












| <br>Agenzia per la Coesione Territoriale  |    | PATTO PER LO SVILUPPO PER LA CITTA' DI VENEZIA<br>Delibera CIPE 56/2016 (17A02402) G.U.n.79 del 4.4.2017<br>Fondo per lo Sviluppo e la Coesione FSC 2014-2020  |  Fondo per lo Sviluppo e la Coesione   |  Città metropolitana di Venezia            |          |      |       |       |           |            |   |          |
|--|--|--|--|--|----------|------|-------|-------|-----------|------------|---|----------|
| <br><br>DIREZIONE LAVORI PUBBLICI<br>Settore Edilizia Comunale e Scolastica<br>Servizio Edilizia Sportiva, Magistratura e Sedi Terraferma   | Area : Punta S.Giuliano<br><br>Progetto : CI 14236 - 2.8.1. Rafforzamento azione P.A. - Ambiente e Territorio.<br>Aree verdi parco S. Giuliano: Riordino del Polo Nautico ed opere complementari<br><br>R.U.P. : arch. Silvia Loreto<br><br>Tavola : Ex Colonia Elioterapica - Relazione tecnica delle strutture |  |  | Elab.:<br><br><h1 style="text-align: center;">RTS</h1>   |          |      |       |       |           |            |   |          |
|  | <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 25%;">Codice</th> <th style="width: 35%;">Progetto</th> <th style="width: 20%;">Data</th> <th style="width: 20%;">Scala</th> </tr> <tr> <td>14236</td> <td>Esecutivo</td> <td>22/11/2019</td> <td>-</td> </tr> </table>                           |  |  | Codice   | Progetto | Data | Scala | 14236 | Esecutivo | 22/11/2019 | - | Rev.: 00 |
|  | Codice   | Progetto   | Data   | Scala  |          |      |       |       |           |            |   |          |
| 14236  | Esecutivo  | 22/11/2019   | -  |  |          |      |       |       |           |            |   |          |
| <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;"> <b>Progettisti:</b><br/><br/>           dott.urb. Aldo Menegazzi<br/>           arch. Martina Guermani         </td> <td style="width: 25%;"> <b>Progetto strutture:</b><br/>            AI Progetti<br/>           Architettura Ingegneria s.c.<br/>           ing. Valentina Corras<br/>           arch. Andrea Borin         </td> <td style="width: 25%;"> <b>Progetto impianti elettrici e termotecnici e speciali:</b><br/>            TFE Ingegneria srl<br/>           ing. Zeffirino Tommasin         </td> <td style="width: 25%;"> <b>Relazioni specialistiche, rilievi, service grafico, computazioni, capitolati e contratti:</b><br/><br/>           ing. Filippo Ponchio         </td> </tr> </table> | <b>Progettisti:</b><br><br>dott.urb. Aldo Menegazzi<br>arch. Martina Guermani  | <b>Progetto strutture:</b><br> AI Progetti<br>Architettura Ingegneria s.c.<br>ing. Valentina Corras<br>arch. Andrea Borin | <b>Progetto impianti elettrici e termotecnici e speciali:</b><br> TFE Ingegneria srl<br>ing. Zeffirino Tommasin | <b>Relazioni specialistiche, rilievi, service grafico, computazioni, capitolati e contratti:</b><br><br>ing. Filippo Ponchio |          |      |       |       |           |            |   |          |
| <b>Progettisti:</b><br><br>dott.urb. Aldo Menegazzi<br>arch. Martina Guermani  | <b>Progetto strutture:</b><br> AI Progetti<br>Architettura Ingegneria s.c.<br>ing. Valentina Corras<br>arch. Andrea Borin   | <b>Progetto impianti elettrici e termotecnici e speciali:</b><br> TFE Ingegneria srl<br>ing. Zeffirino Tommasin           | <b>Relazioni specialistiche, rilievi, service grafico, computazioni, capitolati e contratti:</b><br><br>ing. Filippo Ponchio   |  |          |      |       |       |           |            |   |          |



# 1 INDICE

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>1</b>  | <b>Indice .....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>1</b>  | <b>Premessa .....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>2</b>  | <b>Normativa di riferimento.....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>3</b>  | <b>Metodo di calcolo.....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>4</b>  | <b>Codici di calcolo .....</b>  | <b>3</b>  |
| 4.1       | <i>Microsoft Excel® della Microsoft Corporation .....</i>                                 | <i>4</i>  |
| 4.2       | <i>Sismicad.....</i>  | <i>4</i>  |
| 4.3       | <i>Vca_SLU.....</i>   | <i>4</i>  |
| 4.4       | <i>Dichiarazione di cui al §10.2 del D.M. 17/01/2018 .....</i>                            | <i>4</i>  |
| <b>5</b>  | <b>Conoscenza dell'edificio .....</b>   | <b>6</b>  |
| <b>6</b>  | <b>Materiali.....</b>   | <b>8</b>  |
| 6.1       | <i>Calcestruzzo.....</i>  | <i>8</i>  |
| 6.2       | <i>Acciaio .....</i>  | <i>8</i>  |
| 6.3       | <i>Muratura .....</i>   | <i>8</i>  |
| 6.3.1     | <i>Stato di Fatto .....</i>   | <i>8</i>  |
| 6.3.2     | <i>Stato di Progetto: Rinforzo con iniezioni leganti .....</i>                            | <i>9</i>  |
| <b>7</b>  | <b>Analisi dei carichi.....</b>   | <b>10</b> |
| 7.1       | <i>Pesi propri strutturali.....</i>   | <i>10</i> |
| 7.2       | <i>Carichi permanenti .....</i>   | <i>10</i> |
| 7.3       | <i>Sovraccarichi accidentali .....</i>  | <i>10</i> |
| 7.4       | <i>Neve.....</i>  | <i>10</i> |
| 7.5       | <i>Sisma .....</i>  | <i>11</i> |
| <b>8</b>  | <b>Coefficienti e Combinazioni di Carico.....</b>   | <b>12</b> |
| 8.1       | <i>Coefficienti di combinazione delle azioni variabili .....</i>                          | <i>12</i> |
| 8.2       | <i>Coefficienti parziali agli stati limite ultimi di resistenza della struttura .....</i> | <i>12</i> |
| 8.3       | <i>Combinazioni delle azioni .....</i>  | <i>12</i> |
| <b>9</b>  | <b>Modellazione numerica .....</b>  | <b>13</b> |
| <b>10</b> | <b>Analisi globale stato di fatto .....</b>   | <b>17</b> |
| <b>11</b> | <b>Descrizione interventi murature.....</b>   | <b>20</b> |
| <b>12</b> | <b>Analisi globale stato di progetto.....</b>   | <b>20</b> |

|    |  |    |
|----|--|----|
| 13 | Verifica solaio .....                  | 29 |
| 14 | Verifica travi 30x50.....              | 30 |
| 15 | Verifica pilastri 30x30 .....          | 33 |
| 16 | Interventi di messa in sicurezza ..... | 34 |
| 17 | Allegati .....                         | 36 |

# 1 PREMESSA

La presente relazione tecnica riporta la valutazione di sicurezza statica dell'edificio denominato "EX Colonia Elioterapica" sita in Venezia presso il parco San Giuliano.

L'edificio è ad un piano fuori terra, a cui si aggiunge una piccola porzione al piano primo. La struttura portante è mista in muratura e pilastri in calcestruzzo armato.

Il presente elaborato si riferisce esclusivamente agli elementi strutturali portanti.

La presente relazione, in conformità al punto §10.1 delle NTC, è comprensiva di una descrizione generale dell'opera e dei criteri generali di analisi e verifica; segue inoltre le indicazioni fornite al §10.2 delle NTC per quanto concerne analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo.

# 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il progetto è stato sviluppato nell'osservanza della vigente normativa tecnica; si fa quindi riferimento ai seguenti riferimenti normativi:

- D.M. 17/01/2018 - Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare 21/01/2019, n° 7 - Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 17/01/2018.

# 3 METODO DI CALCOLO

Per il calcolo di sollecitazioni e deformazioni delle strutture si sono adottate le ipotesi di materiali linearmente elastici. Le analisi sono svolte nelle ipotesi di piccoli spostamenti e piccole deformazioni impiegando i criteri della Scienza e della Tecnica delle Costruzioni.

La ricerca dei parametri di sollecitazione è stata fatta secondo le disposizioni di carico più gravose avvalendosi di codici di calcolo automatico per l'analisi strutturale secondo quanto riportato nel D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le costruzioni".

Le verifiche di resistenza delle sezioni sono state eseguite secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite secondo quanto riportato nel D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

Le verifiche riportate nel presente documento rappresentano un estratto di tutte le verifiche effettuate: le verifiche non riportate risultano disponibili nelle minute di studio. Si intende che, per quanto non riportato nella presente relazione, sono stati adottati i criteri di verifica sopra citati, controllando resistenza, stabilità e deformabilità con i medesimi coefficienti di sicurezza ed utilizzando i carichi definiti nella presente relazione.

# 4 CODICI DI CALCOLO

Tutti i codici di calcolo automatico utilizzati per il calcolo e la verifica delle strutture e la redazione della presente relazione di calcolo sono di sicura ed accertata validità e sono stati impiegati conformemente alle loro caratteristiche. Tale affermazione è suffragata dai seguenti elementi:

- Grande diffusione del codice di calcolo sul mercato;
- Storia consolidata del codice di calcolo (svariati anni di utilizzo);
- Utilizzo delle versioni più aggiornate (dopo test);
- Pratica d'uso frequente.

In considerazione dei problemi in studio, caratterizzati da piccoli spostamenti e tensioni inferiori ai limiti elastici dei materiali, si è ritenuto sufficiente adottare una schematizzazione della geometria e dei materiali di tipo lineare con leggi elastiche, isotrope ed omogenee.

Segue l'elenco, corredato da una sintetica descrizione, dei software utilizzati.



#### **4.1 MICROSOFT EXCEL® DELLA MICROSOFT CORPORATION**

Fogli excel per l'esecuzione di calcoli semplici implementati direttamente su schemi e formule derivate dalla scienza delle costruzioni. Prima dell'utilizzo, il foglio excel viene testato e verificato sia mediante calcolo manuale diretto, sia mediante confronto con altri programmi di calcolo.

#### **4.2 SISMICAD**

Si tratta di un programma di calcolo strutturale, della "Concrete-structural engineering software", che nella versione più estesa è dedicato al progetto e verifica degli elementi in cemento armato, acciaio, muratura e legno di opere civili. Il programma utilizza come analizzatore e solutore del modello strutturale un proprio solutore agli elementi finiti tridimensionale fornito col pacchetto. Il programma è sostanzialmente diviso in tre moduli: un pre processore che consente l'introduzione della geometria e dei carichi e crea il file dati di input al solutore; il solutore agli elementi finiti; un post processore che a soluzione avvenuta elabora i risultati eseguendo il progetto e la verifica delle membrature e producendo i grafici ed i tabulati di output.

Il programma "SISMICAD" viene utilizzato per l'analisi tridimensionale della struttura.

Versione software: 12.14

#### **4.3 VCA\_SLU**

Programma prodotto dall'ing. Piero Gelfi dell'università di Brescia. Esegue il calcolo e la verifica di sezioni in c.a.

Versione software: 7.7 del 30 agosto 2011

Licenza: disponibile gratuitamente

#### **4.4 DICHIARAZIONE DI CUI AL §10.2 DEL D.M. 17/01/2018**

Il seguente paragrafo riporta il giudizio di accettabilità relativa all'utilizzo dei codici di calcolo automatico utilizzati per il progetto in esame.

In particolare, in osservanza al § 10.2 del D.M. 17/01/2018, si dichiara quanto di seguito:

##### **TIPO DI ANALISI SVOLTA**

Come riportato al § "METODO DI CALCOLO", lo studio delle strutture è stato condotto secondo i metodi della scienza delle costruzioni supponendo i materiali elastici, omogenei ed isotropi.

La ricerca dei parametri di sollecitazione è stata fatta secondo le disposizioni di carico più gravose avvalendosi di codici di calcolo automatico per l'analisi strutturale secondo quanto riportato nel D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le costruzioni".

Le verifiche di resistenza delle sezioni sono state eseguite secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite secondo quanto riportato nel D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le costruzioni".

I coefficienti di sicurezza adottati sui materiali risultano concordi con il D.M. 17/01/2018.

##### **ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO**

Come riportato al § "CODICI DI CALCOLO", tutti i codici di calcolo automatico utilizzati per il calcolo e la verifica delle strutture e la redazione della presente relazione di calcolo sono di sicura ed accertata validità e sono stati impiegati conformemente alle loro caratteristiche. Tale affermazione è suffragata dai seguenti elementi:

- Grande diffusione del codice di calcolo sul mercato;
- Storia consolidata del codice di calcolo (svariati anni di utilizzo);
- Utilizzo delle versioni più aggiornate (dopo test);
- Pratica d'uso frequente in studio.

In considerazione dei problemi in studio, caratterizzati da piccoli spostamenti e tensioni inferiori ai limiti elastici dei materiali, si è ritenuto sufficiente adottare una schematizzazione della geometria e dei materiali di tipo lineare con leggi elastiche e isotrope ed omogenee.

Tutti i programmi risultano utilizzati in conformità a regolare licenza d'uso, verificabile presso lo studio. Per eventuali ulteriori dettagli sulle loro caratteristiche, si rimanda ai corrispondenti manuali d'uso di ciascun software.

#### AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO

Tutti i codici di calcolo di cui sopra sono stati utilizzati dopo un attento esame della documentazione a corredo del software, che ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del software, contiene inoltre una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione.

La società produttrice ha inoltre verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### VALIDAZIONE DEI CODICI DI CALCOLO

A ulteriore verifica di validazione dei programmi utilizzati, gli svariati anni di utilizzo hanno permesso di verificare internamente la bontà dei vari codici di calcolo, confrontando fra loro i risultati ricavati in base a soluzioni teoriche, calcolo manuale diretto, utilizzo di diversi software, arrivando ad un giudizio positivo di affidabilità ed accuratezza.

#### MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

Come indicato al paragrafo relativo alla modellazione numerica, le verifiche riportate costituiscono un estratto dei calcoli principali condotti sulle strutture principali presenti nell'opera in oggetto. In particolare, solo per alcune tipologie strutturali si riporta una verifica completa, intendendo che le altre sono state condotte analogamente. Tutte le verifiche sono presenti nelle minute di studio, a disposizione per eventuali chiarimenti. All'interno della relazione vengono per lo più omessi i tabulati prodotti con i programmi di calcolo automatico, riportando eventualmente solo alcune tabelle e schemi grafici riepilogativi. Tali output del programma di calcolo, tuttavia, risultano disponibili presso lo Studio per eventuale consultazione.

#### INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE

I programmi di calcolo utilizzati prevedono una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di eventuali errori di modellazione, del non rispetto delle limitazioni geometriche e di armatura, della presenza di elementi non verificati, dell'inosservanza di alcuni requisiti previsti dall'NTC2018. Al termine di ciascuna analisi viene effettuato un controllo generale che identifica la correttezza degli spostamenti ottenuti, il rispetto dell'equilibrio fra azioni imposte e reazioni vincolari, ecc.

Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabulare, la quasi totalità dei dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale con le schematizzazioni assunte nella modellazione.

#### GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

I risultati delle elaborazioni sono stati infine sottoposti a controlli che ne comprovano l'attendibilità e la correttezza.

Tale valutazione ha compreso, fra l'altro:

- Verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati;
- Comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificate, confronto con i risultati di modelli teorici, ecc;
- Il confronto con i risultati di semplici calcoli manuali diretti (esempi: trave in semplice appoggio, trave continua, mensola a sbalzo, ecc);
- Il confronto dei risultati ottenuti in fase di primo proporzionamento della struttura;
- Il confronto fra calcolazioni effettuate con programmi differenti.

In base a quanto detto, si può quindi asserire che la progettazione condotta è risultata corretta ed idonea al caso specifico, ritenendo validi ed accettabili i risultati di calcolo ottenuti.

## 5 CONOSCENZA DELL'EDIFICIO

Da elaborati storici di progetto e da indagini in situ sui materiali e sui dettagli costruttivi, si deducono informazioni sui seguenti aspetti:

- Identificazione dell'organismo strutturale;
- Identificazione dei processi temporali che hanno portato alla configurazione attuale;
- Dimensioni geometriche degli elementi strutturali;
- Caratteristiche geometriche e materiche dei solai.

La quantità e qualità dei dati acquisiti determinano i valori dei fattori di confidenza da applicare alle proprietà dei materiali da adoperare nelle verifiche di sicurezza.

Ai fini della scelta dei valori dei fattori di confidenza la norma distingue tre livelli di conoscenza:

- LC1: Conoscenza limitata;
- LC2: Conoscenza adeguata;
- LC3: Conoscenza accurata.

Gli aspetti che definiscono i livelli di conoscenza sono:

- Geometria, ovvero le caratteristiche geometriche degli elementi strutturali ricavabili attraverso una fase di rilievo;
- Dettagli strutturali, ovvero la qualità di collegamenti tra pareti e tra orizzontamenti e pareti, la presenza di architravi strutturalmente efficienti al di sopra delle aperture, la presenza di elementi strutturalmente efficienti atti ad eliminare eventuali spinte, la presenza di elementi ad elevata vulnerabilità, la tipologia della muratura e sue caratteristiche costruttive;
- Materiali, ovvero la resistenza del calcestrutto e dell'acciaio d'armatura.

Sulla base della tabella C8.5.IV della Circolare 7 del 2019, in funzione del livello di conoscenza raggiunto LC2, il fattore di confidenza assunto è FC=1,2.

Si riporta di seguito la pianta dove sono indicate le indagini eseguite sull'edificio.



Pianta piano terra con indicazione indagini eseguite

Le risultanze delle indagini sono riportate in allegato.

## 6 MATERIALI

### 6.1 CALCESTRUZZO

Le indagini condotte dalla ditta Metralab nell'Ottobre 2013 hanno portato alla determinazione della resistenza cubica media del conglomerato cementizio:

$R_{cm} = 20 \text{ MPa}$

### 6.2 ACCIAIO

L'acciaio è assimilabile ad un FeB38k:

$f_{yk} = 375 \text{ Mpa}$

$f_{tk} = 430 \text{ Mpa}$

### 6.3 MURATURA

#### 6.3.1 Stato di Fatto

Per determinare i parametri da utilizzare nelle analisi si è considerato quanto indicato al §C8.5.4.1 dell'NTC2018 secondo cui, per un livello di conoscenza LC2, si debba considerare:

- Resistenza: valori medi intervalli Tab. C8.5.I
- Moduli elastici: valori medi intervalli Tab. C8.5.I

Confrontando i risultati delle analisi e dei rilievi effettuati in situ con quanto indicato nella Tab. C8.5.I dell'NTC2018 si è fatto riferimento ai parametri per la tipologia "Muratura in mattoni pieni e malta di calce" sotto indicati.

**Tabella C8.5.I** -Valori di riferimento dei parametri meccanici della muratura, da usarsi nei criteri di resistenza di seguito specificati (comportamento a tempi brevi), e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura. I valori si riferiscono a:  $f$  = resistenza media a compressione,  $\tau_0$  = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3),  $f_{v0}$  = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3),  $E$  = valore medio del modulo di elasticità normale,  $G$  = valore medio del modulo di elasticità tangenziale,  $w$  = peso specifico medio.

| Tipologia di muratura  | $f$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_0$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $f_{v0}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $E$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $G$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $w$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |
|--|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|  | min-max                     | min-max                          |                                  | min-max                     | min-max                     |                             |
| Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)         | 1,0-2,0                     | 0,018-0,032                      | -<br>-                           | 690-1050                    | 230-350                     | 19                          |
| Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)               | 2,0                         | 0,035-0,051                      | -<br>-                           | 1020-1440                   | 340-480                     | 20                          |
| Muratura in pietre a spacco con buona tessitura                                    | 2,6-3,8                     | 0,056-0,074                      | -<br>-                           | 1500-1980                   | 500-660                     | 21                          |
| Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)                    | 1,4-2,2                     | 0,028-0,042                      | -<br>-                           | 900-1260                    | 300-420                     | 13 ÷ 16(**)                 |
| Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,) (**)         | 2,0-3,2                     | 0,04-0,08                        | 0,10-0,19                        | 1200-1620                   | 400-500                     |                             |
| Muratura a blocchi lapidei squadrati   | 5,8-8,2                     | 0,09-0,12                        | 0,18-0,28                        | 2400-3300                   | 800-1100                    | 22                          |
| Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)                                   | 2,6-4,3                     | 0,05-0,13                        | 0,13-0,27                        | 1200-1800                   | 400-600                     | 18                          |
| Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%) | 5,0-8,0                     | 0,08-0,17                        | 0,20-0,36                        | 3500-5600                   | 875-1400                    | 15                          |

Per la muratura dello stato di fatto, quindi, si considerano i seguenti parametri (media intervalli tabella):

$f = 3,45 \text{ N/mm}^2$

$\tau_0 = 0,09 \text{ N/mm}^2$

$f_{v0} = 0,20 \text{ N/mm}^2$



$$E = 1500 \text{ N/mm}^2$$

$$G = 500 \text{ N/mm}^2$$

$$w = 18 \text{ kN/mc}$$

### 6.3.2 Stato di Progetto

Nello stato di progetto, per migliorare le prestazioni delle murature, si è deciso di consolidare alcuni paramenti murari con la stilatura dei giunti e l'iniezione di miscele leganti (ove necessario), al fine di garantire la continuità muraria.

Le iniezioni permettono un aumento dei parametri di resistenza ed elasticità delle murature applicando, ai valori ottenuti per la muratura dello stato di fatto dalla Tab. C8.5.I dell'NTC2018, dei coefficienti correttivi indicati nella Tab. C8.5.II della suddetta NTC (qui riportata).

**Tabella C8.5.II** -Coefficienti correttivi massimi da applicarsi in presenza di: malta di caratteristiche buone; ricorsi o listature; sistematiche connessioni trasversali; consolidamento con iniezioni di malta; consolidamento con intonaco armato; ristilatura armata con connessione dei paramenti.

| Tipologia di muratura  | Stato di fatto |                     |                         | Interventi di consolidamento     |                      |   |                                  |
|--|----------------|---------------------|-------------------------|----------------------------------|----------------------|---|----------------------------------|
|  | Malta buona    | Ricorsi o listature | Connessione trasversale | Iniezione di miscele leganti (*) | Intonaco armato (**) | Ristilatura armata con connessione dei paramenti (**) | Massimo coefficiente complessivo |
| Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)         | 1,5            | 1,3                 | 1,5                     | 2                                | 2,5                  | 1,6   | 3,5                              |
| Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo                   | 1,4            | 1,2                 | 1,5                     | 1,7                              | 2,0                  | 1,5   | 3,0                              |
| Muratura in pietre a spacco con buona tessitura                                    | 1,3            | 1,1                 | 1,3                     | 1,5                              | 1,5                  | 1,4   | 2,4                              |
| Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)                    | 1,5            | 1,2                 | 1,3                     | 1,4                              | 1,7                  | 1,1   | 2,0                              |
| Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)              | 1,6            | -                   | 1,2                     | 1,2                              | 1,5                  | 1,2   | 1,8                              |
| Muratura a blocchi lapidei squadriati  | 1,2            | -                   | 1,2                     | 1,2                              | 1,2                  | -   | 1,4                              |
| Muratura in mattoni pieni e malta di calce   | (***)          | -                   | 1,3 (****)              | 1,2                              | 1,5                  | 1,2   | 1,8                              |
| Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%) | 1,2            | -                   | -                       | -                                | 1,3                  | -   | 1,3                              |

Il coefficiente migliorativo risulta, per il consolidamento di pareti in muratura in mattoni pieni e malta di calce, pari a 1,20; tale coefficiente, secondo l'NTC2018, può essere applicato sia ai parametri di resistenza che a quelli di elasticità.

