

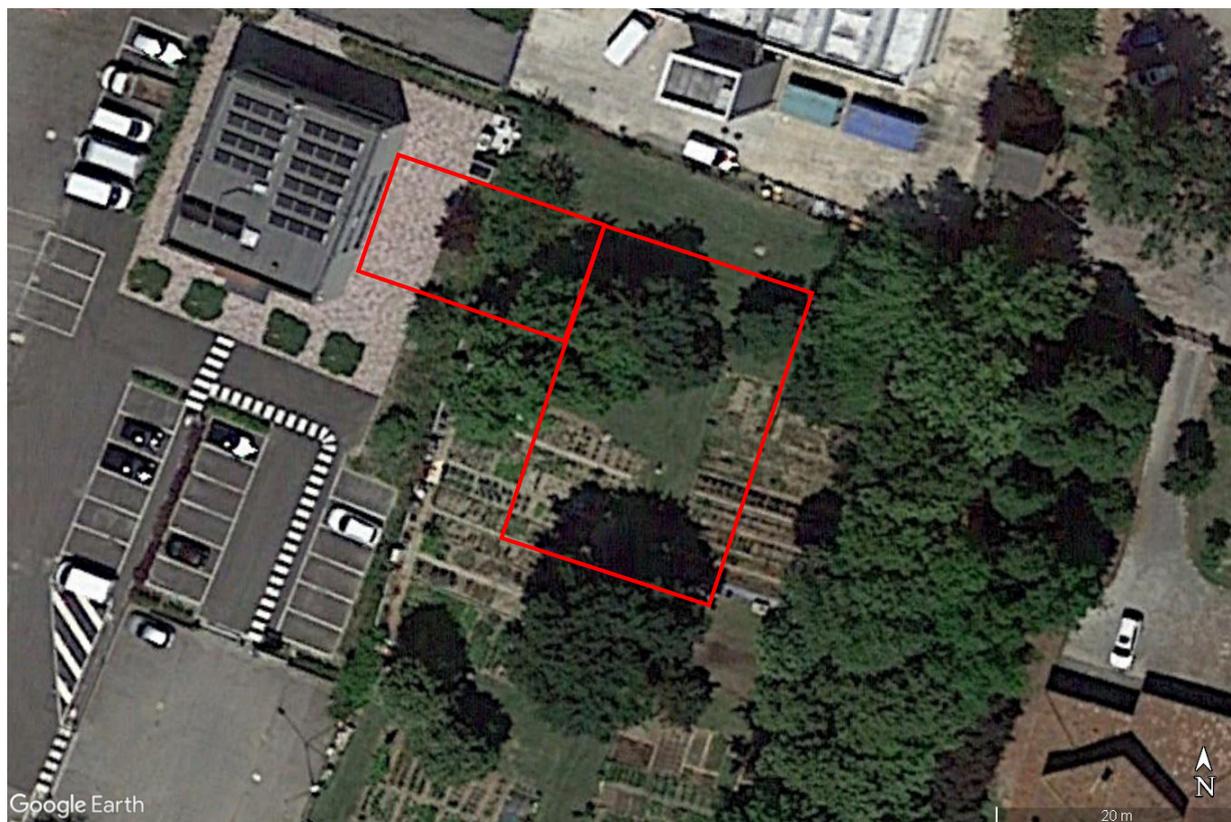
Studio Geotecnico Chili Giuliano

Via Bruno Bottau n°4
40055 Castenaso (BO)
p.i. 01625471204
c.f. CHL GLN 59R28 A944U

Città Metropolitana di Bologna

Comune di Sala Bolognese

RELAZIONE GEOLOGICA



Progetto: per l'ampliamento di un fabbricato ad uso produttivo sito in Via della Pace 2/E - Località Padulle – Comune di Sala Bolognese

Proprietà: Stanzani Immobiliare srl

Data: 14/06/2022



Relazione n. 28/22

1.0 Premessa

1.1 Premessa

Nell'ambito del progetto per la costruzione di un ampliamento sito in Via della Pace 2/E - Località Padulle – Comune di Sala Bolognese, la Committente Stanzani Immobiliare srl, mi ha affidato la redazione della presente Relazione Geologica nella quale verranno definiti:

- L'inquadramento geologico generale dell'area;
- I livelli litologici presenti nel sito e la loro variazione spaziale;
- Le caratteristiche geomorfologiche dell'area evidenziando eventuali vincoli presenti nell'area in esame;
- Le caratteristiche idrogeologiche dell'area;
- Valutazione della fattibilità delle opere in base alle caratteristiche geotecniche
- La valutazione del rischio sismico, la risposta dei terreni della successione al sisma atteso per l'area in esame ed il comportamento dei terreni nei riguardi del fenomeno della liquefazione.

Gli scopi precedentemente elencati sono stati perseguiti mediante la realizzazione di n°3 prove penetrometriche statiche eseguite con piezocono spinta a profondità comprese tra – 11,24 m e 20,08 m dal p.c. attuale; per la determinazione della velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m di spessore si è eseguito un rilievo geofisico di sismica passiva con stazione singola elaborato con la teoria HVSR (Nakamura), seguendo quanto richiesto dalla Normativa Vigente di cui si riportano gli estremi:

- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri n°3274 del 20/03/2003 e successive modificazioni.**
- **Nuove Norme Tecniche per le costruzioni, D.M. n°30 del 14/01/ 2008.**
- **Decreto Ministeriale n°8 del 17/01/2018 Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni – Supplemento alla G.U. n°42 del 20/02/2018**
- **Decreto Giunta Regionale Emilia-Romagna n. 567 del 7/04/2003.**
- **Atto d'Indirizzo Tecnico dell'Assemblea Legislativa RER, Progr. N. 112, oggetto n. 2131 del 2/05/2007.**
- **Decreto Legislativo della Giunta Regione Emilia-Romagna n.2193 del 21/12/2015**
- **Decreto Legislativo della Giunta Regione Emilia-Romagna n.630 del 29/04/2019**
- **Decreto Legislativo della Giunta Regione Emilia-Romagna n.476 del 14/04/2021**
- **L.R. n. 19 del 30/10/2008.**
- **L.R. n. 24 del 17/12/2017**
- **PTCP Provincia di Bologna adottato con delibera c.d. n. 3 del 11/02/2003.**
- **PTM Città Metropolitana di Bologna**
- **PSC Unione Terre d'Acqua**
- **Norme AGI 1977 – Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.**
- **Norme AGI 2005 – Aspetti Geotecnici della progettazione in zona sismica.**

Il lavoro è stato completato dall'esame di dati pubblicati (sia su supporto cartaceo che informatico) quali:

- Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000 – Foglio 202 San Giovanni in Persiceto
- Carta Sismotettonica dell'Emilia Romagna scala 1:250.000 – Boccaletti, Martelli e alii 2004
- Carta Sismotettonica dell'Emilia Romagna (ed aree limitrofe) – Martelli e alii 2016
- Carta Geomorfologica del Territorio di Pianura del Comune di Bologna scala 1:25.000 – Bergonzoni & Elmi

- Carta Strutturale dell'Emilia Romagna scala 1:250.000 – Feroni et. alii 2002
- Carta Geologica di Pianura dell'Emilia Romagna scala 1:250.000 – Preti et. alii 1999
- Carta Geomorfologica della Pianura Padana scala 1:250.000 – Castiglioni et. alii 1997
- Risorse Idriche sotterranee della RER – Di Dio 1998
- Carta Sismotettonica dell'Emilia Romagna scala 1:250.000 – Martelli Severi et alii 2016
- Carta Interattiva D.I.S.S. 3.3.0 a cura di INGV
- Carta Interattiva MPS 04 a cura di INGV sez. Pisa
- Piano Generale Regionale Alluvioni (PGRA) – edizione 2007
- Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (PSAI) del Fiume Reno 2003
- Tavole allegate al Quadro Conoscitivo del PSC in forma associata “Terre d'Acqua”

Prove e rilievi effettuati dallo Scrivente in zone limitrofe a quella oggetto di studio hanno completato lo studio del sito.

2.0 Modalità di prova

2.1. Prova penetrometrica statica SCPTu

La prova Penetrometrica Statica con cono sismico (SCPTu) è conosciuta ed usata in tutto il mondo essendo presente sul mercato dal 1974 come CPTE (punta Elettrica).

L'attrezzatura di prova è costituita da una punta conica del diametro di 35 mm e angolo di apertura del cono di 60° che viene infissa nel terreno con un velocità di 2 mm/s. La punta è seguita da un settore che porta un anello poroso necessario per misurare le variazioni delle pressione interstiziale al passaggio della punta, tale anello può essere posizionato in tre zone della punta ovvero: direttamente sul cono (u1), immediatamente sopra al cono (u2) e sul manicotto a tergo del cono (u3). Generalmente si usa un settore poroso solo ma esistono punte con 2 e con tre settori porosi applicati contemporaneamente.

Dietro al cono, generalmente subito a monte rispetto al settore poroso u2, si trova un tratto di 150 mm utilizzato per la misura della pressione di attrito laterale esercitata dal terreno dopo il passaggio della punta. Questa misura, definita come f_s , viene utilizzata in combinazione con la pressione di rottura del terreno (q_c) al fine di definire per via indiretta il tipo litologica attraversato.

Tutte le misure avvengono mediante celle di carico e sensori posizionati sulla punta e vengono trasmesse e registrate in tempo reale (tramite un cavo coassiale contenuto entro le aste di prolunga) da un elaboratore elettronico in superficie.

La punta SCPTu contiene anche sensori che permettono di misurare la velocità delle onde sismiche di taglio nel terreno dando modo di poter ricercare tutti quei parametri meccanici che definiscono il terreno dal punto della risposta sismica.

La procedura e la qualità della prova sono ancora oggetto di discussione normativa da parte dell'IRTP (International reference test procedure) che comunque ha definito 4 classi di qualità delle prove a seconda del tipo di progetto e dell'accuratezza con cui bisogna ricostruire il sottosuolo.

L'attrezzatura di esecuzione della prova deve essere così costituita:

- n°1 attrezzatura autocarrata o cingolata con capacità di spinta compresa tra 5 ton e 20 ton
- n°1 punta SCPTu dotata di celle di carico per la lettura di q_c ed f_s ; la cella deve essere dotata di anello poroso per effettuare le letture di u (nel nostro caso u2). Nella cella devono essere inseriti anche sensori che registrano la temperatura e l'inclinazione della attrezzatura di perforazione questo in quanto le Norme prevedono che oltre il 2% di inclinazione occorre eseguire delle correzioni sulla lettura della profondità ed inoltre la q_c è funzione della temperatura dei circuiti all'interno della punta.
- n° di aste di prolunga in numero idoneo a raggiungere la profondità prevista dalle indagini.

La modalità di esecuzione della prova prevede le seguenti fasi:

- Disaerazione della punta e del vano anteriore della cella di carico mediante iniezioni di olio siliconato; questa tecnica presenta diversi svantaggi consistenti nel fatto che se la punta viene utilizzata al di fuori di terreni saturi è altissima la probabilità di desaturazione della punta per fuoriuscita del liquido. Pertanto prima di iniziare una prova con questo tipo di saturazione bisogna eseguire un preforo (p.es con una punta meccanica CPT), estrarre le aste di preforo e introdurre nel foro la punta opportunamente confinata (p.es guaina in lattice di gomma). Per questo motivo è invalso l'uso di effettuare la desaturazione della punta mediante grasso siliconico che, avendo una densità maggiore fuoriesce in maniera

più lenta permettendo di raggiungere la falda prima che avvenga al desaturazione. La differenza tra le due modalità sta nel fatto che le reazioni ai cambiamenti di pressione nella punta saturata a liquido sono immediate mentre, pur non pregiudicando la validità della prova, quelle con la punta saturata a grasso sono più lente.

- Approfondimento della punta entro il terreno della punta in maniera continua con una velocità di avanzamento di $2 \pm 0,5$ cm/sec; uniche interruzioni concesse sono quelle per la aggiunta di aste di prolunga e per le prove di dissipazione (che verranno trattate in un paragrafo a parte). In merito alle aste di prolunga è ammessa una flessione al centro di 0,5 mm per le aste più profonde ed 1 mm per le aste più superficiali, è per questo che è buona norma inserire nella batteria di aste alcune prolunghe dotate di anello centratore (allargatore) che essendo a contatto con i terreni attraversati riduce la flessione delle aste durante la fase di spinta.
- Una volta raggiunta la profondità desiderata si ritira la batteria di perforazione

In fig. 2.1 è rappresentata una punta CPTu con indicate le sue parti interne.

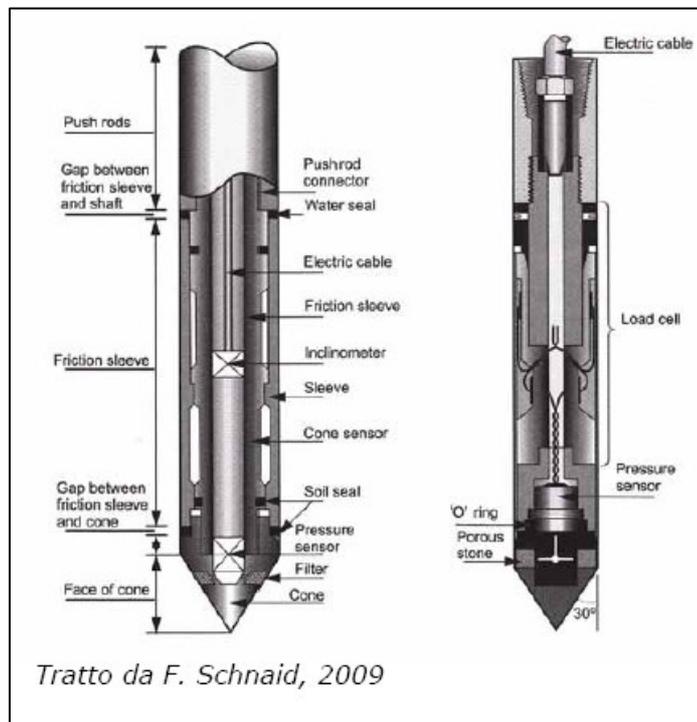


Fig. n. 2.1 -Punta per prove penetrometriche statiche con elettriche continue con misurazione delle pressioni interstiziali (CPTu)misurazione

La stratigrafia del terreno viene ricavata mediante il raffronto tra q_c , f_c e Δu in figura 2.2 si riportano i diagrammi realizzati da Robertson 1990 ed utilizzati per la determinazione della stratigrafia (parzialmente modificata) oggetto delle schede riportate in appendice 1.

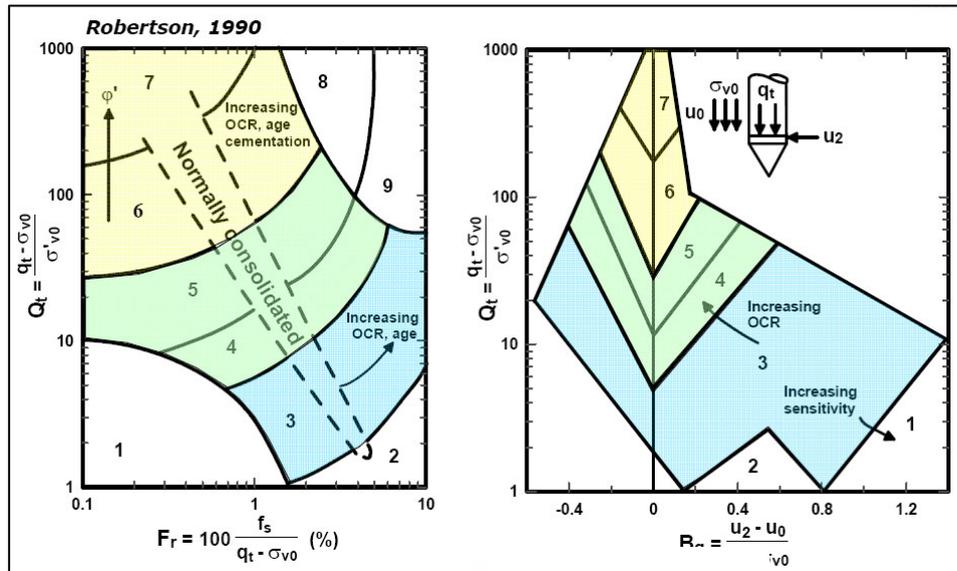


Fig. n. 2.2 -Diagrammi utilizzati per l'elaborazione dei dati rilevati ai fini della determinazione della stratigrafia incontrata da Robertson 1990

Il colore azzurro indica l'area in cui si hanno terreni dotati di comportamento coesivo (argille e argille limose, sabbie argillose etc.); l'area in verdino indica terreni a comportamento misto (limo argilloso sabbioso, limo sabbioso, sabbia fine limosa) e l'area in giallo indica terreni a comportamento drenato (sabbia media e fine con poco limo, sabbia media e sabbia grossolana).

La prova non è indicata per terreni ghiaiosi

La punta utilizzate per l'esecuzione delle prove è di Marca TECNO PENTA Tipo TP CPL2IN

2.2 Prove geofisiche: Sismica – Tomografo digitale

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) rappresenta uno dei metodi utilizzati per estrarre informazioni relative al sottosuolo a partire dagli spettri del rumore sismico registrati in un sito. Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore in quanto riguarda oscillazioni molto piccole ($10-15 \text{ [m/s}^2\text{]}^2$ in termini di accelerazione), molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo vicino.

La tecnica prevede il rapporto spettrale tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale ed è ormai consolidata come strumento di stima affidabile delle principali frequenze di risonanza del sottosuolo, informazione di notevole importanza per l'ingegneria sismica. Riconosciuta questa capacità, ove sia nota una stima della stratigrafia locale, dalle frequenze di risonanza è possibile ricavare un modello di sottosuolo monodimensionale discreto caratterizzato da strati a diversa impedenza sismica (V_s, ρ), mediante un approccio numerico di modellazione della curva HVSR (fitting della curva H/V sintetica).

Se consideriamo un sistema stratificato semplice a due strati 1D in cui gli strati si distinguono per diverse densità e velocità delle onde sismiche, si ha condizione di risonanza quando la lunghezza dell'onda incidente che viaggia nel mezzo con V_{s1} e ρ_1 , è pari a 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore h dello strato (o insieme di strati omogenei).

In altre parole la frequenza fondamentale di risonanza (f_r) relativa alle onde "S" è descritta dall'equazione:

$$f_r = V_S / (4 h)$$

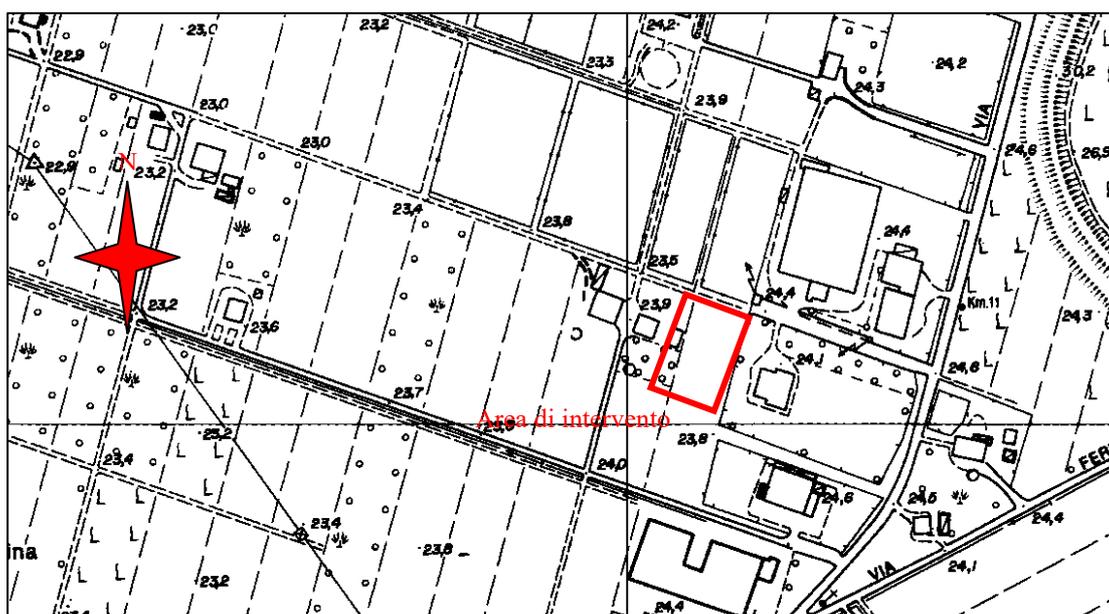
Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Nonostante il microtremore sia costituito in gran parte da onde superficiali (in particolare da onde di Rayleigh), ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime

3.0 Ubicazione

3.1 Ubicazione

Foglio 202 scala 1:50.000 – San Giovanni in Persiceto.
Tavoletta 202 SE scala 1:25.000 – San Giovanni in Persiceto
Sezione 202160 scala 1:10.000 – Padulle
Elemento 202164 scala 1:5.000 – Padulle

La corografia dell'area è rappresentata con gli estratti della C.T.R., scala 1:5.000 (Fig. 3.1).



Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):	44,6358681 [°]	Longitudine (WGS84):	11,2817307 [°]
Latitudine (ED50):	44,6368027 [°]	Longitudine (ED50):	11,2827272 [°]

*Fig. n. 3.1 - Ubicazione dell'area: estratto da C.T.R. Elemento 202164 Padulle.
Scala 1 : 5.000.*

3.2 Ubicazione delle prove

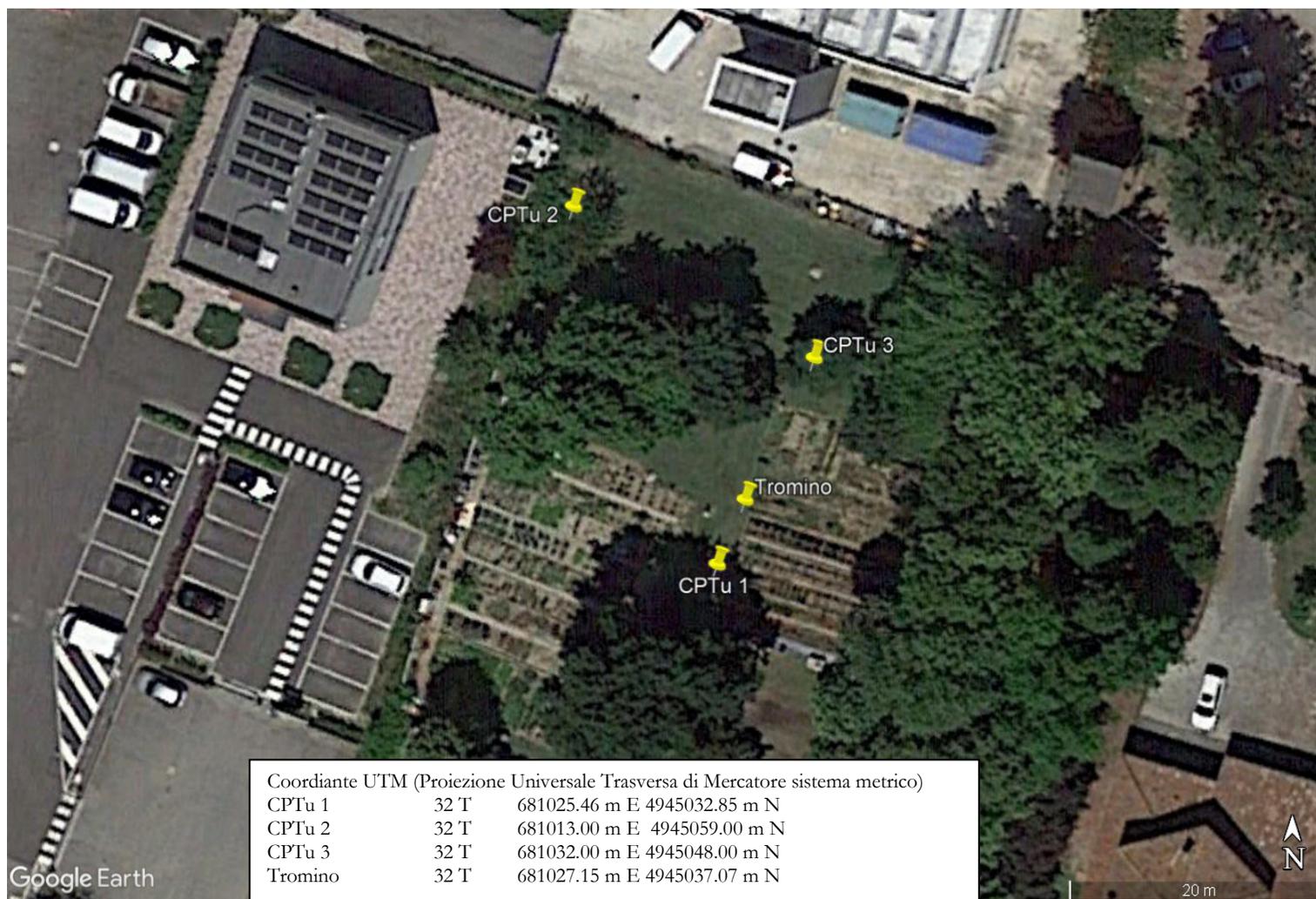


Fig. n. 3.2 – Ubicazione delle prove e su estratto di planimetria di planimetria catastale ingrandito alla scala 1:500

4.0 Stratigrafia e litologia

I terreni più superficiali appartengono al Supersistema Emiliano – Romagnolo, costituito da depositi alluvionali formati dall'attività deposizionale del Po, dei suoi affluenti di destra ed i fiumi romagnoli e originatosi in seguito alla prosecuzione del sollevamento (Pleistocene medio) che ha determinato il definito instaurarsi della deposizione continentale.

In particolare i terreni affioranti nell'area oggetto d'intervento, appartengono all'Unità di Modena (AES8a), in come indicato dalla Carta Geologica d'Italia, di cui si riporta un estratto in fig. n. 4.1 (fonte Sito Internet del dipartimento di sismica e difesa del suolo della RER).

