinazione dinamica, sotto compressione costante e pari a 6 MPa o al valore della tensione di compressione di progetto (con una tolleranza del  $\pm 20\%$ ) - se questa è superiore a 8 MPa - del modulo dinamico di taglio G din e dello smorzamento  $\eta$  mediante prove cicliche sinusoidali alla frequenza di 0,5 Hz e  $\eta = 1$  e in corrispondenza del terzo ciclo, valutando  $G_{din} = F_{te} / (A \cdot d)$  come modulo secante in corrispondenza di  $d/t = 1$ , con l'obbligo per G din di ricadere nell'intervallo 0,35÷1,50 MPa;

- determinazione delle curve G- $\eta$  e  $\eta$  mediante le prove dinamiche cicliche precedentemente descritte e per i seguenti valori di  $\eta$  0,05, 0,3, 0,5, 0,7, 1,0,  $\eta_{max}$  e comunque per deformazioni corrispondenti, nel dispositivo reale, a spostamenti non inferiori a  $+0,1 d/2$ ,  $\pm 0,2 d/2$ ,  $\pm 0,3 d/2$ ,  $\pm 0,5 d/2$ ,  $\pm 0,7 d/2$ ,  $\pm d/2$ , effettuando almeno cinque cicli per ciascuna ampiezza;  $\eta_{max}$  sarà preso pari a 1,5 se in corrispondenza di  $d/2$  risulta  $\eta < 1,5$  e pari a 2 se  $1,5 < \eta < 2$ ;

- valutazione della stabilità del dispositivo sotto compressione e taglio, effettuata accertandosi che il dispositivo rimanga stabile se assoggettato a uno spostamento orizzontale pari ad 1,8 t e in presenza di un carico verticale pari sia a 1,5 V max che a 0,5 V min (indicando con V max e V min rispettivamente i valori massimo e minimo di V);

- valutazione della capacità di sostenere, sotto compressione costante e pari a 6 MPa o al valore della tensione di compressione di progetto (con una tolleranza del  $\pm 20\%$ ) - se questa è superiore a 8 MPa - almeno dieci cicli con spostamento massimo impresso almeno pari a  $d/2$ ;

- valutazione di efficacia dell'aderenza elastomero-acciaio, effettuata sottoponendo l'isolatore, sotto compressione costante e pari a 6 MPa o al valore della tensione di compressione di progetto (con una tolleranza del  $\pm 20\%$ ) - se questa è superiore a 8 MPa - a una deformazione  $\eta > 2,5$  senza che si verifichino danni. Qualora in corrispondenza dello spostamento di progetto il dispositivo subisca una deformazione  $\eta < 1,5$ , il dispositivo può essere caratterizzato per una deformazione  $\eta = 2,0$ ;

- determinazione delle caratteristiche di creep mediante prove di compressione sotto compressione costante e pari al valore della tensione di compressione di progetto, con una tolleranza del  $\pm 20\%$ , della durata di almeno sette giorni. La deformazione verticale per creep deve essere inferiore al 20% della deformazione statica sotto il carico V. Il valore di riferimento della deformazione statica sarà assunto pari a quello misurato dopo dieci minuti dall'inizio dell'applicazione del carico.

Le prove di qualificazione devono essere effettuate su almeno quattro dispositivi, due per le prove senza invecchiamento e due per le prove dopo invecchiamento artificiale, ottenuto mantenendo i dispositivi di prova per 21 giorni a 70 °C.

L'invecchiamento dovrà comunque essere preceduto dalla determinazione statica della rigidità a compressione e del modulo statico di taglio G, secondo le modalità precedentemente definite, per valutare le caratteristiche dei dispositivi sottoposti a invecchiamento prima dell'invecchiamento stesso. I valori di G dopo l'invecchiamento non devono superare di 1,15 volte i valori di G prima dell'invecchiamento.

I dispositivi sottoposti a prove di qualificazione non potranno essere utilizzati nella costruzione; essi invece potranno essere utilizzati nella costruzione previa verifica della loro perfetta integrità a seguito delle prove, da accertare attraverso la successiva effettuazione delle prove di accettazione e il controllo dei relativi parametri di verifica.

La validità delle prove di invecchiamento potrà essere estesa a tutti i dispositivi realizzati con la stessa mescola, indipendentemente dai rapporti di forma. Per qualificare lo stesso dispositivo per diversi valori della tensione di compressione le prove possono essere ripetute in sequenza sugli stessi dispositivi da qualificare, verificando che tra una prova e la successiva non si siano verificati danni ai dispositivi.

#### 40.4.c Le prove di accettazione sui dispositivi

Le prove di accettazione sui dispositivi, che saranno effettuate con le modalità già viste per le prove di qualificazione e si riterranno superate se i risultati ottenuti soddisfano i limiti sotto specificati e se il modulo statico di taglio G non differisce da quello delle prove di qualificazione di oltre il  $\pm 10\%$ , sono le seguenti:

- misura della geometria esterna che dovrà rispettare le tolleranze prescritte dalle norme sugli apparecchi di appoggio, con l'unica deroga dei dispositivi di altezza superiore a 100 mm per i quali la tolleranza sulle altezze è di 6 mm;

- determinazione statica della rigidità verticale tra il 30% e il 100% del carico V;

- determinazione del modulo statico di taglio G o in alternativa del modulo dinamico di taglio G din, con le modalità specificate per le prove di qualificazione. Quest'ultima è da preferire, quando effettuabile, in quanto riduce le incertezze sul controllo del reale comportamento dinamico del dispositivo;

- valutazione di efficacia dell'aderenza elastomero-acciaio, con le modalità specificate per le prove di qualificazione, ma adottando per la deformazione  $\eta$  il valore corrispondente allo spostamento  $d/2$ .

Le prove di accettazione devono essere effettuate su almeno il 20% dei dispositivi e comunque su non meno di quattro e su non più del numero di dispositivi da mettere in opera.

### 40.5 ISOLATORI A SCORRIMENTO

Le superfici di scorrimento in acciaio e PTFE devono essere conformi alla normativa vigente per gli apparecchi di appoggio.

Gli isolatori a scorrimento devono essere in grado di sopportare, sotto spostamento massimo impresso pari a  $1,2 d/2$ , almeno dieci cicli di carico e scarico. I cicli si riterranno favorevolmente sopportati se il coefficiente d'attrito f, nei cicli successivi al primo, non varierà di più del 25% rispetto alle caratteristiche riscontrate durante il terzo ciclo, ossia:

$$|f(i) - f(3)| / f(3) < 0,25$$

dove

il pedice i indica le caratteristiche valutate all'i-esimo ciclo

il pedice 3 indica le caratteristiche valutate al terzo ciclo.

Detto  $d$   $d_c$  lo spostamento massimo di progetto del centro di rigidità del sistema d'isolamento, corrispondente allo SLC, qualora l'incremento della forza nel sistema di isolamento per spostamenti tra  $0,5 d$  e  $d$  sia inferiore all'1,25% del peso totale della soprastruttura, gli isolatori a scorrimento devono essere in grado di garantire la loro funzione di appoggio fino a spostamenti pari ad  $1,25 d$ .

Si deve verificare che il coefficiente d'attrito sia comunque sempre inferiore al valore di progetto per variazioni nell'ambito della fornitura, della temperatura e della frequenza di prova.

#### 40.5.a Le prove di accettazione sui materiali

Le prove di accettazione sulle superfici di scorrimento sono quelle previste dalle norme per gli apparecchi di appoggio.

#### 40.5.b Le prove di qualificazione sui dispositivi

Le prove di qualificazione sui dispositivi, che possono essere estese a tutti i dispositivi geometricamente simili (rapporti di scala geometrica compresi tra 0,5 e 2) e prodotti con gli stessi materiali di quelli provati sono le seguenti:

- determinazione statica del coefficiente d'attrito, per almeno tre valori della compressione, costante durante la prova, pari al carico verticale  $V$  di esercizio e a  $V_{max}$  e a  $V_{min}$ , opportunamente scalati;
- determinazione dinamica del coefficiente d'attrito, per almeno tre valori della compressione, costante durante la prova, pari al carico verticale  $V$  di esercizio e a  $V_{max}$  e a  $V_{min}$ , opportunamente scalati, e per tre valori della velocità (frequenza), pari a quella di progetto e alla stessa variata del  $\pm 30\%$ ;
- valutazione della capacità di sostenere, sotto compressione costante e pari al valore della tensione di compressione di progetto, con una tolleranza del  $\pm 20\%$ , almeno dieci cicli con spostamento massimo impresso almeno pari a  $d$ .

Qualora gli isolatori fossero dotati di elementi o meccanismi supplementari atti a migliorarne le prestazioni sismiche, le prove andranno ripetute con la presenza di tali parti supplementari.

Le prove di qualificazione devono essere effettuate su almeno due dispositivi. I dispositivi sottoposti a prove di qualificazione potranno essere utilizzati nella costruzione previa verifica della loro perfetta integrità a seguito delle prove, da accertare attraverso la successiva effettuazione delle prove di accettazione e il controllo dei relativi parametri di verifica.

Nel caso in cui le prove vengano effettuate su dispositivi in scala, i certificati di prova dovranno essere accompagnati da una relazione del produttore o del progettista che dimostri l'equivalenza dei risultati a quelli ottenibili su un dispositivo non in scala.

#### 40.5.c Le prove di accettazione sui dispositivi

Le prove di accettazione sui dispositivi, che saranno effettuate con le modalità già viste per le prove di qualificazione, sono le seguenti:

- verifica delle tolleranze dimensionali delle superfici di scorrimento, come previste dalle norme per gli apparecchi di appoggio;
- determinazione statica del coefficiente d'attrito, per almeno tre valori della compressione, costante durante la prova, pari al carico verticale  $V$  di esercizio, e ai valori di progetto sotto azioni sismiche  $V_{max}$  e  $V_{min}$ .

Le prove di accettazione devono essere effettuate su almeno il 20% dei dispositivi, comunque su non meno di quattro e su non più del numero di dispositivi da mettere in opera.

Qualora gli isolatori fossero dotati di elementi o meccanismi supplementari atti a migliorarne le prestazioni sismiche, su almeno un dispositivo completo di tali parti supplementari verrà anche condotta una prova quasi statica, imponendo almeno cinque cicli completi di deformazioni alternate, con ampiezza massima pari a  $\pm d$ . Il dispositivo non potrà essere utilizzato nella costruzione, a meno che il suo perfetto funzionamento non sia ripristinabile con la sostituzione degli elementi base.

### 40.6 DISPOSITIVI A VINCOLO RIGIDO DEL TIPO A FUSIBILE

I dispositivi a fusibile sono classificabili in due categorie:

- di tipo meccanico, quando lo svincolo è determinato dal rilascio di fermi sacrificali;
- di tipo idraulico, quando lo svincolo è governato dall'apertura di una valvola di sovrappressione.

#### 40.6.a Le prove di accettazione sui materiali

Le prove di accettazione sui materiali sono quelle previste dalle vigenti norme per la determinazione della tensione e l'allungamento al limite elastico, la tensione e l'allungamento a rottura del materiale costituente gli elementi base del dispositivo e le caratteristiche di viscosità del fluido, se presente. Esse sono finalizzate a individuare i valori medi e quelli caratteristici delle quantità suddette e ad accertare la costanza di comportamento del materiale considerato e devono permettere di estrapolare il comportamento del materiale da quello del dispositivo e di verificare la sostanziale invariabilità del comportamento del dispositivo rispetto alle variazioni ambientali, la temperatura interna, l'invecchiamento.

Il tipo e le modalità di prova verranno stabiliti di volta in volta dal produttore, in relazione al tipo di materiale, e verranno giustificati con una relazione, di cui il produttore si assumerà piena e completa responsabilità, che chiarisca in ogni dettaglio il rapporto tra comportamento del materiale e comportamento del dispositivo.

#### 40.6.b Le prove di qualificazione sui dispositivi

Le prove di qualificazione vanno condotte su due dispositivi. Possono essere estese a tutti i dispositivi geometricamente simili (rapporti di scala geometrica compresi tra 0,5 e 2) e prodotti con gli stessi materiali di quelli provati. Le prove sono le seguenti:

- valutazione della capacità di sostenere almeno tre cicli monotonicamente con carico massimo impresso pari al valore di progetto di servizio, con una tolleranza del  $+10\%$ , in assenza di snervamenti o rotture;
- valutazione della forza di rilascio, sottoponendo il campione a un carico monotonicamente sino al raggiungimento della rottura del fusibile (forza di rilascio). La tolleranza, rispetto al valore di progetto, deve essere definita dal progettista e, in assenza di tale valutazione, è pari a  $\pm 15\%$ ;
- valutazione del comportamento a fatica, ove richiesto dal progettista in relazione al tipo di applicazione. La prova viene eseguita sottoponendo uno dei due campioni a 2 milioni di cicli di carico e successivamente ai due precedenti test, verificando che il comportamento sia pressoché analogo a quello del dispositivo non provato ciclicamente e che non si manifestino snervamenti o rotture.

Se il materiale usato in produzione non è quello dello stesso lotto impiegato per la realizzazione dei prototipi qualificati, deve essere mostrato tramite prove sui materiali e opportuni calcoli che il valore della forza di rilascio rientri nella tolleranza di progetto.

#### 40.6.c Le prove di accettazione sui dispositivi

Le prove di accettazione sui dispositivi saranno effettuate con le stesse modalità delle prove di qualificazione, a esclusione della prova a fatica, e si riterranno superate se i risultati ottenuti non differiranno da quelli delle prove di qualificazione di oltre il  $\pm 10\%$ . Inoltre, sarà effettuata una misura della geometria esterna, con tolleranza di  $\pm 10\%$  sugli spessori e  $\pm 5\%$  sulle lunghezze, per i componenti determinanti

ai fini del comportamento.

Le prove di accettazione devono essere effettuate su almeno il 20% dei dispositivi, comunque su non meno di quattro e su non più del numero di dispositivi da mettere in opera. Il dispositivo non potrà essere utilizzato nella costruzione, a meno che il suo perfetto funzionamento non sia ripristinabile con la sostituzione degli elementi base.

#### **40.7 DISPOSITIVI (DINAMICI) DI VINCOLO PROVVISORIO**

La corsa disponibile deve essere funzione dello spostamento di progetto non sismico, derivante da azioni lente - quali effetti termici, ritiro, viscosità - e da qualsiasi altro spostamento relativo che può interessare le parti che il dispositivo connette, incluso lo spostamento dovuto alla comprimibilità del fluido in presenza di azione sismica.

In ogni caso, la corsa non deve essere minore di  $\pm 50$  mm per i ponti e di  $\pm 25$  mm per gli edifici.

Il dispositivo deve possedere due cerniere sferiche alle estremità onde evitare effetti di trafilamento e deterioramento delle guarnizioni e la capacità rotazionale deve essere valutata tenendo conto dei carichi che interesseranno la struttura nel corso della vita, degli effetti del sisma e dei disallineamenti di montaggio. In ogni caso, la rotazione consentita dalle cerniere non deve essere inferiore ai due gradi.

I dispositivi devono essere progettati in modo da evitare snervamenti sotto l'applicazione dei carichi di servizio e rotture sotto le condizioni di collasso. Devono essere inoltre in grado di sopportare le accelerazioni laterali risultanti dalle analisi sismiche strutturali allo SLC e, in assenza di tale valutazione, devono resistere a una forza minima pari ad almeno due volte il peso proprio del dispositivo. Il progetto e la costruzione del dispositivo devono consentire la manutenzione nel corso della vita utile ed evitare che fenomeni di instabilità interessino gli steli, nelle condizioni di massima estensione e in riferimento alla configurazione di messa in opera.

Il fattore di sicurezza nei confronti delle sovrappressioni, rispetto alle condizioni di progetto sismico allo SLC deve essere pari ad 1,5, salvo che per i dispositivi dotati di sistema di protezione dal sovraccarico incorporato, per i quali il sistema deve attivarsi per una forza minore del 110% della forza di progetto e il fattore di sicurezza deve essere assunto almeno pari ad 1,1.

La velocità di attivazione dei dispositivi tipicamente è compresa tra 0,5 mm/s e 5 mm/s, ovvero per valori decisamente maggiori di 0,01 mm/s.

##### **40.7.a Le prove di accettazione sui materiali**

Le prove di accettazione sui materiali sono quelle previste dalle vigenti norme e finalizzate ad accertare le caratteristiche di viscosità del fluido. Esse devono permettere di estrapolare il comportamento del materiale da quello del dispositivo e di verificare la sostanziale invariabilità del comportamento del dispositivo rispetto alle variazioni ambientali, la temperatura interna, l'invecchiamento.

Il tipo e le modalità di prova verranno stabiliti di volta in volta dal produttore in relazione al tipo di materiale e verranno giustificati con una relazione, di cui il produttore si assumerà piena e completa responsabilità, che chiarisca in ogni dettaglio il rapporto tra comportamento del materiale e comportamento del dispositivo.

##### **40.7.b Le prove di qualificazione sui dispositivi**

Le prove andranno realizzate ogni volta che si realizza un dispositivo la cui capacità di forza si differenzia di  $\pm 20\%$ , rispetto a dispositivi identici sia per gli aspetti concettuali sia per i materiali utilizzati.

Le prove nel seguito elencate non devono essere eseguite obbligatoriamente nell'ordine elencato, ad eccezione della verifica dell'usura delle guarnizioni, che deve essere eseguita prima della prova per la verifica del carico di progetto e per la verifica della capacità di sovraccarico. Al termine delle prove non dovranno essere visibili perdite, deterioramenti o degrado delle prestazioni.

Va accertata la capacità del dispositivo di sopportare per 120 secondi una pressione interna pari al 125% della pressione corrispondente al massimo carico per cui è progettato.

Le prove di qualificazione vanno condotte su due dispositivi con le seguenti modalità e nel seguente ordine:

- valutazione della forza assiale resistente a bassa velocità, mediante almeno una prova ciclica alternata, condotta a velocità costante minore o uguale a 0,1 mm/s, con ampiezza pari allo spostamento di progetto per azioni non sismiche e comunque almeno pari a 10 mm. La forza misurata dovrà soddisfare le condizioni di progetto con tolleranza fissata dal progettista e comunque non maggiore del 10% della forza di progetto. In alternativa, si può eseguire almeno un ciclo completo, imponendo una forza costante pari al 10% della forza di progetto, verificando che la velocità media registrata sia costante e maggiore di 0,01 mm/s;
- verifica della tenuta delle guarnizioni su uno dei due dispositivi, sottoponendo il dispositivo a 10.000 cicli con ampiezza pari al massimo spostamento di progetto previsto per azioni non sismiche. Per ridurre i tempi di esecuzione della prova è consentito abbattere la reazione che il dispositivo offre, anche a bassa velocità, riducendo la pressione interna o rimuovendo integralmente o parzialmente il fluido prima del test per poi reinserirlo al termine della storia di spostamenti;
- verifica del comportamento sotto azioni impulsive sottoponendo il dispositivo alla storia di carico nel seguito descritta:
  - raggiungimento del carico di progetto per azioni sismiche in meno di 0,5 secondi e mantenimento costante dello stesso per un tempo stabilito dal progettista e comunque per almeno cinque secondi;
  - inversione del carico in meno di un secondo e mantenimento costante dello stesso per un tempo di ..... e comunque per almeno cinque secondi.

Il dispositivo, sottoposto a tale storia di carico, deve assicurare che:

1) lo spostamento per i primi 0,5 secondi non superi il valore di progetto relativo alla forza di progetto e che, quando si procede all'inversione di segno della forza, lo spostamento totale non sia maggiore di due volte il valore di progetto;

2) la velocità misurata durante l'applicazione costante del carico non sia maggiore della velocità di attivazione.

- valutazione del comportamento rispetto a un sovraccarico, accertando che il dispositivo attivi il dispositivo di protezione dalle sovrappressioni per una forza minore a 1,5 volte quella di progetto, se dotato di sistema di protezione interno, o che non subisca né perdite di fluido né alcun danno al sistema, se ne è sprovvisto, sotto l'applicazione della storia di carico seguente:

1) raggiungimento del carico di progetto in meno di 0,5 secondi e mantenimento costante dello stesso per un tempo stabilito dal progettista e, comunque, per almeno cinque secondi;

2) inversione del carico in meno di un secondo e mantenimento costante dello stesso per un tempo di ..... e comunque per almeno cinque secondi.

- verifica della capacità di non subire perdite di fluido interno o danni a seguito di azioni cicliche della durata pari alla parte stazionaria del terremoto atteso, sottoponendo il dispositivo a una storia di forza sinusoidale imposta, con valore medio nullo e ampiezza pari alla forza sismica di progetto allo SLC. La frequenza e la durata, comunque non inferiore a 15 secondi, devono essere definite dal progettista.

##### **40.7.c Le prove di accettazione sui dispositivi**

Per il controllo di accettazione andranno condotti i test già descritti per le prove di qualificazione ovvero di:

- valutazione della forza assiale resistente a bassa velocità;
- verifica del comportamento sotto azioni impulsive;
- valutazione del comportamento rispetto a un sovraccarico.

Le prove di accettazione devono essere effettuate su almeno il 20% dei dispositivi, comunque su non meno di quattro e su non più del numero di dispositivi da mettere in opera. Il dispositivo potrà essere utilizzato nella costruzione, salvo verifica della sua perfetta integrità al termine delle prove.

#### NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

All'atto della posa in opera dei dispositivi antisismici, il direttore dei lavori deve verificare, acquisendone copia, che il dispositivo sia dotato di attestato di conformità di cui al D.P.R. n. 246/1993 (marcatura CE) ovvero, ove non ricorrano i casi di cui ai punti A e C del paragrafo 11.1 delle Nuove norme tecniche per le costruzioni, che sia dotato di attestato di qualificazione del servizio tecnico centrale e che le procedure di posa in opera siano conformi alle specifiche tecniche del produttore del sistema stesso.

Il direttore dei lavori deve inoltre rifiutare le eventuali forniture non conformi ed effettuare idonee prove di accettazione che comprendano, in ogni caso, la verifica geometrica e delle tolleranze dimensionali, nonché eventualmente la valutazione delle principali caratteristiche meccaniche secondo le modalità descritte nel seguito.

#### NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

**Art. 41 LEGNAME****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

I legnami da impiegare, di qualunque essenza essi siano, dovranno rispondere a tutte le prescrizioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018 ed appartenere alla classe C24 definita dalla norma EN 338. Essi non dovranno presentare difetti incompatibili con l'uso cui sono destinati.

Il tavolame dovrà essere ricavato dalle travi più dritte, affinché le fibre non riescano mozzate alla sega e si ritirino nelle connessioni.

Nei legnami grossolanamente squadri ed a spigolo smussato, tutte le facce dovranno essere spianate e senza scarniture, tollerandosene l'alburno o lo smusso in misura non maggiore di un sesto del lato della sezione trasversale.

I legnami a spigolo vivo dovranno essere lavorati e squadri a sega con le diverse facce esattamente spianate, senza rientranze o risalti, e con gli spigoli tirati a filo vivo, senza l'alburno, né smussi di sorta.

I tavolati da impiegare saranno in pannelli multistrato o in legno massiccio, eventualmente trattati con resine fenoliche, resistenti all'acqua e alle temperature di soleggiamento, indeformabili di spessore commisurato agli sforzi di sollecitazione alla pressoflessione e al taglio.

Tutti gli incastri e le giunzioni dei legnami dovranno avere la forma e le dimensioni prescritte ed essere nette e precise in modo da poter ottenere un esatto combaciamento dei pezzi che devono essere uniti.

Non sarà tollerato alcun taglio falso, né zeppe o cunei, né qualsiasi altro mezzo di guarnitura o ripieno.

Le diverse parti componenti un'opera di legname dovranno essere fra loro collegate solidamente in tutti i punti di contatto mediante caviglie, chiodi, squadre, staffe di ferro, fasciature di reggia od altro.

Ogni elemento finito, dopo forature, tagli, ecc., dovrà essere trattato con prodotti ad azione protettiva e fungicida per la classe di rischio e di penetrazione prevista in progetto secondo le norme EN 335 e EN 351.

Tutte le strutture portanti in legno dovranno garantire una resistenza al fuoco pari a R60, pertanto dovranno essere previsti e compresi tutti gli accorgimenti necessari allo scopo, in particolare l'installazione di tappi in corrispondenza degli spinotti e il rivestimento delle strutture metalliche con listelli, il tutto di spessore pari ad almeno 5 cm.

**41.1 LEGNO LAMELLARE**

Gli elementi in legno lamellare dovranno essere realizzati secondo le norme UNI EN 14080 e dovranno garantire una classe di resistenza GL 24h secondo la norma UNI EN 1194. Dovranno essere utilizzati adesivi per l'incollaggio di tipo omologato ai sensi delle norme vigenti e impregnati con trattamenti protettivi a base d'acqua.

Le lamelle esterne devono presentare gli anelli di accrescimento con la concavità rivolta verso l'alto.

Le tolleranze dimensionali dovranno essere conformi a EN 390. Il giunto di testa fra le tavole, a pettine o a dita, deve essere conforme alle indicazioni riportate della norma EN 387. Ogni elemento deve essere accompagnato dalla certificazione emessa dal produttore, dotato della certificazione di idoneità all'incollaggio di elementi strutturali di grandi luci (cat. A), contenente i riferimenti sulla fornitura, sul metodo usato per la classificazione delle lamelle (se a macchina con l'indicazione del tipo di macchina classificatrice), sulla classe di qualità del legno, sul tipo di incollaggio e la qualità di colla usata, che deve essere omologata secondo la EN 301, che deve risultare idonea all'uso nell'ambiente di destinazione dell'elemento e superare le prove descritte da EN 391, EN 392.

L'emissione di formaldeide dei collanti deve risultare inferiore ai limiti contenuti nella norma europea EN 14080.

Ogni elemento finito, dopo forature, tagli, ecc., dovrà essere trattato con prodotti ad azione protettiva e fungicida per la classe di rischio e di penetrazione prevista in progetto secondo le norme EN 335 e EN 351.

Tutte le strutture portanti in legno dovranno garantire una resistenza al fuoco pari a R60, pertanto dovranno essere previsti e compresi tutti gli accorgimenti necessari allo scopo, in particolare l'installazione di tappi in corrispondenza degli spinotti e il rivestimento delle strutture metalliche con listelli, il tutto di spessore pari ad almeno 5 cm.

**41.2 SISTEMA DI FONDAZIONE PER EDIFICI A STRUTTURA LEGGERA IN LEGNO**

Sistema di fondazione per pareti in legno ALUFOOT® (Brevetto Europeo depositato da Università di Padova PTC/IB2012/056544), sia in tecnologia X-Lam sia platform frame, composto da un cordolo di base (ALU beam) in profilo estruso in lega di alluminio tipo 6060 (UNI 9006/1), dimensioni esterne 120x150 mm, in verghe da 6 m, dotato di:

- cave sui lati verticali adatte all'impiego dei giunti lineari con apertura di 10mm bloccabili tramite viti M8 classe 8.8 per l'ancoraggio delle piastre forate in alluminio necessarie al collegamento delle pareti sul cordolo di fondazione,
- cave sui lati orizzontali sagomate per l'impiego di un dispositivo di ancoraggio a terra con barre metriche centrali M16 classe 5.8 e l'alloggiamento delle relative piastre di ripartizione,
- guarnizione superiore in EDPM ad incastro, dimensioni 120x13 mm, idonea per distribuire la pressione del legno sul profilo di base e assicurare la tenuta all'aria all'interfaccia tra parete in legno/cordolo in alluminio,
- eventuale riempimento interno in schiuma poliuretanica (ALU beam+).

Il sistema è inoltre fornito con il corredo di:

- barre filettate in acciaio zincato M16x400 mm classe 5.8 per il collegamento del profilo estruso alla fondazione in calcestruzzo, complete di accessori in materiale plastico per la disgiunzione galvanica e piastrelle in alluminio di ripartizione del carico, tipo ALU FIX,
- staffe in alluminio 6060 (UNI 9006/1) di collegamento del profilo ALU beam alle pareti, con trattamento zinco lamellare KL-100A M8x29 cl.8.8, con codolo cilindrico e punta, in particolare:
  - a. staffe a taglio, complete di guida di fissaggio a 4 fori e relativi bulloni di fissaggio; portata massima di progetto VRd=15 KN (ALU SH-15),
  - b. staffe a trazione, complete di guida di fissaggio a 2 fori e relativi bulloni di fissaggio; portata massima di progetto NRd=25 KN (ALU HD-25),
  - c. staffe a trazione, complete di guida di fissaggio a 6 fori e relativi bulloni di fissaggio; portata massima di progetto NRd=60 KN (ALU HD-60),
  - d. staffe a taglio e trazione, complete di guida di fissaggio a 4 fori e relativi bulloni di fissaggio; portata massima di progetto VRd=15 KN /

NRd=25 KN (ALU SH/HD-15/25).

- elementi per il montaggio provvisorio e il centraggio del cordolo, in particolare:

- a. squadrette a 90° riutilizzabili (ALU CORNER),
- b. squadrette a 90° riutilizzabili con dispositivo di microregolazione in altezza (ALU CORNER+),
- c. dispositivo riutilizzabile per il centraggio del cordolo sui fili fissi del fabbricato (ALU LINING).

Tutti i componenti e i dispositivi dovranno essere posati in numero e posizione derivanti dal progetto strutturale dell'opera.

Tutti i componenti e i dispositivi sono standardizzati, pertanto devono essere di tipo certificato facenti parte del sistema Alufloor®. Si rimanda al Rapporto di Ricerca emesso dall'Università di Padova per dettagli in merito.

Il sistema garantisce:

- un'adeguata portata ai carichi verticali (480 kN/m di carico distribuito e 89 kN di carico concentrato su impronta 12x8 cm) ed orizzontali,
- durabilità nel tempo,
- assenza di corrosione per accoppiamento galvanico fra metalli diversi.

#### 41.3 PANNELLI IN LEGNO A STRATI INCROCIATI

##### Caratteristiche dei pannelli

I pannelli in legno a strati incrociati sono composti da almeno tre strati di tavole in legno di conifera, generalmente di abete rosso, essiccate artificialmente e reciprocamente incrociate e incollate.

Le tavole che compongono il pannello appartengono alla classe di resistenza minima C24.

Le tavole, preventivamente piallate, sono giuntate mediante giunti a pettine, tipo finger joint, al fine di garantire la continuità strutturale tra le lamelle che compongono i singoli strati.

L'incollatura delle tavole è eseguita in qualità controllata E1 con colla PUR a base poliuretanica reattiva, priva di formaldeide, testata secondo la norma DIN 68141 e certificata per la fabbricazione di componenti portanti in legno e strutture speciali secondo le norme DIN 1052 e EN 301.

I pannelli sono soggetti a marcatura CE per prodotti da costruzione prevista dalla direttiva 89/106CEE e ss. mm., o qualificati secondo quanto richiesto dal § 11 del D.M. 17 gennaio 2018.

Dovranno garantire le seguenti prestazioni:

Conduttività termica  $\lambda$  0,13 W/mK,

Capacità termica  $c_p$  1600 J/(kg\*K),

Resistenza alla diffusione  $\mu$  da 25 a 50,

Umidità 12% (+/- 2%),

Deformazione sul piano del pannello ~0,01% per % di variazione dell'umidità del legno,

Deformazione trasversale al piano del pannello (nella direzione dello spessore) ~0,20% per % di variazione dell'umidità del legno,

Comportamento al fuoco Euroclasse D-s2,d0,

Protezione antincendio carbonizzazione: 0,67 mm/min,

Densità grezza 4,5-5 kN/mc,

Resistenza Classe d'uso 1 e 2 secondo la norma EN 1995-1-1

A seconda dell'impiego e dei requisiti statici sono disponibili pannelli a 3, 5, 7 o più strati. Si riporta nel seguito una tabella indicativa dello spessore dei pannelli e dei singoli strati che li compongono:

Strati	Spessore totale pannello (mm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	57	19	19	19						
3	83	33	17	33						
3	99	33	33	33						
3	113	40	33	40						
3	120	40	40	40						
5	85	17	17	17	17	17				
5	95	19	19	19	19	19				
5	100	17	17	32	17	17				
5	117	33	17	17	17	33				
5	123	33	19	19	19	33				
5	137	33	19	33	19	33				
5	158	40	19	40	19	40				
5	165	33	33	33	33	33				
5	179	33	40	33	40	33				
5	186	40	33	40	33	40				
5	200	40	40	40	40	40				
7	189	33	19	33	19	33	19	33		
7	203	33	19	33	33	33	19	33		
7	217	40	19	40	19	40	19	40		
7	231	33	33	33	33	33	33	33		
7	252	33	40	33	40	33	40	33		
9	297	33	33	33	33	33	33	33	33	33

**Produzione**

La produzione è divisa in 3 qualità:

- a vista, utilizzato per l'interno di abitazioni da lasciare a vista, composta da pannelli listellari incollati a barre,
- industriale, utilizzato per l'interno di fabbricati non abitativi, con superficie piallata, non carteggiata, da lasciare a vista pur presentando delle minime imperfezioni, come la presenza di fughe e lievi sbavature di colla,
- non a vista, viene intonacato o rivestito; presenta difetti del legno o irregolarità più evidenti nell'andamento delle fughe.

Il produttore dovrà avere una capacità produttiva commisurata con le esigenze di cantiere e del cronoprogramma.

Nello stesso stabilimento di produzione e incollaggio si esegue il taglio su misura dei pannelli in base al progetto esecutivo.

Il taglio e la formazione di fori, tasche e incastri avviene con un impianto a controllo numerico.

I singoli pezzi verranno etichettati con il marchio CE e il numero di identificazione univoco per poter essere riconosciuti in cantiere, caricati e spediti secondo le specifiche del piano di carico.

**41.4 PANNELLI A SCAGLIE ORIENTATE (OSB)**

Pannelli a scaglie orientate classificato secondo la EN 300 e conforme alla EN 12369. Ogni elemento deve essere accompagnato dalla certificazione emessa dal produttore, dotato della certificazione di idoneità all'incollaggio, contenente i riferimenti sulla fornitura, sul tipo di incollaggio e la qualità di colla usata, che deve essere omologata secondo la EN 301, che deve risultare idonea all'uso nell'ambiente di destinazione dell'elemento e superare le prove descritte da EN 391, EN 392. L'emissione di formaldeide dei collanti deve risultare inferiore ai limiti contenuti nella norma europea EN 14080. Se necessario dovrà essere previsto il trattamento prodotti ad azione protettiva e fungicida per la classe di rischio e di penetrazione previsto secondo le norme EN 335 e EN 351.

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Tutti i legnami da impiegare in opere stabili dovranno essere lavorati con la massima cura e precisione in conformità alle prescrizioni date dalla Direzione (D.M. 30 ottobre 1912).

Tutte le giunzioni dei legnami dovranno avere la forma e le dimensioni prescritte ed essere nette e precise in modo da poter ottenere un esatto combaciamento dei pezzi che devono essere uniti.

Non sarà tollerato alcun taglio falso, nè zeppe o cunei, né qualsiasi altro mezzo di guarnitura o ripieno.

La Direzione potrà disporre che nelle facce di giunzione vengano interposte delle lamine di piombo o di zinco, od anche cartone incatramato.

Le diverse parti componenti un'opera di legname dovranno essere fra loro collegate solidamente in tutti i punti di contatto mediante caviglie, chiodi, squadre, staffe di ferro, fasciature di reggia od altro in conformità alle prescrizioni che verranno date dalla Direzione.

Non si dovranno impiegare chiodi per il collegamento dei legnami senza apparecchiare prima il conveniente foro col succhiello. I legnami, prima della loro posizione in opera e prima dell'esecuzione, se ordinata, della spalmatura di catrame o della coloritura, si dovranno congiungere in prova nei cantieri per essere esaminati ed accettati provvisoriamente dalla Direzione.

**41.5 INSTALLAZIONE DI SISTEMA DI FONDAZIONE PER EDIFICI A STRUTTURA LEGGERA IN LEGNO**

Tutti i componenti e i dispositivi del sistema di fondazione per pareti in legno ALUFOOT® (Brevetto Europeo depositato da Università di Padova PTC/IB2012/056544) sono standardizzati, pertanto devono essere di tipo certificato facenti parte del sistema Alufoot®. Si rimanda al Rapporto di Ricerca emesso dall'Università di Padova per dettagli in merito.

Tutti i componenti e i dispositivi dovranno essere posati in numero e posizione derivanti dal progetto strutturale dell'opera.

Fasi di installazione del sistema, sia in tecnologia X-Lam sia platform frame:

- 1- Posa a secco dei profili in alluminio sopra la fondazione, garantendone la perfetta regolazione piano-altimetrica mediante l'uso degli appositi elementi per il montaggio provvisorio (squadrette a 90°); i profili saranno forniti già tagliati della giusta lunghezza e preforati nei punti richiesti dal progetto;
- 2- Realizzazione dei fori sulle fondazioni, livellamento in quota dei profili in alluminio, inserimento delle barre filettate con ancorante chimico;
- 3 – colatura di calcestruzzo a ritiro compensato ad intasamento dello spazio fra i profili in alluminio e la fondazione;
- 4 – Posa delle staffe sul perimetro esterno, fissate sui profili in alluminio mediante bulloni autoforanti;
- 5 – Posa dei pannelli di parete in legno, posa delle staffe sul lato interno, fissaggio delle staffe sui pannelli con chiodi ad aderenza migliorata.

**41.6 INSTALLAZIONE DI PANNELLI IN LEGNO A STRATI INCROCIATI**

I pannelli in legno a strati incrociati possono essere posati:

- su fondazione in c.a. con cordolo di rialzo,
- su trave radice «sacrificale» in legno (normalmente di larice) sopra la fondazione di calcestruzzo,
- su sistema di fondazione ALUFOOT® descritto all'Art. 127 .

Operazioni preliminari prima dell'arrivo degli elementi in legno:

- tracciamento a terra dell'edificio con controllo delle diagonali, del parallelismo e ortogonalità dei fili tracciati a terra. Questa operazione viene fatta con estrema cura attraverso più controlli incrociati delle misure al fine di assicurare una precisa e veloce posa in opera;
- controllo della planarità e orizzontalità della superficie d'appoggio sulla fondazione in C.A.;
- riempimento con malta espandente di eventuali avvallamenti del piano di calcestruzzo della fondazione su cui appoggiano gli elementi in legno. Tale riempimento verrà eseguito con idonea malta antiritiro in una fascia poco più larga dell'impronta della parete. Una volta asciugata, sopra alla malta, verrà posata una guaina bituminosa impermeabile per proteggere il legno dall'umidità di risalita proveniente dalla fondazione;
- formazione dei ponteggi perimetrali in modo da consentire il lavoro in sicurezza fino al primo solaio.

Successivamente si procederà con le operazioni di montaggio degli elementi in legno secondo il progetto di montaggio che indica la sequenza di posa degli elementi che tiene conto del piano di carico e del crono programma.

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 42 CASSEFORME PER CONGLOMERATI CEMENTIZI E DISARMO****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

I casseri potranno essere sia di legno sia metallici. Nel primo caso, le tavole saranno accuratamente levigate e gli spigoli ben rifilati; inoltre, prima del getto, esse verranno inumidite per asperione in modo adeguato alle condizioni climatiche ambientali. Le connessioni tra i vari elementi, qualunque sia la loro natura, dovranno essere ben curate; essi verranno perfettamente accostati specie per i getti effettuati con impasti fluidi o da vibrare, in modo che sia contenuta al minimo la fuoriuscita del legante. In caso di riempimento, dovrà essere effettuata un'accurata pulizia, asportando tutti gli eventuali residui del precedente getto e ravvivando le superfici. I casseri non potranno tuttavia essere reimpiegati quando risultino deformati, ammaccati, sbrecciati o comunque lesionati, ovvero quando le loro superfici, anche dopo pulizia, si presentino incrostate o la loro struttura si sia indebolita in modo da temere deformazioni o cedimenti durante il getto. Nel collocare in opera, o nel realizzarvi, i casseri, si dovrà avere cura di rispettare in tutto le dimensioni previste per le opere; verificato che il posizionamento risulta corretto, si procederà quindi al bloccaggio ed ancoraggio, contrastando adeguatamente le parti che debbono sopportare le spinte maggiori durante il getto, così da evitare spostamenti. La Direzione dei Lavori potrà prescrivere o, a richiesta dell'Appaltatore autorizzare l'impiego di disarmanti. Tali prodotti dovranno tuttavia essere di uso specifico e risultare perfettamente compatibili con i getti e con le protezioni superficiali previste; per il loro uso, in nessun caso potrà essere riconosciuto all'Appaltatore un compenso, che si intende già compreso nei prezzi stabiliti per i conglomerati. I contrasti che fossero stati posti all'interno dei casseri, nella zona da riempire con il conglomerato, dovranno essere tolti a tempo debito, evitando che abbiano a rimanere inglobati nel getto.

**42.1 CASSE PER CONTENIMENTO CONTROSPINTA**

In caso di presenza di controspinta del calcestruzzo, dovranno essere predisposte idonee strutture di rinforzo in fase di getto e maturazione dello stesso, costituite da puntelli in acciaio, comprensivi degli elementi di fissaggio su superficie orizzontale o verticale, e elementi di ripartizione pure in acciaio o in legno.

Le puntellazioni e i relativi elementi ripartitori dovranno essere di dimensioni adeguate rispetto al volume di getto da realizzare e all'altezza dello stesso e dovranno essere poste in opera a un interasse pari a circa 1-1,5 m.

Il fissaggio dei puntelli potrà essere realizzato su piastre in acciaio, poste in orizzontale o in verticale, o su elementi in legno infissi nel terreno e opportunamente ancorati, a seconda dei casi.

**42.2 RETE FERMAGETTO TIPO NERVO-METAL® O PERNERVO-METAL®**

Rete nervata e stirata ricavata dalla lavorazione di lamiera di acciaio, zincato a caldo mediante processo SENDZIMIR o mediante bagno galvanico o inox, da utilizzare come supporto per la realizzazione di intonaci (Nervo-Metal® o similare) o come cassero a perdere da porre all'interno delle casseforme per il contenimento del calcestruzzo, in caso di manufatti da gettare in 2 tempi (Pernervo-Metal® o similare).

Lo spessore dei pannelli varia da 0.3 a 0.575 mm, come riportato in tabella 1 sottostante. Lo spessore massimo è utilizzato in caso di realizzazione di grandi opere (High-Rip® o similare).

Gli spessori e di conseguenza i pesi sono dati con le tolleranze UNI 5691-67 ed UNI 5773-75.

Le nervature principali sono perforate per garantire l'aderenza migliorata evitando distacchi e possibili innesti di corrosione. Per aumentare la portanza sono nervate anche le giunzioni delle lamelle.

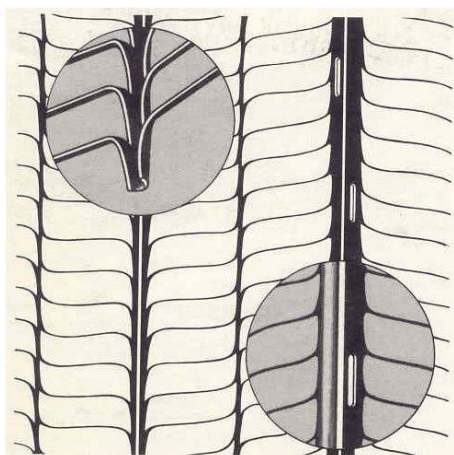


Tabella 1

## Dimensioni - Peso - Imballaggi - Immagazzinaggio

Tipo	Spessore	Peso del pannello	Misura del pannello	Imballaggio in pacchi da	Peso del pacco
<b>Pernervometal®</b>					
2	0,25 mm	0,25 kg	2500x600 mm.	20 pannelli = 30 m <sup>2</sup>	kg. 25
3	0,3 mm	1,65 kg	2500x600 mm.	20 pannelli = 30 m <sup>2</sup>	kg. 33
35	0,35 mm	1,80 kg	2500x600 mm.	20 pannelli = 30 m <sup>2</sup>	kg. 36
5	0,5 mm	2,90 kg	2500x600 mm.	10 pannelli = 15 m <sup>2</sup>	kg. 29
<b>High-Rip®</b>					
4	0,4 mm	3,03 kg	2000x445 mm.	100 pannelli = 89 m <sup>2</sup>	kg. 303
575	0,575 mm	4,36 kg	2000x445 mm	100 pannelli = 89 m <sup>2</sup>	kg. 436

È compresa la fornitura del materiale e la movimentazione, il taglio a misura, la forza motrice, la posa in presenza delle gabbie di armatura, lo sfido, la puntellazione, la fornitura e posa in opera di tutto il materiale occorrente.

Compreso infine il carico, il trasporto e lo scarico a rifiuto, fino a qualsiasi distanza, del materiale di risulta, compresa l'indennità di discarica e la pulizia finale. E' inoltre compreso quanto altro occorre per dare il lavoro finito a regola d'arte.

**42.3 MATRICI PER GETTI A VISTA**

Matrici poliuresinose di supporto per getti a vista in opera, realizzate con struttura a base poliuretanica sinterizzata con disegno variabile, costituite da teli morbidi di dimensioni 600xh. 3500 mm utilizzabili fino a 20 cicli di armo/disarmo, con aggancio laterale senza linee di giuntura.

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Le impalcature di sostegno dei getti di calcestruzzo devono avere una rigidità sufficiente per sopportare, senza deformazioni nocive, tutte le azioni cui esse sono sottoposte durante l'esecuzione dei lavori.

In particolare si richiama l'attenzione sul pericolo di instabilità delle impalcature di sostegno, sulle pressioni localizzate agli appoggi, sulla qualità del terreno di fondazione, in specie in periodo di sgelo.

I casseri devono soddisfare alle condizioni di impermeabilità ed ai limiti di tolleranza definiti dal progetto esecutivo o indicati dalle normative specifiche, nonché presentare lo stato superficiale desiderato. I casseri devono avere una rigidità sufficiente per sopportare, senza deformazioni nocive, tutte le azioni che si generano durante l'esecuzione dei lavori ed in particolare le spinte del calcestruzzo fresco e le azioni prodotte dal suo costipamento.

Comunque, salvo prescrizioni più restrittive, si consente che le deformazioni dei casseri siano tali da permettere variazioni dello spessore dei getti non superiore al 2%.

I casseri devono rispettare le controfrecce stabilite dal progetto esecutivo, per assicurare la forma corretta e definitiva delle opere, tenuto conto di tutti gli effetti (di carattere istantaneo o differito nel tempo) che tendono a farle variare.

Inoltre non devono impedire le deformazioni proprie del calcestruzzo (ritiro, deformazioni elastiche e viscosi), il regolare funzionamento dei giunti e delle unioni e nelle strutture precomprese le deformazioni conseguenti alla messa in tensione delle armature.

I casseri devono essere costruiti in maniera tale da permettere agevolmente la pulizia prima del getto e non ostacolare la corretta messa in opera del calcestruzzo.

A quest'ultimo scopo devono presentare i necessari accorgimenti (smussi, sfiati o simili) atti a favorire la fuoriuscita dell'aria durante le operazioni di getto e costipamento e consentire quindi un perfetto riempimento.

Prima dell'impiego dei casseri, si deve controllare che la geometria non sia variata per cause accidentali, in particolare per effetti termici.

Prima del getto, i casseri devono essere ripuliti in maniera da eliminare polvere o detriti di qualsiasi natura e abbondantemente bagnati, se realizzati con materiali assorbenti l'acqua. Inoltre, è consigliabile trattare i casseri con prodotti che agevolino la scasseratura. Questi prodotti non devono lasciare tracce indesiderate sulla superficie del calcestruzzo e devono permettere la ripresa dei getti e l'eventuale applicazione di ricoprimenti o rivestimenti.

Quando la portata delle membrature principali oltrepassi i 6 m, si disporranno opportuni apparecchi di disarmo.

Nei casseri dei pilastri si lascerà uno sportello al piede per consentire la pulizia alla base; dovrà assicurarsi un'efficace ripresa e continuità di getto mantenendo bagnato il getto preesistente per almeno due ore, e mediante inserimento di un sottile strato di malta cementizia all'inizio delle operazioni di getto.

Il getto dei pilastri deve avvenire con l'impiego di un tubo di guida del calcestruzzo alla superficie del getto, in ogni caso non per caduta da un'altezza superiore a 1 mt.

Nessuna opera di conglomerato armato dovrà essere assoggettata a passaggio diretto degli operai e mezzi d'opera o comunque caricata prima che abbia raggiunto un grado di maturazione sufficiente a giudizio della Direzione dei Lavori.

Il disarmo non deve avvenire prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore necessario in relazione all'impiego della struttura all'atto del disarmo; la decisione è lasciata al giudizio del Direttore dei Lavori, che utilizzerà a tale riguardo, prove non distruttive del conglomerato, e verrà riportata nel Giornale dei Lavori (tali prove saranno a carico dell'Impresa).

Ciò va riferito in particolare modo alle opere che durante la costruzione fossero colpite dal gelo.

Per le opere di notevole portata e di grandi dimensioni come pure quelle destinate a coperture, che dopo il disarmo possono trovarsi subito alla maggior parte del carico di progetto, sarà opportuno che venga indicato nel progetto il tempo minimo di maturazione per il disarmo, ferma restando la necessità del controllo suddetto.

#### 42.4 CASSEFORME PER CALCESTRUZZO TIPO SCC

Per il getto di rifoderia in calcestruzzo autocompattante è prevista l'installazione di cassaforme a telaio metallico zincato a caldo con manto in legno multistrato rivestito in materiale plastico, tipo Doka Framax Xlife o similare, dotate di bocche di getto con attacchi per tubo pompa da 125 mm di diametro e puntellazione posteriore (passo=90 cm) in grado di sostenere una pressione del calcestruzzo fresco fino a 40 kN/mq, tipo Doka D22 (o similare), sostenuta, ove necessario, da una mensola rampante tipo Doka D22 K o similare. La puntellazione sarà ancorata alla struttura esistente.

È compreso l'inserimento all'interno dei casseri di spezzoni di tubo in corrispondenza dei punti di ancoraggio e il successivo ripristino con malta tissotropica monocomponente tipo Mapegrout Easy Flow della MAPEI S.p.A. o similare, dopo la rimozione delle casseforme e delle barre ancoranti.

#### 42.5 MATRICI PER GETTI A VISTA

Matrici poliuresinose di supporto per getti a vista in opera, realizzate con struttura a base poliuretanica sinterizzata con disegno variabile, costituite da teli morbidi di dimensioni 600xh. 3500 mm utilizzabili fino a 20 cicli di armo/disarmo, con aggancio laterale senza linee di giuntura.

La tipologia di matrice dovrà essere scelta dalla Direzione Lavori, previa campionatura in cantiere e realizzazione di getti di prova.

##### Requisiti del faccia a vista

La superficie del calcestruzzo deve risultare faccia a vista, senza imperfezioni dovute a vespai, tiranti, bolle d'acqua, evidenti giunti causati da imperfezioni nell'accostamento delle matrici.

##### Istruzioni per l'uso delle matrici, armo

Per la realizzazione del muro può essere utilizzata una carpenteria di uso corrente che utilizza i tiranti per contenere la spinta del calcestruzzo.

Le matrici, previa carteggiatura del dorso con carta vetrata da 40 e successiva distribuzione della colla in righe orizzontali spaziate di circa 3 cm, devono essere appoggiate dal lato della carpenteria dove interessa il disegno e tenute sulla superficie del cassero con la posa di pesi per contrastare l'aumento di volume della colla per circa 40 minuti.

Le matrici vengono accostate l'una all'altra facendole aderire per evitare la fuoriuscita del calcestruzzo.

In corrispondenza del tirante viene praticato un foro di diametro uguale a quello del distanziatore in plastica, utilizzando attrezzature normalmente sul mercato.

I distanziatori in plastica, tagliati a misura, si appoggiano alle due pareti della carpenteria per ottenere uno spessore medio del muro pari a 25 cm.

La qualità dei tiranti deve essere adeguata alla tipologia di cassaforma utilizzata e comunque sufficiente a contenere la spinta del getto.

Gli angoli vengono realizzati inserendo un elemento in legno dello spessore della matrice nell'angolo formato tra le due carpenterie.

##### Istruzioni per l'uso delle matrici, getto, disarmo

L'impasto del calcestruzzo deve mantenere il rapporto acqua/cemento previsto anche dopo l'eventuale trasporto con autobetoniera dal luogo di produzione al luogo del getto.

Il getto viene eseguito dal fondo della cassetta e fatto risalire man mano al crescere del livello. Il vibratore va inserito verticalmente ad intervalli di circa 10 volte il diametro dell'ago, la durata della vibrazione è di circa 10 secondi. L'estrazione del vibratore deve essere lenta per consentire al calcestruzzo di riempire il vuoto.

Il fissaggio delle matrici al pannellone avviene, oltre che con i distanziatori in uso, tramite apposito collante monocomponente a base poliuretanica. La tipologia del calcestruzzo consigliato è classe S4 possibilmente superfluidificato per una migliore definizione del disegno.

##### Distaccante

E' necessario utilizzare il distaccante studiato appositamente per il disarmo delle matrici poliuretaniche, in ragione di 100 g/mq.

#### NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

Casseforme, armature di sostegno centinature saranno compensati a parte, solo per quanto sia esplicitamente indicato negli articoli di Elenco Prezzi. I relativi prezzi comprendono e compensano tutti gli oneri, le forniture e le prestazioni relative a materiali, mano d'opera, noli, armo, disarmo, sfrido, trasporti, ecc...

##### CASSEFORME

Le casseforme saranno computate in base allo sviluppo delle facce interne a contatto del conglomerato cementizio, ad opera finita.

##### ARMATURE

Le armature di sostegno delle casseforme per getti in opera di conglomerato cementizio semplice cd armato, normale, per impalcati, piattabande e travate e quelle di sostegno delle centine per archi o volte, di luce retta fino a m 4,00 misurata al piano d'imposta lungo l'asse mediano dell'opera, sono comprese e compensate nei prezzi di elenco relativi ai conglomerati cementizi.

Le armature di luce retta superiore a m 4,00 saranno computate per classi di luci, secondo le indicazioni dell'elenco prezzi.

La superficie dell'armatura di ciascuna luce sarà determinata in proiezione orizzontale misurandola in lunghezza, al Piano d'imposta lungo il mediano dell'opera, fra i fili interni dei sostegni ed in larghezza, normalmente all'asse mediano dell'opera, fra i fili esterni dell'impalcato.

Quando l'altezza media di ciascuna luce, misurata fra l'intradosso dell'opera (impalcato, piattabanda, travata, sostegno di centine di archi o volte) ed il piano di campagna in corrispondenza dell'asse mediano dell'opera stessa, superi l'altezza di m 10, si determinerà l'incremento di prezzo delle armature applicando la maggiorazione in percentuale per altezze medie delle armature superiori ai m 10, tante volte quante sono le zone di m 5 eccedenti i primi 10 metri.

Saranno compensate anche le armature di sostegno delle casseforme per il getto in opera di conglomerato cementizio di parti aggettanti dalle strutture in elevazione, quali ad esempio le orecchie delle spalle di opere d'arte e gli sbalzi laterali delle pile.

In questi casi i prezzi da applicare saranno quelli corrispondenti a luci convenzionali uguali a due volte la lunghezza dello sbalzo (misurata

lungo il suo asse mediano, tra il fila d'incastro ed il filo esterno dello sbalzo stesso) e la superficie alla quale detto prezzo dovrà essere applicato sarà quella determinata , in proiezione orizzontale , dalla lunghezza dello sbalzo , misurata come sopra e dalla larghezza misurata normalmente al asse mediano dello sbalzo.

#### CENTINATURE

Le centinature per archi o volte, complete delle eventuali armature di sostegno delle casseforme per qualsiasi struttura da costruirsi superiormente all'estradosso delle centine, fino a m 4,00 di luce retta, sono comprese e compensare nei prezzi dei conglomerati cementizi.

Le centinature per luci rette superiori a m 4.00, misurate in proiezione orizzontale fra i vivi di pile o spalle, per la effettiva lunghezza degli archi o volti, saranno computate per classi di luci, secondo le indicazioni dell'elenco prezzi.

Le centinature, costruite anche a sbalzo, per il sostegno di casseforme per volte di gallerie artificiali in conglomerato cementizio semplice od armato, saranno misurate in proiezione orizzontale, in larghezza fra i vivi dei piatti all'imposta dell'arco ed in lunghezza secondo la effettiva lunghezza dell'arco e saranno computate per classi di luci secondo le indicazioni dell'elenco prezzi.

**Art. 43 CONGLOMERATI CEMENTIZI SEMPLICI E ARMATI**

Per tutti i conglomerati, la norma di riferimento è la EN 206-1 a cui va associata la UNI 11104 relativamente alle istruzioni complementari per la sua applicazione. Nella UNI 11104, si trovano: le specificazioni, le prestazioni, i criteri per la produzione e le classi di esposizione.

Le opere di cemento armato normale e precompresso incluse nell'opera appaltata saranno eseguite in base ai disegni che compongono il progetto ed alle norme che verranno impartite.

La Direzione Lavori provvederà a fornire all'Impresa il progetto completo dei calcoli statici delle opere d'arte di maggiore importanza incluse nell'appalto. L'Impresa dovrà però provvedere alla verifica di detti calcoli; essa dovrà prima dell'inizio dei relativi lavori e provviste, prendere conoscenza del progetto e controllare i calcoli statici a mezzo di ingegneri di sua fiducia (qualora l'Appaltatore stesso non rivesta tale qualità), dichiarare quindi per iscritto di avere effettuato tali operazioni, di concordare nei risultati finali, di riconoscere il progetto perfettamente attendibile e di assumere piena ed intera responsabilità tanto del progetto come dell'esecuzione dell'opera. Le eventuali osservazioni dovranno essere formulate per iscritto alla Direzione dei Lavori entro trenta giorni dalla firma del contratto soltanto qualora si ravvisi la mancanza dei dovuti coefficienti di sicurezza od inosservanza delle prescrizioni regolamentari vigenti o discordanze tra i vari elaborati progettuali.

Qualsiasi altra osservazione non verrà presa in considerazione e l'eventuale ritardo non può dare diritto a proroghe per la ultimazione dei lavori entro il termine contrattuale. Tutti gli elaborati strutturali forniti dalla Direzione Lavori dovranno essere presentati con eventuali osservazioni a mezzo lettera raccomandata con ricevuta di ritorno entro quaranta giorni dalla firma del contratto.

L'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori i disegni esecutivi con i calcoli statici di tutte le opere provvisorie quali centine ed armature di sostegno che la Direzione Lavori potrà accettare oppure richiedere motivate modifiche degli stessi entro e non oltre quarantacinque giorni dalla firma del contratto.

L'esame di verifica da parte della Direzione Lavori dei calcoli statici delle opere provvisorie e delle armature di sostegno, ecc. non esonererà in alcun modo l'Impresa dalle responsabilità ad essa derivanti per legge e per le pattuizioni del contratto, restando stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla Direzione Lavori, essa Impresa rimane unica e completa responsabile delle opere e, di conseguenza, essa dovrà rispondere degli inconvenienti di qualunque natura, importanza e conseguenza che avessero a verificarsi. Dal Giornale dei Lavori del cantiere dovranno risultare tutte le approvazioni degli elaborati di progetto e di calcolo delle strutture, centine, puntellazioni, tutti gli ordini relativi all'esecuzione dei getti e disarmo, nonché le date di inizio e di fine dei getti e del disarmo.

L'Impresa sarà tenuta a presentare a sua cura e spese, in tempo utile, prima dell'inizio dei getti di ciascuna opera, all'esame della D.L.:

- i disegni delle armature sviluppati con tutte le misure ed i raggi dei mandrini che verranno usati per le lavorazioni delle barre di armatura
- i campioni dei materiali che intende impiegare, indicandone provenienza, tipo e qualità, corredati dei certificati di origine se previsti per legge;
- lo studio granulometrico per ogni tipo di classe di calcestruzzo;
- il tipo ed il dosaggio del cemento, il rapporto acqua-cemento, nonché il tipo ed il dosaggio degli additivi che intenda eventualmente usare, al fine di raggiungere le resistenze caratteristiche indicate nei disegni esecutivi;
- il tipo di impianto di confezionamento, i sistemi di trasporto, di getto e di maturazione;
- i risultati delle prove preliminari sui cubetti di calcestruzzo, eseguite con le modalità previste dalle vigenti norme tecniche.

In ogni tavola dei disegni esecutivi forniti dalla Direzione Lavori saranno indicate le caratteristiche dei materiali impiegati, in particolare la classe di resistenza del calcestruzzo e il tipo di acciaio; in quelli relativi agli orizzontamenti sarà inoltre riportata per esteso l'analisi dei carichi, tale analisi può essere riportata anche solamente nella relazione di calcolo strutturale.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****43.1 ACQUA**

Dovrà essere dolce, limpida, esente da tracce di cloruri o solfati, non inquinata da materie organiche od oleose o comunque dannose all'uso cui le acque medesime sono destinate, con pH compreso tra 6 e 8. In particolare, risponderà ai requisiti della norma UNI EN 1008:2003.

**43.2 LEGANTI IDRAULICI**

Dovranno corrispondere alle caratteristiche tecniche ed ai requisiti dei leganti idraulici di cui alla legge 26 maggio 1965, n. 595 e al D.M. 14 gennaio 1966, parzialmente modificato dal D.M. 3 giugno 1968 e dal D.M. 31 agosto 1972.

I materiali saranno al momento dell'uso sempre in perfette condizioni e stato di conservazione ed il loro uso nella preparazione delle malte e conglomerati avverrà con l'osservanza delle migliori regole d'arte.

**43.2.a Calce**

Le calce da costruzione corrisponderanno alle caratteristiche indicate dalle norme UNI EN 459-1:2015, UNI EN 459-2:2010 e UNI EN 459-3:2015.

Le calce idrauliche dovranno avere i requisiti di cui alla legge 26 Maggio 1965, n. 595 e al D.M. 14 Gennaio 1966, parzialmente modificato dal D.M. 3 giugno 1968 e dal D.M. 31 agosto 1972, e s.m.i. che detta le norme per l'accettazione e le modalità di prova dei leganti idraulici ed alle norme e prescrizioni contenute nel presente capitolato.

La calce grassa in zolle dovrà provenire da calcari puri, essere di recente, perfetta ed uniforme cottura, non essere bruciata né vitrea né lenta ad idratarsi, ed infine dovrà essere di qualità tale che, mescolata con la sola quantità di acqua necessaria all'estinzione, si trasformi completamente in una pasta solida a grassello tenuissimo, senza lasciare residui maggiori del 5% dovuti a parti non ben decarburate, silicose od altrimenti inerti.

La calce grassa sarà di buona qualità, se mescolata con l'acqua raggiungerà rapidamente lo spegnimento con forte sviluppo di calore, aumentando il volume fino al triplo.

Il trasporto in cantiere dovrà essere effettuato al riparo della pioggia e dell'umidità: sarà rifiutata la calce ridotta in polvere o sfiorita.

L'appaltatore dovrà approvvigionare la calce in zolle a seconda delle necessità ed in attesa dello spegnimento dovrà provvedere alla conservazione della calce in luoghi asciutti.

La calce idrata in polvere dovrà essere fornita in imballaggi di carta recanti le indicazioni dello stabilimento di provenienza ed il peso del prodotto, nonché la specificazione se trattasi di fior di calce o calce idrata da costruzione.

La calce idrata in polvere dovrà essere trasportata e conservata in cantiere con le cautele appresso indicate per la calce idraulica.

L'uso della calce idrata in polvere dovrà essere preventivamente autorizzato per iscritto dalla Direzione Lavori, che indicherà di volta in volta, le proporzioni tra la calce e la sabbia e pozzolane.

La calce idraulica naturale in polvere dovrà essere fornita in sacchi con imballaggio originale del peso di 50 Kg, con tutte le modalità di cui all'art. 3 della legge 26 Maggio 1965, n. 595. I sacchi dovranno essere sempre, sia all'atto della fornitura che al momento dell'impiego del materiale, in perfetto stato di conservazione; sarà rifiutata e fatta allontanare subito dal cantiere la calce idraulica contenuta in sacchi comunque manomessi oppure che presentassero grumi.

La calce idraulica in polvere dovrà essere trasportata in cantiere al riparo dalla pioggia e dall'umidità; dovrà essere conservata in magazzini coperti o su tavolati in legno così come successivamente prescritto per i cementi.

#### 43.2.b Cemento

Il cemento impiegato per il confezionamento dei conglomerati cementizi sarà di tipo Portland, conforme alle seguenti norme:

UNI EN 197-1:2011 Cemento - Parte 1: Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni

UNI EN 197-2:2014 Cemento - Valutazione della conformità.

I cementi dovranno inoltre corrispondere ai requisiti di accettazione e le modalità di prova di cui al D.M. 3 giugno 1968, al D.M. 20 Novembre 1984 e alle rettifiche del D.M. 31 gennaio 1985.

I cementi in sacchi dovranno essere approvvigionati in cantiere, a disposizione della Direzione dei Lavori per preventivo esame, con ragionevole lasso di tempo, e dovranno essere conservati in magazzini coperti, perfettamente asciutti e senza correnti d'aria.

Qualora il cemento venga trasportato alla rinfusa, il cantiere dovrà essere dotato di adeguata attrezzatura per lo scarico, di silos per la conservazione e bilancia per il controllo della formazione degli impasti.

La fornitura del cemento dovrà essere comunque effettuata con l'osservanza delle condizioni e modalità di cui all'art. 3 della legge 26 Maggio 1965, n. 595.

I sacchi dovranno essere mantenuti intatti con piombi e sigillatura fino all'impiego del materiale: il cemento in sacchi manomessi od alterato sarà respinto e fatto allontanare dal cantiere.

L'immissione in cantiere di cemento sciolto dovrà risultare dal giornale dei lavori: la qualità dovrà essere accertata mediante prelievo di campioni come stabilito dall'art. 4 della legge sopra citata.

Indipendentemente dalle indicazioni che accompagnano la fornitura del cemento, la Direzione dei Lavori farà eseguire a spese dell'Impresa le prove prescritte.

L'Impresa non potrà mai accampare pretese e compensi per eventuali ritardi o sospensioni di lavoro che si rendessero necessari per attendere i risultati ufficiali degli accertamenti sull'idoneità dei cementi.

L'aggiunta ai cementi di materiali per accelerare o ritardare la presa dei conglomerati, o per ritardarne o accelerarne l'indurimento, oppure per migliorare la lavorabilità, l'impermeabilità, la resistenza al gelo o altro, potrà essere eseguita solo su ordine scritto della Direzione dei Lavori.

Nell'uso degli additivi si dovrà comunque tenere presente che la misura consentita dagli additivi stessi dovrà essere tale da non perturbare le altre qualità richieste per il conglomerato o presentare un pericolo per le armature.

Per l'impiego dei cementi bianchi sono previsti due tipi: con resistenza non inferiore a 900 Kg/cm<sup>2</sup> dopo 28 giorni, con resistenza non inferiore a 600 kg /cm<sup>2</sup> dopo 28 giorni.

I valori della resistenza dovranno essere garantiti in conformità delle vigenti norme per il controllo dei leganti idraulici in precedenza citate.

Per quanto applicabili per i cementi bianchi valgono le norme, le disposizioni e le prescrizioni dettate per i cementi normalizzati di cui ai precedenti capoversi del presente articolo.

#### 43.2.c Gesso

Il gesso dovrà essere di recente cottura, scevro di materie eterogenee, senza parti alterate per estinzione spontanea.

La finezza di macinazione dovrà essere tale che il gesso sia passante totalmente al setaccio 0,8 UNI 2332 e l'acqua di idratazione dovrà essere contenuta tra il 5 ed il 7,5%.

Impastata una certa quantità di gesso con uguale volume d'acqua, la presa dovrà avvenire in non più di 30 minuti.

Il gesso dovrà essere immesso in cantiere confezionato in sacchi integri, del peso di 50 Kg, con indicazione del nominativo della ditta produttrice e della qualità del materiale.

Il gesso dovrà essere conservato in locali coperti ed assolutamente riparati dall'umidità.

#### 43.2.d Bentonite

La bentonite può essere utilizzata sia nelle perforazioni sia come additivo per miscele cementizie plastiche.

Caratteristiche e limiti di accettabilità della bentonite in polvere:

- Residuo al vaglio da 10.000 maglie/cm<sup>2</sup> <= 1%
- Tenore di umidità >= 15%
- Limite di liquidità >= 400%
- Viscosità Marsh della sospensione al 6% in acqua distillata >= 40°
- Decantazione della sospensione al 6% in 24 ore <= 2%
- Acqua separata per pressofiltrazione di 450 cc della sospensione al 6% in 30' a 7 bar <= 18 cc
- pH dell'acqua filtrata 7 <= pH <= 9
- Spessore del cake sul filtro della filtro-pressa <= 2.5 mm

### 43.3 GHIAIA - PIETRISCO - SABBIA

Le ghiaie, i pietrischi e le sabbie da impiegare nella formazione dei calcestruzzi dovranno corrispondere alle condizioni di conformità considerate nelle seguenti norme:

UNI 8520-1:2015 Aggregati per calcestruzzo - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 12620 - Parte1: Designazione e criteri di conformità.

UNI 8520-2:2016 Aggregati per calcestruzzo - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 12620 -Requisiti.

UNI EN 12620:2008	Aggregati per calcestruzzo.
UNI EN 13139:2003	Aggregati per malta.
UNI EN 13043:2004	Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico.
UNI EN 13242:2008	Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade.

Le ghiaie ed i pietrischi dovranno essere costituiti da elementi omogenei derivanti da rocce resistenti il più possibile omogenee e non gelive; tra le ghiaie si escluderanno quelle contenenti elementi di scarsa resistenza meccanica, facilmente sfaldabili o rivestite da incrostazioni o gelive.

La sabbia da impiegarsi nelle murature o nei calcestruzzi dovrà essere assolutamente scevra da materie terrose ed organiche e ben lavata. Dovrà essere preferibilmente di qualità silicea proveniente da rocce aventi alta resistenza alla compressione. Dovrà avere forma angolosa ed avere elementi di grossezza variabile da mm 1 a mm 5.

L'accettabilità della sabbia dal punto di vista del contenuto di materie organiche verrà definita con i criteri indicati nella UNI EN 197/1- parte 1^ "Cemento. Composizione, specificazioni e criteri di conformità. Cementi comuni", recepita con D.M. del 13/09/93 pubblicato sulla G.U. n. 223 del 22/09/93.

La norma UNI 8520 Parte 2a stabilisce i limiti per l'accettazione degli inerti, mentre le norme UNI 8520 Parte 4a - 22a illustrano i metodi di prova per la determinazione di questi limiti.

La granulometria degli aggregati litici per i conglomerati sarà prescritta dalla Direzione dei lavori in base alla destinazione, al dosaggio ed alle condizioni della messa in opera dei calcestruzzi.

L'impresa dovrà garantire la costanza delle caratteristiche della granulometria di ogni lavoro.

Per lavori di notevole importanza l'Impresa dovrà disporre della serie dei vagli normali atti a consentire alla Direzione dei lavori i normali controlli.

In linea di massima, per quanto riguarda la dimensione degli elementi dei pietrischi e delle ghiaie, questi dovranno essere da mm 40 a mm 71 (trattenuti dal crivello 40 U.N.I. e passanti da quello 71 U.N.I. n. 2334) per lavori correnti di fondazioni, elevazione, muri di sostegno;

da mm 40 a mm 60 (trattenuti dal crivello 40 U.N.I. e passanti da quello 60 U.N.I. n. 2334) se si tratta di volti, di getti di un certo spessore;

da mm 25 a mm 40 (trattenuti dal crivello 25 U.N.I. e passanti da quello 40 U.N.I. n. 2334) se si tratta di volti o di getti di limitato spessore.

Le ghiaie da impiegarsi per formazione di massicciate stradali dovranno essere costituite da elementi omogenei derivati da rocce durissime di tipo costante, e di natura consimile fra loro, escludendosi quelle contenenti elementi di scarsa resistenza meccanica sfaldabili facilmente, o gelide o rivestite di incrostazioni.

Il pietrisco, il pietrischetto e la graniglia, secondo il tipo di massicciata da eseguire, dovranno provenire dalla spezzatura di rocce durissime, preferibilmente silicee, a struttura microcristallina, o calcari puri durissimi e di alta resistenza alla compressione, all'urto, all'abrasione, al gelo ed avranno spigolo vivo e dovranno essere scevri di materie terrose, sabbia o comunque materie eterogenee.

Sono escluse le rocce marmose.

Qualora la roccia provenga da cave nuove o non accreditate da esperienze specifiche di enti pubblici e che per natura o formazione non diano affidamento sulle sue caratteristiche, è necessario effettuare su campioni prelevati in cava, che siano significativi ai fini della coltivazione della cava, prove di compressione e di gelività.

Quando non sia possibile ottenere il pietrisco da cave di roccia, potrà essere consentita per la formazione di esso l'utilizzazione di massi sparsi in campagna o ricavabili da scavi, nonché di ciottoloni o di massi ricavabili da fiumi o torrenti sempreché siano provenienti da rocce di qualità idonea.

I materiali suindicati, le sabbie e gli additivi dovranno corrispondere alle norme di accettazione del fascicolo n. 4 ultima edizione, del Consiglio Nazionale delle Ricerche. Rispetto ai crivelli U.N.I. 2334, i pietrischi saranno quelli passanti dal crivello 71 U.N.I. e trattenuti dal crivello 25 U.N.I., i pietrischetti quelli passanti dal crivello 25 U.N.I. e trattenuti dal crivello 10 U.N.I., le graniglie quelle passanti dal crivello 10 U.N.I. e trattenute al setaccio 2 U.N.I. 2332.

Di norma si useranno le seguenti pezzature:

- 1) pietrisco da 40 a 71 mm ovvero da 40 a 60 mm se ordinato, per la costruzione di massicciate all'acqua cilindrate;
- 2) pietrisco da 25 a 40 mm (eccezionalmente da 15 a 30 mm granulometria non unificata) per la esecuzione di ricarichi di massicciate e per i materiali di costipamento di massicciate (mezzanello);
- 3) pietrischetto da 15 a 25 mm per esecuzione di ricarichi di massicciate per conglomerati bituminosi e per trattamenti con bitumi fluidi;
- 4) pietrischetto da 10 a 15 mm per trattamenti superficiali, penetrazioni, semipenetrazioni, e pietrischetti bitumati;
- 5) graniglia normale da 5 a 10 mm per trattamenti superficiali, tappeti bitumati, strato superiore di conglomerati bituminosi;
- 6) graniglia minuta da 2 a 5 mm di impiego eccezionale e previo specifico consenso della Direzione dei lavori per trattamenti superficiali; tale pezzatura di graniglia, ove richiesta, sarà invece usata per conglomerati bituminosi.

Nella fornitura di aggregato grosso per ogni pezzatura sarà ammessa una percentuale in peso non superiore al 5% di elementi aventi dimensioni maggiori o minori di quelle corrispondenti ai limiti della prescelta pezzatura, purché, per altro, le dimensioni di tali elementi non superino il limite massimo o non siano oltre il 10% inferiori al limite minimo della pezzatura fissata.

Gli aggregati grossi non dovranno essere di forma allungata o appiattita (lamellare).

#### **43.4 INERTI LEGGERI - POMICE - ARGILLA ESPANSA – POLISTIROLO ESPANSO**

La pomice ed i lapilli vulcanici dovranno presentare struttura granulare a cavità chiuse, con superfici scabre. Il materiale dovrà avere un peso specifico apparente medio di 660 Kg/mc, di granulometria appropriata, asciutto, scevro da sostanze organiche, da polvere o da altri elementi estranei.

La perlite sarà costituita da lava vulcanica espansa in granuli, con granulometria da 0.1 a 2.3 mm e massa volumica da 90 a 130 Kg/m3. La perlite sarà imputrescibile ed ininfiammabile, ed avrà un coefficiente di conducibilità termica, a temperatura ambiente, di circa 0,04 Kcal/mh°C.

L'inerte leggero di argilla espansa dovrà essere formato da granuli di varia dimensione, aventi una struttura interna clinkerizzata e una dura e resistente scorza esterna. Ogni granulo dovrà avere una forma rotondeggiante ed essere scevro da materie attive organiche o combustibili e non dovrà essere attaccabile da acidi od alcali concentrati.

Il polistirolo espanso dovrà presentarsi in forma di granuli d'aspetto vetroso (perle), di varia granulometria (0,3-2,8 mm), con densità compresa tra 0,02 e 0,06 g/cm3. Ogni granulo dovrà avere una forma rotondeggiante ed essere scevro da materie attive organiche o combustibili e dovrà essere resistente agli alcali.

Le granulometrie apparterranno alle seguenti classi:

- fine (0.5-3 mm),
- medio fine (3-8 mm),
- media (8-15 mm),
- grossa (15-20 mm).

Il materiale sfuso dovrà avere una conduttività termica di circa 0,08 kCal/Hmc, un peso specifico apparente inferiore a 420 Kg/m<sup>3</sup> e galleggiare sull'acqua senza assorbirla.

#### 43.5 ADDITIVI

Gli additivi eventualmente impiegati negli impasti devono appartenere ai tipi definiti e classificati dalle Norme Unicemento e rispondere alle relative prove d'idoneità. Non è opportuno l'impiego di più additivi, a meno che tale possibilità non venga espressamente indicata dalla casa produttrice.

La quantità di additivo aggiunta agli impasti cementizi non dovrà, di regola, superare il 2% rispetto al peso del legante, salvo diversa prescrizione della casa produttrice.

Con riferimento ai getti in cemento armato, l'aggiunta di additivi a base di cloruri è consentita soltanto in proporzione tale che il contenuto globale di cloruro - tenuto perciò conto di quello presente nell'acqua d'impasto, negli inerti e nel legante stesso - espresso in CL2 non superi lo 0,25% del peso del cemento.

Quantitativi maggiori, comunque mai superiori all'1% del peso di cemento, dovranno essere esplicitamente autorizzati dal Direttore dei Lavori. Pertanto le case produttrici devono specificare il contenuto in cloro degli additivi.

Per la conservazione ed il periodo di utilizzazione degli additivi devono essere osservate le prescrizioni indicate dal produttore.

#### NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

Nell'esecuzione delle opere di cemento armato normale l'appaltatore dovrà attenersi alle norme contenute nella legge n. 1086/71 e nelle nuove norme tecniche emanate con D.M. 17 gennaio 2018. In particolare:

- Gli impasti devono essere preparati e trasportati in modo da escludere pericoli di segregazione dei componenti o di prematuro inizio della presa al momento del getto.  
Il getto deve essere convenientemente compatto; la superficie dei getti deve essere mantenuta umida per almeno tre giorni.  
Non si deve mettere in opera il conglomerato a temperature minori di 0 °C, salvo il ricorso ad opportune cautele.
- Le giunzioni delle barre in zona tesa, quando non siano evitabili, si devono realizzare possibilmente nelle regioni di minor sollecitazione, in ogni caso devono essere opportunamente sfalsate.  
Le giunzioni di cui sopra possono effettuarsi mediante:
  - saldature eseguite in conformità delle norme in vigore sulle saldature;
  - manicotto filettato;
  - sovrapposizione calcolata in modo da assicurare l'ancoraggio di ciascuna barra. In ogni caso la lunghezza di sovrapposizione in retto deve essere non minore di 20 volte il diametro e la prosecuzione di ciascuna barra deve essere deviata verso la zona compressa. La distanza mutua (interfero) nella sovrapposizione non deve superare 6 volte il diametro.
- Le barre piegate devono presentare, nelle piegature, un raccordo circolare di raggio non minore di 6 volte il diametro. Gli ancoraggi devono rispondere a quanto prescritto dal D.M. 17 gennaio 2018. Per barre di acciaio inossidato a freddo le piegature non possono essere effettuate a caldo.
- La superficie dell'armatura resistente deve distare dalle facce esterne del conglomerato di almeno 0,8 cm nel caso di solette, setti e pareti, e di almeno 2 cm nel caso di travi e pilastri. Tali misure devono essere aumentate, e al massimo rispettivamente portate a 2 cm per le solette ed a 4 cm per le travi ed i pilastri, in presenza di salsedine marina ed altri agenti aggressivi. Copriferrati maggiori richiedono opportuni provvedimenti intesi ad evitare il distacco (per esempio reti).  
Le superfici delle barre devono essere mutuamente distanziate in ogni direzione di almeno una volta il diametro delle barre medesime e, in ogni caso, non meno di 2 cm. Si potrà derogare a quanto sopra raggruppando le barre a coppie ed aumentando la mutua distanza minima tra le coppie ad almeno 4 cm.  
Per le barre di sezione non circolare si deve considerare il diametro del cerchio circoscritto.
- Il disarmo deve avvenire per gradi ed in modo da evitare azioni dinamiche. Esso non deve inoltre avvenire prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore necessario in relazione all'impiego della struttura all'atto del disarmo, tenendo anche conto delle altre esigenze progettuali e costruttive; la decisione è lasciata al giudizio del Direttore dei lavori.

#### 43.6 RESISTENZE DEI CALCESTRUZZI

I prelievi saranno effettuati in conformità alle norme tecniche vigenti, in relazione alla determinazione prescelta della resistenza caratteristica, in contraddittorio con l'Impresa, separatamente per ogni tipo e classe di calcestruzzo previsti.

Di tali operazioni eseguite a cura della Direzione dei Lavori ed a spese dell'Impresa, secondo le norme UNI vigenti, verranno redatti appositi verbali numerati progressivamente e controfirmati dalle parti.

I provini, contraddistinti col numero progressivo del relativo verbale di prelievo, verranno custoditi a cura e spese dell'Impresa in locali indicati dalla Direzione dei Lavori, previa apposizione di sigilli e firma del Direttore dei Lavori e dell'Impresa, nei modi più adatti a garantirne l'autenticità e la conservazione.

##### Tutti i campioni verranno prelevati in duplice esemplare.

Con i provini della prima serie verranno effettuate prove preliminari atte a determinare le resistenze caratteristiche alle differenti epoche di stagionatura secondo le disposizioni che al riguardo saranno impartite dalla Direzione dei Lavori.

I valori della resistenza caratteristica a compressione a 28 giorni dalla maturazione, ricavati da questa prima serie di prove, saranno presi a base per un primo controllo della resistenza e per la contabilizzazione delle opere in partita provvisoria. I provini della seconda serie saranno inviati, nel numero prescritto dalle vigenti norme di legge, ai laboratori ufficiali per la determinazione della resistenza caratteristica a compressione a 28 giorni di maturazione ed i risultati ottenuti saranno presi a base per la contabilizzazione delle opere in partita definitiva.

**Per il lavoro in oggetto saranno prelevati almeno n° 2 cubetti per ciascuna betoniera indipendentemente dalla capacità della stessa. Nel caso il calcestruzzo fosse confezionato in cantiere si preleveranno n° 2 cubetti ogni 5 mc.**

Tutti gli oneri relativi alle due serie di prove di cui sopra, in essi compresi quelli per il rilascio dei certificati, saranno a carico dell'Impresa. Nel caso che la resistenza caratteristica a compressione a 28 giorni di maturazione ricavata dalle prove della prima serie di prelievi risulti essere inferiore a quella della classe indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto approvati dalla Direzione dei Lavori, il D.L. potrà, a suo insindacabile giudizio, ordinare la sospensione dei getti dell'opera d'arte interessata in attesa dei risultati delle prove della seconda serie di prelievi, eseguite presso laboratori ufficiali.

Qualora anche dalle prove eseguite presso i Laboratori ufficiali risultasse un valore della resistenza caratteristica inferiore a quello della classe indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto approvati dalla Direzione dei Lavori, l'Impresa potrà eventualmente presentare, a sua cura e spese, una relazione supplementare nella quale dimostri che, fermo restando le ipotesi di vincolo e di carico delle strutture, la resistenza suddetta è ancora compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, secondo le prescrizioni delle vigenti norme di legge.

Se tale relazione sarà approvata dalla Direzione dei Lavori a suo insindacabile giudizio il calcestruzzo verrà contabilizzato con il prezzo della classe alla quale risulterà appartenere la relativa resistenza.

Nel caso che tale resistenza non risulti compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, l'Impresa sarà tenuta a sua cura e spese alla demolizione e rifacimento dell'opera, oppure all'adozione di provvedimenti che, garantiscono la staticità delle strutture.

Tali provvedimenti dovranno in ogni caso essere approvati dall'Ente Appaltante.

Nessun indennizzo o compenso sarà dovuto all'Impresa se la resistenza caratteristica risulterà maggiore di quella indicata nei calcoli statici approvati dalla Direzione dei Lavori.

#### **43.7 CONFEZIONE E TRASPORTO DEL CALCESTRUZZO**

Il dosaggio e la confezione del conglomerato cementizio avverranno con centrali meccanizzate.

Gli strumenti destinati al dosaggio dei diversi componenti delle miscele e formanti parti integranti delle centrali di betonaggio dovranno corrispondere alle norme di cui al D.M. 5 settembre 1969 pubblicati sulla G.U. del 27 settembre 1969, e seguenti.

In particolare la centrale deve essere dotata di bilance separate di portata appropriata per il dosaggio del cemento e degli inerti.

Il dosaggio del cemento deve essere effettuato con precisione del 2%. Il dosaggio degli inerti deve essere realizzato con la precisione del 3% del loro peso complessivo. Il sistema di carico delle bilance deve essere tale da permettere con sicurezza, regolazione ed arresto completo del flusso del materiale in arrivo.

Le bilance devono essere tarate all'inizio del lavoro e poi almeno una volta ogni tre mesi.

Il dosaggio effettivo dell'acqua deve essere realizzato con la precisione del 2%. Nello stabilire la quantità d'acqua di impasto si deve tener conto dell'umidità degli inerti.

In nessun caso potrà essere variato il rapporto acqua-cemento precalcolato; l'eventuale variazione dei quantitativi di acqua e di cemento, allo scopo di aumentare la lavorabilità della miscela, dovrà essere approvata dalla Direzione dei Lavori in relazione anche all'aumento del fenomeno di ritiro.

Potranno essere usati additivi previo consenso della Direzione dei Lavori, a cura e spese dell'Impresa che non avrà diritto ad indennizzi o sovrapprezzi per tale titolo salvo che non ne sia espressamente previsto l'impiego per particolari esigenze indicate in progetto.

Il trasporto del conglomerato a piè d'opera avverrà con mezzi atti ad evitare la separazione per gravità dei singoli elementi costituenti l'impasto.

Le tramogge delle bilance del cemento devono essere protette dagli agenti atmosferici per evitarne le incrostazioni di legante con conseguenti variazioni della tara.

Il tempo di miscelazione nella mescolatrice fissa non deve essere inferiore ad un minuto calcolato alla fine del carico di tutti i componenti.

Le mescolatrici fisse devono essere dotate di dispositivi che permettano il controllo del tempo di impasto o del numero di giri compiuti dal contenitore, e da un dispositivo che permetta il rilevamento della potenza assorbita dal motore con conseguente riferimento alla consistenza dell'impasto.

Esse dovranno essere conservate prive di incrostazioni apprezzabili. L'usura massima tollerabile per le pale è del 10%, in altezza di lama, misurata nel punto di maggior diametro del tamburo.

La Direzione dei Lavori potrà consentire, per getti di piccolo volume, che la mescolazione del conglomerato venga effettuata con betoniere non centralizzate ovvero con autobetoniere purché venga garantita la costanza del proporzionamento dell'impasto.

Nel caso di impiego di autobetoniere la durata della mescolazione deve corrispondere a 50 giri del contenitore, alla velocità di mescolazione dichiarata dalla casa costruttrice. Tale mescolazione va effettuata direttamente in centrale prima di iniziare il trasporto, ad automezzo fermo.

Le autobetoniere devono essere dotate di un dispositivo di misura del volume d'acqua, eventualmente aggiunto, con la precisione del 5% e di un dispositivo che rilevi la coppia di rotazione del tamburo. In ogni caso l'impasto deve risultare omogeneo e lavorabile (in maniera che non rimangano vuoti nella massa o alla superficie dei manufatti).

#### **43.8 POSA IN OPERA**

I getti possono essere iniziati solo dopo che la Direzione dei Lavori abbia verificato gli scavi, le casseforme e le armature metalliche e pre-stabilite le posizioni e le norme per l'esecuzione delle riprese di getto.

La messa in opera del conglomerato deve avvenire in maniera tale che il calcestruzzo conservi la sua uniformità, evitando la segregazione dei componenti, curando che non vengano inclusi strati di polvere o rifiuti di qualsiasi natura e che il calcestruzzo non venga a contatto con elementi capaci di assorbire acqua senza che questi siano stati adeguatamente bagnati dal getto. È essenziale poi che il getto sia costipato in misura tale che si realizzi la compattezza del calcestruzzo, il riempimento dei casseri e l'avvolgimento delle armature metalliche.

Il calcestruzzo deve essere messo in opera nel più breve tempo possibile dopo la sua confezione e, in ogni caso, prima dell'inizio delle pressa, stendendolo in strati orizzontali.

Si devono evitare operazioni di getto per caduta libera, per altezze che possano provocare la segregazione dei componenti impiegando invece canalette a superficie liscia e tubi getto.

Durante il getto non si deve modificare la consistenza del calcestruzzo con aggiunta di acqua, e si deve altresì evitare ogni perdita della parte più fluida. Il conglomerato sarà messo in opera a strati di spessore non maggiore di 15 cm qualora costipato a mano, e fino a 50 cm con l'impiego di adatti vibratori. La costipazione a mano è da impiegare solo eccezionalmente e per giustificati motivi.

È raccomandabile la vibrazione superficiale per le solette di spessore inferiore a 20 cm, e per la finitura di tutte le superfici superiori dei getti. Ove vengano applicati i vibratori ai casseri si devono rinforzare opportunamente le casseforme stesse.

Dovrà essere assolutamente evitata la segregazione dei componenti del conglomerato; per questo esso dovrà essere sufficientemente consistente, e si dovrà evitare anche un'applicazione troppo prolungata delle vibrazioni.

I vibratori ad immersione devono essere immersi nel getto e ritirati evitando la formazione di disuniformità nel getto.

Lo spessore dello strato sottoposto a vibrazione e la distanza reciproca dei punti di immersione devono essere scelti in funzione della potenza del vibratore.

Il raggio d'azione rilevato sperimentalmente caso per caso, deve venire indicato nel Giornale dei Lavori.

Le superfici dei getti, dopo la sformatura, devono risultare lisce e piane, senza gobbosità, incavi, cavernosità, sbavature o irregolarità così da non richiedere alcun tipo di intonaco, nè spianamenti o rinzaffi.

Le casseforme devono essere preferibilmente metalliche, oppure di legno rivestite di lamiera: possono essere tuttavia consentite casseforme di legno non rivestito, purché il tavolame e le relative fasciature e puntellazioni siano tali da poter ottenere i risultati suddetti.

Le interruzioni e le riprese dei getti devono essere possibilmente previste in fase di progetto e conformate in modo che le superfici di interruzione risultino all'incirca perpendicolari alle isostatiche di compressione; in ogni caso dovranno essere decise ed eseguite sotto la vigilanza del Direttore dei Lavori, con tutti gli accorgimenti atti ad assicurare la realizzazione della monoliticità delle strutture.

Tra le successive riprese di getto, non dovranno aversi distacchi o discontinuità o differenze d'aspetto e la ripresa deve essere effettuata solo dopo che la superficie del getto precedente sia stata accuratamente pulita, lavata e ripresa con malta dosata a 6 q/l di cemento per ogni mc di sabbia senza che ciò dia adito e richieste di oneri supplementari.

A posa ultimata deve essere curata la stagionatura dei getti in modo da evitare un rapido prosciugamento delle superfici dei medesimi; il sistema proposto all'uopo dall'Impresa dovrà essere approvato dalla Direzione dei Lavori.

Ad ogni modo il calcestruzzo ed i casseri dovranno essere mantenuti umidi e protetti dall'isolamento diretto per almeno 10 giorni.

Comunque, si dovrà fare in modo che la temperatura della massa di calcestruzzo non superi i 35° C, all'inizio della presa, e si mantenga inferiore a 75° C, per tutto il periodo successivo, tenendo presente che la variazione di temperatura non deve superare i 20° /h.

Durante il periodo di stagionatura i getti devono essere riparati dalla possibilità di urti.

L'impiego della stagionatura a vapore deve essere approvato dalla Direzione dei Lavori sulla base di proposte tecniche presentate dall'Impresa senza che essa possa richiedere compenso alcuno.

Nel caso di getto contro terra il terreno a contatto del getto deve essere stabile o adeguatamente stabilizzato e non deve produrre alterazioni della quantità dell'acqua d'impatto. Inoltre non deve presentare in superficie materiale sciolto che potrebbe mescolarsi al calcestruzzo.

Si consiglia un'opportuna preparazione della superficie del terreno (ad esempio con calcestruzzo magro per le fondazioni, calcestruzzo proiettato per gallerie e pozzi, gunita per muri di sostegno). I ricoprimenti delle armature devono essere quelli relativi agli ambienti aggressivi e/o indicate nel progetto esecutivo.

La Direzione dei Lavori potrà richiedere che le strutture di calcestruzzo cementizio vengano rivestite sulla superficie esterna con paramenti speciali di pietra, laterizi o di altri materiali da costruzione (quali quelli termoisolanti); in tal caso i getti devono procedere contemporaneamente al rivestimento ed essere eseguiti in modo da consentire l'adattamento e l'ammorsamento del rivestimento.

#### **43.9 GETTI A BASSA TEMPERATURA**

Per i getti invernali in genere dovranno essere osservate le Raccomandazioni "pour le bétonnage en hiver" stabilite dal sottocomitato della tecnologia del calcestruzzo del RILEM.

Allorquando la temperatura ambiente è inferiore a 2° C, il getto può essere eseguito ove si realizzino condizioni tali che la temperatura del conglomerato non scenda sotto i 5° C. al momento stesso del getto e durante il periodo iniziale dell'indurimento, finché almeno il calcestruzzo abbia raggiunto la resistenza cubica di 50 kg/cm<sup>2</sup>.

Per ottenere una temperatura del calcestruzzo tale da consentire il getto, si può procedere con uno o più dei seguenti provvedimenti: riscaldamento degli inerti e dell'acqua di impasto, aumento del contenuto di cemento, impiego di cementi ad indurimento più rapido, riscaldamento dell'ambiente di getto. Qualora venga impiegata acqua calda per l'impasto, questa non dovrà superare la temperatura di 60° C.

Prima del getto le casseforme, le armature e qualunque superficie con la quale il calcestruzzo verrà in contatto devono essere ripulite da eventuale neve e ghiaccio, ed eventualmente preriscaldate ad una temperatura prossima a quella del getto.

#### **43.10 GETTI DI ACQUA**

La posa del calcestruzzo deve essere effettuata in modo da eliminare il rischio di dilavamento.

I metodi esecutivi dovranno assicurare l'omogeneità del calcestruzzo ed essere tali che la parte di getto a contatto diretto con l'acqua non sia mescolata alla restante massa di calcestruzzo, mentre la parte eventualmente dilavata oppure carica di fanghiglia, possa essere eliminata con scalpellatura. Pertanto al momento del getto, il calcestruzzo dovrà fluire quale massa compatta affinché lo stesso sia, dopo l'indurimento, il più denso possibile senza costipazione; dovrà essere data la preferenza a composizioni granulometriche continue; occorre che venga tenuto particolarmente in considerazione il contenuto di materiale fine.

Nel caso di getto eseguito con benna entro tubazioni in pressione con rifluimento dal basso, si dovrà procedere in modo che la massa del calcestruzzo sposti l'acqua lasciando possibilmente costante la superficie di calcestruzzo venuto originariamente a contatto con l'acqua stessa.

Non sono consentiti getti diretti in acque aggressive, in specie se con sensibile acidità.

#### **43.11 CONGLOMERATI CEMENTIZI PRECONFEZIONATI**

È ammesso l'impiego di conglomerati cementizi preconfezionati, purché rispondenti in tutto alle caratteristiche generali qui prescritte per i calcestruzzi, e inoltre qualora non in contrasto in quelle alle Norme UNI EN 206-1.

L'Impresa resta l'unica responsabile nei confronti della Stazione Appaltante per l'impiego di conglomerato cementizio preconfezionato nelle opere oggetto dell'appalto e si obbliga a rispettare ed a far rispettare scrupolosamente tutte le norme sia per i materiali (inerti e leganti, ecc.) sia per il confezionamento e trasporto in opera del conglomerato dal luogo di produzione.

L'Impresa inoltre assume l'obbligo di consentire che il personale del Committente, addetto alla vigilanza ed alla Direzione dei Lavori, abbia libero accesso al luogo di produzione del conglomerato per poter effettuare in contraddittorio con il rappresentante dell'Impresa i rilievi ed i controlli dei materiali previsti nei paragrafi precedenti.

#### **43.12 GETTI DI CALCESTRUZZO DA DILAVARE SUPERFICIALMENTE**

Per i calcestruzzi che dovranno essere lasciati a vista, dopo essere stati dilavati dalla boiacca di cemento superficiale, si dovrà adottare una granulometria altamente selezionata, che non rispetta la curva granulometrica teorica di Fuller. In particolare si dovrà utilizzare una bassa percentuale di inerte fine (sabbia), mentre dovrà contenere una maggior percentuale di ghiaia a granulometria costante. Il diametro della

ghiaia, il colore degli inerti e gli eventuali additivi cromatici aggiunti all'impasto saranno quelli necessari per ottenere l'effetto estetico previsto.

L'impasto dovrà avere poca fluidità, e quindi un contenuto in acqua mai superiore a 180 l/mc di impasto. Eventualmente si farà utilizzo di idonei additivi superfluidificanti per ottenere la necessaria lavorabilità dell'impasto.

E' facoltà del direttore lavori richiedere l'esecuzione di campioni di getto di estensione ridotta, per ogni diversa tessitura superficiale, per valutare l'effetto estetico finale raggiungibile. Tali getti di prova non verranno compensati e la loro esecuzione è a totale carico dell'appaltatore. I campioni approvati, siglati dalla D.L. dovranno essere conservati a cura e spese dell'appaltatore, a garanzia dell'uniformità fra campioni di prova e lavoro definitivo.

Il getto sarà realizzato per strati di altezza variabile da 16 a 45 cm. Asciugato lo stato inferiore, il giorno seguente si scasserà e si procede a gettare lo strato successivo. La superficie del conglomerato apparirà con presenza di nidi di ghiaia, vista l'assenza della vibrazione. Prima dell'indurimento completo della pasta di cemento si provvederà al dilavamento della boiacca superficiale mediante getto d'acqua in pressione seguendo le fasce di diverso cromatismo. In tale fase si curerà di non rovinare o sporcare gli strati già precedentemente realizzati o quelli superiori in fase di indurimento. Si dovrà anche avere cura di creare dei canali per terra di scolo delle acque e la formazione di una fossa per la decantazione della boiacca di cemento dilavata.

Dopo la scasseratura si dovrà provvedere a mantenere adeguatamente protetto dall'insolazione diretta e bagnato il getto di calcestruzzo al fine di evitare la formazione di fessurazioni da ritiro.

### 43.13 CONTROLLI E COLLAUDO

I controlli sui conglomerati cementizi saranno effettuati secondo le direttive imposte dal punto 11.2.2 delle nuove norme tecniche per le costruzioni.

Le operazioni di collaudo comprendono il controllo del grado di sicurezza inserito nelle operazioni di progetto, da effettuare con verifiche delle ipotesi, della corrispondenza con i dati del progetto, l'esecuzione delle prove di carico e ogni altra indagine che il Collaudatore ritenga necessaria.

Le opere non possono essere poste in servizio prima che siano state assoggettate a prove di carico, qualora la Direzione Lavori o il Collaudatore lo ritenga necessario. Le prove di carico non possono avere luogo prima che sia stata raggiunta la resistenza che caratterizza la classe di conglomerato prevista. Il loro programma dovrà essere sottoposto al Direttore dei Lavori ed al progettista, e notificato al Costruttore.

Le prove di carico si svolgeranno con le modalità indicate dal Collaudatore, e con gli appostamenti e le norme di sicurezza decise dal Direttore dei Lavori che assumerà la responsabilità delle operazioni.

I carichi di prova saranno di regola quelli di progetto e la durata di applicazione degli stessi non sarà inferiore a 24 ore salvo diversa disposizione impartita dalla Committente o dal D.L. o dal Collaudatore.

Di ogni prova di carico sarà redatto un certificato che sarà sottoscritto dal Collaudatore, dal Direttore dei Lavori e dal Costruttore.

Il Collaudatore ai sensi delle vigenti disposizioni sarà nominato dalla Committente all'atto della presentazione della denuncia al Genio Civile. La lettura degli apparecchi di misura, sia sotto carico che allo scarico, sarà proseguita fino a valore praticamente costante (salvo l'influenza degli effetti termici).

L'esito della prova sarà ritenuto soddisfacente quando:

- nel corso dell'esperimento non si siano prodotte lesioni o dissesti che compromettano la sicurezza e la conservazione dell'opera;
- la freccia permanente dopo la prima applicazione del carico massimo non superi 1/4 di quella totale, ovvero, nel caso che tale limite venga superato, prove di carico successive accertino che la struttura è in grado di raggiungere un buon comportamento elastico.

L'onere di tutte le prove suddette è a totale carico dell'Impresa. Sono escluse le prove su prototipi.

### NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

Le murature in genere ed i conglomerati cementizi, siano essi di fondazione od in elevazione, semplici od armati, normali o precompressi, verranno valutati a volume con metodi geometrici, effettuando le misurazioni di controllo sul vivo, esclusi gli intonaci ove prescritti e dedotti i vani od i materiali di differente natura in essi compenetrati che dovranno essere pagati con altri prezzi di elenco. In ogni caso non si dedurranno i volumi del ferro di armatura, dei cavi per la precompressione ed i vani di volume minore od uguale a m<sup>3</sup> 0,20 ciascuno intendendosi con ciò compensato l'eventuale maggiore magistero richiesto anche per la formazione di feritoie regolari e regolarmente disposte.

Le strutture di impalcato alleggerita con vuoti saranno contabilizzate per il volume effettivo di calcestruzzo con la deduzione dei vuoti, e le casseforme in qualsiasi modo realizzate, saranno compensate con i relativi prezzi di elenco applicati all'intera superficie bagnata.

Nei relativi prezzi di elenco sono compresi in particolare:

- fornitura a piè d'opera di tutti i materiali occorrenti (pietrame, laterizi, aggregati, leganti, acqua, additivi aeranti, fluidificanti, superfluidificanti, iperfluidificanti, acceleranti, ritardanti, ecc.);
- mano d'opera ponteggi ed impalcature, attrezzature e macchinari per la confezione la posa in opera, l'eventuale esaurimento dell'acqua, la sistemazione della carpenteria e delle armature metalliche, il getto, la vibrazione, l'onere delle prove e dei controlli, con la frequenza indicata nelle presenti Norme o prescritta dalla Direzione lavori e quant'altro occorra per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

Non sono compresi nei prezzi:

- le casseforme, salvo quelle occorrenti per murature in conglomerato cementizio con paramento in pietrame, magrone, conglomerato cementizio per opere di fondazione;
- le centinature ed armature di sostegno delle casseforme, salvo quelle per getti di luce retta fino a m 4,00;
- gli acciai di armatura.

Nelle opere in cui venissero richiesti giunti di dilatazione o contrazione o giunti speciali aperti a cuneo, secondo i tipi approvati dalla Direzione Lavori, il relativo onere, compreso quella di eventuali casseforme, si intende compreso nel prezzo di elenco per le murature in genere ed i conglomerati cementizi.

**Art. 44 CALCESTRUZZO TIPO SCC**

I calcestruzzi autocompattanti rappresentano una categoria di conglomerati che non necessita dopo la posa in opera di alcuna forma di compattazione o vibrazione; essi sono in grado di riempire completamente la cassaforma, garantendo l'espulsione dell'aria intrappolata in eccesso rispetto a quella fisiologica e, quindi, valori della resistenza in opera sostanzialmente coincidenti con quelli conseguibili sui provini prelevati a "bocca di betoniera" e compattati a "rifiuto".

I calcestruzzi autocompattanti consentono di rendere la qualità del conglomerato in opera indipendente dalle operazioni di posa e compattazione e di accelerare le operazioni di betonaggio per la realizzazione di strutture in cui i volumi di calcestruzzo impiegati sono rilevanti.

La scelta del calcestruzzo autocompattante deve tenere conto delle particolari esigenze derivanti dalla difficoltà di esecuzione del getto, della geometria e della percentuale dei ferri, della distanza che il calcestruzzo deve percorrere, al pari di quanto avviene nella scelta della lavorabilità dei calcestruzzi tradizionali con l'aggravante che, a causa dell'elevata fluidità del conglomerato per la necessità di non dover ricorrere ad alcuna forma di vibrazione esterna, la tendenza alla segregazione degli SCC risulta esasperata.

Le specifiche di capitolato per i calcestruzzi autocompattanti presentano delle peculiarità rispetto a quelle dei conglomerati superfluidi tradizionali relativamente a:

- Ingredienti: rispetto ai conglomerati tradizionali occorre prevedere l'eventuale impiego di agenti modificatori di viscosità e obbligatoriamente delle aggiunte minerali di natura inerte (di tipo I in accordo alla UNI EN 206-1) oppure pozzolanica;
- Dimensione massima dell'aggregato: essa verrà scelta non solo in base alle specifiche richieste per la realizzazione delle strutture in calcestruzzo ordinario (dimensione minima della sezione, interfero minimo, copriferro, diametro delle barre e protezione delle armature dall'incendio) ma dovrà tener conto anche delle caratteristiche reologiche che si debbono conseguire per gli SCC. In particolare, si rammenta come le classi a maggiore scorrimento richiedano di impiegare pezzature massime per l'aggregato non superiori a 20 e 16 mm rispettivamente;
- Proprietà reologiche del calcestruzzo: queste ultime debbono essere individuate attraverso il valore dello slump-flow, del tempo di svuotamento al V-funnel, della capacità di attraversamento e della resistenza alla segregazione;
- Resistenza a compressione caratteristica del calcestruzzo in opera: alla luce della minore dipendenza attesa per le prestazioni degli SCC in opera rispetto alla qualità dell'esecuzione del getto è opportuno rendere più stringente il requisito relativo alla resistenza attuale rispetto a quello fissato per le strutture realizzate con i conglomerati tradizionali. Pertanto, si consiglia di specificare che la resistenza caratteristica in opera (valutata su carote  $h/d=1$ ) risulti almeno pari al 90% del valore misurato sui provini cubici prelevati a "bocca di betoniera" alla consegna del conglomerato in cantiere.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI****44.1 CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO**

Le strutture in calcestruzzo autocompattante dovranno avere le caratteristiche previste negli elaborati di progetto conformemente a UNI 11040:2003:

- Classe di resistenza minima: C40/50,
- Resistenza a compressione dopo 24 ore a 20° C: > 20 MPa,
- Classe di esposizione ambientale: XS3,
- Classe di consistenza: SCC,
- Classe di spandimento (Slump Flow): SF2,
- Classe di viscosità (Vfunnel): VF1,
- Classe di capacità di attraversamento (Lbox): PL2,
- Classe di resistenza alla segregazione: SR2,
- Diametro massimo inerti: ≤ 12 mm,
- Classe di esposizione ambientale: XS3,
- Classe di cloruri: Cl 02,
- Espansione controllata dopo 48 ore (UNI 8148-metodo B): > 450 µm/m,
- Espansione controllata dopo 28 gg (UNI 8148-metodo B): > 250 µm/m,
- Penetrazione d'acqua in pressione (UNI EN 12390-8): < 20 mm (valore massimo su 3 provini).

La rispondenza della miscela fornita alle caratteristiche dichiarate dovrà essere verificata in cantiere con riferimento alle norme UNI 11041, UNI 11042, UNI 11043, UNI 11044, UNI 11045 e della UNI 11043:2003. Al momento del getto si raccomanda che tutte le operazioni di preparazione dei getti siano terminate, in particolare le casseforme, dovranno essere a tenuta ermetica per evitare la fuoriuscita del calcestruzzo. A tale riguardo è bene verificare le casseforme in corrispondenza dei giunti e del piede.

Si raccomandano le seguenti prescrizioni per la posa del calcestruzzo autocompattante:

- in presenza di casseri chiusi (es. pilastro, pila...) la massima altezza di caduta libera del calcestruzzo autocompattante non deve essere superiore a 2 metri per evitare che venga inglobata troppa aria;
- in assenza di cassero chiuso la massima altezza di caduta libera del calcestruzzo autocompattante non deve essere superiore a 5 metri.

Per certi tipi di strutture è consigliabile il pompaggio del calcestruzzo dal basso della cassaforma dopo idonea attrezzatura di aggancio alla pompa. Si deve considerare, in questo caso, che la pressione esercitata alle casseforme può raddoppiare.

La massima distanza di scorrimento laterale non dovrà essere superiore ai 15 metri. La posa in opera del calcestruzzo dovrà avvenire senza interruzioni di getto e i differenti strati di calcestruzzo saranno gettati in maniera continua prima che lo strato inferiore perda la sua fluidità ed evitare riprese di getto. Per raggiungere tale scopo le autobetoniere non dovranno scaricare il calcestruzzo con tempi superiori ai 15 minuti l'uno dall'altra. La velocità di getto, definita come il rapporto dei metri di innalzamento per ora, sarà adeguata al tipo di configurazione delle casseforme in relazione alle dimensioni e alle condizioni delle gabbie dei ferri. Impiegare un disarmante di buona qualità per migliorare la finitura superficiale del calcestruzzo. Metodi ausiliari per la costipazione devono essere evitati.

Per le casseforme si deve tenere presente che la pressione del calcestruzzo fresco deve essere ricavata assumendo un andamento idrostatico delle pressioni, pari al prodotto della massa volumica del calcestruzzo per l'altezza prevista del getto; qualora si realizzino elementi sottili è necessario predisporre dei punti di sfogo per l'aria. La cura e la stagionatura del calcestruzzo autocompattante è simile a quella del calcestruzzo tradizionale. È buona norma provvedere ad effettuare una stagionatura umida della superficie o proteggerla con agenti stagionanti.

#### **44.2 ITER DI QUALIFICA DEL CALCESTRUZZO**

Il calcestruzzo autocompattante dovrà essere sottoposto ad uno specifico iter di qualifica comprendente le seguenti fasi:

##### ***44.2.a Prequalifica in laboratorio***

Con congruo anticipo sulla data di inizio dei getti, l'impresa dovrà eseguire una pre-qualifica in laboratorio delle miscele di calcestruzzo da utilizzare. Le materie prime necessarie per la pre-qualifica dovranno essere campionate presso l'impianto destinato alla produzione del conglomerato o, comunque, dovranno essere le stesse impiegate successivamente nell'esecuzione dei getti.

Sulle miscele di conglomerato messe a punto il laboratorio, autorizzato dal Min. dei LL.PP. a prove secondo L. 1086/71 – DPR 380/01 - D.M. 17 gennaio 2018, e individuato dalla Committenza, dovrà procedere alla determinazione delle seguenti caratteristiche:

- a) spandimento mediante test di Slump flow (UNI 11041). La misura dovrà essere eseguita al termine del mescolamento e ripetuta dopo un lasso di tempo equivalente al tempo necessario per trasportare il calcestruzzo dalla centrale di betonaggio al cantiere aumentato del tempo necessario per scaricare l'intera betoniera. Trascorso questo periodo di tempo la consistenza dovrà essere conforme al valore di capitolato;
- b) viscosità mediante misura del tempo di svuotamento del V-funnel (UNI EN 12350-9). La misura dovrà essere eseguita al termine del mescolamento e ripetuta dopo un lasso di tempo equivalente al tempo necessario per trasportare il calcestruzzo dalla centrale di betonaggio al cantiere aumentato del tempo necessario per scaricare l'intera betoniera. Trascorso questo periodo di tempo la consistenza dovrà essere conforme al valore di capitolato;
- c) segregazione di flusso con apparecchio L-box verticale (UNI EN 12350-10). La misura dovrà essere eseguita al termine del mescolamento e ripetuta dopo un lasso di tempo equivalente al tempo necessario per trasportare il calcestruzzo dalla centrale di betonaggio al cantiere aumentato del tempo necessario per scaricare l'intera betoniera. Trascorso questo periodo di tempo la consistenza dovrà essere conforme al valore di capitolato;
- d) resistenza alla segregazione mediante prova al setaccio (UNI EN 12350-11);
- e) massa volumica allo stato fresco e contenuto d'aria (UNI EN 12350/6, 7);
- f) resistenza meccanica a compressione (UNI EN 12390/3) definita come media di due cubetti alle scadenze di 1, 3, 7 e 28 giorni. La resistenza meccanica a compressione media misurata a 28 giorni dovrà essere almeno il 110% del valore caratteristico prescritto in capitolato sulla base di un controllo di accettazione di tipo A.
- g) misura della penetrazione dell'acqua in pressione secondo UNI EN 12390-8 su n° 3 provini;
- h) espansione contrastata secondo UNI 8148 metodo B.

I risultati delle pre-qualifiche in laboratorio faranno parte di un dossier consegnato dall'Impresa alla Direzione Lavori per l'accettazione. Tale dossier dovrà contenere:

- la documentazione relativa alla certificazione delle materie prime: aggregati, acqua, cemento, eventuali aggiunte e additivi;
- la composizione del conglomerato con pesate riferite alla condizione s.s.a. (saturo a superficie asciutta) per gli aggregati definita come nella UNI EN 1097-6;
- i risultati di tutte le prove sopra elencate.

##### ***44.2.b Qualifica presso il cantiere o la centrale di betonaggio***

Successivamente alla pre-qualifica in laboratorio, dovrà essere eseguita una qualifica della miscela in cantiere o presso l'impianto di betonaggio. La qualifica dovrà essere eseguita da un laboratorio autorizzato dal Min. dei LL.PP. a prove secondo L. 1086/71 - DPR 380/01 - D.M. 17 gennaio 2018, individuato dalla Committenza e alla presenza di un rappresentante dell'impresa e della Direzione Lavori.

Nel corso di questa prova, dovrà essere realizzato un impasto di almeno 4 m3 utilizzando lo stesso impianto che verrà utilizzato per i getti reali. Dopo il confezionamento del conglomerato si dovrà mantenere la betoniera in rotazione lenta per il periodo di tempo necessario al trasporto e al getto (comunque non meno di 60 minuti) procedendo:

- a) alle misure di cui ai punti a), b) e c) di cui al paragrafo 20.1.a con prelievo eseguito dopo un periodo di tempo equivalente al tempo medio di trasporto;
- b) alla misura della massa volumica allo stato fresco e contenuto d'aria (UNI EN 12350/6, 7);
- c) alla verifica del rapporto a/c secondo UNI 11201:2007, compresi: lavaggio e decantazione del calcestruzzo con alcool, verifica acqua totale mediante essiccazione per bruciatura con fornello a gas, calcolo dell'acqua efficace e del rapporto a/c in base ai dosaggi di cemento e aggregati derivanti dai report di carico, dalle misure di umidità degli aggregati e dalle caratteristiche di assorbimento degli aggregati;
- d) al confezionamento di almeno 8 cubetti da sottoporre alla determinazione della massa volumica allo stato indurito e della resistenza meccanica a compressione alle scadenze di 1, 7, 14 e 28 gg. Il valore medio a 28 gg dovrà essere compatibile con il valore caratteristico prescritto in capitolato;
- e) alla misura della penetrazione dell'acqua in pressione secondo UNI EN 12390-8 su n° 3 provini. La media dei valori del profilo medio di penetrazione non dovrà superare i 20 mm e il valore massimo nei singoli provini non dovrà superare i 50 mm;
- f) espansione contrastata secondo UNI 8148 metodo B.
- g) all'esecuzione di un getto di prova in dimensioni reali e in condizioni analoghe a quelle incontrate nei getti reali, ma comunque condivi-

se con la Direzione Lavori.

#### 44.2.c Controlli in corso d'opera

Durante l'esecuzione dei getti, per ciascun giorno di getto, si provvederà all'esecuzione dei seguenti controlli sulle forniture di calcestruzzo:

- prove di cui alla lettera a) del par. 20.1.a e delle lettere b) e c) del par. 20.1.b almeno una volta per ogni giorno di getto;
- prove di cui alla lettera d) del par. 20.1.b , almeno una volta per ogni giorno di getto, portando il numero di prelievi a 3, pari quindi a 6 cubetti;
- Numero 10 prove di strappo tipo Pull-off sulle pareti del Bacino localizzate a discrezione della D.L. e numero 3 prove per ogni vano scala. Le prove dovranno essere svolte secondo le prescrizioni delle norme UNI EN 1015-12:2002. UNI EN 1542:2000, EN 12618-2, BS 1881-207. Sia per il calcestruzzo che per la malta cementizia tissotropica fibrorinforzata a ritiro compensato la resistenza all'adesione al supporto ottenuta dalla prova dev'essere maggiore di 2 MPa. Si provvederà poi al ripristino mediante malta a ritiro compensato del foro realizzato.

I test di laboratorio per la determinazione della resistenza meccanica a compressione dovranno essere eseguiti presso un laboratorio ufficiale o autorizzato dal Min. dei LL.PP. a prove secondo L. 1086/71 - DPR 380/01 - D.M. 17 gennaio 2018 e individuato dalla Committenza. Questa provvederà poi a mettere a disposizione un box opportunamente condizionato con temperature non superiori a 25°C e non inferiori a 15°C, dove i provini prelevati in corso di getto dovranno essere mantenuti per 24 ore all'interno dei casseri e con superficie superiore protetta mediante un coperchio o un telo impermeabile. Trascorse le 24 ore i provini dovranno essere scasserati e riposti in una vasca d'acqua termostata a 20±2°C fino al 27° giorno, per poi essere consegnati al laboratorio ufficiale che provvederà quindi ad eseguire le prove precedentemente descritte, fornendo poi il relativo Rapporto di Prova che dovrà essere allegato alla Relazione di Fine Lavori del Direttore dei Lavori.

#### NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

**Art. 45 CALCESTRUZZO SPRUZZATO**

**Per tutte le opere in calcestruzzo spruzzato valgono le indicazioni sui conglomerati cementizi riportate nell'articolo precedente, salvo quanto diversamente prescritto nel seguito.**

In particolare, la normativa UNI di riferimento è la seguente:

- UNI EN 14487-1:2006 Calcestruzzo proiettato - Parte 1: Definizioni, specificazioni e conformità,
- UNI EN 14488-1:2005 Prove su calcestruzzo proiettato - Parte 1: Campionamento sul calcestruzzo fresco e sul calcestruzzo indurito,
- UNI EN 14488-3:2006 Prove su calcestruzzo proiettato - Parte 3: Resistenze alla flessione (di primo picco, ultima e residua) di provini prismatici di calcestruzzo rinforzato con le fibre,
- UNI EN 14488-4:2005 Prove su calcestruzzo proiettato - Parte 4: Aderenza per trazione diretta sulle carote,
- UNI EN 14488-5:2006 Prove su calcestruzzo proiettato - Parte 5: Determinazione della capacità di assorbimento di energia di piastre di prova rinforzate con fibre,
- UNI EN 14488-7:2006 Prove su calcestruzzo proiettato - Parte 7: Contenuto di fibre nel calcestruzzo rinforzato con fibre,
- UNI EN 14488-2:2006 Prove su calcestruzzo proiettato - Parte 2: Resistenza alla compressione del calcestruzzo spruzzato giovane,
- UNI EN 14488-6:2006 Prove su calcestruzzo proiettato - Parte 6: Spessore del calcestruzzo su un supporto.

A differenza dei tradizionali calcestruzzi posati in opera gettando il conglomerato entro i casseri che successivamente vengono sottoposti a vibrazione per l'espulsione dell'aria in eccesso finalizzata ad incrementare la resistenza meccanica del calcestruzzo, nel calcestruzzo spruzzato la posa in opera e la compattazione avvengono con una sola operazione. La compattazione per questi conglomerati, infatti, si realizza sfruttando la velocità dell'impatto del conglomerato contro le pareti del substrato o del cassero. Indipendentemente dalla struttura cui il calcestruzzo è destinato al fine di evitare che il conglomerato venga dilavato dall'acqua presente e con l'obiettivo di ridurre la quantità di materiale che per effetto dello spruzzaggio rimbalza ("lo sfrido") questi conglomerati debbono possedere una presa istantanea ("flash set") che viene ottenuta ricorrendo all'aggiunta nell'impasto di additivi acceleranti di presa.

La posa in opera del calcestruzzo spruzzato può avvenire con due procedimenti distinti: per "via secca" oppure "per via umida".

Nel procedimento per via secca i soli ingredienti in polvere (cemento, aggregati, aggiunte minerali) vengono trasportati in una tubazione nella quale solo in corrispondenza dell'apparecchio di spruzzaggio ("la lancia") viene aggiunta l'acqua e gli additivi acceleranti.

Nel procedimento per via umida, invece, ad essere trasportato nella tubazione è il calcestruzzo e l'aggiunta dell'additivo liquido accelerante avviene anch'essa alla lancia attraverso un condotto separato dalla pompa principale che trasporta il conglomerato fluido.

In entrambi i sistemi la velocità del flusso di conglomerato viene accelerata, prima dell'uscita dalla lancia di spruzzo, utilizzando aria compressa in quantità diversa a seconda del metodo utilizzato: in linea di massima il fabbisogno è di circa 12-15 m<sup>3</sup>/min di aria per mettere in opera 6 m<sup>3</sup>/ora di miscela secca, contro circa 8 m<sup>3</sup>/min di aria per 8 m<sup>3</sup>/ora di miscela umida. Più aria significa, d'altra parte, maggiore velocità di proiezione e quindi maggiore compattazione e miglior adesione del rivestimento indurito al supporto.

Rispetto ai tradizionali conglomerati il calcestruzzo spruzzato presenta delle specificità che consistono:

- nella dimensione massima dell'aggregato: generalmente si impiegano aggregati di pezzatura massima non superiore a 8 mm. Questa esigenza nasce dal fatto che occorre aumentare la frazione di pasta di cemento a scapito di quella lapidea al fine di ridurre lo sfrido di calcestruzzo durante la proiezione contro le pareti dello scavo;
- nel dosaggio di cemento: il dosaggio minimo di cemento non deve risultare inferiore a 450 kg/m<sup>3</sup>;
- nella presenza dell'accelerante di presa: da questo punto di vista esistono due tipologie di acceleranti, quelli a base di silicato di sodio e quelli denominati alkali-free a base di solfati di alluminio. Gli acceleranti di presa a base di silicato di sodio consentono di raggiungere già dopo poche ore maggiori resistenze a compressione rispetto a quelle conseguibili con gli acceleranti alkali-free. Per contro, però alle lunghe stagionature i conglomerati additivati con silicato di sodio presentano prestazioni meccaniche inferiori rispetto a quelle conseguibili con gli acceleranti alkali-free. L'abbattimento delle prestazioni meccaniche degli impasti additivati con il silicato di sodio può risultare anche del 50% rispetto al conglomerato non additivato. Gli acceleranti alkali-free invece determinano riduzioni delle resistenze meccaniche stimabili all'incirca in un 10% rispetto all'impasto senza accelerante. Per questo motivo, gli acceleranti a base di silicato di sodio vengono impiegati per la realizzazione di rivestimenti provvisori mentre quelli alkali-free sono utilizzati per la produzione di impasti destinati alla realizzazione di rivestimenti definitivi strutturali. Gli acceleranti a base di silicato di sodio per contro, grazie ad una presa più istantanea si fanno preferire a quelli alkali-free quando consistenti sono le venute di acqua sulle pareti di posa. In questi contesti, infatti, gli impasti con alkali-free per la minore rapidità di presa potrebbero subire un dilavamento per azione dell'acqua;
- nella presenza di fumo di silice: al fine di migliorare sia le prestazioni meccaniche del calcestruzzo ma soprattutto per incrementare la coesione dell'impasto e quindi sia la resistenza al dilavamento che la minore tendenza al rimbalzo i calcestruzzi spruzzati vengono confezionati ricorrendo all'impiego del fumo di silice in misura del 5-7% sulla massa del cemento (circa 20-30 kg/m<sup>3</sup>). Le percentuali maggiori di fumo di silice vengono impiegati con gli additivi alkali-free per sopperire alla minore velocità di presa rispetto a quelli a base di silicato di sodio;
- nelle prestazioni meccaniche alle brevissime stagionature: indipendentemente dalla presenza dell'accelerante di presa le resistenze che l'impasto deve sviluppare dopo 6 ore debbono essere maggiori di 4 N/mm<sup>2</sup>.

Il dosaggio e tipo di additivi utilizzati, sia per il confezionamento della miscela di base, che per la fase di proiezione, dovranno essere valutati in relazione alle effettive esigenze applicative e non dovranno determinare riduzioni delle resistenze meccaniche del calcestruzzo proiettato indurito, rispetto a quelle del calcestruzzo di base, anche nel medio e lungo periodo (28 gg. ed eventualmente 90 gg.) nonché determinare inquinamento ambientale o essere nocivi per la salute dell'operatore; il dosaggio e tipo di additivi dovranno essere preventivamente approvati dal committente.

Le prove sul calcestruzzo giovane, da effettuarsi preliminarmente e durante l'esecuzione, dovranno essere di tipo non distruttivo (penetrometro, pull out) sino al raggiungimento di una resistenza a compressione di 10 N/mm<sup>2</sup> e derivati da carote estratte dal paramento o da piastre standard per resistenze a compressione superiori a 10 N/mm<sup>2</sup>.

L'appaltatore dovrà, nella definizione del mix design del calcestruzzo di base e nella scelta del sistema di applicazione per proiezione, assicurare la massima riduzione del rimbalzo e dello sfrido di materiale in applicazione, che comunque non potrà eccedere il 15% sul peso del conglomerato cementizio proiettato.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****45.1 ACQUA DI IMPASTO**

Dovrà essere conforme alla norma UNI-EN 1008.

**45.2 CEMENTO**

Dovrà essere conforme alla norma UNI-EN 197-1.

**45.3 CENERI VOLANTI E FUMI DI SILICE**

Dovranno essere conformi rispettivamente alla norma UNI-EN 450 e UNI-EN 13263 parte 1 e 2.

**45.4 AGGREGATI**

Gli aggregati dovranno essere provvisti di marcatura CE e conformi alle norme UNI-EN 12620 e 8520. Dovranno essere privi di minerali nocivi o potenzialmente reattivi agli alcali (UNI-EN 932-3 e UNI 8520/2).

La pezzatura massima non dovrà essere superiore a 8 mm, con la seguente distribuzione granulometrica:

- frazione 0-4 mm 70%,
- frazione 4-8 mm 30%.

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI****45.5 CALCESTRUZZO SPRUZZATO PER VIA UMIDA**

Con il prevalere del sistema di applicazione per via umida, il calcestruzzo proiettato può essere considerato come un normale conglomerato cementizio, che differisce esclusivamente nel sistema di messa in opera e di compattazione.

Sono identici, rispetto a un calcestruzzo ordinario, i criteri di determinazione del mix-design, le prescrizioni minime per la durabilità, per la produzione e il trasporto, nonché i criteri d'accettazione in cantiere, in corrispondenza dello scarico dall'autobetoniera nella pompa per la proiezione.

La differenza sostanziale tra un calcestruzzo proiettato e uno semplicemente pompato è quindi nel metodo di compattazione del prodotto in opera, che è di tipo statico per i conglomerati cementizi ordinari, con l'impiego della vibrazione meccanica, mentre è di tipo dinamico per i calcestruzzi proiettati sulle superfici, con efficacia dipendente dalla velocità di uscita della miscela dalla lancia e dalla distanza della lancia stessa dal supporto.

Normalmente, il fattore di compattazione di un calcestruzzo proiettato per via umida è assunto pari a 1:1,25; per ogni 1000 l di calcestruzzo scaricato nella tramoggia della pompa si ottengono circa 800 l di rivestimento, non tenendo in conto quanto ulteriormente perso per lo sfrido.

Occorre tener presente che il calcestruzzo proiettato in opera, dopo l'applicazione, è caratterizzato da un dosaggio di cemento più elevato rispetto a quello del mix originario, causato dalle diverse percentuali di rimbalzo di legante, aggregato e acqua.

L'aumento del tenore di cemento, mediamente pari al 13%, si traduce in una maggiore resistenza meccanica ma anche in una riduzione del rapporto aggregato/cemento e quindi, a pari a/c, in un aumento del ritiro idraulico e del conseguente rischio di fessurazioni.

È compito del Responsabile della produzione del calcestruzzo proiettato valutare, dopo il completamento delle prove di qualificazione e la loro approvazione, la composizione della miscela in funzione del metodo applicativo scelto.

Il rivestimento realizzato con shotcrete deve, quindi, essere caratterizzato da prestazioni del tutto paragonabili a quelle ottenibili con l'impiego di un calcestruzzo normalmente pompato, casserato e convenientemente vibrato, sia per quanto concerne le resistenze meccaniche a medio e lungo termine, che per la durabilità nei confronti delle azioni aggressive, in particolare dei solfati, spesso presenti negli ammassi rocciosi circostanti il cavo, e del gelo, presente nelle aree contigue agli imbocchi delle gallerie, alle finestrate e comunque per tutte le applicazioni all'esterno.

Come per un calcestruzzo ordinario, anche per il calcestruzzo proiettato è fattore determinante per un buon risultato, il contenimento del rapporto a/c e la riduzione della sua permeabilità, abbinando questi accorgimenti all'impiego di cementi solfato resistenti e/o di aggiunte a reazione pozzolanica, in particolare i fumi di silice, nei casi di più severo impegno.

**45.6 ADDITIVAZIONE DEL CALCESTRUZZO PROIETTATO**

L'additivazione del calcestruzzo proiettato, può essere trattata con riferimento:

- alle modalità di confezionamento del calcestruzzo preconfezionato o confezionato in una centrale di betonaggio e trasportato sino alla pompa;
- alla fase di shotcreting, esaminando tipo e caratteristiche delle aggiunte effettuate nella tratta di tubazione dalla tramoggia alla lancia.

Si è già detto che il calcestruzzo proiettato deve essere considerato alla stregua di un conglomerato cementizio ordinario, almeno sino alla fase di proiezione, e che differisce da quest'ultimo solamente per le diverse modalità di messa in opera e di compattazione. Si può dire che l'additivazione del calcestruzzo ante - proiezione è problema del produttore del calcestruzzo stesso, mentre quella in fase di proiezione è di competenza dell'applicatore.

**45.6.a Additivazione del calcestruzzo ante-proiezione**

Gli additivi utilizzabili in questa fase sono quelli già ben conosciuti dai tecnologi dei produttori di calcestruzzo:

**■ SUPERFLUIDIFICANTI**

Devono assicurare un'adeguata fluidità al calcestruzzo da proiettare, con un rapporto a/c contenuto (massimo 0,50, preferibilmente 0,45) così da garantire:

- la ridotta permeabilità del calcestruzzo indurito e conseguente miglioramento della sua durabilità;

- l'ottimizzazione dell'efficacia degli additivi per la proiezione (più è alto il rapporto a/c, minore è il loro effetto e maggiore è la percentuale dello sfido);
- la dispersione delle particelle fini (cemento+filler-Finerte) e degli eventuali ultrafini aggiuntivi, consentendone il massimo effetto tixotropizzante;
- la prestazione meccanica del calcestruzzo, anche tenendo conto di eventuali effetti negativi derivanti dalle ulteriori aggiunte effettuate dall'applicatore.

#### ■ AGGIUNTE POZZOLANICHE

Il loro impiego può essere previsto qualora debbano essere migliorate alcune caratteristiche del calcestruzzo, in condizioni applicative particolarmente impegnative o per situazioni specifiche quali:

- aumento della tixotropia della miscela, in particolare con i fumi di silice, per consentire la proiezione dello shotcrete sia su superfici verticali, che in calotta, con ridotto dosaggio di accelerante (minore riduzione delle resistenze a medio/lungo termine) o, in determinati casi, con la eliminazione totale dell'accelerante stesso (rocce stabili, necessità di finitura superficiale del rivestimento ecc.). In ogni caso l'effetto tixotropizzante, tipico dei fumi di silice, riduce lo sfido e migliora, di conseguenza, la redditività e il costo dello shotcrete in opera. L'aggiunta di fumo di silice determina inoltre il miglioramento delle caratteristiche di pompabilità del calcestruzzo;
- applicazione dello shotcrete in presenza di aggressioni dell'ambiente, in particolare in presenza di solfati.

#### ■ ALTRI

Per ridurre il possibile decadimento della qualità del calcestruzzo dovuti alla preidratazione del cemento prima dell'operazione di shotcreting e per migliorare la flessibilità della gestione delle risorse impiegate nelle attività di costruzione, con assorbimento di ritardi operativi non prevedibili (sosta non programmata delle autobetoniere, eventuali restrizioni d'orario per la produzione e il trasporto nelle aree urbane ecc.), sono utilizzabili additivi definiti come inibitori temporanei della presa, caratterizzati dalla possibilità di blocco temporaneo del processo di idratazione del cemento, da 4-5 ore a 72 ore circa, ad azione semplice o combinata con un efficace effetto superfluidificante e riduttore d'acqua.

L'abbinamento successivo con un accelerante di presa compatibile, aggiunto durante la proiezione, riattiva immediatamente l'idratazione del legante, senza pregiudizio sulla reattività dell'accelerante stesso.

#### 45.6.b Additivazione del calcestruzzo proiettato nella fase di shotcreting

Il compito degli additivi per la proiezione è sostanzialmente quello di consentire l'autosostentamento del calcestruzzo durante l'applicazione, che avviene in singole passate di spessore anche maggiore di 10 - 15 cm.

In pratica è indispensabile che la forza di coesione del calcestruzzo fresco, appena proiettato, sia maggiore del carico determinato dal peso del rivestimento applicato (per uno strato di 10 cm, il calcestruzzo pesa circa 230/240 Kg/m<sup>2</sup>).

Questa prestazione è raggiungibile:

- accelerando con idonei additivi la reazione di presa del legante;
- producendo un immediato e eccezionale aumento della coesione del calcestruzzo attraverso l'aggiunta, alla lancia, di additivi gelogeni (istantanea formazione di un gel per reazione tra il gelogeno e il cemento) o di additivi coesivizzanti.

Altri elementi da tenere in considerazione sono la velocità e il metodo di avanzamento, se si opera in galleria, e l'eventuale presenza di diffusi trasudamenti d'acqua, che determinano la necessità di un più o meno rapido sviluppo delle resistenze meccaniche nel brevissimo e breve termine (da pochi minuti a poche ore).

Gli acceleranti per lo shotcreting possono essere classificati come:

#### ■ ACCELERANTI DI PRESA E D'INDURIMENTO ALCALINI

Essi riducono più meno sensibilmente le resistenze meccaniche nel tempo rispetto a quelle del calcestruzzo base. Ne fanno parte i sali solubili di metalli alcalini e alcalino-terrosi, i più conosciuti dei quali sono i silicati e gli alluminati.

Questo tipo di accelerante viene normalmente aggiunto solo in corrispondenza della lancia, nel flusso di calcestruzzo aerato, già interessato dall'aria compressa propellente.

Gli acceleranti a base di alluminati, sempre alcalini e anche caustici, sono utilizzabili in dosaggi molto bassi, con conseguente minor apporto di alcali nell'ambiente e nel calcestruzzo. La loro azione consiste nell'accelerare la reazione tra il C3S ed il gesso, di fatto annullando la durata della fase dormiente dell'idratazione, che viene quindi velocizzata attraverso una maggiore e più rapida formazione di ettringite, con un tempo di reazione variabile tra 1 e 5 minuti.

#### ■ GLI ACCELERANTI DI PRESA E D'INDURIMENTO ALCALI-FREE

Non caustici che favoriscono il miglioramento delle resistenze, anche nei confronti di quelle del calcestruzzo consegnato nella tramoggia della pompa sprezzatrice.

I prodotti più efficaci sono i sali neutri inorganici, a bassissimo contenuto di alcali e cloruri, costituiti da un melange di alluminio amorfo con solfati, nitrati o formati solubili di metalli alcalino - terrosi o di metalli di transizione, e quelli organici a reazione neutra appartenenti alla famiglia degli acidi a - idrossi - carbossilici.

Molto importante è anche l'aspetto del contenimento dello sfido, sia in relazione ai suoi aspetti economici, che ambientali; una delle caratteristiche essenziali degli acceleranti alkali-free è di consentire la proiezione di una miscela plastica nei primi secondi dopo l'applicazione, così che l'impatto del materiale sulla superficie avviene con ridotto rimbalzo.

Attraverso la valutazione del rapporto in peso tra il calcestruzzo proiettato e il materiale a terra, si sono determinate percentuali di sfido tra il 5,5% e il 7%, sicuramente migliorative nei confronti degli usuali 15% - 25%.

#### ■ GLI ADDITIVI COESIVIZZANTI

Quando non sono richieste resistenze iniziali elevate, vengono utilizzati per la proiezione, additivi detti coesivizzanti, che determinano il rapidissimo "addensamento" del calcestruzzo dopo la proiezione, che raggiunge in brevissimo tempo elevate resistenze di coesione interna, tali da assicurare l'autosostentamento dello shotcrete anche senza intervenire sulla presa del cemento.

Un sistema ormai molto collaudato si basa sulle caratteristiche prestazionali del sol di silice a purezza assoluta; esso si presenta sotto forma di dispersione colloidale, stabile in acqua e a contatto con il cemento, forma un gel ad effetto coesivizzante: da qui la definizione di additivo gelogeno.

L'aggiunta al calcestruzzo proiettato del 3% di additivo, sul peso del legante, ne consente la messa in opera, anche in calotta, con singole passate di spessore sino a 20 - 30 cm.

### 45.7 CLASSIFICAZIONE

In funzione della classe di resistenza, la resistenza a compressione del calcestruzzo proiettato deve essere specificata in accordo con la UNI 9858 in classi di resistenza e le resistenze sono valutate su provini cilindrici ricavati da carote estratte da pannelli di prova o in situ.

Le classi di resistenza del calcestruzzo proiettato, riferite alla resistenza cubica, sono:

Classe di resistenza	Resistenza caratteristica R'ck in MPa
CP15	15
CP20	20
CP25	25
CP30	30
CP40	40

In funzione della curva di sviluppo delle resistenze meccaniche del calcestruzzo giovane, il calcestruzzo proiettato può essere classificato a rapido o a normale sviluppo delle resistenze, quando presenta resistenze meccaniche, alle varie determinazioni, uguali o superiori ai valori minimi prescritti in tabella per la singole categorie.

#### **45.8 MISCELE**

Anche in relazione alle esigenze progettuali e ai tipi di cementi utilizzati sui cantieri di un grande progetto nazionale, si sono individuate le miscele base ottimali da utilizzare, con cementi CEM II A/L 42,5 e CEM IV A 42,5R, che riportiamo di seguito (dati per mc):

Cemento	400 kg
Aggregato, max nominale 8 mm	1800 kg
Acqua d'impasto (a/c = 0,50)	200 kg
Additivo superfluidificante (+1,5%)	6 kg
Slump	19 cm

#### **45.9 PRESCRIZIONI PER IL CALCESTRUZZO**

In accordo al D.M. 17 gennaio 2018, il calcestruzzo dovrà essere prodotto in impianto dotato di un Sistema di Controllo della Produzione (FPC) effettuata in accordo a quanto contenuto nelle Linee Guida sul Calcestruzzo Preconfezionato (2003) certificato da un organismo terzo indipendente autorizzato.

Caratteristiche dell'impasto:

- Calcestruzzo a prestazione garantita (UNI EN 206-1),
- Classi di esposizione ambientale: XC1,
- Rapporto a/c max: 0.50 (Nel computo del rapporto a/c deve essere tenuto conto del contenuto d'acqua dell'additivo),
- Classe di resistenza a compressione minima senza aggiunta di accelerante: C(35/45),
- Controllo di accettazione: tipo A (tipo B per volumi complessivi di calcestruzzo superiori a 1500 m3),
- Dosaggio minimo di cemento: 450 Kg/m3,
- Dosaggio minimo di fumo di silice: 25 Kg/m3,
- Aria intrappolata: max. 2,5%,
- Diametro massimo dell'aggregato: 8 mm,
- Classe di contenuto di cloruri del calcestruzzo: Cl 0,4,
- Classe di consistenza al getto: Miscela tixotropica,
- Volume di acqua di bleeding (UNI 7122): < 0.1%.

#### **NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 46 CONGLOMERATI IN RESINA SINTETICA****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Dovranno essere confezionati miscelando con i relativi indurimenti resine sintetiche, sabbie di quarzo di varia granulometria ed agenti tixotropizzanti. I conglomerati di resina sintetica, una volta induriti, dovranno presentare le seguenti caratteristiche:

- notevoli proprietà di adesione,
- elevate resistenze sia meccaniche che chimiche,
- rapido sviluppo delle proprietà meccaniche.

Essendo numerose le possibilità di applicazione, occorrerà variare la fluidità, conformemente alle prescrizioni di progetto, in funzione della natura dei materiali, della loro porosità e delle finalità della lavorazione. I conglomerati dovranno in ogni modo assicurare:

- ottima capacità d'indurimento anche a basse temperature
- sufficiente adesione anche in presenza di umidità
- assorbimento capillare e, quindi, ottima saturazione delle superfici di contatto
- tempi di lavorabilità sufficienti anche in periodo estivo.

Per la preparazione dei conglomerati sintetici si dovranno utilizzare apposite betoniere o mescolatrici da 10-25 kg da impiegare esclusivamente per le resine. Per i formulati a due componenti sarà necessario calcolare con precisione il quantitativo di resina e d'indurente attenendosi, con la massima cura ed attenzione, ai bollettini tecnici dei produttori e considerando che, in genere, il rapporto resina/indurente consigliato tollera un'approssimazione del 5-10% pena l'irrimediabile decadimento sia delle caratteristiche meccaniche che di quelle di resistenza chimica.

Resta tassativamente vietato regolare il tempo d'indurimento aumentando o diminuendo la quantità d'indurente in quanto l'appaltatore dovrà attenersi alle prescrizioni del produttore.

L'applicazione dei conglomerati sintetici, poiché sia la temperatura che il tasso di umidità influenzano negativamente la reazione fra la resina e l'indurente e quindi la qualità dell'intervento, dovrà essere eseguita quando le condizioni atmosferiche lo consentano. I risultati migliori si otterranno lavorando con temperature non inferiori ai 15°C e con umidità reattiva del 50-60%. Temperature più basse o forte umidità potrebbero provocare, impiegando alcuni tipi d'indurente, tempi di presa più lunghi ed un indurimento irregolare e difettoso.

Le superfici su cui saranno applicati i conglomerati di resina dovranno essere opportunamente predisposte secondo quanto prescritto dal produttore. Le fessure dovranno essere allargate con traccia a V, spolverate e trattate con una miscela fluida priva di cariche.

I ferri e i metalli, spesso unti e corrosi dalla ruggine, dovranno essere accuratamente puliti con i metodi ed i materiali prescritti dalla D.L. In generale, l'appaltatore sarà tenuto, rispettando le precauzioni consigliate dal produttore, a fornire agli operai gli indumenti adatti (guanti, visiere, ecc.) onde evitare non solo ogni contatto con la pelle e con gli occhi ma, anche, le esalazioni della miscela o dei singoli componenti. Sarà, quindi, obbligato a far preparare e maneggiare il composto all'aperto o in luoghi ventilati e a fare osservare le norme di sicurezza.

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

Valutato a metro quadrato di superficie eseguita con deduzione dei fori superiori a mq 2,50.

**Art. 47 ACCIAIO PER C.A.****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

Gli acciai per armature di c.a. e c.a.p. debbono corrispondere ai tipi ed alle caratteristiche stabiliti dalle Norme Tecniche emanate in applicazione all'Art. 21 della Legge 5 novembre 1971, n. 1086.

Le reti in acciaio elettrosaldate dovranno avere fili elementari compresi fra 4 e 12 mm e rispondere altresì alle caratteristiche riportate al punto 11.3.2.5 delle nuove norme tecniche delle costruzioni. Le reti di acciaio, siano ad annodatura semplice con maglia romboidale o quadrata, siano a tripla torsione con maglia esagonale, dovranno corrispondere alle prescrizioni delle norme UNI vigenti.

Le modalità di prelievo dei campioni da sottoporre a prova sono quelle previste dal D.M. 17 gennaio 2018.

L'unità di collaudo per acciai in barre tonde lisce e in barre ad aderenza migliorata è costituita dalla partita di 25 tonnellate max; ogni partita minore di 25 tonnellate deve essere considerata unità di collaudo indipendente.

L'unità di collaudo per gli acciai per c.a.p. è costituita dal lotto di spedizione del peso max di 30 tonnellate, spedito in un'unica volta, e composto da prodotti aventi grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione).

Nella lavorazione e posa delle barre d'armatura si dovranno rispettare le disposizioni del D.M. 17 gennaio 2018.

Le barre dovranno essere immagazzinate sollevate dal suolo, evitando che vengano imbrattate da altre sostanze. Al momento del getto dovranno risultare pulite e scevre di corrosioni localizzate, scaglie libere di trafilatura, ruggine libera, ghiaccio, olio ed altre sostanze nocive all'armatura, al calcestruzzo ed all'aderenza fra i due.

E' tassativamente vietato piegare a caldo le barre.

La sovrapposizione delle barre sarà effettuata secondo il D.M. 17 gennaio 2018 precisando il sistema che si intende adottare. Il copriferro e l'interferro dovranno essere secondo il D.M. sopra citato.