I parametri considerati nelle analisi per la muratura dello stato di progetto, limitatamente alle pareti che saranno consolidate, sono:

$$f = 4,14 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_0 = 0,108 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v0} = 0,24 \text{ N/mm}^2$$

$$E = 1800 \text{ N/mm}^2$$

$$G = 600 \text{ N/mm}^2$$

$$w = 18 \text{ kN/mc}$$

## 7 ANALISI DEI CARICHI

I valori riportati sono desunti dagli elaborati grafici e descrittivi originali a disposizione dello scrivente.

### 7.1 PESI PROPRI STRUTTURALI

I pesi propri strutturali, non altrove specificati, considerati nei calcoli sono i seguenti:

|                               |              |
|-------------------------------|--------------|
| Calcestruzzo armato:          | 2.500 daN/mc |
| Solaio in laterocemento 16+5: | 270 daN/mq   |

### 7.2 CARICHI PERMANENTI

|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| Intradosso: controsoffitto+ intonaco | 50 daN/mq  |
| Estradosso: massetto + guaina        | 150 daN/mq |
| TOTALE:                              | 200 daN/mq |

### 7.3 SOVRACCARICHI ACCIDENTALI

I carichi variabili sono ascrivibili alla Categoria H: coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione.  
 $q = 50 \text{ daN/mq}$

### 7.4 NEVE

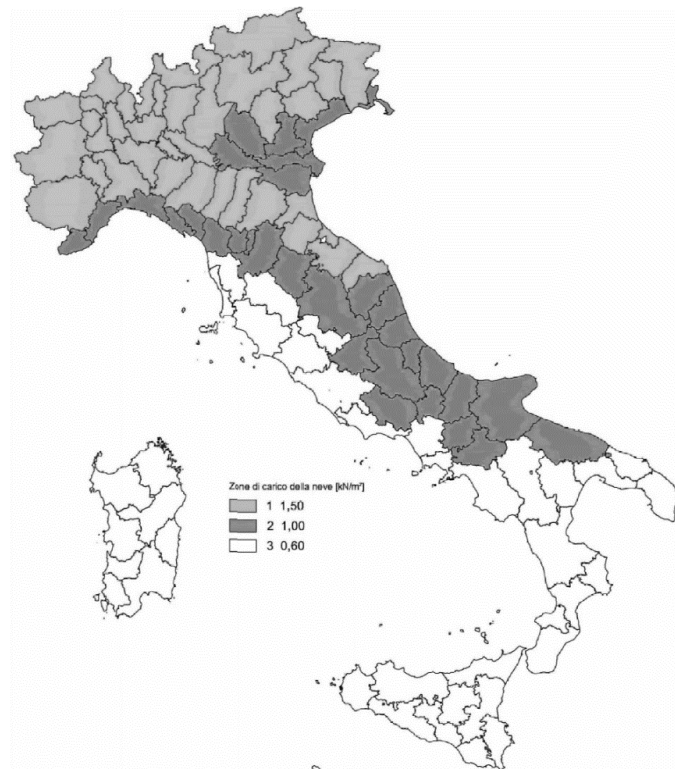
L'azione dovuta alla neve viene schematizzata con un carico uniformemente distribuito. Segue il sunto dei parametri di calcolo.

Il carico dovuto alla neve è valutato con la seguente espressione di cui al §3.4 delle NTC 2018:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

La struttura in oggetto sarà ubicata nella provincia di Venezia, appartenente alla Zona "II", ad un'altitudine  $a_s = 0 \text{ m} < 200 \text{ mslm}$ , da cui deriva:

$$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/m}^2 \quad \mu_1 = 0,8 \text{ (pendenza copertura inferiore a 30\%)} \\ C_E = 1 \text{ (zona normale)} \quad C_T = 1$$

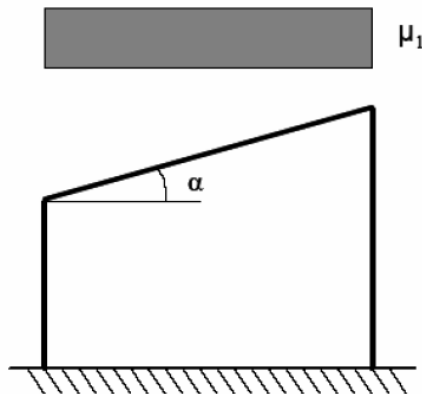


Essendo la copertura praticamente orizzontale si considera il valore massimo assumibile per il coefficiente di forma  $\mu_1=0.80$  proprio di coperture con inclinazione inferiore a 30%.

Assumendo tale coefficiente di forma, l'azione della neve si schematizza con un carico massimo uniformemente distribuito pari a:

$$q_{NEVE,MAX} = 0,80 \text{ kN/m}^2$$

Per coperture ad una falda al §3.4.3.2 del D.M. 17/01/2018 è indicato come si debba considerare la condizione di carico riportata nella seguente figura.



## 7.5 SISMA

La valutazione della sicurezza sismica non è oggetto di tale relazione.

## 8 COEFFICIENTI E COMBINAZIONI DI CARICO

### 8.1 COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE DELLE AZIONI VARIABILI

I valori dei coefficienti di combinazione risultano:

| Azione variabile               | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ |
|--------------------------------|----------|----------|----------|
| Carichi antropici di copertura | 0        | 0        | 0        |
| Neve                           | 0,5      | 0,2      | 0        |

Nel caso il carico variabile dia un contributo favorevole ai fini delle verifiche, il coefficiente di combinazione  $\psi$  sarà nullo.

### 8.2 COEFFICIENTI PARZIALI AGLI STATI LIMITE ULTIMI DI RESISTENZA DELLA STRUTTURA

In accordo con §2.6.1 NTC, risulta:

|   |          |             |     |
|---|----------|-------------|-----|
| Carichi permanenti  | $Y_{G1}$ | Favorevoli  | 1,0 |
|   |          | Sfavorevoli | 1,3 |
| Carichi permanenti non strutturali ( <b>ben definiti da rilievo</b> ) | $Y_{G2}$ | Favorevoli  | 1,0 |
|   |          | Sfavorevoli | 1,3 |
| Carichi variabili   | $Y_Q$    | Favorevoli  | 0,0 |
|   |          | Sfavorevoli | 1,5 |

### 8.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche agli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni di azioni:

|   |  |
|---|--|
| Combinazione fondamentale (SLU):            | $Y_{G1} \cdot G_1 + Y_{G2} \cdot G_2 + Y_{Q1} \cdot Q_1 + \sum_i [Y_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_i]$ |
| Combinazione caratteristica o rara (SLE R): | $G_1 + G_2 + Q_1 + \sum_i [\psi_{0i} \cdot Q_i]$   |
| Combinazione frequente (SLE F):             | $G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_1 + \sum_i [\psi_{2i} \cdot Q_i]$                                     |
| Combinazione quasi permanente (SLE QP):     | $G_1 + G_2 + \sum_i [\psi_{2i} \cdot Q_i]$   |

## 9 MODELLAZIONE NUMERICA

Per effettuare l'analisi statica e sismica dell'edificio in oggetto, al fine di calibrare gli interventi di rinforzo, si è realizzato un modello numerico di calcolo in cui sono rappresentati gli elementi strutturali portanti e gli elementi che sono considerati contribuire in termini di rigidità al comportamento strutturale globale del manufatto in oggetto.

Come descritto in precedenza il modello di calcolo utilizzato nelle analisi è stato realizzato con il programma di calcolo Sismicad 12.13.

Il modello utilizzato nell'analisi è stato realizzato con un approccio ad elementi finiti bidimensionali di tipo piastra (plate) a quattro e tre nodi assegnando ad ognuno lo spessore relativo alla tipologia muraria rilevata in situ (muratura a due teste e muratura ad una testa).

Il programma di calcolo, in fase di verifica, individua in modo automatico i maschi murari considerando le porzioni continue tra le aperture; le porzioni al di sotto e al di sopra delle aperture sono identificate come fasce di piano.

Gli elementi trave e pilastro sono invece modellati con elementi monodimensionali a due nodi di tipo beam.

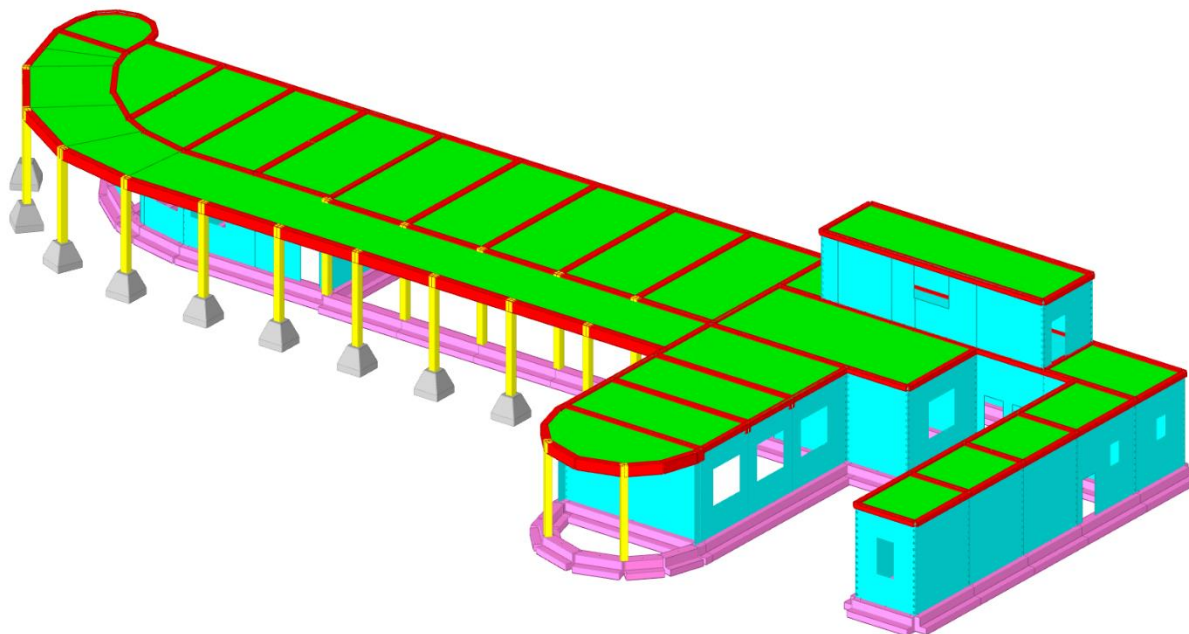
Quali azioni agenti ai fini della verifica degli elementi strutturali si sono considerati:

- Il peso proprio delle strutture;
- I sovraccarichi permanenti portati (definiti nei paragrafi precedenti);
- I sovraccarichi accidentali (definiti nei paragrafi precedenti);

Il peso proprio delle strutture verticali è calcolato automaticamente dal programma di calcolo. Il peso proprio degli orizzontamenti, i carichi permanenti portati e quelli accidentali sono stati introdotti nel modello tramite elementi carichi superficiali in corrispondenza dei solai assegnando ad ognuno l'orditura identificata nelle operazioni di rilievo.

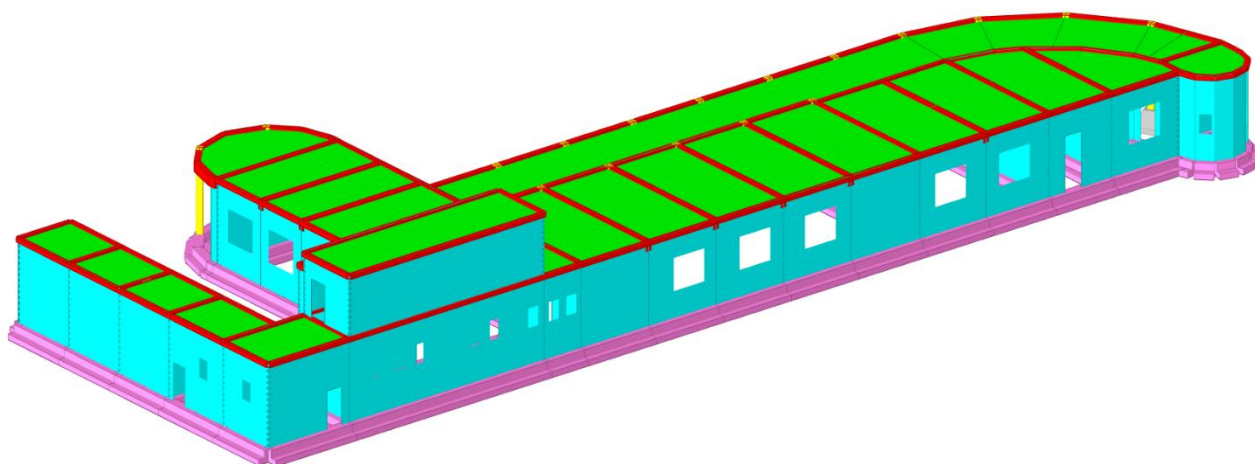
Per schematizzare l'interazione terreno-struttura sono state inserite al di sotto delle fondazioni molle elastiche aventi costante elastica di Winkler pari a 0,50 kg/cm; tale valore è stato definito, in modo cautelativo, in funzione delle caratteristiche dei terreni indicate nella relazione geologica e geotecnica di riferimento.

Sono qui riportate alcune viste globali del modello numerico realizzato.

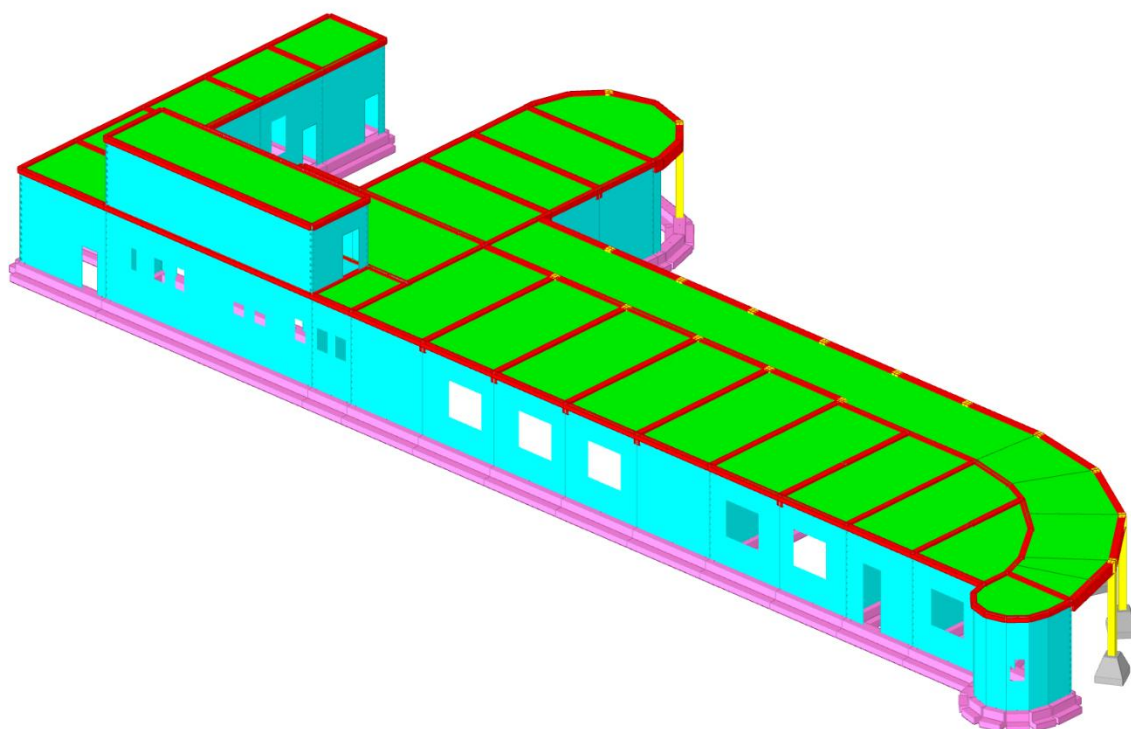


Vista nr. 1 ambiente struttura modello numerico

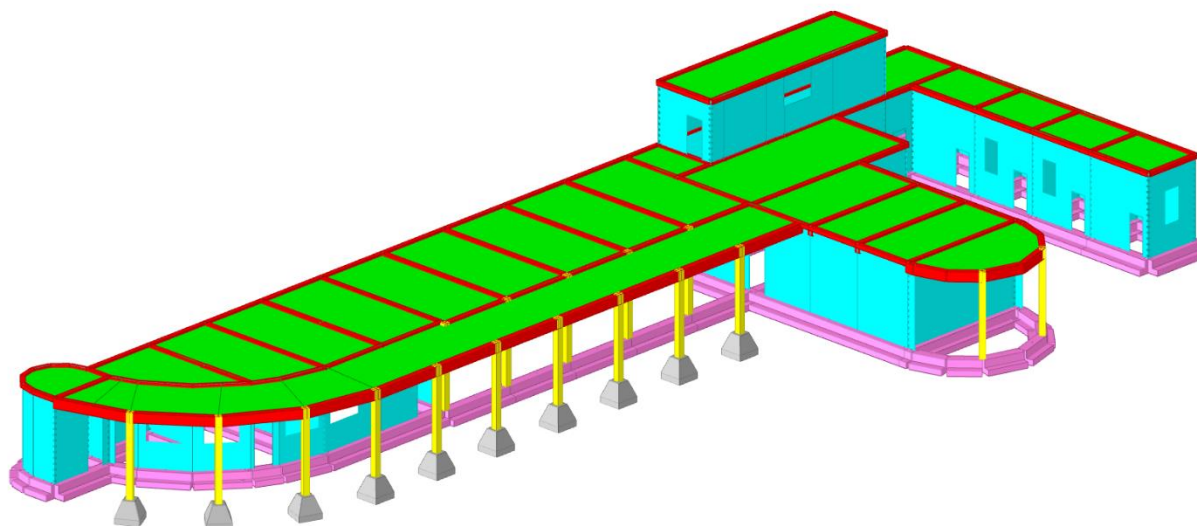




Vista nr. 2 ambiente struttura modello numerico

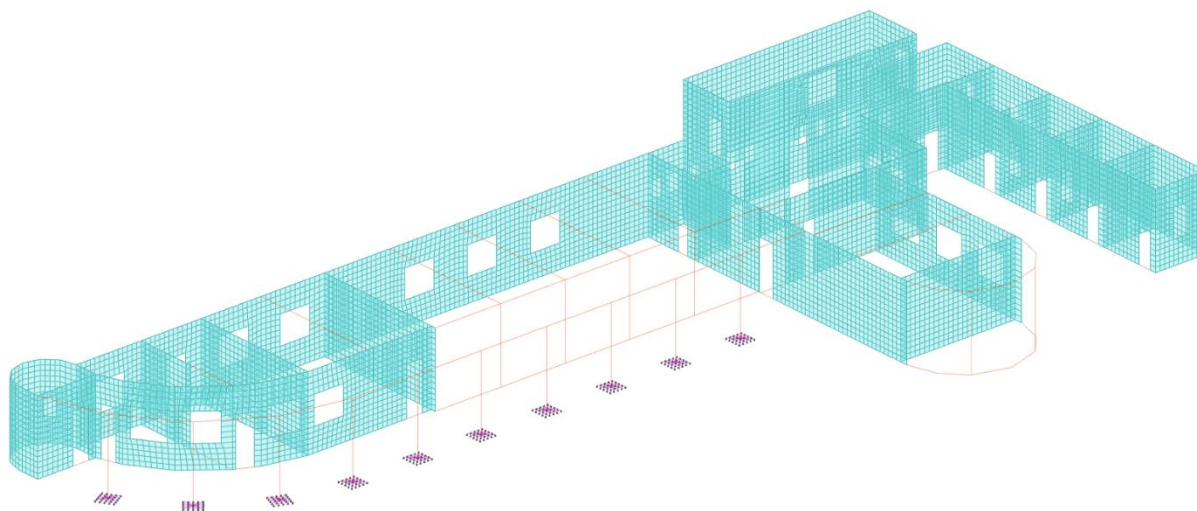


Vista nr. 3 ambiente struttura modello numerico

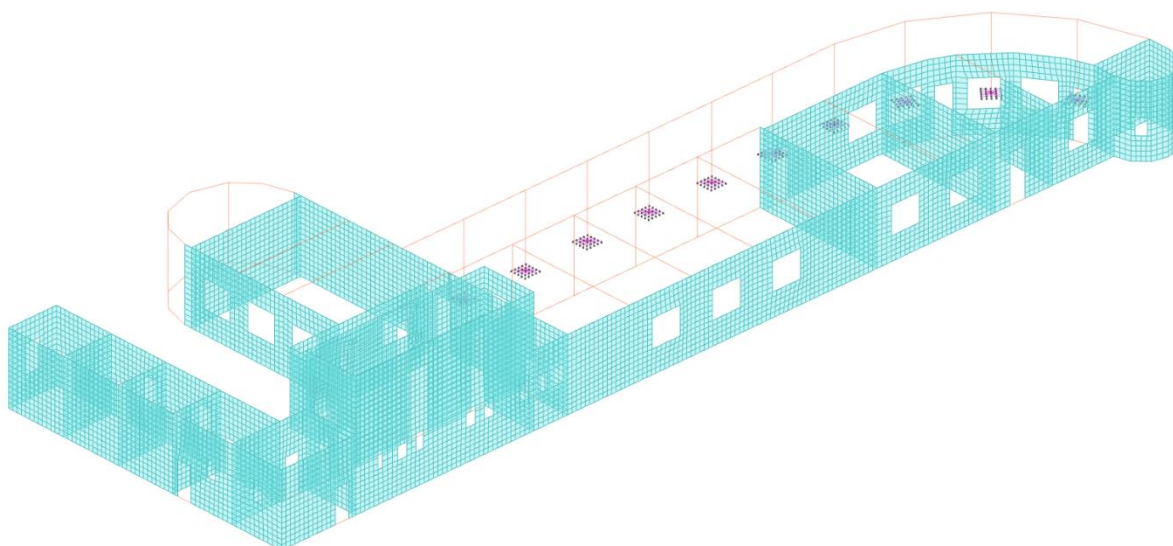


Vista nr. 4 ambiente struttura modello numerico

Il programma di calcolo permette la schematizzazione automatica ad elementi finiti degli elementi. Si riportano, quindi, alcune viste globali dell'ambiente *modello* del programma di calcolo in cui sono visibili gli elementi plate con cui sono schematizzate le murature e gli elementi beam per le travi e i pilastri.



