

**COMUNE DI SERRONE**

Provincia di Frosinone

Oggetto:

**Lavori di “Adeguamento sismico, con l’ottenimento del certificato di agibilità delle strutture, interventi finalizzati alla normativa antincendio dell’edificio scolastico denominato “Scuola Media Salvatore Prili” – Realizzazione nuovo edificio scolastico scuola Media, con previa demolizione della vecchia struttura, nel Comune di Serrone”**

Committente:

**Comune di Serrone**

Via Alcide De Gasperi, 45  
03010, Serrone (FR)



  
Carlo Severa

Agosto 2022

## Indice

1. PREMESSA .....	2
2. LOCALIZZAZIONE DELL'AREA E INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	3
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	4
4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....	6
5. ATTRIBUZIONE DELLA CATEGORIA TOPOGRAFICA .....	7
6. SISMICITÀ .....	7
7. LIVELLO DI VULNERABILITÀ DELL'OPERA .....	8
8. INDAGINI IN SITO.....	9
9. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....	11
10. ATTRIBUZIONE DELLA CATEGORIA DI SUOLO .....	11
11. NOTA SULL'ANALISI DI FATTIBILITÀ DELL'OPERA RISPETTO ALLE PERIMETRAZIONI DEL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO .....	11
12. PARAMETRI SISMICI DI BASE .....	12
13. RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	13
14. CONCLUSIONI .....	14

## **COMUNE DI SERRONE**

Provincia di Frosinone

### **Lavori di “Adeguamento sismico, con l’ottenimento del certificato di agibilità delle strutture, interventi finalizzati alla normativa antincendio dell’edificio scolastico denominato “Scuola Media Salvatore Prili” – Realizzazione nuovo edificio scolastico scuola Media, con previa demolizione della vecchia struttura, nel Comune di Serrone”**

#### **1. PREMESSA**

La presente relazione geologico-tecnica è stata redatta ai fini della caratterizzazione dei terreni costituenti il lotto sito in Via Monte Scalambra, all’interno del centro storico di Serrone (FR) ed interessati dal progetto di *“Lavori di “Adeguamento sismico, con l’ottenimento del certificato di agibilità delle strutture, interventi finalizzati alla normativa antincendio dell’edificio scolastico denominato “Scuola Media Salvatore Prili” – Realizzazione nuovo edificio scolastico scuola Media, con previa demolizione della vecchia struttura, nel Comune di Serrone”.*

L’indagine, realizzata secondo le previsioni della vigente normativa, si basa su un rilevamento geologico preventivo, finalizzato all’ottenimento dell’inquadramento geologico, geomorfologico e geomeccanico del sito che, unitamente alle indagini reperite, risulta funzionale al dimensionamento delle opere in progetto.

Le informazioni così ottenute sono state integrate con quelle ricavate da materiale bibliografico riguardante il settore in esame e dalle indagini reperite e svolte nel medesimo sito per interventi precedenti consistenti in nr. 2 prospezioni di sismica attiva con metodologia MASW.

Nella presente relazione gli argomenti sono trattati in conformità del Decreto Ministeriale dell'11 marzo 1998 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione, il collaudo delle opere di fondazione; Ordinanza del P.C.M. nr. 3274 del 20.03.2003 - "Norme tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni"; del D.P.R. nr. 380 del 2001 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia" e del "D.M. 17 Gennaio 2018".

## **2. LOCALIZZAZIONE DELL'AREA E INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO**

Il sito è ubicato nell'ambito del territorio comunale di Serrone in via Monte Scalambra 13, nell'intorno del punto di coordinate geografiche WGS84: Lat. 41.842535, Long. 13.094178; ED50: Lat. 41.843522, Long. 13.095090 ad una quota altimetrica di circa 665 m s.l.m.

Esso ricade nel foglio 376140 della Cartografia Tecnica Regionale alla scala 1:10.000, nella tavola 151 IV SE della Cartografia IGM alla scala 1:25.000 e nel foglio 376 denominato "Subiaco" della Cartografia Geologica Regionale alla scala 1:50.000.

Il territorio comunale del paese di Serrone si colloca a ridosso dei rilievi montuosi dell'Appennino Laziale – Abruzzese, tra i Monti Carseolani a NW e la Catena Simbruino – Ernica a SE.

L'assetto geomorfologico locale è strettamente legato alla natura dei rilievi calcarei circostanti e alla loro risposta all'azione degli agenti esogeni: le catene montuose, soggette ai continui processi erosivi (con forti evidenze di modellamento carsico) originano ingenti quantità di prodotti di disfacimento. L'accumulo di tali depositi ai piedi delle ripide pareti montuose causa una graduale riduzione della pendenza verso valle, con morfologie più dolci e di raccordo alla sottostante Valle Latina.



Tali depositi sono frequentemente interdigitati a coltri di materiale vulcanico rimaneggiato, costituito in prevalenza da cineriti, proveniente dall'apparato vulcanico dei Colli Albani.

Il settore in esame si trova ubicato in un'area ad alta pendenza, a ridosso delle ripide pareti calcaree che costituiscono i rilievi principali dell'area. Nel ristretto intorno indagato non sono riconoscibili, allo stato attuale, forme geomorfologiche particolari poiché l'attività antropica ha parzialmente alterato la morfologia originaria.

Tuttavia, il lotto interessato dagli interventi in progetto ricade nella perimetrazione P.A.I. per "Rischio frana Potenzialmente Alto" (Rpa) redatta dall'Unità di Bacino dei Fiumi Liri, Garigliano e Volturno; mentre non ricade in perimetrazioni per rischio idraulico.

### **3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO**

L'area è caratterizzata dalla presenza di litotipi attribuibili alla parte più alta della "Serie Laziale-Abruzzese" (Parotto & Praturlon, 1975), in particolare riferibili all'intervallo Cretacico sup. (Campaniano) - Miocene superiore (Tortoniano), e comprendono una lacuna di sedimentazione che interessa la parte sommitale del Cretacico superiore fino al Miocene medio.

La successione stratigrafica affiorante nell'area ha inizio con litotipi di piattaforma protetta, di mare poco profondo, riconducibili al Cretacico. I sedimenti miocenici, tipici di questa zona, si depositano sul substrato cretacico fortemente articolato quando, nell'evoluzione geodinamica dell'area laziale-abruzzese, si registrano varie fasi di tipo trasgressivo. Queste condizioni giustificano le facies fortemente diversificate e parzialmente eteropiche, che vanno da calcareniti di piattaforma aperta ricche di echinidi a calcari organogeni ricchi di briozoi e litotamni di ambiente di mare aperto. Nel Tortoniano, con la ripresa delle sollecitazioni tettoniche dovute all'orogenesi appenninica, la piattaforma si frammenta ulteriormente generando bacini poco profondi, in cui si instaura una sedimentazione di tipo torbitidico ed emipelagico con la formazione rispettivamente dei depositi flysciodi e delle marne ad orbulina. Con l'aumentare delle spinte tettoniche, la sedimentazione carbonatica si arresta e viene completamente sostituita da quella terrigena.

Lungo le zone pedemontane, poste a raccordo tra i versanti montuosi e le sottostanti aree vallive, si rinviene una copertura formata da sedimenti eterogenei rappresentati da prodotti vulcanici di ricaduta (piroclastiti) e depositi colluviali, costituiti dai residui insolubili del processo di dissoluzione dei calcari, rimaneggiati ad opera degli agenti esogeni ed in avanzato stato di pedogenizzazione.

Con riferimento alla Cartografia CARG alla scala 1:50.000 l'area compresa nel Comune di Serrone risulta interessata dall'affioramento di:

- Calclutiti e calcareniti in strati da spessi a molto spessi, variamente dolomitizzati, di colore nocciola, con resti di rudiste talora concentrate in banchi; nei M. Affilani calcilutiti avana a biocenosi oligotipiche a *Nubercularidae*, prive di rudiste, talora con strutture da essiccamento, in strati da medi a sottili. Superiormente, a luoghi calcilutiti avana a scarsissimi resti organici a *Raadshoovenia salentina*; nella porzione mediana un livello a *Keramosphaerina tergestina*; inferiormente dolomia microcristalline in strati spessi o molto spessi e calcareniti e calciruditi organogene a rudiste in stato più o meno frammentario. (CRETACICO)

### Geologia di dettaglio

La ricostruzione dell'assetto geologico dell'area indagata scaturisce dal rilevamento di campagna, che è stato eseguito cercando di ovviare alle difficoltà determinate dalla copertura antropica che, in alcuni casi, maschera gli elementi geologici e strutturali necessari alla ricostruzione del quadro geologico globale.

Dal rilevamento eseguito è stata confermata la presenza preponderante (già evidenziata dalla cartografia geologica in scala 1:50.000) di una litologia in particolare, riconducibile alle formazioni dei calcari cretacei:

### Calcari Cretacei

I litotipi del Cretaceo costituiscono il basamento della struttura carbonatica. Sono calcari micritici (Mudstone – Wackestone) con facies caratterizzata in prevalenza da frammenti bentonici, rari ostracodi e

rudiste. Ben stratificati e variamente fratturati, affiorano nella zona d'interesse con giaciture varie.

#### **4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO**

In base alle caratteristiche tessiturali e strutturali delle rocce è possibile suddividere i litotipi affioranti in complessi idrogeologici.

L'attitudine ad immagazzinare o trattenere fluidi permette di classificare le rocce in acquiferi, mentre vengono definiti acquicludi i sedimenti che non si lasciano attraversare dai fluidi, ma fungono soltanto come livelli di sostegno.

Con riferimento alla Carta Idrogeologica del Territorio della Regione Lazio, il centro storico del Comune di Serrone comprende al suo interno due complessi idrogeologici principali, funzione del ruolo assunto da ciascuna formazione nel transito delle acque sotterranee:

- Il Complesso dei depositi detritici (potenzialità acquifera medio alta): Detriti di falda e di pendio, depositi morenici, di conoide e di frana e terre rosse (PLEISTOCENE – OLOCENE) con spessori variabili fino ad alcune decine di metri. Dove poggia su un substrato più permeabile non contiene falde significative, ma contribuisce alla ricarica delle falde del substrato. Dove è sostenuto da un substrato meno permeabile ospita falde sospese che alimentano sorgenti diffuse a regime, generalmente, stagionale. Le grandi conoidi possono contenere falde perenni alimentate da infiltrazione zenitale e, localmente, da apporti provenienti dagli acquiferi con cui sono in continuità idraulica.

- Il Complesso dei calcari di piattaforma (potenzialità acquifera altissima): calcari detritici, micritici, con intercalazioni dolomitiche; calcari organogeni e breccie calcaree della successione laziale – abruzzese (LIAS med. – CRETACICO sup.) Spessori variabili da qualche centinaio a 1500 m. È sede di articolati ed imponenti acquiferi che alimentano le maggiori sorgenti della regione. Le diverse fasi tettoniche hanno determinato un assetto idrogeologico regionale complesso che condiziona lo schema di circolazione idrica sotterranea fra le principali unità idrogeologiche.

Il settore di studio ricade, all'interno del Complesso dei calcari di piattaforma e fa riferimento al bacino idrografico del Fiume Sacco, compreso tra i rilievi carbonatici dei Monti Ernici ad Est e i Monti Lepini, ad Ovest. I termini carbonatici cretacei e miocenici possono essere considerati dei buoni acquiferi, per la presenza di una porosità e di una permeabilità secondaria significative, dovute alle fratture che caratterizzano l'ammasso roccioso; hanno, quindi, una buona infiltrazione efficace, con un ruscellamento superficiale che risulta

generalmente ridotto, come confermato dalla presenza di poche linee di drenaggio in tutto il settore.

