



UNIONE EUROPEA
Fondi Strutturali e di Investimento Europei

PROGETTO COFINANZIATO DALL'UNIONE EUROPEA - FONDI STRUTTURALI E DI INVESTIMENTO EUROPEI | PROGRAMMA OPERATIVO CITTA' METROPOLITANE 2014 -2020
E DAL MINISTERO DELL' AMBIENTE PER IL PROGRAMMA SPERIMENTALE NAZIONALE DI MOBILITA' SOSTENIBILE CASA - SCUOLA E CASA - LAVORO"

PON METRO 2014 - 2020 VE2.2.3.a PISTA CICLABILE PER VENEZIA: OPERE COMPLEMENTARI DI COLLEGAMENTO CON LA RETE CICLABILE ESISTENTE - (C.I. 13842)

PROGETTO ESECUTIVO

COMMITTENTE



**CITTA' DI
VENEZIA**

Comune di Venezia
Settore Lavori Pubblici

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Ing. Roberto Di Bussolo

PROGETTISTA



DUEBARRADUE

— STUDI ASSOCIATI DI PROGETTAZIONE —

Sede legale - Marcon (VE) via delle industrie 2/2
Sede operativa - Dolo (VE), via benedetto cairolì 113a
T.0415101422 F. 0415128255 e-mail info@duebarradue.com P.I. 03831070275
COPYRIGHT STUDIO DUEBARRADUE. Tutti i diritti sono riservati a norma di legge.

TITOLO

Relazione sismica

TAVOLA N.

S.R.03

rev_

Scala: —

Data: 28/11/2018

Disegnato da: F.N.

Commessa n.920

Nome File: 920_S.R.03.doc

REVISIONE	DATA	OGGETTO
-----------	------	---------

Sommario

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	5
3	SISMICITA' NEL VENETO.....	5
3.1	SISMICITA' STORICA.....	6
4	ANALISI DI PERICOLOSITÀ SISMICA.....	11
5	ZONAZIONE SISMOGENETICA.....	14
6	CLASSIFICAZIONE SISMICA VIGENTE	15
7	CONSIDERAZIONI SULLA PROGETTAZIONE IN ZONA SISMICA	16
7.1	Spettri di risposta elastici e di progetto.....	19
7.1.1	Spettro stato limite di salvaguardia della vita (SLV)	23
7.1.2	Spettro stato limite di salvaguardia di danno (SLD).....	26
7.1.3	Spettro stato limite di operatività (SLO).....	29

1 PREMESSA

Con la presente relazione si intende fornire un quadro generale sulla sismicità dell'area oggetto del progetto, relativa al comune di Venezia.

Ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 e s.m.i., l'area in esame è attualmente classificata in zona 4 a bassa sismicità.

Con delibera n° 67 del 3 dicembre 2003, pubblicata sul Bollettino Ufficiale Regionale del 13 gennaio 2004 n. 6, il Consiglio Regionale ha approvato il nuovo elenco dei comuni sismici del Veneto, allegato al predetto provvedimento.

Nella presente relazione sono riportate, dopo una breve descrizione dell'assetto sismotettonico regionale e della sismicità storica dell'area, le fasi fondamentali della procedura seguita per la valutazione della pericolosità sismica, su cui la normativa nazionale fa riferimento per la nuova classificazione sismica.

Verranno infine riportati i recenti aggiornamenti apportati alla carta di pericolosità sismica nazionale del 2012.

Il progetto prevede due interventi:

- TRATTO 1: realizzazione di 170 metri di percorso ciclo-pedonale sul Ponte della Libertà a sbalzo in continuità con quello già realizzato;
- TRATTO 2: realizzazione di un ponte pedonale sul canal Salso nel percorso ciclo-pedonale di collegamento tra la pista esistente su via Torino e la pista di viale San Marco.



Figura 1: Planimetria di inquadramento.