Vista nr. 1 ambiente modello programma di calcolo



Vista nr. 2 ambiente modello programma di calcolo

Il modello di calcolo così realizzato ha permesso l'analisi statica e sismica delle murature dell'edificio (murature a una e due teste).

Sono state condotte, quindi, le analisi in due diverse configurazioni:

1. STATO DI FATTO: tutte le murature con parametri indicati nel paragrafo relativo allo stato di fatto;
2. STATO D PROGETTO: le murature hanno due diversi parametri; i paramenti rinforzati (perimetrali) hanno parametri diversi rispetto alle pareti rimanenti.

## 10 ANALISI GLOBALE STATO DI FATTO

In tale paragrafo viene condotta l'analisi globale delle murature dell'edificio nella configurazione dello Stato di fatto.

Nella configurazione dello Stato di Fatto tutte le murature risultano in Muratura in mattoni e malta di calce NON migliorata pertanto sono inserite nel modello di calcolo con le caratteristiche ricavate dalla tabella C8.5.I dell'NTC2018 (parametri riportati in precedenza).

È stata effettuata un'analisi statica nei confronti dei carichi verticali in combinazione SLU seguendo quanto specificato al §4.5.6.2 del D.M. 17/01/2018 considerando la penalizzazione di resistenza della muratura data dalla snellezza dei pannelli murari.

La resistenza di calcolo del materiale  $f_d$  viene quindi ridotta mediante il coefficiente  $\Phi$  ottenuto in funzione della snellezza convenzionale  $\lambda$  e del coefficiente di eccentricità dei carichi  $m$ .

$$f_{d,rid} = \Phi \cdot f_d$$

Il coefficiente di snellezza  $\Phi$  viene ricavato dalla Tab. 4.5.III dell'NTC2018.

La resistenza di calcolo a compressione viene quindi ricavata come:

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| Resistenza di calcolo a compressione: | $f_{d,rid} = \Phi f_m / (FC \gamma_M)$ |
| Fattore di confidenza:                | $FC = 1,2$ per LC2                     |
| Coefficiente di sicurezza:            | $\gamma_M = 3$                         |

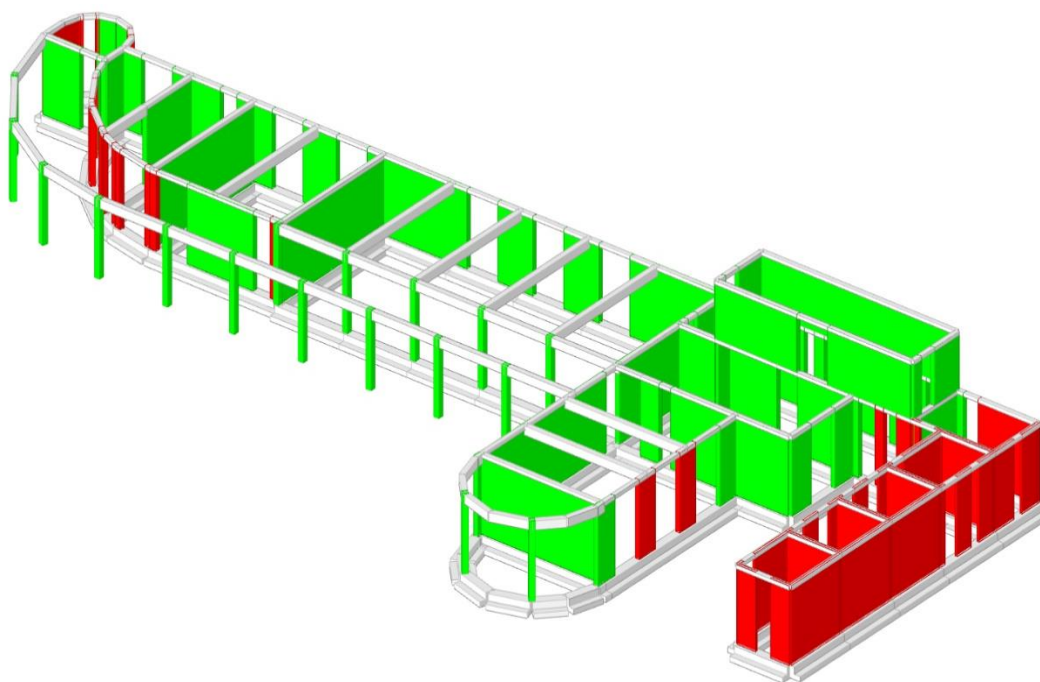
La verifica si ritiene soddisfatta se risulta:

$$f_{m,d,rid} > \sigma_{n,SLU}$$

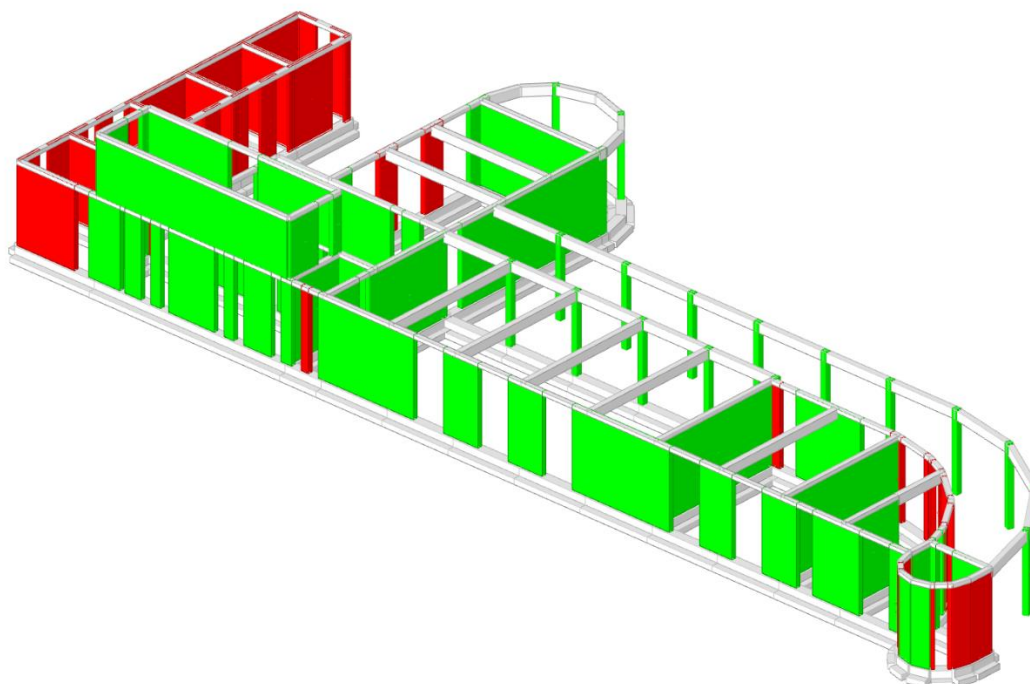
Dove:

- $f_{m,d,rid}$ : resistenza media di calcolo a compressione delle murature ridotta considerando la snellezza dei pannelli murari e l'eccentricità dei carichi;
- $\sigma_{n,SLU}$ : tensione verticale agente al livello di ogni solaio sui singoli pannelli murari ricavata da modello di calcolo.

Tale verifica viene condotta in modo automatico dal programma di calcolo Sismicad il quale fornisce i seguenti output.

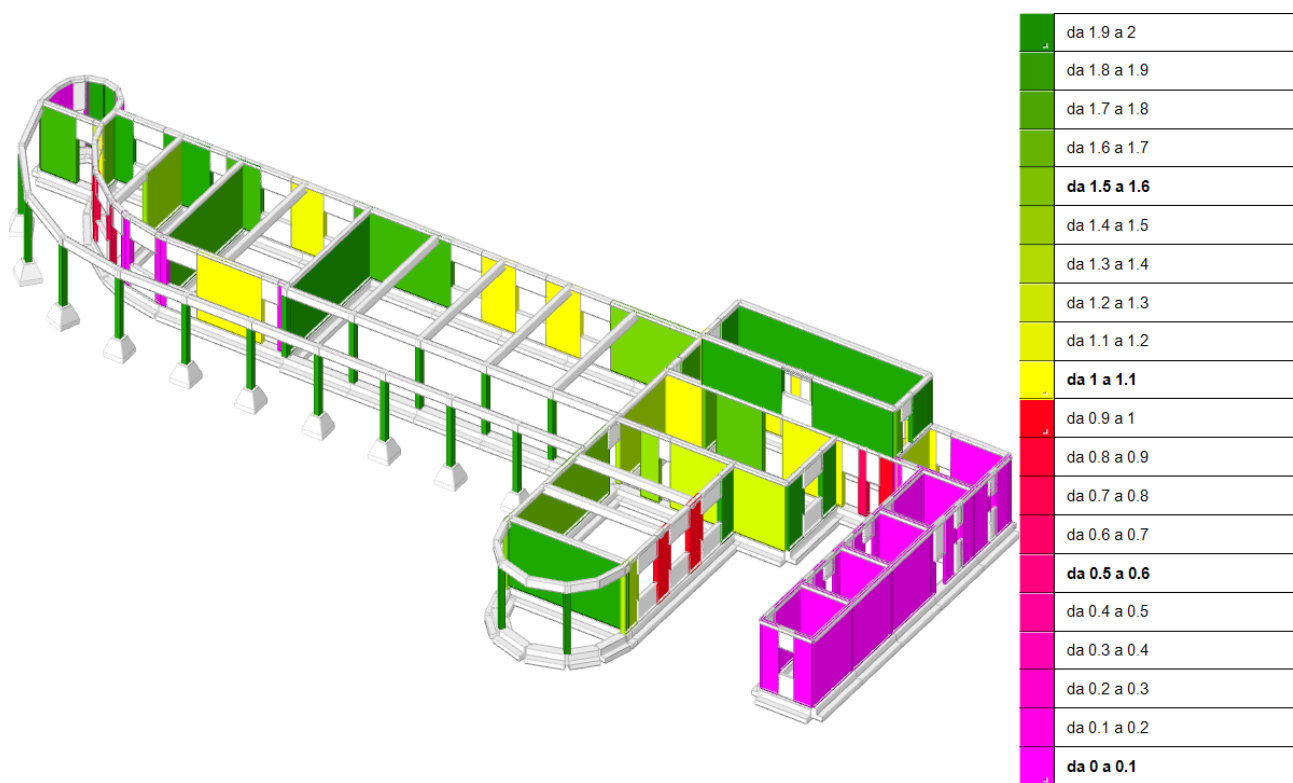


Output nr. 1: maschi murari con verifiche soddisfatte e non soddisfatte

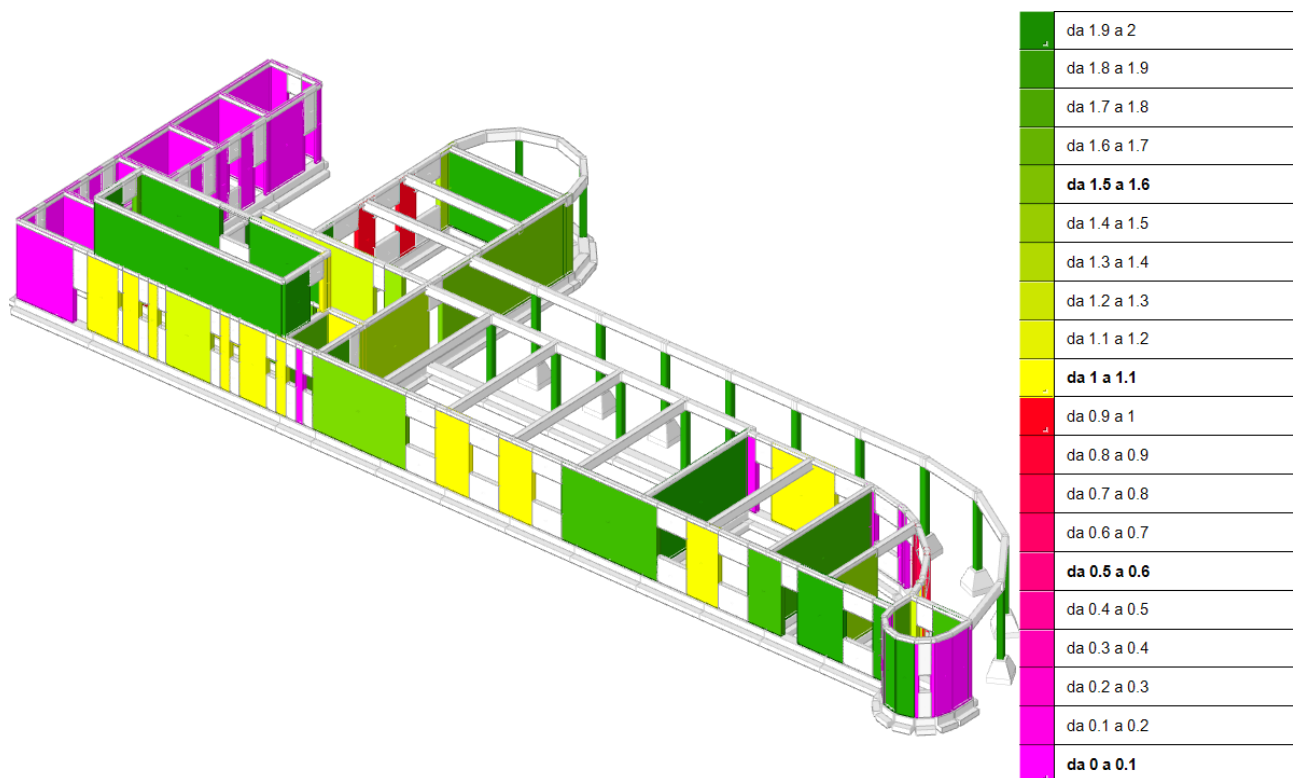


Output nr. 2: maschi murari con verifiche soddisfatte e non soddisfatte





Output nr. 3: coefficienti di sicurezza verifica maschi murari



Output nr. 4: coefficienti di sicurezza verifica maschi murari

Nelle immagini si sono riportati, in forma grafica, i risultati delle verifiche statiche dei maschi murari dell'edificio, effettuate con il criterio indicato sopra.

Dagli output si può notare come le verifiche non risultino soddisfatte per numerosi maschi murari dell'edificio. Le motivazioni per cui in numerose verifiche si ottengono coefficienti di sicurezza molto limitati sono:

- Presenza di una porzione di edificio in cui le murature sono in mattoni pieni ad una testa (porzione a

destra nella vista nr. 1 deli output); i maschi murari di tale porzione risultano interamente NON verificati staticamente per il loro spessore molto limitato (circa 12 cm) che nei confronti dell'altezza interpiano pari a circa 4 m presentano una snellezza eccessiva tale da portare ad un'eccentricità dei carichi superiore a  $0,33 \cdot \text{spessore\_muro}$ .

- Presenza di maschi murari in mattoni pieni a due testa con verifiche non soddisfatte (porzione rimanente di edificio) per le prestazioni limitate della muratura in mattoni pieni e malta di calce nei confronti delle azioni verticali statiche.

Il minimo coefficiente di sicurezza risulta pari a 0 e non quantificabile per l'eccessiva snellezza dei maschi murari in mattoni pieni ad una testa.

## 11 DESCRIZIONE INTERVENTI MURATURE

Dai risultati ottenuti dall'analisi della configurazione dello Stato di Fatto è possibile indirizzare al meglio gli interventi strutturali sull'edificio.

Nello stato di progetto sarà necessario ottenere l'adeguamento statico della struttura pertanto, a tale scopo, gli interventi saranno indirizzati a:

1. Consolidamento murature esistenti a due teste porzioni perimetrali: rinforzando tali paramenti murari è possibile ottenere un sensibile aumento dei parametri di resistenza delle murature, come indicato nel capitolo relativo ai materiali, in modo da ottenere il soddisfacimento delle verifiche tutt'ora non pienamente soddisfatte;
2. Interdizione o demolizione porzione di edificio in cui sono presenti le murature in mattoni pieni ad una testa: in tale zona lo spessore dei paramenti murari risulta eccessivamente limitato per poter soddisfare le verifiche statiche con soli interventi di recupero e/o rinforzo delle murature.

## 12 ANALISI GLOBALE STATO DI PROGETTO

In tale capitolo viene condotta l'analisi globale delle murature dell'edificio nella configurazione dello Stato di Progetto.

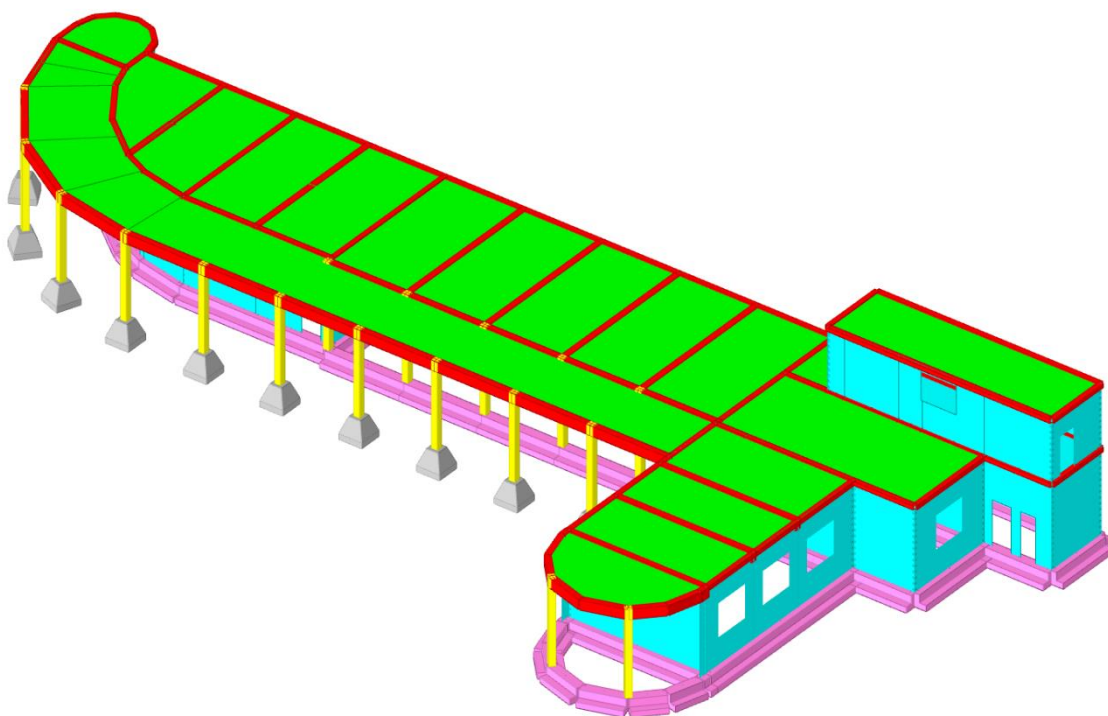
Lo stato di progetto si differenzia dallo stato attuale a seguito degli interventi indicati nel capitolo precedente.

Al modello numerico dello stato di fatto, quindi, sono apportate le seguenti modifiche:

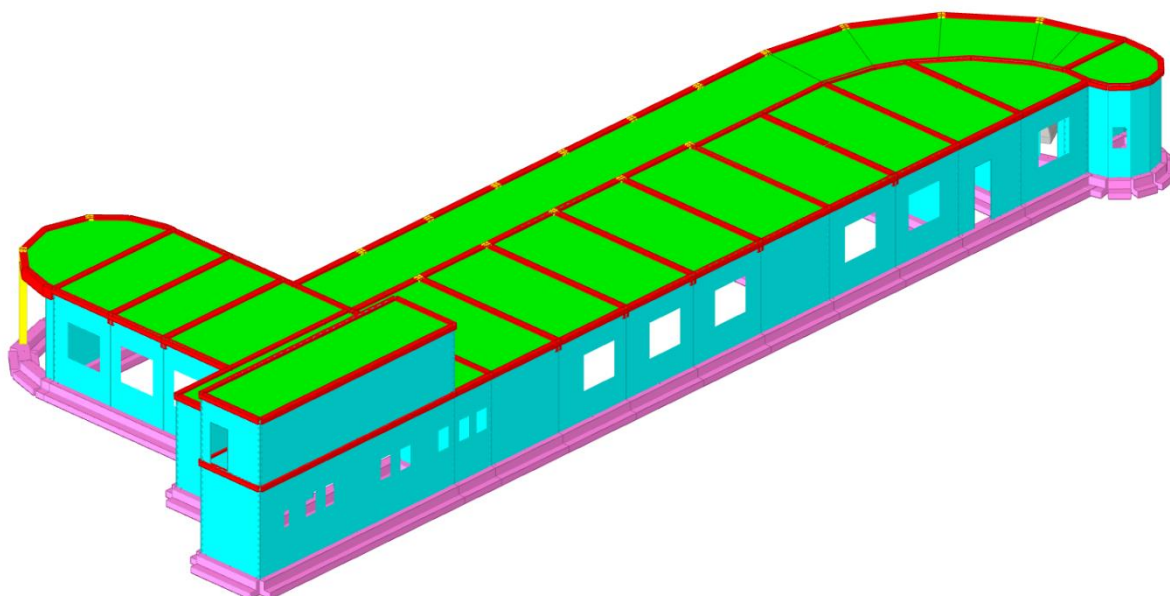
1. Rinforzo di alcuni maschi murari perimetrali in mattoni pieni a due teste: per tali elementi si considerano i parametri di resistenza ed elasticità propri di una muratura in mattoni pieni e malta di calce consolidata (parametri indicati nel capitolo relativo ai materiali);
2. Rimozione dal modello di calcolo della porzione di edificio in cui le murature sono ad una testa: in tale porzione le verifiche sono vincolate dallo spessore troppo ridotto delle murature anche se eventualmente rinforzate a seguito di eventuali interventi di rinforzo con iniezioni.