L'unità di Modena rappresenta la porzione sommitale del Subsistema di Ravenna AES₈, ed è costituita dai depositi più superficiali e più recenti, ghiaie, sabbie, limi e argille di canale, argine, rotta fluviale, e piana inondabile. I corpi ghiaiosi sono presenti esclusivamente nelle zone limitrofe agli alvei dei corsi d'acqua principali nelle aree prossime allo sbocco di questi nella pianura. La deposizione di AES8a è assai probabilmente da mettere in relazione all'instaurarsi di un'importante fase di deterioramento climatico che, tra il IV e il VI secolo d.C., determinò un importante incremento della piovosità, con conseguente modifica della rete idrografica e alluvionamento di gran parte della pianura (Veggiani, 1994); questo fatto fu anche facilitato dal periodo storico che vedeva la decadenza dell'impero romano con conseguente abbandono di tutta la rete scolante e di bonifica della media e bassa pianura.



Legenda:

AES8 - Subsistema di Ravenna (Pleistocene sup. – Olocene; 12 ka – Attuale)

Nei settori intravallivi ghiaie passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. Negli sbocchi vallivi e nella piana alluvionale ghiaie, sabbie, limi ed argille. Limite superiore dato da suoli variabili da non calcarei a calcarei. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. Subsistema contenente una unità a limiti in conformi di rango gerarchico inferiore (AES8a) che, dove presente, ne costituisce il tetto stratigrafico. Spessore massimo in pianura: circa 25 m.

AES8a - Subsistema di Ravenna - Unità di Modena

Nella piana alluvionale ghiaie, sabbie, limi ed argille. Limite superiore sempre affiorante dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro privo di reperti archeologici romani, o più antichi, non rimaneggiati. Limite inferiore dato da una superficie di erosione fluviale nelle aree intravallive e dal contatto netto sul suolo non calcareo (o scarsamente calcareo) di epoca romana (o più antica) nelle aree di pianura. Spessore massimo in pianura 7 metri, nel sottosuolo circa 10m. Età post-romana (IV-VI sec. d.C. - Attuale; datazione archeologica).

*Figura 4.1 – Estratto dalla “Carta Geologica d’Italia” – Foglio 220 Bologna Ovest
Scala 1:50.000 ingrandito alla scala 1 : 5.000(Fonte sito internet RER)*

I terreni oggetto d'indagine sono costituiti da sedimenti d'origine recente geneticamente appartenenti al dominio del fiume Reno che scorre poco più di 1,0 km ad Est dell'area in esame.

I dati relativi alla successione indagata sono stati restituiti ed elaborati mediante un programma

di elaborazione elettronica (Static Probing della Geostru). Mediante l'applicazione della teoria di Robertson presentata nel paragrafo 2.0, si può interpretare la successione presente nell'area al di sotto delle verticali d'indagine

I terreni risultanti dall'interpretazioni dei dati sono prevalentemente fini e finissimi (da limo argilloso ad argilla) con rari strati granulari di limo sabbioso discontinui e di limitato spessore.

Particolare è la parte di successione al di sotto dei 10 anni è formata da una fitta alternanza di argille limose e limi argillosi in cui si inseriscono due sottili livelli di limo sabbioso.

Si può interpretare una tale sequenza come la testimonianza di un ambiente di argine distale sostituito verso l'alto da un ambiente di piana inondabile in cui si aveva la sporadica presenza di livelli derivati da rotte d'argine.

Nelle tabelle 4.1 ÷ 4.4 sono riportate le stratigrafie di dettaglio con le resistenze di punta, quelle laterali ed i principali parametri fisici (peso specifico, OCR, Densità relativa, percentuale di frazione fine etc.) dei livelli incontrati. In appendice 1 si riportano i grafici delle prove con l'interpretazione litostratigrafica; in appendice 2 si produce in forma grafica la successione litostratigrafica interpretativa.

PROVA ... Nr.1						Data: 07/06/2022			
Committente: Stanzani Immobiliare srl						Falda: - 2,0 m			
Cantiere: Ampliamento sede						pag 1/2			
Località: Via Platani - Padulle									
Prof. Strato		qc	fs	γ_n	γ_{sat}	Ocr	Dr	FC	Descrizione
m	m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	t/m ³	t/m ³		%	%	
0,00	0,80	42,07	0,37	2,10	2,18	>9			Terreno agrario
0,80	0,88	22,80	0,68	1,99	2,07	>9		40,82	Limo argilloso
0,88	1,24	15,28	0,80	1,93	2,01	>9		59,09	Argilla limosa
1,24	1,68	9,36	0,36	1,84	1,92	>9		63,70	Argilla
1,68	1,84	12,70	0,23	1,89	1,97	5,00		44,97	Limo argilloso
1,84	2,00	9,67	0,34	1,84	1,92	6,79		62,20	Argilla
2,00	2,16	9,40	0,15	1,84	1,92	2,78		47,54	Argilla limosa
2,16	2,52	8,35	0,25	1,82	1,90	4,44		61,25	Argilla
2,52	2,72	11,81	0,29	1,88	1,96	4,87		50,53	Argilla limosa
2,72	3,02	9,98	0,23	1,85	1,93	3,65		53,88	Argilla limosa
3,02	3,42	14,33	0,33	1,91	1,99	4,93		45,88	Limo argilloso
3,42	4,00	9,13	0,30	1,83	1,91	4,10		60,92	Argilla
4,00	4,22	7,98	0,11	1,81	1,89	1,35		51,83	Argilla limosa
4,22	6,30	7,13	0,13	1,78	1,86	1,37		58,25	Argilla
6,30	6,44	14,93	0,16	1,92	2,00	1,50		35,88	Limo argilloso
6,44	7,08	7,92	0,16	1,80	1,88	1,43		56,09	Argilla limosa
7,08	7,68	7,61	0,29	1,79	1,87	2,50		65,88	Argilla
7,68	7,80	11,31	0,23	1,86	1,94	1,89		47,57	Argilla limosa
7,80	8,10	12,10	0,48	1,88	1,96	3,95		56,45	Argilla
8,10	8,56	13,33	0,27	1,89	1,97	2,10		43,63	Limo argilloso
8,56	8,70	9,31	0,31	1,83	1,91	2,35		59,20	Limo argilloso
8,70	8,86	16,95	0,27	1,90	2,20	5,35		37,54	Argilla
8,86	9,40	35,61	0,35	1,94	2,02	2,01		21,36	Limo sabbioso
9,40	9,98	18,68	0,49	1,95	2,03	3,36		42,77	Limo argilloso
9,98	10,22	11,19	0,35	1,86	1,94	2,29		52,95	Argilla limosa
10,22	10,56	11,50	0,22	1,86	1,94	1,37		45,02	Limo argilloso
10,56	10,78	9,36	0,23	1,82	1,90	1,40		52,83	Argilla limosa
10,78	11,04	13,64	0,27	1,89	1,97	1,63		43,54	Limo argilloso
11,04	11,16	12,25	0,36	1,87	1,95	2,17		51,84	Argilla limosa
11,16	11,36	12,31	0,28	1,87	1,95	1,65		47,19	Argilla limosa
11,36	11,76	14,45	0,27	1,90	1,98	1,55		40,85	Limo argilloso
11,76	12,12	12,16	0,32	1,87	1,95	1,80		50,87	Argilla limosa
12,12	12,26	14,62	0,18	1,91	1,99	0,95		36,37	Limo argilloso
12,26	12,42	10,37	0,29	1,84	1,92	1,57		53,04	Argilla limosa
12,42	12,52	12,21	0,17	1,87	1,95	0,88		40,57	Limo argilloso
12,52	12,66	8,80	0,18	1,81	1,89	0,93		51,04	Argilla limosa
12,66	12,78	10,75	0,13	1,85	1,93	0,67		40,97	Limo argilloso
12,78	13,88	13,85	0,59	1,89	1,97	3,07		53,85	Argilla limosa
13,88	14,22	14,65	0,36	1,90	1,98	1,75		43,98	Limo argilloso
14,22	14,72	12,68	0,42	1,88	1,96	2,00		51,46	Argilla limosa
14,72	15,24	12,86	0,24	1,88	1,96	1,07		42,42	Limo argilloso
15,24	15,46	11,62	0,48	1,86	1,94	2,18		56,10	Argilla limosa
15,46	15,72	13,01	0,17	1,88	1,96	0,73		38,07	Limo argilloso

Tabella 4.1 - Stratigrafia di dettaglio prova n°1 pag 1/2

PROVA ... Nr.1						Data: 07/06/2022			
Committente: Stanzani Immobiliare srl						Falda: - 2,0 m			
Cantiere: Ampliamento sede						pag 2/2			
Località: Via Platani - Padulle									
Prof. Strato		qc	fs	γ_n	γ_{sat}	Ocr	Dr	FC	Descrizione
m	m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	t/m ³	t/m ³		%	%	
15,72	15,86	11,10	0,31	1,85	1,93	1,34		50,09	Argilla limosa
15,86	16,28	13,84	0,27	1,89	1,97	1,13		41,22	Limo argilloso
16,28	16,76	12,07	0,39	1,86	1,94	1,63		50,51	Argilla limosa
16,76	17,74	10,33	0,13	1,83	1,91	0,51		41,24	Limo argilloso
17,74	17,86	12,87	0,11	1,90	2,20	0,99	5,00	33,73	Limo sabbioso
17,86	18,46	11,43	0,16	1,85	1,93	0,60		40,21	Limo argilloso
18,46	18,58	17,98	0,17	1,90	2,20	1,38	8,80	29,49	Limo sabbioso
18,58	18,88	19,87	0,49	1,96	2,04	1,85		40,26	Limo argilloso
18,88	19,00	13,17	0,43	1,88	1,96	1,59		50,93	Argilla limosa
19,00	19,92	12,38	0,20	1,86	1,94	0,70		40,29	Limo argilloso
19,92	20,02	12,17	0,40	1,86	1,94	1,40		51,50	Argilla limosa
20,02	20,28	11,77	0,19	1,85	1,93	0,65		41,76	Limo argilloso

Tabella 4.2 - Stratigrafia di dettaglio prova n°1 pag 2/2

PROVA ... Nr.2					Data: 07/06/2022				
Committente: Stanzani Immobiliare srl				Falda: - 2,0 m					
Cantiere:Ampliamento sede				pag 1/1					
Località: Via Platani - Padulle									
Prof. Strato		qc	fs	γ_n	γ_{sat}	OCR	Dr	FC	Descrizione
m	m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	t/m ³	t/m ³		%	%	
0,00	0,10	2,22	0,00	0,00	0,00	>9	23,84		Terreno vegetale
0,10	0,46	38,61	0,50	1,90	2,20	>9	80,87	23,30	Limo sabbioso
0,46	0,74	27,10	0,60	2,02	2,10	>9	--	35,18	Limo argilloso
0,74	0,86	13,87	0,38	1,91	1,99	>9	--	51,22	Argilla limosa
0,86	1,04	12,47	0,71	1,89	1,97	>9	--	67,15	Argilla
1,04	1,32	6,44	0,24	1,78	1,86	7,95	--	79,41	Argilla organica
1,32	1,72	7,72	0,13	1,81	1,89	3,32	--	59,70	Argilla
1,72	1,86	8,59	0,11	1,82	1,90	2,36	--	53,15	Argilla limosa
1,86	2,08	7,88	0,20	1,81	1,89	3,97	--	63,31	Argilla
2,08	2,44	8,27	0,35	1,82	1,90	6,51	--	72,65	Argilla organica
2,44	2,76	6,86	0,13	1,78	1,86	2,20	--	66,32	Argilla
2,76	2,94	5,95	0,13	1,76	1,84	2,10	--	73,19	Argilla organica
2,94	3,08	9,17	0,14	1,83	1,91	2,20	--	53,17	Argilla limosa
3,08	3,20	9,93	0,42	1,85	1,93	6,60	--	68,20	Argilla
3,20	3,46	7,24	0,35	1,79	1,87	5,31	--	81,08	Argilla organica
3,46	3,78	9,80	0,15	1,84	1,92	2,11	--	53,09	Argilla limosa
3,78	3,88	7,29	0,18	1,79	1,87	2,47	--	68,42	Argilla
3,88	4,22	9,07	0,17	1,83	1,91	2,24	--	56,75	Argilla limosa
4,22	4,84	8,53	0,20	1,82	1,90	2,46	--	63,40	Argilla
4,84	4,90	17,19	0,26	1,94	2,02	3,07	--	39,42	Limo argilloso
4,90	5,10	19,07	0,10	1,90	2,20	6,77	25,78	26,34	Limo sabbioso
5,10	5,30	5,58	0,05	1,74	1,82	0,53	--	63,53	Argilla
5,30	5,44	6,84	0,05	1,78	1,86	0,52	--	55,14	Argilla limosa
5,44	7,26	6,90	0,11	1,78	1,86	1,02	--	64,23	Argilla
7,26	7,44	14,60	0,15	1,91	1,99	1,28	--	38,78	Limo argilloso
7,44	8,24	8,18	0,17	1,80	1,88	1,38	--	63,21	Argilla
8,24	8,74	8,07	0,31	1,80	1,88	2,45	--	75,66	Argilla organica
8,74	8,90	10,45	0,25	1,85	1,93	1,89	--	57,87	Argilla limosa
8,90	9,02	10,49	0,53	1,85	1,93	4,05	--	72,65	Argilla organica
9,02	9,34	10,66	0,44	1,85	1,93	3,28	--	67,51	Argilla
9,34	9,44	9,60	0,15	1,83	1,91	1,03	--	54,96	Argilla limosa
9,44	9,70	11,94	0,14	1,87	1,95	0,95	--	45,10	Limo argilloso
9,70	9,90	25,47	0,21	1,90	2,20	3,63	27,03	26,31	Limo sabbioso
9,90	10,02	16,11	0,29	1,93	2,01	1,98	--	43,20	Limo argilloso
10,02	10,48	8,71	0,17	1,81	1,89	1,09	--	62,28	Argilla
10,48	10,72	9,94	0,19	1,84	1,92	1,19	--	56,70	Argilla limosa
10,72	10,80	14,24	0,23	1,90	1,98	1,45	--	44,67	Limo argilloso
10,80	11,16	12,32	0,31	1,88	1,96	1,95	--	55,87	Argilla limosa
11,16	11,24	10,48	0,40	1,85	1,93	2,49	--	68,00	Argilla

Tabella 4.3 - Stratigrafia di dettaglio prova n°2

PROVA ... Nr.3						Data: 07/06/2022			
Committente: Stanzani Immobiliare srl				Falda: - 2,0 m					
Cantiere:Ampliamento sede				pag 1/1					
Località: Via Platani - Padulle									
Prof. Strato		qc	fs	γ_n	γ_{sat}	OCR	Dr	FC	Descrizione
m	m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	t/m ³	t/m ³		%	%	
0,00	0,06	3,51	0,00	0,00	0,00	>9	47,29		Terreno vegetale
0,06	0,16	23,36	0,12	1,90	2,20	>9	81,13	22,24	Lim osabbioso
0,16	0,32	25,24	0,72	2,01	2,09	>9	--	38,55	Limo argilloso
0,32	0,52	22,27	1,09	1,99	2,07	>9	--	50,44	Argilla limosa
0,52	0,70	14,50	0,72	1,92	2,00	>9	--	60,14	Argilla limosa
0,70	0,82	9,56	0,44	1,85	1,93	>9	--	69,82	Argilla organica
0,82	0,98	13,70	0,44	1,91	1,99	>9	--	53,54	Argilla limosa
0,98	1,12	10,04	0,36	1,85	1,93	>9	--	62,17	Argilla
1,12	1,32	5,92	0,27	1,76	1,84	8,72	--	83,55	Argilla organica
1,32	1,60	8,06	0,11	1,81	1,89	2,92	--	54,35	Argilla limosa
1,60	1,72	6,92	0,17	1,79	1,87	4,01	--	67,71	Argilla
1,72	1,86	8,59	0,11	1,82	1,90	2,37	--	51,97	Argilla limosa
1,86	1,96	6,58	0,13	1,78	1,86	2,64	--	65,18	Argilla
1,96	2,04	7,76	0,10	1,81	1,89	1,91	--	54,40	Argilla limosa
2,04	2,44	18,74	0,40	1,96	2,04	7,45	--	42,51	Limo argilloso
2,44	2,58	12,05	0,44	1,88	1,96	7,69	--	59,93	Argilla limosa
2,58	2,72	6,60	0,25	1,78	1,86	4,22	--	77,85	Argilla organica
2,72	3,02	8,43	0,19	1,82	1,90	3,06	--	62,25	Argilla
3,02	3,26	9,43	0,13	1,84	1,92	1,95	--	53,89	Argilla limosa
3,26	3,36	6,38	0,11	1,77	1,85	1,59	--	68,29	Argilla
3,36	3,54	11,47	0,14	1,87	1,95	2,00	--	46,52	Limo argilloso
3,54	3,78	7,98	0,11	1,81	1,89	1,49	--	58,07	Argilla limosa
3,78	3,90	16,90	0,15	1,90	2,20	4,69	24,60	33,36	Limo sabbioso
3,90	4,14	13,86	0,16	1,90	1,98	2,08	--	41,71	Limo argilloso
4,14	4,44	8,66	0,17	1,82	1,90	2,12	--	62,14	Argilla
4,44	4,68	9,79	0,16	1,84	1,92	1,91	--	54,84	Argilla limosa
4,68	5,22	8,21	0,17	1,81	1,89	1,92	--	63,38	Argilla
5,22	5,32	10,49	0,16	1,85	1,93	1,72	--	50,95	Argilla limosa
5,32	5,56	7,26	0,13	1,79	1,87	1,35	--	65,08	Argilla
5,56	5,68	6,53	0,14	1,77	1,85	1,43	--	71,08	Argilla organica
5,68	5,88	7,10	0,07	1,78	1,86	0,68	--	57,39	Argilla limosa
5,88	6,66	6,94	0,21	1,78	1,86	2,03	--	73,03	Argilla organica
6,66	6,88	8,67	0,14	1,82	1,90	1,24	--	55,17	Argilla limosa
6,88	7,30	10,12	0,40	1,84	1,92	3,60	--	66,56	Argilla
7,30	7,64	13,77	0,37	1,90	1,98	3,19	--	51,16	Argilla limosa
7,64	7,78	10,49	0,56	1,85	1,93	4,73	--	71,87	Argilla organica
7,78	7,88	9,46	0,16	1,83	1,91	1,27	--	55,34	Argilla limosa
7,88	8,42	16,66	0,30	1,93	2,01	2,39	--	41,00	Limo argilloso
8,42	8,88	13,54	0,31	1,90	1,98	2,34	--	50,00	Argilla limosa
8,88	9,00	24,89	0,60	2,00	2,08	4,46	--	38,49	Limo argilloso
9,00	9,34	11,62	0,44	1,87	1,95	3,19	--	65,61	Argilla
9,34	9,70	11,29	0,14	1,86	1,94	0,92	--	48,32	Argilla limosa
9,70	9,90	25,47	0,21	1,90	2,20	3,53	26,63	26,48	Limo sabbioso
9,90	10,02	16,11	0,29	1,93	2,01	1,92	--	43,44	Limo argilloso
10,02	10,44	8,73	0,18	1,81	1,89	1,13	--	61,61	Argilla
10,44	10,66	19,45	0,50	1,96	2,04	3,21	--	54,99	Argilla limosa
10,66	11,16	10,57	0,37	1,85	1,93	2,29	--	65,71	Argilla
11,16	11,42	11,24	0,19	1,86	1,94	1,09	--	51,12	Argilla limosa

Tabella 4.4 - Stratigrafia di dettaglio prova n°3

5.0 Inquadramento geomorfologico ed idrologico

L'area oggetto dell'intervento si trova a poco più di 1,5 km ad Ovest del fiume Reno ad una quota sul livello del mare di 23,5 m.

Dall'esame delle linee di livello che ricostruiscono il micro rilievo riportate nell'elaborato allegato al Quadro Conoscitivo del PSC Unione Terre d'Acqua (di cui riporta un estratto in fig. 5.1), nonostante l'alto grado di antropizzazione dell'area si possono formulare alcune osservazioni:

1. La superficie topografica ha una forma abbastanza regolare con una falda immergente da SSE verso NNO. Nel quadro generale tuttavia spicca la variazione data dalla quota 23 che a circa 200 m verso NO si divarica per formare due lobi di circa 30 m cadauno.
2. L'inclinazione della superficie mostra una pendenza di circa lo 0,5 ‰.

Data la posizione rispetto all'attuale corso del Fiume Reno essa può essere situata al di sopra di un ampio conoide formato da un ventaglio di rotta.

Altre forme rilevanti sono date dagli argini di un antico tracciato (poi rettificato) del fiume Reno che si innalzano di circa 6 m al di sopra del piano campagna dando luogo a una discontinuità morfologica significativa tra il piano di campagna dal lato del corso d'acqua (a quota 27) e il piano di campagna (a quota 24).

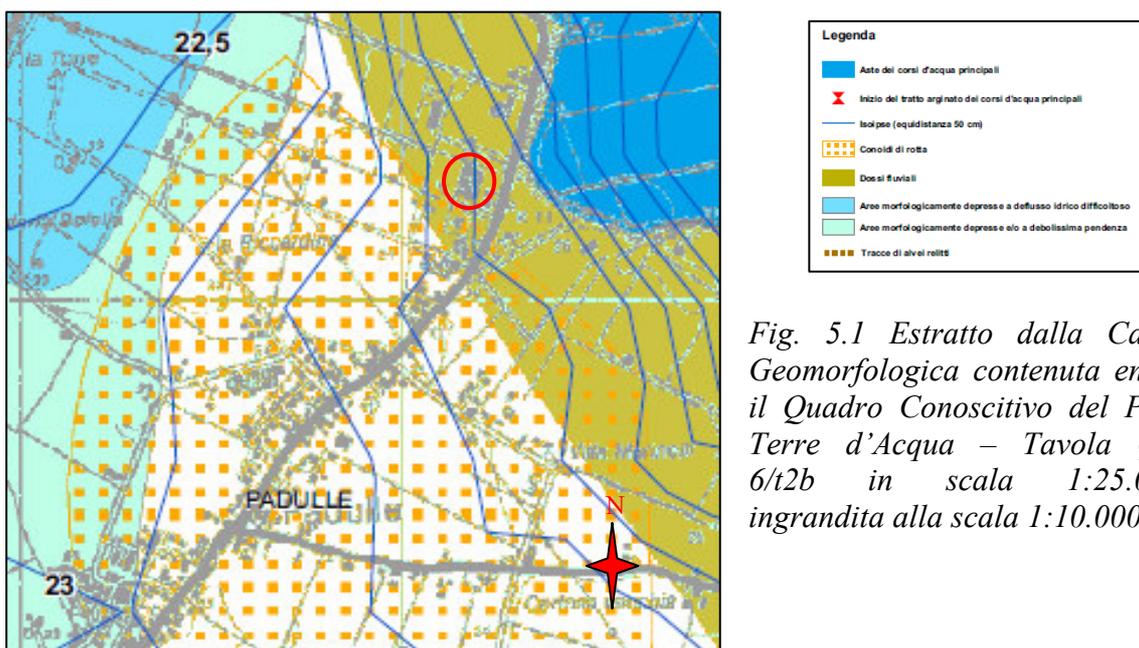


Fig. 5.1 Estratto dalla Carta Geomorfologica contenuta entro il Quadro Conoscitivo del PSC Terre d'Acqua – Tavola QC 6/t2b in scala 1:25.000 ingrandita alla scala 1:10.000.

La falda più superficiale è stata misurata a fine della prova rilevandone il livello a - 2,0 m dal p.c. attuale in accordo con quanto riportato dall'elaborato (Tav. QC 6/t8b di cui un estratto si riporta in fig. 5.2) allegato al PSC in forma associata “Terre d'Acqua”. La direzione della falda in quest'area va da SSE verso NNO con un gradiente di 0,9 ‰ e mostra un andamento drenante rispetto al corso d'acqua associato (Fiume Reno).

La permeabilità verticale del terreno incontrato dalle prove può essere stimata, in base alla classificazione litologica, in un ordine di grandezza di circa 10^{-10} m/s. Vista la permeabilità, il tipo litologico superficiale e la sua distribuzione si può verosimilmente prevedere per l'area una vulnerabilità bassa alla veicolazione di eventuali inquinanti, sia in senso orizzontale che in senso verticale.

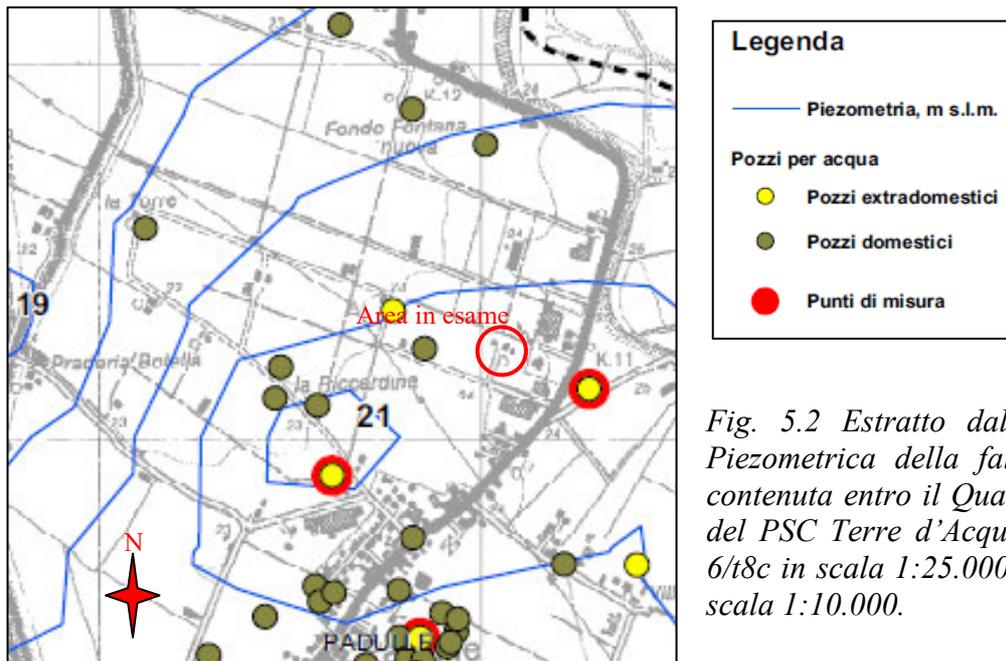


Fig. 5.2 Estratto dalla Carta della Piezometria della falda superficiale contenuta entro il Quadro Conoscitivo del PSC Terre d'Acqua – Tavola QC 6/t8c in scala 1:25.000 ingrandita alla scala 1:10.000.