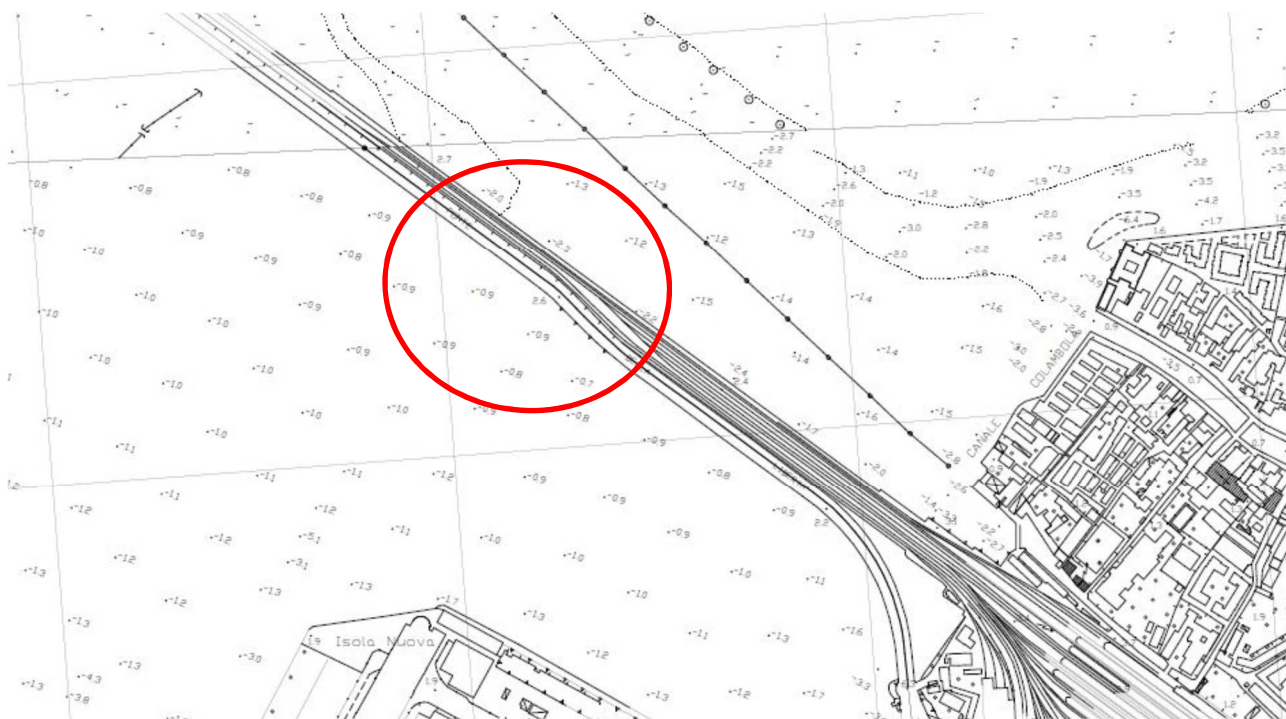


Figura 2: tratto 1

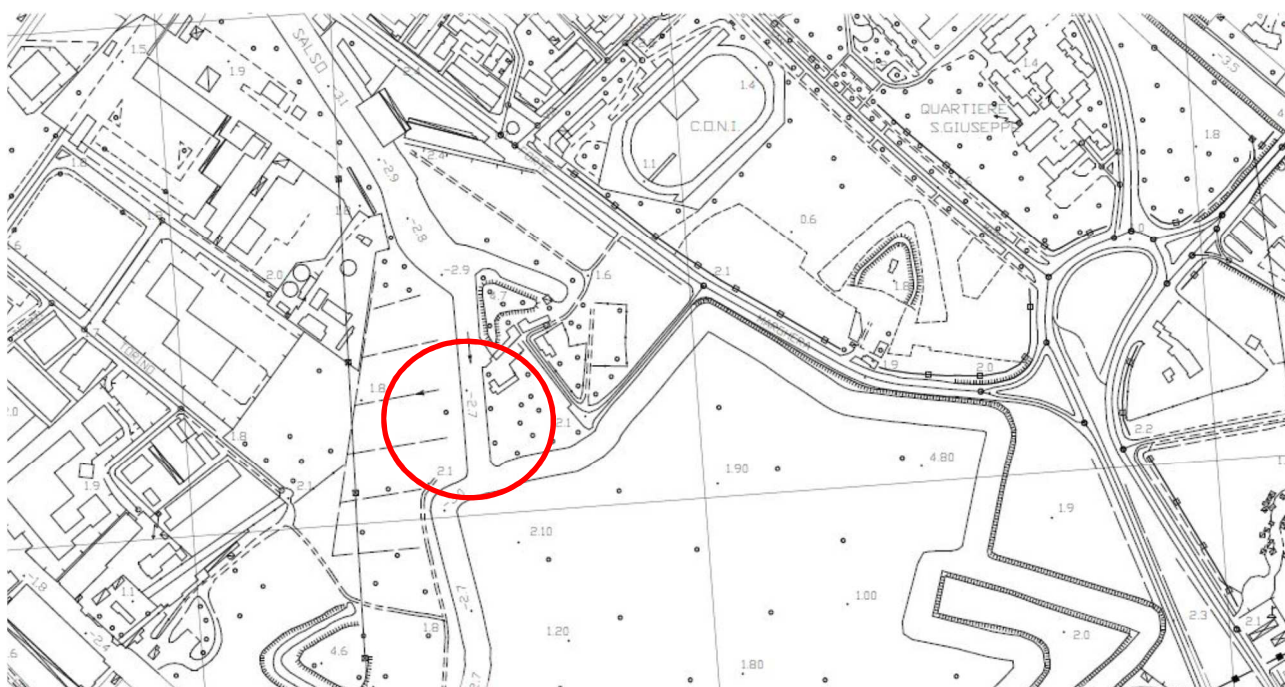


Figura 3: tratto 2.

2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- Ordinanza PCM del 20 marzo 2003 n°3274 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica”.
- Ord. P.C.M. n° 3431 03.05.2005 “Ulteriori modifiche ed integrazioni all’ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica»”.
- D.M. LL. PP. 17.01.2018 “Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»”.
- Circolare 02 febbraio 2009 – N.617 / C.S.LL.PP.
- Istruzioni C.N.R. 10011/97 – “Costruzioni in acciaio- Istruzioni per il calcolo, l’esecuzione il collaudo e la manutenzione”.
- Istruzioni C.N.R. 10030/87 – “Anime irrigidite di travi a parete piena”.
- UNI EN 206-1 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione produzione e conformità”.
- UNI EN 11104:2004 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione produzione e conformità. Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1”.
- UNI EN 1990 - Eurocodice – “Criteri generali di progettazione strutturale”.
- UNI EN 1992 - Eurocodice 2 – “Progettazione delle strutture di calcestruzzo”.
- UNI EN 1993 - Eurocodice 3 – “Progettazione delle strutture di acciaio”.

3 SISMICITA' NEL VENETO

La sismicità del nordest Italia (Veneto e Friuli) è primariamente legata a sovrascorrimenti e loro zone di trasferimento transpressivo. La sismicità è concentrata nelle zone esterne della catena Alpina, sia per la retrocatena delle Alpi (le Alpi Meridionali o Sudalpino), che per la catena frontale in Austria e Germania.

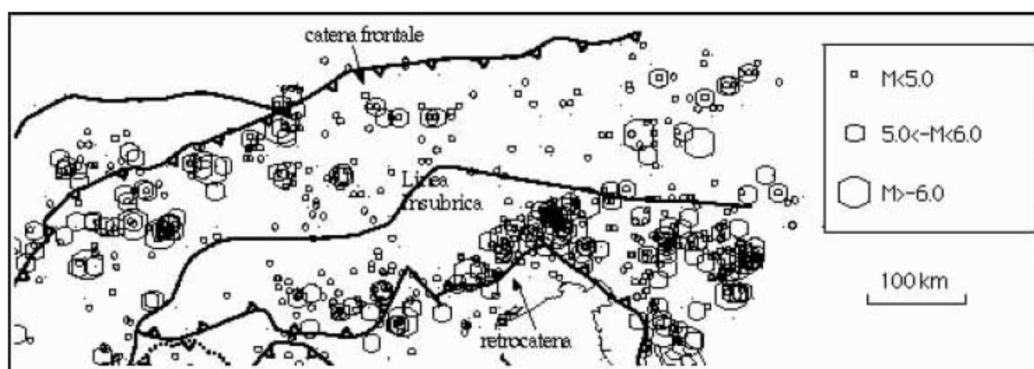


Figura 4 Sismicità nel Nord-Est dell'Italia.

La sismicità è presente anche lungo l'asse centrale delle Alpi centro-orientali, parallelamente alla Linea Insubrica (qui nota come Pusteria-Gail). La sismicità strumentale in particolare registrata dopo gli eventi del Friuli (1976) indica meccanismi focali principalmente per sovrascorrimento, con campo di stress massimo orizzontale e orientato mediamente N-S. La profondità media è tra i 5-10 km. La maggior parte dell'energia

rilasciata negli ultimi decenni è inoltre concentrata nelle zone esterne topograficamente meno rilevate. Poco si sa in termini di profondità dei grandi eventi storici del 1117 del Veronese, del 1348 e 1511 della Carnia e Gemona, del 1695 di Asolo, del 1873 del Bellunese (fonte Camassi e Stucchi, 1997).

3.1 SISMICITA' STORICA

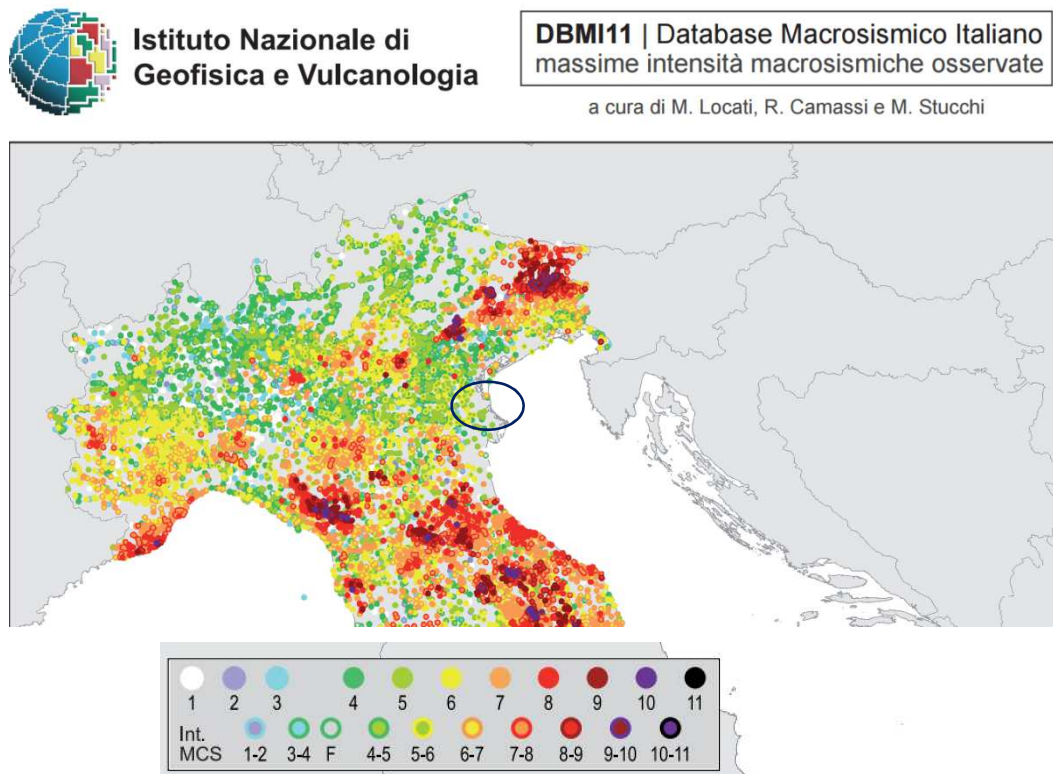


Figura 5 Mappa dei terremoti registrati dalla rete INGV e MedNet

Per un'analisi della sismicità che ha interessato in passato l'area in oggetto si è fatto riferimento al **catalogo DBMI04** realizzato da INGV, sono considerati solo eventi principali con soglia di magnitudo avvenuti dal 1200 al 2000: l'osservazione ha permesso riportare nella figura 6 gli epicentri dei terremoti che hanno interessato l'area in esame, in funzione dell'intensità macrosismica ($MCS > 4$) e della magnitudo nell'area del Veneziano.