Sebbene durante le prove eseguite non sia stato possibile rilevare una profondità attendibile per la falda, la falda basale, da cartografia ufficiale, (BONI C., BONO P. & CAPELLI G. (1988) – Carta Idrogeologica del territorio della Regione Lazio. Regione Lazio, Università degli studi “La Sapienza” di Roma) risulta essere di circa 300 m s.l.m.

## **5. ATTRIBUZIONE DELLA CATEGORIA TOPOGRAFICA**

L'area interessata può essere ritenuta geomorfologicamente idonea per gli interventi in progetto, e vista la conformazione morfologica nell'area, in riferimento al paragrafo 3.2.2 del D.M. 17 gennaio 2018, si attribuisce la Categoria Topografica T2: “Pendii con inclinazione media  $i > 15^\circ$ ”.

## **6. SISMICITÀ**

Con il DGR Lazio nr. 387 del 22 maggio 2009 in applicazione dell'Ordinanza del PCM nr. 3519 del 28 Aprile 2006 e della DGR Lazio 766/2003, è stata approvata la “Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Lazio”, istituendo le sottozone sismiche 2A, 2B, 3A e 3B, suddivise in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido, ai fini pianificatori urbanistici, territoriali e di emergenza.

Secondo i nuovi criteri di classificazione sismica, il Comune di Serrone risulta ricadere all'interno della sottozona 2B per la quale il valore dell'accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g$ ) è pari a  $0.15 \leq a_g \leq 0.20g$ .

## 7. LIVELLO DI VULNERABILITÀ DELL'OPERA

Sulla base di quanto stabilito dal Regolamento Regionale n.7 del 16/04/2021 che sostituisce il n.26 del 26/10/2020, poiché l'area interessata dagli interventi in progetto ricade in zona sismica 2B (All.1 D.G.R. Lazio 387/09), valutando i futuri interventi di edificazione come rientranti della classe d'uso III, il rischio sismico valutato è da considerarsi "Medio su roccia".

### SCHEMA RIEPILOGATIVO ATTRIBUZIONE LIVELLO DI VULNERABILITÀ'

D.G.R. 375/2016 - R.R. 26/2020

PROGETTI	PERICOLOSITA'				
	Zona Sismica				
	1	2a	2b	3a	3b
classi d'uso I e II	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
classe d'uso III	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
classe d'uso IV	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO

	INDAGINI E PROVE MINIME	INDAGINI IN SITO EFFETTUATE
Liv. Vulnerabilità dell'Opera Medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Almeno 2 Prove Penetrometriche statiche (CPT, CPTE, CPTU), dinamiche (DPSH) o dilatometriche DMT, che attraversino i terreni di copertura, coesivi e granulari, nel caso di ammassi rocciosi sepolti.</li> <li>- Caratterizzazione Geomeccanica degli ammassi rocciosi affioranti, mediante esecuzione di rilevamento geostrutturale, laddove possibile, oppure per le classi d'uso III e IV, tramite almeno 1 sondaggio geognostico.</li> <li>- Almeno 1 prova sismica in sito attiva (Seismic Refraction, MASW, SASW, MFT, FTAN, ecc.) o passiva (REMI, SPAC, ESAC, f-k, MAAM, ecc.), per la definizione del profilo di velocità dell'onda S.</li> <li>- Almeno 1 Acquisizione di Microtremore Sismico a stazione singola (HVSR), per la definizione della frequenza di risonanza del terreno;</li> <li>- Analisi della Risposta Sismica Locale, per tutte le classi d'uso III e IV come previsto dalla DGR 493/19 ed in tutti i casi in cui (es. inversioni di velocità, bruschi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Non applicabile nel contesto in esame.</li> <li>• Non applicabile nel contesto fortemente urbanizzato che costituisce l'area.</li> <li>• N. 2 indagini di sismica attiva tipo MASW.</li> <li>• Analisi della Risposta Sismica Locale.</li> </ul>

	<p>passaggi di rigidità, ecc) il sottosuolo non è classificabile nelle categorie di cui alla Tabella 3.2.11 delle NTC'18, eseguita tramite:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Codice di calcolo 1D unicamente per sottosuoli costituiti da strati orizzontali continui e superficie topografica piana;</li> <li>- Codice di calcolo 2D da eseguire per sottosuoli non costituiti da strati orizzontali continui e superficie topografica non pianeggiante.</li> </ul>	
--	--	--

## 8. INDAGINI IN SITO

Sono state effettuate reperite, per il presente lavoro, indagini pregresse svolte nel medesimo luogo consistenti in: n. 2 indagini di sismica con metodologia MASW (a).

I risultati delle indagini in sito sono allegati nel dettaglio in calce alla relazione.

### a) Indagine sismica attiva MASW

La finalità dell'intervento è quella di determinare la velocità delle onde di taglio "SH" nei primi 30 m di profondità dei terreni sottostanti il fabbricato in oggetto.

A tale scopo è stata effettuata una stesa di 30 metri, con un totale di 10 scoppi alla distanza di 3,0 metri ciascuno. La prima energizzazione è stata operata in prossimità del TROMINO posto in registrazione ad una frequenza di 128 Hz.

L'energizzazione è avvenuta mediante colpi di massa battente da 8 kg sul terreno.

In fase di elaborazione, è stato utilizzato un numero di scoppi idoneo ad ottenere la massima visibilità spaziale, i risultati riportati tengono conto del modello migliore ricavato.

Lo studio delle onde superficiali (Rayleigh) con acquisitore multicanale (Multichannel Analysis of Surface Waves) permette la stima della velocità delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità, così come richiesto dalle NTC (euro codici), poiché si assume che  $V_{sh} * 0.9 = V_{Ray}$ . Operativamente si dispone sul terreno lo strumento TROMINO (dotato

di 3 canali velocimetri a guadagno variabile, 3 canali accelerometri, 1 canale analogico, ricevitore GPS, modulo radio ricevente/trasmittente – per la sincronizzazione delle diverse unità – e 1 geofono trigger per prove MASW e simili).

I dati acquisiti vengono trasformati nel dominio della frequenza e si ricava quindi la curva di distribuzione sperimentale Vfase-frequenza; questa viene paragonata a quella teorica e quindi le due vengono fatte convergere (successive iterazioni) in modo da ricavare il modello medio più attendibile. Per modello medio si intende la curva che meglio approssima (giustifica) la stratigrafia “sismica” locale ed il relativo profilo di velocità.

#### Analisi dei risultati

Secondo la procedura descritta sinteticamente in precedenza, è stato ricavato il profilo di velocità medio (allegato) e sono state identificate 2 unità (strati) sismiche (si precisa che le unità sismiche, proprio per la modalità di determinazione, differiscono solitamente da quelle stratigrafiche ma forniscono la corretta velocità di propagazione delle onde di compressione e di taglio nei terreni investigati).

Nella tabella seguente vengono riassunte le velocità sismiche ricavate:

UNITA' SISMICHE	SPESSORE	PROFONDITA'	Vs (m/s)
Unità 1	2.5	0 – 2.5	400
Unità 2	Inf.	Inf.	1100

$$V_{sp.c.1(0.0-30.0)} = 960 \text{ m/s}$$

UNITA' SISMICHE	SPESSORE	PROFONDITA'	Vs (m/s)
Unità 1	1.5	0-1.5	170
Unità 2	Inf.	Inf.	1300

$$V_{sp.c.2(0.0-30.0)} = 976 \text{ m/s}$$

## 9. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

I parametri geotecnici caratteristici elaborati vengono sintetizzati nella tabella che segue:

Litologia	Prof.	$\varphi_k$ (°)	$C'_k$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\gamma n_k$ (kN/m <sup>2</sup> )
TERRENO DI COPERTURA/RIEMPIMENTO	0 – 1.5 (Variabile)	40	-	17.7
ROCCIA CALCAREA MESOZIOCA	Affioramento/Variabile	35/40	500	21.6

La roccia affiora praticamente in tutta l'area di sedime del fabbricato. Eventuali zone in cui è presente materiale di copertura vanno bonificate per garantire un piano di posa omogeneo per la struttura su roccia calcarea.

## 10. ATTRIBUZIONE DELLA CATEGORIA DI SUOLO

Considerando la stratigrafia puntuale dell'area, lo stato fisico dei sedimenti in situ, la caratterizzazione geotecnica, e le risultanze delle indagini sismiche effettuate, che hanno consentito di rilevare velocità delle **Vseq1 pari a 960 m/s** e **Vseq2 pari a 976 m/s**, si ritiene di attribuire ai terreni in esame la **Categoria di Suolo "A"** (N.T.C.\_2018 - § 3.2.2 – Tab. 3.2.II): *“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.”*

## 11. NOTA SULL'ANALISI DI FATTIBILITÀ DELL'OPERA RISPETTO ALLE PERIMETRAZIONI DEL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO

Il lotto che sarà interessato dagli interventi in progetto ricade all'interno di una perimetrazione P.A.I. per “Rischio da frana Potenzialmente Alto” in relazione alla documentazione fornita dall'Unità di Bacino dei Fiumi Liri, Garigliano e Volturno.



Il fabbricato esistente si colloca nel centro storico del Comune di Serrone, in un contesto urbano articolato in corrispondenza del substrato calcareo, affiorante e sub affiorante nell'intera area.

Nel quadro geologico e geomorfologico descritto precedentemente, l'elemento di rischio (ad interesse della formazione litoide calcarea) risiede nel pendio sovrastante e nel potenziale coinvolgimento anche dell'abitato. In relazione a questo, parte dei contesti a maggiore vulnerabilità sono già stati interessati da interventi di mitigazione e altre opere utili allo scopo sono in progetto per una prossima realizzazione da parte dell'amministrazione territoriale.

Pur tuttavia, si ritiene comunque utile considerare che l'intervento oggetto del presente lavoro non andrebbe ad aggravare la situazione di rischio preesistente, né a modificare le condizioni di stabilità del versante roccioso.

## 12. PARAMETRI SISMICI DI BASE

La ricerca dei parametri sismici di sito utilizzati per lo studio di Risposta Sismica Locale è stata effettuata utilizzando il software "GeoStru\_Parametri\_Sismici\_2018" disponibile online al seguente indirizzo: <https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>.

Si riporta di seguito il report prodotto dalla ricerca.