**Nello specifico, per quanto riguarda la porzione da consolidare, sono previsti una serie di interventi locali di ripristino che vanno a ripristinare il grado di sicurezza iniziale del fabbricato, e conforme alla norma vigente (adeguamento alle azioni statiche): tali interventi sono qualificabili come manutenzione straordinaria, e non vedono l'inserimento di nessun nuovo elemento strutturale, ma solo il ripristino di quelli esistenti ammalorati.**

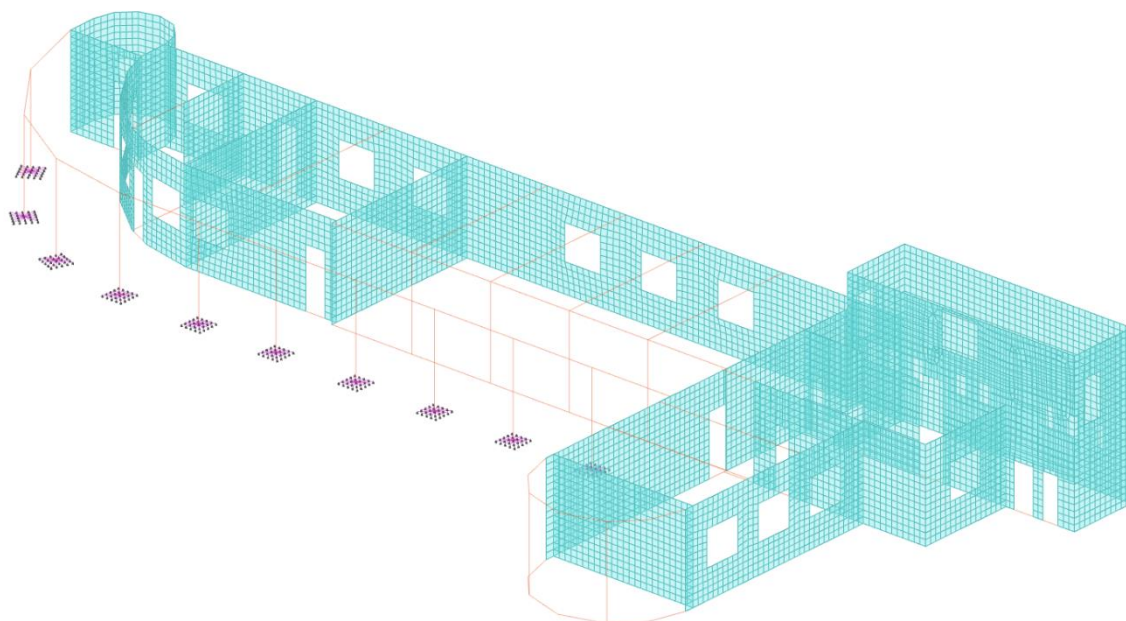
Si riportano in primo luogo alcune viste del modello di calcolo dello Stato di Progetto.



*Modello stato di progetto: vista struttura nr. 1*



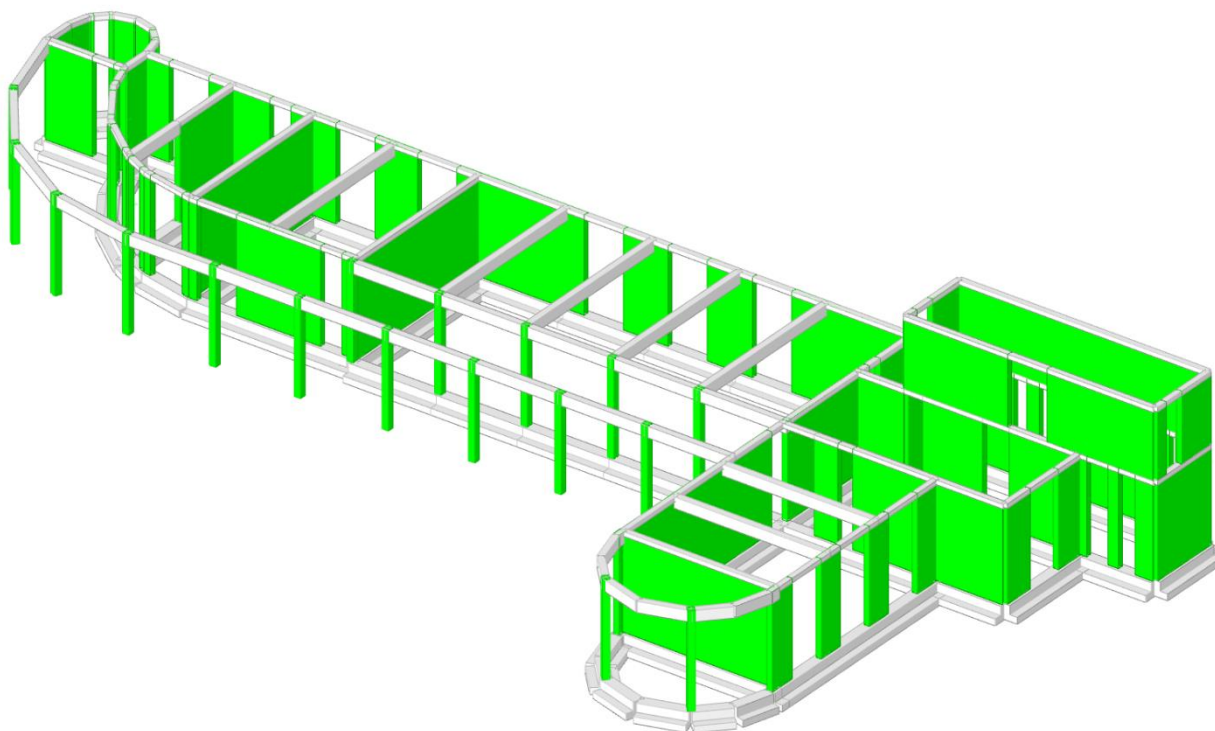
*Modello stato di progetto: vista struttura nr. 2*



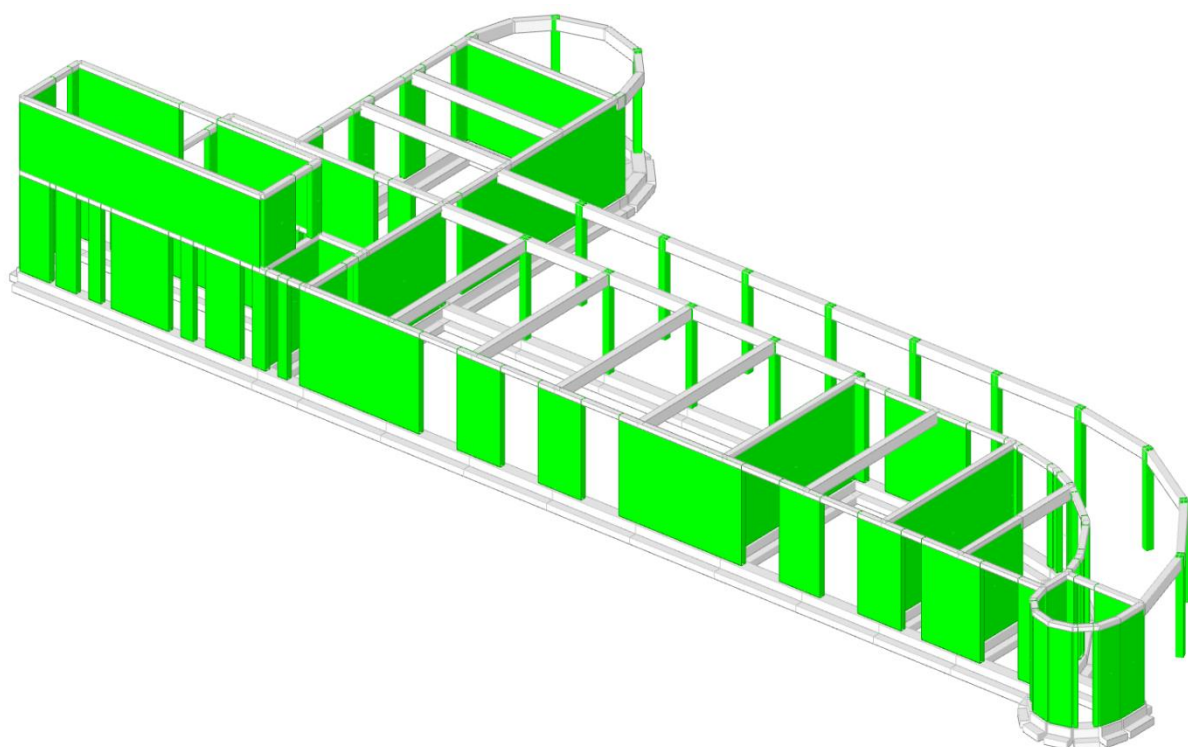
*Modello stato di progetto: vista modello FEM*

In analogia con quanto fatto per lo Stato di Fatto si riporta l'analisi statica delle murature nei confronti dei carichi verticali in combinazione SLU seguendo quanto specificato al §4.5.6.2 del D.M. 17/01/2018 considerando la penalizzazione di resistenza della muratura data dalla snellezza dei pannelli murari.

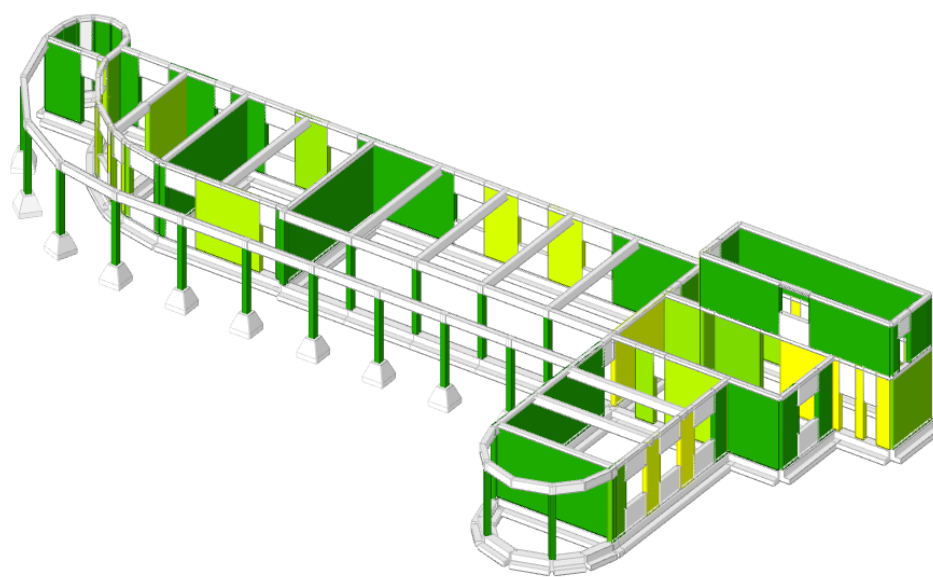
La verifica viene condotta in modo automatico dal programma di calcolo Sismicad il quale fornisce i seguenti output.



*Output nr. 1: maschi murari con verifiche soddisfatte e non soddisfatte SDP*



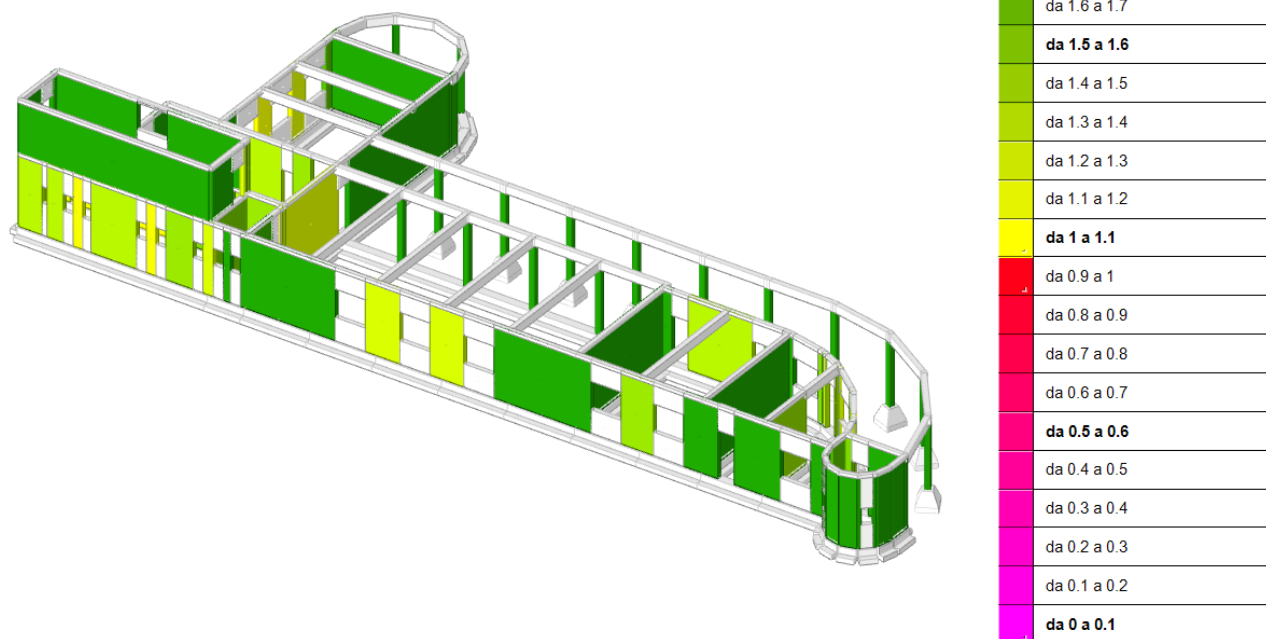
Output nr. 2: maschi murari con verifiche soddisfatte e non soddisfatte SDP



|                     |
|---------------------|
| da 1.9 a 2          |
| da 1.8 a 1.9        |
| da 1.7 a 1.8        |
| da 1.6 a 1.7        |
| <b>da 1.5 a 1.6</b> |
| da 1.4 a 1.5        |
| da 1.3 a 1.4        |
| da 1.2 a 1.3        |
| da 1.1 a 1.2        |
| <b>da 1 a 1.1</b>   |
| da 0.9 a 1          |
| da 0.8 a 0.9        |
| da 0.7 a 0.8        |
| da 0.6 a 0.7        |
| <b>da 0.5 a 0.6</b> |
| da 0.4 a 0.5        |
| da 0.3 a 0.4        |
| da 0.2 a 0.3        |
| da 0.1 a 0.2        |
| <b>da 0 a 0.1</b>   |

Output nr. 3: coefficienti di sicurezza verifica maschi murari SDP



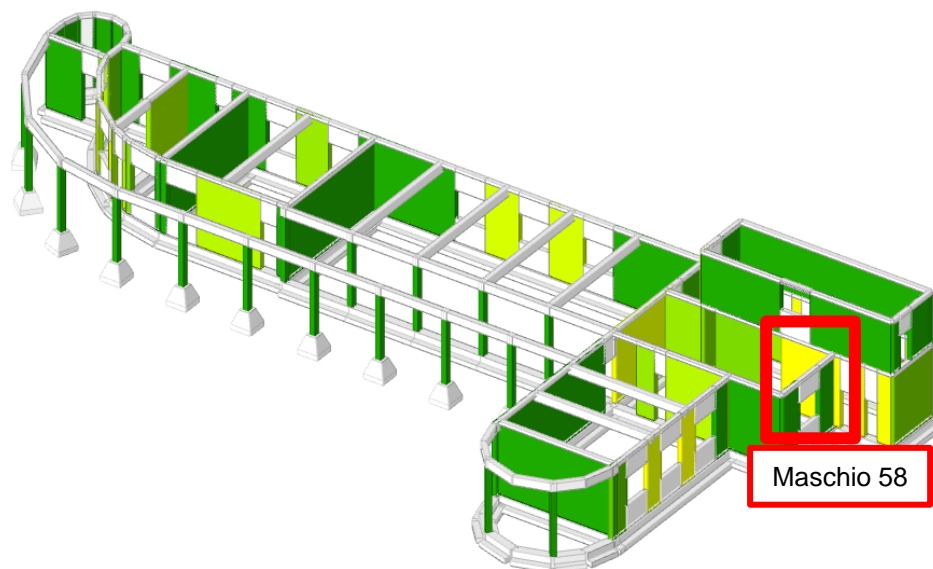


*Output nr. 4: coefficienti di sicurezza verifica maschi murari SDP*

Dagli output si nota come nella configurazione dello Stato di Progetto le verifiche statiche dei maschi murari a due teste, nei confronti dei carichi verticali, risultino interamente soddisfatte.

Dagli output precedenti si possono individuare i pannelli murari per i quali le verifiche forniscono coefficienti di sicurezza prossimi all'unità (colore giallo) e quelli in cui i coefficienti di sicurezza delle verifiche risultano più elevati (colore verde).

Per un maggiore dettaglio si riporta la verifica del maschio murario che fornisce il minor coefficiente di sicurezza (indicato nell'immagine seguente) condotta per tutte le combinazioni SLU.



|                     |
|---------------------|
| da 1.9 a 2          |
| da 1.8 a 1.9        |
| da 1.7 a 1.8        |
| da 1.6 a 1.7        |
| <b>da 1.5 a 1.6</b> |
| da 1.4 a 1.5        |
| da 1.3 a 1.4        |
| da 1.2 a 1.3        |
| da 1.1 a 1.2        |
| <b>da 1 a 1.1</b>   |
| da 0.9 a 1          |
| da 0.8 a 0.9        |
| da 0.7 a 0.8        |
| da 0.6 a 0.7        |
| <b>da 0.5 a 0.6</b> |
| da 0.4 a 0.5        |
| da 0.3 a 0.4        |
| da 0.2 a 0.3        |
| da 0.1 a 0.2        |
| <b>da 0 a 0.1</b>   |

| Verifica Statica maschio murario nr. 58 §4.5.6.2 NTC2018 |           |          |            |                                 |          |          |         |         |                 |      |          |                |          |
|--|-----------|----------|------------|---------------------------------|----------|----------|---------|---------|-----------------|------|----------|----------------|----------|
| Comb.  | Quota [m] | Ned [kN] | Med [kN*m] | p (fattore laterale di vincolo) | es1 [cm] | es2 [cm] | ea [cm] | ev [cm] | e verifica [cm] | Φ    | Nrd [kN] | fs = Nrd / Ned | Verifica |
| SLU 16   | 4.40      | -19.79   | 0.00       | 1.00                            | 0.00     | -0.43    | 2.20    | 0.00    | 2.63            | 0.38 | 29.59    | 1.495          | Si       |
| SLU 16   | 2.20      | -22.89   | 0.00       | 1.00                            | 0.00     | -0.43    | 2.20    | 0.00    | 2.20            | 0.41 | 31.88    | 1.393          | Si       |
| SLU 16   | 0.00      | -27.18   | 0.00       | 1.00                            | 0.00     | -0.43    | 2.20    | 0.00    | 2.63            | 0.38 | 29.59    | 1.089          | Si       |
| SLU 14   | 4.40      | -19.23   | 0.00       | 1.00                            | 0.00     | -0.50    | 2.20    | 0.00    | 2.70            | 0.37 | 29.17    | 1.517          | Si       |
| SLU 14   | 2.20      | -22.35   | 0.00       | 1.00                            | 0.00     | -0.50    | 2.20    | 0.00    | 2.20            | 0.41 | 31.88    | 1.427          | Si       |
| SLU 14   | 0.00      | -26.64   | 0.00       | 1.00                            | 0.00     | -0.50    | 2.20    | 0.00    | 2.70            | 0.37 | 29.17    | 1.095          | Si       |
| SLU 12   | 4.40      | -18.80   | 0.00       | 1.00                            | 0.00     | -0.42    | 2.20    | 0.00    | 2.62            | 0.38 | 29.63    | 1.576          | Si       |
| SLU 12   | 2.20      | -21.94   | 0.00       | 1.00                            | 0.00     | -0.42    | 2.20    | 0.00    | 2.20            | 0.41 | 31.88    | 1.453          | Si       |
| SLU 12   | 0.00      | -26.24   | 0.00       | 1.00                            | 0.00     | -0.42    | 2.20    | 0.00    | 2.62            | 0.38 | 29.63    | 1.129          | Si       |
| SLU 15   | 4.40      | -19.12   | 0.00       | 1.00                            | 0.00     | -0.34    | 2.20    | 0.00    | 2.54            | 0.39 | 30.06    | 1.572          | Si       |
| SLU 15   | 2.20      | -22.24   | 0.00       | 1.00                            | 0.00     | -0.34    | 2.20    | 0.00    | 2.20            | 0.41 | 31.88    | 1.434          | Si       |
| SLU 15   | 0.00      | -26.54   | 0.00       | 1.00                            | 0.00     | -0.34    | 2.20    | 0.00    | 2.54            | 0.39 | 30.06    | 1.133          | Si       |
| SLU 10   | 4.40      | -18.24   | 0.00       | 1.00                            | 0.00     | -0.50    | 2.20    | 0.00    | 2.70            | 0.37 | 29.19    | 1.600          | Si       |
| SLU 10   | 2.20      | -21.40   | 0.00       | 1.00                            | 0.00     | -0.50    | 2.20    | 0.00    | 2.20            | 0.41 | 31.88    | 1.490          | Si       |
| SLU 10   | 0.00      | -25.70   | 0.00       | 1.00                            | 0.00     | -0.50    | 2.20    | 0.00    | 2.70            | 0.37 | 29.19    | 1.136          | Si       |
| SLU 11   | 4.40      | -18.13   | 0.00       | 1.00                            | 0.00     | -0.33    | 2.20    | 0.00    | 2.53            | 0.39 | 30.13    | 1.662          | Si       |
| SLU 11   | 2.20      | -21.29   | 0.00       | 1.00                            | 0.00     | -0.33    | 2.20    | 0.00    | 2.20            | 0.41 | 31.88    | 1.497          | Si       |
| SLU 11   | 0.00      | -25.60   | 0.00       | 1.00                            | 0.00     | -0.33    | 2.20    | 0.00    | 2.53            | 0.39 | 30.13    | 1.177          | Si       |
| SLU 13   | 4.40      | -17.88   | 0.00       | 1.00                            | 0.00     | -0.32    | 2.20    | 0.00    | 2.52            | 0.39 | 30.15    | 1.686          | Si       |
| SLU 13   | 2.20      | -21.06   | 0.00       | 1.00                            | 0.00     | -0.32    | 2.20    | 0.00    | 2.20            | 0.41 | 31.88    | 1.514          | Si       |
| SLU 13   | 0.00      | -25.37   | 0.00       | 1.00                            | 0.00     | -0.32    | 2.20    | 0.00    | 2.52            | 0.39 | 30.15    | 1.188          | Si       |
| SLU 9  | 4.40      | -16.90   | 0.00       | 1.00                            | 0.00     | -0.31    | 2.20    | 0.00    | 2.51            | 0.39 | 30.23    | 1.789          | Si       |
| SLU 9  | 2.20      | -20.11   | 0.00       | 1.00                            | 0.00     | -0.31    | 2.20    | 0.00    | 2.20            | 0.41 | 31.88    | 1.586          | Si       |



|       |      |        |      |      |      |       |      |      |      |      |       |       |    |
|-------|------|--------|------|------|------|-------|------|------|------|------|-------|-------|----|
| SLU 9 | 0.00 | -24.43 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | -0.31 | 2.20 | 0.00 | 2.51 | 0.39 | 30.23 | 1.237 | Si |
| SLU 8 | 4.40 | -16.65 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | -0.46 | 2.20 | 0.00 | 2.66 | 0.38 | 29.40 | 1.766 | Si |
| SLU 8 | 2.20 | -18.98 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | -0.46 | 2.20 | 0.00 | 2.20 | 0.41 | 31.88 | 1.680 | Si |
| SLU 8 | 0.00 | -22.26 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | -0.46 | 2.20 | 0.00 | 2.66 | 0.38 | 29.40 | 1.321 | Si |
| SLU 6 | 4.40 | -16.09 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | -0.55 | 2.20 | 0.00 | 2.75 | 0.37 | 28.90 | 1.796 | Si |
| SLU 6 | 2.20 | -18.43 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | -0.55 | 2.20 | 0.00 | 2.20 | 0.41 | 31.88 | 1.730 | Si |
| SLU 6 | 0.00 | -21.73 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | -0.55 | 2.20 | 0.00 | 2.75 | 0.37 | 28.90 | 1.330 | Si |

Per ogni combinazione di carico SLU vengono effettuate le verifiche nella sezione sommitale, in quella intermedia (metà altezza) e in quella di base.