L'idrologia superficiale vede come elemento principale il fiume Reno che scorre a circa 1,0 km in direzione E; elementi minori sono presenti nelle vicinanze, si tratta di canali di scolo di bonifica (Bonifica Renana) di II e III ordine (scolo Dosolo – acque alte e Collettore delle Acque basse) posti a O dell'area ad una distanza di circa 2,0 km. Dall'analisi del PSAI e del PSC risulta che l'area non si trova in zone di possibile esondazione e nemmeno in zone con deflusso scarso o impedito.

Da quanto descritto in precedenza si può inserire l'area in oggetto tra quelle appartenenti alla categoria T1 per quello che riguarda il coefficiente di amplificazione delle onde sismiche di taglio derivato dalla topografia.

6.0 Inquadramento sismico

La convergenza tra la placca Europea e quella Africana produce nell'Appennino Settentrionale un pattern deformativo ed un'attività sismica molto complessi. Il campo di stress attivo rivela la presenza di un settore tirrenico della catena in cui predomina un campo deformativo estensionale, mentre nel settore Adriatico prevale una compressione attiva. In quest'ultimo settore, in cui si colloca l'Emilia – Romagna, evidenze geologiche, sezioni sismiche e studi morfotettonici, indicano infatti che la tettonica attiva sia generalmente caratterizzata dalla presenza di strutture compressive attive, come sovrascorrimenti e piegamenti. L'analisi sismotettonica dell'Emilia – Romagna ha messo in evidenza come parte delle strutture individuate da profili sismici che interessano il riempimento sedimentario Plio-Pleistocenico siano caratterizzate da attività molto recente ad attuale. In particolare, risultano attivi i sovrascorrimenti sepolti che danno luogo agli archi di Piacenza-Parma, Reggio Emilia e di Ferrara . Dall'analisi della Carta Strutturale edita dalla Regione Emilia Romagna e della Carta Sismotettonica edita sempre ad opera dello stesso Ente, di cui si riporta un estratto in fig. 6.1, si può verificare che l'area in oggetto si trova entro un contesto tettonico compressivo. Al di sopra di una zona di sinclinale depressa tra due anticlinali fagliate a orientamento SE – NO associata ad una linea compressiva N vergente passante per San Giovanni in Persiceto ed una più settentrionale passante per Cento S vergente ad andamento parallelo alla prima, il tetto del Pleistocene Marino (0.45 Ma) si trova ad una profondità tra i 200 m dal p.c. dal p.c. attuale. Dall'analisi sismica pare che lo strato che funziona da Bedrock sismico (Tetto delle Sabbie gialle di Imola – Pleistocene superiore) si trovi a profondità di circa 100 m.

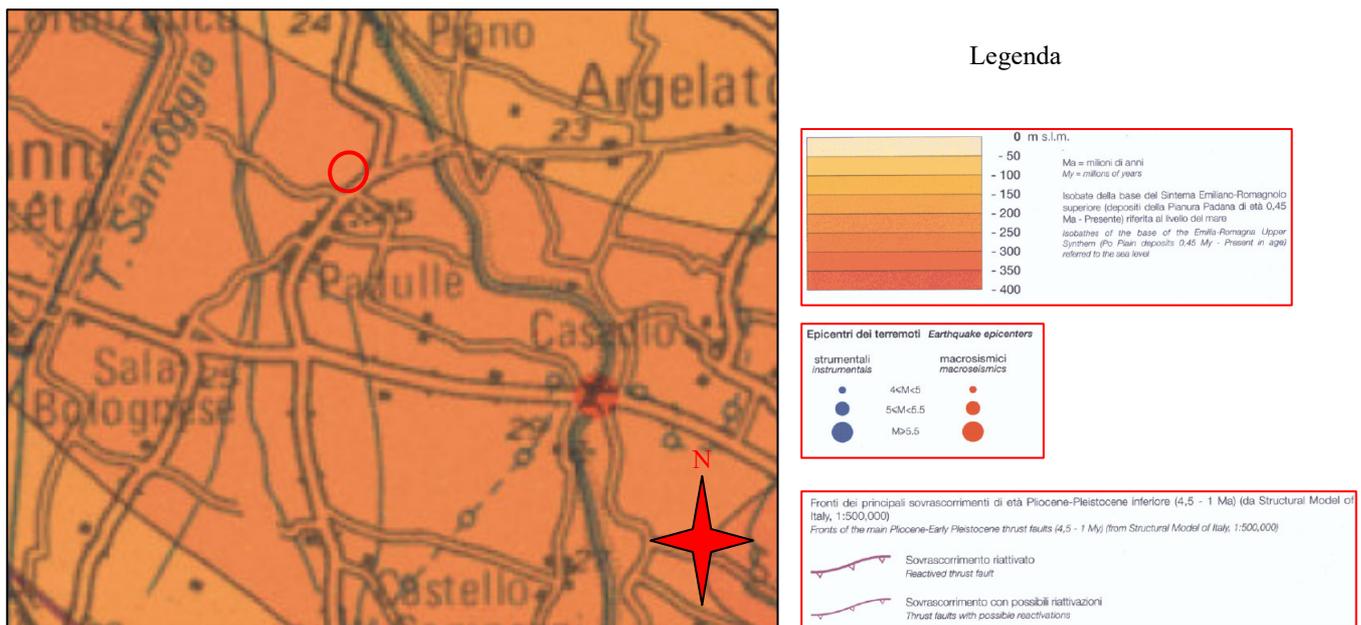


Fig. 6.1 – Estratto dalla Carta Sismotettonica dell'Emilia Romagna (Boccaletti e Martelli 2004) scala 1:250.000

L'area si trova in prossimità di una linea tettonica pliocenica a recente riattivazione con andamento SE NO (appenninico), il substrato Pliocenico si trova ad una profondità tra i 100 m ed 150 m dal p.c. dal p.c. attuale.

La consultazione della Carta Interattiva D.I.S.S. 3.2.1 (edita da INGV di cui in fig. 6.2 si riporta un estratto dal sito internet) indica che l'area può essere soggetta all'azione sismica della linea sismogenetica classificata come ITCS 051 Carpi – Poggio Renatico che dista dall'area in esame circa 19,2 km.

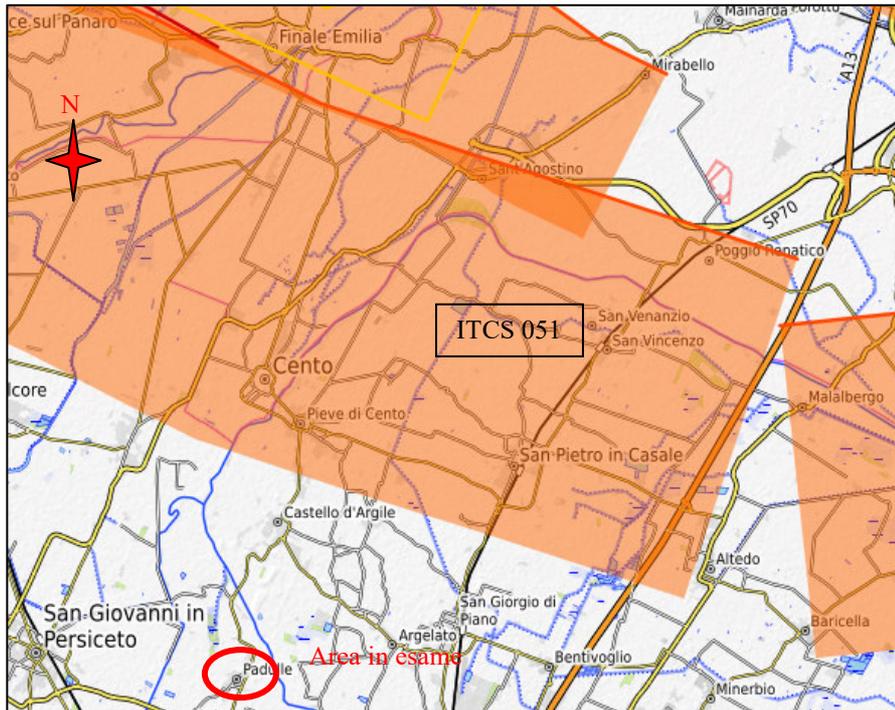


Fig. 6.2 – Estratto dalla Carta interattiva D.I.S.S. 3.1.1 a cura di INGV in scala 1:100.000

Le caratteristiche di questa sorgente sono riportate in tabella 6.1 da questa tabella si evince che la Magnitudo massima data nel tempo da questa sorgente ha una intensità di 5,6 gradi Richter.

Parametric Information									
Parameter		Quality	Evidence						
Min depth [km]	2.0	OD	Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.						
Max depth [km]	10.0	OD	Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.						
Strike [deg] min... max	50...120	OD	Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.						
Dip [deg] min... max	25...45	OD	Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.						
Rake [deg] min... max	80...100	OD	Inferred from geological and active stress data.						
Slip Rate [mm/y] min... max	0.5...1.04	LD	Based on geological data from Maesano et al. (2015).						
Max Magnitude [Mw]	6.0	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).						
LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship;EJ=Expert Judgement									

Tabella 6.1 – Parametri della sorgente sismogenetica ITCS 051 Carpi - Poggio Renatico

Questa sorgente composita interessa la Regione attraversandola dalla bassa valle del Reno alla bassa valle del Secchia lungo il fronte del sovrascorrimento dato dall'Arco di Ferrara. Questo sistema di faglia è l'arco esterno N vergente al limite NE della Catena Nord Appenninica, sepolto al di sotto della pianura padana; esso marca il più avanzato sovrascorrimento degli Appennini che può dare sismi catastrofici.

Questa sorgente è stata aggiornata durante sviluppo del Progetto Europeo GeoMol.

Tra il 20 ed il 29 Maggio 2012 due sismi di Mw 5.9 and 5.8 ed il loro sciame sismico colpirono la parte centrale della Pianura Padana a circa 40 km a N di Bologna. Durante la sequenza sismica uno sforzo di pura compressione fu generato dal sovrascorrimento facente parte della parte O dell'Arco Ferrarese attivando un fronte di rottura di 50 km nella parte sepolta della struttura tettonica al fronte della catena Nord Appenninica.

Il meccanismo focale degli eventi maggiori è in accordo con gli indicatori che lo stress tettonico attuale mostra nell'area.

In tempi precedenti al 2012 una sequenza di terremoti storici ha colpito l'area. Nei cataloghi storici e strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) si rileva una attività sparsa di sismi di magnitudo intermedia ($4.5 < M_w < 5.0$), con l'eccezione del sisma catastrofico che ha colpito Ferrara il 22 Febbraio 1346 ($M_w 5.8$).

La regione Emilia – Romagna è interessata una sismicità media relativamente a quella nazionale, con terremoti storici di magnitudo massima compresa tra 5.5 e 6 della scala Richter, e intensità del IX- X grado della scala MCS. Secondo quanto riportato dalla Classificazione dei Comuni Sismici d'Italia, riportata in allegato all'OPCM 03/2003, il Comune di Sala Bolognese rientra tra quelli classificati in 3^a categoria (sismicità bassa).

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla 'pericolosità sismica di base' del sito che costituisce l'elemento primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Secondo quanto prescritto dal TU, per la definizione dell'azione sismica di progetto è necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale, mediante specifiche analisi.

Sull'area sono state eseguite analisi geofisiche con la modalità HVSR al fine di definire il parametro corrispondente alla velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m (V_{s30}); i risultati dell'analisi sono riportati nell'Appendice 3, il valore della V_s 30 nell'area è di 173 m/s; a favore di sicurezza si considera il terreno di categoria D con una frequenza tipica del terreno a 0,726 hz.

I fattori di amplificazione da utilizzare per la costruzione degli spettri di risposta in accelerazione (orizzontale e verticale) di II^o livello, desunti DGR dell'Emilia Romagna n°476/21 saranno quelli previsti per il tipo morfologico PIANURA 2 e si riportano di seguito:

V_{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5

Tabella 6.2 – Fattori di amplificazione della PGA,

V_{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5
SA2	2,7	2,7	2,4	2,1	1,9	1,8
SA3	3,3	3,2	2,8	2,5	2,3	2,1
SA4	3,3	3,1	2,7	2,4	2,1	1,9

Tabella 6.3 – Fattori di amplificazione SA1 ($0,1 \text{ s} \leq T \leq 0,5\text{s}$), SA2 ($0,4 \text{ s} \leq T \leq 0,8\text{s}$), SA3 ($0,7 \text{ s} \leq T \leq 1,1\text{s}$), SA4 ($0,5 \text{ s} \leq T \leq 1,5\text{s}$),

V_{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6
SI2	3,1	3,0	2,7	2,4	2,1	2,0
SI3	3,6	3,3	2,9	2,5	2,2	2,0

Tabella 6.4 – Fattori di amplificazione SI1 ($0,1 \text{ s} \leq T \leq 0,5\text{s}$), SI2 ($0,5 \text{ s} \leq T \leq 1,0\text{s}$), SI3 ($0,5 \text{ s} \leq T \leq 1,5\text{s}$)

Gli spettri di risposta del terreno, che definiscono la pericolosità sismica (di II^o livello) si riportano in appendice 4; essi sono caratteristici di ogni sito e vengono calcolati dai parametri sismici riportati in tabella 6.6; desumendo da questi parametri i coefficienti sismici (tabella 6.6) derivati dal tipo di terreno, classificabile in categoria D, come indicato in precedenza e dalla classe topografica (T1).

Nelle tabelle 6.5 ÷ 6.7 si riportano i dati utilizzati per il calcolo degli spettri di risposta del terreno:

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]
1	16285	44,613660	11,243670
2	16286	44,614960	11,313840
3	16064	44,664940	11,312050
4	16063	44,663640	11,241840

Tabella 6.5 – Siti di riferimento

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,048	2,476	0,257
SLD	50	0,059	2,517	0,272
SLV	475	0,161	2,559	0,276
SLC	975	0,212	2,519	0,282

Tabella 6.6 – Parametri sismici

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,017	0,021	0,069	0,095
kv	0,009	0,011	0,034	0,048
amax [m/s ²]	0,844	1,040	2,812	3,333
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

Tabella 6.7 – Coefficienti sismici

7.0 Verifica della pericolosità sismica di III^o Livello

La procedura di calcolo adoperata da RSL per la valutazione della funzione di trasferimento presuppone come base di partenza uno o più accelerogrammi, od uno spettro di risposta in accelerazione, e la conoscenza della stratigrafia del sito attraverso i seguenti parametri geotecnici per ogni strato:

- peso per unità di volume;
- velocità di propagazione delle onde di taglio;
- coefficiente di spinta laterale;
- modulo di taglio iniziale (opzionale);
- spessore;

- indice di plasticità.

La non linearità del calcolo è introdotta dalla dipendenza del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso dalla deformazione.

Schematicamente la procedura è riassumibile nel seguente modo:

1. Valutazione dello spettro di Fourier dell'accelerogramma (omessa nel caso si debba analizzare uno spettro);
2. Ricerca di un errore relativo piccolo seguendo la procedura di:
 - 2.1. Stima della funzione di trasferimento;
 - 2.2. Valutazione della deformazione indotta in ciascuno strato;
 - 2.3. Correzione del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso per ogni strato; Le operazioni 2.1, 2.2 e 2.3 sono ripetute fino a quando la differenza di deformazione tra un'iterazione e la precedente non rimane al di sotto di una soglia ritenuta accettabile;
3. Trasformazione inversa di Fourier dello spettro precedentemente calcolato ed opportunamente pesato per mezzo della funzione di trasferimento calcolata.

Attraverso questa procedura è possibile “trasferire” l'accelerogramma dal bedrock in superficie. La deformazione per ciascuno strato viene corretta sulla base del rapporto fra deformazione effettiva e massima come suggerito dalla letteratura scientifica, ovvero

$$\frac{\gamma_{eff}}{\gamma_{max}} = \frac{M - 1}{10}$$

dove M rappresenta la magnitudo del sisma.

Per la valutazione della funzione di trasferimento, RSL considera un suolo variamente stratificato composto da N strati orizzontali di cui l' N -esimo è il letto di roccia (bedrock). Ponendo come ipotesi che ciascuno strato si comporti come un solido di Kelvin-Voigt $\left[\tau = G\gamma + \eta \frac{\partial \gamma(z,t)}{\partial z \partial t} \right]$, la propagazione delle onde di taglio che attraversano gli strati verticalmente può essere definita dall'equazione dell'onda:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \eta \frac{\partial^3 u}{\partial z^2 \partial t} \quad (1)$$

dove: u rappresenta lo spostamento; t il tempo; ρ la densità; G il modulo di deformazione al taglio; η la viscosità. Per onde armoniche lo spostamento può essere scritto come:

$$u(z,t) = U(z) e^{i\omega t} \quad (2)$$

che sostituita nella (1) pone

$$(G + i\omega\eta) \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho\omega^2 U \quad (3)$$

dove ω rappresenta la frequenza angolare. La (3) può essere riscritta come

$$G^* \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho\omega^2 U \quad (4)$$

avendo posto $G^* = G + i\omega\eta$, ovvero il modulo di deformazione al taglio *complesso*. Questo può essere ulteriormente riscritto come

$$G^* = G(1 + 2i\xi) \quad (5)$$

avendo posto

$$\eta = \frac{2G}{\omega} \xi \quad (6)$$

dove ξ rappresenta il coefficiente di smorzamento viscoso. Ciò posto, e fatta convenzione che l'apice * indica la natura complessa della variabili in gioco, la soluzione dell'equazione generica dell'onda è la seguente:

$$u(z,t) = Ee^{i(\omega t + k^* z)} + Fe^{i(\omega t - k^* z)} \quad (7)$$

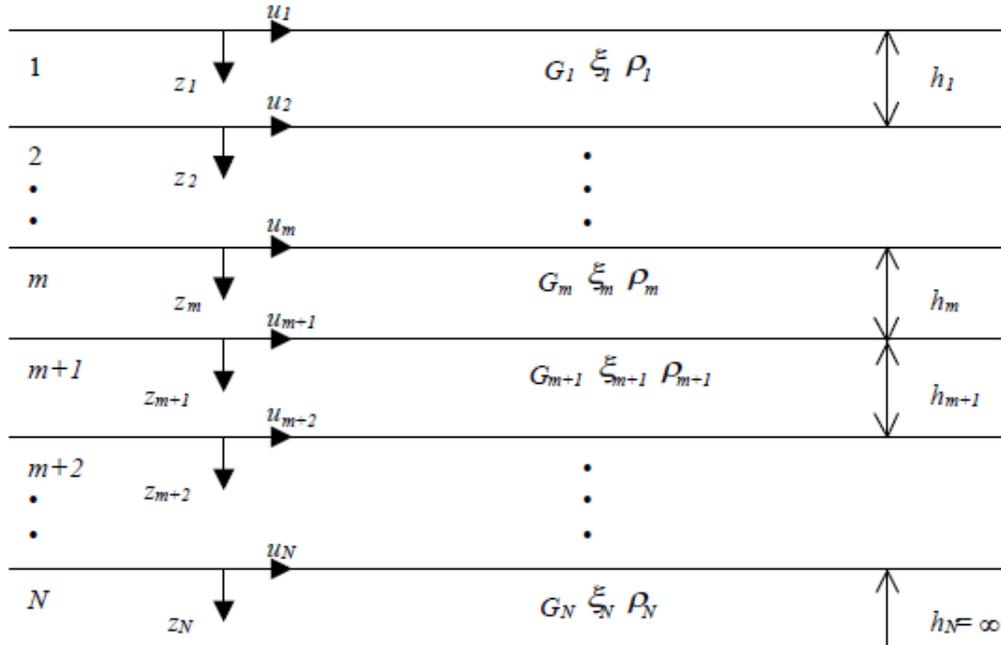


Fig. 8.1: Esempio di stratigrafia per riferimento.

dove E e F dipendono dalle condizioni al contorno e rappresentano l'ampiezza d'onda che viaggia rispettivamente verso l'alto (-z) e verso il basso (+z), mentre k^* rappresenta il numero d'onda complesso dato dalla seguente espressione:

$$k^* = \omega \sqrt{\frac{\rho}{G^*}} \quad (8)$$

Il taglio invece è dato da:

$$\tau(z,t) = G^* \frac{dU}{dz} e^{i\omega t} = ik^* G^* \left[Ee^{i(\omega t + k^* z)} + Fe^{i(\omega t - k^* z)} \right] e^{i\omega t} \quad (9)$$

Per il generico strato m di spessore h_m gli spostamenti, rispettivamente in sommità ($z = 0$) ed al fondo ($z = h_m$), sono:

$$u_m(0,t) = (E_m + F_m) e^{i\omega t} \quad (10)$$

$$u_m(h_m,t) = \left(E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m} \right) e^{i\omega t} \quad (11)$$

Poiché deve essere rispettata la congruenza sullo spostamento all'interfaccia tra gli strati, ovvero lo spostamento in sommità ad uno strato deve essere uguale allo spostamento sul fondo di quello immediatamente sopra, se ne deduce che:

$$u_m(z = h_m, t) = u_{m+1}(z = 0, t) \quad (12)$$

Usando la (10), (11) e la (12), ne consegue che

$$E_{m+1} + F_{m+1} = E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m} \quad (13)$$

Il taglio in sommità ed al fondo dell' m -esimo strato è dato da:

$$\tau_m(0, t) = ik_m^* G_m^* [E_m - F_m] e^{i\omega t} \quad (14)$$

$$\tau_m(h_m, t) = ik_m^* G_m^* [E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}] e^{i\omega t} \quad (15)$$

Poiché fra uno strato e l'altro il taglio deve essere continuo si ha

$$\tau_m(z = h_m, t) = \tau_{m+1}(z = 0, t) \quad (16)$$

ovvero

$$E_{m+1} - F_{m+1} = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} (E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}) \quad (17)$$

Sommando la (13) alla (17) e sottraendo la (17) alla (13) si ottiene

$$E_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 + \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 - \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (18)$$

$$F_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 - \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 + \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (19)$$

dove α_m^* rappresenta il coefficiente di impedenza complesso al contorno tra gli strati m ed $m+1$, ed è dato dalla seguente espressione:

$$\alpha_m^* = \frac{k_{m+1}^* G_{m+1}^*}{k_m^* G_m^*} \quad (20)$$

Poiché in superficie il taglio è nullo,

$$\tau_1(0, t) = ik_1^* G_1^* [E_1 - F_1] e^{i\omega t} = 0$$

si deduce che $E_1 = F_1$.

Le equazioni (18) e (19) possono essere successivamente applicate agli strati successivi da 2 ad m . La funzione di trasferimento A_{mn} che lega gli spostamenti in sommità degli strati m ed n è definita dalla seguente espressione:

$$A_{mn} = \frac{u_m}{u_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (21)$$

A_{mn} rappresenta la funzione di trasferimento, ovvero la funzione che mette in relazione il modulo della deformazione tra i punti m e n .

In pratica lo stato deformativo di una stratigrafia rimane definito una volta nota la deformazione di un suo qualsiasi punto. Inoltre, poiché la velocità e l'accelerazione sono legati allo spostamento,

$$\dot{u}(z, t) = \frac{\partial u}{\partial t} = i\omega u(z, t) \quad \ddot{u}(z, t) = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -\omega^2 u(z, t) \quad (22)$$

La funzione di trasferimento A_{mn} può essere espressa anche in funzione delle velocità e dell'accelerazione al tetto degli strati n ed m :

$$A_{mn}(\omega) = \frac{u_m}{u_n} = \frac{\dot{u}_m}{\dot{u}_n} = \frac{\ddot{u}_m}{\ddot{u}_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (23)$$

La deformazione tangenziale rimane definita alla profondità z e al tempo t dalla relazione:

$$\gamma(z, t) = \frac{\partial u}{\partial z} = ik^* (Ee^{ik^*z} - Fe^{-ik^*z}) e^{i\omega t} \quad (24)$$

E la corrispondente tensione tangenziale, dalla seguente espressione:

$$\tau(z, t) = G^* \gamma(z, t) \quad (25)$$

Ai fini di una corretta interpretazione del problema della risposta sismica locale, risulta utile riprodurre la rappresentazione schematica di Figura 2 in cui è riportata la terminologia utilizzata per lo studio del moto sismico di un deposito che poggia su un basamento roccioso.

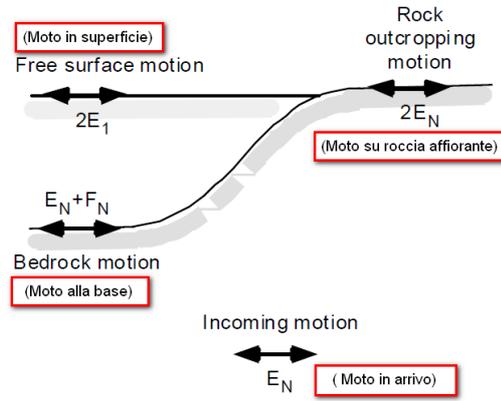


Fig. 7.2: Schema di riferimento e terminologia utilizzata.