Sito in esame.

latitudine: 41,8435215903855  
longitudine: 13,0950899513086  
Classe: 3  
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 28743	Lat: 41,8342	Lon: 13,0876	Distanza: 1207,515
Sito 2	ID: 28744	Lat: 41,8344	Lon: 13,1547	Distanza: 5042,074
Sito 3	ID: 28522	Lat: 41,8844	Lon: 13,1544	Distanza: 6696,929
Sito 4	ID: 28521	Lat: 41,8842	Lon: 13,0873	Distanza: 4571,672

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: A  
Categoria topografica: T2  
Periodo di riferimento: 75anni  
Coefficiente cu: 1,5

Operatività (SLO):

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	81 %	Probabilità di superamento:	63 %
Tr:	45 [anni]	Tr:	75 [anni]
ag:	0,065 g	ag:	0,079 g
Fo:	2,491	Fo:	2,497
Tc*:	0,278 [s]	Tc*:	0,289 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):		Prevenzione dal collasso (SLC):	
Probabilità di superamento:	10 %	Probabilità di superamento:	5 %
Tr:	712 [anni]	Tr:	1462 [anni]
ag:	0,177 g	ag:	0,218 g
Fo:	2,485	Fo:	2,507
Tc*:	0,329 [s]	Tc*:	0,339 [s]

#### Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:	Ss: 1,000	SLD:	Ss: 1,000
	Cc: 1,000		Cc: 1,000
	St: 1,200		St: 1,200
	Kh: 0,016		Kh: 0,019
	Kv: 0,008		Kv: 0,009
	Amax: 0,761		Amax: 0,926
	Beta: 0,200		Beta: 0,200
SLV:	Ss: 1,000	SLC:	Ss: 1,000
	Cc: 1,000		Cc: 1,000
	St: 1,200		St: 1,200
	Kh: 0,057		Kh: 0,078
	Kv: 0,029		Kv: 0,039
	Amax: 2,079		Amax: 2,565
	Beta: 0,270		Beta: 0,300

### 13. RISPOSTA SISMICA LOCALE

Sulla base dei dati ottenuti dalle indagini eseguite in sito è stata effettuata un'analisi della risposta sismica locale, utilizzando gli accelerogrammi di input estrapolati da REXELweb, al link: <https://esm-db.eu/#/rexel> (Sgobba, S., Puglia, R., Pacor F., Luzi, L., Russo, E., Felicetta, C., Lanzano, G., D Amico, M., Baraschino, R., Baltzopoulos, G., Iervolino, I.).

Per ogni stato limite considerato (SLO, SLD, SLV e SLC) è stato utilizzato un set di 7 accelerogrammi estratti dal database ESM (Luzi L, Puglia R, Russo E & ORFEUS WG5 (2016) Engineering Strong Motion Database, version 1.0 - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Observatories & Research Facilities for European Seismology - doi: 10.13127/ESM).

Il modello di Risposta Sismica Locale è stato ricavato integrando i parametri desunti dalla caratterizzazione geotecnica con le velocità delle onde di taglio VS e gli spessori caratteristici delle unità sismiche relative al profilo sismico.

In mancanza delle analisi di laboratorio necessarie per costruire le curve di decadimento del modulo di taglio e di variazione dello smorzamento, sono state utilizzate quelle già presenti nel software RSLIII.

Si riassumono di seguito i parametri desumibili dagli spettri normalizzati ricavati e dettagliatamente specificati in allegato:

	Se <sub>0</sub> (m/s <sup>2</sup> )	Se <sub>Tb</sub> (m/s <sup>2</sup> )	Tb (s)	Tc (s)	Td (s)	Fa* (s)	Fo** (s)
<b>SLO</b>	0.551	1.532	0.123	0.369	1.825	1.000 (-)	2.778
<b>SLD</b>	0.675	1.786	0.118	0.354	1.875	1.000 (-)	2.645
<b>SLV</b>	1.513	4.293	0.133	0.399	2.217	1.000 (-)	2.837
<b>SLC</b>	1.871	5.277	0.134	0.403	2.363	1.000 (-)	2.820

\*\*Fa: fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione calcolato come rapporto tra gli spettri medi di output e input;

\*\*Fo: fattore di amplificazione spettrale massima calcolato come  $a_{max}/a_0$ .

## 14. CONCLUSIONI



Il presente elaborato è stato commissionato dal Comune di Serrone ai fini della caratterizzazione tecnica per i lavori di *“Adeguamento sismico, con l’ottenimento del certificato di agibilità delle strutture, interventi finalizzati alla normativa antincendio dell’edificio scolastico denominato “Scuola Media Salvatore Prili” – Realizzazione nuovo edificio scolastico scuola Media, con previa demolizione della vecchia struttura, nel Comune di Serrone”*.

Sulla base dei rilevamenti e delle considerazioni geologiche effettuate, il lotto si ritiene geologicamente e geomorfologicamente idoneo alla realizzazione dell’opera in progetto.

Il sottoscritto, pur avendo valutato positivamente le condizioni geologiche generali a contorno, si riserva la possibilità di compiere - su segnalazione del direttore di futuri lavori o del committente - ulteriori e definitive indagini al momento della realizzazione di opere qualora, dovessero insorgere nuovi elementi attualmente non rilevabili.

Fiuggi, 22 agosto 2022

Geol. Ing. Carlo Severa



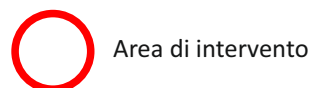
ORDINE DEI GEOLOGI  
Dot. CARLO SEVERA  
Geologo  
A.P. n.1128

## ALLEGATI

- Inquadramento generale da Google Earth;
- Carta Tecnica Regionale;
- Carta Geologica scala 1:50.000
- Carta Idrogeologica scala 1:100.000;
- Carta dei P.A.I.;
- Sezioni Geologiche;
- Indagini e prove.



## INQUADRAMENTO GENERALE DA GOOGLE EARTH



Area di intervento

Coordinate WGS84: Lat. 41.842535, Long. 13.094178

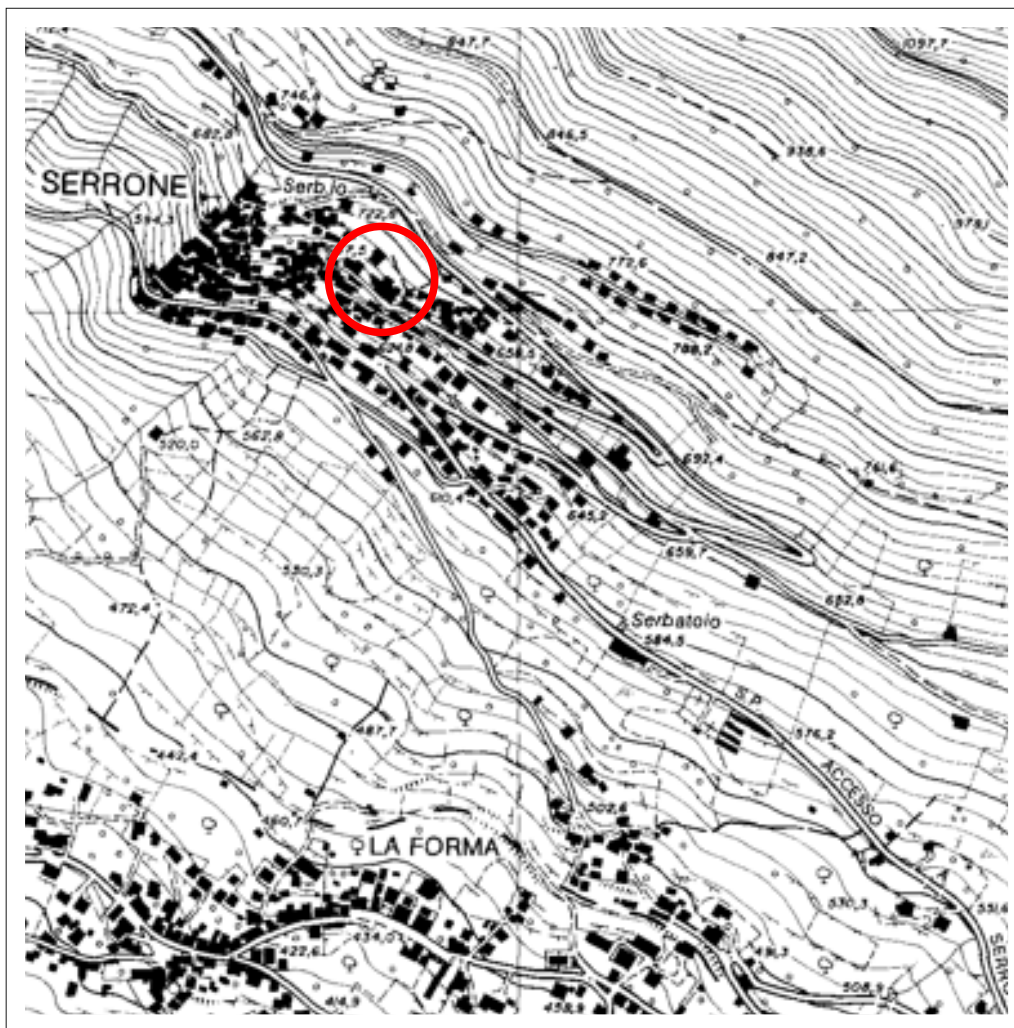
Coordinate ED50: Lat. 41.843522, Long. 13.095090

Comune di Serrone (FR)

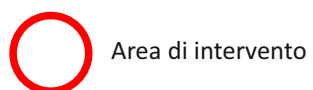
**Lavori di "Adeguamento sismico, con l'ottenimento del certificato di agibilità delle strutture, interventi finalizzati alla normativa antincendio dell'edificio scolastico denominato "Scuola Media Salvatore Prili" – Realizzazione nuovo edificio scolastico scuola Media, con previa demolizione della vecchia struttura, nel Comune di Serrone"**



Base cartografica:  
C.T.R. Lazio 1:10.000  
Sezione 376140 - Serrone



CARTOGRAFIA TECNICA REGIONALE  
SCALA 1:10.000



Area di intervento

Coordinate WGS84: Lat. 41.842535, Long. 13.094178

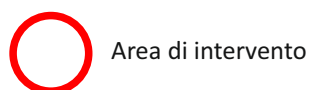
Coordinate ED50: Lat. 41.843522, Long. 13.095090

Comune di Serrone (FR)

Lavori di "Adeguamento sismico, con l'ottenimento del certificato di agibilità delle strutture, interventi finalizzati alla normativa antincendio dell'edificio scolastico denominato "Scuola Media Salvatore Prili" – Realizzazione nuovo edificio scolastico scuola Media, con previa demolizione della vecchia struttura, nel Comune di Serrone"