Si nota come tutte le verifiche statiche del maschio nr. 58 risultino soddisfatte; il minimo coefficiente di sicurezza risulta pari a 1,089 e riguarda la verifica della sezione di base nei confronti della combinazione di carico SLU 16.

Si riportano, nella seguente tabella, il riepilogo dei coefficienti di sicurezza minimi per tutti i maschi murari dell'edificio.

| Riepilogo Verifiche Statiche nr. 58 §4.5.6.2 NTC2018 |              |           |         |          |                                   |              |           |         |          |
|--|--------------|-----------|---------|----------|-----------------------------------|--------------|-----------|---------|----------|
| Maschio Murario                                      | Stato Limite | Comb.     | fs min. | Verifica | Maschio Murario                   | Stato Limite | Comb.     | fs min. | Verifica |
| Maschio 1 "Fondazione - Piano 1"                     | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 2.459   | Si       | Maschio 37 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 2.128   | Si       |
| Maschio 2 "Fondazione - Piano 1"                     | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 2.472   | Si       | Maschio 38 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 1.271   | Si       |
| Maschio 3 "Fondazione - Piano 1"                     | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 3.994   | Si       | Maschio 39 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 1.881   | Si       |
| Maschio 4 "Fondazione - Piano 1"                     | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 3.557   | Si       | Maschio 40 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 1.523   | Si       |
| Maschio 5 "Fondazione - Piano 1"                     | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 2.950   | Si       | Maschio 41 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 1.945   | Si       |
| Maschio 6 "Fondazione - Piano 1"                     | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 2.221   | Si       | Maschio 42 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 1.693   | Si       |
| Maschio 7 "Fondazione - Piano 1"                     | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 1.653   | Si       | Maschio 43 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 2.346   | Si       |
| Maschio 8 "Fondazione - Piano 1"                     | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 3.129   | Si       | Maschio 44 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 1.558   | Si       |
| Maschio 9 "Fondazione - Piano 1"                     | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 3.906   | Si       | Maschio 45 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 1.494   | Si       |
| Maschio 10 "Fondazione - Piano 1"                    | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 3.551   | Si       | Maschio 46 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 1.691   | Si       |
| Maschio 11 "Fondazione - Piano 1"                    | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 2.756   | Si       | Maschio 47 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 1.365   | Si       |
| Maschio 12 "Fondazione - Piano 1"                    | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 1.789   | Si       | Maschio 48 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 1.749   | Si       |
| Maschio 13 "Fondazione - Piano 1"                    | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 1.407   | Si       | Maschio 49 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 1.210   | Si       |
| Maschio 14 "Fondazione - Piano 1"                    | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 1.459   | Si       | Maschio 50 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 1.132   | Si       |
| Maschio 15 "Fondazione - Piano 1"                    | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 1.199   | Si       | Maschio 51 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 2.360   | Si       |
| Maschio 16 "Fondazione - Piano 1"                    | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 1.095   | Si       | Maschio 52 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 1.550   | Si       |
| Maschio 17 "Fondazione - Piano 1"                    | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 3.198   | Si       | Maschio 53 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU    | SLU<br>16 | 1.275   | Si       |

|                                   |           |           |       |    |                                   |           |           |       |    |
|-----------------------------------|-----------|-----------|-------|----|-----------------------------------|-----------|-----------|-------|----|
| Maschio 18 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 1.539 | Si | Maschio 54 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 1.470 | Si |
| Maschio 19 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 1.374 | Si | Maschio 55 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 1.267 | Si |
| Maschio 20 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 3.261 | Si | Maschio 56 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 1.410 | Si |
| Maschio 21 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 1.559 | Si | Maschio 57 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 1.400 | Si |
| Maschio 22 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 1.509 | Si | Maschio 58 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 1.089 | Si |
| Maschio 23 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 1.494 | Si | Maschio 59 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 2.090 | Si |
| Maschio 24 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 1.700 | Si | Maschio 60 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU | SLU<br>14 | 4.659 | Si |
| Maschio 25 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 1.949 | Si | Maschio 61 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 2.197 | Si |
| Maschio 26 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 1.936 | Si | Maschio 62 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 1.181 | Si |
| Maschio 27 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 2.291 | Si | Maschio 63 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 1.226 | Si |
| Maschio 28 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 2.180 | Si | Maschio 64 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 1.247 | Si |
| Maschio 29 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 1.435 | Si | Maschio 65 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 1.626 | Si |
| Maschio 30 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 1.521 | Si | Maschio 66 "Piano 1 - Piano 2"    | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 1.346 | Si |
| Maschio 31 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 4.306 | Si | Maschio 67 "Piano 1 - Piano 2"    | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 3.533 | Si |
| Maschio 32 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 1.979 | Si | Maschio 68 "Piano 1 - Piano 2"    | PF<br>SLU | SLU<br>14 | 4.120 | Si |
| Maschio 33 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 2.267 | Si | Maschio 69 "Piano 1 - Piano 2"    | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 2.302 | Si |
| Maschio 34 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 1.380 | Si | Maschio 70 "Piano 1 - Piano 2"    | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 2.115 | Si |
| Maschio 35 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 1.371 | Si | Maschio 71 "Piano 1 - Piano 2"    | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 2.587 | Si |
| Maschio 36 "Fondazione - Piano 1" | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 2.066 | Si | Maschio 72 "Piano 1 - Piano 2"    | PF<br>SLU | SLU<br>16 | 3.763 | Si |

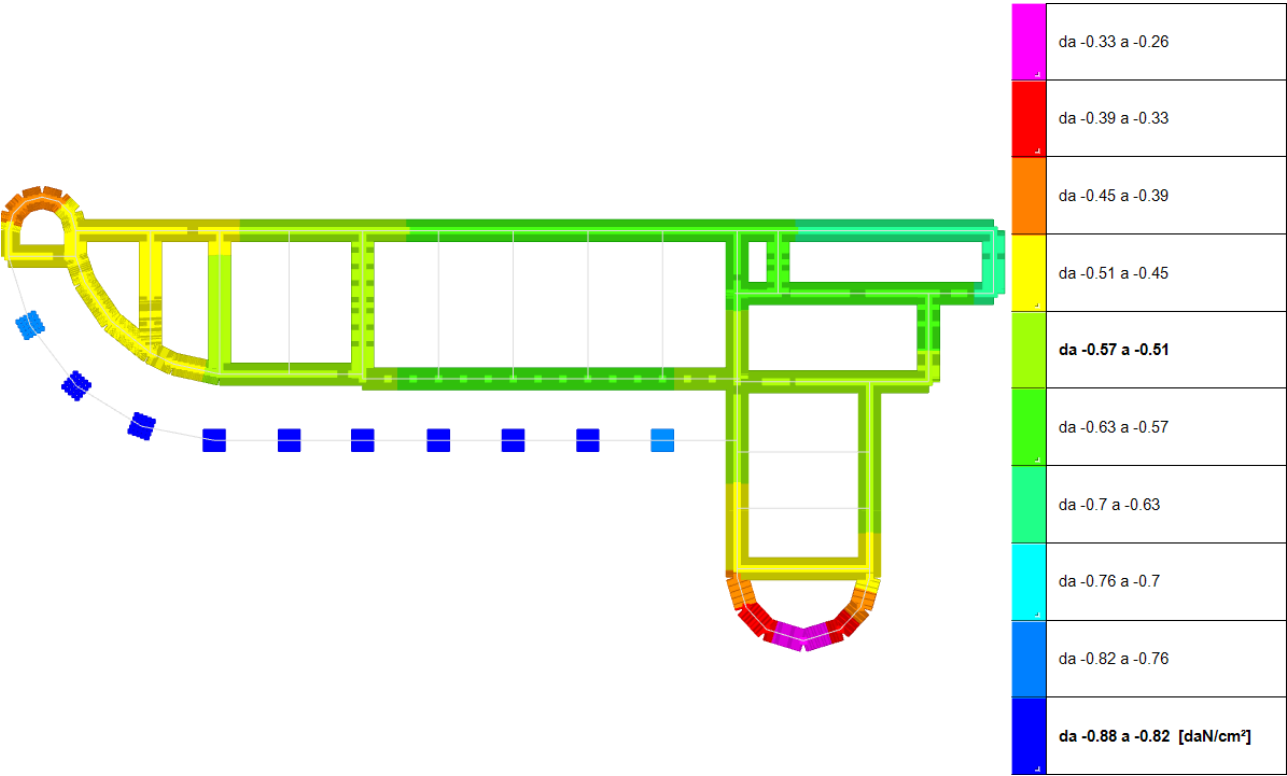
Tutte le verifiche forniscono coefficienti di sicurezza superiori all'unità; il minimo è relativo alle verifiche del maschio murario nr. 58.

*Le verifiche statiche dei maschi murari condotte, nei confronti dei carichi verticali in combinazione SLU, come indicato al §4.5.6.2 dell'NTC2018, risultano interamente soddisfatte.*

Per la verifica geotecnica dei terreni di fondazioni si fa riferimento alle pressioni sul terreno ottenute dal modello di calcolo.

Come indicato in precedenza per schematizzare l'interazione terreno-struttura sono state inserite al di sotto delle fondazioni molle elastiche aventi costante elastica di Winkler pari a 0,50 kg/cmc; tale valore è stato definito, in modo cautelativo, in funzione delle caratteristiche dei terreni indicate nella relazione geologica e geotecnica di riferimento.

Si riporta l'inviluppo delle massime pressioni in fondazione ottenute dal modello di calcolo.



Il valore massimo, pari a 0,88 kg/cm<sup>2</sup>, si ritiene compatibile con le caratteristiche proprie dei terreni di fondazione.

### 13 VERIFICA SOLAIO

E' stata rilevata la presenza di solaio in laterocemento di spessore 16+4 cm, travetti posti ad interasse di 25 cm armati con 2Ø8 lisci.

La massima luce di calcolo del solaio è pari a 4,1 m.

$i = 25 \text{ cm}$

$L = 4,1 \text{ m}$

$g_1 = 270 \text{ daN/mq}$

$g_2 = 200 \text{ daN/mq}$

$q = 90 \text{ daN/mq}$

SLU: 786 daN/mq

$M = 4.13 \text{ kNm}$

$V = 1.0 \text{ kN}$

The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. The main window displays various input fields and calculated results for a structural analysis. Key sections include:

- Titolo:** A field for the project title.
- N° figure elementari:** Set to 2.
- N° strati barre:** Set to 1.
- Table 1:**

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 25     | 4      |
| 2  | 8      | 16     |
- Table 2:**

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1  | 1.01     | 18     |
- Sollecitazioni:** Fields for N, M, V, and their design values (N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>, V<sub>Ed</sub>).
- Materiali:** A section for material properties, including concrete (C16/20) and steel (FeB38k) properties like  $f_{yk}$ ,  $f_{td}$ ,  $E_s$ ,  $E_c$ ,  $\epsilon_{yk}$ ,  $\epsilon_{td}$ ,  $\tau_{yk}$ ,  $\tau_{td}$ ,  $\tau_{c1}$ ,  $\tau_{c2}$ ,  $\tau_{c3}$ ,  $\tau_{c4}$ ,  $\tau_{c5}$ ,  $\tau_{c6}$ ,  $\tau_{c7}$ ,  $\tau_{c8}$ ,  $\tau_{c9}$ ,  $\tau_{c10}$ ,  $\tau_{c11}$ ,  $\tau_{c12}$ ,  $\tau_{c13}$ ,  $\tau_{c14}$ ,  $\tau_{c15}$ ,  $\tau_{c16}$ ,  $\tau_{c17}$ ,  $\tau_{c18}$ ,  $\tau_{c19}$ ,  $\tau_{c20}$ .
- P.to applicazione N:** Options for 'Centro', 'Baricentro cls', and 'Coord.[cm]'.
- Tipo rottura:** Options for 'Lato calcestruzzo' and 'Acciaio snervato'.
- Metodo di calcolo:** Options for 'S.L.U. +', 'S.L.U. -', and 'Metodo n'.
- Tipo flessione:** Options for 'Retta' and 'Deviata'.
- Calcola MRd:** A button to calculate the design moment resistance.
- Dominio M-N:** A button to calculate the design moment resistance.
- L<sub>0</sub>:** A field for the effective length.
- Col. modello:** A field for the column model.
- Precompresso:** A checkbox for pre-stressed concrete.

Le verifiche SLU a flessione risultano soddisfatte.

$k = 2$

$v_{min} = 0.40$

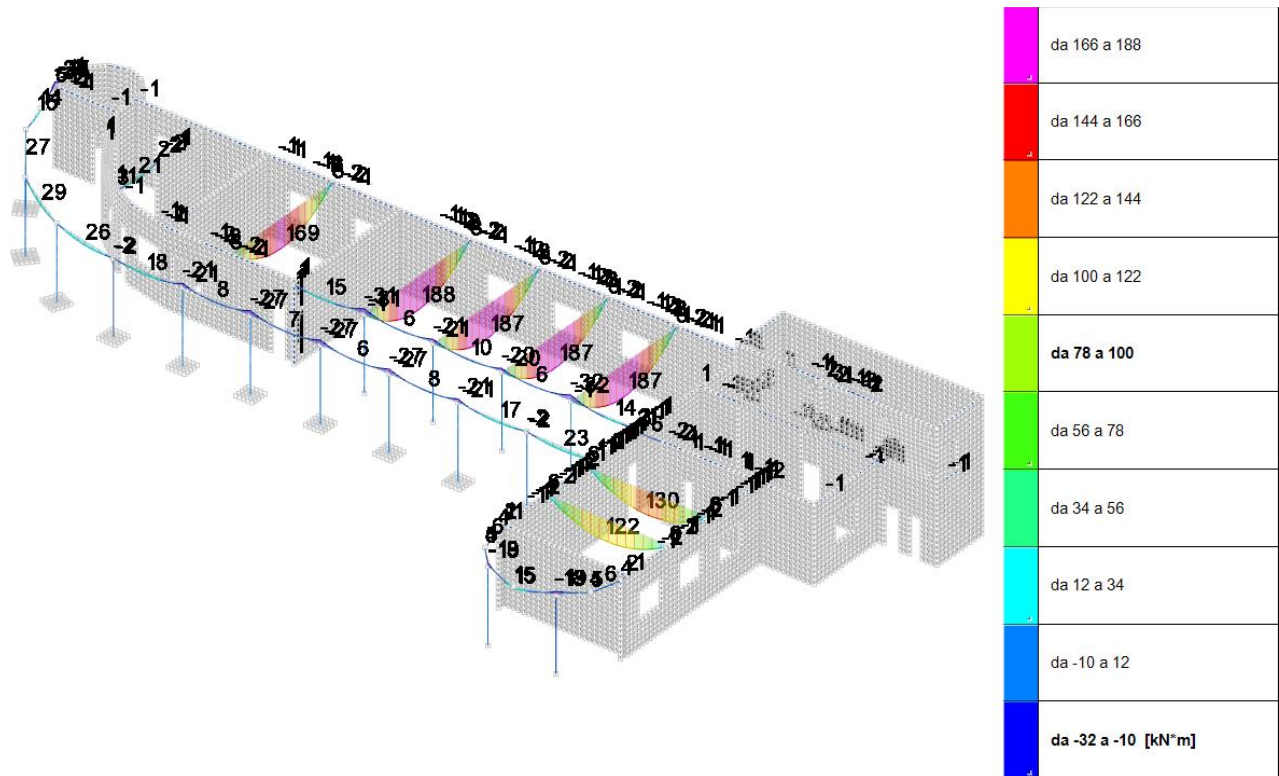
$\rho_l = 0.01$

$V_{rd} = 7.44 \text{ kN}$

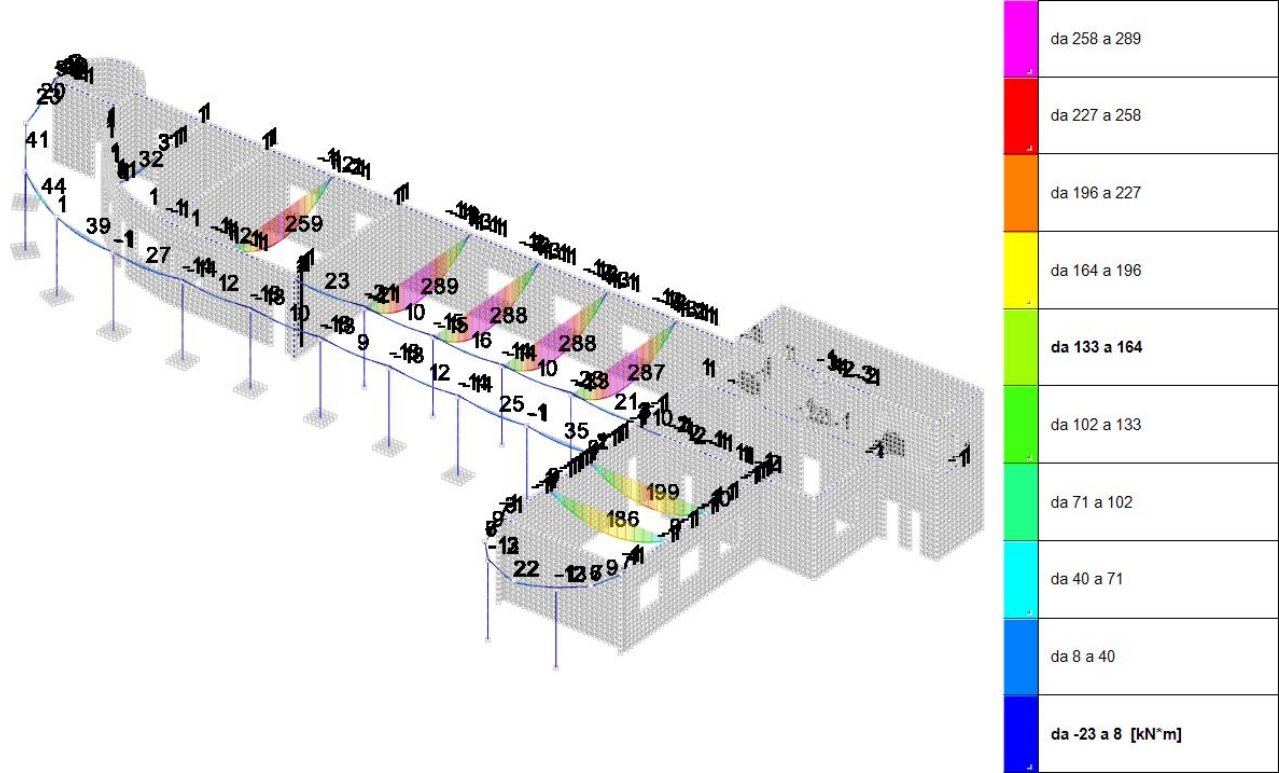
Le verifiche SLU a taglio risultano soddisfatte.

# 14 VERIFICA TRAVI 30X50

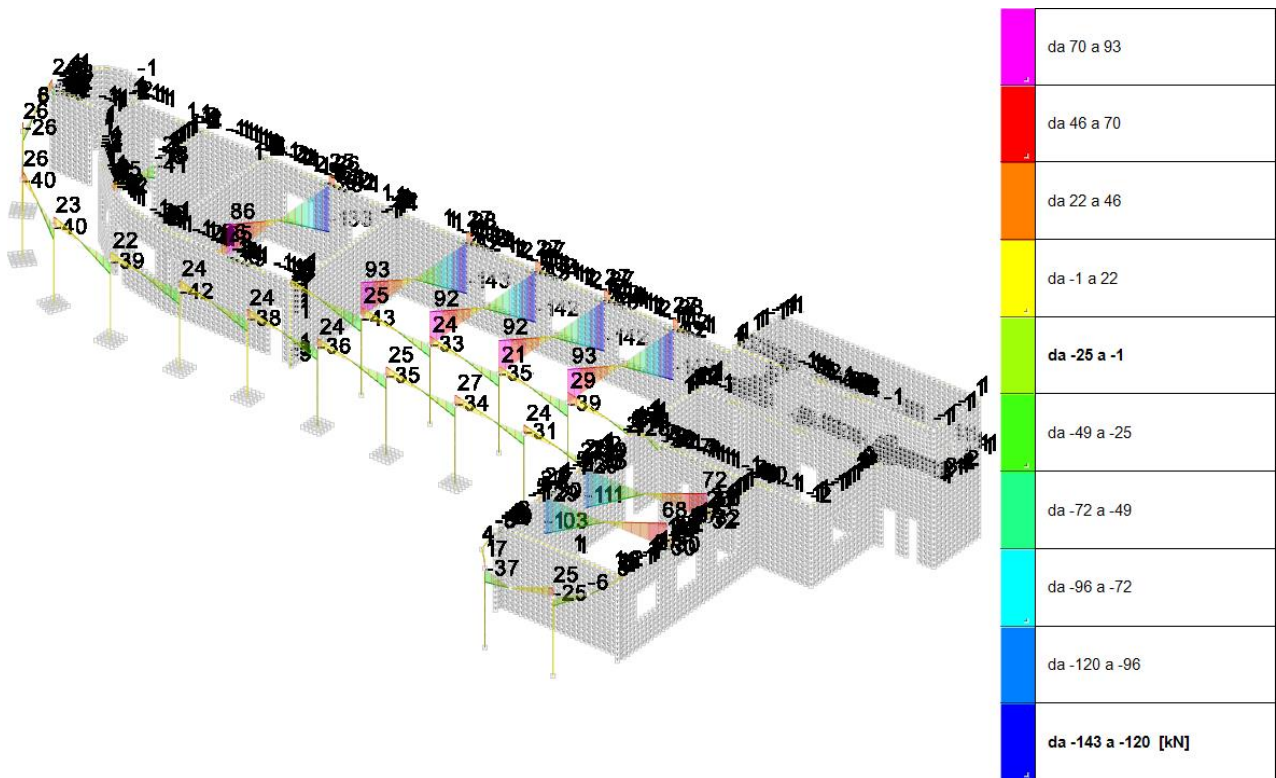
Armatura (5Ø24+1Ø20+1Ø12) inferiori e staffe Ø10/45