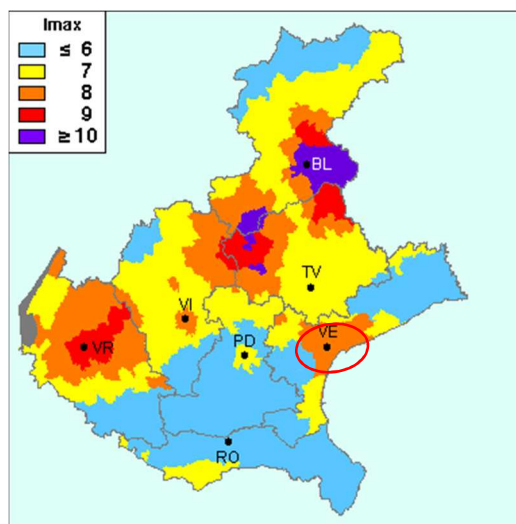


Figura 6 Massima intensità macrosismica osservata nella regione dei Veneto.

Venezia




PlaceID IT_28470
Coordinate (lat, lon) 45.438, 12.336
Comune (ISTAT 2015) Venezia
Provincia Venezia
Regione Veneto
Numero di eventi riportati 147

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1884	09	12	07	23		Pianura lombarda	34	6	4.70
2	1703	01	14	18			Valnerina	197	11	6.92
2	1703	01	16	13	30		Appennino laziale-abruzzese	22		
2	1881	01	25	07	06		Bolognese	18	5	4.59
2	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
2	1895	03	23				Comacchio	33	6	4.65
2	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.08
2	1919	07	12	12	06		Asolano	7	4-5	5.03
2	1924	03	26	17	08	0	Tirolo	2		5.16
2	1929	04	19	04	16		Bolognese	82	6-7	5.13
2	1929	04	20	01	10		Bolognese	109	7	5.36
2	1929	04	29	18	36		Bolognese	45	6	5.20
2	1934	05	04	13	56		Carnia	80	6	4.69
2	1948	07	19	18	11	2	Garda settentrionale	16	5	4.87
2-3	1828	04	11	22	25		Appennino umbro-marchigiano	22	5-6	4.93
2-3	1898	02	20	04	57	2	Valli del Natisone	155	7	5.12
2-3	1929	04	10	05	44		Bolognese	87	6	5.05
2-3	1931	04	14	22	13		Valli Giudicarie	160	6	4.77
3	1505	01	20	23	50		Bolognese	11	5-6	4.76
3	1703	02	02	11	05		Aquilano	69	10	6.67
3	1711	05	21				Vicentino	2	4	3.70
3	1743	02	20				Ionio settentrionale	84	9	6.68
3	1780	05	25				Romagna	5	5-6	4.40
3	1813	09	21	07	45		Romagna	12	7	5.28
3	1826	06	24	12	15		Garda occidentale	20	5	4.62
3	1831	09	11	18	15		Pianura emiliana	25	7-8	5.48
3	1834	10	04	19			Bolognese	12	6	4.71
3	1840	08	27	12	05		Tuhinj Valley	49	7	5.28
3	1851	08	03				Valli Giudicarie	15	6	4.92

Comune di Venezia
Pista ciclabile per Venezia: Opere complementari di collegamento con la rete ciclabile esistente

3	🔗	1857 02 01	Parmense-Reggiano	22	6-7	5.11
3	🔗	1857 03 10 03	Prealpi Trevigiane	4	4-5	4.04
3	🔗	1860 07 19	Prealpi Trevigiane	10	6-7	4.92
3	🔗	1861 10 16	Romagna	10	6-7	5.13
3	🔗	1873 09 17	Appennino tosco-ligure	64	6-7	5.26
3	🔗	1878 03 12 21 36	Bolognese	31	6	4.84
3	🔗	1881 01 24 16 14	Bolognese	38	7	5.22
3	🔗	1889 12 08	Gargano	122	7	5.47
3	🔗	1892 08 09 07 58	Valle d'Alpone	160	6-7	4.91
3	🔗	1911 02 19 07 18 3	Forlivese	181	7	5.26
3	🔗	1919 06 29 15 06 1	Mugello	565	10	6.38
3	🔗	1929 05 11 19 23	Bolognese	64	6-7	5.29
3	🔗	1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8	5.83
3	🔗	1935 06 05 11 48	Faentino	27	6	5.23
3	🔗	1980 12 23 12 01 0	Piacentino	69	6-7	4.57
3	🔗	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
3	🔗	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
3	🔗	2011 07 17 18 30 2	Pianura lombardo-veneta	73	5	4.79
3-4	🔗	1483 08 11 19 40	Romagna	14	8	5.69
3-4	🔗	1670 07 17 01	Tirol, Hall	29	8	5.65
3-4	🔗	1776 07 10	Prealpi Friulane	19	8-9	5.82
3-4	🔗	1811 07 15 22 44	Modenese-Reggiano	19	6-7	5.13
3-4	🔗	1934 11 30 02 58 2	Adriatico settentrionale	51	5	5.30
3-4	🔗	1972 10 25 21 56 1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
3-4	🔗	1977 04 03 03 18 1	Friuli	25	5	4.51
3-4	🔗	1978 12 05 15 39 0	Romagna	34	4-5	4.61
3-4	🔗	1979 04 18 15 19 1	Friuli	72	6-7	4.66
3-4	🔗	2003 09 14 21 42 5	Appennino bolognese	133	6	5.24
F	🔗	1303 08	Adriatico centrale	4		
F	🔗	1522 07 05 24	Udine	2	4	3.70
F	🔗	1525 02 19 21	Friuli	4	5	4.57
F	🔗	1779 07 14 19 30	Bolognese	17		
F	🔗	1796 10 22 04	Emilia orientale	27	7	5.45
F	🔗	1802 05 12 09 30	Valle dell'Oglio	94	8	5.60
F	🔗	1810 12 25 00 45	Pianura emiliana	33	6	5.06
F	🔗	1827 04 02 00 20	Bassa Engadina, Ardez	10	6	5.00
F	🔗	1870 03 01 20	Costa croata settentrionale	29	8	5.62

Comune di Venezia
Pista ciclabile per Venezia: Opere complementari di collegamento con la rete ciclabile esistente

F		1870 10 30 18 34	Forlivese	41	8 5.61
4-5		1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8 5.85
F		1873 05 16 19 35	Reggiano	15	6-7 5.01
5		1873 06 29 03 58	Alpago Cansiglio	197	9-10 6.29
3		1873 09 17	Appennino tosco-ligure	64	6-7 5.26
4		1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8 5.74
3		1878 03 12 21 36	Bolognese	31	6 4.84
F		1879 06 22 04 15	Friuli	16	5-6 4.74
3		1881 01 24 16 14	Bolognese	38	7 5.22
2		1881 01 25 07 06	Bolognese	18	5 4.59
NF		1884 09 12 07 23	Pianura lombarda	34	6 4.70
F		1885 02 26 20 48	Pianura Padana	78	6 5.01
5-6		1885 12 29	Alpago Cansiglio	47	6 4.96
2		1887 02 23 05 21 5	Liguria occidentale	1511	9 6.27
3		1889 12 08	Gargano	122	7 5.47
5		1891 06 07 01 06 1	Valle d'Illasi	403	8-9 5.87
3		1892 08 09 07 58	Valle d'Alpone	160	6-7 4.91
4		1894 02 09 12 48 0	Valle d'Illasi	116	6 4.74
4		1894 11 27 05 07	Bresciano	183	6 4.89
2		1895 03 23	Comacchio	33	6 4.65
2-3		1898 02 20 04 57 2	Valli del Natisone	155	7 5.12
4		1900 03 04 16 55	Asolano	98	6-7 5.05
F		1901 10 30 14 49 5	Garda occidentale	289	7-8 5.44
4-5		1904 03 10 04 23 0	Slovenia nord-occidentale	57	
4		1907 04 25 04 52	Veronese	122	6 4.79
4		1908 07 10 02 13 3	Carnia	119	7-8 5.31
5		1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7 5.36
3		1911 02 19 07 18 3	Forlivese	181	7 5.26
5		1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7 5.63
2		1915 01 13 06 52 4	Marsica	1041	11 7.08
4		1916 05 17 12 50	Riminese	132	8 5.82
5		1916 08 16 07 06 1	Riminese	257	8 5.82
3		1919 06 29 15 06 1	Mugello	565	10 6.38
2		1919 07 12 12 06	Asolano	7	4-5 5.03
4		1920 05 05 14 41	Carnia	35	6-7 5.27
4-5		1920 09 07 05 55 4	Garfagnana	750	10 6.53
2		1924 03 26 17 08 0	Tirolo	2	5.16