## CARTOGRAFIA GEOLOGICA REGIONALE INGRANDIMENTO DALLA SCALA 1:50.000



Area di intervento

Coordinate WGS84: Lat. 41.842535, Long. 13.094178

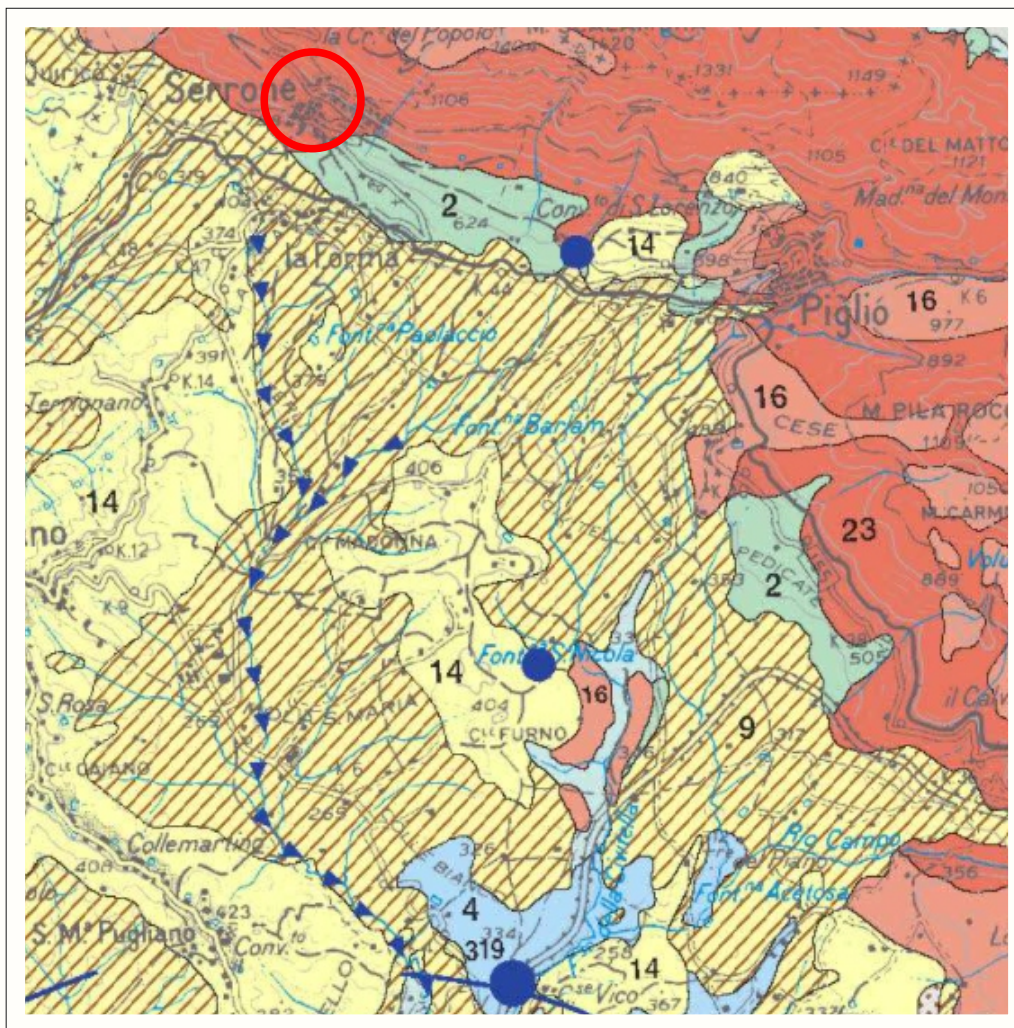
Coordinate ED50: Lat. 41.843522, Long. 13.095090

	Detrito di falda sciolto, a luoghi misto a cineriti dilavate talora in relazione a depositi di conoidi recenti (dt²/2).
	Calcolutiti e calcareniti in strati da spessi a molto spessi, variamente dolomitizzati, di colore nocciola, con resti di rudiste talora concentrate in banchi; nei M. Affiliani calcilutiti avana a biocenosi oligotipiche a Nubercularidae, prive di rudiste, talora con strutture da essiccamento, in strati da medi a sottili. Superiormente, a luoghi calcilutiti avana a scarsissimi resti organici a <i>Raadshoovenia salentina</i> ; nella porzione mediana un livello a <i>Keramosphaerina tergestina</i> ; inferiormente dolomia microcristallina in strati spessi o molto spessi e calcareniti e calciruditi organogene a rudiste in stato più o meno frammentario (C⁹-¹¹/38). (Zona ad <i>Accordiella conica</i> e <i>Rotorbinella scarsellai</i> ; Zona a <i>Discorbidae</i> e <i>Ostracodi</i> ). CONIACIANO - CAMPANIANO.

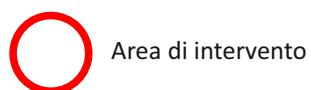
Comune di Serrone (FR)

Lavori di "Adeguamento sismico, con l'ottenimento del certificato di agibilità delle strutture, interventi finalizzati alla normativa antincendio dell'edificio scolastico denominato "Scuola Media Salvatore Prili" – Realizzazione nuovo edificio scolastico scuola Media, con previa demolizione della vecchia struttura, nel Comune di Serrone"





## CARTOGRAFIA IDROGEOLOGICA DELLA REGIONE LAZIO INGRANDIMENTO DALLA SCALA 1:100.000



Area di intervento

Coordinate WGS84: Lat. 41.842535, Long. 13.094178

Coordinate ED50: Lat. 41.843522, Long. 13.095090



Complesso dei depositi detritici: potenzialità acquifera medio alta.

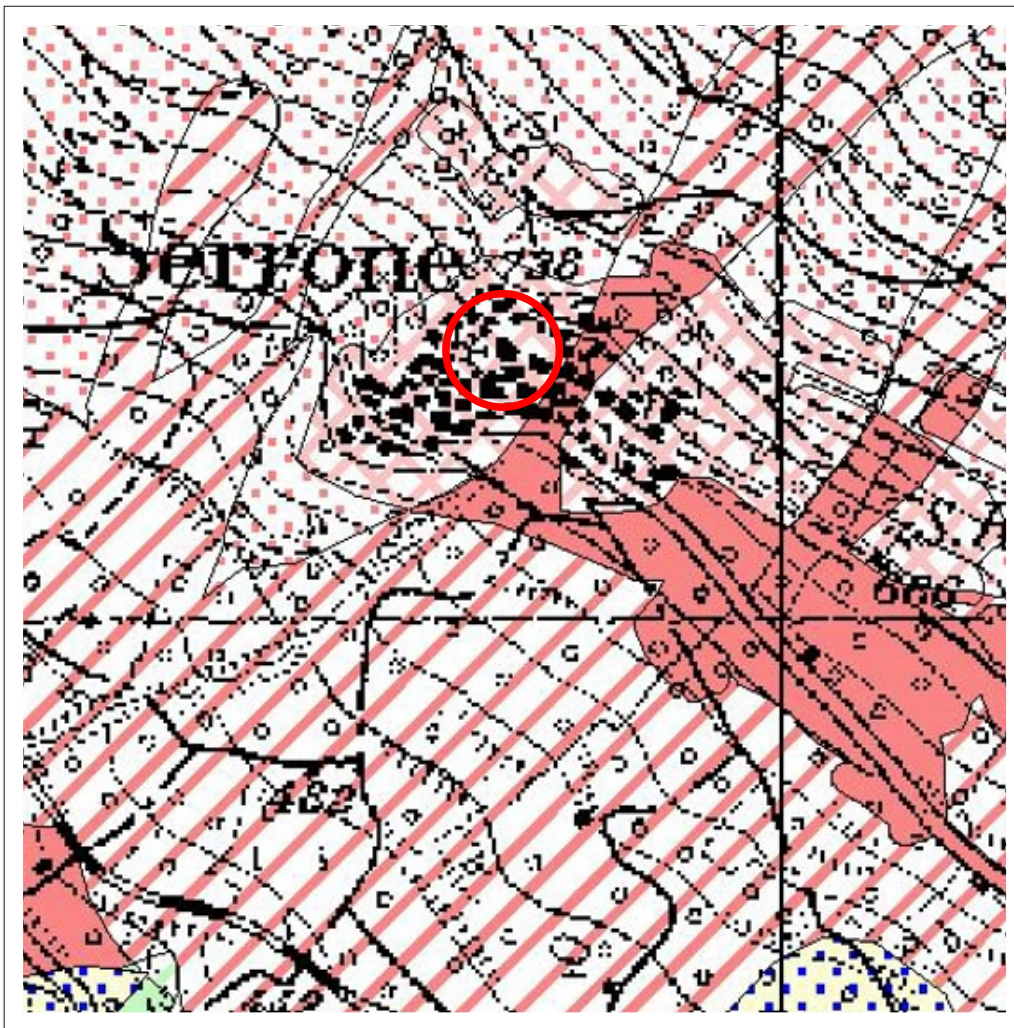


Complesso dei calcari di piattaforma: potenzialità acquifera altissima.


Comune di Serrone (FR)

Lavori di "Adeguamento sismico, con l'ottenimento del certificato di agibilità delle strutture, interventi finalizzati alla normativa antincendio dell'edificio scolastico denominato "Scuola Media Salvatore Prili" – Realizzazione nuovo edificio scolastico scuola Media, con previa demolizione della vecchia struttura, nel Comune di Serrone"


















## CARTOGRAFIA P.A.I. - UNITA' DI BACINO DEI FIUMI LIRI, GARIGLIANO E VOLTURNO INGRANDIMENTO DALLA SCALA 1:25.000

 Area di intervento

### Legenda

	<b>AREA A RISCHIO MOLTO ELEVATO - R4</b> Nella quale per il livello di rischio presente, sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche. (* Aree a rischio molto elevato ricadenti in zone a Parco)		<b>AREA A RISCHIO POTENZIALMENTE ALTO - RP<sub>a</sub></b> Area nella quale il livello di rischio, potenzialmente alto, può essere definito solo a seguito di indagini e studi a scala di maggior dettaglio.
	<b>AREA A RISCHIO ELEVATO - R3</b> Nella quale per il livello di rischio presente, sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale.		<b>AREA DI ATTENZIONE POTENZIALMENTE ALTA - A Pa</b> Area non urbanizzata, nella quale il livello di attenzione, potenzialmente alto, può essere definito solo a seguito di indagini e studi a scala di maggiore dettaglio.
	<b>AREA A RISCHIO MEDIO - R2</b> Nella quale per il livello di rischio presente sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.		<b>AREA A RISCHIO POTENZIALMENTE BASSO - RP<sub>b</sub></b> Area nella quale l'esclusione di un qualsiasi livello di rischio, potenzialmente basso, è subordinata allo svolgimento di indagini e studi a scala di maggior dettaglio.
	<b>AREA A RISCHIO MODERATO - R1</b> Nella quale per il livello di rischio presente i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali.		<b>AREA DI ATTENZIONE POTENZIALMENTE BASSA - A Pb</b> Area nella quale l'esclusione di un qualsiasi livello di attenzione, potenzialmente basso, è subordinata allo svolgimento di indagini e studi a scala di maggior dettaglio.
	<b>AREA DI ALTA ATTENZIONE - A4</b> Area non urbanizzata, potenzialmente interessata da fenomeni di innesco, transito ed invasione di frana a massima intensità attesa alta.		<b>Area di possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati all'interno, ovvero di fenomeni di primo distacco, per la quale si rimanda al D.M. LL.PP. 11/3/88 - C1</b> <small>Il B: nelle aree a contorno delle frane, quando non è indicato l'ambito morfologico significativo di riferimento, l'area di possibile ampliamento deve essere estesa fino alla ripartizione principale alle secondarie, già riportate nella carta geomorfologica.</small>
	<b>AREA DI MEDIO - ALTA ATTENZIONE - A3</b> Area non urbanizzata, ricadente all'interno di una frana attiva e massima intensità attesa medio o di una frana quiescente della medesima intensità in un'area classificata ad alto grado di sismicità.		<b>Area di versante nella quale non è stato riconosciuto un livello di rischio o di attenzione significativo (applicazione D.M. LL.PP 11/3/88) - C2</b>
	<b>AREA DI MEDIA ATTENZIONE - A2</b> Area non urbanizzata, ricadente all'interno di una frana quiescente, a massima intensità attesa media.		
	<b>AREA DI MODERATA ATTENZIONE - A1</b> Area non urbanizzata, ricadente all'interno di una frana a massima intensità attesa bassa.		