Le onde di taglio si propagano verticalmente attraverso il bedrock con ampiezza pari ad E_N ; al tetto del bedrock, sotto il deposito degli strati di terreno, il moto ha un'ampiezza pari a $E_N + F_N$. Sulla roccia affiorante, poiché le tensioni tangenziali sono nulle ($E_N = F_N$), il moto avrà ampiezza pari a $2E_N$. La funzione di trasferimento dal bedrock al bedrock-affiorante è la seguente:

$$A_{NN}(\omega) = \frac{2E_N}{E_N + F_N} \quad (26)$$

A è non lineare poiché G è funzione di γ . Nella procedura di calcolo infatti, da una stima iniziale del modulo di deformazione al taglio, si ottiene la tensione ipotizzando un legame lineare, per poi ottenere un nuovo valore di γ . Grazie a questo valore aggiornato si valuta un nuovo modulo G così da ripetere la procedura fino a quando la differenza tra la deformazione aggiornata e quella ottenuta dalla precedente iterazione viene ritenuta accettabile. Il modello per $G(\gamma)$ adoperato è quello suggerito da Ishibashi e Zhang (1993) che tiene conto degli effetti della pressione di confinamento e dell'indice di plasticità:

$$G = G_{max} \cdot K(\gamma, PI) (\sigma_m^t)^{m(\gamma, PI) - m_0} \quad (24)$$

$$K(\gamma, PI) = 0.5 \left\{ 1 + \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000102 + n(PI)^{0.492}}{\gamma} \right) \right] \right\} \quad (25)$$

$$m(\gamma, PI) - m_0 = 0.272 \left\{ 1 - \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000556}{\gamma} \right)^{0.4} \right] \right\} \exp(-0.0145PI^{1.3}) \quad (26)$$

$$n(PI) = \begin{cases} 0.0 & \text{per } PI = 0 \\ 3.37 \times 10^{-6} PI^{1.404} & \text{per } 0 < PI \leq 15 \\ 7.0 \times 10^{-7} PI^{1.976} & \text{per } 15 < PI \leq 70 \\ 2.7 \times 10^{-5} PI^{1.115} & \text{per } PI > 70 \end{cases} \quad (27)$$

dove G_{max} è dato dalla relazione

$$G_{max} = \rho V_s^2 \quad (28)$$

dove ρ è la densità del terreno e V_s la velocità di propagazione delle onde di taglio nello stesso. La (28) fornisce il valore iniziale di G per la prima iterazione.

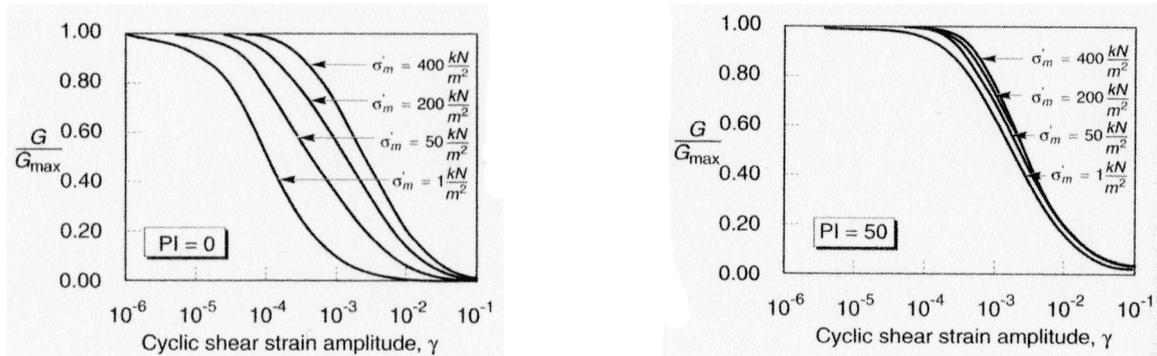


Fig. 7.3:: *Influenza della pressione di confinamento e della plasticità sul modulo di deformazione al taglio.*

Per quanto riguarda invece il coefficiente di smorzamento viscoso ξ , in conseguenza del modello introdotto dalla (24) si ha:

$$\xi = 0.333 \frac{1 + \exp(-0.0145 PI^{1.3})}{2} \left[0.586 \left(\frac{G}{G_{max}} \right)^2 - 1.547 \frac{G}{G_{max}} + 1 \right] \quad (29)$$

da cui si deduce che anche ξ deve essere ricalcolato ad ogni iterazione.

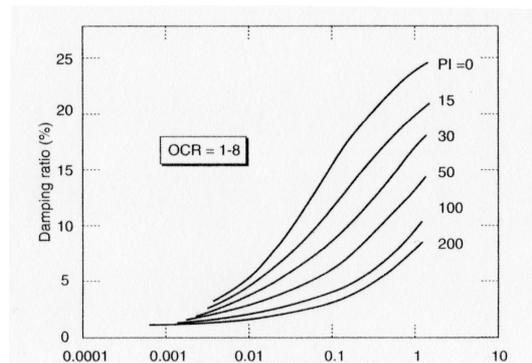


Fig. 7.4 *Influenza della plasticità sul coefficiente di smorzamento viscoso*

In appendice 5 si riportano sia in forma di tabella che grafica i dati di ingresso e i risultati dei calcoli

Per il calcolo della pericolosità sismica di sito è stata utilizzata la stratigrafia sismica desunta dal rilievo di sismica passiva con stazione singola applicata agli accelerogrammi utilizzati per la determinazione dei parametri sismici degli Stati mite SLD (Tr 101 anni) ed SLV (Tr 475 anni) nei punti ID 16285 e ID 16286 del reticolo nazionale. Questa scelta è dovuta al fatto che i suddetti punti sono i più prossimi e si trovano ad una distanza circa uguale rispetto all'area in esame

In tabella 7.1 si riportano i parametri sismici per lo spettro Normalizzato e quello di Normativa per terreni di tipo D e coefficiente di amplificazione morfologico T1.

Confronto tra i parametri dello spettro normalizzato con quello di normativa SLV orizzontale									
Ag	F ₀	T _c *	TB	TC	TD	Se (0)	Se (TB)	S _{PGA}	
m/s ²		s	s	s	s	m/s ²	m/s ²		
Stato Limite di Vita - Componente orizzontale									
1,834	2,900	-	0,149	0,447	2,348	1,834	5,321	1,162	Spettro Normalizzato
1,579	2,560	0,276	0,219	0,657	2,244	2,814	7,203	1,780	Spettro di Normativa
Stato Limite di Danno - Componente orizzontale									
0,735	3,089	-	0,120	0,361	1,900	0,735	2,269	1,269	Spettro Normalizzato
1,579	2,560	0,276	0,219	0,637	2,214	2,814	7,203	1,780	Spettro di Normativa

Tabella 7.1 – Parametri sismici

In tabella 7.2 si riportano i parametri di amplificazione di Housner per i periodi 0,1s-0,5s; 0,5s – 1,0s; 1,0s – 1,5s; 1,5s – 2,0s e 2,0s – 2,5s per lo Stato Limite di Vita

Parametri di amplificazione di Housner			
Periodo			
s	s		SA
0,10	0,50		1,525
0,50	1,00		1,790
1,00	1,50		1,984
1,50	2,00		2,269
2,00	2,50		2,028

Tabella 7.2 – Amplificazione di Housner

8.0 Verifica del potenziale di liquefazione

Secondo quanto riportato nel DGR 476/21 i siti di interesse devono essere sottoposti alla verifica dell'attitudine a dare fenomeni di liquefazione dei terreni sotto falda; nella sequenza interpretata dalla CPTu si rileva la presenza di livelli granulari rari, discontinui e poco spessi pertanto, in accordo con quanto riportato dagli allegati al PSC "Terre d'Acqua" (Tav. QC 6/t7b), che fa ricadere l'area tra quelle non a rischio di liquefazione, non si procede al calcolo della suscettività alla liquefazione dei terreni granulari nel sito.

9.0 Conclusioni

Dalle prove eseguite nell'area, si possono trarre le seguenti conclusioni:

La successione sedimentaria presente nell'area oggetto d' intervento appartiene al Supersistema Emiliano - Romagnolo costituito da depositi alluvionali del Po e dei suoi numerosi affluenti.

Nello spessore indagato si sono attraversati dall'alto al basso l'Unità di Modena (AES 8a) e parte del Subsistema di Ravenna (AES 8) che del Quaternario continentale sono i termini più recenti.

La successione è costituita essenzialmente da terreni fini e finissimi in alternanze decimetriche; raramente si incontrano livelli granulari (limo sabbioso) poco spessi e discontinui. Si fa notare che nella prova n°3 si nota una spessa lente tra -6,0 m e - 6,50 m di terreni poco consistenti con una elevata percentuale di materia organica.

La falda freatica è stata rinvenuta nei fori di prova a - 2,0 m dal p.c. attuale in accordo con quanto riportato nelle tavole del Quadro Conoscitivo allegate al PSC "Terre d'Acqua"; la permeabilità è molto bassa mentre la direzione della falda è circa SSE - NN. La falda è alimentata dal Fiume Reno.

La geomorfologia del sito permette di inserire l'area nella categoria T1 tra quelle richiamate dal NTC 2018 relativamente alla amplificazione sismica delle onde di taglio originata da assetti morfologici.

I dati ottenuti dalle prove in situ permettono, in maniera cautelativa, di inserire i terreni nella categoria D essendo 173 m/s il valore della velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m di spessore al di sotto delle fondazioni ($V_{s_{eq}}$), la frequenza di doppia risonanza terreno fabbricato è posta a 0,736 hz

I fattori di amplificazione che permettono di calcolare la accelerazione al suolo delle onde sismiche devono fare riferimento al tipo Pianura 2 riportato entro il DGR dell'Emilia Romagna 476/21

Dal calcolo della pericolosità sismica di sito approfondita al III^ livello si ottengono i seguenti risultati:

Parametri sismici

Confronto tra i parametri dello spettro normalizzato con quello di normativa SLV orizzontale											
Ag	F ₀	Tc*	TB	TC	TD	Se (0)	Se (TB)	S _{PGA}			
m/s ²		s	s	s	s	m/s ²	m/s ²				

Stato Limite di Vita - Componente orizzontale									
1,834	2,900	-	0,149	0,447	2,348	1,834	5,321	1,162	Spettro Normalizzato
1,579	2,560	0,276	0,219	0,657	2,244	2,814	7,203	1,780	Spettro di Normativa

Stato Limite di Danno - Componente orizzontale									
0,735	3,089	-	0,120	0,361	1,900	0,735	2,269	1,269	Spettro Normalizzato
1,579	2,560	0,276	0,219	0,637	2,214	2,814	7,203	1,780	Spettro di Normativa

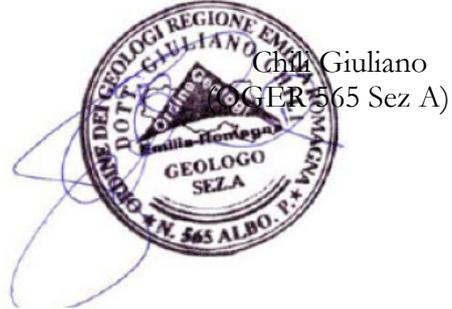
Coefficienti di Housner (per lo Stato Limite di Vita)

Parametri di amplificazione di Housner			
Periodo			
s	s		SA
0,10	0,50		1,525
0,50	1,00		1,790
1,00	1,50		1,984
1,50	2,00		2,269
2,00	2,50		2,028

Il calcolo della attitudine alla liquefazione (I_L) dei terreni granulari sotto falda non è stato calcolato in quanto, sia pur presenti, i livelli granulari sono discontinui e di ridottissimo spessore.

In base ai risultati presentati e tenendo conto delle risultanze derivate dall'amplificazione sismica dei terreni l'intervento su questa area è sicuramente fattibile.

Castenaso li 21/06/2022



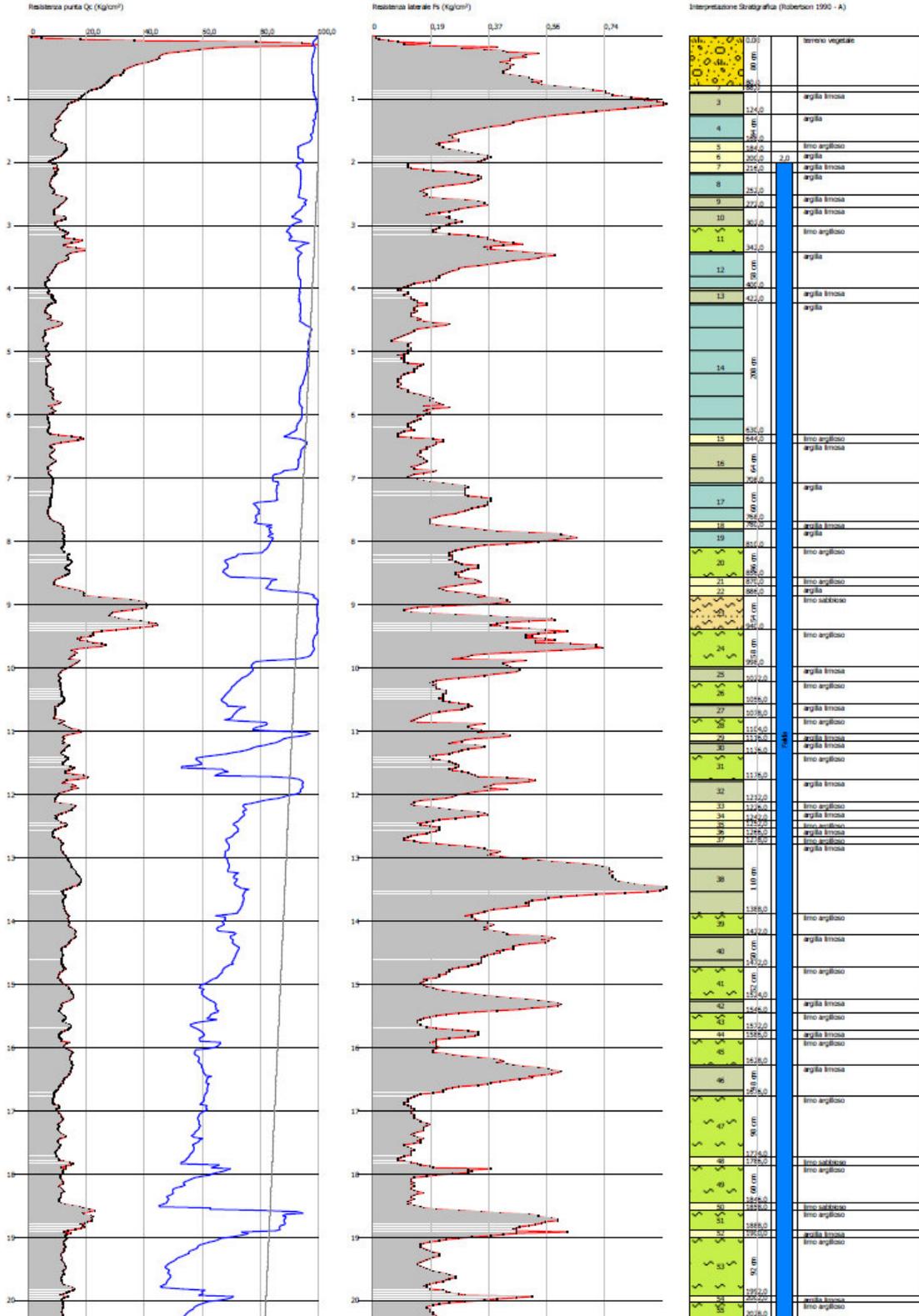
Chil Giuliano

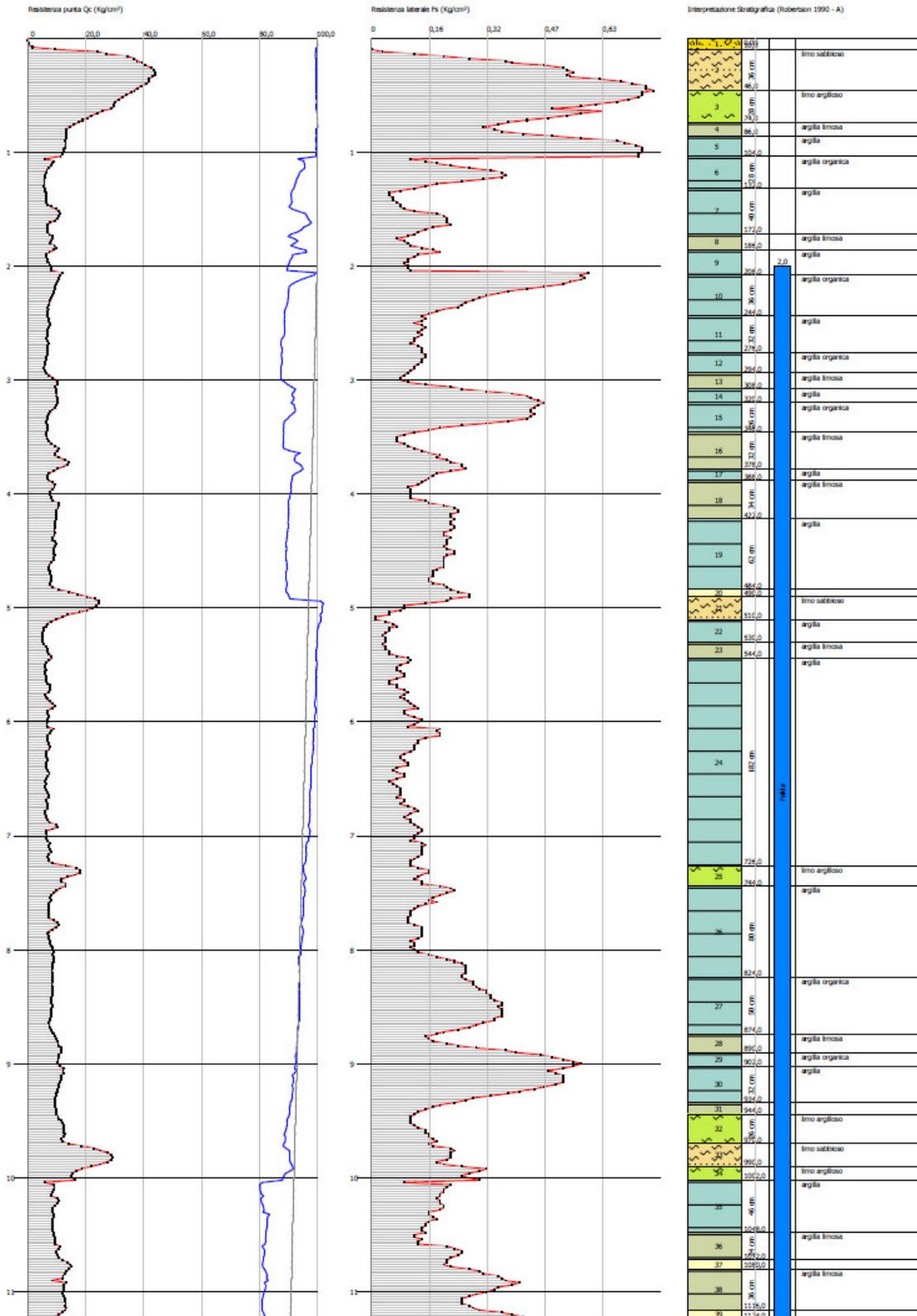
(GER 565 Sez A)

Appendice

Appendice 1

Lecture di campagna - Diagrammi di prova





Appendice 2

Modello litostratigrafico

Appendice 3

Rilievo geofisico a stazione singola
(Tomografia)

Elaborazione HVSR

STATION INFORMATION

Station code: -

Model: SARA Geobox

Sensor: Geobox pack 2.0 hz

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: -

Address: via dei Platani - Padulle - Comune Sala Bolognese

Latitude: 44,6358948

Longitude: 11,2824106

Coordinate system: WGS84

Elevation: -

Weather: Soleggiato, non ventoso, temperatura 25°C

Notes: Vibrazioni superficiale provenienti da O

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

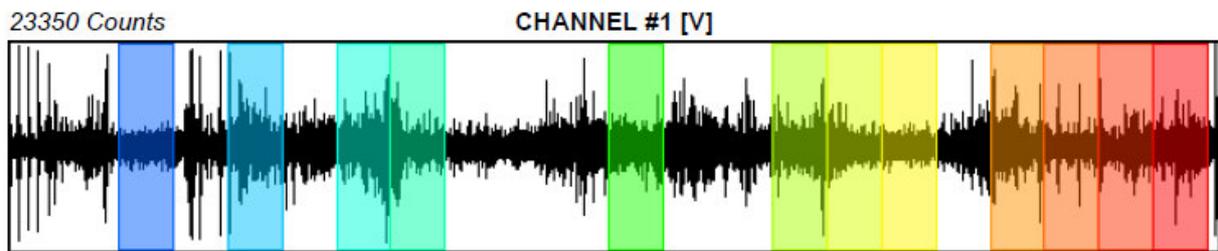
Recording start time: 2022/06/07 07:18:21

Recording length: 14.8 min

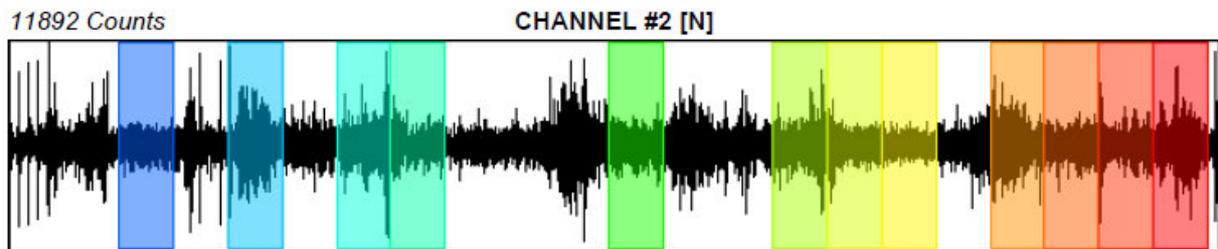
Windows count: 12

Average windows length: 40

Signal coverage: 54.05%



-21649 Counts



-11102 Counts



-15325 Counts

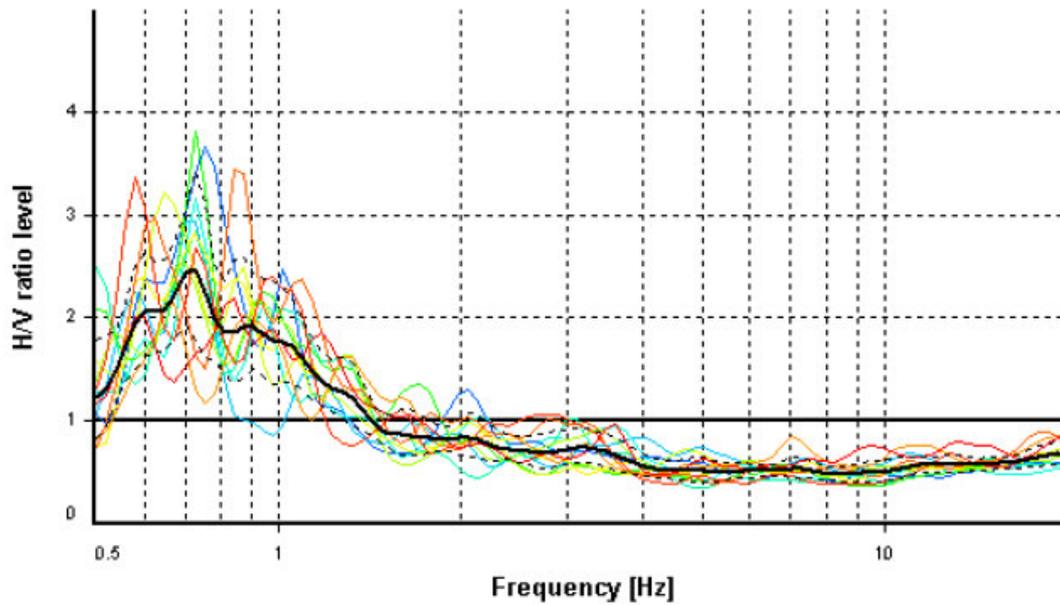
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

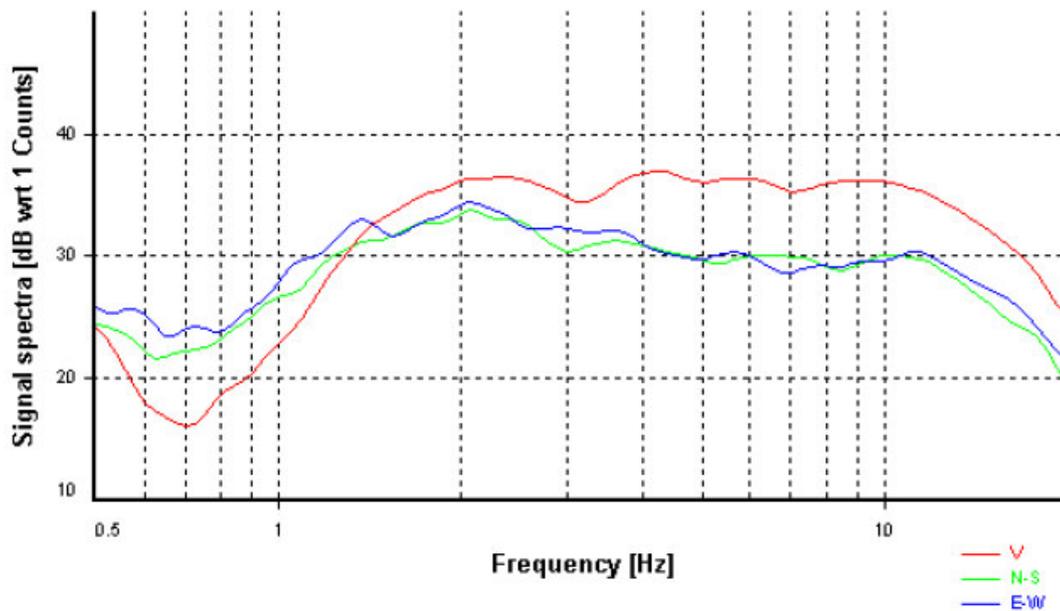
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