Comune di Venezia
Pista ciclabile per Venezia: Opere complementari di collegamento con la rete ciclabile esistente

4	🔗	1924 12 12 03 29	Carnia	78	7	5.42
6	🔗	1926 01 01 18 04 0	Carniola interna	63	7-8	5.72
4	🔗	1928 03 27 08 32	Carnia	359	9	6.02
2-3	🔗	1929 04 10 05 44	Bolognese	87	6	5.05
2	🔗	1929 04 19 04 16	Bolognese	82	6-7	5.13
2	🔗	1929 04 20 01 10	Bolognese	109	7	5.36
2	🔗	1929 04 29 18 36	Bolognese	45	6	5.20
3	🔗	1929 05 11 19 23	Bolognese	64	6-7	5.29
3	🔗	1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8	5.83
2-3	🔗	1931 04 14 22 13	Valli Giudicarie	160	6	4.77
4	🔗	1931 12 25 11 41	Friuli	45	7	5.25
2	🔗	1934 05 04 13 56	Carnia	80	6	4.69
3-4	🔗	1934 11 30 02 58 2	Adriatico settentrionale	51	5	5.30
3	🔗	1935 06 05 11 48	Faentino	27	6	5.23
6	🔗	1936 10 18 03 10	Alpago Cansiglio	269	9	6.06
F	🔗	1939 07 10 16 27 5	Pordenonese	8	5	4.75
2	🔗	1948 07 19 18 11 2	Garda settentrionale	16	5	4.87
F	🔗	1951 05 15 22 54	Lodigiano	179	6-7	5.17
F	🔗	1956 02 20 01 29 2	Padovano	23	5-6	4.49
5	🔗	1959 04 26 14 45	Carnia	122	7-8	5.21
4	🔗	1967 12 30 04 19	Emilia Romagna orientale	40	6	5.05
5-6	🔗	1968 06 22 12 21 3	Val Lagarina	27	6-7	4.74
4-5	🔗	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
3-4	🔗	1972 10 25 21 56 1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
F	🔗	1975 03 24 02 33 3	Carnia	24	5-6	4.51
6	🔗	1976 05 06 20	Friuli	770	9-10	6.45
4	🔗	1976 09 11 16 35 0	Friuli	40	7-8	5.60
5	🔗	1976 09 15 09 21 1	Friuli	54	8-9	5.95
3-4	🔗	1977 04 03 03 18 1	Friuli	25	5	4.51
5	🔗	1977 09 16 23 48 0	Friuli	94	6-7	5.26
3-4	🔗	1978 12 05 15 39 0	Romagna	34	4-5	4.61
4	🔗	1978 12 12 15 14 4	Dolomiti Friulane	56	5-6	4.35
3-4	🔗	1979 04 18 15 19 1	Friuli	72	6-7	4.66
3	🔗	1980 12 23 12 01 0	Piacentino	69	6-7	4.57
3	🔗	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
3	🔗	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
3-4	🔗	2003 09 14 21 42 5	Appennino bolognese	133	6	5.24
4-5	🔗	2004 11 24 22 59 3	Garda occidentale	176	7-8	4.99

F	2008 12 23 15 24 2 Parmense	291	6-7	5.36
3	2011 07 17 18 30 2 Pianura lombardo-veneta	73	5	4.79

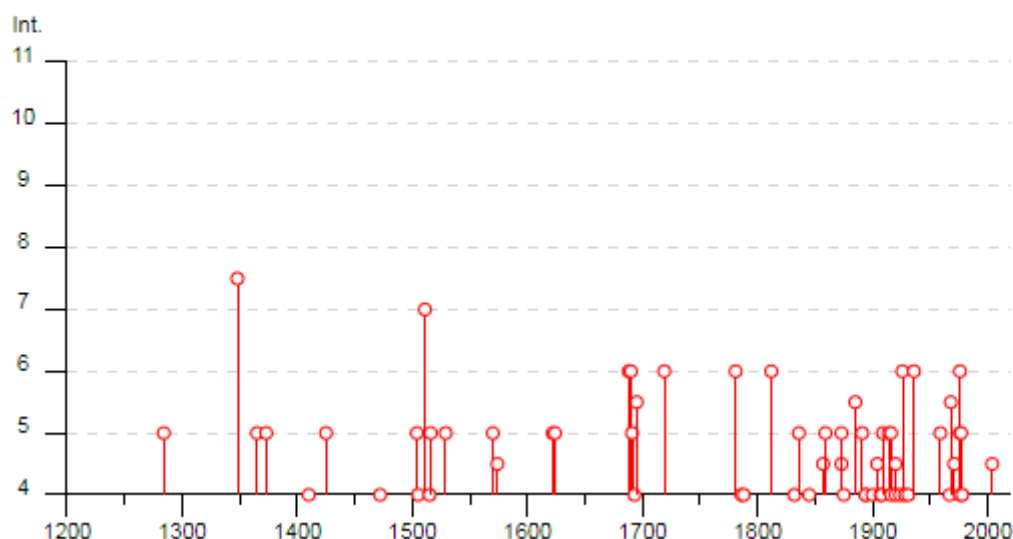


Figura 7 Storia sismica di Venezia.

4 ANALISI DI PERICOLOSITÀ SISMICA

Per meglio valutare la pericolosità sismica di una determinata area vengono impiegate molteplici metodologie di analisi, a seconda della finalità a cui lo studio è destinato.

Ad un primo livello gerarchico si è soliti distinguere la pericolosità a seconda del livello territoriale di interesse: si distinguono così le analisi di sito rispetto a quelle areali o "zonali".

Le analisi di sito comprendono gli studi di pericolosità finalizzati alla realizzazione in sicurezza sismica di opere "critiche" sotto il profilo della sicurezza, del rischio o della importanza strategica, quali dighe e grandi bacini di invaso in genere, impianti di energia, discariche di rifiuti tossici o nocivi, impianti di stoccaggio di scorie nucleari, installazioni militari, edifici pubblici strategici ai fini della sicurezza o delle operazioni di protezione civile, caserme e impianti dei vigili del fuoco, scuole, ospedali. Il centro logistico di Veritas a Venezia è un insieme di opere rilevanti ai fini di un evento sismico.

Le analisi di pericolosità hanno valore puntuale e sono riferite ad un sito ben preciso che riassume le caratteristiche del moto di input a base della progettazione dell'installazione. Sono peraltro riconducibili ad analisi di sito anche gli studi di pericolosità volti a determinare il moto sismico di input, per condizioni geologiche di riferimento, a base degli studi di microzonazione sismica.

Le analisi territoriali di hazard comprendono una regione o area tanto vasta da non poter essere considerata puntuale sotto il profilo della variabilità spaziale del moto fra un estremo e l'altro dell'area di studio. Le analisi areali hanno le finalità più varie, rientrando fra queste anche quelle pertinenti alle analisi di sito nonché gli studi con finalità di "zonazione".

Il confine tra hazard areale e puntuale non è definibile a priori, ma è funzione del dettaglio che si vuol raggiungere nelle analisi di pericolosità.

Al secondo livello gerarchico le analisi di pericolosità si distinguono a seconda del tipo di approccio seguito.

Distinguiamo così gli approcci probabilistici da quelli deterministici.

I primi (**metodi probabilistici**) ben si adattano a studi di rischio sismico in senso generale e comprendono sia gli studi volti a determinare scale di priorità di intervento in tema di mitigazione del rischio a breve termine, sia gli studi di predisposizione di strumenti di prevenzione a medio e lungo termine come gli interventi di classificazione sismica del territorio.

I secondi (**metodi deterministici**) trovano spazio invece nella predisposizione di scenari di danno per la pianificazione delle operazioni di protezione civile, nelle allocazioni delle risorse per i piani di emergenza, oppure nella messa in sicurezza di opere a fronte del massimo terremoto ipotizzabile in un certo contesto sismotettonico.

A loro volta i due tipi di approcci sopra citati possono ulteriormente diversificarsi a seconda della metodologia utilizzata.

I metodi probabilistici sono quelli impiegati nelle analisi di pericolosità finalizzate alla stesura di mappe di classificazione sismica e consentono di associare una probabilità, e quindi un'incertezza, ad un fenomeno tipicamente aleatorio quale è quello rappresentato dal verificarsi di un terremoto.