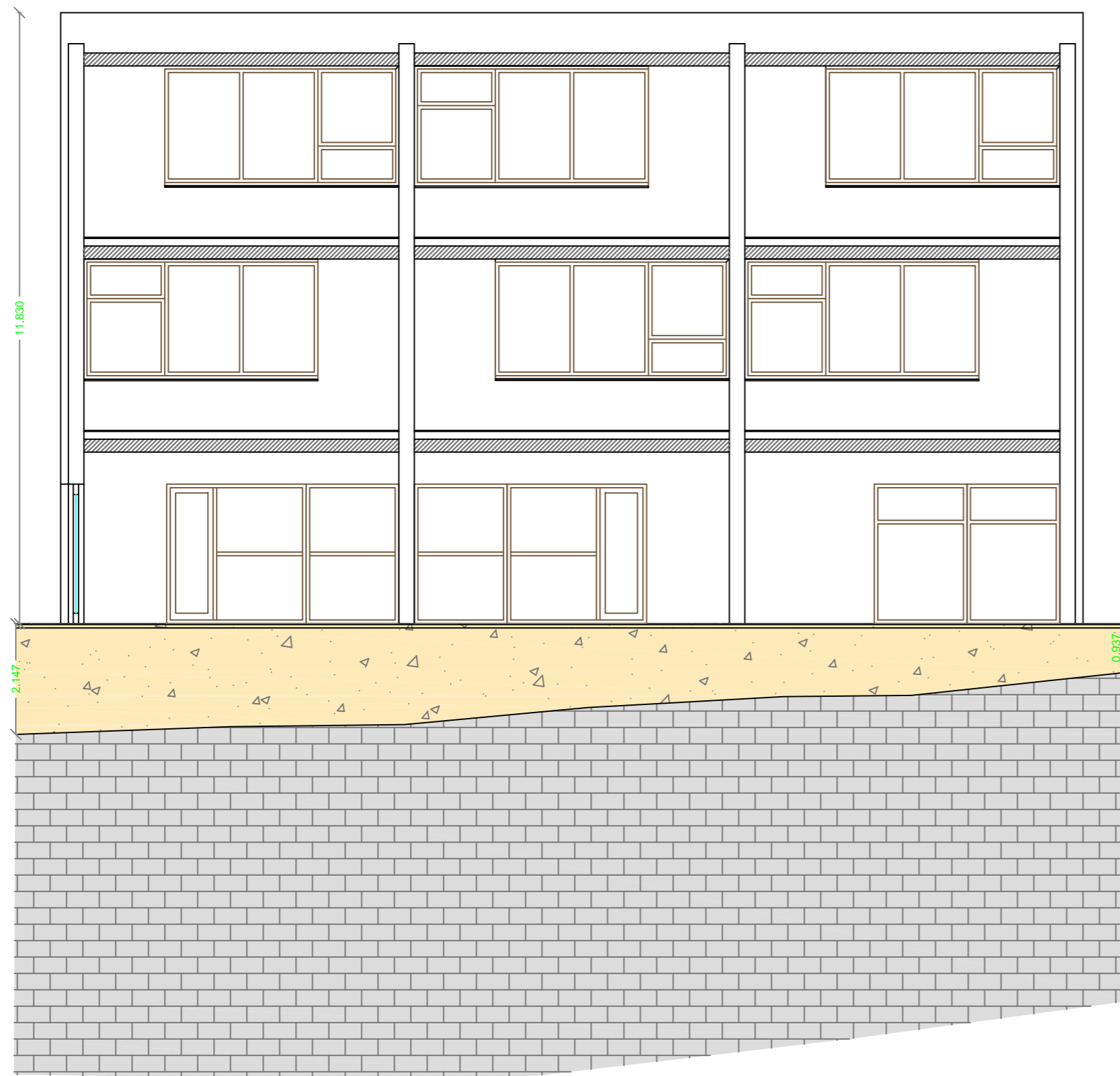
Comune di Serrone (FR)

Lavori di "Adeguamento sismico, con l'ottenimento del certificato di agibilità delle strutture, interventi finalizzati alla normativa antincendio dell'edificio scolastico denominato "Scuola Media Salvatore Prilli" – Realizzazione nuovo edificio scolastico scuola Media, con previa demolizione della vecchia struttura, nel Comune di Serrone"

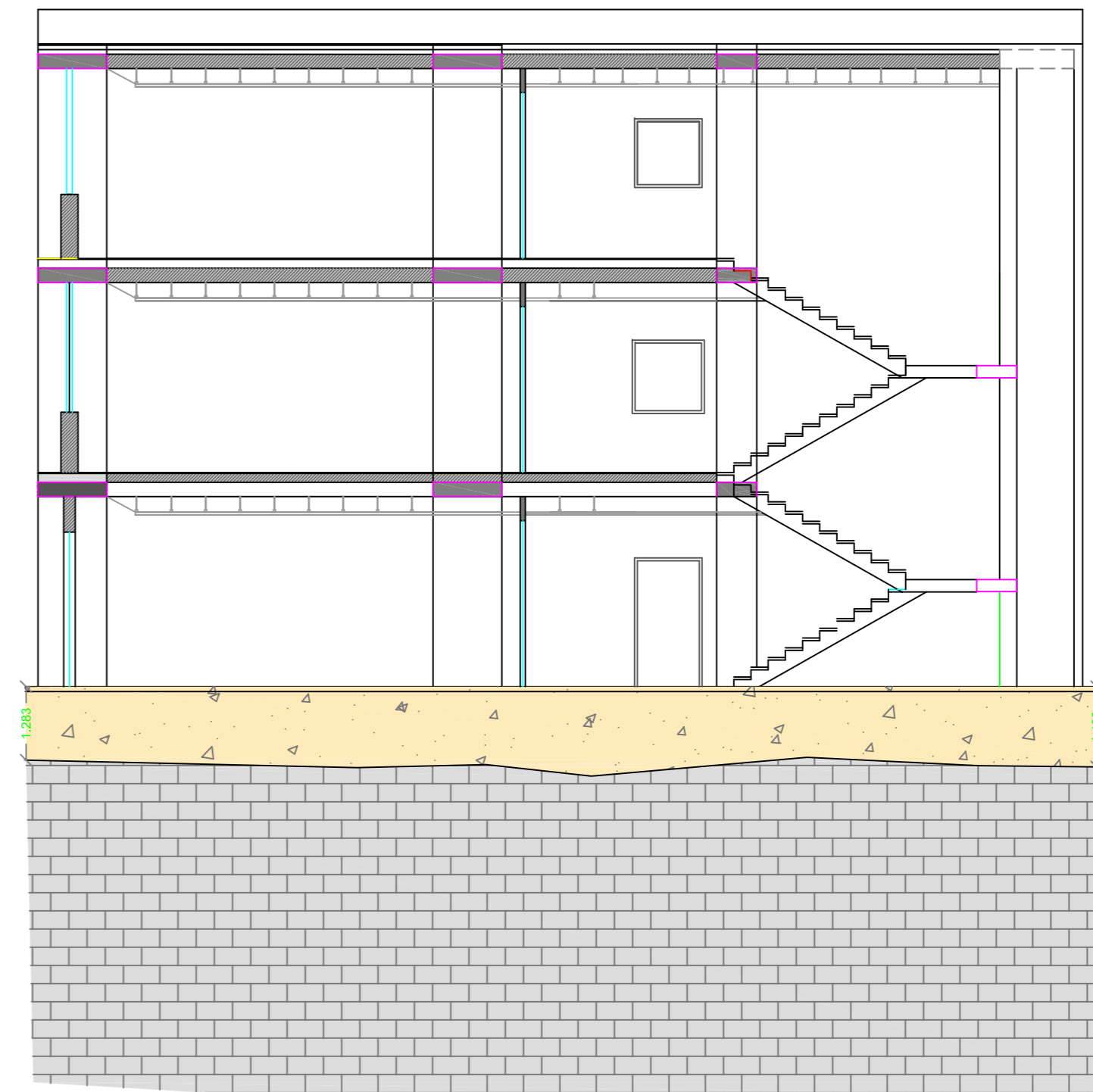
# Sezioni Geologiche

Scala 1: 100

SEZIONE B-B



SEZIONE A-A



## LEGENDA:

 Terreno di Copertura/Riempimento.

 Roccia Calcarea Mesozoica.





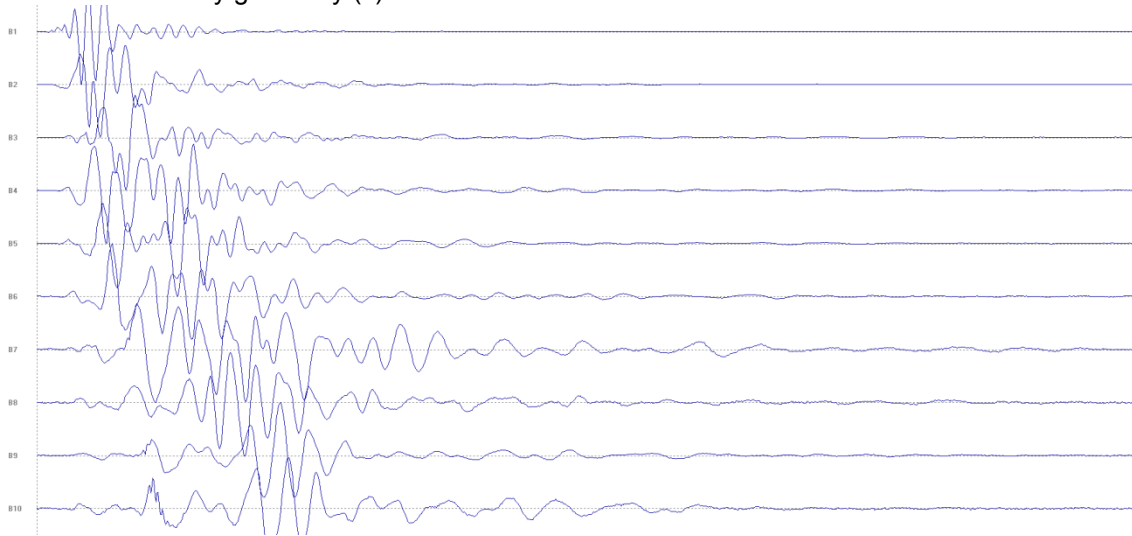
**TRACCE SEZIONI GEOLOGICHE**  
VISUALIZZAZIONE DA GOOGLE EARTH

Coordinate WGS84: Lat. 41.842535, Long. 13.094178

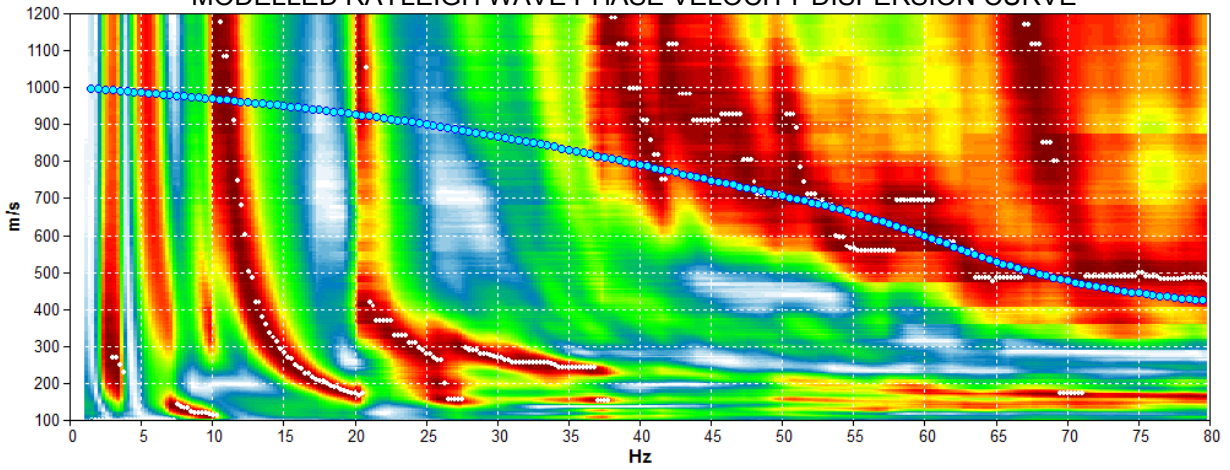
Coordinate ED50: Lat. 41.843522, Long. 13.095090

# MASW1

Array geometry (x): 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 m.