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Oltre alla legislazione italiana in vigore, e in quanto non meno restrittive, dovranno osservarsi come obblighi, le raccomandazioni del Comité Européen du Béton (Raccomandazioni internazionali per il calcolo e l'esecuzione delle opere di cemento armato normale e precompresso, edizione 1972 o eventuale nuova edizione più recente).

I campioni saranno prelevati in contraddittorio con l'Appaltatore e inviati a cura della Direzione dei Lavori ed a spese dell'Impresa ad un laboratorio ufficiale per esservi provati, sempre a spese dell'Appaltatore.

La Direzione dei Lavori darà il benestare per la posa in opera di ciascuna partita soltanto dopo che avrà ricevuto il relativo certificato di prova e ne avrà constatato l'esito positivo. Nel caso di esito negativo si procederà come è indicato nelle norme regolamentari.

Tutte le forniture di barre ad aderenza migliorata di acciai di tipo B450C dovranno essere controllate in stabilimento; esse saranno accompagnate da un certificato di Laboratorio Ufficiale riferentesi al tipo di armatura di cui trattasi e marchiate secondo quanto prescritto nel D.M. 17 gennaio 2018. La data del certificato deve essere non anteriore di 3 mesi da quella di spedizione. Tale certificato deve essere allegato, in originale o in copia conforme alla bolla di spedizione della singola spedizione.

I controlli in cantiere sono obbligatori e devono riferirsi ai gruppi di diametri contemplati nel controllo statistico (f5-f10 mm, f12-f18 mm, oltre f18 mm), in ragione di tre spezzoni (l=1.00 m), marchiati, di uno stesso diametro, scelto entro ciascun gruppo di diametri per ciascuna partita prescelta. E' facoltà della Direzione dei Lavori di estendere il controllo a tutti i diametri della partita. I campioni saranno prelevati in contraddittorio con l'Appaltatore e inviati a cura della Direzione dei Lavori ed a spese dell'Impresa ad un laboratorio ufficiale per esservi provati, sempre a spese dell'Appaltatore.

Le armature metalliche dovranno essere fissate nella posizione progettata con legature di filo di ferro agli incroci di tutte le barre e distanziatori che garantiscono la conservazione degli intervalli fra gli strati di barre e le loro distanze dai casseri. Gli oneri derivanti da quanto summenzionato sono a completo carico dell'Appaltatore.

Le legature saranno sempre doppie a fili incrociati e fortemente ritorti per la messa in tensione; non è quindi ammessa la legatura con un semplice filo posto in diagonale abbracciante i due tondi con un solo anello.

Il distanziamento degli strati di barre sovrapposte sarà ottenuto con spezzoni di tondino di diametro opportuno. Anche detti distanziatori dovranno essere legati con le barre.


L'immobilità delle armature durante il getto deve essere garantita nel modo più assoluto. La Direzione dei Lavori procederà senz'altro alla sospensione dei getti ed alla demolizione di quanto già gettato quando dovesse constatare spostamenti o anche solo possibilità di spostamenti rilevanti degli elementi di armatura metallica.

Le barre sporche, unte o notevolmente arrugginite, devono essere accuratamente pulite prima della collocazione in opera; non debbono essere piegate a caldo.

Le barre sollecitate a trazione saranno ancorate in zona compressa o almeno allontanate dal lembo teso presso cui eventualmente dovessero correre.

Fra gli elementi prevalentemente tesi non è ammissibile la giunzione per sovrapposizione, come pure nelle pareti dei serbatoi.

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

L'acciaio in barre per armatura di conglomerati cementizi verrà computata in base al peso teorico dei vari diametri nominali indicati nei progetti esecutivi trascurando le quantità superiori alle indicazioni di progetto, le legature, gli eventuali distanziatori e le sovrapposizioni per le giunte non previste o non necessarie, intendendosi come tali anche quelle che collegano barre di lunghezza inferiore a quella commerciale. Il peso degli acciai verrà determinato con metodo analitico misurando lo sviluppo teorico di progetto di ogni barra e moltiplicandolo per la corrispondente massa lineica nominale indicata nella norma  ENV 10080:2005.

Essendo equivalenti i diametri e le aree delle sezioni nominali delle barre nervate a quelli delle barre lisce, per la computazione verrà adottata per entrambi la medesima massa lineica nominale.

**Art. 48 ANCORAGGI PER CALCESTRUZZO****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****48.1 VITI PER CALCESTRUZZO**

Viti per calcestruzzo per ancoraggi, per categorie di prestazione sismica C1 e C2, del diametro e dimensioni previsti in progetto, tipo ULTRACUT FBS II 8-14 della Fischer o equivalenti.

**48.2 TASSELLI MECCANICI**

Ancoranti a espansione per calcestruzzo per ancoraggi di carpenteria metallica, certificate per azioni sismiche, con barre filettate classe 10.9, del diametro previsto in progetto, tipo Fischer FAZ II o equivalenti.

**48.3 TASSELLI A CALZA PER ANCORANTI CHIMICI**

In caso di applicazione su materiali forati utilizzare dei tasselli per ancoranti chimici tipo FIS HN a calza o FIS HK a rete o similari, che consentono di centrare la barra e dosare la resina.

**48.4 BARRE AD ADERENZA MIGLIORATA**

Barre a sezione circolare in resina poliestere termoindurente rinforzata con fibre di vetro ad adherenza migliorata costituita da una sagomatura elicoidale a rilievo senza l'ausilio di lavorazioni meccaniche che comportino asportazione di materiale con conseguente taglio delle fibre di rinforzo, utilizzate principalmente per la realizzazione di gabbie di armatura o come chiodi o tiranti (attivi e passivi).

**48.4.a Caratteristiche geometriche e meccaniche**

Caratteristiche chimico-fisiche	Norma di riferimento	Unità di misura	Valore medio
Peso specifico	ASTM D 792/UNI 7092	g/cm <sup>3</sup>	1,9
Contenuto sostanze inorganiche	ISO 1172	%	68
Assorbimento d'acqua	ASTM D 570/ISO 62	%	0,40
Resistenza all'urto (Charpy)	ASTM D 256/U N I 6062	KJ/m <sup>2</sup>	250
Proprietà meccaniche a trazione <sup>(1)</sup>	ASTM D 638/UNI 5819		
a. modulo elastico	"	MPa	35.000
b. resistenza	"	MPa	900
c. allungamento a rottura	"	%	1,3
Proprietà meccaniche a flessione <sup>(1)</sup>	ASTM D 790/UNI 7219		
a. modulo elastico	"	MPa	32.000
b. resistenza	"	MPa	900
Proprietà meccaniche a compressione <sup>(1)</sup> secondo la direzione delle fibre	ASTM D 695/UNI 4279		
a. modulo elastico	"	MPa	20.000
b. resistenza	"	MPa	220
Coefficiente di dilatazione termica <sup>(1)</sup>	ASTM D 696/UNI 6061	1/°C	7,5 · 10 <sup>-6</sup>
Conducibilità termica	UNI 7891	kcal/m h °C	0,25

<sup>(1)</sup> I valori riportati in tabella sono riferiti a prove effettuate secondo la direzione delle fibre.

- Tolleranza sui valori riportati in tabella ± 10%.

**48.4.b Prove**

Le prove devono essere eseguite secondo il documento CNR DT203/2006 " Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Strutture di Calcestruzzo armato con Barre di Materiale Composito Fibrorinforzato".

**48.5 RESINE**

Le resine sono sostanze vetrose ed amorfe di tipo solido/liquido, prive di un punto di fusione netto che subiscono, tramite somministrazione di calore, una graduale diminuzione della loro viscosità. A base di polimeri organici in cui un gran numero di atomi sono uniti mediante legami chimici primari, vengono classificate relativamente al loro comportamento in termoplastiche e termoindurenti. L'utilizzo di detti materiali, la provenienza e la preparazione, il peso dei singoli componenti e le modalità d'applicazione saranno concordati con la D.L. dietro la sorveglianza e l'autorizzazione degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto.

In presenza di manufatti di particolare valore storico/artistico sarà vietato, salvo specifica disposizione degli elaborati di progetto, in assenza

di analisi di laboratori, di prove applicative o di specifiche garanzie da parte della ditta produttrice sull'effettiva irreversibilità dell'indurimento ed in mancanza di una comprovata compatibilità chimica, fisica e meccanica con i materiali edili preesistenti, utilizzare prodotti di sintesi chimica.

Le caratteristiche dei suddetti prodotti saranno conformi alle norme UNICHIM, mentre le analisi di laboratorio relative alle indagini preliminari per la scelta dei materiali saranno quelle stabilite dalle raccomandazioni NORMAL. In particolare le caratteristiche qualitative dei legami organici in base al loro impiego saranno le seguenti:

- perfetta adesione ai comuni materiali da costruzione ottenuta mediante la formazione di un sufficiente numero di gruppi polari capaci di stabilire legami fisici d'affinità con i costituenti sia minerali che organici dei materiali trattati;
- buona stabilità alla depolimerizzazione ed all'invecchiamento;
- elevata resistenza all'attacco chimico operato da acque, sostanze alcaline o da altri tipi di aggressivi chimici;
- limitatissimo ritiro in fase d'indurimento.

#### **48.6 RESINE EPOSSIDICHE**

Derivate dalla condensazione del bisfenolo A con epicloridrina, potranno essere del tipo solido o liquido. In combinazione con appositi indurenti amminici che ne caratterizzano il comportamento, potranno essere utilizzate anche miscele con cariche minerali, riempitivi, solventi ed addensanti, solo dietro approvazione del D.L., per lavori in cui sarà necessario sfruttare le loro elevatissime capacità adesive. Saranno vietati tutti i trattamenti superficiali che potrebbero sostanzialmente modificare l'originario effetto cromatico dei manufatti (UNI 7097-72). Le caratteristiche meccaniche, le modalità applicative e gli accorgimenti antinfortunistici sono regolati dalle norme UNICHIM. Le caratteristiche richieste in relazione allo specifico utilizzo (+20 C) sono le seguenti:

##### *48.6.a Formulati per impregnazione:*

Punto di infiammabilità	90° C
Ritiro	0,10%
Viscosità (a+b) mPa.s.	150
Pot life (minuti)	60
Assorbimento	2%
Punto Martens	35° C
Resistenza a trazione (MPa)	50
Resistenza a flessione (MPa)	50
Resistenza a compressione (MPa)	70
Modulo elastico a fless. (MPa)	1000

##### *48.6.b Formulati per iniezione:*

per lesioni inferiori a mm 1,5:	
Punto di infiammabilità	90° C
Ritiro	12%
Viscosità (a+b) mPa.s.	150-400
Pot life (minuti)	30
Assorbimento	2%
Punto Martens	50° C
Resistenza a trazione (MPa)	30
Resistenza a flessione (MPa)	50
Resistenza a compressione (MPa)	70
Modulo elastico a fless. (MPa)	1000-3000

per lesioni superiori a mm 1,5:	
Punto di infiammabilità	90° C
Ritiro	12%
Viscosità (a+b) mPa.s.	3500-4000
Pot life (minuti)	30
Assorbimento	2%
Punto Martens	50° C
Resistenza a trazione (MPa)	50
Resistenza a flessione (MPa)	50
Resistenza a compressione (MPa)	70
Modulo elastico a fless. (MPa)	3000

##### *48.6.c Formulati per betoncini:*

Punto di infiammabilità	90° C
Ritiro	0,10%
Viscosità (a+b) mPa.s.	7000
Pot life (minuti)	60
Assorbimento	2%
Punto Martens	35° C
Resistenza a trazione (MPa)	30
Resistenza a flessione (MPa)	30
Resistenza a compressione (MPa)	90
Modulo elastico a fless. (MPa)	17000

##### *48.6.d Formulati per restauro strutture:*

Punto di infiammabilità	90° C
-------------------------	-------

Ritiro	0,10%
Viscosità (a+b) mPa.s.	7000
Pot life (minuti)	30
Assorbimento	2%
Punto Martens	35° C
Resistenza a trazione (MPa)	30
Resistenza a flessione (MPa)	50
Resistenza a compressione (MPa)	70
Modulo elastico a fless. (MPa)	700

#### 48.6.e Formulati per incollaggio strutturale:

Punto di infiammabilità	90° C
Ritiro	0,10%
Viscosità (a+b) mPa.s.	8000
Pot life (minuti)	60
Assorbimento	2%
Punto Martens	40° C
Resistenza a trazione (MPa)	80
Resistenza a flessione (MPa)	50
Resistenza a compressione (MPa)	80
Modulo elastico a fless. (MPa)	1000
Adesione (MPa)	6

#### 48.7 RESINE POLIESTERI

Derivate dalla reazione di policondensazione dei glicoli con gli acidi polibasici e le loro anidridi, potranno essere usate sia come semplici polimeri liquidi sia in combinazione con fibre di vetro, di cotone o sintetiche o con calcari, gesso, cementi e sabbie.

Anche per le resine poliesteri valgono le stesse precauzioni, divieti e modalità d'uso enunciati a proposito delle resine epossidiche. Le loro caratteristiche meccaniche, le modalità d'applicazione e gli accorgimenti antinfortunistici sono regolati dalle norme UNICHIM.

Si fa presente inoltre che i sigillanti dovranno essere certificati secondo le norme di Legge.

#### 48.8 RESINE VINILESTERI

Ancorante chimico in vinilestere ibrido bi componente ad elevate prestazioni, composto da leganti organici a base di resine, cariche minerali ed additivi che ne incrementano le caratteristiche chimico-fisiche e meccaniche, per ancoraggi su supporti in muratura piena o forata. Con le seguenti caratteristiche:

resistenza a flessione:  $\geq 15$  N/mm<sup>2</sup> dopo 45 minuti (metodi di prova in accordo con DIN EN 196-1)

resistenza a compressione:  $\geq 60$  N/mm<sup>2</sup> dopo 45 minuti (metodi di prova in accordo con DIN EN 196-1)

resistenza a trazione: 10 MPa dopo 24 ore (metodi di prova in accordo con ISO 527)

allungamento a rottura: 0,47% dopo 24 ore (metodi di prova in accordo con ISO 527)

modulo elastico: 4.3 GPa dopo 24 ore (metodi di prova in accordo con ISO 527)

densità:  $1,70 \pm 0,1$  g/cm<sup>3</sup>

Senza stirene, atossico e adatto per l'utilizzo in ambienti chiusi e locali poco aerati.

#### 48.9 SABBIE, INERTI E CARICHE PER RESINE

Dovranno possedere i requisiti richiesti dai produttori di resine o dalla D.L.; la granulometria dovrà essere adeguata alla destinazione e al tipo di lavorazione. Sarà assolutamente vietato l'utilizzo di sabbie marine o di cava che presentino apprezzabili tracce di sostanze chimiche attive.

In particolare le polveri dovranno possedere grani del diametro di circa 50-80 micron e saranno aggiunte, ove prescritto alla miscela secca di sabbie in un quantitativo di circa il 10-15% in peso. In alcune applicazioni potranno essere usate fibre di vetro sia del tipo tessuto che non tessuto e fiocchi di nylon. In particolare la D.L. e gli organi preposti dovranno stabilire le caratteristiche tecniche di rinforzanti, dei riempitivi, degli addensanti e di tutti gli altri agenti modificatori per resine in base all'impiego ed alla destinazione.

I rinforzanti da impiegare per la formazione di betoncini di resina dovranno avere un tasso di umidità in peso non superiore allo 0,09% ed un contenuto nullo d'impurità o di sostanze inquinanti; in particolare, salvo diverse istruzioni impartite dalla D.L., le miscele secche di sabbie silicee o di quarzo dovranno essere costituite da granuli puri del diametro di circa 0,10-0,30 mm. per un 25% di 0,50-1,00 mm. per un 30% e di 1,00-2,00 mm. per il restante 45%.

#### 48.10 RINFORZANTI PER RESINE

Dovranno possedere i requisiti richiesti dai produttori di resine o dalla D.L.

La granulometria dovrà essere adeguata alla destinazione e al tipo di lavorazione. Sarà assolutamente vietato l'utilizzo di sabbie marine o di cava che presentino apprezzabili tracce di sostanze chimiche attive.

I rinforzanti da impiegare per la formazione di betoncini di resina dovranno avere, in generale, una comprovata inerzia chimica nei confronti dei componenti della resina, un tasso di umidità in peso non superiore allo 0,09% ed un contenuto nullo d'impurità o di sostanze inquinanti; in particolare, salvo diverse istruzioni impartite dalla D.L., le miscele secche di sabbie silicee o di quarzo dovranno essere costituite da granuli puri del diametro di circa 0,10 - 0,30 mm. per un 25% di 0,50 - 1,00 mm. per un 30% e di 1,00 - 2,00 mm. per il restante 45%.

Le polveri (silice ventilata - silice micronizzata) dovranno possedere grani del diametro di circa 50 - 80 micron e saranno aggiunte, ove prescritto alla miscela secca di sabbie in un quantitativo di circa il 10 - 15% in peso.

In alcune applicazioni potranno essere usate fibre di vetro sia del tipo tessuto che non tessuto, fibre di amianto e fiocchi di nylon.

In particolare la D.L. e gli organi preposti dovranno stabilire le caratteristiche tecniche dei rinforzanti, dei riempitivi, degli addensanti e di tutti e di tutti gli altri agenti modificatori per resine in base all'impiego ed alla destinazione.

#### NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

##### 48.11 INGHISAGGI

Esecuzione di ancoraggi con tasselli, con barre di acciaio ad aderenza migliorata o filettate e specifica resina per inghisaggi.

Il diametro dei fori per l'esecuzione degli inghisaggi o la messa in opera di barre passanti la struttura dovrà essere eseguito in conformità a quanto previsto negli elaborati di progetto e comunque nel rispetto delle prescrizioni previste dai materiali utilizzati (barre d'acciaio e resine), e dovrà comunque essere preventivamente approvato dalla Direzioni Lavori.

Prima dell'introduzione della barra nel foro dovranno essere adottate tutte le regole per la corretta posa in opera (facendo riferimento anche a quanto prescritto dai manuali e schede tecniche dei fornitori dei prodotti), in particolare dovrà essere accuratamente effettuata la pulizia del foro per la completa ed efficace asportazione della polvere.

Estrudere l'ancorante chimico a partire dal fondo del foro. Dovrà essere riempito efficacemente il foro in modo che a barra d'acciaio introdotta vi sia il completo riempimento del foro, e sia garantita l'assenza di vuoti o bolle d'aria.

Tali prescrizioni valgono anche per la messa in opera delle barre filettate passanti le strutture, in particolare anche in questi casi deve essere completamente riempito, con specifica resina per inghisaggi, lo spazio vuoto del foro che si viene a creare tra la barra e la struttura forata.

L'oggetto da ancorare deve essere installato manualmente con movimento rotatorio finché non è raggiunto il fondo del foro.

L'ancorante chimico collega saldamente l'intera superficie laterale dell'accessorio con la superficie laterale del foro sigillando lo stesso.

Le cartucce parzialmente utilizzate possono essere riutilizzate semplicemente sostituendo il miscelatore.

Tali prescrizioni valgono anche per la messa in opera delle barre filettate passanti le strutture, in particolare anche in questi casi deve essere completamente riempito lo spazio vuoto del foro che si viene a creare tra la barra e la struttura forata.

#### NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

**Art. 49 RINFORZI CON FIBRE DI CARBONIO E FIBRE DI VETRO****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****49.1 FIBRA DI VETRO (GFRP)**

È costituita principalmente da ossidi di silicio più proporzioni variabili di altri componenti (ossidi di alluminio o ioni metallici) per facilitare la lavorazione in fase di produzione o per aumentare le caratteristiche finali del prodotto.

I componenti base vengono fusi ad alta temperatura e la massa così ottenuta viene trafilata per ottenere i filamenti.

Le principali caratteristiche sono:

- alta resistenza a trazione;
- eccellente potere isolante;
- basso modulo di elasticità a trazione;

Presenta un modulo di elasticità inferiore a quello del carbonio, una bassa resistenza all'abrasione ed una modesta resistenza ai carichi ciclici.

Generalmente, la fibra vetro viene sottoposta a trattamenti protettivi per ridurre la sensibilità agli agenti alcalini e all'umidità.

Le fibre di vetro vengono maggiormente utilizzate nell'ambito nautico, ma risultano efficaci anche se usate in ambito civile, specialmente per rinforzi di pilastri (cerchiature) e per applicazioni su murature.

**49.1.a Tessuto unidirezionale in fibra di vetro**

Tessuto in fibre di vetro unidirezionale, indicato per la riparazione di elementi in calcestruzzo e muratura danneggiati da azioni fisico-meccaniche, per il confinamento a compressione e il rinforzo a presso flessione di elementi in calcestruzzo oltre che per l'adeguamento sismico di strutture poste in zone a rischio.

Può essere posto in opera con due differenti tecniche, sistema ad umido e sistema a secco, utilizzando una specifica e completa linea di resine epossidiche per la primerizzazione del sottofondo, per la rasatura nel sistema ad umido, nel sistema a secco e per l'impregnazione del tessuto.

Tipo di fibra: vetro Type E

Aspetto: tessuto unidirezionale

Grammatura: (g/m <sup>2</sup> ):	900
Massa volumica (kg/m <sup>3</sup> ):	2.620
Spessore equivalente di tessuto secco (mm):	0,48
Area resistente per unità di larghezza (mm <sup>2</sup> /m):	342,2
Resistenza meccanica a trazione (N/mm <sup>2</sup> ):	2.560
Carico massimo per unità di larghezza (kN/m):	> 500
Modulo elastico a trazione (N/mm <sup>2</sup> ):	80.700
Allungamento a rottura (%):	3-4
Adesione al calcestruzzo (N/mm <sup>2</sup> ):	> 3 (rottura del supporto)

Nel caso applicazione di fibra di vetro in singolo strato dovrà essere utilizzato un tessuto con caratteristiche e grammature non inferiori a quelle prescritte.

Nel caso di applicazioni di più strati potranno essere utilizzate combinazioni di tessuti con grammature diverse per ottenere (a parità di modulo elastico e resistenza) lo spessore equivalente di tessuto secco necessario.

**49.1.b Corda in fibra di vetro ad alta resistenza.**

Le corde in fibra di vetro sono sistemi di connessione strutturale da posizionarsi per garantire un miglior collegamento fra i supporti ed i tessuti in fibra di vetro.

Esse possono essere usate per ancorare i rinforzi strutturali al supporto o per connettere fra loro elementi in fibra di vetro (tessuti, lamine pultruse, ecc...)

Le corde, opportunamente "sfioccate" verranno connesse alle strutture od ad altri rinforzi mediante gli stessi primer e stucchi epossidici bicomponenti utilizzati per l'applicazione dei tessuti o delle lamine.

Anche le corde dovranno appartenere alla stessa linea di prodotti per rinforzo strutturale fra loro compatibili e garantiti dal produttore.

**49.2 FIBRA DI CARBONIO (CFRP)**

Ha una struttura cristallina di tipo esagonale dove gli atomi di carbonio sono organizzati in piani che conferiscono un comportamento anisotropo ossia una grande resistenza meccanica nella direzione in cui si sviluppano le fibre ed un comportamento debole a trazione ortogonale.

Le fibre si ottengono sottoponendo la materia prima (precursore) a decomposizione termica in assenza di ossigeno. La materia prima per la produzione delle fibre di carbonio disponibili in commercio è di tre tipi: pece (pitch), prodotto dalla distillazione del petrolio, PAN (poliacrilonitrile) e rayon.

Indipendentemente dalla materia prima, a seconda della disposizione reticolare degli strati di grafene presenti nella grafite, le fibre di carbonio si possono dividere in due gruppi:

- alto modulo;
- alta resistenza.

Le fibre ad alta resistenza hanno un peso specifico minore, una maggiore resistenza a trazione, maggiore deformazione a rottura e minor costo di produzione rispetto alle fibre ad alto modulo. Sono identificate come fibre utilizzate per compositi ad elevata prestazione e

presentano:

- alto rapporto resistenza-rigidezza rispetto al peso;
- basso coefficiente di dilatazione termica;
- bassa suscettività ai carichi a fatica;
- elevata resistenza all'umidità ed ai prodotti chimici;

Presentano bassa resistenza all'impatto ed al taglio ed elevata conduttività del calore e dell'elettricità. Possono essere ibride, cioè possono contenere una parte di fibra vetro (incrementa la resistività) o fibra aramidica (incrementa la tenacità).

Inizialmente usate nell'ambito dell'ingegneria aerospaziale e automobilistica, ad oggi vengono sempre più utilizzate nell'ambito dell'ingegneria civile con funzione di rinforzo e ripristino strutturale.

#### 49.2.a Tessuto ad elevato modulo elastico

Tipo di fibra: carbonio ad alta resistenza

Aspetto: tessuto unidirezionale

Grammatura: (g/m <sup>2</sup> ):	300	600
Massa volumica (kg/m <sup>3</sup> ):	1.800	1.800
Spessore equivalente di tessuto secco (mm):	0,166	0,333
Area resistente per unità di larghezza (mm <sup>2</sup> /m):	166,6	333,3
Resistenza meccanica a trazione (N/mm <sup>2</sup> ):	4.830	4.830
Carico massimo per unità di larghezza (kN/m):	> 800	> 1.600
Modulo elastico a trazione (N/mm <sup>2</sup> ):	230.000	230.000
Allungamento a rottura (%):	2	2
Adesione al calcestruzzo (N/mm <sup>2</sup> ):	> 3 (rottura del supporto)	

#### 49.2.b Tessuto ad elevatissimo modulo elastico

Tipo di fibra: carbonio ad alta resistenza

Aspetto: tessuto unidirezionale

Grammatura: (g/m <sup>2</sup> ):	300	600
Massa volumica (kg/m <sup>3</sup> ):	1.820	1.820
Spessore equivalente di tessuto secco (mm):	0,164	0,329
Area resistente per unità di larghezza (mm <sup>2</sup> /m):	164,8	329,6
Resistenza meccanica a trazione (N/mm <sup>2</sup> ):	4.410	4.410
Carico massimo per unità di larghezza (kN/m):	> 700	> 1.400
Modulo elastico a trazione (N/mm <sup>2</sup> ):	390.000	390.000
Allungamento a rottura (%):	1,1	1,1
Adesione al calcestruzzo (N/mm <sup>2</sup> ):	> 3 (rottura del supporto)	

#### 49.2.c Tessuto bidirezionale in fibra di carbonio ad alto modulo elastico

Tessuto bidirezionale bilanciato in fibra di carbonio ad alta resistenza composto da fibre di carbonio disposte in modo bidirezionale, caratterizzato da un elevato modulo elastico (230.000 N/mm<sup>2</sup>) ed elevatissima resistenza meccanica a trazione. E' indicato per la riparazione di strutture in calcestruzzo e l'integrazione della sezione resistente a flessione e al taglio di elementi in cemento armato danneggiati da azioni fisico-meccaniche, per il confinamento a compressione di elementi in calcestruzzo e per l'adeguamento sismico di strutture poste in zone a rischio. Anche il tessuto bidirezionale può essere posto in opera con due differenti tecniche, sistema ad umido e sistema a secco, utilizzando una specifica linea di resine epossidiche per la primerizzazione del sottofondo, per la rasatura con il sistema ad umido, con il sistema a secco e per l'impregnazione del tessuto.

Tipo di fibra: carbonio ad alta resistenza

Aspetto: tessuto quadriassiale bilanciato

Grammatura: (g/m <sup>2</sup> ):	360
Massa volumica (kg/m <sup>3</sup> ):	1.790
Spessore equivalente di tessuto secco (mm):	0,1
Area resistente per unità di larghezza (mm <sup>2</sup> /m):	105
Resistenza meccanica a trazione (N/mm <sup>2</sup> ):	4.800
Carico massimo per unità di larghezza (kN/m):	> 500
Modulo elastico a trazione (N/mm <sup>2</sup> ):	230.000
Allungamento a rottura (%):	2,1
Adesione al calcestruzzo (N/mm <sup>2</sup> ):	> 3 (rottura del supporto)

#### 49.2.d Corda in fibra di carbonio ad alta resistenza

Le corde in fibra di carbonio sono sistemi di connessione strutturale da posizionarsi per garantire un miglior collegamento fra i supporti ed i tessuti in fibra di carbonio o vetro.

Esse possono essere usate per ancorare i rinforzi strutturali al supporto o per connettere fra loro elementi in fibra di carbonio (tessuti, lamine pultruse, ecc...)

Le corde, opportunamente "sfioccate" verranno connesse alle strutture od ad altri rinforzi mediante gli stessi primer e stucchi epossidici bicomponenti utilizzati per l'applicazione dei tessuti o delle lamine.

Anche le corde dovranno appartenere alla stessa linea di prodotti per rinforzo strutturale fra loro compatibili e garantiti dal produttore.

### 49.3 RESINE

La matrice può essere costituita da una base cementizia oppure da resine termoindurenti.

Queste ultime sono le più diffuse e sono generalmente costituite da 2 componenti che al momento della miscelazione reticolano formando una massa solida a temperatura ambiente. Grazie alla fluidità iniziale (bassa viscosità) la matrice riesce facilmente ad impregnare le fibre.

La sua funzione principale è quella di fare da elemento aggregante e protettivo nei confronti degli agenti chimici ed atmosferici e può influenzare le caratteristiche chimiche, termiche, elettriche, fino alla durabilità dell'applicazione; può accadere che a causa di condizioni sfavorevoli la matrice si alteri, compromettendo le prestazioni finali del rinforzo.

La matrice è inoltre l'elemento di trasferimento degli sforzi tra le fibre e l'elemento rinforzato.

È fondamentale che la matrice sia compatibile sia con le fibre e sia con il substrato; una perfetta adesione tra questi elementi è indispensabile per la buona riuscita del rinforzo.

Le più diffuse risultano essere le resine epossidiche, seguite dalle resine poliestere o vinilestere.

•Resine epossidiche: possiedono ottime proprietà adesive ed una buona resistenza all'umidità ed agli agenti chimici;

•Resine poliestere e vinilestere: hanno proprietà meccaniche ed adesive inferiori rispetto alle resine epossidiche; possono risultare però più versatili ed economiche.

Nelle applicazioni strutturali la matrice rappresenta di solito una parte ponderale variabile intorno al 30 % del composito nel suo complesso.

Le caratteristiche fisico – meccaniche delle principali matrici impiegate per la costruzione di FRP sono riportate nella seguente Tabella.

	Mod. di elasticità normale $E$ [GPa]	Resistenza a trazione $\sigma_f$ [GPa]	Deformazione a rottura $\epsilon_f$ [%]	Tempo di transizione $T$ [°C]	Coeff. di dilatazione termica $\alpha$ [10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup> ]	Densità $\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]
Epossidico	2.5 ÷ 4.1	55 ÷ 130	1.0 ÷ 9.0	55 ÷ 260	45 ÷ 90	1.1 ÷ 1.3
Poliestere	2.1 ÷ 4.1	20 ÷ 100	1.0 ÷ 6.0	100 ÷ 140	55 ÷ 100	1.0 ÷ 1.45
Poliammide	3.0 ÷ 5.0	4.0 ÷ 190	1.0 ÷ 60.0	210 ÷ 340	14 ÷ 50	1.3 ÷ 1.4
BMI	2.7 ÷ 4.2	40 ÷ 100	1.2 ÷ 6.6	220 ÷ 320	21 ÷ 73	1.2
PEEK	1.1	103	30 ÷ 150	144	55	1.3

#### NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

I tessuti devono essere idonei per la riparazione di elementi in cemento armato danneggiati da azioni fisico-meccaniche, per il confinamento a pressoflessione di elementi in calcestruzzo e per l'adeguamento sismico di strutture poste in zone a rischio.

Possono essere posti in opera con due differenti tecniche, "sistema ad umido" e "sistema a secco", utilizzando una specifica linea di resine epossidiche composta per il consolidamento e la regolarizzazione del supporto, la primerizzazione del sottofondo e per la rasatura.

Con il "sistema ad umido", viene effettuata la preimpregnazione del tessuto a piè d'opera con idoneo prodotto epossidico mentre con il "sistema a secco" il tessuto asciutto viene posizionato direttamente su uno strato di idoneo prodotto epossidico applicato precedentemente sulla superficie dell'elemento in calcestruzzo da rinforzare.

In ogni caso l'applicazione del tessuto in fibra di carbonio dovrà essere eseguita nel rigoroso rispetto delle specifiche fornite dal produttore.

Nel caso applicazione di fibra di carbonio in singolo strato dovrà essere utilizzato un tessuto con caratteristiche e grammature non inferiori a quelle prescritte.

Nel caso di applicazioni di più strati potranno essere utilizzate combinazioni di tessuti con grammature diverse per ottenere lo spessore equivalente di tessuto secco necessario.

#### 49.4 MODALITA' DI APPLICAZIONE

La posa di tessuti, lamine, corde sfioccate, ecc... dovrà avvenire scrupolosamente secondo le specifiche indicate dal produttore nelle schede tecniche della linea di specifica di prodotti.

Il produttore e l'Azienda Appaltatrice devono garantire la piena compatibilità dei prodotti utilizzati (rispetto ai supporti e fra i singoli componenti).

L'Appaltatore deve garantire la corretta applicazione dei rinforzi secondo le specifiche del produttore.

Di seguito si riporta comunque una breve descrizione delle modalità operative per l'applicazione dei rinforzi in fibra di carbonio o vetro.

##### 49.4.a Condizioni ambientali

La qualità dell'esecuzione del rinforzo con materiali compositi dipende fortemente dalle condizioni di temperatura ed umidità ambientali, nonché da quelle del supporto su cui il rinforzo è applicato.

Occorre porre particolare attenzione anche a possibili fenomeni di degrado dovuti all'esposizione ambientale, per cui bisogna prevedere adeguati sistemi di protezione dalla radiazione solare e dall'azione del calore conseguente all'incendio.

Si sconsiglia di installare rinforzi di composito se l'ambiente è molto umido: un elevato grado di umidità può ritardare la stagionatura delle resine nonché inficiare la perfetta realizzazione del composito nel caso di sistemi con polimerizzazione in situ.

I rinforzi non vanno installati su supporti che presentino un grado di umidità relativa superficiale maggiore del 10%: tale condizione potrebbe infatti impedire la penetrazione del primer nei pori e generare bolle d'aria tali da compromettere l'aderenza. L'umidità del supporto può essere valutata mediante un misuratore di umidità per malte oppure, semplicemente, con l'utilizzo di carta assorbente.

Il rinforzo, inoltre, non va installato se la temperatura dell'ambiente e quella superficiale sono molto basse, in quanto potrebbe essere pregiudicata la perfetta stagionatura delle resine e l'impregnazione delle fibre. È sconsigliato installare il rinforzo se le suddette temperature non ricadono nell'intervallo 10° - 35° C. In ambienti a bassa temperatura, se la tempistica di cantiere non consente di differire l'installazione, è opportuno riscaldare artificialmente le zone interessate dal rinforzo. Analogamente, è sconsigliato installare il rinforzo nel caso in cui la superficie oggetto di intervento sia esposta a forte soleggiamento.

Quando la stagionatura del rinforzo avviene in condizioni di pioggia, di eccessivo soleggiamento, di forti gradienti termici, di elevata umidità, o in presenza di polvere, può essere opportuno avvalersi di teli protettivi o di provvedimenti alternativi di analoga efficacia.

Nel caso di applicazioni in ambiente esterno è sempre consigliabile proteggere il sistema di rinforzo dall'azione diretta dell'irraggiamento solare, che può produrre alterazioni chimico-fisiche nella matrice epossidica. Ciò può essere ottenuto mediante l'impiego di vernici protettive o, in alternativa, mediante l'applicazione sul composito già messo in opera di intonaci o malte (preferibilmente di natura cementizia). Gli intonaci vanno posati sul sistema di rinforzo, previa preparazione della superficie mediante applicazione di un ulteriore strato di resina epossidica e successivo spolvero "fresco su fresco" di polvere di quarzo ovvero effettuando lo spolvero di sabbie fini sullo strato fresco delle resine di impregnazione del composito.

Il trattamento così realizzato è particolarmente idoneo a ricevere l'aggrappo di qualsiasi tipo di intonaco.

Ai fini della protezione al fuoco si possono adottare due differenti soluzioni: l'uso di pannelli protettivi o l'applicazione di intonaci intumescenti. I pannelli (in genere a base di calciosilicati) vengono posati sul rinforzo e fissati in zone non interessate dal composito, in modo che i tasselli non taglino o forino le fibre. L'intonaco intumescente, corrispondente alla soluzione maggiormente utilizzata come strato protettivo, deve essere applicato sul composito dopo lo spolvero di polvere di quarzo a fresco.

#### 49.4.b Valutazione del deterioramento del supporto

Prima dell'applicazione del rinforzo è necessario verificare le caratteristiche del supporto.

È opportuno eseguire delle prove di omogeneità su tutta l'area da rinforzare, effettuando il rilievo strutturale del degrado del materiale.

Per le strutture in calcestruzzo, in ogni caso, la resistenza a compressione del materiale non deve essere inferiore a 15 MPa. Nel caso di resistenze del calcestruzzo inferiori a questo limite, si sconsigliano interventi di rinforzo con materiali compositi.

Le applicazioni più frequenti trovano il calcestruzzo di "copriferro" come elemento di supporto.

La valutazione fondamentale è quella di idoneità a trasferire le tensioni al "core" della trave. La corrosione delle armature, infatti, induce fessurazioni di distacco del copriferro che sarebbero dannose in un'applicazione che non eliminasse questa vulnerabilità.

Il rilievo delle proprietà meccaniche del calcestruzzo può essere effettuato con prove sclerometriche (EN 12504-2), con prove di compressione su campioni carotati (EN 12504-1), con prove penetrometriche (sonda Windsor – ASTM C 803), con tecniche ultrasoniche (EN 12504-4), con prove di estrazione (pull-out) su inserti pre- o postinstallati o con metodi combinati (SON-REB, ecc.), alcune di queste metodologie di prova sono riportate in Figura 45.

Per le strutture in muratura occorre procedere con una accuratezza maggiore, specialmente per interventi molto estesi. Le eventuali prove di omogeneità vanno distribuite secondo una griglia con passo 1 m per estensioni inferiori a 5 m<sup>2</sup>, proporzionalmente maggiore per aree di intervento superiori, ad eccezione delle zone critiche.

Le prove possono essere: ispezioni manuali a mezzo di battitura, analisi radiografiche, analisi soniche e ultrasoniche, prove penetrometriche, termografi, tomografi, radar.

Per la caratterizzazione meccanica della muratura dovrebbe essere prevista almeno una prova per ogni 100 m<sup>2</sup> di superficie da rinforzare, con un minimo di 2 prove per ogni zona omogenea. In funzione dell'intervento e del degrado della struttura, possono essere eseguite prove a compressione e/o taglio su campioni di muratura, prove con martinetti piatti, prove penetrometriche e a compressione sui singoli componenti della muratura (malta e mattone) o loro campioni, prove a taglio con martinetto, prove dilatometriche, analisi soniche.

#### 49.4.c Rimozione e ricostruzione del supporto

Il supporto può risultare danneggiato a causa di un deterioramento fisico-chimico, fisicomeccanico o a causa di un impatto. Per strutture in legno e muratura è possibile anche un degrado di origine biologica. In questi casi è fondamentale rimuovere interamente il materiale degradato da tutta la zona bisognosa di intervento.

La rimozione del materiale deteriorato consente di accertare lo stato delle armature metalliche (nel c.a.) o della muratura sottostante (elementi lapidei o in laterizio, malta).

Dopo che il materiale danneggiato è stato rimosso e sono stati adottati gli opportuni provvedimenti per bloccare i processi di degrado dei materiali, nonché tutti gli altri fenomeni che siano causa di deterioramento (quali ad esempio infiltrazioni d'acqua o presenza di microvegetazione), si può procedere alla ricostruzione delle parti eliminate. Il calcestruzzo si può reintegrare mediante l'utilizzo di appositi betoncini espansivi da ripristino, la muratura può essere ricostruita con prodotti compatibili con la tipologia muraria già presente. Al ripristino delle parti ammalorate è opportuno associare il livellamento di eventuali evidenti difetti superficiali, da effettuare con stucco epossidico oppure con malta fibrorinforzata. Se l'elemento da rinforzare presenta fessure di ampiezza superiore a 0.5 mm, è opportuno che queste ultime siano sigillate mediante iniezione prima di applicare il rinforzo.

#### 49.4.d Preparazione del supporto

È necessario assicurarsi che le superfici di applicazione del rinforzo con composito siano perfettamente pulite, rimuovendo da esse polveri, grassi, idrocarburi, tensioattivi ed eventuali film disarmanti, operando con idropulizia, sabbiatura o almeno energica spazzolatura.

Questi interventi garantiscono anche un minimo grado di ruvidezza del supporto, che migliora l'aderenza del composito.

Nel caso in cui si operi su una superficie che non necessiti di ripristino, ma sia di qualità scadente, è opportuno valutare la possibilità di procedere alla stesura di un consolidante prima dell'applicazione del rinforzo (primer).

Nel caso di applicazioni su muratura, occorre prevedere una rasatura su tutta la superficie che deve subire il rinforzo, in modo da avere un unico materiale di interfaccia per il materiale composito.

In tutti i casi in cui il materiale composito di rinforzo debba essere applicato su spigoli (confinamento di pilastri e colonne, aumento della capacità portante a taglio di travi, ecc.), è necessario procedere preventivamente all'arrotondamento di questi ultimi con un raggio di curvatura non inferiore a 20 mm, in modo da non provocare dei danni locali nelle fibre, che possono portare ad una sensibile riduzione della capacità portante del rinforzo.

#### 49.4.e Applicazione ad "umido"

Sulla superficie in calcestruzzo pulita ed asciutta stendere, a pennello o a rullo, una mano omogenea di Primer. Nel caso il supporto sia fortemente assorbente, applicare una seconda mano di primer dopo che la prima sia stata assorbita completamente. Applicare con una spatola dentata, sul sottostante primer ancora "fresco", il prodotto a due componenti a base di resine epossidiche ed inerti selezionati a grana fine ed additivi, specifico per l'applicazione ad "umido", e con una spatola piana, lisciare la superficie allo scopo di eliminare completamente anche le più piccole irregolarità presenti sul supporto.

Effettuare, inoltre, con lo stesso prodotto, il riempimento e l'arrotondamento degli angoli in modo tale da creare una sguscia con raggio di curvatura non inferiore ai 2 cm.

Impregnare manualmente o con macchina impregnante i tessuti di fibra di carbonio, tagliato precedentemente, con forbici nelle dimensioni necessarie. Togliere il tessuto dall'impregnante, lasciarlo sgocciolare per qualche secondo e premerlo tra le mani protette da guanti impermeabili di gomma, allo scopo di rimuovere completamente la resina in eccesso, senza però torcerlo per non rovinare le fibre di carbonio.

Dopo l'impregnazione procedere immediatamente alla posa in opera del tessuto in fibra di carbonio sul sottostante prodotto epossidico a due componenti ancora fresco, avendo cura di stenderlo senza lasciare alcuna grinzia. Dopo averlo spianato con le mani (sempre protette da guanti di gomma), passare più volte l'apposito Rullino sulla superficie nella direzione longitudinale delle fibre allo scopo di farlo penetrare perfettamente nello stucco epossidico. Successivamente, per eliminare completamente le eventuali bolle d'aria, ripassare il rullino.

#### 49.4.f Applicazione a "secco"

Sulla superficie in calcestruzzo pulita ed asciutta stendere, a pennello o a rullo, una mano omogenea di Primer. Nel caso il supporto sia

fortemente assorbente, applicare una seconda mano di primer dopo che la prima sia stata assorbita completamente. Applicare con una spatola dentata, sul sottostante primer ancora "fresco", una prima mano del prodotto a due componenti a base di resine epossidiche ed inerti selezionati a grana fine ed additivi (specifico per il sistema a "secco"), e con una spatola piana, lisciare la superficie allo scopo di eliminare completamente anche le più piccole irregolarità presenti sul supporto.

Effettuare, inoltre, con lo stesso prodotto, il riempimento e l'arrotondamento degli angoli in modo tale da creare una sguscia con raggio di curvatura non inferiore ai 2 cm.

Sullo strato di stucco epossidico ancora "fresco", porre in opera immediatamente il tessuto in fibra di carbonio avendo cura di stenderlo senza lasciare alcuna grinzia.

Dopo averlo spianato bene con le mani, protette da guanti impermeabili di gomma, applicare sui tessuti in fibra di carbonio una seconda mano dello stesso stucco epossidico e quindi pressarlo più volte utilizzando il rullino per permettere all'adesivo di penetrare completamente attraverso le fibre del tessuto.

Per eliminare eventuali bolle d'aria occluse durante le precedenti lavorazioni, ripassare sul tessuto impregnato l'apposito rullino.

#### 49.4.g Giunzioni

Per qualunque modalità di applicazione (a secco od a umido) negli interventi di fasciatura di pilastri, la parte terminale della striscia di tessuto in fibra di carbonio o deve essere sormontata alla "testa" dello stesso tessuto per almeno 20 cm. La stessa procedura deve essere rispettata quando si devono congiungere più strisce, nella direzione longitudinale.

Il sormonto, per una ragione pratica di allineamento, deve essere di circa 2-3 cm nella direzione della larghezza del tessuto.

In pratica la giunzione deve avvenire con sormonto di almeno 20 cm nella direzione delle fibre e con un sormonto di circa 3 cm nella direzione ad esse perpendicolare.

Dopo la posa e la pressatura con l'apposito rullino, il tessuto in fibra di carbonio non deve essere più mosso.

#### 49.4.h Particolari costruttivi

Durante la posa in opera di sistemi con polimerizzazione in situ, è importante rispettare l'allineamento delle fibre previsto in progetto ed evitare ondulazioni delle stesse.

Nei casi di applicazione di fibre di carbonio che potrebbero venire a diretto contatto con parti di acciaio, è opportuno prevedere strati di materiale isolante in grado di evitare l'innesco di corrosione galvanica.

In vista di prove di controllo semi-distruttive da eseguirsi successivamente, è buona norma prevedere zone aggiuntive di rinforzo ("testimoni") in parti della struttura opportunamente selezionate. Tali zone devono presentare un'estensione minima di 0.10-0.15 m<sup>2</sup>, comunque non inferiore allo 0.5% dell'area totale del rinforzo. I fazzoletti vanno realizzati all'atto del rinforzo, con gli stessi materiali e con le medesime modalità previste per il rinforzo principale, in zone in cui la rimozione del rinforzo non comporti alterazione dei meccanismi di collasso. I fazzoletti devono inoltre essere esposti alle stesse condizioni ambientali del rinforzo principale e devono essere distribuiti in maniera omogenea.

### 49.5 CONTROLLO DELL'ESECUZIONE

Al termine dell'esecuzione dell'intervento di rinforzo, è necessario procedere all'esecuzione di prove sperimentali per verificare il livello di qualità dell'applicazione del materiale composito ed eventualmente monitorare nel tempo il funzionamento del rinforzo. La progettazione del tipo e del numero di prove da eseguire, di tipo non distruttivo o parzialmente distruttivo, deve essere commisurata all'importanza dell'applicazione, valutando diversi aspetti legati all'importanza della struttura oggetto di rinforzo e alla complessità dell'intervento (esempio: infrastruttura strategica ai fini di protezione civile durante gli eventi sismici). Per contro, la verifica può essere solo visiva o per "battitura" (coin tipping) se l'intervento è di estensione molto ridotta in rapporto alle dimensioni della struttura e se riguarda elementi strutturali secondari (ad esempio solai) piuttosto che primari (ad esempio travi e pilastri in c.a.). Un aspetto non secondario da tenere in considerazione è la valenza storica e culturale della struttura da rinforzare, specialmente nel caso di murature.

#### 49.5.a Prove semi-distruttive

Le prove semi-distruttive (prove di strappo normale, prove di strappo a taglio) mirano alla caratterizzazione meccanica del sistema supporto-composito che si viene a creare con l'applicazione del rinforzo. Per ogni applicazione andrebbe eseguita una prova ogni 5 m<sup>2</sup> di intervento, con un minimo di 2 prove. Le prove semi-distruttive vanno eseguite sulle applicazioni di composito appositamente predisposte (testimoni) e, se possibile, anche in zone non critiche del rinforzo vero e proprio.

Le prove di strappo normale, utili per l'accertamento delle proprietà del supporto oggetto del rinforzo, sono eseguite utilizzando piastre circolari di acciaio di spessore 20 mm e con diametro non inferiore a 40 mm. Nel caso di rinforzi applicati su elementi strutturali realizzati in c.a., il diametro della piastra di acciaio deve essere pari ad almeno 3 volte la dimensione caratteristica dell'inerte del calcestruzzo.

Per l'esecuzione delle prove il rinforzo deve essere tagliato attorno al bordo della piastra, utilizzando una carotatrice o una fresa cilindrica retta ad alta velocità di rotazione (almeno 2500 giri/min), avendo cura di non surriscaldare il composito e di incidere per un paio di millimetri di profondità anche il materiale di supporto (larghezza massima dell'incisione: 3mm). La qualità del rinforzo può ritenersi accettabile se la crisi del sistema è localizzata prevalentemente al di sotto della superficie di interfaccia composito/substrato (peeling profondo del supporto) e, inoltre, se almeno l'80%

delle prove fornisce una tensione di picco allo strappo superiore ai seguenti limiti: 0.9 ÷ 1.2 MPa nel caso di applicazioni su calcestruzzo, 10% della resistenza a compressione del materiale di supporto nel caso di applicazioni su muratura. Lo schema di prova a strappo normale è riportato in Figura 60.

Su lamine pultrose la prova di strappo normale è difficilmente applicabile, a causa della scarsa resistenza nelle direzioni ortogonali alle fibre (vedi Figura 61).

Le prove di strappo a taglio, particolarmente significative per l'accertamento della qualità dell'incollaggio, si eseguono solo se è possibile tirare porzioni del rinforzo in materiale composito nel proprio piano. Per eseguire una prova, quindi, in corrispondenza di uno spigolo si lascia una porzione di materiale composito staccato dal substrato. La qualità del rinforzo può ritenersi accettabile se almeno l'80% delle prove fornisce una tensione di picco allo strappo superiore ai seguenti limiti: 24 kN nel caso di applicazioni su calcestruzzo; 5% della resistenza a compressione del materiale di supporto nel caso di applicazioni su muratura.

#### 49.5.b Prove non distruttive

Le prove non distruttive (prove di tipo acustico stimolato, prove ultrasoniche, prove termografiche, prove in emissione acustica) mirano alla caratterizzazione dell'omogeneità dell'applicazione a partire da adeguate mappature bidimensionali della superficie rinforzata. La risoluzione delle mappature, ossia il loro dettaglio, è variabile principalmente in funzione del maggiore o minore trasferimento di tensioni di

taglio all'interfaccia, variando quindi per tipologia di rinforzo o nel passare da una zona all'altra della stessa applicazione. A mappature più fitte corrispondono, logicamente, delle zone più delicate dal punto di vista del funzionamento del rinforzo, per cui in questi punti il controllo dovrebbe essere obbligatorio e la precisione degli strumenti dovrebbe essere tale da risalire a difetti di dimensioni inferiori.

Le prove di tipo acustico stimolato, analogamente alla tipologia di prova "impact-echo", si fondano sul diverso comportamento oscillatorio dello strato di composito in presenza o in assenza di perfetta aderenza con il supporto sottostante. La versione più semplice di una prova di questo tipo può essere eseguita percuotendo la superficie del composito con un'asta rigida e ascoltando il rumore che si ottiene. In questo modo, con un po' di esperienza, si riesce spesso ad avere un'interpretazione grossolana ma sufficientemente corretta della qualità dell'esecuzione. Logicamente per ottenere dei risultati più oggettivi e meno aleatori si può far riferimento a sistemi di rilevazione acustica automatizzati.

Le prove ultrasoniche ad alta frequenza, impiegate da tempo nella caratterizzazione della omogeneità delle strutture murarie, utilizzano la tecnica basata sulla variazione dell'ampiezza del primo picco per la localizzazione dei difetti.

Le prove devono essere condotte utilizzando sonde con diametro non superiore a 25 mm, impiegando metodologie in riflessione con frequenze superiori a 1.5 MHz per le applicazioni su calcestruzzo, superiori a 1.0 MHz per le applicazioni su muratura. Le prove termografiche risultano efficaci solamente in presenza di materiali di rinforzo caratterizzati da bassa conducibilità termica. Queste prove generalmente non sono applicabili a rinforzi eseguiti con fibre di carbonio o con fibre metalliche, a meno che non vengano utilizzati sistemi particolarmente raffinati che ne garantiscano una sensibilità adeguata. Un limite all'esecuzione di queste prove consiste nell'assicurarsi che il riscaldamento impartito nel corso della prova non danneggi il rinforzo, provocando temperature troppo vicine a quella di transizione vetrosa della matrice polimerica del composito.

Le prove in emissione acustica (EA) si basano su una tecnica che consente di cogliere e seguire il verificarsi e l'evolversi di un fenomeno di danno all'interno di un elemento strutturale soggetto a carico. Le prove consistono nel monitoraggio continuo dei rumori generati dalla formazione di fessurazioni o da fenomeni di distacco, i quali si propagano nel mezzo come onde elastiche.

Queste prove rientrano tra i metodi di controllo e monitoraggio passivi, che si attivano in funzione delle condizioni presenti negli elementi strutturali in fase di esercizio. Questa tecnica è particolarmente adatta per rilevare difetti dell'applicazione del composito al materiale di supporto, sia questo c.a. o muratura, e per rilevare l'inizio del distacco dalla struttura medesima.

#### 49.5.c Monitoraggio degli interventi di rinforzo

La disponibilità di dati relativi al comportamento a lungo termine dei materiali compositi applicati in edilizia è relativamente modesta.

Per questo motivo, in situazioni di particolare rilevanza (con riferimento alla destinazione d'uso dell'edificio e/o del manufatto sul quale si è intervenuti, al numero di elementi rinforzati e all'entità degli incrementi di resistenza conseguiti), è bene prevedere un'adeguata attività di monitoraggio delle applicazioni mediante l'esecuzione periodica di prove non distruttive ed eventualmente semi-distruttive. Per le tipologie di prova di possibile utilizzo si rimanda a quanto già illustrato precedentemente per il controllo dell'esecuzione al termine dell'applicazione del rinforzo in composito. Il monitoraggio degli interventi può essere altresì eseguito anche per mezzo di appositi sensori incorporati nel sistema di rinforzo o nel supporto.

Scopo del monitoraggio è tenere sotto controllo alcuni dei parametri che possono influire in maniera determinante sul corretto funzionamento in esercizio e sulla durabilità dell'intervento di rinforzo. Tra i principali parametri che è possibile tenere sotto controllo nel tempo, vale la pena ricordare la temperatura del rinforzo, l'umidità dell'ambiente, l'andamento di spostamenti e deformazioni, la continuità ed il grado di danneggiamento delle fibre, l'estensione di difetti e di distacchi dell'applicazione.

### NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

**Art. 50 RINFORZO CON RETE IN FIBRE DI VETRO****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

Deve essere realizzata con elementi in fibra di vetro alcalino resistente, dello spessore medio di 3 mm, pretensionata e impregnata con resina poliestere termoindurente, con maglia quadrata da 33x33, 66x66 o 99x99 mm, completa degli elementi di rinforzo d'angolo e di connessione e con le seguenti caratteristiche tecniche:

- diametro filamenti 19-24  $\mu\text{m}$ ;
- rapporto in peso fibra/resina 50/50%;
- resistenza a trazione su un foglio da 1,00 m 7028-21084 daN/m;
- resistenza a strappo del nodo 102 daN/m;
- coefficiente di dilatazione termica 6-7x10-6 cm/cm°C;
- conduttività termica 0,25 Kcal/mh°C;
- peso specifico 2,1 kg;
- peso 260-800 gr/mq;
- allungamento a rottura 3%;
- temperatura di distorsione termica 100 °C.

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Deve essere realizzato con materiale composito polimero fibrorinforzato (F.R.P.) costituito da rete a maglia quadrato 66x66 mm tipo FB MESH 66x66T96 di Fibre Net o equivalente prodotta con tecnologia Texstrusion, costituita da fibra di vetro alcalino resistente con contenuto in zirconio superiore al 16% e resina termoindurente di tipo vinilestere-epossidico, tessitura con ordito a torcitura multipla e trama piatta inserita fra le fibre di ordito, avente 15 barre /metro e modulo elastico a trazione medio di 23000/Nmmq, completa degli elementi di rinforzo d'angolo e di connessione e con le seguenti caratteristiche tecniche:

- |  |                       |
|--|-----------------------|
| - diametro filamenti                           | 19-24 $\mu\text{m}$ ; |
| - rapporto in peso fibra/resina                | 50/50%;               |
| - resistenza a trazione su un foglio da 1,00 m | 7028-21084 daN/m;     |
| - resistenza a strappo del nodo                | 102 daN/m;            |
| - coefficiente di dilatazione termica          | 6-7x10-6 cm/cm°C;     |
| - conduttività termica                         | 0,25 Kcal/mh°C;       |
| - peso specifico                               | 2,1 kg;               |
| - peso   | 260-800 gr/mq;        |
| - allungamento a rottura                       | 3%;                   |
| - temperatura di distorsione termica           | 100 °C.               |

L'applicazione della rete dovrà essere eseguita nel rigoroso rispetto delle specifiche fornite dal produttore nelle schede tecniche della linea di specifica di prodotti.

L'Appaltatore deve garantire la corretta applicazione dei rinforzi secondo le specifiche del produttore.

La lavorazione dovrà prevedere:

- pulizia del supporto con bagnatura della superficie a saturazione;
- applicazione di un primo rinzafo di malta al paramento murario per consentire il fissaggio della rete;
- fornitura e posa in opera della rete con sovrapposizione di minimo 20 cm compreso fissaggio provvisorio alla muratura con chiodi.
- La rete dovrà avere le seguenti caratteristiche: spessore medio 3 mm, sezione della singola barra 10 mmq, area nominale delle fibre 3.8 mmq, dimensione della maglia 66x66 mm, nr. barre/m 15, resistenza a trazione della singola barra 3.5 KN, allungamento a rottura 3%, densità resina g/cmc 1.1, temperatura di distorsione termica Tg 120 °C, rapporto in peso fibra/resina % 65/35, assenza di difetti se sottoposta a raggi UV ed a calore, freddo ed umidità, colore ral 6018;
- taglio della rete secondo la conformazione della muratura e delle aperture presenti;
- fornitura e posa in opera di pezzi speciali da collocare in corrispondenza di angoli;
- esecuzione di fori passanti la muratura, del diametro di 24-25 mm per consentire la posa in opera dei connettori passanti nel numero di 4-5 mq;
- fornitura e posa in opera di connettori in F.R.P. adeguatamente risvoltato con risarcitura dei fori mediante la fornitura e la posa in opera di malta antiritiro o similare, con ausilio di fazzoletto di distribuzione dei carichi;
- fornitura e posa in opera di intonaco del tipo a base cementizia e calce di tipo civile.

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 51 RINFORZO STRUTTURALE FRM****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI****51.1 RETE IN FIBRA DI PBO BIDIREZIONALE A MATRICE INORGANICA ECOCOMPATIBILE**

Fornitura e posa in opera di un sistema di rinforzo strutturale FRM costituito da una rete bidirezionale in fibra di PBO (del tipo RUREGOLD XP Calcestruzzo della Ruredil o similari) e da una matrice inorganica ecocompatibile (del tipo RUREGOLD MX Calcestruzzo della Ruredil o similari) da utilizzare per incrementare la resistenza a flessione semplice, taglio e pressoflessione di pilastri e travi, aumentare la duttilità nelle parti terminali di travi e pilastri, aumentare la resistenza dei nodi travi pilastro, incrementare la duttilità nell'elemento strutturale rinforzato, aumentare la capacità di dissipazione dell'energia ed elevata affidabilità del sistema, anche se sottoposto a sovraccarichi di tipo ciclico. Il sistema FRM è conforme al DT n. 200/2004 e DT n. 200 R1/2013.

La matrice (del tipo Ruregold MX Calcestruzzo della Ruredil o similari) conforme alla norma UNI EN 1504-3 dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- resistenza a compressione: 40 MPa
- resistenza a flessione: 4.0 MPa
- modulo elastico a 28 giorni: 12.500 MPa

La rete in fibra di PBO (del tipo RUREGOLD XP Calcestruzzo della Ruredil o similari) conforme al DT n. 200/2004 e DT n. 200 R1/2013 avrà le seguenti caratteristiche:

- densità (g/cm<sup>3</sup>): 1.56
- resistenza a trazione (GPa): 5.8
- modulo elastico (GPa): 270
- allungamento a rottura (%): 2.15
- peso della fibra di PBO nella rete: 88 g/m<sup>2</sup>
- spessore equivalente di tessuto secco - in ordito: 0.0455 mm. - in trama: 0.0115 mm.
- carico massimo per unità di larghezza - ordito : 264.0 kN/m - trama : 66.5 kN/m

Il sistema FRM dovrà avere classificazione di reazione al fuoco, secondo UNI EN 13501-1: A2 - s1, d0.

Inoltre il sistema FRM dovrà essere sottoposto a prove di durabilità conformemente a quanto prescritto dalla AC 434. In particolare:

- cicli di gelo e disgelo secondo ASTM D 2247-11
- immersione in acqua di mare (1000 e 3000 ore)
- immersione in soluzione alcalina a 37°C (1000 e 3000 ore)

La resistenza a trazione dei provini trattati nelle condizioni sopra descritte, dovrà essere almeno pari all'85% di quella dei provini mantenuti in condizioni standard nel caso di esposizione per 1000 ore; e non inferiore all'80% di quella dei provini mantenuti in condizioni standard nel caso di esposizione per 3000 ore.

Il sistema dovrà essere posto in opera secondo le seguenti fasi e metodologie:

- Previa preparazione e pulizia del supporto, applicazione di una specifica malta inorganica (del tipo Ruregold MX Calcestruzzo della Ruredil o similari) per circa 3-4 mm;
- Annegare in rapida successione con la malta ancora fresca la rete in fibra di PBO (del tipo RUREGOLD XP Calcestruzzo della Ruredil o similari);
- Ricoprire il tutto con un'altra mano di malta inorganica (del tipo Ruregold MX Calcestruzzo della Ruredil o similari) per circa 3-4 mm;
- La rete deve essere stesa con cura esercitando una certa pressione al fine di permettere alla malta sottostante di penetrare attraverso la maglia;
- Nei punti di giunzione si prevede una sovrapposizione non inferiore a 20 cm.

**51.2 CONNESSIONE CON FIBRE DI PBO UNIDIREZIONALE IN MATRICE INORGANICA ECOCOMPATIBILE**

Fornitura e posa in opera di un sistema di connessione strutturale FRM costituito da fibre di PBO unidirezionali (del tipo RUREGOLD JX Joint 3.0 della Ruredil o similari) e da una matrice inorganica stabilizzata (del tipo RUREGOLD MJ Joint della Ruredil o similari) ecocompatibile per la realizzazione di connessioni d'aggancio fra le strutture esistenti e/o i sistemi di rinforzo strutturali di tipo FRM (del tipo RUREGOLD Calcestruzzo della Ruredil o similari) e realizzare, laddove richiesto, la continuità necessaria del rinforzo. Il sistema FRM dovrà essere conforme al DT n. 200/2004 e DT n. 200 R1/2013.

La matrice inorganica stabilizzata (del tipo Ruregold MJ Joint della Ruredil o similari) dovrà avere;

- resistenza a compressione: 40MPa;
- resistenza a flessione: 3.0MPa;
- modulo elastico a 28 giorni: 18.500MPa

Il connettore in fibra di PBO (del tipo RUREGOLD JX Joint 3.0 della Ruredil o similari):

- Densità (g/cm<sup>3</sup>): 1,56
- Resistenza a trazione (GPa): 5,8
- Modulo elastico (GPa): 270
- Allungamento a rottura (%): 2,15

- Diametro: 3 mm
- Tensione di rottura a trazione:  $\geq 1500\text{MPa}$
- Dilatazione per delaminazione per muratura: 5‰

Il sistema FRCC dovrà avere classificazione di reazione al fuoco, secondo UNI EN 13501-1: A2 – s1,d0.

Il sistema dovrà essere posto in opera secondo le seguenti fasi e metodologie:

- preparazione e pulizia del supporto;
- perforazione del muro;
- pulizia e umidificazione del foro;
- inghisaggio mediante l'applicazione di una specifica matrice inorganica (del tipo Ruregold Mj Joint della Ruredil o similari);
- sfioccatura sul rinforzo asciutto FRCC (del tipo RUREGOLD Calcestruzzo della Ruredil o similari) del connettore (del tipo RUREGOLD JX Joint della Ruredil o similari);
- ricoprimento del connettore in PBO (del tipo RUREGOLD JX Joint 3.0 della Ruredil o similari) con un'altra mano di malta inorganica (del tipo Ruregold Mj Joint della Ruredil o similari).

### 51.3 FINITURA A INTONACO

L'opera è ad integrazione della voce sistemi di rinforzo strutturali e riguarda il trattamento superficiale delle resine di rinforzo strutturali, al fine di ottenere una finitura di identica fattura degli impasti originali contermini realizzati ad imitazione e stuccatura dei blocchi in pietra. L'esecuzione sarà fatta mediante preconsolidamento delle superfici apprettate dei rinforzi strutturali con resina acrilica al 10%, successiva stesura di ponte di aderenza aggrappante - Rasante a base di calce idraulica naturale FENIX conforme alla UNI EN 459-1, classificata NHL 5 e soggetta a marcatura CE secondo la normativa vigente tipo Tassullo TA02 o similari, caratterizzato da un basso contenuto di sali idrosolubili ed elevata traspirabilità, di granulometria massima pari a 2 mm, resistenza alla diffusione del vapore (D) pari a 11, adesione a cls maggiore di 0.6 N/mm<sup>2</sup>, pH > 10.5, classe A1 di reazione al fuoco, da utilizzarsi come aggrappante su supporti a superficie liscia o poco assorbente e/o come rasatura su calcestruzzo, solai a lastra, pannelli calcio-silicei o legno-magnesiacci, intonaci a base di leganti idraulici sia nuovi che esistenti, sia omogenei che soggetti a ripristini con materiali diversi, sia integri che con cavillature, purché consistenti e aderenti al supporto, e nei casi dove si renda necessario rasare una superficie costituita da intonaci sconnessi di diversa natura e invecchiamento, superfici eterogenee e sconnesse o a basso assorbimento d'acqua. Successive applicazioni andranno eseguite a 24/48 ore dal trattamento aggrappante/ rasante. Seconda stesura di ponte di aderenza aggrappante - Rasante a base di calce idraulica naturale FENIX conforme alla UNI EN 459-1, classificata NHL 5 e soggetta a marcatura CE secondo la normativa vigente tipo Tassullo TA02, caratterizzato da un basso contenuto di sali idrosolubili ed elevata traspirabilità, di granulometria massima pari a 2 mm, resistenza alla diffusione del vapore (D) pari a 11, adesione a cls maggiore di 0.6 N/mm<sup>2</sup>, pH > 10.5, classe A1 di reazione al fuoco, da utilizzarsi come aggrappante su supporti a superficie liscia o poco assorbente e/o come rasatura su calcestruzzo, solai a lastra, pannelli calcio-silicei o legno-magnesiacci, intonaci a base di leganti idraulici sia nuovi che esistenti, sia omogenei che soggetti a ripristini con materiali diversi, sia integri che con cavillature, purché consistenti e aderenti al supporto, e nei casi dove si renda necessario rasare una superficie costituita da intonaci sconnessi di diversa natura e invecchiamento, superfici eterogenee e sconnesse o a basso assorbimento d'acqua. Successive applicazioni andranno eseguite a 24/48 ore dal trattamento aggrappante/ rasante. Finitura con rasatura a base di calce idraulica naturale conforme alla UNI EN 459-1, classificata NHL 5 e soggetta a marcatura CE secondo la normativa vigente tipo Tassullo TA00, a basso contenuto di sali idrosolubili ed elevata traspirabilità, da utilizzare come rasatura su calcestruzzo, solai a lastra, pannelli calcio-silicei o legno-magnesiacci, cartongesso, intonaci a base di leganti idraulici sia nuovi che esistenti, sia omogenei che soggetti a ripristini con materiali diversi, sia integri che con fessurazioni, purché consistenti e aderenti al supporto, e nei casi dove si renda necessario rasare una superficie costituita da intonaci sconnessi di diversa natura e invecchiamento o a basso assorbimento d'acqua, di granulometria massima pari a 0,5 mm, resistenza alla diffusione del vapore ( $\mu$ ) pari a 11, adesione a cls maggiore di 0.6 N/mm<sup>2</sup>, pH > 10.5, classe A1 di reazione al fuoco, compatibile dopo 24/48 ore a qualsiasi finitura civile in pasta o in polvere o pittura.

#### NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

**Art. 52 RINFORZO STRUTTURALE CON SISTEMA RETICOLA**

Sistema di ristilatura armata dei giunti che si compone di trefoli, connettori passanti o non passanti ed accessori in acciaio inox, malta per ristilatura a base calce cemento o a base calce idraulica NHL.

Si utilizza per il miglioramento delle caratteristiche meccaniche delle murature da mantenere a vista senza compromettere l'aspetto estetico del manufatto.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****52.1 TREFOLO**

Trefolo in acciaio inossidabile AISI 316 a 49 fili.

Diametro nominale del trefolo	Ø 3 mm	Ø 5 mm
Sezione del trefolo	4,19 mm <sup>2</sup>	11,64 mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione caratteristiche	≥ 1200 MPa	≥ 1200 MPa
Modulo elastico a trazione medio	≥ 80 GPa	≥ 110 GPa

**52.2 CONNETTORE NON PASSANTE**

Connettore filettato in acciaio inox AISI 316 con anello o dado e rostro. Diametro 7 mm.

Lunghezza	200 / 400 / 600 / 1000	200 / 400 / 600 / 1000
Sezione del connettore	38,5 mm <sup>2</sup>	38,5 mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione caratteristiche	1084 MPa	1084 MPa
Modulo elastico a trazione medio	189,4 GPa	189,4 GPa
Caratteristiche	con anello	con dado e rostro

**52.3 CONNETTORE PASSANTE**

Connettore passante, filettato in acciaio inox AISI 316 con anello, dado e rostro. Diametro 7 mm.

Lunghezza	300 / 450 / 650 / 750 / 850 / 950
Sezione del connettore	38,5 mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione caratteristiche	1084 MPa
Modulo elastico a trazione medio	189,4 GPa
Caratteristiche	con anello e rostro + dado

**52.4 MALTA**

Malta a base di calce idraulica naturale.

Resistenza a compressione (MPa)	≥ 5	≥ 10
Modulo elastico (GPa)	≤ 7	≤ 8
Classe e tipologia	IV - GP	IV - GP
Resistenza a compressione - 28 giorni (MPa)	≥ 5	≥ 10
Resistenza a flessione - 28 giorni (MPa)	≥ 1	≥ 1,5
Adesione al supporto in laterizio (MPa)	≥ 0,5	≥ 0,5
Adesione al supporto in cls (MPa)	≥ 0,5	≥ 1

**52.5 MALTA FIBRORINFORZATA**

Malta strutturale a base di calce idraulica rinforzata con fibre sintetiche.

Consumo medio	14 kg/m <sup>2</sup> per ogni cm di spessore applicato
Acqua d'impasto	18 % (4,5 litri per sacco da 25 kg)
Granulometria	≤ 1,5 mm
Spessore minimo per strato	10 mm
Spessore massimo per strato	30 mm
Temperatura di applicazione	+ 5 °C / + 35 °C

**MALTA TIPO M5**

Classe e tipologia	CS III - GP	EN 998-1
	M5	EN 998-2
Aspetto	Polvere	Metodo interno
Colore	Biancastro	
Massa volumica apparente	1,40 ± 0,1 kg/L	
Massa volumica apparente dell'impasto	1,80 ± 0,1 kg/L	EN 1015-6
Temperatura di esercizio	-30 °C / +90 °C	
Applicazione	Meccanica/Manuale	
Assorbimento d'acqua per capillarità	W1 (≤ 0,4) Kg/m <sup>2</sup> ·h <sup>0,5</sup>	EN 1015-18
Permeabilità al vapore acqueo	15 / 35	EN 1015-19
Resistenza alla compressione - 28 giorni	≥ 5 MPa	EN 1015-11
Resistenza alla flessione - 28 giorni	≥ 1,0 MPa	EN 1015-11
Adesione al supporto in laterizio	≥ 0,5 MPa (FP: A)	EN 1015-12
Adesione al supporto in cls	≥ 0,5 MPa (FP: A)	EN 1015-12
Modulo elastico a compressione	≤ 7 GPa	EN 13412
Contenuto in cloruri	≤ 0,05 %	EN 1015-17
Conducibilità termica λ <sub>125K</sub> (P = 50 %)	0,67 W/m·K	EN 1745
Euroclasse di reazione al fuoco	A1	EN 13501-1

**MALTA TIPO M10**

Proprietà	Valore	Metodo di prova
Classe e tipologia	CS IV - GP	EN 998-1
	M10	EN 998-2
Aspetto	Polvere	Metodo interno
Colore	Biancastro	
Massa volumica apparente	1,40 ± 0,1 kg/L	
Massa volumica apparente dell'impasto	1,80 ± 0,1 kg/L	EN 1015-6
Temperatura di esercizio	-30 °C / +90 °C	
Applicazione	Meccanica/Manuale	
Assorbimento d'acqua per capillarità	≤ 0,4 Kg/m <sup>2</sup> · h <sup>0,5</sup>	EN 1015-18
Permeabilità al vapore acqueo	15 / 35	EN 1015-19
Resistenza alla compressione - 28 giorni	≥ 10 MPa	EN 1015-11
Resistenza alla flessione - 28 giorni	≥ 1,5 MPa	EN 1015-11
Adesione al supporto in laterizio	≥ 0,5 MPa (FP: A)	EN 1015-12
Adesione al supporto in cls	≥ 1,0 MPa (FP: A)	EN 1015-12
Modulo elastico a compressione	≤ 8 GPa	EN 13412
Contenuto in cloruri	≤ 0,05 %	EN 1015-17
Conducibilità termica $\lambda_{10dy}$ (P = 50 %)	0,83 W/m · K	EN 1745
Euroclasse di reazione al fuoco	A1	EN 13501-1

## MALTA TIPO M15

Proprietà	Valore	Metodo di prova
Classe e tipologia	CS IV - GP	EN 998-1
	M15	EN 998-2
Aspetto	Polvere	Metodo interno
Colore	Biancastro	
Massa volumica apparente	1,40 ± 0,1 kg/L	
Massa volumica apparente dell'impasto	1,80 ± 0,1 kg/L	EN 1015-6
Temperatura di esercizio	-30 °C / +90 °C	
Applicazione	Meccanica/Manuale	
Assorbimento d'acqua per capillarità	W1 (≤ 0,4) Kg/m <sup>2</sup> · h <sup>0,5</sup>	EN 1015-18
Permeabilità al vapore acqueo	15 / 35	EN 1015-19
Resistenza alla compressione - 28 giorni	≥ 15 MPa	EN 1015-11
Resistenza alla flessione - 28 giorni	≥ 4,0 MPa	EN 1015-11
Adesione al supporto in laterizio	≥ 0,5 MPa (FP: A)	EN 1015-12
Adesione al supporto in cls	≥ 1,0 MPa (FP: A)	EN 1015-12
Modulo elastico a compressione	≤ 10 GPa	EN 13412
Contenuto in cloruri	≤ 0,05 %	EN 1015-17
Conducibilità termica $\lambda_{10dy}$ (P = 50 %)	0,83 W/m · K	EN 1745
Euroclasse di reazione al fuoco	A1	EN 13501-1

**52.6 ACCESSORI**

Componenti in acciaio inox cl. A2 o superiori.

**ROSTRO**

Ingombro massimo 23x20x16 mm

Spessore 2 mm

Dimensioni foro 8,5 mm

MORSETTO PER TREFOLO Ø3 mm  
Ingombro massimo 19x10x18 mm

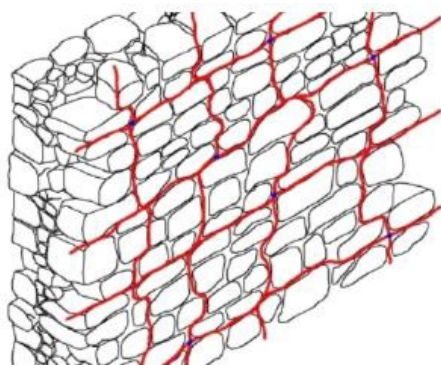
MORSETTO PER TREFOLO Ø5 mm  
Ingombro massimo 25x24x10 mm

DADO M8  
Altezza 6,5 mm

ANGOLARE  
Ingombro massimo 105x40 mm  
Spessore 1,5 mm

## NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

### 52.7 SISTEMA NON PASSANTE



Il rinforzo è applicato su una sola faccia e i trefoli sono disposti secondo traiettorie sub-verticali e sub-orizzontali a formare maglie approssimativamente quadrate, le cui dimensioni, normalmente comprese tra 300 e 500 mm, dipendono dalla grandezza degli elementi lapidei costituenti la muratura.

Nel caso di interventi di cerchiatura i trefoli sono disposti con un passo tale da realizzare un efficace confinamento.

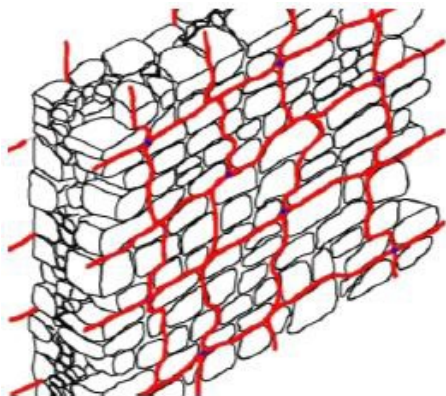
Il collegamento dei trefoli alla muratura è realizzato attraverso dei connettori trasversali in acciaio inox, di diametro e numero previsti dal progetto e disposti secondo uno schema a quinconce irregolari. I trefoli metallici vengono debitamente pretensionati in prossimità del loro capo. Il rabbocco finale di malta, che ricopre completamente sia i trefoli che i connettori, permette di conservare la finitura faccia a vista della muratura.

#### MODALITÀ DI POSA SU MURATURA IN PIETRA

1. Studio della tessitura muraria della faccia da rinforzare e determinazione dell'andamento dei trefoli in acciaio per garantire un'armatura regolare.
2. Scarnitura dei giunti di malta in profondità in base alla tipologia di muratura (circa 6 cm) e successivo lavaggio, effettuando l'operazione alcune ore prima dell'applicazione della malta.
3. Realizzazione, mediante trapano a rotazione, delle perforazioni trasversali, iniezione dei perfori con malta a ritiro compensato o resina e inserimento delle barre in acciaio inox.
4. Esecuzione di un primo rabbocco di malta nei giunti scarniti e successiva disposizione dei trefoli in acciaio inox passandoli dentro il rostro.
5. Pretensionamento dei trefoli mediante serraggio dei trefoli.
6. Realizzazione della ristilatura finale dei giunti, ricoprendo sia i trefoli che le teste delle barre trasversali.

#### MODALITÀ DI POSA SU MURATURA IN LATERIZIO

Gli interventi differiscono per le murature irregolari solamente nella modalità di realizzazione della maglia di trefoli in acciaio inox inserita nei giunti scarniti. Dovranno infatti essere disposti dei trefoli orizzontali, tipicamente ogni tre corsi di malta, collegati fra loro da coppie di trefoli verticali disposte ad una distanza di circa 80 cm l'una dall'altra.

**52.8 SISTEMA PASSANTE**

Il rinforzo è applicato su entrambe le facce e i trefoli sono disposti secondo traiettorie sub-verticali e sub-orizzontali a formare maglie approssimativamente quadrate, le cui dimensioni, normalmente comprese tra 300 e 500 mm, dipendono dalla grandezza degli elementi lapidei costituenti la muratura.

Nel caso di interventi di cerchiatura i trefoli sono disposti con un passo tale da realizzare un efficace confinamento.

Il collegamento dei trefoli alla muratura è realizzato attraverso dei connettori trasversali in acciaio inox, di diametro e numero previsti dal progetto e disposti secondo uno schema a quinconce irregolari. I trefoli metallici vengono debitamente pretensionati in prossimità del loro capo. Il rabbocco finale di malta, che ricopre completamente sia i trefoli che i connettori, permette di conservare la finitura faccia a vista della muratura.

**MODALITÀ DI POSA SU MURATURA IN PIETRA CON CONNESSIONI PASSANTI**

1. Studio della tessitura muraria su entrambe le facce e determinazione dell'andamento dei trefoli in acciaio per ottenere un'armatura regolare.
2. Scarnitura dei giunti di malta in profondità in base alla tipologia di muratura (circa 6 cm) e successivo lavaggio, effettuando l'operazione alcune ore prima dell'applicazione della malta.
3. Realizzazione, mediante trapano a rotazione, delle perforazioni trasversali passanti e inserimento degli elementi trasversali di connessione in acciaio inox.
4. Esecuzione di un primo rabbocco di malta nei giunti scarniti su un lato e successiva disposizione dei trefoli in acciaio inox, passandoli attraverso gli anelli terminali dei connettori trasversali.
5. Tiro manuale dei connettori sul lato opposto a quello su cui sono stati disposti i trefoli di acciaio, in modo da applicare una leggera tensione a questi ultimi.
6. Inserimento degli elementi di fissaggio del trefolo sull'estremità libera del connettore.
7. Esecuzione di un primo rabbocco di malta nei giunti scarniti sull'altra faccia della muratura e disposizione dei trefoli in acciaio inox, passandoli all'interno degli elementi di fissaggio. Tensionamento dei trefoli.
8. Esecuzione della ristilatura finale dei giunti in modo da ricoprire completamente sia i trefoli che le teste dei connettori.

**MODALITÀ DI POSA SU MURATURA IN PIETRA CON CONNESSIONI NON PASSANTI**

1. Studio della tessitura muraria su entrambe le facce e determinazione dell'andamento dei trefoli in acciaio per ottenere un'armatura regolare.
2. Scarnitura dei giunti di malta in profondità in base alla tipologia di muratura e successivo lavaggio, effettuando l'operazione alcune ore prima dell'applicazione della malta.
3. Realizzazione, mediante trapano a rotazione, delle perforazioni trasversali non passanti, iniezione dei perfori con malta a ritiro compensato o resina e inserimento delle barre in acciaio inox.
4. Esecuzione di un primo rabbocco di malta nei giunti scarniti e successiva disposizione dei trefoli in acciaio inox passandoli dentro il rostro.
5. Pretensionamento dei trefoli mediante serraggio dei trefoli.
6. Inserimento degli elementi di fissaggio del trefolo sull'estremità libera del connettore.
7. Realizzazione della ristilatura finale dei giunti, ricoprendo sia i trefoli che le teste delle barre trasversali.

**MODALITÀ DI POSA SU MURATURA IN LATERIZIO**

Gli interventi differiscono per le murature irregolari solamente nella modalità di realizzazione della maglia di trefoli in acciaio inox inserita nei giunti scarniti. Dovranno infatti essere disposti dei trefoli orizzontali, tipicamente ogni tre corsi di malta, collegati fra loro da coppie di trefoli verticali disposte ad una distanza di circa 80 cm l'una dall'altra.

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

Valutato a metro quadrato di superficie trattata.

**Art. 53 TUBAZIONI E POZZETTI PREFABBRICATI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

Le disposizioni seguenti si riferiscono ai manufatti e dispositivi prefabbricati in conglomerato cementizio semplice, armato o unito a parti di ghisa, che non siano oggetto di una specifica regolamentazione. In presenza di apposite disposizioni di Legge o di Regolamento, le norme seguenti debbono intendersi integrative e non sostitutive.

**53.1 TUBAZIONI**

Tutte le tubazioni dovranno rispondere alle norme fissate dalla Legge n. 64 del 212/1974 e richiamate nel Decreto emesso dal Ministro dei Lavori Pubblici di concerto con il Ministero dell'Interno del 12/12/1985 pubblicato nella G.U. n. 61 del 14/03/1986 e successive modificazioni e integrazioni, quando non siano meno restrittive delle norme fissate nel presente Capitolato.

**Caratteristiche costruttive**

Non vengono dettate prescrizioni particolari per quanto attiene al tipo degli inerti, alla qualità e alle dosi di cemento adoperato, al rapporto acqua cemento, alle modalità d'impasto e di getto. Il Fabbricante prenderà di sua iniziativa le misure atte a garantire che il prodotto risponda alle prescrizioni di qualità più avanti indicate.

All'accertamento di tale rispondenza si dovrà procedere prima dell'inizio della fabbricazione dei manufatti e tutte le volte che nel corso della stessa vengano modificate le caratteristiche degli impasti. Nei prefabbricati in conglomerato cementizio armato, i ferri devono essere coperti da almeno 15 mm di calcestruzzo.

I prefabbricati anche quelli uniti a parti in ghisa, non possono essere trasportati prima d'aver raggiunto un sufficiente indurimento.

Canalizzazioni conglomerato cementizio semplice		Canalizzazioni conglomerato cementizio armato		Canalizzazioni in grès	
Sezione	Aggiunta d'acqua l./m <sup>2</sup> di sup bagnata	Sezione	Aggiunta d'acqua l./m <sup>2</sup> di sup utile	Sezione	Aggiunta d'acqua l./m <sup>2</sup> di sup utile
circolare		circolare		circolare	
10 - 25 cm	0.40	10 - 25 cm	0.20	1'-150 cm	0.20
30 - 60 cm	0.30	30 - 60 cm	0.15		
70 - 100 cm	0.25	70 - 100 cm	0.13		
oltre 100 cm	0.20	oltre 100 cm	0.10		
ovoidale		ovoidale			
30 - 45 cm	0.30	30 - 45 cm	0.15		
50 - 75 cm		50 - 75 cm			
60 - 90 cm	0.25	60 - 90 cm	0.13		
60 - 90 cm		80 - 120 cm			
90 - 135 cm	0.20	90 - 135 cm	0.10		
120 - 180 cm		120 - 180 cm			

Il conglomerato cementizio impiegato nella confezione dei prefabbricati dovrà presentare, dopo una maturazione di 28 giorni, una resistenza caratteristica pari a:

- 200 kg/cm<sup>2</sup>. per i manufatti da porre in opera all'esterno delle carreggiate stradali;
- 400 kg/cm<sup>2</sup> per i manufatti sollecitati da carichi stradali (parti in conglomerato di chiusini di camerette, anelli dei torrioni d'accesso, pezzi di copertura dei pozzetti per la raccolta delle acque stradali, ecc.).

Gli elementi prefabbricati debbono essere impermeabili all'acqua, qualora tuttavia l'impermeabilità a pressioni superiori a 0,1 atm. non venga assicurata da un intonaco impermeabile o da analogo strato, si procederà alla prova secondo le norme stabilite per i tubi in conglomerato cementizio semplice. Gli elementi prefabbricati non devono presentare alcun danneggiamento che ne diminuisca la possibilità d'impiego, la resistenza o la durata.

**Prove****Prova di resistenza meccanica**

La prova di resistenza alla compressione dovrà essere eseguita secondo le disposizioni del D.M. 30-5-1972, su provini formati contemporaneamente alla fabbricazione dei pezzi di serie. In casi particolari potranno tuttavia essere usati anche cubetti ricavati dai prefabbricati o da loro frammenti.

- Prova di impermeabilità (a pressioni inferiori a 0,1 atm.).
- Prova su elementi interi.

Dovrà essere eseguita su tre pezzi da collocare diritti e riempiti d'acqua. Se i pezzi non hanno fondo, si dovrà curare l'impermeabilità del piano d'appoggio e la sua sigillatura con il campione in esame. Si deve operare ad una temperatura compresa tra 10° e 20°C, assicurando

una sufficiente protezione dalle radiazioni solari e dalle correnti d'aria intermittenti.

I pezzi da provare vengono riempiti d'acqua fino a 10 mm. sotto il bordo superiore; a questo livello è convenzionalmente attribuito il valore zero. Coperti i campioni; si misura dopo tre ore l'abbassamento del livello, aggiungendo nuova acqua fino all'altezza precedente (livello zero). Analogamente si procede dopo altre 8,24 e 48 ore; l'ultima lettura è effettuata 72 ore dopo il primo rabbocco.

I pezzi sottoposti alla prova sono considerati impermeabili se la media degli abbassamenti del livello liquido nei tre campioni, misurati nell'intervallo dalla ottava alla ventiquattresima ora dal 1° rabbocco, si mantiene inferiore a 40 mm.

per ogni m. di altezza di riempimento. I singoli valori di abbassamento non possono tuttavia scostarsi dalla media in misura superiore al 30%.

Qualora i valori degli abbassamenti nell'intervallo dall'8<sup>a</sup> alla 24<sup>a</sup> ora non rientrino nei suddetti limiti, assumeranno valore determinante, ai fini dell'accettazione della fornitura, la media e gli scarti degli abbassamenti nell'intervallo tra la 48 e la 72 ora dal 1° rabbocco.

La comparsa di macchie o singole gocce sulla superficie esterna dei campioni non potrà essere oggetto di contestazione, sempreché l'abbassamento dello specchio liquido si mantenga entro i limiti di accettabilità.

Prova sui frammenti

Va eseguita quando la forma del prefabbricato non consente il riempimento con acqua. Si opera su tre campioni, ricavati da punti diversi del pezzo, con dimensioni di almeno 150x150 mm. Sulla superficie interna dei campioni si applica, con perfetta sigillatura, un cilindro con diametro interno di 40 mm ed altezza di circa 550 mm.

La superficie di prova del campione è quella interna al cilindro e a contatto con l'acqua, la superficie di osservazione è quella intersecata, sull'altra faccia del campione, dal prolungamento della superficie del cilindro. Tutte le restanti superfici del campione devono essere spalmate con cera o prodotti simili. Ciò fatto, il cilindro viene riempito d'acqua fino all'altezza di 500 mm, da mantenere costante, con eventuali rabbocchi, nelle successive 72 ore. Il cilindro deve essere coperto, ma non stagno all'aria. Dopo 72 ore di tale trattamento, sulla superficie di osservazione non deve apparire nessuna goccia.

#### Collaudo

Valgono le corrispondenti norme stabilite per i tubi in conglomerato cementizio armato.

##### 53.1.a Tubazioni in fibrocemento

Dovranno essere conformi alle norme CEN 588/94, prodotti meccanicamente con miscela omogenea di cemento, aggiunta di fibre sintetiche, cellulosa ed acqua.

In nessun caso dovranno possedere elementi di asbesto. Come legante verranno utilizzati solamente cemento a norma.

Prima della consegna i tubi dovranno aver subito una maturazione di almeno 28 giorni.

Tutti gli elementi dovranno essere sottoposti internamente ed esternamente ad un processo di invetriatura con resine epossidiche atossiche, ad elevata resistenza alla abrasione e alla corrosione, esenti da solventi ed ammine aromatiche, in conformità alla circolare n. 102 del Ministero della Sanità.

La classe di resistenza delle tubazioni sarà quella indicata nell'apposita voce di Elenco Prezzi.

##### 53.1.b Tubazioni in conglomerato cementizio

I tubi in conglomerato cementizio saranno confezionati secondo le norme vigenti (DIN 4032) e ai requisiti previsti nella classe IV di resistenza della normativa CTE/ICITE/CNR, con marcazione della data di fabbricazione.

Saranno eseguiti a perfetta regola d'arte, gettati nelle forme apposite e accuratamente pressati a mano o meccanicamente ed avranno lunghezza comprese tra i m 1.00 e 3.00.

Il tubo non dovrà avere ghiaietto affiorante sia nella parte interna che in quella esterna.

I tubi dovranno avere una stagionatura di almeno giorni 30 (trenta); dovranno essere perfettamente calibrati, con gargami esattamente profilati.

Le qualità dei materiali dovranno corrispondere alle caratteristiche prescritte nella legge 5/11/1971 n. 1086 e al D.M. 17 gennaio 2018.

Saranno costruite in conglomerato cementizio turbobibrocentrifugato, con cemento pozzolanico o di alto forno "tipo 425" (nell'utilizzo per fognatura) per metro cubo di miscuglio secco di inerti (costituito da sabbia e ghiaietto, vagliati e lavati, con adatta composizione granulometrica), e dovranno essere idonei a sopportare carichi di 1° Categoria ed essere accompagnati da calcoli statici forniti dalla ditta costruttrice. Il cemento utilizzato potrà essere del tipo ed alta resistenza ai solfati se esplicitamente prescritto in Elenco Prezzi.

L'armatura in acciaio verrà calcolata per resistere agli effetti prodotti dal terreno di riempimento e dai sovraccarichi mobili, per manufatti di 1<sup>a</sup> categoria, che possono transitare sulla strada sovrastante o comunque secondo indicazioni della D.L.. Nel caso che le tubazioni siano destinate ad un uso in pressione, l'armatura in acciaio verrà calcolata per resistere anche alle pressioni nominali interne.

Le giunzioni tra tubo e tubo saranno del tipo a bicchiere con giunto a tenuta in gomma o neoprene o materiali simili. Le superfici interne dovranno risultare lisce e ben levigate senza sbavature, scabrosità o nicchie.

Per le armature metalliche valgono le stesse disposizioni dei conglomerati cementizi in ordine alla fornitura dei calcoli statici.

##### 53.1.c Tubazioni in grès e materiale in grès (pezzi speciali, mattonelle, ecc.)

I materiali in grès ceramico dovranno essere conformi alla Norma UNI EN 295. I tubi e tutti i materiali di grès ceramico dovranno essere di un impasto omogeneo, ben vetrificati, senza incrinature o difetti, senza asperità, di colore uniforme lucente. La verniciatura di vetrificazione non deve presentarsi quale strato superficiale, ma deve formare un corpo solo con la massa e non deve presentare all'occhio alcuna linea di demarcazione tra il coccio e lo smalto e nessuno spessore visibile dello smalto stesso. Le estremità per le giunzioni, tanto a maschio che a femmina, saranno munite di un giunto a base di resine poliuretatiche aventi come caratteristiche principali:

- carico di rottura a trazione 38 kg/cm<sup>2</sup>;
- allungamento a rottura 1 00%;
- carico di rottura allo strappo 14 kg/cm<sup>2</sup>.

I materiali forniti saranno esclusivamente di prima scelta, e percossi a martello, dovranno dare un suono metallico. Le giunzioni tra tubo e tubo saranno del tipo a bicchiere.

##### 53.1.d Tubazioni in acciaio saldato e non saldato

I tubi in acciaio che verranno impiegati dovranno avere superfici interne ed esterne lisce, spessore uniforme, sezione perfettamente calibrata e dovranno inoltre risultare diritti a vista. Non dovranno presentare alcun segno di ruggine.

Saranno inoltre, di norma salvo specifica contraria, bitumati internamente ed esternamente e muniti di rivestimento normale o pesante tipo "Dalmine" o similare. Le tubazioni dovranno essere conformi alla normativa UNI vigente per le rispettive classi di appartenenza con particolare riferimento alle UNI 6363/68, 5447/64.

Per le prove dei tubi in acciaio si fa riferimento ugualmente alle Norme UNI vigenti ed in particolare alle 5466/65, 5467/65, 5468/65, 5469/65, 5470/65, 6101/67. Valgono inoltre le norme tecniche emanate dal Consiglio Superiore dei LL. PP. con voto n. 704 espresso nell'adunanza del 19/4/1966 e con circolare Ministeriale 2136 in data 515/66 della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP. Servizio Tecnico Centrale.

Valgono inoltre le norme tecniche predisposte dal Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei LL.PP., approvate con D.M. 12/12/1985 pubblicato sulla G.U. n. 61 del 14/03/1986.

#### **53.1.e Tubazioni in polietilene alta densità**

Le tubazioni ed i raccordi in polietilene ad alta densità per le rispettive classi di applicazione e di appartenenza dovranno essere conformi per tipi, dimensioni e caratteristiche, e dovranno soddisfare ai metodi di prova generale indicati dalla normativa esistente UNIPLAST-UNI (UNI 7613) - (Ente Italiano di Unificazione delle Materie Plastiche Via C. 1. Petilli, 16 Milano) ovvero sia in difetto di esse alle vigenti Norme ISO o DIN.

#### **53.1.f Tubi in polietilene corrugato**

Tubazione in polietilene corrugato a doppia parete, realizzato per coestruzione continua delle due pareti, idoneo alla protezione di cavi elettrici B.T. e M.T. (bassa e media tensione) e telefonici, di diametro 125 mm. La tubazione dovrà essere completa di manicotto di giunzione e filo zincato preinserito per traino cordino di tiro, stabilizzato ai raggi UV e con raggio di curvatura 15 volte il diametro esterno. Dovrà inoltre essere rispondente alla norma CEI EN 50086-2-4/A1 (CEI 23-46/V1) a Marchio IMQ e marcatura CE con classificazione di prodotto serie N e resistenza allo schiacciamento superiore a 450 N.

#### **53.1.g Tubazioni in P.V.C. rigido**

Le tubazioni ed i raccordi in P.V.C. rigido (Polivinile di cloruro non plastificato), per le rispettive classi di appartenenza e di applicazione, dovranno essere conformi per tipi, dimensioni e caratteristiche, e dovranno soddisfare ai metodi di prova generali indicati dalla normativa esistente UNIPLAST-UNI (Ente Italiano di Unificazione delle Materie Plastiche - Via C. 1. Petilli 16 Milano) ovvero sia in difetto alle vigenti Norme ISO DIN e ANSI.

#### **53.1.h Tubazione per acquedotto**

Dovranno essere conformi alle norme UNI 7441/75 tipo 312 (atossico) e UNI 7448/75, senza sali di piombo, P.N. 16.

I raccordi dovranno corrispondere alla norma UNI 7442/75.

In particolare dovranno corrispondere ai tipi per convogliamento di acqua potabile in pressione rispondenti alle prescrizioni igienico-sanitarie di cui alle circolari del Ministero della Sanità n. 3990 del 21/12/1978, n. 1 del 08/10/1960, n. 135 del 28/10/1960, n. 125 del 18/10/1967, n. 102 del 02/12/1978 ed eventuali successive, nonché la Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 1704 del 1u6/05/1961, tenendo presente che tra gli additivi va in ogni modo escluso il carbonato di calcio.

### **53.2 POZZETTI**

La produzione dei pozzetti dovrà essere controllata nelle varie fasi in analogia a quanto previsto nelle tabelle dalla 1° alla V° della Guida applicativa I.C.M.Q. per la certificazione del sistema di qualità per le tubazioni prefabbricate in calcestruzzo. I pozzetti, le loro giunzioni e gli innesti dovranno essere tali da garantire il rispetto delle prescrizioni contenute nell'allegato 4 dei "Criteri, metodologie e norme tecniche generali" di cui all'art. 2 lettere b), d), e) della legge 10 maggio 1976 n° 319 recante le norme per la tutela delle acque dall'inquinamento, compresi gli oneri per il trasporto, carico, scarico, movimentazione, collegamento delle tubazioni, controlli idraulici di tenuta senza impiego di sigillanti o stuccature nel numero che la Direzione lavori deciderà a sua discrezione.

Eventuali realizzazioni di allacciamenti in opera verranno realizzati forando la parete del prefabbricato con idonea carotatrice, eseguendo un foro di diametro adeguato all'alloggiamento della tubazione entrante e la relativa guarnizione a più labbra in gomma sintetica del tipo FORSHEDA F910, rispondente alle norme DIN 4060 e EN681-1.

#### **Caratteristiche costruttive**

I pozzetti per lo scarico delle acque saranno costituiti da pezzi speciali intercambiabili, prefabbricati in conglomerato cementizio armato, con caditoia in ghisa su telaio in ghisa e calcestruzzo. A seconda delle indicazioni della Direzione Lavori, potranno essere prescritti - e realizzati mediante associazione dei pezzi idonei - pozzetti con o senza sifone, e con raccolta dei fanghi attuata mediante appositi cestelli tronco-conici muniti di manico, ovvero con elementi di fondo installati sotto lo scarico. La luce netta dei vari elementi sarà di 450 mm.; e quella del tubo di scarico di 150 mm.. Gli eventuali cestelli per la raccolta del fango saranno realizzati in ferro zincato, con fondo pieno e parete forata, tra loro uniti mediante chiodatura, saldatura, piegatura degli orli o flangiatura. Essi a poggeranno su due mensole diseguali ricavate in uno dei pezzi speciali.

I pezzi di copertura dei pozzetti saranno costituiti da un telaio nel quale troveranno alloggiamento le griglie, per i pozzetti da cunetta, ed i coperchi, per quelli da marciapiede.

Ogni elemento dovrà portare, ricavato nella fusione e, secondo le prescrizioni particolari della Direzione dei Lavori, l'indicazione della Stazione appaltante.

#### **Carico di prova**

Normalmente, salvo casi particolari, a giudizio della Direzione dei Lavori, i pezzi di copertura dovranno essere garantiti, per ciascuno degli impieghi sotto elencati, al carico di prova da riportare, ricavato in fusione, su ciascun elemento a fianco indicato:

- su strade statali e provinciali, od in genere pubbliche con intenso traffico di scorrimento 25 t.
- su strade comunali senza traffico di scorrimento e strade private intensamente trafficate 15 t.
- su banchine di strade pubbliche e strade private solo leggermente trafficate 5 t.
- in giardini e cortili con traffico pedonale 0,6 t.

Per carico di prova si intende quel carico, applicato come indicato al successivo paragrafo 3), in corrispondenza del quale si verifica la prima fessurazione.

#### **Prova di resistenza meccanica**

Si applicano le corrispondenti norme stabilite relativamente ai chiusini per camerette, con le sole seguenti eccezioni in merito alla esecuzione della prova:

- il piatto di prova avrà dimensioni di 220 mmx150 mm., salvo che per i pezzi di copertura dei pozzetti stradali con introduzione laterale e

dei pozzetti da cortile, per i quali sarà circolare con diametro di 200 mm.;

- il punto centrale del piatto di pressione dovrà corrispondere al punto centrale della sbarra più prossima all'interstizio, e delle diagonali della griglia;
- nel caso di piatto rettangolare, il lato longitudinale del piatto di prova sarà disposto ortogonalmente alle sbarre della griglia;
- per le griglie a volta, il piano di appoggio per il piatto sarà realizzato stendendo sopra la volta stessa un conveniente strato di gesso.

#### Collaudo

Valgono le corrispondenti norme per i tubi in conglomerato cementizio armato.

### **53.3 CHIUSINI PER CAMERETTE**

Di norma, per la copertura dei pozzi di accesso alle camerette, verranno adottati chiusini in sola ghisa grigia o in ghisa grigia unita a calcestruzzo o ghisa sferoidale.

I telai dei chiusini saranno di forma quadrata o rettangolare, delle dimensioni di progetto; i coperchi saranno di forma rotonda o quadrata a seconda dei vari tipi di manufatti, tuttavia con superficie tale da consentire al foro d'accesso una sezione minima corrispondente a quella di un cerchio del diametro di 600 mm.

#### Caratteristiche costruttive

Le superfici di appoggio, tra telaio e coperchio debbono essere lisce e sagomate in modo da consentire una perfetta aderenza ed evitare che si verifichino traballamenti. La Direzione Lavori si riserva tuttavia di prescrivere l'adozione di speciali anelli in gomma o polietilene da applicarsi ai chiusini.

La sede del telaio e l'altezza del coperchio dovranno essere calibrate in modo che i due elementi vengano a trovarsi sullo stesso piano e non resti tra loro gioco alcuno.

Salvo diversa prescrizione della Direzione dei Lavori, dovranno essere adottati coperchi con fori di aerazione aventi una sezione totale almeno pari a quella di un tubo di 150 mm di diametro. Nel caso di chiusini muniti dei fori di ventilazione potrà essere richiesta l'installazione di idonei cestelli per la raccolta del fango, le cui caratteristiche verranno all'occorrenza prescritte dalla Direzione dei Lavori.

Ogni chiusino, dovrà portare, ricavata nella fusione, e secondo le prescrizioni particolari della Direzione dei Lavori, l'indicazione della Stazione appaltante.

#### Carico di prova

Normalmente, salvo casi particolari, a giudizio della Direzione dei Lavori, i chiusini dovranno essere garantiti, per ciascuno degli impieghi sotto elencati, al carico di prova - da indicare, ricavato in fusione, su ciascun elemento - a fianco indicato:

- su strade statali e provinciali ed in genere pubbliche con intenso traffico di scorrimento 40 t
- su strade senza traffico di scorrimento ed in generale strade pubbliche con traffico leggero 25 t
- su strade private trafficate 15 t
- su banchine di strade pubbliche e strade private solo leggermente trafficate 5 t
- in giardini e cortili con traffico pedonale 0,6 t.

Per carico di prova s'intende quel carico, applicato come indicato al successivo paragrafo in corrispondenza del quale si verifica la prima fessurazione.

#### Prova di resistenza meccanica

Valgono, con gli occorrenti adattamenti, le prescrizioni relative ai tubi in calcestruzzo di cemento armato.

Numero degli elementi da sottoporre a prova - Per la loro ammissibilità - ai fini dell'accertamento di rispondenza alla fornitura - i certificati dovranno riferirsi a prove sino a rottura eseguite su almeno tre elementi per ogni tipo e dimensione di chiusino che debba essere installato.

#### Alle prove dirette

dovrà essere sottoposto un elemento ogni 100 oggetto di fornitura; a tal fine le forniture verranno arrotondate, in più o in meno, a seconda dei casi, al più prossimo centinaio. Tuttavia anche per forniture inferiori ai cento, ma di almeno venti elementi, si provvederà, sempre a spese dell'Appaltatore, all'esecuzione di una prova.

Il telaio del chiusino verrà posato sul supporto della macchina di prova con l'interposizione di un sottile strato di gesso, sì da garantirne la perfetta orizzontalità. La forza di pressione verrà esercitata perpendicolarmente al centro del coperchio per mezzo di un piatto del diametro di 200 mm. il cui bordo inferiore risulti arrotondato con raggio di 10 mm.. Il piatto dovrà essere posato sul coperchio con l'interposizione di un sottile strato di gesso, di feltro o di cartone per garantire il perfetto, completo appoggio.

La pressione dovrà essere aumentata lentamente e continuamente con incrementi che consentano il raggiungimento del carico di prova in 4 minuti primi, ma verrà arrestata, nel caso non si siano verificate fessurazioni, al 90% di tale valore. Qualora invece anche uno solo degli elementi sottoposti a prova si fessurasse, si procederà senz'altro a sottoporre alla prova completa, fino a rottura, altri due elementi - indipendentemente dalla consistenza della fornitura - e il carico risulterà dalla media di tre valori.

#### Collaudo

Valgono le corrispondenti norme stabilite per i tubi in conglomerato cementizio armato.

### **53.4 FOSSA TIPO IMHOFF**

#### NORME DI RIFERIMENTO

Direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane. Direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonte agricola. Delibera Interministeriale del 04/02/1977 allegato V. D.L. nr. 152/99 "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento" e modificato dal D.L. nr. 258 del 18/08/2000. D.L. nr. 152/06 "Norme in materia di Ambiente". Regolamenti Regionali e Comunali in materia di Fognatura. ISO 10544, Tondini trafilati a freddo per l'armatura del calcestruzzo e la fabbricazione di reti elettrosaldate. ISO 4012, Calcestruzzo - Determinazione della resistenza a compressione dei provini. UNI EN 206-1, Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità (per quanto applicabile).

#### CARATTERISTICHE

Struttura verticale in calcestruzzo vibrato, armato, a tenuta d'acqua, a scomparti verticali, del tipo Imhoff, utilizzata per la decantazione e la

digestione anaerobica fredda di fanghi provenienti dagli scarichi civili (esclusivamente acque nere) a servizio di abitazioni o nuclei abitativi isolati.

Consentire la decantazione dei solidi sedimentabili e la digestione anaerobica fredda dei fanghi, in due scomparti sovrapposti, separati fisicamente, posti in comunicazione tra loro da aperture per il passaggio dei sedimenti allo scomparto inferiore e la risalita dei surnatanti di digestione allo scomparto superiore. Le fosse del tipo Imhoff possono essere utilizzate sia come trattamento autonomo, sia come trattamento primario a protezione di successive fasi sensibili a problemi di intasamento da solidi sospesi (subirrigazione, fitodepurazione, ecc.) o a rischi di formazione di banchi di fango (lagunaggio naturale).

## DATI TECNICI

Codice prodotto	Fossa tipo	H altezza totale in cm	Persone servite (A.E.) nr.	Reparto sedimentazione volume			Reparto digestione volume			Peso in kg
				litri	litri per A.E.	DL 258/00	litri	litri per A.E.	DL 258/00	
950801	ø 150 h. 150	172	7	460	66	60	1590	227	200	2670
950800	ø 150 h. 200	222	9	870	96	60	1950	216	200	3060
950820	ø 150 h. 250	272	14	870	62	55	2835	202	200	3820
950830	ø 150 h. 300	322	16	870	55	55	3720	232	200	4210
950840	ø 150 h. 350	372	20	1285	64	50	4080	204	200	4600

Il tempo di detenzione dei fanghi è dimezzato nelle scuole e/o uffici (3 ore) rispetto alle case di civile abitazione (4-6 ore).

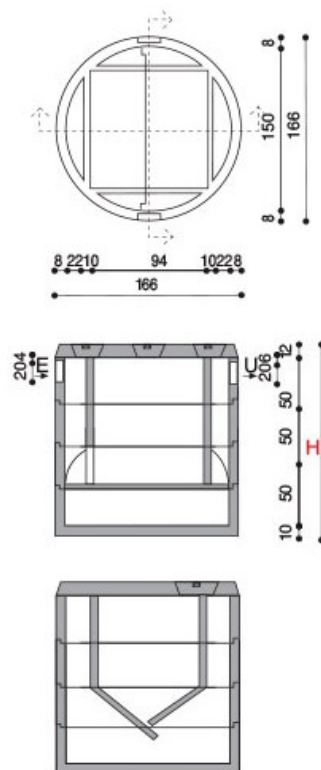
I volumi sono stati calcolati supponendo l'innesto di un tubo diametro 15 cm.

1 A.E. (Abitante Equivalente) = 1 utilizzatore domestico abituale = 4 coperti di ristorante.

Fossa tipo	Fondo	Prolunga	Anello con paratie	Paratie	Lastra triangolare	Anello quadro
ø 150 h. 150	I	-	I	2	I	I
ø 150 h. 200	I	-	I	2	I	2
ø 150 h. 250	I	I	I	2	I	2
ø 150 h. 300	I	2	I	2	I	2
ø 150 h. 350	I	2	I	2	I	3

La lastra triangolare va montata dalla parte dell'uscita.

I piani inclinati delle due paratie distano tra loro cm 5.



## NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

## 53.5 POSA E FISSAGGIO TUBAZIONI

Le tubazioni in genere, del tipo e dimensioni prescritte, dovranno seguire il minimo percorso compatibile col buon funzionamento di esse e con le necessità dell'estetica; dovranno evitare, per quanto possibile, gomiti, bruschi risvolti, giunti e cambiamenti di sezione ed essere collocate in modo da non ingombrare e da essere facilmente ispezionabili, specie in corrispondenza di giunti, sifoni, ecc. Inoltre quelle di scarico dovranno permettere il rapido e completo smaltimento delle materie, senza dar luogo ad ostruzioni, formazioni di depositi ed altri inconvenienti.

Le condutture interrate all'esterno dell'edificio dovranno ricorrere ad una profondità di almeno 1 m sotto il piano stradale; quelle orizzontali nell'interno dell'edificio dovranno per quanto possibile mantenersi distaccate, sia dai muri che dal fondo delle incassature, di 5 cm almeno (evitando di situarle sotto i pavimenti e nei soffitti), ed infine quelle verticali (colonne) anch'esse lungo le pareti, disponendole entro apposite incassature praticate nelle murature, di ampiezza sufficiente per eseguire le giunzioni, ecc., e fissandole con adatti sostegni.

Quando le tubazioni siano soggette a pressione, anche per breve tempo, dovranno essere sottoposte ad una pressione di prova eguale dal 1,5 a 2 volte la pressione di esercizio, a seconda delle disposizioni della Direzione dei lavori.

Circa la tenuta, tanto le tubazioni a pressione che quelle a pelo libero dovranno essere provate prima della loro messa in funzione, a cura e spese dell'Impresa, e nel caso che si manifestassero delle perdite, anche di lieve entità, dovranno essere riparate e rese stagne a tutte spese di quest'ultima.

Così pure sarà a carico dell'Impresa la riparazione di qualsiasi perdita od altro difetto che si manifestasse nelle varie tubazioni, pluviali, docce, ecc. anche dopo la loro entrata in esercizio e sino al momento del collaudo, compresa ogni opera di ripristino.

Tutte le condutture non interrate dovranno essere fissate e sostenute con convenienti staffe, cravatte, mensole, grappe o simili, in numero tale da garantire il loro perfetto ancoraggio alle strutture di sostegno. Tali sostegni eseguiti di norma con ghisa malleabile, dovranno essere in due pezzi, snodati a cerniera o con fissaggio a vite, in modo da permettere la rapida rimozione del tubo, ed essere posti a distanze non superiori a 1 m.

Le condutture interrate poggeranno, a seconda delle disposizioni della Direzione dei lavori, o su baggioli isolati in muratura di mattoni, o su letto costituito da un massetto di calcestruzzo, di gretonato, pietrisco, ecc., che dovrà avere forma tale da ricevere perfettamente la parte inferiore del tubo per almeno 60°, in ogni caso detti sostegni dovranno avere dimensioni tali da garantire il mantenimento delle tubazioni nell'esatta posizione stabilita.

Nel caso in cui i tubi posino su sostegni isolati, il rinterro dovrà essere curato in modo particolare.

L'Appaltatore nell'esecuzione delle opere dovrà attenersi alle migliori regole d'arte ed alle disposizioni contenute nel Decreto Ministeriale del 12/12/1985 concernente le "Norme Tecniche relative alle tubazioni" che si intendono integralmente richiamate. Si procederà alla posa in opera delle tubazioni solo previa esplicita accettazione delle stesse da parte della D.L. e cioè quando sarà riscontrata la rispondenza della fornitura alle normative vigenti, alle prescrizioni tecniche del presente Capitolato Speciale d'Appalto ed ai termini contrattuali. Prima della posa in opera i tubi, i giunti ed i pezzi speciali dovranno essere accuratamente controllati. Quelli che dovessero essere danneggiati in modo tale da compromettere la qualità e funzionalità dell'opera dovranno essere scartati e sostituiti. Nell'operazione di posa dovrà evitarsi che nell'interno delle condotte penetrino detriti o corpi estranei di qualunque natura e che venga comunque danneggiata la loro superficie interna. La posa dei tubi sarà effettuata su un sottofondo di calcestruzzo dello spessore minimo di 10 cm, o su un letto di sabbia, a discrezione della D.L.

La larghezza del fondo scavo sarà la minima indispensabile come da particolari di progetto. Ci si dovrà comunque accertare della possibile insorgenza di fenomeni corrosivi adottando appropriate contromisure. In nessun caso si dovrà regolarizzare la posizione dei tubi nella trincea utilizzando pietre o mattoni ed altri appoggi discontinui.

Il piano di posa dovrà garantire una assoluta continuità di appoggio e, nei tratti in cui si temano assestamenti, si dovranno adottare particolari provvedimenti come l'impiego di giunti adeguati, trattamenti speciali del fondo della trincea o, se occorre, appoggi discontinui stabili quali selle o mensole. La continuità di contatto tra tubo e sella sarà assicurata dall'interposizione di materiale idoneo. Dovrà inoltre prestarsi particolare cura nelle manovre precedentemente descritte qualora queste dovessero effettuarsi a temperature inferiori a 0°C, per evitare danneggiamenti ai tubi stessi. Verificati pendenza ed allineamento si procederà alla giunzione dei tubi. La giunzione dovrà garantire la continuità idraulica ed il comportamento statico previsto in progetto e dovrà essere realizzata in maniera conforme alle norme di esecuzione prescritte dalla ditta produttrice e fornitrice dei tubi stessi. Al termine delle operazioni di giunzione relative a ciascun tratto di condotta ed eseguiti gli ancoraggi, si procederà di norma al rinterro dei tubi. Modalità particolari dovranno essere seguite nel caso di pericolo di galleggiamento dei tubi od in tutti quei casi in cui lo richieda la stabilità dei cavi. Il materiale dovrà essere disposto nella trincea nel modo migliore in strati di spessore opportuno, accuratamente costipato. Saranno in ogni caso osservate le normative UNI vigenti nonché le indicazioni del costruttore del tubo. A rinterro ultimato si avrà cura di effettuare gli opportuni ricarichi là dove si potessero manifestare assestamenti.

### **53.6 POSA POZZETTI**

I pozzetti saranno posti in opera su sottofondo in calcestruzzo a 2 q.li di cemento tipo 325 per mc. d'impasto; la superficie superiore del sottofondo dovrà essere perfettamente orizzontale ed a quota idonea a garantire l'esatta collocazione altimetrica del manufatto rispetto alla pavimentazione stradale.

Prima della posa dell'elemento inferiore, si spalmerà il sottofondo con cemento liquido e, qualora la posa avvenga a sottofondo indurito, questo dovrà essere convenientemente bagnato. I giunti di collegamento dei singoli elementi prefabbricati dovranno essere perfettamente sigillati con malta cementizia.

Nella posa dell'elemento contenente la luce di scarico, si avrà cura di angolare esattamente l'asse di questa rispetto alla fognatura stradale, in modo che il condotto di collegamento possa inserirsi in quest'ultima senza curve o deviazioni.

Per consentire la compensazione di eventuali differenze altimetriche, l'elemento di copertura dovrà essere posato su anelli di conguaglio dello spessore occorrente.

### **53.7 POSA CHIUSINI PER CAMERETTE**

Prima della posa in opera, la superficie di appoggio del chiusino dovrà essere convenientemente pulita e bagnata; verrà quindi steso un letto di malta a 5 q.li di cemento tipo 425 per m<sup>3</sup> d'impasto, sopra il quale sarà infine appoggiato il telaio.

La superficie superiore del chiusino dovrà trovarsi, a posa avvenuta, al perfetto piano della pavimentazione stradale.

Lo spessore della malta che si rendesse a tale fine necessario non dovrà tuttavia eccedere i 3 cm; qualora occorressero spessori maggiori, dovrà provvedersi in alternativa, a giudizio della Direzione dei Lavori, o all'esecuzione di un sottile getto di conglomerato cementizio a 4 q.li di cemento tipo 425 per m<sup>2</sup> d'impasto, confezionato con inerti di idonea granulometria ed opportunamente armato, ovvero all'impiego di anelli di appoggio in conglomerato cementizio armato prefabbricato. Non potranno in nessun caso essere inseriti sotto il telaio, a secco o immersi nel letto di malta, pietre, frammenti, schegge o cocci.

Qualora, in seguito ad assestamenti sotto carico, dovesse essere aggiustata la posizione del telaio, questo dovrà essere rimosso e i resti di malta indurita saranno asportati. Si procederà quindi alla stesura del nuovo strato di malta, come in precedenza indicato, adottando, se del caso, anelli d'appoggio.

I chiusini potranno essere sottoposti a traffico non prima che siano trascorse 24 ore dalla loro posa. A giudizio della Direzione Lavori, per garantire la corretta collocazione altimetrica dei chiusini, dovranno essere impiegate armature di sostegno, da collocarsi all'interno delle camerette e da recuperarsi a presa avvenuta.

### **53.1 POSA FOSSA IMHOFF**

In trincea relativamente stretta (nel terreno indisturbato) e con ricoprimento della struttura della fossa fino al livello originale con terreno del tipo tout-venant. Il fondo della trincea dovrà avere una capacità portante stabile ed uniforme in modo da garantire l'allineamento ed il livellamento della struttura della fossa con le tubazioni ed essere in grado di sostenere i carichi gravanti. Il materiale del letto di posa dovrà essere simile a quello usato per il rinfiacco e/o ricoprimento. Resta escluso il caso di letto di posa argilloso od in presenza di falda. Il terreno usato per il rinterro nel rinfiacco dovrà essere ben compattato. Per avviare l'impianto viene prescritta l'immissione di calce nella fossa al fine di creare un ambiente alcalino che favorisca una rapida digestione metanica. La fossa Imhoff dovrà essere ubicata esternamente ai fabbricati, distante almeno un metro dai muri di fondazione e non meno di dieci metri da qualunque pozzo, condotto o serbatoio destinato all'acqua potabile. Deve inoltre essere dotata di aperture di dimensioni sufficienti a garantire una facile ispezione e permettere un agevole asporto dei fanghi senza provocare danni alle strutture interne del manufatto e deve altresì essere dotata di tubo di ventilazione di diametro utile non inferiore a cm 10, da prolungarsi oltre la linea di gronda dell'edificio di cui la vasca è al servizio. Tale tubo consente la fuoriuscita dell'ammoniaca originata dal processo metanico senza interferire con il processo di sedimentazione. Le acque meteoriche non debbono essere immesse nelle fosse Imhoff in quanto modificherebbero il tempo di stazionamento del liquame. L'effluente di una fossa Imhoff, infine, non può mai venire immesso in un corso d'acqua superficiale, ma deve essere disperso nel sottosuolo a mezzo di pozzi assorbenti,

subirrigazione, o percolato nel terreno a mezzo di subirrigazione con drenaggio (nei terreni impermeabili). La fossa deve essere sottoposta ad operazioni di pulizia periodica, quali estrazione dei fanghi e del materiale galleggiante, con periodicità almeno annuale (da una a quattro volte all'anno), al fine di garantire il corretto funzionamento.

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 54 MANUFATTI E COMPONENTI PREFABBRICATI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E CONGLOMERATO CEMENTIZIO PRECOMPRESSO**

Con struttura prefabbricata si intende una struttura realizzata mediante l'associazione di componenti prodotti in stabilimenti permanenti o in impianti temporanei allestiti per uno specifico cantiere, ovvero realizzati a piè d'opera.

La progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate sono disciplinate dalle norme contenute D.M. 17 gennaio 2018, nonché nella Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. Componenti di serie devono intendersi unicamente quelli prodotti in stabilimenti permanenti, con tecnologia ripetitiva e processi industrializzati, in tipologie predefinite per campi dimensionali e tipi di armature.

Di produzione occasionale si intendono i componenti prodotti senza il presupposto della ripetitività tipologica. Il componente deve garantire i livelli di sicurezza e prestazione sia come componente singolo, nelle fasi transitorie di sfomatura, movimentazione, stoccaggio, trasporto e montaggio, sia come elemento di un più complesso organismo strutturale una volta installato in opera.

I componenti in possesso di attestato di conformità secondo una specifica tecnica europea elaborata ai sensi della direttiva 89/106/CEE (marcatura CE) ed i cui riferimenti sono pubblicati sulla Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea sono intesi aver con ciò assolto ogni requisito procedurale di cui al deposito ai sensi dell'art. 9 della legge 05 novembre 1972, n. 1086 e alla certificazione di idoneità di cui agli artt. 1 e 7 della legge 2 febbraio 1974, n. 64. Resta l'obbligo del deposito della documentazione tecnica presso l'ufficio regionale competente ai sensi della vigente legislazione in materia.

Nel caso di prodotti coperti da marcatura CE, devono essere comunque rispettati, laddove applicabili, i punti 11.8.2, 11.8.3.4 e 11.8.5 del D.M. 17 gennaio 2018.

Comunque per i controlli sui componenti prefabbricati in c.a. e c.a.p. ci si atterrà a quanto previsto nel punto 11.8 del D.M. 17 gennaio 2018.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

Il Progettista e il Direttore tecnico dello stabilimento di prefabbricazione, ciascuno per le proprie competenze, sono responsabili della capacità portante e della sicurezza del componente, sia incorporato nell'opera, sia durante le fasi di trasporto fino a piè d'opera.

È responsabilità del progettista e del Direttore dei lavori del complesso strutturale di cui l'elemento fa parte, ciascuno per le proprie competenze, la verifica del componente durante il montaggio, la messa in opera e l'uso dell'insieme strutturale realizzato.

I componenti prodotti negli stabilimenti permanenti devono essere realizzati sotto la responsabilità di un Direttore tecnico dello stabilimento, dotato di adeguata abilitazione professionale, che assume le responsabilità proprie del Direttore dei lavori.

I componenti di produzione occasionale devono inoltre essere realizzati sotto la vigilanza del Direttore dei lavori dell'opera di destinazione.

**ONERI A CARICO DELL'IMPRESA**

L'Impresa dovrà provvedere, a propria cura e spese, a fornire alla Direzione lavori tutta la documentazione attestante il progetto esecutivo in versione cantierabile dei manufatti prefabbricati da posarsi (elaborati grafici, relazione di calcolo, certificazioni etc.)

Prima dell'inizio dell'opera deve essere messa a disposizione dei responsabili del lavoro, degli operatori e degli organi di controllo il piano di lavoro sottoscritto dalle ditte interessate che descriva le modalità di esecuzione delle operazioni montaggio e la loro successione, le procedure di sicurezza da adottare nelle varie fasi di lavoro, fino al completamento dell'opera e la cronologia dell'intervento da parte delle diverse ditte interessate.

Il piano di sollevamento/varo, che è di esclusiva e totale responsabilità dell'Impresa, dovrà essere trasmesso al Coordinatore della sicurezza in fase di esecuzione ed alla Direzione lavori con congruo anticipo sull'attività di montaggio.

Durante le operazioni si dovranno scrupolosamente osservare le norme di sicurezza, in accordo con il Coordinatore della Sicurezza in fase di Esecuzione.

Il piano dovrà essere corredato con l'elenco e le caratteristiche delle attrezzature e dei mezzi d'opera che l'Impresa prevede di utilizzare.

Prima della posa in opera degli apparecchi d'appoggio l'Impresa dovrà provvedere al tracciamento degli assi di riferimento ed alla livellazione dei piani di appoggio, i quali dovranno essere rettificati con malta di cemento additivata con resina epossidica. Si procederà quindi al posizionamento dell'apparecchio ed al suo collegamento alle strutture secondo le prescrizioni di progetto.

L'Impresa sarà tenuta a presentare, in tempo utile all'approvazione della Direzione lavori, anche il dettaglio integrativo di cantierizzazione degli apparecchi di appoggio che dovrà indicare:

- il calcolo delle escursioni e delle rotazioni previste;
- l'indicazione delle caratteristiche di mobilità richieste per gli apparecchi;
- l'indicazione della tolleranza ammessa per l'orizzontalità ed il parallelismo dei piani di posa degli apparecchi;
- l'indicazione della prerogativa da effettuare sugli apparecchi al momento del montaggio;
- la verifica statica dei singoli elementi componenti l'apparecchio e la determinazione della pressione di contatto;
- l'indicazione dei materiali componenti l'apparecchio, con riferimento, ove possibile, alle norme UNI;
- l'indicazione delle modalità di posa in opera dell'apparecchio.

**DOCUMENTI DI ACCOMPAGNAMENTO**

Il Direttore dei Lavori è tenuto a rifiutare le eventuali forniture non conformi a quanto previsto dalle norme tecniche vigenti.

Oltre a quanto previsto nei punti applicabili del punto 11.1 del D.M. 17 gennaio 2018, ogni fornitura in cantiere di elementi costruttivi prefabbricati, sia di serie che occasionali, dovrà essere accompagnata da apposite istruzioni nelle quali vengono indicate le procedure relative alle operazioni di trasporto e montaggio degli elementi prefabbricati, ai sensi dell'art. 58 del D.P.R. n. 380/2001, da consegnare al Direttore dei Lavori dell'opera in cui detti elementi costruttivi vengono inseriti, che ne curerà la conservazione.

Tali istruzioni dovranno almeno comprendere, di regola:

- i disegni d'assieme che indichino la posizione e le connessioni degli elementi nel complesso dell'opera, compreso l'elenco degli elementi

forniti con relativi contrassegni;

- apposita relazione sulle caratteristiche dei materiali richiesti per le unioni e le eventuali opere di completamento;
  - le istruzioni di montaggio con i necessari dati per la movimentazione, la posa e la regolazione dei manufatti;
  - elaborati contenenti istruzioni per il corretto impiego e la manutenzione dei manufatti. Tali elaborati dovranno essere consegnati dal Direttore dei Lavori al Committente, a conclusione dell'opera;
  - per elementi di serie qualificati, certificato di origine firmato dal produttore, il quale con ciò assume per i manufatti stessi le responsabilità che la legge attribuisce al costruttore, e dal Direttore Tecnico responsabile della produzione. Il certificato, che deve garantire la rispondenza del manufatto alle caratteristiche di cui alla documentazione depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, deve riportare il nominativo del progettista e copia dell'attestato di qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale;
  - documentazione, fornita quando disponibile, attestante i risultati delle prove a compressione effettuate in stabilimento su cubi di calcestruzzo (ovvero estratto del Registro di produzione) e copia dei certificati relativi alle prove effettuate da un laboratorio incaricato ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001; tali documenti devono essere relativi al periodo di produzione dei manufatti.
- Copia del certificato d'origine dovrà essere allegato alla relazione del Direttore dei Lavori di cui all'art. 65 del D.P.R. n. 380/2001.
- Prima di procedere all'accettazione dei manufatti, il Direttore dei Lavori deve verificare che essi siano effettivamente contrassegnati, come prescritto dal punto 11.8.3.4 del succitato D.M..

Il produttore di elementi prefabbricati deve altresì fornire al Direttore dei Lavori, e questi al Committente, gli elaborati (disegni, particolari costruttivi, ecc.) firmati dal Progettista e dal Direttore Tecnico della produzione, secondo le rispettive competenze, contenenti istruzioni per il corretto impiego dei singoli manufatti, esplicitando in particolare:

- destinazione del prodotto;
- requisiti fisici rilevanti in relazione alla destinazione;
- prestazioni statiche per manufatti di tipo strutturale;
- prescrizioni per le operazioni integrative o di manutenzione, necessarie per conferire o mantenere nel tempo le prestazioni e i requisiti dichiarati;
- tolleranze dimensionali nel caso di fornitura di componenti.

Nella documentazione di cui sopra il progettista deve indicare espressamente:

- le caratteristiche meccaniche delle sezioni, i valori delle coazioni impresse, i momenti di servizio, gli sforzi di taglio massimo, i valori dei carichi di esercizio e loro distribuzioni, il tipo di materiale protettivo contro la corrosione per gli apparecchi metallici di ancoraggio, dimensioni e caratteristiche dei cuscinetti di appoggio, indicazioni per il loro corretto impiego;
- se la sezione di un manufatto resistente deve essere completata in opera con getto integrativo, la resistenza richiesta;
- la possibilità di impiego in ambiente aggressivo e le eventuali variazioni di prestazioni che ne conseguono.

#### TOLLERANZE

Il progetto deve indicare le tolleranze minime di produzione che dovrà rispettare il componente. Il componente che non rispetta tali tolleranze, sarà giudicato non conforme e quindi potrà essere consegnato in cantiere per l'utilizzo nella costruzione solo dopo preventiva accettazione da parte del Direttore dei lavori.

Il progetto dell'opera deve altresì tener conto delle tolleranze di produzione, tracciamento e montaggio assicurando un coerente funzionamento del complesso strutturale.

Il montaggio dei componenti ed il completamento dell'opera devono essere conformi alle previsioni di progetto. Nel caso si verificassero delle non conformità, queste devono essere analizzate dal Direttore dei lavori nei riguardi delle eventuali necessarie misure correttive.

#### **54.1 LASTRE PREDALLES**

Le lastre predalles precomprese sono composte da:

- una suola inferiore in cls di spessore variabile (4, 5, 6 cm) irrigidita con tralicci elettrosaldati incorporati nel getto di calcestruzzo parzialmente gettati ed armata con rete elettrosaldata. La precompressione è ottenuta mediante l'impiego nella suola inferiore di trefoli in acciaio armonico stabilizzato in pretensione;
- eventuale alleggerimento con pani di polistirolo di altezza variabile.

Sono prodotte in stabilimento con calcestruzzo vibrato del tipo C40/50 N/mm<sup>2</sup> con classe di esposizione XC1-XC2, secondo le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 17 gennaio 2018, così come integrato con la circolare applicativa n.7 del 21 gennaio 2019. Devono essere in possesso delle seguenti caratteristiche tecniche:

- Classe di resistenza del calcestruzzo C40/50 N/mm<sup>2</sup>,
- Acciaio armonico in trefoli stabilizzati f<sub>ptk</sub> > 1860 N/mm<sup>2</sup>; f<sub>p</sub> (1) > 1670 N/mm<sup>2</sup>,
- Acciaio ad aderenza migliorata per armatura lenta integrativa B450C.

Devono essere in possesso della marcatura CE, in conformità con la Direttiva 89/106/CE.

#### **54.2 PRODOTTI PREFABBRICATI NON SOGGETTI A MARCATURA CE**

Per gli elementi strutturali prefabbricati qui disciplinati, quando non soggetti ad attestato di conformità secondo una specifica tecnica elaborata ai sensi della Direttiva 89/106/CEE (marcatura CE) e i cui riferimenti sono pubblicati sulla Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea, sono previste due categorie di produzione:

- serie dichiarata,
- serie controllata.

I componenti per i quali non sia applicabile la marcatura CE, ai sensi del D.P.R. 246/93 di recepimento della Direttiva 89/106/CEE, devono essere realizzati attraverso processi sottoposti ad un sistema di controllo della produzione ed i produttori di componenti occasionali, in serie dichiarata ed in serie controllata, devono altresì provvedere alla preventiva qualificazione del sistema di produzione, con le modalità indicate nel punto 11.8 del D.M. 17 gennaio 2018.

#### **54.3 APPOGGI**

Gli appoggi devono essere tali da soddisfare le condizioni di resistenza dell'elemento appoggiato, dell'eventuale apparecchio di appoggio e del sostegno, tenendo conto delle variazioni termiche, della deformabilità delle strutture e dei fenomeni lenti.

Per elementi di solaio o simili deve essere garantita una profondità dell'appoggio, a posa avvenuta, non inferiore a 3 cm se è prevista in

opera la formazione della continuità dell'unione, e non inferiore a 5 cm se definitivo. Per appoggi discontinui (nervature, denti) i valori precedenti vanno raddoppiati. Per le travi, la profondità minima dell'appoggio definitivo deve essere non inferiore a 8 cm + l/300, essendo "l" la luce netta della trave.

Per i componenti appoggiati in via definitiva, particolare attenzione va posta alla posizione e dimensione dell'apparecchio d'appoggio, sia rispetto alla geometria dell'elemento di sostegno, sia rispetto alla sezione terminale dell'elemento portato, tenendo nel dovuto conto le tolleranze dimensionali e di montaggio e le deformazioni per fenomeni reologici e/o termici.

I vincoli provvisori o definitivi devono essere progettati con particolare attenzione e, se necessario, validati attraverso prove sperimentali.

Gli appoggi scorrevoli devono essere dimensionati in modo da consentire gli spostamenti relativi previsti senza perdita della capacità portante.

In zona sismica non sono consentiti appoggi nei quali la trasmissione di forze orizzontali sia affidata al solo attrito. Appoggi di questo tipo sono consentiti ove non venga messa in conto la capacità di trasmettere forze orizzontali; l'appoggio deve consentire spostamenti relativi secondo quanto previsto dalle norme sismiche.

## NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

### 54.4 MONTAGGIO

Nella fase di posa e regolazione degli elementi prefabbricati si devono adottare gli accorgimenti necessari per ridurre le sollecitazioni di natura dinamica conseguenti al movimento degli elementi e per evitare forti concentrazioni di sforzo.

I dispositivi di regolazione devono consentire il rispetto delle tolleranze previste nel progetto, tenendo conto sia di quelle di produzione degli elementi prefabbricati, sia di quelle di esecuzione della unione.

Gli eventuali dispositivi di vincolo impiegati durante la posa se lasciati definitivamente in sito non devono alterare il corretto funzionamento dell'unione realizzata e comunque generare concentrazioni di sforzo.

Nel rispetto delle vigenti norme antinfortunistiche, i mezzi di sollevamento dovranno essere proporzionati per la massima prestazione prevista nel programma di montaggio; inoltre, nella fase di messa in opera dell'elemento prefabbricato fino al contatto con gli appoggi, i mezzi devono avere velocità di posa commisurata con le caratteristiche del piano di appoggio e con quella dell'elemento stesso. La velocità di discesa deve essere tale da poter considerare non influenti le forze dinamiche di urto.

Gli elementi vanno posizionati come e dove indicato in progetto.

In presenza di getti integrativi eseguiti in opera, che concorrono alla stabilità della struttura

anche nelle fasi intermedie, il programma di montaggio sarà condizionato dai tempi di maturazione richiesti per questi, secondo le prescrizioni di progetto.

L'elemento può essere svincolato dall'apparecchiatura di posa solo dopo che è stata assicurata la sua stabilità.

L'elemento deve essere stabile di fronte all'azione del:

- peso proprio;
- vento;
- azioni di successive operazioni di montaggio;
- azioni orizzontali convenzionali.

L'attrezzatura impiegata per garantire la stabilità nella fase transitoria che precede il definitivo completamento dell'opera deve essere munita di apparecchiature, ove necessarie, per consentire, in condizioni di sicurezza, le operazioni di registrazione dell'elemento (piccoli spostamenti delle tre coordinate, piccole rotazioni, ecc.) e, dopo il fissaggio definitivo degli elementi, le operazioni di recupero dell'attrezzatura stessa, senza provocare danni agli elementi stessi.

Deve essere previsto nel progetto un ordine di montaggio tale da evitare che si determinino strutture temporaneamente labili o instabili nel loro insieme.

La corrispondenza dei manufatti al progetto sotto tutti gli aspetti rilevabili al montaggio (forme, dimensioni e relative tolleranze) sarà verificata dalla Direzione dei Lavori, che escluderà l'impiego di manufatti non rispondenti.

### 54.5 REALIZZAZIONE DELLE UNIONI E DEI GIUNTI

Per "unioni" si intendono collegamenti tra parti strutturali atti alla trasmissione di sollecitazioni.

Per "giunti" si intendono spazi tra parti strutturali atti a consentire ad essi spostamenti mutui senza trasmissione di sollecitazioni.

Le unioni e i giunti devono avere resistenza e deformabilità coerenti con le ipotesi progettuali.

I materiali impiegati con funzione strutturale nelle unioni devono avere, di regola, una durabilità, resistenza al fuoco e protezione, almeno uguale a quella degli elementi da collegare. Ove queste condizioni non fossero rispettate i limiti dell'intera struttura vanno definiti con riguardo all'elemento significativo più debole.

I giunti aventi superfici affacciate, devono garantire un adeguato distanziamento delle superfici medesime per consentire i movimenti prevedibili.

Il direttore dei lavori dovrà verificare che eventuali opere di finitura non pregiudichino il libero funzionamento dei giunti.

### 54.6 CONTROLLO E ACCETTAZIONE

Per i controlli sulle strutture prefabbricate di calcestruzzo armato e precompresso ci si atterrà a quanto previsto dal D.M. 17 gennaio 2018.

Le prove di accettazione e le eventuali prove complementari sono eseguite e certificate dai laboratori di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001.

La qualità del calcestruzzo è controllata dal Direttore dei Lavori, secondo le procedure di cui al punto 11.8. del D.M. 17 gennaio 2018.

Tutte le forniture di componenti strutturali prodotti in serie controllata possono essere accettate senza ulteriori controlli dei materiali, né prove di carico dei componenti isolati, se accompagnati da un certificato di origine firmato dal produttore e dal tecnico responsabile della produzione e attestante che gli elementi sono stati prodotti in serie controllata e recante in allegato copia del relativo estratto del registro di produzione e degli estremi dei certificati di verifica preventiva del laboratorio ufficiale.

Per i componenti strutturali prodotti in serie dichiarata si deve verificare che esista una dichiarazione di conformità rilasciata dal produttore.

NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

**Art. 55 MALTE****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****55.1 MALTE**

Le caratteristiche dei materiali da impiegare per la confezione delle malte, ed i rapporti di miscela, corrisponderanno alle prescrizioni delle voci dell'Elenco Prezzi per i vari tipi di impasto ed a quanto verrà di volta in volta, ordinata dalla Direzione dei Lavori. La resistenza alla penetrazione delle malte deve soddisfare alle Norme UNI 7927-78.

Di norma le malte per murature dovranno rispettare le composizioni previste per le varie classi dal D.M. 17 gennaio 1981, e precisamente:

Classe	Tipo di malta	Composizione					Resistenza alla compressione (N/mm <sup>2</sup> )
		Cemento	Calce aerea	Calce idraulica	Sabbia	Pozzolana	
M 2.5	Idraulica	-	-	1	3	-	2.5
M 2.5	Pozzolonica	-	1	-	-	3	2.5
M 2.5	Bastarda	1	-	2	9	-	2.5
M 5	Bastarda	1	-	1	5	-	5
M8	Cementizia	2	-	1	8	-	8
M12	Cementizia	1	-	-	3	-	12

Il dosaggio dei materiali e dei leganti verrà effettuato con mezzi meccanici suscettibili di esatta misurazione e controllo che l'Impresa dovrà fornire e mantenere efficienti a sua cura e spese.

Gli impasti verranno preparati solamente nelle quantità necessarie per l'impiego immediato; gli impasti residui che non avessero immediato impiego saranno portati a rifiuto.

**55.2 MALTE PRECONFEZIONATE**

Malte in grado di garantire maggiori garanzie rispetto a quelle dosate manualmente spesso senza le attrezzature idonee. Risulta infatti spesso difficoltoso riuscire a dosare in maniera corretta le ricette cemento/additivi, inerti/cementi, il dosaggio di particolari inerti, rinforzanti, additivi.

Si potrà quindi ricorrere a malte con dosaggio controllato confezionate con controllo automatico ed elettronico in modo che nella miscelazione le sabbie vengano selezionate in relazione ad una curva granulometrica ottimale e i cementi ad alta resistenza e gli additivi chimici rigorosamente dosati.

Tali malte sono in grado di garantire un'espansione controllata. Espansioni eccessive a causa di errori di miscelazione e formatura delle malte potrebbero causare seri problemi a murature o strutture degradate.

Anche utilizzando tali tipi di malte l'Appaltatore sarà sempre tenuto, nel corso delle operazioni di preparazione delle stesse, su richiesta della D.L., a prelevare campioni rappresentativi per effettuare le prescritte prove ed analisi, che potranno essere ripetute durante il corso dei lavori od in sede di collaudo.

Le malte preconfezionate potranno essere usate per stuccature profonde, incollaggi, ancoraggi, rappezzi, impermeabilizzazioni, getti in fondazione ed, in genere, per tutti quei lavori previsti dal progetto, prescritti dal contratto o richiesti dalla D.L.

In ogni fase l'Appaltatore dovrà attenersi alle istruzioni per l'uso prescritte dalle ditte produttrici che, spesso, prevedono un particolare procedimento di preparazione atto a consentire una distribuzione più omogenea dell'esiguo quantitativo d'acqua occorrente ad attivare l'impasto. Dovrà altresì utilizzare tutte le apparecchiature più idonee per garantire ottima omogeneità all'impasto (miscelatori elicoidali, impastatrici, betoniere, ecc.) oltre a contenitori specifici di adatte dimensioni.

Dovrà inoltre attenersi a tutte le specifiche di applicazione e di utilizzo fornite dalle ditte produttrici nel caso dovesse operare in ambienti o con temperature e climi particolari.

Sarà in ogni modo consentito l'uso di malte premiscelate pronte per l'uso purché ogni fornitura sia accompagnata da specifiche schede tecniche relative al tipo di prodotto, alle tecniche di preparazione e applicazione oltre che da una dichiarazione del fornitore attestante il gruppo della malta, il tipo e la quantità dei leganti e degli eventuali additivi. Nel caso in cui il tipo di malta non rientri tra quelli prima indicati il fornitore dovrà certificare con prove ufficiali anche le caratteristiche di resistenza della malta stessa.

**55.3 MALTA ANTIRITIRO**

Malta cementizia espansiva sia in fase plastica che in fase indurita tipo EMACO S55 o equivalente, per ancoraggi di precisione applicabile mediante collaggio anche qualora siano richieste elevate lunghezze di scorrimento, conforme alle norme specifiche in tema di malte espansive.

Caratteristiche:

- Bleeding, Assente
- Caratteristiche espansive
  - in fase plastica,  $\geq 0.3\%$
  - contrastata UNI 8147 a 24 ore  $> 0.03\%$
- Adesione al calcestruzzo, UNI EN 12615 (per taglio)  $> 6\text{ MPa}$

- Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio, RILEM-CEB-FIP RC6-78 > 30 MPa
- Profondità media penetrazione dell'acqua, ISO EN 7031-94 < 5 mm (coeff.Darcy <10-10 m.s-1)
- Resistenza agli oli lubrificanti, bagno di olio per 60 gg a 40 °C: Nessun degrado
- Resistenza alla fatica, 2.000.000 cicli pulsanti tra 20 e 50 MPa: Nessun degrado
- Resistenza alle alte temperature, 400°C per 7 gg: Nessuna degrado
- Resistenza ai cicli termici (-20 - +5°C°), UNI 7087: Nessuna degrado
- Modulo elastico, UNI 6556: 28.000 (± 2.000) MPa)
- Resistenza a compressione, UNI EN 196-1: 1 g > 35 MPa, 7 gg > 65 MPa, 28 gg > 75 MPa
- Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196-1: 1 g > 6 MPa, 7 gg > 8 MPa, 28 gg > 9 MPa
- Resistenza ai solfati (15 cicli), ASTM C88: Nessun degrado

Compreso e compensato ogni onere per dare il lavoro finito a regola d'arte compresa la pulizia e la saturazione della superficie di supporto con acqua in pressione ed eventuali opere provvisorie poste a qualsiasi altezza ed elevazione necessarie per l'accesso al posto di lavoro e l'esecuzione.