E' bene ricordare il carattere essenzialmente probabilistico della pericolosità sismica: essa esprime sempre uno stato di incertezza sulla sismicità futura, incertezza dovuta alle incomplete conoscenze disponibili sul processo sismogenico presumibilmente responsabile dello scuotimento atteso.

In realtà il ruolo della pericolosità sismica è quello di rappresentare non tanto il livello di scuotimento atteso quanto il diverso livello di confidenza associato alle diverse possibili ipotesi riguardo a questo ultimo. E' poi sulla base questi giudizi che viene formulata la scelta "politica" circa il livello di protezione richiesto per i beni esposti al danno sismico.

Secondo l'approccio probabilistico la pericolosità viene definita come la probabilità di eccedenza di un parametro descrittivo del moto del terreno (nel caso dell'Ordinanza P.C.M. n. 3274/03 il parametro indicatore adottato è il picco accelerazione o pga) in un determinato intervallo di tempo. Tale probabilità viene normalmente calcolata stimando, per ciascun valore del parametro selezionato, la corrispondente frequenza annua di eccedenza (I) o il periodo di ritorno ($T=1/I$).

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) adottano un **approccio prestazionale** alla progettazione delle strutture nuove e alla verifica di quelle esistenti. Nei riguardi dell'azione sismica l'obiettivo è il controllo del livello di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che possono verificarsi nel sito di costruzione.

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A nelle NTC).

Le valutazioni della "pericolosità sismica di base" debbono derivare da studi condotti a livello nazionale, su dati aggiornati, con procedure trasparenti e metodologie validate. I dati utilizzati per le valutazioni devono essere resi pubblici, in modo che sia possibile la riproduzione dell'intero processo.

La "pericolosità sismica di base", nel seguito chiamata semplicemente pericolosità sismica, costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le NTC e dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali; tali condizioni possono ritenersi soddisfatte se i risultati dello studio di pericolosità sono forniti:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale sopra

definite

- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno T_R ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi;

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, nei modi chiaramente precisati dalle NTC, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

La disponibilità di informazioni così puntuali e dettagliate, in particolare il riferimento a più probabilità di superamento, consente ad un tempo di:

- a) adottare, nella progettazione e verifica delle costruzioni, valori dell'azione sismica meglio correlati alla pericolosità sismica del sito, alla vita nominale della costruzione e all'uso cui essa è destinata, consentendo così significative economie e soluzioni più agevoli del problema progettuale, specie nel caso delle costruzioni esistenti;
- b) trattare le problematiche di carattere tecnico-amministrativo connesse alla pericolosità sismica adottando una classificazione sismica riferibile anche a porzioni territoriali dei singoli comuni.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. Eventuali differenti pericolosità sismiche sono approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, previa istruttoria effettuata dal Dipartimento per la Protezione Civile, al fine di valutarne l'attendibilità scientifica e l'idoneità applicativa in relazione ai criteri di verifica adottati nelle NTC.

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare:

- la vita di riferimento V_R della costruzione,
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento V_R P associate a ciascuno degli stati limite considerati,

per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

Tale operazione deve essere possibile per tutte le vite di riferimento e tutti gli stati limite considerati dalle NTC; a tal fine è conveniente utilizzare, come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni. Fissata la vita di riferimento V_R , i due parametri T_R e V_R sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri (a_g , F_0 , T_c^*) di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici, attraverso la seguente espressione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

nella quale:

p è il valore del parametro di interesse nel punto in esame;

p_i è il valore del parametro di interesse nell' i -esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;

d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo punto della maglia suddetta.

5 ZONAZIONE SISMOGENETICA

Il modello sismotettonico italiano è allo stato attuale deficitario per quanto riguarda una dettagliata ricostruzione delle strutture sismogenetiche responsabili dei terremoti documentati da una millenaria storia sismica. Tale deficienza è dovuta innanzitutto alla complessità geologica della penisola, caratterizzata da forti raccorciamenti crostali, serie duplex e rapporti catena fossa-avanpaese anomali rispetto agli schemi classici della tettonica a zolle.

Peraltro il quadro delle conoscenze sismotettoniche, neotettoniche e paleosismologiche nel nostro Paese non consente ancora l'individuazione e la caratterizzazione di strutture sismogenetiche certe.

Allo stato attuale la zonazione sismotettonica è il frutto principalmente di una modellazione cinematica delle principali unità tettoniche attive nei tempi più recenti (Scandone et al., 1990) che arriva a individuare zone omogenee sotto il profilo del comportamento geodinamico e dei meccanismi di rottura.

La sismicità documentata, con pochissime eccezioni (Fucino, 1915 e Irpinia, 1980), può essere distribuita su aree più o meno ampie sulla base del grado di confidenza attribuito nel discriminare porzioni di territorio a comportamento omogeneo, all'interno delle quali possono tuttavia coesistere strutture con diversità di potenziale e di tassi di rilascio.

In figura seguente (Figura 9) è riportata la zonazione sismogenetica ZS4, alla cui base vi è un modello che suppone il riconoscimento di almeno una struttura principale (master fault) con associate una serie di strutture sintetiche o antitetiche secondarie ma con cinematica congruente a quella della struttura principale. Le zone a geometria più ampia rappresentano anch'esse l'emergenza di fasci di strutture, senza l'individuazione precisa di un sistema strutturale organizzato in un elemento principale e in elementi secondari coerenti.

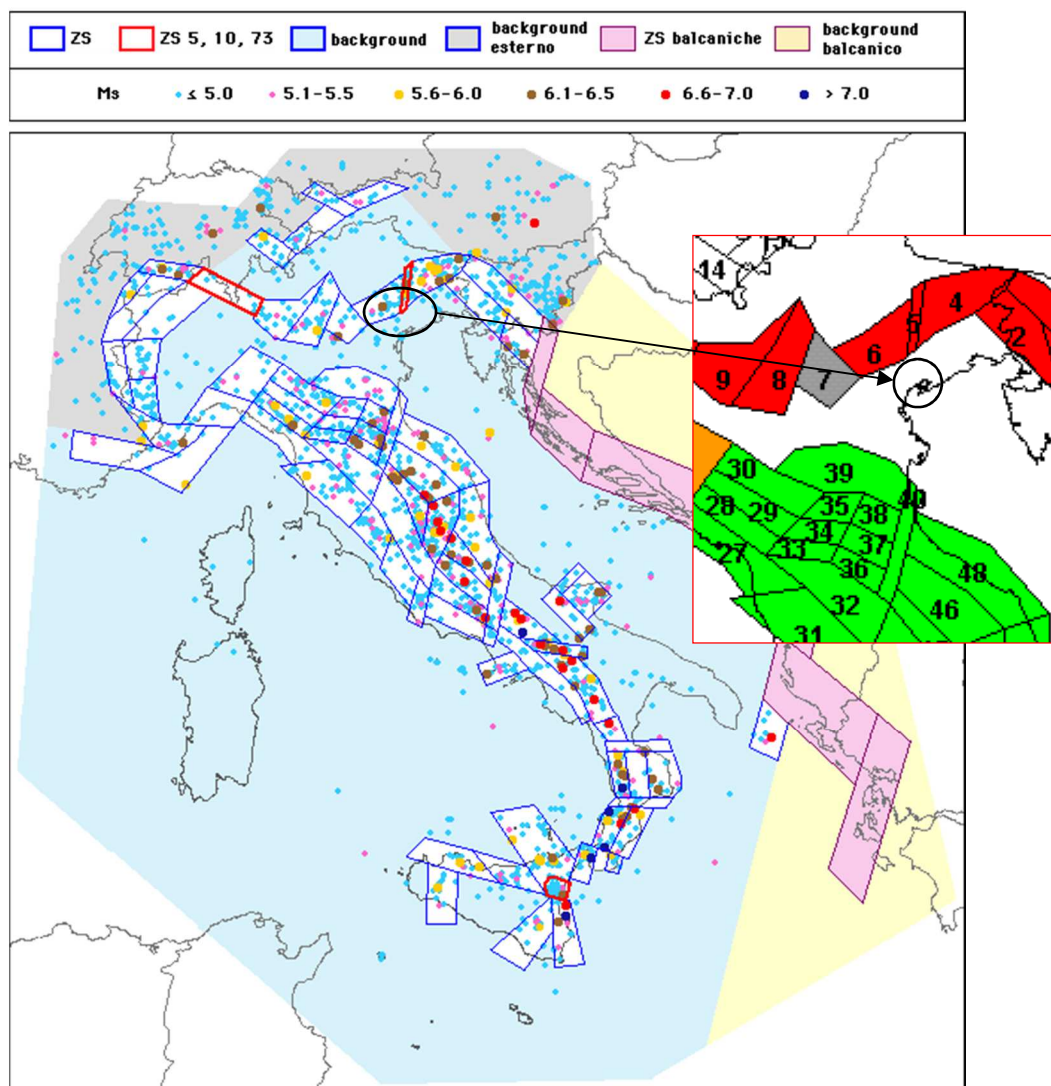


Figura 8 Zonazione sismogenetica.