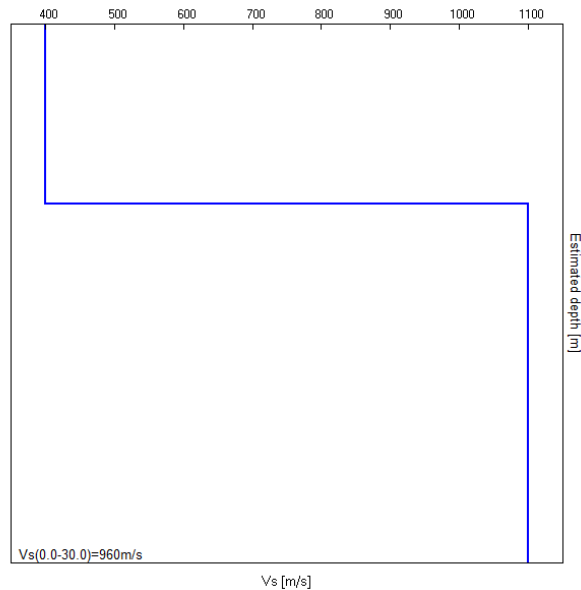


MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.50	2.50	400	0.20
inf.	inf.	1100	0.20

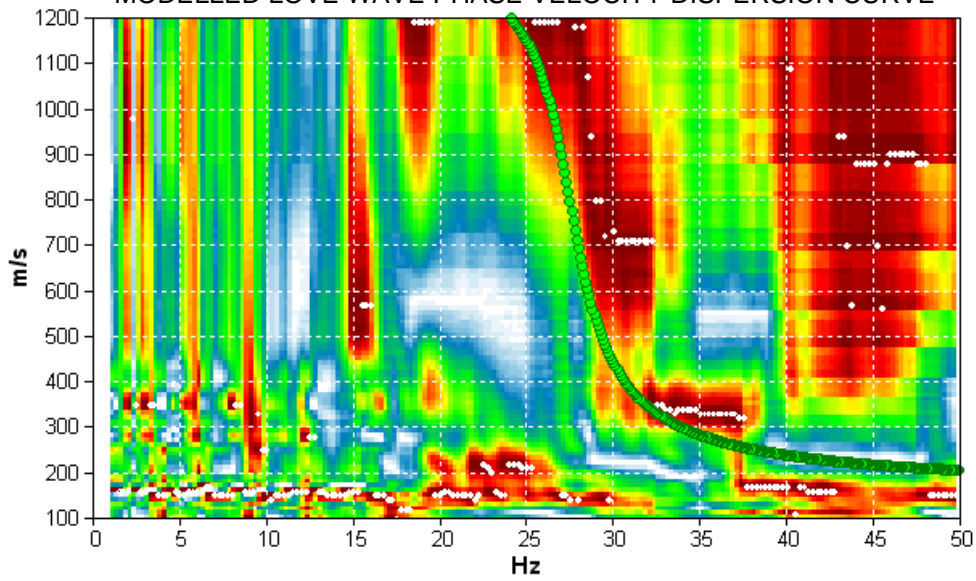
Vs(0.0-30.0)=960m/s



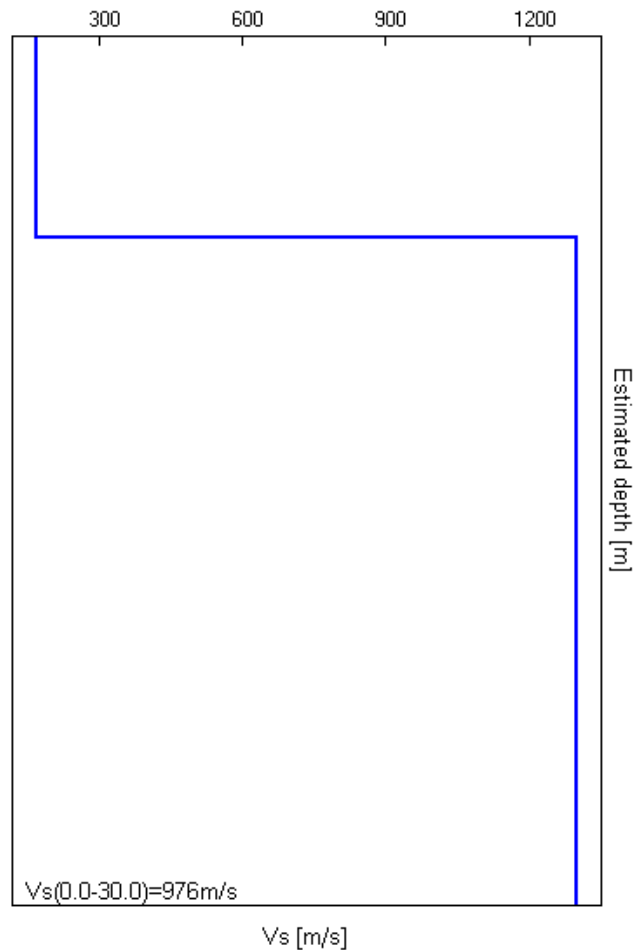
**MASW 2**

Array geometry (x): 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 m.

MODELLED LOVE WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.50	1.50	170	0.30
inf.	inf.	1300	0.35
		Vs(0.0-30.0)=976m/s	





# MASW 1













## UBICAZIONE DELLE PROVE



## INTRODUZIONE

### PROCEDURA DI CALCOLO

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;  $\rho$  la densità;  $G$  il modulo di deformazione al taglio;  $\eta$  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  $\omega$  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

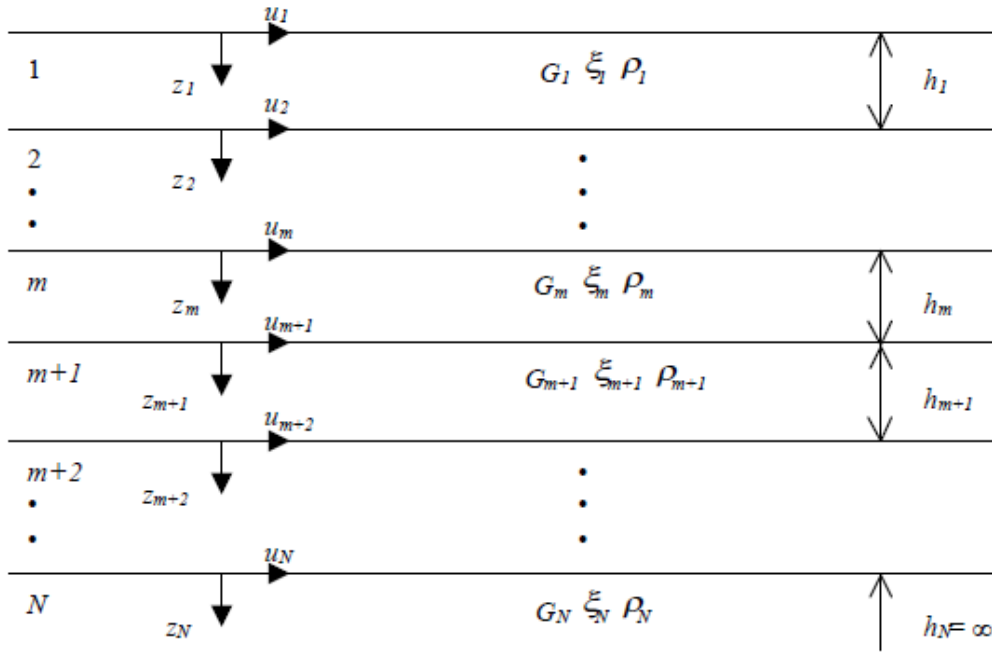
$$G^* = G(1 + 2i\xi) \quad (5)$$

avendo posto

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

dove  $\xi$  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:

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



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

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

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:

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

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.

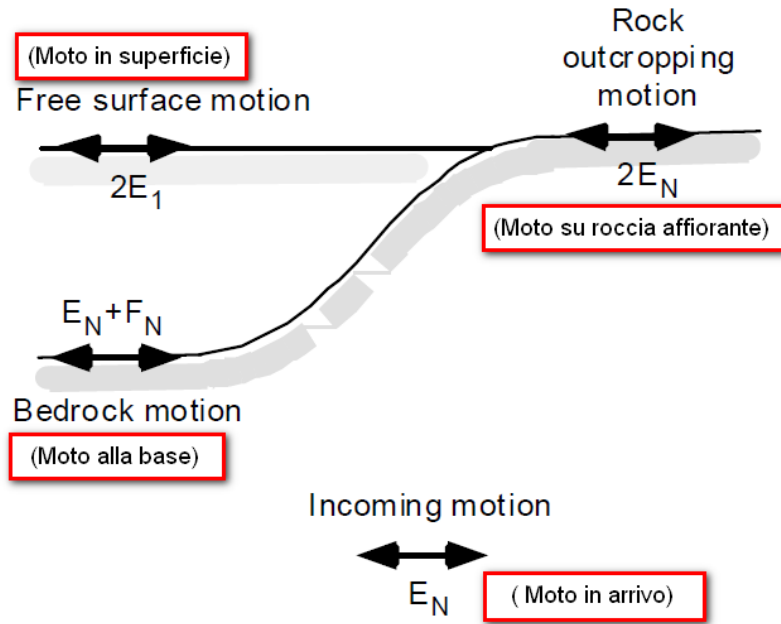


Figura 2: Schema di riferimento e terminologia utilizzata.

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  $\gamma$ . 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  $\gamma$ . 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:

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

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

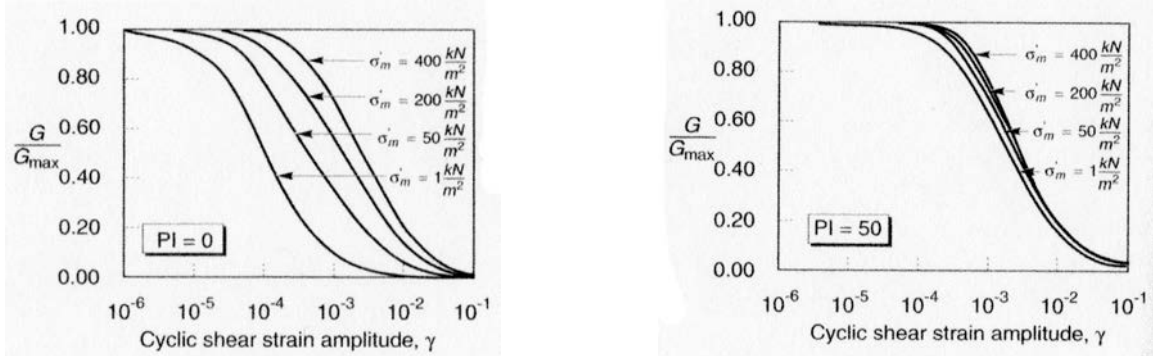
$$m(\gamma, PI) - m_0 = 0.272 \left\{ 1 - \tanh \left[ \ln \left( \frac{0.000556}{\gamma} \right)^{0.4} \right] \right\} \exp(-0.0145PI^{1.3}) \quad (26)$$

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

dove  $G_{max}$  è dato dalla relazione

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

dove  $\rho$  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.