#### 55.4 MALTA ANTIRITIRO FIBRORINFORZATA

Malta premiscelata tixotropica a ritiro controllato e a presa normale, a base cementizia e fibrorinforzata, anche per elevate prevalenze o lunghe distanze, preventivamente approvata dalla Direzione Lavori, tipo REPAR TIX di Azichem Srl o similare.

Le malte dovranno essere provviste di marcatura CE e conformi ai requisiti prestazionali richiesti di seguito riportati:

Assorbimento capillare (UNI EN 13057):  $0.50 \text{ kg} \cdot \text{h}^{0.5} / \text{m}^2$

Contenuto di cloruri (UNI EN 1015-17): <0.01 %

Determinazione della compatibilità termica (UNI EN 13687-1): 1.6 mPa

Impermeabilità Darcy:  $1 \times 10^{-10} \text{ cm/s}$

Legame di aderenza (UNI EN 1015-12): > 2 N/mm<sup>2</sup>

Massa volumica (UNI EN 1015-6): 2170 kg/m<sup>3</sup>

Modulo elastico (EN 13142): > 21000 N/mm<sup>2</sup>

pH: > 12.5 \_

Rapporto acqua/leganti: 0.38 \_

Reazione al fuoco (EN 13501-1): A1 \_

Resistenza a compressione (UNI EN 12190): > 60 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza a flessione (UNI EN 196/1): > 6.5 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza alla carbonatazione UNI EN 13295): 1.5 mm

Resistenza allo slittamento (UNI EN 13036-4): 51 mm

Si individuano inoltre:

- **per rasature superficiali localizzate:**  
la malta, oltre a rispettare le caratteristiche prestazionali obbligatorie previste per i prodotti di riparazione strutturale di classe **R2** in condizioni PCC secondo la norma EN 1504-3, dovrà soddisfare i seguenti requisiti aggiuntivi:
  - Resistenza a compressione:  $\geq 25 \text{ MPa}$  (a 28 gg) EN 12190,
  - Modulo elastico a compressione:  $11 \pm 2 \text{ GPa}$  EN 134120,
  - Resistenza a trazione per flessione:  $\geq 6 \text{ MPa}$  (a 28 gg) EN 196/1,
  - Resistenza alla fessurazione: Nessuna fessura dopo 180 gg O-ring test,
  - Impermeabilità all'acqua:  $\leq 5 \text{ mm}$  UNI EN 12390-8,
- **per ripristini superficiali localizzati con spessori fino a 3 cm:**  
la malta del tipo Planitop 430 della Mapei o similare, oltre a rispettare le caratteristiche prestazionali obbligatorie previste per i prodotti di riparazione strutturale di classe **R3** secondo la norma EN 1504-3, dovrà soddisfare i seguenti requisiti aggiuntivi:
  - Resistenza a compressione:  $\geq 30 \text{ MPa}$  (a 28 gg) EN 12190,
  - Modulo elastico a compressione:  $20 \pm 2 \text{ GPa}$  EN 134120,
  - Resistenza a trazione per flessione:  $\geq 7 \text{ MPa}$  (a 28 gg) EN 196/1,
  - Resistenza alla fessurazione: Nessuna fessura dopo 180 gg O-ring test,
  - Impermeabilità all'acqua:  $\leq 5 \text{ mm}$  UNI EN 12390-8,
- **per ripristini con spessori fino a 5 cm e/o estesi a tutta la superficie dell'elemento strutturale:**  
la malta del tipo Mapegrout EasyFlow o della Mapei o similare, oltre a rispettare le caratteristiche prestazionali obbligatorie previste per i prodotti di riparazione strutturale di classe **R4** secondo la norma EN 1504-3, dovrà soddisfare i seguenti requisiti aggiuntivi:
  - Resistenza a compressione (EN 12190) (MPa): > 60 (a 28 gg),
  - Classe di esposizione ambientale: XS3,
  - Resistenza a flessione (EN 196/1) (MPa): > 8 (a 28 gg),
  - Modulo elastico a compressione (EN 13412) (GPa): 27 (a 28 gg),
  - Adesione al supporto (EN 1542) (MPa): > 2 (a 28 gg),
  - Espansione contrastata (UNI 8147 - Metodo A) ( $\mu\text{m/m}$ ): 400 (a 1 g),
  - Resistenza alla fessurazione ("O Ring Test"): nessuna fessura dopo 180 gg,
  - Resistenza alla carbonatazione accelerata (EN 13295): minore del calcestruzzo di riferimento,
  - Impermeabilità all'acqua – profondità di penetrazione - (EN 12390/8) (mm): < 5,
  - Assorbimento capillare (EN 13057) ( $\text{kg/m}^2 \cdot \text{h}^{0.5}$ ): < 0,25,

- Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio (RILEM-CEB-FIP RC6-78) - tensione di adesione (MPa): >25,
- cicli di gelo-disgelo con sali disgelanti (EN 13687/1): > 2 (dopo 50 cicli),
- cicli temporaleschi (EN 13687/2): > 2 (dopo 30 cicli),
- cicli termici a secco (EN 13687/4): > 2 (dopo 30 cicli),
- Reazione al fuoco (EN 13501-1) (Euroclasse): A1.

Per ridurre sia il ritiro plastico sia il ritiro idraulico, la malta può essere miscelata con un additivo stagionante con un dosaggio pari allo 0,25% del peso della malta, tipo Mapecure SRA della MAPEI S.p.A. o similare.

### 55.5 MALTA ANTIRITIRO FIBRORINFORZATA COLABILE

Malta cementizia a ritiro compensato ad alta resistenza rinforzata con fibre sintetiche, tipo Mapegrout Colabile della Mapei o equivalente, per ancoraggi di precisione applicabile mediante collaggio anche qualora siano richieste elevate lunghezze di scorrimento o notevoli spessori, conforme ai principi definiti nella EN 1504-9 ("Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture in calcestruzzo: definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità. Principi generali per l'uso dei prodotti e sistemi") e ai requisiti minimi richiesti dalla EN 1504-3 ("Riparazione strutturale e non strutturale") per le malte strutturali di classe R4.

L'utilizzo è indicato anche per il risanamento strutturale del calcestruzzo in piccoli spessori e/o in condizioni di difficile esecuzione.

Le malte dovranno essere provviste di marcatura CE e conformi ai requisiti prestazionali richiesti di seguito riportati:

DATI APPLICATIVI DEL PRODOTTO (a +20°C - 50% U.R.)	
Colore dell'impasto:	grigio
Rapporto dell'impasto:	100 parti di <b>Mapegrout Colabile</b> con 13-14 parti di acqua (circa 3,25-3,5 l di acqua per ogni sacco da 25 kg) e 0,25% di <b>Mapecure SRA</b> (1 flacone da 0,25 kg ogni 4 sacchi di <b>Mapegrout Colabile</b> )
Consistenza dell'impasto:	fluida
Valore di scorrimento della malta secondo EN 13395/2 (cm):	> 45
Massa volumica dell'impasto (kg/m³):	2.350
pH dell'impasto:	> 12,5
Temperatura di applicazione permessa:	da +5°C a +35°C
Durata dell'impasto:	circa 1 h

DATI IDENTIFICATIVI DEL PRODOTTO	
Classe di appartenenza secondo EN 1504-3:	R4
Tipologia:	CC
Consistenza:	polvere
Colore:	grigio
Dimensione massima dell'aggregato (mm):	2,5
Massa volumica apparente (kg/m³):	1.300
Residuo solido (%):	100
Contenuto ioni cloruro: - requisito minimo $\leq 0,05\%$ - secondo EN 1015-17 (%):	$\leq 0,05$

PRESTAZIONI FINALI (acqua d'impasto 13%)			
Caratteristica prestazionale	Metodo di prova	Requisiti in accordo alla EN 1504-3 per malte di classe R4	Prestazione prodotto
Resistenza a compressione (MPa):	EN 12190	≥ 45 (dopo 28 gg)	> 30 (dopo 1 g) > 60 (dopo 7 gg) > 75 (dopo 28 gg)
Resistenza a flessione (MPa):	EN 196/1	non richiesto	6 (dopo 1 g) 10 (dopo 7 gg) 12 (dopo 28 gg)
Modulo elastico a compressione (GPa):	EN 13412	≥ 20 (dopo 28 gg)	27 (dopo 28 gg)
Adesione su calcestruzzo (supporto di tipo MC 0,40 - rapporto a/c = 0,40) secondo EN 1766 (MPa):	EN 1542	≥ 2 (dopo 28 gg)	> 2 (dopo 28 gg)
Espansione contrastata all'aria (µm/m):	UNI 8147 mod.	non richiesto	> 400 dopo 1 g (*)
Prova di inarcamento:	//	non richiesto	convesso (*)
Resistenza alla fessurazione:	"O Ring Test"	non richiesto	nessuna fessura dopo 180 gg (*)
Resistenza alla carbonatazione accelerata:	EN 13295	profondità di carbonatazione ≤ del calcestruzzo di riferimento (tipo MC 0,45 rapporto a/c = 0,45) secondo UNI 1766	specificata superata
Impermeabilità all'acqua - profondità di penetrazione - (mm):	EN 12390/8	non richiesto	< 5
Assorbimento capillare (kg/m <sup>2</sup> ·h <sup>0,5</sup> ):	EN 13057	≤ 0,5	< 0,08
Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio - tensione di adesione (MPa):	RILEM-CEB-FIP RC6-78	non richiesto	> 25
Compatibilità termica misurata come adesione secondo EN 1542 (MPa): - cicli di gelo-disgelo con sali disgelanti: - cicli temporaleschi: - cicli termici a secco:	EN 13687/1 EN 13687/2 EN 13687/4	≥ 2 (dopo 50 cicli) ≥ 2 (dopo 30 cicli) ≥ 2 (dopo 30 cicli)	> 2 > 2 > 2
Reazione al fuoco:	EN 13501-1	Euroclasse	A1

(\*) Prestazioni ottenibili con l'aggiunta dello 0,25% di **Mapepure SRA****NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI****55.6 APPLICAZIONE MALTA ANTIRITIRO FIBRORINFORZATA**

Le superfici su cui saranno applicate dovranno essere opportunamente predisposte secondo quanto prescritto dal produttore. Una volta indurita, la malta dovrà presentare le seguenti caratteristiche:

- notevoli proprietà di adesione,
- elevate resistenze sia meccaniche sia chimiche,
- rapido sviluppo delle proprietà meccaniche.

La malta dovrà in ogni modo assicurare:

- ottima capacità d'indurimento anche a basse temperature,
- sufficiente adesione anche in presenza di umidità,
- assorbimento capillare e, quindi, ottima saturazione delle superfici di contatto,
- tempi di lavorabilità sufficienti anche in periodo estivo.

Essendo numerose le possibilità di applicazione, occorrerà variare la fluidità, conformemente alle prescrizioni di progetto, in funzione della natura dei materiali, della loro porosità e delle finalità della lavorazione.

Resta tassativamente vietato regolare il tempo d'indurimento aumentando o diminuendo la quantità d'indurente in quanto l'appaltatore dovrà attenersi alle prescrizioni del produttore.

L'applicazione, poiché sia la temperatura sia il tasso di umidità influenzano negativamente la reazione fra la resina e l'indurente e quindi la qualità dell'intervento, dovrà essere eseguita quando le condizioni atmosferiche lo consentano. I risultati migliori si otterranno lavorando con temperature non inferiori ai 15°C e con umidità reattiva del 50-60%. Temperature più basse o forte umidità potrebbero provocare, impiegando alcuni tipi d'indurente, tempi di presa più lunghi ed un indurimento irregolare e difettoso.

La temperatura dell'ambiente non deve inoltre superare 24°C, pur adottando le percentuali massime di prodotto stagionante e riduttore del ritiro idraulico. In caso di temperature diurne maggiori, le operazioni di ricostruzione devono essere eseguite di notte, a temperature inferiori a 24°C. Ulteriori indispensabili accorgimenti da assumere in condizioni termiche elevate sono:

- a) saturazione del supporto con acqua nebulizzata sino 2 ore dalla ricostruzione,
- b) variazione del riduttore del ritiro idraulico sino alla quantità massima dello 0,5% indicata nella scheda, o consigliata dal produttore,
- c) limitazione degli spessori ricostruiti "fresco su fresco",
- d) protezione delle malte dall'esposizione diretta al sole,
- e) maturazione ad umido con acqua nebulizzata dopo 4 ore dalla ricostruzione, con intervalli di applicazione.

In generale, l'appaltatore sarà tenuto, rispettando le precauzioni consigliate dal produttore, a fornire agli operai gli indumenti adatti (guanti, visiere, ecc.) onde evitare non solo ogni contatto con la pelle e con gli occhi ma, anche, le esalazioni della miscela o dei singoli componenti. Sarà, quindi, obbligato a far preparare e maneggiare il composto all'aperto o in luoghi ventilati e a fare osservare le norme di sicurezza.

Al momento dell'applicazione delle malte ogni venuta di acqua alla parete deve essere stata eliminata.

L'applicazione avverrà con la seguente sequenza e prescrizioni:

- apposizione di chiari riferimenti atti ad eseguire la ricostruzione negli spessori di progetto, ad es. dime per garantire la corretta ricostruzione fino allo spessore richiesto,
- applicazione della malta tissotropica a spruzzo per lo spessore necessario; la malta verrà additivata con prodotto riduttore del ritiro in ragione del 0,25%,
- il getto di ogni strato deve essere energicamente pressato, quindi trattato superficialmente con spatola dentata,
- le riprese di getto devono essere rastremate e non ortogonali alla parete; su di esse va applicato, in caso di eccessivo intervallo di tempo fra le successive mani, di un "aggrappante", solo a richiesta della D.L.,
- si eviti che le riprese di getto della malta coincidano con le riprese di getto costruttive,
- le riprese di getto degli strati non devono sovrapporsi, bensì distanziarsi di almeno 2 metri,
- gli strati vanno completati nella singola giornata di lavoro, salvo controindicazioni per eccessivo spessore e/o alte temperature ambientali: nel caso si preveda minore estensione del primo strato, ma garantendo il completamento di entrambi nella giornata,
- la superficie finale va lisciata con staggia prima dell'inizio presa ed eventualmente rifinita a frattazzatrice elettrica in modo da ottenere una superficie finale liscia, comunque idonea per la successiva applicazione della malta impermeabile; l'impiego della frattazzatrice deve essere successiva di almeno 20 minuti rispetto l'applicazione della malta, per migliorare l'efficienza,
- la maturazione della ricostruzione deve essere facilitata con doccia d'acqua dall'alto, continua per almeno 24 ore.

Qualora lo spessore da riportare risulti superiore a 5 cm si dovrà effettuare l'intervento in più mani e prevedere il posizionamento di una rete elettrosaldata per garantire un adeguato contrasto all'espansione della malta.

L'aggiunta di ghiaietto opportunamente selezionato e lavato del diametro massimo di 6-8 mm nella misura del 30-40% sul peso della malta potrà permettere il raggiungimento di spessori fino a 10 cm, previa approvazione della Direzione Lavori.

Prima della posa in opera della malta le superfici ottenute dopo la asportazione del calcestruzzo ammalorato dovranno essere bagnate a "rifiuto" in modo da ottenere un sottofondo saturo, ma privo di acqua liquida in superficie.

La posa in opera dovrà avvenire mediante applicazione a spruzzo, con idonee pompe, oppure a cazzuola. La finitura superficiale e soprattutto la creazione degli spigoli dovrà essere accuratamente eseguita a frattazzo.

Una volta eseguita la posa in opera e la finitura delle superfici, le stesse dovranno essere mantenute umide per almeno 24 ore.

#### **55.7 APPLICAZIONE MALTA ANTIRITIRO FIBRORINFORZATA COLABILE**

##### **Preparazione del sottofondo**

- Rimuovere il calcestruzzo deteriorato ed in fase di distacco, fino ad arrivare al sottofondo solido, resistente e ruvido. Eventuali precedenti interventi di ripristino che non risultino perfettamente aderenti devono essere rimossi.
- Pulire il calcestruzzo ed i ferri da polvere, ruggine, lattime di cemento, grassi, oli, vernici o pitture precedentemente applicate, mediante sabbiatura.
- Bagnare a saturazione con acqua il sottofondo.
- Prima di gettare attendere l'evaporazione dell'acqua in eccesso; per facilitare l'eliminazione dell'acqua libera, utilizzare, se necessario, aria compressa.

##### **Applicazione della malta**

Versare nelle casseforme, avendo cura di favorire la fuoriuscita dell'aria.

Le casserature non devono sottrarre acqua alla malta; si consiglia quindi di trattarle con disarmante.

Non è necessario sottoporre il getto a vibrazioni meccaniche.

Verificare il completo riempimento delle parti ed eventualmente, per facilitare il passaggio della malta in zone particolarmente difficili, aiutarsi con listelli di legno o tondini di ferro.

#### **NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 56 RIPRISTINO E PROTEZIONE DELLE STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO**

I materiali speciali occorrenti per l'esecuzione del ripristino e della protezione delle opere del presente lavoro dovranno essere della migliore qualità.

L'impresa dovrà dichiarare prima dell'inizio lavori con quali tipi di prodotti e relative marche ritiene più opportuno operare i vari tipi di intervento; non è consentito operare parte di un intervento con prodotti di una marca e altre parti dello stesso intervento con prodotti di marca diversa, salvo deroghe scritte da parte della Direzione Lavori o della Committenza e sempre che sia dimostrato che i vari prodotti di marche diverse siano compatibili; la compatibilità dovrà essere dimostrata mediante analisi chimiche - fisiche da eseguirsi da parte di un laboratorio regolarmente riconosciuto a norma di legge.

Prima dell'inizio dei lavori dovranno essere fornite le schede tecniche relative ai prodotti che l'Impresa ritiene più idonei per il ripristino e/o la protezione; in dette schede dovranno essere riportate almeno le caratteristiche meccaniche, la tipologia dei componenti, gli intervalli dei tempi di applicazione e le temperature entro cui tali prodotti debbano essere posti in opera e dovranno essere riportati i certificati di prova.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI****56.1 PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DEI CALCESTRUZZI E DELLE ARMATURE METALLICHE**

Condizione comune a tutti gli interventi di ripristino e/o protezione è che la preparazione delle superfici del calcestruzzo e delle barre di acciaio sia eseguita molto accuratamente onde ottenere risultati positivi.

Le operazioni necessarie per la preparazione delle superfici del calcestruzzo e delle armature metalliche sono:

- a) battitura con mazzetta da muratore e con picchetto al fine di individuare le porzioni di conglomerato disaggregate, distaccate o in fase di distacco; l'intervento va eseguito sulla totalità delle superfici in calcestruzzo per mettere in luce la totalità delle situazioni di degrado non riscontrabili dall'esterno senza per altro compromettere le parti sane;
- b) eliminazione di olii o grassi eventualmente presenti al fine di far avvenire l'incollaggio con i materiali di apporto da porsi in opera successivamente;
- c) lavaggio e idropulizia ad alta pressione mediante acqua (150-200 Atm) per eliminare polveri, muschi, per la rimozione di depositi del particolato atmosferico, dei depositi incoerenti ed efflorescenze;
- d) spazzolatura atta all'eliminazione di tutte le parti sfarinanti; la spazzolatura va eseguita con attrezzi dotati di setole dure ed eseguita con particolare cura all'interno dei vuoti lasciati da elementi distaccati, all'intero delle cavità ed in corrispondenza dei ferri affioranti o messi in luce;
- e) eliminazione del calcestruzzo ammalorato fino a raggiungere la parte sana, mediante scalpellatura e/o idrodemolizione;

Qualunque sia la tecnica impiegata per la preparazione delle superfici dovrà essere garantito:

- 1) di non lesionare le armature esistenti incorporate nel calcestruzzo;
- 2) di non indurre urti o vibrazioni sulle strutture da ripristinare ed in quelle circostanti alla zona in cui si opera l'intervento;
- 3) di non danneggiare il calcestruzzo che rimane in loco a seguito dell'asportazione di quello deteriorato.

Le superfici così preparate dovranno essere tali da garantire un sicuro aggrappo al materiale di riporto che sarà successivamente posto in opera per il ripristino e/o per la protezione della struttura stessa.

Si fa presente che non dovranno essere usate sostanze chimiche per la preparazione delle superfici da trattare siano esse di calcestruzzo o acciaio.

**56.2 SABBIAURA DI ARMATURE**

Le armature messe a nudo dopo la scarifica, idroscarifica e/o demolizione dei calcestruzzi nei diversi elementi dell'opera dovranno ricevere, soprattutto se rimasti esposti agli agenti atmosferici per lungo tempo, una accurata sabbatura a secco sino ad ottenere la completa asportazione dell'ossidazione delle armature e ritrovare la superficie integra dell'acciaio stesso (nel caso che le armature dovessero risultare altamente deteriorate dovranno essere integrate con nuova armatura). La superficie del calcestruzzo dovrà risultare esente da parti in distacco e ruvida. Le barre d'armatura dovranno risultare completamente pulite, prive della ruggine eventualmente presente, con superficie portata a metallo bianco (grado SA 2,5 secondo la specifica SSPC-SP/10/63).

La sabbatura dovrà essere condotta con tutte le precauzioni onde evitare danni alle strutture, ai mezzi d'opera, al personale, ed alla adiacente circolazione stradale.

**56.3 RICOSTRUZIONE DI ARMATURE**

Tutte le armature eliminate a causa dello spinto ammaloramento evidenziatosi saranno ripristinate con armature in barre in acciaio del tipo B450C ad aderenza migliorata di almeno pari diametro e equivalenti caratteristiche meccaniche per lunghezze superiori di 10 cm: tali porzioni andranno in sovrapposizione con le porzioni di barra rimasta in opera, eseguendo la giunzione a mezzo di saldatura.

In alternativa potranno impiegarsi maglie metalliche di diametro e maglia tale da garantire una equivalenza con il ferro eliminato.

Barre e maglie d'armatura dovranno essere solidarizzate sia alla armatura residuale, mediante saldature, sia al supporto in calcestruzzo, mediante perni di aggancio.

Spessore e lunghezza di saldatura devono essere in grado di garantire la trasmissione dello sforzo assiale massimo sopportabile dalla barra di armatura interessata.

In alternativa alla saldatura, le nuove barre dovranno essere sovrapposte alle esistenti per una lunghezza pari ad almeno 60 volte il diame-

tro delle stese.

#### **56.4 PASSIVAZIONE E RIPRISTINO DELLE ARMATURE METALLICHE**

È previsto il ripristino delle sezioni di acciaio che presentano soluzioni di discontinuità quali fratture e/o forti diminuzioni di spessori dovuti a degradazione mediante saldatura di barre in acciaio del tipo B450C ad aderenza migliorata di almeno pari diametro e equivalenti caratteristiche meccaniche, in sovrapposizione con le porzioni di barra rimasta in opera per lunghezze superiori di 10 cm. In alternativa alla saldatura, le nuove barre dovranno essere sovrapposte alle esistenti per una lunghezza pari ad almeno 60 volte il diametro delle stese.

Tutte le armature saranno successivamente trattate mediante applicazione di malta cementizia anticorrosiva, monocomponente, a base di leganti cementizi, polimeri in polvere e inibitori di corrosione, tipo Mapefer 1K della MAPEI S.p.A. o similare (o tipo Sika "Monotop 610" o "SikaTop 108 Armatec", secondo le specifiche del prodotto)

Dovrà essere applicata a pennello in due mani avendo cura di coprire totalmente e in modo omogeneo la superficie del ferro per uno spessore totale delle due mani non inferiore ai 2 mm. L'applicazione della prima mano dovrà essere eseguita fino a raggiungere uno spessore di 1 mm per tutta la lunghezza della barra, la seconda mano potrà essere applicata, in condizioni ambientali normali, dopo circa 2 ore dall'applicazione della prima mano o il giorno successivo, preferibilmente entro le 24 ore, in funzione dell'organizzazione del cantiere.

Durante l'operazione si sporcherà inevitabilmente anche il calcestruzzo circostante i ferri di armatura, ciò non deve pregiudicare e alterare l'aderenza delle malte da ripristino che saranno utilizzate successivamente.

Il prodotto dovrà rispondere ai requisiti minimi richiesti dalla EN 1504-7 e avere le seguenti caratteristiche prestazionali:

- pH: > 12,
- Adesione al supporto (EN 1542) (MPa):  $\geq 2$ ,
- Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio (EN 15184): specifica superata,
- Resistenza alla corrosione (EN 15183): specifica superata,
- Tempo di attesa prima di applicare la malta da ripristino: 6-24 h (a +20°C).

#### **56.5 INCOLLAGGIO DELLE BARRE DI ACCIAIO AL CALCESTRUZZO**

Una volta preparate le superfici del calcestruzzo e dell'acciaio si procederà ove necessita al loro mutuo incollaggio mediante adesivo epossidico a rapida presa. Onde garantire il perfetto incollaggio in fase provvisoriale saranno posti in opera delle viti laterali alle barre ancorate nel calcestruzzo con tasselli ad espansione che mediante una fascetta metallica copriranno eserciti una mutua forte pressione tra la barra di acciaio ed il calcestruzzo tra i quali è stato posto in opera preventivamente lo stucco di incollaggio (un ancoraggio ogni 30 cm circa). Il prodotto è a rapido indurimento, a due componenti (base e catalizzatore) da miscelare al momento dell'impiego.

Lo stucco sarà applicato a spatola in spessori da 1-2 mm sulle superfici di calcestruzzo. Detto prodotto deve essere conservato a temperatura inferiore a 25 gradi C; non dovrà essere applicato quando la temperatura sia al di sotto di 5 gradi C e in ogni caso secondo le prescrizioni riportate nelle schede tecniche del prodotto.

#### **56.6 CONSOLIDAMENTO CALCESTRUZZI INCOERENTI PER MANCANZA DI LEGANTI**

Quando le azioni disgregatrici abbiano avuto come effetto principale quello di asportare la pasta di cemento (legante) del conglomerato la struttura si presenta porosa e friabile.

Al fine di ripristinare le caratteristiche di consistenza e compattezza del calcestruzzo necessita l'introduzione di un materiale consolidante, da usare come primer, che ricrei i legami tridimensionali mancanti senza per altro realizzare un semplice strato superficiale compatto ma bensì una struttura omogenea che presenti le essenziali caratteristiche di traspirazione del materiale originario e che aumenti l'aderenza tra il supporto e lo strato di ripristino.

Le risultanze di tale intervento saranno verificate mediante il prelievo di carote da analizzarsi sia visivamente che con prove di laboratorio quali prova di trazione UNI 6135-72 od INTERNATIONAL STANDARD ISO 4108 ed eventuali successive.

Il materiale da impiegarsi è un consolidante a base di resine epossidiche con induritore alifatico propriamente idoneo per l'incollaggio di malte cementizie al calcestruzzo stagionato.

Il prodotto dovrà essere dotato di lunga lavorabilità, sarà a due componenti da miscelare accuratamente al momento dell'uso, sarà applicato a pennello, spruzzo airless in più mani a seconda dello strato di disgregazione del supporto.

Esso dovrà essere applicato su superfici asciutte a temperatura non inferiore a + 5°C e comunque secondo quanto riportato sulle schede tecniche del prodotto.

#### **56.7 RICOSTITUZIONE DEL COPRIFERRO E RIPRISTINO VOLUMETRICO**

##### ***56.7.a Generalità***

Le ricostituzioni del copriferro e i ripristini volumetrici saranno effettuati o con prodotti epossidici o con malte cementizie additivate con resine sintetiche, a seconda dello spessore del copriferro da ripristinare.

Prima dell'applicazione dei prodotti a base cementizia additivati con resine sintetiche è necessario applicare sulla superficie una mano di primer (mano di raccordo) che aumenti l'aderenza tra il supporto e lo strato di ripristino. Il prodotto da utilizzare deve essere a base di resina epossidica fluida con induritore alifatico propriamente idoneo per l'incollaggio di malte cementizie al calcestruzzo stagionato, esso inoltre dovrà essere dotato di lunga lavorabilità, fornito in due componenti (base e catalizzatore) che dovranno essere miscelati all'atto

dell'uso nell'esatto rapporto stechiometrico indicato nelle istruzioni della Ditta produttrice.

Dovrà essere messo in opera a pennello ed è necessario che trascorrono almeno 40 minuti prima di procedere all'applicazione del successivo strato di ripristino.

##### ***56.7.b Ripristino superficiale per spessori di apporto variabile da 10-20 mm e ripristino volumetrico di spessori forti.***

Per spessori variabili da 10 a 20 mm. si userà una malta pronta autoportante a ritiro compensato a base di cementi ad alta resistenza, resine sintetiche e aggregati silicei.

Si tratta in ogni caso di un prodotto monocomponente composto, di inerti selezionati, leganti cementizi modificati con l'aggiunta di polimeri sintetici in emulsione ed opportuni additivi. I polimeri di elevata elasticità e con particelle di dimensioni sensibilmente inferiori a quelle dei granuli del cemento, interagiscono con gli stessi migliorando ed aumentando la coesione del sistema; inoltre ramificandosi nel

sottofondo conferiscono allo strato di riporto caratteristiche di adesione.

Si indicano i seguenti prodotti, da utilizzare in base a quanto indicato dalla D.L.:

- malta pronta adesiva monocomponente tixotropica a base di cementi modificati con polimeri sintetici e microsilica tipo Sika Monotop 621 o equivalente (Caratteristiche tecniche: p.s. della miscela 1,7-1,85 kg/l, resistenza a compressione a 28 gg > 20 N/mm<sup>2</sup>, resistenza a flessione a 28 gg > 5 N/mm<sup>2</sup>),
- malta cementizia monocomponente a ritiro controllato tipo "Sika Monotop 622 Evolution" o "Sika Monotop 622" o equivalente (malta monocomponente a ritiro controllato a base di leganti cementizi modificati con polimeri sintetici e silice fume, contenenti microfibre sintetiche per il controllo del ritiro e additivi riduttori dell'acqua; caratteristiche tecniche: p.s. di impasto 2,0 kg/l, resistenza a compressione a 28 gg 40 N/mm<sup>2</sup>, adesione al cls per trazione > 1,5 N/mm<sup>2</sup>, resistenza a flessione a 28 gg 7 N/mm<sup>2</sup>).

Il prodotto dovrà essere fornito completamente predosato cui andrà aggiunta l'acqua secondo quanto previsto nelle schede tecniche. La miscelazione va eseguita meccanicamente solo con strumenti a bassa velocità di rotazione, onde evitare ogni inclusione di aria.

Prima di porre in opera l'impasto lo si lascia maturare per alcuni minuti onde evitare che le sue caratteristiche meccaniche possano diminuire a seguito di un principio di separazione di fase, il quale si manifesterebbe con andamento variegato della superficie (marezzatura).

Procedere alla bagnatura a rifiuto del sottofondo con acqua-

Al fine di ottenere la migliore adesione possibile della malta allo strato di base da ripristinare, si preleverà dall'impasto una piccola porzione, eventualmente ammorbidita con una piccola quantità d'acqua, e si impregnerà la superficie di adesione con una cazzuola esercitando forte pressione.

L'applicazione della malta sopra descritta dovrà essere effettuata immediatamente dopo l'applicazione del sopra citato strato, prima che essa abbia modo di essiccarsi superficialmente.

L'applicazione della malta si farà direttamente a cazzuola o con frattazzo metallico, esercitando una buona pressione e compattazione sul fondo.

Per la realizzazione di spigoli sarà opportuno usare una tavola od altri mezzi di contrasto sul lato.

Lo spessore massimo riportabile direttamente in un singolo strato sarà di 20 mm, spessori superiori saranno realizzati in più strati.

Si dovrà ottenere una finitura superficiale liscia mediante un frattazzo di spugna, da passare alcuni minuti (5-10) dopo l'applicazione della malta stessa.

Dopo la succitata l'applicazione sarà assolutamente necessario mantenere umida la superficie della malta stessa per alcune ore (12-20 ore) onde evitare la formazione di fessure e microfessure dovute alla istantanea evaporazione dell'acqua di impasto per azioni del sole e delle correnti d'aria.

La suddetta umidificazione della malta sarà ottenuta mediante l'applicazione di teli di plastica o teli di juta bagnati, oppure mediante bagnatura con acqua nebulizzata.

Nel caso si dovessero eseguire dei ripristini volumetrici di cavità aventi grosse profondità (superiori a 50-60 mm) si potrà, dopo avere preparato la superficie e dopo averla ricoperta con uno strato di resina epossidica fluida con induritore elifatico per l'incollaggio di malte cementizie al calcestruzzo stagionato, si procederà al successivo getto di calcestruzzo di ottime qualità previa cassetatura ove necessaria.

#### **56.7.c Ripristino superficiale per spessori di apporto non superiore a 10 mm e riparazione delle microfratture**

Il ripristino superficiale di spessori di apporto inferiori a mm 10, come pure delle microfratture viene eseguito di norma con preparati a base di resine epossidiche le cui caratteristiche saranno le seguenti:

- reagirà a temperatura ambiente con tutta una serie di prodotti chimici (poliammine, poliammidi e loro derivati formulati) trasformandosi in un materiale solido, tenace di elevate caratteristiche chimico-fisiche;
- dovrà avere elevate proprietà meccaniche, di resistenza all'aggressione chimica ed elettrica.
- sarà un preparato a due componenti separati che dovranno essere miscelati solo prima dell'impiego.

La reazione può avvenire solo se tra i due componenti esiste un preciso e ben determinato rapporto stechiometrico in peso od in volume.

Si dovrà porre molta attenzione nella determinazione delle dosi di miscelazione, attenendosi a quanto riportato nelle istruzioni al fine di non pregiudicare in modo irreparabile la riuscita del ripristino.

Il prodotto potrà essere caricato con inerti (filler, sabbie, polveri di minerale) e pigmenti in modo da completare le caratteristiche proprie del prodotto stesso.

Si potrà pertanto realizzare una malta caricando con inerti di diversa granulometria variabile da 3-4 mm (grosso) fino a 0,1-0,5 mm (molto fine).

La malta sintetica di cui sopra di norma verrà utilizzata per il ripristino superficiale-dimensionale di manufatti di calcestruzzo per spessori di apporto non superiori a 10 mm.

Se il prodotto sopra descritto verrà caricato con filler molto fine si otterrà uno stucco sintetico che verrà utilizzato nella sigillatura superficiale rigida di macrofessure e ripristini dimensionali di piccolo spessore (1-4 mm) delle superfici di calcestruzzo.

L'applicazione sia della malta che dello stucco dovrà avvenire quando le superfici saranno completamente asciutte.

La messa in opera della malta e dello stucco dovrà essere effettuato con la spatola ed il frattazzo americano dentellato o no e si dovrà evitare ogni vibrazione del materiale una volta posto in opera.

#### **56.8 RIPRISTINO DI FESSURAZIONI MEDIANTE INIEZIONI DI RESINE**

Per ripristinare le fessurazioni di natura e consistenza diverse da quelle descritte si procederà con la metodologia delle "iniezioni di resine a bassa pressione".

Le modalità esecutive saranno le seguenti:

- Posizionamento degli iniettori costituiti da tubicini di rame aventi un interasse medio variabile dai 15-20 cm con conseguente fissaggio alla struttura con adesivo strutturale epossidico a rapida presa;
- chiusura mediante stuccatura di tutta la lunghezza della fessurazione sempre con lo stucco epossidico usato al precedente punto 1) ;
- iniezioni a bassa pressione, 0,3-0,4 bar, di adesivo strutturale ad alta resistenza a base di resine epossidiche ed induritori amminici alifatici, partendo dall'iniettore posto più in basso sino a che il materiale fuoriesca dal tubicino posto immediatamente sopra. Dopo di che si procederà alla chiusura del tubicino da cui è stata effettuata la prima iniezione per raccordarsi a quello immediatamente superiore e così di seguito fino a saturazione di tutta la fessurazione (in ogni caso si dovrà ottenere alle prescrizioni riportate nelle schede tecniche del prodotto);
- trascorse almeno 24 ore si procederà al taglio degli iniettori precedentemente posti in opera.

**56.9 PROTEZIONE DEI CALCESTRUZZI RISANATI**

Agli interventi di ripristino del calcestruzzo ammalorato si fanno seguire gli interventi di protezione. Tali interventi prevedono sia l'applicazione di un inibitore di corrosione sia la verniciatura protettiva a base di copolimeri clorovinilici per calcestruzzi.

Tali procedimenti di protezione risultano necessari al fine di evitare che le parti ripristinate non siano più facilmente aggredibili dagli agenti esterni siano essi di natura chimica, fisica o meccanica; infatti se alcune parti del calcestruzzo sono state degradate e ammalorate è presumibile che tale fenomeno si manifesti nuovamente sulle parti ripristinate.

Le superfici del calcestruzzo da proteggere debbono essere preparate mediante rimozione del prodotto antievvaporante precedentemente applicato mediante bocciardatura o sabbiatura. Devono inoltre essere pulite da ogni impurità mediante idrolavaggio prima dell'applicazione dell'impermeabilizzante.

L'applicazione dell'inibitore di corrosione prevede:

- preparazione del fondo: esecuzione di un ciclo di ripristino corticale, pulitura del sottofondo da ogni impurità, polvere, olii, efflorescenze e verniciature preesistenti mediante l'utilizzo di idropulitrice a pressione;
- applicazione di impregnante incolore a base acquosa, traspirante al passaggio del vapore, ma impermeabile all'acqua e all'anidride carbonica, con caratteristiche di inibizione di corrosione tipo "Sika FerroGard 903" o equivalente. Il trattamento protettivo verrà applicato sul sottofondo pulito ed asciutto, dopo il ciclo di ripristino e prima dello strato di verniciatura finale, mediante pennello, rullo o spruzzo airless in 2 o più mani;

**56.10 TINTEGGIATURA DEI CALCESTRUZZI RISANATI****56.10.a Verniciatura protettiva a base di copolimeri clorovinilici**

La verniciatura finale da applicarsi a stagionatura avvenuta, quando non sussistono fenomeni di abrasione, sarà effettuata su fondo asciutto mediante una vernice a base di copolimeri clorovinilici modificati con resine acriliche, tipo "Sikagard 550W Elastic" o equivalente, previa applicazione di fondo a base di resine acriliche micronizzate in dispersione acquosa. La tinteggiatura inoltre dovrà essere preceduta da una conveniente e accuratissima preparazione del supporto che dovrà essere pulito, privo di polvere, grassi, olii, vernici, efflorescenze saline e muschio; eventuali buchi ed irregolarità devono essere preventivamente regolarizzate con malte speciali tipo "SikaTop" o "Sika MonoTop" o similare.

La pittura, dopo il completo asciugamento, dovrà formare un rivestimento elastico con le seguenti caratteristiche:

- ottima resistenza agli agenti atmosferici (CO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>), all'umidità ed al salmastro, anche in atmosfere industriali;
- resiste all'attacco delle muffe e all'inquinamento batterico;
- applicazione scorrevole anche su superfici assorbenti;
- resiste alle macchie e si lava con detersivi, soluzioni alcaline, alcool e benzina;
- idrorepellente, impermeabile all'acqua, protettivo rispetto alla carbonatazione del cemento;
- omogenea microporosità del film per favorire la traspirazione del vapore acqueo;
- durevole elasticità nel tempo e trascurabile invecchiamento;
- applicabile a partire da 0°C anche con forte umidità atmosferica;
- temperature di esercizio: da - 35°C a + 90°C (in aria).

Il prodotto dovrà rispondere ai requisiti minimi richiesti dalla EN 1504-2 rivestimento (C), secondo i principi PI, MC e IR, per la protezione del calcestruzzo e avere le seguenti caratteristiche prestazionali:

- Massa volumica (EN ISO 2811-1) (g/cm<sup>3</sup>): 1,37 ca.,
- Residuo secco (EN ISO 3251) (%): circa 63,
- Adesione al calcestruzzo secondo EN 1542 (N/mm<sup>2</sup>): ≥0,8,
- Permeabilità dell'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) (EN 1062-6) – diffusione in spessore di aria equivalente relativa a 250 µm di rivestimento secco S DCO<sub>2</sub>(m): S D= 318 µ = 1.272.581,
- Permeabilità al vapore acqueo (EN ISO 7783-1) – spessore di aria equivalente relativa a 250 µm di rivestimento secco S D (m): S D = 0,5 µ = 2.193,
- Impermeabilità espressa come coefficiente di permeabilità all'acqua libera (EN 1062-3) (kg/m<sup>2</sup>·h<sub>0,5</sub>): W = 0,01 - Classe III (bassa permeabilità all'acqua) secondo EN 1062-1,
- invecchiamento: 7 gg a +70°C (UNI EN 1062-11): ≥0,8,
- cicli di gelo-disgelo con immersione in sali disgelanti (UNI EN 13687-1): ≥0,8,
- cicli temporaleschi (UNI EN 13687-2): ≥0,8,
- cicli termici senza sali disgelanti (UNI EN 13687-3): ≥0,8,
- Crack-bridging statico secondo EN 1062-7 espresso come larghezza massima della fessura (mm): classe A4 (> 1,25 mm),
- Crack-bridging dinamico secondo EN 1062-7 espresso come resistenza ai cicli di fessurazione: Classe B2,
- Resistenza all'invecchiamento accelerato tinta RAL 7032, dopo 1.000 h al Weather-Ometer (ASTM G 155 ciclo 1): ΔE < 2,5,
- Reazione al fuoco (EN 13501-1) (Euroclasse): B, s1-d0.

Essa deve essere data in due mani:

- la prima con diluizione al 20% di apposito diluente;
- la seconda con diluizione al 5% di apposito diluente.

La sua applicazione va effettuata a pennello, rullo od a spruzzo con il sistema airless. Lo spessore finale del film asciutto sarà di circa 80-100 micron.

In ogni caso ci si dovrà attenere a quanto riportato nelle specifiche tecniche. Il colore sarà a scelta della Direzione Lavori su campionature eseguite preventivamente. La superficie, a trattamento avvenuto, dovrà risultare omogenea, priva di striature, variazioni cromatiche, macchie, placche e scie da qualsiasi difetto.

**56.10.b Verniciatura protettiva a base di copolimeri clorovinilici su calcestruzzo preventivamente preparato per resistere alla contropinta di acqua o tensioni vapore.**

Quando non sia necessario, date le caratteristiche del calcestruzzo da proteggere, la realizzazione dello strato di finitura a base cementizia si procederà direttamente alla realizzazione della verniciatura protettiva a base di copolimeri clorovinilici previa applicazione di un trattamento resistente alla contropinta di acqua o tensione di vapore.

Tale trattamento sarà realizzato con resine sintetiche e composti inorganici reattivi per la preparazione delle superfici anche umide. Il

prodotto sarà tricomponente a base resine epossidiche e composti inorganici reattivi proprio per la preparazione di superfici anche umide di colore bianco sarà posto in opera a pennello in ragione di gr. 700 al mq. con uno spessore finale di 300 micron minimo.

La verniciatura finale da applicarsi a stagionatura avvenuta, quando non sussistono fenomeni di abrasione, sarà effettuata su fondo asciutto mediante vernice a base di copolimeri clorovinilici modificati con resine acriliche.

Essa deve essere data in tre mani:

- la prima con diluizione al 20% di apposito diluente;
- la seconda e terza con diluizione al 5% di apposito diluente.

La sua applicazione va effettuata a pennello, rullo od a spruzzo con il sistema airless.

Lo spessore finale del film asciutto sarà di circa 150micron e sarà dotato delle seguenti caratteristiche:

- ottima resistenza agli agenti atmosferici, all'umidità ed al salmastro, anche in atmosfere industriali;
- resiste all'attacco delle muffe e all'inquinamento batterico;
- applicazione scorrevole anche su superfici assorbenti;
- resiste alle macchie e si lava con detersivi, soluzioni alcaline, alcool e benzina;
- idrorepellente, impermeabile all'acqua, protettivo rispetto alla carbonatazione del cemento;
- omogenea microporosità del film per favorire la traspirazione del vapore acqueo
- durevole elasticità nel tempo e trascurabile invecchiamento.
- applicabile a partire da 0°C anche con forte umidità atmosferica;
- temperature di esercizio: da - 35°C a + 90°C (in aria).

Il colore sarà a scelta della Direzione Lavori su campionature eseguite preventivamente. La superficie, a trattamento avvenuto, dovrà risultare omogenea, priva di striature, variazioni cromatiche, macchie, placche e scevra da qualsiasi difetto.

#### *56.10.c Verniciatura protettiva a base di resine poliuretaniche*

Il rivestimento finale, per tutte le superfici orizzontali e anche per quelle inclinate o verticali in presenza di azioni abrasive e/o quando le strutture stesse siano immerse in acqua, verrà effettuato su fondo sia asciutto che umido con una resina poliuretanica elastomerizzata previa mano di prodotto tricomponente a base di resine epossidiche e composti inorganici reattivi proprio per la preparazione di superfici anche umide di colore bianco.

La mano di fondo sarà applicata a pennello in ragione di gr 600 circa il mq con diluizione massima del 5%, per uno spessore finale di 250 micron minimo.

La verniciatura protettiva di finitura sarà eseguita a 2 mani a pennello, rullo o spruzzo airless, dopo 48 ore minimo dall'applicazione dello strato di fondo, con l'impiego di gr 1.600 al mq di rivestimento impermeabilizzante a base di elastomeri epossipoliuretanici modificati al fine di ottenere uno spessore dello strato di protezione di 800 micron minimo oltre ai 250 micron della sottostante mano di fondo, aventi le seguenti caratteristiche:

- ottima elasticità e resistenza all'abrasione;
- elevata resistenza all'immersione in acqua dolce e marina;
- buona resistenza agli agenti atmosferici e alle atmosfere industriali;
- buona resistenza all'immersione in acque di scarico e industriali mediante aggressive;
- temperature di esercizio da - 30°C a +90°C(in aria) + 35°C(in immersione). In ogni caso ci si dovrà attenere a quanto riportato nelle specifiche tecniche.

Il colore dovrà essere a scelta della Direzione Lavori su campionature eseguite preventivamente. La superficie, a trattamento avvenuto, dovrà risultare omogenea, priva di striature, variazioni cromatiche, macchie, placche e scevra da qualsiasi difetto.

#### **NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 57 MURATURE DI MATTONI E IN PIETRA****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****57.1 MATERIALI LATERIZI**

Dovranno corrispondere ai requisiti di accettazione specificati nelle norme D.M. 17 gennaio 2018, UNI EN 771, UNI EN 772 ed eventuali e successive modifiche ed integrazioni.

I materiali dovranno essere ben cotti, di forma regolare, con spigoli ben profilati e dritti; alla fattura dovranno presentare struttura fine ed uniforme, e dovranno essere senza calcinaroli e impurità.

I forati e le tegole dovranno risultare di pasta fine ed omogenea, senza impurità, ben cotti, privi di nodi, di bolle, senza ghiaietto o calcinaroli, sonori alla percussione.

**57.2 ELEMENTI DI LATERIZIO E CALCESTRUZZO**

Gli elementi resistenti artificiali da impiegare nelle murature (elementi in laterizio ed in calcestruzzo) possono essere costituiti di laterizio normale, laterizio alleggerito in pasta, calcestruzzo normale, calcestruzzo alleggerito.

Quando impiegati nella costruzione di murature portanti, essi debbono rispondere alle prescrizioni contenute nel D.M. 17 gennaio 2018.

Nel caso di murature non portanti le suddette prescrizioni possono costituire utile riferimento, insieme a quelle della norma UNI EN 771-1:2015.

Gli elementi resistenti di laterizio e di calcestruzzo possono contenere forature rispondenti alle prescrizioni del succitato D.M. 17 gennaio 2018.

La resistenza meccanica degli elementi deve essere dimostrata attraverso certificazioni contenenti i risultati delle prove e condotte da laboratori ufficiali negli stabilimenti di produzione, con le modalità previste nel D.M. di cui sopra.

E' facoltà del Direttore dei lavori richiedere un controllo di accettazione, avente lo scopo di accertare se gli elementi da mettere in opera abbiano le caratteristiche dichiarate dal produttore.

Per tutti i calcestruzzi si intendono sempre compresi l'onere della vibrazione, le casseforme per getti in asciutto, le armature di sostegno, le centine, il disarmo e la ripassatura degli spigoli.

Tutti i calcestruzzi posti in opera dovranno ottemperare per contenuto minimo di cemento, contenuto d'aria intrappolata, lavorabilità, rapporto massimo acqua/cemento e tipo di cemento utilizzato alle indicazioni contenute nella norma UNI EN 206-1 ed alle indicazioni fornite dal D.M. 17 gennaio 2018. A tal scopo dovrà di volta in volta individuarsi la classe di esposizione dell'elemento strutturale o architettonico che deve essere realizzato. Qualora la D.L. ordinasse l'inclusione di additivi chimici in genere nei calcestruzzi, nelle malte o negli intonaci verrà compensato il solo costo di detti materiali a piè d'opera (a meno che non vengano forniti dal committente stesso), mentre la relativa miscelazione degli impasti s'intende già compensata nei relativi prezzi.

I prezzi unitari si intendono compensativi di tutti gli oneri necessari per l'esecuzione delle interruzioni tecniche di getto in continuità strutturale. Tali interruzioni dovranno essere realizzate garantendo il passaggio attraverso l'interruzione di getto dell'armatura strutturale, la conterminazione del getto con un foglio di rete metallica tipo nervo metal o equivalente e, in possibilità di infiltrazioni d'acqua la posa in opera di cordone idroespansivo di tipo bentonitico.

**57.3 ELEMENTI RESISTENTI NATURALI**

Le pietre, da ricavarsi in genere per abbattimento di rocce, devono essere non friabili o sfaldabili, e resistenti al gelo, nel caso di murature esposte direttamente agli agenti atmosferici.

Non devono contenere in misura sensibile sostanze solubili o residui organici.

Le pietre devono presentarsi monde di cappellaccio e di parti alterate o facilmente removibili; devono possedere sufficiente resistenza sia allo stato asciutto che bagnato, e buona adesività alle malte.

In particolare gli elementi devono possedere i requisiti minimi di resistenza determinabili secondo le modalità descritte nell'allegato 1 del citato DM 20 novembre 1987, n. 103.

L'impiego di elementi provenienti da murature esistenti è subordinato al soddisfacimento dei requisiti sopra elencati ed al ripristino della freschezza delle superfici a mezzo di pulitura e lavaggio delle superfici stesse.

**57.4 MANUFATTI IN PIETRA ARTIFICIALE**

Costituiscono elementi decorativi quali cornici e fregi di trabeazione per la formazione di timpani architettonici.

Saranno formati da elementi prefabbricati che corrisponderanno per dimensioni, forma e caratteristiche alle tipologie degli elaborati di progetto.

Saranno costruiti con un impasto di calcestruzzo formato da cemento SUPERITALBIANCO 525, dosato a 4,25 quintali per metrocubo, con l'aggiunta di polvere di marmo bianco, inerti di graniglia di marmo bianco, con grani di pezzatura granulometrica variabile fino ad un massimo di 2 mm., per una quantità complessiva di 1,2 quintali per metrocubo.

Saranno dotati di armatura formata da tondini sottili opportunamente distribuiti, e retine metalliche, idonee al loro sostentamento, e di ferri d'attesa sulle parti interne, per il necessario ancoraggio e fissaggio – mediante saldatura - alle strutture cementizie.

Nella posa, oltre alla saldatura degli elementi di armamento si dovrà tener conto dei rinzaffi a coprire le zone di fissaggio mediante malta cementizia, e, infine, di sigillatura dei giunti con cordone siliconico, pulizia, eventuale verniciatura con idrorepellente trasparente e incolore, se ordinata dalla D.LL.

Eventuali varianti dimensionali a singoli elementi previsti nello Abaco delle Pietre Artificiali, dovranno essere comunicate con debito preavviso e motivata causa alla D.LL.

Resta l'obbligo di depositare in cantiere le campionature dei singoli elementi previsti, per la dovuta approvazione della D.LL. prima della loro installazione in sito.

## NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

### 57.5 ESECUZIONE DI MURATURE IN GENERE

La costruzione delle murature deve iniziarsi e proseguire uniformemente, assicurando il perfetto collegamento sia con le murature esistenti, sia fra le parti di esse. Il nucleo della muratura in calcestruzzo dovrà essere gettato sempre contemporaneamente ai rivestimenti esterni.

I mattoni, prima del loro impiego, dovranno essere bagnati fino a saturazione per immersione prolungata in appositi bagnaroli e mai per asperzione.

Essi dovranno mettersi in opera con i giunti alternati ed in corsi ben regolari e normali alla superficie esterna; saranno posati sopra un abbondante strato di malta e premuti sopra di esso in modo che la malta rifluisca all'ingiro e riempia tutte le connessioni. La larghezza dei giunti non dovrà essere maggiore di 8 né minore di 5 mm. I giunti non verranno rabboccati durante la costruzione per dare maggiore presa all'intonaco od alla stuccatura col ferro. Le malte da impiegarsi per la esecuzione delle murature dovranno essere passate al setaccio per evitare che i giunti fra i mattoni riescano superiori al limite di tolleranza fissato. Le murature di rivestimento saranno fatte a corsi bene allineati e dovranno essere opportunamente collegate con la parte interna. Se la muratura dovesse eseguirsi con paramento a vista (cortina) si dovrà avere cura di scegliere per le facce esterne i mattoni di migliore cottura, meglio formati e di colore più uniforme, disponendoli con perfetta regolarità e ricorrenza nelle connessioni orizzontali, alternando con precisione i giunti verticali.

In questo genere di paramento le connessioni di faccia vista non dovranno avere grossezza maggiore di 5 mm, e, previa raschiatura e pulitura, dovranno essere profilate con malta idraulica o di cemento, diligentemente compresse e lisciate con apposito ferro, senza sbavatura.

Le sordine, gli archi, le piattabande e le volte dovranno essere costruite in modo che i mattoni siano sempre disposti in direzione normale alla curva dell'intradosso e le connessioni dei giunti non dovranno mai eccedere la larghezza di 5 mm all'intradosso e 10 mm all'estradosso.

Nella realizzazione delle murature verranno lasciati tutti i necessari incavi, sfondi, canne e fori per:

- ricevere le chiavi ed i capichiavi delle volte: gli ancoraggi delle catene e delle travi a doppio T; le testate delle travi (di legno, di ferro); le pietre da taglio e quanto altro non venga messo in opera durante la formazione delle murature;
- il passaggio delle canalizzazioni verticali (tubi pluviali, dell'acqua potabile, canne di stufe e camini, scarico acqua usata, immondizie, ecc.);
- il passaggio delle condutture elettriche, di telefoni e di illuminazione;
- le imposte delle volte e degli archi;
- gli zoccoli, dispositivi di arresto di porte e finestre, zanche, soglie, ferriate, ringhiere, davanzali, ecc.

Quanto detto, in modo che non vi sia mai bisogno di scalpellare le murature già eseguite.

All'innesto con muri da costruirsi in tempo successivo dovranno essere lasciate opportune ammorsature in relazione al materiale impiegato. I lavori di muratura, qualunque sia il sistema costruttivo adottato, debbono essere sospesi nei periodi di gelo, durante i quali la temperatura si mantenga, per molte ore, al disotto di zero gradi centigradi. Quando il gelo si verifichi solo per alcune ore della notte, le opere in muratura ordinaria possono essere eseguite nelle ore meno fredde del giorno, purché al distacco del lavoro vengano adottati opportuni provvedimenti per difendere le murature dal gelo notturno. Le impostature per le volte, gli archi, ecc. devono essere lasciate nelle murature sia con gli addentellati d'uso, sia col costruire l'origine delle volte e degli archi a sbalzo mediante le debite sagome, secondo quanto verrà prescritto. La direzione dei lavori stessa potrà ordinare che sulle aperture di vani e di porte e finestre siano collocati degli architravi (cemento armato, acciaio) delle dimensioni che saranno fissate in relazione alla luce dei vani, allo spessore del muro ed al sovraccarico. Nel punto di passaggio fra le fondazioni entro terra e la parte fuori terra sarà eseguito un opportuno strato (impermeabile, drenante, ecc.) che impedisca la risalita per capillarità.

### 57.6 ESECUZIONE DI MURATURE PORTANTI

Si dovrà fare riferimento alle « Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura » contenute nel D.M. 20 novembre 1987, n. 103 e relativa circolare di istruzione del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP., n. 30787 del 4 gennaio 1989. In particolare vanno tenuti presenti le prescrizioni che seguono: La muratura costituita da elementi resistenti artificiali avrà generalmente forma parallelepipedica, posta in opera in strati regolari di spessore costante e legati tra di loro tramite malta. Gli elementi resistenti possono essere di: – laterizio normale; – laterizio alleggerito in pasta; – calcestruzzo normale; – calcestruzzo alleggerito. Gli elementi resistenti artificiali possono essere dotati di fori in direzione normale al piano di posa (elementi a foratura verticale) oppure in direzione parallela (elementi a foratura orizzontale). La muratura è costituita da elementi resistenti naturali di pietra legati tra di loro tramite malta avrà le caratteristiche di seguito elencate.

Le pietre, da ricavarsi in genere per abbattimento di rocce, devono essere non friabili o sfaldabili, e resistenti al gelo, nel caso di murature esposte direttamente agli agenti atmosferici. Non devono contenere in misura sensibile sostanze solubili o residui organici. Le pietre devono presentarsi monde di cappellaccio e di parti alterate o facilmente rimovibili; devono possedere sufficiente resistenza sia allo stato asciutto che bagnato, e buona adesività alle malte. In particolare gli elementi devono possedere i requisiti minimi di resistenza determinabili secondo le modalità descritte nell'allegato 1 del citato D.M. 20 novembre 1987, n. 103. L'impiego di elementi provenienti da murature esistenti è subordinato al soddisfacimento dei requisiti sopra elencati ed al ripristino della freschezza delle superfici a mezzo di pulitura e lavaggio delle superfici stesse. Le murature formate da elementi resistenti naturali si distinguono nei seguenti tipi: – muratura di pietra non squadrata composta con pietrame di cava grossolanamente lavorato, posto in opera in strati pressoché regolari; – muratura listata: costituita come la muratura in pietra non squadrata, ma intercalata da fasce di conglomerato semplice o armato oppure da ricorsi orizzontali costituiti da almeno due filari in laterizio pieno, posti ad interasse non superiore a 1,6 m ed estesi a tutta la lunghezza ed a tutto lo spessore del muro; – muratura di pietra squadrata: composta con pietre di geometria pressoché parallelepipedica poste in opera in strati regolari.

L'edificio a uno o più piani a muratura portante deve essere concepito come una struttura tridimensionale costituita da singoli sistemi resistenti collegati tra di loro e con le fondazioni e disposti in modo da resistere alle azioni verticali ed orizzontali. A tal fine di deve considerare quanto segue: a) Collegamenti. I tre sistemi di elementi piani sopraddetti devono essere opportunamente collegati tra loro. Tutti i muri saranno collegati al livello dei solai mediante cordoli e, tra di loro, mediante ammorsamenti lungo le intersezioni verticali. Inoltre essi saranno collegati da opportuni incatenamenti al livello dei solai. Nella direzione di tessitura dei solai la funzione di collegamento potrà essere espletata dai solai stessi purché adeguatamente ancorati alla muratura. Il collegamento tra la fondazione e la struttura in elevazione

sarà di norma realizzato mediante cordolo di calcestruzzo armato disposto alla base di tutte le murature verticali resistenti, di spessore pari a quello della muratura di fondazione e di altezza non inferiore alla metà di detto spessore. b) Cordoli. In corrispondenza dei solai di piano e di copertura i cordoli si realizzeranno generalmente in cemento armato, di larghezza pari ad almeno 2/3 della muratura sottostante, e comunque non inferiore a 12 cm, e di altezza almeno pari a quella del solaio e comunque non inferiore alla metà dello spessore del muro. Per i primi tre orizzontamenti, a partire dall'alto, l'armatura minima dei cordoli sarà di almeno 6 cm<sup>2</sup> con diametro non inferiore a 12 mm. In ogni piano sottostante gli ultimi tre, detta armatura minima sarà aumentata di 2 cm<sup>2</sup> a piano. La stessa armatura dovrà essere prevista nel cordolo di base interposto tra la fondazione e la struttura in elevazione. In ogni caso, le predette armature non dovranno risultare inferiori allo 0,6 % dell'area del cordolo. Le staffe devono essere costituite da tondi di diametro non inferiore a 6 mm poste a distanza non superiore a 30 cm. Per edifici con più di 6 piani, entro e fuori terra, l'armatura dei cordoli sarà costituita da tondi con diametro non inferiore a 14 mm e staffe con diametro non inferiore a 8 mm. Negli incroci a L le barre dovranno ancorarsi nel cordolo ortogonale per almeno 40 diametri; lo squadro delle barre dovrà sempre abbracciare l'intero spessore del cordolo. c) Incatenamenti orizzontali interni. Gli incatenamenti orizzontali interni, aventi lo scopo di collegare i muri paralleli della scatola muraria ai livelli dei solai, devono essere realizzati per mezzo di armature metalliche. Tali incatenamenti dovranno avere le estremità efficacemente ancorate ai cordoli. Nella direzione di tessitura del solaio possono essere omessi gli incatenamenti quando il collegamento è assicurato dal solaio stesso. In direzione ortogonale al senso di tessitura del solaio gli incatenamenti orizzontali saranno obbligatori per solai con luce superiore ai 4,5 m e saranno costituiti da armature con una sezione totale pari a 4 cm<sup>2</sup> per ogni campo di solaio.

### 57.7 ESECUZIONE DI MURATURE IN PIETrame

La muratura è costituita da elementi di pietra legati tra di loro tramite malta.

Le murature formate da elementi resistenti naturali si distinguono nei seguenti tipi:

- 1) muratura di pietra non squadrata composta con pietrame di cava grossolanamente lavorato, posto in opera in strati pressoché regolari;
- 2) muratura listata: costituita come la muratura in pietra non squadrata, ma intercalata da fasce di conglomerato semplice o armato oppure da ricorsi orizzontali costituiti da almeno due filari in laterizio pieno, posti ad interasse non superiore a 1,6 m ed estesi a tutta la lunghezza ed a tutto lo spessore del muro;
- 3) muratura di pietra squadrata: composta con pietre di geometria pressoché parallelepipedica poste in opera in strati regolari.

Per le facce a vista delle murature di pietrame, secondo gli ordini della Direzione dei lavori, potrà essere prescritta l'esecuzione delle seguenti speciali lavorazioni:

- paramento con «pietra rasa e teste scoperte» (ad opera incerta) il pietrame dovrà essere scelto diligentemente fra il migliore e la sua faccia vista dovrà essere ridotta col martello a superficie approssimativamente piana; le pareti esterne dei muri dovranno risultare bene allineate e non presentare rientranze o sporgenze maggiori di 25 mm;
- paramento a «mosaico grezzo» la faccia vista dei singoli pezzi dovrà essere ridotta col martello e la grossa punta a superficie perfettamente piana ed a figura poligonale, ed i singoli pezzi dovranno combaciare fra loro regolarmente, restando vietato l'uso delle scaglie. In tutto il resto si seguiranno le norme indicate per il paramento a pietra rasa;
- paramento a «corsi pressoché regolari» il pietrame dovrà essere ridotto a conci piani e squadrati, sia col martello che con la grossa punta, con le facce di posa parallele fra loro e quelle di combaciamento normali a quelle di posa. I conci saranno posti in opera a corsi orizzontali di altezza che può variare da corso a corso, e potrà non essere costante per l'intero filare. Nelle superfici esterne dei muri saranno tollerate rientranze o sporgenze non maggiori di 15 mm;
- paramento a «corsi regolari» i conci dovranno essere perfettamente piani e squadra-ti, con la faccia vista rettangolare, lavorati a grana ordinaria, essi dovranno avere la stessa altezza per tutta la lunghezza del medesimo corso, e qualora i vari corsi non avessero eguale altezza, questa dovrà essere disposta in ordine decrescente dai corsi inferiori ai corsi superiori, con differenza però fra due corsi successivi non maggiore di 5 cm. La Direzione dei lavori potrà anche prescrivere l'altezza dei singoli corsi, ed ove nella stessa superficie di paramento venissero impiegati conci di pietra da taglio, per rivestimento di alcune parti, i filari di paramento a corsi regolari dovranno essere in perfetta corrispondenza con quelli della pietra da taglio.

Tanto nel paramento a corsi pressoché regolari, quanto in quello a corsi regolari, non sarà tollerato l'impiego di scaglie nella faccia esterna; il combaciamento dei corsi dovrà avvenire per almeno un terzo della loro rientranza nelle facce di posa, e non potrà essere mai minore di 10 cm nei giunti verticali.

La rientranza dei singoli pezzi non sarà mai minore della loro altezza, né inferiore a 25 cm; l'altezza minima dei corsi non dovrà essere mai minore di 20 cm.

In entrambi i paramenti a corsi, lo sfalsamento di due giunti verticali consecutivi non dovrà essere minore di 10 cm e le commessure avranno larghezza non maggiore di 1 cm.

Per tutti i tipi di paramento le pietre dovranno mettersi in opera alternativamente di punta in modo da assicurare il collegamento col nucleo interno della muratura.

Per le murature con malta, quando questa avrà fatto convenientemente presa, le commessure delle facce di paramento dovranno essere accuratamente stuccate.

In quanto alle commessure, saranno mantenuti i limiti di larghezza fissati negli articoli precedenti secondo le diverse categorie di muratura.

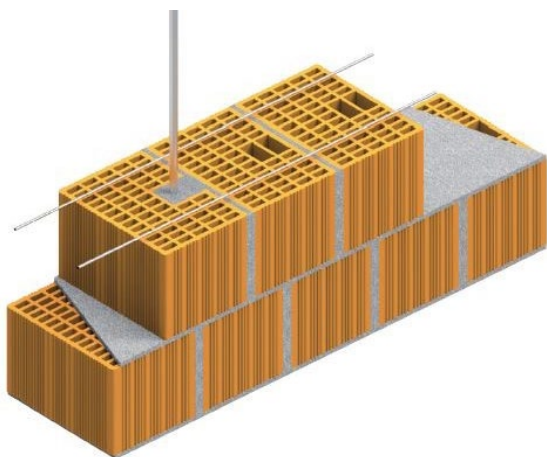
Per le volte in pietrame si impiegheranno pietre di forma, per quanto possibile, regolari, a-venti i letti di posa o naturalmente piani o resi grossolanamente tali con la mazza o col martello.

In tutte le specie di paramenti la stuccatura dovrà essere fatta raschiando preventivamente le commessure fino a conveniente profondità per purgarle dalla malta, dalla polvere, e da qualunque altra materia estranea, lavandole con acqua abbondante e riempiendo quindi le commessure stesse con nuova malta della qualità prescritta, curando che questa penetri bene dentro, comprimendola e lisciandola con apposito ferro, in modo che il contorno dei conci sui fronti del paramento, a lavoro finito, si disegni nettamente e senza sbavature.

### 57.8 ESECUZIONE DI MURATURE IN BRECCIA

Esecuzione di muratura in breccia per chiusura di vani di porte, finestre o di altre aperture interne ed esterne o nicchie di vecchie strutture murarie anche semidemolite o pericolanti, eseguita anche a tutto spessore con impiego di mattoni pieni e malta di cemento tipo 32.5, dosata a 400 Kg per mc di sabbia. Sono compresi: i materiali occorrenti; la preparazione del vano; le ammorsature alla muratura esistente e gli ancoraggi necessari; l'idonea malta rispondente, se del caso, alle caratteristiche di quella originale. E' inoltre compreso quanto altro occorre per dare il lavoro finito.

NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

**Art. 58 MURATURA ARMATA**

La muratura armata è un sistema costruttivo costituito da elementi resistenti artificiali pieni e semipieni idonei alla realizzazione di pareti murarie incorporanti apposite armature metalliche verticali e orizzontali, annegate nella malta o nel conglomerato cementizio (D.M.17.01.2018, § 4.5.7.).

I blocchi sono caratterizzati da una particolare conformazione geometrica che consente di ottenere dei vani per l'inserimento delle barre di armatura verticali che verranno poi saturati con malta fluida o conglomerato cementizio, nel rispetto delle prescrizioni previste dalla normativa stessa (§7.8.1.2) mentre le armature orizzontali verranno disposte in corrispondenza del giunto orizzontale di malta.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

Le N.T.C. 2018 prescrivono per le strutture in muratura armata l'impiego di blocchi semipieni; il D.M. 17.01.2018 richiede inoltre che i setti dei blocchi disposti parallelamente al piano del muro siano continui e rettilinei, salvo potersi interrompere in corrispondenza dei fori di presa o per l'alloggiamento delle armature (§7.8.1.2).

I blocchi per muratura armata possono inoltre disporre di un foro per l'alloggiamento dell'armatura di area non superiore a 70 cm<sup>2</sup> e dovranno avere resistenza caratteristica a rottura nella direzione portante (fbk), calcolata sull'area al lordo delle forature, non inferiore a 5 Mpa;

- resistenza caratteristica a rottura nella direzione perpendicolare a quella portante ossia nel piano di sviluppo della parete (fbk), non inferiore a 1,5 MPa.

Si prescrive l'impiego di malta avente resistenza media a compressione di almeno 10 N/mm<sup>2</sup> (classe M10). I giunti di malta sia orizzontali che verticali devono essere riempiti di malta. In particolare, la muratura armata non può essere realizzata con blocchi di tipo "ad incastro" o "con tasca" (§8.1.5(3) – EC6)

I blocchi per muratura armata devono avere conformazione geometrica che consenta di ottenere dei vani, per l'inserimento delle barre di armatura verticali, di forma tale che vi si possa inscrivere un cilindro di diametro minimo pari a 6 cm. Per i vani in cui vengono inserite le armature verticali è richiesto il riempimento con malta o conglomerato cementizio (classe M10 per la malta, classe C12/15 per il conglomerato cementizio).

Per le armature si devono utilizzare le barre ad aderenza migliorata normalmente impiegate per il cemento armato (tipo B450A e B450C o da acciaio inossidabile o da acciaio con rivestimento speciale, conformi alle pertinenti indicazioni di cui al § 11.3.).

Per le armature orizzontali è ammesso l'impiego di armature a traliccio elettrosaldato l'impiego di altre armature conformate in modo da garantire adeguata aderenza ed ancoraggio, nel rispetto delle pertinenti normative di comprovata validità.

In ogni caso dovrà essere garantita una adeguata protezione dell'armatura nei confronti della corrosione.

Un aspetto fondamentale per ogni sistema costruttivo è rappresentato dalla cura del dettaglio, è per questo che la "Fornaci Laterizi Danesi S.P.A." ha sviluppato attentamente i particolari costruttivi della giunzione d'angolo, dell'intersezione tra pareti, dell'estremità di un'apertura e del posizionamento di un'armatura intermedia nel caso di pareti lunghe, che si possono presentare nella "progettazione di un edificio in muratura armata" in zona sismica.

Nei particolari costruttivi di seguito riportati si è ipotizzato di inserire un'unica barra verticale per foro, prevedendo eventualmente di occupare più fori (laddove esigenze di calcolo lo richiedano) piuttosto che concentrare due barre in un unico foro; questo perché nella pratica di cantiere risulta in tal modo più semplice procedere al riempimento del foro con la malta, oltre che risultare più efficace l'ancoraggio dell'armatura stessa.

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI****58.1 POSA IN OPERA DEI BLOCCHI**

Nella fase di posa in opera è consigliabile lavorare nel rispetto delle seguenti indicazioni:

a) I giunti di malta orizzontali siano i più regolari possibili e di spessore compreso tra 5 e 15 mm.;

- b) I giunti di malta orizzontali e quelli verticali ove previsti, siano accuratamente riempiti fino alla superficie esterna (le eventuali sbavature verso l'esterno vanno subito tolte con la cazzuola)
- c) Prima della posa dei blocchi sui giunti di malta è necessario bagnare adeguatamente gli elementi per evitare che la malta maturi non correttamente in quanto il laterizio assorbirebbe l'acqua dell'impasto della malta stessa. Tale accorgimento deve essere ripetuto prima della stesura dell'intonaco;
- d) Periodicamente controllare (ogni metro in altezza) l'orizzontalità dei corsi, la planarità delle facce della parete e la planarità degli spigoli (con filo a piombo e staggia con bolla);
- e) I vari corsi degli elementi in laterizio devono essere tra loro adeguatamente sfalsati verticalmente al fine di ottenere un buon collegamento degli elementi che compongono il muro; la buona regola ammette lo sfalsamento minimo dei giunti verticali calcolabile con la seguente formula:
- $$S = 0,4 \cdot H$$
- dove S è lo sfalsamento e H l'altezza dell'elemento in cotto (considerando un minimo di 4,5 cm. nel caso di elementi con altezza inferiore a 11,25 cm). Lo sfalsamento ideale è comunque pari a metà della base dell'elemento;
- f) È consentito un arretramento massimo del cordolo di 6 cm per murature in blocchi di spessore fino a 30 cm. Per murature di spessore  $t > 30$  cm è concesso un arretramento pari a  $0,2t$ ;
- g) I blocchi eventualmente tolti, perché murati in modo non corretto, devono essere ripuliti, controllati nella loro integrità e riutilizzati con malta nuova;
- h) Nel caso in cui non si riesca ad "arrivare in quota" con un numero intero di corsi si consiglia, per raggiungere la quota voluta, di tagliare i blocchi. È del tutto sconsigliato l'uso di soluzioni alternative (quali l'impiego di elementi di altra natura – blocchi o mattoni in laterizio normale, a fori orizzontali od altro);
- i) La profondità della zona di appoggio di eventuali architravi sopra porta o sopra finestra deve essere almeno pari a  $2/3$  dello spessore del muro;
- l) I blocchi devono essere messi in opera con foratura disposta in senso verticale;
- m) Nel caso di utilizzo di tramezzatura esterna è necessario ancorare la rifodera della muratura strutturale mediante appositi ganci che hanno la funzione di resistere alle azioni fuori piano. Tali ganci devono avere una forma tale da impedire durante la posa della rifodera il rischio di penetrazione e/o ferita dell'operatore (forme curve e non taglienti). Al fine di ottimizzare gli sfridi ed i tempi di posa, la frequenza dei ganci deve essere compatibile con la modularità degli elementi in gioco (altezza e larghezza del pannello isolante ed altezza degli elementi portanti e di rifodera in laterizio). Si consiglia di posizionare i ganci almeno ogni 3 corsi in altezza, e comunque non oltre i 60 cm, e a distanza di 60-80 cm in orizzontale;
- n) Nel caso di utilizzo di tramezzatura esterna il pannello isolante, da interporre tra i due strati in laterizio, deve avere una modularità (altezza o/larghezza) in modo tale che il giunto di unione tra le file di pannelli, risulti approssimativamente in linea con i giunti di malta della muratura dove è presente il gancio di ancoraggio;
- o) Nel caso di utilizzo di tramezzatura esterna è necessario che il taglio dei blocchi portanti e della tramezza siano di altezza uguale per consentire di avere i giunti di malta allineati. Ciò consente di inserire gli appositi ganci di connessione tra i due strati della muratura.

## 58.2 DISPOSIZIONE DELLE ARMATURE

Le quantità minime di armatura previste dal D.M. 17.01.2018 per la realizzazione di strutture in muratura armata in zona sismica sono le seguenti:

Armature orizzontali:

- Le barre di armatura devono avere un diametro minimo di 5 mm. Nelle pareti che incorporano armatura nei letti di malta al fine di fornire un aumento della resistenza ai carichi fuori piano, per contribuire al controllo della fessurazione o per fornire duttilità, l'area totale dell'armatura non deve essere minore dello 0,03% dell'area lorda della sezione trasversale della parete (cioè 0,015% per ogni faccia nel caso della resistenza fuori piano).
- Qualora l'armatura sia utilizzata negli elementi di muratura armata per aumentare la resistenza nel piano, o quando sia richiesta armatura a taglio, la percentuale di armatura orizzontale, calcolata rispetto all'area lorda della muratura, non potrà essere inferiore allo 0,04% né superiore allo 0,5%, e non potrà avere interasse superiore a 60 cm.

Armature verticali:

- 2 cm<sup>2</sup> da collocarsi a ciascuna estremità di ogni parete portante, ad ogni intersezione tra pareti portanti, in corrispondenza di ogni apertura e comunque ad interasse non superiore a 4 m;
  - La percentuale di armatura verticale, calcolata rispetto all'area lorda della muratura non potrà essere inferiore allo 0,05% né superiore al 1,0%.
- Al di là di tutte le possibili soluzioni costruttive che si possono immaginare, è bene che il progettista tenga sempre presente quanto segue:
- Le armature verticali devono essere continue lungo l'intero sviluppo verticale del fabbricato. Esse devono quindi essere opportunamente giuntate (di solito per semplice sovrapposizione, la normativa la quantifica in 60 diametri) oppure ancorate all'interno della fondazione e dei cordoli di piano;
  - Le staffe orizzontali disposte nei giunti di malta devono essere chiuse e devono "girare" attorno alle armature verticali ai bordi dei pannelli; nel caso di murature che convergono (angoli o incroci tra pareti) si consiglia di disporre le staffe orizzontali nei corsi dispari di una parete ed in quelli pari dell'altra così da evitare sovrapposizioni di armatura nell'angolo o nell'intersezione;
  - Per quanto riguarda le armature verticali conviene non utilizzare diametri eccessivamente elevati (si consiglia al massimo Ø 20mm.) soprattutto in corrispondenza di vani di alloggiamento non troppo ampi (in generale più grande è il diametro della barra e più delicato diventa il riempimento del foro con la malta ed il fenomeno di aderenza tra malta ed acciaio);
  - La muratura armata eseguita in opera, come si evince da quanto illustrato, non necessita dell'impiego di manodopera specializzata o di particolari attrezzature di cantiere ed è quindi alla portata di qualsiasi impresa.

### NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

Valutato a metro quadrato di superficie eseguita con deduzione dei fori superiori a mq 2,50.

**Art. 59 MURATURE IN BLOCCHI CASSERO IN LEGNO CEMENTO****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

Per la produzione dei blocchi si utilizzano esclusivamente legni di recupero (vecchi pallets e bancali) e cemento Portland puro al 99%; inoltre i prodotti difettosi e gli scarti di fresatura degli stessi vengono macinati e reinseriti nel processo produttivo.

Il legno viene macinato, poi mineralizzato con l'aiuto del cemento portland; l'impasto così ottenuto tramite una blocciera viene trasformato in blocchi solidi. In questo modo la struttura porosa non viene distrutta.

Vengono realizzati anche pezzi speciali, in particolare mezzo blocco, blocco ad angolo, blocco con mazzetta, blocco cordolo solaio, blocco architrave, blocco pilastro, oltre ai pannelli per tamponamenti di vario genere.

I blocchi dovranno sottostare all'APPROVAZIONE TECNICA EUROPEA ETA - 05/0261 in corso di validità oltre alle norme EN ISO 10211 ed EN 12354 -1 per l'isolamento termico e acustico. Il sistema costruttivo dovrà essere dotato di tutte le certificazioni richieste dalle linee guida LL.GG. 08/2011.

Per quanto le modalità d'impiego, dovranno obbligatoriamente essere seguite le direttive della D.L. e del produttore del materiale usato per la muratura, così come riportato nella documentazione tecnica da esso fornita.

Inoltre, il sistema costruttivo dovrà rispondere alle "Linee Guida per il progetto e il calcolo dei sistemi costruttivi a pannelli portanti basati sull'impiego di blocchi cassero e calcestruzzo debolmente armato gettato in opera" emanate dal Servizio Tecnico Centrale del Ministero LL.PP. nel luglio 2011.

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

I blocchi cassero saranno posati a secco, sfalsati di mezzo blocco, con conformazione "a camera aperta" per consentire la continuità del getto di calcestruzzo nell'accostamento laterale. Una doppia maschiatura sia in senso verticale che orizzontale, impedirà al momento del getto qualsiasi movimento dei blocchi, eliminando nello stesso tempo i ponti termici delle giunture.

Riempiti, in opera, successivamente con calcestruzzo ogni 5-6 corsi, con giunti ad incastro verticali ed orizzontali, ad eliminazione completa di ponti termici, con un solo incavo di collegamento per il calcestruzzo.

Il getto in calcestruzzo deve avere una classe di consistenza fluida o superfluida, classe di resistenza derivante dalle esigenze di calcolo e granulometria piccola (12-15 mm.). Per consentire un sicuro riempimento dei blocchi eseguire vibratura con ago piccolo e pilonatura. Inserire armatura verticale e orizzontale collegata con i cordoli dei solai.

Le prestazioni sono sintetizzate nelle seguenti tabelle.

Prestazioni generali dei blocchi		
Descrizione	Valore minimo	Valore massimo
Peso	6 kg	15 kg
Conducibilità termica	0,15 W/mK	0,23 W/mK
Resistenza a compressione	Portante 50 kg/cm <sup>2</sup>	

Altre prestazioni per spessori di muratura						
Spessore Muratura (cm)	Massa Volumica (Kg/mc)	Trasmittanza con 1,5 cm. intonaco est. e int. (W/mqK)	Resistenza alla diffusione vapore (adim.)	Isolamento acustico a 500 Hz. (dB)	Resistenza caratteristica muratura (Kg/cm <sup>2</sup> )	
30	700-1000	0,47	12	53	50	
25	700-1000	0,46	12	51	50	

La resistenza al fuoco di tutte le murature interne ed esterne, non intonacate (con camera calcestruzzo di minimo 12 cm) dovrà essere pari a REI 180.

**Posa del primo corso**

Realizzata la platea di fondazione è necessaria, per prevenire la risalita dell'umidità, l'impermeabilizzazione attraverso la stesura su tutta l'impronta della parete di una guaina liquida a base cementizia oppure cemento osmotico.

La prima fase prevede la posa dei blocchi su una superficie pulita con l'impiego di malta idrofugata da distribuire lungo i bordi dei lati lunghi dei blocchi, questo permette di porre i blocchi perfettamente a bolla nei due sensi (longitudinale e trasversale), seguendo il piano quotato, cosa fondamentale per una corretta lavorazione di tutto il cantiere. I corsi successivi al primo sono posati a secco; la posa a secco, senza malta, a differenza delle murature ordinarie, permette una forte riduzione dei ponti termici e una maggiore velocità di realizzazione dell'opera.

I ferri di ripresa/chiamata saranno di lunghezza tale da rispettare la profondità minima necessaria all'ancoraggio della parete alla fondazione o al solaio, possono essere inseriti prima o dopo la posa del primo corso. In caso di inserimento dopo la posa del primo corso, si va ad utilizzare lo stesso come "dima", per l'inserimento con le resine ancoranti. La particolare geometria dei blocchi a "doppia simmetria" consente il rapido posizionamento delle armature sia orizzontali che verticali, secondo quanto previsto dai calcoli strutturali, con un notevole risparmio di tempo di manodopera e di lavorazione per l'impresa.

**Posa dei corsi successivi**

Per i corsi successivi la posa a secco deve essere eseguita sfalsando i blocchi di almeno 25 cm.

I blocchi possono essere tagliati con una elettrosegga, con una sega a banco o con una sega manuale.

Se per qualsiasi motivo di lavorazione si riscontrassero situazioni nelle quali non vi sia l'esatta collimazione dei blocchi occorre ripristinare l'isolamento con l'iniezione di schiume aventi specifiche proprietà termiche.

L'apposito blocco ad "angolo" permette di evitare ponti termici. Sugli stessi si andrà a realizzare in opera una "lunetta" (indicata in rosso nella figura), necessaria per la posa delle armature d'angolo orizzontali e per garantire la continuità del getto (riempimento con calcestruzzo).

Per non inficiare le prestazioni termiche della parete è necessaria la corretta posa e il corretto taglio dei vari blocchi al fine di evitare qualsiasi tipo di fessurazione.

Occorre verificare altresì le superfici di contatto dei blocchi e di conseguenza dell'isolante di modo che non vi sia del materiale interposto tra le superfici di contatto.

#### Riempimento con calcestruzzo

Il riempimento dei blocchi con calcestruzzo va realizzato ogni cinque/sei file. Il getto di riempimento deve essere svolto in modo omogeneo e contemporaneamente per strati di 75 cm in tutte le sezioni della costruzione del muro, tenendo il livello del getto a 5 cm dal bordo superiore degli elementi.

La velocità di riempimento non deve superare 1 metro/ora di altezza. È buona norma vibrare il calcestruzzo così da raggiungere un adeguato addensamento, il calcestruzzo impiegato deve essere strutturale tipo C25/30 (Rck300) con fluidità S4 o S5 (fluido/super fluido) così da evitare la possibilità di formazione di "nidi di ghiaia".

Dopo il getto è importante e necessario pulire i bordi da eventuali residui di calcestruzzo per permettere poi una corretta posa dei corsi successivi.

Prima e dopo il riempimento del calcestruzzo il muro deve essere controllato e se necessario riassetato.

La lavorazione sopra descritta deve essere eseguita sia per le pareti perimetrali esterne sia per le pareti interne.

#### Appoggio solai e architravi

I cordoli del solaio si realizzano utilizzando i blocchi "appoggio solaio" (blocchi normali ritagliati all'interno a quota solaio e prolungati sul lato esterno con pannelli in legno cemento con lo stesso spessore isolante del blocco, oppure ritagliando il blocco interamente ad altezza quota solaio e usando un pannello in legno cemento con l'isolante per coprire l'altezza fino alla quota della soletta).

In maniera analoga si procede per la realizzazione dell'architrave di porte e finestre, utilizzando il blocco "angolo" ruotato così da ottenere una coibentazione continua anche sotto l'architrave eliminando i ponti termici.

#### Collegamento pareti perimetrali e muri divisorii

Il collegamento tra pareti perimetrali e muri divisorii deve essere realizzato in modo tale da evitare ponti acustici. La parete interna non deve essere semplicemente accostata alla parete perimetrale, è necessario intagliare quest'ultima lungo l'intera altezza.

#### Pilastrini con pannelli in legno cemento

In caso di necessità si possono realizzare dei pilastrini con i pannelli in legno cemento con o senza isolante; è possibile anche ricevere dei casseri pilastrino preconfezionati.

#### Archi

Archi preconfezionati possono essere richiesti sulla base delle misure desiderate. L'elemento viene realizzato in stabilimento con blocchi o pannelli in legno cemento, con o senza isolante integrato, e arriva in cantiere pronto per l'inserimento dell'armatura e il getto di calcestruzzo.

#### Muratura controterra

I blocchi e le pareti modulari in legno cemento possono essere utilizzati anche per i muri di locali interrati. In questo caso, la muratura in legno cemento dovrà essere protetta, sul lato da interrare, da una guaina impermeabile applicata a caldo e da uno strato di protezione ed eventuale drenaggio controterra.

#### Muratura curva

Per muratura a curva è possibile richiedere i blocchi ritagliati con il raggio necessario. Il blocco viene diviso in cinque parti da 25 cm ciascuna e ritagliato adattandolo all'interno per ottenere una muratura curva senza fughe.

#### Passaggio impianti

Le tracce per gli impianti possono essere realizzate facilmente nel legno cemento utilizzando uno scanalatore.

Previo verifica statica, è possibile l'inserimento di tubazioni (per esempio gli scarichi delle grondaie) all'interno dell'intercapedine del blocco cassero in legno cemento prima del getto di calcestruzzo.

#### Applicazione dell'intonaco

L'applicazione dell'intonaco deve essere fatta secondo le specifiche e i cicli proposti dall'azienda produttrice, osservando le regole generali della tecnica dell'intonaco e le normative in vigore. Prima di iniziare l'applicazione deve essere verificata l'idoneità delle superfici che devono essere asciutte (umidità inferiore a 12%-14%), non surriscaldate e non gelate ma con temperatura superiore a 4 °C, piane, prive di impurità e/o fughe.

#### Intonaco interno su blocchi senza coibentazione integrata

Per l'esecuzione dell'intonaco si utilizza una malta premiscelata a base di calce e gesso, con uno spessore minimo 10 mm. L'applicazione della finitura deve avvenire dopo una settimana.

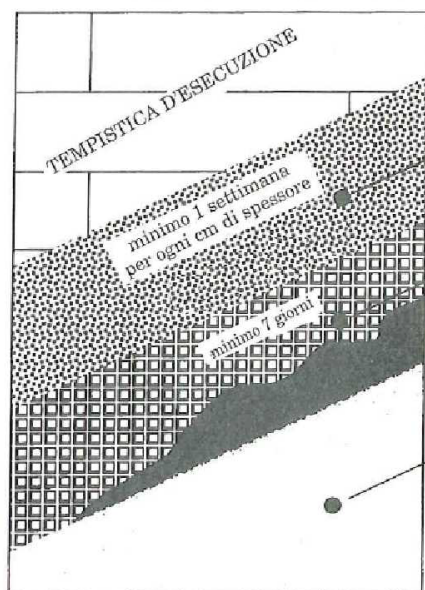
#### Intonaco esterno su blocchi con coibentazione integrata

a) Si realizza un primo strato di rinzafo/aggrappante cementizio coprente, si aspetta la completa maturazione/asciugatura dello stesso, circa 5/8 giorni.

b) Di seguito, a maturazione avvenuta, si applica l'intonaco a base calce e cemento con spessore minimo di 15-20 mm, con tempi di maturazione pari a un giorno per millimetro di spessore.

c) Atteso il tempo di maturazione indicato, si procede all'esecuzione della rasatura, spessore minimo 3 mm, con interposizione di una rete di armatura in fibra di vetro.

d) La finitura (tinteggiatura o rivestimento) si effettua sullo strato d'armatura indurito (tempo di presa circa 7 giorni o secondo le indicazioni del produttore).



#### INTONACO ESTERNO

Controllo e preparazione del fondo secondo le prescrizioni di applicazione del produttore dei materiali. L'umidità del legno-calcestruzzo non deve superare il 12÷14% della massa iniziale, prima degli intonaci.

Strato di base leggero, applicato a macchina. Tenere umido l'intonaco per minimo due giorni dopo l'applicazione. Spessore minimo dello strato di base: 20 mm.

STRATO D'ARMATURA in rete tessile a base di vetro. Applicazione simile a quella per il cappotto.

STRATO FINALE DELL'INTONACO a base di silicati. Strato finale compreso primer spessore da 1 — 3 mm per i graffiati, e 2 — 3 mm per le superficie rigate.

È fondamentale rispettare i tempi di maturazione e di asciugatura di ogni fase del ciclo d'intonaco. I tempi di maturazione possono variare in base alle condizioni meteorologiche. L'armatura dell'intonaco è necessaria in presenza di murature ad alto potere isolante (come i blocchi con coibentazione integrata), in presenza di diversi materiali componenti la muratura e negli angoli delle aperture della muratura (armatura diagonale).

Si consiglia di applicare, per le diverse fasi dell'intonaco, materiali dello stesso produttore.

#### NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

**Art. 60 MURATURE IN MODULI CASSERO PREFABBRICATI**

Realizzazione mediante la fornitura e installazione di moduli prefabbricati a getto singolo tipo Ecosism® o similare, per la formazione di pareti di rinforzo in conglomerato cementizio armato, assemblati in cantiere mediante tassellatura e costituiti da una maglia tridimensionale in acciaio all'interno della quale è inserito il materiale isolante, con un'intercapedine per l'alloggiamento delle barre di armatura e il getto del calcestruzzo.

Tali moduli saranno prodotti ad altezza variabile e "su misura" in relazione a quanto indicato nelle tavole allegate del progetto esecutivo, e saranno costituiti da un cassero a rimanere realizzato con pannelli (in polistirene espanso sinterizzato EPS o XPS, o altro materiale isolante come indicato nelle tavole strutturali allegate), da una lastra di calcestruzzo armato gettato in opera (di spessore variabile da 15 cm a 25 cm, in funzione del cassero), contenuti in una maglia di rete elettrosaldata zincata a trama ristretta e spaziale composta da fili di acciaio zincato a caldo (classe C 85gr/mq) del diametro di 2.2 mm. La distanza dei fili verticali è di 100 mm, la distanza dei fili orizzontali è di 150 mm. La medesima maglia metallica esegue la funzione di supporto per gli strati di materiale di finitura esterni.

Il prezzo di fornitura e posa del modulo si intende comprensivo della posa in perfetta piombatura e verticalità del cassero, della puntellatura delle forometrie e del taglio delle reti di acciaio in corrispondenza delle forometrie.

È compreso il trasporto, lo scarico e l'installazione dei moduli prefabbricati, compreso il fissaggio mediante tassellatura per il posizionamento e il ritegno del cassero in fase di posa. Sono compresi inoltre tutti i mezzi e la manodopera necessari, i ponteggi, la movimentazione del materiale, lo sgombero, la raccolta differenziata del materiale di risulta, il conferimento con trasporto in discarica autorizzata dello stesso, l'indennità di discarica e ogni altro onere necessario per dare il lavoro completo e funzionante secondo la regola dell'arte e quant'altro non dichiaratamente specificato.

Dal prezzo di fornitura e posa in opera del modulo si intendono esclusi la fornitura e posa in opera del calcestruzzo, del ferro di armatura secondo i calcoli strutturali e dei tasselli di ancoraggio necessari per il collegamento strutturale, conteggiati con voci a parte.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

Gli elementi costituenti il modulo dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- maglia in filo di acciaio zincato crudo del diametro di mm 2,17/2,23 rispondente alle norme di collaudo EN10204 3.1, zincato secondo UNI EN 10244-2 del 03/2003 classe C 85 gr./m<sup>2</sup>, elettrosaldato con distanza di 75x100 mm;

- materiale isolante in pannelli in polistirene espanso sinterizzato EPS 150 conforme alla EN13163:2009, appendice ZA, ed ai corrispondenti standard europei,  $\lambda_d$ : W/m<sup>2</sup>K=0.034, colore bianco, marchiato CE, reazione al fuoco Euroclasse E; la zoccolatura di base, per una altezza non inferiore a 40 cm, sarà realizzata con pannelli in polistirene espanso estruso XPS densità 30 kg/m<sup>3</sup>/200 kPa conforme alla EN 13164, appendice ZA, ed ai corrispondenti standard europei,  $\lambda_d$ : W/m<sup>2</sup>K=0.033, marcato CE, reazione al fuoco Euroclasse E;

- tassellatura con tasselli a percussione con corpo in polipropilene e spina in poliammide-nylon e acciaio, in ragione di 2/mq.

L'intonacatura del lato esterno, computata a parte, dovrà essere eseguita mediante la realizzazione delle seguenti lavorazioni:

- rinzafo aggrappante a base cementizia con malta composta da cemento Portland, sabbie classificate ed additivi specifici per migliorare la lavorazione e l'adesione;

- applicazione dell'intonaco di fondo a base di calce e cemento con malta composta da calce idrata, cemento Portland, sabbie classificate ed additivi specifici per migliorare la lavorazione e l'adesione. L'applicazione dell'intonaco sarà eseguita in due mani: la prima a copertura della rete di acciaio Ecosism®, la seconda per dare un copriferro alla rete di acciaio Ecosism® di almeno 10 mm. La seconda applicazione deve avvenire con la tecnica del "fresco su fresco";

- rasatura con rasante premiscelato a basso modulo elastico. L'applicazione della rasatura sarà eseguita in duplice mano con annegamento di una rete in fibra di vetro alcaliresistente (150gr/mq) tra le due mani, compresa nella presente voce.

Vengono realizzati anche pezzi speciali oltre ai pannelli per tamponamenti di vario genere.

Per quanto riguarda le modalità d'impiego, dovranno obbligatoriamente essere seguite le direttive della D.L. e del produttore del materiale usato per la muratura, così come riportato nella documentazione tecnica da esso fornita.

Inoltre, il sistema costruttivo dovrà rispondere alle "Linee Guida per il progetto e il calcolo dei sistemi costruttivi a pannelli portanti basati sull'impiego di blocchi cassero e calcestruzzo debolmente armato gettato in opera" emanate dal Servizio Tecnico Centrale del Ministero LL.PP. nel luglio 2011.

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

I blocchi cassero saranno posati a secco, con conformazione "a camera aperta" per consentire la continuità del getto di calcestruzzo nell'accostamento laterale. Una doppia maschiatura sia in senso verticale che orizzontale, impedirà al momento del getto qualsiasi movimento dei blocchi, eliminando nello stesso tempo i ponti termici delle giunture.

Il getto in calcestruzzo deve avere una classe di consistenza fluida o superfluida, classe di resistenza derivante dalle esigenze di calcolo e granulometria piccola (12-15 mm.). Per consentire un sicuro riempimento dei blocchi eseguire vibratura con ago piccolo e pilonatura. Inserire armatura verticale e orizzontale collegata con i cordoli dei solai.

**Posa in opera (su nuovi edifici)**

La fondazione (o il solaio) di partenza, realizzata in calcestruzzo armato, deve prevedere le armature di chiamata in linea con il passo dei moduli. La platea deve risultare perfettamente a livello come prescritto dalle regole dell'arte. La prima operazione da fare in cantiere, a fondazione eseguita, è il tracciamento dei muri.

Una volta effettuato, si prosegue inchiodando, lungo il filo interno del tracciamento, una tavoletta in legno che serve a fare da battuta al modulo e a permettere di inchiodare la gamba più interna della struttura di allineamento.

Per il montaggio è necessario che il carpentiere si affidi alle tavole di produzione che gli permettono di seguire un sistema di montaggio prestabilito e preciso, di risparmiare tempo e di eliminare ogni possibilità di errore. La leggerezza dei moduli ne consente una rapida e semplice movimentazione e collocazione in opera, rendendo il processo di montaggio del sistema estremamente veloce, sicuro e poco faticoso.

La partenza del montaggio dei moduli deve sempre avvenire da un angolo. I ferri di ripresa devono essere inseriti all'interno del modulo, nello spazio destinato al getto di CLS. La tavoletta di allineamento serve da battuta al modulo.

Una volta posata la prima coppia di moduli è necessario provvedere subito alla loro unione utilizzando la pinzatrice manuale e gli appositi anelli in ferro. I moduli vanno uniti su entrambi i lati del muro, tramite l'applicazione di un anello ogni 15 cm e rinforzati negli angoli e nelle connessioni a T o a L tra le murature.

Non appena i moduli sono uniti tra loro vengono ancorati alla struttura di allineamento. Questa struttura consente di compiere tutte le operazioni necessarie al raggiungimento della perfetta verticalità e quadratura del cassero in maniera semplice, pulita e rapida. Una volta posizionata, la struttura va fissata alla tavoletta di allineamento nella parte telescopica anteriore della gamba e regolata per una perfetta verticalità per mezzo della staffa registrabile della gamba posteriore.

Dopo aver verificato la piombatura dei moduli, è necessario fissare anche la gamba posteriore della struttura alla platea o al solaio per mezzo di un tassello.

La struttura di allineamento è composta da un supporto in tubolare da 50x50mm con una staffa sfilabile e una girevole (dim. 3000x1000mm) che permettono di effettuare una perfetta piombatura dei moduli. Ogni struttura è munita di quattro distanziali di lunghezza variabile (2000 e 1000mm) che permettono di allineare circa 4,50 mq di muro.

La struttura è stata studiata per adattarsi perfettamente a tutte le tipologie e forme di muratura, grazie ai traversi di dimensioni differenti che vanno ad agganciare i moduli ogni 70 cm in verticale e ai ganci, presenti ogni 50 cm sulle strutture verticali, che si inseriscono nella maglia porta intonaco del modulo. Per le pareti curve si utilizzano soltanto le strutture di allineamento verticali, ma in numero maggiore. Le strutture di allineamento non sono ponteggi calpestabili, né dispositivi di protezione contro le cadute.

#### Posa in opera (su edifici esistenti)

La fondazione (o il solaio) di partenza, realizzata in calcestruzzo armato, deve prevedere le armature di chiamata in linea con il passo dei moduli. La platea deve risultare perfettamente a livello come prescritto dalle regole dell'arte.

Per il montaggio è necessario che il carpentiere si affidi alle tavole di produzione che gli permettono di seguire un sistema di montaggio prestabilito e preciso, di risparmiare tempo e di eliminare ogni possibilità di errore. La leggerezza dei moduli ne consente una rapida e semplice movimentazione e collocazione in opera, rendendo il processo di montaggio del sistema estremamente veloce, sicuro e poco faticoso.

La partenza del montaggio dei moduli deve sempre avvenire da un angolo. I ferri di ripresa devono essere inseriti all'interno del modulo, nello spazio destinato al getto di CLS.

Una volta posata la prima coppia di moduli è necessario provvedere subito alla loro unione utilizzando la pinzatrice manuale e gli appositi anelli in ferro. Tutti i moduli vanno fissati al muro esistente mediante tasselli a percussione con corpo in polipropilene e spina in poliammide-nylon e acciaio. Si dispongono 2 tasselli/mq, rinforzati negli angoli e nelle connessioni a T o a L tra le murature.

#### Armatura dei moduli

Per effettuare l'armatura dei moduli è necessario inserire i ferri di armatura in orizzontale e verticale secondo il calcolo strutturale e le relative tavole tecniche presenti in cantiere. Le armature strutturali di rinforzo devono essere inserite all'interno dei moduli man mano che questi vengono posati al fine di eseguire una corretta ed ottimale posa in opera. Le armature vanno inserite utilizzando le guide di acciaio del modulo, che serviranno da appoggio e sostegno, a multipli di 15 cm in orizzontale e di 10 cm in verticale. Negli angoli e nei punti più critici della struttura è possibile sfilare le lastre di materiale isolante in maniera da consentire l'inserimento delle armature e il loro eventuale staffaggio alla struttura di supporto d'acciaio del modulo.

Questa attenzione permette, inoltre, al direttore dei lavori di verificare la corretta collocazione delle armature. In questo modo viene garantita una perfetta distribuzione, regolarità e distanza dei ferri all'interno del cassero a perdere.

È assolutamente sconsigliato posare tutti i moduli da una parte consistente degli stessi senza inserire contestualmente i ferri di armatura. Pertanto alla partenza della posa in opera dei moduli tutte le barre di armatura previste da progetto devono essere presenti in cantiere.

Per una corretta posa in opera delle armature verticali, posare i ferri verticali man mano che vengono posati i moduli e provvedere a realizzare delle opportune legature per mantenere nella perfetta posizione e verticalità le barre.

Al fine di un ottimale lavorazione vengono consigliate due tecniche: la prima è quella di mantenere il modulo sopraelevato rispetto al piano con dei tappi di supporto al fine di legare i ferri verticali alle chiamate oppure posare il modulo e sfilare una o più lastre di materiale isolante alla base del modulo allo scopo di effettuare le legature necessarie.

#### Porte e finestre

Nei moduli, le porte e le finestre sono già predisposte (armate e casserate) per il getto, semplificando notevolmente le operazioni in cantiere. Le aperture vengono realizzate in base alle indicazioni riportate nel progetto esecutivo e alla tipologia di serramento da inserire. Una volta gettate le pareti con il CLS, la maglia di acciaio che ha lavorato come sostegno nelle aperture, viene rimossa per ottenere l'apertura desiderata.

#### Getto di calcestruzzo

A questo punto i moduli sono allineati, ancorati ed armati, quindi pronti a ricevere il getto di calcestruzzo nello spazio tra le due lastre di materiale isolante. I moduli vanno gettati a strati, un metro alla volta, utilizzando la superficie muraria da riempire come percorso per un getto continuo che deve avvenire in più tornate. Una volta terminato il getto, è opportuno verificare la perfetta piombatura dei muri e la buona esecuzione del getto. Nelle prime ore successive al getto, infatti, è possibile utilizzare la struttura di allineamento per verificare ed eventualmente perfezionare la verticalità della muratura. La presenza di materiale nelle giunture nelle giunture dei pannelli, i segni di pressione dell'isolante contro la maglia metallica e l'evidenziarsi di piccole deformazioni dell'isolante sono segnali di buona esecuzione del getto. In caso di dubbio sulla qualità del getto di materiale strutturale, è consigliabile rimuovere localmente una striscia di materiale isolante, per effettuare un controllo diretto.

Il calcestruzzo deve essere fornito in cantiere da una centrale di betonaggio secondo le caratteristiche di resistenza alla compressione dettate dal progettista. Per le strutture in elevazione viene utilizzato normalmente un calcestruzzo C25/30 o superiore. La consistenza del materiale deve essere di classe slump S5 con diametro massimo degli inerti pari a 6mm.

Nel caso sia necessario vibrare il materiale, è sempre preferibile vibrare il modulo dall'esterno. Resta, comunque, possibile vibrare il

calcestruzzo anche all'interno del getto utilizzando un tubo vibrante con diametro massimo di 35 mm.

#### Completamento

Una volta terminata la presa del CLS, i moduli sono pronti per la finitura esterna e per la realizzazione degli impianti idraulici ed elettrici. Grazie al sistema, è possibile realizzare le tracce murarie con estrema rapidità e senza la creazione di sporco e materiale residuo in cantiere. Il sistema, infatti, consente di sfruttare lo strato interno di materiale isolante, realizzando le tracce per mezzo di un phon industriale che fa auto-estinguere il materiale stesso (in caso di utilizzo di materiali espansi)

#### Finiture

La finitura dei muri può essere eseguita con differenti tipologie di materiali.

La maglia è sempre dotata della rete porta intonaco di acciaio dimensione 100x75mm e spessore 10mm.

Su richiesta è possibile aumentare lo spessore della rete porta intonaco per un maggior carico di intonaco o betoncino.

La finitura interna ed esterna può essere realizzata con intonaco tradizionale o premiscelato, secondo le specifiche tecniche fornite dall'ufficio tecnico di Ecosism®, in base al ciclo di intonacatura studiato e verificato in collaborazione con i principali produttori nazionali di intonaci.

A condizione di prevedere un adeguato sistema di fissaggio, è possibile utilizzare altre tipologie di finitura come, ad esempio, il gesso, le piastrelle, i pannelli di cartongesso o di gesso fibra. In caso di rivestimento del muro con pannelli di cartongesso o gesso fibra è possibile sia applicarli a colla direttamente sulla rete di acciaio oppure realizzare un intonaco di fondo a raso rete e quindi avvitare su di esso il pannello di rivestimento.

La rete di acciaio può servire anche da ancoraggio per un rivestimento in: mattoni "faccia a vista", pietra ricostruita, pietra naturale o sasso. Infine è possibile applicare al muro una parete ventilata il cui sistema di ancoraggio deve essere opportunamente dimensionato in funzione del suo peso.

#### **NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 61 DEUMIDIFICAZIONE DELLE MURATURE****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****61.1 IMPREGNANTI AD EFFETTO IDROFOBIZZANTE**

I prodotti da usare per l'idrofobizzazione dei materiali edili dovranno possedere le seguenti caratteristiche documentate da prove applicative e da analisi di laboratorio:

- basso peso molecolare ed elevato potere di penetrazione,
- resistenza all'attacco fisico/chimico degli agenti atmosferici,
- resistenza chimica in ambiente alcalino,
- assenza di effetti collaterali (produzione di sali),
- perfetta trasparenza ed inalterabilità del colore,
- traspirazione tale da non ridurre, nel materiale trattato, la preesistente permeabilità ai vapori oltre il valore limite del 10%.

**61.1.a Polimeri organici**

Dovranno possedere un'elevata resistenza agli alcali e dai raggi ultravioletti senza che venga diminuita la naturale predisposizione dei materiali edili alla diffusione dei vapori. Dovendosi applicare sotto forma di emulsioni o di soluzioni acquose, avranno, generalmente, una scarsa capacità di penetrazione e potranno causare una sensibile variazione di colore ed un effetto traslucido sulle superfici; il loro utilizzo, quindi, su manufatti di particolare valore storico-artistico sarà vincolato ad una specifica autorizzazione della D.L. o degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto.

**61.1.b Composti organici del silicio**

Siliconati – Particolarmente indicati per trattamenti idrofobizzanti di cemento e materiali a base alcalina, poiché formano, a causa dell'azione combinata dell'acqua con l'anidride carbonica, sali (organo-sil-sesquiossani), il loro utilizzo sarà condizionato alla specifica autorizzazione della D.L. o degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto.

Silani – Gli organo-alcossi-silani sono monomeri capaci di impregnare materiali poco assorbenti quali i calcestruzzi; dovranno essere applicati in concentrazioni elevate (20-40% di sostanza attiva) perché la loro alta tensione di vapore, dopo l'applicazione, potrebbe comportare forti perdite di prodotto.

Organo-silossani – Polimeri – Sono indicati per l'impregnazione di pietre molto porose; le soluzioni in commercio hanno una concentrazione di sostanza attiva intorno ai valori del 5-10%. Se vengono impiegati su materiali compatti e poco assorbenti, occorrerà abbassarne il peso molecolare al fine di ottenere una maggiore profondità di penetrazione senza eccessive perdite di prodotto.

Organo-silossani-oligopolimeri – Appartengono a questa categoria, i metil-etossi-silossani oligopomeri che si presentano sotto forma di concentrati liquidi privi di solvente. La loro caratteristica più rilevante è l'elevata capacità di penetrazione che è funzione della particolare struttura chimica; infatti, riescono ad infiltrarsi all'interno dei capillari più sottili della pietra grazie ai loro particolari legami incrociati. La capacità di penetrazione dei silossani oligopolimeri dovrà essere migliorata utilizzando, dietro apposita autorizzazione della D.L., solventi, nei quantitativi prescritti dal produttore, che trasportino la sostanza attiva all'interno della struttura da idrofobizzare.

**61.2 IMPREGNANTI CONTRO LA FORMAZIONE DI EFFLORESCENZE SALINE**

L'impregnazione dei materiali che costituiscono l'involucro esterno degli edifici è una lavorazione tesa a prevenire il degrado operato da un'azione fisica, che agisce mediante un continuo bombardamento di microparticelle presenti nell'atmosfera e spinte dai venti. L'impregnante, in questo caso, dovrà evitare una rapida disgregazione delle superfici; un'azione chimica, che agisce mediante un contatto, occasionale o continuato, con sostanze attive quali piogge acide ed inquinanti atmosferici. In questo caso l'impregnante dovrà fornire alle superfici un'adeguata inerzia chimica.

La scelta della sostanza impregnante dipenderà dalla natura e dalla consistenza delle superfici che potranno presentarsi rivestite con intonaci e coloriture realizzati nel corso dei lavori di restauro; rivestite con intonaci e coloriture preesistenti al restauro; prive di rivestimento con pietra a vista compatta e tenace; prive di rivestimento con pietra a vista tenera e porosa.

Essendo, quindi, varia sia la natura dei materiali che formano le superfici esterne che il tipo di agenti che innescano il degrado, le sostanze impregnanti dovranno svolgere le seguenti funzioni:

- difesa dall'attacco chimico che si effettuerà mediante la idrofobizzazione dei supporti in modo da renderli adatti a limitare l'assorbimento delle acque meteoriche;
- difesa dall'attacco fisico che si otterrà mediante il consolidamento dei supporti al fine di accrescere o fornire quelle capacità meccaniche di resistenza al degrado che non hanno mai posseduto o che, col trascorrere del tempo, si sono indebolite. La scelta delle sostanze impregnanti sarà effettuata in funzione delle risultanze emerse a seguito delle diagnosi e delle indagini preliminari (vedi lo specifico articolo del presente capitolato) che verranno, in ogni caso, condotte secondo quanto prescritto dalle raccomandazioni NORMAL. In particolare, le caratteristiche richieste in base al loro impiego, saranno le seguenti:
  - elevata capacità di penetrazione,
  - buona inerzia chimica nei confronti dei più diffusi agenti inquinanti,
  - comprovata inerzia cromatica,
  - soddisfacente compatibilità fisico/chimica con il materiale da impregnare,
  - totale reversibilità della reazione d'indurimento.

Gli impregnanti da utilizzare per i trattamenti antisalinità o stabilizzanti della salinità, oltre a possedere le caratteristiche suddette, dovranno essere in grado di:

- impregnare in profondità anche i supporti umidi,

- inibire le migrazioni saline dall'interno della struttura verso le superfici esterne,
- agire ad ampio spettro su tutti i tipi di formazioni saline,
- lasciare inalterata la permeabilità al vapore del supporto,
- assicurare la possibilità di ripetere più volte il trattamento,
- non generare nei supporti strati con differenti caratteristiche meccaniche.

Avranno, inoltre, le seguenti caratteristiche:

- agente chimico attivo : miscela di derivati del silicio,
- peso specifico: < 0,90 g/cm<sup>3</sup> +/- 2%,
- residuo secco: > 20% in peso +/- 2%,
- flash point: > 21°C.

Per i trattamenti antisalinità si utilizzano, in genere, prodotti a base di silani, silossani e polisilossani (o combinazioni fra tali resine) in dispersione acquosa che hanno la proprietà di formare un filtro antisalinità ad ampio spettro contro diversi tipi di sali (cloruri, nitrati e solfati). Va escluso l'uso di reattivi (acido fluoridrico, fluosilicato di piombo, fluosilicati alcalini) "distruttori" di specifici sali in quanto queste sostanze possono produrre all'interno dei pori, come conseguenza della reazione chimica, dei depositi di cristalli capaci di variare le caratteristiche meccaniche degli strati più esterni della muratura.

### **61.3 IMPREGNANTI PER INTERVENTI DI DEUMIDIFICAZIONE**

Gli impregnanti da utilizzare per interventi di deumidificazione, oltre a possedere le caratteristiche di cui all'art. "Sostanze impregnanti - Generalità" ed a garantire una riduzione dell'assorbimento di acqua nel supporto pari al 95% ed una riduzione dell'assorbimento degli ioni cloro pari al 99%, dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- agente attivo: miscela in solvente di silani e silossani,
- massa volumica: 0,85 g/l +/- 2%,
- residuo secco: 20% in peso +/- 2%,
- viscosità: 15 cps +/- 2%.

### **61.4 IMPREGNANTI AD EFFETTO CONSOLIDANTE**

Le sostanze da utilizzarsi dovranno svolgere un'azione consolidante al fine di accrescere o fornire quelle caratteristiche meccaniche di resistenza al degrado (fisico, chimico, materico, strutturale) che si sono indebolite col trascorrere del tempo, o che i materiali non hanno mai posseduto.

Qualsiasi prodotto potrà essere utilizzato solo previa esecuzione di idonee prove applicative eseguite in presenza della D.L. e dietro sua specifica indicazione e dovrà essere sempre e preventivamente accompagnato da una scheda tecnica esplicativa fornita dalla casa produttrice.

In generale dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- non provochi la formazione di sottoprodotti secondari dannosi;
- mantenga attiva per elevati periodi di tempo l'azione protettiva, rilasciando nell'ambiente molto lentamente i principi attivi resistenza ai raggi UV;
- venga uniformemente assorbito dalla pietra/mattone e raggiunga tutto il materiale alterato, collegandolo alla parte sana più interna;
- lasci il materiale trattato permeabile al vapore d'acqua;
- lasci inalterato l'aspetto esteriore della pietra/mattone evitando formazioni di macchie o pellicole lucide ed ingiallimento sotto l'azione delle radiazioni UV;
- non sia tossico per l'uomo e per la fauna circostante;

L'impregnante ad effetto consolidante da utilizzare nei lavori di restauro dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- elevata capacità di penetrazione nelle zone di pietra carenti di legante,
- resistenza chimica agli agenti inquinanti,
- spiccata capacità di ripristinare i leganti della pietra senza depositare sali superficiali,
- capacità di fare trasparire la pietra in modo da conservare la diffusione del vapore,
- profonda penetrazione che eviti la formazione di pellicole in superficie,
- "pot-life" molto lungo tale da consentire l'indurimento solo ad impregnazione completata,
- perfetta trasparenza priva di effetti traslucidi,
- capacità di mantenere inalterato il colore della pietra.

#### **61.4.a Resine organiche**

Alcune resine organiche, diluite con solventi, possiedono la capacità di diffondersi in profondità all'interno dei materiali. Questa proprietà dipende da diversi fattori:

- dal peso molecolare e dalla viscosità della resina,
- dalla tensione superficiale della soluzione,
- dalla polarità dei solventi,
- dalla velocità d'evaporazione dei solventi.

Le resine che polimerizzano dopo l'applicazione (epossidiche e poliuretaniche), oltre ad avere la capacità di diffondersi all'interno della pietra anche senza l'ausilio del solvente, possiedono un basso peso molecolare (250-350) ed una viscosità a 25°C intorno ai 250 cps. Le resine che induriscono per essiccamento (evaporazione del solvente) poiché possiedono un elevato peso molecolare che determina la loro diffusione poco omogenea all'interno del manufatto, potranno essere utilizzate solo in soluzione con residui secchi molto bassi (10-15%). E' evidente che la qualità di legante risulta determinante ai fini della qualità del consolidamento; si dovranno, quindi, preferire sistemi a base di solventi a rapida vaporizzazione che assicurino residui secchi più elevati e tempi di permanenza più brevi all'interno dei materiali.

Su manufatti di particolare valore storico-artistico, l'utilizzo delle resine organiche sarà condizionato alla specifica autorizzazione della D.L. e degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto.

1.a Resine epossidiche – Il loro impiego dovrà essere attentamente vagliato dall'appaltatore, dietro espresso giudizio della D.L., in quanto pur possedendo ottime capacità leganti ed elevate resistenze meccaniche e chimiche, risultano poco resistenti all'ingiallimento provocato

dai raggi UV. Potranno essere impiegate per la protezione di edifici industriali, di superfici in calcestruzzo e di manufatti sottoposti ad una forte aggressione chimica.

1.b Resine poliuretaniche – I poliuretani sono polimeri nelle cui macromolecole sono presenti dei raggruppamenti uretanici; si ottengono facendo reagire gli isocianati con gli alcoli polivalenti. Dovranno possedere le seguenti proprietà:

- assenza di ingiallimento,
- elevata resistenza agli agenti atmosferici ed ai raggi ultravioletti,
- indurimento regolabili fino a 24 ore dopo l'applicazione,
- reversibilità fino a 36 ore dopo l'applicazione,
- basso peso molecolare,
- residuo secco intorno al 3%,
- viscosità a 25°C intorno a 250 cps.

1.c Resine acril-siliconiche – A base di resine acriliche e siliconiche disciolte in particolari solventi, risultano indicate per interventi di consolidamento di materiali lapidei specie quando si verifica un processo di degrado provocato dall'azione combinata di aggressivi chimici ed agenti atmosferici. Sono particolarmente adatte per il restauro di opere d'arte e di monumenti in pietra calcarea o arenaria. Le resine acril-siliconiche dovranno essere diluite con le apposite sostanze solventi nei quantitativi indicati dal produttore o consigliati dalla D.L. Dovranno essere completamente reversibili anche dopo l'indurimento, generare nel materiale trattato un aumento del carico di rottura ed una forte resistenza agli sbalzi termici eliminando, nel contempo, i fenomeni di decoesione. Dovranno possedere le seguenti caratteristiche:

- residuo secco: 10% +/- 2%,
- peso specifico: 1,050 g/l +/- 2%,
- colore gardner: inferiore a 1,
- essiccazione: da 15 a 20°C secco al tatto.

#### 61.4.b Impregnanti a base di sostanze minerali

Sono prodotti adatti al consolidamento di superfici di particolare pregio artistico (fregi, bassorilievi, affreschi, ecc.) in quanto formulati per risultare perfettamente compatibili con le caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche delle più diffuse pietre calcaree ed arenarie. Essendo alcuni di recente formulazione, il loro impiego dovrà sempre essere autorizzato dalla D.L. e dagli organi preposti alla tutela del bene in oggetto.

Silicati di etile – Sono sostanze basso-molecolari che penetrano in profondità nella pietra. Grazie all'azione di un catalizzatore neutro, reagiscono con l'umidità atmosferica e con l'acqua presente all'interno dei pori della pietra, liberando alcool e formando un gel di silice che diventa il nuovo legante dei granuli disgregati; i sotto prodotti della reazione chimica sono inattivi in quanto si volatilizzano rapidamente. I formulati a base di silicato di etile per risultare adatti al consolidamento di edifici monumentali, dovranno possedere le seguenti proprietà:

- basso peso molecolare,
- essiccamento fuori polvere,
- assenza di prodotti dannosi per la pietra,
- legante minerale affine a quello del materiale trattato,
- resistenza agli acidi,
- capacità di fare traspirare i pori della pietra,
- permeabilità al vapore d'acqua.

### NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

I lavori di deumidificazione delle murature, qualsiasi sia il sistema di risanamento adottato, dovranno essere preceduti dalle analisi che, a giudizio della D.L., saranno ritenute necessarie per stabilire sia la natura sia il quantitativo della sostanza idrofobizzante da utilizzare.

L'appaltatore dovrà eseguire tutte le lavorazioni preliminari (dismissione degli intonaci, stuccatura delle fessure, riempimento dei vuoti all'interno della muratura, ecc.), che la D.L. riterrà necessarie per la buona riuscita dell'intervento.

Nel caso si debbano iniettare sostanze all'interno delle murature, l'appaltatore concorderà con la D.L. il quantitativo di prodotto da impiegare in relazione alla porosità dei materiali, alla struttura molecolare delle sostanze impregnanti ed alle modalità applicative del sistema prescritto.

In ogni caso l'appaltatore, dietro specifica autorizzazione della D.L., avrà l'obbligo di:

- risanare, prima dell'applicazione, le fessure, i giunti, le sconnessioni e qualsiasi altra imperfezione;
- fornire i materiali prescritti ed utilizzarli in relazione alla natura fisico/chimica ad alla tipologia strutturale della muratura;
- accertare mediante prove applicative la compatibilità dei materiali con affreschi, elementi decorativi, malte, intonaci alcalini o altri rivestimenti adiacenti alla muratura;
- eliminare ogni possibile causa d'infiltrazione di acque al fine di evitare possibili migrazioni umide all'interno del muro risanato;
- eliminare dal manufatto qualsiasi traccia di solventi, detergenti, di depositi organici o di efflorescenze saline;
- proteggere con i teli i pavimenti ed i rivestimenti che potrebbero essere danneggiati nel corso dei lavori;
- eseguire impregnazioni idrofobizzanti quando la temperatura è compresa fra 5° e 15°.

#### 61.5 DEUMIDIFICAZIONE DELLE MURATURE MEDIANTE INIEZIONE DI SOSTANZE IDROFOBIZZANTI

L'appaltatore dovrà iniettare il prescritto formulato chimico avente caratteristiche analoghe a quelle stabilite dall'art. "Impregnanti con effetto idrofobizzante" del presente capitolato, secondo le modalità descritte dagli elaborati di progetto.

In genere, il formulato dovrà essere iniettato tramite idonei trasfusori o iniettori che l'appaltatore dovrà predisporre alla base delle murature secondo progetto. Prima di dare inizio ai lavori egli dovrà esaminare le condizioni ambientali, tracciare le quote e distribuire le perforazioni.

Le perforazioni eseguite, secondo le prescrizioni di progetto, in un solo lato del muro, in ambedue i lati, con andamento orizzontale, verticale o leggermente inclinato, dovranno seguire l'andamento dei dislivelli fra gli ambienti o delle diverse quote fra interno ed esterno. Le perforazioni, distanziate fra loro di circa 15 cm, saranno praticate, salvo diverse prescrizioni, ad altezza di circa 15-20 cm calcolata in base alla quota più alta del piano di calpestio dei due ambienti che insistono sul muro.

Se si dovrà isolare una muratura da un terrapieno o da una zona non interessata all'intervento di deumidificazione, l'appaltatore dovrà effettuare le perforazioni secondo un andamento verticale fino a superare di circa 50 cm la quota di umidità presente nel muro adiacente. In presenza di muri molto spessi, l'appaltatore, solo dietro autorizzazione della D.L., potrà perforare la muratura in entrambi i lati.

Se le murature dovessero essere molto degradate o pericolanti, i lavori di deumidificazione dovranno essere eseguiti solo dopo quelli di consolidamento con le attrezzature ritenute più adatte dalla D.L. a preservare l'equilibrio statico della struttura.

Le perforazioni saranno effettuate per quasi tutta la profondità del muro lasciando soltanto uno spessore di circa 10-20 cm necessario ad evitare che il formulato chimico trasudi all'esterno.

L'appaltatore dovrà inserire nei fori e fissare alla muratura con le modalità più appropriate gli ugelli trasfusori.

La trasfusione dovrà avvenire iniettando il prodotto con attrezzature capaci di consentire la misurazione della pressione di esercizio e della quantità di liquido iniettato.

Se l'applicazione a pressione sarà esplicitamente richiesta, si dovrà alternare la perforazione all'iniezione aumentando la profondità dei fori non appena la sezione di muro trattata risulterà satura; in questo modo, si effettuerà un'impregnazione a rifiuto di sezioni sempre più profonde della muratura.

A fine lavori, la muratura dovrà risultare impregnata in profondità ed in spessore per un raggio medio di circa cm 30 che, alla base della muratura, ne seguirà l'andamento. L'appaltatore sarà tenuto, se richiesto, a fare effettuare a proprie spese, presso laboratori autorizzati, le misurazioni relative al tasso di umidità presente nelle murature, prima e dopo l'esecuzione dei lavori.

#### **61.6 DEUMIDIFICAZIONE MEDIANTE TAGLI CONTIGUI A SEZIONE CIRCOLARE ED INSERIMENTO NELLA MURATURA DI CONGLOMERATI IN RESINA**

L'appaltatore dovrà eseguire la deumidificazione delle murature impiegando esclusivamente una carotatrice che, con moto rotatorio uniforme, potrà perforare qualsiasi spessore e materiale senza urti e vibrazioni. Quindi, dovrà praticare lungo la base della struttura ad una quota superiore a quella del piano di campagna, una prima serie di fori adiacenti e con andamento orizzontale dal diametro non inferiore a 30-35 mm. In seguito, asporterà con una seconda serie di perforazioni le porzioni di muro rimaste. L'appaltatore, salvo diverse prescrizioni, dovrà eseguire le perforazioni a settori alternati di circa 10-15 perforazioni per un'estensione totale a settore non superiore ai 40-60 cm.

Dopo aver ripulito l'interno dei fori, l'appaltatore dovrà riempirlo con la malta prescritta le cui caratteristiche tecniche, i sistemi di confezionamento e la granulometria degli inerti, salvo diverse prescrizioni di progetto, saranno quelli indicati dall'art. "Conglomerati di resina sintetica" del presente capitolato. Il settore di struttura adiacente potrà essere perforata con le stesse modalità solo dopo l'indurimento e la maturazione della malta iniettata.

Le opere di deumidificazione mediante tagli contigui a sezione circolare saranno effettuate con le disposizioni ed i limiti contenuti nel precedente art. "Deumidificazione mediante taglio orizzontale delle murature".

#### **61.7 UTILIZZO DI INTONACI IDROFUGHI**

In presenza di murature umide, se dovesse risultare impossibile effettuare lavori di deumidificazione (pareti contro terra, locali interrati), in locali con scarsa aerazione ed evidenti fenomeni di condensa, si potranno utilizzare intonaci idrofughi, pannelli isolanti e pannelli a compensazione igrometrica. Questi sistemi, oltre che isolare i locali, modificano i valori microclimatici tramite l'aumento della temperatura delle superfici e un conseguente abbassamento dell'umidità relativa.

Per applicare questi sistemi andranno eliminati gli intonaci esistenti. Seguirà l'accurata pulitura della muratura utilizzando spazzole morbide e piccoli attrezzi meccanici al fine di eliminare ogni residuo e di preparare la superficie muraria al nuovo rivestimento.

Il sistema potrà prevedere la realizzazione di strati anticondensa o di strati completamente isolanti. Nel primo caso sulla muratura verrà applicato un nuovo intonaco opportunamente idrofugato, al quale verranno incollati pannelli di idrosilicato di calce. La finitura verrà garantita da una rasatura finale con nuovo intonaco in malta di calce idraulica.

Nel caso si dovesse essere richiesto il completo isolamento tra muratura ed ambiente l'appaltatore dovrà realizzare un doppio strato impermeabile applicando un nuovo intonaco idrorepellente in malta cementizia additivata ed una successiva rasatura con cemento impermeabile. Si procederà successivamente con la messa in opera dei pannelli di vetro cellulare a tenuta stagna e la successiva applicazione di pannelli in idrosilicato di calce. La finitura prevede sempre una rasatura con nuovo intonaco in malta di calce idraulica. I pannelli verranno applicati con idonei collanti. Si potranno adottare anche sistemi di tipo misto prevedendo la realizzazione di intercapedini interne e di contropareti da rivestire con intonaci e pannelli speciali.

#### **61.8 ELIMINAZIONE DELLE EFFLORESCENZE SALINE**

Effettuati gli interventi di deumidificazione e di intercettazione dell'umidità da risalita si presenta spesso il fenomeno della migrazione delle efflorescenze saline dovuta al graduale prosciugamento della muratura. L'appaltatore dovrà, prima di procedere alla posa di qualsiasi rivestimento superficiale, seguire le seguenti istruzioni:

– attendere il tempo necessario per consentire alle murature di espellere i sali in essa presenti. Il tempo di attesa, difficilmente valutabile preventivamente, sarà stabilito dalla D.L. e non sarà mai inferiore ai 4-6 mesi;

– eseguire un'accurata ed energica pulizia con spazzole di saggina della muratura. Sarà escluso tassativamente l'uso di acqua in quanto quest'ultima solubilizza i sali e fa riassorbire i sali riportandoli in profondità.

L'appaltatore, eseguite le precedenti lavorazioni potrà procedere, dietro autorizzazione della D.L. al sistema di eliminazione dei sali previsto in progetto.

1) Estrazione con intonaci provvisori – Per accelerare l'espulsione l'appaltatore dovrà applicare un intonaco provvisorio di assorbimento. L'intonaco provvisorio, salvo diversa prescrizione, sarà composto da circa 300 kg di calce idrata per 1,00 mc di sabbia (ben pulita ed assolutamente scevra da sali solubili). Trascorso un periodo di tempo sufficiente per la presa e l'indurimento della malta (variabile in relazione alle condizioni ambientali) esaminerà attentamente la superficie e delimiterà le parti in cui risulta evidente la presenza di efflorescenze saline. Eliminerà l'intonaco provvisorio e, limitatamente alle parti che risultano inquinate, ripeterà il trattamento il numero di volte richiesto dalla D.L.

Specifiche sui materiali – La provvisorietà dell'intervento non richiede una particolare cura nel confezionamento dell'intonaco; quest'ultimo può essere costituito da uno strato, di limitato spessore, ottenibile con una generica malta bastarda. L'inerte di granulometria medio/grossa deve essere perfettamente pulito e di basso contenuto salino. Fra il muro, reso umido sia dalla pulizia che dal contatto con la malta su questo applicata, e fra la stessa malta si attiva, infatti, un fenomeno osmotico; fra due soluzioni a diversa concentrazione salina (il muro e la malta) avviene il trasferimento dei sali in direzione della soluzione con minore concentrazione (l'intonaco provvisorio). Nel caso limite di una malta con una concentrazione salina maggiore di quella presente nella muratura, stendendo l'intonaco provvisorio, si rischia di immettere sali piuttosto che estrarli.

2) Trattamenti chimici antisalinità – Nei casi in cui è prescritto questo sistema l'appaltatore, prima di procedere alla pulitura, dovrà eseguire

le analisi richieste per l'identificazione della natura chimica dei sali presente nella muratura.

Andranno pertanto prelevati campioni di materiale da analizzare in laboratorio o da effettuare in situ. All'appaltatore potrà essere richiesto di verificare la solubilità della sostanza in acqua o in acido cloridrico, la reattività chimica (effervescenza con acido cloridrico) o altre analisi più approfondite.

Sulle superfici precedentemente preparate l'appaltatore applicherà, in modo omogeneo e preferibilmente con un irroratore manuale, una sola stesura di prodotto consistente, in genere, in una dispersione acquosa pronta all'uso; il tutto seguendo sempre ed accuratamente le prescrizioni della D.L. ed i suggerimenti del produttore.

Specifiche sui materiali

Per i trattamenti antisalinità si utilizzeranno prodotti a base di silani, silossani e polisilossani (o combinazioni fra tali resine) in dispersione acquosa che hanno la proprietà di formare un filtro antisalinità ad ampio spettro contro diversi tipi di sali (cloruri, nitrati e solfati).

Va escluso l'uso, in assenza di una specifica autorizzazione, dei reattivi (acido fluoridrico, fluosilicato di piombo, fluosilicati alcalini) distruttori di specifici sali in quanto queste sostanze possono produrre all'interno dei pori, come conseguenza della reazione chimica, dei depositi di cristalli capaci di variare le caratteristiche meccaniche degli strati più esterni della muratura.

Si potranno inoltre effettuare trattamenti con prodotti impregnanti o idrorepellenti (resine siliconiche) che tendono a trasformare chimicamente i composti igroscopici in composti stabili. Tali prodotti andranno utilizzati con grande cautela onde non causare ulteriori problemi alle murature quali la creazione di una pellicola idrofoba superficiale. L'appaltatore sarà quindi tenuto ad accertarsi se le resine utilizzate per l'intercettazione di sali abbiano in termini di "tensione superficiale" un angolo di contatto adeguato allo specifico utilizzo.

Diverse formulazioni di tali prodotti, infatti, sono modificazioni apportate a sostanze aventi spiccate caratteristiche idrorepellenti ed antiadesive. L'effetto idrorepellente, attivato in questi prodotti dalla presenza d'acqua nelle malte, non agevola ma contrasta il legame polare fra le diverse componenti cristalline; si corre, quindi, il rischio di non assicurare una sufficiente adesione fra la muratura trattata ed il successivo strato di finitura (intonaco).

Nei casi in cui sono prescritte queste sostanze occorrerà che l'appaltatore presti la dovuta attenzione ai suggerimenti del produttore in relazione ai limiti di tempo entro i quali sarà necessario provvedere, in seguito al trattamento antisalinico, alla successiva collocazione degli intonaci. L'effetto idrorepellente ed antiadesivo, infatti, non è immediato ma avviene solo in seguito alla reazione di polimerizzazione della resina. Per l'insieme di questi motivi sarà esclusa la possibilità di eseguire interventi generalizzati sull'intera estensione delle superfici esterne.

L'utilizzo di questi prodotti deve essere limitato a delle piccole zone facilmente accessibili e mantenibili.

#### **61.9 MODALITÀ DI PROVA, CONTROLLO E COLLAUDO**

La direzione dei lavori potrà richiedere un controllo tramite prelievi al fine accertare se i materiali e le modalità di posa abbiano le caratteristiche previste dagli elaborati di progetto o dichiarate dal produttore.

I prelievi dovranno essere opportunamente riposti per essere successivamente inviati ai laboratori di analisi per il riscontro dei valori caratteristici con quelli utilizzati nel progetto. Di tali prelievi verrà redatto apposito verbale. Tutti gli oneri sono a carico dell'appaltatore e sono compensati nei prezzi relativi alla costruzione.

##### **a) Collaudo dei materiali**

Quando i materiali destinati alla costruzione o alla riparazione di strutture provengono dagli stabilimenti di produzione per la successiva lavorazione o collocazione in cantiere, l'appaltatore ne darà comunicazione alla direzione dei lavori specificando, per ogni fornitura, la distinta dei pezzi, il relativo peso, la destinazione e la documentazione di accompagnamento con relativi attestati di controllo e la dichiarazione che il prodotto è costruito nel rispetto delle norme vigenti (certificati di qualificazione). La direzione dei lavori avrà la facoltà, ogni volta che lo riterrà opportuno, di prelevare dei campioni da sottoporre a prova presso laboratori di sua scelta al fine di verificarne la rispondenza alle norme di accettazione ed ai requisiti di progetto. Per i prodotti non qualificati la direzione dei lavori dovrà effettuare presso laboratori ufficiali tutte le prove meccaniche e chimiche in numero atto a fornire, l'approfondita conoscenza delle proprietà di ogni lotto di fornitura. Tutti gli oneri relativi alle prove sono a carico dell'appaltatore.

##### **b) Controlli in corso di lavorazione**

L'appaltatore dovrà essere in grado di documentare la provenienza dei materiali impiegati nelle lavorazioni e di risalire ai corrispondenti certificati di qualificazione, fornendone a richiesta della direzione dei lavori una copia. In ogni caso, alla direzione dei lavori sarà riservata la facoltà di eseguire nel corso delle lavorazioni tutti i controlli che riterrà opportuni per accertare che i materiali impiegati siano quelli certificati, che le strutture siano conformi ai disegni di progetto e che siano eseguite a perfetta regola d'arte. Ogni volta che le strutture lavorate sono pronte per il collaudo, l'appaltatore informerà tempestivamente la direzione dei lavori che, entro 8 giorni, darà risposta fissando la data per il collaudo.

#### **NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 62 CONSOLIDAMENTO DELLE MURATURE****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

All'Appaltatore sarà vietato qualsiasi tipo di operazione e l'utilizzo di prodotti, anche prescritti, senza la preventiva esecuzione di prove applicative o esplicita autorizzazione della D.L. Il consolidamento di un materiale consiste in un intervento atto a migliorarne le caratteristiche meccaniche, in particolare la resistenza agli sforzi e la coesione, senza alterare patologicamente le prestazioni igrotermiche.

**62.1 CONSOLIDAMENTO SUPERFICIALE**

Trattamento di consolidamento superficiale e di prevenzione del degrado di natura biologica dei paramenti di murature in pietra e/o laterizio, anche immersi in acqua, mediante l'applicazione di soluzione a base di acido silicico e additivi preservanti, tipo Bio Estel New della CTS o similare, di equivalenti o superiori caratteristiche, data a pennello o a spruzzo, con irroratori a bassa pressione (massimo 0,5 bar), fino a rifiuto. Il prodotto dovrà essere utilizzato seguendo le indicazioni della ditta produttrice. La superficie da trattare dovrà essere asciutta, pulita e risanata da eventuali sali efflorescibili presenti. Eventuali agenti biodeteriogeni dovranno essere rimossi dalle superfici e la temperatura atmosferica dovrà essere compresa tra i 10 °C e i 25 °C.

La superficie da trattare non dovrà essere esposta all'irraggiamento diretto del sole. Il prodotto potrà essere applicato per immersione, mediante pennello in setola o anche a spruzzo con irroratori a bassa pressione, in modo tale che il prodotto consolidante raggiunga il nucleo sano del manufatto. Nel caso di applicazione a spruzzo è necessario dotarsi di particolari dispositivi di protezione individuale. Il prodotto completerà la sua reazione dopo circa quattro settimane, con temperatura ambiente di 20 °C ed umidità relativa del 40-50%:

Dovranno essere eseguiti dei test su campioni del materiale che si vuol trattare, in modo da verificare:

- Il grado dell'effetto rinforzante che si ottiene;
- La quantità di materiale da impiegare (solitamente compresa tra 0,5 – 3,00 l/mq);
- L'assenza di variazioni cromatiche sul materiale trattato;

**62.2 CONSOLIDAMENTO MEDIANTE INIEZIONI****62.2.a Consolidamento della struttura muraria**

Esecuzione di consolidamento di strutture murarie, in laterizio, pietrame e simili mediante iniezioni, nella quantità prescritta, realizzando una miscela colloidale a reoplasticità controllata, antilavamento, adatta al riempimento omogeneo di ogni porosità e vuoti presenti nelle strutture, a base di calce idraulica naturale, cariche pozzolane, carbonati ed additivi specifici, escluso il cemento.

Il prezzo comprende le seguenti fasi di lavorazioni:

- tracciamento sul paramento di un reticolo variabile, in funzione dello stato di fatto dello stesso, eseguito secondo lo schema impartito dalla Direzione dei Lavori;
- esecuzione dei fori del reticolo a mezzo di trapano a percussione del diametro di mm.18-24 della profondità variabile in funzione della tipologia, della consistenza e della matrice del paramento;
- lavaggio con acqua dolce (erogata a pressione) dell'interno del paramento attraverso i fori, precedentemente eseguiti, allo scopo di "pulire" il paramento;
- inserimento nelle perforazioni di tubicini in pvc;
- esecuzione di iniezioni di legante colloidale eseguite mediante l'utilizzo di apparecchiature a bassa pressione.

Il consolidamento del paramento deve avvenire partendo dal basso verso l'alto.

Nel prezzo si intendono compresi e compensati tutti gli oneri, magisteri ed attrezzature utili per la fornitura e posa in opera del materiale e per l'esecuzione delle operazioni propedeutiche (tubicini in pvc, punte per trapano, energia elettrica, acqua, pompa per iniezione, materiale per iniezione ecc. ), il lavaggio della macchina prima delle soste al fine di eliminare residui di materiale e qualsiasi altro accessorio e/o lavorazione utili per l'esecuzione del consolidamento a regola d'arte.

**62.3 RIPRISTINO DI MURATURE CON LA TECNICA DEL SCUCI-CUCI**

Ripristino di zone limitate di murature lesionate o degradate attraverso la rimozione degli elementi degradati e la realizzazione di una nuova tessitura muraria con elementi sani senza interrompere la funzione statica della muratura nel corso dell'applicazione.

La tecnica "scuci-cuci" viene utilizzata solamente quando non vi è la presenza di decori e cercando di recuperare il maggior numero di laterizi originari e non degradati.

La zona smontata intorno alla fessura deve comunque avere una dimensione limitata e deve avere un contorno frastagliato per permettere la successiva immorsatura tra la parte esistente e quella rifatta.

Dopo aver pulito accuratamente con spazzole o getti d'aria la muratura, è necessario preparare una malta il più possibile simile all'originale: l'utilizzo di un legante avente più elevate caratteristiche di resistenza può infatti determinare nuovi motivi di dissesto nelle parti rimanenti. I laterizi recuperati saranno poi integrati con nuovi elementi simili agli originali per dimensione e compattezza, evitando un diverso grado di assorbimento, che causa problemi di intonacatura.

L'intervento deve seguire ad un'analisi del dissesto e deve essere accompagnato ad altri interventi che ne eliminino le cause.

FASI DI ESECUZIONE

- Preparazione della parete attraverso pulizia e messa a vivo del paramento murario;
- Puntellamento della parete muraria;
- Rimozione della parte danneggiata;
- Preparazione delle superfici e dei mattoni mediante accurata pulizia;
- Ricucitura della muratura;
- Risarcitura dei giunti degradati.

#### 62.3.a Scuci-cuci con mattoni di recupero

Scucitura della muratura interessata mediante l'asportazione dei suoi elementi (laterizi e/o pietrame) degradati e/o lesionati, ivi compresa la malta di allettamento esistente e tutto quanto possa pregiudicare le applicazioni successive. Ricostruzione delle parti rimosse impiegando mattoni pieni di recupero ammorsati alla vecchia muratura in ambo i lati, lasciando tra la vecchia e la nuova muratura lo spazio necessario all'inserimento forzato di appositi cunei in legno. I mattoni saranno posati con idonea malta. Ad avvenuto ritiro della malta di procederà a realizzare il collegamento tra la vecchia e la nuova muratura, rimuovendo i cunei ed inserendo al loro posto mattoni pieni, eventualmente sagomati in funzione degli spazi da riempire, posati con idonea malta. Successivamente si procederà alla stilatura dei giunti.

**Paramenti murari verticali:** sostituzione muraria a scuci-cuci di murature degradate in mattoni pieni di laterizio, da attuarsi operando per piccoli cantieri alternati di rimozione e ricostruzione. Per uno spessore pari almeno a una testa, avendo cura di intervenire fino alle aree di murature sane adiacenti. Le demolizioni in breccia dovranno essere eseguite esclusivamente a mano, con martello e scalpello. Per le ricostruzioni dovranno essere impiegati esclusivamente mattoni di recupero, accuratamente selezionati e aventi caratteristiche simili a quelli esistenti per dimensioni, consistenza dell'impasto e colore. I mattoni dovranno essere preventivamente bagnati fino a rifiuto ed essere legati con impasto di calce aerea, calce idraulica a basso tenore di Sali e sabbie di fiume e di campo. Gli allettamenti ed i giunti dovranno essere uguali nello spessore a quelli esistenti, i modo tale da creare una tessitura muraria uguale all'esistente.

#### 62.3.b Scuci-cuci con mattoni di recupero e ammorsamento con barre in acciaio

Scucitura della muratura interessata mediante l'asportazione dei suoi elementi (laterizi e/o pietrame) degradati e/o lesionati, ivi compresa la malta di allettamento esistente e tutto quanto possa pregiudicare le applicazioni successive. Ricostruzione delle parti rimosse impiegando mattoni pieni di recupero ammorsati alla vecchia muratura in ambo i lati, lasciando tra la vecchia e la nuova muratura lo spazio necessario all'inserimento forzato di appositi cunei in legno. I mattoni saranno posati con idonea malta. Ad avvenuto ritiro della malta di procederà a realizzare il collegamento tra la vecchia e la nuova muratura, rimuovendo i cunei ed inserendo al loro posto mattoni pieni, eventualmente sagomati in funzione degli spazi da riempire, posati con idonea malta. Successivamente si procederà alla stilatura dei giunti.