6 CLASSIFICAZIONE SISMICA VIGENTE

I criteri di classificazione definiti dall'Ordinanza n. 3274/03 dipendono da un unico parametro: il picco di accelerazione con un periodo ritorno pari a 475 anni.



Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della protezione civile
Ufficio rischio sismico e vulcanico

Classificazione sismica al 2012

Recepimento da parte delle Regioni e delle Province autonome dell'Ordinanza PCM 20 marzo 2003, n. 3274.
Atti di recepimento al 31 marzo 2010: Abruzzo: DGR 29/3/03, n. 438. Basilicata: DCR 19/11/03, n. 731. Calabria: DGR 10/2/04, n. 47. Campania: DGR 7/11/02, n. 5447.
Emilia Romagna: DGR 21/7/03, n. 1435. Friuli Venezia Giulia: DGR 6/5/2010, n. 845. Lazio: DGR 22/5/09, n. 387. Liguria: DGR 24/10/08, n. 1308. Lombardia: DGR 7/11/03, n. 14964.
Marche: DGR 29/7/03, n. 1046. Molise: LR 20/5/04, n. 13. Piemonte: DGR 19/01/10, n. 13058-790. Puglia: DGR 2/3/04, n. 153. Sardegna: DGR 30/3/04, n. 15/31.
Sicilia: DGR 19/12/03, n. 408. Toscana: DGR 16/6/03, n. 604. Trentino Alto Adige: Bolzano, DGP 6/11/06, n. 4047; Trento, DGP 23/10/03, n. 2813. Umbria: DGR 18/9/12, n. 1111.
Veneto: DCR 3/12/03, n. 67. Valle d'Aosta: DGR 30/12/03, n. 5130.

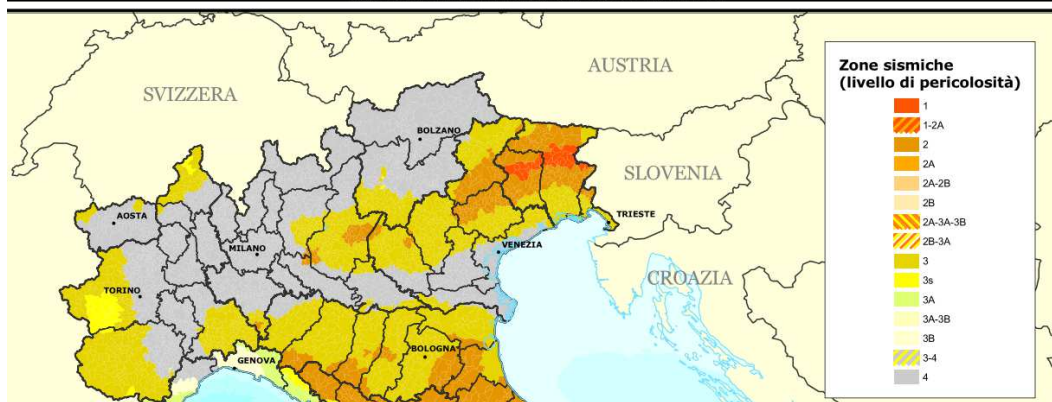


Figura 9 Mappa delle zone sismiche in Italia.

L'area in base ai criteri dell'allegato 1 all'Ordinanza n. 3274/03 e s.m.i. è classificata in zona 4.

7 CONSIDERAZIONI SULLA PROGETTAZIONE IN ZONA SISMICA

Il sisma è caratterizzato dalla propagazione tridimensionale nel suolo di onde, dovute principalmente ad un rilascio improvviso di energia legato a fenomeni di frattura o movimento lungo faglie già esistenti della crosta terrestre. Solitamente si descrive il sisma attraverso i suoi accelerogrammi, vale a dire mediante la registrazione nel tempo dell'accelerazione del suolo nel sito.

Per progettare o verificare un edificio, occorre conoscere il movimento del terreno indotto da un terremoto in prossimità dell'edificio: per fare questo bisogna individuare dei parametri caratteristici del terremoto, ovvero del suo accelerogramma, tramite i quali ricavare, in termini probabilistici, l'azione che il sisma induce sulla struttura.

Le azioni sismiche di progetto, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Secondo il D.M. 17.01.2018 (che chiameremo semplicemente NTC "Norme tecniche sulle costruzioni"), la pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (definita al § 3.2.2 delle NTC), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , come definite nel § 3.2.1 delle NTC, nel periodo di riferimento V_R , come definito nel § 2.4 delle NTC.

Le azioni sismiche di progetto devono essere valutate rispetto ai diversi stati limite.

Gli stati limite di esercizio sono:

- Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli

elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella.

Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Le NTC richiedono la definizione della vita nominale, intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Richiedono inoltre la definizione della classe d'uso:

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

A ciascuna classe d'uso corrisponde un coefficiente d'uso:

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Ai sensi delle NTC 2018 le costruzioni oggetto del presente progetto rientrano nel tipo 2 "Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari" a cui corrisponde una vita nominale $v_N \geq 50$ anni. Tale rappresenta la durata da considerare in sede progettuale con riferimento alla durabilità delle costruzioni, nel dimensionare le strutture ed i particolari costruttivi, nella scelta dei materiali per garantire il mantenimento della resistenza e della funzionalità.

La classe d'uso della struttura è fornita con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso in presenza di azione sismica. Le strutture in esame rientrano in classe d'uso III "Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso".

Il periodo di riferimento rappresenta il tempo in relazione al quale sono valutate le azioni sismiche e risulta dal prodotto della vita nominale per il coefficiente d'uso che per la classe d'uso III vale 1.5, quindi

Periodo di riferimento: $V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1.5 = 75$ anni.

Con l'entrata in vigore del D.M. 17 gennaio 2018 la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_{s30} < 180$ m/s), viene definita mediante un approccio "**sito dipendente**" e non più tramite un criterio "**zona dipendente**" come prevedeva l'O.P.C.M. 3274/03.

Con l'entrata in vigore del D.M. 17 gennaio 2018 la classificazione sismica del territorio è scollegata dalla determinazione dell'azione sismica di progetto, mentre rimane il riferimento per la trattazione di problematiche tecnico-amministrative connesse con la stima della pericolosità sismica.

Pertanto (secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 17 gennaio 2018) la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento.

Il DM 17.01.18 fornisce per tutti i siti e per ogni probabilità di superamento del periodo di riferimento, a cui corrisponde ciascuno degli stati limite, i valori di a_g (accelerazione orizzontale massima del sito), F_o (fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e di T_c^* (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale).