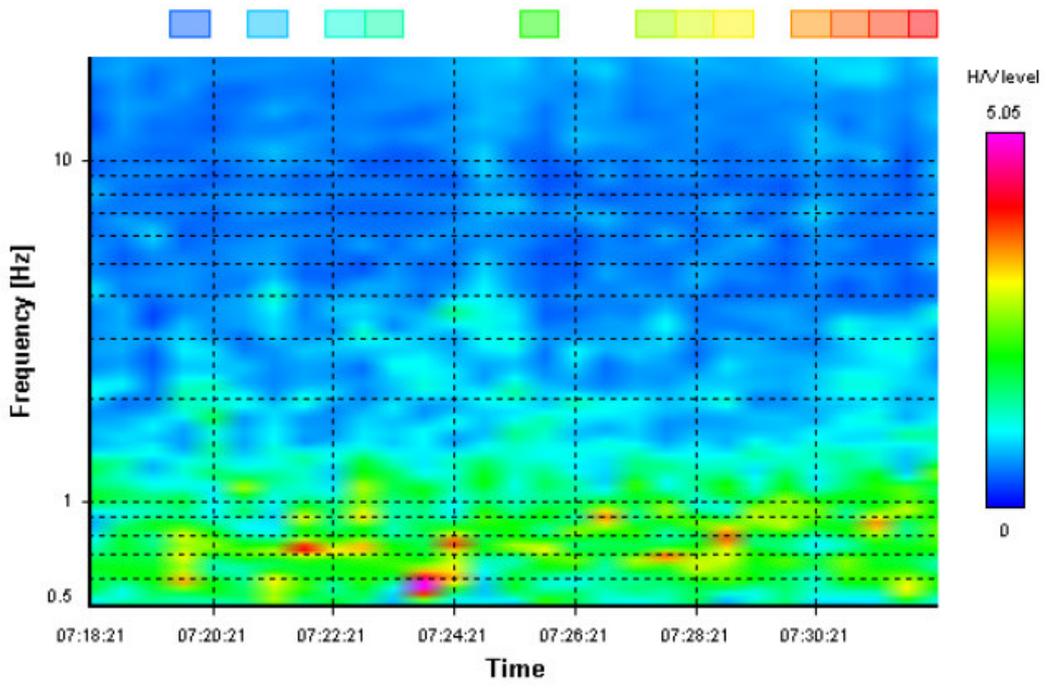
HVSR average



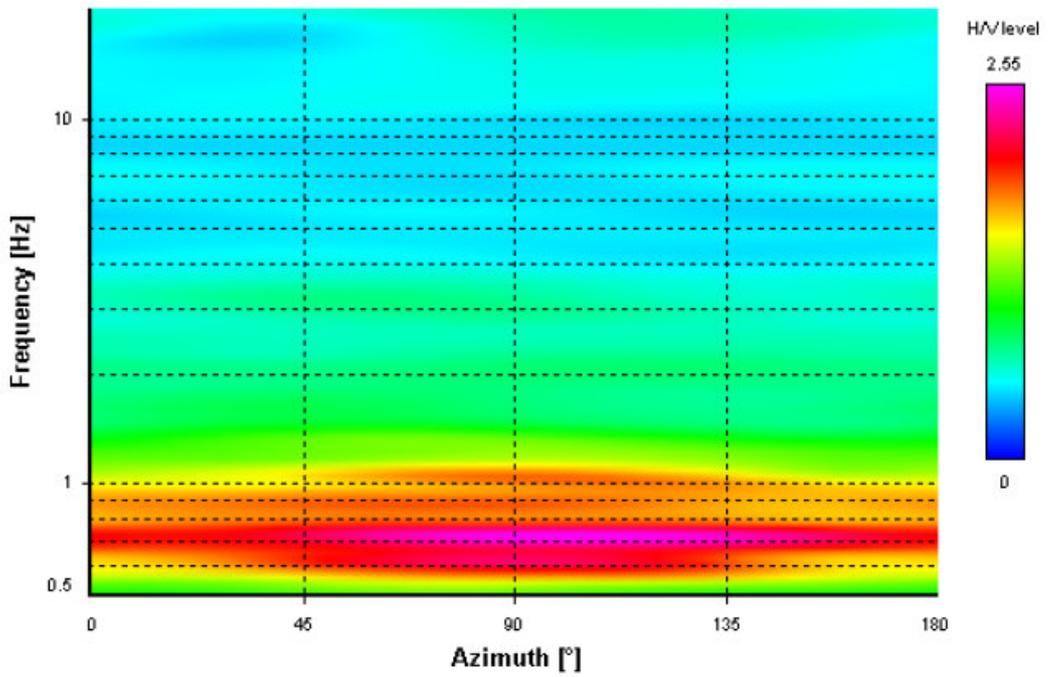
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)

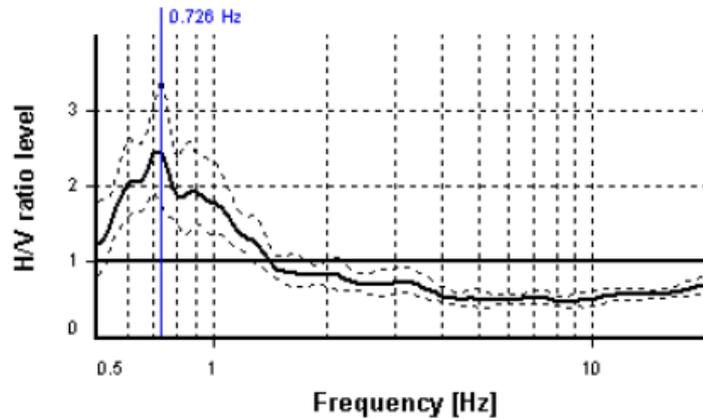


HVSR directional analysis



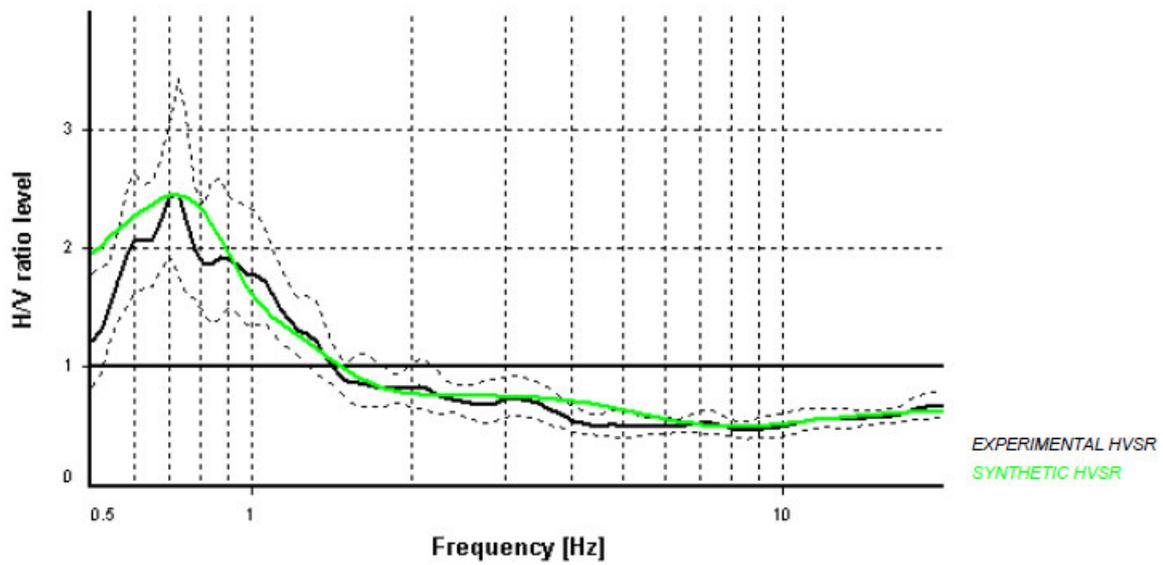
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency
0.726 Hz

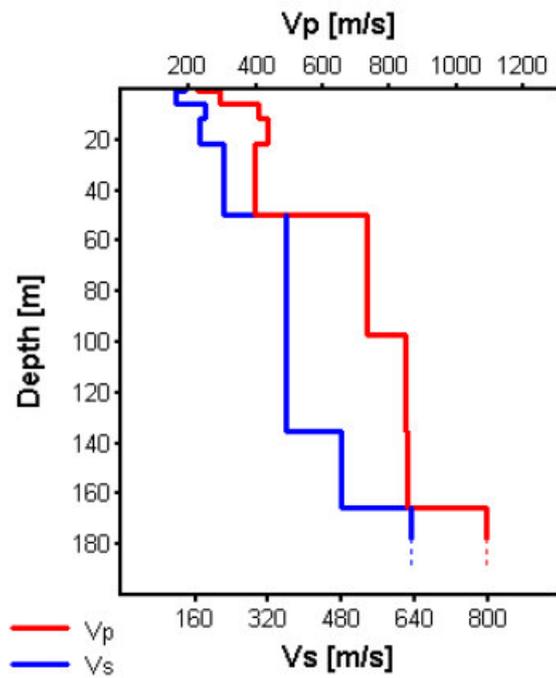


HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	12 valid windows (length > 13.78 s) out of 12	OK
$n_o(f_0) > 200$	348.37 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 29	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{HM}(f) < A_0$	0.5 Hz	OK
$\exists f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{HM}(f^+) < A_0$	1.31739 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.47 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{HM}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	3.66% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.0728 < 0.10886	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.38789 < 2	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
0.8	0.8	225	135	1750
5	5.8	294	115	1800
6	11.8	409	180	1820
9.5	21.3	435	170	1830
28	49.3	398	220	1850
48	97.3	731	360	1900
38	135.3	848	360	1980
30	165.3	855	480	2000
-	> 165.3	1091	630	2300



$V_{seq} 31 = 173$ m/s (Offset = 1 m)

Appendice 4

Spettri di risposta sismica in accelerazione

Analisi di II^ livello

PERICOLOSITÀ SISMICA

Data: 21/06/2022

Vita nominale (Vn): 50 [anni]
Classe d'uso: II
Coefficiente d'uso (Cu): 1
Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

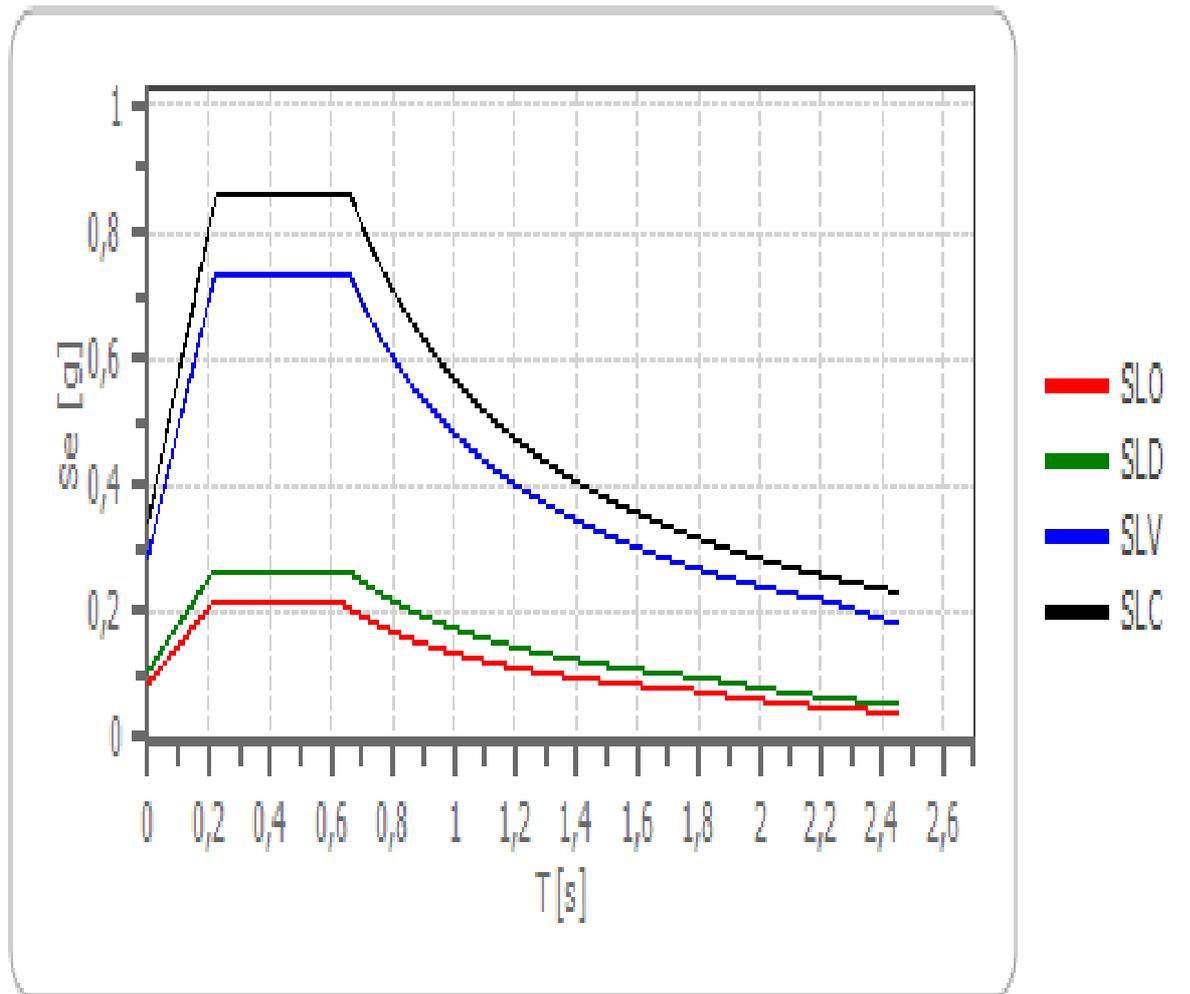
Latitudine (WGS84): 44,6358948 [°]
Longitudine (WGS84): 11,2824106 [°]
Latitudine (ED50): 44,6368294 [°]
Longitudine (ED50): 11,2834082 [°]

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %
Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000
Categoria sottosuolo: D
Categoria topografica:
T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,048	2,476	0,256	1,800	2,470	1,000	1,800	1,000	0,211	0,633	1,791	0,086	0,213
SLD	1,0	0,059	2,517	0,272	1,800	2,400	1,000	1,800	1,000	0,217	0,652	1,835	0,106	0,267
SLV	1,0	0,161	2,560	0,276	1,780	2,380	1,000	1,780	1,000	0,219	0,657	2,244	0,287	0,734
SLC	1,0	0,212	2,519	0,282	1,600	2,350	1,000	1,600	1,000	0,221	0,664	2,450	0,340	0,856

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

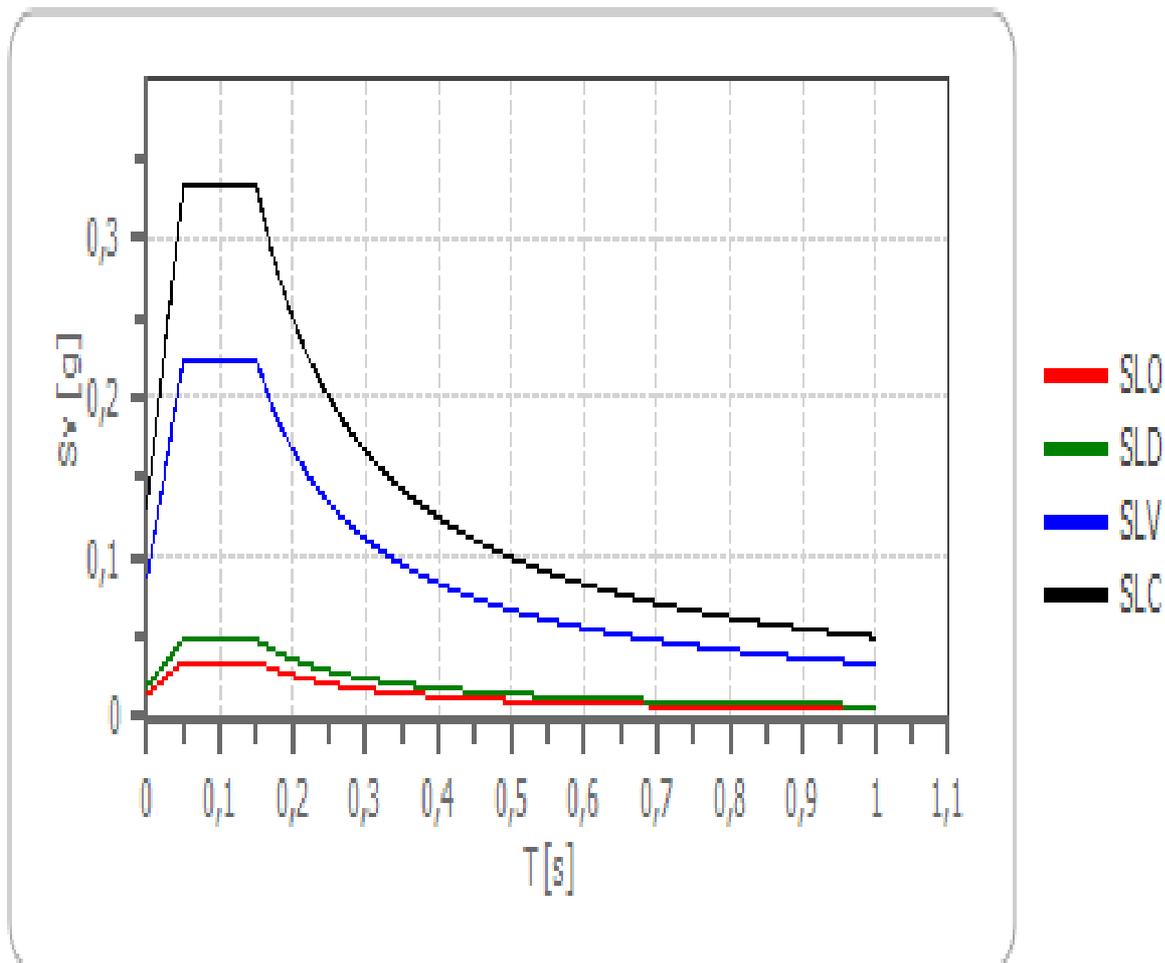
Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{(1/2)}$:

1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,048	2,476	0,256	1	2,470	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,014	0,035
SLD	1,0	0,059	2,517	0,272	1	2,400	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,019	0,049
SLV	1,0	0,161	2,560	0,276	1	2,380	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,087	0,223
SLC	1,0	0,212	2,519	0,282	1	2,350	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,132	0,333

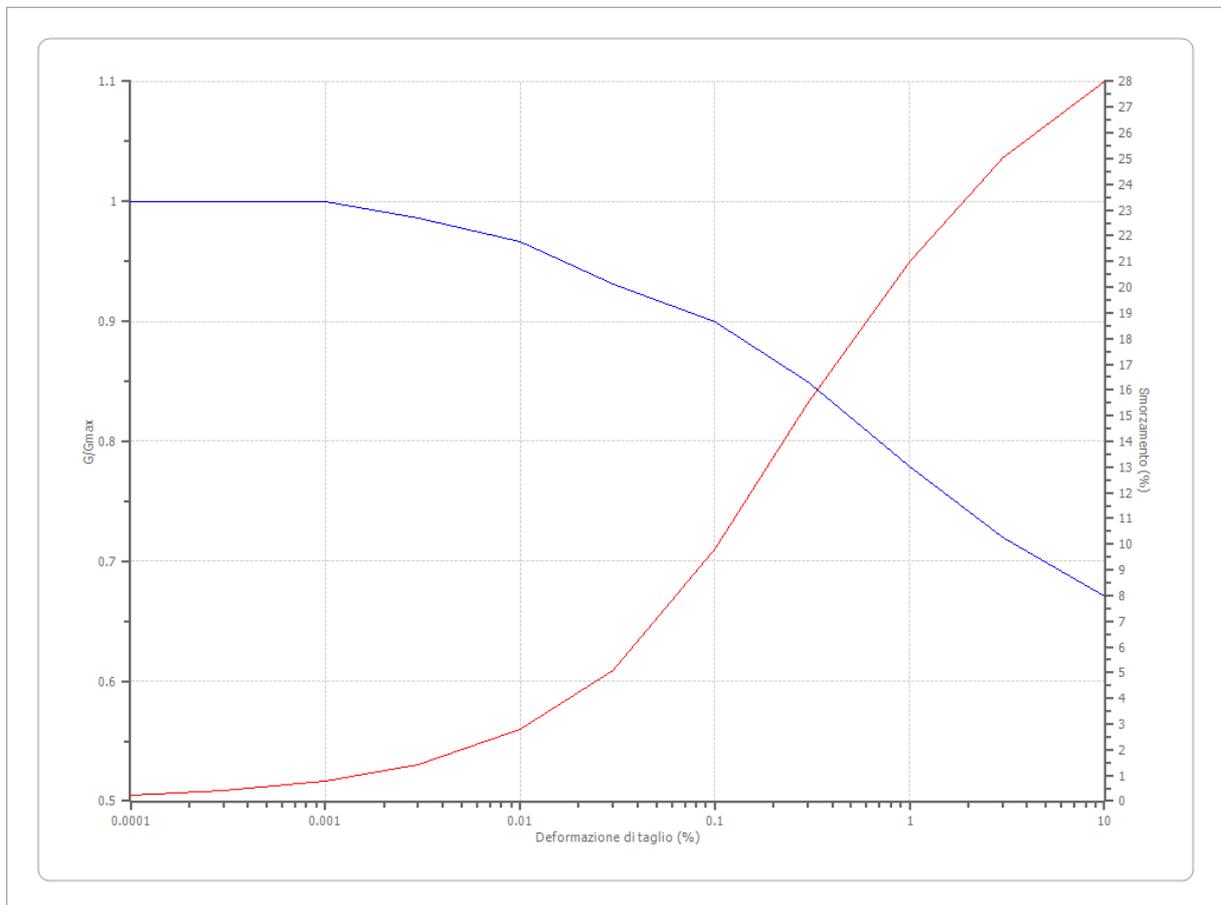
Appendice 5

Analisi Pericolosità sismica di III Livello
(Analisi Locale)

Terreni

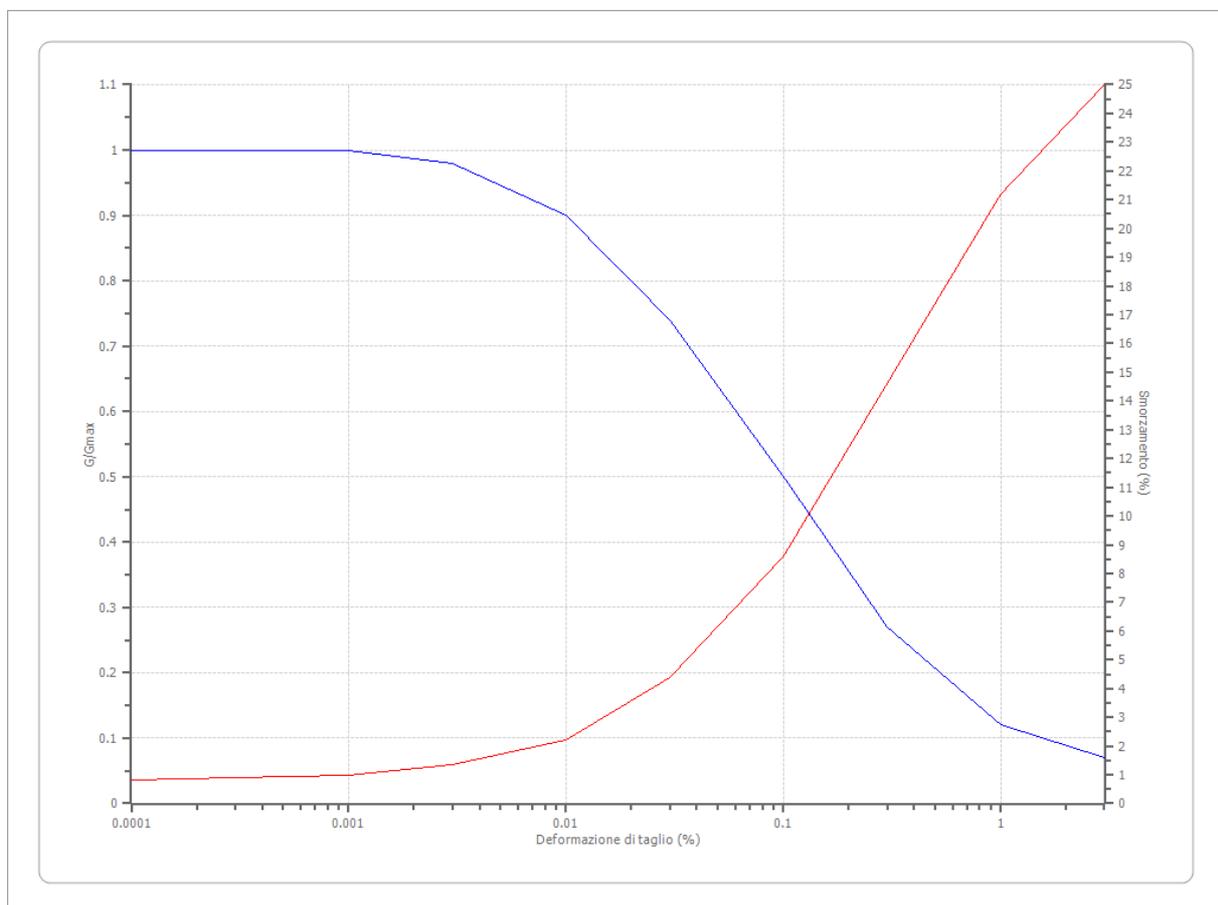
Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.240
0.0003	1.000	0.0003	0.420
0.001	1.000	0.001	0.800
0.003	0.986	0.003	1.400
0.010	0.966	0.010	2.800
0.030	0.931	0.030	5.100
0.100	0.900	0.100	9.800
0.300	0.850	0.300	15.500
1.000	0.779	1.000	21.000
3.000	0.720	3.000	25.000
10.000	0.671	10.000	28.000