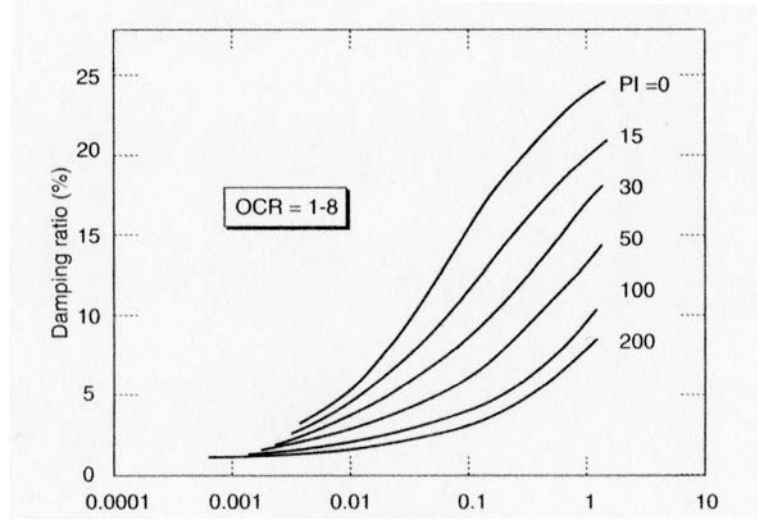


**Figura 2:** Influenza della pressione di confinamento e della plasticità sul modulo di deformazione al taglio.

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

$$\xi = 0.333 \frac{1 + \exp(-0.0145 PI^{1.5})}{2} \left[ 0.586 \left( \frac{G}{G_{max}} \right)^2 - 1.547 \frac{G}{G_{max}} + 1 \right] \quad (29)$$

da cui si deduce che anche  $\xi$  deve essere ricalcolato ad ogni iterazione.



**Figura 3:** Influenza della plasticità sul coefficiente di smorzamento viscoso.

## Dati generali

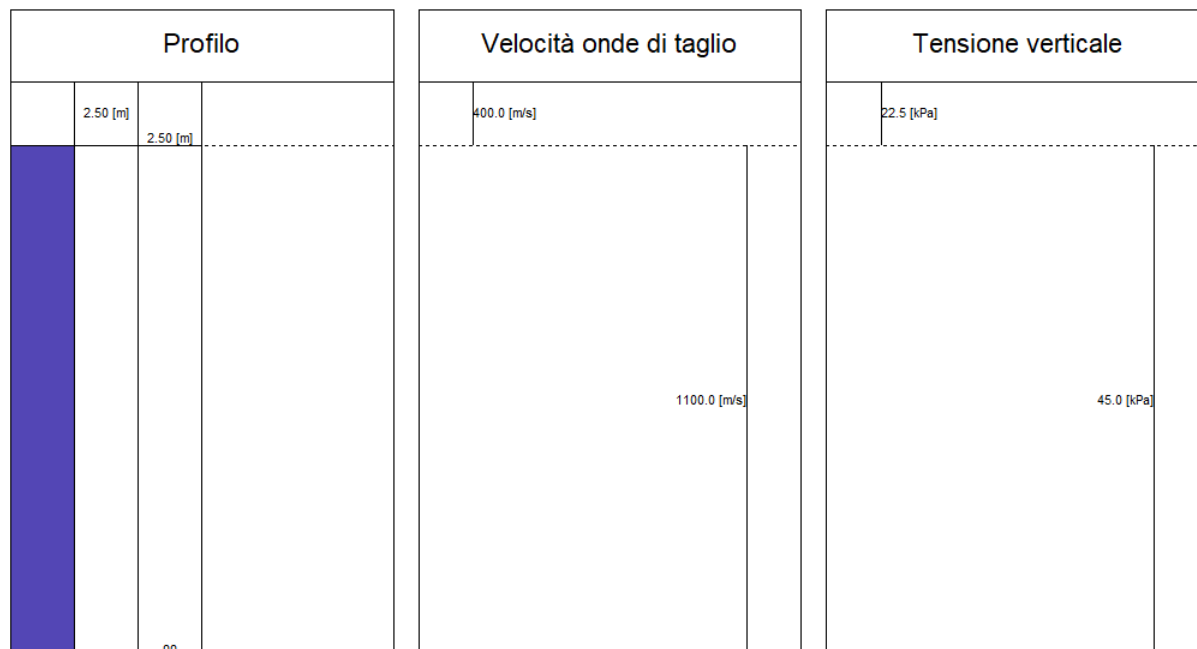
Via via Monte Scalambra 13, Lazio Italia  
 Latitudine 41,8425335[°]  
 Longitudine 13,094178 [°]

## Terreni

### Stratigrafia

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Numero sottostrati	Gmax [MPa]	Smorzamento critico [%]	Peso unità vol. [kN/m³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1		--	2.5	Smorzamento costante	0	293.58	--	18.0	400.0	22.5
2		oo	--	Smorzamento costante	0	2713.56	--	22.0	1100.0	45.0

Strato rilevamento accelerogramma: 2 Affiorante



## Elaborazione



Numero di iterazioni 50  
 Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.4  
 Tipo di modulo elastico Shake  
 Massimo errore percentuale di convergenza --

### Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.150 [s]
Tvi	2.600 [s]
Tao	0.150 [s]
Tvo	2.600 [s]
Sami	1.532 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmi	0.090 [m/s]
Samo	1.532 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmo	0.090 [m/s]
<b>Fa</b>	<b>1.000 [-]</b>
<b>Fv</b>	<b>1.000 [-]</b>
TB	0.123 [s]
TC	0.369 [s]
TD	1.825 [s]
SA(0)	0.551 [m/s <sup>2</sup> ]
SA(TB)	1.532 [m/s <sup>2</sup> ]

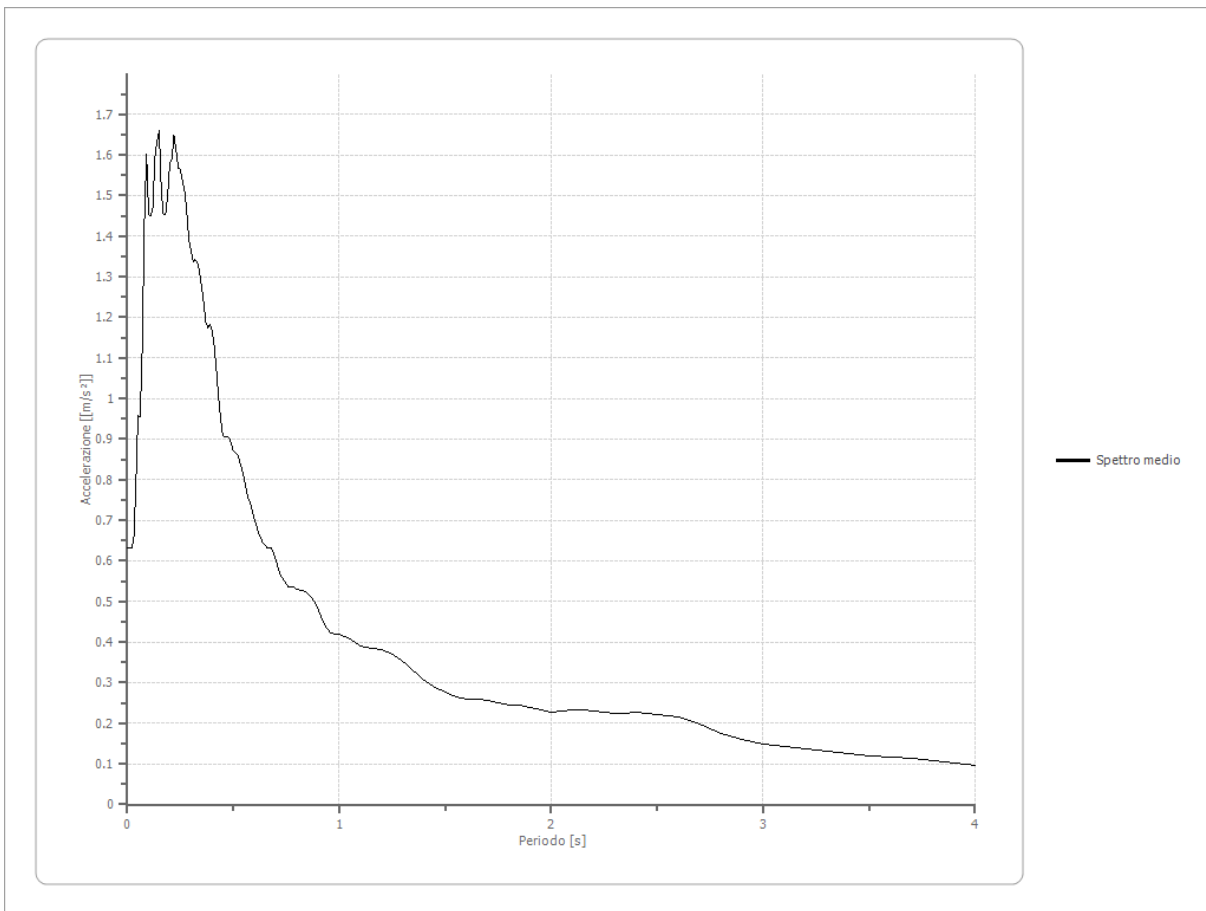
### Fattori di amplificazione su intensità spettrale

Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
--------------------	---------------------	------------------------	-------------------------	-------------------------------	----

### Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]
0.00	0.6311	0.26	1.5389	0.52	0.8631	0.98	0.4206	2.25	0.2279
0.01	0.6313	0.27	1.5114	0.53	0.8450	1.00	0.4192	2.30	0.2239
0.02	0.6311	0.28	1.4583	0.54	0.8258	1.05	0.4064	2.35	0.2232
0.03	0.6539	0.29	1.3914	0.55	0.8061	1.10	0.3889	2.40	0.2257
0.04	0.7840	0.30	1.3661	0.56	0.7772	1.15	0.3835	2.50	0.2216
0.05	0.9586	0.31	1.3361	0.57	0.7551	1.20	0.3812	2.60	0.2161
0.06	0.9565	0.32	1.3416	0.58	0.7426	1.25	0.3711	2.70	0.1981
0.07	1.1238	0.33	1.3377	0.60	0.7030	1.30	0.3517	2.80	0.1757
0.08	1.4291	0.34	1.3139	0.62	0.6682	1.35	0.3277	2.90	0.1592
0.09	1.6005	0.35	1.2755	0.64	0.6451	1.40	0.3051	3.00	0.1500
0.10	1.4522	0.36	1.2388	0.66	0.6308	1.45	0.2892	3.10	0.1434
0.11	1.4503	0.37	1.1896	0.68	0.6307	1.50	0.2753	3.20	0.1376
0.12	1.4696	0.38	1.1727	0.70	0.6035	1.55	0.2655	3.30	0.1320
0.13	1.5953	0.39	1.1819	0.72	0.5694	1.60	0.2592	3.40	0.1257
0.14	1.6334	0.40	1.1658	0.74	0.5492	1.65	0.2580	3.50	0.1201
0.15	1.6615	0.41	1.1296	0.76	0.5368	1.70	0.2550	3.60	0.1157