7.1 Spettri di risposta elastici e di progetto

Gli spettri di risposta sono determinati utilizzando il software in excel "Spettri-NTC versione 1.0.3" messo a disposizione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Il documento Excel SPETTRI-NTC fornisce gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio nazionale. La definizione degli spettri di risposta relativi ad uno Stato Limite è articolata in 3 fasi, ciascuna delle quali prevede la scelta dei valori di alcuni parametri da parte dell'utente:

FASE 1. Individuazione della pericolosità del sito (sulla base dei risultati del progetto S1 - INGV);

FASE 2. Scelta della strategia di progettazione;

FASE 3. Determinazione dell'azione di progetto.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: 12.25911 LATTUDINE: 45.47667

☐ Ricerca per comune

REGIONE: Veneto PROVINCIA: Venezia COMUNE: Venezia

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

km7.5

-7.5 12525 12526 7.5 km

-12747 -12748 -7.5

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

☐ Sito esterno al reticolo

☐ Interpolazione su 3 nodi

☒ Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - T_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE {

- SLO - $P_{VR} = 81\%$
- SLD - $P_{VR} = 63\%$

Stati limite ultimi - SLU {

- SLV - $P_{VR} = 10\%$
- SLC - $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni

- Grafici parametri azione ☐
- Grafici spettri di risposta ☐
- Tabella parametri azione ☐

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

---■--- Strategia scelta

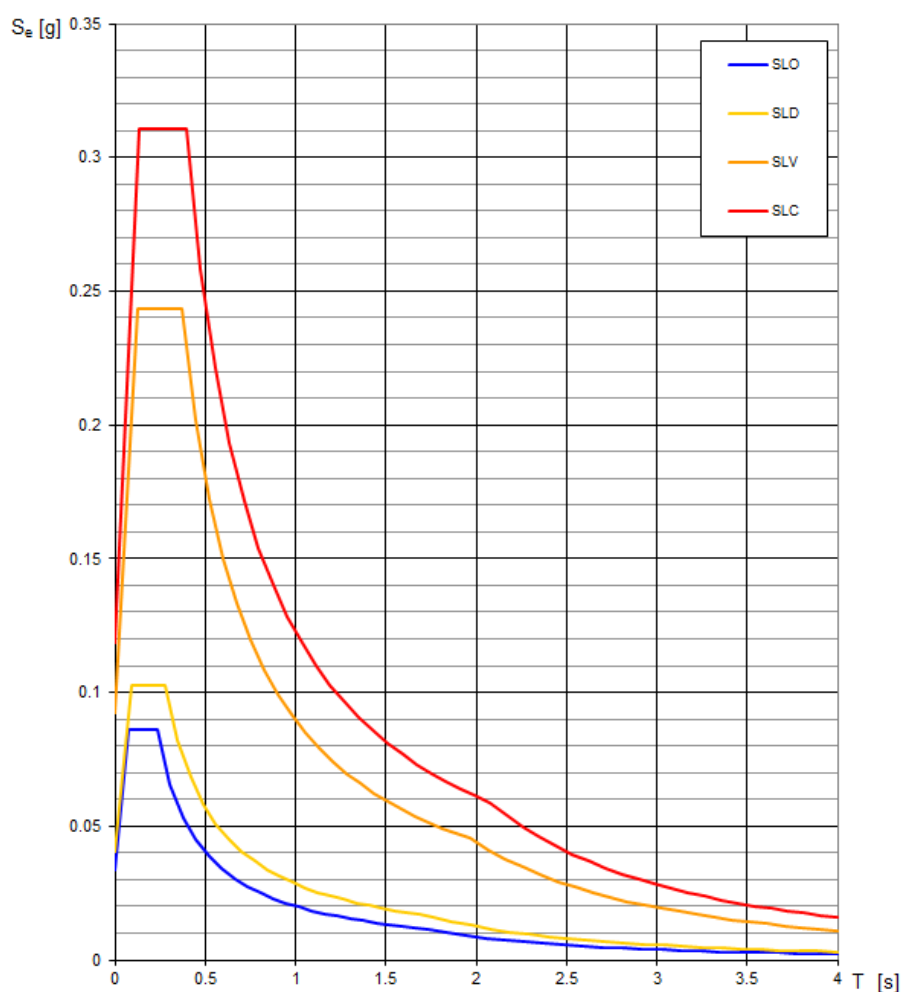
INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	45	0.034	2.535	0.234
SLD	75	0.040	2.545	0.278
SLV	712	0.092	2.647	0.367
SLC	1462	0.119	2.623	0.394

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g (accelerazione orizzontale massima al sito)

F_0 (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale)

T_c^* (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale).

Le espressioni degli spettri e dei parametri dipendenti sono:

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_g \cdot S_T \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-07 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_g(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_g(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_g(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_g(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Non vi è alcuna amplificazione topografica, la superficie topografica rientra nella Categoria T1 "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$ ", a cui corrisponde un coefficiente di

amplificazione S_T pari a 1 come si desume dalla tabella seguente.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Per quanto riguarda la classificazione sismica il terreno è considerato in categoria di suolo D la cui definizione ai sensi della Tabella 3.2.II del DM 17.01.2018 è di seguito riportata:

D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Per definire, infine, gli spettri di progetto, occorre precisare che:

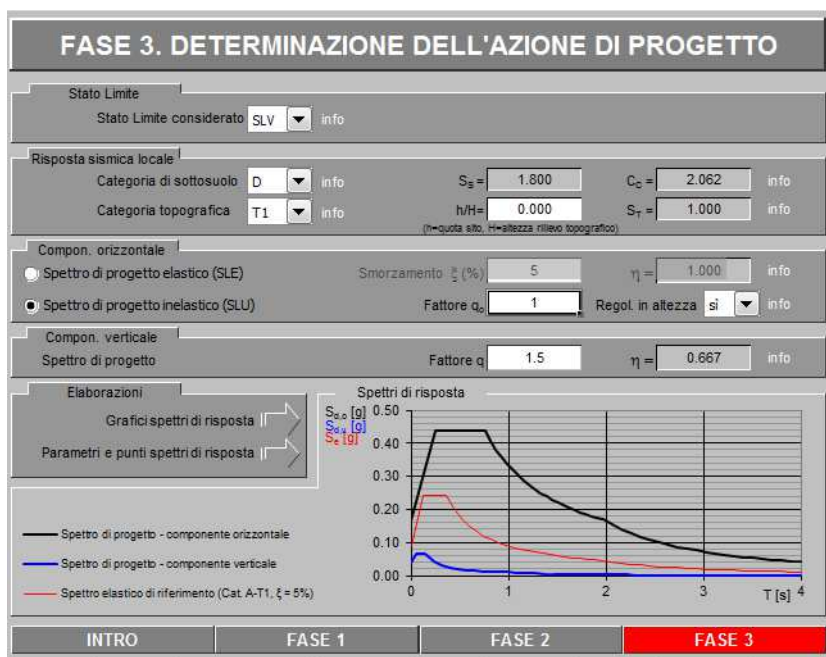
per gli stati limite di esercizio (nel caso in esame stato limite di operatività SLO) lo spettro di progetto $S_d(T)$ da utilizzare è lo spettro elastico corrispondente, riferito alla PVR considerata.

Per i manufatti strutturali le verifiche allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) possono essere condotte impiegando il fattore di struttura q che modifica lo spettro elastico nel relativo spettro di progetto nella presente relazione si riporta lo spettro elastico che significa impiegare il fattore di struttura $q=1.0$. Nelle relazioni di calcolo di ciascuno dei manufatti si riporta lo spettro di progetto con il reale fattore di struttura adottato.

Inoltre si è inserita anche la componente verticale del sisma in entrambi gli interventi. Infatti quest' ultima secondo le NTC18 deve essere considerata, in aggiunta a quanto indicato al § 3.2.3.1, anche in presenza di elementi pressoché orizzontali con luce superiore a 20 m, elementi precompressi (con l'esclusione dei solai di luce inferiore a 8 m), elementi a mensola di luce superiore a 4 m, strutture di tipo spingente, pilastri in falso, edifici con piani sospesi, ponti e costruzioni con isolamento nei casi specificati in § 7.10.5.3.2.

Nel nostro specifico caso il tratto a sbalzo sul Ponte della Libertà ha uno sbalzo di circa 4 m e la passerella ha una luce circa pari a 36.5 m.