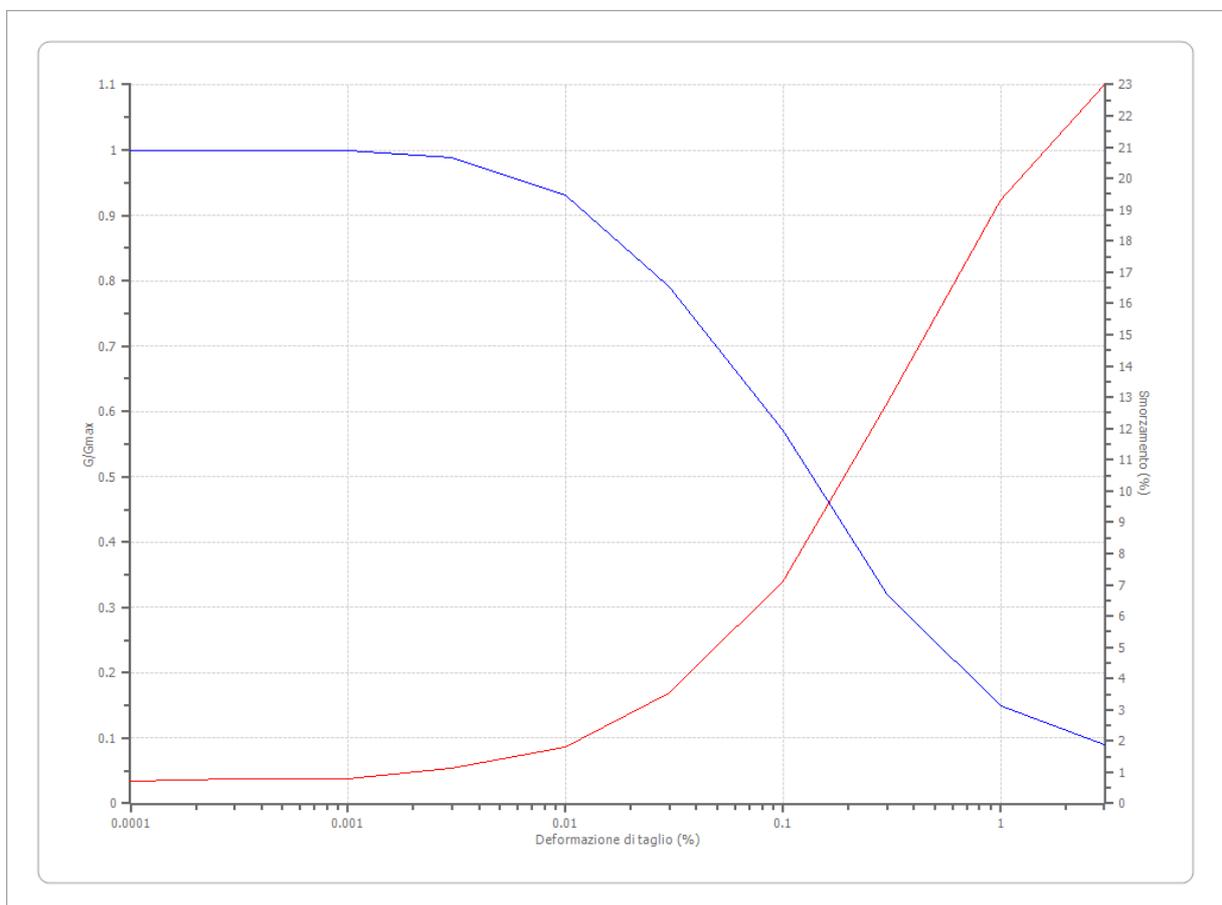
EPRI Sand (1993) 36,88-76,20 metri

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.800
0.0003	1.000	0.0003	0.900
0.001	1.000	0.001	1.000
0.003	0.980	0.003	1.330
0.010	0.900	0.010	2.200
0.030	0.740	0.030	4.360
0.100	0.500	0.100	8.600
0.300	0.270	0.300	14.610
1.000	0.120	1.000	21.200
3.000	0.070	3.000	25.000



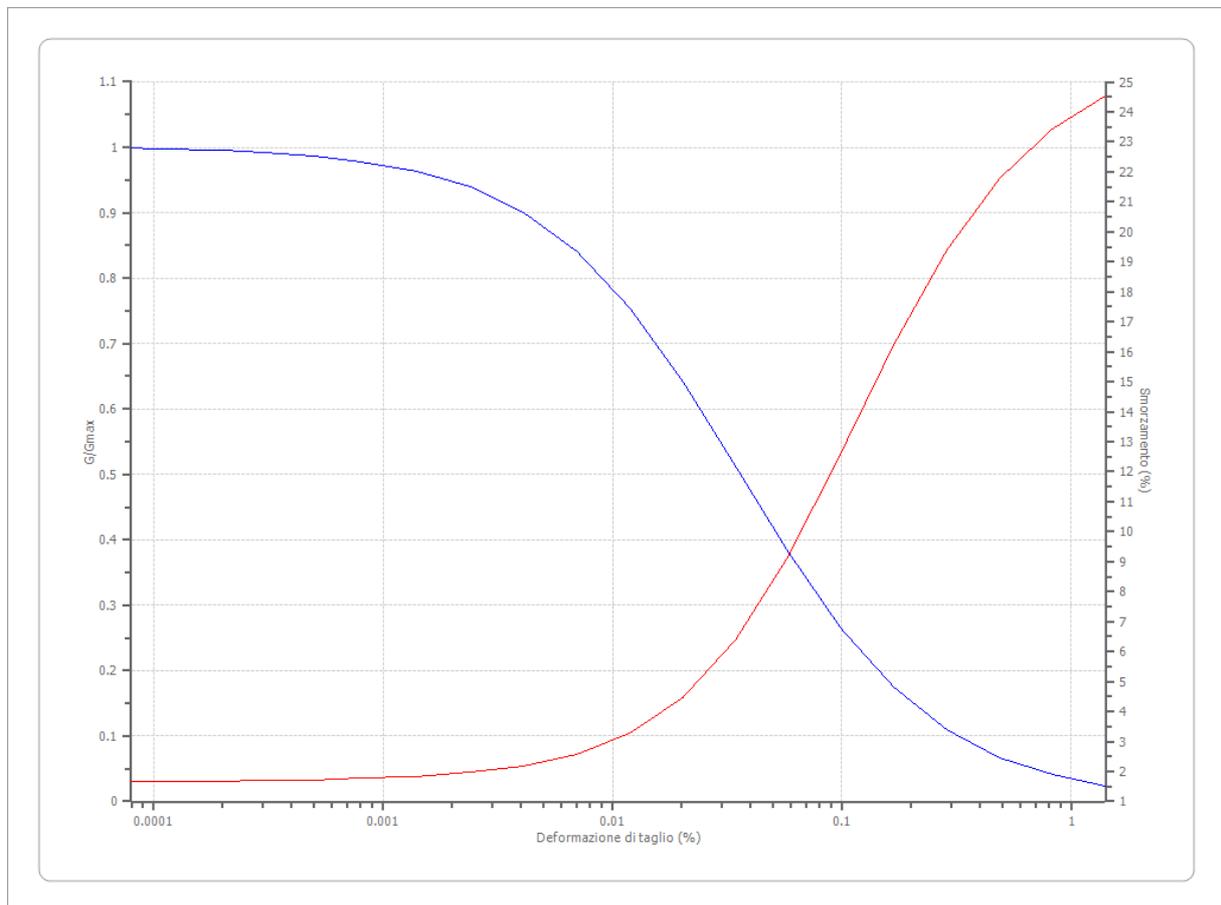
EPRI Sand (1993) 76,50-152,40 metri

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.700
0.0003	1.000	0.0003	0.800
0.001	1.000	0.001	0.800
0.003	0.988	0.003	1.120
0.010	0.930	0.010	1.800
0.030	0.791	0.030	3.530
0.100	0.570	0.100	7.100
0.300	0.321	0.300	12.780
1.000	0.150	1.000	19.300
3.000	0.090	3.000	23.000



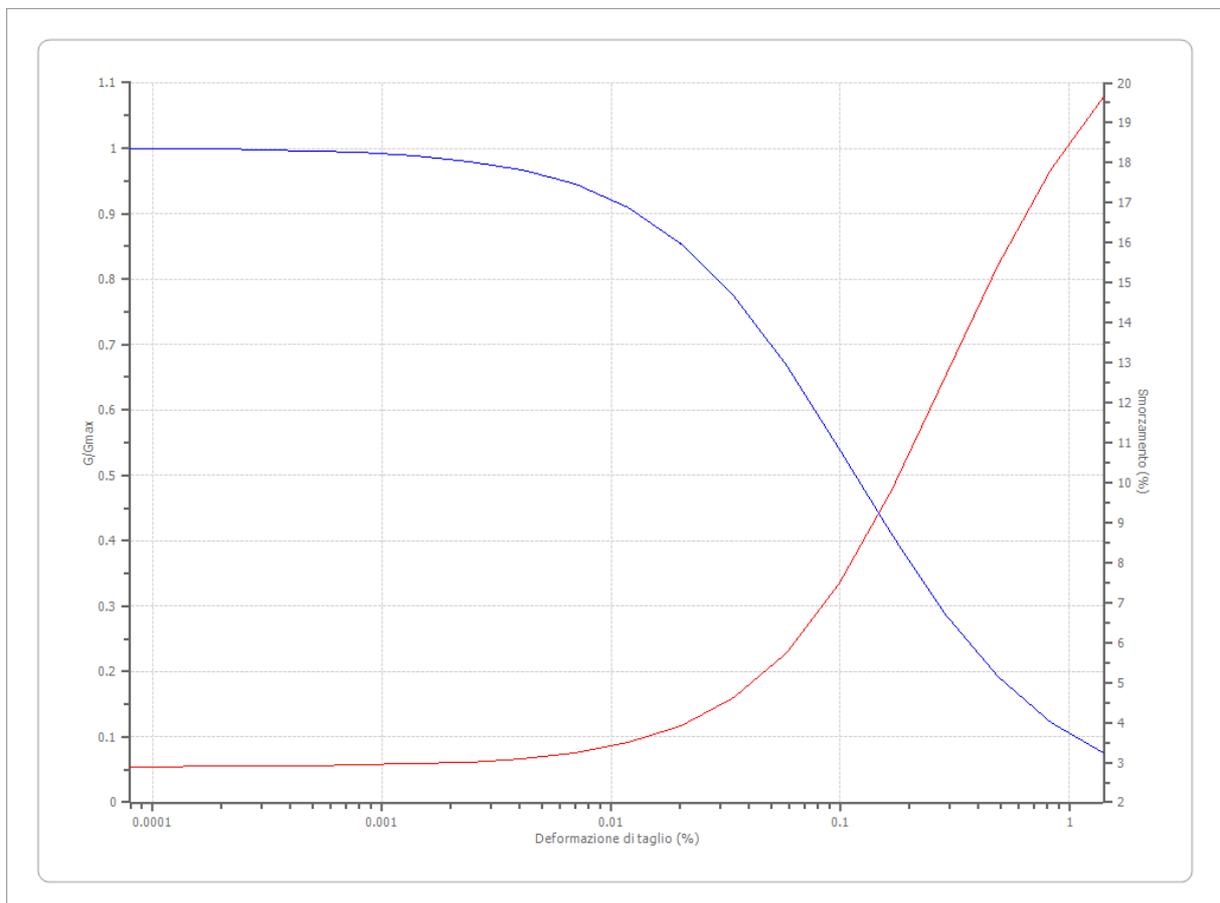
Lombardia - Limi argillosi

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.00008	1.000	0.00008	1.665475
0.0001	0.9974	0.0001	1.67745
0.0002	0.995575	0.0002	1.685925
0.0003	0.992475	0.0003	1.700375
0.0005	0.9872	0.0005	1.725175
0.0008	0.978325	0.0008	1.767775
0.0014	0.963575	0.0014	1.841375
0.0024	0.939225	0.0024	1.96895
0.0041	0.900325	0.0041	2.191675
0.007	0.8407	0.007	2.583075
0.0119	0.755075	0.0119	3.270475
0.0202	0.64305	0.0202	4.454025
0.0343	0.512875	0.0343	6.375775
0.0583	0.381	0.0583	9.167875
0.099	0.2647	0.099	12.63128
0.1684	0.173975	0.1684	16.22277
0.2862	0.109725	0.2862	19.36967
0.4866	0.0673	0.4866	21.77518
0.8272	0.040525	0.8272	23.44093
1.4063	0.024175	1.4063	24.52093



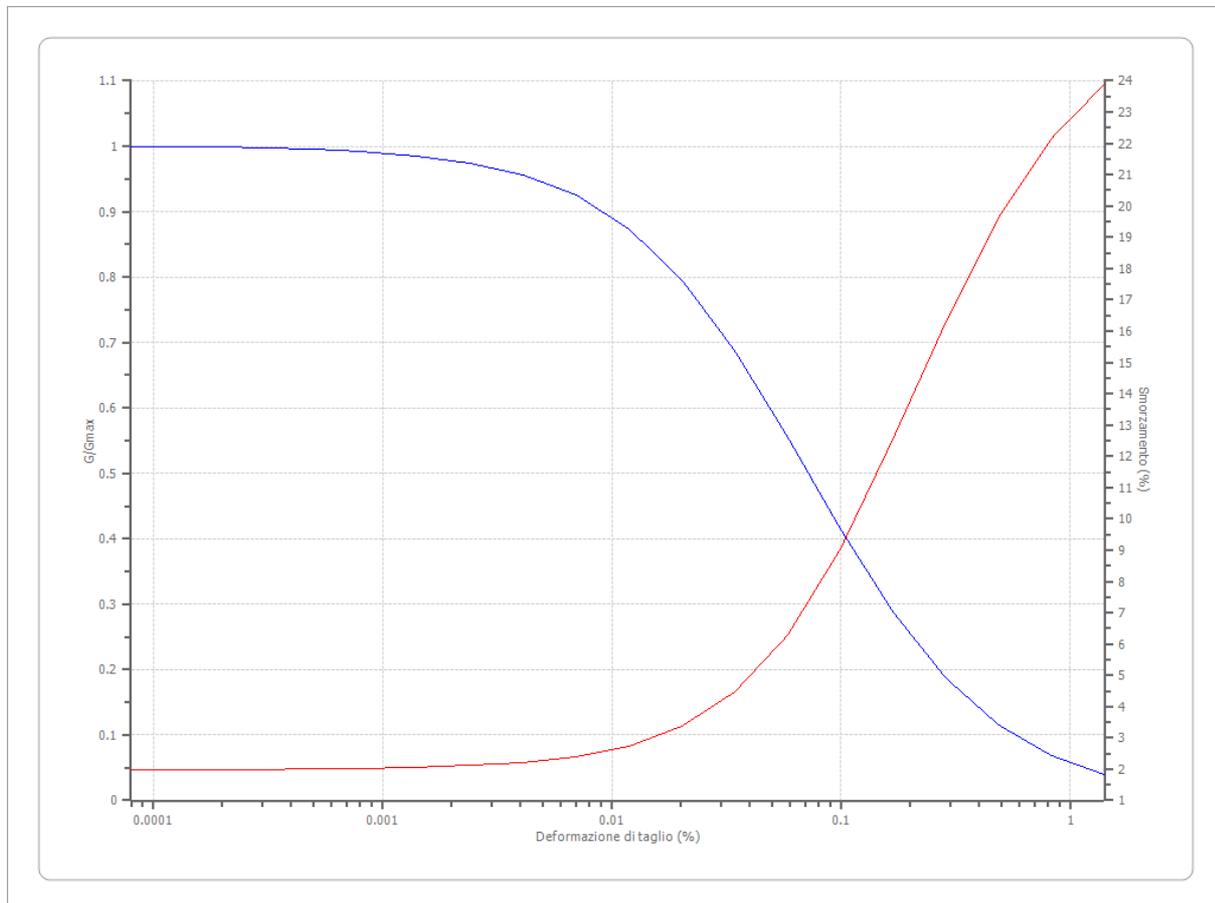
Lombardia - Argille limose

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.00008	1.000	0.00008	2.891
0.0001	0.9992	0.0001	2.8959
0.0002	0.9986	0.0002	2.8994
0.0003	0.9976	0.0003	2.9053
0.0005	0.9959	0.0005	2.9154
0.0008	0.9931	0.0008	2.9326
0.0014	0.9883	0.0014	2.962
0.0024	0.9802	0.0024	3.012
0.0041	0.9667	0.0041	3.0975
0.007	0.9445	0.007	3.2433
0.0119	0.9089	0.0119	3.4917
0.0202	0.854	0.0202	3.9125
0.0343	0.7742	0.0343	4.616
0.0583	0.6677	0.0583	5.7552
0.099	0.5408	0.099	7.4855
0.1684	0.4084	0.1684	9.848
0.2862	0.2881	0.2862	12.6362
0.4866	0.1918	0.4866	15.4287
0.8272	0.1221	0.8272	17.8243
1.4063	0.0754	1.4063	19.6357



Lombardia - Limi sabbiosi

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.00008	1.000	0.00008	1.9826
0.0001	0.99915	0.0001	1.98695
0.0002	0.9985	0.0002	1.9903
0.0003	0.9974	0.0003	1.9962
0.0005	0.9953	0.0005	2.0067
0.0008	0.9918	0.0008	2.02525
0.0014	0.98555	0.0014	2.05825
0.0024	0.97465	0.0024	2.11705
0.0041	0.956	0.0041	2.222
0.007	0.9246	0.007	2.4103
0.0119	0.87385	0.0119	2.7498
0.0202	0.7964	0.0202	3.36165
0.0343	0.6886	0.0343	4.4464
0.0583	0.556	0.0583	6.2701
0.099	0.41535	0.099	9.0215
0.1684	0.2876	0.1684	12.55055
0.2862	0.1867	0.2862	16.2968
0.4866	0.11545	0.4866	19.6163
0.8272	0.0691	0.8272	22.15295
1.4063	0.0405	1.4063	23.89285



Stratigrafia

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Gmax [MPa]	Smorzamento critico [%]	Peso unità vol. [kN/m³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1	Limo sabbioso	--	0.8	Lombardia - Limi sabbiosi	32.51	--	17.5	135.0	3.1
2	Argilla	0.8	5.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	24.27	--	18.0	115.0	51.2
3	Argilla limosa	5.8	6.0	Lombardia - Argille limose	60.11	--	18.2	180.0	121.3
4	Argilla	11.8	9.5	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	53.91	--	18.3	170.0	186.8
5	Sabbia limosa	21.3	28.0	EPRI Sand (1993) 36,88- 76,20 metri	91.27	--	18.5	220.0	348.8
6	Limo argilloso	49.3	48.0	Lombardia - Limi argillosi	251.01	--	19.0	360.0	691.0
7	Argilla	97.3	38.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	261.58	--	19.8	360.0	1101.4
8	Sabbia	135.3	30.0	EPRI Sand (1993) 76,50- 152,40 metri	469.72	--	20.0	480.0	1444.1
9	Substrato sismico	oo	--	Smorzamento costante	930.55	--	23.0	630.0	1596.9

Strato con falda:

2

Strato rilevamento accelerogramma:

9 Affiorante

Profilo			Velocità onde di taglio		Tensione verticale	
0.00 [m]	0.80 [m]		135.0 [m/s]		3.5 [kPa]	
5.00 [m]	5.80 [m]		115.0 [m/s]		51.2 [kPa]	
6.00 [m]	11.80 [m]	Argilla sabbiosa	180.0 [m/s]		121.3 [kPa]	
9.50 [m]	21.30 [m]	Argilla limosa	170.0 [m/s]		186.8 [kPa]	
		Argilla				
28.00 [m]		Sabbia limosa	220.0 [m/s]		348.8 [kPa]	
	49.30 [m]					
48.00 [m]		Limo argilloso		360.0 [m/s]	691.0 [kPa]	
	97.30 [m]					
38.00 [m]		Argilla		360.0 [m/s]	1101.4 [kPa]	
	135.30 [m]					
30.00 [m]		Sabbia		480.0 [m/s]	1444.1 [kPa]	
	165.30 [m]					
		Substrato sismico	630.0 [m/s]		1596.9 [kPa]	
	∞					

Stato limite di Vita

Elaborazione

Numero di iterazioni 8
Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5
Tipo di modulo elastico Shake
Massimo errore percentuale di convergenza 2.33 E-01

Fattori di amplificazione ICMS 2018

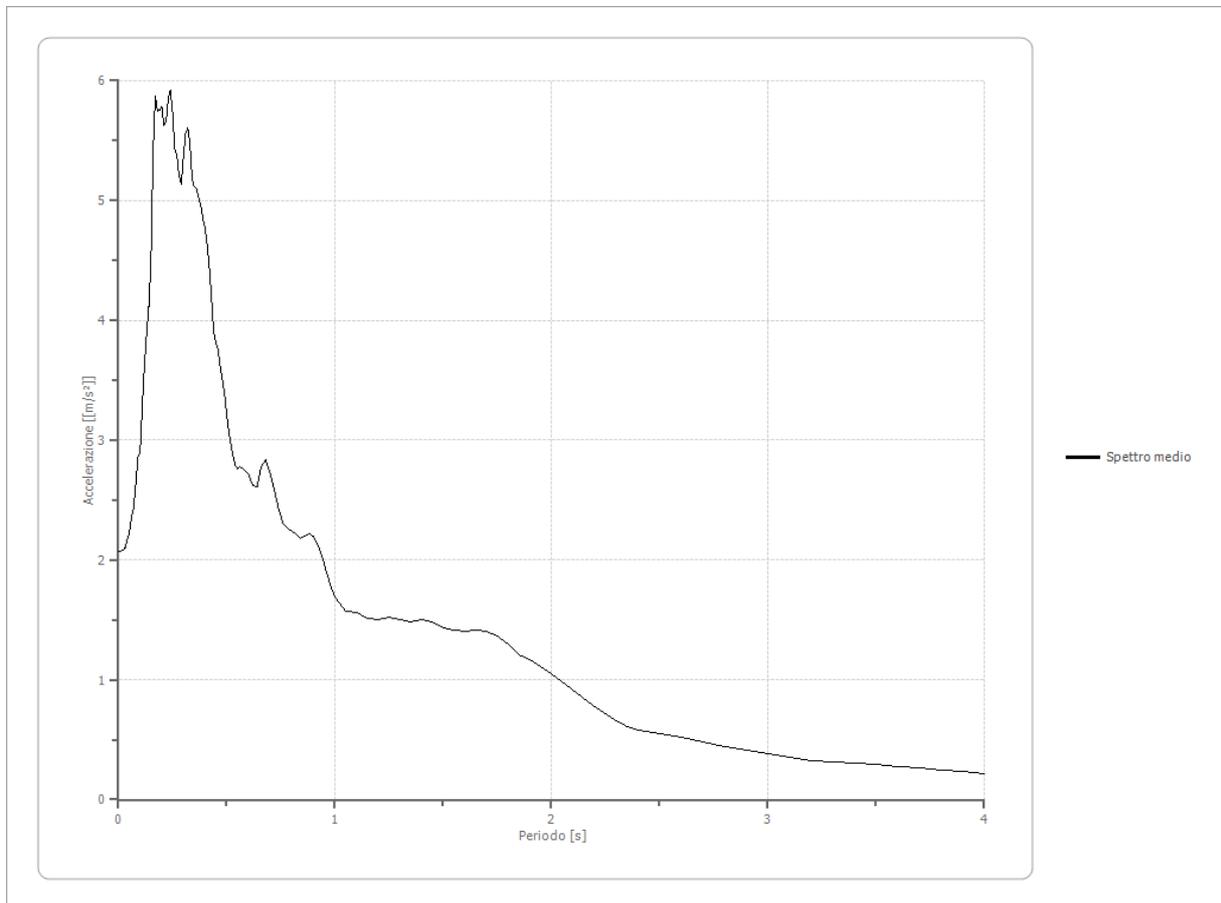
Tai	0.170 [s]
Tvi	0.700 [s]
Tao	0.240 [s]
Tvo	1.800 [s]
Sami	3.794 [m/s ²]
Svmi	0.172 [m/s]
Samo	5.321 [m/s ²]
Svmo	0.379 [m/s]
Fa	1.403 [-]
Fv	2.208 [-]
TB	0.149 [s]
TC	0.447 [s]
TD	2.348 [s]
SA(0)	1.834 [m/s ²]
SA(TB)	5.321 [m/s ²]

Fattori di amplificazione su intensità spettrale

Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
0.100	0.500	0.056	0.086	0.200	1.525
0.500	1.000	0.083	0.148	0.500	1.790
1.000	1.500	0.080	0.158	0.667	1.984
1.500	2.000	0.086	0.194	0.750	2.269
2.000	2.500	0.080	0.163	0.800	2.028