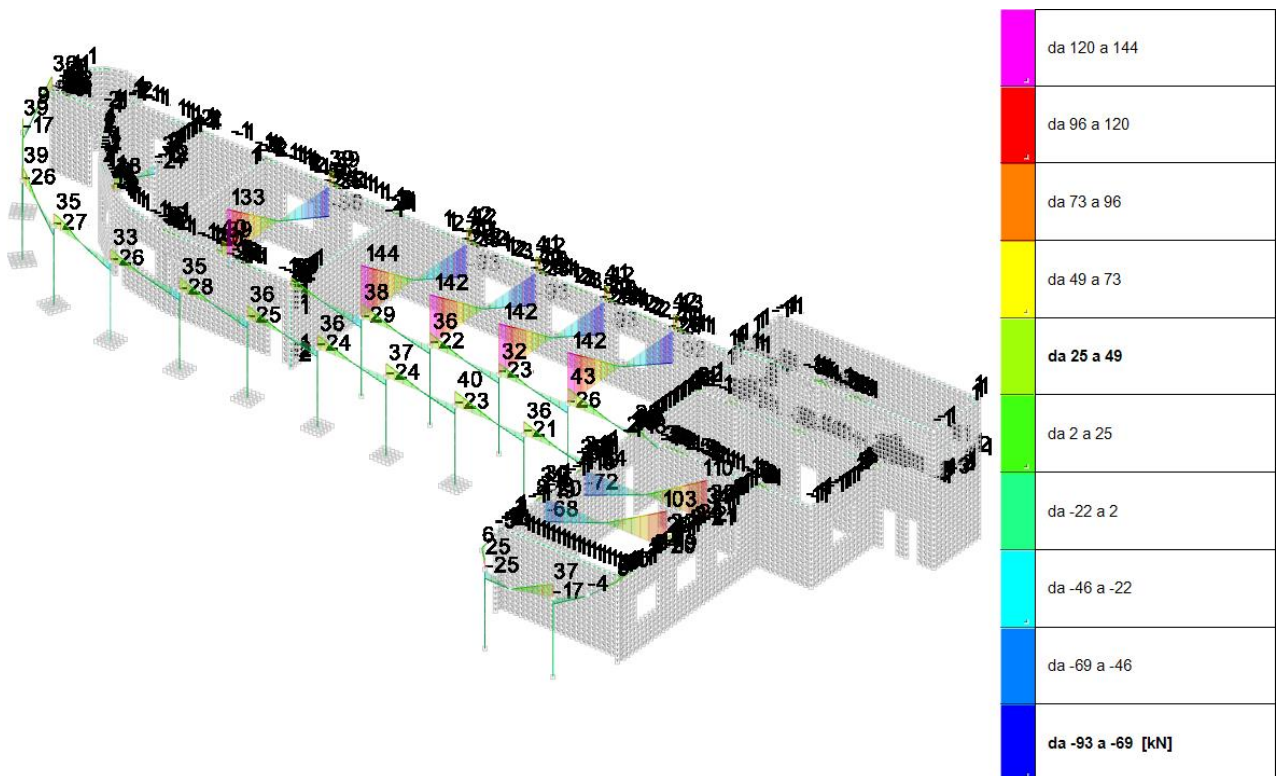
Inviluppo momento flettente minimo SLU



Inviluppo momento flettente massimo SLU



*Involuppo taglio minimo SLU*



*Involuppo taglio massimo SLU*

Verifica C.A. S.L.U. - File: trave

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo:

N° figure elementari: 2 Zoom N° strati barre: 3 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 80     | 5      |
| 2  | 30     | 40     |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1  | 26.89    | 42     |
| 2  | 12.57    | 3      |
| 3  | 2.26     | 25     |

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 0 kN  
M<sub>Ed</sub> 289 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

P.to applicazione N  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo  
☒ S.L.U. + ☐ S.L.U. - ☐ Metodo n

Tipo flessione  
☒ Retta ☐ Devia

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali FeB38k C16/20

ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 271.7 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
E<sub>s</sub> 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub> 7.556  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8 ?  
ε<sub>syd</sub> 1.359 ‰ C<sub>c,adm</sub> 7.25  
C<sub>s,adm</sub> 215 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.4667  
τ<sub>cl</sub> 1.543

σ<sub>c</sub> -7.556 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 271.7 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3.5 ‰  
ε<sub>s</sub> 6.74 ‰  
d 42 cm  
x 14.36 x/d 0.3418  
δ 0.8672

Le verifiche SLU a flessione risultano soddisfatte.

$$k = 1.7$$

$$v_{min} = 0.34$$

$$\rho_l = 0.02$$

$$V_{rd} = 87.39 \text{ kN (sezione non armata a taglio)}$$

Inclinazione puntoni compressi :  $22^\circ$   
 $\cotg\theta = 2.5$

diametro staffe: 10 mm

nr. braccia: 4

passo staffe: 45 cm

inclinazione staffe rispetto asse trave:  $90^\circ$

$$A_{sw} = 3.1 \text{ cm}^2$$

$$V_{Rsd} = 177.5 \text{ kN}$$

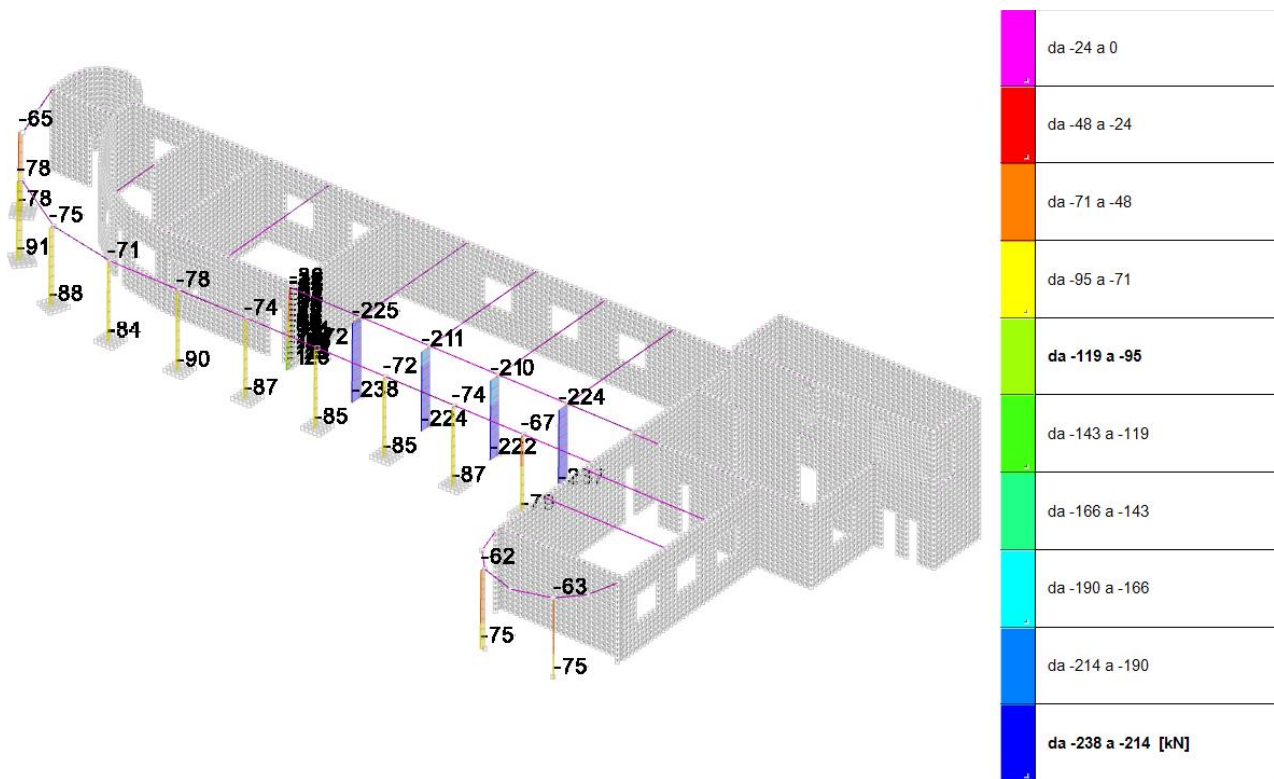
$$V_{Rcd} = 186.0 \text{ kN}$$

Le verifiche SLU a taglio risultano soddisfatte.



# 15 VERIFICA PILASTRI 30X30

Armatura 4Ø16 e staffe Ø6/25, copriferro netto massimo 5 cm



Sforzo normale massimo SLU

Verifica C.A. S.L.U. - File: pilastro

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

TITOLO :

N° Vertici 4 Zoom N° barre 4 Zoom

| N° | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 15     | 15     |
| 2  | -15    | 15     |
| 3  | -15    | -15    |
| 4  | 15     | -15    |

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 238 0 kN  
M<sub>Ed</sub> 0 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

Materiali FeB38k C16/20

$\sigma_{su}$  67.5 %  $\sigma_{c2}$  2 %  
 $f_{yd}$  271.7 N/mm<sup>2</sup>  $\sigma_{cu}$  3.5 %  
 $E_s$  200000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  7.556 %  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8 %  
 $\sigma_{syd}$  1.359 %  $\sigma_{c,adm}$  7.25 %  
 $\sigma_{c,adm}$  215 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$  0.4667 %  
 $\tau_{c1}$  1.543 %

P.to applicazione N Centro Baricentro cls  
Coord. [cm] xN 0 yN 0

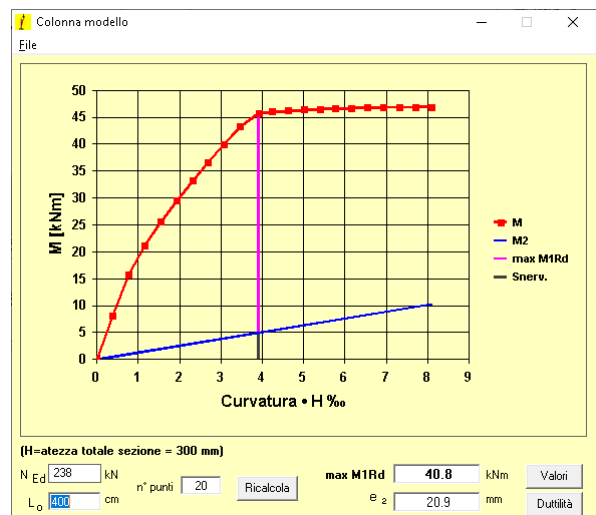
Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo S.L.U. + S.L.U. Metodo n  
Tipo flessione Retta Deviato

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 400 cm Col. modello

M<sub>xRd</sub> 46.9 kN m  
 $\sigma_c$  -7.556 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  271.7 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  3.5 %  
 $\epsilon_s$  3.517 %  
d 26 cm  
x 12.97 x/d 0.4988  
 $\delta$  1

Precompresso



## 16 INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA

Il rilievo e le valutazioni numeriche hanno portato alla definizione di interventi locali di ripristino degli elementi ammalorati, inquadrabili sostanzialmente come interventi di manutenzione straordinaria. I criteri adottati alla base dell'intervento di manutenzione dell'edificio sono stati tarati al fine di non alterare l'assetto architettonico e formale dell'edificio ma di intervenire unicamente con lavorazioni atte al ripristino degli elementi che ne garantiscano l'integrità strutturale e la continuità nel tempo.

### Sporti di gronda (cornici), solaio del portico e del locale a piano primo

Tali elementi presentano distacchi di intonaco e di elementi in laterizio, dovuti probabilmente ad infiltrazioni d'acqua: si prevede la rimozione dell'intonaco e degli elementi distaccati, la pulizia del supporto ed il successivo ripristino degli elementi in c.a. (vedasi punto successivo) e della finitura.



*Foto del solaio ammalorato*

### Elementi in c.a. esposti

I pilastri in c.a. del portico presentano distacchi di copriferro e fessure fra le quali è visibile il ferro d'armatura intaccato dalla corrosione; le prove laboratorio hanno permesso di stimare la profondità di carbonatazione massima in circa 6 cm: si prevede quindi di intervenire con i seguenti step:

- scopertura di tutti i ferri con utilizzo di demolitore e martellina in modo da rimuovere il calcestruzzo deteriorato
- preparazione delle armature con ripulitura dalla ruggine tramite sabbiatura
- ripristino tramite saldatura delle porzioni di armatura metallica irrimediabilmente compromesse
- stesa resina protettiva, passivante anticorrosiva dei ferri esistenti (elevata alcalinità, ottima adesione al metallo, additivata con inibitori di corrosione)
- posa nuovo betoncino in malta a ritiro compensato fibrorinforzata per il risanamento del calcestruzzo, in grado di ripristinare integralmente la sezione e la finitura esterna.



*Foto dei pilastri del portico*

### Murature esterne

Le murature esposte agli agenti atmosferici presentano distacchi di intonaco, sfogliature della parte superficiali dei mattoni, lacune nei giunti di malta: si prevede di rimuovere tutto l'intonaco esistente, pulire il supporto murario, procedere ad una stilatura profonda dei giunti e ad una iniezione di miscela legante al fine di scongiurare la presenza di vuoti e cavità inter-mattone; a finire sarà posato un nuovo strato di intonaco in malta di calce.



*Foto della muratura esterna*

### Rimozione del massetti in cls di copertura

Al fine di sgravare l'edificio quanto più da carichi non necessari, si prevede di demolire la soletta in calcestruzzo magro non armato che insiste su porzione della copertura.



*Foto del massetto in copertura*

### Locali magazzino

In fase di rilievo è emersa la presenza di due corpi di fabbrica, di differenti modalità costruttive: l'edificio originario con struttura portante in mattoni pieni a due teste e pilastri in c.a., ed un edificio secondario, addossato al primo, con struttura portante in mattoni pieni ad una testa. La posteriorità costruttiva di questo secondo corpo di fabbrica è testimoniata dalla presenza di una fessura all'interfaccia fra i due edifici, in cui è evidente la preesistenza dell'uno rispetto al secondo.

Tale edificio presenta murature portanti ad una testa di altezza di circa 4 m: l'elevata snellezza di tali elementi strutturali ed il loro cattivo stato di conservazione porta a consigliarne l'interdizione al pubblico in quanto staticamente non idoneo.

### Impianti e finiture

Si prevede l'adeguamento a norma dell'impianto elettrico e la dipintura interna ed esterna.

## 17 ALLEGATI



**INDAGINI SPERIMENTALI**  
**C.N.S. – VOGA VENETA MESTRE**  
**MESTRE – VENEZIA**

**PROVA n. 3958/PD**

**15 e 16 ottobre 2013**

Committente: **Tasca Aldo S.p.A.**

Consulente tecnico: **ing. Antonio Alessandri**

Relatore: **geom. Fulvio De Francisci**



*Vista aerea dell'area "C.N.S. – Voga Veneta Mestre"*

Rif.:PD-180-13

Padova, 28 ottobre 2013

MOD. 1

LABORATORIO BZ Tel. 0471/543181  
**BOLZANO** Tel. 0471/543111  
Fax 0471/543110  
info@4emme.it  
www.4emme.it



PER INFORMAZIONI  
TECNICHE

LABORATORIO MI Tel. 02/40092545  
AGRIGENTO Tel. 0925/84026  
BOLOGNA Tel. 051/6346808  
CAGLIARI Tel. 070/490732  
CATANIA Tel. 095/8841854

COMO Tel. 031/305253  
FIRENZE Tel. 055/461000  
GENOVA Tel. 010/586195  
MILANO Tel. 02/40092545  
MODENA Tel. 059/395414

NOVARA Tel. 0321/624873  
PADOVA Tel. 049/8020707  
PALERMO Tel. 091/6703629  
PIACENZA Tel. 0523/755849  
ROMA Tel. 06/71546992

TORINO Tel. 011/7706023  
TRAPANI Tel. 0924/26694  
TRENTO Tel. 0461/830920  
TREVISO Tel. 0438/990200  
VERONA Tel. 045/8004278

## INDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. PREMESSA .....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>2. INDIVIDUAZIONE DEGLI EDIFICI INDAGATI .....</b>                  | <b>4</b>  |
| <b>3. DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE .....</b>                       | <b>5</b>  |
| 3.1. Indagini Pachometriche .....                                      | 5         |
| 3.2. Carotaggi e prove di compressione .....                           | 6         |
| 3.3. Valutazione della profondità di carbonatazione .....              | 7         |
| 3.4. Indagini Ultrasoniche .....                                       | 8         |
| 3.5. Indagini Termografiche .....                                      | 12        |
| <b>4. EX COLONIA .....</b>   | <b>13</b> |
| 4.1. Individuazione delle indagini effettuate .....                    | 14        |
| 4.2. Riepilogo dei risultati - Indagini Pachometriche .....            | 15        |
| 4.3. Riepilogo dei risultati - Carotaggi e prove di compressione ..... | 17        |
| 4.3.1. Documentazione fotografica.....                                 | 18        |
| 4.4. Riepilogo dei risultati - Indagini Ultrasoniche .....             | 19        |
| 4.5. Riepilogo dei risultati - Indagini Termografiche .....            | 21        |

## ALLEGATI:

1- Certificato n. 6235 del 23/10/2013 - Prova di compressione su provini cilindrici in cls



## 1. PREMESSA

La *4 EMME Service S.p.A.* è stata incaricata dall'impresa *Tasca Aldo S.p.A.* di eseguire delle indagini mirate alla caratterizzazione di elementi strutturali dell'edificio "Ex Colonia", di pertinenza della "C.N.S. - Voga Veneta Mestre" sita in Punta San Giuliano a Mestre nel Comune di Venezia.

La scelta degli elementi strutturali da sottoporre a verifica, la determinazione e la disposizione dei carichi, il modo di rilevazione e i punti di misura sono stati preventivamente concordati con il Consulente Tecnico, ing. Alessandri.

Le indagini sono state eseguite il 15 e 16 ottobre 2013.

In data 15 ottobre, all'esecuzione delle indagini hanno assistito:

ing. Antonio Alessandri Consulente Tecnico

In data 16 ottobre, all'esecuzione delle indagini hanno assistito:

arch. Andrea Borin Responsabile Canottieri Mestre

e per la *4 EMME Service S.p.A.*:

arch. Giuseppe Caramel

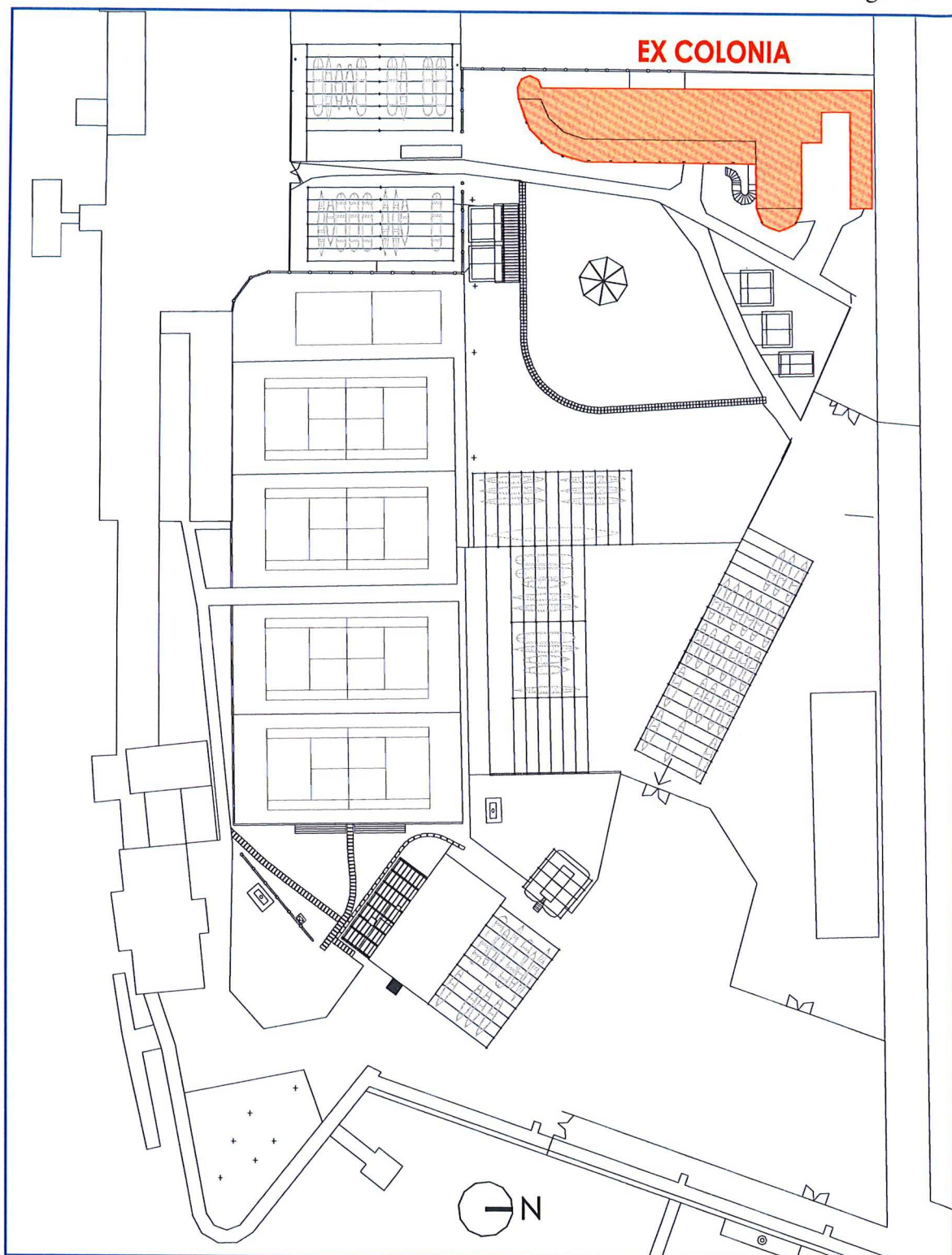
geom. Davide Morello

geom. Fulvio De Francisci



## 2. INDIVIDUAZIONE DEGLI EDIFICI INDAGATI

A seguire è riportata la planimetria generale con l'individuazione dell'edificio indagato.



*Planimetria con l'individuazione dell'edificio oggetto d'indagine*

### 3. DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE

Nei capitoli successivi è descritta la strumentazione utilizzata per ogni tipologia di indagine.

#### 3.1. Indagini Pachometriche

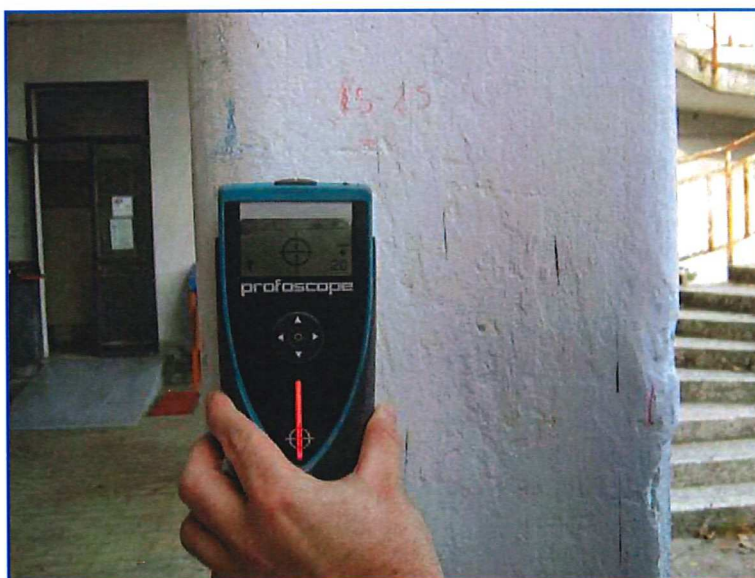
La rilevazione della posizione e del diametro dell'armatura può essere effettuata mediante uno strumento detto Pachometro. Lo strumento consiste in una sonda emettitrice di campo magnetico incorporata a un'unità d'elaborazione digitale e acustica.