**Volte:** sostituzione muraria a cuci-scuci di murature degradate in mattoni pieni in laterizio, da attuarsi operando per piccoli cantieri alternati di rimozione e ricostruzione, per uno spessore pari almeno a due teste, avendo cura di intervenire fino alle aree di murature sane adiacenti. Le demolizioni in breccia dovranno essere eseguite esclusivamente a mano, con martello e scalpello. Per le ricostruzioni dovranno essere impiegati esclusivamente mattoni di recupero, accuratamente selezionati e aventi caratteristiche simili a quelli esistenti per dimensioni, consistenza dell'impasto e colore. I mattoni dovranno essere preventivamente bagnati fino a rifiuto ed essere legati con impasto di calce aerea, calce idraulica a basso tenore di Sali e sabbie di fiume e di campo. Gli allettamenti ed i giunti dovranno essere uguali nello spessore a quelli esistenti, i modo tale da creare una tessitura muraria uguale all'esistente. Si dovrà inoltre ammorsare il tutto alle aree di murature sane superiori, mediante la realizzazione di inghisaggi di barre in acciaio di diam. 10 mm e lunghezza fino a 40 cm, del tipo B450C, bloccate con resina epossidica del tipo approvato dalla D.L., previa realizzazioni, pulizia e bagnatura del foro per una profondità fino a 20 cm, in ragione di 6/mq.

#### 62.3.c Scuci-cuci con conci di pietra squadrata

Formazione di porzioni di muratura in conci squadrati di pietra d'Istria o similare bocciardati, legati internamente con malta di calce idraulica ed opportunamente ammorsati, in modo da creare una tessitura muraria uguale all'esistente.

### 62.4 RISTILATURA ARMATA CON BARRE ELICOIDALI IN ACCIAIO INOX

Ristilatura armata dei giunti su paramenti murari esistenti, mediante l'utilizzo di barre elicoidali certificate EN 845-1 in acciaio Inox AISI 304, provviste di marcatura CE – tipo STEEL HELIBAR® 6 di Kerakoll Spa o similari – caratteristiche tecniche certificate: carico di rottura a trazione > 9,8 kN; carico di rottura a taglio > 5,5 kN; modulo elastico > 130 GPa; deformazione ultima a rottura > 5%; area nominale 8 mm<sup>2</sup>, installate nei giunti di malta, poste in opera mediante l'inghisaggio con geomalta® ad altissima igroscopicità e traspirabilità a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante® minerale, inerti di sabbia silicea e calcare dolomitico in curva granulometrica 0-1,4 mm, GreenBuilding Rating® 5 – tipo GEOCALCE® F ANTISISMICO di Kerakoll Spa o similari – caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1-R Plus GEV-Emicode, emissione di CO<sub>2</sub> ≤ 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati ≥ 30%. La geomalta® naturale è provvista di marcatura CE, classe della malta G/M15 (EN 998/2), classe di resistenza R1 PCC (EN 1504-3), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm<sup>2</sup> (EN 1015-11), modulo elastico 9 GPa (EN 13412), adesione al supporto a 28 gg > 1,0 N/mm<sup>2</sup> – FB: B (EN 1015-12).

L'intervento si svolgerà nelle seguenti fasi:

- a) scarnitura delle vecchie malte presenti nei giunti delle murature e successiva spazzolatura e lavaggio delle fughe;
- b) allettare il giunto precedentemente scarnito, per circa 2/3 dello spessore con la geomalta;
- c) installare la barra elicoidale mediante pressione manuale avendo cura che la malta di allettamento fuoriesca dai lati della barra;
- d) al termine dell'inserimento della barra, stuccare con la stessa malta in modo da garantire la perfetta sigillatura del giunto e l'inghisaggio della barra garantendo una perfetta aderenza di essa al substrato. Le stuccature a raso muro potranno essere spugnate.

### 62.5 RAFFORZAMENTO DI MURATURE MEDIANTE L'APPLICAZIONE DI TIRANTATURE DIFFUSE IN ACCIAIO INOX

Rafforzamento di pareti in muratura di pietra o di mattoni, mediante l'applicazione di sistemi di tirantature diffuse nelle tre direzioni ortogonali (o ingabbiatura della muratura) realizzate con cuciture metalliche strutturali presollecitate in nastro di acciaio inossidabile UNI-EN 10088-4, larghezza 19 mm spessore 0,75 mm, passanti attraverso lo spessore del paramento e chiuse su se stesse ad anello; cuciture poste in opera singolarmente o in sovrapposizione secondo un reticolo continuo, di maglia quadrata o rettangolare, realizzato attraverso forature trasversali nella muratura disposte a quinconce in numero di 0,5+2 fori per m<sup>2</sup> di parete e del diametro non superiore a Ø 35mm;

Alle imboccature di ogni foro sarà posto in opera, un apposito elemento imbutito con funzione di connettore-ripartitore di dimensioni  $\geq 125 \times 125$  mm, mentre in corrispondenza degli spigoli saranno posti in opera, angolari ripartitori di dimensioni minime  $60 \times 125$  mm, aventi spigoli smussati con raggio di curvatura  $\geq 8$  mm

Detti elementi imbutiti ed angolari verranno realizzati in acciaio inossidabile UNI-EN 10088-4 con spessore minimo di 4 mm e posti in opera a diretto contatto con il paramento murario, allettati con malta tixotropica bicomponente.

Il nastro in acciaio inossidabile delle cuciture strutturali avrà le seguenti caratteristiche di base:

- $l \geq 19,0$  mm dove "l" è la larghezza del nastro
- $s \geq 0,85$  mm dove "s" è lo spessore del nastro

Tipo 1

- $R_p 0,2 \geq 350$  Mpa resistenza a snervamento
- $R_m \geq 650$  Mpa resistenza a rottura
- $A_{80} \geq 35\%$  allungamento a rottura

Tipo 2

- $R_p 0,2 \geq 700$  Mpa resistenza a snervamento
- $R_m \geq 1000$  Mpa resistenza a rottura
- $A_{80} \geq 20\%$  allungamento a rottura

La chiusura ad anello delle singole cuciture verrà effettuata da apposito apparecchio in grado di realizzare giunti con le seguenti caratteristiche minime:

- resistenza a rottura del giunto (corrispondente al 70% di  $R_m$  minimo)

Tipo 1:  $\geq 455$  Mpa - Tipo 2:  $\geq 700$  Mpa

- forza di trazione applicata ai capi del nastro  $\geq 130$  Mpa per entrambi i tipi.

Il valore della forza di trazione da applicare ai capi del nastro al momento della realizzazione del giunto dovrà essere verificato e certificato (per ciascun apparecchio) da un laboratorio ufficiale (ai sensi della legge 1086), il quale provvederà a rilasciare relativo rapporto di prova. In ogni caso il valore della forza di trazione dovrà essere approvato dal progettista il quale potrà, qualora lo ritenesse necessario, stabilire anche valori differenti da quello sopra indicato.

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi:

a) eventuale preparazione delle superfici da rinforzare, mediante demolizione e rimozione dell'intonaco esistente, ripristino di eventuali lesioni mediante cucitura e/o consolidamento con iniezione di malta fluida e depolverizzazione finale mediante idrolavaggio a bassa pressione;

b) tracciamento sulle murature dell'effettivo passaggio dei nastri e il collocamento delle murature;

c) foratura del paramento murario con trapano a percussione "a secco" o con punta carotatrice ad acqua;

d) posizionamento degli angolari e delle piastre imbutite in acciaio inox. Entrambi vengono posizionati in aderenza alla muratura ed allettati con malta cementizia tipo "MasterEmaco S 950" o equivalente;

e) passaggio e messa in tensione dei nastri in acciaio inox tramite macchina tensionatrice pneumatica.

## **62.6 RINFORZO DI MURATURE MEDIANTE PLACCAGGIO CON FASCE IN FIBRA DI ACCIAIO GALVANIZZATO**

### ***62.6.a Tessuto in fibra di acciaio GeoSteel***

Rinforzo a pressoflessione e taglio di maschio murario con placcaggio di fasce, mediante l'utilizzo di sistema composito a matrice inorganica SRG (Steel Reinforced Grout), provvisto di Valutazione Tecnica Europea (ETA) ai sensi dell'art. 26 del Regolamento UE n. 305/2011 o di certificazione internazionale di comprovata validità, realizzato con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato Hardwire™ ad altissima resistenza, formato da micro-trefoli di acciaio prodotti secondo norma ISO 16120-1/4 2017 fissati su una microrete in fibra di vetro, del peso netto di fibra di circa 1200 g/m<sup>2</sup> – tipo GEOSTEEL G1200 di Kerakoll Spa o similare – caratteristiche tecniche certificate del nastro: resistenza a trazione valore caratteristico  $> 3000$  MPa; modulo elastico  $> 190$  GPa; deformazione ultima a rottura  $> 1.5\%$ ; area effettiva di un trefolo  $3 \times 2$  (5 fili) =  $0,538$  mm<sup>2</sup>; n° trefoli per cm =  $3.14$  con avvolgimento dei fili ad elevato angolo di torsione conforme alla norma ISO/DIS 17832; spessore equivalente del nastro =  $0,169$  mm, impregnato con geomaltaR ad altissima igroscopicità e traspirabilità a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e GeoleganteR minerale, inerti di sabbia silicea e calcare dolomitico in curva granulometrica 0-1,4 mm, GreenBuilding RatingR 5 – tipo GEOCALCER F ANTISISMICO di Kerakoll Spa o similare – caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Emicode, emissione di CO<sub>2</sub>  $\leq 250$  g/kg, contenuto di materiali riciclati  $\geq 30\%$ . La geomaltaR naturale e provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), classe di resistenza R1 PCC (EN 1504-3), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg  $\geq 15$  N/mm<sup>2</sup> (EN 1015-11), modulo elastico 9 GPa (EN 13412), adesione al supporto a 28 gg  $> 1,0$  N/mm<sup>2</sup> – FB: (EN 1015-12).

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi:

a) eventuale preparazione delle superfici da rinforzare, mediante demolizione e rimozione dell'intonaco esistente, ripristino di eventuali lesioni mediante cucitura e/o consolidamento con iniezione di malta fluida e depolverizzazione finale mediante idrolavaggio a bassa pressione;

b) stesura di un primo strato di geomaltaR, di spessore di circa 3 – 5 mm;

c) con malta ancora fresca, procedere alla posa del tessuto in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, avendo cura di garantire una completa impregnazione del tessuto ed evitare la formazione di eventuali vuoti o bolle d'aria che possano compromettere l'adesione del tessuto alla matrice o al supporto;

d) esecuzione del secondo strato di geomaltaR, di spessore di circa 2 – 5 mm al fine di inglobare totalmente il tessuto di rinforzo e chiudere gli eventuali vuoti sottostanti;

e) eventuale ripetizione delle fasi (c), e (d) per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto;

f) eventuale inserimento di diatoni realizzati con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, previa:

- realizzazione del foro d'ingresso, avente dimensioni idonee alla natura del successivo connettore,

- confezionamento del connettore metallico mediante taglio, "sfiochettatura" e arrotolamento finale del tessuto in fibra d'acciaio, con bloccaggio dello stesso mediante fascetta plastica,

-inserimento del connettore preformato all'interno del foro con iniezione a bassa pressione finale di geomaltaR ad altissima igroscopicità e traspirabilità, iperfluida, ad elevata ritenzione d'acqua a base di pura calce naturale NHL 3.5 e GeoleganteR minerale, intervallo granulometrico 0-100  $\mu$ m, GreenBuilding RatingR 5, provvista di marcatura CE – tipo GEOCALCE FL ANTISISMICO di Kerakoll Spa o simi-

lare – caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Emicode, emissione di CO<sub>2</sub> ≤ 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati ≥ 30%. La geomaltaR naturale è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm<sup>2</sup> (EN 1015-11), modulo elastico 9,5 GPa (EN 13412), resistenza allo sfilamento delle barre di acciaio ≥ 3,5 MPa (RILEM-CEB-FIPRC6-78).

#### 62.6.b GeoCalce F Antisismico

Il rinforzo con placcaggio diffuso o a fasce di elementi in muratura, l'allettamento, la stilatura o la realizzazione del betoncino strutturale saranno realizzate con una geomalta® ad altissima igroscopicità e traspirabilità per muri interni ed esterni a base di pura calce naturale NHL 3.5 e Geolegante®, inerti di sabbia silicea e calcare dolomitico in curva granulometrica 0 – 1,4 mm, GreenBuilding Rating® 5 (tipo GeoCalce® F Antisismico di Kerakoll Spa o similare). La geomalta® naturale dovrà soddisfare anche i requisiti della norma EN 998-2 – G/M15 e EN 1504-3 – R1 PCC, reazione al fuoco classe A1. La geomalta® avrà uno spessore non superiore ai 15 mm, fasce di livello, finitura a rustico sotto staggia, riquadratura di spigoli e angoli sporgenti, esclusi oneri per ponteggi fissi. L'applicazione sarà da eseguire a mano o con intonacatrice. Resa GeoCalce® F Antisismico: ≈ 14 kg/m<sup>2</sup> per cm di spessore.

Aspetto	polvere	
Natura mineralogica aggregato	silicatica-carbonatica	
Intervallo granulometrico	0 – 1,4 mm	
Conservazione	≈ 12 mesi nella confezione originale in luogo asciutto	
Confezione	sacchi 25 kg	
Acqua d'impasto	≈ 5,3 ℓ / 1 sacco 25 kg	
Massa volumica apparente della malta fresca	≈ 1,73 kg/dm <sup>3</sup>	EN 1015-6
Massa volumica apparente della malta indurita essiccata	≈ 1,58 kg/dm <sup>3</sup>	EN 1015-10
Temperature limite d'applicazione	da +5 °C a +35 °C	
Spessore max per strato	≈ 1,5 cm	
Resa	≈ 14 kg/m <sup>2</sup> per cm di spessore	

*Rilevazione dati a +20 ± 2 °C di temperatura, 65 ± 5% U.R. e assenza di ventilazione. Possono variare in funzione delle specifiche condizioni di cantiere*

#### 62.6.c GeoCalce FL Antisismico

Consolidamenti di crepe e lesioni su elementi in muratura e costipazione di murature "a sacco", di cannicciati e distacchi di intonaco saranno realizzati con iniezioni di geomalta® compatta ad altissima igroscopicità e traspirabilità, iperfluida, ad elevata ritenzione d'acqua a base di pura calce naturale NHL 3.5 e Geolegante®, GreenBuilding Rating® 5 (tipo GeoCalce® FL Antisismico di Kerakoll Spa o similare). Le caratteristiche richieste, ottenute esclusivamente con l'impiego di materie prime di origine rigorosamente naturale, garantiranno una totale resistenza ai sali. La geomalta® naturale dovrà soddisfare anche i requisiti della norma EN 998/2-G M15. Reazione al fuoco Classe A1. Le iniezioni di consolidamento all'interno di materiali sciolti o lesionati andranno eseguite a bassa pressione per evitare la formazione di sovrappressioni o "colpi d'ariete" all'interno delle strutture, con conseguente possibile cedimento o schianto. Le superfici piane o le lesioni saranno perfettamente rinzaffate o stuccate per garantire il contenimento della geomalta® d'iniezione. Le iniezioni saranno eseguite con max bar 1,5. Resa GeoCalce® FL Antisismico: ≈ 1,5 kg/dm<sup>3</sup>.

Aspetto	polvere	
Intervallo granulometrico	0 – 100 µm	EN 1015-1
Massa volumica apparente della polvere	≈ 1,31 kg/dm <sup>3</sup>	UEAtc
Conservazione	≈ 12 mesi nella confezione originale in luogo asciutto	
Confezione	sacchi 25 kg	
Acqua d'impasto	≈ 7,5 ℓ / 1 sacco 25 kg	
Massa volumica apparente della malta fresca	≈ 2 kg/dm <sup>3</sup>	EN 1015-6
Massa volumica apparente della malta indurita essiccata	≈ 1,5 kg/dm <sup>3</sup>	EN 1015-10
Fluidità impasto (Flow-cone):		
- 0 min.	52 s	
- 30 min.	50 s	
- 60 min.	48 s	EN 445
Fluidità coppa Ford	< 60" (con ugello D6)	
pH impasto	≥ 12	
Segregazione	assente	
Prova di essudamento	0,1%	EN 445
Temperature limite d'applicazione	da +5 °C a +35 °C	
Resa	≈ 1,5 kg/dm <sup>3</sup>	

*Rilevazione dati a +20 ± 2 °C di temperatura, 65 ± 5% U.R. e assenza di ventilazione. Possono variare in funzione delle specifiche condizioni di cantiere.*

**62.7 INTONACO ARMATO**

Realizzazione di intonaco armato dato in opera a qualunque altezza su pareti verticali in muratura grezza.

La lavorazione comprende:

- F e P di rete e.s. in acciaio del tipo S275JR zincato a caldo 10x10 cm Ø5 mm, lavorata e tagliata a misura, sagomata e posta in opera, compreso lo sfrido, le legature e gli oneri relativi ai controlli di legge.
- Esecuzione di ancoraggi passanti di barre di acciaio ad aderenza migliorata o filettate ø6mm, compresa la perforazione di diametro adeguato per tutto lo spessore del muro, la pulizia accurata del foro, l'iniezione con malta, le opere provvisorie e quant'altro occorre per dare l'ancoraggio finito a perfetta regola d'arte. Incluse le barre in acciaio B450C Ø6mm L=65cm.
- Intonaco armato per interni ed esterni, previa spruzzatura con boiacca cementizia, per uno spessore complessivo medio di 30 mm, in malta di calce e cemento resistenza minima M5 dosata a q 3 a due mani con ultimo strato in malta di cemento dosata a q 6 tirato a frattazzo fino.

Nel prezzo si intendono compresi e compensati gli oneri per la fornitura e posa in opera di parasigoli in lamiera di acciaio zincato a tutta altezza, la formazione degli spigoli sia vivi che smussati, le lesene, i marcapiani, i riquadri per vani di porte e finestre, la formazione ed il disfacimento dei piani di lavoro, i sollevamenti, il rispetto di eventuali incassature ed attacchi per impianti tecnici, la pulizia e l'asporto del materiale di risulta a fine lavoro, la raccolta differenziata del materiale di risulta, il conferimento con trasporto in discarica autorizzata del materiale di risulta, l'indennità di discarica e quanto altro necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte. Esclusa la sola rete portaintonaco.

**62.8 BETONCINO STRUTTURALE DI CONSOLIDAMENTO**

Fornitura e posa in opera di betoncino strutturale a bassissimo contenuto di sali idrosolubili e ritiro controllato, tipo TASSULLO T30RC Plus o similare, a base di calce idraulica naturale ed inerti selezionati di opportuna curva granulometrica da 0 a 4 mm ideale per il consolidamento di murature o volte, per la realizzazione di rinzaffi consolidanti, riempimenti e tamponature, realizzazione di giunti in murature faccia a vista in pietra o mattone, allettamento pietre o blocchi in laterizio, caratterizzata da elevata resistenza, traspirabilità ed elasticità.

Conformità:

- UNI EN 998-1 "Malte per intonaci interni ed esterni": classe CSIV
- UNI EN 998-2 "Malte da Muratura": classe M10

Tale betoncino strutturale è da utilizzarsi come rinzaffo consolidante, all'occorrenza anche armato, su murature in pietra indebolite dalla perdita di malta di allettamento e/o nei casi in cui si debbano eseguire interventi di "cuci-scuci", ripristinare giunti di malta, bloccare sassi poco coesi e realizzare un primo strato di regolarizzazione in previsione della realizzazione successiva del corpo di intonaco. Può essere applicato sia in interno che in esterno. Il prodotto deve essere dotato delle seguenti caratteristiche:

Granulometria (UNI EN 1015-1)		da 0 a 4 mm
Acqua d'impasto		ca. 0,165 l/Kg (ca. 5 l/sacco)
Peso specifico (UNI EN 1015-10)		1800 ÷ 1900 Kg/m <sup>3</sup>
Resa		18 ÷ 19 Kg/(m <sup>2</sup> x cm)
Resistenza a compressione (UNI EN 1015-11)	rif. UNI EN 998-1	Classe CS IV (≥ 6,0 N/mm <sup>2</sup> )
	rif. UNI EN 998-2	Classe M10 (> 10 N/mm <sup>2</sup> )
Resistenza a compressione a fine maturazione (a 60 – 90 giorni)		15 N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico a compressione (UNI 6556)		ca. 13000 N/mm <sup>2</sup>
Adesione per trazione diretta (UNI EN 1015-12)		> 1 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza allo sfilamento barra di acciaio		> 2,6 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza alla diffusione del vapore (UNI 9233)		μ = 12
pH		> 10,5
Classe di reazione al fuoco		A1

I dati tecnici sono stati ottenuti da una malta preparata in laboratorio mediante miscelazione con miscelatore conforme alla EN 196-1 per 75 secondi a bassa velocità.

Utilizzato come intonaco di rinforzo può essere applicato a mano oppure mediante macchine intonacatrici adatte a malte tradizionali di granulometria fino a 4 mm secondo i seguenti punti:

1. pulire la muratura da parti inconsistenti, polvere, o altre sostanze che possano limitare o compromettere l'aggrappo;
2. posizionare la rete elettrosaldata o in fibra di vetro opportunamente connessa alla muratura;
3. applicare il betoncino a copertura totale della rete (almeno 10 mm) avendo cura di riempire a saturazione gli interstizi e gli spazi tra sasso e sasso. Evitare di staggiare. Valutare l'opportunità, in funzione dell'umidità del supporto, di trattare la rete con idonei protettivi e/o antiruggine o di utilizzare reti in acciaio zincato o inox;
4. applicare dopo adeguato periodo di maturazione il corpo dell'intonaco;
5. rifinire mediante rasanti e successiva Finitura Colorata o finitura a pittura ai silicati, piastrelle ceramiche o in pietra naturale.

Utilizzato come malta di allettamento o di reintegro giunti può essere applicato manualmente con cazzuola tra gli elementi murari o in corrispondenza del giunto murario e lavorato con cazzuola o spatola al fine di compattare e/o regolarizzare il prodotto a vista. Gli elementi murari o le superfici da reintegrare devono essere preventivamente puliti da parti inconsistenti, polvere, efflorescenze saline o altre sostanze organiche.

Per una realizzazione ottimale dell'intervento è necessario rispettare i seguenti punti:

- 1) Preparazione del supporto: preparare il supporto all'applicazione asportando polvere, efflorescenze saline, parti inconsistenti, di-sarmanti, muffa, fuliggine, materiale organico ecc.
- 2) Supporti bagnati: non applicare su supporti molto bagnati o impregnati di acqua al fine di evitare fenomeni di scarsa adesione.
- 3) Supporti molto assorbenti: nel caso di supporto con elevato assorbimento d'acqua è buona norma inumidire preliminarmente e adottare tutte le precauzioni per evitare una rapida asciugatura della malta.
- 4) Supporti poco assorbenti: l'applicazione su calcestruzzo o su supporti con bassa o nulla capacità di assorbimento d'acqua deve essere fatta dopo la stesura di un rinzaffo ponte di aderenza.
- 5) Protezione dal gelo: non applicare a temperature inferiori a 5°C. Nei periodi freddi è opportuno provvedere ad una adeguata protezione della malta dal gelo; è sconsigliato l'uso di additivi anticongelanti che potrebbero pregiudicare la lavorabilità della malta.
- 6) Alte temperature: in presenza di elevate temperature adottare tutte le precauzioni alla fine di impedire una troppo rapida asciugatura del prodotto in opera.

- 7) Spessori superiori ai 3 cm: per spessori superiori ai 3 cm, soprattutto dove vi siano cambiamenti di sezione o disomogeneità del supporto, è consigliato l'utilizzo di reti in vetroresina o acciaio zincato e la realizzazione dell'intonaco per strati successivi, attendendo l'indurimento dello strato sottostante.

#### **62.9 INTEGRAZIONE E RIPRISTINO DI MANUFATTI IN MATTONI A VISTA AVENTI VALENZA STORICA**

Tale operazione consiste, ove necessario, nell' integrazione del paramento murario con mattoni di recupero aventi le stesse caratteristiche e dimensioni di quelli originali. Ciò può anche comportare l'inserimento di elementi particolari sagomati, a seconda delle caratteristiche del manufatto stesso. Ove risulti impossibile utilizzare mattoni di recupero, è ammessa l'integrazione con mattoni di nuova fattura, che comunque mantengano le caratteristiche del paramento originario. L' uso di tali elementi sarà autorizzato dalla Direzione Lavori solo a seguito di approvazione di idonea campionatura.

#### **NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 63 RESTAURO DELLE FACCIATE ESTERNE****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI****63.1 OPERAZIONI PRELIMINARI****63.1.a Verifica per la rimozione di chiodi, viti, cavi e simili**

Controllo ed eliminazione di parti metalliche fissate o infisse alle murature, eseguita con tecniche ed accorgimenti tali da evitare danni ai supporti murari, o contenerli nei limiti indispensabili. Se possibile, si dovrà semplicemente sfilare l'oggetto infisso con l'aiuto di semplici oscillazioni per allentare l'ancoraggio.

Per gli elementi fissati con malta di base cementizia, si potrà ricorrere all'utilizzo di piccoli scalpelli sempre per ridurre al massimo l'invasività del trattamento.

Se la rimozione comporta operazioni distruttive, procederemo al taglio dell'elemento metallico, possibilmente sottolivello, tratteremo il taglio con materiale passivante e procederemo alla stuccatura del foro con materiale simile per composizione all'intonaco ed alla finitura circostante.

**63.1.b Verifica ancoraggio e consistenza intonaci esterni**

La consistenza e la coesione all'intonaco del substrato, come da grafici di progetto, dev'essere preventivamente verificato, sia la parte riguardante la coesione dell'intonaco stesso, sia l'aderenza al supporto. La predetta operazione risulta necessaria per valutare i successivi interventi di preconsolidamento o consolidamento.

**63.2 PULIZIA E TRATTAMENTO BIOCIDA**

- Asportazione dei depositi incoerenti sulle superfici da eseguirsi a secco con l'ausilio di pennellesse morbide e piccoli aspiratori, compatibilmente con le condizioni di adesione e coesione degli intonaci, inclusi gli oneri di protezione di superfici ed oggetti circostanti.
- Pulitura delle superfici dipinte da eseguirsi in accordo con la D.L. mediante rimozione di depositi superficiali coerenti quali polvere sedimentata, fissativi alterati e sostanze di varia natura sovrappresse alla superficie pittorica da conservare mediante impiego di soluzioni sature di Carbonato e/o Bicarbonato d'Ammonio in acqua demineralizzata, inclusa eventuale estrazione dei Sali solubili. Nel caso di sovracommissioni a base di sostanze oleose, acriliche, cerosi ecc., in dipendenza dal loro grado di polimerizzazione e di compattezza ed aderenza alla superficie pittorica, si dovrà prevedere l'impiego di sostanze solventi specifiche, previa esecuzione dei test di solubilità, da utilizzare con modalità da concordare con la D.L. in accordo con l'Ente di Tutela competente. Laddove indicato dalla D.L., in alternativa ad altri metodi di pulitura, in base alla valutazione degli esiti dei saggi preliminari eseguiti, la rimozione di depositi superficiali potrà essere eseguita a mezzo di spugne sintetiche o pani di gomma avendo cura di rimuoverne i residui dalle superfici.
- Ove necessario, trattamento di disinfezione mediante applicazione di biocidi e rimozione di microrganismi autotrofi ed eterotrofi, inclusi gli oneri relativi alla protezione delle superfici circostanti.
- Rimozione meccanica delle stuccature non idonee per materiali, granulometria e colorazione. Tale operazione potrà anche essere condotta avvalendosi dell'adozione di modalità che prevedano oltre all'impiego di microscalpelli e scalpelli con punta widia, l'uso di microscalpelli pneumatici a bassa pressione, inclusa la protezione e l'eventuale consolidamento delle zone circostanti, da concordare con la D.L. Tale operazione potrà essere sostituita dall'assottigliamento o riduzione delle stuccature non idonee nel caso l'asportazione di queste dovesse comportare ulteriori problemi di degrado per il manufatto e solo previo accordo con la D.L. in corso d'opera.

**63.3 STUCCATURA**

Stuccatura della lacune dell'intonaco da eseguirsi a livello e/o sottolivello in accordo con la D.L. e l'Ente di Tutela competente con malta di calce aerea e/o idraulica naturale (classificata NHL) inclusi i saggi per la composizione della malta idonea per colore e granulometria e per l'applicazione e la sua lavorazione, da sottoporre a valutazione della D.L., l'applicazione di due o più strati d'intonaco (compreso l'eventuale rinzafo), successiva pulitura e revisione cromatica dei bordi. La composizione della malta potrà essere preceduta da analisi chimico-fisiche di quella originale al fine di verificarne la composizione per poter riproporre le caratteristiche dell'impasto originario. E' assolutamente vietato l'uso di cementi e/o calci idrauliche artificiali.

**63.4 RESTAURO DI STUCCHI E DECORAZIONI**

Asportazione dei depositi incoerenti sulle superfici: da eseguirsi a secco con l'ausilio di pennellesse morbide e piccoli aspiratori, compatibilmente con le condizioni di adesione e coesione di intonaci e pellicola pittorica inclusi gli oneri di protezione di superfici ed oggetti circostanti. Nel caso di difetti di coesione ed adesione sarà opportuno provvedere a fissature locali della pellicola pittorica con le modalità operative descritte nel presente capitolato alla voce specifica.

Fissatura delle mancanze di coesione ed adesione della pellicola pittorica e dorature da eseguire con resine acriliche in emulsione acquosa, utilizzate a varia diluizione (dall'1 al 10% in acqua) applicate, previa interposizione di carta giapponese, mediante nebulizzazione e/o a pennello o con l'impiego di siringhe, con successivo schiacciamento del film pittorico mediante spatola metallica. In particolare nei casi di difetti di adesione della pellicola pittorica, laddove non sussistano eccessivi problemi di penetrazione dovranno essere privilegiate malte premiscelate iniettabili, opportunamente diluite, previa approvazione da parte della D.L. sulla base della verifica delle prove effettuate in corso d'opera e delle caratteristiche indicate nelle schede tecniche che dovranno essere preliminarmente fornite alla D.L..

Sarà cura della ditta attenersi scrupolosamente alle precauzioni d'uso riportate dalla scheda tecnica dei materiali impiegati.

Consolidamento delle mancanze di adesione fra i vari strati di intonaco mediante iniezione con malte idrauliche premiscelate prive di sali idrosolubili, inclusi gli oneri di sigillatura con malta aerea dei bordi degli stessi e delle fessurazioni al fine di impedire la fuoriuscita di consolidante per iniezione ed eventuale puntellatura provvisoria di parti pericolanti (compreso l'allestimento di puntelli). Nei casi di gravi distacchi degli strati di intonaco che rischiano di compromettere la stabilità degli stessi nel corso delle operazioni di consolidamento si intende a carico della ditta l'adozione di presidi provvisori quali applicazione di bendaggio di sostegno e protezione con velatino di garza e resina acrilica in soluzione ad una diluizione dal 10 al 20% e successiva rimozione con idoneo solvente.

Nel caso di decoesione dell'intonaco dovuto all'alto tenore di solfatazione potrà essere adottato il metodo del consolidamento mediante Idrossido di Bario, previo approfondimento analitico. Tale trattamento sarà effettuato attraverso ripetute applicazioni di soluzioni al 5-6% di sale in acqua demineralizzata supportate in forma di impacco in polpa di cellulosa per tempi di contatto valutabili a seguito di prove e avendo cura di isolare l'impacco dal contatto con l'aria affinché non si verifichino reazioni di imbiancamento superficiali mediante pellicole trasparenti impermeabili. A seguito dell'asportazione dell'impacco ancora umido sarà necessario eseguire ripetuti ed accurati risciacqui con acqua demineralizzata con l'ausilio di spugne e/o spazzolini di setola. Sarà cura della ditta attenersi scrupolosamente alle precauzioni d'uso riportate dalla scheda tecnica dei materiali impiegati.

Rimozione meccanica delle stuccature non idonee per materiali, granulometria e colorazione. Tale operazione potrà anche essere condotta avvalendosi dell'adozione di modalità che prevedano oltre all'impiego di microscalpelli e scalpelli con punta widia, l'uso di microscalpelli pneumatici a bassa pressione, inclusa la protezione e l'eventuale consolidamento delle zone circostanti, da concordare con la D.L. Tale operazione potrà essere sostituita dall'assottigliamento o riduzione delle stuccature non idonee nel caso l'asportazione di queste dovesse comportare ulteriori problemi di degrado per il manufatto e solo previo accordo con la D.L. e con l'Ente di Tutela competente in corso d'opera.

Eventuale trattamento di disinfezione mediante applicazione di biocidi e rimozione di microrganismi autotrofi ed eterotrofi, inclusi gli oneri relativi alla protezione delle superfici circostanti.

Nel caso di policromie eseguite a secco e sensibili all'acqua e di dorature a bolo, la rimozione di depositi superficiali potrà essere eseguita a mezzo di spugne sintetiche o pani di gomma avendo cura di rimuoverne i residui dalle superfici.

Per le sovrapposizioni a base di sostanze oleose, acriliche, cerosi ecc., in dipendenza dal loro grado di polimerizzazione e di compattezza ed aderenza alla superficie pittorica, o in alternativa ad altri metodi di pulitura quindi da concordare con la D.L.: sulla base della valutazione degli esiti dei saggi preliminari eseguiti, si dovrà prevedere l'impiego di altre sostanze solventi specifiche, previa esecuzione dei test di solubilità, da utilizzare con modalità da concordare con la D.L.

Stuccatura della lacune dell'intonaco da eseguirsi a livello e/o sottolivello in accordo con la D.L. con malta di calce aerea e/o idraulica naturali (classificata NHL) con inerti selezionati, inclusi i saggi per la composizione della malta idonea per colore e granulometria e per l'applicazione e la sua lavorazione, da sottoporre a valutazione della D.L., l'applicazione di due o più strati d'intonaco (compreso l'eventuale rinzafo), successiva pulitura e revisione cromatica dei bordi.

E' assolutamente vietato l'uso di cementi e/o calci idrauliche artificiali.

La composizione della malta potrà essere preceduta da analisi chimico-fisiche di quella originale al fine di verificarne la composizione per poter riproporre le caratteristiche dell'impasto.

Sarà cura della ditta attenersi scrupolosamente alle precauzioni d'uso riportate dalla scheda tecnica dei materiali leganti impiegati.

Nel caso vi sia la necessità di eventuale rifacimento di stucchi e particolari decorativi a rilievo (integrazione plastica) esso dovrà essere eseguito con malta aerea e/o idraulica naturale o con altro materiale autorizzato dalla Direzione Lavori con l'impiego di opportune dime, anche mediante esecuzione di calchi con gomme silconiche o altro, inclusi oneri di posa in opera delle parti calcate, applicazione di armature (perni di ancoraggio e sostegno in teflon, o in fibra di polipropilene, o in vetroresina), compreso il trattamento di finitura superficiale, da concordare con la D.L. e con l'Ente di Tutela competente.

Qualora si conservassero in deposito parti calcate in passato pertinenti alla decorazione in stucco da integrare plasticamente, in buone condizioni conservative e realizzate con materiali compatibili e potenzialmente non forieri di degrado per gli originali, sarà cura della ditta verificare la possibilità di un loro reimpiego che sarà valutato con la D.L. e provvedere alla loro posa. In questa fase si considera anche la preliminare preparazione delle interfacce, delle sedi per eventuali perni, con idoneo trattamento isolante, e rimozione dell'eccesso di adesivo utilizzato, concordato con la D.L. In caso si optasse per l'esecuzione di calchi, questi dovranno essere realizzati avendo cura di proteggere preliminarmente le superfici da calcare con prodotti specifici che creino un efficace effetto barriera in grado di isolare la superficie del manufatto dal contatto con i materiali utilizzati come calcanti e siano anche buoni distaccanti, non determinino fastidiose interferenze visive e siano facilmente reversibili. Le sostanze calcanti devono avere temperature di polimerizzazione compatibili con le condizioni conservative del manufatto, tempi di polimerizzazione brevi per ridurre il contatto con questo.

Il successivo trattamento di finitura superficiale dovrà essere eseguito in analogia con le parti originali previa esecuzione di campioni di prova secondo quanto richiesto dalla D.L. da sottoporre alla valutazione della D.L. e dell'Ente di Tutela, sia per la scelta cromatica che per la scelta tipologica, di lucentezza finale desiderata e la composizione intrinseca della materia, che comunque dovrà essere preceduta da analisi chimico-fisiche. Lo strato di finitura dovrà essere particolarmente curato nella consistenza materia e nella eventuale cromia e, se in marmorino, esso dovrà essere ripetutamente liscio con adeguati attrezzi in fase di asciugamento, al fine di realizzare una superficie compatta, liscia, traslucida e vibrante.

Sarà cura della ditta attenersi scrupolosamente alle precauzioni d'uso riportate dalla scheda tecnica dei materiali impiegati.

### 63.5 RESTAURO DI PITTURE

Asportazione dei depositi incoerenti sulle superfici decorate da eseguirsi a secco con l'ausilio di pennellesse morbide e piccoli aspiratori, compatibilmente con le condizioni di adesione e coesione di intonaci, strati preparatori e pellicola pittorica inclusi gli oneri di protezione di superfici ed oggetti circostanti. Nel caso di difetti di coesione ed adesione sarà opportuno provvedere a fissature locali della pellicola pittorica con le modalità operative descritte nel presente capitolato alla voce specifica.

Cauta asportazione di scialbi, incrostazioni, ridipinture o strati sovrammessi aderenti alla pellicola pittorica con mezzi meccanici manuali e con l'eventuale applicazione localizzata ad impacco di soluzioni in acqua demineralizzata dall'1% al 4% di sali sodici dell'acido etilendiamminotetracetico (EDTA), per un tempo di contatto da testare, successiva rimozione dei residui inclusi oneri relativi alla rifinitura con acqua distillata con l'ausilio di spugne o spazzole, alla preparazione dei materiali ed alla scelta della soluzione tecnica e metodologica più idonea da concordare con la D.L. e con l'Ente di Tutela. Tale operazione potrà anche essere condotta avvalendosi dell'adozione di modalità che prevedano oltre all'impiego di quanto già descritto, l'applicazione di compresse di sepiolite e polpa di cellulosa come supportanti, allo scopo di ridurre al minimo l'apporto di acqua, di resine scambiatrici di ioni, previa esecuzione di campionature di prova da sottoporre alla valutazione della D.L.. Potrà comprendere anche le parti lignee decorate per le quali verrà eventualmente messa a punto una metodologia operativa diversa in accordo o su richiesta della D.L. Per le inevitabili interferenze che tale operazione avrà con la pulitura delle superfici pittoriche originali dovrà essere graduale e molto accurata e non comprometterne gli esiti.

Fissatura delle mancanze di coesione ed adesione della pellicola pittorica da eseguire con resine acriliche in emulsione acquosa, utilizzate a varia diluizione (dall'1 al 10% in acqua) applicate, previa interposizione di carta giapponese, mediante nebulizzazione e/o a pennello o con l'impiego di siringhe, con successivo schiacciamento del film pittorico mediante spatola metallica. In particolare nei casi di difetti di adesione della pellicola pittorica sugli intonaci, laddove non sussistano eccessivi problemi di penetrazione, dovranno essere privilegiate malte idrauliche premiscelate iniettabili, opportunamente diluite e prive di sali idrosolubili, previa approvazione da parte della D.L. sulla base della verifica delle prove effettuate in corso d'opera e delle caratteristiche indicate nelle schede tecniche che dovranno essere preliminarmente fornite alla D.L. per le opportune verifiche. L'uso di resine termoplastiche di tipo vinilico e/o acrilico in soluzione (a diluizione variabile dal 3 al 10%) è previsto, previo accordo con la D.L., nei casi di gravi difetti di adesione del film pittorico in cui sia necessaria l'azione saldante del calore (temperature non superiori a 50°C) fornito dal termocauter per far aderire ed appiattire scaglie di colore sollevate ed arricciate di consistenza e spessore consistenti.

Consolidamento delle mancanze di adesione fra i vari strati di intonaco mediante iniezione con malte idrauliche premiscelate prive di sali idrosolubili, inclusi gli oneri di sigillatura con malta aerea dei bordi degli stessi e delle fessurazioni al fine di impedire la fuoriuscita di consolidante per iniezione ed eventuale puntellatura provvisoria di parti pericolanti (compreso l'allestimento di puntelli). Nei casi di gravi distacchi degli strati di intonaco che rischiano di compromettere la stabilità degli stessi nel corso delle operazioni di consolidamento si intende a carico della ditta l'adozione di presidi provvisori quali applicazione di bendaggio di sostegno e protezione con velatino di garza e resina acrilica in soluzione ad una diluizione dal 10 al 20% e successiva rimozione con idoneo solvente.

Sarà cura della ditta attenersi scrupolosamente alle precauzioni d'uso riportate dalla scheda tecnica dei materiali impiegati.

In questa fase sarà verificato e, se del caso, eventualmente perfezionato l'ancoraggio a muro delle parti lignee previo accordo con la D.L..

Rimozione meccanica delle stuccature non idonee per materiali, granulometria e colorazione, di elementi metallici incongrui e forieri di degrado, di tasselli in materiale plastico, ed eventuale esecuzione accurata di tracce per la predisposizione impiantistica su richiesta della D.L. Tale operazione potrà anche essere condotta avvalendosi dell'adozione di modalità che prevedano oltre all'impiego di microscalpelli e scalpelli con punta widia, l'uso di microscalpelli pneumatici a bassa pressione, inclusa la protezione e l'eventuale consolidamento delle zone circostanti, da concordare con la D.L. Tale operazione potrà essere sostituita dall'assottigliamento o riduzione delle stuccature non idonee nel caso l'asportazione di queste dovesse comportare ulteriori problemi di degrado per il manufatto e solo previo accordo con la D.L. e l'Ente di Tutela in corso d'opera.

Eventuale trattamento di disinfezione mediante applicazione di biocidi e rimozione di microrganismi autotrofi ed eterotrofi, inclusi gli oneri relativi alla protezione delle superfici circostanti.

Pulitura delle superfici decorate da eseguirsi mediante rimozione di depositi superficiali coerenti quali polvere sedimentata, fissativi alterati e sostanze di varia natura sovrammesse alla superficie pittorica da conservare mediante impiego di soluzioni sature di Carbonato e/o Bicarbonato d'Ammonio in acqua demineralizzata, inclusa eventuale estrazione dei Sali solubili, in accordo con la D.L. Nel caso di pitture eseguite a secco e sensibili all'acqua, oppure di sovrasmissoni a base di sostanze oleose, acriliche, cerosi ecc., in dipendenza dal loro grado di polimerizzazione e di compattezza ed aderenza alla superficie pittorica, si dovrà prevedere l'impiego di altre sostanze solventi specifiche, previa esecuzione dei test di solubilità, da utilizzare con modalità da concordare con la D.L. o, su richiesta di questa a seguito degli esiti dei saggi preliminari, con l'applicazione di altre metodiche.

Laddove espressamente indicato, o in alternativa ad altri metodi di pulitura quindi da concordare con la D. L: sulla base della valutazione degli esiti dei saggi preliminari eseguiti, la rimozione di depositi superficiali potrà essere eseguita a mezzo di spugne sintetiche o pani di gomma avendo cura di rimuoverne i residui dalle superfici.

Stuccatura delle lacune dell'intonaco da eseguirsi a livello e/o sottolivello in accordo con la D.L. con malta di calce aerea e/o idraulica naturale (classificata NHL) con inerti selezionati, inclusi i saggi per la composizione della malta idonea per colore e granulometria e per l'applicazione e la sua lavorazione, da sottoporre a valutazione della D.L. e dell'Ente di Tutela, l'applicazione di due o più strati d'intonaco (compreso l'eventuale rinzafo), successiva pulitura e revisione cromatica dei bordi.

La composizione della malta potrà essere preceduta da analisi chimico-fisiche di quella originale al fine di verificarne la composizione per poter riproporre le caratteristiche dell'impasto originario.

E' assolutamente vietato l'uso di cementi e/o calci idrauliche artificiali.

Sarà cura della ditta attenersi scrupolosamente alle precauzioni d'uso riportate dalla scheda tecnica dei materiali impiegati.

Presentazione estetica e reintegrazione pittorica con colori stabili chimicamente e con modalità da concordare in corso d'opera con la D.L. e l'Ente di Tutela inclusa predisposizione di sagome per motivi ripetibili o ricostruibili ed esecuzione di campioni di prova, inclusi gli oneri dell'eventuale stesura di protettivo superficiale, che sarà concordato con la D.L. previa valutazione delle analisi, delle condizioni conservative e dell'esito delle campionature di prova.

La reintegrazione potrà essere eseguita con colori ad acquerello mediante: velature sottotono in presenza di abrasioni, cadute della pellicola pittorica e lacune dell'intonaco;

campitura tratteggiata o puntinata (comunque riconoscibile a distanza ravvicinata) delle stuccature eseguite a livello, ricostruibili per tono e forma.

La revisione di vecchi interventi di reintegrazione conservati, sarà eseguita con acquerelli, gessetti colorati, e comunque concordata nei materiali e nelle modalità con la D.L. L'impiego di qualsiasi altra tecnica di reintegrazione dovrà essere preventivamente approvata dalla D.L. e dall'Ente di Tutela e, o da questi eventualmente essere richiesta in alternativa, considerati gli esiti della pulitura.

### 63.6 RIMOZIONE COMPLETA DI INTONACI A BASE CEMENTIZIA

L'eliminazione riguarderà tutti gli intonaci esterni, in quanto intonaci di recente realizzazione in malta di base cementizia, (seconda metà degli anni '70).

La rimozione manuale, nelle aree indicate dal progetto e precisate dalla D.L., verrà preceduta dall'eventuale preconsolidamento delle eventuali porzioni di intonaco da conservare adiacenti a quelle da rimuovere.

Successivamente si procederà alla rimozione delle aree precedentemente individuate, eseguita con **fresatrice per facciate e restauro tipo Eibenstock EPF 1503 o similare**, operando per strati successivi, per tutto lo spessore dell'intonaco cementizio, arrivando al vivo della muratura evitando di intaccare la stessa che si dovrà presentare integra senza scanalature e/o rotture negli elementi che la compongono.

Dati tecnici fresatrice EPF 1503	
Potenza assorbita	1500 W
Voltaggio	230 V
Giri al minuto	0 -4000
Diametro	ø 140 mm
Peso	4,5 Kg

La demolizione dovrà iniziare dall'alto verso il basso rimuovendo porzioni limitate e di peso modesto, procedendo alla pulitura della struttura muraria scorticata mediante spazzole di setola naturali per eliminare eventuali depositi non del tutto rimossi, irrorando, se necessario, con risciacquo a bassa pressione.

Contestualmente alla rimozione delle parti di intonaco sature di sali e quelle cementizie, andranno rimossi anche gli intonaci della stilatura del basamento degradati e dove è alta la concentrazione di sali solubili igroscopici, trattando la muratura con prodotti antisolfatici.

L'intervento dovrà interessare, sia gli strati superficiali (dipintura) che il substrato (intonaco di sottofondo), liberando la muratura sottostante e trattandola con prodotti antisolfatici.

### 63.7 PRECONSOLIDAMENTO

Eventuale preconsolidamento della muratura e della malta di allettamento, previa pulitura e preparazione del sottofondo, con stesura di consolidante a base di silicato minerale in soluzione acquosa.

Legante, diluente e consolidante costituito da purissimo silicato liquido di potassio a norma DIN 18363 2.4.1, tipo KEIM Fixativ o similare, per diluizione di polveri coloranti oppure, diluito in rapporto 1:1 con acqua, per il fissaggio di intonaci o per effettuare pitture in velature ai silicati di potassio. Il prodotto deve essere altamente permeabile al vapore acqueo, estremamente resistente alle intemperie e completamente incombustibile. Non deve, inoltre, contenere additivi organici. Deve essere dotato delle seguenti caratteristiche:

- Peso specifico: circa 1,17 kg/l
- pH: circa 11,3

Il supporto minerale deve essere solido, asciutto e pulito privo di polvere e sporco. Eventuali parti in fase di distacco dovranno essere asportate. Le stuccature dovranno essere asciutte ed eseguite con materiali che abbiano la stessa composizione dell'intonaco da stuccare. Si raccomanda di proteggere le superfici da non trattare (come per es. vetro, ceramica, pietre naturali, ecc.) mediante idonee misure protettive. Spruzzi nei paraggi o nelle zone di passaggio devono essere rimossi con acqua.

### 63.8 CONSOLIDAMENTO

#### 63.8.a Consolidamento dell'intonaco

Nel caso di decoesione dell'intonaco dovuto all'alto tenore di solfatazione potrà essere adottato il metodo del consolidamento mediante Idrossido di Bario, previo approfondimento analitico. Tale trattamento sarà effettuato attraverso ripetute applicazioni di soluzioni al 5-6% di sale in acqua demineralizzata supportate in forma di impacco in polpa di cellulosa per tempi di contatto valutabili a seguito di prove e avendo cura di isolare l'impacco dal contatto con l'aria affinché non si verifichino reazioni di imbiancamento superficiali mediante pellicole trasparenti impermeabili. A seguito dell'asportazione dell'impacco ancora umido sarà necessario eseguire ripetuti ed accurati risciacqui con

acqua demineralizzata con l'ausilio di spugne e/o spazzolini di setola. Sarà cura della ditta attenersi scrupolosamente alle precauzioni d'uso riportate dalla scheda tecnica dei materiali impiegati.

### 63.9 CONSOLIDAMENTO MEDIANTE INIEZIONI

#### 63.9.a Consolidamento dell'intonaco

Ristabilimento dell'adesione tra i diversi strati compositivi della muratura.

Nelle superfici murarie composte da ciotoli di fiume o pietra locale in blocchi le iniezioni di prodotti e malte consolidanti dovrà essere realizzata nei casi in cui la muratura da conservare non abbia mantenuto, nel tempo, la propria coesione con gli inerti che la compongono. La ricostituzione di una continuità tra la materia delle due componenti costruttive (muro ed intonaco) e tra i suoi diversi strati compositivi restituirà, in tutto o in parte, le loro caratteristiche fisiche e meccaniche, perdute o minacciate, e le loro prestazioni tecnologiche concorrendo alla conservazione dell'architettura e alla sua durabilità.

Si dovrà predisporre una serie di accertamenti preliminari per costruire una mappa completa delle aree d'intervento con la valutazione dei suoi diversi gradi di rischio.

Le fasi di intervento vengono a seguito descritte:

- 1) Localizzare la porzione di muratura decoesa con i diversi strati compositivi distaccati da fare riaderire ed eseguire un foro di piccole dimensioni (2-4 mm) nella malta di allettamento, scegliendo con cura il punto più adatto poiché, soprattutto nel caso in cui l'ampiezza del distacco sia molto limitata e, quindi, la possibilità di inserimento del consolidante nella lente di distacco risulti ridotta, la quantità di materiale che si riuscirà ad introdurre può dipendere dalla buona scelta del punto d'iniezione. Potranno talvolta essere utilizzate le discontinuità già presenti sulla sua superficie esterna, quali lesioni, fratture, crepe;
- 2) Aspirare la polvere rimasta intorno alle pareti del foro e quella presente all'interno del vuoto, utilizzando canule flessibili di dimensioni adeguate;
- 3) Pulire le superfici interne alla lente di distacco e favorire lo scorrimento e la presa del consolidante al suo interno iniettandovi, acqua deionizzata o una miscela d'acqua e alcool che defluirà all'esterno attraverso i fori della zona inferiore o rifluirà dal foro di iniezione stesso;
- 4) Stuccare eventualmente tutti i bordi della malta, le fessure, i fori e le zone dalle quali è uscito il liquido iniettato. Questa operazione serve anche ad individuare i punti di possibile fuoriuscita del materiale sigillante da iniettare e a creare, con le stuccature, una condizione di "camera stagna" per la lente di distacco;
- 5) Iniettare, infine, il prodotto consolidante (malta tipo Plm, Tassullo, Kimia, Ledan o caseinato di calcio), introducendo nel foro un piccolo tubo di gomma o un ago di dimensioni e forma adeguati al tipo di fluido utilizzato e alle condizioni del distacco. E' necessario controllare costantemente che la porzione di malta non si sollevi, non rigonfi, in seguito della pressione provocata all'interno del vuoto dal consolidante stesso. E' opportuno, comunque, eventualmente, esercitare una pressione dall'esterno, sulla superficie della malta, almeno durante il tempo di presa del consolidante. Questa tecnica prevede l'uso di prodotti dotati di particolari caratteristiche di fluidità, rapidi tempi di presa, pronunciata tenacità, scarso ritiro, caratteristiche chimico-fisiche compatibili con i materiali adiacenti, i quali verranno analizzati in fase di cantiere. Ogni decisione verrà comunque presa in accordo con la D.L., acqua deionizzata con funzione di ammorbidimento.

La miscela dovrà avere le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche	Valore tipico
Aspetto	Prodotto in polvere
Colore	Sfumature grigio chiaro-nocciola
Temperatura di applicazione	+2 - +35 °C
pH in dispersione acquosa	11,5 -12,5
Distribuzione granulometrica UNI EN 1015-1	passante a 0,09mm: 100 %; 0,06mm: 90%;
Contenuto di Sali solubili solfati, nitrati, cloruri (Normal 13/83)	< 1.5% Di cui cloruri < 0,03%
Resistenza ai solfati	Nessuna perdita di resistenza per provini immersi per 90 gg in soluzione Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> al 5%
Resistenza ai solfati Saggio di Anstett-Le Chatelier modificato (metodo interno)	Apertura pinza: < 10 mm; il prodotto ha riportato un'elevata resistenza all'attacco solfatico
Fluidità (consistenza mediante canaletta) UNI 8997	70 - 80 cm
Tempo di lavorabilità della malta fresca UNI EN 1015-9	195 ± 30 minuti
Bleeding UNI 480-4	Assente
Modulo elastico UNI EN 13412	~ 5000 MPa
Resistenza a compressione UNI EN 1015-11	@ 28 gg > 15 MPa
Resistenza a flessione UNI EN 1015-11	> 2,8 MPa
Conducibilità termica	0,83 W/mK (valore tabulato)

Caratteristica	Limiti EN 998-2	Valore tipico
Proporzione dei costituenti in peso [%]	Valore dichiarato	Legante: 25-35 Materiali pozzolanici: 12-22 Inerti: 42-52 Additivi: < 1
Contenuto di cloruri [%] EN 1015-17		≤ 0,1
Resistenza a compressione a 28 gg EN 1015-11 [MPa]		> 10
Resistenza a taglio iniziale [MPa] in combinazione con elementi in muratura in conformità alla EN 771		0,15 [Valore tabulato]
Assorbimento d'acqua per capillarità EN 1015-18		0,4
Permeabilità al vapore acqueo EN 1745		15/35 [Valore tabulato]
Classe di reazione al fuoco		A1
Sostanze pericolose		Vedere scheda di sicurezza

La miscela può essere iniettata nella muratura per peso proprio, mediante pompaggio automatico o apparecchiature automatiche dotate di meccanismi di controllo della portata e della pressione. L'intervento di iniezione dovrà prevedere circa 2 fori per ogni metro quadrato di muratura (schema 1) per una profondità possibilmente tra la metà ed i due terzi dello spessore a seconda che l'intervento si realizzi da entrambe o da un solo lato rispettivamente (schema 2). Per la loro realizzazione occorre utilizzare perforatrici a rotazione, mentre sono da evitare perforatrici a percussione per non danneggiare ulteriormente la muratura. Si suggerisce la realizzazione dei fori ai vertici ed al centro di ideali quadrati di lato pari a un metro, compatibilmente con le caratteristiche murarie. Nei fori realizzati, vanno inseriti i tubetti per poter praticare le iniezioni. Tali tubetti devono essere sigillati alla parete con malta a presa rapida per evitare l'espulsione e la fuoriuscita di miscela durante la fase di iniezione. Generalmente sono costituiti da rame, alluminio o resine sintetiche. All'estremità sono previsti particolari attacchi per il collegamento con il tubo di mandata. In relazione all'assorbimento d'acqua della muratura da iniettare valutare la necessità di realizzare un'iniezione preliminare mediante acqua pulita volta ad asportare eventuale polvere e a saturare parzialmente l'assorbimento d'acqua del supporto. Questa fase mette in evidenza anche eventuali vie di fuga che devono essere eventualmente sigillate.

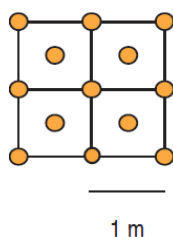
Per evitare fuoriuscite di miscele da eventuali lesioni o dai giunti deteriorati è opportuno procedere con operazioni di sigillatura e stilatura dei giunti. Per l'esecuzione delle iniezioni si dovranno usare tecniche per gravità a bassa pressione o in depressione. Si deve procedere dalle zone laterali inferiori della parete per poi proseguire verso il centro. Successivamente si deve ripetere l'operazione per gli strati superiori.

La realizzazione dell'intervento dovrà essere preceduta dall'esecuzione di un campo prova su una porzione di muratura significativa.

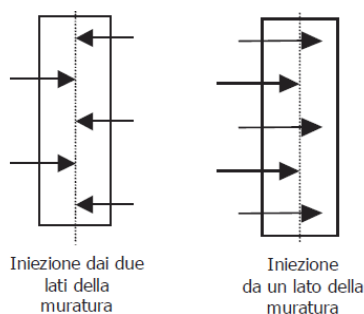
Il campo prova avrà la funzione di verificare l'efficacia e la non criticità delle tecniche e dei materiali adottati e verrà misurato il volume specifico di iniezione di boiacca cementizia che la muratura è stata in grado di assorbire.

Una volta comprovata la validità del metodo di iniezione proposto mediante il campo prova, si procederà all'iniezione delle pareti indicate.

Schema 1:  
densità dei fori = 2/m<sup>2</sup>



Schema 2:



Realizzazione foro



Inserimento cannula



Particolare consistenza impasto

### 63.10 RASATURA A CALCE

Fornitura e posa in opera di rasante fine a base di calce idraulica naturale, inerti selezionati con granulometria massima pari a 0,8 mm e cellulose di origine naturale, tipo TASSULLO TA01 o similare. Il rasante è adatto per l'applicazione su tutte le superfici particolarmente impregnate, dal punto di vista dell'adesione, per gli usuali prodotti da finitura e deve essere caratterizzato da elevata traspirabilità, basso contenuto di sali idrosolubili, non formare barriera al vapore e non contenere solventi.

L'applicazione può essere eseguita su tutti i tipi di supporto murario la cui natura (assorbimento d'acqua, rugosità, elasticità), nel caso di

comuni finiture, può condurre a fenomeni di scarsa adesione. Inoltre, può essere utilizzato su calcestruzzo, solai a lastra, pannelli calciosilicei o legno-magnesiacci, intonaci a base di leganti idraulici sia nuovi che esistenti, sia omogenei che soggetti a ripristini con materiali diversi, sia integri che con cavillature, purché consistenti e aderenti al supporto, e nei casi dove si renda necessario rasare una superficie costituita da intonaci sconnessi di diversa natura e invecchiamento. La rasatura è applicabile su qualunque superficie dove si richieda una migliore preparazione del fondo per un successivo trattamento di finitura. Il rasante può essere successivamente dipinto o lasciato a vista e deve essere compatibile con la successiva applicazione di stabilitura civile, grassello, marmorini, stucchi, rivestimenti plastici o minerali, piastrelle, carta da parati ecc. Può inglobare reti in fibra di vetro nella realizzazione di rasature armate su intonaci esistenti con cavillature. Il rasante deve avere le seguenti caratteristiche:

Granulometria (UNI EN 1015-1)	da 0 a 0,8 mm
Acqua d'impasto	0,22 l/Kg (ca. 5,5 l/sacco)
Massa volumica (UNI EN 1015-10)	ca. 1600 Kg/m <sup>3</sup>
Resa	2÷3 Kg/m <sup>2</sup>
Adesione a cls (UNI EN 1015-12)	> 0,6 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza alla diffusione del vapore (UNI 9233)	$\mu = 11$
pH	> 10,5
Classe di reazione al fuoco	A1

Il rasante va steso mediante frattazzo di metallo e rifinito con frattazzino metallico (lamatura), di plastica, di spugna o con altri strumenti in relazione alla tipologia ed al grado di finitura desiderato.

Per una realizzazione ottimale dell'intervento è necessario rispettare i seguenti punti:

- 1) Preparazione del supporto: applicare su supporti puliti da parti inconsistenti, privi di polvere, efflorescenze saline, oli, disarmanti, muffe ed altro materiale organico. Nel caso di intonaci con cavillature assicurarsi dell'adesione in parete dell'intonaco e della stabilità delle cavillature prima dell'intervento. Valutare a questo proposito l'opportunità di annegare una rete in fibra di vetro nella rasatura.
- 2) Supporti bagnati: non applicare su intonaci che non abbiano raggiunto un sufficiente grado di maturazione, su supporti impregnati di acqua o dove questa possa venire in contatto del materiale nella prima settimana dall'applicazione.
- 3) Protezione dal gelo: non applicare a temperature inferiori a 5°C e proteggere il prodotto dal gelo nelle prime 48/72 ore dall'applicazione; è sconsigliato l'uso di additivi anticongelanti che potrebbero pregiudicare la lavorabilità e le caratteristiche finali del prodotto.
- 4) Alte temperature/supporti assorbenti: in presenza di elevate temperature o di intonaci di fondo molto assorbenti adottare tutte le precauzioni al fine di impedire una troppo rapida asciugatura del prodotto.
- 5) Qualsiasi operazione successiva all'applicazione del rasante potrà avvenire dopo 24/48 ore dalla sua messa in opera.

### 63.11 FINITURA SUPERFICIALE A BASE DI SILICATI DI POTASSIO

Dopo aver preparato adeguatamente la superficie dell'intervento intonacata e stagionata, si procede con l'impregnazione della dipintura a base di silicati di potassio che dovrà essere eseguita a pennello in modo da stendere omogeneamente la dipintura sugli intonaci a fino, in tutte le pieghe e i piccoli anfratti delle superfici, cornicione, lesene e marcapiani compresi.

Dovranno essere stesi in maniera omogenea e preferibilmente dopo la stagione calda, per assicurarsi che le superfici siano il più possibile asciutte e stagionate. Le applicazioni vanno ripetute ad intervalli necessari a permettere l'asciugatura del prodotto steso nella fase precedente ma non la completa silicizzazione.

Si prevede l'impiego di dipinture minerali a base di silicati di potassio in soluzione di acqua demineralizzata, di tonalità simili all'attuale, stemperati in legante di calce sulla base delle coloriture individuate nel corso dell'intervento e sulla base della documentazione storico-conoscitiva reperita.

Il trattamento di finitura superficiale dovrà essere eseguito in analogia con le parti originali previa esecuzione di campioni di prova secondo quanto richiesto dalla D.L. da sottoporre alla valutazione della D.L. medesima e dell'Ente di Tutela competente, sia per la scelta cromatica che per la scelta tipologica, di lucentezza finale desiderata e la composizione intrinseca della materia, che comunque dovrà essere preceduta da analisi chimico-fisiche. Lo strato di finitura dovrà essere particolarmente curato e, se in marmorino, esso dovrà essere ripetutamente liscio con adeguati attrezzi in fase di asciugamento, al fine di realizzare una superficie compatta, liscia, traslucida e vibrante.

Sarà cura della ditta attenersi scrupolosamente alle precauzioni d'uso riportate dalla scheda tecnica dei materiali impiegati.

L'impiego di qualsiasi altra tecnica di reintegrazione dovrà essere approvato dalla D.L., e dall'Ente di Tutela competente o da questi eventualmente essere richiesta in alternativa, considerati gli esiti della pulitura.

### 63.12 PROTEZIONE SUPERFICIALE

Questa tecnica sarà adottata principalmente come procedimento conclusivo di un intervento di consolidamento e finitura e in alcuni casi come operazione autonoma di prevenzione e protezione.

Nel primo caso, le superfici da trattare dovrebbero essere già predisposte all'impregnazione, e quindi già pulite e consolidate dal restauro. Dopo aver preparato adeguatamente la superficie dell'intervento, si procede con l'impregnazione che dovrà essere eseguita a pennello in modo da stendere omogeneamente il consolidante sulle superfici.

Inoltre, a causa delle elevate difficoltà di penetrazione si prevede l'applicazione ripetuta dei prodotti a concentrazioni basse (molto diluite). Si prevede l'impiego di resine polisilossaniche in soluzione.

Protezione superficiale di tutte le superfici trattate, da eseguire con polisilossano idrorepellente applicato a pennello più volte.

### 63.13 PROTEZIONE IDROREPELLENTE

Fornitura e posa di protettivo idrorepellente incolore a base di silossani micromolecolari, tipo KEIM Lotexan o similare. Tali prodotti sono indicati come protettivo idrorepellente, soprattutto per pietre naturali prose non tinteggiate. Tutte le comuni pietre, alcaline o neutre possono essere protette da piogge acide e dal particolato atmosferico.

Grazie alle ridotte dimensioni delle molecole penetra in profondità all'interno della porosità dei materiali. Una volta che il solvente è evaporato, il principio attivo si deposita sulle pareti dei pori e sviluppa la sua idrorepellenza reagendo chimicamente con l'umidità dell'aria e del supporto. Le porosità della pietra rimangono aperte non modificando così la permeabilità al vapore della pietra stessa. Per l'applicazione la superficie delle pietre deve essere a porosità aperta, privo di polvere e asciutta. Le superfici vanno imbevute fino a saturazione applicandolo a pennello o, meglio ancora, a flusso (ma non a spruzzo) con poca pressione. L'applicazione va ripetuta due volte di seguito bagnato su bagnato, a distanza di 10 min. l'una dall'altra evitando colature. Eventuali residui andranno asportati con una spugna. Prima di applicare il protettivo su superfici in pietra o di fughe delle stesse risanate o dopo trattamenti attendere almeno 10 giorni. Per una protezione idrorepellente funzionale è normalmente necessaria una profondità di almeno 2 mm. Nel caso di pietre molto porose può essere necessaria anche una profondità di 5 mm.

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 64 RESTAURO DEGLI ELEMENTI METALLICI****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Restauro degli elementi metallici presenti nelle facciate esterne previa pulizia manuale con abrasivi, spazzolatura delle superfici e spolveratura al fine di togliere tutti i depositi di materiale staccato, quindi sgrassata. Stesura di un trattamento inibitore della corrosione e protezione finale con la diluizione delle pitture che dovrà essere fatta con i solventi prescritti dal produttore e specifici per ciascun sistema al fine di evitare alterazioni delle caratteristiche fisico-chimiche degli stessi.

In particolare si prevede l'uso di:

- vernice bicomponente, pigmentata, a base di resine epossidiche e polvere di zinco, da usarsi come mano di fondo su acciaio tipo "Frianzinc R Sika" o equivalente; applicazione mediante rullo o spruzzo airless secondo le specifiche tecniche previste dal prodotto;
- resina epossidica con inerti micacei tipo "Icosit EG1 Sika" o equivalente, applicazione mediante rullo o spruzzo airless secondo le specifiche tecniche previste dal prodotto;
- pittura di finitura poliuretanica con inerti micacei, di colore a discrezione della D.L. tipo "Icosit EG4 Sika" o equivalente, secondo le specifiche tecniche previste dal prodotto;
- vernice antiruggine al fosfato di zinco.

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 65 ISOLAMENTO**

Si definiscono materiali isolanti termici quelli atti a diminuire in forma sensibile il flusso termico attraverso le superfici sulle quali sono applicati.

Gli isolanti termo-acustici, qualsiasi sia la loro natura e l'utilizzo, dovranno possedere bassa conducibilità, risultare leggeri, stabili alle temperature, resistenti agli agenti atmosferici, incombustibili, chimicamente inerti, imputrescenti ed inattaccabili da microrganismi, insetti o muffe.

Gli isolanti termici di tipo minerale (vermiculite, perlite, argilla espansa, fibre di vetro, lana di rocce e sughero) avranno le caratteristiche richieste dalle norme UNI 5958, 6262, 6484, 10522.

In ogni caso, qualsiasi sia il materiale utilizzato, l'appaltatore dovrà eseguire l'isolamento seguendo esattamente le modalità di posa in opera consigliate dal produttore le prescrizioni degli elaboratori di progetto o della D.L.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

I materiali isolanti si classificano come segue:

a) Materiali fabbricati in stabilimenti: (blocchi, pannelli, lastre, feltri ecc.).

Materiali cellulari.

-composizione chimica organica: plastici alveolari;

-composizione chimica inorganica: vetro cellulare, calcestruzzo alveolare autoclavato;

-composizione chimica mista: plastici cellulari con perle di vetro espanso;

Materiali fibrosi.

-composizione chimica organica: fibre di legno;

-composizione chimica inorganica: fibre minerali.

Materiali compatti.

-composizione chimica organica: plastici compatti;

-composizione chimica inorganica: calcestruzzo;

-composizione chimica mista: agglomerati di legno.

Combinazione di materiali di diversa struttura.

-composizione chimica inorganica: composti «fibre minerali-perlite», amianto cemento, calcestruzzi leggeri;

-composizione chimica mista: composti perlite-fibre di cellulosa, calcestruzzi di perle di polistirene.

Materiali multistrato.

-composizione chimica organica: plastici alveolari con parametri organici;

-composizione chimica inorganica: argille espanse con parametri di calcestruzzo, lastre di gesso associate a strato di fibre minerali;

-composizione chimica mista: plastici alveolari rivestiti di calcestruzzo.

I prodotti stratificati devono essere classificati nel gruppo A5. Tuttavia, se il contributo alle proprietà di isolamento termico apportato da un rivestimento è minimo e se il rivestimento stesso è necessario per la manipolazione del prodotto, questo è da classificare nei gruppi A1 ad A4.

b) Materiali iniettati, stampati o applicati in sito mediante spruzzatura.

Materiali cellulari applicati sotto forma di liquido o di pasta.

-composizione chimica organica: schiume poliuretaniche, schiume di ureaformaldeide;

-composizione chimica inorganica: calcestruzzo cellulare.

Materiali fibrosi applicati sotto forma di liquido o di pasta.

-composizione chimica inorganica: fibre minerali proiettate in opera.

Materiali pieni applicati sotto forma di liquido o di pasta.

-composizione chimica organica: plastici compatti;

-composizione chimica inorganica: calcestruzzo;

-composizione chimica mista: asfalto.

Combinazione di materiali di diversa struttura.

-composizione chimica inorganica: calcestruzzo di aggregati leggeri;

-composizione chimica mista: calcestruzzo con inclusione di perle di polistirene espanso.

Materiali alla rinfusa.

-composizione chimica organica: perle di polistirene espanso;

-composizione chimica inorganica: lana minerale in fiocchi, perlite;

-composizione chimica mista: perlite bitumata.

Per tutti i materiali isolanti forniti sotto forma di lastre, blocchi o forme geometriche predeterminate, si devono dichiarare le seguenti caratteristiche fondamentali:

a) dimensioni: lunghezza - larghezza, valgono le tolleranze stabilite nelle norme UNI, oppure specificate negli altri documenti progettuali; in assenza delle prime due valgono quelle dichiarate dal produttore nella sua documentazione tecnica ed accettate dalla direzione dei lavori;

b) spessore: valgono le tolleranze stabilite nelle norme UNI, oppure specificate negli altri documenti progettuali; in assenza delle prime due valgono quelle dichiarate dal produttore nella sua documentazione tecnica ed accettate dalla direzione dei lavori;

c) massa areica: deve essere entro i limiti prescritti nella norma UNI o negli altri documenti progettuali; in assenza delle prime due valgono quelli dichiarati dal produttore nella sua documentazione tecnica ed accettate dalla direzione dei lavori;

d) resistenza termica specifica: deve essere entro i limiti previsti da documenti progettuali (calcolo in base alla legge 9-1-1991 n. 10) ed espressi secondo i criteri indicati nella norma UNI 7357 (FA 1 - FA 2 - FA 3).

Saranno inoltre da dichiarare, in relazione alle prescrizioni di progetto le seguenti caratteristiche:

- reazione o comportamento al fuoco;
- limiti di emissione di sostanze nocive per la salute;
- compatibilità chimico-fisica con altri materiali.

Per i materiali isolanti che assumono la forma definitiva in opera devono essere dichiarate le stesse caratteristiche riferite ad un campione significativo di quanto realizzato in opera. Il D.L. può inoltre attivare controlli della costanza delle caratteristiche del prodotto in opera, ricorrendo ove necessario a carotaggi, sezionamenti, ecc. significativi dello strato eseguito.

I prodotti dovranno giungere in cantiere nel loro imballo originale ed essere esenti da qualsiasi difetto o danneggiamento. Sarà obbligo dell'Appaltatore fornire gli elementi per carichi omogenei, il più possibile corrispondenti ai singoli lotti di montaggio. Non saranno accettati materiali e sfaldi provenienti da precedenti lavorazioni.

Nella posa in opera l'Appaltatore dovrà sempre e comunque rispettare scrupolosamente le prescrizioni, le norme ed i suggerimenti della Ditta produttrice, onde non intaccare la qualità protettiva dei materiali isolanti impiegati.

Tutti i materiali isolanti dovranno giungere in cantiere accompagnati da certificati di garanzia attestanti le caratteristiche termiche e le prestazioni energetiche in conformità a quanto prescritto dalla norma UNI 10351:1994 (sostituita dalla norma UNI 10351:2015-Materiali e prodotti per edilizia - Proprietà termoigrometriche - Procedura per la scelta dei valori di progetto). Dovranno inoltre essere certificate la durata nel tempo ed il comportamento al fuoco dei materiali stessi.

Qualora da prove di laboratorio risultasse che il materiale isolante impiegato oppure da impiegare non possedesse i requisiti richiesti oppure quelli dichiarati, l'Appaltatore a proprie cura e spese dovrà allontanare dal cantiere detto materiale, anche se fosse già stato messo in opera, e sostituirlo con altro avente le caratteristiche richieste.

Resta ferma la facoltà della D.L. di richiedere qualunque ulteriore campionatura ritenuta necessaria.

In particolare, l'appaltatore, prima della messa in opera dei materiali in oggetto sottoporrà alla D.L. oltre alla campionatura anche la documentazione descrittiva dei pannelli che intende utilizzare, richiedendone approvazione scritta, questa deve precedere l'esecuzione delle opere, sotto pena di rifacimento, in danno all'appaltatore delle opere indebitamente realizzate.

I campioni approvati saranno conservati in cantiere per il raffronto con i prodotti ed i materiali impiegati nelle opere.

Tutti i materiali dovranno essere prodotti da azienda con certificazione ISO 9002.

Ed inoltre saranno certificati per la classe di reazione al fuoco e per l'assorbimento di umidità (idrorepellente).

#### **65.1 PANNELLI ISOLANTI IN LANA DI ROCCIA PER PARETI DIVISORIE E COPERTURE**

Pannello isolante in lana di roccia dimensioni 600 x 1000 mm. posizionato all'interno dell'intercapedine tra pareti in cartongesso.

Il pannello isolante deve possedere le seguenti caratteristiche prestazionali minime:

- Conducibilità termica: W/mK 0,035;
- Resistenza al fuoco secondo norma EN 13501-1: Euroclasse A1.

La posa in opera dovrà essere eseguita ad arte e dovrà consentire il passaggio di cavi elettrici, canali e tubazioni ed eventuali accorgimenti di sicurezza per carichi pesanti, supporti sanitari, telai, porte, ecc.

#### **65.2 MATERASSINI ISOLANTI IN LANA DI ROCCIA**

I feltri dovranno essere trapuntati e rivestiti sulle due facce esterne con cartonfeltro bitumato oppure con carta microcerata.

I pannelli rigidi o semirigidi verranno anch'essi rivestiti sulle due facce se posati in copertura, su una faccia sola se posati in verticale nelle intercapedini delle murature.

#### **65.3 PANNELLI ISOLANTI IN EPS**

Pannello isolante in polistirene espanso marcato CE in conformità alle norme UNI EN 13163 che consiste in un rivestimento che permette di ottimizzare le prestazioni termiche dell'edificio. La posa dei pannelli, da effettuare dal basso verso l'alto, sarà preceduta dal posizionamento del profilo di partenza da fissare alla muratura con idonei tasselli. I pannelli verranno applicati mediante malta stesa sul retro del pannello con cordolo perimetrale e tre punti centrali con superficie incollata per almeno il 40% del pannello. I pannelli vanno posizionati con il lato maggiore orizzontale e in file a giunti sfalsati. Eventuali fughe tra i pannelli saranno sigillate con inserti di materiale isolante. Nel corso della posa deve essere controllata la perfetta planarità dello strato isolante e corretti eventuali gradini tra i pannelli tramite levigatura.

#### **65.4 PANNELLI ISOLANTI IN POLISTIRENE ESTRUSO AD ALTA DENSITÀ**

Pannello in Polistirene Estruso (XPS) può essere usato in ambienti umidi o a contatto con il terreno e in situazioni di forte sollecitazione di compressione.

### **NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

#### **65.5 POSA PANNELLI ISOLANTI**

La posa di tutti i materiali isolanti non potrà essere iniziata prima che le superfici da isolare siano completamente asciutte, pulite da residui di malta, grasso o da qualsiasi altro agente che possa impedire il loro fissaggio o incollaggio.

I tagli a misura dei pannelli dovranno essere eseguiti con attrezzi idonei ed adeguati ai tipi di materiali costituenti i pannelli.

Le superfici di taglio dovranno apparire nette, perfettamente rettilinee ed ortogonali.

I giunti dovuti agli accostamenti dei pannelli dovranno risultare perfettamente aderenti, in modo da contenere nei limiti prescritti, le dispersioni termiche; se necessario, tali giunti dovranno essere opportunamente sigillati, qualora non siano sagomati con battente.

I pannelli saranno posati in aderenza tra loro e legati con idoneo nastro adesivo di adeguata larghezza, minimo 80 mm. A lavori ultimati la superficie trattata dovrà mostrarsi omogenea e senza soluzioni di continuità. Le giunzioni, in particolare, si presenteranno saldate per tutta la lunghezza.

**65.6 POSA MATERASSINI ISOLANTI IN LANA DI ROCCIA**

Ddovranno essere adottati i criteri e le precauzioni descritte per i materiali precedenti con l'aggiunta della necessità di un fissaggio accurato per i feltri posti su piani non orizzontali per evitare lo scorrimento verso il basso.

Nel caso di impiego in partizioni in cartongesso i pannelli di coibente saranno tagliati in misura tali da essere forzati tra i montanti ed i traversi metallici che costituiscono l'ossatura della parete stessa.

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

Valutato a metro quadrato di superficie eseguita con deduzione dei fori superiori a mq 2,50.

**Art. 66 ISOLAMENTO MEDIANTE INSUFFLAGGIO DI CELLULOSA**

Il sistema di applicazione mediante insufflaggio di cellulosa è un metodo di isolamento che si può adottare sia in immobili esistenti sia in fase di costruzione.

L'insufflaggio può essere eseguito all'interno di cavità, come ad esempio l'intercapedine delle pareti perimetrali, nei controsoffitti, nelle coperture, oppure senza cavità utilizzando il sistema "all'aperto" ad esempio sopra solette sottotetto non calpestabili.

L'insufflaggio all'interno delle cavità murarie è il più diffuso e la tecnica prevede l'esecuzione di piccoli fori (di diametro compreso tra 35 e 50 mm a seconda del materiale da iniettare), l'iniezione a pressione del materiale isolante mediante apposita attrezzatura, ed infine la chiusura dei fori eseguiti a termine lavorazione.

Il macchinario e le attrezzature impiegate durante l'installazione consentono di inserire il materiale a pressione, in modo che non subisca alterazioni nel tempo e di verificare lo stato delle intercapedini.

È necessario eseguire un sopralluogo ed eventualmente una videoispezione per scegliere il materiale più idoneo all'isolamento termo/acustico delle pareti o delle superfici da isolare.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****66.1 Fibra di cellulosa**

Fibra di cellulosa prodotta da bobine per fioccatore da ridurre in fiocchi e prodotta da cellulosa di legno di prima estrazione o riciclata (contenuto di cellulosa  $\geq 90\%$ ), stabilizzata, asettica, esente da inchiostri di stampa, colle, patine, da composti del boro (quali borace, acido borico ecc.) o altre sostanze tossiche (es. insetticidi e fungicidi) ai sensi della Direttiva 67/548/EEC, antimuffa, antifiamma, in possesso di marcatura CE e relativa dichiarazione di prestazione.

Caratteristica	Grandezza	
Composizione	Cellulosa	91%
	Fosfato di biammonio	8%
	Solfato di rame	1%
Benestare Tecnico Europeo e controllo	ETA 17/0557 del 26.07.2017	Marcatura CE
Contenuto fibra media (Riciclato)	L >200 micron	> 95 % (1)
Contenuto fibra lunga (Riciclato)	L >1000 micron	> 85 % (1)
Inchiostri di stampa	Esente	
Sali di boro	Esente	
Densità di confezionamento	Kg/m <sup>3</sup>	970
Densità di posa	Kg/m <sup>3</sup>	20-35
Conducibilità termica	UNI EN 12667:2002	0.037 W/mK
Fattore di resistenza al vapore $\mu$	UNI EN 12086:2013	1,5
Reazione al fuoco	UNI EN 13501 - 1:2009	Classe B-s1, d0
Crescita di muffe	EN ISO 846	Grado 0
Stabilità dimensionale	Ottima, il volume resta costante nel tempo	

**66.2 Macchina per insufflare**

Macchina che effettua la "fioccatore" delle bobine fino a trasformarle in ovatta di cellulosa, poi realizza un trasporto pneumatico in grado di aprire e sollevare le fibre risultanti, spostandole attraverso un sottile fino al punto da trattare.

Costituita da:

1. Mulino, che realizza la fioccatore delle bobine,
2. Ventilatore, utilizzato per il trasporto pneumatico del materiale (fibre di cellulosa) miscelato con aria.

Caratteristiche tecniche:

- Temperatura di utilizzo fino a 60 ° C
- Involucro rigido in lamiera
- Motore asincrono
- Protezione IP55
- Isolamento F
- Alimentazione: 400Vac 50Hz 3PH

3. Radiocomando, che permette un continuo scambio di dati fra trasmittente e ricevente, consentendo una condizione sempre ottimale di

frequenza di lavoro libera e un elevato grado di sicurezza.

### Caratteristiche tecniche

Certificazioni	CE Reference No. T121109W02	FC ID No. RN489896162JK01
Frequenza	433.0525 > 434.7775 MHz	433.0525 > 434.7775 MHz
Tipo di modulazione	4GFSK	4GFSK
Portata massima	100 m	Sensibilità - 112dBm a 1,2Kbps
Sistema di controllo	PLL multifrequenza 140 canali	PLL multifrequenza 140 canali
Impedenza antenna	50 ohm	50 ohm
Tempo di risposta comandi	50 > 100mS	50 > 100mS
Alimentazione	2 AA batteries	HS - 24/264 Vac/dc
Antenna	Interna	Esterna
Consumo medio	16 mA a 3Vcc	Consumo medio in stand by 16mA a 220Vca
Potenza di emissione	< 10dBm	+ 10 dBm
Temperatura di funzionamento	-20°C > +80°C 3 10%	-20°C > +80°C 3 10%
Grado di protezione	IP65 Relay Outputs 1NA 5 A 250Vac	HS -2 stop + 2 start + 13 function Outputs MOSFET 7,5 A
Dimensioni (mm) e peso	JK200/808 H 193 x L 57 x P 51 mm - 290 g JK1000/1212 H 245 x L 57 x P 51 mm - 350 g	HS - H 190 x L 184 x P 64 mm 1750 g
Materiale involucro	Nylon e fibra di vetro	Nylon e fibra di vetro

### NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

La fioccatrice e l'installazione in intercapedini murarie avverrà mediante insufflaggio a secco a bassa pressione ( $P \leq 0,20$  bar) fino a saturazione dei volumi da riempire o al raggiungimento dello spessore richiesto.

Pareti, dall'interno

Prima di eseguire l'insufflaggio, per effettuare un intervento a regola d'arte, bisogna effettuare l'ispezione dell'intercapedine, preferibilmente nella cassetta elettrica, forando per inserire un endoscopio (diametro 1 cm) nell'intercapedine.

Questo permette di verificare che l'intercapedine sia libera da eventuali altri isolanti e/o detriti, lo spessore dell'intercapedine e la presenza di legature.

Prima dell'insufflaggio è inoltre necessario ispezionare il vano avvolgibile, se presente, per assicurarsi della sua tenuta. Nel caso si procederà con la sigillatura del vano.

I fori vengono eseguiti utilizzando la carotatrice; è sufficiente un diametro di circa 35-40 mm, poco più delle dimensioni della lancia che introdurrà l'isolante nell'intercapedine. Per evitare di sporcare è consigliata l'aspirazione delle polveri e l'uso di spugne attorno ai fori per evitarne la fuoriuscita.

In presenza di cavità o facciate continue, è necessario apporre una barriera per impedire che il materiale isolante invada la cavità contigue non oggetto dell'intervento.

Su una parete di altezza circa 3 m, è buona norma eseguire due file di fori: la fila superiore a 20 cm circa dal soffitto e la fila inferiore a circa metà altezza della parete.

Orizzontalmente si consiglia di partire da circa 40 cm dall'estremità della parete. L'interasse è funzione dello spessore dell'intercapedine: circa 70 cm per intercapedini di spessore inferiore a 10 cm; circa 100 cm per intercapedini di spessore maggiore.

Ovviamente questi valori vanno tarati in funzione della specifica parete su cui si interviene: la presenza di pilastri o di legature ravvicinate rende necessario adottare un passo ridotto per assicurare la perfetta saturazione dell'intercapedine.

Realizzati i fori si procederà con un'ulteriore video ispezione mirata ad individuare nel dettaglio la presenza di detriti o eventuali legature interne all'intercapedine.

In questo secondo caso, soprattutto se le legature si sviluppano in altezza in modo continuo, è importante assicurarsi che non si creino fasce di muratura che non vengono toccate dalle operazioni di insufflaggio.

Per ogni fascia verticale di muratura di larghezza fino a 150 cm è sufficiente una sola coppia di fori.

Una configurazione molto ricorrente è quella di una finestra con radiatore e cassonetto per avvolgibile. In questo caso si ignora la fascia di muro che ospita la finestra e le operazioni di insufflaggio si interromperanno in corrispondenza di questa.

Terminata la fase di carotaggio si procede al riempimento dell'intercapedine con i fiocchi di cellulosa. Per tale operazione si utilizza una macchina insufflatrice che resta in ogni caso a terra, l'alloggio interessato verrà raggiunto con l'ausilio di un tubo spiralato.

Per evitare l'inalazione di polveri si consiglia l'indossare apposite maschere per la protezione delle vie respiratorie.

L'operazione di insufflaggio si inizia dal basso, dal foro posto a metà altezza dal pavimento.

È opportuno chiudere i fori di sfiato (quelli in cui non si sta insufflando) con filtri che permettano la fuoriuscita di aria ma non polveri. La lancia viene introdotta nel foro ed orientata verso un angolo in basso nell'intercapedine. L'isolante va gradualmente ammassandosi fino a raggiungere l'altezza del foro ed a impedire l'introduzione di altro materiale.

A questo punto si orienta la lancia verso l'altro angolo in basso, insufflando anche in questo caso fino a quando il materiale già introdotto non ne impedisca la posa di altro (Figura 2). La lancia va poi indirizzata sui due angoli in alto.

Terminato con il foro in basso si procederà con quello in alto, anche in questo caso orientando la lancia verso i 4 angoli.

Pareti, dall'esterno

Si può operare dall'esterno utilizzando ponteggi o trabatelli, cestelli, piattaforme autosollevanti.

Nel caso in cui l'insufflaggio avvenga dall'esterno e la muratura sia in mattoni a vista, si può prendere in considerazione la possibilità di chiudere i fori praticati con altri mattoni a vista che chiaramente resteranno in rilievo. In questo caso sarà opportuno prestare attenzione a praticare i fori «a piombo», ovvero in verticale.

#### Sottotetti

Nei sottotetti non calpestabili si stende uno strato a vista, solitamente di circa 15 cm. Nel caso siano presenti botole o vani è necessario realizzare dei cordoli di contenimento del materiale insufflato.

Si possono inoltre realizzare “passerelle” con gli stessi bancali in legno utilizzati per il trasporto dei sacchi, oppure un vero e proprio tavolato in OSB.

#### NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

**Art. 67 ISOLAMENTO A CAPPOTTO****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

Il Pannello termoisolante può essere costituito da:

**POLISTIRENE ESPANSO SINTERIZZATO:** Pannelli rigidi in polistirene espanso sinterizzato autoestinguente, a basso assorbimento d'acqua e ad alto potere di isolamento termico,

**POLISTIRENE ESPANSO SINTERIZZATO CON GRAFITE:** Pannelli rigidi in polistirene espanso sinterizzato autoestinguente additivato con grafite, a basso assorbimento d'acqua e ad alto potere di isolamento termico,

**LANA DI ROCCIA:** Pannelli rigidi in lana di roccia idrorepellente, per l'isolamento termico e acustico,

**POLIURETANO IN PANNELLI:** Pannelli rigidi in poliuretano (STIFERITE Class SK) costituito da un componente isolante in schiuma polyiso, espansa, rivestito su entrambe le facce con velo vetro saturato. Ad altissimo potere di isolamento termico per isolamento a cappotto

**AEROGEL:** Pannelli isolanti in aerogel di silice rinforzata con fibre in PET, tipo Aeropan o similare, idrorepellente e traspirante, dello spessore nominale di 10 mm con densità volumetrica pari a 230 kg/m<sup>3</sup>, conduttività termica pari a 0,015 W/mK, resistenza termica Rd pari a 0,67 m<sup>2</sup>K/W a cm di spessore, reazione al fuoco euroclasse CS1D0, permeabile alla diffusione del vapore ( $\mu$  5), impermeabile all'acqua di superficie e/o di immersione con angolo di contatto all'acqua non inferiore a 150°.

DATI TECNICI	VALORI	UNITÀ	METODO DI PROVA
Formato pannello	1400x720	mm	
Spessori	10/20/30/40/50/60	mm	
Conduttività termica ( $\lambda_d$ ) a 10 °C	0,015	W/mK	EN12667
Permeabilità al vapore acqueo	0,07	m	EN12086
Temperature limite di impegno	-50 +450	°C	
Resistenza alla compressione (per una deformazione del 10%)	80	KPa	EN826
Calore specifico	1.000	J/kgK	ASTM E 1269
Densità nominale	230 ± 10%	kg/m <sup>3</sup>	
Classe di reazione al fuoco	CS <sub>1</sub> D <sub>0</sub>		EN 13501-1
Assorbimento di acqua a lungo termine per immersione parziale	Wp ≤ 0,01	kg/m <sup>2</sup>	EN 1609
Colore	bianco		

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Realizzazione mediante la fornitura e installazione di isolamento a cappotto composto da pannelli isolanti in polistirene espanso sinterizzato EPS 150 conforme alla EN13163:2009, appendice ZA, ed ai corrispondenti standard europei,  $\lambda_d$ : W/m<sup>2</sup>K=0.034, colore bianco, marchiato CE, reazione al fuoco Euroclasse E; la zoccolatura di base, per una altezza non inferiore a 40 cm, sarà realizzata con pannelli in polistirene espanso estruso XPS densità 30 kg/m<sup>3</sup>/200 kPa conforme alla EN 13164, appendice ZA, ed ai corrispondenti standard europei,  $\lambda_d$ : W/m<sup>2</sup>K=0.033, marcato CE, reazione al fuoco Euroclasse E.

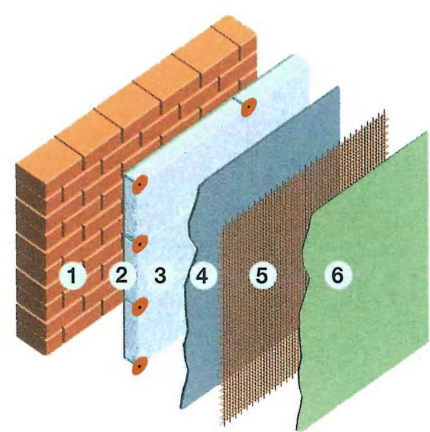
L'EPS dovrà consentire la traspirabilità ed avrà un valore di resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $\mu$  compreso tra 30 e 70. I pannelli saranno di tipo stampato e conformati con delle gole ad omega ( $\Omega$ ) che consentono un'adesione della colla di tipo meccanico oltre che chimico. I pannelli saranno dotati, nei lati lunghi, di denti di aggancio collegati da elementi di interferenza in grado, una volta montati, di costituire una barriera che impedisce infiltrazioni d'acqua battente.

I denti di aggancio dei lati lunghi, creando dei vincoli fra pannello e pannello nelle due direzioni (dentro – fuori; destra – sinistra), garantiranno la perfetta complanarità sia in fase di montaggio che nella vita utile dell'opera in quanto, una volta agganciati, i pannelli in EPS non risulteranno disaccoppiati fra loro ma, viceversa, a tal punto uniti da far diventare la parete come fosse un'unica lastra senza soluzione di continuità.

Il pannello in EPS sarà posto in opera con l'uso di collanti, rete porta intonaco, intonachino, idonei per applicazioni tipo ETICS e posati secondo le modalità ed istruzioni dei produttori dei vari elementi costituenti il cappotto.

Il sistema a cappotto può essere applicato sulle seguenti tipologie di supporto:

- calcestruzzo normale e alveolare,
- mattoni pieni, blocchi e forati in laterizio,
- blocchi pesanti e leggeri in calcestruzzo,
- pareti in legno, legno-cemento,
- intonaci nuovi o vecchi purché perfettamente aderenti e resistenti.



- 1) Muratura
- 2) Collante
- 3) Pannello termoisolante
- 4) Rasante
- 5) Rete di armatura
- 6) Rasante + Rivestimento murale di finitura

SCHEMA RIASSUNTIVO DELLE FASI DI LAVORAZIONE COMPRESIVE DEI TEMPI MINIMI DI ATTESA PER LA CORRETTA REALIZZAZIONE DEL SISTEMA A CAPPOTTO (*)									
Lavorazione - attività									
1	Incollaggio dei pannelli isolanti a parete								
2	Tassellatura: fissaggio dell'isolante con i tasselli								
3	Rinforzo degli angoli di finestre, porte, angoli interni ed esterni								
4	Rasatura: prima mano con Retinvetro per rasanti								
5	Rasatura: seconda mano								
6	Stesura del primer								
7	Finitura decorativa								

I sistemi a cappotto dovranno essere realizzati conformemente alle indicazioni delle ditte produttrici e delle schede tecniche dei singoli materiali; in particolare:

- ogni prodotto o materiale diverso da quelli indicati o suggeriti dovrà prevedere l'approvazione al fine di rendere il sistema conforme alle norme di riferimento e il più possibile idoneo in termini di durata, prestazionalità e sicurezza;
- i collanti-rasanti dovranno essere impastati con acqua pulita e non si dovranno introdurre altre sostanze non consentite o non previste dalle relative schede tecniche;
- tutti i materiali del sistema devono essere stoccati in cantiere in luoghi adeguatamente riparati dagli agenti atmosferici evitando sia le problematiche di pioggia che di forte insolazione;
- durante tutto il ciclo di lavorazione si dovrà prevedere un'idonea protezione evitando le seguenti situazioni:
  - pioggia e/o umidità, neve, gelo: prevedere a tal scopo una idonea protezione impermeabile;
  - condensa superficiale: non posare in presenza di nebbia o con umidità relativa superiore a 85%. La posa deve avvenire in condizioni di temperatura e umidità favorevoli;
  - irraggiamento diretto del sole prevedendo idonee schermature filtranti (es. reti ombreggianti/schermanti);
- temperature al di fuori del range consentito (Temperatura uguale o superiore a +5°C e inferiore o uguale a +35°C);
- la posa del sistema a cappotto richiede che siano già state realizzate tutte le tracce di eventuali impianti e tutte le fughe e cavità chiuse rispettando i tempi di asciugatura di malte e/o intonaci;
- proteggere preventivamente tutte le superfici che non vanno rivestite tipo vetri, legno, alluminio ecc. e prevedere anche una adeguata

copertura per evitare infiltrazioni di acqua nel sistema a cappotto durante (e dopo) la posa;

- il supporto deve essere esente da problemi di umidità da risalita e efflorescenze saline;
- la planarità del supporto va controllata prima della posa ed eventualmente corretta con l'applicazione di intonaci o rasanti;
- in caso di supporti con presenza di vecchie finiture come intonachini plastici o pitture è sempre necessario eseguire una prova di resistenza allo strappo per verificare la buona adesione al supporto. In caso contrario sarà necessaria la rimozione totale del rivestimento o pittura;
- supporti polverosi e sporchi vanno accuratamente lavati con getto in pressione e successivamente lasciati asciugare prima della posa;
- riempire le cavità nel supporto con malte rapide o comunque adeguate ai vari tipi di supporto;
- supporti molto lisci come rivestimenti ceramici, vanno trattati con apposito primer per migliorare l'aggrappo (in questi casi prevedere anche varie prove di adesione a campione sulle piastrelle in facciata).

#### TRATTAMENTI PREVISTI PER I VARI TIPI DI SUPPORTI

Tipo di supporto	Situazione	Trattamento consigliato
Pitture a base di calce		Rimuovere sempre meccanicamente
Pitture minerali, intonaci e rivestimenti minerali	Polveroso	Spazzolatura
	Efflorescenze	Grattare o spazzolare a secco
	Friabile, gessoso	Spazzolare, grattare, lavaggio ad alta pressione con un detergente adeguato e lasciar asciugare, risciacquare con acqua pulita, lasciar asciugare
	Irregolarità e buchi	Livellare con una malta idonea in una fase di lavoro separata (rispettare i tempi di essiccazione)
	Sfarinato, non portante	Scrostare, ripristinare (rispettare i tempi di essiccazione), utilizzare idoneo fissativo
	Umidità*	Lasciare asciugare

#### TRATTAMENTI PREVISTI PER I VARI TIPI DI MURATURA

Tipo di muratura	Situazione	Trattamento consigliato
Mattoni in laterizio Blocchi di calcestruzzo	Polveroso	Spazzolatura
	Residui di vecchio intonaco	Rimozione, ripristinare, livellare (rispettare i tempi di essiccazione)
	Irregolarità e buchi	Livellare con wetobond o wetbond rapid
	Umidità	Lasciar asciugare
	Efflorescenze	Grattare o spazzolare a secco
	Sfarinato, non portante	Scrostare, ripristinare, livellare (rispettare i tempi di essiccazione)
	Sporco, grasso	Idrolavaggio con adeguato detergente e lasciar asciugare, risciacquare con acqua pulita, lasciar asciugare
	Fughe superiori 5 mm	Chiudere le fughe con malta cementizia (rispettare i tempi di essiccazione); le fughe di raccordo riempite con schiuma devono essere preventivamente raschiate

#### Profili di partenza e impermeabilizzazioni

La zoccolatura di partenza deve essere perfettamente sigillata a tenuta tra zoccolo e cappotto, impermeabile all'acqua e resistente alle sollecitazioni meccaniche.

La zoccolatura è la zona di facciata esposta a spruzzi d'acqua e pertanto va necessariamente protetta.

Nelle aree a contatto con il terreno o sotto il livello campagna, si consiglia l'utilizzo di lastre isolanti specifiche (tipo XPS) e l'impermeabilizzazione.

**Preparazione e applicazione del collante**

Il collante deve essere impastato con acqua pulita a consistenza plastica con un trapano a basso numero di giri per non avere un eccesso di aria nell'impasto.

Seguire le indicazioni delle relative schede tecniche sulla quantità d'acqua d'impasto e avvertenze.

Il collante viene applicato sul pannello con 2 metodologie:

- Il metodo a cordolo perimetrale e punti prevede la stesura del collante su tutto il perimetro del pannello e due o tre punti al centro della lastra;
- Il metodo a tutta superficie prevede la stesura del collante su tutta la lastra, utilizzando una spatola dentata con una misura del dente appropriata a seconda della planarità e regolarità del supporto;
- In alcuni casi, tipo la posa dei pannelli isolanti in corrispondenza delle aree dei raccordi superiori, si consiglia il metodo a doppia spalmatura. In questo caso spalmare la colla con spatola dentata sul pannello in senso verticale e successivamente anche sul supporto in senso orizzontale. Applicare una sufficiente pressione facendo scorrere la lastra in posizione.

**Incollaggio delle lastre isolanti**

La fase di incollaggio del pannello isolante a parete richiede che tra la lastra e il supporto non ci sia passaggio di aria, altrimenti si crea un effetto camino che può creare la deformazione dei pannelli.

L'effetto delle variazioni termiche viene accentuato dal passaggio di aria calda o fredda e può provocare deformazioni più o meno pronunciate tipo materasso o cuscino.

Le lastre devono essere sempre applicate rispettando la planarità della superficie.

In caso di irregolarità si può intervenire o con una adeguata rasatura a spessore (pannelli in lana di roccia) o con una leggera abrasione (pannelli in PSE - PU), avendo cura di asportare la polvere dalla superficie con un getto d'aria.

L'operazione di abrasione deve essere effettuata anche in caso di lunga permanenza delle lastre isolanti in PSE - PU in facciata esposte ai raggi U.V. a causa di ritardi dell'esecuzione della rasatura protettiva. Se si nota l'ingiallimento superficiale dell'isolante rimuovere completamente la patina giallastra prima dell'esecuzione dell'intonaco a rasatura armata.

L'incollaggio delle lastre isolanti deve procedere dal basso verso l'alto per file sfalsate e completamente accostate. I pannelli vanno sfalsati orizzontalmente, evitando l'allineamento verticale. Tra un pannello e l'altro non ci devono essere fughe e spazi vuoti. I pannelli devono essere posati orizzontalmente e ben allineati. Non ci devono essere fughe visibili tra le lastre e nel caso queste devono essere riempite con strisce dello stesso materiale isolante oppure con una schiuma isolante a bassa densità.

Non utilizzare il collante-rasante per riempire le fughe tra le lastre.

Utilizzare solo le lastre integre non danneggiate e utilizzare per il taglio utensili idonei tipo sistemi a filo caldo.

In corrispondenza degli angoli sfalsare sempre la posa delle lastre come da disegno.

Se si tagliano le lastre dopo la posa in corrispondenza degli angoli, aspettare il corretto indurimento del collante (1-3 gg a seconda della temperatura).

I giunti di dilatazione presenti nelle facciate, devono essere rispettati e protetti con idonei profili.

Nel caso di isolamento di finestre, porte e soffitti i pannelli isolanti della facciata devono sporgere oltre il bordo grezzo dell'apertura o oltre il bordo grezzo del soffitto. Dopo l'indurimento del collante vengono applicate le fasce isolanti del serramento o le lastre a soffitto e successivamente sarà possibile tagliare la parte eccedente.

**Tassellatura**

La tassellatura è sempre consigliata e obbligatoria nel caso di spessori elevati delle lastre isolanti (>14cm), su supporti intonacati preesistenti, per altezze superiori a 22 m e per sistemi a cappotto con peso elevato (>30Kg/m<sup>2</sup>) tipo con posa di ceramica o pietra. La tassellatura è inoltre sempre obbligatoria per le lastre isolanti in lana di roccia MW.

I tasselli devono rispettare la normativa ETAG 014 e devono essere idonei al supporto secondo le categorie di utilizzo indicate nella norma (vedi tabella). Il diametro del piattello del tassello dipende dall'isolante utilizzato. Il diametro minimo è 60 mm; per i pannelli in fibra di roccia MW il diametro minimo è 90 mm.

I fori per i tasselli vanno praticati solo quando il collante è indurito (ca 2-3 gg a seconda della temperatura).

Utilizzare trapani a percussione solo su cls o mattoni pieni, con punte adeguate al diametro indicato sul tassello.

La quantità di tasselli per m<sup>2</sup> varia a seconda della zona e località su cui sorge l'edificio, la sua altezza, la sua forma e la velocità specifica del vento.

È inoltre prevista una quantità maggiore di tasselli in prossimità degli angoli perimetrali.

Gli schemi di tassellatura standard sono a T per PSE - PU e a W per MW.

I tasselli devono essere inseriti a filo con l'isolante verificando manualmente la tenuta di ogni tassello. In caso di tasselli piegati o allentati, procedere alla rimozione e sostituzione con nuova foratura.

**TASSELLATURA A FILO CON L'ISOLANTE**

La profondità di foratura dipenderà dal tipo di muratura, dalla resistenza meccanica dello strato superficiale (intonaco esistente) e dallo spessore e tipo di isolante. Nella muratura si consiglia di prevedere una profondità di foratura di almeno 5 cm. La lunghezza del tassello è uguale allo spessore dell'isolante aumentato di almeno 5cm (profondità di foratura).

Il tassello sarà scelto in funzione del tipo di supporto e dell'isolante prevedendo prodotti conformi alle norme ETAG 014.

Il posizionamento del tassello dovrà avvenire in modo che il serraggio si concluda con il posizionamento della rondella a filo con l'isolante.

**TASSELLATURA AD INCASSO**

La profondità di foratura dipenderà dal tipo di muratura, dalla resistenza meccanica dello strato superficiale (intonaco esistente), dallo spessore e tipo di isolante. Nella muratura si consiglia di prevedere una profondità di foratura di almeno 5 cm. Nella tassellatura ad incasso, la lunghezza del tassello sarà pari allo spessore dell'isolante meno 2 cm (profondità di fresatura) aumentato di almeno 5 cm (profondità di foratura). Usare idonee frese per isolante in modo da incassare di 2 cm la rondella del tassello.

Posizionare il tappo di isolante preconfezionato a filo con il pannello.

Come già riportato precedentemente è fondamentale che i tasselli siano posati a filo con l'isolante termico: un inserimento eccessivo del tassello nell'isolante provoca, in quella zona, un aumento di spessore del rasante cementizio con una disomogeneità di assorbimento igrometrico che rischia di portare, in determinate condizioni di umidità relativa e temperatura, a vistose situazioni antiestetiche.

Stessa cosa nel caso in cui il tassello fosse troppo sporgente: oltre al fenomeno della differenza di assorbimento si rischia di ottenere una riduzione della resistenza della rasatura con rischio di cavillature puntuali.

### **Rasatura**

La rasatura armata esterna viene posata in due mani:

- prima mano di rasante,
- posa della rete annegata nello spessore di rasante,
- seconda mano di rasante (dopo almeno 24 ore).

Si possono utilizzare diversi tipi di rasanti-collanti (intonaci di fondo), in base ai requisiti del sistema a cappotto e alla tipologia di materiale delle lastre isolanti.

Gli spessori richiesti possono essere sottili o medio alti a seconda delle caratteristiche che si vuole ottenere dal sistema (alta flessibilità, elevata resistenza agli urti, elevata resistenza meccanica, ecc.)

Il rasante (intonaco di fondo) va preparato seguendo le modalità descritte nella relativa scheda tecnica e rispettando sempre le avvertenze in caso di applicazione con situazioni climatiche sfavorevoli:

- Nei periodi caldi mantenere umida la superficie della malta messa in opera, evitando una rapida essiccazione del prodotto, per almeno 24 ore,
- Non esporre il materiale al sole nella stagione calda,
- Stoccare in luogo asciutto nelle confezioni originali chiuse e proteggere dal gelo o da temperature elevate.

Prima di procedere alla rasatura totale con armatura, applicare agli angoli di porte e finestre delle fasce di rete con una inclinazione di circa 45°.

Applicare anche i profili di protezione negli angoli interni ed esterni e dove è richiesto l'utilizzo di profili con gocciolatoio.

Procedere con l'applicazione del rasante-collante (intonaco di fondo) sulla totalità delle superfici avendo cura di annegare l'armatura nell'intonaco fresco e di sovrapporre i teli di almeno 10 cm.

Evitare assolutamente di stendere l'armatura direttamente sul pannello isolante e poi rasare sulla stessa.

Ad essiccazione completa del rasante, e comunque dopo almeno 24 ore, si può procedere con l'applicazione della seconda mano di rasante, deve coprire interamente la rete per ca 1 mm.

A seconda dello spessore previsto del rasante, la rete va posizionata a metà oppure nel terzo esterno dello spessore.

### **Finitura decorativa**

Dopo il corretto indurimento dello strato rasante si può procedere al ciclo di finitura previsto.

L'applicazione di un primer sull'intonaco di fondo è consigliata per diminuire le probabilità di variazioni cromatiche uniformando l'assorbimento del fondo.

L'utilizzo del primer inoltre aumenta il tempo di lavorazione delle successive finiture in caso di temperature elevate e migliora la resistenza alle intemperie.

Si possono utilizzare rivestimenti decorativi per esterni oppure intonachini decorativi preferibilmente di matrice plastica o silossanica.

Per evitare possibili variazioni di colore si consiglia sempre di utilizzare il prodotto del medesimo lotto di produzione e gli accorgimenti descritti nelle relative schede tecniche. L'utilizzo di sufficiente manodopera evita la visibilità di stacchi di lavorazione.

Sul sistema a cappotto si possono incollare, in alternativa alle classiche finiture, piastrelle in gres o pietra di varia natura, seguendo il ciclo previsto nel seguente capitolato che prevede il doppio intonaco con doppia armatura e tassellatura tra le due rasature armate.

### **AVVERTENZE PER L'APPLICAZIONE DELLE FINITURE**

- Posare sempre in buone condizioni metereologiche,
- Raccomandiamo di posare gli strati di finitura sempre in buone condizioni atmosferiche di temperatura compresa tra 5°C e 35°C e di umidità relativa inferiore a 85% e in assenza di pioggia. Situazioni climatiche avverse possono portare a fenomeni di scivolamento della finitura o non omogeneità dello stesso in facciata,
- Operare in presenza di elevata umidità relativa (ad esempio in presenza di nebbia e quindi umidità relativa prossima al 100%), provoca l'idratazione della finitura con aumento della fase dell'asciugamento o con rischi di scivolamento verticale,
- Operare in presenza di temperature molto elevate porta ad una riduzione della percentuale di acqua contenuta negli impasti delle finiture: l'applicazione del prodotto in queste condizioni rischia di rendere la posa più difficile con il risultato di avere delle variazioni cromatiche anti-estetiche.

### **NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 68 IMPERMEABILIZZAZIONE**

Si intendono per opere di impermeabilizzazione quelle che servono a limitare (o ridurre entro valori prefissati) il passaggio di acqua (sotto forma liquida o gassosa) attraverso una parte della struttura.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****68.1 MEMBRANA BUGNATA**

Guaina bugnata in polietilene ad alta densità (HDPE), dello spessore di ca. 0.5 mm, resistente agli agenti chimici, biologici e non degradabile.

**68.2 MEMBRANA BENTONITICA**

Membrana autoagganciante bentonitica per la protezione di strutture in calcestruzzo armato da acqua di falda costante, altalenante o percolante,

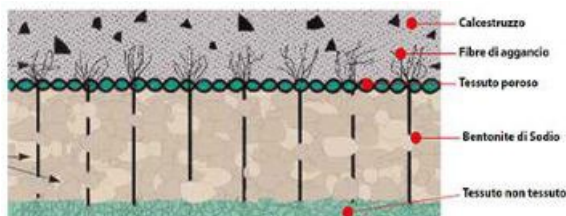
- tipo Volgrip LH della Volteco o similare,

Parametri assoggettati a Controllo Qualità Interno	Norme	Valori
Contenuto Bentonite di Sodio	UNI EN 14196	> 4 kg/m <sup>2</sup>
Resistenza a trazione	UNI EN ISO 10319	> 7,5 kN/m
Resistenza allo spellamento dal cls	ASTM D 903	> 1,5 kN/m
Rigonfiamento libero	ASTM D 5890	> 24 ml
Portata idraulica	ASTM D 5887	< 6x10 <sup>-9</sup> (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )/s

- tipo Volgrip HP della Volteco o similare, in presenza di battente idraulico elevato.

Parametri assoggettati a Controllo Qualità Interno	Norme	Valori
Contenuto Bentonite di Sodio	UNI EN 14196	> 4 kg/m <sup>2</sup>
Resistenza a trazione	UNI EN ISO 10319	> 8 kN/m
Resistenza allo spellamento dal cls	ASTM D 903	> 1,5 kN/m
Rigonfiamento libero	ASTM D 5890	> 24 ml
Portata idraulica solo geocomposito	ASTM D 5887	< 6x10 <sup>-9</sup> (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )/s
Portata idraulica con membrana	ASTM D 5887	assenza di flusso
Spessore membrana MDPE	EN 964-1	0,2 mm

Applicazione in abbinamento a getti di calcestruzzo armato (platee e muri di fondazione contro diaframmi, pali, berlinesi, fondazioni esistenti o casseri a perdere) di edifici.



Le superfici da impermeabilizzare possono essere umide, non necessariamente pulite ma non devono in alcun caso presentare grosse protuberanze o cavità o continui flussi d'acqua che possano pregiudicare la sigillatura autonoma dei sormonti. La piegatura e il taglio dei teli possono avvenire in qualsiasi direzione.

**68.3 MEMBRANA BITMINOSA**

Membrana bituminosa di tipo specifico per impalcato in miscela di bitume polimero (B.P.P. bitupolipropilene) dello spessore di 5 mm, armata con tessuto non tessuto da 300 grammi in poliestere a filo continuo.

Lavoro eseguito mediante:

- preparazione con radicale pulizia delle superfici;
- trattamento con speciale primer in vernice bituminosa a rapida essiccazione con consumo da 0,3 a 0,5 kg/mq;
- applicazione della membrana con giunti sovrapposti di almeno 10 cm mediante spatola e sfiamma tura di rinvenimento da estendere a tutta la superficie.

Caratteristiche tecniche della membrana:

- flessibilità a freddo - 25°C;
- resistenza a trazione: longitudinale M/50 mm 860; trasversale M/50 mm 560;
- allungamento a rottura: 50%;
- resistenza alla lacerazione: N. 150;
- resistenza al punzonamento statico: PS 3;
- stabilità di forma a caldo: 100°C;
- impermeabilità all'acqua:  $\geq 60$  kPa.

I piani di posa in calcestruzzo devono essere regolari, lisci, coesi, puliti ad asciutti, per consentire la corretta applicazione del sistema impermeabile. È necessario realizzare le opportune pendenze, per permettere il corretto deflusso delle acque meteoriche, come definito dal progettista. In alcuni casi, per ottenere supporti idonei è necessario realizzare opere di preparazione specifiche. Sui piani di posa adeguatamente predisposti, per bloccare la polverosità e aumentare la capacità adesiva delle membrane bituminose, deve essere applicato, mediante rullo, spazzolone o airless, un promotore di adesione (primer) bituminoso. La posa in opera avverrà su un supporto pulito, asciutto e compatibile, in ragione di 0,30 l/mq, in opera mediante applicazione a rullo, a pennello o a spruzzo. Su tutte le superfici orizzontali, inclinate e verticali. Tutte le superfici da trattare devono essere pulite, perfettamente asciutte, libere da parti distaccate e residui oleosi o grassi. La posa delle membrane impermeabilizzanti deve essere realizzata dopo la completa asciugatura del primer e comunque non prima che siano trascorse almeno 24 ore. La posa delle membrane in bitume polimero avviene mediante incollaggio a caldo al supporto tramite una corretta sfiammatura della faccia inferiore con uno specifico bruciatore a gas propano. Le membrane devono essere applicate con adeguate sovrapposizioni. Le sovrapposizioni laterali devono avere un sormonto minimo di 100 mm, mentre le sovrapposizioni di testa un sormonto minimo di 150 mm. I rotoli devono essere applicati sfalsati, per evitare sovrapposizioni di quattro teli (sovrapposizioni di testa). I prodotti dovranno essere adeguatamente conservati. Conservare il prodotto in luoghi asciutti ed al riparo da raggi solari. Non sovrapporre i bancali e tenere i rotoli comunque in posizione verticale. Il contatto con solventi e liquidi organici può danneggiare il prodotto. Evitare la posa in opera con temperature eccessivamente alte o basse ed evitare in ogni caso qualsiasi azione di punzonamento (scarpe chiodate, appoggi di piccola superficie, oggetti taglienti). Per verificare il livello di adesione dello strato impermeabile è possibile realizzare direttamente in cantiere dei test di pull-out con apposito dinamometro portatile. Successivamente alla posa in opera del sistema impermeabile, si procede con la stesura a caldo del binder stradale direttamente sull'estradosso della membrana, nello spessore richiesto.

#### **68.4 MEMBRANA BITUMINOSA CHIARA**

Guaina bituminosa elastomerica, conforme alle norme EN 13707 e EN 13969.

1° STRATO: membrana bituminosa elastomerica armata con fibra di vetro tipo Bauder TEC KSA o similare, lato inferiore autoadesivo, avente le seguenti caratteristiche tecniche minime:

- spessore 3 mm,
- flessibilità a freddo -30 °C,
- forza a trazione massima 1000 N/5 cm,
- allungamento a trazione 2 %,
- reazione al fuoco classe E,
- comportamento al fuoco secondo la ENV 1187.

Posa in opera mediante incollaggio e con l'ausilio di idonei tasselli di fissaggio, in ragione di almeno 4/mq.

2° STRATO: membrana bituminosa elastomerica e plastomerica con armatura multipla tipo Bauder KARAT o similare, lato superiore ardesia-grigio/bianco, resistente ai raggi UV, avente le seguenti caratteristiche tecniche minime:

- spessore 5.2 mm,
- flessibilità a freddo -40 °C,
- stabilità a caldo +150 °C,
- forza a trazione massima 1450 N/5 cm,
- allungamento a trazione 23 %,
- stabilità dimensionale <0.1 %,
- reazione al fuoco classe E,
- comportamento al fuoco secondo la ENV 1187 classe B (ROOF t2, t3).

Posa in opera mediante fiammatura e incollaggio, con giunzioni sfalsate, con sovrapposizioni e risvolti di almeno 10 cm e secondo le indicazioni della ditta produttrice. Compresa la realizzazione di camini di aerazione, ove necessari.

#### **68.5 MALTA CEMENTIZIA IMPERMEABILIZZANTE**

Fornitura e posa in opera di malta cementizia bicomponente elastica per l'impermeabilizzazione e la protezione di supporti in calcestruzzo contro la penetrazione di agenti aggressivi (anidride carbonica e cloruri), a base di leganti cementizi, aggregati selezionati a grana fine, fibre sintetiche, additivi speciali e polimeri sintetici in dispersione acquosa, tipo Mapelastic della MAPEI S.p.A. o similare avente equivalenti o superiori requisiti.

La malta dovrà essere preparata e applicata secondo le indicazioni riportate nella scheda tecnica fornita dal produttore.

L'applicazione della malta dovrà essere effettuata su un supporto solido, esente da parti in distacco e da polveri.

La malta dovrà essere applicata a spruzzo con pompa intonacatrice, in due mani, in uno spessore finale non inferiore a 2 mm.

Il prodotto dovrà rispondere ai requisiti minimi richiesti dalla EN 1504-2 rivestimento (C), secondo i principi PI, MC e IR, per la protezione del calcestruzzo e avere le seguenti caratteristiche prestazionali:

- Adesione al calcestruzzo secondo EN 1542 dopo 28 gg a +20°C e 50% U.R. (N/mm<sup>2</sup>): 1,0,
- Compatibilità termica ai cicli di gelo-disgelo con sali disgelanti (EN 13687/1), misurata come adesione secondo EN 1542 (N/mm<sup>2</sup>): 0,8,
- Adesione al calcestruzzo secondo EN 1542 dopo 7 gg a +20°C e 50% U.R. + 21 gg in acqua (N/mm<sup>2</sup>): 0,6,
- Elasticità espressa come allungamento (DIN 53504 mod.) dopo 28 gg a +20°C e 50% U.R. (%): 30,
- Crack-bridging statico a -20°C secondo EN 1062-7 espresso come larghezza massima della fessura (mm): classe A3 (-20°C) (> 0,5 mm),
- Permeabilità al vapore acqueo secondo EN ISO 7783-1 spessore di aria equivalente S D(m): S D = 2,4 μ = 1.200,
- Impermeabilità all'acqua espressa come assorbimento capillare secondo EN 1062-3 (kg/m<sup>2</sup>·h<sup>0,5</sup>): < 0,05,
- Permeabilità dell'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) secondo EN 1062-6 - diffusione in spessore di aria equivalente S DCO<sub>2</sub> (m): > 50,
- Reazione al fuoco (EN 13501-1) (Euroclasse): C, s1-d0,
- Impermeabilità all'acqua in pressione (1,5 bar per 7 gg di spinta positiva) EN 14891-A.7: nessuna penetrazione,
- Adesione iniziale (N/mm<sup>2</sup>) EN 14891-A.6.2: ≥ 0,5,
- Adesione dopo immersione in acqua (N/mm<sup>2</sup>): EN 14891-A.6.3 ≥ 0,5,
- Adesione dopo cicli di gelo-disgelo (N/mm<sup>2</sup>): EN 14891-A.6.6 ≥ 0,5,
- Adesione dopo immersione in acqua basica (N/mm<sup>2</sup>) EN 14891-A.6.9: ≥ 0,5,
- Adesione dopo immersione in acqua clorurata (N/mm<sup>2</sup>) EN 14891-A.6.8: ≥ 0,5.

Nel prezzo sono compresi gli oneri per l'idrolavaggio delle superfici di attacco prima dell'applicazione della malta e la fornitura e posa in opera di rete in fibra di vetro in corrispondenza delle riprese di getto.

Nel prezzo sono compresi gli oneri per la marcatura CE del prodotto, lo sfido, la forza motrice, l'acqua, ogni onere necessario alla protezione degli elementi estranei all'intervento da preservare, la movimentazione del materiale, lo sgombero e la pulizia finale dei luoghi, la raccolta differenziata e il carico su automezzo del materiale di risulta, il trasporto e l'onere di smaltimento in discarica autorizzata e quanto altro necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

### **68.6 PRIMER IMPERMEABILIZZANTE**

I prodotti da usare per l'impermeabilizzazione della platea in calcestruzzo dovranno possedere le seguenti caratteristiche documentate da prove applicative e da analisi di laboratorio:

- basso peso molecolare ed elevato potere di penetrazione,
- resistenza all'attacco fisico/chimico degli agenti atmosferici,
- resistenza chimica in ambiente alcalino,
- assenza di effetti collaterali (produzione di sali),
- perfetta trasparenza ed inalterabilità del colore,
- traspirazione tale da non ridurre, nel materiale trattato, la preesistente permeabilità ai vapori oltre il valore limite del 10%.

In particolare, è previsto l'utilizzo di primer bicomponente a base di resine epossidiche per il consolidamento e l'impermeabilizzazione di massetti in calcestruzzo, tipo Primer EP della MAPEI S.p.A. o similare.

La pittura dovrà essere preparata e applicata secondo le indicazioni riportate nella scheda tecnica fornita dal produttore.

La pittura dovrà essere applicata con un innaffiatore, a pennello o a rullo, a mani successive fino a rifiuto, su supporto asciutto, solido, pulito, privo di polvere e esente da parti in distacco e da polveri.

### **68.7 GIUNTO BENTONITICO**

Fornitura e posa di giunto idroespansivo autosigillante, composto da bentonite sodica naturale e polimeri, con una densità pari a 1,6-1,8 g/cm<sup>3</sup>, in grado di espandersi a contatto con l'acqua sino al 425% del valore iniziale, senza che vengano compromesse le caratteristiche di tenuta. Resistenza alle piegature fino a 180°.

Giunto bentonitico idoneo a sigillare tutte le riprese di getto in calcestruzzo sia in orizzontale che verticale, purché il confinamento laterale sia sempre pari o superiore a 8 cm. Da fissare mediante semplice chiodatura al calcestruzzo (1 chiodo ogni 25 cm).

Il giunto deve rigonfiare in presenza di acque saline.

Sigillatura di giunti di costruzione e riprese di getto, sia in orizzontale che in verticale, mediante le seguenti fasi operative:

- Preparazione della superficie
- Posa di cordolo bentonitico

Preparazione della superficie mediante regolarizzazione meccanica (senza riporti) del piano di posa; successivamente accurata pulizia della superficie con eliminazione di oli, grassi e parti incoerenti.

Applicazione di giunto idroespansivo autosigillante a base di bentonite di sodio naturale e gomma butilica, in grado di sigillare in modo permanente e deformabile le riprese di getto e le modeste irregolarità attorno ad esso.

Collocazione del cordolo al centro del nuovo getto o nel punto di progetto più opportuno, purché confinato da almeno 8 cm di cls; chiodare il prodotto ogni 25-30 cm. Lame distanziatrici, ferro d'armatura ecc. non devono interpersi tra il waterstop ed il calcestruzzo.

Le giunzioni dei capi avverranno per accostamento per almeno 6 cm.

Il giunto deve rigonfiare in presenza di acque saline.

### **68.8 GIUNTO WATERSTOP**

Applicazione di sistema water-stop mediante posa, su superfici in calcestruzzo sane e compatte, di nastro preformato in gomma idroespandente posizionato mediante incollaggio con apposito mastice o fissato mediante chiodatura.

Nel caso di getti di spessore superiore a 30 cm bisognerà prevedere un doppio posizionamento parallelo di due profili.

Il prodotto dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- Massa volumica (g/cm<sup>3</sup>): 1,3,
- Durezza Shore: 25-35 (DIN 53505),
- Solubilità in acqua: insolubile,
- Rigonfiamento in acqua a 1 g (%): ca. 45,
- Rigonfiamento in acqua a 2 g (%): ca. 70,
- Rigonfiamento in acqua a 3 g (%): ca. 82,
- Rigonfiamento in acqua a 7 g (%): ca. 120,

- Tempo di attesa prima di effettuare il getto, in caso di fissaggio con mastice: 24 h,
- Tempo di attesa prima di effettuare il getto, in caso di fissaggio con chiodi o viti: non richiesto,
- Impermeabilità:  $\leq 5$  atm,
- Allungamento (%): 70-100 (ASTM 638 M-89).

### 68.9 GIUNTO RE-INIETTABILE

Costituito da tubo re-iniетtabile in PVC-P per iniezioni di materiali impermeabilizzanti (resine e/o sigillanti cementizi) nella costruzione di giunti di ripresa di getti, tipo IDROSTOP MULTI 11 della MAPEI S.p.A. o similare.

I tubi dovranno essere fissati al calcestruzzo per mezzo di morsetti posti a distanza di 10 cm, su una superficie pulita, liscia e priva di parti incoerenti, completi di scatole in PVC incassate nel getto.

Successivamente dovrà essere realizzata l'iniezione di resina epossidica, lunghezza massima di iniezione 12 m, eseguita solo dopo la completa maturazione del calcestruzzo.

Il prodotto dovrà essere applicato secondo le indicazioni riportate nella scheda tecnica fornita dal produttore.

### 68.10 TELO BENTONITICO

Il telo dovrà essere composto da due geotessili in propilene interagugliati, di cui uno non-tessuto superiore (200 g/m<sup>2</sup>) ed uno tessuto inferiore (140 g/m<sup>2</sup>), che racchiudono uno strato uniforme di bentonite sodica naturale (5100 g/m<sup>2</sup>).

Il collegamento degli strati componenti la barriera bentonitica dovrà essere realizzato mediante fitta agugliatura di fibre sintetiche passanti dallo strato superiore di tessuto non tessuto a quello inferiore di supporto al quale saranno ancorate. Tale agugliatura dovrà essere uniformemente distribuita su tutta la superficie, così da assicurare al sistema elevate resistenze allo scorrimento degli strati e confinando stabilmente la bentonite idratata anche in condizioni di posa in verticale.

Il telo dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- resistenza all'urto (UNI EN ISO 6272-1) (Nm): 20
- resistenza allo shock termico (UNI EN 13687-5) (N/mm<sup>2</sup>): 2,40
- Massa aerica totale (EN 14196) (g/m<sup>2</sup>): 5440
- Conducibilità idraulica (ASTM D 5887) (m/s): 1E-11
- Flusso (ASTM D 5887) ((m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>)/s): 5E-9
- Punzonamento statico (EN ISO 12236) (kN): 2,4
- Resistenza alla trazione longitudinale (EN ISO 10319) (kN/m): 14
- Resistenza alla trazione trasversale (EN ISO 10319) (kN/m): 14
- Peeling (ASTM D 6496) (N/m): 600
- Adesione al calcestruzzo (ASTM D 903) (kN/mm): 3,5
- Spessore del prodotto (EN ISO 9863-1) (mm): 6,5

Prima di procedere alla posa del telo sulle superfici verticali dovrà essere sigillati i distanziatori dei casseri (per applicazioni in post getto) e regolarizzate tutte le sporgenze, teste dei tiranti e irregolarità (per applicazioni in pre getto).

Il telo dovrà essere posizionato a giunti sfalsati sovrapponendo i sormonti per 10 cm e chiodandoli con rondelle (tipo Mapeproof CD) ogni 50 cm circa sull'orizzontale o ogni 30 cm circa sul verticale.

## NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

Per la realizzazione delle stesse si utilizzeranno i materiali e le modalità di progetto indicate negli altri elaborati progettuali; ove non siano specificate in dettaglio nel progetto, o a suo completamento si rispetteranno le prescrizioni di seguito elencate.

Per l'impermeabilizzazione di opere interrato valgono le prescrizioni seguenti:

- per le soluzioni che adottino membrane in foglio o rotolo si sceglieranno i prodotti che per resistenza meccanica a trazione, agli urti ed alla lacerazione meglio si prestano a sopportare l'azione del materiale di reinterro (che comunque dovrà essere ricollocato con le dovute cautele) le resistenze predette potranno essere raggiunte mediante strati complementari e/o di protezione ed essere completate da soluzioni adeguate per ridurre entro limiti accettabili, le azioni di insetti, muffe, radici e sostanze chimiche presenti del terreno.
  - durante la realizzazione si curerà che i risvolti, punti di passaggio di tubazioni, ecc. siano accuratamente eseguiti onde evitare sollecitazioni localizzate o provocare distacchi e punti di infiltrazione.
  - Per le soluzioni che adottano prodotti applicati fluidi od in pasta si sceglieranno prodotti che possiedano caratteristiche di impermeabilità ed anche di resistenza meccanica (urti, abrasioni, lacerazioni). Le resistenze predette potranno essere raggiunte mediante strati complementari e/o di protezione ed essere completate da soluzioni adeguate per ottenere valori accettabili di resistenza ad agenti biologici quali radici, insetti, muffe, ecc. nonché di resistenza alle possibili sostanze chimiche presenti nel terreno.
  - Durante l'esecuzione si curerà la corretta esecuzione di risvolti e dei bordi, nonché dei punti particolari quali passaggi di tubazioni, ecc. in modo da evitare possibili zone di infiltrazione e/o distacco. La preparazione del fondo, l'eventuale preparazione del prodotto (miscelazioni, ecc.), le modalità di applicazione, ivi comprese le condizioni ambientali (temperatura ed umidità), e quelle di sicurezza saranno quelle indicate dal Produttore nella sua documentazione tecnica ed accettate dalla Direzione dei lavori.
- Per le impermeabilizzazioni di elementi verticali (con risalita d'acqua) si eseguiranno strati impermeabili (o drenanti) che impediscano o riducano al minimo il passaggio di acqua per capillarità, ecc. Gli strati si eseguiranno con fogli, prodotti spalmati, malte speciali, ecc., curandone la continuità e la collocazione corretta nell'elemento.
- L'utilizzo di estrattori di umidità per murature, malte speciali ed altri prodotti similari, sarà ammesso solo con prodotti di provata efficacia ed osservando scrupolosamente le indicazioni del progetto e del produttore per la loro realizzazione. Il Direttore dei lavori per la realizzazione delle opere di impermeabilizzazione opererà come segue. Nel corso dell'esecuzione dei lavori, con riferimento ai tempi ed alle procedure, verificherà via che i materiali impiegati e le tecniche di posa siano effettivamente quelle prescritte ed inoltre, almeno per gli strati più significativi verificherà che il risultato finale sia coerente con le prescrizioni di progetto e comunque con la funzione attribuita all'elemento o strato considerato.

In particolare verificherà i collegamenti tra gli strati, la realizzazione di giunti/sovrapposizioni dei singoli prodotti costituenti uno strato, l'esecuzione accurata dei bordi e dei punti particolari ove sono richieste lavorazioni in sito. Per quanto applicabili verificherà con semplici metodi da cantiere le resistenze meccaniche (punzonamenti, resistenza a flessione, ecc.) la impermeabilità dello strato di tenuta all'acqua, le continuità (o discontinuità) degli strati, ecc. A conclusione dell'opera eseguirà prove (anche solo localizzate) per verificare le resistenze ad azioni meccaniche localizzate, la interconnessione e compatibilità con altre parti dell'edificio e con eventuali opere di completamento. Avrà cura di far aggiornare e raccogliere i disegni costruttivi unitamente alle schede tecniche di prodotti ed eventuali prescrizioni per la manutenzione.

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

Valutato a metro quadrato di superficie trattata.

**Art. 69 IMPERMEABILIZZAZIONE DI PAVIMENTAZIONI ESTERNE IN CALCESTRUZZO CON RIVESTIMENTO POLIURETANICO**

Impermeabilizzazione di superficie in calcestruzzo con rivestimento poliuretanico autolivellante carrabile tipo Polyroof della Casali S.p.A. o similare (o Mapefloor parking system ME della Mapei), spessore non inferiore a 3 mm, contro i rischi di penetrazione; controllo dell'umidità ed aumento della resistività.

Il sistema dovrà essere conforme alla norma EN 1504-2: 2004 - Prodotti per la protezione superficiale del calcestruzzo e dotato di marcatura CE.

Dovrà inoltre garantire le seguenti prestazioni:

- Permeabilità all'acqua liquida  $< 0,1 \text{ Kg/m}^2 \cdot \text{h} \cdot 0,5$
- Permeabilità all'anidride carbonica  $\text{sd} > 50 \text{ m}$
- Aderenza per trazione diretta  $> 0,8 \text{ MPa}$
- Permeabilità al vapore acqueo Classe I
- Crack bridging ability Classe A4
- Cicli gelo disgelo con immersione in sali disgelanti nessuna alterazione
- Sostanze pericolose Vedere SDS

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****69.1 BANDA ADESIVA IN GOMMA**

Banda adesiva in gomma butilica, tipo Casaband SA della Casali S.p.A. o similare.

Il prodotto dovrà essere in possesso delle seguenti caratteristiche:

DATI PRESTAZIONALI	VALORE	U.M.	TEST
Spessore standard	1,0 – 1,5	mm	
Resistenza alla trazione longitudinale	$> 100$	N/50 mm	EN 12311-1
Resistenza alla trazione trasversale	$> 100$	N/50 mm	EN 12311-1
Allungamento a rottura longitudinale	$> 70$	%	EN 12311-1
Allungamento a rottura trasversale	$> 70$	%	EN 12311-1
Peso specifico	1,4	$\text{g/cm}^3$	ASTM D 792
Peeling	$\geq 90$	N	ASTM D 1000
Scivolamento verticale	0	mm	SO 7390
Forza di adesione sul cemento	0,9	$\text{N/mm}^2$	EN 12004-EN 1348
Temperatura di applicazione	$0^\circ \text{C} / + 40^\circ \text{C}$		
Temperatura di esercizio	$-30^\circ \text{C} / +80^\circ \text{C}$ fino a $160^\circ \text{C}$ per max 24h		

**69.2 TNT IN POLIESTERE**

tessuto non tessuto di poliestere da fiocco, agugliato e termofissato, senza l'aggiunta di collanti chimici, del peso di 130 g/mq, dotato di elevata resistenza meccanica elasticità, tipo Acrifelt Band della Casali S.p.A. o similare.

Il prodotto dovrà essere in possesso delle seguenti caratteristiche:

DATI PRESTAZIONALI	VALORE	U.M.	Norma di riferimento
Caratteristica			
Massa areica	130	gr/mq	EN 965
Resistenza a trazione	5	kN/mt	EN ISO 10319
Resistenza al punzonamento statico CBR	0,80	kN	EN ISO 12236
Resistenza al punzonamento dinamico cone drop test	24	mm	EN ISO 13433
Allungamento a rottura	60	%	EN ISO 10319

**69.3 PRIMER**

Primer di adesione e barriera al vapore, bicomponente a base di resine epossidiche, tipo Epobase FU 14 della Casali S.p.A. o similare.

Il prodotto dovrà essere in possesso delle seguenti caratteristiche:

CARATTERISTICHE DEL PRODOTTO LIQUIDO			
CARATTERISTICA	VALORE	TOLLERANZA	U.M.
Peso Specifico	1,06	± 0,05	Kg/dm <sup>3</sup>
Residuo secco	99	± 1	%
Residuo a 450°C	0	± 1	%
Viscosità (con Viscosimetro Brookfield gir. 4 vel.20)	1700	± 300	mPa.s
Rapporto di miscelazione A : B in peso	A : B = 62 : 38		

Il prodotto dovrà inoltre essere resistente alla controspinta negativa secondo la norma EN 8298 – 8; il prodotto non subisce anomalie fino ad una pressione di 250 KPa.

#### 69.4 IMPERMEABILIZZANTE

Impermeabilizzante poliuretanico bicomponente autolivellante tipo Polyroof della Casali S.p.A. o similare.  
Il prodotto impermeabilizzante dovrà essere in possesso delle seguenti caratteristiche:

CARATTERISTICHE DEL PRODOTTO LIQUIDO			
CARATTERISTICA	VALORE	TOLLERANZA	U.M.
Peso Specifico	1,34	± 0,05	Kg/dm <sup>3</sup>
Residuo secco	100	± 1	%
Viscosità Brookfield (con viscosimetro Brookfield girante n.4, vel. 5)	8500	± 2000	mPa.s
Rapporto di miscelazione in peso	A : B = 85 : 15		

Il prodotto essiccato dovrà essere in possesso delle seguenti caratteristiche:

CARATTERISTICHE DEL PRODOTTO ESSICCATO			
CARATTERISTICA	VALORE	TOLLERANZA	U.M.
Carico di rottura	5	± 1	N/mm <sup>2</sup>
Allungamento a rottura	101	± 10	%
Durezza Shore A	92	± 1	
Adesione (con Epobase S)	> 2,5	± 0,5	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza alla penetrazione delle radici (EN13948)	Conforme		

#### 69.5 FINITURA

Finitura poliuretanica bicomponente alifatica protettiva tipo Polytop della Casali S.p.A. o similare.  
Il prodotto dovrà essere in possesso delle seguenti caratteristiche:

CARATTERISTICHE DEL PRODOTTO ESSICCATO			
CARATTERISTICA	VALORE	TOLLERANZA	U.M.
Carico di rottura	5	± 1	N/mm <sup>2</sup>
Allungamento a rottura	101	± 10	%
Durezza Shore A	92	± 1	
Adesione (con Epobase S)	> 2,5	± 0,5	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza alla penetrazione delle radici (EN13948)	Conforme		

Il prodotto dovrà essere altamente resistente agli uv, all'usura e agli agenti chimici come olii, grassi e idrocarburi.

### NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

#### 69.6 PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE

Il supporto in calcestruzzo dovrà essere asciutto (U.R. max 4%), stagionato, compatto, pulito, esente da sostanze grasse o oleose o altri inquinanti impregnati in superficie. Dovranno inoltre essere eliminati residui di polvere, sporco e parti incoerenti, comprese eventuali porzioni di membrane bituminose in corrispondenza del perimetro.

Il calcestruzzo di supporto dovrà essere caratterizzato dalle seguenti proprietà:

- resistenza alla compressione min. 25 N/mm<sup>2</sup>;
- resistenza a trazione min. 1,5 N/mm<sup>2</sup>.

Il supporto in calcestruzzo dovrà essere inoltre dotato di idonea barriera al vapore; qualora ciò non fosse possibile, dovranno essere realizzati dei canali di aerazione dotati di camini di sfiato per garantire la traspirazione del rivestimento e evitare la formazione di bolle o altre imperfezioni che potrebbero comprometterne le funzioni, in particolare l'impermeabilità.

È previsto inoltre l'intervento meccanico di pallinatura della superficie volta all'irruvidimento della stessa.

In corrispondenza di punti di raccordo tra superfici orizzontali e verticali, o in qualsiasi altra situazione in cui sia necessario eliminare spigoli o altri punti di tensione e aumentare l'adesione del rivestimento, è prevista la realizzazione di guscia in conglomerato cementizio completata da una banda adesiva in gomma butilica, tipo Casaband SA della Casali S.p.A. o similare.

La banda dovrà essere posata mediante utilizzo di una mano di impermeabilizzante liquido applicato come primer. A completa essiccazione del prodotto diluito posizionare la banda autoadesiva e ricoprire la stessa con l'impermeabilizzante liquido tal quale.

### **69.7 MANO DI AGGANGIO**

Prima di procedere alla stesa della resina, è necessario preparare la superficie in calcestruzzo mediante l'applicazione di primer di adesione e barriera al vapore, bicomponente a base di resine epossidiche, tipo Epobase FU 14 della Casali S.p.A. o similare.

Il prodotto viene dato a pennello o a rullo, in ragione di almeno 0,40 kg/mq.

Può essere applicato su superfici piane in unica soluzione mentre su superfici verticali in 2 mani in tempi ravvicinati (12-24 ore) per evitare colature eccessive.

La sovracopertura con i successivi strati di prodotto deve avvenire entro 12-24 ore dall'applicazione dell'ultima mano per evitare problemi di adesione tra i diversi strati.

Deve essere applicato in presenza delle seguenti condizioni:

- Temperatura dell'ambiente: MIN 10°C – MAX 35°C,
- Umidità relativa dell'ambiente: MAX 90%,
- Temperatura del supporto: MIN 10°C – MAX 40°C.

Le modalità di conservazione e di stoccaggio dovranno essere quelle indicate dal produttore.

### **69.8 IMPERMEABILIZZAZIONE**

L'impermeabilizzazione verrà realizzata mediante l'applicazione di:

- 2 strati di impermeabilizzante poliuretanico bicomponente autolivellante, dato a spatola (spatola dentata calibrata o rullo o spatola metallica liscia) per uno spessore non inferiore a 2 mm, resa non inferiore a 2,50 kg/mq, tipo Polyroof della Casali S.p.A. o similare; per le modalità di applicazione a spruzzo è necessario consultare il fornitore,
- applicazione di strato di finitura di impermeabilizzante poliuretanico bicomponente autolivellante, spessore 0,5 mm, resa non inferiore a 0,50 kg/mq,
- sporvero a rifiuto di sabbia di quarzo granulometria 0,1 - 0,3 rifinito con frattazzo meccanico (elicottero) compresa aspirazione del quarzo in eccesso.

Il prodotto deve essere applicato in presenza delle seguenti condizioni:

- Temperatura limite di applicazione per ambiente e supporto: MIN 10 - Max 30° C.

Tempi di presa:

Indurimento al tatto: 12 h,

Tempi di ripresa: entro 24 h.

I tempi indicati si riferiscono a condizioni standard di laboratorio. I tempi di indurimento sono fortemente influenzati dalle condizioni meteorologiche; alte temperature e soleggiamenti diretti accelerano l'indurimento; ombre, basse temperature, rallentano l'indurimento. In periodi invernali concentrare la posa nelle ore centrali e più calde della giornata. Verificare sempre il completo indurimento dello strato precedente prima di procedere con una nuova applicazione.

Le modalità di conservazione e di stoccaggio dovranno essere quelle indicate dal produttore.

### **69.9 FINITURA**

La finitura all'impermeabilizzazione descritta in precedenza verrà realizzata mediante l'applicazione di finitura poliuretanica bicomponente alifatica protettiva, data a 2 mani a rullo o a spruzzo con colore a scelta della D.L. con resa non inferiore a 0,40 kg/mq, tipo Polytop della Casali S.p.A. o similare.

Il prodotto, previo utilizzo di adeguato primer di fondo, può inoltre essere applicato come semplice finitura protettiva anti-graffio e/o estetica su superfici cementizie.

La superficie deve presentarsi continua e priva di fughe e perfettamente pulibile ed igienica.

**Il prodotto viene reso anti-scivolo attraverso la fornitura di una speciale carica sintetica che conferisce al prodotto essiccato un buon grip anche in presenza di umidità superficiale; questa carica ne esalta le proprietà anti-scivolo ma allo stesso tempo non limita la pulibilità della superficie trattata.**

**La superficie finale dovrà essere corrispondente a quanto indicato nelle norme seguenti:**

- D.M. 20/11/1981 - NORME DI SICUREZZA PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DELLE AUTORIMESSE E SIMILI, in particolare il punto 2.6. Pavimenti,
- DM 1 febbraio 1986 - Norme di sicurezza antincendi per la costruzione e l'esercizio di autorimesse e simili, in particolare il punto 3.8. Pavimenti,
- Norme UNI 8297, 8298 e 10966.

Deve essere applicato in presenza delle seguenti condizioni:

Temperatura limite di applicazione per ambiente e supporto: MIN 10 - Max 40°.

Prima dell'applicazione dello strato successivo, verificare che il prodotto sia ben essiccato.

Tempi di presa:

Indurimento al tatto: 2 h,

Tempi di ripresa: MAX 24 h,

Pedonabilità per utilizzo: MIN 2 – 3 giorni.

I tempi indicati si riferiscono a condizioni standard di laboratorio. I tempi di essiccazione sono fortemente influenzati dalle condizioni meteorologiche; alte temperature e soleggiamenti diretti accelerano l'essiccazione; ombre, basse temperature, rallentano l'essiccazione. In periodi invernali concentrare la posa nelle ore centrali e più calde della giornata. Verificare sempre l'avvenuta essiccazione dello strato precedente prima di procedere con una nuova applicazione.

Le modalità di conservazione e di stoccaggio dovranno essere quelle indicate dal produttore.