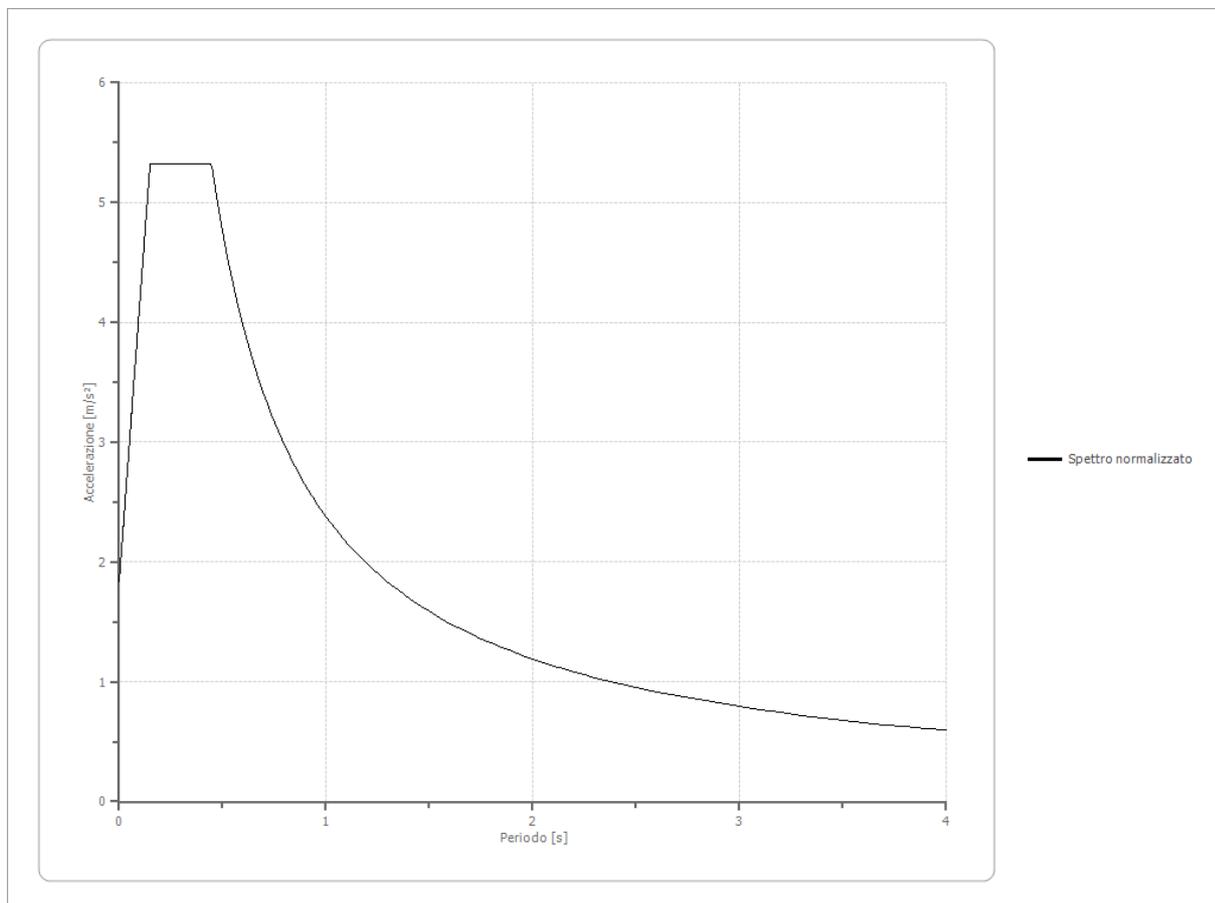
Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]								
0.00	2.0681	0.26	5.4257	0.52	2.9582	0.98	1.7884	2.25	0.7140
0.01	2.0681	0.27	5.3822	0.53	2.8688	1.00	1.6885	2.30	0.6627
0.02	2.0810	0.28	5.2044	0.54	2.7854	1.05	1.5749	2.35	0.6125
0.03	2.1043	0.29	5.1404	0.55	2.7579	1.10	1.5611	2.40	0.5842
0.04	2.1681	0.30	5.3599	0.56	2.7758	1.15	1.5092	2.50	0.5477
0.05	2.2287	0.31	5.5599	0.57	2.7736	1.20	1.5072	2.60	0.5156
0.06	2.3604	0.32	5.6043	0.58	2.7497	1.25	1.5215	2.70	0.4779
0.07	2.4398	0.33	5.4852	0.60	2.7205	1.30	1.5068	2.80	0.4466
0.08	2.6342	0.34	5.1893	0.62	2.6258	1.35	1.4794	2.90	0.4110
0.09	2.8555	0.35	5.1197	0.64	2.6129	1.40	1.5045	3.00	0.3816
0.10	2.9067	0.36	5.0970	0.66	2.7798	1.45	1.4823	3.10	0.3497
0.11	3.2868	0.37	5.0263	0.68	2.8416	1.50	1.4320	3.20	0.3233
0.12	3.6378	0.38	4.9614	0.70	2.7331	1.55	1.4140	3.30	0.3134
0.13	3.8860	0.39	4.8547	0.72	2.5782	1.60	1.4058	3.40	0.3066
0.14	4.1126	0.40	4.7681	0.74	2.4279	1.65	1.4171	3.50	0.2946
0.15	4.4911	0.41	4.6386	0.76	2.3062	1.70	1.4036	3.60	0.2795
0.16	5.4141	0.42	4.4339	0.78	2.2672	1.75	1.3628	3.70	0.2632
0.17	5.8724	0.43	4.1796	0.80	2.2409	1.80	1.2939	3.80	0.2478
0.18	5.7415	0.44	3.9028	0.82	2.2157	1.85	1.2061	3.90	0.2331
0.19	5.7534	0.45	3.8061	0.84	2.1843	1.90	1.1650	4.00	0.2199
0.20	5.7827	0.46	3.7599	0.86	2.2020	1.95	1.1096		
0.21	5.6302	0.47	3.6168	0.88	2.2237	2.00	1.0499		
0.22	5.6584	0.48	3.5094	0.90	2.1977	2.05	0.9833		
0.23	5.8533	0.49	3.3915	0.92	2.1264	2.10	0.9127		
0.24	5.9182	0.50	3.2231	0.94	2.0332	2.15	0.8435		
0.25	5.7481	0.51	3.0611	0.96	1.9095	2.20	0.7767		



Spettro normalizzato di risposta elastico

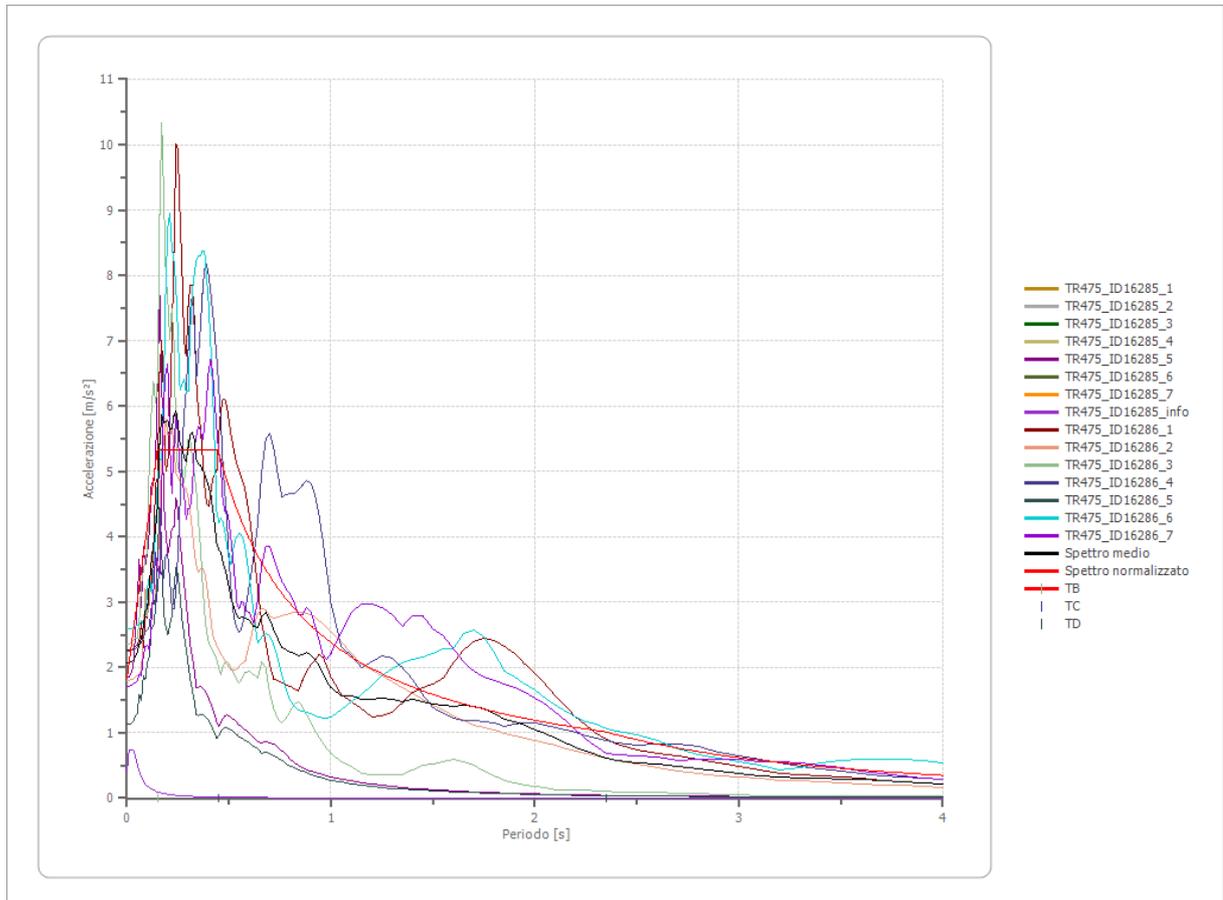
Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]								
0.00	1.8342	0.26	5.3210	0.52	4.5762	0.98	2.4282	2.25	1.0576
0.01	2.0681	0.27	5.3210	0.53	4.4899	1.00	2.3796	2.30	1.0346
0.02	2.3020	0.28	5.3210	0.54	4.4067	1.05	2.2663	2.35	1.0126
0.03	2.5359	0.29	5.3210	0.55	4.3266	1.10	2.1633	2.40	0.9915
0.04	2.7698	0.30	5.3210	0.56	4.2493	1.15	2.0692	2.50	0.9519
0.05	3.0037	0.31	5.3210	0.57	4.1748	1.20	1.9830	2.60	0.9152
0.06	3.2376	0.32	5.3210	0.58	4.1028	1.25	1.9037	2.70	0.8813
0.07	3.4715	0.33	5.3210	0.60	3.9661	1.30	1.8305	2.80	0.8499
0.08	3.7054	0.34	5.3210	0.62	3.8381	1.35	1.7627	2.90	0.8206
0.09	3.9393	0.35	5.3210	0.64	3.7182	1.40	1.6997	3.00	0.7932
0.10	4.1732	0.36	5.3210	0.66	3.6055	1.45	1.6411	3.10	0.7676
0.11	4.4071	0.37	5.3210	0.68	3.4995	1.50	1.5864	3.20	0.7436
0.12	4.6410	0.38	5.3210	0.70	3.3995	1.55	1.5352	3.30	0.7211
0.13	4.8749	0.39	5.3210	0.72	3.3050	1.60	1.4873	3.40	0.6999
0.14	5.1088	0.40	5.3210	0.74	3.2157	1.65	1.4422	3.50	0.6799
0.15	5.3210	0.41	5.3210	0.76	3.1311	1.70	1.3998	3.60	0.6610
0.16	5.3210	0.42	5.3210	0.78	3.0508	1.75	1.3598	3.70	0.6431
0.17	5.3210	0.43	5.3210	0.80	2.9745	1.80	1.3220	3.80	0.6262
0.18	5.3210	0.44	5.3210	0.82	2.9020	1.85	1.2863	3.90	0.6102
0.19	5.3210	0.45	5.2881	0.84	2.8329	1.90	1.2524	4.00	0.5949
0.20	5.3210	0.46	5.1731	0.86	2.7670	1.95	1.2203		
0.21	5.3210	0.47	5.0630	0.88	2.7041	2.00	1.1898		
0.22	5.3210	0.48	4.9576	0.90	2.6440	2.05	1.1608		
0.23	5.3210	0.49	4.8564	0.92	2.5866	2.10	1.1332		
0.24	5.3210	0.50	4.7593	0.94	2.5315	2.15	1.1068		
0.25	5.3210	0.51	4.6659	0.96	2.4788	2.20	1.0817		



Parametri spettro normalizzato

Ag [m/s ²]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s ²]	Se(TB) [m/s ²]	S
1.834	2.900955	--	0.149	0.447	2.348	1.834	5.321	1.162

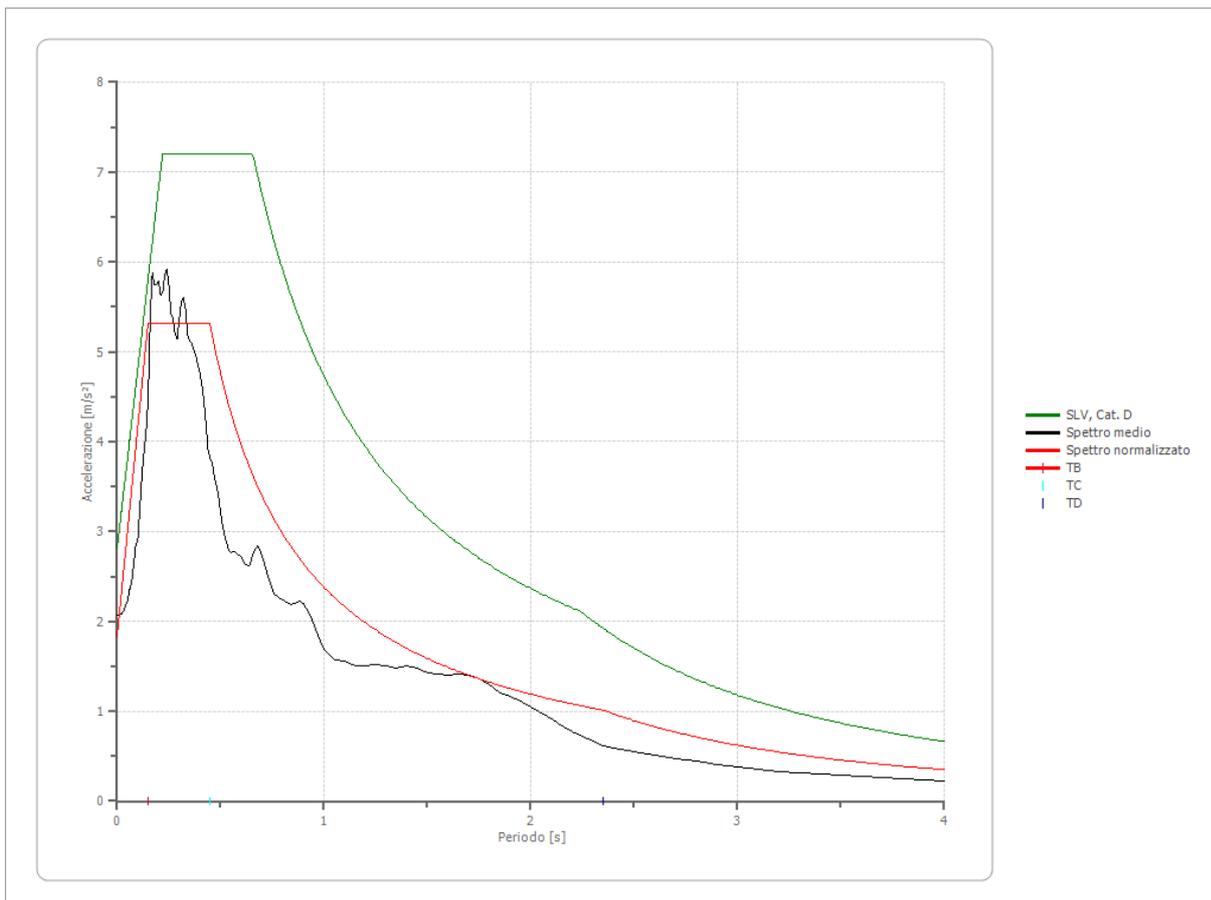
Confronto tra gli spettri



Confronto spettro normativa

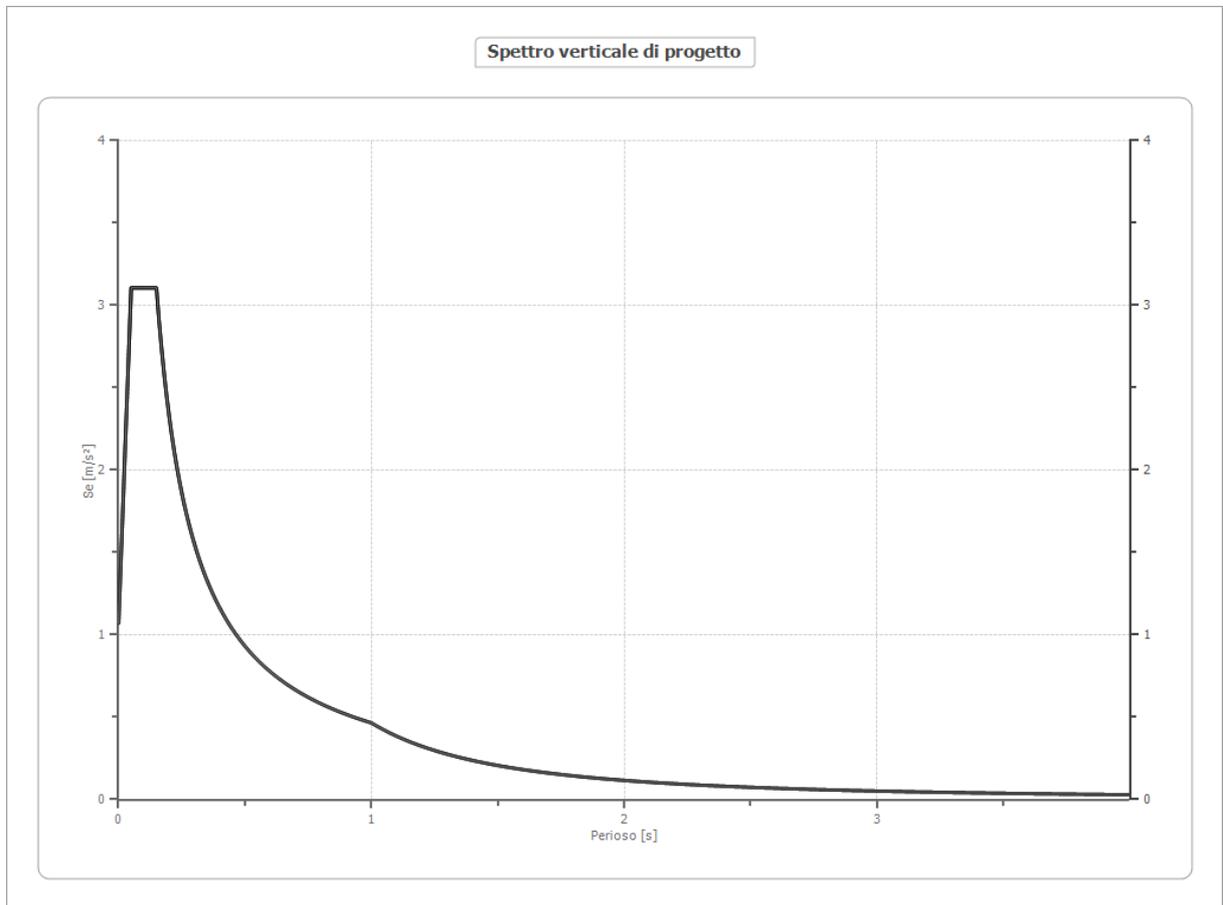
Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO	Danno SLD	Salvaguardia vita SLV	Prev. collasso SLC
Tr [anni]	30	50	475	975
ag [m/s ²]	0.471	0.579	1.579	2.080
Fo	2.476	2.517	2.56	2.519
Tc* [s]	0.256	0.272	0.276	0.282
Ss	1.80	1.80	1.78	1.60
St	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	2.47	2.40	2.38	2.35
TB [s]	0.211	0.217	0.219	0.221
TC [s]	0.632	0.652	0.657	0.664
TD [s]	1.792	1.836	2.244	2.448
Se(0) [m/s ²]	0.848	1.042	2.814	3.326
Se(TB) [m/s ²]	2.099	2.623	7.203	8.377



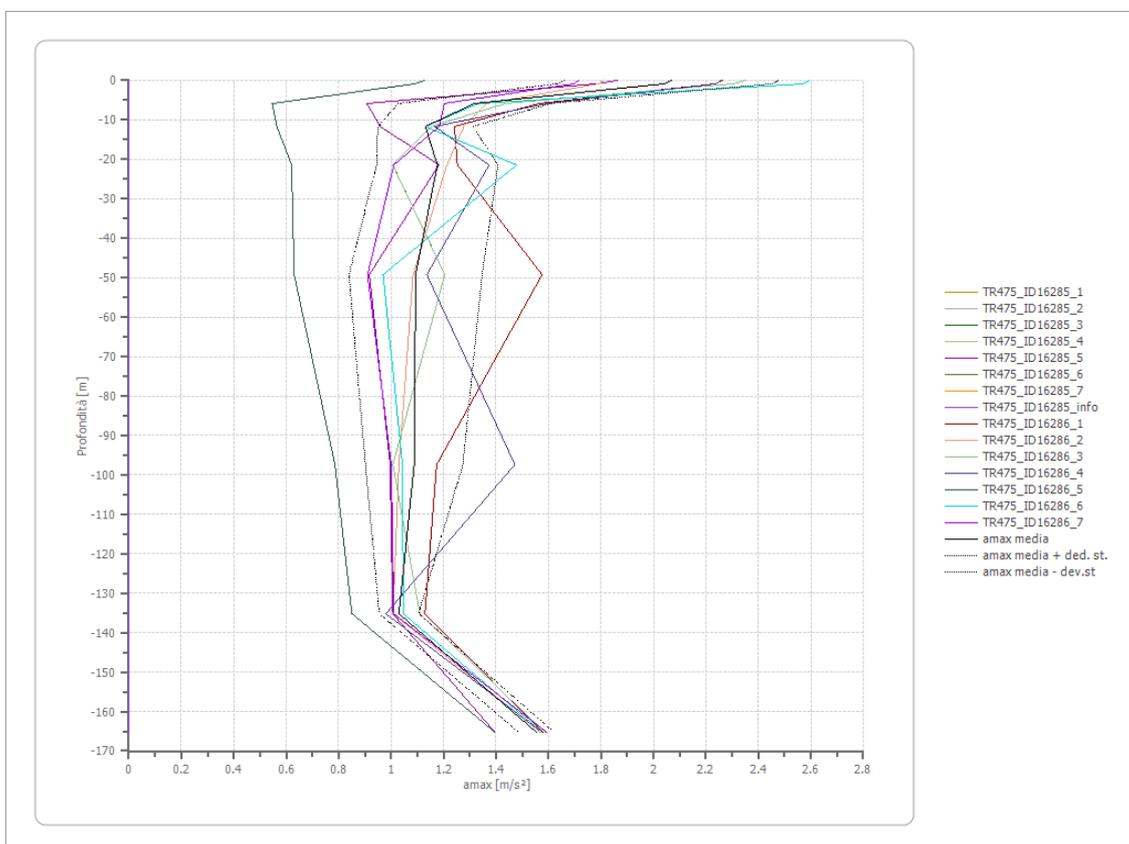
Spettro verticale

Ag [m/s ²]	F0	Tc*	Fv	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s ²]	Se(TB) [m/s ²]
1.834	2.901	0.150	1.693	1.0	0.050	0.150	1.000	1.071	3.106



Profilo a max

	0.0 [m]	0.8 [m]	5.8 [m]	11.8 [m]	21.3 [m]	49.3 [m]	97.3 [m]	135.3 [m]	165.3 [m]
TR475_ID16285_1 [m/s ²]	2.262	2.237	1.564	1.241	1.253	1.576	1.174	1.129	1.579
TR475_ID16285_2 [m/s ²]	1.807	1.793	1.365	1.277	1.212	1.084	1.030	1.007	1.569
TR475_ID16285_3 [m/s ²]	2.350	2.304	1.435	1.153	1.006	1.204	1.006	1.109	1.587
TR475_ID16285_4 [m/s ²]	2.256	2.240	1.596	1.167	1.373	1.136	1.472	0.979	1.575
TR475_ID16285_5 [m/s ²]	1.862	1.783	0.907	0.959	1.182	0.917	0.996	1.006	1.396
TR475_ID16285_6 [m/s ²]	2.592	2.573	1.333	1.130	1.478	0.969	1.043	1.047	1.576
TR475_ID16285_7 [m/s ²]	1.715	1.697	1.203	1.183	1.010	0.910	1.000	1.010	1.593
TR475_ID16286_1 [m/s ²]	2.262	2.237	1.564	1.241	1.253	1.576	1.174	1.129	1.579
TR475_ID16286_2 [m/s ²]	1.807	1.793	1.365	1.277	1.212	1.084	1.030	1.007	1.569
TR475_ID16286_3 [m/s ²]	2.350	2.304	1.435	1.153	1.006	1.204	1.006	1.109	1.587
TR475_ID16286_4 [m/s ²]	2.256	2.240	1.596	1.167	1.373	1.136	1.472	0.979	1.575
TR475_ID16286_5 [m/s ²]	1.128	1.090	0.547	0.565	0.620	0.630	0.786	0.850	1.396
TR475_ID16286_6 [m/s ²]	2.592	2.573	1.333	1.130	1.478	0.969	1.043	1.047	1.576
TR475_ID16286_7 [m/s ²]	1.715	1.697	1.203	1.183	1.010	0.910	1.000	1.010	1.593
media [m/s ²]	2.068	2.040	1.318	1.130	1.176	1.093	1.088	1.030	1.554
Dev. St. [m/s ²]	0.408	0.410	0.291	0.181	0.232	0.254	0.186	0.075	0.067



Stato limite di Danno

Elaborazione

Numero di iterazioni 8
Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5
Tipo di modulo elastico Shake
Massimo errore percentuale di convergenza 3.18 E-03