7.1.1 Spettro stato limite di salvaguardia della vita (SLV)



Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_s	0.092 g
F_o	2.647
T_c	0.367 s
S_s	1.800
C_c	2.062
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.800
η	1.000
T_B	0.253 s
T_C	0.758 s
T_D	1.968 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_s / \xi + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_o(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_o(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_o(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_o(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_o(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.166
$T_B \leftarrow$	0.253	0.439
$T_C \leftarrow$	0.758	0.439
	0.815	0.408
	0.873	0.381
	0.931	0.357
	0.988	0.336
	1.046	0.318
	1.104	0.301
	1.161	0.286
	1.219	0.273
	1.276	0.260
	1.334	0.249
	1.392	0.239
	1.449	0.229
	1.507	0.221
	1.565	0.212
	1.622	0.205
	1.680	0.198
	1.738	0.191
	1.795	0.185
	1.853	0.179
	1.911	0.174
$T_D \leftarrow$	1.968	0.169
	2.065	0.153
	2.162	0.140
	2.259	0.128
	2.355	0.118
	2.452	0.109
	2.549	0.101
	2.646	0.093
	2.742	0.087
	2.839	0.081
	2.936	0.076
	3.033	0.071
	3.129	0.067
	3.226	0.063
	3.323	0.059
	3.420	0.056
	3.516	0.053
	3.613	0.050
	3.710	0.048
	3.807	0.045
	3.903	0.043
	4.000	0.041

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLV**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
a_{gv}	0.038 g
S_a	1.000
S_T	1.000
q	1.500
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	1.084
S	1.000
η	0.667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_c \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_c} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.038
T_B	0.050	0.067
T_C	0.150	0.067
	0.235	0.042
	0.320	0.031
	0.405	0.025
	0.490	0.020
	0.575	0.017
	0.660	0.015
	0.745	0.013
	0.830	0.012
	0.915	0.011
T_D	1.000	0.010
	1.094	0.008
	1.188	0.007
	1.281	0.006
	1.375	0.005
	1.469	0.005
	1.563	0.004
	1.656	0.004
	1.750	0.003
	1.844	0.003
	1.938	0.003
	2.031	0.002
	2.125	0.002
	2.219	0.002
	2.313	0.002
	2.406	0.002
	2.500	0.002
	2.594	0.001
	2.688	0.001
	2.781	0.001
	2.875	0.001
	2.969	0.001
	3.063	0.001
	3.156	0.001
	3.250	0.001
	3.344	0.001
	3.438	0.001
	3.531	0.001
	3.625	0.001
	3.719	0.001
	3.813	0.001
	3.906	0.001
	4.000	0.001

7.1.2 Spettro stato limite di salvaguardia di danno (SLD)

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato **SLD** info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo **D** info $S_B = 1.800$ $C_D = 2.372$ info

Categoria topografica **T1** info $h/H = 0.000$ $S_T = 1.000$ info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

☒ Spettro di progetto elastico (SLE) $\xi = 5$ $\eta = 1.000$ info

☐ Spettro di progetto inelastico (SLU) $q_0 = 1$ $\eta = 1.000$ info

Regol. in altezza **si** info

Compon. verticale

Spettro di progetto $q = 1.5$ $\eta = 0.667$ info

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta info

Parametri e punti spettri di risposta info

Spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLD**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
a_g	0.040 g
F_o	2.545
T_o	0.278 s
S_s	1.800
C_o	2.372
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.800
η	1.000
T_B	0.220 s
T_C	0.659 s
T_D	1.762 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_o / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_o \cdot T_o \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_o(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_o(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_o(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_o(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_o(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.073
T_B	0.220	0.185
T_C	0.659	0.185
	0.711	0.171
	0.764	0.160
	0.816	0.149
	0.869	0.140
	0.921	0.132
	0.974	0.125
	1.026	0.119
	1.079	0.113
	1.131	0.108
	1.184	0.103
	1.236	0.099
	1.289	0.095
	1.341	0.091
	1.394	0.087
	1.446	0.084
	1.499	0.081
	1.552	0.079
	1.604	0.076
	1.657	0.074
	1.709	0.071
T_D	1.762	0.069
	1.868	0.062
	1.975	0.055
	2.081	0.050
	2.188	0.045
	2.295	0.041
	2.401	0.037
	2.508	0.034
	2.614	0.031
	2.721	0.029
	2.827	0.027
	2.934	0.025
	3.041	0.023
	3.147	0.022
	3.254	0.020
	3.360	0.019
	3.467	0.018
	3.574	0.017
	3.680	0.016
	3.787	0.015
	3.893	0.014
	4.000	0.013

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLD**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
a_{sv}	0.011 g
S_s	1.000
S_T	1.000
q	1.500
T_s	0.050 s
T_c	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	0.691
S	1.000
η	0.667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_s \cdot \left(\frac{a_s}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_s \quad S_s(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_s} + \frac{1}{\eta \cdot F_s} \left(1 - \frac{T}{T_s} \right) \right]$$

$$T_s \leq T < T_c \quad S_s(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_c \leq T < T_D \quad S_s(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_s(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_c T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.011
T_s	0.050	0.019
T_c	0.150	0.019
	0.235	0.012
	0.320	0.009
	0.405	0.007
	0.490	0.006
	0.575	0.005
	0.660	0.004
	0.745	0.004
	0.830	0.003
	0.915	0.003
T_D	1.000	0.003
	1.094	0.002
	1.188	0.002
	1.281	0.002
	1.375	0.001
	1.469	0.001
	1.563	0.001
	1.656	0.001
	1.750	0.001
	1.844	0.001
	1.938	0.001
	2.031	0.001
	2.125	0.001
	2.219	0.001
	2.313	0.001
	2.406	0.000
	2.500	0.000
	2.594	0.000
	2.688	0.000
	2.781	0.000
	2.875	0.000
	2.969	0.000
	3.063	0.000
	3.156	0.000
	3.250	0.000
	3.344	0.000
	3.438	0.000
	3.531	0.000
	3.625	0.000
	3.719	0.000
	3.813	0.000
	3.906	0.000
	4.000	0.000

7.1.3 Spettro stato limite di operatività (SLO)

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato
SLO ▼
info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo
D ▼
info

Categoria topografica
T1 ▼
info

$S_S =$
1.800
 $C_o =$
2.583
info

$h/H =$
0.000
 $S_T =$
1.000
info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

☒ Spettro di progetto elastico (SLE)
☐ Spettro di progetto inelastico (SLU)

Smorzamento ξ (%)
5
 $\eta =$
1.000
info

Fattore q_o
1
Regol. in altezza
si ▼
info

Compon. verticale

Spettro di progetto

Fattore q
1.5
 $\eta =$
0.667
info

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta
▶

Parametri e punti spettri di risposta
▶

— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

Spettri di risposta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLO

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLO
a_g	0.034 g
F_a	2.535
T_C	0.234 s
S_S	1.800
C_C	2.583
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.800
η	1.000
T_B	0.202 s
T_C	0.605 s
T_D	1.735 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_E \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_o(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_o(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_o(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_o(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_o(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.061
T_B	0.202	0.154
T_C	0.605	0.154
	0.659	0.142
	0.713	0.131
	0.766	0.122
	0.820	0.114
	0.874	0.107
	0.928	0.101
	0.982	0.095
	1.036	0.090
	1.089	0.086
	1.143	0.082
	1.197	0.078
	1.251	0.075
	1.305	0.072
	1.359	0.069
	1.412	0.066
	1.466	0.064
	1.520	0.061
	1.574	0.059
	1.628	0.057
	1.682	0.056
T_D	1.735	0.054
	1.843	0.048
	1.951	0.043
	2.059	0.038
	2.167	0.035
	2.275	0.031
	2.382	0.029
	2.490	0.026
	2.598	0.024
	2.706	0.022
	2.814	0.020
	2.922	0.019
	3.029	0.018
	3.137	0.016
	3.245	0.015
	3.353	0.014
	3.461	0.014
	3.569	0.013
	3.676	0.012
	3.784	0.011
	3.892	0.011
	4.000	0.010

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLO**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLO
a_{av}	0.008 g
S_a	1.000
S_T	1.000
q	1.500
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	0.630
S	1.000
η	0.667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_a \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_a \cdot \left(\frac{a_{av}}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.008
T_B	0.050	0.014
T_C	0.150	0.014
	0.235	0.009
	0.320	0.007
	0.405	0.005
	0.490	0.004
	0.575	0.004
	0.660	0.003
	0.745	0.003
	0.830	0.003
	0.915	0.002
T_D	1.000	0.002
	1.094	0.002
	1.188	0.002
	1.281	0.001
	1.375	0.001
	1.469	0.001
	1.563	0.001
	1.656	0.001
	1.750	0.001
	1.844	0.001
	1.938	0.001
	2.031	0.001
	2.125	0.000
	2.219	0.000
	2.313	0.000
	2.406	0.000
	2.500	0.000
	2.594	0.000
	2.688	0.000
	2.781	0.000
	2.875	0.000
	2.969	0.000
	3.063	0.000
	3.156	0.000
	3.250	0.000
	3.344	0.000
	3.438	0.000
	3.531	0.000
	3.625	0.000
	3.719	0.000
	3.813	0.000
	3.906	0.000
	4.000	0.000