#### **69.10 ARMATURA DI RINFORZO**

L'impermeabilizzante può essere rinforzato, ovunque o localmente, mediante l'applicazione di armatura di rinforzo costituita da tessuto non tessuto di poliestere da fiocco, agugliato e termofissato, senza l'aggiunta di collanti chimici, del peso di 130 g/mq, dotato di elevata resistenza meccanica elasticità, tipo Acrifelt Band della Casali S.p.A. o similare.

La sua applicazione deve avvenire assicurando un'adeguata impregnazione dell'armatura con il l'impermeabilizzante liquido utilizzato così da formare un film continuo con esso. Quindi, prima di posizionare il tessuto non tessuto è necessario applicare l'impermeabilizzante liquido diluito sul sottofondo, successivamente premere il tessuto non tessuto sul prodotto steso e ripassare fresco su fresco, premendo tramite lo strumento di applicazione, con l'impermeabilizzante per completare l'impregnazione e coprire il tessuto non tessuto.

#### **NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 70 INTONACI****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Gli intonaci in genere dovranno essere eseguiti in stagione opportuna, dopo aver rimossa dai giunti delle murature la malta poco aderente, ed avere ripulita e abbondantemente bagnata la superficie della parete stessa.

Gli intonaci, di qualunque specie siano (lisci, a superficie rustica, a bugne, per cornici e quanto altro), non dovranno mai presentare peli, screpolature, irregolarità negli allineamenti e negli spigoli, od altri difetti.

Quelli comunque difettosi o che non presentassero la necessaria aderenza alle murature, dovranno essere demoliti e rifatti dall'Impresa a sue spese.

La calce da usarsi negli intonaci dovrà essere estinta da almeno tre mesi per evitare scoppiettii, sfioriture e screpolature, verificandosi le quali sarà a carico dell'Impresa il fare tutte le riparazioni occorrenti.

Ad opera finita l'intonaco dovrà avere uno spessore non inferiore ai 15 mm e comunque secondo gli spessori rilevabili dagli elaborati progettuali.

Gli spigoli sporgenti o rientranti verranno eseguiti ad angolo vivo oppure con opportuno arrotondamento a seconda degli ordini che in proposito darà la Direzione dei lavori.

Particolarmente per ciascun tipo d'intonaco si prescrive quanto appresso:

**70.1 INTONACO GREZZO O ARRICCITURA**

Predisposte le fasce verticali, sotto regolo di guida, in numero sufficiente, verrà applicato alle murature un primo strato di malta detto rinzaffo, gettato con forza in modo che possa penetrare nei giunti e riempirli. Dopo che questo strato sarà alquanto asciutto, si applicherà su di esso un secondo strato della medesima malta che si estenderà con la cazzuola o col frattone stuccando ogni fessura e togliendo ogni asprezza, sicché le pareti riescano per quanto possibile regolari.

**70.2 INTONACO COMUNE O CIVILE**

Appena l'intonaco grezzo avrà preso consistenza, si distenderà su di esso un terzo strato di malta fina, che si conguaglierà con le fasce di guida per modo che l'intera superficie risulti piana ed uniforme, senza ondeggiamenti e disposta a perfetto piano verticale o secondo le superfici degli intradossi.

**70.3 INTONACHINO DI FINITURA A MARMORINO**

Particolare marmorino, a base di grassello di calce stagionato, selezionato, filtrato, con tenore di calce grassa >94%, aggregati selezionatissimi quali polvere di marmo ed eventuali terre coloranti naturali da applicarsi in due o più riprese, con la tecnica del "bagnato su bagnato". La stesura dovrà avvenire con frattazzo inox avendo cura di eseguire una distribuzione uniforme. La stesura su cornici, fregi, ornati dovrà essere realizzata da personale qualificato con l'aiuto anche di opportune sagome. Lo spessore applicabile per strato non dovrà essere inferiore a 1 mm circa. Il supporto dovrà essere inumidito con acqua pulita prima dell'applicazione del prodotto. Il consumo al mq per mm di spessore non dovrà essere inferiore a 1,7 kg/mq. L'ultimo strato dovrà essere particolarmente curato, mediante ripetute lisciate con frattazzo inox, o adeguati attrezzi, quando il prodotto è in fase di asciugamento, al fine di realizzare una superficie compatta, liscia, traslucida e vibrante tipica dei "marmorini". Sono a carico della ditta la composizione di campionature secondo quanto richiesto dalla D.L., sia per la scelta cromatica che per la scelta tipologica e di lucidezza finale desiderata e composizione intrinseca della materia, che comunque dovrà essere preceduta da apposita analisi chimico-fisica. Lo stucco marmorino dovrà comunque essere utilizzato anche per le integrazioni di superfici, pertanto dovrà variare nelle cromie al fine di permettere la perfetta mimetizzazione con l'originale. Compresa lucidatura finale pressando con frattazzo in ferro o altri strumenti quali cazzuolino, pagliette, ecc. sulle superfici preventivamente bagnate con soluzione di calce, acqua di calce e ogni altro onere e magistero per dare il lavoro finito a regola d'arte. Per tale motivo, anche a seguito dell'esecuzione della velatura, ove necessario le operazioni relative alla lucidatura dovranno essere ripetute fino all'ottenimento del risultato voluto. In ogni caso le campionature dovranno sempre essere preventivamente approvate dall'Ente di Tutela competente.

**70.4 INTONACI COLORATI**

Per gli intonaci delle facciate esterne, potrà essere ordinato che alla malta da adoperarsi sopra l'intonaco grezzo siano mischiati i colori che verranno indicati per ciascuna parte delle facciate stesse.

Per dette facciate potranno venire ordinati anche i graffiti, che si otterranno aggiungendo ad uno strato d'intonaco colorato, come sopra descritto, un secondo strato pure colorato ad altro colore, che poi verrà raschiato, secondo opportuni disegni, fino a far apparire il precedente. Il secondo strato d'intonaco colorato dovrà avere lo spessore di almeno 2 mm.

**70.5 INTONACO A STUCCO**

Sull'intonaco grezzo sarà sovrapposto uno strato alto almeno 4 mm di malta per stucchi, che verrà spianata con piccolo regolo e governata con la cazzuola così da avere pareti perfettamente piane nelle quali non sarà tollerata la minima imperfezione.

Ove lo stucco debba colorarsi, nella malta verranno stemperati i colori prescelti dalla Direzione dei lavori.

#### **70.6 INTONACO A STUCCO LUCIDO**

Verrà preparato con lo stesso procedimento dello stucco semplice; l'abbozzo però deve essere con più diligenza apparecchiato, di uniforme grossezza e privo affatto di fenditure.

Spianato lo stucco, prima che esso sia asciutto si bagna con acqua in cui sia sciolto del sapone di Genova e quindi si comprime e si tira a lucido con ferri caldi, evitando qualsiasi macchia, la quale sarà sempre da attribuire a cattiva esecuzione del lavoro.

Terminata l'operazione, si bagna lo stucco con la medesima soluzione saponacea lisciandolo con pannolino.

#### **70.7 RABBOCCATURE**

Le rabboccature che occorressero su muri vecchi o comunque non eseguiti con faccia vista in malta o sui muri a secco, saranno formate con malta.

Prima dell'applicazione della malta, le connessure saranno diligentemente ripulite, fino a conveniente profondità, lavate con acqua abbondante e poi riscagliate e profilate con apposito fetto.

#### **70.8 RINZAFFO CON FUNZIONE ANTISALE**

L' impasto può essere effettuato con tradizionale betoniera o con trapano miscelatore a basso numero di giri. Il prodotto sarà applicato su murature grezze disintonacate ed abbondantemente bagnate con acqua. Nelle murature soggette ad umidità di risalita, le superfici dovranno essere disintonacate per almeno 50 cm. oltre la fascia evidente di umidità. Si dovranno eliminare le parti di muratura instabile e spazzolare eventuali tracce di impurezze o residui di intonaco vecchio. Si deve prevedere l'eventuale impiego di primer idrofobizzante su murature con elevati contenuti di sali. La lavorazione dovrà essere eseguita con temperature comprese tra + 5 e + 35 gradi. La superficie strollata deve rimanere grezza e non lisciata o compattata con talloccia.

#### **70.9 INTONACO MINERALE PREMISCELATO FIBRORINFORZATO**

Applicazione di intonaco minerale premiscelato fibrorinforzato, a base di calce idraulica naturale conforme alla norma, -EN 459/1 NHL 2, previa accurata pulizia con lavaggio con acqua delle pareti. Il prodotto potrà essere miscelato in betoniera oppure manualmente, e potrà essere applicato anche mediante sistemi a proiezione meccanica (macchine intonacatrici). Lo spessore massimo applicabile in unica soluzione sarà di cm. 1,5 – 2,00. Per spessori superiori l'applicazione dovrà avvenire in più riprese, lasciando trascorrere tra una ripresa e l'altra circa 12 ore.

#### **70.10 INTONACO DEUMIDIFICANTE**

Da applicarsi preferibilmente su rinzaffo antisale, per uno spessore di cm.2, condizione fondamentale per la soluzione di risanamento. Qualora si dovessero eseguire riporti superiori di intonaco, si dovranno eseguire più passate. Livellare con staggia di legno o alluminio senza comprimere o compattare il prodotto. Eseguire l'intonaco con temperature tra i + 5 e + 30 gradi.

#### **70.11 INTONACHINO DI FINITURA A BASE DI CALCE IDRAULICA NATURALE**

Rifinitura dell'intonaco di fondo mediante stesura di apposito tonachino di finitura a base di calce idraulica naturale, premiscelata, avente legante puro conforme norma (EN 459/1 NHL 2), aggregati silicio calcarei selezionati con granulometria massima 0,6. La messa in opera dovrà essere posta con la massima cura al fine di distribuire il prodotto uniformemente e, in fase di presa iniziale, si dovrà rifinire il prodotto applicato mediante frattazzino di spugna, avendo cura di ottenere una superficie uniforme. Il consumo previsto per 1 mm di spessore per mq non dovrà essere inferiore a 1,4 kg/mq;

Ove è prevista l'integrazione di porzioni dell'intonaco esistente, si dovrà operare nel seguente modo: dopo aver eseguito le operazioni di demolizioni e rimozioni in genere, ove necessario, l'Impresa dovrà integrare la malta di allettamento, creando nel contempo un aggrappo per la successiva stesura dell'intonaco di sottofondo.

Il nuovo intonaco dovrà essere realizzato rispettando il numero degli strati dell'intonaco esistente, riproponendo lo stesso tipo di finitura, al fine di omogeneizzare tutte le superfici.

Sulle superfici mantenute con finitura a marmorino o intonachino, saranno da effettuarsi le seguenti operazioni:

- Superfici originali con diversi stati di conservazione: previa pulitura e revisione delle superfici con rimozione delle stuccature non ritenute congrue, si applicherà un rasante a base di calce con inerti adeguati al supporto, al fine di omogeneizzare il manufatto;
- Superfici in marmorino o tonachino realizzate in tempi successivi: è prevista l'integrazione delle parti mancanti con materiale avente le stesse caratteristiche di quello esistente, sia per composizione che per cromia.

#### **70.12 INTONACO INTUMESCENTE**

Intonaco antincendio, a base di gesso, vermiculite e leganti speciali tipo F62 Spray della Elmo S.r.l. o similare, conforme ai requisiti di intonaco protettivo antincendio del D.M. 16 febbraio 2007 e provvisto di marcatura CE secondo la norma EN 13279-1 che conferisca alla struttura resistenza al fuoco minima R120.

Prima dell'inizio dei lavori, dovrà essere verificato, a campione per ognuna delle tipologie di struttura da proteggere, lo spessore del copriferro in modo da consentire la definizione dello spessore minimo di intonaco da applicare.

L'intervento dovrà comprendere la realizzazione delle seguenti lavorazioni:

- perimetrazione delle aree di intervento,
- formazione dei piani di lavoro e dei dispositivi di sicurezza,
- protezione degli elementi estranei all'intervento da preservare,
- rimozione dell'intonaco esistente degradato e in fase di distacco,

- pulizia della superficie di intervento per l'eliminazione di polvere, sporco e parti incoerenti eventualmente presenti, e eventuale bagnatura,
- applicazione di primer di adesione, tipo F62 Base della Elmo S.r.l. o similare, dato a pennello o a rullo o a spruzzo, in ragione di almeno 0,25 kg/mq,

Colore	incolore
Densità	1020 - 1120 g/l
Diffusione del vapore acqueo	buona
Adesione su supporti edili	ottima
Residuo secco in peso	28 - 32%
Diluizione (murature o c.a.)	1:2 / 1:4 in volume con acqua se utilizzato come appretto
Diluizione (acciaio e lamiera)	1:1 / 1:2 in vol. con acqua se utilizzato come aggrappante
Resa	9 m <sup>2</sup> /l (Diluizione 1:1)
	13 m <sup>2</sup> /l (Diluizione 1:2)
	17 m <sup>2</sup> /l (Diluizione 1:3)
	21 m <sup>2</sup> /l (Diluizione 1:4)
Consumo	fino a 250 ml/m <sup>2</sup>
Temperatura di applicazione	+5 / +35°C
Essiccazione	5 ÷ 8 ore
Pulizia attrezzi	lavare con acqua
Stoccaggio:	in contenitori sigillati: 12 mesi
	temperatura: +5 / +35°C

- applicazione di intonaco dato a spruzzo a più mani, tipo F62 Spray della Elmo S.r.l. o similare per uno spessore fino a 3 cm, resa di 3,00 kg/mq per ogni cm di spessore, con le seguenti caratteristiche minime:

Peso specifico in polvere	300 kg/m <sup>3</sup>
Peso spec. in opera (asciutto)	400 kg/m <sup>3</sup>
Tipo (EN 13279-1)	C5/20
pH	11,0
Tempo di presa iniziale	85 min. ± 15 min.
Resa metrica teorica	4 kg/m <sup>2</sup> per spessore 1 cm
Adesione (sul lamiera e c.a.) (NF-P-15-203-1)	>0,022 N/mm <sup>2</sup>
Conducibilità termica	$\lambda = 0,045$ W/mk
Fattore di resistenza alla diffusione di vapore $\mu$	$\mu = 3,5 \div 4,0$
Reazione al fuoco (EN 13501-1)	A1
Resistenza al fuoco	da R/REI 30 a 240
Classe di fumo (NF F 16-101)	F0 (non sviluppa fumi densi e gas tossici)
Imputrescibile	SI
Inattaccabile da topi e parassiti	SI
Imballo	sacchi da 20 kg

- applicazione di fissativo antispolvero trasparente tipo F62 Fissant della Elmo S.r.l. o similare, dato a pennello o a rullo o a spruzzo, in

ragione di almeno 0,45 kg/mq,

Colore	trasparente
Densità	950 - 1050 g/l
Diffusione del vapore acqueo	ottima
Adesione	ottima
Residuo secco in peso	11 ÷ 15%
Diluizione	pronto all'uso
Resa	2 ÷ 2,5 m <sup>2</sup> /kg
Consumo medio*	450 g/m <sup>2</sup>
Temperatura di applicazione	+5 / +35°C
Essiccazione	sovrapplicabile 5 ÷ 8 ore
	completa 5 giorni
Metodo di applicazione	spruzzo, rullo, pennello
Pulizia attrezzi	lavare con acqua
Stoccaggio:	in contenitori sigillati: 12 mesi
	temperatura: +5 / +35°C

\* Consumo riferito ad applicazione di untonaco F62 SPRAY.  
Nel caso di applicazione Airless considerare uno sfido del 20%

- disfacimento dei piani di lavoro e dei dispositivi di sicurezza e pulizia finale dei luoghi.

#### NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

**Art. 71 PITTURE E VERNICI****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

I materiali impiegati nelle opere da pittore dovranno essere sempre della migliore qualità.

**71.1 OLIO DI LINO COTTO**

L'olio di lino cotto sarà ben depurato, di colore assai chiaro e perfettamente limpido, di odore forte ed amarissimo al gusto, scevro di adulterazioni con olio minerale, olio di pesce, ecc. Non dovrà lasciare alcun deposito né essere rancido, e disteso sopra una lastra di vetro o di metallo dovrà essiccare completamente nell'intervallo di 24 ore. Avrà acidità nella misura del 7%, impurità non superiore all'1% ed alla temperatura di 15 °C presenterà una densità compresa fra 0,91 e 0,93.

**71.2 ACQUARAGIA (ESSENZA DI TREMENTINA)**

Dovrà essere limpida, incolore, di odore gradevole e volatissima. La sua densità a 15 °C sarà di 0,87.

**71.3 BIACCA**

La biacca o cerussa (carbonato basico di piombo) deve essere pura, senza miscele di sorta e priva di qualsiasi traccia di solfato di bario.

**71.4 BIANCO DI ZINCO**

Il bianco di zinco dovrà essere in polvere finissima, bianca, costituita da ossido di zinco e non dovrà contenere più del 4% di sali di piombo allo stato di solfato, né più dell'1% di altre impurità; l'umidità non deve superare il 3%.

**71.5 MINIO**

Sia il piombo (sesquiossido di piombo) che l'alluminio (ossido di alluminio) dovrà essere costituito da polvere finissima e non contenere colori derivati dall'anilina, né oltre il 10% di sostanze estranee (solfato di bario, ecc.).

**71.6 LATTE DI CALCE**

Il latte di calce sarà preparato con calce grassa, perfettamente bianca, spenta per immersione. Vi si potrà aggiungere la quantità di nerofumo strettamente necessaria per evitare la tinta giallastra.

**71.7 COLORI ALL'ACQUA, A COLLA O AD OLIO**

Le terre coloranti destinate alle tinte all'acqua, a colla o ad olio, saranno finemente macinate e prive di sostanze eterogenee e dovranno venire perfettamente incorporate nell'acqua, nelle colle e negli olii, ma non per infusione. Potranno essere richieste in qualunque tonalità esistente.

**71.8 VERNICI**

Le vernici che si impiegheranno per gli interni saranno a base di essenza di trementina e gomme pure e di qualità scelta; disciolte nell'olio di lino dovranno presentare una superficie brillante.

È escluso l'impiego di gomme prodotte da distillazione.

Le vernici speciali eventualmente prescritte dalla Direzione lavori dovranno essere fornite nei loro recipienti originali chiusi.

**71.9 ENCAUSTICI**

Gli encaustici potranno essere all'acqua o all'essenza, secondo le disposizioni della Direzione lavori.

La cera gialla dovrà risultare perfettamente disciolta, a seconda dell'encaustico adottato, o nell'acqua calda alla quale sarà aggiunto sale di tartaro, o nell'essenza di trementina.

**71.10 SMALTI**

Potranno essere composti da resine naturali o sintetiche, olii, resine sintetiche, pigmenti cariche minerali ed ossidi vari. Dovranno possedere forte potere coprente, facilità di applicazione, luminosità e resistenza agli urti.

**71.11 PITTURE AD OLIO ED OLEOSINTETICHE**

Potranno essere composte da olii, resine sintetiche, pigmenti e sostanze coloranti. Dovranno possedere un alto potere coprente, risultare resistenti all'azione degradante dell'atmosfera, delle piogge acide, dei raggi ultravioletti.

**71.12 PITTURE ALL'ACQUA (IDROPITTURE)**

Sospensioni acquose di sostanze inorganiche, contenenti eventualmente delle colle o delle emulsioni di sostanze macromolecolari sintetiche.

**71.13 TEMPERE**

Sono sospensioni acquose di pigmenti e cariche (calce, gesso, carbonato di calcio finemente polverizzati), contenenti come leganti colle naturali o sintetiche (caseina, vinavil, colla di pesce). Si utilizzeranno esclusivamente su pareti interne intonacate, preventivamente preparate con più mani di latte di calce, contenente in sospensione anche gessi il polvere fine. Le pareti, al momento dell'applicazione, dovranno essere perfettamente asciutte. Dovranno possedere buon potere coprente ed essere ritinteggiabili.

**71.14 TINTE A CALCE**

Costituite da una emulsione di calce idrata o di grassello di calce in cui vengono stemperati pigmenti inorganici che non reagiscono con l'idrossido di calcio. L'aderenza alle malte viene migliorata con colle artificiali, animali e vegetali. Si potranno applicare anche su pareti intonacate di fresco utilizzando come pigmenti terre naturali passate al setaccio. Per interventi conservativi potranno essere utilizzate velature di tinte a calce fortemente stemperate in acqua in modo da affievolire il potere coprente, rendendo la tinta trasparente.

**71.15 PITTURE AI SILICATI**

Sono ottenute sospendendo in una soluzione di vetro solubile (silicati di sodio e di potassio) pigmenti inorganici o polveri di caolino, talco o gesso. Dovranno assicurare uno stabile legame con il supporto che andrà opportunamente preparato eliminando completamente tracce di precedenti tinteggiature. Non si potranno applicare su superfici precedentemente tinteggiate con pitture a calce.

**71.16 PITTURE CEMENTIZIE**

Sospensioni acquose di cementi colorati contenenti colle. Dovranno essere preparate in piccoli quantitativi a causa del velocissimo tempo di presa. L'applicazione dovrà concludersi entro 30 minuti dalla preparazione, prima che avvenga la fase di indurimento. Terminata tale fase sarà fatto divieto diluirle in acqua per eventuali riutilizzi.

**71.17 PITTURE EMULSIONATE**

Emulsioni o dispersioni acquose di resine sintetiche e pigmenti con eventuali aggiunte di prodotti plastificanti (solitamente dibutilftalato) per rendere le pellicole meno rigide. Poste in commercio come paste dense, da diluirsi in acqua al momento dell'impiego. Potranno essere utilizzate su superfici interne ed esterne. Dovranno essere applicate con ottima tecnica e possedere colorazione uniforme. Potranno essere applicate anche su calcestruzzi, legno, cartone ed altri materiali. Non dovranno mai essere applicate su strati preesistenti di tinteggiatura, pittura o vernice non perfettamente aderenti al supporto.

**71.18 PITTURE E SMALTI DI RESINE SINTETICHE**

Ottenute per sospensioni dei pigmenti e delle cariche in soluzioni organiche di resine sintetiche, possono anche contenere olii siccativi (acriliche, alchidiche, oleoalchidiche, cloroviniliche, epossidiche, poliuretaniche, poliesteri, al clorocaucciù, siliconiche). Essiccano con grande rapidità formando pellicole molto dure. Dovranno essere resistenti agli agenti atmosferici, alla luce, agli urti. Si utilizzeranno dietro precise indicazioni della D.L. che ne verificherà lo stato di conservazione una volta aperti i recipienti originali.

**71.19 PITTURE ANTICARBONATAZIONE**

Pitture acriliche da utilizzare in dispersione acquosa.

Dovranno garantire l'idrorepellenza (UNI EN 1062-3), l'alta traspirabilità (UNI EN 7793-2), la resistenza agli alcali e la bassa presa di sporco (UNI 10792). Dovranno essere certificate ai sensi della norma UNI-EN 1062-6 per la protezione del calcestruzzo armato dalla carbonatazione e EN 1504-2.

**71.20 PITTURE ANTIRUGGINE E ANTICORROSIVE**

Dovranno essere rapportate al tipo di materiale da proteggere ed alle condizioni ambientali. Il tipo di pittura verrà indicato in progetto e potrà essere del tipo oleosintetica, ad olio, al cromato di zinco, epossidica.

**71.21 VERNICE INTUMESCENTE**

Speciale vernice anti-incendio che in presenza di fuoco reagisce chimicamente liberando una schiuma di carbone con alte proprietà isolanti. La funzione di tale vernice è quindi quella di ritardare il più possibile l'innalzamento della temperatura di un incendio e il conseguente collasso delle strutture causato dalla sopravvenuta plasticità dell'acciaio.

La vernice intumescente, a solvente o a base acqua, protegge dal fuoco anche strutture in acciaio, nuove o vecchie, zincate o non zincate.

Il trattamento antincendio dovrà essere eseguito mediante applicazione a spruzzo, a pennello, a rullo o con pompa airless, dato in opera a qualsiasi altezza, sia in verticale che in orizzontale e/o con qualsiasi inclinazione.

Prima di procedere all'applicazione del rivestimento intumescente, il supporto dovrà essere accuratamente pulito al fine di eliminare tracce di unto o grasso.

La determinazione dei quantitativi di vernice intumescente o di vermiculite da applicare sui vari elementi in acciaio da proteggere sarà determinato in funzione di:

- della classe di resistenza al fuoco prevista (R ..)
- del fattore di sezione dei singoli profili che compongono la membratura strutturale da proteggere
- delle reali condizioni di carico

d. del tipo di esposizione al fuoco dei singoli elementi strutturali (pilastro, trave, ecc.).

e. del tipo di incendio previsto

La determinazione dello spessore del protettivo deve essere effettuata a fronte di un accurato progetto antincendio in cui siano specificati gli elementi da trattare ed il grado di protezione richiesto.

I criteri di dimensionamento fanno riferimento alla norma UNI 9503 (2007) in attesa dell'emanazione delle appendici nazionali degli Eurocodici.

La qualificazione dei rivestimenti protettivi deve essere fatta secondo quanto previsto dalla norma sperimentale europea ENV 13381-4:2002. I consumi vengono riportati nelle tabelle contenute nel documento di valutazione finale del prodotto (assessment) in funzione della classe di resistenza al fuoco richiesta, della temperatura critica di progetto e del fattore di sezione.

La certificazione di resistenza al fuoco (progetto antincendio, certificazione sperimentale, corretta applicazione, corrispondenza in opera) sarà rilasciata da professionista abilitato in conformità con quanto previsto DM 4 maggio 1998 e dalla Lettera Circolare Min.Interno del 24 aprile 2008 riguardante la nuova modulistica per la presentazione del C.P.I da parte del Professionista incaricato iscritto agli albi previsti dalla legge 818 del 1984.

## NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

Qualunque tinteggiatura, coloritura o verniciatura dovrà essere preceduta da una conveniente ed accuratissima preparazione delle superfici, e precisamente da raschiature, scrostature, eventuali riprese di spigoli e tutto quanto occorre per uguagliare le superfici medesime.

Successivamente le dette superfici dovranno essere perfettamente levigate con carta vetrata e, quando trattasi di coloriture o verniciature, nuovamente stuccate, quindi pomciate e lisciate, previa imprimitura, con modalità e sistemi atti ad assicurare la perfetta riuscita del lavoro.

Speciale riguardo dovrà aversi per le superfici da rivestire con vernici. Per le opere in legno, la stuccatura ed imprimitura dovrà essere fatta con mastici adatti, e la levigatura e rasatura delle superfici dovrà essere perfetta.

Per le opere metalliche la preparazione delle superfici dovrà essere preceduta dalla raschiatura delle parti ossidate.

Le tinteggiature, coloriture e verniciature dovranno, se richiesto, essere anche eseguite con colori diversi su una stessa parete, complete di filettature, zoccoli e quant'altro occorre per l'esecuzione dei lavori a regola d'arte.

La scelta dei colori è dovuta al criterio insindacabile della Direzione dei lavori e non sarà ammessa alcuna distinzione tra colori ordinari e colori fini, dovendosi in ogni caso fornire i materiali più fini e delle migliori qualità.

Le successive passate di coloriture ad olio e verniciature dovranno essere di tonalità diverse, in modo che sia possibile, in qualunque momento, controllare il numero delle passate che sono state applicate.

In caso di contestazione, qualora l'Impresa non sia in grado di dare la dimostrazione del numero di passate effettuate, la decisione sarà a sfavore dell'Impresa stessa. Comunque essa ha l'obbligo, dopo l'applicazione di ogni passata e prima di procedere all'esecuzione di quella successiva, di farsi rilasciare dal personale della Direzione dei lavori una dichiarazione scritta.

Prima d'iniziare le opere da pittore, l'Impresa ha inoltre l'obbligo di eseguire nei luoghi e con le modalità che le saranno prescritti, i campioni dei vari lavori di rifinitura, sia per la scelta delle tinte che per il genere di esecuzione, e di ripeterli eventualmente con le varianti richieste, sino ad ottenere l'approvazione della Direzione dei lavori. Essa dovrà infine adottare ogni precauzione e mezzo atti ad evitare spruzzi o macchie di tinte o vernici sulle opere finite (pavimenti, rivestimenti, infissi, ecc.), restando a suo carico ogni lavoro necessario a riparare i danni eventualmente arrecati.

Le tipologie relative alle opere da pittore risultano dagli articoli dell'elenco prezzi unitari.

Le opere dovranno eseguirsi di norma combinando opportunamente le operazioni elementari e le particolari indicazioni che seguono.

La Direzione dei lavori avrà la facoltà di variare, a suo insindacabile giudizio, le opere elementari elencate in appresso, sopprimendone alcune od aggiungendone altre che ritenesse più particolarmente adatte al caso specifico e l'Impresa dovrà uniformarsi a tali prescrizioni senza potere perciò sollevare eccezioni di sorta. Il prezzo dell'opera stessa subirà in conseguenza semplici variazioni in meno od in più, in relazione alle varianti introdotte ed alle indicazioni, della tariffa prezzi, senza che l'Impresa possa accampare perciò diritto a compensi speciali di sorta.

### 71.22 TINTEGGIATURA A CALCE

La tinteggiatura a calce degli intonaci interni e la relativa preparazione consisterà in:

- 1) spolveratura e raschiatura delle superfici;
- 2) prima stuccatura a gesso e colla;
- 3) levigamento con carta vetrata;
- 4) applicazione di due mani di tinta a calce.

Gli intonaci nuovi dovranno già aver ricevuto la mano di latte di calce denso (sciabaltura).

### 71.23 TINTEGGIATURA A COLLA E GESSO

Saranno eseguite come appresso:

- 1) spolveratura e ripulitura delle superfici;
- 2) prima stuccatura a gesso e colla;
- 3) levigamento con carta vetrata;
- 4) spalmatura di colla temperata;
- 5) rasatura dell'intonaco ed ogni altra idonea preparazione;
- 6) applicazione di due mani di tinta a colla e gesso.

Tale tinteggiatura potrà essere eseguita a mezze tinte oppure a tinte forti e con colori fini.

### 71.24 PITTURA PER ESTERNI AI SILICATI

Fornitura e posa di colore per esterni a base di silicato liquido di potassio conforme alle norme VOB/C DIN 18363 2.4.1, tipo KEIM Granital o similare, composto da sostanze minerali pure, pigmenti minerali inorganici resistenti alla luce e silicato liquido di potassio speciale. È possibile utilizzare tali pitture su tutti i fondi minerali solidi e asciutti o vecchie tinteggiature (p. es. calce, silicati) purché assorbenti. Nel caso di presenza di vecchie tinteggiature organiche, queste si dovranno sverniciare o trattare con un ponte d'adesione. Non sono adatte su

superfici umide e/o con efflorescenze saline e non sono da applicare in presenza di irraggiamento solare diretto e vento. Eventuali stuccature dovranno essere asciutte altrimenti potranno causare alonature.

Il prodotto dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- Peso specifico: circa 1,45 g/cm<sup>3</sup>
- Diffusione del vapore acqueo:  $V \geq 2000 \text{ g/(m}^2 \cdot \text{d)}$
- Coefficiente di resistenza al passaggio del vapore:  $s_d \leq 0,01 \text{ m}$  (spessore strato di pittura a secco ca. 236  $\mu\text{m}$ )
- Classe: I (secondo DIN EN ISO 7783-2)
- Valore di resistenza all'assorbimento acqueo (24h):  $w < 0,1 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{0,5}$  (spessore strato di pittura a secco ca. 338  $\mu\text{m}$ )
- Classe: III (<0,1) (secondo DIN EN 1062-3)
- Grado di brillantezza a 85°: 1,5 (spessore strato di pittura a secco ca. 100  $\mu\text{m}$ )  
Opaco (<10) (secondo DIN EN ISO 2813)

Il supporto per l'applicazione deve essere minerale, solido, asciutto ed assorbente. Asportare parti in fase di distacco e ammalorate. Eliminare alghe, funghi e muschi, vecchie pitture organiche, oppure in quest'ultimo caso, se solide, applicare una mano di fondo. Nel caso di presenza di umidità e sali consigliamo di intervenire con idoneo ciclo di risanamento. Tale pittura può essere applicata a pennello, rullo, o a spruzzo (0,79 mm/0,031 in.). Su intonaco nuovo o in buone condizioni, liscio e normalmente assorbente sono sufficienti due mani di applicazione diluite secondo le specifiche tecniche del prodotto. Per l'effettuazione di ritocchi consigliamo di eseguire delle prove campione, poiché in base alle differenti condizioni climatiche vi possono essere delle differenze di tonalità che eventualmente andranno corrette mediante coloranti concentrati fino ad arrivare alla esatta tonalità da controllare a secco. Tali pitture non saranno da applicare con temperature inferiori a + 5° C, con forte irraggiamento solare o su sottofondi fortemente surriscaldati dal sole. Proteggere le superfici tinteggiate dalla pioggia e dal vento durante e dopo l'applicazione. Proteggere le superfici da non trattare (come per es. vetro, ceramica, pietre naturali, ecc.) mediante idonee misure protettive. Schizzi di prodotto sulle aree circostanti vanno puliti immediatamente con acqua.

### **71.25 PITTURA ANTIMUFFA PER INTERNI AI SILICATI**

Fornitura e posa di pittura ai silicati per interni in base a DIN 18363 e in base a DIN EN 13 300 per ambienti degradati da muffe, tipo KEIM Mycal-Top o similare. L'enorme diffusione al vapore e la caratteristica di regolazione dell'umidità di tali pitture riducono l'umidità superficiale sulle pareti e minimizzano con ciò le premesse principali per lo sviluppo dei microrganismi. L'elevata alcalinità ha anch'essa la capacità di ostacolare la formazione di muffe. La conformazione inorganica non offre alle muffe nessuna base nutritiva. A tutto questo si aggiunge la presenza di una sostanza minerale naturale che possiede caratteristiche antimuffa e disinfettanti ed in grado di abbattere sostanze nocive tramite pigmenti fotocatalitici attivi. Tali pitture sono particolarmente indicate per tinteggiature di qualità in ambienti che presentano un elevato rischio di formazione di muffe. Oltre a ciò, per rinnovare superfici degradate da muffe. Fondi adatti sono tutti gli intonaci minerali, calcestruzzo, cartongesso, reti in fibra di vetro così come vecchie tinteggiature solide. Supporti molto assorbenti o sabbiosi dovranno essere consolidate preventivamente. Per uniformare diversi assorbimenti si consiglia una prima mano di tinteggiatura senza diluizione ed è obbligatoria per il cartongesso nel caso di finiture colorate. Si consiglia di evitare stuccature gessose. Non sono adatte superfici con efflorescenze saline, laccature e legno.

Tali pitture dovranno avere le seguenti caratteristiche:

#### **Dati tecnici materiale**

- pH: ca. 11,4
- additivazione organica: < 5%
- peso specifico: ca. 1,5 g/cm<sup>3</sup>
- Valore di traspirabilità:  $s_d < 0,01 \text{ m}$   
(in base a DIN EN ISO 7783-2)

#### **Classificazione in base a DIN EN 13300**

- grado di riflessione a 85°  
(in base a ISO 2813): molto opaco
- granulometria massima  
(in base a EN 21524): fine
- capacità coprente  
(in base a ISO 6504-3)  
(con una resa di 4,5 m<sup>2</sup>/lt): classe 1
- resistenza ad abrasione umido  
(in base a EN ISO 11998): classe 1  
in base a certificato

La pittura antimuffa può essere applicata a pennello, rullo o spruzzo. Tra una mano e l'altra in base anche ai tempi di asciugatura, si dovrà attendere almeno 6 ore tra prima mano e mano finale. Per le diluizioni si rimanda alle specifiche tecniche del prodotto utilizzato.

### **71.26 VERNICIATURE AD OLIO**

Le verniciature comuni ad olio su intonaci interni saranno eseguite come appresso:

- 1) spolveratura e ripulitura delle superfici;
- 2) prima stuccatura a gesso e a colla;
- 3) levigamento con carta vetrata;
- 4) spalmatura di colla forte;
- 5) applicazione di una mano preparatoria di vernice ad olio con aggiunta di acquaragia per facilitare l'assorbimento, ed eventualmente di assiccativo;
- 6) stuccatura con stucco ad olio;
- 7) accurato levigamento con carta vetrata e lisciatura;
- 8) seconda mano di vernice ad olio con minori proporzioni di acquaragia;

9) terza mano di vernice ad olio con esclusione di diluente.

Per la verniciatura comune delle opere in legno le operazioni elementari si svolgeranno come per la verniciatura degli intonaci, con l'omissione delle operazioni nn. 2 e 4; per le opere in ferro, l'operazione n. 5 sarà sostituita con una spalmatura di minio, la n. 7 sarà limitata ad un conguagliamento della superficie e si ometteranno le operazioni nn. 2, 4 e 6.

#### **71.27 VERNICIATURE A SMALTO COMUNE**

Saranno eseguite con appropriate preparazioni, a seconda del grado di rifinitura che la Direzione dei lavori vorrà conseguire ed a seconda del materiale da ricoprire (intonaci, opere in legno, ferro, ecc.).

A superficie debitamente preparata si eseguiranno le seguenti operazioni:

- 1) applicazione di una mano di vernice a smalto con lieve aggiunta di acquaragia;
- 2) leggera pomiciatura a panno;
- 3) applicazione di una seconda mano di vernice a smalto con esclusione di diluente.

#### **71.28 VERNICIATURE CON VERNICI PIETRIFICANTI E LAVABILI A BASE DI BIANCO DI TITANIO (TIPO CEMENTITE O SIMILI), SU INTONACI:**

a) *Tipo con superficie finita liscia o buccia d'arancio:*

- 1) spolveratura, ripulitura e levigamento delle superfici con carta vetrata;
- 2) stuccatura a gesso e colla;
- 3) mano di leggera soluzione fissativa di colla in acqua;
- 4) applicazione di uno strato di standolio con leggera aggiunta di biacca in pasta, il tutto diluito con acquaragia;
- 5) applicazione a pennello di due strati di vernice a base di bianco di titanio diluita con acquaragia e con aggiunta di olio di lino cotto in piccola percentuale; il secondo strato sarà eventualmente battuto con spazzola per ottenere la superficie a buccia d'arancio.

b) *Tipo battuto con superficie a rilievo.* - Si ripetono le operazioni sopra elencate dai nn. 1 a 3 per il tipo E), indi:

- 4) applicazione a pennello di uno strato di vernice come sopra cui sarà aggiunto del bianco di Meudon in polvere nella percentuale occorrente per ottenere il grado di rilievo desiderato;
- 5) battitura a breve intervallo dall'applicazione 4), eseguita con apposita spazzola, rulli di gomma, ecc.

#### **71.29 APPLICAZIONE DI PROTETTIVI ANTINCENDIO**

Il trattamento antincendio dovrà essere eseguito mediante applicazione a spruzzo, a pennello, a rullo o con pompa airless, di vernici intumescenti o di intonaco di vermiculite. Dovrà essere dato in opera a qualsiasi altezza, sia in verticale che in orizzontale e/o con qualsiasi inclinazione.

Prima di procedere all'applicazione del rivestimento intumescente, il supporto dovrà essere accuratamente pulito al fine di eliminare tracce di unto o grasso.

La determinazione dei quantitativi di vernice intumescente o di vermiculite da applicare sui vari elementi in acciaio da proteggere sarà determinato in funzione di:

- a. della classe di resistenza al fuoco prevista (R ..)
- b. del fattore di sezione dei singoli profili che compongono la membratura strutturale da proteggere
- c. delle reali condizioni di carico
- d. del tipo di esposizione al fuoco dei singoli elementi strutturali (pilastro, trave, ecc.) .
- e. del tipo di incendio previsto

La determinazione dello spessore del protettivo deve essere effettuata a fronte di un accurato progetto antincendio in cui siano specificati gli elementi da trattare ed il grado di protezione richiesto.

I criteri di dimensionamento fanno riferimento alla norma UNI 9503 (2007) in attesa dell'emanazione delle appendici nazionali degli Eurocodici.

La qualificazione dei rivestimenti protettivi deve essere fatta secondo quanto previsto dalla norma sperimentale europea ENV 13381-4:2002. I consumi vengono riportati nelle tabelle contenute nel documento di valutazione finale del prodotto (assessment) in funzione della classe di resistenza al fuoco richiesta, della temperatura critica di progetto e del fattore di sezione.

La certificazione di resistenza al fuoco (progetto antincendio, certificazione sperimentale, corretta applicazione, corrispondenza in opera) sarà rilasciata da professionista abilitato in conformità con quanto previsto DM 4 maggio 1998 e dalla Lettera Circolare Min.Interno del 24 aprile 2008 riguardante la nuova modulistica per la presentazione del C.P.I da parte del Professionista incaricato iscritto agli albi previsti dalla legge 818 del 1984.

#### **71.30 VERNICIATURE DI SUPERFICI IN CALCESTRUZZO**

Saranno eseguite a pennello o a rullo con vernice semilucida bicomponente a base poliuretanica priva di solventi, in ragione di 0,25-0,30 l/mq di prodotto, con colore a scelta della D.L., resistente all'acqua e agli aggressivi chimici.

La vernice dovrà aderire perfettamente alle superfici in calcestruzzo da trattare e avere le seguenti caratteristiche:

- ottima elasticità,
- buona capacità coprente,
- ottima resistenza all'irraggiamento UV,
- ph 7,
- tempo di lavorabilità pari a 2 ore a +20°C e 70% U.R.,
- temperatura d'esercizio compresa tra -5°C e +50°C,
- permeabilità all'acqua liquida  $W < 0,1 \text{ Kg/m}^2 \times \text{h}$ -0,5 (UNI EN 1062-3),
- permeabilità al vapore acqueo  $S_d < 0,3 \text{ m}$  (UNI EN ISO 7783-2),
- carico a rottura  $> 6 \text{ N/mm}^2$  (UNI EN ISO 527-3),
- allungamento a rottura  $> 20\%$  (UNI EN ISO 527-3),
- crack bridging ability su supporto cementizio  $> 0,5 \text{ mm}$  e pari al supporto su guaina cementizia elastica (UNI EN 14891),
- adesione al supporto cementizio  $> 2 \text{ N/mm}^2$  e  $> 0,5 \text{ N/mm}^2$  su guaina cementizia elastica,

- resistenza all'usura Taber 92 mg (UNI EN 5470-1),
- resistenza all'invecchiamento UV superamento test 1000 ore (UNI EN 1062-11),
- compatibile con acqua clorata (5 ppm).

I dati tecnici riportati dovranno essere supportati da certificazione di prova rilasciata da un laboratorio ufficiale accreditato e/o essere assoggettati a controllo di qualità secondo la norma ISO 9001.

### 71.31 VERNICIATURE ANTICARBONATAZIONE DI SUPERFICI IN CALCESTRUZZO

Saranno eseguite con prodotto certificato ai sensi della norma UNI-EN 1062-6, con ciclo a due mani a base di resina acrilica alla pliolite in emulsione acquosa, applicata mediante apparecchiatura airless in ragione di 110-130 g/mq di prodotto per la prima mano, diluito con acqua in percentuale del 20%, e di 120-140 g/mq di prodotto per la mano di finitura, diluito con acqua in percentuale del 10%.

È necessaria la preventiva pulizia del fondo mediante spazzolatura e idrolavaggio per l'asportazione di eventuali rugosità, impurità e anomalie e stuccatura dei fori con stucchi cementizi.

#### Caratteristiche e classificazione (UNI EN 1062-1):

Peso Specifico (UNI 8910): 1400 g/litro  $\pm$  20 g/litro

Residuo Secco in massa (p/p): 59%  $\pm$  2%

Residuo Secco in volume (v/v): 42%  $\pm$  2%

PH al confezionamento: 9  $\pm$  0,5

Viscosità cinematica a 25 °C (gir. 5 a V = 20): 9500 cps  $\pm$  1500 cps

Classificazione per tipo chimico del legante: Copolimero acrilico

Filmabilità a bassa temperatura (UNI 10793): Buona a 5°C

Aspetto del Film (UNI EN ISO 2813): Finitura molto Opaca (<5 gloss)

Finezza della macinazione (1062-1 punto 5.4): Classe S1 fine (<100 $\mu$ )

Resistenza delle superfici agli sbalzi di termici (UNI 9429:1989): Classe 5 (nessun difetto dopo 15 cicli)

Permeabilità alla CO<sub>2</sub> (UNI EN 1062-6:2003): Classe 1 (i=1,22 g/m<sup>2</sup>d)

Permeabilità all'acqua liquida (UNI EN ISO1062-3 : 2001): Classe III Bassa (W<0,1)

Permeabilità al vapore Acqueo (UNI EN ISO 7783-2 : 2001): Bassa (V=25 g / m<sup>2</sup>d)

Resa Consigliata: 7/ 8 mq./kg per strato

#### Condizioni dell'ambiente e del supporto:

Temperatura dell'ambiente e del supporto: minima 5 °C massima 40 °C

Umidità relativa dell'ambiente: massima 80%

Umidità relativa del supporto WME massimo 20%

#### Applicazione

##### 1° Strato

Applicazione	Rullo	Pennello	Airless	Aria
Diluyente Acqua	15 % (p/p)	20 % (p/p)	15 % (p/p)	20 % (p/p)
Diametro dell'ugello	-	-	0,4-0,5 mm	1,5-2 mm
Pressione all'ugello	-	-	120-160 atm	2,5-4 atm
Solvente per pulizie	Acqua e sapone subito dopo l'uso			

##### 2° Strato

Applicazione	Rullo	Pennello	Airless	Aria
Diluyente Acqua	10 % (p/p)	15 % (p/p)	10 % (p/p)	15 % (p/p)
Diametro dell'ugello	-	-	0,4-0,5 mm	1,5-2 mm
Pressione all'ugello	-	-	120-160 atm	2,5-4 atm
Solvente per pulizie	Acqua e sapone subito dopo l'uso			

#### Essiccazione o indurimento a 23 °C e 65% di umidità relativa

Tempo di sovrapplicabilità: 0,5 - 4 ore in funzione alle condizioni di applicazione

#### Indicazioni per l'immagazzinamento

Temperatura minima di conservazione 5°C, massima 40°C.

Temperatura minima di conservazione: 5 °C

Tipi di confezioni disponibili: Kg 8 e Kg 22 kg.

Il prodotto diluito va conservato nel contenitore originale, ben chiuso, non esposto direttamente ai raggi solari o fonti di calore e va utilizzato al massimo entro 5 gg.

### 71.32 ZINCATURA A FREDDO DI ELEMENTI IN ACCIAIO

Pittura di fondo anticorrosiva a base di resine sintetiche e zinco metallico. Il prodotto dovrà essere dotato di elevato potere anticorrosivo di tipo galvanico, ottenuto dall'azione antiossidante esercitata dai pigmenti di cui è composto. Il prodotto dovrà essere indicato per ambienti marini, industriali pesanti o, in genere, per condizioni climatiche severe.

#### 71.32.a CARATTERISTICHE TECNICHE:

- Natura del Legante: resine sintetiche
- Solvente: idrocarburi alifatici
- Massa volumica UNI EN ISO 2811-1: 2,14  $\pm$  0,05 kg/l
- Viscosità di confezionamento UNI 8902: 9000-12000 cps
- Aspetto: opaco
- Colore: grigio

-Essiccazione (a 25 °C e 65% di U.R.): al tatto in 1 ora; sovraverniciabile dopo 16 ore.  
Il prodotto dovrà essere sovraverniciato entro 7 giorni dall'applicazione.

#### 71.32.b PREPARAZIONE DEL SUPPORTO

##### **Superfici in metallo ferroso mai verniciato:**

- Asportare l'eventuale presenza di calamina compatta ed aderente ed ogni traccia di ruggine mediante sabbatura di tipo commerciale (Grado SA2), oppure effettuare una pulizia meccanica o manuale.
- Nel caso di superfici nuove che non presentano calamina o ruggine è sufficiente sgrassare il supporto con diluente di lavaggio.
- Spolverare la superficie, assicurarsi che il supporto sia perfettamente asciutto ed applicare 2 strati di prodotto.
- Procedere all'applicazione del prodotto di finitura desiderato.

##### **Superfici in metallo ferroso già verniciato:**

- Asportare gli strati di vecchie pitture sfoglianti e la ruggine presente mediante pulizia meccanica o manuale, carteggiare le vecchie pitture bene ancorate al supporto per irruvidirle.
- Eliminare la polvere dal supporto.
- Nel caso di superfici notevolmente deteriorate è consigliabile asportare completamente le vecchie pitture e la ruggine presente mediante sabbatura al grado SA2 ½ oppure utilizzando lo sverniciatore e successiva accurata pulizia meccanica o manuale.
- Le superfici sabbiate a metallo bianco devono essere ricoperte dal primo strato di prodotto entro 8 ore.
- Procedere all'applicazione del prodotto di finitura desiderato.

#### 71.32.c INDICAZIONI PER L'APPLICAZIONE

-Condizioni dell'ambiente e del supporto:

Temperatura dell'ambiente: Min. +8 °C / Max. +35 °C

Umidità relativa dell'ambiente: <75%

Temperatura del supporto: Min. +5 °C / Max. +35 °C

Supporto asciutto.

-Evitare le applicazioni in presenza di condensa superficiale o sotto l'azione diretta del sole.

-Attrezzi: pennello.

-Rimescolare accuratamente il prodotto prima dell'uso.

-Diluizione: con Acquaragia o Dil. Sintetico al max 3%.

-L'applicazione a spruzzo è effettuabile esclusivamente nell'ambito di attività soggette ai provvedimenti di autorizzazione alle emissioni in atmosfera (artt. 267 e segg. del D. lgs n. 152/2006), previa diluizione all'8% con Acquaragia o Dil. Sintetico.

-Nr strati: 2 strati.

-La pulizia degli attrezzi va fatta con Acquaragia o Dil. Sintetico subito dopo l'uso.

-Resa indicativa: 5 mq/l a 2 strati, corrispondenti a circa 50micron di spessore di film secco.

#### 71.32.d MAGAZZINAMENTO

Temperatura massima di conservazione: +30 °C

Temperatura minima di conservazione: +5 °C

Il prodotto va utilizzato preferibilmente entro 3 anni dalla data di produzione se conservato nei contenitori originali non aperti ed in condizioni di temperatura adeguate.

### **71.33 VERNICIATURA ANTICORROSIVA DI ELEMENTI IN ACCIAIO**

L'acciaio non protetto, esposto agli agenti atmosferici, è soggetto alla corrosione. Per evitare danneggiamenti da corrosione, le strutture di acciaio devono essere protette per resistere alle sollecitazioni corrosive per tutto il tempo di vita richiesto alla struttura.

Per realizzare un'efficace protezione dalla corrosione, è importante che siano scelte soluzioni adeguate al progetto in questione.

Dovrà essere eseguita ai sensi della norma UNI EN ISO 12944.

#### 71.33.a Scelta del ciclo di verniciatura

Nella scelta di un ciclo di verniciatura bisogna tener conto di:

- **Durata**, che secondo la ISO 12944-1 può essere:

bassa: 2 – 5 anni

media: 5 – 15 anni

alta : più di 15 anni

E' richiesta una durata più elevata per le strutture di più difficile manutenzione, destinate ad avere un tempo di utilizzo lungo.

- **Ambienti atmosferici**, che sono classificati in sei categorie di corrosività definite, come mostra la tabella seguente, in base alla diminuzione di massa e spessore di campioni standard dopo un anno di esposizione.

Gli esempi di ambienti tipici riportati in tabella sono solo indicativi; solo l'esposizione di campioni standard permette di definire con correttezza la categoria di corrosività.

La corrosività tipica di un ambiente tuttavia può aumentare anche di molto per particolari condizioni locali ad esempio:

- strutture chiuse in cui si può avere formazione di condensa;
- interno di piscine con acqua clorurata e costruzioni per bestiame;
- presenza di inquinanti chimici;
- abrasioni meccaniche (per es. particelle di sabbia trasportate dal vento)
- ecc.

Sono richiesti cicli di verniciatura più efficienti e di maggior spessore per le categorie di corrosività più elevate.

Categorie di corrosività	Perdita di massa per unità di superficie/Perdita di spessore (dopo un anno di esposizione)				Esempi di ambienti tipici in un clima temperato (solo informativo)	
	Acciaio a basso tenore di carbonio		Zinco		Esterno	Interno
	Perdita di massa g/m <sup>2</sup>	Perdita di spessore μm	Perdita di massa g/m <sup>2</sup>	Perdita di spessore μm		
C1 molto bassa	≤10	≤1.3	≤0.7	≤0.1	-	Costruzioni riscaldate con atmosfere pulite, per es. uffici, negozi, scuole, hotels.
C2 bassa	>da 10 a 200	>da 1.3 a 25	> da 0.7 a 5	> da 0.7 a 0.7	Atmosfere con basso livello di inquinamento. Generalmente aree rurali.	Costruzioni non riscaldate dove può avvenire condensazione, per es. magazzini, palestre.
C3 media	> da 200 a 400	> da 25 a 50	> da 5 a 15	> da 0.7 a 2.1	Atmosfere urbane ed industriali, con moderato inquinamento da anidride solforosa. Aree costiere con bassa salinità.	Ambienti di produzione con alta umidità e alcuni inquinamenti dell'aria, per es. stabilimenti alimentari, lavanderie, fabbriche di birra, latterie.
C4 alta	> da 400 a 650	> da 50 a 80	> da 15 a 30	> da 2.1 a 4.2	Aree industriali ed aree costiere con moderata salinità	Industrie chimiche, piscine, impianti costieri e cantieri nautici
C5 I molto alta (industriale)	> da 650 a 1500	> da 80 a 200	>da 30 a 60	> da 4.2 a 8.4	Aree industriali con alta umidità ed atmosfera	Industrie o aree con pressoché permanente
					aggressiva	condensazione e con alto inquinamento.
C5 M molto alta (marina)	> da 650 a 1500	> da 80 a 200	> da 30 a 60	> da 4.2 a 8.4	Aree costiere e al largo con alta salinità	Industrie o aree con condensazione pressoché permanente e con alto inquinamento.
<b>Note</b> 1 I valori di perdita usati per le categorie di corrosività sono uguali a quelli dati nella norma ISO 9223. 2 Nelle aree costiere al caldo, zone umide, le perdite di massa o spessore possono eccedere i limiti della categoria C5 M. Precauzioni speciali devono perciò essere prese quando si sceglie un sistema di verniciatura protettivo per strutture in tali aree.						

- **Eventuali condizioni di corrosione particolari**, quali ad esempio:

#### Condizioni climatiche

Generalmente dal tipo di clima si possono trarre conclusioni solo generiche per quanto riguarda il comportamento alla corrosione:

- La velocità di corrosione sarà minore in un clima freddo e/o secco che in un clima temperato; sarà maggiore in un clima caldo umido e in un clima marino, anche se vi possono essere considerevoli differenze da una località all'altra.
- Il principale fattore di corrosione è la durata di esposizione, della struttura, ad un tasso di umidità elevato (durata di umidità.)

Tipo di clima	Media dei valori annui estremi			Durata di umidità calcolata per un'umidità relativa >80% e una temp. >0 °C [h/anno]
	Temperatura minima [°C]	Temperatura massima [°C]	Massima temperatura con umidità relativa > 95% [°C]	
Molto freddo	- 65	+ 32	+ 20	da 0 a 100
Freddo	- 50	+ 32	+ 20	da 150 a 2500
Temperato freddo	- 33	+ 34	+ 23	da 2500 a 4200
Temperato caldo	- 20	+ 35	+ 25	
Caldo secco	- 20	+ 40	+ 27	da 10 a 1 600
Caldo mite secco	- 5	+ 40	+ 27	
Caldo forte secco	+ 3	+ 55	+ 28	
Caldo umido	+ 5	+ 40	+ 31	da 4200 a 6000
Caldo umido, uniforme	+ 13	+ 35	+ 33	

Note: estratto da ISO 9223

Il clima italiano è inquadrato nei tipi "temperati".

#### Condizioni particolari

Esistono condizioni/sollecitazioni particolari che provocano un significativo aumento della corrosione, e che richiedono cicli protettivi di maggiore efficacia.

I principali esempi sono:

- sollecitazioni chimiche;
- sollecitazioni meccaniche nell'atmosfera;
- sollecitazioni dovute alla condensa;
- sollecitazioni dovute a temperature medie o alte;
- corrosione aumentata a seguito di una combinazione di sollecitazioni.
- correnti indotte

#### - Tipo di strutture da proteggere e caratteristiche costruttive

I cicli di verniciatura proposti sono idonei per strutture costruite a regola d'arte. In particolare vanno evitati spigoli vivi, saldature discontinue, ristagni d'acqua, ecc. (per maggiori particolari vedi ISO 12944-3).

In caso di carenze progettuali può essere necessario intervenire sul ciclo di verniciatura.

#### - Preparazione del supporto (secondo ISO 12944-4), che potrà essere costituito da:

Strutture in acciaio mai verniciate:

tutti i cicli di verniciatura prevedono sabbiatura Sa 2½, tramite la quale vengono rimosse scaglie di laminazione, ruggine e materiali estranei.

Strutture zincate a caldo:

per tutti i cicli di verniciatura, è consigliato un irruvidimento della superficie mediante leggera sabbiatura con abrasivo non metallico. La zincatura a caldo dovrà essere eseguita seguendo le raccomandazioni della norma ISO 1461.

Strutture in acciaio già verniciate:

il livello di preparazione richiesto potrà variare da un minimo di PSt 2 fino a PSa2 ½ a seconda della durata richiesta. Secondo la norma ISO 12944-4 il livello di preparazione minimo (PSt2) prevede la rimozione di quelle parti di vecchio rivestimento non più aderenti, della maggior parte delle scaglie di laminazione, di ruggine, e materiali estranei ottenuta tramite pulizia manuale o con attrezzi meccanici; il livello PSa2 ½ prevede la rimozione di quelle parti di vecchio rivestimento non più aderenti, della maggior parte delle scaglie di laminazione, di ruggine, e materiali estranei ottenuta tramite sabbiatura.

In generale, tutte le superfici devono preventivamente essere pulite da polveri e parti grasse mediante:

- pulitura ad acqua (P<70MPa) con aggiunta di detergenti,
- pulitura alcalina, a vapore, con emulsioni o solventi organici e successivo risciacquo, per oli e grassi.

#### 71.33.b Scelta del trattamento

Scelta del trattamento che offre la durabilità richiesta per l'ambiente in cui andremo a collocare il manufatto (UNI EN ISO 12944-5), ciclo che verrà infine testato in base alle prove di laboratorio previste dalla ISO 12944-6.

La durabilità è espressa secondo 3 classi (UNI EN ISO 12944-1):

- bassa (L) da 2 a 5 anni,
- media (M) da 5 a 10 anni,
- alta (H) oltre i 15 anni.

La durabilità viene indicata a fianco della categoria di corrosività dell'ambiente di installazione per consentire la definizione del ciclo di protezione in grado di operare in quell'ambiente e di garantire appunto la durabilità richiesta (es. C4-H, C3-L, ...).

In particolare la durata di un sistema di verniciatura protettiva dipende da diversi fattori, come:

- ☐ il tipo di verniciatura;
- ☐ la progettazione della struttura;

- ☐ la condizione del supporto prima della preparazione;
- ☐ l'efficacia della preparazione della superficie;
- ☐ la qualità dell'applicazione;
- ☐ le condizioni ambientali durante l'applicazione;
- ☐ le condizioni di esposizione dopo l'applicazione.

Per identificare il trattamento che offre la durabilità richiesta è necessario individuare i cicli idonei e sceglierne il più adatto.

La norma UNI EN ISO 12944-5 fornisce esempi di sistemi di verniciatura adatti per diversi ambienti, mentre la norma UNI EN 13438 stabilisce i requisiti specifici dei rivestimenti con polveri di prodotti zincati a caldo utilizzati nelle costruzioni.

Il progettista per poter scegliere il ciclo idoneo deve avere accesso alla documentazione tecnica dei cicli prescelti e/o ottenere dall'applicatore una dichiarazione, che confermi l'idoneità o la durabilità del sistema di verniciatura in una determinata classe di corrosività. L'idoneità e/o la durabilità del sistema di verniciatura devono essere dimostrate mediante le prove di invecchiamento artificiale previste dalla UNI EN ISO 12944-6 e/o dalla UNI EN 13438; soprattutto per sistemi di verniciatura nuovi che devono risultare conformi almeno ai requisiti normativi minimi.

Per assicurare le prestazioni ottimali del sistema di verniciatura, la maggior parte degli strati del sistema o, se possibile, il sistema completo, dovrebbero essere applicati in officina (UNI EN ISO 12944-5) in modo da garantire:

- ☐ Miglior controllo dell'applicazione,
- ☐ Controllo della temperatura e dell'umidità relativa,
- ☐ Facilità di riparazione del danno,
- ☐ Miglior controllo dei rifiuti e dell'inquinamento.

#### 71.33.c Fondo antiruggine

Il fondo antiruggine è un prodotto monocomponente a base di resina alchidica e fosfato di zinco, idoneo ad inibire la corrosione.

L'antiruggine dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- Residuo secco in volume circa 59,8%
- Peso specifico 1,660 kg/l
- P.V.C. 54,4%
- Essiccazione a 20°C al 65 U.R. 4 ore
- Sovrapplicazione 12 – 24 ore
- Aspetto della pellicola brillantezza a 60° - 21 gloss
- brillantezza a 85° 39 gloss
- Resistenza della pellicola alle intemperie entro 48 ore dall'applicazione deve essere ricoperto con tinta
- Resa 7-8 mq per uno spessore di 50 microns secchi
- Copertura due mani su ferro spazzolato
- Temperatura di infiammabilità 35°C
- Conservazione del prodotto almeno 24 mesi se conservato in contenitore originale, all'interno a temperatura ambiente

La prima mano di antiruggine, a base di minio oleofenolico o cromato di zinco, deve essere applicata dopo aver preparato adeguatamente le superfici. Sulle parti non più accessibili dopo la posa in opera, deve essere preventivamente applicata anche la seconda mano di antiruggine. La seconda mano di antiruggine deve essere applicata dopo la completa essiccazione della prima mano, previa pulitura delle superfici, da polvere ed altri imbrattamenti ed esecuzione di ritocchi agli eventuali danneggiamenti verificatisi durante la posa in opera. Lo spessore dello strato secco di ciascuna mano non deve essere inferiore a 30 µm. La tonalità di colore di ciascuna mano deve essere differente in modo da permettere l'agevole accertamento dell'effettivo numero delle passate applicate.

#### 71.33.d Smalto sintetico

Smalto sintetico brillante a base di resine alchidiche e pigmenti finemente lavorati.

Si riportano di seguito le caratteristiche dello smalto:

- Peso specifico 1,10 kg/l
- Essiccamento a 20 °C e 65 -75% U.R. fuori polvere: 2 ore / al tatto: 4 ore indurito 24 ore
- Resa 15-16 mq/l per mano
- Resistenza alle intemperie eccellente
- Spessore del film essiccato 30 µ per mano
- Indurimento dopo 24 ore

Le operazioni saranno le seguenti:

- Decapaggio delle opere eseguite con panni imbevuti di solvente approvato.
- Asportazione con panno asciutto della patina lasciata dal solvente, da eseguire dopo 2 ore.
- Applicazione a pennello di una mano di wash-primer passivante della zincatura.
- Applicazione a pennello di una prima mano di copertura con smalto sintetico per uno spessore di 30 µm minimo.
- Applicazione a pennello di una mano a finire di smalto sintetico per uno spessore di 25 µm minimo.

#### 71.33.e Controlli

Dovrà essere verificata preliminarmente la qualificazione del personale impiegato nelle operazioni di verniciatura.

Lo spessore di verniciatura dovrà essere sottoposto a verifica di accertamento mediante utilizzo di spessimetro digitale.

### NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

Le opere di pitturazione, verniciatura e applicazione di prodotti in genere saranno computate in base allo sviluppo delle superfici trattate, ad opera finita.

**Art. 72 OPERE IN MATERIALI LAPIDEI (PIETRA DA TAGLIO, MARMO E PIETRA NATURALE)****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

I materiali in argomento proverranno dalle cave che saranno accettate dalla Direzione dei Lavori e dovranno rispondere ai requisiti d'accettazione stabiliti dalle Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzioni" di cui al R.D. 16 novembre 1939, n. 2232.

Tutti i materiali dovranno presentare le caratteristiche esteriori (grana, coloritura e venatura) caratteristiche della specie prescelta.

Le pietre da impiegare dovranno essere uniformi e compatte, sane e tenaci, senza parti alterate, vene, peli od altri difetti, senza immasticature o tasselli. Dovranno avere forme regolari e dimensioni adatte al loro particolare impiego.

Tutti i marmi dovranno essere della richiesta qualità, a grana compatta, senza difetti quali brecce, vene, cuoiuccio, lenti, ghiaia, scaglie, peli, nodi; nonché i taroli, il vermicello o frescume, le zampe di gallina, le macrosità, le fessurazioni, le inclusioni di cappellaccio, ecc. che, pur essendo propri delle singole specie, alterino l'omogeneità, la solidità e la bellezza della pietra.

Non saranno tollerate cavità nelle facce, tassellature, rattoppi, masticature, graffiature ed altri simili rimedi di consolidamento e di rinforzo.

Saranno inoltre rifiutate le pietre morbide provenienti dal cappellaccio delle cave o prossime a questo.

Potranno essere richiesti, quando la loro venatura si presti, con la superficie vista a spartito geometrico, a macchia aperta, a libro o comunque giocata.

I marmi dovranno essere lavorabili, pertanto la frattura non dovrà essere concoide né scheggiata, senza fessurazioni o diramazioni.

Inoltre i marmi, compatibilmente con la specie prescelta, dovranno essere lucidabili; pertanto dovranno potersi ridurre a superficie liscia fino alla lucentezza uniforme, anche speculare a seconda del tipo e della qualità del materiale, mediante una serie di abrasioni sempre più dolci che tolgono anche la minima asperità e che lasciano vedere meglio macchie pregiate, venature e colorazioni.

I marmi potranno essere ordinati di qualunque dimensione compatibile con la natura delle pietre stesse, quando ciò fosse richiesto per la migliore riuscita statica ed estetica dei lavori.

La pietra da taglio da impiegare nelle costruzioni (murature, drenaggi, gabbionate, ecc) dovrà presentare la forma e le dimensioni di progetto ed essere lavorata, secondo le prescrizioni che verranno impartite dalla Direzione Lavori all'atto della esecuzione, nei seguenti modi:

- a) a grana grossa;
- b) a grana ordinaria;
- c) a grana mezza fina;
- d) a grana fina.

Per pietra da taglio a grana grossa, si intenderà quella lavorata semplicemente con la punta grossa senza fare uso della martellina per lavorare le facce viste, nè dello scalpello per ricavarne gli spigoli netti.

Verrà considerata come pietra da taglio a grana ordinaria quella le cui facce viste saranno lavorate con la martellina a denti larghi.

La pietra da taglio si intenderà lavorata a grana mezza fina e a grana fina, se le facce predette saranno lavorate con la martellina a denti mezzani e, rispettivamente, a denti finissimi.

In tutte le lavorazioni, esclusa quella a grana grossa, le facce esterne di ciascun concio della pietra da taglio dovranno avere gli spigoli vivi e ben cesellati in modo che le connessioni fra concio non eccedano la larghezza di 5 mm per la pietra a grana ordinaria e di 3 mm per le altre; non dovranno presentare screpolature e peli.

Prima di cominciare i lavori, qualora l'Amministrazione non abbia già provveduto in proposito ed in precedenza dell'appalto, l'Appaltatore dovrà preparare a sue spese i campioni dei vari generi di lavorazione della pietra da taglio e sottoporli per l'approvazione alla Direzione, alla quale esclusivamente spetterà giudicare se essi corrispondono alle prescrizioni.

Qualunque sia il genere di lavorazione delle facce viste, i letti di posa e le facce di combaciamento dovranno essere ridotti a perfetto piano e lavorate a grana fina, in modo da togliere le scabrosità più sentite e permettere lo stabile assestamento su letti orizzontali e in perfetto allineamento.

Non saranno tollerate nè smussature agli spigoli, nè cavità nelle facce, nè stuccature in mastice o rattoppi. La pietra da taglio che presentasse tali difetti verrà rifiutata e l'Appaltatore sarà in obbligo di sostituirla immediatamente anche se le scheggiature od ammanchi si verificassero dopo il momento della posa in opera, e ciò fino al collaudo.

Le forme e dimensioni di ciascun concio in pietra da taglio dovranno essere perfettamente conformi ai disegni dei particolari consegnati all'Appaltatore, od alle istruzioni che all'atto dell'esecuzione fossero eventualmente date dalla Direzione. Inoltre ogni concio dovrà essere sempre lavorato in modo da potersi collocare in opera, secondo gli originari letti di cava.

Per la posa in opera si potrà far uso di zeppe volanti, da togliere però immediatamente quando la malta rifluisce nel contorno della pietra battuta a mazzuolo sino a prendere la posizione voluta.

La pietra da taglio dovrà essere messa in opera con malta idraulica o di cemento, secondo le prescrizioni del presente Capitolato speciale, e, ove occorra, i diversi conci dovranno essere collegati con grappe od arpioni di rame, saldamente suggellati entro apposite incassature praticate nei conci medesimi.

Le connessioni delle facce viste dovranno essere profilate con cemento a lenta presa, diligentemente compresso e liscio mediante apposito ferro.

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Le opere in marmo e pietre naturali dovranno in generale corrispondere esattamente alle forme e dimensioni risultanti dai disegni di progetto ed essere lavorate a seconda delle prescrizioni generali del presente Capitolato o di quelle particolari impartite dalla D.L. all'atto dell'esecuzione. Gli spigoli degli elementi non dovranno presentare smussature a meno che di questi sia prevista l'eliminazione nella levigatura dopo la posa in opera. Le opere in marmo dovranno avere congiunzioni senza risalti e piani perfetti.

Prima di iniziare i lavori, qualora non si sia provveduto in merito avanti all'appalto da parte dell'Amministrazione appaltante, l'Appaltante

dovrà preparare a sue spese i campioni dei vari marmi o pietre e delle loro lavorazioni, e sottoporli all'approvazione della D.L., alla quale spetterà in maniera esclusiva di giudicare se essi corrispondono alle prescrizioni. Detti campioni, debitamente contrassegnati, resteranno depositati negli Uffici della Direzione, quali termini di confronto e di riferimento.

Per quanto ha riferimento con le dimensioni di ogni opera nelle sue parti componenti, la D.L. ha la facoltà di prescrivere le misure dei vari elementi di un'opera qualsiasi (rivestimento, copertina, cornice, pavimento, colonna ecc.), la formazione e disposizione dei vari conci e lo spessore della lastre come pure di precisare gli spartiti, la posizione dei giunti, la suddivisione dei pezzi, l'andamento della venatura ecc.

Per le opere di una certa importanza, la D.L. potrà, prima che esse vengano iniziate, ordinare all'Appaltatore la costruzione di modelli in gesso, anche in scala al vero, il loro collocamento in sito, nonchè l'esecuzione di tutte le modifiche necessarie, il tutto a spese dell'Appaltatore stesso, sino ad ottenerne l'approvazione, prima di procedere all'esecuzione della particolare fornitura.

Per tutte le opere infine è fatto obbligo all'Appaltatore di rilevare e controllare, a propria cura e spese, la corrispondenza delle varie opere ordinate dalla D.L. alle strutture rustiche esistenti, e di segnalare a quest'ultima ogni divergenza od ostacolo, restando esso Appaltatore in ogni caso unico responsabile della perfetta rispondenza dei pezzi all'atto della posa in opera. Esso avrà pure l'obbligo di apportare alle stesse, in corso di lavoro, tutte quelle modifiche che potessero essere richieste dalla D.L..

#### NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

**Art. 73 PULITURA DEI MATERIALI LAPIDEI (O ALTRE SUPERFICI)****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****73.1 PRODOTTI**

I prodotti saranno valutati al momento della fornitura; la direzione dei lavori ai fini della loro accettazione può procedere a controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure chiedere un attestato di conformità. In caso di contestazione i metodi di campionamento e di prova delle caratteristiche di cui sopra sono quelli stabiliti dalle norme UNI ed in mancanza di queste ultime, quelli descritti nella letteratura tecnica (primariamente norme internazionali od estere).

**Reagenti chimici**

La pulizia con reagenti chimici richiederà la massima cautela per la difficoltà di controllo della sua azione corrosiva. Essa dovrà, infatti essere effettuata esclusivamente dietro specifica autorizzazione della D.L. e solo sulle zone ove le croste si presentano più tenaci. In genere, s'impiegheranno dei formulati in pasta resi tixotropici della carbossilcellulosa che verranno diluiti, per mitigare la loro azione urticante, con i quantitativi d'acqua prescritti dalla D.L.

**Sostanze alcaline**

Composte prevalentemente da alcali caustici, polimeri e agenti reologici, presenteranno, in genere le seguenti proprietà:

- alcalinità 10-20% pH 13-14
- pH 1% in acqua 12-13
- peso specifico 1,247 g/ml
- viscosità DIN 20.

**Nebulizzatori**

Composti da acidi e solventi in acqua, saranno, impiegati per interrompere l'azione delle sostanze alcaline. Il loro utilizzo sarà opportunamente vagliato dalla D.L. in quanto, talvolta, su superfici particolarmente reattive potrebbero produrre sali solubili che, penetrando all'interno, danneggerebbero irreversibilmente i materiali. Presenteranno le seguenti caratteristiche:

- acidità 1-10%
- pH 1% in acqua 2-4
- peso specifico 1,043 g/ml.

**Sostanze acide**

Costituite da acidi inorganici e tensioattivi, dovranno essere impiegate esclusivamente su materiali di natura non calcarea. Presenteranno le seguenti proprietà:

- pH 0-1
- pH 1% in acqua 0-2
- peso specifico 1-1.35 g/ml
- viscosità DIN 20.

**AB57**

Si tratta di un formulato messo a punto dai tecnici dell'Istituto Centrale del Restauro. È composto da:

- acqua cc. 1000
- bicarbonato d'ammonio g30
- bicarbonato di sodio g 50
- E.D.T.A (sale bisodico) g25
- desogen (sale d'ammonio quaternario) cc. 10 (tensioattivi, fungicida)
- carbossimetilcellulosa g. 60.

Dovrà avere pH intorno a 7-5 e la quantità di E.D.T.A. potrà essere variata e portata, se ritenuto necessario, a 100-125 g. Alla miscela potranno essere aggiunte ammoniacale o trietanolammina allo scopo di facilitare la dissoluzione di componenti "grassi" presenti nella crosta.

**Esametofosfato di sodio e Formiato di ammonio** – Sono sali che hanno la proprietà di sciogliere il gesso senza intaccare il carbonato di calcio. Dovranno essere usati in soluzioni con il 5-10% d'acqua e, su richiesta della D.L., potranno essere miscelati fra loro al fine di ottenere una maggiore capacità solvente. Potrà essere anche aggiunto un sapone liquido di tipo neutro o leggermente alcalino (5-10 cc. litro) al fine di favorire una migliore bagnabilità ed asportazione delle croste grasse prodotte dagli idrocarburi alifatici.

**Detergenti**

Sono tensioattivi organici costituiti da catene di atomi di carbonio alle quali sono attaccati uno o più gruppi idrofili. Saranno impiegati allo scopo di diminuire la tensione superficiale dell'acqua in modo da aumentare il potere ammorbidente. L'uso dei detergenti dovrà essere opportunamente vagliato dalla D.L.; infatti, i tensioattivi oltre a sciogliere il gesso ed il carbonato di calcio (che sono i leganti più comuni delle croste), agiscono anche sulle pietre corrodendole e formando sali solubili.

**Argille assorbenti**

Potranno essere impiegate due tipi di argille: la sepiolite e l'attapulgit. Sono fillosilicati idrati di magnesio capaci d'impregnarsi di oli e grassi senza operare azioni aggressive sulla superficie delle pietre deteriorate. La granulometria dei due tipi d'argilla dovrà essere di almeno 100-200 Mesh. Dovranno essere fornite nei contenitori originali sigillati e saranno preparate diluendole esclusivamente con acqua distillata o deionizzata fino a raggiungere una consistenza pastosa che consenta la loro collocazione in spessori di circa 2-3 cm.

**Impacchi biologici**

Gli impasti, a base di sepiolite o attapulgit, avranno la seguente composizione:

- 1 lt di acqua
- 50 di aurea
- 20 cc. di glicerina.

Il fango che si otterrà dovrà essere steso in spessori di almeno 2 cm.

**Biocidi**

Per interventi su muschi e licheni si possono utilizzare soluzioni acquose all'1/2% di ipoclorito di litio. Per i licheni soluzioni di sali di ammonio quaternario in acqua all'1/2% o di pentaclorofenolo di sodio all'1%. Per le alghe verdi e le muffe è possibile irrorare la superficie intaccata con formalina oppure con una soluzione di acqua ossigenata (25%) e ammoniacca.

Per le alghe e la microflora si potrà anche utilizzare un germicida disinfettante come il benzalconio cloruro in soluzione acquosa dell'1/2% da applicare a spruzzo.

Molti di questi prodotti non esplicano un persistente controllo algale, sarà pertanto utile applicare sulle superfici interessate prodotti algicidi in solvente, in grado di esplicare un'azione preventiva e di controllo della microflora (alghe, licheni, muffe, microfunghi, ecc.).

Tutti i biocidi, pur non essendo in linea di massima tossici per l'uomo, saranno comunque da utilizzare con molta attenzione e cautela; alla loro applicazione dovrà sempre seguire un abbondante risciacquo con acqua deionizzata.

La disinfezione di alghe cianoficee e cloroficee potrà essere effettuata mediante appropriati sali di ammonio quaternario (cloruri di alchilidimetilbenzilammonio); il formolo ed il fenolo.

Per le alghe potranno essere utilizzati composti di rame quali il solfato di cupitetramina (NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>CUSO<sub>4</sub> e i complessi solfato di rame idrazina CUSO<sub>4</sub>-(N<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, o anche i sali sodici dell'acido dimetilcarbammico e del mercaptobenzotriazolo.

La disinfezione di muschi e di licheni può essere eseguita mediante l'applicazione di una soluzione acquosa all'1-2% di ipoclorito di litio, oppure di benzalconio cloruro sempre in soluzione acquosa all'0,2%. Il benzalconio cloruro è di fatto un disinfettante germicida con spettro d'azione che coinvolge batteri, lieviti, microflora e alghe. L'effetto nel controllo algale e della microflora non risulta però persistente. Può essere utilizzato su varie superfici (vetro, metallo, pietra, marmo, ceramica, carta).

**Clorotriazina**

Il prodotto, posto in commercio con il marchio Primatol M50, è una polvere bagnabile al 50% di principio attivo ed è stato assegnato alla terza classe tossicologica. L'inerzia chimica del principio attivo e la scarsissima solubilità, lo rendono molto stabile. Poiché agisce principalmente per assorbimento radicale, sarà particolarmente indicato per il trattamento delle infestanti sia a foglia larga (dicotiledoni) sia a foglia stretta (graminacee).

**Metositriazina**

Il prodotto posto in commercio con il marchio Primatol 3588, è formulato in polvere bagnabile al 25% di principio attivo, con il 2% di GS13529 è stato assegnato alla terza classe tossicologica. Per le sue caratteristiche chimiche è molto stabile nel terreno, ove penetra a maggior profondità rispetto al formulato precedente.

Questo agirà per assorbimento radicale e fogliare, sarà quindi caratterizzato da una vasta gamma di azione anche su infestanti molto resistenti. Sarà particolarmente adatto per applicazioni su strutture murarie.

**Trattamenti disinfestanti del legno**

Contro il capricorno delle case e l'hesperophanescineres sarà consentito l'uso di sostanze solubili in acqua solo in particolari condizioni; questi saranno a base di miscele, di fluoruro di sodio dinitrofenolo e bicromati, poliborati di sodio. In linea di massima potranno essere utilizzati prodotti a base di naftalina clorurata, hentaclorofenolo, ossido tributilico di stagno, tetraclorofenolo, paradichlorobenzolo, esaclorocicloesano.

Per il trattamento antimicetico è consentito l'uso di prodotti particolarmente efficaci anche contro gli insetti; prodotti a base di fluoruri, composti di cromo ed arsenico, pentaclorofenolo, ecc.

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

La pulitura delle superfici di un manufatto storico è un'operazione molto complessa e delicata che necessita di un'attenta analisi del quadro patologico generale, di un'approfondita conoscenza della specifica natura del degrado, al fine di determinare il processo chimico che innesta il degrado e di conseguenza scegliere le metodologie ed i prodotti più appropriati.

Sarà quindi vietato all'Appaltatore utilizzare prodotti senza la preventiva autorizzazione della D.L. e della Committenza. Qualsiasi prodotto potrà essere utilizzato solo previa esecuzione di idonee prove applicative eseguite in presenza della D.L. e dietro sua specifica indicazione. Tutti gli interventi dovranno essere eseguiti da tecnici specializzati e sotto il diretto controllo della Direzione Lavori.

La pulizia consiste in una serie di operazioni per rimuovere dalla superficie di un materiale le sostanze estranee, patogene, generatrici di degrado e si avvale di metodi fisici e/o chimici da impiegare con gradualità e intensità diversa in rapporto al tipo di sostanza che si intende eliminare. All'appaltatore sarà vietato effettuare qualsiasi tipo di operazione e l'utilizzo di prodotti, anche prescritti, senza la preventiva esecuzione di prove applicative e l'esplicita autorizzazione della D.L.

La pulitura dei materiali porosi deve in primo luogo rimuovere dalla loro superficie le sostanze patogene, rispettando la patina naturale, quando esista ancora, ed allontanando i prodotti di reazione (croste nere, efflorescenze, macchie) che possono proseguire l'azione di deterioramento. Inoltre, dal momento che nella maggior parte dei casi si interviene su materiale già profondamente degradato, il trattamento

di pulitura dovrà essere attentamente calibrato: non dovrà provocare un'ulteriore indebolimento, a livello micro o macroscopico, esercitando un'azione troppo incisiva; non deve asportare frammenti indeboliti, decoesione o esfoliati; non deve attivare sostanze che possono risultare dannose; deve arrestarsi, per proseguire con altre tecniche, qualora l'asportazione dei depositi possa compromettere l'integrità del materiale.

Un primo livello di pulitura tende a rimuovere essenzialmente i depositi incoerenti (generalmente formati da particolato atmosferico, carbonioso o terroso) che si accumulano per gravità o dopo essere state veicolate da acqua atmosferica o di risalita (efflorescenze saline) e che non realizzano alcun tipo di coesione o di reazione con il materiale sottostante. Questo tipo di deposito possiede una debole potenzialità patogena, che varia moltissimo in rapporto alla composizione delle sostanze e al materiale su cui si sedimentano. Anche i tempi di aggressione possono essere differenti, e dipendono dalla presenza o meno di sostanze attivatrici (per lo più l'acqua, che entra in quasi tutte le reazioni patogene) o catalizzatrici.

Un secondo livello di pulitura prevede la rimozione di depositi composti esclusivamente o prevalentemente da sostanze allo gene che tendono a solidarizzarsi alla superficie del manufatto con un legame essenzialmente meccanico, senza intaccare (o intaccando in minima parte) la natura chimica del materiale. L'entità e la coesione di questi depositi dipendono dalla porosità del materiale. Le sostanze da rimuovere possono essere ancora particolato atmosferico, penetrato in profondità, magari veicolato da acqua, oppure sali (carbonati) depositati per esempio da acqua di dilavamento, o presenti come macchie.

Un terzo livello di pulitura prevede invece la rimozione dello strato superficiale che si forma sul materiale allorché le sostanze esterne, volatili o solide, si combinano con il materiale di finitura, mutandone la composizione chimica e dando origine a prodotti secondari, di reazione: è il caso dell'ossido di ferro (ruggine) che si forma sulle superfici metalliche, o dei prodotti gessosi, che vengono definiti croste in ragione del loro aspetto, i quali si formano sui materiali lapidei. Perdurando l'apporto delle sostanze patogene dall'esterno, si ha un progresso continuo dell'attacco in profondità, con distacco e caduta delle parti esterne degradate. Per rimuovere i materiali incoerenti sono sufficienti blandi sistemi meccanici: aspiratori, stracci, scope e spazzole in fibra vegetale – saggina – (meno incisive di quelle in materiale sintetico), aria compressa. Questi metodi possono venire integrati dall'impiego puntuale di bisturi, spatole, piccole spazzole in nailon o metalliche.

Per rimuovere i depositi fortemente coesi e solidarizzati i metodi sopra elencati possono essere integrati da cicli di pulitura più incisivi, che trovano larga applicazione soprattutto nel trattamento dei materiali di rivestimento e, in generale, di pietre, murature, malte e, in molti casi (ad esclusione dei sistemi che impiegano acqua), anche di legno e metalli.

### **73.2 PULITURA CON ACQUA E AMMONIO**

Pulitura delle aree interessate da accumuli di depositi polverulenti, da materiale incoerente col litotipo (vecchie integrazioni a base cementizia) con stesura di soluzione di ammonio carbonato e successivo risciacquo a bassa pressione. Si prevede la pulitura su materiali lapidei da eseguirsi mediante lavaggio con ammonio carbonato in soluzione acquosa con percentuali e tempi da definirsi a seguito di campionature "in situ" ed esclusivamente ad impacco su supporto a base di cellulosa e/o sepiolite. Operazione da eseguire con attenzione ed in modo accurato, per evitare di danneggiare gli elementi o le superfici da pulire.

In caso di depositi incoerenti (particolato atmosferico, residui organici e inorganici dovuti a consunzione) e di depositi coerenti (deiezioni animali, incrostazioni, ecc.), la rimozione nelle aree indicate dal progetto e precisate dalla D.L. verrà preceduta dall'analisi dello stato di conservazione degli elementi architettonici e/o delle superfici interessate dall'intervento, per un eventuale preconsolidamento.

### **73.3 PULITURA CON ACQUA**

L'utilizzo di acqua per la pulitura dei materiali porosi richiederà la massima attenzione, in primo luogo nei confronti dei materiali stessi, che non dovranno risultare eccessivamente assorbenti.

A bassa pressione (3-4 atmosfere). Uno dei metodi meno abrasivi; i risultati migliori si ottengono nebulizzando o, meglio, atomizzando l'acqua, utilizzando appositi ugelli, in numero adeguato alla superficie da pulire: le goccioline d'acqua rimuovono i composti solubili e, data la piccola dimensione, raggiungono capillarmente la superficie da trattare. Non si potranno trattare materiali che possono essere danneggiati dall'acqua (molti tipi di rivestimenti, oltre, naturalmente, a legno e metalli) o che sono formati da sostanze solubili o comunque poco resistenti all'azione solvente dell'acqua (come molte pietre, malte e pitture). Dato che il sistema, per essere efficace, richiede tempi di esercizio piuttosto ampi (1-2 giorni), è opportuno provvedere alla raccolta dell'acqua impiegata in grande quantità, effettuando il trattamento in periodi caldi.

È fondamentale impiegare acqua priva di impurità e di sali in soluzione, che si depositerebbero sulla superficie trattata.

Le particelle d'acqua dovranno avere dimensioni medie comprese tra 5 e 10 micron. L'intervento dovrà avvenire a temperatura e pressione controllata. L'irrorazione utilizzerà una pressione di circa 3 atmosfere. L'operazione dovrà essere effettuata con temperatura esterna di almeno 14 gradi centigradi ed effettuata ad intervalli regolari, in ogni caso il tempo di intervento non dovrà mai eccedere le 4 ore consecutive di apporto d'acqua per evitare l'eccessiva impregnazione da parte delle murature. In ogni caso l'adatto tempo di intervento sarà da determinarsi su zone campione a tempi crescenti concordati con la D.L.

### **73.4 PULITURA CON ACQUA DEMINERALIZZATA NEBULIZZATA**

L'utilizzo di acqua per la pulitura dei materiali porosi richiederà la massima attenzione, in primo luogo nei confronti dei materiali stessi, che non dovranno risultare eccessivamente assorbenti.

A bassa pressione (3-4 atmosfere). Uno dei metodi meno abrasivi; i risultati migliori si ottengono nebulizzando o, meglio, atomizzando l'acqua, utilizzando appositi ugelli, in numero adeguato alla superficie da pulire: le goccioline d'acqua rimuovono i composti solubili e, data la piccola dimensione, raggiungono capillarmente la superficie da trattare. Non si potranno trattare materiali che possono essere danneggiati dall'acqua (molti tipi di rivestimenti, oltre, naturalmente, a legno e metalli) o che sono formati da sostanze solubili o comunque poco resistenti all'azione solvente dell'acqua (come molte pietre, malte e pitture). Dato che il sistema, per essere efficace, richiede tempi di esercizio piuttosto ampi (1-2 giorni), è opportuno provvedere alla raccolta dell'acqua impiegata in grande quantità, effettuando il trattamento in periodi caldi.

È fondamentale impiegare acqua demineralizzata, priva di impurità e di sali in soluzione, che si depositerebbero sulla superficie trattata.

Le particelle d'acqua dovranno avere dimensioni medie comprese tra 5 e 10 micron. L'intervento dovrà avvenire a temperatura e pressione controllata. L'irrorazione utilizzerà una pressione di circa 3 atmosfere. L'operazione dovrà essere effettuata con temperatura esterna di almeno 14 gradi centigradi ed effettuata ad intervalli regolari, in ogni caso il tempo di intervento non dovrà mai eccedere le 4 ore consecutive di apporto d'acqua per evitare l'eccessiva impregnazione da parte delle murature. La produzione di acqua deionizzata si potrà effettuare in cantiere tramite utilizzo di specifica apparecchiatura con gruppo a resine scambioniche di portata sufficiente a garantire una corretta continuità di lavoro, gruppo motopompa a rotore in PVC per l'adduzione dell'acqua deionizzata di alimentazione ai nebulizzatori, la

formazione di adatti circuiti idraulici con tubi in PVC per la distribuzione ad un sufficiente numero di ugelli nebulizzatori completi di rubinetti per la limitazione del flusso, tubi terminali flessibili con ugelli conici per la regolazione fine della nebbia di uscita. In ogni caso l'adatto tempo di intervento sarà da determinarsi su zone campione a tempi crescenti concordati con la D.L.

### **73.5 PULITURA CON INTERVENTO MICRO-ABRASIVO**

L'intervento prevede l'utilizzo di aria compressa disidratata e ugelli in grado di proiettare inerti di vario tipo sulle superfici da pulire e durante l'esecuzione dovrà essere attentamente controllato e minimizzato. Si possono utilizzare ugelli di vario diametro (0,4 - 3 mm) da scegliere in rapporto alla pressione d'esercizio (2 - 5 atm), alla granulometria dell'inerte, al tipo di supporto da pulire. Gli inerti dovranno essere microsfere di ossido di alluminio da 150 mesh, e coefficiente di durezza della scala mosh pari a 9.

### **73.6 SISTEMI DI TIPO MECCANICO**

Si potranno impiegare utensili di vario tipo quali spazzole di saggina o nylon, spugne, bisturi, spatole di legno o metalliche, microscalpelli, microtrapani, vibroincisori elettrici o ad aria compressa. Questi ultimi saranno da utilizzarsi per rimuovere puntualmente depositi consistenti di materiali di varia natura quali croste nere, depositi calcarei, stuccature cementizie, materiali incompatibili con il supporto.

### **73.7 TRATTAMENTO BIOCIDIA**

Trattamento disinfestante delle superfici attaccate da organismi biodeteriogeni autotrofi (piante rampicanti, muschi, patine e pellicole algali, incrostazioni di lecheni, ecc.), da attuarsi allo scopo di eliminare attacchi in atto e prevenirne il successivo sviluppo.

Il trattamento dovrà essere eseguito da personale specializzato con idoneo prodotto biocida in soluzione acquosa, da applicare a spugna, a pennello e/o a spruzzo e con l'ausilio, ove necessario di spazzole o bisturi per la preventiva rimozione localizzata di licheni e patine biologiche, nelle quantità e secondo le indicazioni della ditta produttrice.

Il prodotto dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- soluzione variabile dal 2 al 4% di benzalconio cloruro in acqua deionizzata, o una soluzione al 3% a base di sali di ammonio quaternari con tempi di posa e rimozione controllati;
- Densità a 20 °C: 0,94 g/ml;
- Viscosità dinamica: 50 mPa\*s;
- Punto di solidificazione: < -5°C;
- Punto di infiammabilità: 29 °C DIN 53213;
- Stabilità: temperatura da -5°C a +80°C; pH da 5 a 9;
- Miscibilità: miscibile in acqua in tutte le proporzioni;
- Compatibilità: limitata con tensioattivi anionici e con prodotti che li contengono.

In genere si raccomanda di iniziare ogni trattamento spruzzando una piccola quantità di soluzione sulle superfici infette, questo per evitare che le spore vive vengano sparse attorno.

E' necessario attendere dai 2 ai 4 giorni prima di eseguire una completa rimozione meccanica del microorganismo con spazzole di setole di nylon o naturali morbide.

Occorre evitare che la pioggia possa dilavare il prodotto nelle prime 24 ore seguenti il trattamento. Successivamente saturare nuovamente le superfici con la soluzione. Si consiglia di non effettuare alcun lavaggio successivo: le piccole quantità residue di prodotto non portano infatti a nessuna controindicazione, anzi impartiranno una eventuale protezione nei confronti del ritorno di microrganismi.

Dovrà essere posta particolare attenzione durante la manipolazione del prodotto concentrato, utilizzando appropriati dispositivi di protezione individuale anche durante l'applicazione dello stesso.

### **73.8 IMPACCHI DI COMPOSTO A BASE DI BICARBONATO D'AMMONIO**

Trattamento di pulizia da depositi superficiali, macchie oleose e alterazioni cromatiche, mediante esecuzione di impacchi di composto a base di bicarbonato di ammonio a 5% (AB57) con supporto di polpa di cellulosa applicata a pennello. Passato il giusto tempo di posa degli impacchi, sarà necessario procedere al lavaggio delle superfici con acqua demineralizzata nebulizzata.

## **NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 74 RESTAURO CONSERVATIVO DEI MATERIALI LAPIDEI****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

I prodotti utilizzati, previa autorizzazione della D.L., dovranno rispondere ai seguenti requisiti:

- reversibilità;
- buona resistenza meccanica ed all'abrasione;;
- inerzia chimica: non deve contenere ali ed avere elevata stabilità agli agenti atmosferici;
- facilità di colorazione;
- facilità di utilizzo;
- facilità di lavorazione: con opportuni trattamenti si potranno ottenere effetti di finitura diversi;
- atossicità.

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI****74.1 ASPORTAZIONE STUCCATURE**

Rimozione delle stuccature a base cementizia e/o incompatibili col litotipo; l'operazione sarà eseguita manualmente con l'ausilio di bisturi, microscalpelli, scalpelli.

**74.2 PRECONSOLIDAMENTO**

La lavorazione consiste nel ristabilimento parziale della coesione (preconsolidamento) del materiale lapideo.

In questa fase sarà opportuno agire con prodotti molto fluidi e costituiti da sostanze aventi molecole molto corte, al fine di garantire una maggiore penetrazione all'interno del materiale lapideo fino all'ancoraggio sul materiale integro. Le resine proposte sono resistenti all'invecchiamento, idrorepellenti, elastiche e traspirabili al vapore acqueo. I metodi di applicazione proposti sono da mettere in relazione diretta alla porosità del materiale lapideo da trattare; si basano sempre sulla proprietà capillare perciò è necessario mantenere sempre bagnata la superficie lapidea col consolidante.

Le modalità di applicazione e il tipo di diluizione verranno stabiliti dopo accurate analisi e dopo le opportune campionature atte all'accertamento della porosità e alla capacità di penetrazione dei diversi prodotti impiegati di tipo minerale o sintetico.

In genere, si procederà mediante impregnazione per mezzo di pennelli, siringhe, pipette, propedeutica alle operazioni di pulitura: inclusi gli oneri relativi alla rimozione degli eccessi del prodotto consolidante, per una diffusione del fenomeno entro il dmq, su opere situate in ambiente esterno.

**74.3 TASSELLATURA**

Integrazioni di parti mancanti di pietra al fine di restituire unità di lettura all'opera o anche di ricostituire parti architettoniche o decorative strutturalmente necessarie alla conservazione delle superfici circostanti, da eseguire su tutte le opere, inclusi gli oneri relativi ai saggi per la composizione di malte idonee per colorazione e granulometria alla lavorazione superficiale della malta, alla lavorazione di pietra con caratteristiche simili a quella originale per conformazione e composizione, alla eventuale equilibratura cromatica delle integrazioni con l'originale; inclusi gli oneri relativi al posizionamento e all'incollaggio e /o inperniatura delle parti ricostruite, con Betoncino pronto a base di calce idraulica naturale TASSULLO FENIX o similari conforme alla UNI EN 459-1, classificata NHL5 e soggetta a marcatura CE secondo la normativa vigente ed inerti selezionati con granulometria da 0 a 4 mm tipo TASSULLO T30RC adatto alla realizzazione di rinzaffi consolidanti, riempimenti e tamponature, realizzazione di giunti in murature faccia a vista e allettamento mattoni o sassi, di peso specifico pari a 1800 + 1900 Kg/m3, di classe CS IV - M5 di resistenza a compressione (classificazione rispettivamente secondo UNI EN 998-1 e UNI EN 998-2), modulo elastico di circa 11000 N/mm2, resistenza allo sfilamento di barre d'acciaio > 2,6 N/mm2, resistenza alla diffusione del vapore (m) pari a 12, pH > 10.5 e di classe A1 di reazione al fuoco.

**74.4 STUCCATURA**

Applicazione manuale di stuccature di superficie a ribasso di alcuni mm dalla superficie del materiale lapideo, composte da calce esente da sali ed inerti di polvere carbonatica macinata fine (come da litotipo originale) ed eventuale aggiunta di Acril 33 in percentuale dal 3 al 5%. Lo scopo dell'intervento sarà quello di colmare le lacune e le discontinuità presenti sulla superficie della pietra (qualsiasi sia la loro origine) così da "unificare" la superficie ed offrire agli agenti di degrado (inquinanti atmosferici chimici e biologici, infiltrazioni d'acqua, ...) un'adeguata resistenza.

Previo esecuzione delle operazioni preliminari di preparazione (asportazione di parti non consistenti e lavaggio della superficie) e bagnatura con acqua deionizzata, si effettuerà l'applicazione dell'impasto in strati separati e successivi secondo la profondità della lacuna da riempire.

La stuccatura di superficie sarà eseguita con calce idrata in polvere (tipo Lafarge) e polvere d'inerti, eventualmente addizionato con un minimo quantitativo di resina acrilica (tipo Primal AC33 in soluzione acquosa al 10%- vedi. Scheda tecnica prodotto); la carica dell'impasto sarà di pietra macinata; verrà, preferibilmente, utilizzata la polvere della pietra stessa o, in mancanza di questa, un materiale lapideo analogo in modo da ottenere un impasto simile per colore e luminosità.

#### **74.5 PIGMENTAZIONE STUCCATURE**

Pigmentazione stuccature, velatura, su superfici orizzontali e verticali, con tinte a base di calce e terre colorate, leggermente additivata con massimo 3% di resina acrilica, data a più mani con diverse diluizioni al fine di dare uniformità con le parti contermini ed al complesso. Il prezzo è comprensivo di prove e campionature e di ogni altro onere inerente e/o conseguente per dare l'opera perfettamente compiuta. Computazione in ragione della effettiva superficie trattata, anche per piccole porzioni.

#### **74.6 PROTEZIONE SUPERFICIALE**

Allo scopo di creare un film di sacrificio che protegga la pietra dagli agenti atmosferici, si procederà all'applicazione di un protettivo idrorepellente silossanico. Tale sostanza presenterà buone caratteristiche di reversibilità, non ingiallimento, compatibilità col materiale lapideo, elasticità, notevole resistenza all'azione combinata dei raggi U.V. e degli agenti atmosferici. Tale prodotto, inoltre, non altera cromaticamente il materiale lapideo.

La diluizione dell'idrorepellente dovrà essere fatta con i solventi prescritti dal produttore e specifici per ciascun sistema al fine di evitare alterazioni delle caratteristiche fisico-chimiche degli stessi. La temperatura ambiente e quella delle superfici da proteggere dovrà stare nei limiti prescritti per ciascun materiale; lo stato igrometrico dovrà essere compreso intorno ai valori di umidità relativa del 65-70% e non dovrà mai superare l'85%; in presenza di valori alti di U.R. ed in caso di piogge, l'appaltatore dovrà rimandare l'operazione in giorni con condizioni ambientali ottimali. Inoltre, dovrà assicurarsi che ogni mano di protettivo raggiunga un adeguato grado di durezza e di essiccazione prima di applicare la mano successiva.

Anche con tempo particolarmente favorevole, il periodo di essiccazione e/o di stagionatura non dovrà essere inferiore a quella prescritta dal produttore. L'applicazione potrà essere eseguita con i seguenti sistemi.

Salvo casi particolari, la prima mano dovrà essere data a pennello, per ottenere una buona penetrazione dell'idrorepellente. I pennelli dovranno essere di ottima marca, fabbricati con setole vulcanizzate o sintetiche, dovranno essere ben imbevuti di materiale; le pennellate saranno date con pennello inclinato a 45 gradi rispetto alla superficie e i vari strati di consolidante/idrorepellente saranno applicati incrociati (ognuno in senso normale rispetto al precedente). Ad ogni interruzione del lavoro, i pennelli dovranno essere accuratamente puliti con apposito diluente.

In alternativa campionatura e stesura di protettivo polisilossanico idrorepellente tipo CTS Silo 111 o Idrorepel della CIR o similari.

#### **74.7 ROCCIA RIGENERATA**

Ricostruzione di porzioni mancanti di paramenti in pietra non portanti o stuccatura di fessurazioni mediante fornitura e posa in opera di composto di inerti selezionati, costituiti da granulati di pietre naturali e resine epossidiche tipo Templum Stucco della CTS o similare, di equivalenti o superiori caratteristiche.

La miscela dovrà essere realizzata ed utilizzata secondo le indicazioni della ditta produttrice e dovrà essere in possesso delle seguenti caratteristiche:

- densità apparente: 2 kg/l;
- tempo di presa: 24 h a 25 °C;
- reversibilità tramite solventi o temperatura superiore a 150 °C;
- resistenza a flessione 2 MPa (secondo UNI EN 196/1);
- resistenza a compressione: 5,1 MPa (secondo UNI EN 196/1);
- inerzia chimica ed elevata stabilità agli agenti atmosferici.

In generale applicare il prodotto su superfici perfettamente asciutte e pulite. Per stuccature di microfratture, fessure, sfogliature, applicare direttamente con spatole o bisturi. Nel caso di ricostruzioni in aggetto applicare come prime dell'adeguata resina epossidica. Per grosse ricostruzioni o qualora non si voglia utilizzare il primer bisognerà ricorrere all'ausilio di impernature con barre in vetroresina. Non lavorare a temperature inferiori a 10 °C. Per riproduzioni utilizzare esclusivamente calchi in gomma siliconica.

#### **NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 75 PAVIMENTAZIONI IN PORFIDO****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

Tutti i materiali porfirici trattati nel presente Capitolato Speciale devono provenire esclusivamente dalle cave del Trentino, ed in particolare dalle cave della zona di Albiano e con certificato di qualità "Kern".

Le caratteristiche fisico-meccaniche dei porfidi rientrano nei seguenti limiti, stabiliti da ricerche e prove dell'Università di Pisa:

carico di rottura a compressione	Kg/cm <sup>2</sup>	2602/2902
carico di rottura a compressione dopo gelività	Kg/cm <sup>2</sup>	2556/3023
coefficiente di imbibizione (in peso)	%	5,25/7,65
resistenza a flessione	Kg/cm <sup>2</sup>	227/286
prova d'urto: altezza minima di caduta	cm	60/69
coefficiente di dilatazione lineare termica	mm/m/°C	0,00296/0,007755
usura per attrito radente		0,36/0,60
peso per unità di volume	Kg/m <sup>3</sup>	2543/2563

Le colorazioni fondamentali dei materiali porfirici possono essere: grigio, grigio-rosso, grigio-viola, rossastro, violetto.

**75.1 CUBETTI**

Sono solidi a forma pressoché cubica, ottenuti per spaccatura meccanica e il cui spigolo è variabile a seconda del tipo classificato.

Essi vengono distinti, a seconda della lunghezza in cm di detto spigolo, nei seguenti assortimenti:

- 4/6,
- 6/8,
- 8/10,
- 10/12.

Ciascun assortimento dovrà comprendere solo elementi aventi spigoli di lunghezza compresa nei limiti sopraindicati, con la tolleranza di 1 cm. I vari spigoli del cubetto non dovranno essere necessariamente uguali e le varie facce spaccate non saranno necessariamente ortogonali fra loro.

La superficie superiore del cubetto dovrà essere a piano naturale di cava e non dovrà presentare eccessiva ruvidità.

Le quattro facce laterali sono ricavate a spacco e si presentano quindi con superficie più ruvida ed in leggera sottosquadra.

- il tipo 4/6 dovrà avere gli spigoli variabili fra i 4 e i 6 cm., con 1 cm di tolleranza. Il peso per m<sup>2</sup> misurato in opera dovrà essere compreso fra i 90 e i 100 Kg,
- il tipo 6/8 dovrà avere gli spigoli variabili fra i 6 e gli 8 cm, con 1 cm di tolleranza. Il peso per 1 m<sup>2</sup> misurato in opera dovrà essere compreso fra i 130 e i 140 Kg,
- il tipo 8/10 dovrà avere gli spigoli variabili fra gli 8 e i 10 cm, con 1 cm di tolleranza. Il peso per 1 m<sup>2</sup> misurato in opera dovrà essere compreso fra i 170 e i 190 Kg,
- il tipo 10/12 dovrà avere gli spigoli variabili fra i 10 e i 12 cm, con 1 cm di tolleranza. Il peso per m<sup>2</sup> misurato in opera dovrà essere compreso fra i 220 e i 250 Kg.

Ogni assortimento dovrà comprendere cubetti di varie dimensioni entro i limiti che definiscono l'assortimento stesso, con la tolleranza prevista. La roccia dovrà essere sostanzialmente uniforme e compatta e non dovrà contenere parti alterate.

I cubetti potranno essere forniti: sfusi, in casse, in sacchi.

**75.2 PIASTRELLE****75.2.a Piastrelle a spacco regolari**

La superficie dovrà essere naturale di cava, le coste a spacco. Lo spessore potrà variare da 2 a 5 cm. Maggiori o minori spessori potranno essere richiesti dalla D.L. per impieghi particolari. Le piastrelle a spacco dovranno avere lati paralleli ed angoli retti.

Può essere consentita una tolleranza in più o in meno nelle dimensioni, di non più di 1 cm. Le coste dovranno essere ortogonali al piano o in leggera sottosquadra.

Le larghezze di normale lavorazione sono di cm 10-15-20-25-30-35-40 e su richiesta altre misure.

Le lunghezze sono "a correre" in dimensione uguale o maggiore delle rispettive larghezze. Potranno essere richieste piastrelle quadrate, piastrelle con dimensioni maggiori o a misure fisse.

Il peso di 1 m<sup>2</sup> sarà compreso fra i 90/100 Kg

**75.2.b Piastrelle fresate:**

La superficie dovrà essere naturale di cava, lo spessore potrà variare da 2 a 5 cm. Le coste saranno fresate. Spessori diversi potranno essere richiesti dalla D.L. per impieghi particolari. Le piastrelle a coste fresate dovranno avere lati paralleli ed angoli retti. Le coste dovranno essere ortogonali al piano.

Le larghezze di normale lavorazione sono da cm 20 a cm 50.

Le lunghezze sono "a correre" in dimensione uguale o maggiore delle rispettive larghezze. Potranno essere richieste piastrelle quadrate, piastrelle con dimensioni maggiori o a misure fisse.

Il peso di 1 m<sup>2</sup> sarà compreso fra i 90/100 kg

**75.2.c Piastrelle semilucidate con coste fresate:**

La superficie dovrà essere semilucidata (al 70% piano lucido, al 30% piano cava, circa). Le coste saranno fresate; lo spessore potrà variare da 2 a 5 cm. Le piastrelle semilucidate dovranno avere lati paralleli ed angoli retti. Le coste dovranno essere ortogonali al piano.

Le larghezze di normale lavorazione sono da cm 20 a cm 50.

Le lunghezze sono "a correre" in dimensione uguale o maggiore delle rispettive larghezze. Potranno essere richieste piastrelle quadrate, piastrelle con dimensioni maggiori o a misure fisse.

Il peso di 1 m<sup>2</sup> sarà compreso fra i 90/100 Kg.

#### 75.2.d Piastrelle lucidate con coste fresate:

La superficie dovrà essere lucidata. Le coste saranno fresate; lo spessore sarà di 2 cm (spessori maggiori su richiesta). Le piastrelle lucidate dovranno avere lati paralleli ed angoli retti. Le coste dovranno essere ortogonali al piano.

Le larghezze di normale lavorazione sono da cm 20 a cm 50.

Le lunghezze sono "a correre" o in misura fissa.

Il peso sarà di circa 50 Kg a m<sup>2</sup>

#### 75.2.e Piastrelle fiammate con coste fresate:

La superficie dovrà essere ottenuta a taglio di sega con successiva fiammatura. Le coste saranno fresate; lo spessore sarà di 2 cm (spessori maggiori su richiesta).

Le piastrelle fiammate dovranno avere lati paralleli ed angoli retti. Le coste dovranno essere ortogonali al piano. Le larghezze di normale lavorazione sono da cm 20 a cm 50.

Le lunghezze sono "a correre" o in misura fissa.

Il peso sarà di circa 50 Kg a m<sup>2</sup>

Le piastrelle saranno fornite su palette.

### 75.3 LASTRE IRREGOLARI (OPUS INCERTUM)

Il piano superiore delle lastre dovrà essere naturale di cava ed avrà contorni irregolari. Le lastre vengono distinte in:

- tipo normale: La diagonale media dovrà essere di cm 25/30. Sarà tollerata la percentuale di scarto, dovuta alle operazioni di carico, scarico e avvicinamento a piè d'opera. Lo spessore delle lastre potrà variare da 2 a 5 cm il peso di 1 m<sup>2</sup> sarà di circa 85 Kg
- tipo sottile: La diagonale media dovrà essere di cm 25/30. Lo spessore potrà variare da 1 a cm 21/2. Il peso di 1 m<sup>2</sup> sarà di circa 60 Kg
- tipo gigante: per pavimentazioni normali oppure per posa in terra a giunti larghi. La diagonale media dovrà essere in cm 40/50. Lo spessore potrà variare da 3 a 7 cm Il peso di 1 m<sup>2</sup> sarà di circa 100 Kg

Le lastre irregolari potranno essere fornite sfuse, o su palette.

### 75.4 BINDERI

Per contenimento e delimitazione delle pavimentazioni. La faccia superiore dovrà essere a piano naturale di cava. Le coste a spacco e dovranno essere ortogonali al piano o a sottosquadra. Le dimensioni sono:

- larghezza cm 10 - lunghezza cm 20/30 - spessore cm 6/10 - peso Kg 22 circa per m.
- larghezza cm 12 - lunghezza cm 20/30 - spessore cm 10/15 peso Kg 32 circa per m.
- larghezza cm 12 - lunghezza cm 20/40 - spessore cm 15/20 - peso Kg 45 circa per m.
- larghezza cm 14 - lunghezza cm 20/40 - spessore cm 15/20 - peso Kg 55 circa per m.

### 75.5 CORDONI

Per formazioni di marciapiedi e aiuole o delimitazioni.

#### 75.5.a Cordoni a spacco:

Dovranno avere le due facce, quella interna nascosta e quella esterna in vista, a piano naturale di cava ed il lato superiore (testa) a spacco di cava. Il lato superiore, inoltre, potrà essere scalpellato, bocciardato o fiammato. L'altezza degli elementi potrà variare da 20 a 30 cm, la lunghezza dovrà avere un minimo di 40 cm.

Le larghezze di normale lavorazione potranno variare come qui di seguito indicato:

- cm 5 x 20/30 peso per m: Kg 25
- cm 7 x 20/30 peso per m: Kg 40
- cm 8 x 20/30 peso per m: Kg 45
- cm 10 x 20/30 peso per m: Kg 65
- cm 12 x 20/30 peso per m: Kg 85
- cm 15 x 20/30 peso per m: Kg 110

#### 75.5.b Cordoni segati:

Dovranno avere le due facce, quella nascosta, e quella esterna in vista, a piano naturale di cava ed il lato superiore (testa) fresato. Il lato superiore, inoltre, potrà essere scalpellato, bocciardato o fiammato.

L'altezza degli elementi potrà variare da 20 a 30 cm, la lunghezza dovrà avere un minimo di 40 cm.

Le larghezze di normale lavorazione potranno variare come di seguito indicato:

- cm 5 x 20/25 peso per m: Kg 25
- cm 7 x 20/25 peso per m: Kg 40
- cm 8 x 20/25 peso per m: Kg 45
- cm 10 x 20/25 peso per m: Kg 65
- cm 12 x 20/25 peso per m: Kg 85
- cm 15 x 20/25 peso per m: Kg 110

#### 75.5.c Cordonetti per aiuole

Dovranno avere le due facce, quella interna nascosta e quella esterna in vista, a piano naturale di cava ed il lato superiore (testa) a spacco di cava. L'altezza degli elementi potrà variare da 20 a 30 cm, la lunghezza dovrà avere un minimo di 30 cm. Le larghezze di normale lavorazione potranno variare come di seguito indicato:

- cm 5/6 x 20/30 peso per m<sup>2</sup> Kg 25

cm	7/8 x 20/30 peso per m <sup>2</sup>	Kg	35
cm	10 x 20/30 peso per m <sup>2</sup>	Kg	65

**75.6 SOGLIE CARRAIE – PLINTI – BOCCHIE DI LUPO**

Le soglie carraie dovranno essere a piano naturale di cava in larghezza da cm 42 o 52, in lunghezze "a correre"; lo spessore potrà essere da 6 a 10 cm, la costa a spacco o fresata.

I plinti saranno quadrati, in cm 40 x 40 oppure 50 x 50, lavorati esclusivamente alla bocciarda.

Le bocche di lupo saranno ricavate dai cordoni, con lavorazioni alla punta o alla fresa, secondo le misure richieste.

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

La posa in opera dei pavimenti dovrà essere perfetta in modo da ottenere piani esatti che consentano il deflusso delle acque meteoriche nelle apposite caditoie o verso gli spazi liberi.

Saranno cioè rispettate le pendenze longitudinali e trasversali, ove occorra, per un minimo dell'1.5%. Per ogni tipo di pavimentazione sarà indispensabile un buon sottofondo, determinante per la resistenza e durata della stessa. Anche per il porfido miglior sottofondo sarà sempre considerato quello di calcestruzzo che, anche se magro, ripartisce i carichi di sollecitazione. Il sottofondo di macadam dovrà essere convenientemente rullato e a cilindratura chiusa.

I pavimenti dovranno essere consegnati finiti a perfetta regola d'arte e secondo gli eventuali campioni sottoposti alla Direzione Lavori.

Nell'esecuzione di pavimentazioni in porfido, l'Ente Appaltante si riserverà la facoltà di impiegare uno dei quattro tipi di cubetti di normale produzione, descritti all'art. 8 del presente Capitolato Speciale.

La scelta del tipo sarà effettuata considerando:

- intensità e natura del traffico;
- destinazione e collocazione ambientale;
- motivazioni architettoniche;

In linea generale le dimensioni dei cubetti da impiegare in un pavimento sono direttamente proporzionali all'intensità del traffico.

**75.7 POSA IN OPERA DI CUBETTI**

La pavimentazione di cubetti di porfido dovrà poggiare su un sottofondo predisposto alle giuste quote e con le necessarie pendenze per lo smaltimento delle acque meteoriche.

La quota del sottofondo dovrà essere sagomata uniformemente a:

cm 8/10	per il cubetto tipo 4/6
cm 11/13	per il cubetto tipo 6/8
cm 13/15	per il cubetto tipo 8/10
cm 15/17	per il cubetto tipo 10/12

rispetto alla pavimentazione finita.

Dapprima si dovrà stendere sul precostituito sottofondo uno strato di sabbia, come indicato all'art. 27, o di sabbia premiscelata a secco con cemento (Kg 10 circa per m<sup>2</sup>).

I cubetti di porfido potranno essere posati ad "arco contrastante", a "ventaglio", a "cerchio", o a "coda di pavone".

I cubetti dovranno essere posti in opera perfettamente accostati gli uni agli altri in modo che i giunti risultino della larghezza massima di cm 1. Verrà, quindi, disposto uno strato di sabbia sufficiente a colmare le fughe dopo di che si provvederà alla bagnatura ed alla contemporanea battitura con adeguato vibratore meccanico. Durante tale fase si procederà alla eventuale sostituzione di quei cubetti che si saranno rotti o deteriorati. Gli archi dovranno essere regolari e senza deformazioni. Le pendenze longitudinali o trasversali per lo smaltimento delle acque meteoriche dovranno essere al minimo dell'1.5 %.

Indispensabile completamento di una pavimentazione in cubetti di porfido sarà la sigillatura dei giunti, che si potrà eseguire:

- con *semplice sabbia*: allo scopo di colmare i vani rimasti in corrispondenza dei giunti, tutta la superficie verrà ricoperta da uno strato di sabbia vagliata, che si dovrà far scorrere e penetrare in tutte le fughe sino a completa chiusura.
- con *boiaccia cementizia*: si prepara un "beverone" in parti uguali di sabbia fine, di cemento e di acqua e si dovrà stendere lo stesso sul pavimento in modo da penetrare completamente in ogni giuntura. Si dovrà lasciar riposare tale boiaccia fino a che la stessa abbia iniziato il processo di presa e, con getto d'acqua a pioggia, si dovrà togliere la parte più grossa che ricopre la pavimentazione. Si dovrà, infine, procedere alla completa pulizia del pavimento.

**75.8 POSA IN OPERA DI PIASTRELLE REGOLARI**

Le piastrelle verranno poste in opera su un sottofondo che sarà quasi esclusivamente in calcestruzzo e che sarà più basso del livello della superficie finita di almeno 10 cm. Sarà necessario infatti che la piastrella - di spessore variante fra i 2 e i 5 cm - poggi su un letto di malta cementizia per almeno 4-5 cm. La malta dovrà essere un impasto di sabbia come indicato all'art. 27 con cemento normale di tipo 325. Il cemento andrà dosato per quintali 21/2 per me. Le piastrelle dovranno distare l'una dall'altra circa 1 cm e ciò per compensare il taglio non esatto del materiale fatto alla trancia. Alla fine della giornata di posa si procederà alla sigillatura versando nei giunti una boiaccia liquida e ricca di cemento (parti uguali fra sabbia fine e cemento) fino a che le congiunzioni siano completamente riempite o addirittura leggermente trasbordanti. Quando la boiaccia avrà iniziato la presa acquistando una certa consistenza si dovranno ripulire le sbavature e livellare la stuccatura.

Le pendenze della pavimentazione in piastrelle, sia longitudinali che trasversali, dovranno essere di almeno l' 1÷2% per garantire lo smaltimento delle acque meteoriche.

Le stesse piastrelle potranno essere posate ai bordi della strada a ridosso dei cordoni a formazione di cunette. Il sistema di posa sarà uguale a quanto detto sopra. Se le cunette saranno sollecitate dal traffico automobilistico pesante sarà importante mettere in opera piastrelle di spessore superiore al normale.

**75.9 POSA IN OPERA DI LASTRE IRREGOLARI AD OPERA INCERTA**

La posa sarà effettuata con gli stessi criteri e lo stesso sistema descritto più sopra all'art. 33, tenendo però conto che i bordi irregolari delle lastre non consentono una posa ravvicinata dei singoli elementi.

**75.10 POSA IN OPERA DI CORDONI E BINDERI**

Dopo il tracciamento e la determinazione dei livelli si dovrà eseguire - ove necessario - lo scavo per la ricezione dei cordoni ed il versamento in esso di uno strato di calcestruzzo, dove verranno posati i cordoni in modo da risultare leggermente incastrati. In corrispondenza delle giunzioni si dovrà formare un ingrossamento del calcestruzzo in modo da rinforzare tale zona che presenterà la minor resistenza; si procederà, quindi, alla stuccatura e stilatura dei giunti con boiacca cementizia.

**75.11 POSA IN OPERA DI SMOLLERI**

Dovranno essere posti in opera a coltello e per filari di spessore pressoché costante. La posa in opera potrà avvenire su letto di sabbia premiscelata a secco con cemento (q.li 2 per me. circa) e in filari dritti ortogonali al senso di marcia della strada, oppure a spina di pesce. Si procederà, quindi, alla insabbiatura ed alla battitura con vibratore meccanico in presenza di acqua, e si riempiranno gli interstizi con sabbia miscelata a secco con cemento. Si pulirà poi il pavimento per ottenere la perfetta intasatura e si procederà ad un rapido lavaggio a pioggia della superficie.

**75.12 POSA IN OPERA DEGLI ALTRI ELEMENTI IN PORFIDO**

Per tutti gli altri elementi in porfido come gradini, alzate, copertine, sassi da muro, bugnato, soglie, masselli ecc. si osserveranno le regole di posa in opera comuni ad altri tipi di pietre naturali.

**75.13 RIPARAZIONI E RIPRISTINI**

Per l'esecuzione di riparazioni a vecchie pavimentazioni in porfido (scavi per fognature, tubazioni gas o cavi elettrici ecc.) si procederà:

- a) al riempimento dello scavo, ma con la necessaria graduale costipazione;
- b) alla ricostruzione di un sottofondo analogo a quello esistente sul resto del pavimento, meglio ancora se più resistente, per opporsi ad eventuali cedimenti;
- c) alla rimessa in loco del materiale asportato all'atto dello scavo, previa pulitura dello stesso dalla sabbia o dalla malta che vi sia rimasta attaccata. Si sostituiranno i materiali rotti o deteriorati o andati perduti.
- d) il resto delle operazioni di posa e sigillatura sarà del tutto analogo ad una nuova pavimentazione.

Nel caso di pavimentazioni in cubetti e per ottenere un soddisfacente risultato si dovrà procedere all'ulteriore demolizione del vecchio pavimento ai lati dello scavo, fino alla chiave dei rispettivi archi, ed alla quale si potranno meglio agganciare i nuovi cubetti.

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 76 PAVIMENTAZIONI IN MASSELLI DI CALCESTRUZZO, CORDONATE, ACCIOTTOLATI E SELCIATI****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

I materiali per pavimentazione, piastrelle di argilla, mattonelle e marmette di cemento, mattonelle greificate, lastre e quadrelli di marmo, mattonelle di asfalto, dovranno corrispondere alle norme di accettazione di cui al R.D. 16 novembre 1939, n. 2234, ed alle norme U.N.I. vigenti.

Si prescrive tassativamente che per ogni superficie omogenea da pavimentare, a giudizio insindacabile del Direttore dei lavori, gli elementi di pavimentazione dovranno essere di aspetto, colore, dimensioni, grado di ruvidezza e spessore assolutamente uniformi, e recare sul retro il marchio del produttore; ogni confezione dovrà riportare le indicazioni generali e le caratteristiche tecniche e commerciali del prodotto.

Gli elementi dovranno essere sempre delle fabbriche più note, della prima scelta commerciale, e, qualora il Direttore dei lavori lo ordini per iscritto, potranno essere della seconda scelta con l'applicazione di un coefficiente, al prezzo di quelle di prima, pari a 0,70.

**76.1 CUBETTI IN PIETRA**

Dovranno corrispondere ai requisiti stabiliti nelle corrispondenti "Norme per l'accettazione di cubetti di pietra per pavimentazioni stradali" C.N.R. - Ed.1954 e nella "Tabella U.N.I. 2719 -Ed. 1945". I cubetti dovranno presentare spigoli vivi, praticamente rettilinei, facce piane e, salvo diverse disposizioni, avranno caratteristiche uniformi.

**76.2 MATTONELLE E MARMETTE DI CEMENTO**

Le mattonelle, le marmette e i pietrini di cemento dovranno essere di ottima fabbricazione, a compressione meccanica, stagionati da almeno tre mesi, ben calibrati, a bordi sani e piani, non dovranno presentare né carie, né peli, né tendenza al distacco tra il sottofondo e lo strato superiore.

La colorazione del cemento dovrà essere fatta con colori adatti, amalgamati, uniformi.

Le mattonelle, di spessore complessivo non inferiore a mm 25, avranno uno strato superficiale di assoluto cemento colorato, di spessore costante non inferiore a mm 7.

Le marmette avranno anch'esse uno spessore complessivo di mm 25 con strato superficiale di spessore costante non inferiore a mm 7 costituito da un impasto di cemento, sabbia e scaglie di marmo.

**76.3 MASSELLI DI CALCESTRUZZO**

Saranno utilizzati prevalentemente all'esterno e risponderanno alle U.N.I. 9065-87 e 9066/1 e 2-87. Il massello sarà a doppio strato, autobloccante e realizzato mediante stampaggio multiplo in calcestruzzo pressovirato, di dimensioni approssimative mm 220 x 70, con spessore di mm 60 - 70, potranno essere utilizzate a discrezione del Direttore dei lavori, anche misure diverse, come ad esempio cm 20 x 40. L'impasto dello strato superficiale sarà a base di quarzo colorato con pigmenti di ossidi di ferro.

**76.4 PIETRINI IN CEMENTO**

I pietrini avranno uno spessore complessivo non inferiore a mm 30 con lo strato superficiale di assoluto cemento di spessore non inferiore a mm 8; la superficie dei pietrini sarà liscia, bugnata o scanalata secondo il disegno che sarà prescritto.

Dovranno rispondere alle norme U.N.I. 2623 - 44 e seguenti.

**76.5 PIETRINI E MATTONELLE DI TERRACOTTA GREIFICATE**

Le mattonelle e i pietrini saranno di prima scelta, greificati per tutto intero lo spessore, inattaccabili dagli agenti chimici e meccanici, di forme esattamente regolari, a spigoli vivi, a superficie piana. Dovranno rispondere alle U.N.I. 6506-69.

Sottoposte a un esperimento di assorbimento, mediante gocce d'inchiostro, queste non dovranno essere assorbite neanche in minima misura. Le mattonelle saranno fornite nella forma, colore e dimensioni che saranno richieste alla Direzione dei lavori.

**76.6 PEZZAMI PER PAVIMENTI A BOLLETONATO**

I pezzami di marmo o di altre pietre idonee dovranno essere costituiti da elementi, dello spessore da 2 a 3 cm, di forma e dimensioni opportune secondo i campioni prescelti.

**76.7 CORDONATA IN PIETRA**

Dovrà essere conforme alle prescrizioni della norma di misurazione U.N.I. 2712. La sezione dei cordoni non sarà inferiore a cm 15x26. L'unione dei vari elementi fra loro sarà effettuata con ingallettatura.

Gli elementi costituenti i cordoni dovranno essere di lunghezza non inferiore a m 1.00, fatta eccezione per gli elementi terminali.

I cordoni saranno collocati in opera su idonea fondazione di muratura di pietrame, di mattoni o di conglomerato cementizio e dovranno risultare perfettamente allineati ed in piano. Le bocchette di scarico da inserire nei cordoni dovranno essere conformi alle prescrizioni della norma di unificazione U.N.I. 2713.

I risvolti per ingressi carrai (girocarro) dovranno essere conformi alle precisazioni della norma di unificazione U.N.I. 2714.

**76.8 CORDONATA IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO VIBRO-COMPRESSO**

Gli elementi prefabbricati delle cordonate in calcestruzzo saranno di lunghezza un metro e con sezione da determinarsi a cura del Direttore dei lavori.

La resistenza caratteristica è richiesta di classe 300.

Gli elementi andranno posati su un letto di calcestruzzo di 10 cm di spessore e rinfiacati in modo continuo da ambo i lati, fino ad un'altezza di 3 cm al di sotto del piano stradale finito più basso, e fino a 8 cm al di sotto del piano più alto. La sezione complessiva del calcestruzzo per il letto e il rinfiacco sarà di cm<sup>2</sup> 600. I giunti saranno sigillati con malta fina di cemento. Gli elementi in curva saranno di dimensioni minori per seguire le curvature di progetto della cordonata.

**76.9 CORDONATA IN CEMENTO**

Specifica per aiuole spartitraffico con elementi di varie lunghezze, sia retti che curvi, a goccia per testata o per angoli, posati su qualsiasi tipo di pavimentazione o su terreno naturale preventivamente preparato e spianato, compresa la gettata di calcestruzzo a q.li 2 di cemento per mc. di impasto sulle cavità degli elementi e negli interstizi all'interno della cordonatura per l'ancoraggio della stessa.

La sigillatura dei giunti tra i vari elementi va eseguita con malta di puro cemento.

**76.10 CIOTTOLI PER SELCIATI**

Dovranno essere sani, duri e durevoli, di forma ovoidale e le dimensioni limite verranno fissate dalla D. L. secondo l'impiego cui sono destinati.

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI****76.11 MARCIAPIEDI RIALZATI**

I marciapiedi rialzati sono in genere costituiti da cordoni di pietra o di conglomerato cementizio sia retti che curvi lavorati secondo le sagome prescritte.

L'ossatura del marciapiede dovrà essere costituita da muratura di pietrame, da ghiaia in natura o altro materiale idoneo dello spessore di 15-20 cm con sovrastante massetto di conglomerato cementizio di spessore non inferiore a 8 cm

Il successivo pavimento del marciapiede dovrà essere sostituito, se non altrimenti disposto, con pietrini di cemento e mattonelle di asfalto alettati con malta cementizia o con emulsione bituminosa al 55%. Le fondazioni sia delle cordonate che dell'ossatura del marciapiede dovranno realizzare una efficace solidità in modo da evitare ogni minimo cedimento.

Per eventuali pavimentazioni in ghiaio lavato gettato in opera in lastre prefabbricate di cemento e ghiaio in masselli di calcestruzzo autobloccanti od altro, ove siano previsti e ordinati, l'Appaltatore dovrà eseguirli secondo i migliori procedimenti prescritti dalla tecnica per la loro costruzione e per l'impiego dei materiali che li costituiscono, attenendosi agli ordini che all'uopo potesse impartire la Direzione Lavori, anche in mancanza di appositi prescrizioni nel presente Capitolato.

**76.12 ACCIOTTOLATI**

I ciottoli saranno disposti su di un letto di sabbia alto da cm 10 a 15, ovvero su di un letto di malta idraulica di conveniente spessore sovrapposto ad uno strato di rena compressa alto da mm 8 a 10.

I ciottoli dovranno essere scelti di dimensioni il più possibile uniformi e disposti di punta con la faccia più piana rivolta superiormente, avvertendo di metterli a contatto.

A lavoro finito, i ciottoli dovranno presentare una superficie uniforme secondo i profili e le pendenze volute, dopo che siano stati debitamente consolidati battendoli con mazzapicchio.

**76.13 SELCIATI**

I selciati dovranno essere formati con pietre squadrate e lavorate al martello nella faccia vista e nella faccia di combaciamento.

Si dovrà dapprima spianare il suolo e costiparlo con la mazzeranga, riducendolo alla configurazione voluta, poi verrà steso uno strato di sabbia dell'altezza di cm 10 e su questo verranno conficcate di punta le pietre, dopo di avere stabilito le guide occorrenti.

Fatto il selciato, vi verrà disteso sopra uno strato di sabbia dell'altezza di cm 3 e quindi verrà proceduto alla battitura con la mazzeranga, innaffiando di tratto in tratto la superficie, la quale dovrà riuscire perfettamente regolare e secondo i profili descritti.

Nell'eseguire i selciati si dovrà avere l'avvertenza di collocare i prismi di pietra in guisa da far risalire la malta nelle connessioni.

Per assicurare poi meglio il riempimento delle connessioni stesse, si dovrà versare sul selciato altra malta stemprata con acqua e ridotta allo stato liquido. Nei selciati a secco abbeverati con malta, dopo avere posto i prismi di pietra sullo strato di sabbia dell'altezza di cm 10, di cui sopra, conficcandoli a forza con apposito martello, si dovrà versare sopra un beverone di malta stemperata con acqua e ridotta allo stato liquido, e procedere infine alla battitura con la mazzeranga, spargendo di tratto in tratto altra malta liquida fino a che la superficie sia ridotta perfettamente regolare e secondo i profili stabiliti.

**76.14 PAVIMENTAZIONI DIVERSE**

Per l'eventuale esecuzione di pavimenti, conglomerati asfaltici, bituminosi, catramosi, macadam, ecc., sopra sottofondi in cemento o macadam cilindrato; mattonelle in grès, asfalto, cemento ecc.; pavimenti in legno; gomma, ghisa e vari, generalmente da eseguire con materiali o tipi brevettati, e per i quali, dato il loro limitato uso su strade esterne non è il caso di estendersi, nel presente Capitolato, a dare norme speciali, resta soltanto da prescrivere che, ove siano previsti ed ordinati, l'Impresa dovrà eseguirli secondo i migliori procedimenti prescritti dalla tecnica per la loro costruzione e per l'impiego dei materiali che li costituiscono, attenendosi agli ordini che all'uopo potesse impartire la Direzione dei lavori, anche in mancanza di apposite previsioni e prescrizioni nei Capitolati speciali da redigere per i lavori da appaltare.

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

Gli acciottolati, i selciati, i lastricati e le pavimentazioni in cubetti o lastre di porfido saranno anch'essi pagati a metro quadrato in base alla superficie vista, limitata dal vivo dei muri o dai contorni. Nei prezzi relativi è sempre compreso il letto di sabbia e di malta, ogni compenso per riduzioni, tagli o sfridi di lastre, di pietra o ciottoli nonché per maggior difficoltà di costruzione dovuta ad angoli rientranti e sporgenti, per la preparazione, battitura e regolarizzazione del suolo e per qualunque altra opera o spesa per dare i lavori ultimati ed in perfetto stato. I prezzi di elenco sono applicabili invariabilmente qualunque sia (piana o curva) la superficie vista e qualunque sia il fondo su cui sono posti in opera i materiali.

I marciapiedi saranno pagati a metro quadrato in base alla superficie vista, limitata dal vivo dei muri e dalle cordunate.

La valutazione delle cordonature secondo i tipi sarà effettuata a metro lineare misurato a lavoro eseguito secondo le modalità espresse nei rispettivi Articoli dell'Elenco Prezzi compresi i risvolti per gli ingressi carrai (girocarri) la cui incidenza è stata considerata nella formulazione dei relativi articoli di elenco prezzi.

**Art. 77 PAVIMENTAZIONI INTERNE**

La posa in opera di pavimenti di qualsiasi tipo, o genere, dovrà essere effettuata in modo da ottenere piani perfettamente orizzontali e/o con adeguate pendenze, dove è necessario lo smaltimento di liquidi o di acque meteoriche. I singoli elementi dovranno accoppiarsi esattamente tra di loro e risultare perfettamente fissati al sottofondo.

Nell'esecuzione si dovrà curare la disposizione a perfetto piano, completamente liscio e regolare, con giunti ben chiusi sigillati. Ultimata la posa dovranno essere consegnati finiti, lavati e puliti senza macchie ed imbrattature di sorta. La pulizia finale dovrà essere effettuata da ditta specialistica e con prodotti idonei allo scopo.

L'Appaltatore dovrà provvedere, in fase di cantiere, a sua cura e spese alla protezione delle superfici, come d'uso, mediante piani di tavole od altre protezioni idonee.

Per un congruo periodo dopo l'ultimazione di ciascun lavoro, l'Appaltatore avrà l'obbligo di impedire a mezzo di chiusura provvisoria l'accesso a qualunque persona nei locali. Qualora le superfici risultassero in tutto od in parte danneggiati durante la visita del collaudo definitivo l'Appaltatore dovrà a sua cura e spese ricostruire le parti danneggiate.

Tutti i prodotti impiegati dovranno giungere in cantiere nel loro imballo originale ed essere esenti da qualsiasi difetto o danneggiamento. Sarà obbligo dell'Appaltatore fornire gli elementi per carichi omogenei, il più possibile corrispondenti ai singoli lotti di montaggio. Non saranno accettati materiali e sfridi provenienti da precedenti lavorazioni.

Tutte le lavorazioni e le opere compiute e i materiali dovranno essere, oltre che rispondenti alle specifiche di cui al presente capitolato e ad ogni altro elaborato di progetto, perfettamente idonee all'uso cui sono destinate.

La totale responsabilità dell'Appaltatore non verrà meno per eventuali carenze totali o parziali di indicazioni negli elaborati di progetto, intendendosi che dovrà essere cura dell'Appaltatore procurarsi ogni informazione non solo sulla qualità delle opere ma anche sull'uso al quale esse sono destinate.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

Con conveniente anticipo sull'inizio dei lavori l'Appaltatore consegnerà alla D.L. una scheda tecnica del prodotto che intenderà utilizzare. Sulla scorta di quanto presentato la D.L. si riserva di rilasciare l'autorizzazione alla fornitura e alla posa.

Le piastrelle, oltre a corrispondere alle caratteristiche citate dalle Norme UNI in vigore, potranno essere sottoposte, a discrezione della D.L., alle prove di durezza, di resistenza, all'usura per attrito radente, di assorbimento all'acqua, di penetrazione di soluzioni coloranti, di resistenza alla compressione, di resistenza alla flessione, di rottura all'urto, di resistenza all'attacco chimico, di resistenza all'abrasione, di resistenza al gelo, secondo le modalità stabilite dalle Norme di Unificazione vigenti a livello europeo.

La DL, ai fini dell'accettazione di tutti i materiali, ha facoltà di procedere a controlli su campioni della fornitura e di richiedere attestati di conformità della fornitura alle prescrizioni di progetto.

Tutti i materiali devono essere prodotti da aziende che operino secondo un sistema di qualità aziendale certificato ISO 9002 ovvero che possano dimostrare di operare secondo i medesimi criteri e principi in modo da garantire il controllo di qualità del prodotto.

- Assorbimento d'acqua: < 0,1%
- Resistenza alla flessione: 45 N/mm<sup>2</sup>
- Resistenza all'abrasione profonda: <139 mm<sup>3</sup>
- Resistenza al gelo conforme alla norma: EN ISO 10545-12
- Resistenza agli attacchi chimici conforme alla norma: EN ISO 10545-13
- Coefficiente di attrito conforme a quanto previsto dal DPR 24 luglio 1996, n.503 recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici.

**77.1 PAVIMENTI IN GRES**

Pavimentazione in lastre di gres porcellanato delle dimensioni riportate negli elaborati esecutivi, costituite da un nuovo minerale ceramico ottenute da materie prime di elevato pregio e purezza (argille chiare, fondenti feldspatici e pigmenti ceramici ad alta resa cromatica).

-Pavimenti in lastre di gres porcellanato di prima scelta di dimensioni 300x100x0,55 cm ottenute da materie prime di elevato pregio e purezza (argille chiare, fondenti feldspatici e pigmenti ceramici ad alta resa cromatica) tipo Kerlite serie Metal della Cotto d'este o equivalente;

- Pavimenti in lastre di gres porcellanato prima scelta di dimensioni 50x100x0,55 cm ottenute da materie prime di elevato pregio e purezza (argille chiare, fondenti feldspatici e pigmenti ceramici ad alta resa cromatica) tipo Kerlite serie Metal della Cotto d'este o equivalente;

- Pavimenti gres porcellanato con coeff. attr. R11, di dimensioni 20x20x0,70 cm, antiscivolo in ambienti asciutti/umidi - R10 B (A+B), con finitura satinata tipo Vogue o equivalente

- Pavimenti in lastre di gres porcellanato prima scelta di dimensioni 50x50x0,30 cm ottenute da materie prime di elevato pregio e purezza (argille chiare, fondenti feldspatici e pigmenti ceramici ad alta resa cromatica) tipo Kerlite serie Buxy della Cotto d'este o equivalente;

-Pavimenti in lastre di gres porcellanato di prima scelta di dimensioni pari a 30x60x0,95 cm con coeff. attr. R11, con finitura naturale e aspetto opaco tipo Gneiss 36N della Ceramica Imola o equivalente.

**77.2 ADESIVI PER PAVIMENTAZIONI**

Gli adesivi da impiegare per la posa di pavimenti, rivestimenti, ecc. dovranno essere scelti dall'Appaltatore tenendo conto della natura e della qualità dei sottofondi e dei manufatti da incollare;

I contenitori degli adesivi dovranno essere conservati ben sigillati ed a temperatura di 15-20°C, per un periodo tale da non superare 12 mesi dalla data della loro confezione. Pertanto tutti i contenitori di adesivi depositati in cantiere dovranno riportare ben in vista ed indelebile la data della fabbricazione del loro contenuto poiché saranno rifiutati dalla D.L. i prodotti adesivi che avessero superato i 12 mesi da tale data.

Tutti gli adesivi, ad applicazione avvenuta, dovranno risultare insolubili in acqua.

Qualora il prodotto adesivo dovesse essere preparato con due componenti, l'Appaltatore dovrà confezionare la miscela attenendosi scrupolosamente alle prescrizioni della ditta produttrice.

Gli adesivi dovranno essere spalmati su una o su ambedue le facce di adesione dei sottofondi e dei manufatti da incollare, secondo le disposizioni della ditta produttrice.

Le superfici da incollare, qualunque sia la loro natura, dovranno essere sane, non soggette a sgretolamenti e perfettamente asciutte; prima dell'incollaggio dovranno risultare esenti da ogni traccia di polvere, oli, grassi, ruggine, verniciature, sali alcalini, ecc.; in particolare le malte ed i conglomerati dovranno avere abbondantemente compiuto la loro presa.

Qualora la ditta produttrice lo prescrivesse, l'Appaltatore, prima di procedere alle operazioni di incollaggio, dovrà stendere sulle superfici appropriati fissatori (primer) o collanti speciali.

Gli adesivi dovranno essere compatibili ai materiali su cui saranno applicati.

### **77.3 GRANIGLIA PER PAVIMENTI ALLA VENEZIANA**

La graniglia di marmo o di altre pietre idonee dovrà corrispondere, per tipo e granulosità, ai campioni di pavimento prescelti e risultare perfettamente scevra di impurità.

## **NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Le pavimentazioni con i relativi sottofondi, oltre a corrispondere a tutte le norme e prescrizioni di carattere generale, devono essere eseguite così come richiesto nel progetto, nel presente capitolato o secondo le indicazioni di volta in volta impartite dalla DL.

La posa in opera del materiale deve essere eseguita in modo da garantire la regolarità e la planarità della pavimentazione finita entro i limiti di tolleranza consentiti.

I singoli elementi devono combaciare esattamente tra loro, devono risultare perfettamente fissati al sottofondo e non devono verificarsi nelle connessioni dei diversi elementi a contatto la benché minima ineguaglianza.

Per ogni locale o gruppo di locali contigui gli elementi devono essere assolutamente uniformi nella tonalità di colore e nelle dimensioni, senza alcuna tolleranza sul calibro e, pertanto, in ciascun locale od in gruppi di locali contigui devono essere impiegati elementi dello stesso calibro.

Qualora i grafici o gli altri documenti di progetto non indichino l'orditura ed il disegno della pavimentazione, questi saranno definiti dalla DL.

L'interfaccia con gli eventuali rivestimenti verticali, devono essere concordati con la DL prima dell'inizio della posa in opera.

La posa dovrà avvenire con idoneo adesivo cementizio bicomponente migliorato, a presa ed idratazione rapida e scivolamento verticale nullo, con tempo aperto allungato altamente deformabile, classificato come C2FTE S2 secondo EN 12004.

Le fughe saranno stuccate mediante applicazione di malta cementizia migliorata di colore a scelta della D.L., modificata con polimero, di classe CG2 (UNI EN 13888:2009), a presa ed asciugamento rapido, idrorepellente e antimuffa, esente da ritiri, da crepe e fessurazioni; La superficie finale dovrà essere resistente all'abrasione, liscia e compatta, a basso assorbimento d'acqua e facilmente pulibile e dovrà impedire la formazione di muffe e alghe.

### **77.4 MASSETTO DI ALLEGGERIMENTO**

L'Appaltatore dovrà realizzare un massetto del tipo alleggerito di argilla espansa con impasto a 150 kg di cemento 32,5 R per m<sup>3</sup> e granulometria 8-12 mm, di sp. min. 5.00 cm a seconda della specifica stratigrafia orizzontale.

L'impasto dovrà essere omogeneo nella composizione e nella stesura in opera, a tal scopo l'Appaltatore dovrà predisporre tutte le operazioni necessarie affinché sia prodotto un numero minimo di 6 provini, uno ogni due autobetoniere in arrivo in cantiere. I provini dovranno essere compatti, omogenei, non friabili ed esenti da sacche d'aria. I massetti stesi in opera dovranno possedere le medesime caratteristiche dei provini. Se, a insindacabile giudizio della D.L., i massetti realizzati in opera non dovessero corrispondere alle caratteristiche indicate dai provini, l'Appaltatore dovrà, a sua cura e spese, procedere all'eliminazione delle carenze riscontrate.

Il massetto dovrà essere completo di tutti gli accessori indispensabili alla sua perfetta realizzazione.

L'Appaltatore dovrà porre in essere tutti gli accorgimenti del caso affinché le strutture esistenti non vengano imbrattate durante la lavorazione. Per tanto l'Appaltatore dovrà provvedere a coprire con fogli di nylon tutte quelle parti che non saranno interessate alla formazione del massetto alleggerito e che durante le operazioni di getto del massetto potrebbero venire imbrattate.