Fattori di amplificazione ICMS 2018

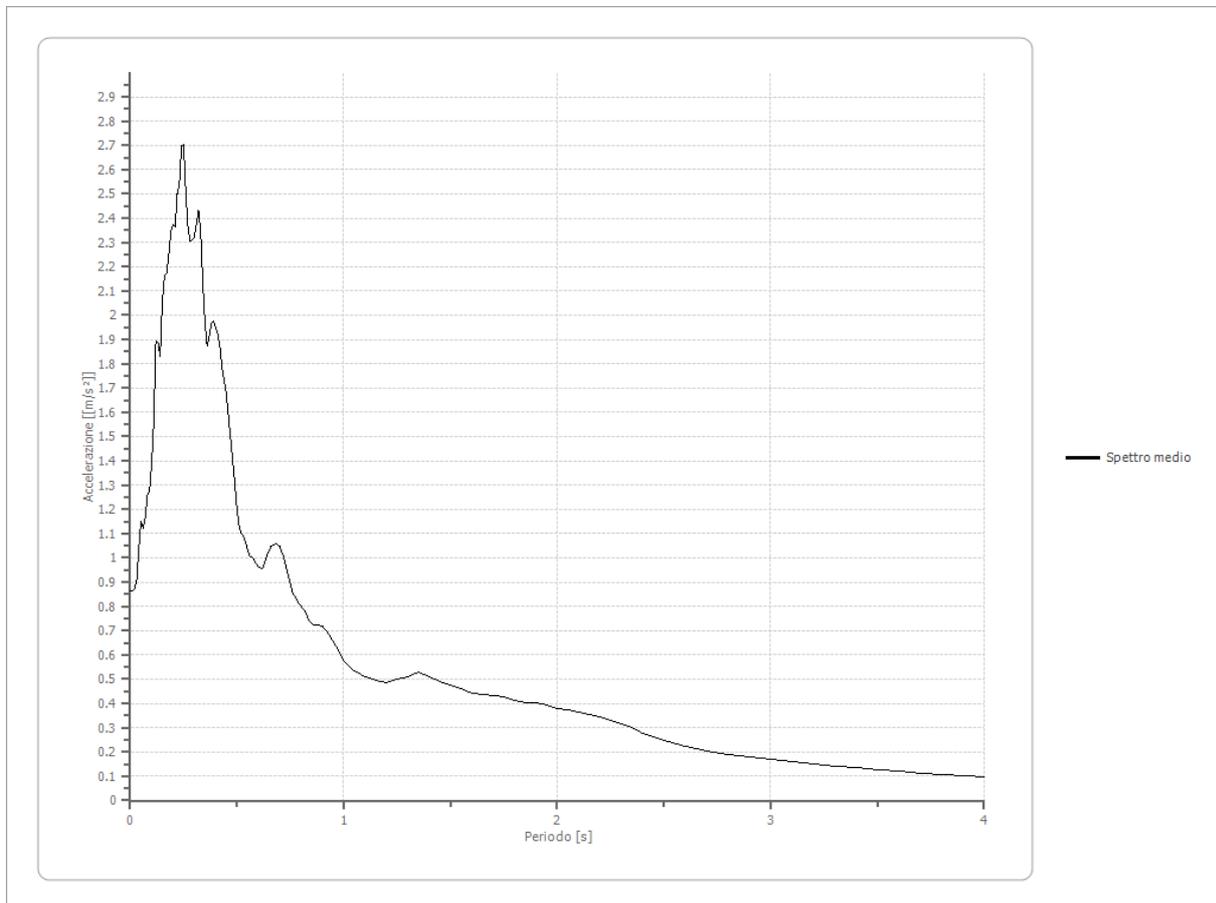
Tai	0.250 [s]
Tvi	2.300 [s]
Tao	0.250 [s]
Tvo	1.950 [s]
Sami	1.211 [m/s ²]
Svmi	0.063 [m/s]
Samo	2.269 [m/s ²]
Svmo	0.130 [m/s]
Fa	1.873 [-]
Fv	2.068 [-]
TB	0.120 [s]
TC	0.361 [s]
TD	1.900 [s]
SA(0)	0.735 [m/s ²]
SA(TB)	2.269 [m/s ²]

Fattori di amplificazione su intensità spettrale

Periodo minimo [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
0.100	0.500	0.019	0.037	0.200	1.919
0.500	1.000	0.026	0.054	0.500	2.068
1.000	1.500	0.026	0.054	0.667	2.116
1.500	2.000	0.027	0.063	0.750	2.296
2.000	2.500	0.032	0.067	0.800	2.064
0.100	0.500	0.019	0.037	0.200	1.919
0.500	1.000	0.026	0.054	0.500	2.068
1.000	1.500	0.026	0.054	0.667	2.116
1.500	2.000	0.027	0.063	0.750	2.296
2.000	2.500	0.032	0.067	0.800	2.064

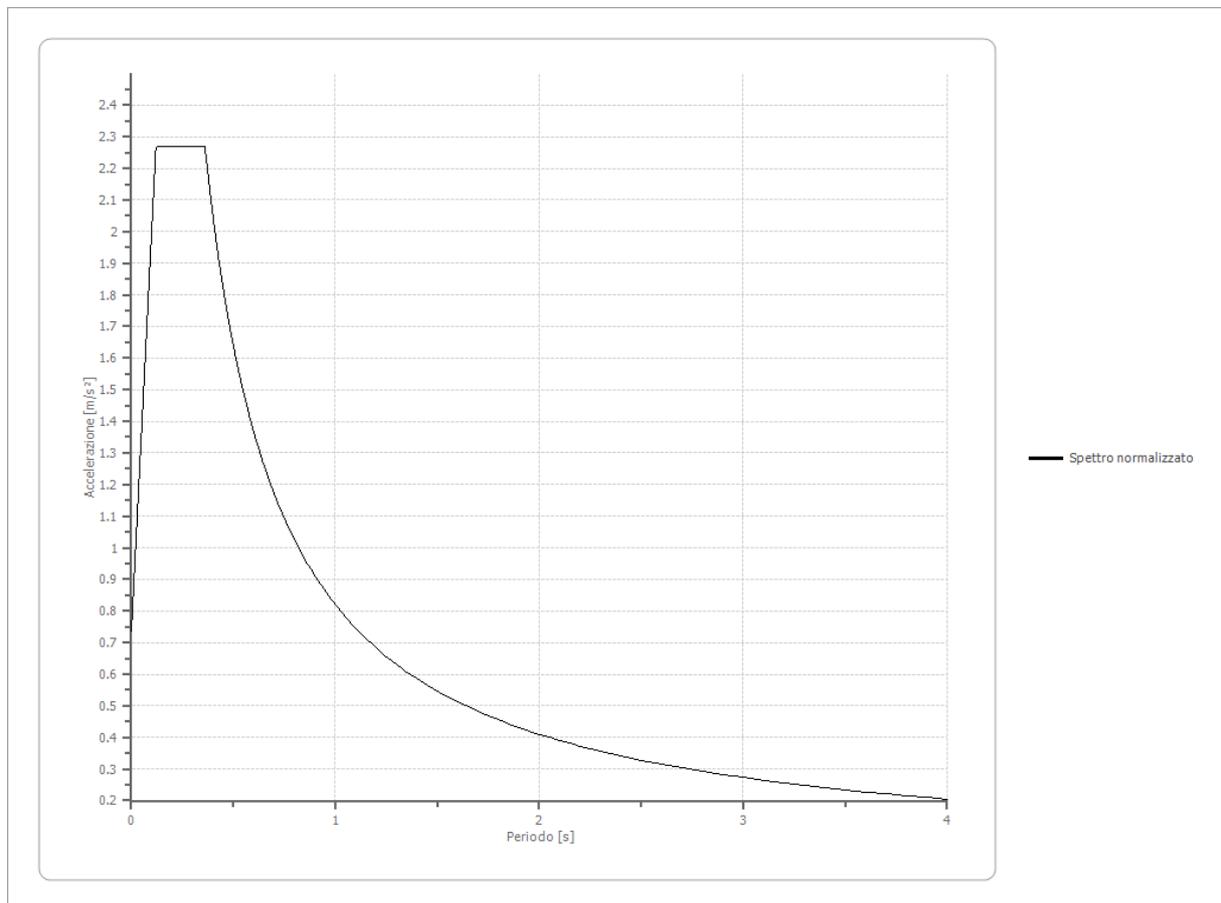
Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]								
0.00	0.8620	0.26	2.5096	0.52	1.1020	0.98	0.6118	2.25	0.3320
0.01	0.8620	0.27	2.3682	0.53	1.0878	1.00	0.5790	2.30	0.3167
0.02	0.8760	0.28	2.3071	0.54	1.0672	1.05	0.5355	2.35	0.2990
0.03	0.9071	0.29	2.3101	0.55	1.0328	1.10	0.5111	2.40	0.2789
0.04	1.0345	0.30	2.3211	0.56	1.0039	1.15	0.4976	2.50	0.2459
0.05	1.1497	0.31	2.3770	0.57	1.0027	1.20	0.4870	2.60	0.2225
0.06	1.1193	0.32	2.4318	0.58	0.9915	1.25	0.4976	2.70	0.2045
0.07	1.1642	0.33	2.3392	0.60	0.9596	1.30	0.5083	2.80	0.1909
0.08	1.2574	0.34	2.1303	0.62	0.9584	1.35	0.5270	2.90	0.1782
0.09	1.2781	0.35	1.9644	0.64	1.0096	1.40	0.5105	3.00	0.1682
0.10	1.3905	0.36	1.8734	0.66	1.0508	1.45	0.4908	3.10	0.1595
0.11	1.5568	0.37	1.9136	0.68	1.0574	1.50	0.4738	3.20	0.1485
0.12	1.8938	0.38	1.9653	0.70	1.0481	1.55	0.4592	3.30	0.1406
0.13	1.8865	0.39	1.9744	0.72	1.0003	1.60	0.4426	3.40	0.1336
0.14	1.8313	0.40	1.9472	0.74	0.9290	1.65	0.4367	3.50	0.1272
0.15	2.0558	0.41	1.9244	0.76	0.8603	1.70	0.4331	3.60	0.1190
0.16	2.1624	0.42	1.8681	0.78	0.8275	1.75	0.4276	3.70	0.1107
0.17	2.1741	0.43	1.7818	0.80	0.8011	1.80	0.4138	3.80	0.1047
0.18	2.2431	0.44	1.7344	0.82	0.7744	1.85	0.4029	3.90	0.1001
0.19	2.3437	0.45	1.6728	0.84	0.7375	1.90	0.4010	4.00	0.0961
0.20	2.3754	0.46	1.5823	0.86	0.7253	1.95	0.3935		
0.21	2.3620	0.47	1.4964	0.88	0.7229	2.00	0.3807		
0.22	2.5003	0.48	1.4000	0.90	0.7187	2.05	0.3748		
0.23	2.5373	0.49	1.3044	0.92	0.6995	2.10	0.3653		
0.24	2.7003	0.50	1.2020	0.94	0.6716	2.15	0.3524		
0.25	2.7055	0.51	1.1291	0.96	0.6418	2.20	0.3430		



Spettro normalizzato di risposta elastico

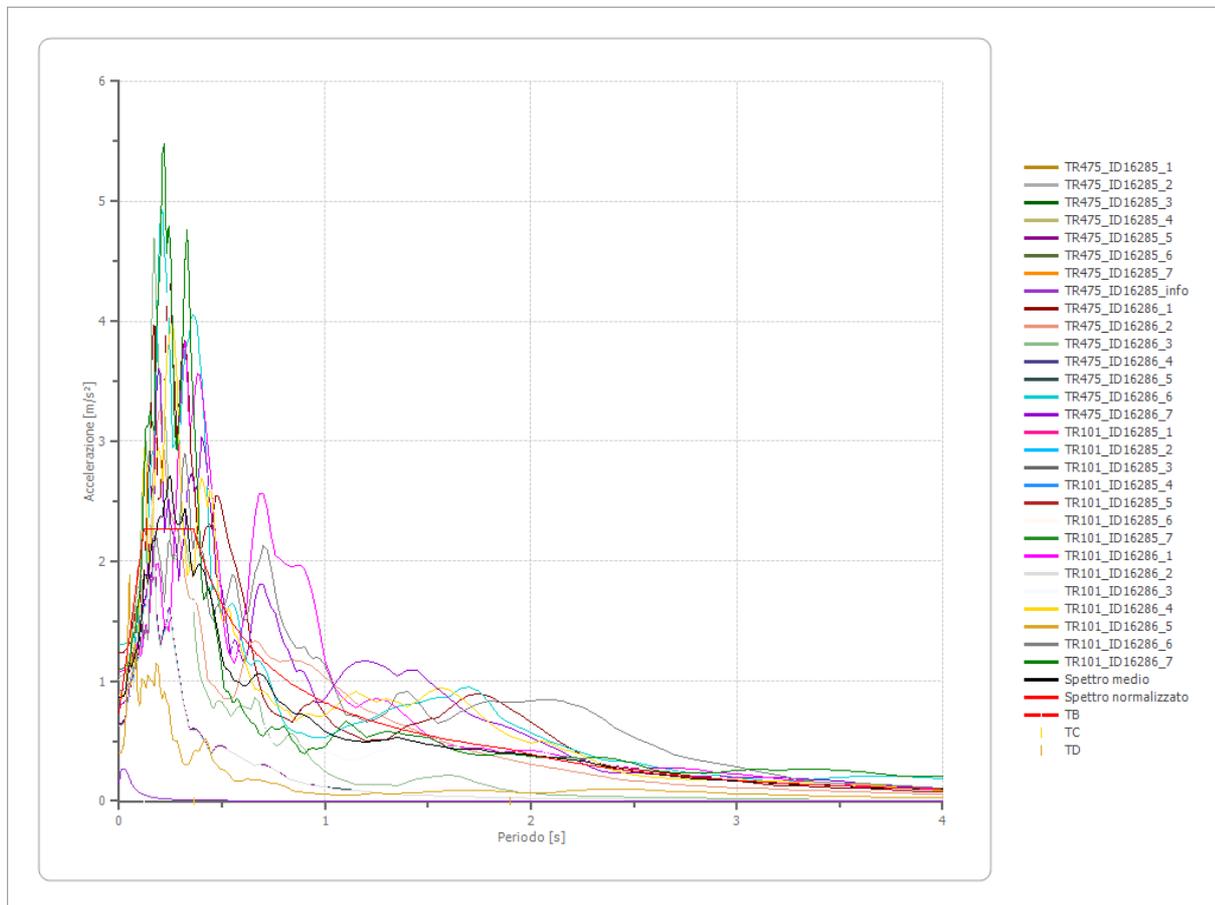
Periodo [s]	Accelerazione [m/s ²]								
0.00	0.7345	0.26	2.2692	0.52	1.5764	0.98	0.8365	2.25	0.3643
0.01	0.8620	0.27	2.2692	0.53	1.5467	1.00	0.8197	2.30	0.3564
0.02	0.9894	0.28	2.2692	0.54	1.5180	1.05	0.7807	2.35	0.3488
0.03	1.1169	0.29	2.2692	0.55	1.4904	1.10	0.7452	2.40	0.3416
0.04	1.2443	0.30	2.2692	0.56	1.4638	1.15	0.7128	2.50	0.3279
0.05	1.3718	0.31	2.2692	0.57	1.4381	1.20	0.6831	2.60	0.3153
0.06	1.4993	0.32	2.2692	0.58	1.4133	1.25	0.6558	2.70	0.3036
0.07	1.6267	0.33	2.2692	0.60	1.3662	1.30	0.6306	2.80	0.2928
0.08	1.7542	0.34	2.2692	0.62	1.3221	1.35	0.6072	2.90	0.2827
0.09	1.8816	0.35	2.2692	0.64	1.2808	1.40	0.5855	3.00	0.2732
0.10	2.0091	0.36	2.2692	0.66	1.2420	1.45	0.5653	3.10	0.2644
0.11	2.1365	0.37	2.2155	0.68	1.2055	1.50	0.5465	3.20	0.2562
0.12	2.2640	0.38	2.1572	0.70	1.1710	1.55	0.5289	3.30	0.2484
0.13	2.2692	0.39	2.1019	0.72	1.1385	1.60	0.5123	3.40	0.2411
0.14	2.2692	0.40	2.0493	0.74	1.1077	1.65	0.4968	3.50	0.2342
0.15	2.2692	0.41	1.9993	0.76	1.0786	1.70	0.4822	3.60	0.2277
0.16	2.2692	0.42	1.9517	0.78	1.0509	1.75	0.4684	3.70	0.2215
0.17	2.2692	0.43	1.9063	0.80	1.0247	1.80	0.4554	3.80	0.2157
0.18	2.2692	0.44	1.8630	0.82	0.9997	1.85	0.4431	3.90	0.2102
0.19	2.2692	0.45	1.8216	0.84	0.9759	1.90	0.4314	4.00	0.2049
0.20	2.2692	0.46	1.7820	0.86	0.9532	1.95	0.4204		
0.21	2.2692	0.47	1.7441	0.88	0.9315	2.00	0.4099		
0.22	2.2692	0.48	1.7078	0.90	0.9108	2.05	0.3999		
0.23	2.2692	0.49	1.6729	0.92	0.8910	2.10	0.3903		
0.24	2.2692	0.50	1.6395	0.94	0.8721	2.15	0.3813		
0.25	2.2692	0.51	1.6073	0.96	0.8539	2.20	0.3726		



Parametri spettro normalizzato

Ag [m/s ²]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s ²]	Se(TB) [m/s ²]	S
0.735	3.089394	--	0.120	0.361	1.900	0.735	2.269	1.269

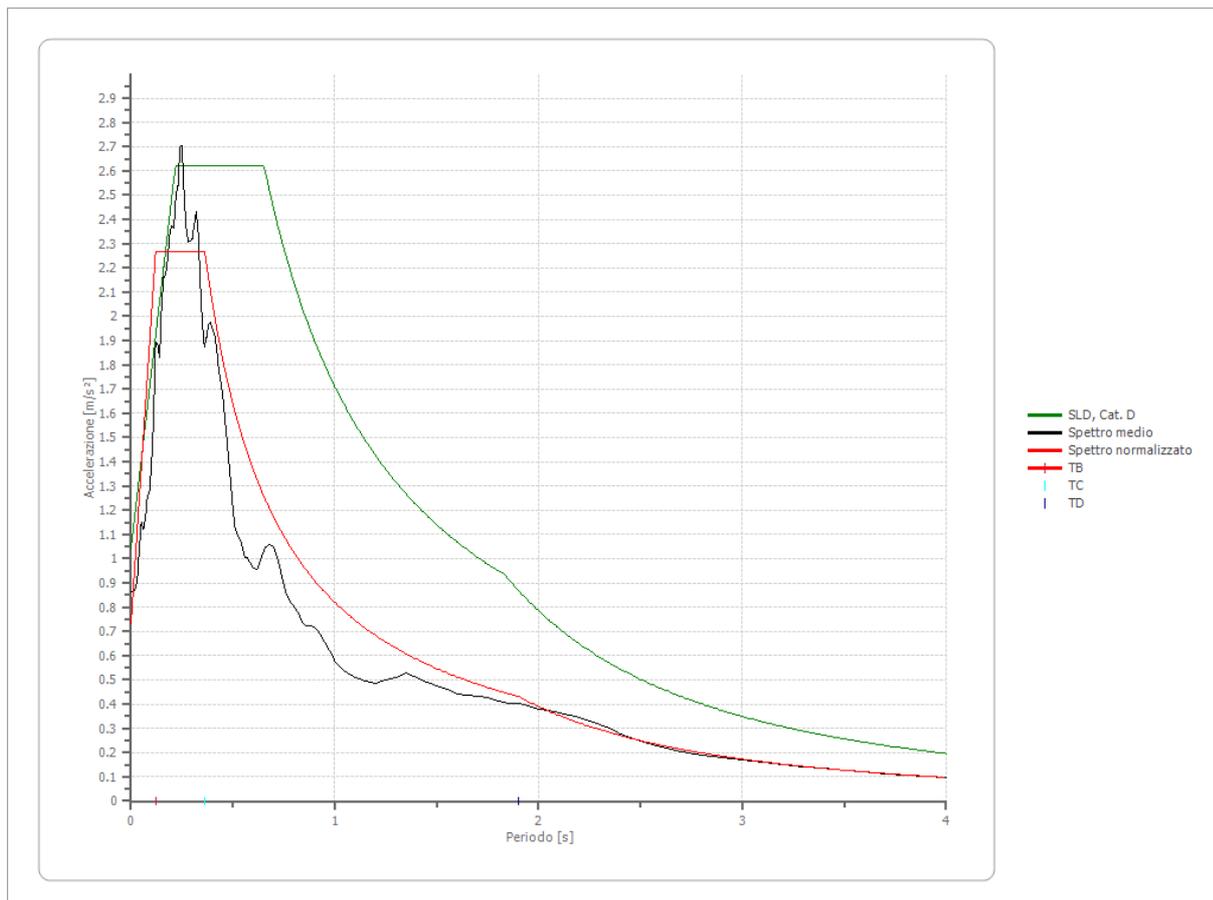
Confronto tra gli spettri



Confronto spettro normativa

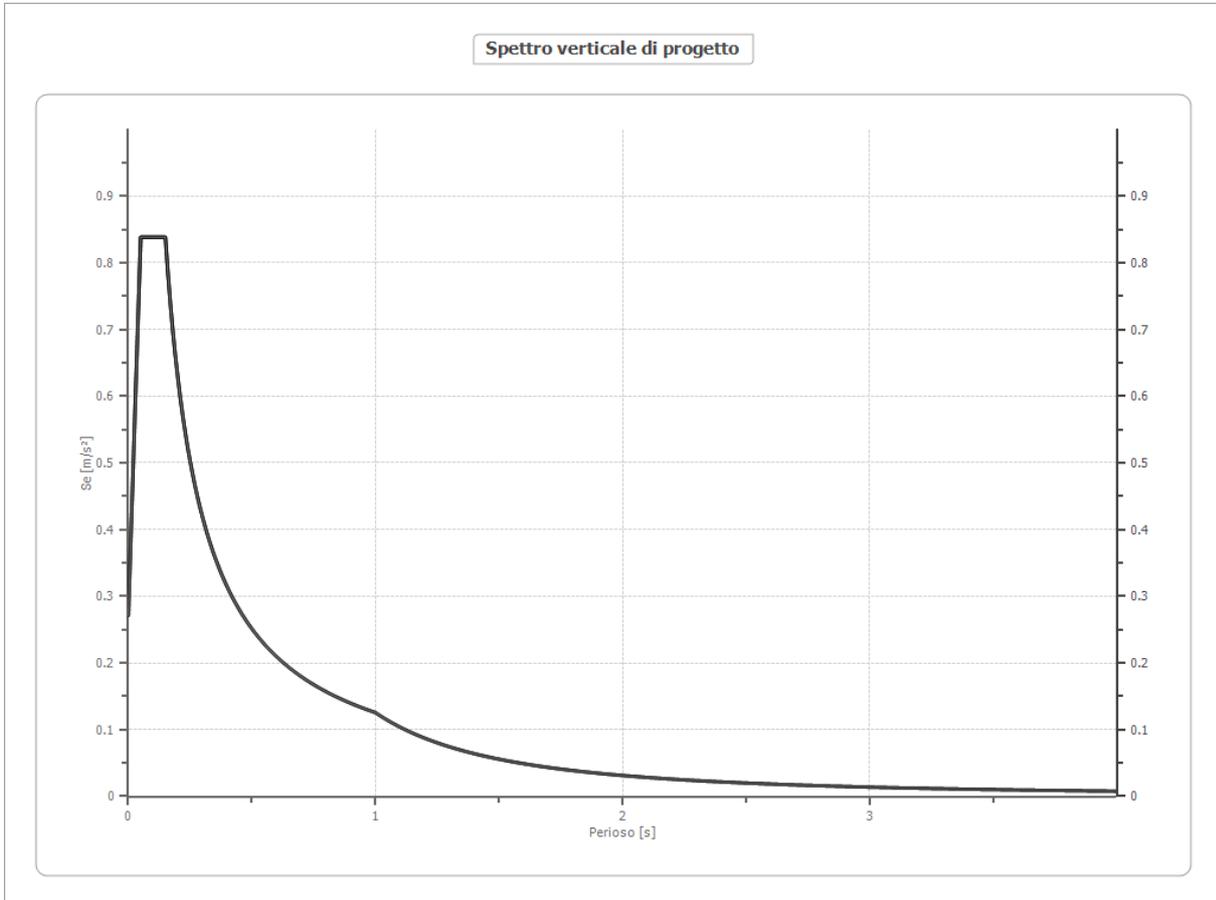
Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO	Danno SLD	Salvaguardia vita SLV	Prev. collasso SLC
Tr [anni]	30	50	475	975
ag [m/s ²]	0.471	0.579	1.579	2.080
Fo	2.476	2.517	2.56	2.519
Tc* [s]	0.256	0.272	0.276	0.282
Ss	1.80	1.80	1.78	1.60
St	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	2.47	2.40	2.38	2.35
TB [s]	0.211	0.217	0.219	0.221
TC [s]	0.632	0.652	0.657	0.664
TD [s]	1.792	1.836	2.244	2.448
Se(0) [m/s ²]	0.848	1.042	2.814	3.326
Se(TB) [m/s ²]	2.099	2.623	7.203	8.377



Spettro verticale di progetto

Ag [m/s ²]	F0	Tc*	Fv	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s ²]	Se(TB) [m/s ²]
0.735	3.089	0.150	1.141	1.0	0.050	0.150	1.000	0.271	0.838



Profilo a max

	0.0 [m]	0.8 [m]	5.8 [m]	11.8 [m]	21.3 [m]	49.3 [m]	97.3 [m]	135.3 [m]	165.3 [m]
TR101_ID16285_1 [m/s ²]	1.082	1.072	0.709	0.549	0.627	0.398	0.518	0.328	0.577
TR101_ID16285_2 [m/s ²]	0.628	0.602	0.290	0.310	0.364	0.292	0.281	0.330	0.512
TR101_ID16285_3 [m/s ²]	1.009	0.993	0.539	0.530	0.603	0.542	0.509	0.462	0.582
TR101_ID16285_4 [m/s ²]	0.883	0.871	0.641	0.493	0.551	0.606	0.475	0.455	0.573
TR101_ID16285_5 [m/s ²]	0.406	0.341	0.324	0.249	0.315	0.261	0.276	0.259	0.443
TR101_ID16285_6 [m/s ²]	0.923	0.911	0.556	0.546	0.494	0.400	0.430	0.405	0.578
TR101_ID16285_7 [m/s ²]	1.104	1.090	0.613	0.511	0.707	0.482	0.452	0.444	0.578
TR101_ID16286_1 [m/s ²]	1.082	1.072	0.709	0.549	0.627	0.398	0.518	0.328	0.577
TR101_ID16286_2 [m/s ²]	0.625	0.599	0.289	0.309	0.362	0.290	0.280	0.330	0.512
TR101_ID16286_3 [m/s ²]	1.009	0.993	0.539	0.530	0.603	0.542	0.509	0.462	0.582
TR101_ID16286_4 [m/s ²]	0.883	0.871	0.641	0.493	0.551	0.606	0.475	0.455	0.573
TR101_ID16286_5 [m/s ²]	0.406	0.341	0.324	0.249	0.315	0.261	0.276	0.259	0.443
TR101_ID16286_6 [m/s ²]	0.923	0.911	0.556	0.546	0.494	0.400	0.430	0.405	0.578
TR101_ID16286_7 [m/s ²]	1.104	1.090	0.613	0.511	0.707	0.482	0.452	0.444	0.578
media [m/s ²]	0.862	0.840	0.525	0.455	0.523	0.426	0.420	0.383	0.549
Dev. St. [m/s ²]	0.247	0.264	0.153	0.118	0.137	0.121	0.098	0.075	0.051