La sonda è fatta scorrere lungo la superficie e, dall'assorbimento del campo magnetico, si è in grado di determinare la posizione delle armature fino a una profondità di 130 mm; quando il copriferro è inferiore a 70 mm, è possibile stimare con buona approssimazione il diametro dei ferri. Questo tipo di rilevazione, oltre alla specificità della conoscenza delle armature superficiali, ha diverse altre funzioni, e in particolare è utile per l'esecuzione delle altre prove, come carotaggio, sclerometro e Pull-Out, che necessitano di evitare le armature.



#### RIFERIMENTI NORMATIVI

Norma UNI 7997



*Indagine pachometrica su pilastro*

### 3.2. Carotaggi e prove di compressione

Per il prelievo dei provini cilindrici si è utilizzata una carotatrice Tyrolit Hydrostress a colonna a sola rotazione e sistema di recupero dell'acqua di raffreddamento, con corone diamantate di diametro 80 o 100 mm.



*Carotatrice Tyrolit Hydrostress*



*Esecuzione carotaggio su pilastro*

I carotaggi sui pilastri sono stati effettuati orizzontalmente al getto, previa indagine pachometrica per l'individuazione dell'armatura.

Le prove di compressione sono eseguite presso il Laboratorio *4 EMME Service S.p.A.* (Autorizzato con D.M. n. 52187 del 28/07/2004 ad effettuare prove sui materiali da costruzione ai sensi dell'art. 20, legge del 05.11.1971 n. 1086) con sede in via L. Zuegg, 20 a Bolzano.



### 3.3. Valutazione della profondità di carbonatazione

La prova ha lo scopo di determinare la profondità di carbonatazione dello strato superficiale del calcestruzzo. Il calcestruzzo possiede un valore di pH di circa 12,5, cosa che gli conferisce un carattere fortemente alcalino. Questa forte alcalinità costituisce una protezione naturale dell'armatura contro la corrosione. Il calcestruzzo carbonatato è fortemente permeabile e riduce la capacità protettiva; fornisce inoltre una durezza superiore che tende ad ingannare i metodi di determinazione della resistenza a compressione misurati con sclerometro.



La procedura di prova può essere così sintetizzata:

- Utilizzare una carota eseguendo la prova immediatamente dopo l'estrazione ad evitare che si formi un film carbonatato superficiale.
- Pulire accuratamente con uno straccio asciutto la superficie cilindrica.
- Spalmare o nebulizzare la fenolftaleina sulla superficie, con soluzione all'1% d'alcool etilico, utilizzando un pennello o un nebulizzatore.
- Misurare lo spessore di carbonatazione che risulta non reagente e di colore inalterato, facendo la media di almeno 4 punti. La parte reagente, non carbonatata, assumerà una colorazione rosso violetto.

Nel caso di un andamento molto irregolare della linea di carbonatazione dovrà essere riportato il valore minimo e massimo.

#### RIFERIMENTI NORMATIVI

Norma UNI EN 14630

### 3.4. Indagini Ultrasoniche

Per l'esecuzione delle prove è stata utilizzata l'apparecchiatura Matest C372N, strumento ultrasuoni "High Performance", costituita da:

- n. 2 sonde piezometriche con frequenza propria 55KHz
- cilindro di taratura
- ricevitore preamplificato
- terminale operatore con display LCD touch-screen



Le acquisizioni ultrasoniche sono state effettuate tutte con metodo “diretto” con le sonde poste sulle due superfici opposte dell'elemento, ad una quota d'acquisizione per i pilastri mediamente di 1,60 ÷ 1,90 metri dalla quota solaio di calpestio, salvo qualche verifica a quote diverse. Per le travi le acquisizioni sono state effettuate nelle mezzerie degli elementi.

Il metodo ad ultrasuoni è basato sulla rilevazione di treni d'onde immessi in un manufatto. Le onde con velocità maggiore e quindi le più facilmente individuabili sono quelle di tipo longitudinale che, di conseguenza, sono più comunemente utilizzate nella diagnostica dei materiali.

La velocità delle onde longitudinali che si trasmettono in un mezzo elastico, infinito, omogeneo ed isotropo è data dalla seguente formula:

$$V_p = \sqrt{\frac{g \cdot E_d \cdot (1 - \mu)}{\rho \cdot (1 + \mu) \cdot (1 - 2\mu)}}$$

Il modulo elastico è il seguente:

$$E_d = V_p^2 \cdot \rho \cdot \frac{(1 + \mu)(1 - 2\mu)}{g(1 - \mu)}$$

dove:

$E_d$  = modulo elastico dinamico del mezzo (MPa)

$V_p$  = velocità rilevata (m/s)

$\rho$  = densità del materiale

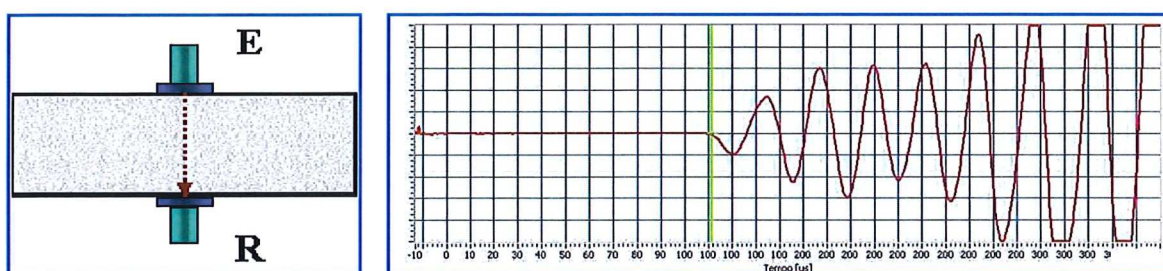
$\mu$  = coefficiente di Poisson

$g$  = accelerazione di gravità (9,81 m/s<sup>2</sup>)



Il metodo consiste nel propagare entro il materiale in esame dei treni di impulsi nel campo delle frequenze ultrasoniche ( $15 \div 200$  KHz, in questo caso sono state utilizzate sonde da 55 KHz) emessi da un trasmettitore posto a contatto col materiale stesso e nel misurare il tempo con cui tali impulsi vengono percepiti da un ricevitore posto ad una distanza nota dal primo.

Analizzando i differenti tempi di arrivo degli impulsi e quindi le differenti velocità di propagazione è inoltre possibile valutare qualitativamente lo stato di degrado del materiale. Nell'ipotesi che la velocità di propagazione delle onde, pur se anisotropa nelle differenti direzioni, sia costante e omogenea, le velocità inferiori indicano lunghezze di percorrenza maggiori e quindi la presenza di lesioni e fessure o la presenza di materiale con caratteristiche meccaniche diverse.



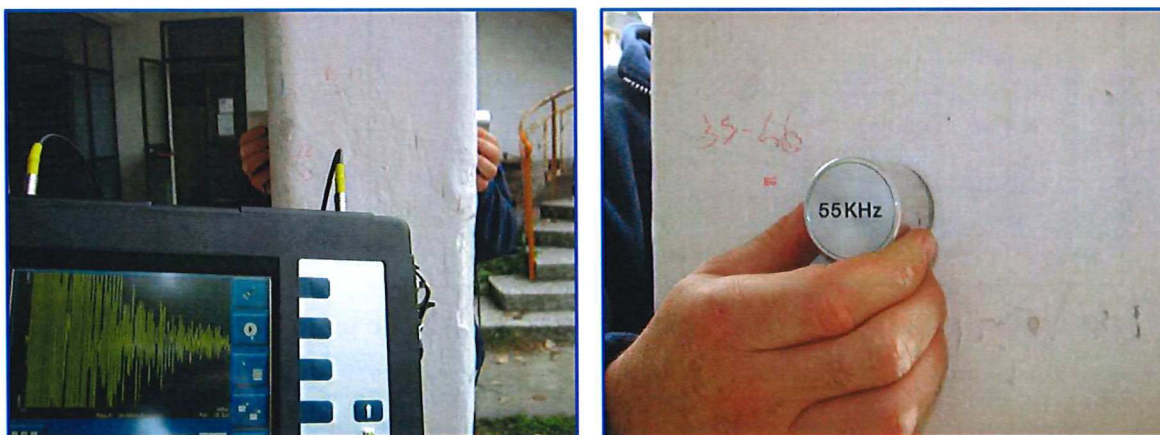
*Schema di prove ultrasoniche dirette e acquisizione segnale ultrasonico*

In ogni zona di indagine vengono eseguite almeno n. 3 letture della velocità con metodo diretto, rispettivamente a +5 cm e -5 cm dal punto di accoppiamento iniziale delle sonde. Le acquisizioni sono state effettuate anche in presenza dell'intonaco, avendo l'indagine eseguita un carattere prevalentemente di verifica di omogeneità.

L'insieme delle acquisizioni effettuate in cantiere acquista massimo valore se considerato come analisi d'omogeneità degli elementi presi in esame.

#### RIFERIMENTI NORMATIVI

Norma UNI EN 12504-4 "Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 4: Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici".



*Indagini ultrasoniche su pilastri*

La determinazione della velocità di propagazione degli ultrasuoni nel cls. è condizionata da alcuni fattori che sono:

- fattori legati alla composizione del calcestruzzo (la velocità nell'aggregato è maggiore che nella malta di cemento)
- fattori ambientali (l'umidità influenza in maniera opposta la velocità e la resistenza)
- fattori legati alle condizioni di prova (un aumento della pressione sulle sonde oltre a ridurre lo spessore del materiale di accoppiamento rende più netta la traccia sull'oscilloscopio con conseguente riduzione del tempo di volo misurato)
- profondità di carbonatazione

Le proprietà che più influenzano la velocità degli ultrasuoni sono il modulo elastico e la densità.

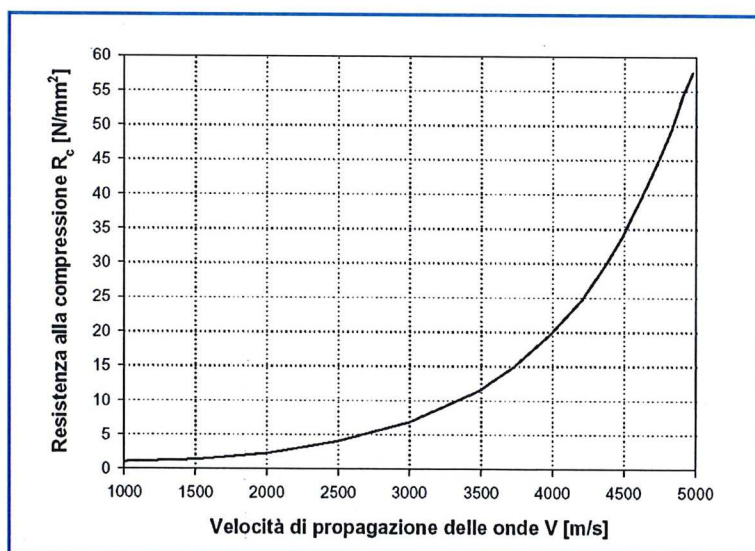
Non esiste una relazione fisica tra velocità degli ultrasuoni e resistenza a compressione con validità generale, neanche per un calcestruzzo di composizione nota.

Nota: le acquisizioni ultrasoniche sono state effettuate anche nei pilastri oggetto di prelievo di provini cilindrici.

L'indagine ultrasonica è stata ripetuta nel provino estratto.

I dati riportati nella tabella a pagine 18 e 19 sono quindi tutti riferiti a elementi intonacati. Si ribadisce che i risultati esposti vanno considerati come indagine di omogeneità.

In relazione alla normativa UNI EN 12504 – 4 : 2005, seguita nel corso delle indagini, si può fare inizialmente riferimento in sito alla sottostante tabella di correlazione riportata nella normativa stessa.

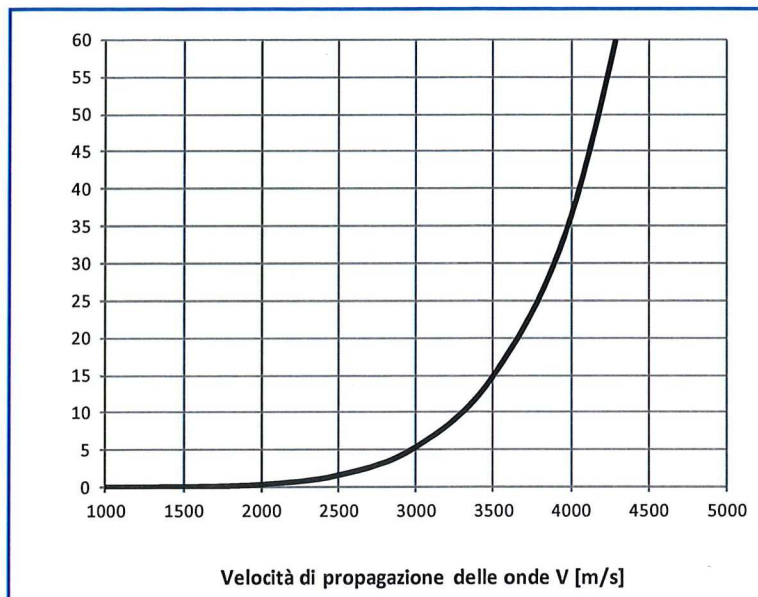


*Andamento tipico della correlazione tra velocità di propagazione delle onde elastiche [V] e resistenza a compressione [Rc] – Riferimento di Normativa.*

Detti valori, se correlati alla resistenza, sono da considerare puramente indicativi.



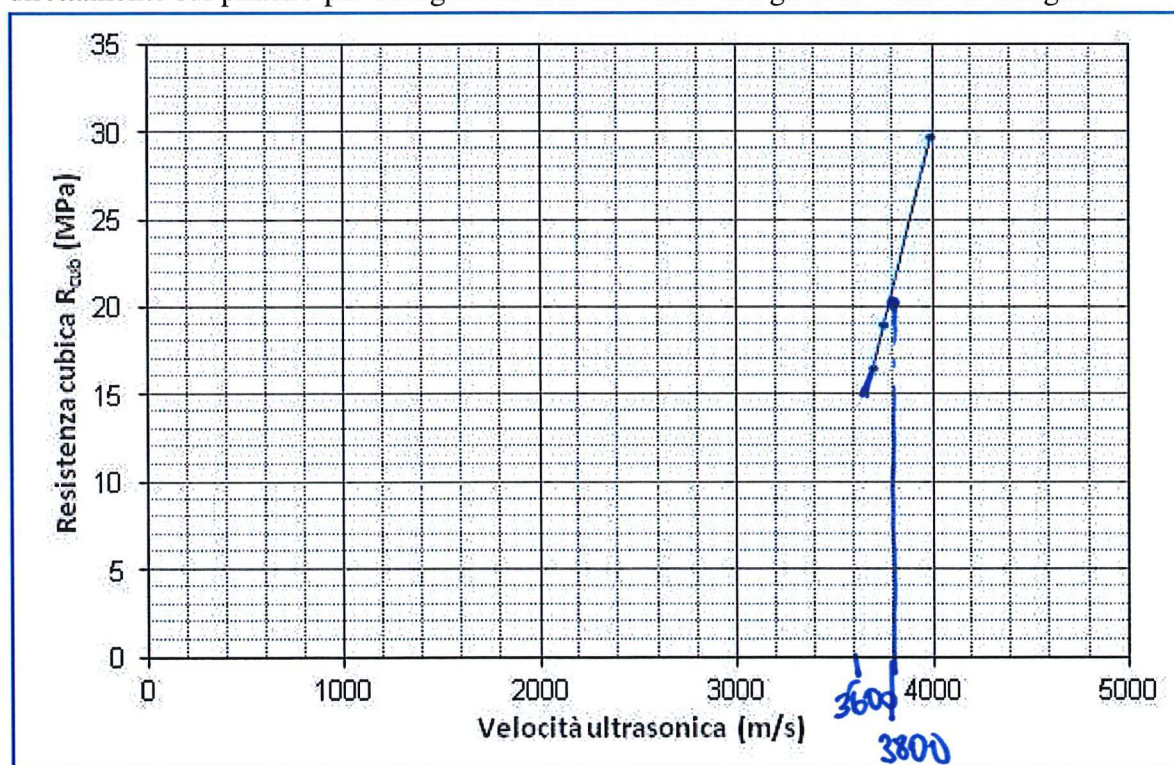
Si riporta come esempio una curva di correlazione costruita in laboratorio attraverso una serie di acquisizioni ultrasoniche su spezzoni di carote, prelevate in vari siti e successivamente rotte per compressione.



*Curva di correlazione tra velocità di propagazione delle onde elastiche [V] e resistenza a compressione [Rc] – Riferimento di Laboratorio.*

L'effettuazione di tre carotaggi e successive prove di compressione in Laboratorio, permette di costruire una "curva di riferimento in sito".

Le velocità ultrasoniche utilizzate fanno riferimento alle acquisizioni effettuate direttamente sul pilastro per omogeneità di riferimento con gli altri elementi indagati.



*Curva di correlazione tra velocità di propagazione delle onde elastiche [v] e resistenza a compressione [Rcub] – Riferimento in sito - Edificio "Ex Colonia" - Punta San Giuliano.*

### 3.5. Indagini Termografiche

Le indagini sono state eseguite dall'arch. Giuseppe Caramel, Infrared Thermographer n. 2008IT25N002, utilizzando una termocamera Flir, modello *ThermaCam™ P65* con le seguenti caratteristiche:

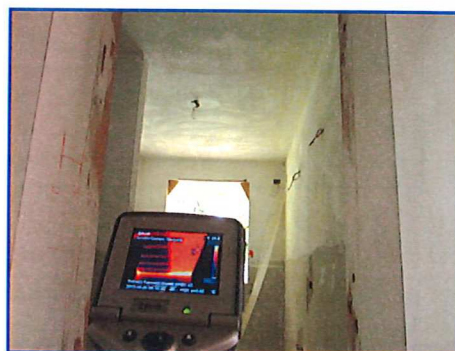
- Risoluz. spaziale: 1,3 mrad
- Accuratezza:  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  o  $\pm 2\%$  della lettura
- Intervallo spettrale: 7,5 – 13,0  $\mu\text{m}$
- Rilevatore: FPA (Focal Plane Array), micro bolometro 320x240.



L'indagine è stata condotta per rilevare in sito, attraverso l'acquisizione di termogrammi, gli elementi principali della struttura.

Le acquisizioni sono state effettuate in condizioni di transitorio termico accettabile, sfruttando sia la fase d'assorbimento sia la fase di cessione di calore tra gli ambienti interni o tra interno ed esterno dello stabilimento.

A seguire si riportano le immagini nelle frequenze infrarosse. La chiave di lettura delle immagini termiche, così come indicata in legenda, è improntata



sulla “scala del ferro”, dove vengono associate a zone d'emissione termica superiore il colore più chiaro e a zone d'emissione termica inferiore colori progressivamente più scuri. Nelle tabelle di ogni zona indagata (ZONA X), si riportano alcuni dati tecnici relativi all'impostazione della termocamera ed il riferimento del file termografico memorizzato ed archiviato presso la nostra sede (IR\_XXXX).

In calce ad ogni tabella di report, infine, un breve commento identificando le eventuali anomalie riscontrate.



#### 4. EX COLONIA

Le indagini sono state condotte per verificare le caratteristiche del calcestruzzo su alcuni elementi portanti in c.a. del fabbricato, indicati nello schema sottostante.

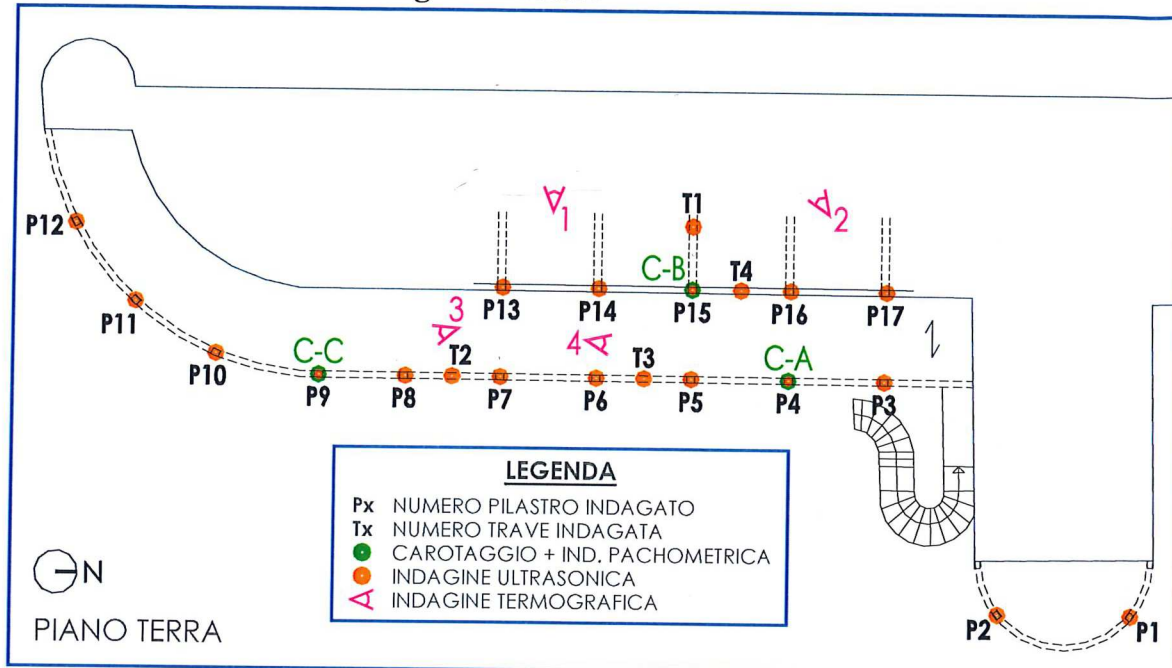
Si sono effettuate:

- n. 3 indagini pachometriche su pilastri
- n. 3 carotaggi su pilastri e successive n. 3 prove di compressione in laboratorio
- n. 3 prove di carbonatazione
- n. 17 indagini ultrasoniche su pilastri
- n. 4 indagini ultrasoniche su travi
- n. 4 indagini termografiche



*Edificio "Ex Colonia"*

#### 4.1. Individuazione delle indagini effettuate



*Planimetria "Ex Colonia"*



*Vista frontale dell'edificio "Ex Colonia"*



## 4.2. Riepilogo dei risultati - Indagini Pachometriche

Di seguito si riportano le tabelle riepilogative dei rilievi pachometrici, elencati secondo la numerazione riportata nello schema a pagina precedente.