### **77.5 MASSETTO DI SOTTOFONDO**

Il piano destinato alla posa dei pavimenti, di qualsiasi tipo esse siano, dovrà essere opportunamente spianato mediante un sottofondo, in guisa che la superficie di posa risulti regolare e parallela a quella del pavimento da eseguire ed alla profondità necessaria.

Il massetto di sottofondo di sp. min 6.00 cm dovrà essere costituito da un impasto di sabbia e cemento, con una presenza di legante non inferiore a 200 kg di cemento a metro quadrato. La superficie finale sarà perfettamente spianata e liscia. L'impasto steso dovrà essere il più possibile omogeneo e compatto. Durante la stagionatura (almeno 10 giorni) e la lisciatura finale sarà cura dell'Appaltatore rispettare scrupolosamente le quote indicate negli elaborati grafici di riferimento. La superficie finale, inoltre, dovrà essere perfettamente orizzontale, in modo tale che non si formino depressioni e/o avvallamenti che possano creare difficoltà durante la successiva formazione delle pavimentazioni. A tal fine la D.L. procederà a una verifica dell'orizzontalità con l'avvallo di mezzi e personale messi a disposizione a cura e spese dell'Appaltatore. Se durante tale verifica la D.L. dovesse riscontrare dei difetti di lavorazione, l'Appaltatore dovrà tempestivamente eliminare tali difetti a sua cura e spese.

Prima della posa del pavimento le lesioni eventualmente manifestatesi nel sottofondo saranno riempite e stuccate con un beverone di calce o cemento, e quindi vi si stenderà, se prescritto, lo spianato di calce idraulica (camicia di calce) dello spessore variabile da cm 1,5 a 2. Nel caso che si richiedesse un massetto di notevole leggerezza la D.L. potrà prescrivere che sia eseguito in calcestruzzo di pomice.

Quando i pavimenti dovessero poggiare sopra materie comunque compressibili il massetto dovrà essere costituito da uno strato di conglomerato di congruo spessore, da gettare sopra un piano ben costipato e fortemente battuto, in modo da evitare qualsiasi successivo cedimento.

La D.L. potrà richiedere l'utilizzo di leganti speciali per ottenere sottofondi a rapida asciugatura e a bassissimo contenuto di umidità.

### **77.6 PREPARAZIONE DEL PIANO DI POSA**

Il piano di posa deve essere senza crepe e parti incoerenti, resistente alla compressione e alla trazione, priva di polvere, vernici, cere, olii, ruggine e sfondi di intonaci.

Gli impianti (elettrici, sanitario e di riscaldamento) devono essere adeguatamente protetti e distanziati tra loro.

### **77.7 RASATURA PER LIVELLAMENTO DI FONDI PER POSA DI PAVIMENTO IN LINOLEUM**

In caso di sottofondi non perfettamente piani o in presenza di pavimentazioni esistenti, prima della posa del linoleum dovrà essere eseguita una rasatura dello spessore massimo di 2 mm eseguita con malta fina premiscelata autolivellante, tirata a livello.

### **77.8 MALTA CEMENTIZIA TISSOTROPICA FIBRORINFORZATA LIVELLANTE**

La malta cementizia tissotropica fibrorinforzata livellante dovrà essere a bassissima emissione di sostanze organiche volatili e costituita da speciali leganti cementizi, aggregati selezionati, resine sintetiche e speciali additivi (tipo Planitop Fast 330).

La malta dovrà garantire una superficie meccanicamente resistente ed essere idonea a ricevere in breve tempo, la posa di ceramica e materiale lapideo non sensibile all'umidità (4 h a +20°C) o l'impermeabilizzazione con membrane liquide o sistemi cementizi elastici (24 h a +20°C).

I supporti dovranno essere puliti, sani, compatti, esenti da parti incoerenti ed eventualmente trattati con apposito primer, in funzione del tipo di sottofondo. L'applicazione dovrà avvenire mediante cazzuola o spatola liscia, in uno spessore compreso tra 3 e 30 mm, in una sola mano.

Il prodotto deve rispondere ai requisiti minimi richiesti dalla EN 1504-2 rivestimento (C), secondo i principi MC e IR, per la protezione del calcestruzzo ed essere classificata secondo EN 998-1 di tipo GP, categoria CS IV.

Il prodotto dovrà avere le seguenti caratteristiche prestazionali:

- Rapporto dell'impasto: 100 parti di malta cementizia monocomponente del tipo Planitop Fast 330 con 18-20 parti di acqua;
- Massa volumica dell'impasto (kg/m<sup>3</sup>): 1.750
- Temperatura di applicazione permessa: da +5°C a +35°C
- Durata dell'impasto: circa 20 min. (a +20°C)
- Caratteristiche meccaniche impiegando il 19% di acqua:
- Resistenza a compressione (EN 12190) (MPa): > 20 (a 28 gg)
- Adesione al supporto (EN 1542) (MPa): > 2,0 (a 28 gg)
- Impermeabilità espressa come coefficiente di permeabilità all'acqua libera (EN 1062-3) (kg/m<sup>2</sup> · h<sup>0,5</sup>): W < 0,1
- Classe III (bassa permeabilità all'acqua) secondo EN 1062-1
- Reazione al fuoco (EN 13501-1) (Euroclasse): A1 / A1fl
- Consumo (per cm di spessore) (Kg/m<sup>2</sup>): 14,5

### **77.9 POSA IN OPERA**

Possiamo avere due possibili metodi di posa in opera:

- incollaggio;
- posatura.

Nel primo caso il sottofondo deve essere particolarmente curato e risponda alle prescrizioni di seguito elencate.

#### **INCOLLAGGIO**

##### **Sottofondo**

Il pavimento incollato non può essere applicato se non dopo che sia avvenuta la perfetta essiccazione del sottofondo.

Prima dell'applicazione del pavimento incollato l'Appaltatore deve assicurarsi che il sottofondo sia piano, resistente alla compressione e alla trazione, privo di polvere, parti asportabili, vernici, cere, olii, ruggine, tracce di gesso e prodotti che possono nuocere all'aderenza.

L'Appaltatore deve inoltre accertarsi che non vi sia una rimonta di umidità.

##### **Adesivo per incollaggio**

L'adesivo, salvo diversa prescrizione di progetto o della DL, deve essere a base cementizia e lattice di gomma sintetica.

Il tempo di presa e l'idratazione devono essere particolarmente rapidi.

Non deve presentare alcun ritiro e avere eccellenti caratteristiche di adesione a tutti i supporti. Deve resistere agli urti ed alle vibrazioni, agli sbalzi termici, all'invecchiamento nonché agli agenti chimici diluiti.

##### **Incollaggio**

L'incollaggio degli elementi di pavimentazione, salvo diversa prescrizione della DL, deve avvenire secondo le istruzioni del fornitore dell'adesivo e degli elementi di pavimentazione.

Si prescrive di stendere una mano a zero dell'impasto ottenuto con il lato liscio della spatola sul supporto per garantire una buona bagnatura e quindi di applicare subito, con la spatola dentata, la quantità necessaria di adesivo, così da ottenere una bagnatura totale dell'elemento.

Nel caso si fosse formata una pelle superficiale bisogna rinfrescare l'adesivo, rispalmandolo con la spatola dentata.

È vietato bagnare la superficie dell'adesivo in quanto il velo dell'acqua in superficie funziona da strato antiadesivo.

La registrazione delle lastre deve essere effettuata entro il tempo prescritto e comunque non oltre i 45 minuti dalla posa.

Le lastre posate non devono essere soggette a dilavamenti o pioggia per almeno 4 ore e sottoposte a sole per almeno 12 ore.

La stuccatura delle fughe deve avvenire con un riempitivo specifico previsto in progetto o, in mancanza, prescritto dalla DL.

#### **POSATURA**

Prima di iniziare i lavori si procederà ad una accurata pulizia e bagnatura del massetto ed a stendere quindi il collante di attacco per mezzo di idonei frattazzi dentellati.

Sul letto di posa così realizzato, si collocheranno le piastrelle ad una ad una, avendo cura di adattarle e di contrapporle così da compensare le ammesse differenze di calibro e di squadra, scartando comunque gli elementi difettosi.

In corrispondenza di sporgenze, rientranze o di forme qualunque irregolari, le piastrelle dovranno essere perfettamente adattate alle forme stesse mediante appositi ed idonei tagli. Le connessioni tra le file delle piastrelle non dovranno risultare maggiori di mm 2,00.

L'Appaltatore dovrà assicurarsi della perfetta adesione degli elementi alla colla sottostante.

Poco dopo finito ogni tratto di pavimento, si dovrà procedere alla pulizia delle piastrelle mediante lavaggio con tela di juta o simili, inzuppati di acqua così da asportare dalla superficie e dagli interstizi l'eventuale colla di posa che dovesse essere stata rigurgitata.

Dopo 24 ore dalla posa degli elementi, si dovrà procedere alla sigillatura delle connessioni colmandole perfettamente con idoneo stucco.

Eseguita la sigillatura degli interstizi, il pavimento dovrà essere ripulito dai residui della malta mediante ripetuti sfregamenti delle superfici con spugne di gomma. Per questa pulizia non è consentito usare la segatura.

Le piastrelle, prima del loro impiego, dovranno essere bagnate a rifiuto per immersione.

Ove sia prevista la posa dello zoccolino l'Appaltatore, nei casi in cui si renda necessario, provvederà al taglio dell'intonaco.

Le sogliette interne saranno realizzate con piastrelle analoghe ma di formato opportuno o con listelli di separazione a seconda delle disposizioni della D.L.

#### Battitura

La battitura va eseguita solo per pavimenti posti in opere mediante posatura.

L'operazione di battitura va eseguita con cautela e uniformità ad evitare che il pavimento finito presenti dei fuor di piano (gobbe ed avvallamento).

La battitura va eseguita a macchina; nei casi in cui ciò non sia possibile è consentita la battitura manuale con frattazzo o altro idoneo attrezzo previa autorizzazione della D.L.

### **77.10 GIUNTI**

Le giunzioni tra piastrelle devono risultare accostate e devono essere sigillate con specifica malta, con colore prescritto in progetto o dalla D.L.

L'Appaltatore deve garantire tra le pavimentazioni e le pareti verticali un distacco così come indicato nei grafici di progetto ovvero dalla D.L. all'atto dell'esecuzione.

Qualora tale distacco non sia previsto in progetto e salvo diversa disposizione della D.L., i pavimenti si addenteranno per 15 mm entro l'intonaco delle pareti.

Nella esecuzione dei pavimenti, l'Appaltatore deve realizzare giunti elastici di dilatazione con parte rigida in PVC e parte elastica in neoprene, di altezza indicata in progetto ovvero dalla D.L. all'atto dell'esecuzione.

I giunti devono essere realizzati nelle due direzioni ogni 25 mq di pavimentazione, salvo diversa prescrizione in progetto o della D.L.

I giunti nella pavimentazione, prima della loro realizzazione, devono essere approvati dalla D.L.

### **77.11 SIGILLATURE E STUCCATURE**

In corrispondenza dei giunti di dilatazione e secondo le prescrizioni di progetto si impiegheranno righe di PVC, oppure di acciaio inossidabile, oppure di ottone incassati per almeno un terzo nel sottofondo del pavimento.

Per le stuccature si impiegherà un impasto molto fluido di cemento bianco, oppure colorato con idonei pigmenti, miscelato con sabbia molto fine nelle proporzioni: 2 parti di cemento ed 1 di sabbia.

### **77.12 PAVIMENTI IN PIASTRELLE E PEZZI SPECIALI IN GRES FINE PORCELLANATO**

A sezione piena e omogenea greificata a tutto spessore, composto da impasto finissimo di argille pregiate, con aggiunta di feldspati e caolini, ottenute per pressatura (450 kg/cm<sup>2</sup>) di impasto atomizzato. Temperatura di cottura 1250°C. Percentuale di assorbimento <0,05% (EN 99). Resistente agli sbalzi di temperatura (EN 104). Colori stabili alla luce ed ai raggi U.V.. Resistenza alla flessione >50 N/mm<sup>2</sup> (DIN 51090 - EN 100). Durezza >8° grado (DIN 18166 - EN 101) Scala MOHS. Dilatazione termica lineare 6,5xK<sup>-1</sup> (EN 103). Resistenza acidi (EN 106). Antigelo (EN 202). Resistenza all'abrasione profonda perdita di volume <130 mm<sup>3</sup> (UNI EN 102). Ininfiammabile. Gruppo di appartenenza secondo le norme EN 176 Gruppo B 1 completamente vetrificate.

Formati 20x20 – 30x30 cm. Finitura lucida. Colore a scelta della D.L..

Le piastrelle verranno incollate sul massetto in calcestruzzo di cemento.

I pavimenti antiscivolo devono rispondere alle caratteristiche antisdrucciolo, con coefficiente di attrito superiore a 0.40 secondo norme B.C.R.A., norme UNI EN 176, colore a scelta della D.L., con superficie lucida o opaca, a forma quadrata, delle dimensioni cm 20x20 – 30x30 e dello spessore minimo di mm. 8-10, poste in opera con adatto collante su massetto già predisposto e perfettamente livellato.

### **77.13 PAVIMENTAZIONE IN PIETRA DA TAGLIO**

Le forme e dimensioni di ciascun concio in pietra da taglio dovranno essere perfettamente conformi ai disegni dei particolari consegnati all'Appaltatore, od alle istruzioni che all'atto dell'esecuzione fossero eventualmente date dalla Direzione. Inoltre ogni concio dovrà essere sempre lavorato in modo da potersi collocare in opera, secondo gli originari letti di cava.

Per la posa in opera si potrà far uso di zeppe volanti, da togliere però immediatamente quando la malta rifluisce nel contorno della pietra battuta a mazzuolo sino a prendere la posizione voluta.

La pietra da taglio dovrà essere messa in opera con malta idraulica o di cemento, secondo le prescrizioni del presente Capitolato speciale, e, ove occorra, i diversi conci dovranno essere collegati con grappe od arpioni di rame, saldamente suggellati entro apposite incassature praticate nei conci medesimi.

Le connessioni delle facce viste dovranno essere profilate con cemento a lenta presa, diligentemente compresso e lisciato mediante apposito ferro.

**77.14 PAVIMENTI IN PIASTRELLE DI CERAMICA MONOCOTTURA**

Per i pavimenti in piastrelle di ceramica monocottura si farà riferimento all'apposito articolo dell'elenco prezzi unitari e si useranno le stesse norme stabilite per i pavimenti in grés mattonelle di cemento.

**77.15 PAVIMENTI IN LINOLEUM**

Dovranno essere realizzati con teli omogenei monostrato, con finitura superficiale liscia o leggermente goffrata con aspetto tenuemente marmorizzato nel colore a scelta della D.L., calandratati su sopporto in juta e conformi alle norme UNI EN 548 e UNI EN 12466.

I teli dovranno essere costituiti da conglomerato di ossipolimero oleoresinoso, farine di legno e sughero, resine naturali e pigmenti colorati.

I teli saranno di altezza non superiore a 200 cm, spessore di almeno 3 mm

Nella lavorazione è compresa la fornitura di tutti i profili di raccordo con pavimentazioni diverse, la realizzazione di cornici perimetrali e inserti di diverso colore e la saldatura tra gli elementi con idonei giunti di incollaggio.

**77.16 PAVIMENTI IN PVC**

Si tratta di pavimenti vinilici omogenei pressati antistatici, battericida e fungicida, anche adatti ad ambienti ad elevato traffico.

Dovranno possedere finitura superficiale liscia o leggermente goffrata con aspetto e colore a scelta della D.L.. La superficie dovrà essere trattata con strato in poliuretano o con altro trattamento superficiale per una facile manutenzione.

I teli saranno di altezza non superiore a 200 cm, spessore di almeno 2 mm. Peso g/mq 2700. Resistenza allo scivolamento almeno pari a R9. Reazione al fuoco Bfl-s1.

I teli dovranno essere posati con idoneo collante su sottofondo liscio e planare, preventivamente sottoposto a rasatura, asciutto (umidità < 2,5%) e privo di crepe. Successivamente, si procederà alla saldatura a caldo dei giunti con apposito cordolo.

Dovrà essere realizzato inoltre lo zoccolo a parete dotato di guscio di altezza non inferiore a 8 cm.

Nella lavorazione è compresa la fornitura di tutti i profili di raccordo con pavimentazioni diverse, la realizzazione di cornici perimetrali e inserti di diverso colore e la saldatura tra gli elementi con idonei giunti di incollaggio.

**77.17 TRATTAMENTO OLEO-IDRICO REPELLENTE ANTIMACCHIA PER SUPERFICI IN CALCESTRUZZO**

Il trattamento dovrà essere realizzato mediante l'applicazione con idonea pompa a spruzzo con airless oppure con pennello, di formulato oleo-idro repellente, antimacchia, in grado di ridurre drasticamente l'assorbimento delle sostanze oleose e delle soluzioni acquose sulle superfici in calcestruzzo, pietra naturale, materiali lapidei e cementizi. Il formulato (tipo Mapecrete Stain Protection) deve essere un prodotto monocomponente in dispersione acquosa a base di microemulsioni ed avere le seguenti caratteristiche prestazionali:

- Consistenza: liquido
- Colore: trasparente
- Densità (g/cm<sup>3</sup>): 1,0
- Contenuto ioni cloruro (requisito minimo  $\leq 0,05\%$  - secondo EN 1015-17 (%)) :  $\leq 0,05$
- pH: 8
- Assorbimento per immersione in olio (EN13580 modificato con olio) (%):  $< 0,35$
- Assorbimento capillare (EN 13057) (kg/m<sup>2</sup> · h<sup>0,5</sup>):  $< 0,25$

Prima dell'applicazione, le superfici di calcestruzzo dovranno essere adeguatamente stagionate, perfettamente pulite, asciutte, prive di tracce di polvere, grassi ed oli disarmanti.

**77.18 PAVIMENTI IN GETTO DI CEMENTO**

Sul massetto in conglomerato cementizio verrà disteso uno strato di malta cementizia con inerti di almeno tre pezzature e dosata con tre quintali e mezzo di cemento 425 per metro cubo di calcestruzzo vibrato in opera.

La superficie della pavimentazione a vibrazione ultimata dovrà presentare un leggero affioramento di malta, sufficiente per la perfetta chiusura e lisciatura del piano del pavimento.

Non saranno assolutamente permesse aggiunte in superficie di malta cementizia anche se questa fosse confezionata con una più ricca dosatura di cemento.

Prima che il calcestruzzo inizi la presa e quando il piano sia sufficientemente asciutto si dovrà striare trasversalmente la pavimentazione con una scopa di saggina, così da renderla sicuramente scabra.

Si avrà particolare cura affinché i bordi dei giunti longitudinali e trasversali siano leggermente arrotondati con una curva di raggio di centimetri uno, e siano rifiniti in piano perfetto con la rimanente pavimentazione.

**77.19 PAVIMENTAZIONE INDUSTRIALE**

Costituita da conglomerato cementizio confezionato a macchina, dosato a minimo 300 kg di cemento tipo R 3.25 per metro cubo di inerte a granulometria regolamentare, armato con rete elettrosaldata costituita da tondini in acciaio B450C di diametro 6 mm e maglia 20x20 cm e con strato superficiale antiusura ed antiolio costituito da aggregato minerale al quarzo corindone, additivi disperdenti ed ossidi coloranti in ragione di 5 kg/mq.

Il pavimento inoltre dovrà essere in possesso di un coefficiente di attrito conforme a quanto previsto dal DPR 24 luglio 1996, n.503 recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici.

Dovrà essere eseguito con adeguate pendenze e con giunti elastici di frazionamento in pvc formanti riquadri da 4.00x4.00 m e comunque non superiori a 20.00 mq.

Dovrà essere eseguito l'isolamento perimetrale contro le murature con strisce di polistirene espanso dello spessore di 10 mm, l'idonea protezione delle pareti perimetrali per un'altezza fino a 1.00 m, la posa di profilo angolare in acciaio in corrispondenza delle soglie, la levigatura finale, la successiva pulitura superficiale con idonei detergenti e la risciacquatura assorbendo l'acqua in eccesso con idonei sistemi.

**77.20 SPOLVERO DI QUARZO**

Finitura superficiale realizzata con spolvero superficiale di cemento a 400kg/mc e sabbietta di quarzo colorato a scelta della D.L.. La miscela di cemento e sabbia silicea verrà seminata direttamente sul calcestruzzo fresco durante la prima fase di indurimento che viene poi sottoposto a frattazzatura e lisciatura meccanica mediante l'uso di appositi macchinari. La superficie verrà trattata con una finitura antiscivolo denominata "scopata", che riesce a garantire un buon grip superficiale. Compresa l'esecuzione dei giunti di dilatazione, poi sigillati con guaina in pvc.

**77.21 PAVIMENTO SOPRAELEVATO**

Dovrà essere accessibile ed ispezionabile, H. finita pari a 220 mm, realizzato con:

- pannelli aventi dimensioni pari a 600x600 mm e spessore finito di 29mm (tolleranza dimensionale da  $\pm 0,20$  a  $\pm 0,40$  mm), costituiti da anima in truciolare di legno riciclato certificato FSC e resine, di densità compresa tra 650 e 750 kg/mc, incapsulati in lamiere di acciaio zincato di spessore compreso tra 0,40 e 0,45 mm, opportunamente fissate tra loro con giunti di irrigidimento ottenuti mediante doppia piegatura meccanica ribattuta lungo i bordi perimetrali superiori, con incollaggio vinilico a due componenti. I pannelli dovranno essere in classe BfS1 di reazione al fuoco e in classe REI 30 di resistenza al fuoco, valutati secondo la norma UNI EN 12825 in:
- classe carico massimo 4,
- classe flessione A,
- classe fattore di sicurezza 3,
- potere fonoisolante in trasmissione aerea  $D_{n,f,w}$  46 dB e in trasmissione da impatto  $L_{n,f,w}$  69 dB.

I pannelli dovranno essere appoggiati alla struttura sottostante senza traversi e predisposti per l'autocentraggio sulle guarnizioni dei supporti e per la successiva applicazione di finitura.

E' compresa la fornitura e posa in opera di struttura di sostegno in supporti regolabili in altezza realizzati completamente in acciaio zincato, costituiti da una piastra di testa tonda di spessore 2 mm opportunamente sagomata per ricevere per saldatura una barra filettata di diametro 16 mm e da piastra di base quadrata o circolare di spessore 2 mm opportunamente sagomata per ricevere per saldatura un tubo di diametro 22 mm con boccia filettata, il tutto assemblato per avvitamento con idonei dadi, così da costituire un piedino regolabile in altezza con bloccaggio per mezzo di un dado di regolazione micrometrica, finito superiormente con guarnizione in materiale plastico conduttivo di appoggio e dotata di guida al posizionamento dei pannelli in classe A1fl per la reazione al fuoco; la struttura sarà inoltre completa di traversi leggeri in profili a U, con guarnizioni in polietilene autoestinguenti.

Successiva finitura autoposante in elementi in gres porcellanato nel formato 60 x 60 cm, posati a giunto unito per interni di 1^ scelta commerciale, conformi alle norme UNI EN, grado di resistenza all'abrasione metodo PEI gruppo IV, in possesso di un coefficiente di attrito conforme a quanto previsto dal DPR 24 luglio 1996, n. 503 recante le norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici. Compresa la formazione di soglie e contorni con pezzi speciali.

In alternativa, i pannelli possono essere costituiti da anima ad alta resistenza meccanica (resistenza a un carico massimo concentrato fino a 5,5 kN, secondo la norma UNI EN 12825, classe flessione A, autoestinguente ed anti scricchiolio, con finitura superiore vinilica di colore a scelta della D.L..

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

Valutato a metro quadrato di superficie eseguita.

**Art. 78 RIVESTIMENTI DI PARETI**

La posa in opera di rivestimenti di qualsiasi tipo, o genere, dovrà essere effettuata in modo da ottenere piani perfettamente orizzontali e/o con adeguate pendenze, dove è necessario lo smaltimento di liquidi o di acque meteoriche. I singoli elementi dovranno accoppiarsi esattamente tra di loro e risultare perfettamente fissati al sottofondo.

Gli elementi, di qualsiasi tipo o dimensione, devono essere posti in opera in modo da conferire esattamente fra di loro e aderire perfettamente alle strutture retrostanti. I materiali di tipo poroso, prima del loro impiego, devono essere immersi nell'acqua fino a saturazione. A lavoro ultimato i giunti devono risultare perfettamente allineati, a piombo e livellati; le connessioni devono essere stuccate in conformità alle indicazioni della D.L.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

V. paragrafo "PAVIMENTI INTERNI".

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Il prezzo comprende sempre il rinzafo da eseguire sulle murature o strutture sottostanti prima della posa del rivestimento, e tutti gli oneri per la corretta posa in opera, anche se questa deve essere eseguita con discontinuità in relazione alla posa di canalizzazioni, impianti, ecc. Comprende inoltre l'onere della posa in opera di accessori forniti dalla D.L. sia incassati, sia applicati a mezzo di tappi o tasselli. Ove richiesto, e previsto dalla descrizione dei singoli prezzi, si deve provvedere alla formazione di spigoli, raccordi, terminali, ecc. a mezzo dei pezzi speciali, o con taglio degli elementi sotto qualsiasi angolo.

Qualora i rivestimenti risultassero in tutto od in parte danneggiati durante la visita del collaudo definitivo l'Appaltatore dovrà a sua cura e spese ricostruire le parti danneggiate.

Tutti i prodotti impiegati dovranno giungere in cantiere nel loro imballo originale ed essere esenti da qualsiasi difetto o danneggiamento. Sarà obbligo dell'Appaltatore fornire gli elementi per carichi omogenei, il più possibile corrispondenti ai singoli lotti di montaggio. Non saranno accettati materiali e sfridi provenienti da precedenti lavorazioni.

Tutte le lavorazioni e le opere compiute e i materiali dovranno essere, oltre che rispondenti alle specifiche di cui al presente capitolato e ad ogni altro elaborato di progetto, perfettamente idonee all'uso cui sono destinate.

La totale responsabilità dell'Appaltatore non verrà meno per eventuali carenze totali o parziali di indicazioni negli elaborati di progetto, intendendosi che dovrà essere cura dell'Appaltatore procurarsi ogni informazione non solo sulla qualità delle opere ma anche sull'uso al quale esse sono destinate.

Particolare cura dovrà porsi nella posa in opera degli elementi, in modo che questi, a lavoro ultimato, risultino perfettamente aderenti al retrostante intonaco.

Pertanto i materiali porosi prima del loro impiego dovranno essere immersi nell'acqua sino a saturazione e dopo aver abbondantemente innaffiato l'intonaco delle pareti, alle quali deve applicarsi il rivestimento, saranno allettati con malta cementizia normale, nella quantità necessaria e sufficiente.

Gli elementi del rivestimento dovranno perfettamente combaciare fra di loro e le linee dei giunti, debitamente stuccate con cemento bianco o diversamente colorato dovranno risultare, a lavoro ultimato, perfettamente allineate. I rivestimenti dovranno essere completati con tutti gli eventuali gusci di raccordo ai pavimenti e agli spigoli, con eventuali listelli, cornici ecc.

A lavoro ultimato i rivestimenti dovranno essere convenientemente lavati e puliti.

Altezza prevista dei rivestimenti interni H=2.20 m.

Prima di iniziare i lavori si procederà ad una accurata pulizia e bagnatura dei paramenti murari interessati dalle lavorazioni ed a stendere quindi la colla di attacco con idonei frettazzi dentellati.

Sulla superficie di posa così realizzata, si collocheranno le piastrelle ad una ad una, avendo cura di adattare e di contrapporre così da compensare le ammesse differenze di calibro e di squadra, scartando comunque gli elementi difettosi.

L'intonaco dove si dovrà porre il rivestimento dovrà essere abbondantemente annaffiato.

Le piastrelle saranno poste in opera direttamente sulla parete se trattasi di pareti in conglomerato cellulare o cartongesso.

In corrispondenza di sporgenze, rientranze o di forme qualunque irregolari, le piastrelle dovranno essere perfettamente adattate alle forme stesse mediante appositi ed idonei tagli.

Le connessioni tra le file delle piastrelle non dovranno risultare maggiori di mm 2,00.

L'Appaltatore dovrà assicurarsi della perfetta adesione degli elementi alla malta sottostante. Poco dopo finito ogni tratto di pavimento, si dovrà procedere alla pulizia delle piastrelle mediante lavaggio con tela di juta o simili, inzuppati di acqua così da asportare dalla superficie e dagli interstizi l'eventuale colla di posa che dovesse essere stata rigurgitata.

Dopo 24 ore dalla posa degli elementi, si dovrà procedere alla sigillatura delle connessioni colmandole perfettamente con idoneo stucco.

Eseguita la sigillatura degli interstizi, il pavimento dovrà essere ripulito dai residui della malta mediante ripetuti sfregamenti delle superfici con spugne di gomma. Per questa pulizia non è consentito usare la segatura.

Le piastrelle, prima del loro impiego, dovranno essere bagnate a rifiuto per immersione.

Per le stuccature si impiegherà un impasto molto fluido di cemento bianco, oppure colorato con idonei, miscelato con sabbia molto fine nelle proporzioni: 2 parti di cemento ed 1 di sabbia.

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

Valutato a metro quadrato di superficie eseguita.

**Art. 79 GIUNTI DI DILATAZIONE****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****79.1 ALLUMINIO**

Caratteristiche del materiale:

Materiale	Alluminio 6060	Alluminio 6063
Resistenza a trazione		
Tensione di snervamento Rp 0,2	min. 160 N/mm <sup>2</sup>	min. 215 N/mm <sup>2</sup>
Tensione a rottura Rm	min. 215 N/mm <sup>2</sup>	min. 245 N/mm <sup>2</sup>
Allungamento A5	min. 6%	min. 6%
Durezza		
Numero di orientamento	ca. 10-13	ca. 10-15: secondo Webster B
Numero di orientamento	ca. 60	ca. 70: secondo Vickers
Conducibilità termica a 20°C	190 W/m °C	190 W/m °C
Densità	2,7 kg/dm <sup>3</sup>	2,7 kg/dm <sup>3</sup>
Coefficiente di dilatazione termica	23 x 10 <sup>-6</sup> / °C	23 x 10 <sup>-6</sup> / °C
Modulo di elasticità	70.000 N/mm <sup>2</sup>	70.000 N/mm <sup>2</sup>
Modulo di rigidità	27.000 N/mm <sup>2</sup>	27.000 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente di Poisson	0,33	0,33
Resistenza al fuoco	A1	A1

**79.2 INSERTI****79.2.a INSERTI IN GOMMA E PVC**

Gli inserti realizzati con questo materiale sono prodotti con una combinazione di componenti in gomma e PVC speciale (tipo NITRIFLEX®). Questo materiale viene applicato in giunti strutturali soggetti a traffico pesante in modo rapido ed economico, usando la tecnologia della saldatura termoplastica. Sono caratterizzati da un massimo allungamento a rottura, da una ottima durabilità e resistenza chimica, sono resistenti all'invecchiamento e a soluzioni acide e alcaline, all'ossigeno, a olii, microbi e raggi UV e da un valore di elasticità costante nel tempo. Tale materiale è privo di piombo, cadmio, formaldeide e idoneo ad uso esterno.

Caratteristiche del materiale:

Durezza A	67 +/- 5 gradi	DIN 53505
Densità	1,25 +/- 0,02 g/m <sup>3</sup>	ISO R 1183
Resistenza a trazione	≥ 10 N/mm <sup>2</sup>	ISO R 527-2
Allungamento a rottura	≥ 350 %	ISO R 527-2
Allungamento a strappo a 23 °C	≥ 350 %	DIN 53504
Resistenza allo strappo a -20°C	≥ 200 %	DIN 53504
Tolleranza lineare	+/- 0,7 %	DIN 16941
Coefficiente di dilatazione termica	15 - 17 x 10 <sup>-5</sup> K <sup>-1</sup>	DIN 53752
Resistenza al fuoco	B2	

**79.2.b INSERTI IN PVC**

Gli inserti realizzati con questo materiale sono prodotti con PVC plastico (tipo BESAFLEX®) e sono caratterizzati da buone prestazioni tecniche ed alta economicità. Tale materiale è privo di piombo, cadmio, formaldeide e idoneo ad uso esterno.

Gli inserti in PVC plastico morbido possono essere comunemente utilizzati in tutti i casi di sollecitazioni standard e sono resistenti all'invecchiamento e a soluzioni acide e alcaline, all'ossigeno e non perdono le loro caratteristiche nel tempo.

Caratteristiche del materiale:

Durezza A	75 +/- 5 gradi	DIN 53505
Densità	1,4 +/- 0,03 g/m <sup>3</sup>	ISO R 1183
Resistenza a trazione	≥ 8 N/mm <sup>2</sup>	ISO R 527-2
Allungamento a rottura	≥ 275 %	ISO R 527-2
Allungamento a strappo a 23° C	≥ 275 %	DIN 53504
Resistenza allo strappo	≥ 12 N/mm <sup>2</sup>	ISO 34-1
Tolleranza lineare	+/- 0,7 %	DIN 16941
Coefficiente di dilatazione termica	15 - 17 x 10 <sup>-5</sup> K <sup>-1</sup>	DIN 53752
Resistenza al fuoco	B2	

#### 79.2.c INSERTI IN TPE

Gli inserti realizzati con questo materiale sono prodotti con elastomero termoplastico. Gli elastomeri sono polimeri mescolati a gomma sintetica. Tale materiale è privo di piombo, cadmio, formaldeide e idoneo ad uso esterno.

È un materiale ideale per utilizzo in strutture sottoposte a grossi movimenti, con frequenti variazioni di carichi e temperatura. La saldatura di questo materiale richiede una vulcanizzazione.

Caratteristiche del materiale:

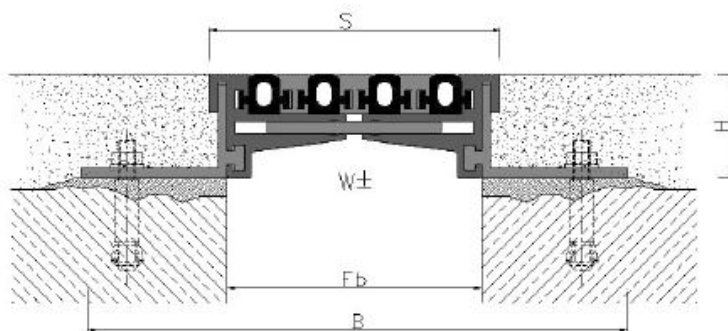
Durezza A	62 +/- 5 gradi	DIN 53505
Densità	1,11 +/- 0,03 g/m <sup>3</sup>	ISO 2781
Resistenza a trazione	≥ 12 N/mm <sup>2</sup>	DIN 53504
Allungamento a strappo	800 %	DIN 53504
Resistenza a rottura	27 N/mm <sup>2</sup>	ISO 34 metodo C
Tolleranza lineare	+/- 0,5 %	ISO 3302-1
Coefficiente di dilatazione termica	15 - 17 x 10 <sup>-5</sup> K <sup>-1</sup>	DIN 53752
Temperatura di esercizio	> - 60° C	BS 2782, parte 1
Tensione residua a compressione	≤ 0 %	ISO 815 tipo B
Resistenza ai raggi UV e ozono	non provocano strappi e rotture	ISO 1431/1
Resistenza al fuoco	B2	

### NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

#### 79.3 INSTALLAZIONE GIUNTI PER PAVIMENTI

Caratteristiche:

Giunto strutturale tipo HALFEN o similare in alluminio e Nitriflex ® secondo DIN 18 541, a perfetta tenuta, adatto per zone sismiche, con inserto intercambiabile, da posare sulla soletta, compresi tutti gli accessori, i tasselli di fissaggio, i pezzi speciali, i certificati di prova, caratteristiche e resistenze chimico-fisiche e certificati ISO.



Larghezza del giunto (Fb): 80 mm  
 Altezza del profilo (H): in base all'altezza del massetto  
 Dilatazione (w +/-): 18 mm

Fb [mm]	080	100
H [mm]	35 / 40* / 50 / 55* / 60 / 80 / 100	
B [mm] ca.	185 (205*)	205 (225*)
S [mm] ca.	100	120
w [mm] ca.	18 (± 9)	24 (± 12)
Colore	nero, grigio	
Materiale	NITRIFLEX®, alluminio	
Lunghezza standard	4 m	

Indicazioni generali di posa:

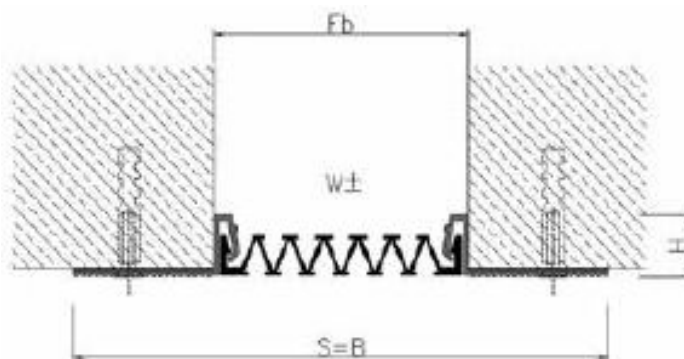
- La larghezza del giunto deve essere uguale sia nel sottofondo che nel pavimento.
- Preparare i bordi del giunto prima della posa.
- Le superfici del giunto in alluminio che verranno poi in contatto con il pavimento, devono essere pulite prima dell'installazione, o sgrassate con un comune detergente.
- Provvedere se necessario a livellare il sottofondo prima di posare il giunto sulla soletta. In caso usare uno strato di malta plastica (s D = 5,5 N/mm<sup>2</sup>) su tutta la superficie d'appoggio del giunto, oppure utilizzare spessori metallici.
- Per garantire un idoneo fissaggio alla soletta (deve essere almeno di cls Rck >250), i tasselli devono essere opportunamente dimensionati in funzione dei carichi. Utilizzate tasselli ad espansione.
- Rispettate le distanze minime dei tasselli dai bordi.
- Se viene usato uno strato sigillante superficiale, sigillare anche gli ancoraggi.
- Se necessario applicate un prodotto sigillante tra il pavimento e il profilo del giunto.

#### 79.4 INSTALLAZIONE GIUNTI PER PARETI E SOFFITTI

Caratteristiche:

Giunto strutturale tipo HALFEN o similare in alluminio e Besaflex® secondo DIN 18 541, a perfetta tenuta, adatto per zone sismiche, con inserto intercambiabile, da posare su superfici finite / sotto intonaco, compresi tutti gli accessori, i tasselli di fissaggio, i pezzi speciali, i certificati di prova, caratteristiche e resistenze chimico-fisiche e certificati ISO.

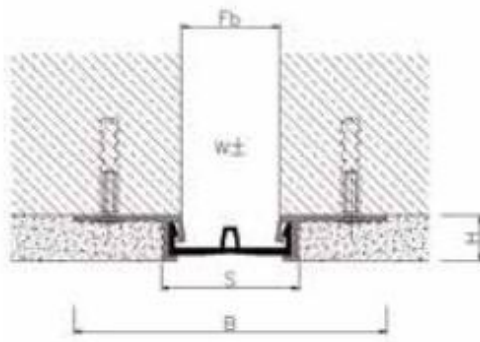
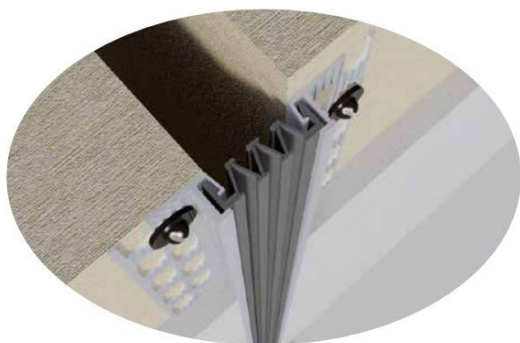
GIUNTI SU SUPERFICI FINITE



Larghezza del giunto (Fb): 80 mm  
 Altezza del profilo (H): 15 mm  
 Dilatazione (w +/-): 45 mm

<b>F<sub>b</sub> [mm]</b>	30	50	80	120	200	280	350
<b>H [mm]</b>	15	15	15	15	15	15	15
<b>B [mm] ca.</b>	120	140	170	210	290	370	440
<b>S [mm] ca.</b>	120	140	170	210	290	370	440
<b>w [mm] ca.</b>	10 (+8/-2)	30 (+20/-10)	45 (+30/-15)	65 (+45/-20)	90 (+50/-40)	125 (+80/-45)	150 (+100/-50)
<b>Colore</b>	nero, grigio						
<b>Materiale</b>	BESAFLEX <sup>®</sup> , alluminio						
<b>Lunghezza standard</b>	4 m						

## GIUNTI SOTTO INTONACO



Larghezza del giunto (F<sub>b</sub>): 80 mm  
 Altezza del profilo (H): 17 mm  
 Dilatazione (w +/-): 45 mm

<b>F<sub>b</sub> [mm]</b>	30	50	80	120	200	280	350
<b>H [mm]</b>	17	17	17	17	17	17	17
<b>B [mm] ca.</b>	100	130	160	180	280	360	430
<b>S [mm] ca.</b>	34	60	95	115	210	295	365
<b>w [mm] ca.</b>	10 (+8/-2)	30 (+20/-10)	45 (+30/-15)	65 (+45/-20)	125 (+80/-45)	125 (+80/-45)	150 (+100/-50)
<b>Colore</b>	nero, grigio						
<b>Materiale</b>	BESAFLEX <sup>®</sup> , alluminio						
<b>Lunghezza standard</b>	4 m						

## Indicazioni generali di posa:

- 1) Per giunti di lunghezza superiore alla lunghezza standard dei profili in alluminio (4 m) è consigliabile acquistare separatamente profili e inserti in gomma, ordinando gli inserti in un pezzo unico della lunghezza necessaria, al fine di evitare giunzioni.
- 2) Per inserire gli inserti in gomma procedere, se possibile, dall'alto verso il basso. A questo proposito, dopo avere introdotto l'inserto nel primo tratto del profilo, schiacciate con le pinze la canaletta del profilo ogni 20/30 cm per un tratto complessivo di circa 2 m. In questo modo l'inserto, nel tempo, non scivolerà verso il basso a causa del proprio peso. Eseguire questa operazione solamente per i primi due metri di giunto.
- 3) Potete quindi procedere al fissaggio del primo tratto di giunto alla parete mediante:
  - a) fissaggi meccanici
  - b) incollaggio e fissaggi

c) incollaggio (solo per interni)

Durante tali operazioni, verificare che l'inserto in gomma sia installato correttamente: la larghezza del giunto dopo la sua installazione deve corrispondere alla dimensione S (in mm) indicata profilo per profilo.

4) Introdurre la restante parte dell'inserto negli ulteriori tratti di profilo, e procedere al fissaggio alla parete come descritto al punto c. È possibile facilitare lo scorrimento dell'inserto nell'interno della canaletta bagnando il profilo in alluminio con acqua saponata.

5) Una alternativa al sistema di bloccaggio per gli inserti descritto al punto 2) è quella di lasciare l'inserto più lungo nella parte superiore, e fissarlo meccanicamente alla parete o al soffitto (ad esempio in locali controsoffittati).

6) Per una più facile installazione, i profili possono essere forniti con piastrine addizionali di fissaggio.

#### **79.5 INSTALLAZIONE GIUNTI DI SEZIONAMENTO**

Indicazioni generali di posa:

a) Prima dell'installazione, le superfici del giunto in alluminio che verranno poi a contatto con il pavimento devono essere pulite, o sgrassate con un comune detergente.

b) Allineare i profili mettendoli a livello e allettandoli in un primo strato di malta fresca, assicurandosi che il bordo superiore del profilo sia a livello con la superficie del pavimento finito. Assicurarsi che la malta penetri attraverso i fori del profilo in alluminio del giunto e livellare.

c) Dopo che questo primo strato di malta ha fatto presa e prima di procedere con il sottofondo e con la pavimentazione, lo strato di base può essere trattato con una opportuna malta aggrappante liquida.

d) Stendere il secondo e definitivo strato di malta (sottofondo) e posare il pavimento. È importante lasciare una fuga tra il giunto e il pavimento, che verrà stuccata successivamente.

#### **NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 80 LATTONERIE**

I manufatti ed i lavori in genere dovranno essere delle dimensioni e delle forme richieste, lavorati con la massima precisione ed a perfetta finitura.

Detti lavori saranno dati in opera, salvo diversa disposizione, completi di ogni accessorio necessario a loro perfetto funzionamento, nonché completi di pezzi speciali e sostegni di ogni genere.

Il collocamento in opera comprenderà altresì ogni occorrente prestazione muraria ed ancora il lavoro completo di verniciatura protettiva, da eseguire secondo prescrizione.

Le giunzioni dei pezzi saranno effettuate mediante chiodatura, ribattiture, rivettature, aggraffature, saldature o con sistemi combinati, sulla base di quanto disposto in particolare dalla Direzione Lavori ed in conformità ai campioni che dovranno essere presentati per l'approvazione.

L'Appaltatore avrà anche l'obbligo di presentare, a richiesta della stessa Direzione Lavori, gli esecutivi delle varie opere, tubazioni, canali di raccolta, ecc., completi dei relativi calcoli di verifica e di apportarvi, se necessario, tutte le modifiche eventualmente richieste in sede di preventiva accettazione.

L'Appaltatore, per ciascuna partita di materiali che impiegherà nella preparazione dei manufatti, dovrà fornire alla Direzione Lavori il relativo certificato di provenienza con l'esito delle prove alle quali sono stati sottoposti in fabbrica oppure presso Laboratori Ufficiali.

Direzione Lavori e Collaudatore si riservano di fare eseguire dei prelievi di campioni di materiali da sottoporre a prove in base alle normative. Le spese relative saranno a carico dell'Appaltatore.

L'Appaltatore dovrà presentare per l'approvazione una doppia serie di campioni dei materiali di impiego e dei nodi più significativi dei manufatti. Detti campioni dovranno essere approvati dal Direttore dei Lavori: una serie sarà conservata dall'appaltatore ed una serie della Direzione lavori.

Senza l'approvazione scritta, da parte della Direzione lavori, i lavori sia in officina che in cantiere, non potranno avere inizio.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****80.1 LATTONERIE IN ALLUMINIO**

I manufatti in alluminio dovranno essere delle dimensioni e forme richieste, lavorati a regola d'arte, con la maggiore precisione.

Tali lavori saranno dati in opera completi in ogni accessorio necessario al loro perfetto funzionamento, come raccordi, coperchi, viti di spurgo in ottone o bronzo, pezzi speciali e sostegni di ogni tipo (braccetti, grappe, etc.).

Prima dell'inizio delle opere l'Impresa dovrà presentare alla DL, per l'approvazione, i progetti esecutivi di officina e di montaggio delle varie opere, tubazioni, reti di distribuzione, di raccolta, etc. completi dei relativi calcoli e disegni. Inoltre dovrà apportare tutte le modifiche richieste da parte della DL stessa.

Le giunzioni dei pezzi saranno fatte a cannocchiale mediante chiodature o saldature, secondo quanto prescritto dalla DL.

**LAMIERA DI ALLUMINIO**

Salvo diverse prescrizioni sull'uso di leghe speciali, si userà lamiera di alluminio in lega primaria alluminio magnesio-silicio di cui alle norme UNI in esser allo stato bonificato di tipo adatto per ossidazione anodica.

Lo spessore della lamiera non dovrà essere inferiore a 6/10 di mm, salvo diverse prescrizioni riportate sugli elaborati di progetto.

La lamiera sarà conforme alla Norme UNI realizzata con lega di alluminio e manganese ad alta resistenza.

La lamiera dovrà essere esente da ogni difetto di materiale e di lavorazione.

La finitura delle lamiere sarà:

- naturale non anodizzato
- preverniciato colore RAL secondo le indicazioni di progetto o della Direzione Lavori.

**PREVERNICIATURA**

Dovrà seguire il seguente ciclo:

Pretrattamento: prima della verniciatura la lamiera verrà ripulita e sgrassata con bonderizzazione in bagno, entrambe le facce subiranno un processo di fosfocromatizzazione al fine di ottenere un'ottima base per l'adesione del primo strato di vernice.

Primo strato: il primo strato sarà ottenuto mediante l'applicazione su entrambi i lati di una mano di vernice a base di resine epossidiche-fenoliche dello spessore di circa 5 micron per lato e polimerizzazione in forno a circa 350°C.

Secondo strato: il secondo strato sarà ottenuto con l'applicazione di fluoruro di polivinile (PVF); l'applicazione avverrà su un solo lato con uno spessore di 20 micron e polimerizzazione in forno a circa 320°C.

Non sono ammessi ritocchi in opera sulle lamiere preverniciate. Le lamiere deteriorate dovranno essere sostituite con altre integre, a cura e spese dell'Appaltatore stesso, ciò a giudizio insindacabile della Direzione Lavori.

**FISSAGGI**

Collegamenti e fissaggi saranno creati in maniera tale che, a causa di sbalzi di temperatura, i singoli elementi possano dilatarsi, contrarsi e spostarsi senza ostacoli, garantendo nel tempo la massima completa impermeabilità.

Chiodi, rivetti, viti, bulloni, graffe, rondelle, inserti ad espansione, alloggiamenti per fissaggio, scossaline ed altri apparecchi di fissaggio, saranno del tipo e dimensioni più indicate per il loro impiego.

Ribattini e rivetti, se in rame, verranno stagnati.

Bullonerie, viti o morsetterie dovranno essere in acciaio inossidabile.

Potranno essere presi in considerazione tipi speciali di fissaggio ed applicati se approvati dalla Direzione Lavori.

I fissaggi, dovranno essere eseguiti a regola d'arte e senza recare danni (anche estetici) alle strutture di supporto.

Sarà tassativamente escluso l'impiego di chiodi o graffe sparate per il fissaggio dei manufatti.

In particolare, dovranno essere osservate le seguenti indicazioni in merito alle unioni delle lamiere della copertura:

- tutti i collegamenti e fissaggi, se non diversamente specificato, saranno eseguiti mediante aggraffatura;

- le brasature saranno ammesse solo se eseguite a scomparsa totale;
- la larghezza dei cordoni di brasatura non sarà inferiore ai 15 mm;
- non sarà ammesso il fissaggio delle lamiere con l'utilizzo di viti;
- non sarà ammesso l'uso di mastici elastici per unione delle lamiere;

#### GIUNZIONI

Dove non vi siano descrizioni specifiche riguardo alle giunzioni dovranno essere rispettate le seguenti indicazioni.

In genere le giunzioni devono comunque essere ridotte al minimo indispensabile. Per tratti molto lunghi devono essere predisposti opportuni giunti che assicurino, oltre alla tenuta, la possibilità di libera dilatazione.

#### ACCESSORI E VARIE

Gli elementi di supporto, i distanziatori, le viti, ecc., dovranno essere di materiale compatibile con l'opera da realizzare ed approvati dalla Direzione dei Lavori.

In particolare essi dovranno essere studiati per garantire la tenuta idraulica e permettere la dilatazione termica dei singoli elementi senza produrre nella lamiera strappi, lacerazioni, ecc..

Dovranno inoltre essere evitati i ponti termici.

### 80.2 LATTONERIE IN ACCIAIO

I manufatti in acciaio dovranno essere delle dimensioni e forme richieste, lavorati a regola d'arte, con la maggiore precisione.

Tali lavori saranno dati in opera completi in ogni accessorio necessario al loro perfetto funzionamento, come raccordi, coperchi, viti di spurgo in ottone o bronzo, pezzi speciali e sostegni di ogni tipo (braccetti, grappe, etc.).

Prima dell'inizio delle opere l'Impresa dovrà presentare alla DL, per l'approvazione, i progetti esecutivi di officina e di montaggio delle varie opere, tubazioni, reti di distribuzione, di raccolta, etc. completi dei relativi calcoli e disegni. Inoltre dovrà apportare tutte le modifiche richieste da parte della DL stessa.

Le giunzioni dei pezzi saranno fatte a cannocchiale mediante chiodature o saldature, secondo quanto prescritto dalla DL.

#### LAMIERA DI ACCIAIO

I materiali saranno in conformità alla UNI EN 10346:2009 "Prodotti piani di acciaio rivestiti per immersione a caldo in continuo - Condizioni tecniche di fornitura".

Lo spessore della lamiera non dovrà essere inferiore a 6/10 di mm, salvo diverse prescrizioni riportate sugli elaborati di progetto. Le tolleranze sullo spessore devono essere secondo la UNI EN 10143:2006 "Lamiere sottili e nastri di acciaio con rivestimento applicato per immersione a caldo in continuo -Tolleranze sulla dimensione e sulla forma".

La lamiera dovrà essere esente da ogni difetto di materiale e di lavorazione.

La finitura delle lamiere sarà:

- preverniciato colore RAL secondo le indicazioni di progetto o della Direzione Lavori.

#### PREVERNICIATURA

Dovrà seguire il seguente ciclo:

Pretrattamento: prima della verniciatura la lamiera verrà ripulita e sgrassata con bonderizzazione in bagno, entrambe le facce subiranno un processo di fosfocromatizzazione al fine di ottenere un'ottima base per l'adesione del primo strato di vernice.

Primo strato: il primo strato sarà ottenuto mediante l'applicazione su entrambi i lati di una mano di vernice a base di resine epossidiche-fenoliche dello spessore di circa 5 micron per lato e polimerizzazione in forno a circa 350°C.

Secondo strato: il secondo strato sarà ottenuto con l'applicazione di fluoruro di polivinile (PVF); l'applicazione avverrà su un solo lato con uno spessore di 20 micron e polimerizzazione in forno a circa 320°C.

Non sono ammessi ritocchi in opera sulle lamiere preverniciate. Le lamiere deteriorate dovranno essere sostituite con altre integre, a cura e spese dell'Appaltatore stesso, ciò a giudizio insindacabile della Direzione Lavori.

#### FISSAGGI

Collegamenti e fissaggi saranno creati in maniera tale che, a causa di sbalzi di temperatura, i singoli elementi possano dilatarsi, contrarsi e spostarsi senza ostacoli, garantendo nel tempo la massima completa impermeabilità.

Chiodi, rivetti, viti, bulloni, graffe, rondelle, inserti ad espansione, alloggiamenti per fissaggio, scossaline ed altri apparecchi di fissaggio, saranno del tipo e dimensioni più indicate per il loro impiego.

Ribattini e rivetti, se in rame, verranno stagnati.

Bullonerie, viti o morsetterie dovranno essere in acciaio inossidabile.

Potranno essere presi in considerazione tipi speciali di fissaggio ed applicati se approvati dalla Direzione Lavori.

I fissaggi, dovranno essere eseguiti a regola d'arte e senza recare danni (anche estetici) alle strutture di supporto.

Sarà tassativamente escluso l'impiego di chiodi o graffe sparate per il fissaggio dei manufatti.

In particolare, dovranno essere osservate le seguenti indicazioni in merito alle unioni delle lamiere della copertura:

- tutti i collegamenti e fissaggi, se non diversamente specificato, saranno eseguiti mediante aggraffatura;
- le brasature saranno ammesse solo se eseguite a scomparsa totale;
- la larghezza dei cordoni di brasatura non sarà inferiore ai 15 mm;
- non sarà ammesso il fissaggio delle lamiere con l'utilizzo di viti;
- non sarà ammesso l'uso di mastici elastici per unione delle lamiere;

#### GIUNZIONI

Dove non vi siano descrizioni specifiche riguardo alle giunzioni dovranno essere rispettate le seguenti indicazioni.

In genere le giunzioni devono comunque essere ridotte al minimo indispensabile. Per tratti molto lunghi devono essere predisposti opportuni giunti che assicurino, oltre alla tenuta, la possibilità di libera dilatazione.

#### ACCESSORI E VARIE

Gli elementi di supporto, i distanziatori, le viti, ecc., dovranno essere di materiale compatibile con l'opera da realizzare ed approvati dalla Direzione dei Lavori.

In particolare essi dovranno essere studiati per garantire la tenuta idraulica e permettere la dilatazione termica dei singoli elementi senza produrre nella lamiera strappi, lacerazioni, ecc..

Dovranno inoltre essere evitati i ponti termici.

#### NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

Tutti i lavori saranno eseguiti a regola d'arte, in maniera tale da garantire un'impermeabilizzazione completa.

Dovranno essere rispettati i disegni di progetto, nonché quelli costruttivi forniti dall'Appaltatore e approvati dalla Direzione Lavori.

Il lavoro sarà eseguito in officina, per quanto possibile.

Il lavoro sarà completato in ogni dettaglio, giuntato accuratamente ed ancorato adeguatamente. I manufatti saranno montati a piombo, a livello, in squadra e nei dovuti allineamenti e relazioni con le altre opere.

Sarà cura dell'Esecutore delle singole lavorazioni verificare che, a seguito del contatto di metalli di natura e nobiltà differenti, non si innescino fenomeni di tipo galvanico con conseguente degrado di alcuni componenti.

Sarà altresì cura dell'Esecutore provvedere, qualora fosse necessario, all'utilizzo di elementi separatori in neoprene o altro materiale dielettrico idoneo. Tali elementi non dovranno ostacolare la realizzazione dei collegamenti come previsto dalla presente specifica e dagli allegati ad essa connessi.

Il metallo sarà sagomato senza rompere né il metallo né il suo rivestimento. Le curvature e le piegature saranno nette e decise. Il metallo sagomato in curvatura sarà corrispondente ai raggi compatibili con lo spessore della lamiera e privo di ingobbamenti, torsioni e serpeggiamenti.

Le lamiere dovranno essere rigidamente assicurate alle strutture di sostegno. Dette strutture dovranno essere precedentemente esaminate dal punto di vista dell'allineamento. Il lavoro non procederà sino a che gli errori di allineamento, eventuali, non saranno stati corretti.

Le opere da lattoniere in aderenza ai manti impermeabili, saranno installate al momento della posa del manto stesso in modo che siano consentite le opportune opere di incorporazione e sovrapposizione, senza che ciò possa danneggiare i manti.

Le scossaline saranno installate dovunque sia necessario assicurare la tenuta dell'acqua, anche se non espressamente indicato in ogni dettaglio del progetto. Le scossaline saranno installate in corrispondenza delle pareti, risalti e dovunque la membrana della copertura termini contro una superficie verticale. Lo spigolo inferiore della scossalina sarà piegato in modo da aderire strettamente contro la membrana della copertura, senza lederla.

Dopo che è stata completata l'installazione, le lamiere saranno ripulite da bitume, sporcizia, macchie e vernici.

Le opere danneggiate saranno riparate seguendo le direttive insindacabili della Direzione Lavori.

La posa delle scossaline e dei manufatti di lattoneria in genere comprenderà l'onere per formazione giunti, per le sovrapposizioni, pezzi speciali, sigillature e tutte le opere da fabbro e murarie, necessarie per vincolare i manufatti alle strutture sottostanti.

Le converse, i compluvi, le scossaline, i colmi, i frontali e simili manufatti, tutte le lattonerie comprese quelle prescritte per i giunti strutturali, avranno forma e sviluppo come prescritto dai disegni di progetto.

Da parte dell'Appaltatore dovranno essere sviluppati i disegni di officina tenendo conto del massimo utilizzando delle lamiere dalle quali devono essere ricavati i singoli manufatti.

Possono essere ammesse piccole varianti rispetto ai disegni di progetto purché preventivamente sottoposte al giudizio della Direzione Lavori e da queste approvate.

Tutte le piegature dei manufatti dovranno essere realizzate con piegatrici meccaniche; le piegature dovranno risultare a spigolo vivo e si dovranno evitare eccessivi stiramenti delle lamiere. Solo in casi particolari potranno essere realizzate a mano piccole parti di manufatti.

Tutti i bordi che resteranno a vista dovranno essere rifiniti in modo da evitare parti taglienti.

Le giunzioni dovranno essere realizzate per sovrapposizione di almeno 5 cm e graffature multiple in modo da garantire la tenuta e permettere la dilatazione dei singoli elementi; le sovrapposizioni dovranno volgere verso gli scarichi.

Saranno invece ammesse giunzioni con rivettature e chiodature con sovrapposizioni di circa 4 cm, con rivetti distanti 5-6 cm l'uno dall'altro e sfalsati, purché sigillate con silicone ad elasticità permanente.

Le parti di lattoneria aderenti alle murature, saranno sigillate con mastice speciale, applicato a pressione con sovrapposizione eventuale di nastri di tenuta.

Dovranno essere realizzate le necessarie connessioni fra le lamiere per assicurare la continuità elettrica (ove richiesta) degli elementi, anche nei confronti del manto di copertura, se realizzato in fogli di lamiera.

#### NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

Salvo diverse indicazioni in elenco prezzi, i criteri di misurazione:

- La lattoneria, sarà valutata a peso, deducendo il peso di tiranti, cicogne, regge e braccialetti realizzati in acciaio, che saranno valutati a parte.
- Tiranti, cicogne, regge e braccialetti in acciaio zincato o acciaio inossidabile saranno valutati a peso.
- Bocchettoni per pluviali e di troppo-pieno, saranno valutati a peso.
- Griglie, cipolle in acciaio inossidabile ecc., saranno valutati a numero.
- La valutazione dei condotti, pluviali e canali di gronda sarà effettuata in base alla loro lunghezza effettiva, misurata sull'asse.
- La valutazione delle converse, dei compluvi e delle scossaline sarà invece effettuata in base alla loro superficie, senza tener conto delle giunzioni, sovrapposizioni, ecc.

**Art. 81 FRANGISOLE IN LEGA DI ALLUMINIO****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

I frangisole dovranno essere in lega di alluminio 6060 secondo UNI EN 573 e UNI EN 755-2 con stato fisico di fornitura T5 dimensionato per una spinta del vento di 80 kg/mq.

Il sistema dovrà essere composto da sottostruttura in tubolare da 80x40x3 fissato alla muratura mediante apposite staffe in acciaio inox spessore 30/10 regolabili in due direzioni per permettere una perfetta messa a piombo. Supporto lamella fissato al tubolare mediante viti autofilettanti in acciaio inox, lamella frangisole fissa a Z di sezione mm.55x76 con percentuale di sezione libera di passaggio del 46% agganciata all'apposito supporto.

La protezione e la finitura delle superfici dei profilati dovranno essere effettuate mediante anodizzazione o verniciatura. L'anodizzazione, a marchio europeo "Euras- Ewaa Qualanod", nel colore dovrà essere eseguita con ciclo completo comprendente le operazioni di decapaggio, sgrassaggio e satinatura chimica. Lo spessore dell'ossido dovrà essere garantito con un valore medio di 15 Microns (classe 15 Microns UN14522-66), salvo particolari richieste della Committenza.

La verniciatura a marchio europeo "Qualicoat" classe 2 con trattamento seaside per ambiente salino, colore a scelta della Direzione Lavori, secondo le tabelle RAL avrà spessore minimo per le parti in vista di 60 Microns e sarà effettuata con un ciclo comprendente:

- Sgrassaggio acido;
- Lavaggio;
- Sgrassaggio acido;
- Lavaggio;
- Lavaggio Demi;
- Chrome free;
- Nebulizzazione demi;
- Asciugatura;
- Verniciatura con polvere poliestere omologata Qualicoat;
- Cottura in forno con temperatura indicata sulle schede tecniche.

I raccordi alla muratura dovranno essere realizzati con un profilo perimetrale in lamiera d'alluminio spessore 20/10 con sviluppo di circa 250mm, finitura come da rivestimento facciata.

Oltre a quanto indicato nella presente voce, gli elementi dovranno avere le caratteristiche indicate nei documenti progettuali allegati.

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 82 SERRAMENTI ESTERNI IN ALLUMINIO**

I serramenti interni ed esterni in lega di alluminio e vetro saranno di diverso tipo e dimensione e dovranno corrispondere alle caratteristiche di seguito riportate; dovranno essere posti in opera da personale specializzato con tutte le assistenze necessarie ed i mezzi ed attrezzature necessarie.

In particolare, l'appalto comprende la progettazione, la fornitura e la posa di porte e finestre in alluminio a taglio termico disposte in corrispondenza delle murature esterne.

Le dimensioni geometriche, il numero e la posizione delle aperture sono indicate sui disegni e alla voce specifica dell'elenco prezzi.

Le opere dovranno essere complete di:

-Vetri

-Tamponamenti ciechi ove previsti;

-Staffaggi con relativa bulloneria, ad esclusione dei ferri di ancoraggio che dovranno essere forniti e messi in opera dall'impresa civile secondo le indicazioni del fornitore della facciata.

-Raccordi con le opere su contorno.

-Raccordi di base e di coronamento.

-Raccordi con i solai.

-Raccordi di collegamento con altre parti della facciata.

-Raccordi di collegamento con i pilastri.

-Raccordi di collegamento con pareti divisorie.

-Raccordi con il controsoffitto.

-Raccordi con il pavimento.

-Raccordi con la canalizzazione di passaggio impianti.

I sopramenzionati raccordi dovranno essere completi di lattonerie, materiale isolante, guaine, sigillature, fissaggi e quant'altro necessario.

Tutte le specchiature, sia vetrate sia cieche, dovranno corrispondere a quanto indicato nell'E.P.U. per ogni tipo di serramento.

Tutti i serramenti sono completi di controtelai realizzati con profili tubolari di acciaio o in legno, completi di zanche a premurare.

Le porte aventi funzione di via di fuga saranno dotate di maniglioni antipanico ad espansione orizzontale su 1° anta ed a due espansioni verticali su 2° anta Push-Bar per le porte a due ante avente le seguenti caratteristiche:

- carter in alluminio/lega di alluminio verniciato;
- barra in alluminio verniciato accorciabile fino a 300 mm;
- scrocchi e catenacci in lega di alluminio, cromato;
- scrocchi laterale e alto/basso autobloccanti;
- funzionamento dall'interno: premendo la barra;
- funzionamento dall'esterno: con chiave e/o con maniglia;
- comprese minuterie metalliche e viti per il fissaggio.

Si ritiene comunque compreso nell'oggetto dell'appalto tutto quanto altro necessario a rendere l'opera completa e funzionante a perfetta regola d'arte secondo quanto indicato nell'elenco prezzi.

Dovranno essere rispettate le leggi italiane vigenti, le norme UNI applicabili e le normative estere citate nei capitoli successivi.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****82.1 MATERIALI E FINITURA SUPERFICIALE**

I materiali da impiegare per i componenti dei serramenti metallici sono specificati nel presente capitolato.

Ove non siano date indicazioni in merito, la scelta dei materiali impiegati sarà compito e responsabilità del fornitore e dovrà essere conforme alla norma UNI 3952.

Tutti i serramenti perimetrali esterni quali porte, finestre e tamponamenti ciechi dovranno essere realizzati con profilati estrusi in lega di alluminio EN AW-6060 secondo la norma UNI 9006/1, a marchio CE, con ante fisse o apribili, nelle versioni a battente, ad anta e ribalta verso l'interno, scorrevoli, a visiera, a fisarmonica o a basculante, a seconda di quanto indicato nell'abaco dei serramenti allegato al progetto, di colore e finitura a scelta della D.L..

Serramenti con telaio fisso di sezione non pari a 70 mm e telaio mobile (anta di sormonto) di sezione non inferiore a 80 mm. Il trattamento superficiale di verniciatura e ossidazione anodica sarà realizzato presso impianti omologati secondo le direttive tecniche del marchio di qualità Qualicoat per la verniciatura e Qualanod per l'ossidazione anodica. Inoltre la verniciatura deve possedere le proprietà previste dalla norma UNI 9983 mentre l'ossidazione anodica quelle previste dalla UNI 10681. I profili dovranno essere realizzati secondo il principio delle 3 camere, costituiti cioè da profili interni ed esterni tubolari e dalla zona di isolamento, per garantire una buona resistenza meccanica e giunzioni a 45° e 90° stabili e ben allineate. Le ali di battuta dei profili di telaio fisso (L,T etc.) saranno alte 25 mm.

I semiprofilati esterni dei profili di cassa dovranno essere dotati di una sede dal lato muratura per consentire l'eventuale inserimento di coprifili per la finitura del raccordo alla struttura edile. Dovrà essere possibile realizzare finiture e colori diversi sui semiprofilati interni ed esterni. Il collegamento tra la parte interna e quella esterna dei profili sarà realizzato in modo continuo e definitivo mediante listelli in poliammide.

I listelli isolanti dovranno essere dotati di due inserti in alluminio, posizionati in corrispondenza della zona di accoppiamento, per aumentare la resistenza allo scorrimento del giunto. I listelli avranno una larghezza di almeno 32,5 mm per le ante e 37,5 mm per i telai fissi e saranno dotati di inserto in schiuma per ridurre la trasmissione termica per convezione e irraggiamento. Il listello di battuta sull'anta sarà realizzato con triplice tubolarità. Le giunzioni a 45° e 90° saranno effettuate per mezzo di apposite squadrette e cavallotti in lega di alluminio dotate di canaline per la distribuzione della colla.

L'incollaggio verrà così effettuato dopo aver assemblato i telai consentendo la corretta distribuzione della colla su tutta la giunzione e dove altro necessario. Saranno inoltre previsti elementi di allineamento e supporto alla sigillatura da montare dopo l'assieme delle giunzioni.

Nel caso di giunzioni con cavallotto, dovranno essere previsti particolari di tenuta realizzati in schiuma di gomma espansa da usare per la tenuta in corrispondenza dei listelli isolanti.

Le giunzioni sia angolari che a T dovranno prevedere per entrambi i tubolari, interno ed esterno, squadrette o cavallotti montati con spine, viti o per deformazione.

I particolari soggetti a logorio verranno montati e bloccati per contrasto onde consentire rapidamente una eventuale regolazione o sostituzione anche da personale non specializzato e senza lavorazioni meccaniche.

I serramenti dovranno garantire le seguenti prestazioni:

- Isolamento acustico  $R_w$ : 42 dB (classificazione secondo UNI EN ISO 140-3),
- Isolamento termico  $U_f$ : 1,5 W/(mqK) (classificazione secondo UNI EN ISO 10077-2 o UNI EN ISO 12567-1),
- Resistenza antieffrazione: Classe 3 (classificazione secondo UNI EN 1627),
- Permeabilità all'aria: Classe 4 (classificazione secondo UNI EN 12207, metodo di prova secondo UNI EN 1026),
- Tenuta all'acqua: Classe 9A (classificazione secondo UNI EN 12208, metodo di prova secondo UNI EN 1027),
- Resistenza al carico di vento: Classe C5/B5 (classificazione secondo UNI EN 12210, metodo di prova secondo UNI EN 12211),
- Carico meccanico: Classe 4 (classificazione secondo UNI EN 13115),
- Resistenza a lungo termine: Classe 3 (classificazione secondo UNI EN 12400).

Su tutti i telai, fissi ed apribili, verranno eseguite le lavorazioni atte a garantire il drenaggio dell'acqua attorno ai vetri e la rapida compensazione dell'umidità dell'aria nella camera di contenimento delle lastre.

I profili dovranno avere i listelli perfettamente complanari con le pareti trasversali dei semiprofilati interni per evitare il ristagno dell'eventuale acqua di infiltrazione o condensazione. I semiprofilati esterni avranno invece le pareti trasversali posizionate più basse per facilitare il drenaggio verso l'esterno (telai fissi) o nella camera del giunto aperto (telai apribili). Il drenaggio e la ventilazione dell'anta non dovrà essere eseguita attraverso la zona di isolamento ma attraverso il tubolare esterno.

Le asole di drenaggio dei telai saranno protette esternamente con apposite conchiglie, che, nel caso di zone particolarmente ventose, in corrispondenza di specchiature fisse, saranno dotate di membrana.

Tutte le giunzioni tra i profili saranno incollate e sigillate con colla per metalli poliuretana a 2 componenti. Le guarnizioni cingivetro saranno in elastomero (EPDM) e compenseranno le sensibili differenze di spessore, inevitabili nelle lastre di vetrocamera e/o stratificate, garantendo, contemporaneamente, una corretta pressione di lavoro perimetrale.

La guarnizione cingivetro esterna dovrà distanziare il tamponamento di 4 mm dal telaio metallico. Le guarnizioni cingivetro saranno dotate di alette (una quella esterna e due quella interna) che si estenderanno fino alla base della sede del vetro in modo da formare più camere. La guarnizione complementare di tenuta, anch'essa in elastomero (EPDM), avrà grandi dimensioni, sarà realizzata con più tubolarità, e adotterà inoltre il principio dinamico della precamera di turbolenza di grande dimensione (a giunto aperto).

La medesima dovrà essere inserita in una sede ricavata sul listello isolante in modo da garantire un accoppiamento ottimale ed avere la battuta sul listello isolante dell'anta per la protezione totale dei semiprofilati interni. La continuità perimetrale della guarnizione sarà assicurata mediante l'impiego di angoli vulcanizzati i quali, forniti di apposita spallatura, faciliteranno l'incollaggio della guarnizione stessa.

Anche nelle porte le guarnizioni di battuta saranno in elastomero (EPDM) e formeranno una doppia barriera nel caso di ante complanari, tripla invece nel caso di ante a sormonto.

Gli accessori di movimentazione saranno quelli originali del sistema e dovranno essere scelti in funzione delle indicazioni riportate sulla documentazione tecnica del produttore in funzione delle dimensioni e del peso dell'anta. L'accessorio dell'anta - ribalta sarà dotato della sicurezza contro l'errata manovra.

Maniglia in acciaio inox spazzolato e di tutti gli accessori appropriati al sistema in materiali inossidabili, degli organi di fissaggio e sigillatura esterna, della ferramenta necessaria per la corretta apertura e chiusura del serramento quali maniglie o maniglioni antipánico, chiavistelli, boccole, guarnizioni in gomma sintetica EPDM, i raccordi, le sigillature, a parete, a soffitto e ai davanzali, nonché tutte le opere morte necessarie per il fissaggio dei serramenti alle murature.

Tenuta all'acqua garantita con guarnizione centrale (giunto aperto) o con doppia guarnizione di battuta, in gomma sintetica EPDM continua agli angoli. Tenuta all'aria garantita con la posa di guarnizioni autoespandenti idonee o nastri adesivi traspiranti.

E' consentito l'utilizzo di schiume di riempimento solo se stabili e non soggette a variazioni successive.

La schiuma di riempimento restante o in eccesso deve essere rimossa e smaltita correttamente. I serramenti saranno dotati di vetrocamera con altezza utile per l'alloggiamento del vetro di 14 mm e inserimento del vetro con fermavetro a scatto e guarnizioni cingivetro in EPDM. I profili fermavetro saranno inseriti mediante bloccaggi in plastica agganciati al fermavetro stesso, l'aggancio sarà così di assoluta sicurezza affinché, a seguito di aperture o per la spinta del vento il fermavetro non ceda elasticamente.

I bloccaggi dovranno inoltre compensare le tolleranze dimensionali e gli spessori aggiunti, nel caso della verniciatura, per garantire un corretto aggancio in qualsiasi situazione. I fermavetri dovranno essere sagomati in modo tale da supportare a tutta altezza la guarnizione cingivetro interna per consentire una pressione ottimale sulla lastra di vetro.

Il dente di aggancio della guarnizione sarà più arretrato rispetto al filo esterno del fermavetro in modo da ridurre la sezione in vista della guarnizione riducendo l'effetto cornice. Gli appoggi del vetro dovranno essere agganciati a scatto sui profili, avere una lunghezza di 100 mm ed essere realizzati in modo da non impedire il corretto drenaggio e ventilazione della sede del vetro.

Distanziatori in acciaio inox con barriera gas e vapore in acciaio inox, coefficiente  $\Psi$  0,040 W/mK.

I vetri dovranno garantire le seguenti prestazioni:

- Trasmissione termica della vetrocamera  $U_g = 1,1$  W/mqK,
- Fattore solare:  $0,4 = g = 0,5$ ,
- Coefficiente di trasmissione della luce minimo: = 60%.

Saranno costituiti da vetrocamera con vetro esterno stratificato 4+4+PVB 0.38 mm acustico classe 1B1, intercapedine 15 mm riempita con gas inerte (argon) e vetro interno basso emissivo stratificato 5+5+PVB 1.52 mm acustico classe 1B1, trasparente o opaco, realizzato secondo le prescrizioni di legge riguardo al dimensionamento strutturale e ai requisiti di sicurezza vigenti al momento della realizzazione, il tutto opportunamente documentato.

Eventuali tamponamenti in pannelli ciechi dovranno essere montati come i vetri fissi senza ante direttamente sul telaio. La prestazioni minime dei pannelli dovranno essere equivalenti o superiori a quelle delle vetrocamere impiegate nelle parti trasparenti.

La finitura dei profili e di tutti gli elementi in alluminio dovrà essere realizzata mediante verniciatura con polveri termoindurenti a base di resine poliesteri TGIC, secondo la normativa UNI 9983 con colorazione RAL e tonalità a scelta della D.L. su campionatura fornita

dall'impresa appaltatrice.

Gli ancoraggi all'edificio dovranno essere realizzati in maniera tale che i carichi (anche quelli causati da volumi, magazzino, traverse e montanti) vengano trasferiti all'edificio e che i movimenti dell'edificio normalmente prevedibili o resi noti dal committente possano essere assorbiti dal punto di vista strutturale senza che il carico sia trasmesso ai controtelai ovvero alle finestre.

Accessori della ferramenta, dei tamponamenti, vetrati e non, dei controtelai in legno, dei profili di collegamento, compresa la perfetta sigillatura dei giunti tra il controtelaio o il telaio e gli elementi in muratura ovvero tra il controtelaio e il telaio.

Completi, ove necessario, di motorizzazione per l'apertura elettrica comandata a pulsante, conforme a norma UNI 8612, compreso il collegamento all'alimentazione elettrica.

## 82.2 CARATTERISTICHE TECNICHE

Le sezioni dei montanti/traversi consentono, sulla base del momento d'inerzia, di non flettere più di 1/300 della luce di calcolo qualora sottoposti ai carichi statici come da normativa vigente.

La griglia della vetrofacciata è ad elementi indipendenti e pertanto tutte le dilatazioni rimangono circoscritte ad ogni interasse ed in ogni caso gli scostamenti relativi sono frizionati con materiale autolubrificante per annullare l'effetto rumore tra i profili.

Le cellule apribili possono essere assemblate con profilo strutturale ovvero senza parti in alluminio a vista e giunto di tipo siliconico, o con profilo non strutturale ovvero con parti in alluminio a vista e il giunto di tipo meccanico.

Nel caso del giunto strutturale la minima distanza tra le parti vetrate e il reticolo fa sì che non vengono evidenziate le partiture fisse dalle apribili.

La giunzione tra montanti e traversi avviene per mezzo di speciali canotti in alluminio estruso i quali si innestano nel profilo colonna, precedentemente forato, con uno speciale utensile manuale che ne permette il preciso allineamento.

Tali supporti sono idonei a supportare carichi di oltre 200 kg.

Le finiture esterne perimetrali di raccordo tra la vetrofacciata e la muratura saranno realizzate con lamiera di alluminio pressopiegata completa di staffe in acciaio zincato e di accessori per il fissaggio.

I giunti degli stampati saranno completi di anima interna ed esterna opportunamente sigillata e predisposta alla libera dilatazione degli stessi.

spessore stampati perimetrali	15/10	a polveri RAL 9010
spessore bancalini/imbotti	20/10	a polveri RAL 9010
spessore cappello di sommità 20/10		a polveri RAL 9010
spessore stampati interni	15/10	a polveri RAL 9010

La barriera idraulica tagliafumo resistente al fuoco viene eseguita con stampati in acciaio zincato spessore 12/10 sigillati con silicone ignifugo e nell'estradosso della chiusura viene adagiato un materassino di lana di roccia tipo Rockwool densità 150kg/mc.

La vetrofacciata GRIP 140 è idonea per l'uso su coperture inclinate in quanto una serie di particolarità appositamente studiate ne permette l'applicazione senza controindicazioni.

C'è la possibilità di usare il traverso raccogli-condensa il quale convoglia lungo i montanti l'eventuale acqua raccolta dalle superfici vetrate eventualmente appannate a causa di particolari condizioni climatiche.

Nei colmi prevediamo una ventilazione naturale completa di lamiera microforata a protezione delle parti aperte la quale anche nei periodi di alta umidità crea una ventilazione naturale che impedisce la formazione di rugiada.

In questi spazi se necessario alloggiamo anche ventilatori e/o corpi illuminanti che bene si inseriscono nel contesto architettonico della situazione.

Le aperture nelle pendenze sono realizzate con profili a taglio termico, cassa + anta, opportunamente rialzati rispetto la falda per la raccolta e drenaggio all'esterno delle acque di condensa.

Sono predisposte all'installazione di attuatori elettrici per l'apertura comandata a distanza.

## 82.3 ACCESSORI

Tutti i componenti di aggancio metallici sia nella struttura sia nelle finiture di raccordo dilatano su materiale plastico autolubrificante.

Aperture a sporgere complete di bracci limitatori frizionati che permettono di regolare l'apertura a piacere da 0 a 400mm a seconda dell'altezza della stessa.

Possibilità di apertura ad anta/ribalta con l'uso di profili commerciali, a T.T. e non, manuale e/o motorizzata con comando a distanza o con dispositivi elettronici antipioggia/antivento.

Le staffe sono realizzate in acciaio zincato a caldo e consentono di regolare nei tre piani ortogonali gli scostamenti dovuti ai fuoripiombo degli edifici fino ad un max di +/- 25mm.

Sono state realizzate tutte le tipologie di ancoraggio per soddisfare tutti gli interfacciamenti con la sottostruttura evitando gli aggiustamenti (spessori) di cantiere peraltro sempre precari e non contemplati nella legislatura tecnica.

Tutti gli ancoraggi sono dotati di spina di sicurezza in acciaio quale garanzia nel caso gli attriti della bulloneria vengano meno ed inoltre non viene mai delegato direttamente lo sforzo di trazione al bullone ma ad una serie di componenti interni alla staffa che sosterranno la parete anche quando collassa il dado di serraggio;

Tutti i falsi telai in tubolare 30x15mm in acciaio zincato completi di zanche di fissaggio alle murature;

Tutte le assistenze murarie necessarie e le opere provvisorie;

I profili sono in lega primaria 6060 secondo la normativa UNI 3569 allo stato bonificato T5.

Il trattamento superficiale dei profili sarà del tipo a polveri, smalto, anodizzato od elettrocolorato secondo le tabelle standard dei fornitori.

reticolo interno:	a polveri RAL 9010
reticolo esterno:	a polveri RAL 9010
cellule:	a polveri RAL 9010
finiture interne:	a polveri RAL 9010

Le guarnizioni sono tutte in santoprene e nelle aperture sono termosaldato agli angoli.

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI****82.4 FABBRICAZIONE E MONTAGGIO**

La fabbricazione ed il montaggio saranno eseguiti in stretto accordo con i disegni esecutivi approvati dal committente.

I manufatti lavorati dovranno essere protetti sia durante il trasporto, sia durante il periodo di immagazzinamento (in officina e in cantiere), sia dopo la posa in opera, fino alla consegna dei locali.

La protezione dovrà essere efficace contro gli agenti atmosferici ed altri agenti aggressivi (in particolare la calce).

Tutte le macchie che si formeranno sulla superficie esterna e su quella interna dei serramenti durante il loro montaggio saranno prontamente eliminate a cura del fornitore dei manufatti, anche se provocate da altre ditte, salvo rivalsa.

Il fornitore dei serramenti dovrà dare precise indicazioni sui prodotti da utilizzare per la pulizia dei manufatti.

**82.5 ISPEZIONI, PROVE E COLLAUDO FINALE**

Durante il corso dei lavori il committente si riserva di accertare, tramite ispezioni, che la fornitura dei materiali costituenti i manufatti corrisponda alle prescrizioni e che la posa avvenga secondo le migliori regole dell'arte in modo da poter intervenire tempestivamente qualora non fossero rispettate le condizioni imposte.

In fase di progetto esecutivo l'appaltatore dovrà fornire i certificati di prova dei manufatti rilasciati da laboratori, ufficialmente riconosciuti, a livello europeo, riguardanti:

- prova di permeabilità all'aria;
- prova di tenuta all'acqua;
- prova di resistenza al vento.

Le prove dovranno essere state eseguite secondo normativa DIN 18055 o UNI EN42, UNI EN86, UNI EN77, UNI EN107.

Nel corso e/o al termine della fornitura il committente si riserva di sottoporre alcune tipologie alle prove sopra citate, da eseguirsi in cantiere o in un laboratorio scelto di comune accordo tra le parti.

Qualora, con la metodologia di cui sopra, una prova non fosse soddisfatta, si procederà ad un nuovo campionamento e nel caso si riscontrasse nuovamente una prova non soddisfatta, il committente potrà dichiarare la non idoneità dell'intera fornitura fino alle precedenti prove di laboratorio superate con esito positivo.

Per quanto riguarda le finiture superficiali, potranno essere eseguiti dei controlli in conformità alle normative UNI 4522 e UNI 9983.

L'onere delle prove sarà a carico dell'appaltatore.

Il collaudo finale sarà eseguito, al termine della fornitura, dal committente, dal fornitore dei manufatti con l'assistenza del servizio tecnico del produttore del sistema impiegato.

I serramenti saranno sottoposti ad esame visivo per valutarne l'integrità, la pulizia e la corrispondenza con i disegni di progetto.

Dovrà inoltre essere controllata: la posa in opera, la continuità dei giunti, il funzionamento delle ante mobili e degli accessori, il rispetto delle specifiche di lavorazione indicate dal produttore del sistema impiegato nonché l'appartenenza dei materiali usati allo stesso.

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 83 SERRAMENTI ESTERNI IN ACCIAIO**

I serramenti interni ed esterni in acciaio e vetro saranno di diverso tipo e dimensione: con ante fisse o apribili, nelle versioni a battente, ad anta e ribalta verso l'interno, scorrevoli, a visiera, a fisarmonica o a basculante, a seconda di quanto indicato nell'abaco dei serramenti allegato al progetto, e dovranno corrispondere alle caratteristiche di seguito riportate; dovranno essere posti in opera da personale specializzato con tutte le assistenze necessarie ed i mezzi ed attrezzature necessarie.

In particolare, l'appalto comprende la progettazione, la fornitura e la posa di porte e finestre in acciaio a taglio termico disposte in corrispondenza delle murature esterne.

Le dimensioni geometriche, il numero e la posizione delle aperture sono indicate sui disegni e alla voce specifica dell'elenco prezzi.

Le opere dovranno essere complete di:

-Vetri

-Tamponamenti ciechi ove previsti;

-Staffaggi con relativa bulloneria, ad esclusione dei ferri di ancoraggio che dovranno essere forniti e messi in opera dall'impresa civile secondo le indicazioni del fornitore della facciata.

-Raccordi con le opere su contorno.

-Raccordi di base e di coronamento.

-Raccordi con i solai.

-Raccordi di collegamento con altre parti della facciata.

-Raccordi di collegamento con i pilastri.

-Raccordi di collegamento con pareti divisorie.

-Raccordi con il controsoffitto.

-Raccordi con il pavimento.

-Raccordi con la canalizzazione di passaggio impianti.

I sopramenzionati raccordi dovranno essere completi di lattonerie, materiale isolante, guaine, sigillature, fissaggi e quant'altro necessario.

Tutte le specchiature, sia vetrate sia cieche, dovranno corrispondere a quanto indicato nell'E.P.U. per ogni tipo di serramento.

Le porte aventi funzione di via di fuga saranno dotate di maniglioni antipanico ad espansione orizzontale su 1° anta ed a due espansioni verticali su 2° anta Push-Bar per le porte a due ante avente le seguenti caratteristiche:

- carter in acciaio;
- barra in acciaio accorciabile fino a 300 mm;
- scrocchi e catenacci in acciaio;
- scrocchi laterale e alto/basso autobloccanti;
- funzionamento dall'interno: premendo la barra;
- funzionamento dall'esterno: con chiave e/o con maniglia;
- comprese minuterie metalliche e viti per il fissaggio.

Si ritiene comunque compreso nell'oggetto dell'appalto tutto quanto altro necessario a rendere l'opera completa e funzionante a perfetta regola d'arte secondo quanto indicato nell'elenco prezzi.

Dovranno essere rispettate le leggi italiane vigenti, le norme UNI applicabili e le normative estere citate nei capitoli successivi.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****83.1 MATERIALI E FINITURA SUPERFICIALE**

I materiali da impiegare per i componenti dei serramenti metallici sono specificati nel presente capitolato.

Ove non siano date indicazioni in merito, la scelta dei materiali impiegati sarà compito e responsabilità del fornitore.

Tutti i serramenti perimetrali esterni quali porte, finestre e tamponamenti ciechi dovranno essere realizzati con profilati tubolari in acciaio zincato con processo Sendzimir, sia internamente che esternamente, ricavati tramite profilatura a freddo di nastro di lamiera zincata di qualità e caratteristiche conformi alle Normative DIN I7162/P1, con ponte a taglio termico.

I profili avranno uno spessore di 2 mm, ricavati tramite profilatura a freddo di nastro di lamiera zincata con processo Sendzimir a 275 gr/mq, qualità acciaio 37-2 secondo DIN 17100, normativa EN 10327, saldati elettricamente in continuo con riporto di zinco sul cordone di saldatura, previa spianatura dello stesso.

Il taglio termico dei profili potrà essere realizzato con:

- estruso in poliammide rinforzato con fibra di vetro reso solidale alle parti in metallo esterne da una resina poliuretanica ad alta densità, iniettata ad alta pressione,
- anima isolante interposta realizzata in fibra di legno (MDF) stabilizzata e con trattamento acqua-repellente, dello spessore minimo di 10 mm, collegata ai tubolari in acciaio tramite pioli di acciaio elettrosaldati, questo per garantire adeguata rigidità torsionale del profilo, con conseguenti alti momenti d'inerzia.

I profili avranno sezione 50 mm e profondità 50 mm con alette di battuta da 20 mm, aventi forma ad L, a T o a Z per la composizione dei vari nodi per le specchiature fisse e/o apribili.

L'unione tra i profili dovrà essere realizzata tramite saldatura in continuo delle sezioni in contatto e la successiva ripresa delle superfici in vista o con l'utilizzo di un sistema misto ad assiemaggio meccanico a saldatura interna senza necessità di riprese di finitura.

Il telaio delle parti apribili dovrà altresì avere una cava perimetrale per l'alloggiamento di guarnizioni di battuta in silicone, del tipo "D30R" o simili.

La tenuta all'acqua sarà realizzata per la parte interna a diretto contatto con il fermavetro, con l'inserimento di guarnizione in silicone dalla particolare geometria atta a garantire una corretta adesione al vetro nella parte inferiore, a garanzia di una perfetta compensazione e finitura; guarnizioni in silicone con doppio nastro butilico per le parti esterne, questo a garanzia di una perfetta sigillatura e finitura.

I ferma vetri saranno in acciaio zincato con adeguate viti di fissaggio sempre in acciaio, poste ad una distanza di circa 20+25 cm, con sistema di ancoraggio a scatto.

Nella lavorazione è compresa la fornitura e posa di controtelaio zincato - con caratteristiche e modalità di realizzazione finalizzate ad isolare il serramento dalla muratura perimetrale - da ancorare alla struttura esistente mediante:

- zanche (ove le spallette risultino adeguate a riceverle);
- piastre fissate con stop metallici o con barra filettata in acciaio inox aggrappata con resina epossidica bicomponente in presenza di strutture in c.a., il tutto tale da garantire l'esclusione di possibili cedimenti.

Il telaio delle parti fisse e di quelle apribili avrà una finitura superficiale con verniciatura con colorazione poliuretanica per esterni nel colore RAL stabilito dalla D.LL..

I serramenti dovranno garantire le seguenti prestazioni:

- Isolamento acustico  $R_w$ : 42 dB (classificazione secondo UNI EN ISO 140-3),
- Isolamento termico  $U_f$ : 3,1 W/(mqK) (classificazione secondo UNI EN ISO 10077-2 o UNI EN ISO 12567-1),
- Resistenza antieffrazione: Classe 3 (classificazione secondo UNI EN 1627),
- Permeabilità all'aria: Classe 4 (classificazione secondo UNI EN 12207, metodo di prova secondo UNI EN 1026),
- Tenuta all'acqua: Classe 8A (classificazione secondo UNI EN 12208, metodo di prova secondo UNI EN 1027),
- Resistenza al carico di vento: Classe C4 (classificazione secondo UNI EN 12210, metodo di prova secondo UNI EN 12211),
- Carico meccanico: Classe 4 (classificazione secondo UNI EN 13115),
- Resistenza a lungo termine: Classe 2 (classificazione secondo UNI EN 12400).

Su tutti i telai, fissi ed apribili, verranno eseguite le lavorazioni atte a garantire il drenaggio dell'acqua attorno ai vetri e la rapida compensazione dell'umidità dell'aria nella camera di contenimento delle lastre.

I profili dovranno avere i listelli perfettamente complanari con le pareti trasversali dei semiprofilati interni per evitare il ristagno dell'eventuale acqua di infiltrazione o condensazione. I semiprofilati esterni avranno invece le pareti trasversali posizionate più basse per facilitare il drenaggio verso l'esterno (telai fissi) o nella camera del giunto aperto (telai apribili). Il drenaggio e la ventilazione dell'anta non dovrà essere eseguita attraverso la zona di isolamento ma attraverso il tubolare esterno.

Le asole di drenaggio dei telai saranno protette esternamente con apposite conchiglie, che, nel caso di zone particolarmente ventose, in corrispondenza di specchiature fisse, saranno dotate di membrana.

Tutte le giunzioni tra i profili saranno incollate e sigillate con colla per metalli poliuretanica a 2 componenti. Le guarnizioni cingivetro saranno in elastomero (EPDM) e compenseranno le sensibili differenze di spessore, inevitabili nelle lastre di vetrocamera e/o stratificate, garantendo, contemporaneamente, una corretta pressione di lavoro perimetrale.

La guarnizione cingivetro esterna dovrà distanziare il tamponamento di 4 mm dal telaio metallico. Le guarnizioni cingivetro saranno dotate di alette (una quella esterna e due quella interna) che si estenderanno fino alla base della sede del vetro in modo da formare più camere. La guarnizione complementare di tenuta, anch'essa in elastomero (EPDM), avrà grandi dimensioni, sarà realizzata con più tubolarità, e adotterà inoltre il principio dinamico della precamera di turbolenza di grande dimensione (a giunto aperto).

La medesima dovrà essere inserita in una sede ricavata sul listello isolante in modo da garantire un accoppiamento ottimale ed avere la battuta sul listello isolante dell'anta per la protezione totale dei semiprofilati interni. La continuità perimetrale della guarnizione sarà assicurata mediante l'impiego di angoli vulcanizzati i quali, forniti di apposita spallatura, faciliteranno l'incollaggio della guarnizione stessa.

Anche nelle porte le guarnizioni di battuta saranno in elastomero (EPDM) e formeranno una doppia barriera nel caso di ante complanari, tripla invece nel caso di ante a sormonto.

Gli accessori di movimentazione saranno quelli originali del sistema e dovranno essere scelti in funzione delle indicazioni riportate sulla documentazione tecnica del produttore in funzione delle dimensioni e del peso dell'anta. L'accessorio dell'anta - ribalta sarà dotato della sicurezza contro l'errata manovra.

I serramenti saranno completi di maniglieria in acciaio e di tutti gli accessori appropriati al sistema, degli organi di fissaggio e sigillatura esterna, della ferramenta necessaria per la corretta apertura e chiusura del serramento quali maniglie o maniglioni antipanico, chiavistelli, boccole, guarnizioni in gomma sintetica EPDM, i raccordi, le sigillature, a parete, a soffitto e ai davanzali.

Tenuta all'acqua garantita con guarnizione centrale (giunto aperto) o con doppia guarnizione di battuta, in gomma sintetica EPDM continua agli angoli. Tenuta all'aria garantita con la posa di guarnizioni autoespandenti idonee o nastri adesivi traspiranti.

E' consentito l'utilizzo di schiume di riempimento solo se stabili e non soggette a variazioni successive. La schiuma di riempimento restante o in eccesso deve essere rimossa e smaltita correttamente.

I serramenti saranno dotati di vetrocamera con altezza utile per l'alloggiamento del vetro di 14 mm e inserimento del vetro con fermavetro a scatto e guarnizioni cingi vetro in EPDM. I profili fermavetro saranno inseriti mediante bloccaggi in plastica agganciati al fermavetro stesso, l'aggancio sarà così di assoluta sicurezza affinché, a seguito di aperture o per la spinta del vento il fermavetro non ceda elasticamente.

I bloccaggi dovranno inoltre compensare le tolleranze dimensionali e gli spessori aggiunti, nel caso della verniciatura, per garantire un corretto aggancio in qualsiasi situazione. I fermavetri dovranno essere sagomati in modo tale da supportare a tutta altezza la guarnizione cingivetro interna per consentire una pressione ottimale sulla lastra di vetro.

Il dente di aggancio della guarnizione sarà più arretrato rispetto al filo esterno del fermavetro in modo da ridurre la sezione in vista della guarnizione riducendo l'effetto cornice. Gli appoggi del vetro dovranno essere agganciati a scatto sui profili, avere una lunghezza di 100 mm ed essere realizzati in modo da non impedire il corretto drenaggio e ventilazione della sede del vetro.

Distanziatori in acciaio inox con barriera gas e vapore in acciaio inox, coefficiente  $\Psi$  0,040 W/mK.

I vetri dovranno garantire le seguenti prestazioni:

- Trasmissione termica della vetrocamera  $U_g$  = 1,1 W/mqK,
- Fattore solare:  $0,4 = g = 0,5$ ,
- Coefficiente di trasmissione della luce minimo: = 60%.

Saranno costituiti da vetrocamera con vetro esterno stratificato 4+4+PVB 0.38 mm acustico classe 1B1, intercapedine 15 mm riempita con gas inerte (argon) e vetro interno basso emissivo stratificato 5+5+PVB 1.52 mm acustico classe 1B1, trasparente o opaco, realizzato

secondo le prescrizioni di legge riguardo al dimensionamento strutturale e ai requisiti di sicurezza vigenti al momento della realizzazione, il tutto opportunamente documentato.

Eventuali tamponamenti in pannelli ciechi dovranno essere montati come i vetri fissi senza ante direttamente sul telaio. La prestazioni minime dei pannelli dovranno essere equivalenti o superiori a quelle delle vetrocamere impiegate nelle parti trasparenti.

Gli ancoraggi all'edificio dovranno essere realizzati in maniera tale che i carichi (anche quelli causati da volumi, magazzino, traverse e montanti) vengano trasferiti all'edificio e che i movimenti dell'edificio normalmente prevedibili o resi noti dal committente possano essere assorbiti dal punto di vista strutturale senza che il carico sia trasmesso ai controtelai ovvero alle finestre.

Completi, ove necessario, di motorizzazione per l'apertura elettrica comandata a pulsante, conforme a norma UNI 8612, compreso il collegamento all'alimentazione elettrica.

### **83.2 ACCESSORI**

Tutti i componenti di aggancio metallici sia nella struttura sia nelle finiture di raccordo dilatano su materiale plastico autolubrificante.

Aperture a sporgere complete di bracci limitatori frizionati che permettono di regolare l'apertura a piacere da 0 a 400mm a seconda dell'altezza della stessa.

Possibilità di apertura ad anta/ribalta con l'uso di profili commerciali, a T.T. e non, manuale e/o motorizzata con comando a distanza o con dispositivi elettronici antioggia/antivento.

Le staffe sono realizzate in acciaio zincato a caldo e consentono di regolare nei tre piani ortogonali gli scostamenti dovuti ai fuoripiombo degli edifici fino ad un max di +/- 25mm.

Sono state realizzate tutte le tipologie di ancoraggio per soddisfare tutti gli interfacciamenti con la sottostruttura evitando gli aggiustamenti (spessori) di cantiere peraltro sempre precari e non contemplati nella legislatura tecnica.

Tutti gli ancoraggi sono dotati di spina di sicurezza in acciaio quale garanzia nel caso gli attriti della bulloneria vengano meno ed inoltre non viene mai delegato direttamente lo sforzo di trazione al bullone ma ad una serie di componenti interni alla staffa che sosterranno la parete anche quando collassa il dado di serraggio;

Le guarnizioni sono tutte in santoprene e nelle aperture sono termosaldate agli angoli.

## **NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

### **83.3 FABBRICAZIONE E MONTAGGIO**

La fabbricazione ed il montaggio saranno eseguiti in stretto accordo con i disegni esecutivi approvati dal committente.

I manufatti lavorati dovranno essere protetti sia durante il trasporto, sia durante il periodo di immagazzinamento (in officina e in cantiere), sia dopo la posa in opera, fino alla consegna dei locali.

La protezione dovrà essere efficace contro gli agenti atmosferici ed altri agenti aggressivi.

Tutte le macchie che si formeranno sulla superficie esterna e su quella interna dei serramenti durante il loro montaggio saranno prontamente eliminate a cura del fornitore dei manufatti, anche se provocate da altre ditte, salvo rivalsa.

Il fornitore dei serramenti dovrà dare precise indicazioni sui prodotti da utilizzare per la pulizia dei manufatti.

### **83.4 ISPEZIONI, PROVE E COLLAUDO FINALE**

Durante il corso dei lavori il committente si riserverà di accertare, tramite ispezioni, che la fornitura dei materiali costituenti i manufatti corrisponda alle prescrizioni e che la posa avvenga secondo le migliori regole dell'arte in modo da poter intervenire tempestivamente qualora non fossero rispettate le condizioni imposte.

In fase di progetto esecutivo l'appaltatore dovrà fornire i certificati di prova dei manufatti rilasciati da laboratori, ufficialmente riconosciuti, a livello europeo, riguardanti:

- prova di permeabilità all'aria;
- prova di tenuta all'acqua;
- prova di resistenza al vento.

Le prove dovranno essere state eseguite secondo normativa DIN 18055 o UNI EN42, UNI EN86, UNI EN77, UNI EN107.

Nel corso e/o al termine della fornitura il committente si riserverà di sottoporre alcune tipologie alle prove sopra citate, da eseguirsi in cantiere o in un laboratorio scelto di comune accordo tra le parti.

Qualora, con la metodologia di cui sopra, una prova non fosse soddisfatta, si procederà ad un nuovo campionamento e nel caso si riscontrasse nuovamente una prova non soddisfatta, il committente potrà dichiarare la non idoneità dell'intera fornitura fino alle precedenti prove di laboratorio superate con esito positivo.

Per quanto riguarda le finiture superficiali, potranno essere eseguiti dei controlli in conformità alle normative UNI.

L'onere delle prove sarà a carico dell'appaltatore.

Il collaudo finale sarà eseguito, al termine della fornitura, dal committente, dal fornitore dei manufatti con l'assistenza del servizio tecnico del produttore del sistema impiegato.

I serramenti saranno sottoposti ad esame visivo per valutarne l'integrità, la pulizia e la corrispondenza con i disegni di progetto.

Dovrà inoltre essere controllata: la posa in opera, la continuità dei giunti, il funzionamento delle ante mobili e degli accessori, il rispetto delle specifiche di lavorazione indicate dal produttore del sistema impiegato nonché l'appartenenza dei materiali usati allo stesso.

## **NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 84 SERRAMENTI ESTERNI IN PVC**

I serramenti interni ed esterni in PVC e vetro saranno di diverso tipo e dimensione e dovranno corrispondere alle caratteristiche di seguito riportate; dovranno essere posti in opera da personale specializzato con tutte le assistenze necessarie ed i mezzi ed attrezzature necessarie.

In particolare, l'appalto comprende la progettazione, la fornitura e la posa di porte e finestre in PVC a taglio termico disposte in corrispondenza delle murature esterne.

Le dimensioni geometriche, il numero e la posizione delle aperture sono indicate sui disegni e alla voce specifica dell'elenco prezzi.

Le opere dovranno essere complete di:

-Vetri

-Tamponamenti ciechi ove previsti;

-Staffaggi con relativa bulloneria, ad esclusione dei ferri di ancoraggio che dovranno essere forniti e messi in opera dall'impresa civile secondo le indicazioni del fornitore della facciata.

-Raccordi con le opere su contorno.

-Raccordi di base e di coronamento.

-Raccordi con i solai.

-Raccordi di collegamento con altre parti della facciata.

-Raccordi di collegamento con i pilastri.

-Raccordi di collegamento con pareti divisorie.

-Raccordi con il controsoffitto.

-Raccordi con il pavimento.

-Raccordi con la canalizzazione di passaggio impianti.

I sopramenzionati raccordi dovranno essere completi di lattonerie, materiale isolante, guaine, sigillature, fissaggi e quant'altro necessario.

Tutte le specchiature, sia vetrate sia cieche, dovranno corrispondere a quanto indicato nell'E.P.U. per ogni tipo di serramento.

Tutti i serramenti sono completi di controtelai realizzati con profili tubolari di acciaio o in legno, completi di zanche a premurare.

Le porte aventi funzione di via di fuga saranno dotate di maniglioni antipanico ad espansione orizzontale su 1° anta ed a due espansioni verticali su 2° anta Push-Bar per le porte a due ante.

Si ritiene comunque compreso nell'oggetto dell'appalto tutto quanto altro necessario a rendere l'opera completa e funzionante a perfetta regola d'arte secondo quanto indicato nell'elenco prezzi.

Dovranno essere rispettate le leggi italiane vigenti, le norme UNI applicabili e le normative estere citate nei capitoli successivi.

I serramenti dovranno garantire le seguenti prestazioni:

- Isolamento acustico Rw: 42 dB (classificazione secondo UNI EN ISO 140-3),

- Isolamento termico Uf: 1,2 W/(mqK) (classificazione secondo UNI EN ISO 10077-2 o UNI EN ISO 12567-1),

- Resistenza antieffrazione: Classe 3 (classificazione secondo UNI EN 1627),

- Permeabilità all'aria: Classe 4 (classificazione secondo UNI EN 12207, metodo di prova secondo UNI EN 1026),

- Tenuta all'acqua: Classe 9A (classificazione secondo UNI EN 12208, metodo di prova secondo UNI EN 1027),

- Resistenza al carico di vento: Classe C5/B5 (classificazione secondo UNI EN 12210, metodo di prova secondo UNI EN 12211),

- Carico meccanico: Classe 4 (classificazione secondo UNI EN 13115),

- Resistenza a lungo termine: Classe 3 (classificazione secondo UNI EN 12400).

I valori richiesti devono essere dimostrati attraverso un attestato rilasciato da un istituto di prova europeo autorizzato. Il certificato di prova deve considerare l'intera finestra, ciò significa che le singole certificazioni su telaio e/o vetro isolante non sono permesse.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****84.1 MATERIALI E FINITURA SUPERFICIALE**

I materiali da impiegare per i componenti dei serramenti sono specificati nel presente capitolato.

Ove non siano date indicazioni in merito, la scelta dei materiali impiegati sarà compito e responsabilità del fornitore e dovrà essere conforme alla norma.

Tutti i serramenti perimetrali esterni quali porte, finestre e tamponamenti ciechi dovranno essere realizzati con profilati estrusi con valore  $K_{r} \leq 2 \text{ W/m}^2\text{K}$ , gruppo materiali 1 secondo DIN 4108, con compound di p.v.c. rigido secondo DIN 7748 o UNI 8648 con stabilizzanti del compound a base di Ca Zn, senza aggiunta di piombo e cadmio; le pareti dei profili dovranno avere uno spessore minimo di 2,8 mm, con tolleranze conformi alla norma RAL-GZ 716/1; i profili dovranno essere del tipo rinforzato con acciaio zincato ST 02 Z NA o 1.0226-275 NA secondo le norme DIN EN 10142/17162 parte 1 con sagoma adeguata e spessore minimo di 1,5 mm, ancorati al profilato in p.v.c. mediante viti autoforanti ad una distanza massima di 300 mm; i profilati in p.v.c. dovranno essere collegati negli angoli a 45° con un procedimento di saldatura di testa ad elemento caldo mediante saldatrice apposita, rispettando le istruzioni DVS 2207 Parte 25 ed asportando successivamente il cordolo di saldatura su ogni lato del profilo; per i collegamenti dei traversi oltre alla saldatura è consentito l'uso di giunti meccanici (obbligatori per profili non bianchi).

La finitura superficiale, che dovrà garantire la stabilità agli agenti atmosferici secondo RAL-GZ 716/1, (dopo una irradiazione artificiale di 8 GJ/m<sup>2</sup>, l'alterazione del colore non dovrà superare il livello 4 della scala dei grigi) sarà eseguita mediante:

a) colore RAL a scelta della D.L.;

b) imitazione legno nel colore a scelta della D. L., fra le colorazioni disponibili (mogano, douglas, rovere, noce, ecc); realizzata applicando sui profilati in P.V.C. una lamina pluristrato composta da lamina inferiore semidura, lamina stampata in modo da resistere agli agenti atmosferici e alla luce forte, e lamina acrilica secondo RAL-GZ 716/1 Parte 7; lo spessore totale della lamina pluristrato dovrà essere di 200 micrometri, la lamina acrilica avrà uno spessore maggiore o uguale a 50 micrometri secondo DIN 53353;

c) verniciatura realizzata con vernice bicomponente di alta qualità a base poliuretanica PUR (DD) per materie plastiche; esente da metalli pesanti secondo DIN EN 71, ad alta resistenza alla luce ed ai raggi UV, difficilmente infiammabile secondo DIN 4102 B1, nel colore e nell'aspetto a scelta della D. L.; le superfici dovranno essere pretrattate mediante operazione di sgrassaggio con idonei pulitori; il processo di verniciatura dovrà soddisfare la norma DIN 55151 per quanto riguarda l'adesione e la DIN 68861 parte 1 per quanto riguarda la resistenza agli agenti chimici.

## **84.2 COSTRUZIONE DEL PROFILO**

Il sistema sarà composto dal telaio fisso dello spessore minimo di 78 mm sui quali possono essere montati telai per ante fisse e mobili dello spessore minimo di 48 mm per assicurare le prestazioni richieste fino ad un peso massimo dell'anta di 80 kg ed una dimensione massima di ciascuna anta di l.1200 mm x h.2150 mm; il sistema, mediante asole di drenaggio e ventilazione in numero e dimensione idonei, dovrà garantire l'eliminazione di condense ed infiltrazioni dalle sedi dei vetri verso l'esterno, il profilo inferiore del telaio dovrà inoltre consentire lo scarico verso l'esterno dell'acqua piovana mediante sistemi idonei e tali da evitare reflussi verso l'interno; il serramento dovrà essere completo di idonei profili fermavetro applicati all'interno con aggancio continuo su tutta la lunghezza senza viti in vista, coprifili interni ed eventuali raccordi a davanzale esterno ed interno; sistema di tenuta all'aria realizzato sulle ante mobili e fisse, mediante spazzolini in lana sintetica idrorepellente, posizionati sulle ante e sulle sovrapposizioni delle ante.

### **84.2.a Profilo telaio**

Il profilo del battente deve essere realizzato con profilo a sei camere.

Le camere sono costituite da tre pre- camere esterne, una camera principale per permettere l'inserimento di un rinforzo e due camere interne.

Il gocciolatoio esterno deve essere obliquo per garantire un'ottimizzazione del drenaggio.

### **84.2.b Profilo del battente**

Il profilo del battente deve essere costituito da un profilo a sei camere.

L'innesto del battente deve essere eseguito in maniera che il fissaggio della ferramenta attraversi almeno tre pareti in PVC.

La battuta fissa per il vetro deve essere protetta dagli agenti atmosferici.

La scanalatura per il fissaggio del profilo fermavetro deve essere disposta internamente lungo tutto il perimetro.

Telaio, profilo del battente e del vetro devono essere costruiti in maniera tale che gli elementi presentino lo stesso spessore e possano essere vetrati con fermavetro e guarnizioni della stessa misura. I profili devono essere realizzati in maniera tale che lo spessore del fermavetro possa raggiungere un massimo di 36 mm.

Tutti gli angoli visibili sul profilo del telaio e del battente, del piantone e del fermavetro devono essere arrotondati con un raggio minimo di 6 mm.

### **84.2.c Collegamento tra telai**

Il collegamento tra telai è realizzato attraverso elementi saldati senza ulteriori aggiunte. Non ci devono essere lacerazioni (scalfitture) o inserimento di corpi estranei nel collegamento. I profili del piantone devono essere collegati con il telaio della finestra tramite saldatura.

La pulitura della saldatura deve avvenire con un procedimento di scalfittura.

Questo trattamento esclude un irruvidimento della superficie del profilo in prossimità degli angoli.

La levigatura è permessa solo in caso di costruzioni speciali quali costruzioni ad arco o irregolari.

### **84.2.d Guarnizioni**

Il serramento è dotato di tre guarnizioni. Una guarnizione di battuta esterna sul telaio, una guarnizione di mezzo nel telaio ed una guarnizione di battuta interna sull'innesto del battente. Le guarnizioni di battuta del telaio e del battente sono tubolari, vanno saldate sopra e a metà e assicurate contro il restringimento; sono prodotte in EDPM colore nero e TPE colore bianco.

La guarnizione di battuta esterna del telaio deve essere interrotta per garantire un corretto drenaggio ed una buon'areazione.

### **84.2.e Guarnizioni di vetraggio**

Le guarnizioni di vetraggio esterno devono essere saldate con bisellatura.

La guarnizione di vetraggio interna deve essere coestrusa al fermavetro per evitare restringimenti.

### **84.2.f Rinforzi**

I profili del telaio sono rinforzati con profili in acciaio plurinervato a partire da un'altezza di 500 mm.

I profili del battente devono essere rafforzati orizzontalmente.

Verticalmente il battente va rinforzato a partire da un'altezza di 800 mm.

Il momento d'inerzia del rinforzo del battente deve essere in direzione x min. 1.0 cm<sup>2</sup> e in direzione y min. 4.0 cm<sup>2</sup>.

I profili in acciaio vanno protetti con un processo di zincatura contro la corrosione.

Il fissaggio del profilo in acciaio deve avvenire attraverso viti.

## **84.3 FERRAMENTA**

Gli accessori di movimento e chiusura saranno montati a contrasto, costituiti da carrelli di scorrimento portanti di acciaio a due ruote, dotati di cuscinetti ad aghi auto lubrificanti per un facile movimento delle ante scorrevoli; un carrello sarà registrabile in altezza dall'esterno dell'anta, il tutto di dimensioni adeguate e comunque idonee a sopportare il peso complessivo della parte apribile; sistema di chiusura multiplo mediante perni lavorati a fungo ed un perno di sicurezza antisollevamento, scontri di chiusura in acciaio zincato e tropicalizzato per una chiusura sicura dell'anta scorrevole nel telaio fisso, gruppo maniglie nella tipologia, caratteristiche, forma e colore a scelta della D.L..

### **84.3.a Ferramenta ad ante e ante/ribalta**

La ferramenta anta e ribalta deve essere dotata di supporto ad angolo variabile e di forbice del tipo ROTO CENTRO 100 KS.

La regolazione della pressione del battente deve poter essere effettuata sui nottolini di chiusura.

A partire da una larghezza del battente di 951 mm si deve prevedere un'ulteriore chiusura di mezzo verticale.

In caso di finestre a due ante senza piantone deve essere installata una chiusura di mezzo supplementare a partire da 851 mm.

Le ante secondarie dei serramenti senza piantone a partire da un'altezza battente di 500 mm dovranno prevedere un meccanismo di chiusura per l'anta secondaria.

L'aggiunta di cerniere prevede inoltre la copertura della parte che è fissata al battente con appositi copri cerniere.  
Da un'altezza battente di 1041 mm bisogna montare tre cerniere, da un'altezza battente di 1916 mm quattro cerniere.

#### 84.3.b Ferramenta del sopraluce

Nei sopraluce con apertura esterna ed interna viene montata una forbice di sicurezza standard del tipo HAUTAU.  
Sopraluci con apertura con comando a distanza prevedono, da una larghezza battente di 1024 mm un'ulteriore chiusura verticale.  
I sopraluci con ferramenta interna, dovranno essere dotati, a partire da una larghezza battente di 1625 mm di una seconda frazione.  
Da un'altezza battente di 1024 mm un'ulteriore chiusura verticale.  
I sopraluci con ferramenta interna, dovranno essere dotati, a partire da una larghezza battente di 1625 mm di una seconda frizione.  
Da un'altezza battente di 1024 mm un'ulteriore chiusura verticale. Nel battente a Kipp, da una larghezza battente di 1041 mm tre cerniere, da una larghezza di 1841 mm quattro cerniere per Kipp.  
La parte del battente dove vanno montate la cerniere Kipp va rivestita con una piastra avvitata.

### 84.4 VETRAGGIO

I serramenti saranno dotati di vetrocamera con vetro esterno stratificato 4+4+PVB 0.38 mm acustico classe 1B1, intercapedine 15 mm riempita con gas inerte (argon) e vetro interno basso emissivo stratificato 5+5+PVB 1.52 mm acustico classe 1B1, trasparente o opaco, realizzato secondo le prescrizioni di legge riguardo al dimensionamento strutturale e ai requisiti di sicurezza vigenti al momento della realizzazione, il tutto opportunamente documentato.

Il profilo distanziatore tra i vetri è tubolare (con angoli smussati) e viene saldato. Il telaio distanziatore infilato è permesso solo in costruzioni speciali (realizzazioni ad arco o irregolari).

La scanalatura d'alloggiamento del vetro camera deve essere arieggiata attraverso fori accostati gli uni agli altri. I fori devono presentare un diametro minimo di 6 mm.

I vetri dovranno garantire le seguenti prestazioni:

- Trasmissione termica della vetrocamera  $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,
- Fattore solare:  $0,4 = g = 0,5$ ,
- Coefficiente di trasmissione della luce minimo:  $= 60\%$ .

Eventuali tamponamenti in pannelli ciechi dovranno essere montati come i vetri fissi senza ante direttamente sul telaio. Le prestazioni minime dei pannelli dovranno essere equivalenti o superiori a quelle delle vetrocamere impiegate nelle parti trasparenti.

Tutti gli elementi devono essere prodotti da aziende che portano il marchio di qualità.

#### 84.4.a Livello di pulizia all'interno del vetrocamera

Nel campo visivo del vetro e ai lati dello stesso, non si devono notare macchie grosse.

Non sono da considerarsi difetti eventuali filamenti di lunghezza massima 2 mm e puntini di diametro massimo 0,6 mm. Tali difetti devono però riscontrarsi raramente e in punti non troppo ravvicinati.

La verifica dei difetti va effettuata con la lastra posizionata verticalmente ad una distanza di ca. 1 m e contro luce.

#### 84.4.b Sigillatura

Il sigillante non deve penetrare oltre 2 mm nell'interspazio tra la lastra e il profilo distanziatore all'interno del vetrocamera.

Lo spessore della sigillatura del nodo non deve superare i 15 mm in vetri di superficie fino a 6 mq., e i 18 mm in vetri con superficie oltre i 6 mq. (ad esclusione di costruzioni particolari).

I profili distanziatori devono essere posizionati parallelamente agli angoli del vetro.

Eventuali scostamenti rispetto agli angoli del vetro non devono essere superiori a 2,5 mm.

La costruzione d'ogni singolo elemento deve corrispondere a quanto sopra specificato e rispettare le NORME B 3714 PARTE 3.

#### 84.4.c Planimetria

Il vetro isolante è influenzabile dalle variazioni sia di temperatura sia di pressione atmosferica, così come dalla sostanza per la disidratazione dell'aria.

In tale situazione non è possibile realizzare un teorico parallelismo delle lastre.

Nell'ordinazione del vetrocamera è buona norma specificare le quote sul livello del mare, dove verranno posati i vetri isolanti affinché possa essere predisposto dal conduttore una valvola altimetrica.

La quota sul livello del mare è bene che abbia un'approssimazione massima di  $\pm 50 \text{ m}$ .

Le lastre non devono toccarsi l'una con l'altra. L'eventuale effetto ottico d'unione delle lastre, non è da considerarsi come difetto.

Interferenze sulla lastra a forma di cerchio o striscia (effetto arcobaleno) in vetri isolanti con minimo 2 lastre Float, non sono imputabili al costruttore, ma si tratta di una rotazione fisica insita nel vetro che non influisce sulla qualità.

#### 84.4.d Qualità del vetro

Le misure e le prove delle lastre di vetro sono stabilite dalle norme B 3711 e B 3712.

Nelle singole zone definite nel seguito si possono riscontrare difetti che rientrano nella norma costruttiva (vetro doppio):

F = Superficie di lastra di vetro nascosta dal profilo del serramento,

R = Zona perimetrale esterna,

S = Campo visibile pratico.

F

Sulla zona esterna della lastra sono ammesse leggere rotture a forma di conchiglia che però non pregiudicano la stabilità della lastra.

Leggere rotture o scheggiature sul lato interno della lastra, localizzate nel campo non visivo e che verranno chiuse con la sigillatura, non costituiscono difetto. Inoltre tutti i difetti che possono essere riscontrati nelle zone R e S senza limiti.

R

Difetti nel vetro (come bolle d'aria, ecc..)

- Sup. del vetro  $< 1 \text{ mq}$ : mass. 4pz. con spessore  $d < 3 \text{ mm}$ ;

- Sup. del vetro  $> 1 \text{ mq}$ : mass. 1pz. con spessore  $d < 3 \text{ mm}$ ;

Graffi:

lunghezza massima 30 mm, somma delle singole lunghezze non superiore a 90 mm. Sottilissimi graffi isolati, non sono da considerarsi difetto.

S

Difetti nel vetro (come bolle d'aria, ecc.)

- Sup. del vetro <1mq: mass.2pz.con spessore d<1mm;
- Sup. del vetro >1<2mq: mass.3pz.con spessore d<1 mm;
- Sup. del vetro >2mq: mass.5pz.con spessore d<1 mm.

Graffi:

lunghezza massima 15 mm., somma delle singole lunghezze non superiore a 45 mm. Sottilissimi graffi isolati non sono da considerarsi difetto.

Il numero dei difetti sopra elencati ammissibili, è aumentabile fino a:

- in vetro isolante con tre lastre: 50%
- in vetro isolante con quattro lastre: 100%

## NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

### 84.5 FABBRICAZIONE E MONTAGGIO

La fabbricazione ed il montaggio saranno eseguiti in stretto accordo con i disegni esecutivi approvati dal committente.

I manufatti lavorati dovranno essere protetti sia durante il trasporto, sia durante il periodo di immagazzinamento (in officina e in cantiere), sia dopo la posa in opera, fino alla consegna dei locali. La protezione dovrà essere efficace contro gli agenti atmosferici ed altri agenti aggressivi (in particolare la calce).

Per il montaggio dei serramenti bisogna attenersi scrupolosamente alle istruzioni, al fine di mantenere un'elevata qualità del lavoro svolto.

Tutte le macchie che si formeranno sulla superficie esterna e su quella interna dei serramenti durante il loro montaggio saranno prontamente eliminate a cura del fornitore dei manufatti, anche se provocate da altre ditte, salvo rivalsa.

Il fornitore dei serramenti dovrà dare precise indicazioni sui prodotti da utilizzare per la pulizia dei manufatti.

### 84.6 STATICA

La struttura, compresi gli elementi di fissaggio, deve essere in grado di assorbire tutte le forze agenti su di essa (in condizioni normali) e di trasmetterle alle strutture portanti della muratura.

In normali condizioni di sollecitazione il telaio ed il fermavetro, sospesi su due appoggi, non devono mostrare una flessione superiore a 1/300 della loro lunghezza.

In caso il vetro isolante stratificato, la flessione del bordo della lastra tra angoli di lastra opposti non deve superare gli 8 mm.

### 84.7 ISPEZIONI, PROVE E COLLAUDO FINALE

Durante il corso dei lavori il committente si riserverà di accertare, tramite ispezioni, che la fornitura dei materiali costituenti i manufatti corrisponda alle prescrizioni e che la posa avvenga secondo le migliori regole dell'arte in modo da poter intervenire tempestivamente qualora non fossero rispettate le condizioni imposte.

In fase di progetto esecutivo l'appaltatore dovrà fornire i certificati di prova dei manufatti rilasciati da laboratori, ufficialmente riconosciuti, a livello europeo, riguardanti:

- prova di permeabilità all'aria;
- prova di tenuta all'acqua;
- prova di resistenza al vento.

Le prove dovranno essere state eseguite secondo normativa DIN 18055 o UNI EN42, UNI EN86, UNI EN77, UNI EN107.

Nel corso e/o al termine della fornitura il committente si riserverà di sottoporre alcune tipologie alle prove sopra citate, da eseguirsi in cantiere o in un laboratorio scelto di comune accordo tra le parti.

Qualora, con la metodologia di cui sopra, una prova non fosse soddisfatta, si procederà ad un nuovo campionamento e nel caso si riscontrasse nuovamente una prova non soddisfatta, il committente potrà dichiarare la non idoneità dell'intera fornitura fino alle precedenti prove di laboratorio superate con esito positivo.

Per quanto riguarda le finiture superficiali, potranno essere eseguiti dei controlli in conformità alle normative UNI 4522 e UNI 9983.

L'onere delle prove sarà a carico dell'appaltatore.

Il collaudo finale sarà eseguito, al termine della fornitura, dal committente, dal fornitore dei manufatti con l'assistenza del servizio tecnico del produttore del sistema impiegato.

I serramenti saranno sottoposti ad esame visivo per valutarne l'integrità, la pulizia e la corrispondenza con i disegni di progetto.

Dovrà inoltre essere controllata: la posa in opera, la continuità dei giunti, il funzionamento delle ante mobili e degli accessori, il rispetto delle specifiche di lavorazione indicate dal produttore del sistema impiegato nonché l'appartenenza dei materiali usati allo stesso.

## NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

**Art. 85 SERRAMENTI ESTERNI IN ACCIAIO NON A TAGLIO TERMICO**

I serramenti interni ed esterni in acciaio e vetro saranno di diverso tipo e dimensione: con ante fisse o apribili, nelle versioni a battente, ad anta e ribalta verso l'interno, scorrevoli, a visiera, a fisarmonica o a basculante, a seconda di quanto indicato nell'abaco dei serramenti allegato al progetto, e dovranno corrispondere alle caratteristiche di seguito riportate; dovranno essere posti in opera da personale specializzato con tutte le assistenze necessarie ed i mezzi ed attrezzature necessarie.

In particolare, l'appalto comprende la progettazione, la fornitura e la posa di porte e finestre in acciaio disposte in corrispondenza delle murature esterne.

Le dimensioni geometriche, il numero e la posizione delle aperture sono indicate sui disegni e alla voce specifica dell'elenco prezzi.

Le opere dovranno essere complete di:

-Vetri

-Tamponamenti ciechi ove previsti;

-Staffaggi con relativa bulloneria, ad esclusione dei ferri di ancoraggio che dovranno essere forniti e messi in opera dall'impresa civile secondo le indicazioni del fornitore della facciata.

-Raccordi con le opere su contorno.

-Raccordi di base e di coronamento.

-Raccordi con i solai.

-Raccordi di collegamento con altre parti della facciata.

-Raccordi di collegamento con i pilastri.

-Raccordi di collegamento con pareti divisorie.

-Raccordi con il controsoffitto.

-Raccordi con il pavimento.

-Raccordi con la canalizzazione di passaggio impianti.

I sopramenzionati raccordi dovranno essere completi di lattonerie, materiale isolante, guaine, sigillature, fissaggi e quant'altro necessario.

Tutte le specchiature, sia vetrate sia cieche, dovranno corrispondere a quanto indicato nell'E.P.U. per ogni tipo di serramento.

Tutti i serramenti sono completi di controtelai realizzati con profili tubolari di acciaio o in legno, completi di zanche a premurare.

Le porte aventi funzione di via di fuga saranno dotate di maniglioni antipanico ad espansione orizzontale su 1° anta ed a due espansioni verticali su 2° anta Push-Bar per le porte a due ante avente le seguenti caratteristiche:

- carter in acciaio;
- barra in acciaio accorciabile fino a 300 mm;
- scrocchi e catenacci in acciaio;
- scrocchi laterale e alto/basso autobloccanti;
- funzionamento dall'interno: premendo la barra;
- funzionamento dall'esterno: con chiave e/o con maniglia;
- comprese minuterie metalliche e viti per il fissaggio.

Si ritiene comunque compreso nell'oggetto dell'appalto tutto quanto altro necessario a rendere l'opera completa e funzionante a perfetta regola d'arte secondo quanto indicato nell'elenco prezzi.

Dovranno essere rispettate le leggi italiane vigenti, le norme UNI applicabili e le normative estere citate nei capitoli successivi.

Tutte le porte relative ai servizi igienici dovranno essere dotate di serratura di emergenza azionabile dall'esterno con indicatore di presenza ed apertura verso l'esterno.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****85.1 MATERIALI E FINITURA SUPERFICIALE**

I materiali da impiegare per i componenti dei serramenti metallici sono specificati nel presente capitolato.

Ove non siano date indicazioni in merito, la scelta dei materiali impiegati sarà compito e responsabilità del fornitore.

Tutti i serramenti perimetrali esterni quali porte, finestre e tamponamenti ciechi dovranno essere realizzati con profilati tubolari in acciaio zincato con processo Sendzimir, sia internamente che esternamente, ricavati tramite profilatura a freddo di nastro di lamiera zincata di qualità e caratteristiche conformi alle Normative DIN I7162/P1.

I profili avranno uno spessore di 1,5 mm secondo normativa UNI-EN 10326, saldati in continuo elettricamente con riporto di zinco sul cordone di saldatura, previa accurata spianatura dello stesso.

I profili avranno sezione 50 mm e profondità 50 mm con alette di battuta da 20 mm, aventi forma ad L, a T o a Z per la composizione dei vari nodi per le specchiature fisse e/o apribili.

L'unione tra i profili dovrà essere realizzata tramite saldatura in continuo delle sezioni in contatto e la successiva ripresa delle superfici in vista o con l'utilizzo di un sistema misto ad assiemaggio meccanico a saldatura interna senza necessità di riprese di finitura.

Il telaio delle parti apribili dovrà altresì avere una cava perimetrale per l'alloggiamento di guarnizioni di battuta in silicone, del tipo "D30R" o simili.

La tenuta all'acqua sarà realizzata per la parte interna a diretto contatto con il fermavetro, con l'inserimento di guarnizione in silicone dalla particolare geometria atta a garantire una corretta adesione al vetro nella parte inferiore, a garanzia di una perfetta compensazione e finitura; guarnizioni in silicone con doppio nastro butilico per le parti esterne, questo a garanzia di una perfetta sigillatura e finitura.

I ferma vetri saranno in acciaio zincato con adeguate viti di fissaggio sempre in acciaio, poste ad una distanza di circa 20+25 cm, con sistema di ancoraggio a scatto.

Nella lavorazione è compresa la fornitura e posa di controtelaio zincato - con caratteristiche e modalità di realizzazione finalizzate ad isolare

il serramento dalla muratura perimetrale - da ancorare alla struttura esistente mediante:

- zanche (ove le spallette risultino adeguate a riceverle);
- piastre fissate con stop metallici o con barra filettata in acciaio inox aggrappata con resina epossidica bicomponente in presenza di strutture in c.a., il tutto tale da garantire l'esclusione di possibili cedimenti.

Il telaio delle parti fisse e di quelle apribili avrà una finitura superficiale con verniciatura con colorazione poliuretanica per esterni nel colore RAL stabilito dalla D.LL..

I serramenti dovranno garantire le seguenti prestazioni:

- Isolamento acustico  $R_w$ : 42 dB (classificazione secondo UNI EN ISO 140-3),
- Isolamento termico  $U_f$ : 3,1 W/(mqK) (classificazione secondo UNI EN ISO 10077-2 o UNI EN ISO 12567-1),
- Resistenza antieffrazione: Classe 3 (classificazione secondo UNI EN 1627),
- Permeabilità all'aria: Classe 4 (classificazione secondo UNI EN 12207, metodo di prova secondo UNI EN 1026),
- Tenuta all'acqua: Classe 8A (classificazione secondo UNI EN 12208, metodo di prova secondo UNI EN 1027),
- Resistenza al carico di vento: Classe C4 (classificazione secondo UNI EN 12210, metodo di prova secondo UNI EN 12211),
- Carico meccanico: Classe 4 (classificazione secondo UNI EN 13115),
- Resistenza a lungo termine: Classe 2 (classificazione secondo UNI EN 12400).

Su tutti i telai, fissi ed apribili, verranno eseguite le lavorazioni atte a garantire il drenaggio dell'acqua attorno ai vetri e la rapida compensazione dell'umidità dell'aria nella camera di contenimento delle lastre.

I profili dovranno avere i listelli perfettamente complanari con le pareti trasversali dei semiprofilo interni per evitare il ristagno dell'eventuale acqua di infiltrazione o condensazione. I semiprofilo esterni avranno invece le pareti trasversali posizionate più basse per facilitare il drenaggio verso l'esterno (telai fissi) o nella camera del giunto aperto (telai apribili). Il drenaggio e la ventilazione dell'anta non dovrà essere eseguita attraverso la zona di isolamento ma attraverso il tubolare esterno.

Le asole di drenaggio dei telai saranno protette esternamente con apposite conchiglie, che, nel caso di zone particolarmente ventose, in corrispondenza di specchiature fisse, saranno dotate di membrana.

Tutte le giunzioni tra i profili saranno incollate e sigillate con colla per metalli poliuretanica a 2 componenti. Le guarnizioni cingivetro saranno in elastomero (EPDM) e compenseranno le sensibili differenze di spessore, inevitabili nelle lastre di vetrocamera e/o stratificate, garantendo, contemporaneamente, una corretta pressione di lavoro perimetrale.

La guarnizione cingivetro esterna dovrà distanziare il tamponamento di 4 mm dal telaio metallico. Le guarnizioni cingivetro saranno dotate di alette (una quella esterna e due quella interna) che si estenderanno fino alla base della sede del vetro in modo da formare più camere.

Nelle porte le guarnizioni di battuta saranno in elastomero (EPDM) e formeranno una doppia barriera nel caso di ante complanari, tripla invece nel caso di ante a sormonto.

Gli accessori di movimentazione saranno quelli originali del sistema e dovranno essere scelti in funzione delle indicazioni riportate sulla documentazione tecnica del produttore in funzione delle dimensioni e del peso dell'anta. L'accessorio dell'anta - ribalta sarà dotato della sicurezza contro l'errata manovra.

I serramenti saranno completi di maniglieria in acciaio e di tutti gli accessori appropriati al sistema, degli organi di fissaggio e sigillatura esterna, della ferramenta necessaria per la corretta apertura e chiusura del serramento quali maniglie o maniglioni antipanico, chiavistelli, boccole, guarnizioni in gomma sintetica EPDM, i raccordi, le sigillature, a parete, a soffitto e ai davanzali.

Tenuta all'acqua garantita con doppia guarnizione di battuta, in gomma sintetica EPDM continua agli angoli. Tenuta all'aria garantita con la posa di guarnizioni autoespandenti idonee o nastri adesivi traspiranti.

E' consentito l'utilizzo di schiume di riempimento solo se stabili e non soggette a variazioni successive. La schiuma di riempimento restante o in eccesso deve essere rimossa e smaltita correttamente.

I serramenti saranno dotati di vetrocamera con altezza utile per l'alloggiamento del vetro di 14 mm e inserimento del vetro con fermavetro a scatto e guarnizioni cingi vetro in EPDM. I profili fermavetro saranno inseriti mediante bloccaggi in plastica agganciati al fermavetro stesso, l'aggancio sarà così di assoluta sicurezza affinché, a seguito di aperture o per la spinta del vento il fermavetro non ceda elasticamente.

I bloccaggi dovranno inoltre compensare le tolleranze dimensionali e gli spessori aggiunti, nel caso della verniciatura, per garantire un corretto aggancio in qualsiasi situazione. I fermavetri dovranno essere sagomati in modo tale da supportare a tutta altezza la guarnizione cingivetro interna per consentire una pressione ottimale sulla lastra di vetro.

Il dente di aggancio della guarnizione sarà più arretrato rispetto al filo esterno del fermavetro in modo da ridurre la sezione in vista della guarnizione riducendo l'effetto cornice. Gli appoggi del vetro dovranno essere agganciati a scatto sui profili, avere una lunghezza di 100 mm ed essere realizzati in modo da non impedire il corretto drenaggio e ventilazione della sede del vetro.

Distanziatori in acciaio inox con barriera gas e vapore in acciaio inox, coefficiente  $\Psi$  0,040 W/mK.

I vetri dovranno garantire le seguenti prestazioni:

- Trasmissione termica della vetrocamera  $U_g = 1,1$  W/mqK,
- Fattore solare:  $0,4 = g = 0,5$ ,
- Coefficiente di trasmissione della luce minimo: = 60%.

Saranno costituiti da vetrocamera con vetro esterno stratificato 4+4+PVB 0.38 mm acustico classe 1B1, intercapedine 15 mm riempita con gas inerte (argon) e vetro interno basso emissivo stratificato 5+5+PVB 1.52 mm acustico classe 1B1, trasparente o opaco, realizzato secondo le prescrizioni di legge riguardo al dimensionamento strutturale e ai requisiti di sicurezza vigenti al momento della realizzazione, il tutto opportunamente documentato.

Eventuali tamponamenti in pannelli ciechi dovranno essere montati come i vetri fissi senza ante direttamente sul telaio. La prestazioni minime dei pannelli dovranno essere equivalenti o superiori a quelle delle vetrocamere impiegate nelle parti trasparenti.

Gli ancoraggi all'edificio dovranno essere realizzati in maniera tale che i carichi (anche quelli causati da volumi, magazzino, traverse e montanti) vengano trasferiti all'edificio e che i movimenti dell'edificio normalmente prevedibili o resi noti dal committente possano essere assorbiti dal punto di vista strutturale senza che il carico sia trasmesso ai controtelai ovvero alle finestre.

Completi, ove necessario, di motorizzazione per l'apertura elettrica comandata a pulsante, conforme a norma UNI 8612, compreso il collegamento all'alimentazione elettrica.

## 85.2 ACCESSORI

Tutti i componenti di aggancio metallici sia nella struttura sia nelle finiture di raccordo dilatano su materiale plastico autolubrificante.

Aperture a sporgere complete di bracci limitatori frizionati che permettono di regolare l'apertura a piacere da 0 a 400mm a seconda dell'altezza della stessa.

Possibilità di apertura ad anta/ribalta con l'uso di profili commerciali, a T.T. e non, manuale e/o motorizzata con comando a distanza o con dispositivi elettronici antipioggia/antivento.

Le staffe sono realizzate in acciaio zincato a caldo e consentono di regolare nei tre piani ortogonali gli scostamenti dovuti ai fuoripiombo degli edifici fino ad un max di +/- 25mm.

Sono state realizzate tutte le tipologie di ancoraggio per soddisfare tutti gli interfacciamenti con la sottostruttura evitando gli aggiustamenti (spessori) di cantiere peraltro sempre precari e non contemplati nella legislatura tecnica.

Tutti gli ancoraggi sono dotati di spina di sicurezza in acciaio quale garanzia nel caso gli attriti della bulloneria vengano meno ed inoltre non viene mai delegato direttamente lo sforzo di trazione al bullone ma ad una serie di componenti interni alla staffa che sosterranno la parete anche quando collassa il dado di serraggio;

Le guarnizioni sono tutte in santoprene e nelle aperture sono termosaldate agli angoli.

## NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

### 85.3 FABBRICAZIONE E MONTAGGIO

La fabbricazione ed il montaggio saranno eseguiti in stretto accordo con i disegni esecutivi approvati dal committente.

I manufatti lavorati dovranno essere protetti sia durante il trasporto, sia durante il periodo di immagazzinamento (in officina e in cantiere), sia dopo la posa in opera, fino alla consegna dei locali.

La protezione dovrà essere efficace contro gli agenti atmosferici ed altri agenti aggressivi.

Tutte le macchie che si formeranno sulla superficie esterna e su quella interna dei serramenti durante il loro montaggio saranno prontamente eliminate a cura del fornitore dei manufatti, anche se provocate da altre ditte, salvo rivalsa.

Il fornitore dei serramenti dovrà dare precise indicazioni sui prodotti da utilizzare per la pulizia dei manufatti.

### 85.4 ISPEZIONI, PROVE E COLLAUDO FINALE

Durante il corso dei lavori il committente si riserverà di accertare, tramite ispezioni, che la fornitura dei materiali costituenti i manufatti corrisponda alle prescrizioni e che la posa avvenga secondo le migliori regole dell'arte in modo da poter intervenire tempestivamente qualora non fossero rispettate le condizioni imposte.

In fase di progetto esecutivo l'appaltatore dovrà fornire i certificati di prova dei manufatti rilasciati da laboratori, ufficialmente riconosciuti, a livello europeo, riguardanti:

- prova di permeabilità all'aria;
- prova di tenuta all'acqua;
- prova di resistenza al vento.

Le prove dovranno essere state eseguite secondo normativa DIN 18055 o UNI EN42, UNI EN86, UNI EN77, UNI EN107.

Nel corso e/o al termine della fornitura il committente si riserverà di sottoporre alcune tipologie alle prove sopra citate, da eseguirsi in cantiere o in un laboratorio scelto di comune accordo tra le parti.

Qualora, con la metodologia di cui sopra, una prova non fosse soddisfatta, si procederà ad un nuovo campionamento e nel caso si riscontrasse nuovamente una prova non soddisfatta, il committente potrà dichiarare la non idoneità dell'intera fornitura fino alle precedenti prove di laboratorio superate con esito positivo.

Per quanto riguarda le finiture superficiali, potranno essere eseguiti dei controlli in conformità alle normative UNI.

L'onere delle prove sarà a carico dell'appaltatore.

Il collaudo finale sarà eseguito, al termine della fornitura, dal committente, dal fornitore dei manufatti con l'assistenza del servizio tecnico del produttore del sistema impiegato.

I serramenti saranno sottoposti ad esame visivo per valutarne l'integrità, la pulizia e la corrispondenza con i disegni di progetto.

Dovrà inoltre essere controllata: la posa in opera, la continuità dei giunti, il funzionamento delle ante mobili e degli accessori, il rispetto delle specifiche di lavorazione indicate dal produttore del sistema impiegato nonché l'appartenenza dei materiali usati allo stesso.

## NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

**Art. 86 EVACUATORI DI FUMO**

Si intendono applicate le seguenti norme:

- UNI 9494-1:2017 Sistemi per il controllo di fumo e calore - Parte 1: Progettazione e installazione dei Sistemi di Evacuazione Naturale di Fumo e Calore (SENFEC)
  - UNI 9494-2:2017 Sistemi per il controllo di fumo e calore - Parte 2: Progettazione e installazione dei Sistemi di Evacuazione Forzata di Fumo e Calore (SEFFEC)
  - Circolare Ministero dell'Interno n. 24 del 26/01/2003.
  - UNI EN 12101-1:2006 Sistemi per il controllo di fumo e calore - Parte 1: Specifiche per le barriere al fumo
  - UNI EN 12101-2:2004 Sistemi per il controllo di fumo e calore - Parte 2: Specifiche per gli evacuatori naturali di fumo e calore
  - UNI EN 12101-3:2015 Sistemi per il controllo di fumo e calore - Parte 3: Specifiche per gli evacuatori forzati di fumo e calore
  - UNI EN 12101-6:2005 Sistemi per il controllo di fumo e calore - Parte 6: Specifiche per i sistemi a differenza di pressione – Kit
  - UNI EN 12101-7:2011 Sistemi per il controllo di fumo e calore - Parte 7: Condotte per il controllo dei fumi
  - UNI EN 12101-8:2011 Sistemi per il controllo di fumo e calore - Parte 8: Serrande per il controllo dei fumi
  - NFPA n. 204M - Guide for smoke and heat venting.
  - D.M. 10.03.1998 Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro.
  - D.P.R. n.37 del 12.01.1998 art.5 comma 1 e 2 - Regolamento recante disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'articolo 20, comma 8, della Legge 15.03.1997 n.59.
  - Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81 - recante "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro."
  - In generale devono essere rispettate le prescrizioni del piano di sicurezza e di coordinamento, del piano operativo e le indicazioni impartite dal coordinatore per l'esecuzione dei lavori e/o del direttore dei lavori.
- Per tutte le norme citate si intendono applicate le successive modifiche ed integrazioni.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****86.1 MATERIALI**

I sistemi di evacuazione fumi e calore sono costituiti da vani di ventilazione naturale o meccanici con funzionamento manuale o automatico, talvolta accoppiati a cortine antifumo.

Gli EFC sono costruiti secondo la recente norma tecnica europea EN 12101 recepita dalla UNI e pubblicata nella versione italiana UNI EN 12101-2:2004. Il paragrafo 5 della norma UNI 9494 definisce come deve essere progettato l'impianto.

Ogni singolo EFC ha il proprio comando di apertura con fonte autonoma di energia e scatto termico a 68; 93 o 141°C. La fonte autonoma di energia è una cartuccia da 30 g di CO<sub>2</sub>.

Ogni gruppo di EFC ha il proprio comando di apertura antincendio. Questo comando remoto è il più importante perché fornisce la ventilazione antincendio, l'evacuazione dei fumi e dei gas caldi dalla zona sotto incendio.

I prodotti saranno certificati CE ai sensi della Direttiva 89/106 "Prodotti da Costruzione" come modificata da Regolamento Europeo 305/2011 (CPR).

Saranno rispondenti alle caratteristiche espresse nell'abaco di riferimento allegato al progetto e inseriti in copertura, sia piani che inclinati, e dotati delle seguenti caratteristiche:

- Superficie utile minima di aerazione totale pari a 1.5 mq.
- Tamponatura vetrata con vetro camera basso emissivo 66.2/20/44.2 con PVB acustico mm 0.38 saturata con gas argon o con la stessa tipologia dei serramenti adiacenti previsti.
- Angolo di apertura di 157°, costituito da telaio (con configurazione tubolare – Kg.1/ml) e controtelaio (con configurazione a Z – Kg.1/ml) in alluminio estruso naturale lega UNI6060, assemblato per cianfrinatura, completo di guarnizioni in alfaprene, cerniere in alluminio, rivetti e viterie in acciaio inox.
- Dispositivo di apertura composto da cilindro pneumatico a doppio effetto con sola apertura oppure apri/chiedi se collegato ad un impianto a distanza di tipo pneumatico a doppio tubo di rame. Il cilindro ha un alesaggio di 56 mm (per larghezza fino mm. 1200) fulcrato tra due staffe parallele sagomate che consentono la rotazione del sistema fino ad un angolo di apertura di 157°, comandato da valvola termica completa di bombola CO<sub>2</sub> e fialetta vetrosa termofusibile.
- Il blocco di chiusura presente su ciascun battente può essere sganciato manualmente dall'esterno per manutenzione.
- Tutti i tubi preposti all'alimentazione del cilindro sono in teflon protetto da doppia calza in acciaio inox.
- Il dispositivo può essere collegato ad un impianto di apertura a distanza di tipo pneumatico senza alcun altro accessorio.
- In caso di apertura elettrica per ventilazione giornaliera viene inserito un motore elettrico 230 V, corsa 300 mm, forza di spinta 500 N, forza di trazione 150 N con dispositivo automatico di regolazione chiusura che consente lo svincolo dell'attuatore all'entrata in funzione del dispositivo per evacuazione fumo e calore.

Documenti a carico dell'appaltatore a corredo della fornitura:

- Rapporto di Prova, per prove iniziali di tipo, emesso da Istituto Giordano in qualità di Organismo di certificazione, ispezione e laboratorio di prova notificato (n.0407) ai sensi della direttiva 89/106/CEE (CPD) come modificata da Regolamento Europeo 305/2011 (CPR),
- Certificato CE di conformità del prodotto, ai sensi della direttiva 89/106/CE come modificata da Regolamento Europeo 305/2011 (CPR)
- Dichiarazione CE di conformità ai sensi dell'art.8 della direttiva 98/37/CE del 22.6.98, secondo quanto previsto dal DM 20.12.2001
- Dichiarazione di conformità del materiale fornito al prototipo testato
- Dichiarazione di corretta installazione

- Progetto realizzativo dell'impianto (inteso come condotta in rame – se presente impianto di apertura a distanza di tipo pneumatico), redatto, su nostro incarico, da 'professionista abilitato e iscritto negli elenchi del Ministero dell'Interno' ai sensi della legge 7 dicembre 1984 e pubblicati con D.M. 30/04/1993
- Verbale di verifica di funzionamento
- Manuali operativi ed istruzioni di manutenzione delle apparecchiature installate.

## NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

### 86.2 CERTIFICAZIONI

Ogni EFC deve essere come richiesto dalla EN 12101 corredato di una targhetta dove sono riportati i seguenti dati tecnici significativi:

- Denominazione ditta produttrice;
- Marchio attestante la conformità alle norme europee;
- Codici certificazione e Normativa di riferimento;
- Dimensione geometrica dell'apertura espressa in cm.;
- Data di produzione;
- Numero di serie univoco;
- A(Aa) Aerodynamic free area (Superficie Utile Apertura) espressa in mq.;
- Dispositivo termosensibile espresso in °C;
- WL - Wind Load (Azione del Vento) (Pa);
- SL - SnowLoad (Carico Neve) - (Pa);
- T - Low Ambient Temperature (Bassa Temperatura Ambiente) espressa in °C;
- Re - Number of cycles (Numero Cicli);
- B - Resistance to Heat (Resistenza al Calore) espressa in °C;
- F - Classe di reazione al fuoco materiale di copertura dell'EFC (cupola).

### 86.3 COLLAUDO

Per attivare il dispositivo è necessario provocare la rottura per riscaldamento della fiala termosensibile o inviare l'impulso elettrico a 24 Volt all'elettromagnete. Nel caso in cui sia presente un box di comando a distanza, è possibile attivare il meccanismo agendo sul pulsante di emergenza, inviando così l'impulso all'elettromagnete (se presente) contenuto nel box.

A collaudo ultimato e prima di richiudere l'evacuatore si dovrà procedere con le operazioni di riarmo dell'attuatore.

Dopo aver richiuso il dispositivo accertarsi che i ganci di tenuta siano agganciati correttamente, onde evitare aperture accidentali.

## NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

**Art. 87 OPERE IN VETRO E IN POLICARBONATO****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI****87.1 LASTRE IN VETRO**

Le lastre di vetro saranno del tipo indicato nell'elenco prezzi, per quanto riguarda i serramenti e gli infissi, salvo più precise indicazioni della D.L..

Il collocamento in opera delle lastre di vetro, cristallo, ecc. potrà essere richiesto a qualunque altezza ed in qualsiasi posizione, e dovrà essere completato da una perfetta pulitura delle due facce delle lastre stesse, che dovranno risultare perfettamente lucide e trasparenti.

L'impresa ha l'obbligo di controllare gli ordinativi, dei vari tipi di vetri passatigli dalla D.L., rilevandone le esatte misure ed i quantitativi, e di segnalare a quest'ultima le eventuali discordanze, restando a suo completo carico gli inconvenienti di qualsiasi genere che potessero derivare dall'omissione di tale tempestivo controllo.

Essa ha anche l'obbligo della posa in opera di ogni specie di vetri e cristalli, anche se forniti da altre ditte ai prezzi di tariffa.

Ogni rottura di vetri o cristalli, avvenuta prima della presa in consegna da parte della Direzione Lavori, sarà a carico dell'Impresa.

**87.2 LASTRE IN POLICARBONATO COMPATTO**

Le lastre in polycarbonato compatto dovranno essere di colore neutro, di spessore 10 mm, protette all'estradosso dai raggi UV, atte a sopportare un carico almeno pari a 120 kg/mq, adeguatamente sormontate, raccordate e fissate agli elementi di copertura mediante appositi profili metallici. Peso specifico 1200 kg/mc. Resistenza a trazione 60 MPa. Resistenza a flessione 90 MPa. Modulo di elasticità E 2300 MPa. Durezza 95 MPa. Conducibilità termica 0,2 W/Km. Coefficiente dilatazione termica  $7 \times 10^{-5}$  K-1. Classe 1 di reazione al fuoco.

**87.3 LASTRE IN POLICARBONATO ALVEOLARE**

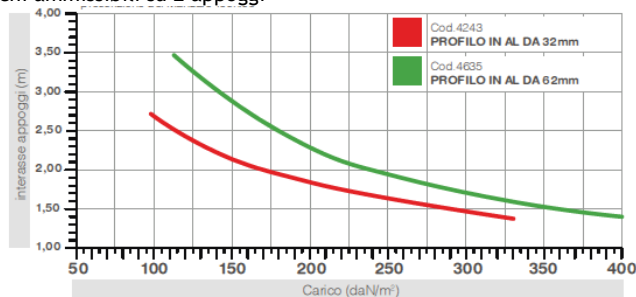
Le lastre in polycarbonato alveolare coestruso dovranno essere di colore neutro, di spessore 20 mm e modulo 600mm, a 6 pareti, protette all'estradosso dai raggi UV, raccordate e fissate agli elementi di copertura mediante inserimento a scatto su profili in acciaio delle dimensioni indicate dai fornitori del prodotto, a seconda della luce di appoggio prevista.

Caratteristiche del polycarbonato:

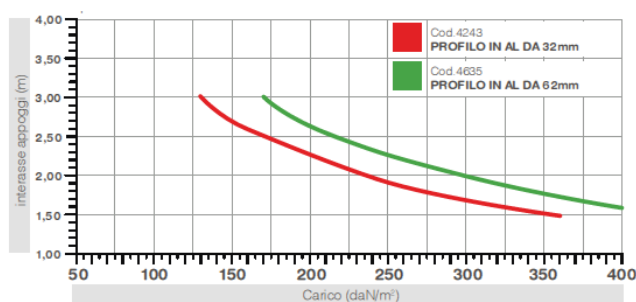
- U.V. protetto,
- Isolamento termico 1,7 W/m<sup>2</sup>K,
- Isolamento acustico 20 dB,
- Dilatazione lineare 0,065mm/m°C,
- Temperatura d'impegno -40°C +120 °C,
- Reazione al fuoco EN 13501-1 EuroClass B-s1,d0.

Gli elementi dovranno essere atti a sopportare un carico almeno pari a quanto indicato negli schemi sottostanti:

Carichi ammissibili su 2 appoggi



Carichi ammissibili su più appoggi



La posa è prevista in verticale o su coperture con pendenza pari a almeno il 5%.

Le superfici curve dovranno avere raggio minimo di 4 metri.

Dovranno essere posati idonei profili di fissaggio, profili perimetrali, eventuali bancaline, gocciolatoi, terminali, nastri antipolvere, guarnizioni e qualsiasi altro accessorio necessario al corretto montaggio dell'opera.

#### 87.4 PELLICOLA DI SICUREZZA

Applicazione di pellicola di sicurezza in poliestere sul lato interno di vetri esistenti, con idoneo adesivo acrilico. Il vetro, in seguito all'installazione della pellicola, dovrà risultare di classe 2B2 secondo la norma EN 12600. La pellicola dovrà essere trasparente, spessore 100 µ, con struttura a singolo strato, resistenza alla trazione 170 N/mq, resistenza alla rottura 17,5 N/mm.

##### PRESTAZIONI OTTICHE:

<b>Energia Solare Totale:</b>	
Trasmessa	82%
Riflessa	8%
Assorbita	9%
<b>Luce visibile:</b>	
Trasmessa	89%
Riflessa	9%
Riduzione abbaglio	1%
Infrarossi respinti	20%
<b>Raggi Ultravioletti Trasmessi (max)</b>	<b>1%</b>
Coefficiente di schermatura	0.98
Fattore solare g	0.85
<b>Totale Energia Solare Respinta</b>	<b>15%</b>

##### PROPRIETÀ FISICHE:

Spessore	100 µ
Struttura	singolo strato
Resistenza alla trazione	MD/TD 172 N/mm²
Resistenza alla rottura	17.51 N/mm
Tipo adesivo	acrilico sensibile alla pressione
Forza adesiva	1.05 N/mm

##### PRESTAZIONI CERTIFICATE\*:

###### UNI EN 12600

Impatto / Prova del pendolo

###### ASTM D-4830-88

Resistenza alla Perforazione

###### ANSI Z-97.1

Invecchiamento Accelerato

###### ASTM D-4830-88

Resistenza alla Perforazione

###### ANSI Z26.1 & FMVSS 205

Resistenza all'Opacizzazione

###### ASTM E-162-02

Infiammabilità

###### ASTM E-662

Emissione Fumi

\* Report dei test effettuati da  
Laboratori indipendenti accreditati sono disponibili su richiesta.

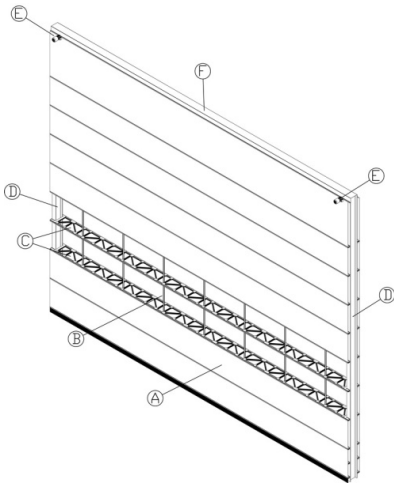
#### NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

Art. 88 PORTONI AD IMPACCHETTAMENTO

QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI

88.1 MATERIALI

Saranno costituiti da teli in PVC e struttura metallica in acciaio zincato, conforme alla norma EN 13241-1 e dotato di marcatura CE con colori a scelta della D.L..  
Il portone dovrà essere costituito dai seguenti componenti:



- A - Manto
- B - Cinghie di sollevamento
- C - Tralicci orizzontali
- D - Guide di scorrimento
- E - Gruppo motoriduttore
- F - Traversa superiore
- G - Centrale di comando

- traversa superiore in acciaio zincato a caldo adatta a contenere il gruppo motoriduttore, i cuscinetti, il rullo, le cinghie di sollevamento e gli attacchi del manto,
- tralicci orizzontali,
- guide di scorrimento in acciaio zincato opportunamente dimensionate e sagomate, su cui scorrono i tralicci orizzontali,
- manto formato da 2 teli in poliestere spalmati in PVC inseriti in profili doppia ogiva posti all'estremità dei tralicci orizzontali che scorrono sulle guide di scorrimento; i teli saranno di tipo standard o isolati, con le seguenti caratteristiche:

Telo standard	Composizione e Prove Composition & Test			Caratteristiche Characteristics		
	Lato esterno - Top face coating	material impressione finish colore spessore	material no. plies yarn count [EN ISO 2286-2]	PVC opaco / opaque 12 standard [mm] 0,7	Spessore - Thickness	ISO 2286/3 [mm] 0,9 ±0,1
	Tessuto - Fabric	material n. tele titolo [EN ISO 2286-2]	material no. plies yarn count [EN ISO 2286-2]	PES 1 1100 Dtex 12x12 900 g/m²	Peso - Weight	ISO 2286/2 [kg/m²] 0,90 ±0,1
	Lato interno - Underside coating	material impressione finish colore spessore	material no. plies yarn count [EN ISO 2286-2]	PVC ruvido / rough 12 standard [mm] 0,2	Carico rottura - Tensile strenght warp	ISO 1421 6000 N/50 mm
	Resistenza al freddo - Cold resistance	[ISO 4675/90]		- 50°C ±5	Allungamento ordito - Elongation yarn	ISO 1421 4300 N/50 mm
	Test idrolisi - Tropical test	75°C 95% umidità, nessuna variazione 75°C 95% humidity, no variations			Allungamento trama - Elongation weft	ISO 1421 4000 N/50 mm
	Diesel fuel test - Test gasolio	[ISO 1421]		nessuna variazione no variations	Lacerazione ordito - Tear resistance warp	DIN 53 363 [N] > 600
	Test acqua marina- Sea water test	[ISO 1421]		nessuna variazione no variations	Lacerazione trama - Tear resistance weft	DIN 53 363 [N] > 530
	Test ozono - Onozo test	[ISO 3011]		nessuna crepa no cracks	Adesione - Peeling test	DIN EN ISO 2411 130 N/50 mm
	T magazzino / T storage	[°C]		-30 +65	Conformità CEE - Compliance CEE	si / yes
	Burning Test - Test fiamma	[ISO 3795]		< 100 mm/min.	Specific use	composting, car washes, warehouses, industry, crane, supermarkets, frigo
	Perforazione - Puncture	[RINA 3.A1.2.7]		[N] > 100	Associazione - Association	
	Esercizio 7gg.-70°C - Ageing 7 days-70°C	[ISO 6065]		nessuna variazione no variations		www.bmpeurope.eu

Telo isolato (Opzione)	Composizione e Prove Composition & Test			Caratteristiche Characteristics		
	Lato esterno - Top face coating	material impressione colore spessore	material finish colour thickness	PVC liscia / plain 4 standard [mm] 0,5	Spessore - Thickness	ISO 2286/3 [mm] 3,3 ±0,1
	Tessuto - Fabric	material n. tele titolo [EN ISO 2286-2]	material no. plies yarn count	PES 1 1100 Dtex 12x12 1350 g/m²	Peso - Weight	ISO 2286/2 [kg/m²] 1,35 ±0,1
	Lato interno - Underside coating	material impressione colore spessore	material finish colour thickness	PVC spugna / foamed 4 standard [mm] 2,8	Carico rottura - Tensile strenght warp	ISO 1421 6000 N/50 mm
	Resistenza al freddo - Cold resistance	✓	[ISO 4675/90]	- 10°C ±5	Allungamento ordito - Elongation yarn	EN ISO 1421/V1 3000 N/50 mm
	Test idrolisi - Tropical test	✓	75°C 95% umidità, nessuna variazione 75°C 95% humidity, no variations		Allungamento trama - Elongation weft	EN ISO 1421/V1 2800 N/50 mm
	Diesel fuel test - Test gasolio	✓	[ISO 1421]	nessuna variazione no variations	Lacerazione ordito - Tear resistance warp	DIN 53363 300 N
	Test acqua marina - Sea water test	✓	[ISO 1421]	nessuna variazione no variations	Lacerazione trama - Tear resistance weft	DIN 53363 300 N
	Test ozono - Onozo test	✓	[ISO 3011]	nessuna crepa no cracks	Adesione - Peeling test	PA 09.03 (intern) 15 N/cm
	T magazzino / T storage	[°C]	-30 +65		Conduttività termica - Thermal conductivity	0,0503 W.m⁻¹.K⁻¹
	Abrasion - Abrasion	✓	D.M. 26.06.84 (UNI 9177): cl 2, NFA 701 Test 2		Indice d'isolamento - sound insulation	Rw = 17,5 dB
	Perforazione - Puncture	[RINA 3.A1.2.7]	[N] > 100		Impiego - Use	car washes, warehouses, industry, noisy environments, supermarkets, frigo

- cinghie di sollevamento fissate al rullo avvolgitore e al traliccio inferiore, aventi le seguenti specifiche tecniche:

POSSIBILITÀ DI IMPIEGO DEL POLIESTERE IN PRESENZA DI AGENTI CHIMICI POSSIBILITY OF POLYESTER USE IN THE PRESENCE OF CHEMICAL AGENTS										
Acidi Acids	Alcali Alkalies	Aldeidi Aldehydes	Alcali forti Strong alkalis	Sbiancanti Bleaches	Solventi Solvents	Idrocarburi Hydrocarbons	Petroli Petroleum products	Detergenti Cleaning agents	Acqua di mare Marine water	Eteri Ethers
(*)	YES	NO	(**)	YES	YES	YES	YES	YES	YES	NO
(*) Viene disintegrato dall'acido solforico (**) Viene degradato dagli alcoli forti a temperature elevate						(*) Is disintegrated by Sulphuric acid (**) Is degraded by strong alcohols at high temperatures				
Tipo di supporto: poliestere 100%, Spessore nominale: 4 mm, Larghezza nominale: 90 mm, Resistenza carico nominale: fino a 11000 kg, Coefficiente di sicurezza: 7:1										

- centrale di comando,  
- gruppo moto-riduttore: motori trifase autofrenanti distribuiti lungo il rullo avvolgi cinghie inserito nella traversa e fissati attraverso dei giunti elastici. Tipo di funzionamento S1 (servizio continuo). Gruppo riduttore con cassa in ghisa e verniciata.

## 88.2 CARICO DEL VENTO

Classe vento Wind Class EN 12424	Pressione Pressure [Pa - N/m²]	Vel. Vento Wind Speed [m/s]	Vel. Vento Wind Speed [Km/h]	Scala Beaufort Beaufort Scale
0	0	0	0	0
1	300	22	80	9
2	450	27	100	10
3	700	34	120	12
4	1000	41	150	13
5	>1000	Accordo fabbricante e acquirente		

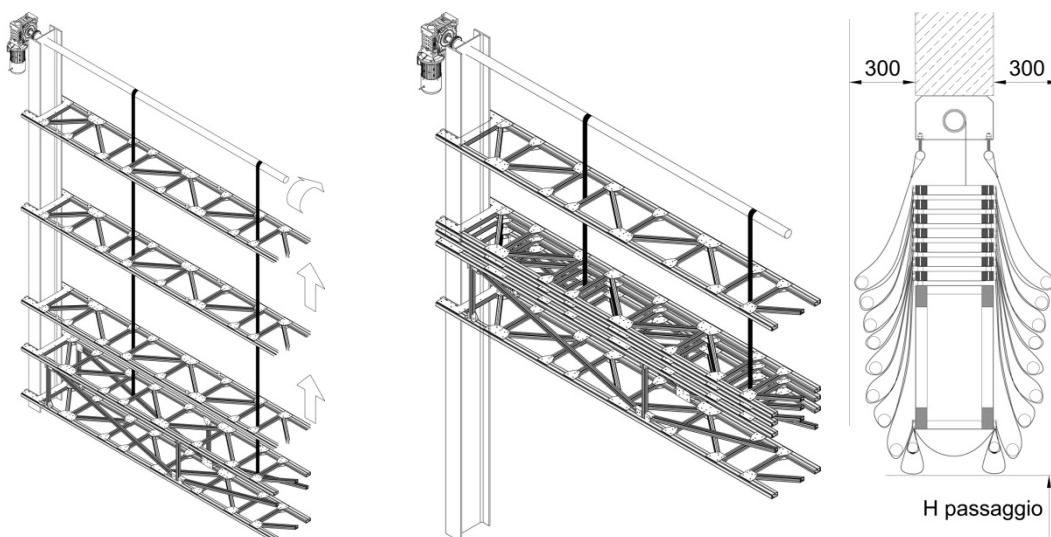
Si riporta di seguito la tabella della scala di Beaufort che classifica il vento rispetto alla sua velocità

Scala Beaufort	Pressione dinamica [Pa - N/m²]	Velocità media del vento			Termine descrittivo	EN 12424
		Nodi	m/s	Km/h		
0	0 - 0	0 - <1	0.0 - 0.2	0	Calma / Calm	0
1	0.1 - 0.1	1 - <4	0.3 - 1.5	1 - 5	Bava di vento / Light air	1
2	2.0 - 5.9	4 - <7	1.6 - 3.3	6 - 11	Brezza leggera / Light breeze	1

3	6.9 – 17.7	7 – <11	3.4 – 5.4	12 – 19	Brezza tesa / Gentle breeze	1
4	18.6 – 38.3	11 – <16	5.5 – 7.9	20 – 28	Vento moderato / Moderate breeze	1
5	39.2 – 70.6	16 – <22	8.0 – 10.7	29 – 38	Vento teso / Fresh breeze	1
6	71.6 – 116.7	22 – <28	10.8 – 13.8	39 – 49	Vento fresco / Strong breeze	1
7	117.7 – 179.5	28 – <34	13.9 – 17.1	50 – 61	Vento forte / High wind	1
8	180.5 – 262.9	34 – <41	17.2 – 20.7	62 – 74	Burrasca / Gale, fresh gale	1
9	263.9 – 364.9	41 – <48	20.8 – 24.4	75 – 88	Burrasca forte / Strong gale	1-2
10	366.9 – 495.4	48 – <56	24.5 – 28.4	89 – 102	Tempesta / Storm	2-3
11	496.4 – 652.4	56 – <64	28.5 – 32.6	103 – 117	Tempesta violenta / Violent storm	3
12	653.3 – 836.7	> 64	32.7 – 36.9	118 – 133	Uragano / Hurricane force	3-4
13	837.8 – 1039.9	> 64	37.0 – 41.4	134 – 149	Uragano / Hurricane	4-5

## NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

### 88.3 FUNZIONAMENTO



Le cinghie di trazione sono fissate sull'albero avvolgitore e vengono ancorate a mezzo di attacchi registrabili al traliccio inferiore, il quale sollevandosi raccoglie i successivi impacchettando il manto del portone.

Verranno forniti ulteriori dettagli in fase di progettazione e realizzazione dei portoni.

Il traliccio superiore è fissato alla traversa e le cinghie di sollevamento sono fissate sul doppio traliccio inferiore.

È compreso l'onere della progettazione del portone e dei suoi elementi costitutivi a seconda del sito di installazione e la fornitura a posa avvenuta di tutte le necessarie certificazioni.

È compresa la fornitura del portone e di tutti i succitati elementi necessari al suo funzionamento, gli accessori, la ferramenta, i profili di collegamento, i tasselli, compreso il trasporto, lo scarico e la movimentazione in cantiere, compreso l'utilizzo dei necessari mezzi di sollevamento, il montaggio e la realizzazione dell'impianto elettrico dalla centrale di comando ai motori. È compreso altresì il montaggio di tutti gli elementi necessari per il fissaggio alla struttura portante, a qualsiasi altezza e secondo le norme vigenti, comprese le necessarie opere murarie.

## NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

**Art. 89 PORTE INTERNE TAGLIAFUOCO IN ACCIAIO**

Si intendono applicate le seguenti norme:

- UNI EN 12519:2005 Finestre e porte pedonali - Terminologia.
- UNI ISO 8269:1987 Porte. Prova di carico statico (effrazione).
- UNI EN 12217:2015 Porte - Forze di manovra - Requisiti e classificazione.
- UNI ISO 8275:1987 Porte. Prova di carico verticale.
- UNI EN 1294:2001 Ante di porta - Determinazione del comportamento sotto variazioni di umidità in successivi climi uniformi.
- UNI EN 950:2000 Ante di porta - Determinazione della resistenza all'urto con corpo duro.
- UNI EN 179:2008 Accessori per serramenti - Dispositivi per uscite di emergenza azionati mediante maniglia a leva o piastra a spinta per l'utilizzo sulle vie di fuga - Requisiti e metodi di prova.
- UNI EN 1125:2008 Accessori per serramenti - Dispositivi per le uscite antipanico azionati mediante una barra orizzontale per l'utilizzo sulle vie di esodo - Requisiti e metodi di prova.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****89.1 MATERIALI**

Tutti i serramenti sono muniti di targhetta di contrassegno con elementi di riferimento, applicata in battuta dell'anta principale, con indicazione della tipologia di certificazione REI 60 secondo prescrizioni di progetto.

I dispositivi di apertura delle porte delle vie di esodo dovranno essere rispondenti alle norme UNI EN 179:2008 e/o UNI EN 1125:2008 così come disposto dal D.M. 3/11/2004.

Ogni componente della porta dovrà essere zincato a caldo con procedimento elettrolitico e verniciato a polveri epossidiche o di poliestere termoindurenti con spessore minimo di 60 micron con ciclo di cottura a 180° come da norme VECTAL - AAMA, ovvero trattato in maniera equivalente compatibilmente con la certificazione antincendio; tinta RAL da progetto ovvero in mancanza a scelta della D.L..

L'Appaltatore eseguirà la porta adottando materiali e modalità di esecuzione atti a conferire all'elemento costruttivo la resistenza al fuoco richiesta, assumendosi l'onere delle relative certificazioni.

Le lamiere da impiegare per l'esecuzione dei battenti dovranno essere esclusivamente di acciaio ad alta resistenza, dello spessore non inferiore a 12/10 mm.

Le lamiere da impiegare per l'esecuzione dei telai dovranno essere esclusivamente di acciaio ad alta resistenza, dello spessore non inferiore a 3 mm.

I controtelai da fornire e posare in opera dovranno essere realizzati in lamiera zincata sp. 15/10 mm minimo e in profilati metallici.

Le giunzioni saranno preparate opportunamente sulle parti esposte e di contatto.

Lavorazione dei materiali - Osservanze per materiali, costruzione, tolleranze e montaggio dovranno essere conformi alle Norme UNI relative a questa sezione.

Il serramento sarà costituito dai seguenti elementi:

- Telaio con profilo di acciaio zincato, con certificato di omologazione del Ministero dell'Interno conforme UNI EN 1634-1:2009, con anche da murare e predisposizione per il tassellamento;
- Ante di opportuno spessore, costituite da doppia lamiera di acciaio zincato presso piegata tamburata senza battuta inferiore coibentata con materiali isolanti; Isolamento interno costituito da coibente ad alto potere isolante e di elevata resistenza meccanica e di tenuta alle alte temperature.
- N.2 cerniere a tre ali con dischi antiusura di cui una con molla autotrabile per la chiusura automatica dell'anta;
- Serratura antincendio con scrocco e cilindro;
- Maniglia del tipo a leva a sagoma ricurva antinfortunistica in vetroresina con anima in acciaio e completa di placche;
- Rostro di tenuta nella battuta dell'anta sul lato cerniere;
- Eventuali maniglioni antipanico Push - Bar con scroccchi alto/basso e laterale, con carter di copertura in acciaio verniciato nero tipo Cisa o equivalente;
- Targhetta di contrassegno con elementi di riferimento, applicata in battuta all'anta; Certificazione porta REI 60.
- Chiudiporta aereo normale comandato da pistone idraulico regolabile;
- Eventuale Dispositivi di rilevazione fumo e magneti di auto chiusura.

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI****89.2 MODALITÀ DI ESECUZIONE****CONTROTELAI**

Se non è diversamente specificato, i controtelai dovranno essere montati in fabbrica e inviati in cantiere come unità complete.

Gli elementi costituenti i telai o comunque costituenti elementi di parti portanti o strutturali saranno realizzati con profilati dello spessore minimo di 10/10 di mm. Gli elementi secondari di raccordo o comunque non costituenti elementi di parti portanti o strutturali saranno realizzati con lamiera o profilati dello spessore minimo di 8/10 mm.

Telai e controtelai dovranno essere forniti in cantiere in tempo utile per essere messi in opera contemporaneamente alla esecuzione delle murature o nel caso del ripristino e della riquadratura di vani esistenti. Potrà essere richiesta anche la fornitura di speciali dime costruite in officina in modo da fare rispettare con assoluta precisione le dimensioni richieste dei vani, ove non si renda necessario l'ancoraggio diretto dei telai nelle murature.

Il controtelaio dovrà essere assicurato all'opera muraria mediante perni in acciaio K700/diam.18, inserito nella muratura per un minimo di 20

cm ed almeno 3 per lato, questo per altezze sino a 220 m. Per altezze superiori, bisognerà aggiungere i perni in funzione dell'interasse risultante rispetto all'altezza primaria.

I fori nella muratura dovranno essere eseguiti come da schema di progetto e, comunque, con appositi mezzi meccanici senza opere demolitorie.

Il foro dovrà risultare inclinato, sia come sezione orizzontale, sia come sezione verticale. L'inclinazione dovrà essere tale da impedire al cemento chimico, agente del fissaggio, di defluire.

L'appaltatore dovrà presentare la scheda tecnica alla Direzione Lavori, del materiale che intende utilizzare.

Solo dopo l'autorizzazione della Direzione Lavori potrà procedere alle lavorazioni previste.

Il fissaggio del telaio al controtelaio dovrà essere garantito da viti in acciaio inox, autofilettanti e perforanti, dotate di opportuna guarnizione in gomma o plastica, con interasse max di 40 cm. Il telaio dell'infisso dovrà essere dotato di appositi distanziatori regolabili.

#### **PORTE**

Le porte saranno premontate in officina allo scopo di garantire i giochi necessari e il posizionamento delle ferramenta e delle serrature.

Le porte dovranno essere provviste di guarnizioni termoespandenti con rivestimento in pvc, aventi la funzione di creare una barriera ai fumi caldi, dovranno iniziare ad espandere alla temperatura di 150°C aumentando il proprio spessore sino a chiudere tutto lo spazio fra telaio e battente.

Se richieste, in aggiunta alle guarnizioni di cui sopra, le porte dovranno essere provviste di guarnizioni estruse in gomma siliconica o neoprenica, aventi la funzione di creare una barriera ai fumi con temperatura fino a 200°C.

Nelle porte con specchiature trasparenti, il montaggio delle lastre di vetro sul profilo del battente dovrà avvenire con materiali che garantiscano la perfetta coesione tra vetro e struttura.

La messa in opera della porta deve essere fatta in modo che tutto l'insieme serramento-parete abbia le prescritte caratteristiche di impermeabilità al fumo ed alle fiamme e di isolamento termico.

I telai dovranno essere posti in opera perfettamente a piombo ed in squadra.

Le ante dovranno essere montate perfettamente a squadra in modo da ottenere un uniforme e completo combaciamento delle battute.

L'apertura e la chiusura delle ante ed il funzionamento delle serrature dovranno avvenire regolarmente e senza sforzo.

Ogni porta dovrà essere accuratamente pulita al termine della posa in opera; non devono altresì presentare abrasioni, graffiature, ammaccature od altri danneggiamenti.

### **NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

#### **89.3 MODALITÀ DI CONSERVAZIONE**

Le porte trasportate in cantiere dovranno essere depositate ordinatamente, utilizzando appropriati mezzi, in modo da garantire l'idoneità dell'uso.

Il deposito in cantiere dei serramenti dovrà avvenire in locali protetti dagli agenti atmosferici e dall'eccessiva umidità ed avendo cura che gli stessi siano tenuti separati mediante regoli distanziatori.

I controtelai depositati in cantiere saranno muniti di struttura controventamento che ne assicuri l'indeforabilità.

Il piano di appoggio dei pannelli depositati in cantiere, dovrà, in ogni caso, essere asciutto e distanziato da terra.

#### **89.4 CERTIFICAZIONI**

L'infisso antincendio dovrà essere certificato ed utilizzato con materiali di supporto preventivamente testati ed approvati.

L'Appaltatore, prima dell'esecuzione di ciascuna opera caratterizzata da predeterminate caratteristiche di reazione o resistenza al fuoco, provvede alle certificazioni di reazione e/o resistenza al fuoco occorrenti.

Nei casi in cui il mercato non offrisse materiali e/o tecnologie specificamente e puntualmente certificati, ovvero le opere a farsi non rientrassero nelle tolleranze ammesse dalle certificazioni, l'Appaltatore provvederà, a propria cura e spese, al calcolo degli elementi e/o protezioni antincendio: saranno cioè calcolati, con riferimento ai materiali adottati, gli spessori e gli altri parametri tecnici necessari per la realizzazione degli infissi; il calcolo sarà eseguito ed asseverato da tecnico qualificato, mentre l'Appaltatore assevererà la conformità dell'esecuzione al calcolo effettuato. Qualora espressamente richiesto dall'Organo di Controllo preposto, l'Appaltatore provvederà inoltre all'ottenimento di specifiche certificazioni, realizzando le campionature richieste, inviando i campioni e prestando l'assistenza per le prove in forno, pagando i relativi diritti ed assumendosi ogni altro onere.

Resta infine cura ed onere dell'Appaltatore l'ottenimento del parere finale di conformità da parte del competente Comando VV.FF.

Le certificazioni e prove di laboratorio saranno ammesse solo se provenienti da Istituti autorizzati.

Ogni porta dovrà essere corredata di targhetta di identificazione porta, classificazione REI, dati certificatore, numero progressivo e numero di omologazione, più targhetta di omologazione.

**Art. 90 PORTE INTERNE**

Si intendono applicate le seguenti norme:

Normativa relativa ai materiali lignei:

- UNI 6467:2011 Pannelli di legno compensato e paniforti - termini e definizioni
- UNI 4817:1992 Supporti rivestiti MATERIALI POLIMERICI. Definizioni, campionamento e requisiti

Normativa relativa ai materiali metallici:

- UNI 7958:1979 Prodotti finiti di acciaio non legato di qualità laminati a freddo. Lamiere sottili e nastri larghi da costruzione.
- UNI 5681:1973 Prodotti finiti di acciaio laminati a caldo. Profilati a T a spigoli vivi. Dimensioni e tolleranze.
- UNI EN 10346:2015 Prodotti piani di acciaio rivestiti per immersione a caldo in continuo per formatura a freddo - Condizioni tecniche di fornitura.
- UNI EN 10143:2006 Lamiere sottili e nastri di acciaio con rivestimento applicato per immersione a caldo in continuo - Tolleranze sulla dimensione e sulla forma.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****90.1 MATERIALI**

Le porte interne saranno rispondenti alle caratteristiche espresse nell'abaco di riferimento allegato al progetto e potranno essere dei seguenti tipi:

- Serramenti costituiti da anta tamburata e rivestimento in laminato,
- Serramenti multiuso in acciaio,
- Serramenti in HPL (box bagno).

**RESISTENZA E SICUREZZA MECCANICA**

I serramenti e gli elementi che li compongono dovranno avere la forma e le sezioni necessarie per resistere alle sollecitazioni derivanti dall'utenza normale od accidentale.

Il sistema di fissaggio dei serramenti alle strutture adiacenti dovrà essere adatto:

- alle dimensioni degli infissi;
- al sistema di apertura;
- alle caratteristiche dei materiali costituenti i telai;
- alle caratteristiche degli elementi di telaio (i falsi telai sono già posti in opere con le murature esistenti).

Le sollecitazioni derivanti dalla normale utenza, dovranno essere trasmesse alle strutture adiacenti senza deformazioni né deterioramenti dei telai e senza provocare sconnessioni in corrispondenza del giunto tra telaio e vano.

Le caratteristiche del vincolo creato dal sistema di fissaggio dovranno rimanere inalterate sotto l'azione degli urti derivanti dall'utenza normale e delle vibrazioni normali.

I dispositivi di manovra e di bloccaggio dovranno essere dimensionati e concepiti in modo da sopportare le sollecitazioni derivanti dall'utenza normale ed accidentale.

Lo sforzo necessario per la manovra dovrà essere compatibile con le normali capacità fisiche dell'uomo; la manovra inoltre non dovrà obbligare a posizioni pericolose.

**COMFORT ACUSTICO**

I serramenti e gli elementi che li compongono dovranno essere concepiti e montati in modo da non provocare vibrazioni che possano dar luogo a rumori, purché non si tratti di vibrazioni che possano dar luogo a rumori, purché non si tratti di vibrazioni trasmesse loro dalla struttura dell'edificio; nel caso ciò si verifichi per ragioni funzionali, dovranno essere previsti adeguati elementi per lo smorzamento e l'assorbimento.

**ASPETTO E DURABILITÀ**

I serramenti e gli elementi che li compongono dovranno presentare, nelle tre dimensioni, superfici piane finite, i cui piani si incontrino secondo spigoli vivi o regolarmente arrotondati, rettilinei, paralleli o ortogonali.

Viti, rivetti e tutti gli altri elementi di collegamento meccanico dovranno essere evitati nelle parti visibili a serramento chiuso.

I serramenti saranno concepiti in modo da non essere eccessivamente deteriorati dall'usura conseguente all'utenza normale. Qualora si preveda un'usura localizzata ed inevitabile, si dovrà provvedere con dispositivi atti a sopportare e compensare adeguatamente tale usura.

Gli accessori necessari per la manovra quotidiana dei serramenti dovranno potersi sostituire in modo semplice senza dover smontare i telai fissi e senza comportare danno per le finiture e l'aspetto; la loro manutenzione deve risultare agevole.

Il sistema di fissaggio e di posa delle eventuali lastre vetrate deve essere tale da permettere la sostituzione e la manutenzione normale senza pericolo per l'utente e senza danno per le finiture del manufatto. Le ante mobili dovranno essere concepite in modo che sia possibile smontarle senza dover rimuovere i telai fissi.

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI****90.2 MODALITÀ DI ESECUZIONE**

Per l'esecuzione degli infissi, l'Appaltatore dovrà servirsi di Ditte specializzate che dovranno essere accettate dalla D.L..

Tutti gli accessori ed apparecchi di chiusura, di sostegno, di manovra dovranno essere accettati dalla DL. La loro posa in opera sarà a perfetto incastro, in modo da non lasciare discontinuità; quando è possibile, con bulloni e viti.

Quando si tratta di serramenti da aprire e chiudere, ai telai maestri ed ai muri dovranno essere fissati ganci, catenelle od altro che, con opportuni occhielli ai serramenti, ne fissino la posizione d'apertura.

Per ogni serratura di porta dovranno essere consegnate almeno due chiavi.

Per tutti gli infissi si prevede di norma il controtelaio a murare. Durante la realizzazione dei vani l'Appaltatore richiederà alla D.L. istruzioni sul tipo di controtelaio da adottare.

I telai dovranno essere posti in opera perfettamente a piombo ed in squadra.

Le ante dovranno essere montate perfettamente a squadra in modo da ottenere un uniforme e completo combaciamento delle battute.

L'apertura e la chiusura delle ante ed il funzionamento delle serrature dovranno avvenire regolarmente e senza sforzo.

Ogni porta dovrà essere accuratamente pulita al termine della posa in opera; non devono altresì presentare abrasioni, graffiature, ammaccature od altri danneggiamenti.

Le quantità e le dimensioni riportate negli abachi di progetto dovranno sempre considerarsi come indicative, restando l'Appaltatore l'unico responsabile sia della verifica dei manufatti da realizzarsi che della rispondenza delle quantità e misure al progetto ed ai lavori in corso.

Gli infissi collocati definitivamente in opera dovranno risultare posti nella loro esatta posizione e dovranno avere regolare, libero, completo e perfetto movimento nel chiudersi e nello aprirsi; in caso contrario sarà a carico dell'appaltatore ogni opera necessaria, ogni riparazione ed ogni correzione per eliminare qualsiasi imperfezione che venisse riscontrata fino all'approvazione del collaudo, restando l'Appaltatore obbligato al risarcimento degli eventuali danni conseguenti.

Gli infissi realizzati in metallo conduttore dovranno essere collegati alla rete di terra.

### **90.3 CAMPIONATURE**

L'Appaltatore dovrà presentare per l'approvazione una doppia serie di campioni dei materiali e di tutti i componenti, ivi compresi nodi, maniglie, cerniere, meccanismi di chiusura e accessori che intende impiegare, e dei manufatti finiti, posati su controtelai mobili e in opera, in modo da potere giudicare il lavoro complessivo.

I materiali, i componenti e i manufatti dovranno essere accompagnati dall'imballo originale del Produttore, etichettati e controfirmati, e resteranno in cantiere per il confronto con le varie partite di fornitura.

Detti campioni dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori e controfirmati dalle parti: una serie sarà conservata dall'Appaltatore e una serie dal Committente. Senza l'approvazione scritta della campionatura, da parte della Direzione Lavori, i lavori sia in officina che in cantiere non potranno avere inizio.

Dovrà essere garantita per tutta la fornitura la costanza delle caratteristiche estetica e morfologiche. La Direzione Lavori si riserva di non accettare materiale non corrispondente ai requisiti richiesti e non conforme alla campionatura.

L'approvazione delle campionature da parte della Direzione Lavori non solleva comunque l'Appaltatore dalle proprie responsabilità, in quanto l'accettazione della fornitura da parte della Direzione Lavori è subordinata esclusivamente al raggiungimento dei requisiti finali dell'opera.

L'Appaltatore dovrà presentare copia dei certificati comprovanti la classe di resistenza al fuoco a cui appartengono i serramenti oggetto della fornitura.

Per ogni partita di manufatti e di materiali forniti potranno essere richiesti i certificati relativi alle eventuali prove che saranno effettuate su campioni prelevati dalla stessa partita di manufatti e di materiali da impiegare per la costruzione dei manufatti.

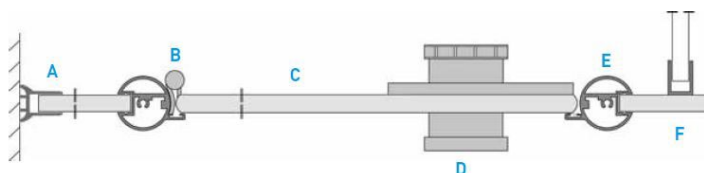
### **NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 91 PARETI CON PANNELLI IN HPL****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****Pareti**

Pareti divisorie (in genere per WC, docce e spogliatoi) composte da pannelli in stratificato di laminato HPL, spess. 13-14 mm con angoli arrotondati e bordi smussati, colore a scelta della D.L..

I pannelli dovranno garantire:

- resistenza all'acqua,
- resistenza all'umidità,
- resistenza all'vapore,
- resistenza all'agenti chimici aggressivi,
- resistenza a graffi ed urti,
- conformità alle normative di igiene e sicurezza EN 438-7:2005.



Le pareti frontali sono bordate con profili verticali tubolari  $d = 40$  mm, congiunti ad incastro in fase di montaggio nelle apposite fresature del profilo superiore orizzontale di irrigidimento stonato ( $48 \times 70$  mm) a formare un telaio rigido e robusto. Fissaggio a muro con profili a U a sezione smussata. Tutti i profili sono in alluminio anodizzato o verniciati con resine epossidiche in vari colori RAL.

Altezza:

- 2000 mm incluso 150 mm di luce inferiore,
- 2150-2200 mm incluso 150 mm di luce inferiore.

Sono fornibili pareti senza luce inferiore, con pannellature superiori ecc.

**Porte**

Porte in pannelli HPL come sopra, con battuta nei profili verticali delle pareti frontali (con cerniere speciali autochiudenti e linguetta smorzacolpi in gomma) larghezza standard: mm 700, 750, 900 mm.

Tipologie:

- porte aprenti verso l'interno cabina, apertura max.  $110^\circ$ , con cerniera a mensola a chiusura/apertura automatica; con profilo speciale anti-infortunio sul lato cerniera;
- porte aprenti verso l'esterno cabina, apertura max.  $180^\circ$ , 2-3 cerniere eccentriche in acciaio inox per chiusura automatica.

**Pomoli**

standard: in nylon, colore argento pomolo girevole interno e pomolo fisso esterno con segnalatore I/O e spinotto per apertura di emergenza;  
optional: in alluminio anodizzato colore argento pomolo girevole interno e pomolo fisso esterno con segnalatore I/O e spinotto per apertura di emergenza

**Piedini**

Le cabine poggiano su piedini con rosetta in alluminio anodizzato o acciaio inox.

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Modalità di appoggio / fissaggio:

- pareti poggianti su piedini in alluminio o acciaio inox h 150 mm,
- pareti sospese, con trave portante  $70 \times 160$  mm in alluminio anodizzato o verniciato collegata con i profili verticali dei frontali; senza piedini di sostegno,
- pareti semisospese, con profilo di irrigidimento in posizione retrostante rispetto al frontale; piedini solo sotto alle pareti divisorie.

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

Valutato a metro quadrato di superficie trattata.

**Art. 92 PARETI IN CARTONGESSO**

Le pareti in cartongesso di qualsiasi tipo devono essere eseguite da personale specializzato, ponendo particolare cura nell'esecuzione forature, spigoli, angoli, ecc.

Le pareti devono risultare perfettamente allineate, piane e verticali, così come previsto dalla normativa UNI 9154-1:1988;

Dovrà essere posta particolare cura alle condizioni dell'edificio che dovranno essere tali da consentire una adeguata protezione alle intemperie e ai rischi di contatti accidentali con acqua.

L'Appaltatore dovrà obbligatoriamente provvedere alla protezione da lordure, macchie, schizzi, ecc. di tutte le superfici e aree immediatamente all'intorno della lavorazione che da questa non sono interessate. A lavorazione conclusa l'Appaltatore dovrà effettuare una accurata e sistematica pulizia finale di tutti i locali.

L'Appaltatore prima dell'inizio dei lavori dovrà fornire le schede, i bollettini tecnici e i certificati relativi ai singoli prodotti o manufatti che intende impiegare ed ottenere l'approvazione della Direzione Lavori.

L'Appaltatore dovrà elaborare e sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori i disegni di officina, di costruzione e di installazione, prima dell'inizio di qualsiasi lavorazione.

Durante il corso dei lavori l'Appaltatore dovrà aggiornare tutti i disegni secondo quanto effettivamente costruito e consegnarli alla Direzione Lavori con i manuali di manutenzione, al termine dei lavori.

Dovranno indicare chiaramente tutti i tipi di manufatti e la loro posizione, le interferenze con impianto elettrico, griglie e anemostati, e tutti i dettagli costruttivi quali elementi di fissaggio, tipi di ancoraggio, montaggi, traversi,

giunti, eventuali giunti telescopici, coprigiunti, previsioni per dilatazioni e contrazioni, finitura delle pareti a vista, sistemi di chiusura ecc.

I disegni di montaggio dovranno rappresentare chiaramente la disposizione planimetrica e altimetrica dei singoli elementi con riferimento alle sigle di identificazione dei singoli pezzi.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

La DL, ai fini dell'accettazione di tutti i materiali, ha facoltà di procedere a controlli su campioni della fornitura e di richiedere attestati di conformità della fornitura alle prescrizioni di progetto.

Tutti i materiali devono essere prodotti da aziende che operino secondo un sistema di qualità aziendale certificato ISO 9002 ovvero che possano dimostrare di operare secondo i medesimi criteri e principi in modo da garantire il controllo di qualità del prodotto.

L'Appaltatore per ciascuna partita di materiali che impiegherà nella preparazione dei manufatti, dovrà fornire alla Direzione Lavori il relativo certificato di provenienza valevole un anno dalla data di emissione o dai certificati di prova rilasciati da laboratori ufficiali, in particolare per le prove relative alle caratteristiche dimensionali e fisico-meccaniche.

La fornitura dovrà essere accompagnata dal marchio di produzione riscontrabile sugli elementi oppure su apposita etichettatura posta sull'imballo.

In particolare dovrà essere verificata la rispondenza alle indicazioni progettuali degli aspetti di seguito elencati per i quali l'Appaltatore dovrà fornire le relative certificazioni di qualità prescritte dalle norme CE relative. L'Appaltatore dovrà fornire i seguenti dati:

- classe di comportamento al fuoco;
- resistenza al fuoco;
- potere fonoisolante;
- coefficiente di assorbimento acustico;
- conduttività termica;
- resistenza agli urti di esercizio;
- dichiarazione certificante che il collante impiegato per l'incollaggio del cartone sulle lastre di gesso non contiene formaldeide.

In genere, tutte le pareti, di qualsiasi tipo o materiale, dovranno essere almeno di CLASSE 1 di reazione al fuoco certificata.

**92.1 ORDITURE METALLICHE**

La fornitura e posa in opera di parete divisoria interna, ad orditura metallica e rivestimento in lastre di gesso rivestito, sarà realizzata con una orditura metallica formata da profili in acciaio zincato di spessore adeguato a norma DIN 18182 delle dimensioni indicate, posta agli interassi di progetto e isolata dalle strutture perimetrali con nastro vinilico monoadesivo con funzione di taglio acustico, dello spessore di 3,5 mm.

Le guide ad U saranno bloccate rigidamente a soffitto ed a pavimento con idonei fissaggi posti ad interasse non superiore a 400 mm ed alla base dei montanti delle porte.

I profili montanti verticali a C dotati di fori per impianti inseriti nelle guide ad U.

Sono comprese nella fornitura:

- guarnizioni acustiche adesive sui profili perimetrali a contatto con le strutture;
- guida a pavimento sopraelevata con appositi sostegni a Z ed a L, ove necessario;
- rinforzo sui montanti porte con profilo a C scatolato;
- isolamento con pannello in lana minerale dello spessore indicato in progetto inserito a pressione con continuità nello spazio tra i montanti, ove richiesto.

**92.2 LASTRE DI GESSO**

Il rivestimento dell'orditura sarà realizzato con lastre in gesso rivestito a norma DIN 18180 degli spessori previsti fissate all'orditura metallica con viti autopercuotenti fosfatate.

La fornitura dovrà prevedere sempre una fascia di protezione, in PVC o materiale similare impermeabile, applicata in corrispondenza del

battiscopa in modo da impedire qualsiasi infiltrazione di acqua di lavaggio che possa danneggiare le lastre in gesso.

La fornitura in opera sarà comprensiva della stuccatura dei giunti, degli angoli e delle teste delle viti in modo da ottenere una superficie pronta per la finitura.

Le modalità per la messa in opera saranno conformi alle Norme UNI 9154-1:1988 e alle prescrizioni del Produttore.

Le lastre di gesso rivestite consistono in un nucleo di gesso le cui superfici ed i bordi longitudinali sono rivestiti di speciale cartone perfettamente aderente.

Esse possono essere lavorate ulteriormente, per esempio: tagliate, forate, fresate e fessurate. Il nucleo in gesso contiene additivi per migliorarne le caratteristiche.

La superficie deve essere piana e liscia.

Il grande formato delle lastre deve permettere una semplice applicazione sia mediante viti, sia con gesso adesivo su superfici di appoggio e consentire una facile lavorazione (con sega e coltello) ed una altrettanto facile stuccatura.

La stabilità dimensionale delle lastre di gesso deve consentire una applicazione priva di fessure, se fatta a regola d'arte, indipendentemente dal loro spessore.

Le lastre di gesso rivestite devono avere la capacità di assorbire, trattenere e restituire rapidamente l'umidità dell'ambiente; la qualità assorbita dipende essenzialmente dal tipo e dalla forma delle lastre.

Le lastre di gesso rivestite devono avere la capacità di proteggere la sottostruttura dalle fiamme e ne riducono l'effetto. L'efficacia della protezione dipende dal tipo e dallo spessore delle lastre.

Le ignislastre in gesso rivestite per protezione al fuoco vengono impiegate quando sia richiesta una maggiore protezione al fuoco.

Le idrolastre in gesso rivestite vengono impregnate in ambienti con elevata umidità e sottoposte a possibili spruzzi d'acqua.

Le lastre di gesso rivestite per l'edilizia possono essere usate come:

- rivestimento per pareti e soffitti fissate su apposite orditure;
- intonaco a secco, prevalentemente con impiego di gesso adesivo;
- pareti divisorie con apposite orditure di sostegno.

### 92.3 LASTRE ANTINCENDIO

Fornitura e posa in opera di lastre "antincendio" in gesso rivestite ad alta densità ed ulteriormente armate con fibre minerali all'interno del nucleo di gesso per migliorare la tenuta strutturale sotto l'azione del fuoco, tipo KNAUF Ignilastra GKF (DF) o similare. Le lastre dovranno essere conformi alla normativa UNI EN 520 – DIN 18180. Tali lastre possono essere utilizzate in interni, per pareti contropareti e controsoffitti in cui è richiesta la protezione dal fuoco. Esse dovranno avere le seguenti caratteristiche minime:

Tipo di lastra:	GKF DF	DIN 18180 UNI EN 520
Classe di reazione al fuoco EN 13501-1:	A2-s1,d0	UNI EN 520
Fattore di resistenza al vapore acqueo $\mu$ :		UNI EN ISO 10456
■ secco	10	
■ umido	4	
Conducibilità termica $\lambda$ :		
■ lastra da 12,5 a 18 mm	W/(m·K) 0,20	UNI EN 12664
■ lastra da 25 mm	W/(m·K) 0,23	UNI EN 10458
Densità:	kg/m <sup>3</sup> ≥ 820	
Peso della lastra:		
■ lastra spessore 12,5 mm	kg/m <sup>2</sup> ≥ 10,5	
■ lastra spessore 15 mm	kg/m <sup>2</sup> ≥ 13,5	
■ lastra spessore 18 mm	kg/m <sup>2</sup> ≥ 16	
■ lastra spessore 25* mm	kg/m <sup>2</sup> ≥ 20,5	
Carico a flessione (N)		UNI EN 520
■ lastra spessore 12,5 mm:		
- Longitudinale:	N ≥ 550	
- Trasversale:	N ≥ 210	
■ lastra spessore 15 mm:		
- Longitudinale:	N ≥ 650	
- Trasversale:	N ≥ 250	
■ lastra spessore 18 mm:		
- Longitudinale:	N ≥ 774	
- Trasversale:	N ≥ 302	
■ lastra spessore 25* mm:		
- Longitudinale:	N ≥ 1800	
- Trasversale:	N ≥ 850	

Fornitura e posa in opera di lastre "antincendio" in gesso rivestite ad alta densità ed ulteriormente armate con fibre minerali all'interno del nucleo di gesso per migliorare la tenuta strutturale sotto l'azione del fuoco, tipo GypsoTech® Gypsolignum BA13 Zero o similare. Le lastre dovranno essere conformi alla normativa UNI EN 520 – DIN 18180. Tali lastre possono essere utilizzate in interni, per pareti contropareti e controsoffitti in cui è richiesta la protezione dal fuoco. Esse dovranno avere le seguenti caratteristiche minime:

Codice DoP (CPR 305/2011)	LZ13-CPR-18-01
Tipo	DEFH11
Spessore (mm)	12,5
Larghezza (mm)	1.200
Lunghezza (mm)	2.000-2.500-3.000
Peso (kg/m <sup>2</sup> )	12,6
Tolleranza spessore (mm)	± 0,4
Tolleranza larghezza (mm)	0 / -4
Tolleranza lunghezza (mm)	0 / -5
Tolleranza peso %	± 2
Fuori squadra (mm/m)	≤ 2,5
Limite carico di rottura a flessione long. EN 520 (N)	≥ 550
Limite carico di rottura a flessione long. NF 081 (N)	≥ 600
Carico di rottura a flessione long. Effettivo* (N)	≥ 680
Limite carico di rottura a flessione trasv. EN 520 (N)	≥ 210
Limite carico di rottura a flessione trasv. NF 081 (N)	≥ 210
Carico di rottura a flessione trasv. Effettivo* (N)	≥ 420
Reazione al fuoco (EN 13501-1)	A1
Conducibilità termica λ (W/mK)	0,29
Assorbimento acqua superficiale (g/m <sup>2</sup> )	≤ 180
Assorbimento acqua totale (%)	≤ 5
Fattore di resistenza al vapore secco/umido (μ) UNI EN ISO 10456	10 / 4
Durezza superficiale (Ø impronta mm)	≤ 15
Deformazione SL (mm)	≤ 2,4
Deformazione ST (mm)	≤ 1,2

Per l'installazione delle lastre fare riferimento anche alla norma UNI 11424.

#### NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

Tutte le pareti andranno eseguite congruentemente con i criteri generali del progetto, in maniera da ottenere omogeneità degli aspetti visibili delle opere, e con l'attuazione di tutti gli accorgimenti e tecnologie occorrenti per ottenere condizioni di igiene degli ambienti e manufatti, scongiurando in particolare i fenomeni di infiltrazione d'acqua, efflorescenza ed umidità di risalita.

L'Appaltatore dovrà provvedere alla realizzazione di tutte le opere provvisorie, le impalcature ed i ponteggi necessari alla realizzazione delle opere.

L'Appaltatore dovrà realizzare tutti gli accorgimenti e tecnologie atti a garantire l'isolamento e l'assorbimento acustico richiesto in progetto.

Lo schema planimetrico delle pareti dovrà essere tracciato prima di procedere alla sua realizzazione in modo da consentire alla DL eventuali verifiche sull'esatto posizionamento della stessa.

Le tolleranze rispetto ai requisiti di planarità e verticalità della parete dovranno essere conformi alle specifiche di prestazione delle soluzioni tecniche. I profili metallici, gli elementi di giunzione, gli accessori in genere saranno di sezione, qualità e spessori rispondenti a quanto indicato sulle schede tecniche e/o particolari costruttivi.

I lavori relativi alla posa delle lastre potranno essere intrapresi solo quando le condizioni di completamento dell'edificio saranno tali da garantire la completa protezione dalle intemperie e dai rischi di contatti accidentali con acqua. In particolare si deve verificare:

- L'avvenuta realizzazione della copertura;
- La realizzazione delle pareti esterne;
- La posa dei tamponamenti provvisori in attesa della posa dei vetri sui serramenti;
- L'esecuzione degli intonaci esterni delle facciate o il rivestimento delle stesse, nei casi in cui le lastre di gesso sono usate come rivestimento interno.

La movimentazione delle singole lastre dovrà essere effettuata ponendo le stesse di taglio in maniera di evitare torsioni e/o deformazioni.

#### 92.4 POSA IN OPERA

##### TRACCIAMENTO

Si esegue il tracciamento a pavimento, a soffitto e il posizionamento delle eventuali aperture di porte e successivamente, delle canalizzazioni degli impianti

##### TAGLIO A MISURA DELLE LASTRE

Dopo aver segnato la posizione del taglio sulla lastra e aver inciso il cartone con la taglierina a mano, si taglia la lastra con apposita sega.

##### POSA DELL'ARMATURA METALLICA

Si fissano i profili ad U a pavimento e a soffitto con vincolo rigido, mediante tasselli o chiodi a sparo, ogni 30 cm, interponendo un feltro aderente tra profili e pavimento o soffitto. Si inserisce il primo montante a C con l'apertura della C nel verso della posa e di seguito si

inseriranno gli altri montanti con lo stesso verso. Il passo dei montanti dovrà essere dimensionato in funzione delle necessità di robustezza della parete e delle prescrizioni impartite dalla D.L. in sede di esecuzione. In corrispondenza delle intersezioni delle pareti ad angolo occorre interrompere le guide di una misura uguale allo spessore della lastra. L'unione con i telai delle porte deve essere fatta con montanti solidarizzati al telaio fisso su tutta altezza. I montanti delle porte dovranno essere riempiti con un listello in legno a tutta altezza per aggancio casseporte. I montanti dovranno essere in lamiera zincata avente uno spessore minimo di 0,6 mm. La posa dell'orditura metallica dovrà prevedere degli appositi giunti di frazionamento secondo le prescrizioni della buona regola dell'arte e comunque sempre in corrispondenza dei giunti della struttura principale.

Si dovrà inoltre prevedere la posa di guarnizioni acustiche poste con adesivi ai profili metallici di perimetro e direttamente a contatto con le strutture. Occorre prevedere rinforzi di orditura in caso di possibili elevati carichi eccentrici del tramezzo, oppure in presenza di orditura la cui parte superiore non sia ancorata ad alcuna struttura; nel qual caso si procederà alla realizzazione di una scatola in ferro costituita da profili metallici con tubi rettangolari di idonea sezione a seconda dei casi, secondo le disposizioni che impartirà la D.L. per poi allestire orditura verticale ed orizzontale con i normali profili per il cartongesso.

#### POSA DELLE LASTRE

Le lastre devono essere posizionate ad una di 1 cm dal pavimento, all'esterno dei profili. La posa sarà verticale e, se l'altezza tra il pavimento e il soffitto è maggiore dell'altezza della lastra, i giunti orizzontali tra le lastre adiacenti devono essere sfalsati su entrambe le facce. Le lastre dovranno avere i bordi verticali in corrispondenza dei montanti e i giunti dovranno essere sfalsati sia per quanto riguarda le due facce del tramezzo sia per quanto riguarda l'eventuale posa di doppia lastra. La posa della lastra deve iniziare dalla parete esistente e il fissaggio all'orditura avviene mediante viti autofilettanti poste ad 1 cm dai bordi e distanziate tra loro al massimo di cm 25-30, devono essere avvitate in profondità appena sotto la superficie del cartone. Occorre in ogni caso prestare attenzione alla posizione dei punti di fissaggio, sia per posa di lastre singole che multiple.

#### FINITURA

Per i giunti tra le lastre a bordi assottigliati occorre procedere ad incollaggio, posa e pressatura di un nastro di carta microforata e nastro di rete adesiva trattato mediante intonaco adatto e successiva rasatura a livello con lo stesso prodotto. Ogni trattamento di stuccatura deve essere effettuato a due mani distanziate nel tempo.

Durante il trattamento dei giunti occorre porre attenzione alle condizioni igrometriche ambientali: non operare a temperature < 5°C e, in ambiente umido, distanziare nel tempo le operazioni. Il tutto dovrà essere atto a ricevere la successiva tinteggiatura. Le prescrizioni di cui sopra si applicano anche per pareti eseguite con lastre a base di silicati esenti da amianto con funzione tagliafuoco.

#### IMPIANTI

Il posizionamento degli impianti all'interno della parete avverrà dopo l'esecuzione della struttura portante.

Questa struttura comprenderà, se necessario, traverse orizzontali di bloccaggio dell'impianto idrico e supporto delle rubinetterie. La rete elettrica verrà appuntata sulla faccia interna di una delle due pannellature mediante idonei accessori di ancoraggio atti a fare da supporto anche alle scatole per le apparecchiature elettriche.

#### PRESCRIZIONI PER LE APERTURE

In corrispondenza di aperture o dei vani porta l'Appaltatore avrà cura di irrigidire il telaio di sostegno per tutta l'altezza e la larghezza. Al fine di facilitare la posa dei telai e controtelai degli infissi interni sarà predisposto, lateralmente al telaio del vano, uno speciale profilo chiuso o un profilo in legno. In corrispondenza dei vani delle porte tagliafuoco da installarsi sulle pareti in cartongesso dovranno predisporre profili a "C" di acciaio zincato, delle dimensioni minime di mm 50x50x5, che costituiranno i montanti laterali del telaio delimitante il vano porta. Tali montanti saranno ancorati alle strutture orizzontali, superiore ed inferiore. Su tali montanti, affiancati da un profilo a "C" di dimensioni minime mm 50x50x0,6, sarà posta in opera, per faccia, una ulteriore lastra di gesso da mm 12,5 con interposta lana minerale di densità almeno pari a 70 kg/mc. Il tutto realizzato in conformità di certificazione e relativa omologazione ministeriale rilasciata al produttore della porta tagliafuoco.

### **92.5 TIPOLOGIE DI PARETI DA REALIZZARE**

Saranno previste pareti semplici e composte con lastre di cartongesso così composte:

1) Rifodera interna, realizzata a qualsiasi altezza, costituita da:

- orditura metallica in acciaio zincato con classificazione di 1<sup>a</sup> scelta, a norma UNI EN 10326-10327, spessore 0,6 mm, costituita da guide orizzontali a U 50/40 e montanti verticali a C 50/50, posti ad interasse non superiore a 600 mm, comprese le cornici perimetrali a U 50/50 e tutti i profili orizzontali e verticali necessari alla realizzazione della struttura distanziatrice, fissati alla muratura portante mediante idonei tasselli posti ad interasse adeguato; tutti i profili metallici saranno marcati CE conformemente alla norma UNI EN 14195 a avranno classe di reazione al fuoco A1;

- inserimento, ove necessario, di rinforzi puntuali in carpenteria metallica per il fissaggio di strutture / arredi sospesi;

- rivestimento realizzato mediante assemblaggio di 2 lastre in gesso rivestito, a bordi assottigliati, entrambe con spessore 12,5 mm:

a) lastra interna tipo GypsoTech® STD BA13 o similare,

b) lastra verso i locali di utilizzo tipo GypsoTech® Gypsolignum BA13 Zero o similare, con classe di reazione al fuoco A1 ai sensi della norma EN 13501-1, adatta a ambienti umidi, con densità superiore a 1000 kg/mc e elevata resistenza meccanica, conformi alla norma UNI EN 520, peso 12,8 kg/mq ca., in modo che il rivestimento garantisca una resistenza all'urto da corpo molle di grandi dimensioni non inferiore a 25 kgm, ai sensi del D.M. 18/12/1975, fissate alla struttura portante con viti autoperforanti fosfatate, idonee al tipo di lastra, poste ad interasse non superiore a 750 mm (1° strato) e 250 mm (2° strato).

La struttura portante dovrà essere isolata dagli elementi perimetrali con nastro vinilico monoadesivo con funzione di taglio acustico dello spessore di 3,5 mm. È inoltre compresa la fornitura e posa in opera di materassino in spugna di polietilene sulla parte a contatto con la pavimentazione.

Compresa la stuccatura della testa delle viti di fissaggio nonché la stuccatura e sigillatura dei giunti di accostamento delle lastre eseguita con idoneo stucco previa applicazione di strisce di supporto armate con rete tessile microforata. Compresa la formazione di fori per l'incasso di lampade, frutti e per il passaggio degli impianti. Incluso l'onere di eseguire il lavoro in due fasi per permettere l'inserimento dell'impiantistica e dell'eventuale isolamento. Nel prezzo si intendono compresi e compensati gli oneri per la fornitura e posa in opera di tutti i profili metallici, compresi quelli succitati necessari al sostegno e al fissaggio di strutture / arredi sospesi, il taglio, lo sfrido, la formazione ed il disfacci-

mento dei piani di lavoro interni, lo sgombero, il carico, il trasporto a scarica autorizzata del materiale di risulta, lo scarico e l'indennità di scarica. Compreso inoltre il costo per la produzione delle certificazioni in merito alle caratteristiche richieste dal rivestimento. Compreso qualsiasi altro onere necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

2) Rifodera in cartongesso per il rivestimento di strutture in acciaio, atta a conferire resistenza al fuoco R60, realizzata a qualsiasi altezza, costituita da:

- orditura metallica in acciaio zincato con classificazione di 1<sup>a</sup> scelta, a norma UNI EN 10326-10327, spessore 0,6 mm, costituita da guide orizzontali a U 50/40 e montanti verticali a C 50/50, posti ad interasse non superiore a 600 mm, comprese le cornici perimetrali a U 50/50 e tutti i profili orizzontali e verticali necessari alla realizzazione della struttura distanziatrice, fissati alla muratura portante mediante idonei tasselli posti ad interasse adeguato; tutti i profili metallici saranno marcati CE conformemente alla norma UNI EN 14195 a avranno classe di reazione al fuoco A1;

- inserimento, ove necessario, di rinforzi puntuali in carpenteria metallica per il fissaggio di strutture / arredi sospesi;

- rivestimento realizzato mediante assemblaggio di 2 lastre in gesso rivestito fibrorinforzate, a bordi assottigliati, entrambe con spessore 12,5 mm tipo GypsoTech® Focus BA13 Zero o similare, con classe di reazione al fuoco A1 ai sensi della norma EN 13501-1, fissate alla struttura portante con viti autoperforanti fosfatate, idonee al tipo di lastra, poste ad interasse non superiore a 750 mm (1° strato) e 250 mm (2° strato).

La struttura portante dovrà essere isolata dagli elementi perimetrali con nastro vinilico monoadesivo con funzione di taglio acustico dello spessore di 3,5 mm. È inoltre compresa la fornitura e posa in opera di materassino in spugna di polietilene sulla parte a contatto con la pavimentazione.

Compresa la stuccatura della testa delle viti di fissaggio nonché la stuccatura e sigillatura dei giunti di accostamento delle lastre eseguita con idoneo stucco previa applicazione di strisce di supporto armate con rete tessile microforata. Compresa la formazione di fori per l'incasso di lampade, frutti e per il passaggio degli impianti. Incluso l'onere di eseguire il lavoro in due fasi per permettere l'inserimento dell'impiantistica e dell'eventuale isolamento. Nel prezzo si intendono compresi e compensati gli oneri per la fornitura e posa in opera di tutti i profili metallici, compresi quelli succitati necessari al sostegno e al fissaggio di strutture / arredi sospesi, il taglio, lo sfrido, la formazione ed il disfacimento dei piani di lavoro interni, lo sgombero, il carico, il trasporto a scarica autorizzata del materiale di risulta, lo scarico e l'indennità di scarica. Compreso inoltre il costo per la produzione delle certificazioni in merito alle caratteristiche richieste dal rivestimento. Compreso qualsiasi altro onere necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

3) Velella in cartongesso per il tamponamento di sopraelevate delle porte, realizzate a qualsiasi altezza, costituita da:

- orditura metallica in acciaio zincato con classificazione di 1<sup>a</sup> scelta, a norma UNI EN 10326-10327, spessore 0,6 mm, costituita da guide orizzontali a U 50/40 e montanti verticali a C 50/50, posti ad interasse non superiore a 600 mm, comprese le cornici perimetrali a U 50/50 e tutti i profili orizzontali e verticali necessari alla realizzazione della struttura distanziatrice, fissati alla muratura portante mediante idonei tasselli posti ad interasse adeguato; tutti i profili metallici saranno marcati CE conformemente alla norma UNI EN 14195 a avranno classe di reazione al fuoco A1;

- inserimento, ove necessario, di rinforzi puntuali in carpenteria metallica per il fissaggio di strutture / arredi sospesi;

- isolamento interno in lana di roccia,

- rivestimento realizzato mediante assemblaggio di 2 lastre in gesso rivestito, a bordi assottigliati, entrambe con spessore 12,5 mm:

- a) lastra interna tipo GypsoTech® STD BA13 o similare,

- b) lastra verso i locali di utilizzo tipo GypsoTech® Gypsolignum BA13 Zero o similare, con classe di reazione al fuoco A1 ai sensi della norma EN 13501-1, adatta a ambienti umidi, con densità superiore a 1000 kg/mc e elevata resistenza meccanica, conformi alla norma UNI EN 520, peso 12,8 kg/mq ca., in modo che il rivestimento garantisca una resistenza all'urto da corpo molle di grandi dimensioni non inferiore a 25 kgm, ai sensi del D.M. 18/12/1975, fissate alla struttura portante con viti autoperforanti fosfatate, idonee al tipo di lastra, poste ad interasse non superiore a 750 mm (1° strato) e 250 mm (2° strato).

La struttura portante dovrà essere isolata dagli elementi perimetrali con nastro vinilico monoadesivo con funzione di taglio acustico dello spessore di 3,5 mm. È inoltre compresa la fornitura e posa in opera di materassino in spugna di polietilene sulla parte a contatto con la pavimentazione.

Compresa la stuccatura della testa delle viti di fissaggio nonché la stuccatura e sigillatura dei giunti di accostamento delle lastre eseguita con idoneo stucco previa applicazione di strisce di supporto armate con rete tessile microforata. Compresa la formazione di fori per l'incasso di lampade, frutti e per il passaggio degli impianti. Incluso l'onere di eseguire il lavoro in due fasi per permettere l'inserimento dell'impiantistica e dell'eventuale isolamento. Nel prezzo si intendono compresi e compensati gli oneri per la fornitura e posa in opera di tutti i profili metallici, compresi quelli succitati necessari al sostegno e al fissaggio di strutture / arredi sospesi, il taglio, lo sfrido, la formazione ed il disfacimento dei piani di lavoro interni, lo sgombero, il carico, il trasporto a scarica autorizzata del materiale di risulta, lo scarico e l'indennità di scarica. Compreso inoltre il costo per la produzione delle certificazioni in merito alle caratteristiche richieste dal rivestimento. Compreso qualsiasi altro onere necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

4) Pareti interne, dello spessore complessivo di 150 mm, a qualsiasi altezza, costituite da:

- orditura metallica doppia in acciaio zincato con classificazione di 1<sup>a</sup> scelta, a norma UNI EN 10326-10327, spessore 0,6 mm, costituita da guide orizzontali a U 100/40 e montanti verticali a C 100/50, posti ad interasse non superiore a 300 mm, comprese le cornici perimetrali a U 50/50 e tutti i profili orizzontali e verticali necessari alla realizzazione della struttura di stanziatrice, fissati alla muratura portante mediante idonei tasselli posti ad interasse adeguato; tutti i profili metallici saranno marcati CE conformemente alla norma UNI EN 14195 a avranno classe di reazione al fuoco A1;

- rivestimento realizzato mediante assemblaggio di 2 lastre in gesso rivestito, entrambe con spessore 12,5 mm, classe di reazione al fuoco A2-s1,d0 ai sensi della norma EN 13501-1, a bordi assottigliati, fissate alla struttura portante con viti autoperforanti fosfatate, idonee al tipo di lastra, poste ad interasse non superiore a 750 mm (1° strato) e 250 mm (2° strato); la lastra verso i locali di utilizzo dovrà essere tipo Knauf Diamant® o similare, densità superiore a 1000 kg/mc e elevata resistenza meccanica, conformi alla norma UNI EN 520, modulo di flessione E pari a circa 3500 N/mmq, peso 12,8 kg/mq ca., in modo che il rivestimento garantisca una resistenza all'urto da corpo molle di grandi dimensioni non inferiore a 25 kgm, ai sensi del D.M. 18/12/1975;

- materassino in lana di vetro, internamente alle lastre, dello spessore di 85 mm, conforme alla norma UNI EN 13162, avente le seguenti caratteristiche tecniche debitamente certificate dall'Appaltatore: - Densità: 15 kg/mc, - Conducibilità termica dichiarata: 0,037 W/mK, - Reazione al fuoco (EN 13501-1): Euroclasse A1.

Le pareti comprensive di isolamento devono garantire un potere fonoisolante  $R_w$  pari ad almeno 56 dB, ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997.

La struttura portante dovrà essere isolata dagli elementi perimetrali con nastro vinilico monoadesivo con funzione di taglio acustico dello

spessore di 3,5 mm. È inoltre compresa la fornitura e posa in opera di materassino in spugna di polietilene sulla parte a contatto con i successivi strati di sottopavimentazione a base cementizia.

Compresa la stuccatura della testa delle viti di fissaggio nonché la stuccatura e sigillatura dei giunti di accostamento delle lastre eseguita con idoneo stucco previa applicazione di strisce di supporto armate con rete tessile microforata. Compresa la formazione di fori per l'incasso di lampade e per il passaggio degli impianti. Incluso l'onere di eseguire il lavoro in due fasi per permettere l'inserimento dell'impiantistica e dell'isolamento. Nel prezzo si intendono compresi e compensati gli oneri per la fornitura e posa in opera di tutti i profili metallici, compresi quelli necessari al sostegno e al fissaggio di serramenti e corpi scaldanti, il taglio, lo sfrido, la formazione ed il disfacimento dei piani di lavoro interni, lo sgombero, il carico, il trasporto a discarica autorizzata del materiale di risulta, lo scarico e l'indennità di discarica. Compreso inoltre il costo per la produzione delle certificazioni in merito alla resistenza meccanica della parete.

5) Pareti interne, dello spessore complessivo di 150 mm, REI 60, a qualsiasi altezza, costituite da:

- orditura metallica doppia in acciaio zincato con classificazione di 1<sup>a</sup> scelta, a norma UNI EN 10326-10327, spessore 0,6 mm, costituita da guide orizzontali a U 100/40 e montanti verticali a C 100/50, posti ad interasse non superiore a 300 mm, comprese le cornici perimetrali a U 50/50 e tutti i profili orizzontali e verticali necessari alla realizzazione della struttura di stanziatrice, fissati alla muratura portante mediante idonei tasselli posti ad interasse adeguato; tutti i profili metallici saranno marcati CE conformemente alla norma UNI EN 14195 a avranno classe di reazione al fuoco A1;

- rivestimento realizzato mediante assemblaggio di 2 lastre in gesso rivestito, entrambe con spessore 12,5 mm, classe di reazione al fuoco A2-s1,d0 ai sensi della norma EN 13501-1, a bordi assottigliati, fissate alla struttura portante con viti autoperforanti fosfatate, idonee al tipo di lastra, poste ad interasse non superiore a 750 mm (1° strato) e 250 mm (2° strato); la lastra verso i locali di utilizzo dovrà essere tipo Knauf Diamant® o similare, densità superiore a 1000 kg/mc e elevata resistenza meccanica, conformi alla norma UNI EN 520, modulo di flessione E pari a circa 3500 N/mm<sup>2</sup>, peso 12,8 kg/mq ca., in modo che il rivestimento garantisca una resistenza all'urto da corpo molle di grandi dimensioni non inferiore a 25 kgm, ai sensi del D.M. 18/12/1975; la lastra interna dovrà essere in gesso rivestito con un velo di vetro, in modo da conferire alle pareti la resistenza al fuoco pari ad almeno REI 60;

- materassino in lana di vetro, internamente alle lastre, dello spessore di 85 mm, conforme alla norma UNI EN 13162, avente le seguenti caratteristiche tecniche debitamente certificate dall'Appaltatore: - Densità: 15 kg/mc, - Conducibilità termica dichiarata: 0,037 W/mK, - Reazione al fuoco (EN 13501-1): Euroclasse A1.

Le pareti comprensive di isolamento devono garantire un potere fonoisolante  $R_w$  pari ad almeno 56 dB, ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997.

La struttura portante dovrà essere isolata dagli elementi perimetrali con nastro vinilico monoadesivo con funzione di taglio acustico dello spessore di 3,5 mm. È inoltre compresa la fornitura e posa in opera di materassino in spugna di polietilene sulla parte a contatto con i successivi strati di sottopavimentazione a base cementizia.

Compresa la stuccatura della testa delle viti di fissaggio nonché la stuccatura e sigillatura dei giunti di accostamento delle lastre eseguita con idoneo stucco previa applicazione di strisce di supporto armate con rete tessile microforata. Compresa la formazione di fori per l'incasso di lampade e per il passaggio degli impianti. Incluso l'onere di eseguire il lavoro in due fasi per permettere l'inserimento dell'impiantistica e dell'isolamento. Nel prezzo si intendono compresi e compensati gli oneri per la fornitura e posa in opera di tutti i profili metallici, compresi quelli necessari al sostegno e al fissaggio di serramenti e corpi scaldanti, il taglio, lo sfrido, la formazione ed il disfacimento dei piani di lavoro interni, lo sgombero, il carico, il trasporto a discarica autorizzata del materiale di risulta, lo scarico e l'indennità di discarica. Compreso inoltre il costo per la produzione delle certificazioni in merito alla resistenza meccanica e alla resistenza al fuoco della parete.

#### NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

Valutato a metro quadrato di superficie eseguita con deduzione dei fori superiori a mq 2,50.

**Art. 93 CONTROSOFFITTI**

Si intendono applicate le seguenti norme:

- UNI 11424:2015 Gessi - Sistemi costruttivi non portanti di lastre di gesso rivestito (cartongesso) su orditure metalliche - Posa in opera
  - UNI EN ISO 10140-2:2010 Acustica - Misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio - Part 2: Misurazione dell'isolamento acustico per via aerea
  - UNI EN 14246:2006 Elementi di gesso per controsoffitti - Definizioni, requisiti e metodi di prova
  - UNI EN 13964:2014 Controsoffitti - Requisiti e metodi di prova
  - UNI EN 14246:2006 Elementi di gesso per controsoffitti - Definizioni, requisiti e metodi di prova
  - UNI EN ISO 10848-2:2006 Acustica - Misurazione in laboratorio della trasmissione laterale, tra ambienti adiacenti, del rumore emesso per via aerea e del rumore di calpestio - Parte 2: Prova su elementi leggeri nel caso di giunti a debole influenza.
- Per tutte le norme citate si intendono applicate le successive modifiche ed integrazioni.

Tutti i controsoffitti in genere dovranno eseguirsi con cure particolari allo scopo di ottenere superfici perfettamente orizzontali (o anche sagomate secondo le forme prescritte) prive di ondulazioni od altri difetti.

La DL, ai fini dell'accettazione di tutti i materiali, ha facoltà di procedere a controlli su campioni della fornitura e di richiedere attestati di conformità della fornitura alle prescrizioni di progetto.

Prima dell'ordinazione dei materiali, i campioni devono essere approvati dalla D.L.

I controsoffitti saranno completati con tutti gli inserti necessari per il raccordo degli stessi nei confronti delle pareti perimetrali e delle apparecchiature impiantistiche presenti.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****93.1 MATERIALI**

I controsoffitti saranno realizzati con tipi e materiali di cui alla soluzione progettuale indicata negli elaborati esecutivi. I colori degli stessi saranno a scelta della D.L.

I prodotti a base di cartongesso devono rispondere alle prescrizioni del progetto ed, in mancanza, alle prescrizioni seguenti:

- spessore con tolleranze  $\pm 0,5$  mm,
- lunghezza e larghezza con tolleranza  $\pm 2$  mm,
- resistenza all'impronta, all'urto, alle sollecitazioni localizzate (punti di fissaggio),
- a seconda della destinazione d'uso, con basso assorbimento d'acqua, con bassa permeabilità al vapore (prodotto abbinato a barriera al vapore),
- con resistenza all'incendio dichiarata,
- con isolamento acustico dichiarato.

I limiti di accettazione saranno quelli indicati nel progetto e, in loro mancanza, quelli dichiarati dal produttore e approvati dalla direzione dei lavori.

I controsoffitti montati dovranno inoltre rispondere alle prescrizioni seguenti:

- dislivello con tolleranza  $\pm 2$  mm su 4,00 m di luce,
- scostamento dalla rettilinearità degli elementi non superiore a 10 mm su 20,00 m.

Prima della esecuzione dei controsoffitti sarà sottoposta alla approvazione della D.L. una tavola dettagliata di cantiere dalla quale risulteranno:

- orditura dei controsoffitti e posizione dei relativi profili, portanti e perimetrali;
- posizione ordinata e coordinata di tutti gli apparecchi e accessori a controsoffitto, quali:
  - a. plafoniere da incasso modulari;
  - b. bocchette di mandata e ripresa adeguatamente riquadrate da profilo identico a quello perimetrale;
  - c. altoparlanti diffusione sonora;
  - d. rivelatori di fumo e calore ecc.

È esplicitamente escluso l'aggancio dei corpi illuminanti alla struttura di sostegno del controsoffitto senza specifici pendini di sicurezza a sostegno di ogni singolo corpo illuminante.

Tutti i controsoffitti, di qualsiasi tipo o materiale, dovranno essere almeno di CLASSE 1 di reazione al fuoco certificata.

Per ogni diverso tipo di materiale sarà cura ed onere dell'appaltatore fornire per ogni partita omogenea di materiale la relativa certificazione di qualità prescritta dalle norme CE relative. L'Appaltatore dovrà fornire la documentazione idonea a definire la tracciabilità di tutti i materiali dal produttore al cantiere (ogni documento dovrà richiamare il precedente).

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI****93.2 MODALITÀ DI ESECUZIONE**

Durante il montaggio dovranno evitarsi tagli trasversali e si dovrà prevedere l'inserimento di eventuali bocchette o prese d'aria facenti parte dell'impianto di condizionamento, delle plafoniere contenenti i corpi illuminanti, la cui forma sarà preventivamente stabilita dalla DL, nonché dei sensori ed ogni altro apparecchio o impianto.

Nel caso di locali piccoli o stretti, potrà essere consentito, previa autorizzazione della DL, l'appoggio dei pannelli fra parete e parete, sempreché sia comunque garantita l'indeforabilità dei pannelli stessi.

Salvo diverse prescrizioni di progetto o della DL, le finiture dei controsoffitti in corrispondenza dei pilastri e delle murature devono avvenire in base alle soluzioni tecniche individuate dal fornitore.

L'Appaltatore dovrà altresì provvedere:

- alla verifica delle quote riportate nel progetto;
- alla eventuale formazione di settori apribili, in modo da permettere in qualunque momento l'ispezione dei cavi e dei canali dei vari impianti sistemati fra il solaio ed il controsoffitto;
- alla formazione di fori e simili per il passaggio e l'installazione di apparecchiature impiantistiche;
- all'esecuzione di tutte le opere provvisorie necessarie per la realizzazione dei controsoffitti in oggetto;
- alla esecuzione di eventuali pezzi speciali, tagli, piegature, saldature e legature previste in progetto;
- all'esecuzione di tutte le opere murarie connesse con la realizzazione dei controsoffitti;
- alla messa a terra dei controsoffitti.

I tiranti e le staffe di sostegno dovranno essere collocati in modo da evitare tubi, condotti, passerelle cavi, canali d'aria e da non intervenire con il posizionamento di corpi illuminanti. La presenza di questi impedimenti potrebbe fare aumentare il numero di tiranti previsti, senza che ciò comporti alcun onere aggiuntivo alla stazione appaltante.

Nel caso in cui gli ostacoli sopra detti si trovassero sugli assi di sospensione della controsoffittatura, si dovranno impiegare tiranti a cavallotto. Sono tassativamente proibiti attacchi diretti di tiranti alle tubazioni, canali, passerelle, ecc.

### **93.3 POSA IN OPERA**

Per la posa in opera l'Appaltatore procederà conformemente a quanto prescritto dal produttore del materiale.

In ogni caso l'Appaltatore procederà come segue:

- esecuzione del tracciamento sui muri perimetrali, controllando con cura i livelli ed in seguito il posizionamento sull'intradosso del solaio, dell'orditura primaria segnando anche i punti di sospensione;
- montaggio del sistema di pendinatura e collegamento dei profili dell'orditura primaria, allineandoli con precisione alle altezze previste;
- collegamento dei profili portanti dell'orditura secondaria con i profili dell'orditura primaria tramite idonei ganci di unione ortogonale;
- posa delle lastre in senso trasversale rispetto ai profili portanti avendo cura di sfalsare i giunti dei bordi di testa per una lunghezza di 400 mm;
- inizio del fissaggio delle lastre dal centro del pannello o da un angolo per evitare schiacciamenti.

Durante il fissaggio sarà necessario comprimere con forza le lastre sulla sottostruttura fissando le viti autoperforanti fosfatate con un interasse massimo di 150 mm.

A posa ultimata sarà compito dell'Appaltatore completare il rivestimento con idonea rasatura. Il prodotto da impiegare in ogni caso avrà le seguenti caratteristiche:

- in polvere;
- a base di gesso;
- buona adesività;
- ottima consistenza plastica;
- elevato potere di imbibizione.

Prima dell'applicazione l'Appaltatore verificherà che le lastre impiegate per la realizzazione dei controsoffitti si presentino asciutte, pulite e prive di polvere nelle zone dei giunti. In ogni caso, anche se la superficie dovesse presentarsi scevra da ogni traccia di sporco o di materiale incoerente, l'Appaltatore procederà a una pulizia preventiva.

Per la realizzazione della stuccatura l'Appaltatore impiegherà il medesimo rapporto stucco/acqua indicato dal produttore. Sarà inoltre cura dell'Appaltatore seguire scrupolosamente tutte le indicazioni fornite dal produttore in merito alla preparazione del prodotto.

Per la stuccatura dei giunti l'Appaltatore stenderà un nastro in fibra vetro su un letto di stucco. Sarà quindi necessario lasciare che lo stucco faccia presa e quindi procedere con la stuccatura. Dopo che il prodotto ha fatto presa, l'Appaltatore procederà, se necessario, con la carteggiatura delle zone stuccate.

L'Appaltatore procederà alla stuccatura in condizioni stabili di umidità e di temperatura. In ogni caso la temperatura ambiente non dovrà mai essere inferiore a +10°C.

Prima dell'applicazione della pittura le lastre saranno trattate con una mano di idoneo isolante, in modo da uniformare i diversi gradi di assorbimento delle superfici cartonate e stuccate. Le modalità per la posa in opera saranno conformi alle prescrizioni del produttore.

### **93.4 TIPOLOGIE DI CONTROSOFFITTO**

#### **93.4.a Controsoffitto continuo in pannelli di gesso rivestito**

I controsoffitti saranno realizzati con pannelli di gesso rivestito a scelta della D.L..

Saranno impiegate lastre tipo standard sp. 12.5 mm che dovranno provenire da produttori di primaria importanza, costituite da un'anima in gesso additivato, armato su entrambe le facce da cartone ad alta resistenza meccanica, salvo diverse specificazioni riportate sugli elaborati di progetto.

Le lastre saranno avvitate all'orditura metallica con viti auto perforanti fosfatate e armate e stuccate lungo le giunzioni.

La struttura portante è costituita da profili in lamiera di acciaio zincato a norma DIN 18168 di spessore non inferiore a 0,6 mm 1 con sistema di aggancio resistente a sforzi di trazione pari a 150 kg che rende la struttura del controsoffitto stabile sotto l'azione del sisma:

- profili perimetrali a "U" isolati dalla muratura con nastro vinilico monoadesivo con funzione di taglio acustico dello spessore di mm 3,5,
- profili portanti a "C" sia per l'orditura primaria fissata al solaio tramite un adeguato numero di ganci a molla regolabili e pendini, che per l'orditura secondaria ancorata alla primaria tramite appositi ganci.

Il controsoffitto sarà completato con l'inserimento di pannelli in lana di roccia, omologati in classe 0 (zero) di reazione al fuoco, posti in appoggio sulle orditure metalliche e tenuti in sede da apposite clips di fissaggio.

#### **93.4.b Controsoffitto continuo in pannelli tipo Aquapanel®**

I soffitti Aquapanel sono realizzati con orditura metallica a norma UNI EN 14195 in acciaio ad elevata resistenza alla corrosione e da un rivestimento in lastre Aquapanel.

Nell'intercapedine realizzata dall'orditura possono essere inseriti materiali isolanti per conferire più alte prestazioni di isolamento termico ed acustico.

E' necessario realizzare giunti di dilatazione di 15-20 mm ogni 12 m di lunghezza e larghezza del soffitto. Nei rivestimenti esterni, occorre prestare attenzione alla natura dei materiali portanti, con la possibilità di realizzare maglie più piccole.

Per il fissaggio delle lastre Aquapanel all'orditura metallica utilizzare le viti speciali tipo Aquapanel Maxi Screw. La lunghezza delle viti deve superare di 1 cm lo spessore del rivestimento.

I giunti tra le lastre Aquapanel Outdoor devono essere stuccati con lo stucco per esterni Aquapanel Exterior Basecoat. La stuccatura si applica in una sola mano, per uno spessore di 2-3 mm, con armatura mediante nastro di rinforzo resistente agli alcali Aquapanel Exterior Reinforcing Tape. La successiva rasatura dovrà essere effettuata dopo 6-12 ore. Procedere quindi alla rasatura della superficie con lo stesso materiale utilizzato per la stuccatura dei giunti, Aquapanel Exterior Basecoat, per uno spessore di 5 mm. La rasatura dovrà essere rinforzata con la rete per esterni, resistente agli alcali, Aquapanel Exterior Reinforcing tape.

Qualora la rasatura non possa essere effettuata in successione alla stuccatura, i giunti dovranno essere sigillati con stucco a base cementizia Aquapanel Joint Filler-grey. Prima della successiva stuccatura attendere ca 4 gg quindi stuccare i giunti con lo stucco Aquapanel Exterior Basecoat rinforzando il giunto con il nastro di rinforzo resistente agli alcali Aquapanel Reinforcing Mesh.

Su un letto di rasatura di 5 mm di spessore stendere la rete Aquapanel Reinforcing Mesh con una sovrapposizione di 10 cm dei teli. Per ottenere una superficie particolarmente liscia è necessaria una seconda mano di rasatura. Attendere circa un giorno e quindi posare un secondo strato di rasante Aquapanel Exterior Basecoat e frattazzare.

Attesi 8 gg dalla rasatura, sulle lastre Outdoor potranno essere applicati i prodotti di rivestimento scelti. Le pitture alchidiche non sono indicate.

#### 93.4.c Controsoffitto interno antisfondellamento

Controsoffitto realizzato in aderenza all'esistente solaio, a qualsiasi altezza, costituito da:

- orditura metallica singola in acciaio zincato con classificazione di 1<sup>a</sup> scelta, a norma UNI EN 10326-10327, spessore 0,6 mm, costituita da profili a C 60/25 ad ali inclinate ad alta resistenza meccanica, posti ad interasse non superiore a 500 mm, e da profili guida perimetrali a U 25/25, entrambi fissati al soprastante solaio mediante ganci posti ad interasse non superiore a 600 mm; tutti i profili metallici saranno marcati CE conformemente alla norma UNI EN 14195 e avranno classe di reazione al fuoco A1;

- rivestimento con lastra in gesso rivestito tipo Knauf Diamant® o similare, spessore 12,5 mm, classe di reazione al fuoco A2-s1,d0 ai sensi della norma EN 13501-1, a bordi assottigliati, densità superiore a 1000 kg/mc e elevata resistenza meccanica, conformi alla norma UNI EN 520, modulo di flessione E pari a circa 3500 N/mm<sup>2</sup>, peso 12,8 kg/mq ca., fissata alla struttura portante con viti autoperforanti fosfatate, idonee al tipo di lastra, poste ad interasse non superiore a 750 mm.

La struttura portante dovrà essere isolata dagli elementi perimetrali con nastro vinilico monoadesivo con funzione di taglio acustico dello spessore di 3,5 mm. Compresa la stuccatura della testa delle viti di fissaggio nonché la stuccatura e sigillatura dei giunti di accostamento delle lastre eseguita con idoneo stucco previa applicazione di strisce di supporto armate con rete tessile microforata. Compresa la formazione di fori per l'incasso di lampade e per il passaggio degli impianti. Incluso l'onere di eseguire il lavoro in due fasi per permettere l'inserimento dell'impiantistica e dell'eventuale isolamento nel controsoffitto. Nel prezzo si intendono compresi e compensati gli oneri per la fornitura e posa in opera di tutti i profili metallici, il taglio, lo sfrido, la formazione ed il disfacimento dei piani di lavoro interni, lo sgombero, il carico, il trasporto a discarica autorizzata del materiale di risulta, lo scarico e l'indennità di discarica. Compreso inoltre il costo per la produzione delle certificazioni in merito alla ritenuta antisismica del controsoffitto.

#### 93.4.d Controsoffitto interno antisfondellamento REI 60

Controsoffitto realizzato in aderenza all'esistente solaio, a qualsiasi altezza, costituito da:

- orditura metallica singola in acciaio zincato con classificazione di 1<sup>a</sup> scelta, a norma UNI EN 10326-10327, spessore 0,6 mm, costituita da profili a C 60/25 ad ali inclinate ad alta resistenza meccanica, posti ad interasse non superiore a 500 mm, e da profili guida perimetrali a U 25/25, entrambi fissati al soprastante solaio mediante ganci posti ad interasse non superiore a 600 mm; tutti i profili metallici saranno marcati CE conformemente alla norma UNI EN 14195 e avranno classe di reazione al fuoco A1;

- rivestimento con lastra in gesso rivestito tipo Knauf Diamant® o similare, spessore 12,5 mm, classe di reazione al fuoco A2-s1,d0 ai sensi della norma EN 13501-1, a bordi assottigliati, densità superiore a 1000 kg/mc e elevata resistenza meccanica, conformi alla norma UNI EN 520, modulo di flessione E pari a circa 3500 N/mm<sup>2</sup>, peso 12,8 kg/mq ca., fissata alla struttura portante con viti autoperforanti fosfatate, idonee al tipo di lastra, poste ad interasse non superiore a 750 mm.

La struttura portante dovrà essere isolata dagli elementi perimetrali con nastro vinilico monoadesivo con funzione di taglio acustico dello spessore di 3,5 mm. Compresa la stuccatura della testa delle viti di fissaggio nonché la stuccatura e sigillatura dei giunti di accostamento delle lastre eseguita con idoneo stucco previa applicazione di strisce di supporto armate con rete tessile microforata. Compresa la formazione di fori per l'incasso di lampade e per il passaggio degli impianti. Incluso l'onere di eseguire il lavoro in due fasi per permettere l'inserimento dell'impiantistica e dell'eventuale isolamento nel controsoffitto. Nel prezzo si intendono compresi e compensati gli oneri per la fornitura e posa in opera di tutti i profili metallici, il taglio, lo sfrido, la formazione ed il disfacimento dei piani di lavoro interni, lo sgombero, il carico, il trasporto a discarica autorizzata del materiale di risulta, lo scarico e l'indennità di discarica. Compreso inoltre il costo per la produzione delle certificazioni in merito alla ritenuta antisismica e alla resistenza al fuoco del controsoffitto.

#### 93.4.e Controsoffitto ispezionabile e fonoassorbente

Controsoffitto costituito da pannelli rigidi di gesso rivestito delle dimensioni di 60x60 cm con finitura superficiale verniciata piana, fessurata o perforata, nell'aspetto a scelta della D.L., posati su struttura portante e trasversale in vista costituita da profili a T rovescio con maglia di idonee dimensioni, pendinature rigide regolabili in altezza, molle e cornici perimetrali ad L o doppia L. Tutti i profili metallici dovranno essere in acciaio zincato e preverniciati quelli eventualmente in vista. Il controsoffitto dovrà soddisfare le seguenti caratteristiche tecniche debitamente documentate dall'Appaltatore ed accettate dalla D.L.: - spessore dei pannelli 12,5 mm; - "classe 1" di reazione al fuoco. Nel prezzo si intendono compresi e compensati gli oneri per la fornitura e posa in opera di tutti i profili metallici, le incassature dei corpi illuminanti, il taglio, lo sfrido anche dovuto ad irregolarità dei vani, la formazione ed il disfacimento dei piani di lavoro interni.

#### 93.4.f Controsoffitto ispezionabile in pannelli di fibra minerale

Controsoffitto della ROCKFON mod. Ekla con orditura a vista tipo HDS a "T rovescio" Base 15 mm colore bianco. I pannelli tipo "Ekla" saranno realizzati con orditura modulare di sostegno visibile tipo T15, costituita da profili portanti e distanziatori, sagomati a "T" e parte a vista rivestita da una lamina di alluminio preverniciato a fuoco di colore bianco, sospesa mediante pendini posizionati ad un interasse massimo di 1200mm, e tasselli ad espansione. La cornice perimetrale sarà costituita dal profilo angolare in lamiera preverniciata a caldo stessa tinta della struttura avente dimensioni 25x25 mm e sezione di 5/10 mm, fissata alle pareti verticali ad un interasse massimo di 900 mm. I pannelli saranno autoportanti in lana di roccia vulcanica trattata con resine termoindurenti idrorepellente e biosolubile ad elevato assorbimento acustico, rivestiti sulla faccia apparente da un velo di vetro bianco e sulla faccia opposta da un velo di vetro naturale.

- Dimensione dei pannelli: 600 x 600 mm; spessore: 20 mm
- Descrizione commerciale: "ROCKFON mod. Ekla"
- Specifica board: bordo ribassato
- Certificato EUCB: gruppo 3 (non cancerogeno)
- Reazione al fuoco: EUROCLASSE A1; - REI 120
- Assorbimento acustico: NRC 0,90

### **93.5 MODALITÀ DI CONSERVAZIONE E CURA**

Il deposito in cantiere dei materiali utilizzati per la realizzazione dei controsoffitti sarà effettuato in appositi locali che li proteggano dagli agenti atmosferici e dall'umidità.

Il piano di appoggio dei materiali depositati in cantiere, dovrà, in ogni caso, essere asciutto e distanziato da terra.

I materiali trasportati in cantiere dovranno essere depositati ordinatamente, utilizzando appropriati mezzi, in modo da garantire l'idoneità dell'uso.

L'opera deve essere protetta fino alla consegna al Committente.

**Art. 94 IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****94.1 ASCENSORI**

Si intendono applicate le seguenti norme:

- D.P.R. 10/01/2017, n. 23 - Regolamento concernente modifiche al decreto del Presidente della Repubblica 30 aprile 1999, n. 162, per l'attuazione della direttiva 2014/33/UE relativa agli ascensori ed ai componenti di sicurezza degli ascensori nonché per l'esercizio degli ascensori
  - D. Min. Infrastrutture e Trasporti n.101 del 09.03.2015 "Disposizioni relative all'esercizio degli ascensori in servizio pubblico destinati al trasporto di persone" in attuazione al DPR 8 del 19.01.2015 (V. art. "Sicurezza ascensori: in Gazzetta il Decreto con le novità estese anche a quelli pubblici")
  - D.P.R. 8 del 19.01.2015 - recante le disposizioni e le procedure inerenti all'apertura, all'esercizio, alla manutenzione, nonché alle verifiche e prove periodiche per il funzionamento in sicurezza degli ascensori in servizio pubblico.
  - Direttiva Compatibilità Elettromagnetica 2004/108/CE recepita con il Decreto Legislativo n. 194 6 novembre 2007, ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alla compatibilità elettromagnetica e che abroga la direttiva 89/336/CEE.
  - Direttiva Macchine 2006/42/CE recepita con il Decreto Legislativo n.17 del 27 gennaio 2010, Attuazione della direttiva 2006/42/CE, relativa alle macchine e che modifica la direttiva 95/16/CE relativa agli ascensori.
  - Decreto Ministeriale 16/01/2006 Ministero delle attività produttive - Regole per il miglioramento della sicurezza degli ascensori per passeggeri e degli ascensori per merci esistenti: UNI EN 81-80
  - Decreto Ministeriale 15/09/2005 - Ministero dell'Interno - Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per i vani degli impianti di sollevamento ubicati nelle attività soggette ai controlli di prevenzione incendi
  - D.P.R. 7 maggio 2002, n.129 - Regolamento recante ulteriore modifica al decreto del Presidente della Repubblica 30 aprile 1999, n. 162, in materia di collaudo degli ascensori.
  - D.P.R. n. 162 del 30.04.1999 - Regolamento recante norme per l'attuazione della direttiva 95/16/CE sugli ascensori e di semplificazione dei procedimenti per la concessione del nulla osta per ascensori e montacarichi, nonché della relativa licenza di esercizio;
  - D.Lgs. 493 del 14.08.1996 - Attuazione della direttiva 92/58/CEE concernente le prescrizioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro;
  - D.P.R. n.503 del 24 luglio 1996, Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici.
  - D.P.R. n. 268 del 28.03.1994 - Regolamento recante attuazione della direttiva n. 90/486/CEE relativa alla disciplina degli ascensori elettrici, idraulici ed oleodinamici;
  - Legge n.46 del 05.03.1990 e s.n. (Legge 17/2007) - Norme per la sicurezza, la progettazione, l'installazione e la manutenzione degli impianti elettrici;
  - D.M. 236 del 14.06.89 - Prescrizioni tecniche necessarie a garantire l'accessibilità, l'adattabilità e la visibilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica e sovvenzionata e agevolata, ai fini del superamento e dell'eliminazione delle barriere architettoniche;
  - D.M. 587 del 09.12.87 - Attuazione delle direttive n. 84/529/CEE e n. 86/312/CEE relative agli ascensori elettrici;
  - D.M. n. 586 del 28.11.1987 - Attuazione della direttiva n. 84/528 e 529 CEE relativa agli apparecchi di sollevamento e di movimentazione e loro elementi costruttivi;
  - D.P.R. n. 753 del 11.07.1980 - Nuove norme in materia di polizia, sicurezza e regolarità dell'esercizio delle ferrovie e di altri servizi di trasporto;
  - C.M. n. 32 del 26.03.1965 - Norme per ascensori e montacarichi in servizio privato: protezione antincendio;
  - D.P.R. n. 1497 del 29.05.1963 - Approvazione del regolamento per gli ascensori ed i montacarichi in servizio privato;
  - D.P.R. n. 547 del 27.04.1955 - Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro. e successivi aggiornamenti;
  - Legge n. 1415 del 24.10.1942 - Impianto ed esercizio di ascensori e di montacarichi in servizio privato;
  - EN 81-20:2014, Regole di sicurezza per la costruzione e l'installazione degli ascensori - Ascensori per il trasporto di persone e cose - Parte 20: Ascensori per persone e cose accompagnate da persone.
- Valida per tutti gli ascensori consegnati e collaudati dopo il 31 agosto 2017.
- Norme UNI;
  - Norme CNR;
  - Norme CEI;
  - Norme ISO.

Per tutte le norme citate si intendono applicate le successive modifiche ed integrazioni.

**ACCESSI, PORTE DI PIANO E PORTE DI CABINA**

Ogni accesso di piano dovrà avere una soglia con una resistenza sufficiente a sopportare il passaggio dei carichi che possano essere introdotti in cabina; davanti ad essa si dovrà prevedere una contropendenza per evitare l'eventuale infiltrazione di acqua nel vano.

Le porte di piano e di cabina, avranno le caratteristiche indicate negli elaborati di progetto (a pannelli scorrevoli accoppiati, ad antine automatica, manuale, ecc.).

Dovrà essere previsto il dispositivo per il bloccaggio e lo sbloccaggio di emergenza di ogni porta di piano.

Le finiture superficiali delle porte di piano e di cabina saranno quelle indicate negli elaborati di progetto.

I portali di accesso alla cabina (spalle, celino, soglia, ecc.) saranno realizzati in lamiera di acciaio inox e potranno integrare i comandi e le segnalazioni previste al piano.

**CABINA**

La cabina dovrà avere tutte le caratteristiche e le attrezzature rispondenti alla normativa di legge riguardante i portatori di handicap. La struttura della cabina sarà metallica, tale da non subire deformazioni di sorta, quando sottoposta all'urto dinamico di bloccaggio della guida. Il telaio in profilati di acciaio porterà gli organi di guida della cabina. Pareti, pavimento e tetto dovranno essere costruiti con materiali ignifughi e non emananti fumi tossici in caso di incendio. L'impianto di illuminazione, realizzato con lampade fluorescenti, potrà essere del tipo a diffusione indiretta da una parete, oppure a diffusione diretta dal celino. Sarà inoltre presente un impianto di illuminazione di emergenza, che entrerà in funzione al mancare della corrente elettrica. Tutte le apparecchiature, le segnalazioni ed i comandi dovranno essere concentrati su di un unico pannello in acciaio inox satinato, vincolato alla struttura della cabina con collegamento smontabile (es. viti inox testa svasata, esagono incassato). Tale pannello pertanto dovrà essere facilmente asportabile, in caso di manutenzione e/o modifiche successive. Tutte le apparecchiature, le dotazioni e le finiture dovranno essere del tipo "antivandalo". I collegamenti elettrici tra le apparecchiature del pannello e la cabina dovranno essere realizzati mediante connettori multipli, ad innesto rapido (o dispositivi simili).

#### GUIDE - AMMORTIZZATORI

La cabina ed il contrappeso dovranno muoversi tra guide rigide di acciaio trafilato, opportunamente ancorate alle pareti cieche del vano ascensore.

Le guide fra le quali scorre la cabina, dovranno essere costituite da profilati a T di acciaio a spigoli vivi, piallati o fresati nelle facce di scorrimento e saranno collegate fra loro con piastre e bulloni; le giunzioni tra le verghe delle guide dovranno essere ad incastro con superfici fresate.

Le guide dovranno essere saldamente ancorate alle pareti del vano o a traversi in modo da non dar luogo ad oscillazioni, ma consentire la dilatazione termica longitudinale e seguire gli eventuali assestamenti dell'edificio.

Nella fossa, sotto la cabina e sotto il contrappeso, dovranno essere disposti ammortizzatori e arresti fissi per assicurare, in qualsiasi condizione, uno spazio libero di altezza non inferiore a 0,50 m tra il fondo del vano e la parte più sporgente della cabina, comunque secondo normativa in vigore.

Dovrà essere disposto un arresto fisso per assicurare, in qualsiasi condizione, uno spazio libero di altezza non inferiore a 0,80 m tra il tetto della cabina ed eventuali ostacoli alla sommità del vano, comunque secondo normativa in vigore.

#### ORGANI DI SOSPENSIONE, PARACADUTE E LIMITATORE DI VELOCITÀ

Cabina e contrappeso saranno sostenuti con funi di acciaio in numero superiore a due ed indipendenti.

Le estremità delle funi dovranno essere fissate alla cabina ed al contrappeso nonché ai punti di sospensione mediante piombatura, auto serraggio, capicorda e cavallotti a cuneo o altro sistema che presenti una sicurezza equivalente.

Il dispositivo paracadute dovrà intervenire solo nel senso della discesa della cabina ed essere atto ad arrestarla a pieno carico alla velocità di intervento del limitatore di velocità, bloccandola sulle guide.

Il dispositivo paracadute dovrà essere comandato unicamente dal limitatore di velocità.

Il limitatore di velocità dovrà essere perfettamente accessibile in ogni condizione e dovrà essere piombato dopo la taratura della velocità di intervento.

#### DISPOSITIVI DI FINE CORSA ED EXTRA CORSA

Se richiesto in capitolato l'impianto dovrà essere provvisto di interruttore di fine corsa per fermare la cabina in corrispondenza dei piani estremi e di interruttori di extra corsa di sicurezza che dovranno essere posizionati per intervenire il più vicino possibile ai piani estremi di arresto, senza rischio di azionamento accidentale prima che la cabina venga in contatto con gli ammortizzatori.

#### MANOVRA E SEGNALAZIONI

La tipologia di manovra (collettiva, selettiva, duplex, simplex, ecc.) è specificata nella scheda di impianto allegata.

Dovranno essere previsti i seguenti dispositivi di comando e segnalazione:

IN CABINA:

- una botoniera con tanti pulsanti quanti sono i piani serviti, più i pulsanti di "arresto", di "allarme" e di apri e chiudi porta (con caratteri BRAILLE);
- la segnalazione luminosa di "posizione cabina", che indica, durante il movimento, il piano al quale la cabina si sta avvicinando e, a cabina ferma, il piano dove essa si è arrestata;
- la segnalazione luminosa di "prenotazione avvenuta", mediante gli stessi pulsanti che si illuminano quando la chiamata è stata registrata;
- segnalazione ottico-acustica di carico eccessivo;
- citofono;
- segnalazione sonora di arrivo al piano.

AI PIANI:

- una botoniera con un pulsante di chiamata "per salire" ed un pulsante di chiamata "per scendere" (ai piani intermedi); una botoniera con un solo pulsante "per salire" o "per scendere" (ai piani estremi).
- Tutti i pulsanti avranno caratteri BRAILLE;
- la segnalazione luminosa di "prenotazione avvenuta", mediante gli stessi pulsanti che si illuminano quando la chiamata è stata registrata;
  - segnalazione di fuori servizio;
  - segnalazione di cabina occupata (solo per impianti con manovra universale);
  - frecce direzionali;
  - segnalazione di posizione cabina al piano terra;
  - in adiacenza alla botoniera esterna deve essere posta una placca di riconoscimento di piano in caratteri Braille;
- Potranno essere richiesti azionamenti con chiave sia sulla botoniera ai piani che in cabina.

#### DISPOSITIVO DI EMERGENZA PER IL RITORNO AUTOMATICO AL PIANO

Se richiesto in capitolato gli impianti saranno dotati di dispositivo di ritorno automatico al piano realizzato con batterie di accumulatori di tipo regolato con valvola.

In caso di mancanza di alimentazione dalla rete, l'ascensore dovrà automaticamente tornare al piano più vicino e aprire le porte.

Apposita segnalazione, completa di avviso scritto luminoso, indicherà in cabina l'intervento del dispositivo di emergenza.

**DISPOSITIVO DI LIMITAZIONE DEL CARICO**

Se richiesto in capitolato gli impianti saranno dotati di dispositivo di arresto al superamento del carico massimo ammesso in cabina. Esso sarà costituito da un dispositivo di interblocco sull'azionamento dell'argano e sarà corredato da allarme ottico/acustico in cabina. L'utilizzo dell'impianto potrà avvenire solo ripristinando le condizioni di carico previste (portata utile).

**IMPIANTI ELETTRICI**

L'alimentazione elettrica sarà effettuata con cavi tipo FG7OR di sezione adeguata a seconda della portata dell'ascensore e avrà una tensione di esercizio 400/230 V – 50 Hz.

I cavi di alimentazione saranno forniti e posati da terzo appaltatore e saranno attestati all'interno della sala macchine in una scatola di derivazione.

Tutti i conduttori dovranno essere provvisti alle due estremità di apposito collarino numerato, corrispondente a quanto indicato sugli schemi elettrici finali.

La connessione alle morsettiere dovrà essere eseguita con terminale applicato a pressione.

Canaline e passerelle dovranno essere in acciaio zincato e rispondenti alle norme CEI 23-31.

Tutti gli attuatori e le segnalazioni saranno corredati di etichette esplicative della funzione svolta.

Nel caso di macchinario installato direttamente nel vano corsa si dovrà installare un quadro elettrico di manovra a microprocessori, completo di tutte le apparecchiature necessarie al funzionamento, controllo e protezione dell'impianto.

Saranno così controllati e gestiti i contattori di marcia, l'azionamento delle porte, le fotocellule, la posizione delle cabine, le segnalazioni luminose, i dispositivi di sicurezza (costola mobile, ecc.), sia in condizioni di funzionamento che in manutenzione.

In caso di guasto o malfunzionamento la centralina elettronica dovrà provvedere all'arresto dell'impianto dandone segnalazione o, se l'anomalia riscontrata lo consente perché non costituisce una condizione di pericolo, permettere il funzionamento dell'impianto tenendo conto delle limitazioni imposte dall'anomalia.

In ogni caso il sistema dovrà memorizzare le segnalazioni di anomalia per consentire gli interventi di manutenzione.

Le carcasse dei motori, l'argano, le incastellature dei quadri elettrici, le scatole metalliche degli apparecchi elettrici del locale del macchinario, del vano corsa della cabina, le protezioni metalliche, ecc. dovranno essere elettricamente collegate fra loro e costituire un complesso equipotenziale collegato alla rete di terra, secondo le norme vigenti in materia.

**MANOVRA DI EMERGENZA E DI ISPEZIONE**

Saranno installati i seguenti dispositivi ausiliari di emergenza e di ispezione:

- 1.un dispositivo ad azione manuale continuo per permettere il movimento della cabina con una porta dei piani aperta: sarà costituito da un dispositivo elettrico che permette il movimento della cabina quando è aperta la sola porta del piano dove il dispositivo è applicato;
- 2.un dispositivo per aprire dall'esterno la porta della cabina: che dovrà essere ad esclusiva disposizione del manutentore e dovrà essere disposto anche sopra il tetto della cabina.

**DISPOSITIVI DI SICUREZZA E DI ARRESTO**

Tutti i dispositivi elettrici di sicurezza dovranno essere del tipo a distacco obbligato, cioè dovranno aprire un contatto per azione di un organo meccanico rigido; dovranno essere stabili nelle posizioni di apertura e di chiusura ed essere tali che la rimessa in servizio non possa derivare da un'azione accidentale.

**AVVISI E ISTRUZIONI PER LA MANOVRA**

Tutte le targhe, le indicazioni, le avvertenze e le istruzioni per l'uso dovranno essere perfettamente leggibili e comprensibili, non lacerabili, disposte bene in vista.

**ALTRI DISPOSITIVI**

La fornitura di ogni impianto sarà completata dai seguenti dispositivi da installare nel locale macchine:

- dispositivo per individuare la presenza della cabina ad ogni piano;
- citofono con led luminoso e specifica suoneria per individuare l'impianto di provenienza della chiamata di "ALLARME", se comune a più impianti.

**RIPORTO DI SEGNALI ED ALLARMI**

Nella fornitura sono comprese:

- la linea bus di comunicazione tra i quadri di comando e controllo degli ascensori/rampe mobili con la postazione operatore posta nel locale controllo;
- le schede di interfaccia tra i quadri di comando e controllo degli ascensori/rampe mobili ed il bus di comunicazione. La scheda metterà a disposizione i seguenti segnali:
- impianto in manutenzione;
- impianto fuori servizio;
- impianto in funzionamento normale;
- allarme arresto;
- allarme guasto;
- segnale citofonico a viva voce.
- la postazione operatore costituita da un'unità centrale di controllo con P.C., tastiera, monitor e stampante, completo di software e programmazione per supportare l'interfaccia video grafica con l'operatore. L'unità centrale di controllo deve essere dotata di porta ETHERNET TCP/IP 100 base T per realizzare l'interconnessione in rete e la comunicazione con un livello superiore di supervisione degli impianti tecnologici del complesso;
- consolle citofonica da ubicare presso la postazione operatore con microtelefono e segnalazione ottico/acustica di chiamata per la comunicazione bidirezionale con le cabine. Il segnale fonico sarà supportato dallo stesso bus di comunicazione previsto per la telesegnalazione degli allarmi.

**94.2 PIATTAFORME ELEVATRICI**

Si intendono applicate le seguenti norme:

- Direttiva 98/37/CE: Sicurezza del macchinario: principi generali e specifici per la progettazione;
- UNI CEI EN 45014: Disposizioni per la marcatura CE dei prodotti;
- EN 1398:2009: Rampe di carico regolabili – Requisiti di sicurezza;
- Norme UNI;
- Norme CNR;
- Norme CEI;
- Norme ISO.

Per tutte le norme citate si intendono applicate le successive modifiche ed integrazioni.

**PIATTAFORMA**

Piattaforma antiscivolo con lamiera mandorlata con travi di supporto sldate a robot, di portata standard 6.000 kg. La rampa è di colore grigio RAL 7005 trattata con antiruggine epossidica a due componenti e mano finale a due componenti, essiccata al forno, dopo sgrassaggio e fosfatazione.

La massima pendenza di lavoro è fissata dalla EN 1398 ed è del 12.5% valore limite dello scivolamento del carico.

La sicurezza è garantita da una valvola di blocco entro il cilindro di sollevamento che serve a fermare la rampa in caso di accidentale partenza del mezzo. Inoltre, la rampa è munita di protezioni laterali anticesoimento, di strisce gialle e nere anti incespicamento per tutta la lunghezza della rampa.

**MOTORIZZAZIONE E COMANDI**

La piattaforma antiscivolo è mossa da un motore elettroidraulico in fossa da 400 V 50 Hz trifase, con pulsantiera di comando.

**CONSOLLE**

Unità eletto-idraulica comprensiva di comandi sulla parte anteriore e/o pannello separato, in grado di servire una o più macchine elettroidrauliche, installata a parete oppure su supporto a terra, che opera con alimentazione trifase 230/400V, 50/60 Hz.

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI****94.3 INSTALLAZIONE ASCENSORI**

Di seguito si elencano i requisiti minimi indispensabili per l'esecuzione delle opere, nonché la descrizione di alcuni interventi, a solo titolo indicativo e non esaustivo, al fine della realizzazione e della consegna alla Committente degli impianti "chiavi in mano", verificati/autorizzati dagli Enti di Stato, Regionali e Comunali competenti:

- tutti i materiali dovranno essere trasportati e installati con la massima cura.
- L'Appaltatore dovrà tenere conto delle difficoltà operative esistenti nel trasportare i suoi materiali, sciolti o preassemblati, nell'edificio attraverso i punti di accesso, più avanti elencati.
- I mezzi per il trasporto, il sollevamento e la posa in opera dovranno essere compatibili con le condizioni ambientali esistenti.
- L'Appaltatore, prima di iniziare i lavori, dovrà verificare sul posto e aggiornare i disegni in relazione alla effettiva situazione delle opere civili e rivedere, se necessario, i progetti di ogni macchina, assumendo di conseguenza ogni responsabilità per gli elementi contenuti nei disegni forniti con il presente capitolato.

La fornitura in opera degli impianti comprenderà in particolare i seguenti oneri, opere, elaborati ed interventi, tutti a carico dell'Appaltatore:

- tutte le opere e le assistenze murarie necessarie per la regolare installazione degli impianti, negli spazi appositamente previsti all'interno delle opere civili esistenti;
- gli oneri tariffari, gli allacciamenti e le derivazioni provvisorie dalla più vicina cabina elettrica esistente del fornitore di energia, necessari a garantire l'esecuzione dei lavori e le prove di funzionamento degli impianti appaltati;
- provvedere anche agli allacciamenti per le alimentazioni elettriche provvisorie per le prove degli impianti, allorquando saranno disponibili le cabine elettriche della Committente;
- la redazione dei progetti, che dovrà comprendere:
  - una relazione illustrativa dettagliata di ogni impianto e delle singole parti che lo compongono, con le relative caratteristiche. Saranno indicate le difese eventuali, i dispositivi di sicurezza, la posizione dei quadri elettrici di comando, le tipologie delle apparecchiature elettromeccaniche ed elettroniche ecc.;
  - i calcoli dettagliati strutturali e giustificativi della potenza dei motori con la specificazione dell'intensità di corrente assorbita allo spunto ed in marcia normale a pieno carico ed a vuoto, nonché i calcoli delle varie parti dell'impianto quali travature di sostegno, armature di ancoraggio, ecc.;
  - i disegni, in scala appropriata, necessari per la completa rappresentazione grafica e quotata delle sistemazioni delle apparecchiature nei locali o spazi appositi, e dei particolari delle varie parti degli impianti.
- Tra l'altro dovranno essere prodotte le piante di tutti i piani serviti da ogni attrezzatura, nonché le sezioni parziali dell'edificio in corrispondenza degli impianti stessi; tali elaborati dovranno indicare le varie strutture murarie anche nei loro spessori, nonché la forma e le dimensioni delle sedi di installazione;
- La descrizione particolareggiata degli impianti, con l'indicazione delle caratteristiche individuanti le varie parti e cioè ciascuno degli elementi del macchinario, delle travature di sostegno, delle guide dei relativi organi di collegamento e di fissaggio, dell'armatura di ancoraggio con gli apparecchi di sicurezza della medesima, dei cancelli, delle difese, delle apparecchiature elettromeccaniche ed elettroniche, degli organi di manovra e di ogni altro accessorio.
- l'assistenza per prove e verifiche
- il mantenimento in efficienza degli impianti, completati, resi funzionanti e progressivamente consegnati alla Committente, fino ad avvenuta consegna definitiva.
- la consegna alla Direzione Lavori della seguente documentazione, che dovrà essere redatta in lingua italiana:
  - 3 copie della relazione illustrativa dettagliata di ogni impianto e delle singole parti che lo compongono
  - 3 copie dei calcoli strutturali e giustificativi della potenza dei motori

- 3 copie delle dichiarazioni del progettista in merito alla idoneità delle strutture di appoggio/ancoraggio a sopportare i carichi conseguenti agli impianti
- 3 copie dei manuali di istruzione per l'uso e manutenzione di ogni macchina;
- 3 copie dei disegni costruttivi relativi alla parte meccanica, elettrica, ecc. delle apparecchiature soggette alla manutenzione normale e preventiva;
- 3 copie dell'elenco pezzi dei ricambi e relativi schizzi o disegni quotati, sui quali sia riportata la fonte di approvvigionamento dei pezzi di ricambio che non fossero di costruzione della Casa costruttrice degli impianti;
- 3 copie dello schema elettrico funzionale e di cablaggio degli impianti;
- 1 copia su carta riproducibile di ogni disegno e di ogni schema, laddove in formato superiore all'A4;
- tabelle con il peso totale e delle singole parti principali delle macchine
- i verbali delle verifiche da parte degli Enti pubblici competenti, i libretti per gli ascensori e originali delle licenze/autorizzazioni di impianto e di esercizio.

#### **94.4 INSTALLAZIONE PIATTAFORME ELEVATRICI**

Di seguito si elencano i requisiti minimi indispensabili per l'esecuzione delle opere, nonché la descrizione di alcuni interventi, a solo titolo indicativo e non esaustivo, al fine della realizzazione e della consegna alla Committente degli impianti "chiavi in mano", verificati/autorizzati dagli Enti di Stato, Regionali e Comunali competenti:

- tutte le opere e le assistenze murarie necessarie per la regolare installazione degli impianti, negli spazi appositamente previsti all'interno delle opere civili esistenti;
- L'Appaltatore dovrà tenere conto delle difficoltà operative esistenti nel trasportare i suoi materiali, sciolti o preassemblati, nell'edificio attraverso i punti di accesso, più avanti elencati.

· I mezzi per il trasporto, il sollevamento e la posa in opera dovranno essere compatibili con le condizioni ambientali esistenti.

- L'Appaltatore, prima di iniziare i lavori, dovrà verificare sul posto e aggiornare i disegni in relazione alla effettiva situazione delle opere civili e rivedere, se necessario, i progetti di ogni macchina, assumendo di conseguenza ogni responsabilità per gli elementi contenuti nei disegni forniti con il presente capitolato.

La fornitura in opera degli impianti comprenderà in particolare i seguenti oneri, opere, elaborati ed interventi, tutti a carico dell'Appaltatore:

- tutte le opere e le assistenze murarie necessarie per la regolare installazione degli impianti, negli spazi appositamente previsti all'interno delle opere civili esistenti;

· gli oneri tariffari, gli allacciamenti e le derivazioni provvisorie dalla più vicina cabina elettrica esistente del fornitore di energia, necessari a garantire l'esecuzione dei lavori e le prove di funzionamento degli impianti appaltati;

- provvedere anche agli allacciamenti per le alimentazioni elettriche provvisorie per le prove degli impianti, allorquando saranno disponibili le cabine elettriche della Committente;

· la redazione dei progetti, che dovrà comprendere:

- una relazione illustrativa dettagliata di ogni impianto e delle singole parti che lo compongono, con le relative caratteristiche. Saranno indicate le difese eventuali, i dispositivi di sicurezza, la posizione dei quadri elettrici di comando, le tipologie delle apparecchiature elettromeccaniche ed elettroniche ecc.;

· i calcoli dettagliati strutturali e giustificativi della potenza dei motori con la specificazione dell'intensità di corrente assorbita allo spunto ed in marcia normale a pieno carico ed a vuoto, nonché i calcoli delle varie parti dell'impianto quali travature di sostegno, armature di ancoraggio, ecc.;

- i disegni, in scala appropriata, necessari per la completa rappresentazione grafica e quotata delle sistemazioni delle apparecchiature nei locali o spazi appositi, e dei particolari delle varie parti degli impianti.

· l'assistenza per prove e verifiche

- il mantenimento in efficienza degli impianti, completati, resi funzionanti e progressivamente consegnati alla Committente, fino ad avvenuta consegna definitiva.

· la consegna alla Direzione Lavori della seguente documentazione, che dovrà essere redatta in lingua italiana.

#### **NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 95 OPERE A VERDE****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****95.1 TERRENO VEGETALE**

Deve essere proveniente da strati di coltura attiva, idoneo alla formazione di aiuole fornito scevro da inerti e piante infestanti, compresa la preparazione del piano di posa, la stesa, rullatura e compattazione con idonei mezzi meccanici, compresa la formazione delle pendenze per l'allontanamento delle acque meteoriche.

Dovrà avere reazione neutra, con abbondante sostanza organica e di elementi nutritivi e di medio impasto, priva di ciottoli, detriti, radici e quanto altro potrebbe nuocere alla crescita vegetativa.

**95.2 CONCIMI**

Dovranno essere di nota fabbrica, conservati negli involucri originali, con titolo dichiarato.

**95.3 MATERIALE PER PIANTUMAZIONE**

L'impresa potrà approvvigionare le piante e le talee da qualsiasi vivaio immune da malattie parassitarie, purché la provenienza venga preventivamente dichiarata dall'Appaltatore, e accettata dalla Direzione dei lavori.

**95.4 SEMENZE**

L'impresa potrà approvvigionare le sementi dalle ditte di sua fiducia, dichiarando il titolo. Qualora il valore del seme fosse inferiore, per non oltre il 20% rispetto al valore della colonna <<buona semente>> delle tavole Marchettano, si dovrà provvedere ad aumentare proporzionalmente le quantità per unità di superficie.

**95.5 ZOLLE**

Dovranno provenire da prato polifita stabile e asciutto, con esclusione del prato irriguo e paludoso. Il Direttore dei lavori potrà rifiutare forniture provenienti da località non gradite. Saranno precluse zolle con presenza di specie infestanti tra cui: Rumex sp. pl., Artemisia sp. pl., Catex sp. pl., e tutte le umbrellifere. Il manto vegetativo dovrà essere continuo, e la zolla sarà di spessore tale da raccogliere per la maggior parte l'intreccio delle radici delle specie presenti, e comunque non inferiore a cm 8, con esclusione di zolle provenienti da terra sabbiosa o argillosa.

**95.6 PALETTI**

I paletti per viminate, staccionate e simili saranno in castagno, carpino oppure orniello, del diametro minimo di punta di cm 6, diritti, senza nodi e difetti da gelo.

**95.7 NONTESUTI**

Il telo sarà in fibre di polipropilene o poliestere a filo continuo, ottenuto per agugliatura ad alta temperatura e senza coloranti, e avrà le seguenti caratteristiche: coefficiente di permeabilità per filtrazione trasversale compreso tra 10-3 e 10-1 cm/sec: resistenza a trazione di una striscia di 5 cm di lato maggiore di 30 kg, se per impieghi drenanti, mentre per impieghi portanti di pavimentazioni o rilevati tale valore potrà essere richiesto dalla Direzione dei lavori non minore di 50 oppure 75 Kg.

Per determinare peso e spessore si seguiranno le norme di cui al B.U.-C.N.R. n. 110 del 23-12-1985 e n.111 del 24-11-1985, e le norme U.N.I. 4818, 5114, 511, 5121, 5419, U.N.I. 8279/1-16 ediz.1981-87, U.N.I.8639-34, 8727-85,8986-87.

**95.8 GEOGRIGLIE**

La griglia a rete di tipo laminare e monorientata sarà ottenuta per estrusione e stiratura, con polimeri HDPE, inattaccabile dagli agenti atmosferici, indeformabile, inalterabile, trattata con additivi antiraggi ultravioletti. Resistenza alla trazione longitudinale minima di 35 KN/m se per impieghi portanti in sottofondi o rilevati stradali; allungamento alla massima trazione longitudinale non superiore al 15%; interasse delle maglie max cm 15 longitudinale e cm 2 trasversale.

Si seguiranno le norme A.S.T.M. D-792, A.S.T.M. C-293-79.

**95.9 GEORETI**

La rete in juta sarà costituita da fibre biodegradabili naturali (circa 85% cellulosa e 15% lignina) ottenute per macerazione, cardatura, filatura e tessitura, con diametro dei fili mm 4, maglia mm 20 x 15, peso 500 gr/mq, resistenza a trazione 8-15 KN/m, resistenza al calore per il tipo trattato con 0,3-0,6% di oli minerali circa 190°C.

**95.10 GRIGLIE SALVAPRATO**

Griglie in polipropilene stabilizzato ai raggi UV e inattaccabile dagli agenti atmosferici e chimici (fertilizzanti, escrementi, lubrificanti motore,

ecc.).

Struttura cellulare di forma trapezoidale a pareti curvilinee.

Colore a scelta D.L..

Dimensioni 50x50x5 cm.

Peso 6,2 kg/mq.

Capacità di carico > 320 t/mq.

PROPRIETÀ	METODO	UNITÀ di MISURA	VALORE
Modulo elastico	ISO 178	N/mm <sup>2</sup>	1350
Resistenza a trazione	ISO R 527	N/mm <sup>2</sup>	27
Allungamento alla rottura	ISO R 527	%	8
Resistenza all'urto	ISO 180	Kj/m <sup>2</sup>	+23° 40
			-20° 8
Durezza	ISO 868	Points	68
Punto di rammollimento	ISO 306/A	°C	152

Dotazione di accessori in polipropilene quali:

- elementi segnaletici in vari colori (bianco, giallo, blu) per la delimitazione della sosta o indicazione di percorsi e accessi, diametro 8 cm, punta di penetrazione 10 cm,
- picchetti a lunga penetrazione per terreni scoscesi, 30 cm.

#### NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

Le opere a verde previste dovranno essere realizzate nel seguente modo:

##### 95.11 FORMAZIONE TETTO VERDE

Realizzazione di verde pensile estensivo mediante la realizzazione di:

- fornitura e posa in opera di strato drenante formato da pannelli dello spessore di 80 mm in polistirene espanso sinterizzato (Euroclasse EPS150) con finitura perimetrale battentata, prodotto secondo la norma UNI EN 13163, posto in opera su superfici piane a secco o con idoneo collante o con tasselli ad espansione in ragione di 6/mq. I pannelli inoltre dovranno possedere le seguenti caratteristiche tecniche debitamente certificate dall'Appaltatore:
- Conducibilità termica: 0,034 W/mK,
- Resistenza alla dispersione termica: 0,71 mq K/W,
- Resistenza a compressione: > 150 kPa,
- Capacità massima di stoccaggio: 24 l/mq,
- Drenaggio sul piano orizzontale/verticale: 0,46/0,25 l/sec x mq,
- Reazione al fuoco (EN 13501-1): Euroclasse E.
- fornitura e posa in opera di strato di separazione in tessuto non tessuto in polipropilene agugliato, esente da resine e collanti, grammatura pari a 220 g/mq, spessore 1,30 mm, conforme alla UNI 11235, resistenza a trazione longitudinale e trasversale 16,7 N, allungamento trasversale e longitudinale maggiore o uguale al 55%, resistenza al punzonamento 2700 N, permeabilità 60 l/sec/mq, applicato a secco su superfici sia orizzontali che verticali, con sovrapposizioni sulle giunture di almeno 15 cm;
- fornitura e posa in opera di substrato preconfezionato leggero composto da materiale sfuso minerario (lapilli di lava, pietra pomice) opportunamente miscelato con terriccio e sostanze organiche esenti da sostanze tossiche o microrganismi dannosi (larve, nematodi), posato a mano dello spessore di almeno 8 cm, conforme alle prescrizioni della norma UNI 11235 e con le seguenti caratteristiche tecniche debitamente certificate dall'Appaltatore:
- Densità apparente: 878 kg/mc,
- Densità a massima saturazione: 1230 kg/mc,
- PH: 7,31,
- Sostanze organiche: = 1,84 %.

E' compresa la concimazione del substrato con granuli fertilizzanti in ragione di 60 g/mq, la semina di miscela composta da erbacee perenni tappezzanti, distribuite in ragione di 80g/mq e l'irrigazione nei successivi 15 giorni dall'impianto, con un programma rapportato al periodo stagionale e alle condizioni meteorologiche del periodo.

E' compresa altresì la formazione dei drenaggi perimetrali, di larghezza pari ad almeno 35 cm, con ghiaia di fiume lavata, granulometria 15-30 mm, separata dal terriccio da un cordolo costituito da elementi in tufo di sezione pari a 11x11 cm, posati a secco al di sopra dello strato di separazione.

##### 95.12 SEMINA DI MANTO ERBOSO

Deve essere eseguita mediante idrosemina inclusa la concimazione d'impianto. Utilizzo di una miscela formata da acqua, da un miscuglio di sementi di specie erbacee selezionate ed idonee al sito, in ragione di 50-80 g/mq, da concime organico in ragione di 150 g/mq e da fertilizzante chimico (N.P.K.) in ragione di 30-50 g/mq, il tutto distribuito in un'unica soluzione con speciali macchine irroratrici a forte pressione (idrosemiatrici). E' compreso l'eventuale ritocco nella successiva stagione favorevole.

**95.13 FORMAZIONE PRATO ARMATO**

Il prato armato viene realizzato mediante la posa di grigliati salvaprato di vario genere (calcestruzzo o materie plastiche a elevata resistenza meccanica resistenti ai raggi UV e agli agenti atmosferici) che permettono di creare un suolo carrabile e calpestabile sopra un tappeto erboso.

Fasi di realizzazione:

- stesa sottofondo portante di almeno 10-15 cm usando materiale pietroso da compattare. Lo spessore del sottofondo varia in funzione degli usi più o meno gravosi del suolo e deve essere dimensionato in relazione alla destinazione d'uso e alla qualità del suolo,

Destinazione d'uso	Spessore del fondo portante in cm.	
	Terreno con buona capacità di portata	Terreno con sufficiente capacità di portata
Vialetti d'ingresso per abitazioni private	10-15	20-25
Aree di posteggio per autovetture	15-30	30-40
Superfici destinate alla sosta di mezzi mediamente pesanti	30-45	40-55

- posa barriera in tessuto non tessuto di grammatura almeno pari a 150 gr/mq. La funzione del tessuto non tessuto è fondamentale in quanto permette di separare il sottofondo dal letto di posa, evitando che l'acqua drenando trasporti le parti più fini verso il basso,
- formazione strato permeabile costituito da pietrisco di pezzatura fine di grana variabile 3-10 mm, spessore 5-7 cm,
- stesa ghiaia per formazione del letto di posa di qualche cm usando ghiaia medio/fine con una miscela di frantumazione di pezzatura 3-6 mm che va compattata e livellata,
- posa griglie salvaprato da agganciare tra loro e contenere tra cordolature,
- riempimento degli alveoli esclusivamente con terriccio specifico da prato (es: 50% sabbia, 30% torba, 20% terriccio),
- semina finale con sementi per prato resistenti al calpestio,
- manutenzione con concimazione di copertura e frequenti irrigazioni fino alla formazione completa del tappeto erboso. In presenza della giusta umidità, il terriccio di riempimento degli alveoli si abbassa di circa 1-1,5 cm lasciando all'erba lo spazio per svilupparsi, senza essere danneggiata dal transito pedonale o veicolare.

**95.14 FORMAZIONE GIARDINO ROCCIOSO**

Deve essere eseguito mediante la posa di massi di pietra granitica di forma irregolare, del peso non inferiore a 1,00 q.le e con tolleranza del 10% in peso, con dimensioni non inferiori a 30 cm, disposti a secco in grezza sagoma con disposizione casuale, previo spianamento del terreno per la formazione del piano di appoggio ed l'eventuale integrazione di terreno vegetale. Compresa la chiusura degli interstizi con materiale arido e la messa a dimora di talee (diametro 2-6 cm e lunghezza 70-80cm) di specie arbustiva ad elevata capacità vegetativa, a scelta della D.L., con infissione nel terreno vegetale per almeno 50-60 cm, nella misura di 20 per ogni mq.

**95.15 MESSA A DIMORA DI PIANTE**

Messa a dimora di piante con circonferenza del fusto pari a circa 16-18 cm, entro buca realizzata con l'impiego di mezzo meccanico e rifinita a mano, con pareti scabre e fondo smosso, delle dimensioni di circa 100x100x100 cm, con l'aggiunta di torba, argilla espansa, concime chimico e idonei prodotti per favorire la cicatrizzazione dell'apparato radicale, compresa la fornitura e posa in opera del palo tutore e dei picchetti per il fissaggio ove necessario. La scelta delle essenze dovrà essere fatta nel rispetto delle caratteristiche morfologiche e delle condizioni ecologiche, in accordo con la D.L. e la committenza e secondo quanto riportato nella relazione paesaggistica.

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

La sistemazione superficiale del terreno coltivo delle aiuole verrà computata in base alla sua superficie effettiva.

La fornitura di idoneo terreno vegetale verrà computata in base all'effettivo volume, misurato dopo l'assestamento.

Semine, idrosemine e rivestimenti di scarpate saranno computate per le effettive superfici trattate.

La protezione di scavi in trincea mediante stuoie o reti verrà computata in base alla effettiva superficie protetta, senza tenere conto delle sovrapposizioni dei teli.

I prezzi unitari comprendono e compensano le forniture, prestazioni ed oneri elencati nei relativi articoli di elenco.

**Art. 96 SEGNALETICA E ELEMENTI INDICATORI**

Per quanto riguarda la segnaletica l'Impresa dovrà attenersi alle disposizioni che verranno impartite di volta in volta dalla Direzione dei lavori.

Dovranno essere tenute presenti le norme che sono contenute nel regolamento di attuazione del nuovo codice della strada modificato e integrato con tutte le disposizioni in vigore al momento della collocazione in opera.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI****96.1 SEGNALETICA ORIZZONTALE**

I materiali da impiegare nelle lavorazioni devono essere forniti da produttori che dimostrino la disponibilità di un efficiente sistema di controllo qualitativo della produzione. Le verifiche verranno attuate in conformità a quanto previsto dalle norme regolanti la qualità, EN ISO 9002/94 e successive.

La qualità dei materiali sarà comunque verificata ogni qual volta la Direzione Lavori lo riterrà opportuno. La segnaletica orizzontale riguarda tutte le strisce continue e discontinue, nonché tutti i simboli (frece, zebraure, scritte ecc.) da eseguirsi sul nastro stradale e delle aree di parcheggio.

Detta segnaletica potrà essere eseguita sia con l'impiego di vernici rifrangenti, MONO E/O BI-COMPONENTI che con l'impiego di materiale termospruzzato plastico o laminato elastoplastico, secondo quanto stabilito dalla Direzione Lavori senza che l'Impresa possa sollevare eccezione alcuna a tale titolo. La stesa della segnaletica orizzontale dovrà essere conforme ai tracciati, le figure e le scritte stabilite dal Codice della Strada o nei disegni allegati.

Per adempiere la funzione di sicurezza e di regolazione del traffico, la segnaletica orizzontale deve possedere i seguenti requisiti:

- essere retroriflettente e di scarsa suscettibilità allo sporco, in modo da essere visibile in tutte le condizioni di luce (visibilità diurna e notturna, con nebbia, pioggia, o sole.);
- assicurare un'ottima adesione al sottofondo stradale anche di nuova realizzazione, essere resistente agli agenti atmosferici ed alle soluzioni saline e avere adeguata resistenza agli effetti prodotti dal traffico;
- essere trafficabile nel più breve tempo possibile dall'applicazione;
- non causare fessurazioni sul manto d'usura;
- non contenere materie incompatibili con la sicurezza del lavoro e la protezione dell'ambiente;
- non presentare segni di distacco: a tal proposito, l'Impresa, prima dei ripassi, dovrà assicurarsi che il materiale impiegato sia compatibile con il materiale residuo già in opera.

Sia per la vernice che per il materiale termoplastico, sarà richiesta l'applicazione di perline di vetro postspruzzate al fine di ottenere un maggiore grado di retroriflessione ed una visibilità notturna immediata. Le sfere di vetro non dovranno subire alterazioni dovute all'azione di soluzioni o preparati per trattamenti invernali alla pavimentazione. Le superfici interessate dalla segnaletica orizzontale dovranno essere accuratamente ripulite in modo da essere liberate da ogni impurità in grado di nuocere all'adesione dei materiali impiegati. È vietata l'eliminazione di tracce d'olio e grassi a mezzo di solventi. L'onere di tali interventi è ricompreso senza ulteriore compenso, nel prezzo di ogni singola lavorazione di cui all'elenco prezzi unitari. L'applicazione dei materiali dovrà avvenire su superfici asciutte, e sarà effettuata con mezzi meccanici idonei cercando inoltre di ridurre al minimo l'ingombro della carreggiata e quindi le limitazioni da imporre alla circolazione. La stesa della segnaletica dovrà essere eseguita secondo i tracciati, le figure e le scritte stabilite dalla Direzione Lavori.

L'Impresa sarà tenuta, a propria cura e spese, ad effettuare la cancellazione ed il rifacimento della segnaletica giudicata non regolarmente eseguita. Essa dovrà essere lineare, senza sbavature o svirgolate, rispettando, per la larghezza delle strisce la tolleranza di +/- 5 mm. e per la lunghezza la tolleranza di +/- 150 mm.; Qualunque sia il tipo di stesa i materiali dovranno avere un potere coprente uniforme e tale da non far trasparire, in nessun caso e per tutto il periodo di garanzia, il colore della sottostante pavimentazione ancorché di nuova realizzazione, o della segnaletica preesistente.

L'Impresa eseguirà la stesa della segnaletica orizzontale con mezzi meccanici idonei cercando inoltre di ridurre al minimo l'ingombro della carreggiata e quindi le limitazioni da imporre alla circolazione. I mezzi di lavoro utilizzati dalle Imprese dovranno essere collaudati presso la M.C.T.C. (Motorizzazione Civile e dei Trasporti in Concessione) per la circolazione su strade ed autostrade; tali macchinari dovranno altresì essere in linea con le più moderne tecnologie, in grado di eseguire a perfetta regola d'arte le lavorazioni richieste, dovranno essere ad elevata produzione, perfettamente funzionanti e in ottime condizioni.