Nei seguenti schemi è riportata la stima del diametro dell'armatura principale e delle staffe. La campitura in rosso e il termine N.R. (Non Rilevabile) indicano un dato che, per cause legate alla geometria dell'elemento stesso o ai limiti di utilizzo dello strumento, non può essere riportato in tabella.

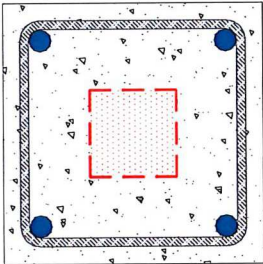
Le dimensioni riportate comprendono, dove presente, lo spessore del rivestimento riscontrato in sito.

### PILASTRO P4

| Dimensioni (Nord x Est)<br>cm |                              | Rivestimento               |                       | Schema sezione |
|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------|----------------|
| 31,5 x 31                     |                              | Intonaco                   |                       |                |
| Diametro armatura<br>mm       |                              | Diametro staffe<br>mm      |                       |                |
| 4Ø16                          |                              | Ø6                         |                       |                |
| Lato<br>elemento<br>rif.      | Copriferro<br>armatura<br>mm | Copriferro<br>staffe<br>mm | Passo<br>staffe<br>cm |                |
| Nord                          | 39 ÷ 50                      | 33 ÷ 42                    | 19 ÷ 24               |                |
| Est                           | 22 ÷ 31                      | 15 ÷ 24                    |                       |                |
| Sud                           | 22 ÷ 33                      | 15 ÷ 25                    |                       |                |
| Ovest                         | 43 ÷ 51                      | 35 ÷ 46                    |                       |                |

Nord

Ovest



Sud

Est

Note: rilievo eseguito a 80÷150 cm dal piano di calpestio.

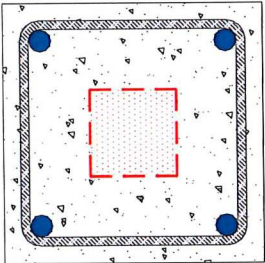
Note: rilievo eseguito a 80÷150 cm dal piano di calpestio.

### PILASTRO P9

| Dimensioni (Nord x Est)<br>cm |                              | Rivestimento               |                       | Schema sezione |
|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------|----------------|
| 31 x 31,5                     |                              | Intonaco                   |                       |                |
| Diametro armatura<br>mm       |                              | Diametro staffe<br>mm      |                       |                |
| 4Ø16                          |                              | Ø6                         |                       |                |
| Lato<br>elemento<br>rif.      | Copriferro<br>armatura<br>mm | Copriferro<br>staffe<br>mm | Passo<br>staffe<br>cm |                |
| Nord                          | 38 ÷ 47                      | 32 ÷ 41                    | 22 ÷ 28               |                |
| Est                           | 20 ÷ 26                      | 12 ÷ 19                    |                       |                |
| Sud                           | 39 ÷ 42                      | 33 ÷ 35                    |                       |                |
| Ovest                         | 54 ÷ 57                      | 47 ÷ 51                    |                       |                |

Nord

Ovest



Sud

Est

Note: rilievo eseguito a 80÷150 cm dal piano di calpestio.

Note: rilievo eseguito a 80÷150 cm dal piano di calpestio.

# **PILASTRO P15**

| Dimensioni (Nord x Est)<br>cm |                              | Rivestimento               |                       | Schema sezione |
|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------|----------------|
| 41,5 x 29,5                   |                              | Intonaco                   |                       |                |
| Diametro armatura<br>mm       |                              | Diametro staffe<br>mm      |                       |                |
| 4Ø16                          |                              | Ø6                         |                       |                |
| Lato<br>elemento<br>rif.      | Copriferro<br>armatura<br>mm | Copriferro<br>staffe<br>mm | Passo<br>staffe<br>cm |                |
| Nord                          | 28 ÷ 34                      | 19 ÷ 26                    | 24 ÷ 26               |                |
| Est                           | 23 ÷ 43                      | 14 ÷ 35                    |                       |                |
| Sud                           | 45 ÷ 46                      | 38 ÷ 40                    |                       |                |
| Ovest                         | N.R.                         | 41 ÷ 43                    |                       |                |

**Note:** rilievo eseguito a 70÷150 cm dal piano di calpestio.



### 4.3. Riepilogo dei risultati - Carotaggi e prove di compressione

La scelta dei pilastri da indagare è stata conseguente ai risultati delle indagini ultrasoniche, scegliendo gli elementi con risultato di velocità ultrasonica peggiore, migliore e medio.

La resistenza cilindrica fornita dal Laboratorio si può correlare alla resistenza cubica ( $R_{cub}$ ) in sito anche attraverso la relazione:

$$R_{cub} = \frac{F_c \times R_{cil}}{0,83}$$

Il fattore di correzione  $F_c$  è ricavabile dalle norme ASTM C 42:68 in funzione del rapporto  $H/\varnothing$ .

I provini cilindrici sono stati posti a prova di compressione secondo la norma UNI-EN 12390-3:2009 / UNI-EN 12504-1:2009, documentata con il **Certificato n. 6235 del 23/10/2013**.

I provini sono stati siglati per il Laboratorio con un contrassegno tipo:

**Cx**

dove:

**C**: Carota

**x** : numerazione progressiva provino

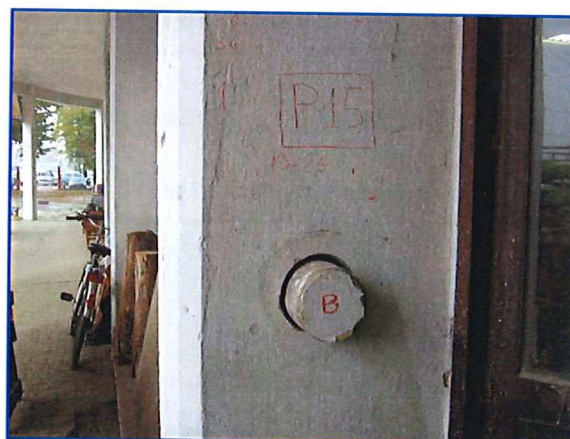
A seguire viene riportata la tabella con i risultati ottenuti dalle prove di compressione.

| Prov.<br>n. | Elem.<br>indag.<br>n. | Lato<br>rif. | h da<br>terra<br>cm | Carbona-<br>tazione<br>cm | Rapp. di<br>snellezza<br>(H/Ø) | $F_c$<br>(fattore<br>di correz.) | $R_{cil}$<br>N/mm <sup>2</sup> | $R_{cub}$<br>in sito<br>N/mm <sup>2</sup> |
|-------------|-----------------------|--------------|---------------------|---------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---|
| <b>A</b>    | <b>P4</b>             | <i>Est</i>   | 100                 | 2,0 ÷ 3,2                 | 2                              | 1                                | 24,7                           | 29,8                                      |
| <b>B</b>    | <b>P15</b>            | <i>Nord</i>  | 125                 | 5,5 ÷ 6,3                 | 1                              | 0,91                             | 13,3                           | 14,6                                      |
| <b>C</b>    | <b>P9</b>             | <i>Nord</i>  | 90                  | 2,2 ÷ 3,2                 | 2                              | 1                                | 15,8                           | 19,0                                      |

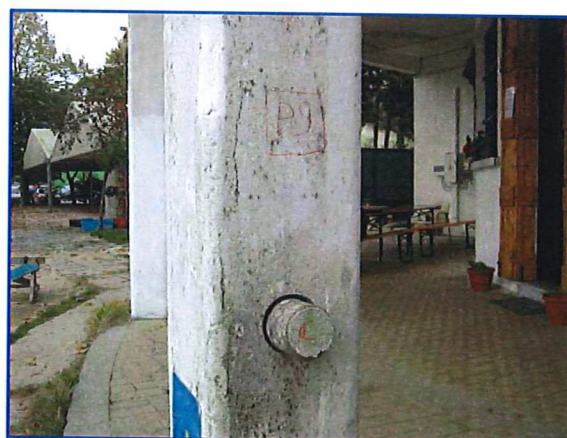
### 4.3.1. Documentazione fotografica



*Provino A su Pilastro P4*



*Provino B su Pilastro P15*



*Provino C su Pilastro P9*



#### 4.4. Riepilogo dei risultati - Indagini Ultrasoniche

A seguire si riporta la tabella con i risultati delle indagini ultrasoniche effettuate.

| Elemento indagato<br>n. | Piano<br>rif. | Metodo  | Distanza<br>cm | Tempo di volo<br>$\mu$ s | Velocità<br>m/s      | Velocità media<br>m/s | Note                         |
|-------------------------|---------------|---------|----------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------------|
| P1                      | Terra         | Diretto | 30,5           | 82,9<br>81,1<br>81,8     | 3680<br>3760<br>3730 | 3723                  |                              |
| P2                      | Terra         | Diretto | 30,5           | 81,8<br>82,7<br>80,5     | 3730<br>3690<br>3790 | 3737                  |                              |
| P3                      | Terra         | Diretto | 30,5           | 74,6<br>74,9<br>74,8     | 4090<br>4070<br>4080 | 4080                  |                              |
| P4                      | Terra         | Diretto | 30,5           | 76,4<br>76,1<br>76,6     | 3990<br>4010<br>3980 | 3993                  | Velocità su carota A<br>4120 |
| P5                      | Terra         | Diretto | 30,5           | 80,1<br>81,3<br>80,7     | 3810<br>3750<br>3780 | 3780                  |                              |
| P6                      | Terra         | Diretto | 30,5           | 82,7<br>78,6<br>82,0     | 3690<br>3880<br>3720 | 3763                  |                              |
| P7                      | Terra         | Diretto | 29,0           | 72,3<br>71,1<br>72,0     | 4010<br>4080<br>4030 | 4040                  |                              |
| P8                      | Terra         | Diretto | 31,0           | 79,1<br>81,2<br>80,1     | 3920<br>3820<br>3870 | 3870                  |                              |
| P9                      | Terra         | Diretto | 31,0           | 84,9<br>82,0<br>84,5     | 3650<br>3780<br>3670 | 3700                  | Velocità su carota B<br>3880 |
| P10                     | Terra         | Diretto | 31,0           | 77,7<br>81,4<br>78,3     | 3990<br>3810<br>3960 | 3920                  |                              |
| P11                     | Terra         | Diretto | 31,5           | 80,4<br>80,6<br>78,6     | 3920<br>3910<br>4010 | 3947                  |                              |
| P12                     | Terra         | Diretto | 31,0           | 87,6<br>85,9<br>86,4     | 3540<br>3610<br>3590 | 3580                  |                              |
| P13                     | Terra         | Diretto | 26,0           | 68,2<br>69,1<br>68,8     | 3810<br>3760<br>3780 | 3783                  |                              |
| P14                     | Terra         | Diretto | 30,0           | 80,0<br>79,2<br>78,5     | 3750<br>3790<br>3820 | 3787                  |                              |

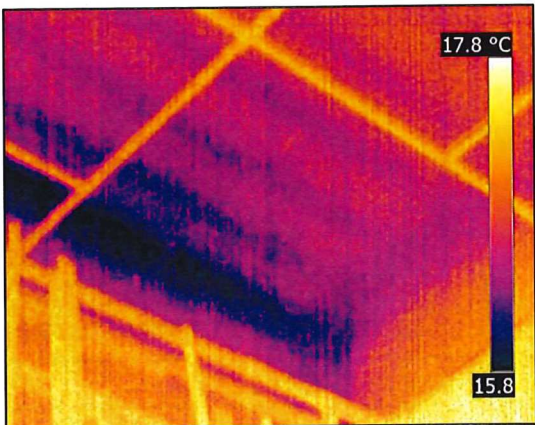

| Elemento indagato<br>n. | Piano<br>rif. | Metodo         | Distanza<br>cm | Tempo di volo<br>$\mu$ s | Velocità<br>m/s      | Velocità media<br>m/s | Note                                |
|-------------------------|---------------|----------------|----------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| <b>P15</b>              | <i>Terra</i>  | <i>Diretto</i> | 29,5           | 79,5<br>77,8<br>78,7     | 3710<br>3790<br>3750 | <b>3750</b>           | Velocità su carota C<br><b>3820</b> |
| <b>P16</b>              | <i>Terra</i>  | <i>Diretto</i> | 29,5           | 71,6<br>71,1<br>70,6     | 4120<br>4150<br>4180 | <b>4150</b>           |                                     |
| <b>P17</b>              | <i>Terra</i>  | <i>Diretto</i> | 30,0           | 80,9<br>80,0<br>78,5     | 3710<br>3750<br>3820 | <b>3760</b>           |                                     |
| <b>T1</b>               | <i>Terra</i>  | <i>Diretto</i> | 27,0           | 72,8<br>75,2<br>74,6     | 3710<br>3590<br>3620 | <b>3640</b>           |                                     |
| <b>T2</b>               | <i>Terra</i>  | <i>Diretto</i> | 26,5           | 70,1<br>71,0<br>69,2     | 3780<br>3730<br>3830 | <b>3780</b>           |                                     |
| <b>T3</b>               | <i>Terra</i>  | <i>Diretto</i> | 26,5           | 68,1<br>65,1<br>66,1     | 3890<br>4070<br>4010 | <b>3990</b>           |                                     |
| <b>T4</b>               | <i>Terra</i>  | <i>Diretto</i> | 41,5           | 106,7<br>109,5<br>104,3  | 3890<br>3790<br>3980 | <b>3887</b>           |                                     |

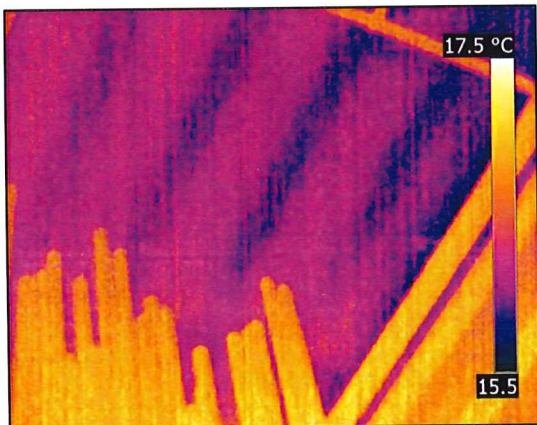

Un'eventuale correlazione può essere ricavata utilizzando la tabella a pagina 11.

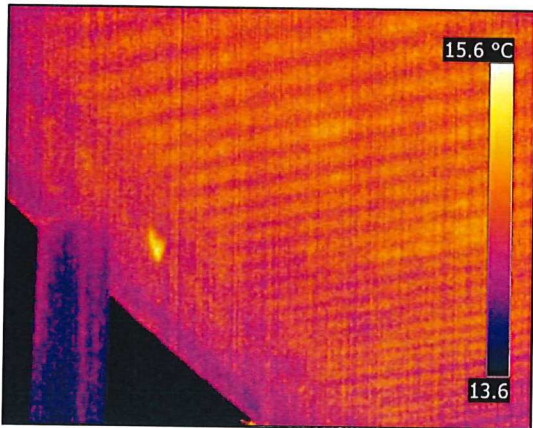



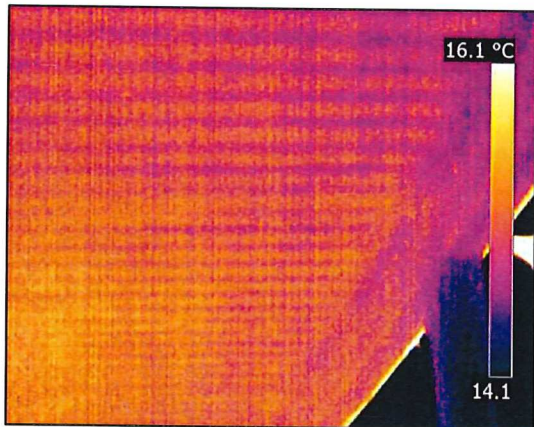

#### 4.5. Riepilogo dei risultati - Indagini Termografiche

A seguire sono riportati i report di ogni zona indagata.

| ZONA 1  |  |
|---|--|
|  |  |
| Termografie: IR_6104  | Data ripresa: 16/10/2013   |
| Commento: il solaio è probabilmente in laterocemento.                             |  |

| ZONA 2  |  |
|---|--|
|  |  |
| Termografie: IR_6108  | Data ripresa: 16/10/2013   |
| Commento: il solaio è probabilmente in laterocemento.                               |  |

| ZONA 3  |  |
|---|--|
|  |  |
| Termografie: IR_6110  | Data ripresa: 26/06/2013   |
| Commento: il solaio è probabilmente in laterocemento.                             |  |

| ZONA 4  |  |
|---|--|
|  |  |
| Termografie: IR_6112  | Data ripresa: 26/06/2013   |
| Commento: il solaio è probabilmente in laterocemento.                               |  |

La società si assume la responsabilità per la precisione delle misurazioni effettuate, mentre l'elaborazione dei dati rappresenta un sussidio al collaudatore al quale spettano verifica e approvazione.

Padova, 28 ottobre 2013

*4 EMME Service S.p.A.*

Il Direttore del Centro di Padova  
*ing. Luciano Lionello*

Il relatore:

*geom. Fulvio De Francisci*

Revisionata da:

*arch. Giuseppe Caramel*

PER INFORMAZIONI E DETTAGLI TECNICI,  
VISITARE IL SITO:

[www.4emme.it](http://www.4emme.it)





**STUDIO TECNICO**  
**Mario Cuzzolin s.r.l.**

**LABORATORIO AUTORIZZATO**  
**Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti**  
Ai sensi Leqge 1086/71 art.20 con Decreto n° 189/2015



## LABORATORIO

**RAPPORTO DI PROVA N° : 8929**

Pagina: **1 di 2**

**CLIENTE:** Altraingegneria S.r.l.

**INDIRIZZO :** Via dell'Industria, 23  
35010 - Borgoricco (PD)

Da assoggettare all'imposta di bollo in caso  
d'uso, ai sensi dell'art. 50 -  
all. A parte II delle Tariffe - D.P.R. n. 642/72.

**Oggetto :** Ex centro elioterapico - Polo Nautico San Giuliano nel Comune di Venezia (VE).-

**Identificazione :** N° 3 tondi lisci in acciaio

**Verbale di accettazione :** 147 del : 13/03/2019

**Lettera di incarico :** Lettera del 13/03/2019

IL PRESENTE CERTIFICATO E' COSTITUITO DALLE SEGUENTI PAGINE DI PROVA :

|   |             |        |
|---|-------------|--------|
| Compressione cubi in cls  | Vedi pag. : |        |
| Compressione cilindri in cls  | Vedi pag. : |        |
| Flessione provini in calcestruzzo   | Vedi pag. : |        |
| Prove flessione + compressione su malte                                   | Vedi pag. : |        |
| Prove di trazione e piega su tondo di acciaio per c.a.                    | Vedi pag. : | 2 di 2 |
| Prova di trazione su reti o tralicci                                      | Vedi pag. : |        |
| Prova di trazione e piega su fili di c.a.p.                               | Vedi pag. : |        |
| Rilievo marchio degli acciai per c.a. / identificazione per acciai c.a.p. | Vedi pag. : |        |
| Rilievo dell'area relativa di nervatura                                   | Vedi pag. : |        |
| Prova di trazione, piega e resilienza su provini in acciaio               | Vedi pag. : |        |
| Prova di compressione, massa volumica e modulo elastico                   | Vedi pag. : |        |
| Prova di penetrazione dell'acqua sotto pressione                          | Vedi pag. : |        |

**Data esecuzione prova/e :** 21/03/2019

LA RIPRODUZIONE PARZIALE DEL PRESENTE CERTIFICATO DEVE ESSERE AUTORIZZATA PER ISCRITTO DAL RESPONSABILE DEL LABORATORIO .  
I RISULTATI CONTENUTI NEL PRESENTE CERTIFICATO SI RIFERISCONO ESCLUSIVAMENTE AGLI OGGETTI PROVATI .  
CAMPIONAMENTO EFFETTUATO DAL CLIENTE.

**TEMPO DI CONSERVAZIONE :**

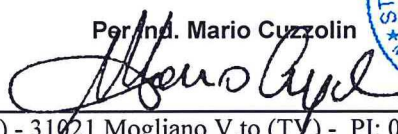

- CAMPIONE = 30 giorni
- RAPPORTO DI PROVA = 10 anni
- REGISTRAZIONE DATI PROVE = 2 anni

**Data di emissione :**

21/03/2019

**RESPONSABILE STUDIO TECNICO**

Per ind. Mario Cuzzolin





**LABORATORIO AUTORIZZATO**  
*Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti*  
Ai sensi Legge 1086/71 art.20 con Decreto n° 189/2015



## PROVA DI TRAZIONE E PIEGA DEI TONDI LISCI IN ACCIAIO

Cliente : **Altraingegneria S.r.l.**

Commessa :  
**2019/0337**

Rapporto di prova:  
**8929**

Lettera di incarico :

**Lettera del 13/03/2019**

Pagina: **2** di **2**

|                     |  |
|---------------------|--|
| Materiale :         | N° 3 tondi lisci in acciaio.   |
| Relativi a:         | Ex centro elioterapico - Polo Nautico San Giuliano nel Comune di Venezia (VE). |
| Proprietà:          | \  |
| Il Committente:     | Altraingegneria S.r.l. con sede a Borgoricco (PD) in Via dell'Industria n° 23. |
| Struttura:          | Solaio (P1 - P2 - P3).   |
| Mat. consegnato da: | Sig. Minello Andrea della ditta Altraingegneria S.r.l.                         |

***Il presente rapporto di prova non costituisce certificato utile ai fini della procedura prevista dalla Legge 1086/71 in quanto non sottoscritta dalla D.L.-***

N.B.: marchio di identificazione NON IDENTIFICABILE.-

**NORMA DI PROVA: UNI EN ISO 6892-1:2016 B / UNI EN ISO 15630-1:2010**

Riferimenti: **Legge 1086:1971 e relativo D.M. 17/01/2018 - Circ. n° 7 C.S.LL.PP. del 21/01/2019**

**MACCHINA DI PROVA:** Galdabini QUASAR 600 matr. V9UG (06A)

| <i>Scala (KN)</i> | <i>Classe</i> |
|-------------------|---------------|
| 6                 | 0,5           |
| 30                | 0,5           |
| 150               | 1             |
| 600               | 1             |

Certificato di taratura n. 441-18F del 18/06/2018 da Centro LAT n° 034

## Risultati delle prove

Data : 21/03/2019

[illegible]

\* Note: AC = Assenza di cricche; C = Formazione di cricche

Direttore del Laboratorio

Inq. Matteo Zanusi

## Lo Sperimentatore

Arch. Roberto Simionato