Le strisce in genere, così come tutta la segnaletica orizzontale, potranno essere di ripasso o di primo impianto; l'Impresa, ovunque sia necessario, effettuerà il preventivo tracciamento secondo le dimensioni che saranno precisate dalla Direzione Lavori; tale tracciamento dovrà essere eseguito con attrezzature idonee e personale qualificato in modo da ottenere un risultato di stesa geometricamente a perfetta regola d'arte. La cancellatura della segnaletica orizzontale, sia gratuita perché ad onere dell'Impresa che a pagamento, dovrà essere eseguita con sistemi approvati dalla D.L.; l'Impresa avrà l'onere, senza ulteriori compensi, della pulizia delle superfici trattate. Successivamente, nel caso occorressero affioramenti delle strisce cancellate, l'Impresa sarà tenuta, a suo completo onere e carico, e ciò per tutto il periodo di garanzia previsto, ad eseguire gli opportuni interventi di ricancellatura. L'Impresa dovrà predisporre dei rapportini giornalieri, secondo un modulo fornito dalla D.L., dove dovrà riportare la tipologia e quantità dei lavori eseguiti, il personale ed i mezzi impiegati, lo stato del tempo e le osservazioni che riterrà opportuno sullo svolgimento dei lavori; tali rapportini dovranno essere compilati anche in caso di sospensioni lavori per maltempo, incidenti od altro. I rapportini dovranno essere inviati con fax alla Direzione Lavori giornalmente. Al termine delle lavorazioni, l'Impresa dovrà consegnare l'originale dei rapportini ed i disegni dei lavori eseguiti, secondo le modalità che saranno impartite dalla Direzione Lavori.

## 96.2 SEGNALETICA VERTICALE

### 96.2.a CARATTERISTICHE DELLA FORNITURA

Tutta la segnaletica verticale dovrà essere fornita con le caratteristiche rigorosamente conformi ai tipi, dimensioni, misure prescritti dall'art. 45, comma 1 e 8 del Dlgs. 30 Aprile 1992, n. 285 e s.m.i., dal regolamento di esecuzione del Codice della Strada, D.P.R. n. 495 del 16.12.1992 e s.m.i. e dal D.M. 23.06.1990 Ministero LL.PP. "Disciplinare tecnico sulle modalità di determinazione dei livelli di qualità delle pellicole retroriflettenti".

I segnali e le pellicole devono, altresì, rispondere ai requisiti prescritti dal D.M. 31.03.1995 Ministero LL.PP.- Pr EN 12899-1, pubblicato sulla G.U. n. 106 del 09.05.1995 e s.m.i.: le pellicole, altresì, dovranno risultare essere prodotte da ditte in possesso del sistema di qualità in base alle norme europee della serie UNI/EN ISO 9001/2.

Inoltre, in ottemperanza a quanto previsto dall'art. 45 comma 8 del nuovo Codice della Strada e dagli artt. 192, 193, 194, 195 del Regolamento di esecuzione e dalla Circolare n. 2584 del 9 giugno 1995 Ministero LL.PP., tutti i segnali forniti dovranno essere prodotti da costruttori regolarmente autorizzati.

Le forniture dovranno inoltre rispettare le specifiche indicazioni risultanti dagli elaborati di progetto ed in particolare dalle voci relative ricomprese nell'elenco descrittivo delle forniture e lavorazioni allegato.

### 96.2.b QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI

I materiali che saranno forniti dall'Impresa dovranno essere riconosciuti dalla Direzione dei Lavori come materiali di ottima qualità e rispondenti ai requisiti appresso indicati.

Quando la Direzione dei Lavori avrà rifiutato qualche provvista perché ritenuta a suo giudizio insindacabile non idonea ai lavori, l'Impresa dovrà sostituirla con altra che risponda ai requisiti voluti; i materiali rifiutati dovranno essere immediatamente allontanati dalla sede dei lavori a cura e a spese dell'Appaltatore.

### 96.2.c CARATTERISTICHE TECNICHE COSTRUTTIVE DEI SEGNALI

#### SUPPORTO METALLICO

I segnali saranno costituiti in lamiera di alluminio semicrudo puro al 99%, di spessore non inferiore a 25/10 di millimetro per dischi, triangoli, frecce e targhe di superficie compresa entro i 5 metri quadrati, e di spessore pari a 30/10 di millimetri per targhe superiori ai metri quadrati 5 di superficie.

Ogni segnale dovrà essere rinforzato lungo il suo perimetro da una bordatura di irrigidimento realizzata a scatola delle dimensioni non inferiori a centimetri 1,5.

Qualora le dimensioni dei segnali superino la superficie di metri quadrati 1,50, i cartelli dovranno essere ulteriormente rinforzati con traverse di irrigidimento piegate ad "U" dello sviluppo di centimetri 1,5, saldate al cartello.

Dove necessario sono prescritte per i cartelli di grandi dimensioni traverse in ferro zincate ad "U" di collegamento tra i vari sostegni.

Tali traverse dovranno essere complete di staffe ed attacchi a morsetto per il collegamento, con bulloni in acciaio inox nella quantità necessaria; le dimensioni della sezione della traversa saranno di millimetri 50x23, con spessore pari a millimetri 5 e lunghezza pari a quella prescritta per i singoli cartelli.

La verniciatura di traverse, staffe, attacchi e bulloni dovrà essere eseguita come per i sostegni.

La zincatura delle traverse dovrà essere conforme alle Norme C.E.I. 7 - fascicolo 239 (1968) sul Controllo della zincatura.

Qualora i segnali siano costituiti da due o più pannelli, congiunti, questi devono essere perfettamente accostati mediante angolari anticorodal da millimetri 20x20, spessore millimetri 3, opportunamente forati e muniti di un numero di bulloncini in acciaio inox da 1/4x1/5 sufficienti ad ottenere un perfetto assestamento dei lembi dei pannelli.

La lamiera di alluminio dovrà subire carteggiatura, sgrassamento a fondo e procedimento di fosfocromatizzazione o analogo procedimento di pari affidabilità su tutte le superfici.

Il grezzo, dopo aver subito i suddetti processi di preparazione, dovrà essere verniciato a fuoco con opportuni prodotti, secondo il tipo di metallo.

La cottura della vernice sarà eseguita a forno e dovrà raggiungere una temperatura di 140 gradi.

Il resto e la scatola dei cartelli verrà rifinito in colore grigio neutro con speciale smalto sintetico.

Per evitare forature tutti i segnali dovranno essere muniti di attacchi standard per l'adattamento ai sostegni in ferro tubolare di diametro mm 48 e 60.

Tali attacchi dovranno essere completati da opportune staffe in acciaio zincato, corredate di relativa bulloneria, pure zincata.

I sostegni per i segnali verticali saranno in ferro tubolare di diametro pari a mm 48 e 60, chiusi alla sommità e, previo decapaggio del grezzo, dovranno essere zincati conformemente alle norme UNI ISO 2063:1993 e A.S.T.M. 123 e non verniciati. La direzione dei Lavori potrà richiederne la verniciatura con doppia mano di idonea vernice sintetica opaca in tinta neutra della gradazione prescritta dalla stessa, senza alcuna richiesta aggiuntiva da parte dell'Impresa.

I sostegni dei segnali verticali dovranno essere muniti di un dispositivo inamovibile antirotazione del segnale rispetto al sostegno.

I sostegni saranno completi di tutte le staffe in acciaio zincato a caldo e bulloneria zincata per il fissaggio dei segnali.

Per il sostegno di tabelle, andrà posta in opera una struttura monopalo in acciaio zincato a caldo, avente spessore pari a 75/80 micron e saldature basiche pari allo spessore minimo. La struttura, atta a sostenere tabelle delle dimensioni di cm 300x300, sarà costituita in modo di consentire un'altezza utile di cm 150 circa tra il piano strada e il bordo inferiore della targa. La struttura dovrà essere composta da una colonna e da una traversa, con contro-piastra in lamiera ancorata con tirafondi e annegata nel blocco di fondazione. Questi elementi strutturali dovranno essere dimensionati e verificati ai sensi della normativa vigente. La traversa porta targa dovrà essere orientabile per consentire l'esatto posizionamento della targa verso la direzione di marcia. La struttura monopalo dovrà garantire una resistenza all'azione del vento di entità conforme alle Norme CNR DT 207/2008.

#### Faccia Anteriore

Le pellicole retroriflettenti da applicarsi sulla faccia a vista dei supporti metallici, preparati come al precedente punto, dovranno essere del tipo a normale efficienza (Classe 1- durata 7 anni), ad elevata efficienza (Classe 2 - durata 10 anni), o ad altissima intensità luminosa (Classe 2 sperimentale - durata di 10 anni) aventi le caratteristiche di cui al Disciplinare Tecnico, approvato con D.M. 31.03.1995.

Sui triangoli e dischi della segnaletica di pericolo, divieto ed obbligo, la pellicola retroriflettente dovrà costituire un rivestimento senza soluzioni di continuità su tutta la faccia utile del cartello, con il nome convenzionale "a pezzo unico", intendendo definire con questa denominazione un pezzo intero di pellicola, sagomato secondo la forma del segnale, stampato mediante metodo serigrafico con speciali paste, trasparenti per le parti colorate e nere opache per i simboli.

La stampa dovrà essere effettuata con i prodotti ed i metodi prescritti dal fabbricante delle pellicole retroriflettenti e dovrà mantenere inalte-

rata le proprie caratteristiche per un periodo di tempo pari a quello garantito per la durata della pellicola retroriflettente.

Oltre ai segnali da realizzare obbligatoriamente con pellicola ad alta efficienza Classe 2, secondo quanto previsto dall'art. 79 comma 12 del D.P.R. n. 495/92, tutti gli altri segnali potranno essere realizzati interamente in pellicola a normale efficienza Classe 1; varranno in ogni caso le modalità di esecuzione già descritte sopra, relative ai segnali a pezzo unico ed a quelli di indicazione.

Le pellicole retroriflettenti dovranno essere lavorate ed applicate sui supporti metallici mediante le apparecchiature previste dall'art. 194 comma 1 del D.P.R. n. 495/92.

L'applicazione dovrà comunque essere eseguita a perfetta regola d'arte, secondo le prescrizioni della Ditta produttrice delle pellicole retroriflettenti.

Tutti i segnali con pellicola Classe 1 dovranno pervenire in cantiere con la faccia a vista protetta dal "liner" posto originalmente a protezione dell'adesivo.

Tutti i segnali con pellicola Classe 2 e Classe 2 speciale dovranno pervenire in cantiere con la faccia a vista protetta dalla carta speciale a protezione dell'adesivo.

Le pellicole retroriflettenti dovranno essere esclusivamente quelle aventi le caratteristiche colorimetriche, fotometriche, tecnologiche e di durata previste dal Disciplinare Tecnico, approvato dal Min. LL. PP., con Decreto del 3 1.03.95.

Le pellicole retroriflettenti dovranno, comunque, risultare prodotte da aziende in possesso di un sistema di qualità conforme alle norme europee della serie UNI/EN 45000, sulla base delle norme europee della serie UNI/EN 29000 e s.m.i..

Le certificazioni di conformità relative alle pellicole retroriflettenti proposte devono contenere gli esiti di tutte le analisi e prove prescritte dal suddetto Disciplinare e, dalla descrizione delle stesse, dovrà risultare in modo chiaro ed inequivocabile che tutte le prove ed analisi sono state effettuate, secondo le metodologie indicate, sui medesimi campioni per l'intero ciclo e per tutti i colori previsti dalla Tab. 1 del Disciplinare Tecnico suddetto.

Inoltre, mediante controlli specifici da riportare espressamente nelle certificazioni di conformità, dovrà essere comprovato che il marchio di individuazione delle pellicole retroriflettenti sia effettivamente integrato con la struttura interna del materiale, inasportabile e perfettamente visibile anche dopo la prova di invecchiamento accelerato strumentalmente.

Definizioni:

- pellicole di Classe 1: a normale risposta luminosa con durata di 7 anni;
- pellicole di Classe 2: ad alta risposta luminosa con durata di 10 anni;
- pellicole sperimentali di Classe 2 Grandangolare :ad altissima risposta luminosa con durata di 10 anni, munite di certificazione per la Classe 2, ma aventi caratteristiche prestazionali superiori alle pellicole di Classe 2 di cui al capitolo 2, art. 2.2 del Disciplinare Tecnico pubblicato con D.M. 3 1.03.1995, da utilizzarsi nelle seguenti specifiche situazioni stradali:

segnaletica che per essere efficiente richiede una maggiore visibilità alle brevi e medie distanze.

segnali posizionati in modo tale da renderne difficile la corretta visione ed interpretazione da parte del conducente del veicolo;

strade ad elevata percorrenza da parte di mezzi pesanti;

strade con forte illuminazione ambientale.

Al fine di realizzare segnali stradali efficaci per le suddette specifiche situazioni, dette pellicole retroriflettenti devono possedere caratteristiche di grande angularità superiori, così come definite dalla seguente tabella, relativa alle caratteristiche fotometriche (coefficiente areico di intensità luminosa):

ANGOLO DIVERG.	ANGOLO ILLUM.	BIANCO	GIALLO	ROSSO	VERDE	BLU
1°	5°	80	65	20	10	4
	30°	50	40	13	5	2,5
	40°	15	13	5	2	1
1,5°	5°	20	16	5	2,5	1
	30°	10	8	2,5	1	0,5
	40°	5	4,5	1,5	0,5	0,25

Un rapporto di prova, rilasciato da un Istituto di misura previsto dal D.M. 3 1.3.95, attestante che le pellicole retroriflettenti soddisfano i sopradetti requisiti, deve essere accluso, unitamente alla certificazione di Classe 2 prevista dallo stesso D.M. 31.3.95, nella documentazione della Ditta aggiudicataria.

Potrà essere richiesto che tale pellicola speciale sia inoltre dotata di un sistema anticondensa; in tal caso la pellicola, oltre alle caratteristiche fotometriche e prestazionali di cui sopra, sarà composta da materiali tali da evitare la formazione di condensa sul segnale stesso durante le ore notturne in cui essa si viene a formare.

Detta caratteristica è definita da un angolo di contatto delle gocce d'acqua sul segnale stesso non superiore a 20° + 2° (venti gradi).

La misurazione si intende effettuata con strumenti per misura delle tensioni superficiali "Krus" con acqua distillata ed alla temperatura di 22°.

In tal caso tali caratteristiche dovranno essere attestate nel rapporto di prova di cui sopra.

Infine, la pellicola speciale di colore giallo fluororifrangente, per eventuale segnaletica da cantiere, dovrà avere un fattore di luminanza non inferiore a 0,50.

Sul retro dei segnali dovranno essere indicati, secondo quanto previsto dall'art. 77 comma 7 del D.P.R. n. 495/92, nello spazio previsto di 200 cm<sup>2</sup>, il marchio dell'Organismo di certificazione ed il relativo numero del certificato di conformità di prodotto rilasciato.

### 96.3 ELEMENTI INDICATORI

I paracarri, gli indicatori chilometrici ed i termini di confine in pietra, della forma e dimensioni indicate nei tipi allegati al contratto, per la parte fuori terra, saranno lavorati a grana ordinaria secondo le prescrizioni di cui all'art. 108.

Il loro collocamento in opera avrà luogo entro fosse di convenienti dimensioni sopra un letto di ghiaia o di sabbia di altezza di cm 10 e si assicureranno nella posizione prescritta riempiendo i vani laterali contro le pareti della fossa con grossa ghiaia, ciottoli o rottami di pietre fortemente battuti.

Allorquando i paracarri siano posti a difesa di parapetti in muratura, si dovrà evitare ogni contatto immediato con i medesimi lasciando un conveniente intervallo.

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 97 BARRIERE STRADALI**

Le istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale ai fine dell'omologazione, allegate al D.M. 3 giugno 1998 con le modificazioni di cui al D.M. 11 giugno 1999, sono aggiornate ai sensi dell'art. 8 del D.M. 18 febbraio 1992, n. 223, e sostituite dalle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali allegate al Decreto 21 giugno 2004.

Con il suddetto decreto sono altresì recepite le norme UNI EN 1317 parti 1, 2, 3 e 4, che individuano la classificazione prestazionale dei dispositivi di sicurezza nelle costruzioni stradali, le modalità di esecuzione delle prove d'urto ed i relativi criteri di accettazione.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****97.1 CARATTERISTICHE DELLE BARRIERE DI SICUREZZA IN ACCIAIO**

La barriera sarà costituita da una serie di sostegni in profilato metallico e da una fascia orizzontale metallica, con l'interposizione di opportuni elementi distanziatori.

Le fasce dovranno essere fissate ai sostegni in modo che il loro bordo superiore si trovi ad una altezza non inferiore a cm 70 dalla pavimentazione finita e che il loro filo esterno abbia aggetto non inferiore a cm 15 dalla faccia del sostegno lato strada.

Le fasce saranno costituite da nastri metallici aventi: spessore minimo di mm 3, profilo a doppia onda, altezza effettiva non inferiore a mm 300, sviluppo non inferiore a mm 475, modulo di resistenza non inferiore a cm 325.

Le fasce dovranno essere collocate in opera con una sovrapposizione non inferiore a cm 32.

I sostegni della barriera saranno costituiti da profilati metallici, con profilo a C di dimensioni non inferiori a mm 80x120x80, aventi spessore non inferiore a mm 6, lunghezza non inferiore a m 1,65 per le barriere centrali e m 1,95 per quelle laterali.

I sostegni stessi dovranno essere infissi in terreni di normale portanza per una profondità non minore di m 0,95 per le barriere centrali e m 1,20 per le barriere laterali e posti ad intervallo non superiore a m 3,60.

La Direzione dei Lavori potrà ordinare una maggiore profondità od altri accorgimenti esecutivi per assicurare un adeguato ancoraggio del sostegno in terreni di scarsa consistenza, come pure potrà variare l'interasse dei sostegni.

In casi speciali, quali zone rocciose od altro, previa approvazione della Direzione dei Lavori, i sostegni potranno essere ancorati al terreno a mezzo di basamento in calcestruzzo avente almeno un  $R_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$  e delle dimensioni fissate dal progetto.

Le giunzioni, che dovranno avere il loro asse in corrispondenza dei sostegni, devono essere ottenute con sovrapposizione di due nastri per non meno di cm 32, effettuata in modo che, nel senso di marcia dei veicoli, la fascia che precede sia sovrapposta a quella che segue.

Il collegamento delle fasce tra loro ed i loro sostegni, con l'interposizione dei distanziatori metallici, deve assicurare, per quanto possibile, il funzionamento della barriera a trave continua ed i sistemi di attacco (bulloni e piastrine copriasola) debbono impedire che, per effetto dell'allargamento dei fori, possa verificarsi lo sfilamento delle fasce.

I distanziatori avranno: altezza di cm 30; profondità non inferiore a cm 15; spessore minimo di m 2,5, salvo l'adozione, in casi speciali, di distanziatori del "tipo europeo".

I sistemi di attacco saranno costituiti da: bulloneria a testa tonda ad alta resistenza e piastrina copriasola antisfilamento di dimensioni mm 45x100 e di spessore mm 4.

Tutti gli elementi metallici costituenti la barriera devono essere in acciaio di qualità non inferiore a Fe 360, zincato a caldo con una quantità di zinco non inferiore a 300 g/m<sup>2</sup> per ciascuna faccia e nel rispetto della normativa UNI 5744/66.

I sistemi di collegamento delle fasce ai sostegni debbono consentire la ripresa dell'allineamento sia durante la posa in opera, sia in caso di cedimenti del terreno, consentendo un movimento verticale di più o meno cm 2 ed orizzontale di più o meno cm 1.

Le fasce ed i sistemi di collegamento ai sostegni dovranno consentire la installazione delle barriere lungo curve di raggio non inferiore a m 50 senza ricorrere a pezzi o sagomature speciali.

Ogni tratto sarà completato con pezzi terminali curvi, opportunamente sagomati, in materiale del tutto analogo a quello usato per le fasce.

Le barriere da collocare nelle aiuole spartitraffico saranno costituite da una doppia fila di barriere del tipo avanti descritto, aventi i sostegni ricadenti in coincidenza delle stesse sezioni trasversali.

Restano ferme per tali barriere tutte le caratteristiche fissate per le barriere laterali, con l'avvertenza di adottare particolare cura per i pezzi terminali di chiusura e di collegamento delle due fasce, che dovranno essere sagomate secondo forma circolare che sarà approvata dalla Direzione dei Lavori.

In proposito si fa presente che potrà essere richiesta dalla D.L. anche una diversa sistemazione (interramento delle testate) fermi restando i prezzi di Elenco.

Le sopracitate caratteristiche e modalità di posa in opera minime sono riferite a quelle destinazioni che non prevedono il contenimento categorico dei veicoli in carreggiata (rilevati e trincee senza ostacoli fissi laterali).

Per barriere da ponte o viadotto, per spartitraffico centrali e/o in presenza di ostacoli fissi laterali, curve pericolose, scarpate ripide, acque o altre sedi stradali o ferroviarie adiacenti, si dovranno adottare anche diverse e più adeguate soluzioni strutturali, come l'infittimento dei pali e l'utilizzo di pali di maggior resistenza.

Ad interasse non superiore a quello corrispondente a tre fasce dovrà essere eseguita la installazione di dispositivi rifrangenti, i quali avranno area non inferiore a centimetri quadrati 50, in modo che le loro superfici risultino pressoché normali all'asse stradale.

**Tutti gli elementi metallici dovranno essere realizzati in acciaio per impieghi strutturali a resistenza migliorata alla corrosione atmosferica S355J0WP (tipo "corten" grado B) secondo UNI EN 10155:95.**

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

## **97.2 GENERALITÀ**

Le barriere di sicurezza stradali verranno installate lungo tratti saltuari dei cigli della piattaforma stradale, nonché lungo lo spartitraffico centrale delle strade a doppia sede o delle autostrade a protezione di specifiche zone, secondo le caratteristiche e le modalità tecniche costruttive previste dal progetto e previo le disposizioni che impartirà la D.L..

Le zone, ai margini della carreggiata stradale, da proteggere mediante la installazione di barriere, sono quelli previsti dall'art. 3 delle istruzioni tecniche allegate al D.M. 21-06-2004.

Al fine di elevare il livello di servizio delle strade ed autostrade statali e la qualità delle pertinenze stradali, di garantire le migliori condizioni di sicurezza per gli utenti della strada e per i terzi, di assicurare la protezione delle zone limitrofe della carreggiata stradale e di impedire la fuoriuscita dei veicoli, le barriere stradali di sicurezza dovranno essere progettate e realizzate a norma delle seguenti disposizioni ed istruzioni ed ai relativi aggiornamenti:

- 1) Circolare del Ministero LL.PP. n. 2337 dell' 11-7-1987;
- 2) Decreto del Ministero LL.PP in data 15-10-1996, che aggiorna il D.M. 18-2-1992 n. 223;
- 3) Circolare Ministero LL.PP. n. 2595 del 9-06-1995;
- 4) Circolare Ministero LL.PP. n. 2357 del 16-5-1996;
- 5) Circolare Ministero LL.PP. n. 4622 del 15-10-1996;
- 6) Circolare Ente ANAS n. 748 del 26-7-1996;
- 7) D.M. 9 gennaio 1996 e sue istruzioni emanate con circolare Ministero LL.PP. n. 252 del 15-10-1996;
- 8) Decreto del Ministero LL.PP in data 03-06-1998;
- 9) Decreto del Ministero LL.PP in data 11-06-1999;
- 10) Circolare Ministero LL.PP. del 06-04-2000;
- 11) Decreto ministeriale 2 agosto 2001;
- 12) Decreto ministeriale 23 dicembre 2002 n° 3639;
- 13) Decreto ministeriale 21 giugno 2004.

Le barriere devono avere caratteristiche tali da resistere ad urti di veicoli e da presentare una deformabilità pressoché costante in qualsiasi punto.

Inoltre devono assicurare il "contenimento" dei veicoli collidenti sulla barriera (e tendenti alla fuoriuscita dalla carreggiata stradale) nelle migliori condizioni di sicurezza possibile.

## **97.3 OMOLOGAZIONE DELLE BARRIERE E DEI DISPOSITIVI**

L'omologazione di qualsiasi tipo di barriera o altro dispositivo deve essere richiesta al Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, con apposita domanda presentata da produttori, da enti gestori delle strade, da progettisti o da società di progettazione, in forma singola o associata. Ad omologazione avvenuta il titolare della stessa potrà autorizzare uno o più produttori certificati in qualità a costruire il dispositivo omologato.

I dispositivi, omologati o meno secondo il decreto 21-06-2004, per essere utilizzati operativamente sulle strade italiane, dovranno essere costruiti da produttori dotati di un sistema di controllo della produzione in fabbrica certificato ai sensi delle norme della serie ISO EN 9000:2000, con specifico riferimento alla produzione di barriere.

## **97.4 CONFORMITÀ DEI DISPOSITIVI DI RITENUTA NELLE COSTRUZIONI STRADALI E LORO INSTALLAZIONE**

Tutti i componenti di un dispositivo di ritenuta devono avere adeguata durabilità mantenendo i loro requisiti prestazionali nel tempo sotto l'influenza di tutte le azioni prevedibili.

Per la produzione di serie delle barriere di sicurezza e degli altri dispositivi di ritenuta, i materiali ed i componenti dovranno avere le caratteristiche costruttive descritte nel progetto del prototipo allegato ai certificati di omologazione, nei limiti delle tolleranze previste dalle norme vigenti o dal progettista del dispositivo all'atto della richiesta di omologazione.

All'atto dell'impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali, le caratteristiche costitutive dei materiali impiegati dovranno essere certificate mediante prove di laboratorio.

Dovranno inoltre essere allegate le corrispondenti dichiarazioni di conformità dei produttori alle relative specifiche tecniche di prodotto.

Le barriere e gli altri dispositivi di ritenuta omologati ed installati su strada dovranno essere identificati attraverso opportuno contrassegno, da apporre sulla barriera (almeno uno ogni 100 metri di installazione) o sul dispositivo, e riportante la denominazione della barriera o del dispositivo omologato, il numero di omologazione ed il nome del produttore. Una volta conseguita l'armonizzazione della norma EN 1317 e divenuta obbligatoria la marcatura CE, le informazioni da apporre sul contrassegno saranno quelle previste nella stessa norma EN 1317, parte 5.

Nell'installazione sono tollerate piccole variazioni, rispetto a quanto indicato nei certificati di omologazione, conseguenti alla natura del terreno di supporto o alla morfologia della strada (ad esempio: infissione ridotta di qualche paletto o tirafondo; inserimento di parte dei paletti in conglomerati cementizi di canalette; eliminazione di supporti localizzati conseguente alla coincidente presenza di caditoie per l'acqua o simili). Altre variazioni di maggior entità e comunque limitate esclusivamente alle modalità di ancoraggio del dispositivo di supporto sono possibili solo se previste in progetto.

Alla fine della posa in opera dei dispositivi, dovrà essere effettuata una verifica in contraddittorio da parte della ditta installatrice, nella persona del suo Responsabile Tecnico, e da parte del committente, nella persona del direttore lavori anche in riferimento ai materiali costituenti il dispositivo. Tale verifica dovrà risultare da un certificato di corretta posa in opera sottoscritto dalle parti.

## **97.5 CRITERI DI SCELTA DEI DISPOSITIVI DI SICUREZZA STRADALE**

Ai fini della individuazione delle modalità di esecuzione delle prove d'urto e della classificazione delle barriere di sicurezza stradale e degli altri dispositivi di ritenuta, sarà fatto esclusivo riferimento alle norme UNI EN 1317, parti 1, 2, 3 e 4.

La scelta dei dispositivi di sicurezza avverrà tenendo conto della loro destinazione ed ubicazione del tipo e delle caratteristiche della strada nonché di quelle del traffico cui la stessa sarà interessata, salvo per le barriere di cui al punto c) dell'art. 1 delle istruzioni tecniche del D.M. 21.06.2004, per le quali dovranno essere sempre usate protezioni delle classi H2, H3, H4 e comunque in conformità della vigente normativa sulla progettazione, costruzione e collaudo dei ponti stradali. Sarà in particolare controllata la compatibilità dei carichi trasmessi dalle

barriere alle opere con le relative resistenze di progetto.

Per la composizione del traffico, in mancanza di indicazioni fornite dal committente, il progettista provvederà a determinarne la composizione sulla base dei dati disponibili o rilevabili sulla strada interessata (traffico giornaliero medio), ovvero di studio previsionale.

Ai fini applicativi il traffico sarà classificato in ragione dei volumi di traffico e della prevalenza dei mezzi che lo compongono, distinto nei seguenti livelli:

Tipo di traffico	TGM	% Veicoli con massa > 3,5 t
I	≤1000	Qualsiasi
I	> 1000	≤5
II	> 1000	5 < n ≤15
III	> 1000	> 15

Per il TGM si intende il Traffico Giornaliero Medio annuale nei due sensi.

Ai fini applicativi le seguenti tabelle A, B, C riportano in funzione del tipo di strada, del tipo di traffico e della destinazione della barriera le classi minime dei dispositivi da applicare.

Tabella A - Barriere longitudinali

Tipo di strada	Tipo di traffico	Barriere spartitraffico	Barriere bordo laterale	Barriere bordo ponte(1)
Autostrade (A) e strade extraurbane principali (B)	I	H2	HI	H2
	II	H3	H2	H3
	III	H3-H4 (2)	H2-H3 (2)	H3-H4 (2)
Strade extraurbane secondarie (C) e Strade urbane di scorrimento (D)	I	HI	N2	H2
	II	H2	HI	H2
	III	H2	H2	H3
Strade urbane di quartiere (E) e strade locali (F)	I	N2	NI	H2
	II	HI	N2	H2
	III	HI	HI	H2

#### 97.6 PROVE TECNICHE (STATICHE DINAMICHE) SULLE BARRIERE

Le prove (statiche dinamiche) d'impatto al vero (crash-test) per la valutazione sia delle caratteristiche prestazionali e sia dell'efficienza delle barriere di sicurezza stradali, dovranno essere eseguite, presso campi prove attrezzati dotati di certificazione secondo le norme EN 17025, sia italiani sia di Paesi aderenti allo Spazio economico europeo.

Le modalità delle prove (secondo l'ultimo D.M. del 21.06.2004) dovranno rispondere alle norme europee EN 1317 parti 1,2,3 e 4 e suoi successivi aggiornamenti.

#### NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

**Art. 98 BARRIERE ACUSTICHE**

Il presente capitolo specifica le caratteristiche acustiche e tecniche dei materiali che costituiscono le barriere antirumore e dettaglia le prove acustiche cui devono essere sottoposti i materiali, relativamente alle fasi di omologazione, accettazione materiali e prove di collaudo in sito o durabilità. Le certificazioni di omologazione dovranno essere esibite contestualmente alla presentazione dell'offerta economica, pena l'invalidazione della offerta stessa.

Tutte le prove acustiche dovranno essere effettuate presso laboratori specializzati, preventivamente concordati con la Direzione Lavori.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****98.1 PREQUALIFICA DEL SISTEMA ANTIRUMORE**

I sistemi antirumore devono essere caratterizzati sia in termini di proprietà prettamente acustiche, descritte da alcune prestazioni funzionali (caratteristiche acustiche), sia in termini di proprietà meccaniche, di sicurezza, di compatibilità ambientale, ecc. (caratteristiche non acustiche).

L'insieme di queste caratteristiche, acustiche e non acustiche, deve essere opportunamente certificato, secondo le metodologie e le norme di riferimento di seguito esplicitate.

I sistemi antirumore stradali, in quanto rientranti fra i "dispositivi fissi per la circolazione", sono regolamentati dalla Direttiva Europea 89/106 CEE "Prodotti da Costruzione" (CPD) recepita a livello italiano dal DPR 246/93. Fondamento della direttiva è il principio in base al quale i prodotti impiegati nelle costruzioni debbano essere dotati di caratteristiche idonee a garantirne la conformità ai seguenti requisiti essenziali:

- resistenza meccanica e stabilità;
- sicurezza in caso di incendio;
- igiene salute e ambiente;
- sicurezza di utilizzazione;
- protezione contro il rumore;
- risparmio energetico e isolamento termico.

Le norme armonizzate europee riguardano le caratteristiche intrinseche dei prodotti utilizzati e costituiscono il riferimento per il rilascio del marchio CE.

Pertanto, il "sistema barriera antirumore", costituito da diversi elementi (pannelli, montanti, guarnizioni, etc.), deve possedere i requisiti funzionali minimi dettagliati dalla norma armonizzata UNI EN 14388 (Road traffic noise reducing devices – Specifications) ed essere commercializzato come sistema omogeneo riportante la marcatura CE.

Seguendo lo spirito che è alla base delle norme armonizzate, la marcatura CE si intende applicata al sistema barriera antirumore e non al singolo componente; inoltre la marcatura CE garantisce la conformità di un certo numero di prestazioni "minime" e non è quindi esaustiva di altre funzionalità o requisiti dettagliati dal presente Capitolato Speciale al fine di tener conto di particolari situazioni di installazione dei prodotti.

La marcatura CE si riferisce pertanto ad un insieme di caratteristiche prestazionali che attestano la prequalifica del sistema antirumore. L'attestato di marcatura e relativi certificati di prova rilasciati da laboratorio accreditato devono essere esibiti in fase di approvazione degli elaborati di officina, in ogni caso prima dell'inizio delle attività di cantiere.

La marcatura CE non esime comunque il fornitore dal presentare:

- certificati relativi a prove integrative alla prequalifica eventualmente richieste dal progettista;
- certificati di conformità di prodotti e materiali richiesti dalla Direzione Lavori in base alle caratteristiche prescrizionali;
- certificati di collaudo e verifiche di durabilità richieste dalla Direzione Lavori in base alle indicazioni progettuali.

Nei paragrafi seguenti sono trattate separatamente le singole caratteristiche prestazionali, indicando per ognuna le grandezze da verificare, corredate delle norme di riferimento secondo cui le prove devono essere eseguite.

**98.2 PROVE ACUSTICHE**

I requisiti acustici che i sistemi antirumore devono possedere all'atto della prequalifica si riferiscono alle cosiddette caratteristiche intrinseche.

Questa categoria comprende le caratteristiche proprie del prodotto antirumore, indipendentemente dall'ambiente in cui esso sarà installato e dall'effetto finale di riduzione del rumore; sono tali le proprietà di assorbimento o riflessione del suono (vedere UNI EN 1793-1 - prova di laboratorio e UNI CEN/TS 1793-5 - prova in campo aperto), le proprietà di isolamento acustico per via aerea (vedere UNI EN 1793-2 - prova di laboratorio e UNI CEN/TS 1793-5 - prova in campo aperto) e, per le barriere con dispositivi aggiunti, le modalità di diffrazione al bordo superiore (vedere UNI CEN/TS 1793-4 - prova in campo aperto).

I valori minimi indicati dalla norma tecnica non escludono specifiche richieste effettuate dal progettista in relazione alle peculiarità dei singoli progetti. In questi casi i sistemi antirumore, all'atto della prequalifica, dovranno soddisfare i requisiti minimi di progetto.

Le prove in campo aperto sopracitate possono essere ripetute sulla barriera installata, su richiesta della Direzione Lavori, per valutare la corretta installazione (collaudo) o per valutare nel tempo il mantenimento delle caratteristiche iniziali (controlli previsti dal piano di manutenzione).

A fini di collaudo i rilievi devono essere eseguiti in ragione di almeno un punto individuato dalla Direzione Lavori, per 2.000 metri lineari di barriera. Rispetto ai valori nominali di prequalificazione è ammessa una tolleranza in difetto pari al 10% per quanto riguarda l'indice di riflessione, DLRI, in ciascuna banda di 1/3 ottava, e a 2 dB per quanto riguarda il fonoisolamento, espresso come DLSI. Se previsto dal piano di manutenzione, le stesse procedure possono essere utilizzate per verificare la durabilità dei materiali impiegati, con riferimento all'invecchiamento (condizioni meteorologiche, effetti chimico-fisici). I rilievi devono essere eseguiti negli stessi punti su cui sono state effettuate le prove di collaudo in sito, a distanza di cinque anni dalla data di ultimazione dell'intervento. Rispetto ai valori nominali di prequalificazione è ammessa una tolleranza in difetto pari al 20% per quanto riguarda l'indice di riflessione, DLRI, in ciascuna banda di 1/3

ottava, ed a 3 dB per quanto riguarda il fonoisolamento, espresso come DLSI.

Tutte le spese inerenti le prove di accettazione materiali e collaudo saranno a carico dell'Impresa.

### **98.3 CARATTERISTICHE ACUSTICHE**

I pannelli saranno di classe 1 ad elevate prestazioni. Si tratta di pannelli di elevate prestazioni acustiche da impiegarsi nelle situazioni in cui sia opportuno garantire elevati valori di insertion-loss della barriera ed evitare i fenomeni di riflessione. Per tali pannelli si prescrivono i seguenti requisiti minimi di accettabilità:

Metodo UNI EN 1793 – 1 : categoria A4;

Metodo UNI EN 1793 – 2 : categoria B3;

Metodo UNI EN 1793 – 5 : categoria B3 sia per pannello che per montante.

In tali pannelli l'elemento fonoassorbente può essere costituito da uno o più strati di materiale fonoassorbente (lana minerale, fibre tessili, fibra poliestere, espansi plastici, fibre plastiche, ecc.) opportunamente protetti da lamiera forata o striata o altri materiali.

L'elemento fonoisolante sarà invece costituito da lamiera in alluminio (opportunamente lavorata, nervata e verniciata, eventualmente con l'aggiunta di idoneo materiale smorzante), da materiali trasparenti (polimetilmetacrilato).

### **98.4 CARATTERISTICHE GENERALI**

Le barriere antirumore devono soddisfare ai requisiti meccanici e di stabilità previsti nelle norme EN 1794 – 1 relativamente ai parametri e ai valori di riferimento qui di seguito riportati:

Carico del vento, carico dinamico e carico statico

Le barriere devono essere conformate in modo che sotto i carichi di esercizio presentino deformazioni massime tali da non comprometterne l'efficienza.

Pertanto si prescrivono valori massimi di deflessione, elastica e permanente, secondo quanto riportato ai punti A.3.2 ed A.3.3. dell'allegato A e dell'allegato B della norma EN 1794 – 1.

La certificazione dovrà essere ottenuta tramite specifiche prove sperimentali o mediante relazione di calcolo predisposta da professionisti abilitati, tramite l'uso di codici di calcolo preventivamente tarati.

Le caratteristiche dovranno essere certificate relativamente alla struttura portante, i pannelli ed i dispositivi aggiuntivi di sommità.

#### **Impatto di pietre**

I pannelli possono essere oggetto di impatti localizzati a seguito della proiezione di pietre o piccoli oggetti: per garantire la resistenza a tali impatti vengono definiti dei criteri di accettabilità secondo quanto descritto nell'allegato C della norma EN 1794 – 1.

Le barriere antirumore devono soddisfare ai requisiti di sicurezza e compatibilità ecologica previsti nelle norme EN 1794 – 2 relativamente ai parametri e valori di riferimento qui di seguito riportati:

#### **Resistenza al fuoco**

Al fine di evitare fenomeni di innesco incendio da parte di fiamme provenienti dalla combustione di sterpaglie od erba, vengono prescritti criteri di accettazione secondo quanto definito dall'allegato A della norma EN 1794 – 2.

#### **Caduta di frammenti**

I frammenti di barriera, derivanti da rotture a seguito di impatti violenti, non devono costituire elementi di pericolo per gli occupanti dei veicoli o per altre persone poste in vicinanza della barriera.. Pertanto nel caso di barriere posizionate su opere d'arte sovrastanti altre infrastrutture di trasporto o nel caso di barriere poste nelle immediate vicinanze di abitazioni, vengono definiti dei criteri di accettabilità mediante prove sperimentali effettuate con le modalità descritte nell'allegato B della norma EN 1794 – 2.

#### **Protezione ecologica**

I materiali impiegati nella costruzione delle barriere non devono causare effetti tossici o comunque negativi sull'ambiente circostante, sia durante l'esercizio (rilascio fumi, polveri, odori, fibre dannose, inquinamento acque, ecc.) sia alla fine della vita utile (sostanze chimiche utilizzate come leganti dei materiali fonoassorbenti, vernici, ecc.).

#### **Riflessione della luce**

Per evitare fenomeni di abbagliamento, le barriere devono essere testate secondo quanto prescritto nella norma ISO 2813. I valori derivanti dai test effettuati devono essere riportati nelle caratteristiche tecniche di fornitura.

Occorre infine rispettare le seguenti prescrizioni specifiche: la schermatura acustica sarà costituita da montanti in profilato di acciaio tipo HE: valgono le prescrizioni di verniciatura di cui alle caratteristiche del successivo punto 7.d.

La barriera fonoisolante/fonoassorbente sarà costituita da pannelli fonoisolanti ed inserti fonoassorbenti, con eventuali lastre trasparenti con strisce satinata orizzontali in colore a scelta della direzione lavori.

Tutto il materiale metallico è costituito da acciaio del tipo non inferiore a Fe 360 B (S 235 JR secondo UNI EN 10025), e di bulloneria di adeguata resistenza (viti classe 6,8 o superiore e dadi 6S o superiore secondo UNI EN ISO 898-1 :200 1).

Le strutture portanti dovranno essere calcolate e verificate secondo la normativa vigente e in particolare modo secondo i disposti del D.M. 14.01.2008 e successivi aggiornamenti.

I montanti in profilato di acciaio tipo HE sono collegati alla struttura del viadotto o ponte a mezzo di ancoraggi adeguati alle caratteristiche tipologiche della struttura di sostegno del ponte.

Per posizionamento su terra dovrà essere prevista idonea fondazione in c.a..

Vengono di seguito riportate le specifiche tecniche degli elementi costituenti la barriera:

### **98.5 PANNELLI**

#### **Pannelli in alluminio**

Devono essere realizzati in lega Al-Mg-Mn secondo norma UNI ENV 1999-1- 1:2002, con buona resistenza alla corrosione.

Per i pannelli lo spessore minimo della lamiera su entrambi i lati, forati e non, sarà di 1,5 mm; nel caso si applichi sulla lamiera non forata un materiale di appesantimento (smorzante a base bituminosa o di gomma) del peso di almeno 5 kg/mq, lo spessore di tale lamiera può essere ridotto a 1,2 mm.

Gli elementi dei pannelli in alluminio dovranno essere pretrattati alla verniciatura mediante opportuni sistemi di decapaggio e di preparazione.

Lo spessore minimo locale della protezione deve essere di almeno 60 micron. L'alluminio non deve essere in contatto stabile con rame o sue leghe.

Si prescrivono i seguenti requisiti.

- 1) spessore minimo della protezione anticorrosiva: i valori dichiarati o 60 micron (il maggiore tra i due)
- 2) aderenza, secondo UNICHIM MU 630: almeno grado 0
- 3) resistenza alla scalfittura, secondo ISO 1518 (da eseguire solo sulla faccia esposta): valore minimo 60 N
- 4) resistenza agli urti, secondo norma UNI 8901: per caduta di una massa di 1 kg da un'altezza da 30 cm sulla faccia esposta, non devono verificarsi screpolature o distacchi su entrambe le facce.
- 5) resistenza all'umidità, secondo norma UNI 8744; esigenza minima (dopo 1500 ore di esposizione): la corrosione e/o la bollatura lungo l'incisione non devono penetrare per più di 2 mm. Non è ammessa nessun'altra alterazione visiva o perdita di aderenza.
- 6) resistenza alla corrosione da nebbia salina acetica, secondo norma UNI 5687; esigenza minima (dopo 500 ore di esposizione): l'ossidazione la bollatura lungo l'incisione non devono penetrare per più di 2 mm. Non è ammessa nessun'altra alterazione visibile o perdita di aderenza.

Le operazioni meccaniche di foratura vanno effettuate prima dei trattamenti protettivi.

Materiale fonoassorbente interno al pannello:

Per quanto riguarda il materiale fonoassorbente, per i pannelli in alluminio, esso va inserito, ove previsto, all'interno della struttura metallica scatolata.

Il materiale in oggetto è costituito da complessi porosi (fibrosi minerali o plastici, o schiume sintetiche) che sfruttano i fenomeni di attrito e di risonanza.

Per aumentare la durabilità e per evitare impregnazioni e/o ritenzioni di liquidi che possano degradarne le caratteristiche meccaniche ed acustiche potranno essere impiegati sistemi protetti da una membrana microporosa ed idrorepellente, posizionata verso la sorgente del rumore.

Il materiale deve risultare imputrescibile, inerte agli agenti atmosferici e non infiammabile.

Questi valori verranno verificati dopo il montaggio e ripetuti in sito con apparecchiature ad onde stazionarie o con il metodo impulsivo.

Per le fibre poliestere 100% la densità deve risultare compresa fra 40 e 70 kg/mc;

le fibre devono essere termolegate senza l'utilizzo di collanti termoindurenti.

Per la lana minerale sono prescritti le seguenti caratteristiche:

- 1) grado di igroscopicità secondo norma UNI 6543/69 (tempo di prova 1 giorno). Il grado di igroscopicità non deve essere superiore al 0,2% in volume.
- 2) resistenza all'acqua secondo il seguente procedimento: si pone il provino in esame, di dimensioni 100x100x5 mm, in un contenitore di acqua distillata alla temperatura ambiente e si verifica, dopo 24 h, che non siano avvenuti sfaldamenti del provino e colorazione dell'acqua.
- 3) resistenza al calore secondo il seguente procedimento: si pone il provino in esame, di dimensioni 100x100x5 mm, in un forno alla temperatura di 150 °C per 24 H, poggiandolo su una delle facce maggiori e si verifica che non ci siano variazioni della lunghezza e della larghezza del provino di valori superiori a +5%.

#### Pannelli trasparenti

Qualora particolari esigenze architettoniche lo impongano, sarà possibile l'impiego, anche parziale, di pannelli in materiale trasparente (polimetilmetacrilato).

I pannelli in metilmetacrilato possono essere del tipo colato o estruso, con spessore minimo di 15 mm e dovranno essere dotati di strisce satinare orizzontali (per la protezione dei volatili). Dovranno essere conformi a quanto richiesto dalle norme DIN 16957 e devono inoltre soddisfare le seguenti caratteristiche tecniche:

Caratteristica	Metodo	Metacrilato
Densità minima (gr/cc)	D792	1.1
Resistenza a flessione minima (MN/m)	D790	100
Resistenza a trazione (MN/m)	D638	65
Resistenza all'urto senza intaglio (kJ/m)	D256	1.1
Temperatura rammollimento Vicat (°C)	D1525	110
Coefficiente max. dilatazione termica (1/°C)	D696	80x10-6
Trasmissione luce per lastra incolore (%)	D1003	90
Grado di giallo (%)	D1925	2

Un telaio in acciaio completo di guarnizioni ne consente l'installazione tra i montanti.

#### MONTANTI

I montanti metallici devono essere realizzati in acciaio al carbonio con caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle del tipo S235JR secondo UNI EN 10025 e zincati a caldo in accordo alla norma UNI EN 1461 per uno spessore non inferiore a 60 micron, previo ciclo di sabbiatura SA 2-1/2 oppure trattamento di decapaggio chimico.

Inoltre è richiesto un ulteriore trattamento della superficie, subito dopo la zincatura, mediante ciclo di verniciatura analogo a quanto prescritto per pannelli metallici in acciaio al carbonio.

Lo spessore minimo locale della protezione (verniciatura + zincatura), deve essere di almeno 120 micron, in modo da realizzare una superficie esente da pori.

Il Fornitore, rispettando comunque quanto sopra riportato, deve indicare il sistema di trattamento previsto per la protezione anticorrosiva della superficie dei diversi elementi ed allegare le schede tecniche dei prodotti verniciati impiegati e le modalità di applicazione.

Le prove previste sul montante sono le seguenti:

- verifica della zincatura
- misura degli spessori degli strati protettivi.

Sui profili costituenti i montanti che non risultino "prodotti qualificati" ai sensi del DM 14/01/2008 "Norme tecniche per l'esecuzione delle

opere in calcestruzzo armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche", devono essere effettuate tutte le prove meccaniche e chimiche previste dalle norme UNI ( oppure EN ), in numero atto a fornire un'adeguata conoscenza delle proprietà di ogni singolo lotto di fornitura e comunque pari ad almeno tre saggi per ogni 20 t di ogni singolo profilo.

Tutti i singoli valori sperimentali dovranno rispettare le prescrizioni di cui ai prospetti 2-1 e 2-11 del DM sopra menzionato, per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche e chimiche, alle tabelle UNI (oppure EN) corrispondenti.

## ACCESSORI

### Sigillanti e guarnizioni

Il fornitore dovrà specificare preventivamente le caratteristiche tecniche dei materiali utilizzati per i sigillanti e le guarnizioni, specie per quanto riguarda la resistenza all'invecchiamento dell'elastomero utilizzato. Inoltre detti materiali dovranno rispettare la norma DIN 53571 (o EN equivalente). Il profilo della guarnizione dovrà essere studiato in modo tale da evitare la fuoriuscita del pannello nel momento di maggiore sollecitazione ed ammortizzare le vibrazioni dello stesso. Le guarnizioni da utilizzare con i pannelli in policarbonato o in metilmetacrilato non dovranno contenere acido acetico.

### Accessori metallici

Tutti gli elementi metallici non precedentemente esaminati (bulloneria, rivetti, rondelle elastiche e non, pietre di base dei montanti, distanziatori, tirafondi, ecc.) devono essere in acciaio zincato a caldo in accordo alla norma UNI EN ISO 1461, per uno spessore non inferiore a 60 micron (ad eccezione delle piastre di base per le quali vale quanto indicato per i montanti).

Per quanto riguarda i tirafondi, il materiale dovrà avere caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle del tipo S 235 della norma UNI EN 10263, mentre le piastre di base saranno realizzate in acciaio con caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle del tipo S235JR secondo UNI EN 10025. I bulloni dovranno appartenere alla classe prevista dai carichi di progetto, secondo la norma UNI EN ISO 898- 1:2001.

## 98.6 VERNICIATURE

### Generalità

Tutte le strutture in acciaio al carbonio dovranno essere protette contro la corrosione mediante uno dei cicli di verniciatura definiti nel presente articolo.

I cicli di verniciatura saranno preceduti da spazzolature meccaniche o sabbiature secondo le disposizioni impartite di volta in volta dalla Direzione Lavori.

I cicli di verniciatura saranno formati da un minimo di tre mani di prodotti vernicianti mono o bicomponenti indurenti per filmazione chimica o filmazione fisica; di seguito vengono descritte le diverse tipologie di ciclo di verniciatura.

#### Ciclo "A"

Il rivestimento dovrà essere formato come minimo da tre mani di prodotti vernicianti.

Le caratteristiche di composizione degli strati sono descritte nel seguito.

1° strato - Mano di fondo al clorocaucciù pigmentata con minio e cromato di zinco (ZnCrO<sub>4</sub>), avente un ottimo potere bagnante sul supporto.

Caratteristiche formulative della mano di fondo:

- tipo legante clorocaucciù
- PVC % (concentrazione volumetrica del pigmento)  $\geq 36\%$
- % pigmenti sul totale polveri  $\geq 82\%$
- tipi di pigmento minio - ZnCrO<sub>4</sub>
- legante secco % 25%
- spessore del film 80 : 100 u
- metodo di applicazione pennello

2° strato - Mano intermedia al clorocaucciù pigmentata con rosso ossido, ferro

micaceo, alluminio, avente un ottimo potere di attacco alla mano sottostante. Caratteristiche formulative della mano intermedia:

- tipo di legante clorocaucciù
- PVC %  $\geq 41\%$
- % pigmento sul prodotto finito  $\geq 14\%$
- tipi di pigmento rosso ossido, ferro-micaceo, alluminio
- legante secco % 28%
- spessore del film 80 : 100 u
- metodo di applicazione pennello

3° strato - Mano di finitura acrilica al clorocaucciù pigmentata con biossido di

titanio, avente una ottima resistenza agli agenti atmosferici e chimici. Caratteristiche formulative della mano di finitura:

- tipo di legante clorocaucciù acrilica
- PVC %  $\geq 26\%$
- % pigmento sul prodotto finito  $\geq 26\%$
- tipi di pigmento biossido di titanio (TiO<sub>2</sub>)
- legante secco % 33%
- spessore del film 40 u
- metodo di applicazione pennello o rullo

#### Ciclo "B"

Il rivestimento dovrà essere formato come minimo da tre mani di prodotti vernicianti.

Le caratteristiche di composizione degli strati sono descritte nel seguito.

1° strato - Mano di fondo epossidica pigmentata con ZnCrO<sub>4</sub> (cromato di zinco) avente un ottimo potere bagnante sul supporto.

Caratteristiche formulative della mano di fondo:

- tipo di legante epossidico
- PVC %  $\geq 36\%$

- % pigmento sul totale polveri  $\geq 25\%$
- tipo di pigmento cromato di zinco  $\text{ZnCrO}_4$
- legante secco % 26%
- spessore del film 30 : 40 u
- metodo di applicazione pennello
- 2° strato - Mano intermedia epossidica pigmentata con biossido di titanio ( $\text{TiO}_2$ ), avente un ottimo potere di attacco alla mano sottostante:
  - tipo di legante epossidico
  - PVC %  $\geq 40\%$
  - % pigmento sul totale polveri  $\geq 11\%$
  - tipo di pigmento biossido di titanio ( $\text{TiO}_2$ )
  - legante secco % 26%
  - spessore del film 80 : 100 u
  - metodo di applicazione pennello
- 3° strato - Mano di finitura poliuretanica di tipo non ingiallente e non sfarinante. Il tipo di polisocianato dovrà essere alifatico (né aromatico, né cicloalifatico), con un contenuto di monomeri volatili non superiore allo 0,7% (ASTM D 2615/67 T):
  - tipo di legante poliuretanico
  - PVC %  $\geq 16\%$
  - % pigmento sul totale polveri  $\geq 26\%$
  - tipo di pigmento biossido di titanio ( $\text{TiO}_2$ )
  - legante secco % 39%
  - spessore del film 30 : 40 u
  - metodo di applicazione pennello o rullo

#### Ciclo "C"

Il rivestimento dovrà essere formato come minimo da quattro mani di prodotti verniciati.

Le caratteristiche di composizione degli strati sono descritte nel seguito.

1° strato - Mano di fondo oleofenolica, i cui pigmenti inibitori dovranno essere: ossido di piombo (minio), cromati di zinco, fosfati di zinco, cromati di piombo, silico-cromati di piombo, in composizione singola o miscelati tra loro in modo da conferire la migliore resistenza alla corrosione.

È ammessa la presenza di riempitivi a base di solfato di bario ( $\text{BaSO}_4$ ) e silicati in quantità non superiore al 45% sul totale dei pigmenti e riempitivi.

Caratteristiche formulative della mano di fondo:

- tipo di legante oleofenolico
- % pigmenti sul totale polveri  $\geq 55\%$
- tipi di pigmento ossido di piombo, cromati di zinco, fosfati di zinco, cromati di piombo, silicocromati di piombo.
- legante secco (resina) %  $\geq 18\%$
- tipo di olio nel legante olio di lino e/o legno
- % olio nella resina secca  $\geq 60\%$
- spessore del film secco 35 : 40 u
- metodo di applicazione pennello o rullo

2° strato - Mano intermedia oleofonica di colore differenziato dalla 1° mano, di composizione identica al 1° strato; il pigmento inibitore potrà essere sostituito con aggiunta di ossido di ferro per la differenziazione del colore, in quantità non superiore al 6% sul totale dei pigmenti e riempitivi.

Caratteristiche formulative della 2° mano:

- tipo di legante oleofenolico
- % pigmenti sul totale polveri  $\geq 55\%$
- tipi di pigmento ossido di piombo, cromati di zinco, fosfati di zinco, cromati di piombo, silicocromati di piombo, ossido di ferro.
- legante secco (resina) %  $\geq 18\%$
- tipo di olio nel legante olio di lino e/o legno
- % olio nella resina secca  $\geq 60\%$
- spessore del film secco 35 : 40 u
- metodo di applicazione pennello, rullo o airless

3° strato - Mano intermedia alchidica modificata con oli vegetali e clorocaucciù, il cui rapporto in peso, a secco, dovrà essere di 2:1. Non sarà tollerata la presenza di colofonia.

Caratteristiche formulative della 3° mano:

- tipo di legante alchidico-clorocaucciù
- % pigmenti sul totale polveri  $\geq 55\%$
- tipi di pigmento biossido di titanio ( $\text{TiO}_2$ ), ftalocianina blu

- % di  $\text{TiO}_2$  sul totale pigmenti  $\geq 30\%$
- legante secco (resina) %  $\geq 40\%$
- % olio nella resina secca  $\geq 60\%$
- spessore del film secco 35 : 40 u
- metodo di applicazione pennello, rullo o airless

4° strato - Mano di finitura alchidica modificata con oli vegetali e clorocaucciù di composizione identica al 3° strato, di colore differente dalla precedente mano.

Caratteristiche formulative della 4° mano:

- tipo di legante alchidico-clorocaucciù
- % pigmenti sul totale polveri  $\geq 55\%$
- tipi di pigmento biossido di titanio ( $\text{TiO}_2$ ), ftalocianina

blu

-	% di TiO <sub>2</sub> sul totale pigmenti	>=	30%
-	legante secco (resina) %	>=	40%
-	tipo di olio nel legante	olio vegetale	
-	% olio nella resina secca	>=	60%
-	spessore del film secco	35	: 40 u
-	metodo di applicazione	pennello, rullo o airless	

Dato che nelle caratteristiche formulative dei singoli stadi relativi ai cicli A, B e C sono presenti sostanze tossiche e potenzialmente cancerogene, come specificato dal D.M. 25 luglio 1987 n. 555 (S.O. alla G.U. n. 15 del 20/01/1988), rettificato con avviso pubblicato sulla G.U. n. 90 del 18/04/1988, si dovrà adottare una serie di misure procedurali ed organizzative, al fine di ottenere un controllo ambientale e sanitario, tenendo peraltro presente quanto disposto dal D.P.R. 20/02/1988 n. 141 (G.U. n. 05.05.1988).

#### Preparazione del supporto

La preparazione del supporto metallico dovrà essere eseguita dall'Impresa mediante spazzolatura meccanica o sabbiatura, fino ad eliminazione di tutte le parti ossidate che presentino scarsa coesione e/o aderenza con il supporto. La pulizia dovrà essere tale da permettere un ottimo attacco della mano di fondo del ciclo di verniciatura e dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori.

Tale approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Impresa relativa al raggiungimento dei requisiti finali del ciclo di verniciature anticorrosive in opera.

#### Caratteristiche di resistenza (chimico-fisiche) del ciclo di verniciature anticorrosive

Le caratteristiche di resistenza (chimico-fisiche) si intendono per cicli di verniciatura anticorrosiva applicata su supporti in acciaio tipo UNI 5961:1984, sottoposti ad invecchiamento artificiale.

Per l'invecchiamento artificiale è previsto un ciclo così composto:

Agente aggressivo	Durata (h)	Temperatura (°C)
Radiazione ultravioletta	6	60
Corrosione per immersione continua in soluzioni aerate		
(UNI 4261 66)	12	35
Corrosione in nebbia salina		
(UNI 5687 73)	12	35
Radiazione ultravioletta	6	60
Immersione in soluzione satura di CaCl <sub>2</sub>	12	35

Dopo questo ciclo di invecchiamento artificiale, verranno eseguiti i controlli riportati di seguito.

- Ingiallimento, secondo norma DIN 53230. Il prodotto di finitura deve essere non ingiallente (prova su prodotto non pigmentato).

- Ruggine e Blistering (ASTM D 714-56) (DIN 53210):

Ciclo "A" Blistering: 1° strato = 9F  
 2° strato = 9M 3° strato = 9F  
 Ruggine RO (ruggine assente)  
 Ciclo "B" Blistering: 1° strato = 9M  
 2° strato = 9M 3° strato = 9F  
 Ruggine RO (ruggine assente)  
 Ciclo "C" Blistering: 1° strato = 9F  
 2° strato = 9F 3° strato = 9M 4° strato = 9F  
 Ruggine RO (ruggine assente)

- Adesione (DIN 53151):

Ciclo "A" Gt0-Gtl (stacco nullo al massimo del 5%)  
 Ciclo "B" Gt0 (stacco nullo)  
 Ciclo "C" Gt0-Gtl (stacco nullo al massimo del 5%)

Spessore film secchi:

Ciclo "A" I° strato = 90 u

2° strato = 80 u

3° strato = 40 u

Ciclo "B" I° strato = 30 u 2° strato = 90 u 3° strato = 35 u

Ciclo "C" I° strato = 35 u 2° strato = 35 u 3° strato = 35 u 4° strato = 35 u

- Resistenza all'abrasione: si determina solo su prodotto di finitura mediante Taber Abraser, con mola tipo CS 10, dopo 1000 giri con carico di 1 Kg. Il valore espresso come perdita in peso deve essere inferiore a 10 milligrammi.
- Brillantezza: controllata mediante Glossmetro Gardner con angolo di 60°, deve avere un valore iniziale superiore al 90% e finale non inferiore all'80%.
- Prova di piegatura a 180° (su lamierino d'acciaio UNI 5961) con mandrino diametro 4 mm.

Al termine non dovranno presentarsi screpolature o distacchi (Tabelle n.5, n.6, n.7 allegate).

#### Prove di accettazione dei prodotti

L'Impresa dovrà preventivamente inviare presso laboratorio ufficialmente riconosciuto quanto segue:

-campioni dei prodotti componenti il ciclo con relativi diluenti in contenitori sigillati del peso di 0,500 Kg. e nel numero di tre per ogni prodotto (uno di questi campioni non deve essere pigmentato)

-schede tecniche dei prodotti verniciati compilate in tutte le loro voci e:- foglio A per le caratteristiche di composizione; - foglio B per le caratteristiche di applicazione.

Il colore di finitura sarà indicato dalla Direzione Lavori; i pigmenti necessari per il raggiungimento del tono di colore richiesto dovranno essere, nella scheda riportante le caratteristiche di composizione, sottratti alla quantità percentuale di solvente. Controllata la rispondenza del rivestimento con le caratteristiche di resistenza richieste, i prodotti componenti il ciclo saranno identificati mediante analisi spettrofotometrica all'infrarosso. La Direzione Lavori potrà fare accertare in ogni momento sui prodotti presenti in cantiere la corrispondenza delle caratteristiche di resistenza, di composizione e di applicazione accertate in fase di gara e/o riprodurre gli spettri IR su detti materiali. Tali spettri dovranno essere uguali a quelli ricavati dai campioni.

## **98.7 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE**

### Geometria delle pareti e particolarità costruttive.

La geometria è indicata negli elaborati grafici di progetto e va assolutamente rispettata. Salvo eventuali modifiche, da sottoporre all'approvazione, il bordo superiore della barriera si deve mantenere parallelo alla livelletta fino a che questa non superi la pendenza dell'1%. Per pendenze superiori si ammetterà il montaggio scalettato con passo da stabilire di volta in volta. In questo caso la distanza da terra del bordo superiore dei pannelli deve essere ovunque non inferiore a quella ottimale prevista ai fini della fonoassorbenza.

Per quanto possibile ogni interruzione della barriera dovrà essere protetta da uno schermo opportunamente arretrato e di lunghezza pari almeno all'interruzione più due volte la distanza tra la barriera principale e barriera arretrata.

Sui viadotti, ponti o altri luoghi, o per revisione di progetto, o su richiesta, potrà essere previsto che una o più file inferiori di pannelli non siano fonoassorbenti per un'altezza di circa 1 m (1,45 m sui viadotti), conservando però le loro proprietà fonoisolanti. In particolare questi pannelli non devono presentare fori. Per il resto (aspetto esterno, protezione anticorrosiva, ecc.) essi devono corrispondere il più possibile ai pannelli superiori. Tale fascia inferiore potrà essere costituita da muretti, parapetti o simili.

I collegamenti ai manufatti, alle porte di emergenza, i giunti di dilatazione, ecc. dovranno essere realizzati mediante dispositivi a tenuta acustica e a regola d'arte. Anche fra i montanti ed i pannelli devono essere previste guarnizioni acusticamente ermetiche.

Allo scopo di evitare la propagazione delle onde sonore dovute all'irregolarità delle superfici in calcestruzzo, tra i pannelli e le lastre prefabbricate (e rispettivamente tra i pannelli e le fondazioni in calcestruzzo) deve essere previsto un elemento sigillante.

Laddove sui ponti, viadotti, ecc., anche a causa della presenza delle piastre ai piedi dei montanti, si crei un interstizio tra pannelli e cordolo, il fornitore deve proporre un dispositivo acusticamente ermetico che non causi però il ristagno di acqua tra calcestruzzo e pannelli. Per ragioni di sicurezza, tutti i materiali utilizzati devono essere difficilmente infiammabili in modo da escludere ogni pericolo d'incendio.

Nei casi in cui le barriere acustiche siano ad una distanza inferiore a 10 m da edifici od oggetti dove esiste pericolo d'incendio, esse devono essere costituite da materiale non infiammabile (classe A, secondo DIN 2102). Per barriere acustiche costituite da elementi difficilmente infiammabili, ma tuttavia combustibili, sarà necessario impiegare montanti non combustibili in grado di agire da sbarramento antincendio tra i pannelli stessi; dopo un tratto di 30 m di pannelli non infiammabili per almeno 6 m di lunghezza. In caso di incendio i materiali non devono produrre gas tossici.

Tutti i materiali impiegati (in particolare modo il materiale fonoassorbente) devono essere protetti contro l'aggressione di animali (insetti, roditori, uccelli, ecc.).

Le barriere antirumore dovranno essere caratterizzate da limitata riflessione luminosa, al fine di evitare abbagliamenti nelle ore notturne e/o diurne. Pertanto il fattore luminoso da riflessione deve essere trascurabile (inferiore al 10% con angolo di incidenza di 60 gradi).

Su richiesta, i pannelli dovranno essere verniciati con il colore standard RAL 6021 oppure secondo uno dei colori della gamma RAL.

La tonalità di colore dovrà variare il meno possibile, ma in nessun caso in modo vistosamente irregolare (non sono ammesse formazione di macchie).

Solo dietro consenso da parte della Direzione Lavori, saranno ammesse barriere con variazioni cromatiche rispetto a quelle sopra riportate.

Durante il periodo di garanzia sono accettabili variazioni di colore non superiori a due unità della scala dei grigi per pannelli adiacenti e variazioni del colore non superiori a 3 unità della scala dei grigi per la barriera nel suo insieme.

La costruzione delle barriere deve essere tale da evitare assolutamente che, anche dopo scadenza del periodo di garanzia, si producano punti non a tenuta dovuti all'azione di agenti atmosferici, ad alterazione di materiali, a deformazioni, ecc. Per garantire la durata dell'ermeticità tra pannello e pannello è prescritto un accoppiamento sigillante a tenuta acustica da descrivere negli elaborati di progetto.

Tutta la barriera deve essere costruita in modo da evitare in ogni punto il ristagno dell'acqua. In particolare, per i pannelli compositi l'acqua deve fuoriuscire facilmente dai singoli pannelli (fori sul fondo) e non ristagnare sia fra pannello e pannello, sia fra pannello inferiore della barriera e superficie di appoggio.

Tra pannello fonoassorbente e la faccia anteriore e posteriore del pannello deve essere previsto, mediante distanziatori, un idoneo interstizio. L'interstizio deve inoltre facilitare, al massimo, lo scolo delle acque, permettendone, per aerazione, il rapido asciugamento, in

modo da non pregiudicare l'efficienza fonoassorbente del materiale stesso. Il materiale fonoassorbente deve essere opportunamente posizionato e sostenuto in modo tale da evitare spostamenti o piegature sia durante il montaggio che durante l'esercizio.

Elementi provvisti di fori in sommità devono essere chiusi con profili di copertura; questi ultimi devono essere fissati sui montanti con possibilità di dilatarsi a causa delle variazioni di temperatura.

Dovranno essere previsti dispositivi atti ad impedire l'asportazione dei pannelli.

#### Fissaggio dei pannelli

Un progetto dettagliato sul metodo previsto per impedire l'asportazione dei pannelli deve essere preventivamente sottoposto all'approvazione.

#### Fissaggio dei montanti

Tutti i montanti dovranno essere fissati, tramite piastre di base a T, a staffe o a bulloni verticali ancorati nel calcestruzzo, oppure inseriti in apposite tasche precostituite sui muretti o sugli elementi di fondazione in calcestruzzo armato prefabbricato con opportune tasche di inserimento o gettato in opera, o comunque vincolati al terreno o ai manufatti in modo che possano resistere alle azioni del vento e/o ad altre eventuali azioni di progetto. Dovrà anche essere verificata la stabilità globale dei muri in rapporto al tipo di supporto (scarpate di sommità in trincee, ecc.).

I montanti devono essere allineati con precisione. Non sono ammesse distorsioni dei montanti, che rendono difficile l'inserimento dei pannelli.

I getti di bloccaggio saranno eseguiti con malte o con resine epossidiche.

#### Statistica dei montanti e dei pannelli

I montanti devono essere normalmente ad interasse di 3 m. In caso di necessità la distanza tra due montanti può essere superiore a quella standard ma non può mai superare la lunghezza di 6,5 m.

I pannelli devono essere autoportanti e devono poter resistere al peso dei pannelli sovrastanti. In particolare si prescrive per gli schermi fonoassorbenti un sovraccarico pari al 20% del peso a secco, per tener conto dell'aumento di peso del materiale fonoassorbente dovuto all'assorbimento di acqua piovana o proiettata. Inoltre i pannelli devono resistere al carico orizzontale del vento secondo i "Criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni, dei carichi e sovraccarichi" alla pressione indotta dal passaggio di convogli considerata come spinta ortogonale alla parete ed uniformemente distribuita, all'accumulo di neve e all'eventuale proiezione di pietrisco. Il fornitore dovrà presentare i calcoli di tutti gli elementi costituenti la barriera comprese le relative fondazioni, che potranno in caso di necessità essere previste sui pali, nonché i calcoli di quelle opere preesistenti per le quali la posa in opera della barriera arrechi un considerevole stato di maggiore sollecitazione.

### **NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

#### **98.8 MONTAGGIO**

Il montaggio in opera di tutte le strutture costituenti ciascun manufatto sarà effettuato in conformità a quanto, a tale riguardo, è previsto nella relazione di calcolo. Durante il carico, il trasporto, lo scarico, il deposito e il montaggio, si dovrà porre la massima cura per evitare che le strutture vengano deformate o sovrassollecitate.

Le parti a contatto con funi, catene od altri organi di sollevamento saranno opportunamente protette.

Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto.

In particolare, per quanto riguarda le strutture a travata, si dovrà controllare che la controfreccia ed il posizionamento sugli apparecchi di appoggio siano conformi alle indicazioni di progetto, rispettando le tolleranze previste. La stabilità delle strutture dovrà essere assicurata durante tutte le fasi costruttive e la rimozione dei collegamenti provvisori e di altri dispositivi ausiliari dovrà essere fatta solo quando essi risulteranno staticamente superflui.

Nei collegamenti con bulloni si dovrà procedere alla alesatura di quei fori che non risultino centrali e nei quali i bulloni previsti in progetto non entrino liberamente. Se il diametro del foro alesato risulta superiore al diametro nominale del bullone oltre la tolleranza prevista dal D.M. 14 Gennaio 2008 sopracitato, si dovrà procedere alla sostituzione del bullone con uno di diametro superiore. Nei collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza è prescritta l'esecuzione della sabbiatura a metallo bianco non più di due ore prima dell'unione.

È ammesso il serraggio dei bulloni con chiave pneumatica purché questo venga controllato con chiave dinamometrica, la cui taratura dovrà risultare da certificato rilasciato da Laboratorio ufficiale in data non anteriore ad un mese. Per ogni unione con bulloni, l'Impresa effettuerà, alla presenza della Direzione Lavori, un controllo di serraggio su un numero di bulloni pari al 10% del totale ed in ogni caso su non meno di quattro. Dopo il completamento della struttura e prima dell'esecuzione della prova di carico, l'Impresa dovrà effettuare la ripresa della coppia di serraggio di tutti i bulloni costituenti le unioni, dandone preventiva comunicazione alla Direzione dei Lavori.

L'assemblaggio ed il montaggio in opera delle strutture dovrà essere effettuato senza che venga interrotto il traffico di cantiere sulla sede stradale, salvo brevi interruzioni durante le operazioni di sollevamento, da concordare con la Direzione Lavori.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Impresa è tenuta a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata e in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tramvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprasuolo e di sottosuolo.

#### **98.9 VERIFICA ACUSTICA DELLA BARRIERA ANTIRUMORE**

Le prestazioni globali della barriera antirumore verranno verificate entro 90 giorni dalla data di conclusione dei lavori e verranno eseguite secondo le modalità riportate nella norma UNI 11022 "Misurazioni dell'insertion-loss di sistemi antirumore per infrastrutture di trasporto in ambiente esterno".

### **NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 99 MANUFATTI PER IL SOSTEGNO E RINFORZO DEL TERRENO****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI****99.1 CHIODATURE**

La tecnica di rinforzo del terreno a mezzo di chiodi ("nails") denominata Soil Nailing o "Clouage Des Sols", consiste nell'introdurre dei rinforzi all'interno dell'ammasso del terreno, con la funzione primaria di assorbire sforzi che il terreno non armato non sarebbe in grado di sopportare, sia per le proprie intrinseche caratteristiche meccaniche (sforzi di trazione) che per il superamento dei valori limite delle stesse (sforzi di taglio) dovuto agli interventi antropici successivi alla fase di rinforzo (generalmente, si tratta di scavi).

La tecnica prevede che la fase di scavo e quella di infissione dei chiodi procedano in successione alternata; dopo una fase di scavo tale da mantenere stabile il tratto di parete appena scavato si procede immediatamente con l'esecuzione dei chiodi. Le spinte attive generatesi al momento dello sbancamento nel volume di terreno retrostante la superficie di scavo vengono così controbilanciate. Il sistema prevede l'inserimento di barre cave del diametro di 32 mm muniti in testa di punta a perdere. I chiodi vanno realizzati sul fronte di scavo con interasse verticale di circa 1,5-2,0 m e interasse orizzontale di 2 m. La realizzazione di una parete rinforzata con chiodatura avviene secondo le fasi sotto riportate:

1. scavo di altezza ed estensione dipendente dal tipo di terreno;
2. ricoprimento del fronte di scavo con uno strato di calcestruzzo spruzzato dello spessore di circa 15 cm, armato con rete elettrosaldata da 8 mm (maglia 200x200 mm) per contenere l'eventuale distacco localizzato di materiale;
3. esecuzione dei chiodi con attrezzatura a rotopercolazione, diametro medio reso di 70+110 mm, eseguiti con barre autoperforanti con la disposizione e della lunghezza risultante dalle verifiche di stabilità;
4. approfondimento dello scavo, a maturazione avvenuta, sia dei chiodi che del calcestruzzo;
5. ripetizione delle fasi 2, 3 e 4 fino al raggiungimento del fondo dello scavo.

Dati tecnici:

L'elemento portante è costituito da una barra cava di diametro esterno di 32 mm e diametro interno di 15 mm, realizzata in acciaio da costruzione a grana fine ad elevata resilienza S 460 NH secondo la norma EN 10210-1 e il D.M. 17 gennaio 2018 avente le seguenti caratteristiche di resistenza:

- carico di rottura: 370 kN;
- carico di snervamento: 330 kN.

Lungo tutta la lunghezza, la barra è provvista di filettatura da cemento armato secondo la normativa relativa all'acciaio per cemento armato ad aderenza migliorata.

BARRE AUTOPERFORANTE SIRIVE® ACCIAIO Fe 55 (DIN 1626)					dati nuovi	
Nomenclatura Tipo Barre	Unità	R28	R32/L	32/P	R34	R38
Diametro Esterno	mm	28	32	32	34	38
Diametro Interno (foro)	mm	16	20	15	17	15
Sezione media	mm²	360	411	551	659	781
Peso Metro Lineare	Kg	2,80	3,30	4,40	5,00	6,20
Carico di Rottura minimo	Kn	230	275	370	440	530
Carico di Snervamento minimo	Kn	200	240	330	380	450
Tipo di acciaio utilizzato		Fe55				

Grazie al tipo di acciaio ed al tipo di filettatura, la protezione alla corrosione è garantita dal bulbo in cemento che, oltre a trasmettere i carichi al terreno, funge da copriferro in quanto l'ampiezza delle fessurazioni che si formano nel corpo in cemento, per le diverse proprietà elastiche del cemento e dell'acciaio, quando l'elemento portante in acciaio è sottoposto a sollecitazioni di trazione, è limitata a valori inferiori ai 0,1 mm. Il copriferro minimo di 20 mm dovrà essere garantito dall'impiego di opportuni distanziatori inseriti ad una distanza massima di 3 metri uno dall'altro.

Il sistema dovrà riportare l'omologazione per la realizzazione di opere permanenti dagli enti preposti al suo rilascio.

Realizzazione:

La perforazione attraverso il terreno avviene a rotopercolazione senza camicia, con martello esterno e punta di perforazione scelta in funzione del tipo di terreno con iniezione di sospensione acqua/cemento. Il rapporto acqua/cemento a/c della sospensione d'iniezione finale deve essere pari a  $0,4 \div 0,5$ .

#### **99.2 PANNELLI IN FUNE PER PROTEZIONE ZONA FRANOSA**

La modalità di esecuzione del rivestimento protettivo avverrà secondo i punti seguenti:

Fornitura e posa in opera di rivestimento in pannelli di rete in fune rettangolari di dimensioni m 3,00 x 5,00, con fune di bordo, costruiti con funi d'acciaio zincato ed anima in acciaio con resistenza 1860 MPa, verniciati in antiruggine, aventi fune di bordo a trefoli ed anima in acciaio del diametro di mm 14 e carico di rottura 114kN, e con funi di maglia e trefoli ed anima in acciaio del diametro di mm 8 e con carico di rottura 37,3 kN, formanti maglia di cm 25 x 25, ad incroci rinforzati con graffe cadmate su maglia e bordo.

La rete in fune sarà posta in opera mediante il collegamento perimetrale dell'area da rivestire, realizzato in fune metallica zincata a trefoli d'acciaio del diametro di 16 mm, con ancoraggi posti ad interasse non superiore al m 3,00. Collegamenti intermedi fra i pannelli rete in fune, passante e fissata agli ancoraggi, formata da intreccio in fune di acciaio mm 8 passante maglia per maglia lungo i bordi così da creare una robusta ed omogenea cucitura fra gli stessi.

Fornitura e posa di ancoraggi in ragione di n. 1 per ogni angolo ed uno intermedio al lato lungo (circa 36 ancoraggi ogni 100 m<sup>2</sup>), formati da fune d'acciaio zincato ad alta resistenza AMZ del diametro di 16 mm, della lunghezza di m 2,00, piegata nella parte superiore su se stessa a formare un'asola con redance di rinforzo e chiusa con manicotto pressato e zincato.

Fornitura e posa di un ancoraggio centrale ad ogni pannello formato da barra d'acciaio FeB44k del diametro di 24 mm, della lunghezza di m 2,00 con testa filettata per ospitare il golfare M24Z passacorda.

Detti ancoraggi saranno solidarizzati al terreno mediante boiaccia cementizia antiritiro da colare nei fori predisposti del diametro di 36 mm.

Fornitura e posa in opera di fune d'acciaio zincato di armatura obliqua del diametro di 16 mm, passante per gli ancoraggi di angolo e centrale ad ogni pannello.

Sono compresi la posa del materiale sopra elencato, le perforazioni e solidarizzazioni degli ancoraggi alla roccia, la fornitura e posa della morsetteria necessaria, i trasporti ed ogni altro onere per dare l'opera finita a regola d'arte.

#### **NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 100 IMPIANTO DI TRATTAMENTO ACQUE METEORICHE**

Per quanto attiene la fornitura e la installazione di tutte le apparecchiature elettromeccaniche riguardanti l'impianto di trattamento, si dovranno rispettare tutte le prescrizioni riportate nella descrizione del prezzo a corpo relativo e le indicazioni che qui di seguito si riportano.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI****100.1 Impianto di trattamento acque meteoriche della capacità fino a 120 l/s**

L'impianto di trattamento della capacità costante fino a 120 l/s sarà costituito da:

- n° 120 cartucce filtranti della capacità di trattamento di 1 l/s ciascuna;
  - n° 120 dispositivi di regolazione della portata, uno per ciascuna cartuccia filtrante, in grado di garantire la portata in uscita costante.
- Ciascuna cartuccia è costituita da un cilindro in PEAD di diametro esterno di base pari a 55 cm ed un'altezza esterna pari a 45 cm. All'interno di ciascun filtro è presente un sifone in PEAD per la regolazione delle acque da trattare e per l'espulsione dal fondo dell'acqua filtrata. Il cilindro è riempito di materiale filtrante, disposto in strati concentrici, costituito dal 50% in un misto di Zeolite e Perlite e per il restante 50% di Carboni Attivi. In testa al cilindro è presente una valvola di sfiato in PEAD per la regolazione della pressione interna del cilindro. Tale valvola può permettere un battente idraulico esterno al cilindro pari a 2.00m.
- Il prezzo comprende tutte le componenti idrauliche necessarie all'installazione del singolo filtro, più specificatamente:
- Tutte le tubazioni interne previste per l'impianto con tubi in PVC Modello HT2, conformi alla norma UNI-EN 1329-1, DN 110 di spessore 3mm predisposti con i connettori (derivazioni) saldati a caldo realizzati con pezzi speciali Tipo B in PVC, conformi alla norma UNI-EN 1329-1;
  - Tutti gli elementi di ferramenta quali i profili distanziatori orizzontali per il corretto montaggio degli elementi idraulici;
  - Ogni altro onere per la messa in opera dei filtri secondo le tavole di progetto.

**100.2 Stazione di sollevamento da ubicare all'interno dell'impianto di trattamento per una portata complessiva di l/s 120****100.2.a Elettropompe**

Previste n. 3 elettropompe, più una di riserva, ognuna delle seguenti caratteristiche.

Elettropompa sommergibile costituita da un motore elettrico alloggiato in un vano a tenuta stagna, collegato mediante un albero di lunghezza ridotta ad una girante situata in voluta.

Due tenute meccaniche, assicurano il perfetto isolamento tra la parte idraulica ed il motore elettrico.

La girante specifica per fognatura è del tipo a basso rischio d'intasamento (tipo "N" della Flygt).

Il motore è asincrono trifase, con rotore in corto circuito, isolamento in classe H, grado di protezione IP 68; protetto da microtermostati.

Il motore può sopportare fino a 30 avvii/ora.

Il raffreddamento del motore avviene direttamente dal liquido circostante.

Per gli interventi di manutenzione, sia ordinaria che straordinaria, la sostituzione dell'elettropompa è possibile anche a vasca piena (e senza necessità alcuna di entrare nel pozzo), effettuando un semplice sollevamento del gruppo elettropompa dal relativo piede d'accoppiamento a mezzo coppia di tubi guida.

**Materiali**

Fusioni principali : Ghisa GG 25  
Girante : Ghisa GG 25  
Albero : Acciaio inox  
Viterie : Acciaio inox

**Tenute meccaniche**

- interna : Carburo di tungsteno-Ceramica  
- esterna : Carburo di tungsteno-Carburo di tungsteno  
Finitura esterna : Verniciatura

L'elettropompa è completa di:

- Piede accoppiamento completo di curva flangiata UNI PN 10;
- Catena di sollevamento in acciaio zincato
- Cavo elettrico sommergibile (di potenza ed ausiliario) m 10.
- Calzamaglia di sospensione cavi elettrici.
- Unità di rilevazione anomalie, da montare nel quadro elettrico.

**Prestazioni pompa**

Portata : 40 l/s  
Prevalenza : 5,9 m  
Rendimento totale (minimo) : 65 %  
Potenza nom. motore (rif. +40°C) : 3,1 kW  
Giri/1' (max) : 1500  
Avviamento : diretto

DN flangia piede (min) : 150 mm.  
Peso complessivo ( $\pm 10\%$ ) : 120 kg.  
Marca/tipo (o similare) : Flygt / NP 3102 LT 420

#### 100.2.b Accessori idraulici per impianto in pressione.

La fornitura dovrà comprendere:

- n. 4 tubazioni di mandata DN 150 mm. dal piede di accoppiamento alla valvola di non ritorno;
- n. 4 valvole di non ritorno DN 150 mm.;
- n. 4 saracinesche DN 150 mm.;
- n. 1 collettore finale DN 300 mm., completo di n. 4 stacchi flangiati DN 150 mm.;
- n. 4 coppie di tubi guida (per il sollevamento delle pompe) in acciaio zincato a caldo di lunghezza adeguata.

Materiali a completamento

- tubo in PVC DN 80 mm. forato, installato all'interno della stazione di sollevamento. All'interno del tubo è posizionata la sonda di tipo piezoresistivo;

Caratteristiche generali

Tubazioni: acciaio non legato mat. Fe 410/360.

Flange: norma UNI EN 1092-1 PN 10 mat. Fe 410/360.

Verniciatura esterna: ciclo epossidico.

Valvola di non ritorno: tipo a palla in ghisa.

Saracinesche: tipo a corpo piatto vite interna in ghisa.

Il tutto è completo di guarnizioni, staffe di ancoraggio, bulloneria e quant'altro necessario per dare il lavoro a regola d'arte.

#### 100.2.c Quadri di comando e controllo

Quadro elettrico di comando e protezione ad azionamento automatico di n. 4 elettropompe da 3,1 kW, avviamento diretto, alimentazione di campionatori Ee&H, in esecuzione per installazione all'esterno con posa a pavimento.

- Armadio per esterno in poliestere, doppia porta cieca con chiave, con grado di protezione IP 65;
- scomparti accessibili anteriormente con portella a cerniera;
- tutti gli apparecchi del quadro sono messi a terra;
- tutti i collegamenti destinati all'esterno del quadro fanno capo a morsettiere poste in basso a ciascun scomparto e facilmente accessibili o a sbarre di sezione adeguata poste sempre nella parte inferiore dello scomparto;
- tutti gli apparecchi, i collegamenti ed i morsetti sono contrassegnati con le sigle riportate sugli schemi;
- sul fronte di ciascun pannello sono previste delle targhe riportanti le indicazioni dei diversi azionamenti;
- alimentazione: 400 V - 50 Hz.

L'armadio dovrà contenere (in linea di massima) montate e collegate le seguenti apparecchiature:

Apparecchiature di potenza

- interruttore generale automatico magnetotermico differenziale, di adeguata taratura, con dispositivo bloccoporta;
- n. 2 interruttori magnetotermici per alimentazione apparecchiature campionatori E&H;
- interruttore magnetotermico per alimentazione APP;
- filtro antidisturbi e scaricatore di sovratensione;
- batteria tampone;
- lampada di segnalazione verde generale (presenza tensione);
- avviatore, per cad. pompa, costituito da:
  - interruttore automatico magnetotermico con termica regolabile e contatti ausiliari;
  - contattore per avviamento diretto;
  - selettore man-O-aut (posizione manuale non stabile);
- circuito di protezione pompa da sovratemperatura e da infiltrazione, realizzato per mezzo di relè minicas, lampade di segnalazione e pulsante di ripristino (quando previsto come dotazione pompa);
- contatti puliti, segnali e predisposizioni varie per la realizzazione dell'interfaccia con l'unità di automazione, e precisamente:
  - segnalazione marcia pompe;
  - segnalazione intervento protezione termica pompe;
  - segnalazione intervento sensori pompe;
  - segnalazione presenza tensione;
  - segnalazione alto e basso livello vasca (da interruttori di livello ENM 10 posti in vasca);
  - comandi di marcia pompe da unità di automazione;
  - segnali 0-1 A relativi alla misura di assorbimento di corrente delle pompe realizzata per mezzo di opportuni trasduttori;
  - circuito di automazione di backup pompe, gestita direttamente dalla centralina di automazione (che interviene in caso di guasto del sensore e conseguente attivazione degli allarmi di alto e basso livello), realizzata per mezzo dell'interruttori di livello ENM 10 posti in vasca;
  - circuito di allarme generale con predisposizione per il collegamento di una lampada flash o sirena a 24 Vcc;
  - q.b. relé ausiliari per funzioni di logica e di interfaccia

Apparecchiature di automazione

- centralina di telecomando, telecontrollo e automazione locale APP500, 16DI, 6DO, 3AI, adatta alla gestione fino a 4 pompe;
- kit modem GSM per invio messaggi di allarme in formato SMS su telefoni cellulari (5 numeri selezionabili) e trasmissione dati ad eventuale centro di controllo, composto da:
  - modem GSM dual band;
  - cavo di alimentazione modem;
  - antenna dual band;
  - cavo seriale per collegamento a centralina di automazione;

A completamento della fornitura sono previsti i seguenti strumenti da posizionare in vasca:

- un sensore sommergibile di livello, modello SL 27 IM 0-10/20 con campo di misura 0-10 metri, elemento sensibile in ceramica, alimentazione 12-30 V cc., uscita 4-20 mA, lunghezza cavo 20 metri, corpo in acciaio inox AISI 316L, cavo in polietilene, grado di protezione IP 68;
- due interruttori di livello, modello ENM 10 completi di 20 metri di cavo, avente funzione di allarme, automazione di backup pompe.

Il quadro elettrico è predisposto per poter effettuare le seguenti principali funzioni:

- numero degli avviamenti per ciascuna pompa;
- ore di funzionamento di ciascuna pompa;
- correnti assorbite dalle pompe;
- livello in vasca;
- stati ed allarmi secondo tre diversi livelli di priorità;
- memorizzazione allarmi con descrizione dettagliata;
- gestione completa di 4 pompe (alternanza, max una pompa in funzione, max numero avvii/ora, max tempo di funzionamento, ritardo di avvio/arresto);
- allarme scatto termico per ogni pompa;
- allarme intervento microtermostati statori;
- trasmissione dati ed allarmi ad eventuale centro di controllo;
- gestione di modem telefonici;
- teleprogrammazione;
- controllo mancanza alimentazione;
- password di accesso;
- invio messaggi allarme SMS.

**NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 101 IMPIANTO MECCANICO****QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI****101.1 NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO**

Gli impianti dovranno integralmente rispettare, salvo esplicite deroghe previste dal presente "progetto" le seguenti disposizioni legislative e normative (riportate a titolo indicativo ma non esaustivo). In particolare dovrà essere rispettato quanto elencato alle voci seguenti, compreso successivi aggiornamenti.

**LEGGI E DECRETI**

- D.M. 1 dicembre 1975. Norme di sicurezza per apparecchi contenenti liquidi caldi sotto pressione e successivi aggiornamenti;
- DPR 24 maggio 1988 n. 236. Attuazione della direttiva CEE n.80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, ai sensi dell'art.15 della Legge 16 aprile 1987, n.183 e successivi aggiornamenti;
- DM n.37 del 22 Gennaio 2008.
- Legge 9 gennaio 1991 n.9. Norme per l'attuazione del nuovo Piano energetico nazionale: aspetti istituzionali, centrali idroelettriche ed elettrodotti, idrocarburi e geotermia, autoproduzione e disposizioni fiscali;
- Legge 9 gennaio 1991 n.10. Norme per l'attuazione del nuovo Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia e successive integrazioni
- D.L.vo 311/2006;
- DPR 26 agosto 1993 n. 412 - Regolamento di attuazione dell'art. 4 comma 4 della Legge. 9 gennaio 1991 n°10;
- DPR 2 aprile 2009 n.59 – Regolamento di attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia;
- DPR 6 dicembre 1991 n.447. Regolamento di attuazione della Legge 5 marzo 1990. n.46 in materia di sicurezza degli impianti e successivi aggiornamenti;
- D.M. 18 settembre 2002 "Regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio di strutture sanitarie, pubbliche e private" ;
- DPR 14 gennaio 1997 – Requisiti strutturali, tecnologici ed organizzativi minimi per l'esercizio delle attività sanitarie da parte di strutture pubbliche e private;
- Gazzetta Ufficiale 5 maggio 2000 n°103 – Linee guida per la prevenzione ed il controllo della Legionellosi;
- DLgs n° 192 del 19 agosto 2005;

**NORME UNI**

- UN EN 13779 Febbraio 2008 – Ventilazione degli edifici non residenziali- Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di climatizzazione;
- UNI EN 442 -1/2/3 del dicembre 2004 - Radiatori e convettori parte 1/2/3;
- UNI EN 12831 del dicembre 2006 - Impianti di riscaldamento negli edifici - Metodo di calcolo del carico termico di progetto;
- UNI TS 11300 -1/2/3/4 –Determinazione del fabbisogno energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale
- UNI EN 378-1/2/3/4 del Luglio 2012 - Impianti di refrigerazione e pompe di calore;
- UNI 8199:2009 Acustica - Collaudo acustico degli impianti di climatizzazione e ventilazione - Linee guida contrattuali e modalità di misurazione;
- UNI 9182 dell'agosto 2008 - Impianti di alimentazione e distribuzione d'acqua fredda e calda. Criteri di progettazione, collaudo e gestione;
- UNI EN 12056 dell' ottobre 2001. Sistemi di scarico delle acque usate. Criteri di progettazione, collaudo e gestione ;
- UNI EN 12729 marzo 2003 - Dispositivi per la prevenzione dell'inquinamento da riflusso dell'acqua potabile -Disconnettori controllabili con zona a pressione ridotta - Famiglia B - Tipo A;
- UNI 10339 giugno 1995. Impianti aeraulici ai fini del benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura Concordato Italiano Incendi. Norme per l'installazione e costruzione per gli impianti automatici di rivelazione d'incendio;
- UNI EN 12237 giugno 2004 - Ventilazione degli edifici - Reti delle condotte - Resistenza e tenuta delle condotte circolari di lamiera metallica;
- Uni 11425 Impianti di ventilazione e condizionamento per il blocco operatorio;
- UNI 10779 luglio 2007 - Impianti di estinzione incendi - Reti di idranti - Progettazione, installazione ed esercizio;
- UNI EN 12845 luglio 2009 – Installazione fisse antincendio
- NORME CEI Per quanto riguarda gli impianti elettrici a servizio dei meccanici, vedere inoltre progetto impianti elettrici.

**NORME EUROPEE**

- EN 29001 dicembre 1987. sistemi di qualità. Criteri per l'assicurazione (o garanzia) della qualità nella progettazione, sviluppo, fabbricazione, installazione ed assistenza;
- ISO 7396-1-2 Impianti di distribuzione dei gas medicali;

**NORMATIVA SPECIFICA DI SETTORE**

- Linee Guida – ISPESL 1999;
- DPR 14-1-1997 – Requisiti minimi Strutture Sanitarie Pubbliche e Private;
- Circolare Min LL.PP. 13001 del 22-11-1974 – Requisiti fisico tecnici per le costruzioni ospedaliere;
- Norme Tecniche emanate da Enti aventi titolo (ULSS, ISPESL, UNI, CEI) ed applicabili all'opera in oggetto.

#### NORME GENERALI

- Norme Tecniche emanate da Enti e Associazioni aventi titolo (ULSS, ISPESL), e tutte le norme UNI e CEI relative a materiali, apparecchiature, modalità di esecuzione, di conduzione e manutenzione delle opere relative a questo progetto. In mancanza di normativa nazionale saranno applicabili anche quelle emanate da Enti o Associazioni straniere, quali, nell'ordine, Euro Norme (EN), DIN, British Standard, Ashrae.

### **101.2 PROCEDURE PER IL COLLAUDO DEGLI IMPIANTI**

#### *101.2.a Generalità*

Scopo del presente capitolo é la definizione delle procedure di collaudo al fine di poter effettivamente stabilire che gli impianti oggetto dell'appalto vengano realizzati a perfetta regola d'arte, secondo le normative stabilite e forniscano le prestazioni definite nel progetto esecutivo e nelle relative specifiche.

In linea generale, ed a meno di indicazioni particolari da stabilire di volta in volta, saranno utilizzate per l'esecuzione dei collaudi, dove possibile, le normative italiane UNI, CEI, ISPESL ed USL.

Se per alcune parti dell'impianto o per interi impianti non fossero disponibili norme emesse dai sopracitati Enti sarà stabilito, in accordo con la Direzione dei Lavori, quali norme o procedure adottare.

Le operazioni di collaudo si suddividono in:

- prove in corso d'opera
- verifiche di rumorosità delle apparecchiature ed impianti
- collaudi di messa a punto, taratura ed avviamento (start-up) di tutte le apparecchiature
- collaudo provvisorio
- collaudi stagionali

#### *101.2.b Prove In Corso D'Opera*

Per tali collaudi si intendono tutte quelle operazioni di verifica e di controllo atte ad appurare che gli impianti ed i componenti vengano costruiti secondo le specifiche di riferimento, montati a perfetta regola d'arte e non vengano causati gravi inconvenienti o difetti che renderebbero problematico il successivo funzionamento degli impianti.

In particolare avremo:

Ispezioni e collaudi presso i subfornitori della Ditta Appaltatrice

La Direzione dei Lavori e/o il Collaudatore eventualmente nominato in corso d'opera potranno richiedere l'effettuazione di questo tipo di verifiche.

In tal caso la Ditta Appaltatrice, dovrà provvedere alle ispezioni e prove di apparecchiature o materiali presso i vari subfornitori, controfirmando la documentazione relativa al buon esito delle prove di accettazione che potranno essere presentate dai rappresentanti della Committente.

La presenza dei rappresentanti incaricati della Committente alle ispezioni e collaudi non libera minimamente la Ditta Appaltatrice dalle responsabilità assunte circa il buon funzionamento e la qualità dei componenti degli impianti.

All'atto del collaudo di ogni apparecchiatura o materiale, i subfornitori della Ditta Appaltatrice dovranno approntare anche una documentazione comprendente disegni esecutivi, schemi di funzionamento, manuali di istruzione, ecc.

Le modalità dei collaudi e certificati relativi saranno definite di volta in volta in funzione dei materiali da collaudare ed a titolo esemplificativo si indicano qui di seguito i normali collaudi validi per i materiali più usuali.

La documentazione di collaudo sarà trasmessa in duplice copia alla Committente, ed inserita poi nel dossier finale "as built".

a) Recipienti in pressione o sottoposti alle fiamme

Essendo tali materiali sottoposti alla regolamentazione I.S.P.E.S.L. le ispezioni ed i collaudi seguiranno quanto richiesto dai relativi funzionari. Il dossier di collaudo dovrà contenere i vari certificati timbrati e firmati dai rappresentanti I.S.P.E.S.L.

b) Apparecchiature

Sotto questa voce sono compresi tutti i macchinari operatori come pompe, ventilatori, compressori, chiller, condizionatori, eiettori, torri di raffreddamento, etc.

Le prove, se possibile, saranno in accordo con le norme UNI, ASHRAE ed ARI, ed in dettaglio avremo:

prova idraulica del corpo

controllo certificati dei materiali

"performance test" per il controllo dei dati contrattuali e visita interna dei vari componenti

omologazioni I.S.P.E.S.L. e/o marcature CE dove richiesto

c) Apparecchiature elettriche

Tutti i materiali elettrici saranno provati secondo le norme CEI.

d) Tubazioni

Saranno provate secondo le norme UNI e/o ANSI.

e) Valvole

prova idraulica e di tenuta del corpo

controllo certificati materiali

prova di tenuta dell'otturatore con aria

controllo efficienza molla (per valvole di sicurezza con relativo certificato I.S.P.E.S.L.)

f) Strumentazione

verifica della precisione

verifica dell'isteresi sul segnale di uscita

verifica della linearità

La documentazione conterrà i certificati di calibrazione per ogni strumento fornito e dove richiesto di omologazione I.S.P.E.S.L.

### 101.2.c Collaudi sull'impianto

Sono da considerare tutte le prove di tenuta (idrauliche, con aria, freon, etc.) i collaudi sui materiali e saldature (x-ray, liquidi penetranti, ecc.), le operazioni di lavaggio, soffiaggio ed asciugatura delle varie reti ed apparecchi, l'accoppiamento, allineamento e verifica delle macchine operatrici, la pretensione di compensatori e supporti a molla, ecc.

La Ditta Appaltatrice dovrà avvisare la Committente quando effettuerà tali lavori e dovrà compilare i relativi documenti di collaudo.

Queste prove devono essere eseguite prima della posa dell'isolamento e dell'inizio delle verniciature delle tubazioni ed apparecchi.

### 101.2.d Collaudi Di Messa A Punto, Taratura Ed Avviamento (Start-Up) Di Tutte Le Apparecchiature

Tutte le apparecchiature dovranno essere fatte funzionare per tutto il tempo necessario ad eseguire le tarature sui sistemi interessati.

Dovranno essere verificate tutte le portate, pressioni, temperature, ecc. dei vari fluidi circolanti negli impianti.

Dovranno essere fatte funzionare tutte le regolazioni e dovranno effettuarsi tutte le messe a punto e tarature necessarie onde ottimizzare il funzionamento delle stesse.

Tutti gli impianti dovranno essere fatti funzionare alle reali condizioni di esercizio e si dovrà verificare la reale efficienza dei sistemi.

La Ditta Appaltatrice dovrà avvisare la Committente quando effettuerà tali prove e dovrà compilare i relativi documenti di collaudo precisando procedure e normative utilizzate.

In particolare verranno indicate:

- portate aria diffusori, bocchette, ventilatori
- condizioni di funzionamento delle varie macchine (temperature, umidità relative, perdite di carico, etc.)
- condizioni termoisometriche e livelli di rumore nei vari locali
- potenze assorbite dai singoli motori
- prevalenze, perdite di carico, ecc. e allegate le relative registrazioni di controprova.

Per poter eseguire queste operazioni la Ditta Appaltatrice dovrà predisporre le opportune prese su macchine, canalizzazioni e filtri.

Assicuratasi così del corretto funzionamento degli impianti, la Ditta Appaltatrice potrà richiedere il collaudo provvisorio.

Il termine di questi collaudi di start-up viene considerato come corrispondente al termine dei lavori.

### 101.2.e Collaudi Stagionali

Per gli impianti di condizionamento e riscaldamento ambientali successivamente al collaudo provvisorio dovranno essere eseguiti i definitivi collaudi stagionali secondo le norme UNI relative (UNI 5364 - UNI 5104).

I collaudi non potranno essere iniziati prima di mesi due dall'occupazione dell'edificio e comunque dovranno essere rispettati i seguenti periodi:

- collaudo invernale: dal 01.01 al 28.02
- collaudo estivo: dal 25.06 al 30.08

A giudizio insindacabile della Committente potranno essere richiesti collaudi durante le mezze stagioni.

## 101.3 REQUISITI DELLE APPARECCHIATURE

### 101.3.a Generalità

Tutte le apparecchiature ed i materiali impiegati per la realizzazione degli impianti dovranno essere provvisti di marchiatura CE, che ne attesti la conformità alle normative vigenti sul territorio comunitario; inoltre le varie apparecchiature impiegate dovranno essere munite delle specifiche omologazioni previste dalle vigenti normative per i vari settori.

### 101.3.b TERMINALI AD ACQUA DEGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE

#### Ventilconvettori

I ventilconvettori saranno atti a trattare aria di ricircolo, provvedendo a:

- in inverno: alla filtrazione e al riscaldamento dell'aria;
- in estate: alla filtrazione ed alla ventilazione.
- nelle stagioni intermedie: alla filtrazione ed alla ventilazione.

I ventilconvettori dovranno essere costituiti da:

- mobile di contenimento in lamiera verniciata a caldo nel colore indicato dalla Direzione Lavori con rivestito internamente con materiale coibente e fonoassorbente; il mobile dovrà essere del tipo smontabile per consentire una facile ispezione interna ed un facile accesso a tutte le parti meccaniche ed elettriche. Il mobile dovrà essere corredato di griglie di mandata in materiale plastico, costituite da elementi componibili ed orientabili. Nel caso il ventilconvettore sia del tipo per l'installazione verticale dovrà essere inoltre corredato di piedini d'appoggio per sistemazione a pavimento e di pannello di chiusura posteriore, verniciato nello stesso colore del mobile; nel caso, invece, che il ventilconvettore sia del tipo per l'installazione orizzontale dovrà essere provvisto di griglia di ripresa ad alette fisse in materiale plastico.

- batteria di scambio termico a tre ranghi con tubi di rame ed alettature in alluminio; nel caso di impianti a "4 tubi", dovrà essere prevista l'installazione di una batteria aggiuntiva ad un rango per il riscaldamento.

- bacinella raccolta condensa con relativo attacco per la rete di drenaggio.

- gruppo motoventilatore, costituito da uno o due ventilatori centrifughi a doppia aspirazione direttamente accoppiati a motori elettrici monofasi con avvolgimento per tensione 220V-50Hz su bronzine, di tipo estraibile per permettere facilmente smontaggio e sostituzione in caso di avaria.

- filtro dell'aria di grande superficie con materassino filtrante in materiale poliuretanico rigenerabile, completo di intelaiatura in alluminio costruito in modo da avere una rapida estrazione dal mobiletto.

- valvole d'intercettazione a sfera.

- isolamento antistillicidio degli attacchi.

Gli apparecchi saranno asserviti a termostati ambiente elettronici agenti sul ventilatore, secondo le indicazioni di progetto per offrire un buon controllo della temperatura ambiente. Inoltre sarà possibile una emissione termica a più livelli mediante regolazione della velocità del termoventilatore.

I ventilatori, funzionando a velocità media, non dovranno superare l'indice NR38 quando la misura viene effettuata secondo la norma ISO R 495.

### 101.3.c TUBAZIONI E COLLETTORI

#### Materiali

**Tubazioni In Acciaio Nero**

Le tubazioni dovranno essere realizzate in acciaio nero in esecuzione senza saldatura longitudinale (Sistema Mannesmann) nella serie leggera prevista dalla UNI 8863/87.

Le giunzioni saranno generalmente con saldature o dove specificatamente richiesto saranno usate giunzioni con flange. Tutti i raccordi dovranno essere di spessore identico a quello dei tubi. Le saldature saranno eseguite con metodo ad arco o ossiacetilenico.

La raccorderia sarà di tipo unificato, con estremità a saldare per saldatura autogena all'arco elettrico o al cannello ossiacetilenico. I tratti da saldare dovranno essere perfettamente allineati e posti in asse e la saldatura dovrà avvenire in più passate (almeno due) previa preparazione dei lembi con smusso a "V".

Tutte le variazioni di diametro dovranno essere realizzate con tronchi di raccordo conici, con angolo di conicità non superiore a 15°. Per quanto riguarda le curve non è ammesso di piegare direttamente il tubo. I raccordi di riduzione nelle tubazioni orizzontali saranno di tipo eccentrico per mantenere il fondo dei due tubi continui allo stesso livello.

**Tubazioni in rame**

Le tubazioni in rame dovranno essere secondo UNI EN 1057:2006, serie pesante, spessore 1 mm fino a diametri esterni pari a 18 mm e spessore 1,5 mm per diametri fino a 42 mm.

Le tubazioni saranno fornite in rame crudo in verghe; possono essere fornite in rame ricotto fino al diametro esterno 15 (16) mm.

Quando sono utilizzate per convogliare acqua calda uso riscaldamento o acqua di consumo le tubazioni possono essere del tipo preisolato. In tal caso l'isolamento deve essere in materiale sintetico espanso in tubo flessibile rispondente a quanto prescritto successivamente. Il tubo flessibile deve inoltre essere protetto esternamente con pellicola di alluminio goffrato.

La raccorderia ed i pezzi speciali sono in rame, ottenuti da tubi, predisposti per giunzione a brasatura, di tipo prefabbricato. Non sono ammessi pezzi speciali realizzati in sede di montaggio. Deve quindi essere disponibile, nei diametri assoluti e relativi, l'intera gamma di: manicotti semplici e ridotti, curve a 90° e 45°, gomiti, tees, ecc..

Le giunzioni saranno realizzate mediante brasatura capillare all'argento e impiego della raccorderia

**Tubazioni In Acciaio Multistrato**

Il tubo multistrato è composto da un tubo interno in polietilene reticolato, uno strato legante, uno strato intermedio in alluminio saldato di testa longitudinalmente, uno strato legante e uno strato di protezione in polietilene ad alta densità.

Le tubazioni devono rispondere alle prescrizioni igienico-sanitarie del Ministero della Sanità relative a manufatti destinati a venire a contatto con sostanze alimentari.

Raccordi e pezzi speciali devono essere tutti di tipo prefabbricato, a catalogo del costruttore del tubo. Non sono ammessi pezzi speciali realizzati in sede di montaggio. Deve essere quindi disponibile nei diametri assoluti e relativi, l'intera gamma di: gomiti flangiati, gomiti maschio e femmina, raccordi a T uguali e ridotti, giunti di collegamento, riduzioni, raccordi diritti filettati maschio o femmina, raccordi svitabili conici, ecc.

Le giunzioni sono effettuate pressando direttamente il tubo sul raccordo con le apposite attrezzature omologate del sistema.

Le istruzioni del fabbricante contenute nelle apposite schede tecniche, riguardo il montaggio e la posa in opera, devono essere scrupolosamente osservate

**Posa in opera**

Le tubazioni dovranno essere collegate ben dritte a squadra. Dovranno essere previsti punti di dilatazione (preferibile l'autocompenso) e punti fissi in relazione al percorso, alla lunghezza dei vari tratti ed alle escursioni di temperature.

Nel montaggio si dovranno realizzare le opportune pendenze. Tutte le colonne verticali dovranno essere fissate in modo da evitare carichi di punta o torsioni.

Le tubazioni collegate a tutte le apparecchiature dovranno essere supportate in modo da evitare sforzi eccessivi, deformazioni nel collegamento e consentire la rimozione delle apparecchiature in modo agevole e senza richiedere supporti provvisori ad avvenuto smontaggio.

Negli attraversamenti di strutture, si dovranno predisporre spezzoni di tubo zincato o acciaio verniciati atti a consentire all'interno di essi il libero passaggio delle tubazioni ivi compreso il rivestimento isolante previsto; per finitura saranno installate rosette in acciaio cromato. Tale finitura non necessari nei locali tecnici.

**Staffaggi e supporti**

Tutti gli staffaggi, i sostegni e gli ancoraggi dovranno essere eseguiti in profilati di acciaio fissati saldamente alle strutture senza arrecare danno a queste ultime. Tutte le staffe saranno verniciate con antiruggine e una seconda mano a finire di colore diverso. I supporti scorrevoli saranno del tipo a rulli con perni in acciaio inox e boccale autolubrificanti; per diametri inferiori a 1"1/2 sarà ammesso l'appoggio senza rullo. Le tubazioni avranno un opportuno distanziatore, che potrà essere del tipo a T o a scarpa, saldato al tubo. Per le tubazioni coibentate i supporti saranno come riportato nella specifica "Isolamento coibente tubazioni".

Le guide saranno come i supporti scorrevoli ed inoltre dovranno impedire i movimenti laterali delle tubazioni consentendo solo lo spostamento assiale. La sospensione delle tubazioni potrà essere effettuata anche con collari pensili regolabili tipo LA POLITERMICA.

Per ancoraggi multipli si dovrà impiegare l'apposito profilato. I punti fissi dovranno essere realizzati con profilati in ferro saldati ai tubi e rigidamente collegati ad una struttura fissa.

I supporti e gli ancoraggi dovranno essere disposti ad un interasse idoneo in rapporto al peso delle tubazioni.

Supporti dovranno essere previsti in prossimità di valvole cambiamenti di direzione od altri apparecchi che possono dar luogo a flessioni. Nell'installazione di compensatori di dilatazione i supporti saranno come raccomandati dal fabbricante.

Nelle installazioni in cui il peso delle tubazioni dopo le eventuali dilatazioni termiche non debba gravare sulle apparecchiature si dovranno impiegare supporti a molla a carico costante oppure variabile secondo le necessità del caso, in modo da scaricare il peso sulle strutture in qualunque condizione di esercizio.

**Accessori, finitura, protezioni**

Tutti i punti alti delle reti di distribuzione dovranno essere dotati di barilotti di sfogo d'aria realizzati con tubo d'acciaio, con fondi bombati,

tubo di sfogo e rubinetto a maschio o a sfera riportato a circa 1,6 m dal pavimento.

Tutti i punti bassi dovranno essere dotati di dispositivi di scarico e spurgo. Le tubazioni di spurgo e sfogo dovranno avere scarico visibile ed essere convogliate entro ghiotta di raccolta e quindi portate allo scarico più vicino.

Nei casi in cui non sia ammesso (per estetica) avere tubazioni in vista saranno incassati entro le strutture ed in prossimità dei rubinetti e collettori di raccolta sarà installata una cassetta di contenimento dotata di pannello asportabile per l'ispezione.

Sotto ogni valvola od accessorio che possa dare origine a gocciolamenti dannosi alle strutture sarà installata una bacinella di protezione con scarico simile a quello previsto per gli sfati.

Tutte le tubazioni e staffaggi dovranno essere spazzolate e verniciate con due mani di antiruggine di diverso colore dopo che stata completata la loro installazione.

Per le tubazioni in vista e non coibentate sarà prevista una terza mano di colore conforme alla Norma UNI 5634 - 65P per l'identificazione della natura del fluido convogliato.

Sulle tubazioni coibentate dovranno essere installate fasce colorate (al massimo ogni 6 m) e frecce direzionali per l'identificazione del fluido come detto sopra.

Una o più pannelli riportati i colori con l'indicazione dei corrispondenti fluidi dovrà essere installata nelle centrali e nei punti in cui può essere necessario o richiesto dalla D.L.

Nei collegamenti tra tubazioni di materiale diverso dovranno essere impiegati dei giunti dielettrici per prevenire la corrosione galvanica.

Il costo degli staffaggi, pezzi speciali ed accessori (sfati, scarichi, ecc.) e della verniciatura delle tubazioni e dei supporti sarà compreso nel costo unitario della tubazione in opera.

#### Compensatori di dilatazione

Nelle distribuzioni e nel collegamento dei tubi ai supporti ed ancoraggi si dovrà tenere conto delle dilatazioni delle tubazioni.

Ove possibile, tali movimenti saranno assorbiti dalle curve e dal tracciato dei tubi, ed i supporti dovranno essere previsti in tal senso.

Ove necessario, saranno installati dei compensatori di dilatazione lineare, di tipo assiale, plurilamellati in acciaio inox AISI 3041, con estremità flangiate

Per l'installazione saranno previsti opportuni punti fissi, guide e rullini di scorrimento delle tubazioni.

I giunti saranno completi di controflange, guarnizioni e bulloni.

#### Collettori Complanari

Saranno eseguiti in tubo di rame o in ottone, in corpo unico o componibile.

Gli attacchi di testa saranno da 3/4" (oppure, se necessario, in funzione del diametro delle tubazioni relative, da 1") filettati femmina; quelli laterali saranno da 3/8" (oppure, se necessario, in funzione del diametro delle tubazioni relative, da 1/2"), filettati maschio.

Saranno completi di tutta la raccorderia necessaria (sia per gli attacchi di testa che per quelli laterali) per il collegamento alle tubazioni in arrivo e in partenza.

Gli attacchi laterali o di testa non utilizzati dovranno essere dotati di tappi di chiusura.

Nel caso i collettori debbano essere installati incassati nel muro, saranno completi di cassetta d'ispezione in lamiera zincata, con coperchio anteriore apribile a cerniera e provvisto di feritoie di aerazione.

I collettori dovranno essere corredati di valvole a sfera del tipo a passaggio totale, con leva a farfalla, di diametro corrispondente a quello del collettore; sugli attacchi liberi di testa dei collettori dovranno essere montati rubinetti di sfato-scarico con portagomma 3/8".

I collettori saranno isolati con nastro di neoprene espanso autoadesivo di spessore 3 mm circa in più strati fino ad ottenere uno spessore globale di circa 1 cm.; saranno ammessi, previa approvazione della D.L., altri tipi di isolamento che, qualora i collettori siano attraversati da acqua fredda o refrigerata, garantiscano assenza di condensazione e/o gocciolamenti.

#### *101.3.d VALVOLAME, FILTRI, COMPENSATORI ED ALTRI ACCESSORI*

Tutto il valvolame flangiato dovrà essere fornito sempre completo di controflange, guarnizioni e bulloni (il tutto compreso nel prezzo unitario). Qualora delle valvole filettate servano ad intercettare un'apparecchiatura per consentirne lo smontaggio, il collegamento fra apparecchiatura e valvola dovrà avvenire mediante giunti a tre pezzi, in ogni caso (sia per valvolame flangiato che filettato) qualora i diametri delle estremità delle valvole e quelli delle tubazioni in cui esse vanno inserite o quelli delle apparecchiature da intercettare siano diversi, verranno usati dei tronchetti conici di raccordo in tubo di acciaio (o di materiale adeguato), con conicità non superiore a 15 gradi. I rubinetti a maschio non sono ammessi, al loro posto usare valvole a sfera.

#### **Valvola Di Intercettazione In Ghisa A Corpo Piatto**

Saranno in ghisa a corpo piatto, adatte per acqua fredda e calda (max. 200 °C), con corpo, coperchio e cuneo in ghisa GG 25, asta e sedi di tenuta in acciaio inox.

Le valvole dovranno avere pressione nominale (PN) idonea alla necessità e/o richiesta, e comunque non inferiore a PN 6.

Le valvole che saranno del tipo con attacchi flangiati, dovranno essere corredate di idonee controflange, guarnizioni e bulloni.

#### **Valvola Di Intercettazione E Regolazione In Ghisa A Flusso Avviato Esente Da Manutenzione**

Saranno in ghisa a flusso avviato del tipo esenti da manutenzione, adatte per acqua fredda e calda (max. 120 °C), con corpo e coperchio in ghisa GG 25, tenuta morbida con tappo in ghisa GG 25 rivestito in gomma (EPDM), , tenuta verso l'esterno con anello (O-Ring) fra corpo e coperchio, volantino non salente.

Le valvole dovranno avere pressione nominale (PN) idonea alla necessità e/o richiesta, e comunque non inferiore a PN 16.

Le valvole che saranno del tipo con attacchi flangiati, dovranno essere corredate di idonee controflange, guarnizioni e bulloni.

#### **Valvola Di Intercettazione In Acciaio Inox A Flusso Avviato**

Saranno del tipo a flusso avviato, adatte per acqua fredda e calda (max. 120 °C), con corpo, coperchio, cuneo, asta e sedi di tenuta a soffietto in acciaio inox.

Le valvole dovranno avere pressione nominale (PN) idonea alla necessità e/o richiesta, e comunque non inferiore a PN 25.

Le valvole che saranno del tipo con attacchi flangiati, dovranno essere corredate di idonee controflange, guarnizioni e bulloni.

#### **Valvola Di Intercettazione In Ghisa A Farfalla**

Le valvole a farfalla saranno di tipo a wafer, adatte per acqua fredda e calda (max. 130 °C), con corpo ed otturatore in ghisa GGG 40, asta in acciaio inox, anello di tenuta in EPDM, leva e dispositivo di bloccaggio in duralluminio.

Le valvole dovranno avere pressione nominale (PN) idonea alla necessità e/o richiesta, e comunque non inferiore a PN 16.

Le valvole che saranno del tipo con attacchi flangiati, dovranno essere corredate di idonee controflange, guarnizioni e bulloni.

#### Valvola Di Intercettazione In Ghisa A Globo

Le valvole a globo saranno del tipo in ghisa con tenuta a soffietto, adatte per vapore, condensa, olio diatermico ed acqua (max. 200 °C), con corpo e coperchio in ghisa GG 25, otturatore, stelo e soffietto in acciaio inox, guarnizioni di tenuta in grafite lamellare rinforzata, leva e dispositivo di bloccaggio in duralluminio.

L'accoppiamento tra corpo e coperchio sarà del tipo flangiato per consentire la verifica e la manutenzione degli organi interni.

Le valvole dovranno avere pressione nominale (PN) idonea alla necessità e/o richiesta, e comunque non inferiore a PN 16.

Le valvole che saranno del tipo con attacchi flangiati, dovranno essere corredate di idonee controflange, guarnizioni e bulloni.

#### Valvola Di Intercettazione Per Acqua Fredda e Calda In Bronzo Sbiancato A Sfera

Le valvole a sfera saranno del tipo a passaggio totale, adatte per acqua fredda e calda (max. 120 °C), costituite da corpo in bronzo sbiancato, albero in ottone, sfera in acciaio inox, guarnizioni in PTFE e leva di comando in duralluminio.

Nei casi in cui è prevista la coibentazione dovrà essere installata una prolunga dell'albero (compresa nello stesso prezzo).

La prolunga dovrà essere in acciaio inox o zincato.

Le valvole saranno del tipo con attacchi filettati fino a diametri di 2", e con attacchi flangiati per diametri superiori; in questo caso dovranno essere corredate di idonee controflange, guarnizioni e bulloni.

#### Valvola Di Ritegno In Ghisa A Battente

Le valvole di ritegno saranno del tipo a battente (clapet), adatte per fluidi, gas e vapore fino a 225 °C, con corpo ed otturatore in ghisa GG 25, chiusura in ottone, sedi di tenuta in ottone o bronzo.

Le valvole dovranno avere pressione nominale (PN) idonea alla necessità e/o richiesta, e comunque non inferiore a PN 10.

Le valvole che saranno del tipo con attacchi flangiati, dovranno essere corredate di idonee controflange, guarnizioni e bulloni.

#### Valvola Di Ritegno In Ottone Tipo "Europa"

Le valvole di ritegno tipo Europa, adatte per acqua fredda e calda (max. 130 °C), saranno con corpo in ottone stampato, otturatore in nylon rinforzato, guide otturatore e molla in acciaio inox.

Le valvole saranno del tipo con attacchi filettati.

#### Filtri In Ghisa A Y

I filtri saranno del tipo adatti per vapore, condensa ed acqua (max. 300 °C), con corpo e coperchio in ghisa GG 22 e cella filtrante a rete in acciaio inox AISI 316 L.

L'accoppiamento tra corpo e coperchio sarà del tipo flangiato per consentire la verifica e la manutenzione degli organi interni.

I filtri dovranno avere pressione nominale (PN) idonea alla necessità e/o richiesta, e comunque non inferiore a PN 16.

I filtri saranno del tipo con attacchi filettati fino a diametri di 2", e con attacchi flangiati per diametri superiori; in questo caso dovranno essere corredate di idonee controflange, guarnizioni e bulloni.

#### Compensatori Assiali in acciaio

I compensatori assiali saranno del tipo adatto per spostamenti assiali, tensioni, vibrazioni ed inesattezze di montaggio, adatte con soffietto in acciaio inox ad uno o più strati (secondo DIN 1.4541), attacchi da saldare fino a diametri di 1", e con attacchi flangiati girevoli per diametri superiori; in questo caso dovranno essere corredate di limitatore di corsa, idonee controflange, guarnizioni e bulloni.

I compensatori dovranno avere pressione nominale (PN) idonea alla necessità e/o richiesta, e comunque non inferiore a PN 16.

#### Compensatori Assiali in Gomma

I compensatori in gomma saranno del tipo adatto per collegamenti elastici delle tubazioni soprattutto per l'assorbimento di tensioni, oscillazioni, inclinazioni, vibrazioni e per l'attenuazione di deformazioni, adatti per acqua fredda e calda (max. 90 °C), con canotto ad ondulazione sferica, pareti con anima interna e superfici esterne in gomma ad alto spessore.

I compensatori in gomma saranno del tipo con attacchi filettati in bronzo fino a diametri di 1½", e con attacchi flangiati per diametri superiori; in questo caso dovranno essere corredate di limitatori di corsa, idonee controflange, guarnizioni e bulloni.

I compensatori dovranno avere pressione nominale (PN) idonea alla necessità e/o richiesta, e comunque non inferiore a PN 16.

### 101.3.e COIBENTAZIONI

Tutti gli isolamenti dovranno essere realizzati in conformità a quanto prescritto dalle vigenti normative in materia di contenimento dei consumi energetici.

La conduttività dei materiali isolanti sarà, in conformità con le suddette normative, di 0,040 W/m°C con temperatura di 40 °C.

Qualora la conduttività termica dei materiali impiegati sia diversa da quella necessaria per gli spessori di Legge, sarà onere e cura della Ditta adeguare gli spessori a proprie spese, senza aumento di prezzo alcuno.

La Ditta dovrà fornire apposita documentazione di calcolo degli spessori impiegati in base al materiale prescelto.

Gli spessori indicati negli elaborati di progetto si intenderanno sempre misurati in opera.

Si fa presente che la D.L. potrà rifiutare gli isolamenti che, già eseguiti, fossero realizzati senza seguire accuratamente quanto prescritto o comunque non a perfetta regola d'arte, e ciò con particolare riferimento agli incollaggi e sigillature degli isolanti; si consiglia quindi la Ditta a sottoporre campioni di esecuzione alla Direzione Lavori.

### 101.3.f Coibentazione Di Tubazioni E Serbatoi

I materiali coibenti a contatto con le tubazioni dovranno presentare stabilità dimensionale e funzionale alle temperature di esercizio dei fluidi e per la durata dichiarata dal produttore.

I materiali coibenti dovranno essere imputrescibili ed avere grado di reazione al fuoco non superiore alla classe 1; i due requisiti dovranno essere attestati mediante apposite certificazioni di laboratori autorizzati.

I materiali isolanti non dovranno essere applicati fino a quando siano state eseguite le prove di tenuta degli impianti e tutti i materiali estranei come ruggine, scorie o sporco siano stati rimossi e le superfici siano verniciate, pulite ed asciutte.

I materiali coibenti da impiegare potranno essere:

- materassino di lana di vetro a fibra lunga leggermente apprettato con resine termoindurenti, ed incollato su foglio di carta kraft (o alluminata); il materassino sarà posto in opera con nastro avvolto, della stessa casa costruttrice, lungo le giunzioni ed avvolto poi con cartone ondulato catramato (solo per tubazioni di acqua fredda) e rete in filo di ferro zincato.
- coppelle di lana di vetro a fibra lunga apprettata con resine termoindurenti; le coppelle saranno poste in opera avvolte con carta canettata o cartone ondulato catramato (con funzione di barriera anticondensa per tubazioni di acqua fredda) e rete in filo di ferro zincato
- guaine flessibili (lastra per i diametri più elevati) a base di gomma sintetica estrusa a cellule chiuse; le guaine saranno poste in opera incollate al tubo ed alle testate (per una lunghezza di almeno cm. 5) e lungo le giunzioni con collante.
- Le giunzioni inoltre, verranno sigillate con nastro adesivo dello spessore di circa mm. 3 della stessa ditta produttrice dell'isolante, costituito da impasto di prodotti catramosi e sughero, il tutto previa accurata pulitura delle superfici; non è ammesso l'uso di nastro adesivo normale (in carta, tela o p.v.c.) e nemmeno di nastro adesivo in neoprene.
- Se necessario, per raggiungere gli spessori richiesti, l'isolamento sarà in doppio strato, a giunti sfalsati.
- guaine flessibili (lastra per i diametri più elevati) di elastomero a base di polietilene espanso a cellule chiuse; posto in opera con le stesse modalità dell'isolante di cui al punto C. Questo tipo di isolamento sarà ammesso solo per tubazioni di piccolo diametro, poste sottotraccia nelle murature o pavimenti.
- coppelle di polistirolo espanso a bassa emissione di gas tossici con densità non inferiore a 20 kg/mc.; le coppelle saranno poste in opera incollate lungo le giunzioni con apposito mastice bituminoso o simile e sigillate all'esterno lungo le giunzioni stesse mediante spalmatura dello stesso mastice.

N.B. Per le tubazioni convoglianti acqua refrigerata non è ammesso, se non come isolamento supplementare, l'uso di isolamenti tipo A e B.

La barriera al vapore per le tubazioni d'acqua refrigerata (se necessaria e/o richiesta) sarà realizzata esclusivamente con spalmatura esterna di due mani di prodotto bituminoso, alternate a stesura di due strati di telo di lana di vetro; la barriera al vapore dovrà essere assolutamente continua e, sulle eventuali testate delle coppelle, dovrà coprire anche le testate stesse, fino al tubazione.

#### Isolamento delle tubazioni percorse da fluidi caldi

Come già detto in precedenza, tutti gli isolamenti dovranno essere realizzati in conformità a quanto prescritto dalle vigenti normative in materia di contenimento dei consumi energetici.

L'isolamento per tubazioni percorse da vapore od acqua surriscaldata avranno spessore non inferiore a mm. 50.

L'isolamento dovrà essere continuo e non sono ammesse discontinuità di nessun genere; nei punti in cui la tubazione sarà appoggiata alle staffe di sostegno, si dovrà interporre (qualunque sia il tipo di materiale isolante prescelto) una coppella rigida di sughero o altro materiale idoneo approvato dalla Direzione Lavori per una lunghezza di circa 25 ÷ 30 cm., la quale, a sua volta appoggerà su di una sella in lamiera di lunghezza inferiore di qualche centimetro. Il tutto sarà fasciato con idonea barriera al vapore e finitura come di seguito descritta.

In alternativa, vi dovrà essere un opportuno distanziatore del tipo a T o a scarpa saldato al tubo e sporgente dall'isolamento termico; l'isolamento dovrà essere accuratamente finito intorno a tale distanziatore.

#### Isolamento delle tubazioni percorse alternativamente da fluidi caldi e freddi

Lo spessore minimo delle coibentazioni espresso in mm. da applicarsi alle tubazioni percorse alternativamente da fluidi caldi e freddi, in funzione di un coefficiente di conducibilità termica ( $\lambda$ ) = 0,040 W/m°C a 40 °C, dovrà corrispondere ai valori riportati nella seguente tabella:

Diametro	Tubi esterni o in vista in locali non climatizzati	Tubi in traccia in strutture affacciate su locali non climatizzati o su strutture esterne	Tubi in traccia in strutture affacciate su locali climatizzati
1/2"	32	19	13
3/4"	32	20	13
1"	40	20	13
1 1/4"	40	20	13
1 1/2"	40	24	13
2"	58	30	19
2 1/2"	58	30	19
3"	60	30	19
4"	60	30	19

L'isolamento dovrà essere continuo e non sono ammesse discontinuità di nessun genere; nei punti in cui la tubazione sarà appoggiata alle staffe di sostegno, si dovrà interporre (qualunque sia il tipo di materiale isolante prescelto) una coppella rigida di sughero o altro materiale idoneo approvato dalla Direzione Lavori per una lunghezza di circa 25 ÷ 30 cm., la quale, a sua volta appoggerà su di una sella in lamiera di lunghezza inferiore di qualche centimetro. Il tutto sarà fasciato con idonea barriera al vapore e finitura come di seguito descritta.

#### Isolamento delle tubazioni di acqua fredda ad uso sanitario e di scarico condensa

L'isolamento antistillicidio delle tubazioni potrà essere eseguito con una qualsiasi coibentazione già descritta ai p.ti A, B, C, D ed E precedenti, avente spessore minimo pari a mm. 6 per le tubazioni interne e pari a mm. 15 per quelle esterne.

#### Coibentazione Delle Valvole, Delle Pompe, Dei Filtri, etc.

Le coibentazioni delle valvole, delle pompe, dei filtri ad Y, dei giunti di dilatazione e simili dovrà essere realizzata con gli stessi materiali utilizzati per l'isolamento delle tubazioni.

Nel solo caso di tubazioni isolate con gomma sintetica estrusa o polietilene espanso, potrà venire usato nastro apposito, dello spessore di alcuni millimetri, costituito da un impasto di prodotti bituminosi e granuli di sughero, disposto in più strati, fino a raggiungere uno spessore pari a quello dell'isolamento della tubazione.

La finitura esterna dell'isolamento sarà dello stesso tipo di quella delle relative tubazioni, realizzata in modo da poter essere facilmente

smontata senza distruggerla (gusci chiusi con clips); se richiesto, l'isolamento dei componenti dei circuiti di acqua refrigerata, sarà realizzato con gusci di alluminio, entro i quali verrà schiumato in loco del poliuretano espanso.

In ogni caso l'isolamento (e la relativa finitura) di valvolame, filtri, etc., dovrà essere realizzato, ove sussistano pericoli di condensa (acqua fredda e/o refrigerata) e nel caso di apparecchiature soggette a pioggia o a gocciolamenti, in modo da essere assolutamente stagno, impermeabile all'acqua ed al vapore, ricorrendo esclusivamente all'uso di sigillanti siliconici o poliuretanici di tutti i punti ove ciò sia necessario.

#### 101.3.g FINITURA SUPERFICIALE DELLE COIBENTAZIONI

##### Finitura In Fogli Di P.v.c.

Rivestimento superficiale delle coibentazioni con guaina in p.v.c. autoestinguente non plastificato (tipo isogenopak o similare) dello spessore di mm. 0,35; il rivestimento dovrà essere del tipo con bordi a sovrapporre preadesivizzati o, in alternativa, sigillato lungo le giunzioni con apposito collante fornito dalla stessa casa costruttrice.

Tutte le curve, le diramazioni a T, etc. dovranno essere rivestite con i pezzi speciali disponibili in commercio, posti in opera con le stesse modalità.

Sulle testate dovranno essere installati appositi collarini di tenuta in alluminio.

##### Finitura In Lamierino Di Alluminio

Rivestimento superficiale delle coibentazioni con gusci in lamierino di alluminio dello spessore di 6/10 mm.

Il lamierino di alluminio, eseguito per le tubazioni, sarà a tratti cilindrici tagliati lungo una generatrice; il fissaggio lungo la generatrice avverrà mediante viti autofilettanti in materiale inattaccabile agli agenti atmosferici, previa ribordatura e sovrapposizione del giunto.

Tutte le curve, le diramazioni a T, etc., dovranno essere anch'esse rivestite in lamierino di alluminio eventualmente realizzati a settori.

Anche per i serbatoi, scambiatori, etc., il lamierino dovrà essere a settori, fissati con viti autofilettanti-rivetti (almeno per quanto riguarda i fondi); non è in alcun caso consentita la finitura dei fondi sferici con lamierini in pezzi unici.

In ogni caso, per tubazioni convoglianti acqua fredda o refrigerata, i collarini di tenuta dovranno essere installati dopo aver accuratamente sigillato tutta la testata dell'isolamento con la barriera al vapore o con apposito sigillante.

Per le apparecchiature soggette ad ispezione come le valvole, pompe, filtri ecc. si dovrà installare una scatola di alluminio incernierata e con chiusure a leva, facilmente smontabile senza danneggiare la parte rimanente della coibentazione; le cerniere e la chiusura dovranno essere in materiale anticorrosivo. La manovra delle apparecchiature non dovrà danneggiare in alcun modo la finitura in alluminio.

Per le finiture di tubazioni, serbatoi ecc. correnti all'esterno dovrà essere eseguita la sigillatura dei gusci mediante mastice a base di siliconi onde evitare infiltrazioni di acqua.

#### 101.3.h STAFFAGGI

Lo staffaggio degli impianti sarà conforme secondo quanto previsto dal D.M. 17 gennaio 2018 ai punti 7.2.4, 7.3.6.3, 7.3.7.3

Saranno eseguiti in profilati metallici fissati saldamente alle strutture senza compromettere queste ultime.

Tutte le staffe saranno verniciate con una prima mano di antiruggine ed una seconda mano con un colore di finitura.

Le tubazioni di diametro superiore a 2" saranno dotate di supporti scorrevoli del tipo a rulli con perni in acciaio inox e boccole autolubrificanti; per diametri inferiori è ammesso l'appoggio senza rullo

Le tubazioni nude saranno dotate di distanziatore a T, saldato al tubo; le tubazioni coibentate saranno dotate di supporti "a sella".

Le guide, come i supporti scorrevoli, dovranno impedire i movimenti laterali delle tubazioni consentendo solo lo spostamento assiale.

I tubi sospesi potranno essere ancorati con collari pensili in acciaio zincato a caldo, di tipo regolabile e dotati di fascia di isolamento in EPDM tipo HILTI MP-MI o similari, installati negli appositi profilati in acciaio zincato a caldo tipo HILTI MQ-HDG o similari.

Supporti ed ancoraggi saranno disposti con interasse non superiore a quello della tabella seguente:

Diametro nominale (DN)	Distanza orizzontale (mt.)	Distanza verticale (mt.)
fino a 32	2	2,5
fino a 50	2,5	3,0
fino a 100	3,5	4,5
fino a 150	4,5	6,0
fino a 250	5,5	9,0
fino a 300	6,5	12
oltre 300	7,0	1,5

Le tubazioni saranno fissate a soffitto o sulle pareti mediante mensole o staffe e supporti apribili a collare. Se usate in impianti antincendio saranno rispettate altresì le normative specifiche di staffaggio previste nella normativa tecnica Uni cogente.

Tutti i supporti, indistintamente, saranno previsti e realizzati in maniera tale da non consentire la trasmissione di rumore e vibrazioni dalle tubazioni alle strutture impiegando materiali antivibranti.

I collari di fissaggio, le mensole e le staffe le barre filettate e gli ulteriori accessori, saranno in acciaio al carbonio Fe37, zincato a bagno.

Particolare attenzione dovrà essere prestata per l'ancoraggio dei punti fissi posti sulle tubazioni calde ed in particolare per acqua surriscaldata e vapore. Tali ancoraggi saranno adeguati alle spinte cui saranno sollecitati.

In ogni caso l'Appaltatore dovrà sottoporre a preventivo benessere della Direzione Lavori posizioni e spinte relative ai punti fissi.

Per le tubazioni convoglianti fluidi caldi/freddi saranno previsti supporti mobili. Tubazioni non coibentate potranno essere posate direttamente sui rulli. Per tubazioni calde/fredde da coibentare sarà necessario invece prevedere apposita sella di tipo approvato fra tubo e rullo, di altezza maggiore dello spessore dell'isolamento; non sarà ammessa l'interruzione del rivestimento coibente in corrispondenza dei sostegni.

Per le tubazioni fredde, i rulli saranno in PTFE. Le tubazioni recanti acqua refrigerata saranno possibilmente installate con supporti appesi e non appoggiati al fine di preservare le staffe dall'azione corrosiva della condensa.

Le selle dei supporti mobili dovranno avere una lunghezza tale da assicurare che essi, sia a freddo che a caldo, appoggino sempre sul rullo sottostante.

In prossimità ai cambiamenti di direzione del tubo occorrerà prestare particolare attenzione nella scelta della lunghezza del rullo, in considerazione dell'eventuale movimento del tubo nel senso trasversale al suo asse.

Tutte le canalizzazioni saranno staffate con sistemi antisismici calcolati e certificati da primaria azienda, come già definito per le tubazioni

idrauliche, mentre in corrispondenza dell'attraversamento dei giunti sismici saranno posizionati giunti flessibili in tessuto idoneo a resistere alla pressione richiesta dalle normali condizioni di esercizio. Dove necessario, ed accettato dalla Direzione Lavori, saranno usati supporti a pendolo. In ogni caso, tutti i supporti saranno preventivamente studiati, disegnati e sottoposti all'approvazione della Direzione Lavori. Non saranno accettate soluzioni improvvisate o che non tengano conto del problema della trasmissione delle vibrazioni, delle esigenze di realizzazione degli isolamenti (particolare cura dovrà essere posta nello staffaggio delle tubazioni di acqua fredda e refrigerata onde l'isolamento con barriera vapore possa essere fatto senza alcuna soluzione di continuità), dell'esigenza di ispezionabilità e sostituzioni, delle esigenze dettate dalle dilatazioni (punti fissi, guide, rulli, ecc.)

#### *101.3.i GIUNTI DI DILATAZIONE*

La libera dilatazione sarà permessa sia dal tracciato delle tubazioni sia da appropriati dispositivi (dilatatori ad omega, compensatori).

I punti fissi saranno previsti in prossimità dei raccordi agli apparecchi, e in tutti i punti dove si renda necessario.

Saranno disposti in modo da resistere agli sforzi nella direzione prevista senza permettere scivolamenti delle tubazioni a torsioni in altre direzioni. Saranno ottenuti con collari piatti, con flange o con altri sistemi efficienti; in caso di saldatura alle tubazioni questa dovrà essere del tipo elettrico.

I dilatatori ad omega o i compensatori saranno montati con una pretensione corrispondente alla meta' dello spostamento che devono compensare. Le dilatazioni dovranno prodursi senza sforzi che danneggino parti del sistema e senza provocare deformazioni permanenti.

Non sarà in ogni caso ammesso l'impiego di giunti con pressione di esercizio inferiore a PN 10.

### **NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

**Art. 102 IMPIANTO ELETTRICO**

Si rimanda all'Allegato 1.

**QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI****NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI****102.1 REQUISITI DI RISPONDE A NORME, LEGGI, REGOLAMENTI**

Gli impianti devono essere realizzati a regola d'arte, giusta prescrizione della Norma CEI 64-7 edizione terza pubblicazione 1998-07 e L. 1° marzo 1968, n. 186 e s.m.i.

Le caratteristiche degli impianti stessi, nonché dei loro componenti, devono corrispondere alle norme di legge e di regolamento vigenti alla data di presentazione del progetto-offerta ed in particolare essere conformi:

- alle prescrizioni di Autorità Locali, comprese quelle dei VV.FF.;
- alle prescrizioni e indicazioni dell'ENEL o dell'Azienda Distributrice dell'energia elettrica;
- alle prescrizioni e indicazioni della TELECOM;
- alle Norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano).
- alle seguenti norme:
  - D.P.R. 27/04/55 n.547.

Norme di prevenzione degli infortuni sul lavoro.

Legge 1.3.1968 n. 186

Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiatura, installazioni ed impianti elettrici ed elettronici.

Legge 18.10.1977 n. 791

Attuazione delle Direttive CEE 72/73 relative alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico.

Legge 5.3.1990 n. 46

Norme per la sicurezza degli impianti.

D.P.R. 6.12.1991 n. 447

Regolamento di attuazione della Legge n. 46/90

D.Lgs 19.9.1994 n. 626

Attivazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/270/CEE, e 90/679/CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro.

Norme CEI

CEI 64-8/1-7

Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua.

CEI 17-13/1

Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT)

CEI 17-43

Metodo per la determinazione delle sovratemperature, mediante estrapolazione, per le apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) non di serie (ANS)

CEI 11.1

Impianti elettrici con tensione superiore a 1kV

CEI 11.20

Impianti di produzione diffusa di energia elettrica fino a 3000 KW.

CEI 11.27

Esecuzione dei lavori su impianti elettrici tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e 1500V in corrente continua.

Circolare Ministero Interno, Direzione Generale Protezione Civile e Servizi Antincendi – 31.8.78, n. 31 MI.SA. (78) 11 – Norme di sicurezza per installazione di motori a combustione interna accoppiati a macchina generatrice elettrica o a macchina operatrice.

Lettera-circolare Ministero Interno 28/07/90 prot. N. 13148/4188 – Gruppi di cogenerazione costituiti da motori a combustione interna accoppiati a macchina generatrice elettrica o a macchina operatrice – Criteri per la concessione di deroghe.

**102.2 DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI E MISURE DI SICUREZZA**

Gli impianti elettrici da realizzare sono descritti in maniera sintetica.

I materiali e gli impianti sono illustrati nei disegni e relazioni di progetto sia per quanto riguarda le caratteristiche tecniche e di funzionamento sia per quanto riguarda percorsi, dimensioni delle linee e prestazioni delle apparecchiature.

**102.3 PRESCRIZIONI RIGUARDANTI I CIRCUITI**

Cavi e conduttori:

a) isolamento dei cavi:

i cavi utilizzati nei sistemi di prima categoria devono essere adatti a tensione nominale verso terra e tensione nominale ( $U_o/U$ ) non inferiori a 450/750V, simbolo di designazione 07. Quelli utilizzati nei circuiti di segnalazione e comando devono essere adatti a tensioni nominali non inferiori a 300/500V, simbolo di designazione 05. Questi ultimi, se posati nello stesso tubo, condotto o canale con cavi previsti con tensioni nominali superiori, devono essere adatti alla tensione nominale maggiore;



cavidotti (quello maggiore, avendo più cavidotti);

In ogni caso per la profondità di posa sarà seguito il concetto di avere il cavidotto (o i cavidotti) posti sufficientemente al sicuro da possibili scavi di superficie per riparazioni ai manti stradali o cunette eventualmente soprastanti, o movimenti di terra nei tratti a prato o giardino.

I cavidotti per la posa interrata saranno del tipo in PEAD stabilizzato ai raggi U.V. corrugato a parete interna liscia, conformi alle Norme CEI EN 50086-1 (CEI 23-39).

Le tubazioni dovranno risultare coi singoli tratti uniti tra loro o stretti da collari o flange, onde evitare discontinuità nella loro superficie interna.

Il diametro interno della tubazione dovrà essere quello previsto in progetto e comunque non inferiore ad 1,3 rispetto al diametro del cavo o del cerchio circoscrivente i cavi, sistemati a fascia.

Per l'infilaggio dei cavi, si dovranno avere adeguati pozzetti sulle tubazioni interrate ed apposite cassette sulle tubazioni non interrate.

Il distanziamento fra tali pozzetti e cassette sarà da stabilirsi in rapporto alla natura ed alla grandezza dei cavi da infilare. Tuttavia, per cavi in condizioni medie di scorrimento e grandezza, il distanziamento resta stabilito di massima:

ogni m. 30 circa se in rettilineo;

ogni m. 15 circa se con interposta una curva.

I cavi non dovranno subire curvature di raggio inferiore a 15 volte il loro diametro.

#### **102.6 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI**

Devono essere protette contro i contatti indiretti tutte le parti metalliche accessibili dell'impianto elettrico e degli apparecchi utilizzatori, normalmente non in tensione ma che, per cedimento dell'isolamento principale o per altre cause accidentali, potrebbero trovarsi sotto tensione (masse).

Per la protezione contro i contatti indiretti ogni impianto elettrico deve avere un proprio impianto di terra.

A tale impianto di terra devono essere collegati tutti i sistemi di tubazioni metalliche accessibili destinati ad adduzione, distribuzione e scarico delle acque, nonché tutte le masse metalliche accessibili di notevole estensione esistenti nell'area dell'impianto elettrico utilizzatore stesso.

#### **NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**