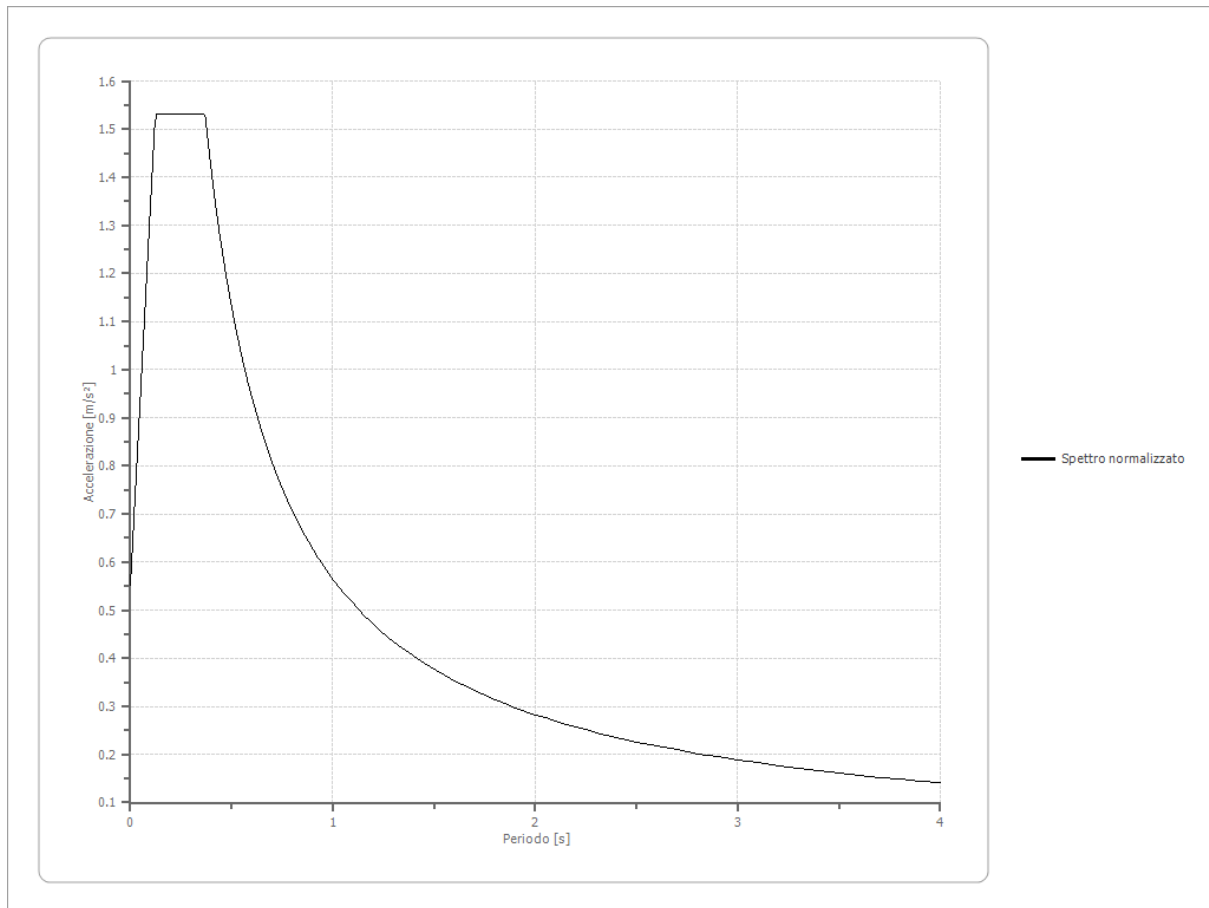
0.16	1.5111	0.42	1.0703	0.78	0.5349	1.75	0.2494	3.70	0.1124
0.17	1.4535	0.43	1.0053	0.80	0.5301	1.80	0.2460	3.80	0.1080
0.18	1.4543	0.44	0.9505	0.82	0.5265	1.85	0.2440	3.90	0.1029
0.19	1.4986	0.45	0.9096	0.84	0.5236	1.90	0.2390	4.00	0.0965
0.20	1.5786	0.46	0.9052	0.86	0.5153	1.95	0.2325		
0.21	1.5891	0.47	0.9047	0.88	0.5004	2.00	0.2280		
0.22	1.6478	0.48	0.9016	0.90	0.4799	2.05	0.2295		
0.23	1.6114	0.49	0.8874	0.92	0.4548	2.10	0.2318		
0.24	1.5671	0.50	0.8701	0.94	0.4347	2.15	0.2325		
0.25	1.5637	0.51	0.8665	0.96	0.4212	2.20	0.2311		



### Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]
0.00	0.5515	0.26	1.5322	0.52	1.0868	0.98	0.5767	2.25	0.2512
0.01	0.6313	0.27	1.5322	0.53	1.0663	1.00	0.5651	2.30	0.2457
0.02	0.7110	0.28	1.5322	0.54	1.0465	1.05	0.5382	2.35	0.2405
0.03	0.7908	0.29	1.5322	0.55	1.0275	1.10	0.5137	2.40	0.2355
0.04	0.8705	0.30	1.5322	0.56	1.0091	1.15	0.4914	2.50	0.2260
0.05	0.9503	0.31	1.5322	0.57	0.9914	1.20	0.4709	2.60	0.2174
0.06	1.0301	0.32	1.5322	0.58	0.9743	1.25	0.4521	2.70	0.2093
0.07	1.1098	0.33	1.5322	0.60	0.9419	1.30	0.4347	2.80	0.2018
0.08	1.1896	0.34	1.5322	0.62	0.9115	1.35	0.4186	2.90	0.1949

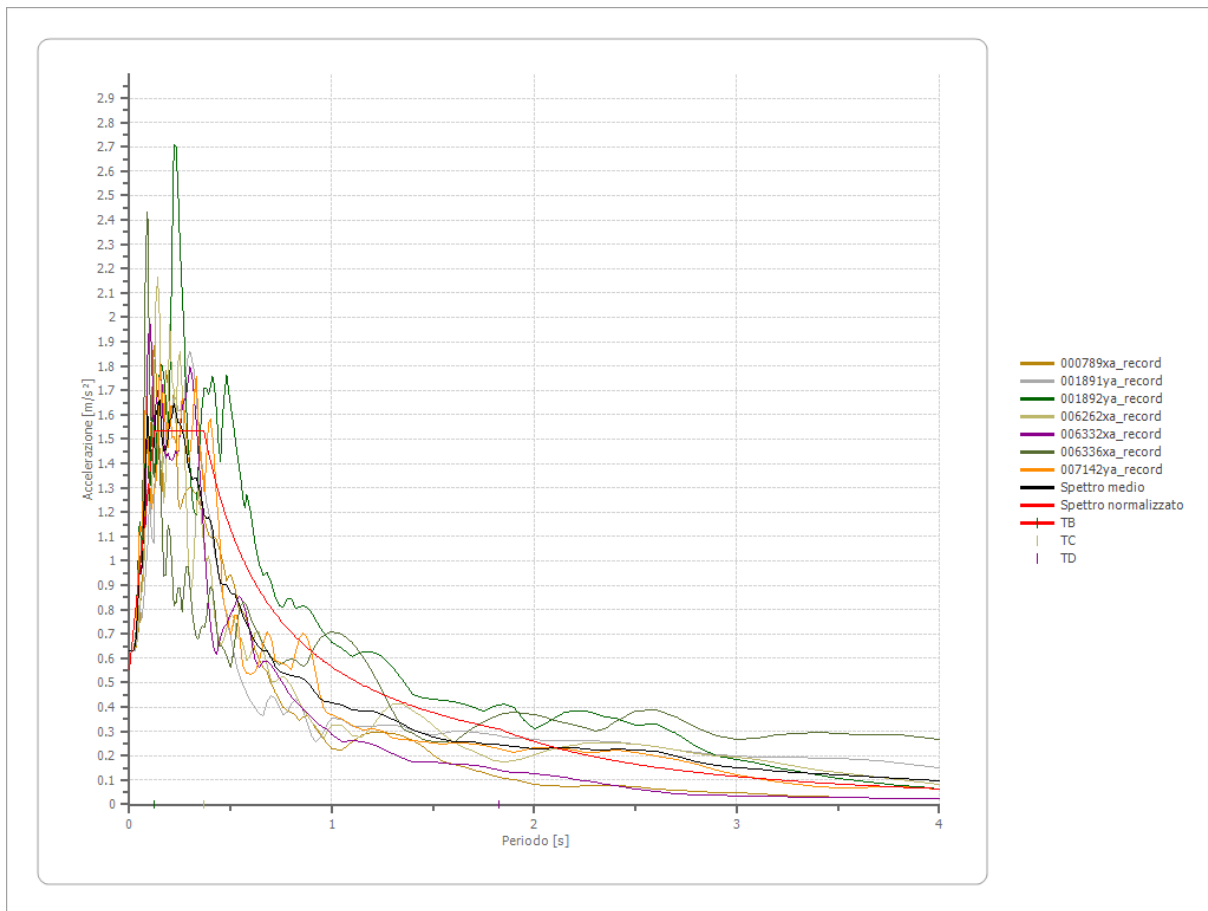
0.09	1.2694	0.35	1.5322	0.64	0.8830	1.40	0.4037	3.00	0.1884
0.10	1.3491	0.36	1.5322	0.66	0.8562	1.45	0.3897	3.10	0.1823
0.11	1.4289	0.37	1.5273	0.68	0.8311	1.50	0.3767	3.20	0.1766
0.12	1.5086	0.38	1.4872	0.70	0.8073	1.55	0.3646	3.30	0.1712
0.13	1.5322	0.39	1.4490	0.72	0.7849	1.60	0.3532	3.40	0.1662
0.14	1.5322	0.40	1.4128	0.74	0.7637	1.65	0.3425	3.50	0.1615
0.15	1.5322	0.41	1.3783	0.76	0.7436	1.70	0.3324	3.60	0.1570
0.16	1.5322	0.42	1.3455	0.78	0.7245	1.75	0.3229	3.70	0.1527
0.17	1.5322	0.43	1.3142	0.80	0.7064	1.80	0.3140	3.80	0.1487
0.18	1.5322	0.44	1.2844	0.82	0.6892	1.85	0.3055	3.90	0.1449
0.19	1.5322	0.45	1.2558	0.84	0.6728	1.90	0.2974	4.00	0.1413
0.20	1.5322	0.46	1.2285	0.86	0.6571	1.95	0.2898		
0.21	1.5322	0.47	1.2024	0.88	0.6422	2.00	0.2826		
0.22	1.5322	0.48	1.1773	0.90	0.6279	2.05	0.2757		
0.23	1.5322	0.49	1.1533	0.92	0.6143	2.10	0.2691		
0.24	1.5322	0.50	1.1302	0.94	0.6012	2.15	0.2628		
0.25	1.5322	0.51	1.1081	0.96	0.5887	2.20	0.2569		



**Parametri spettro normalizzato**

Ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]	S
0.551	2.778217	--	0.123	0.369	1.825	0.551	1.532	0.864

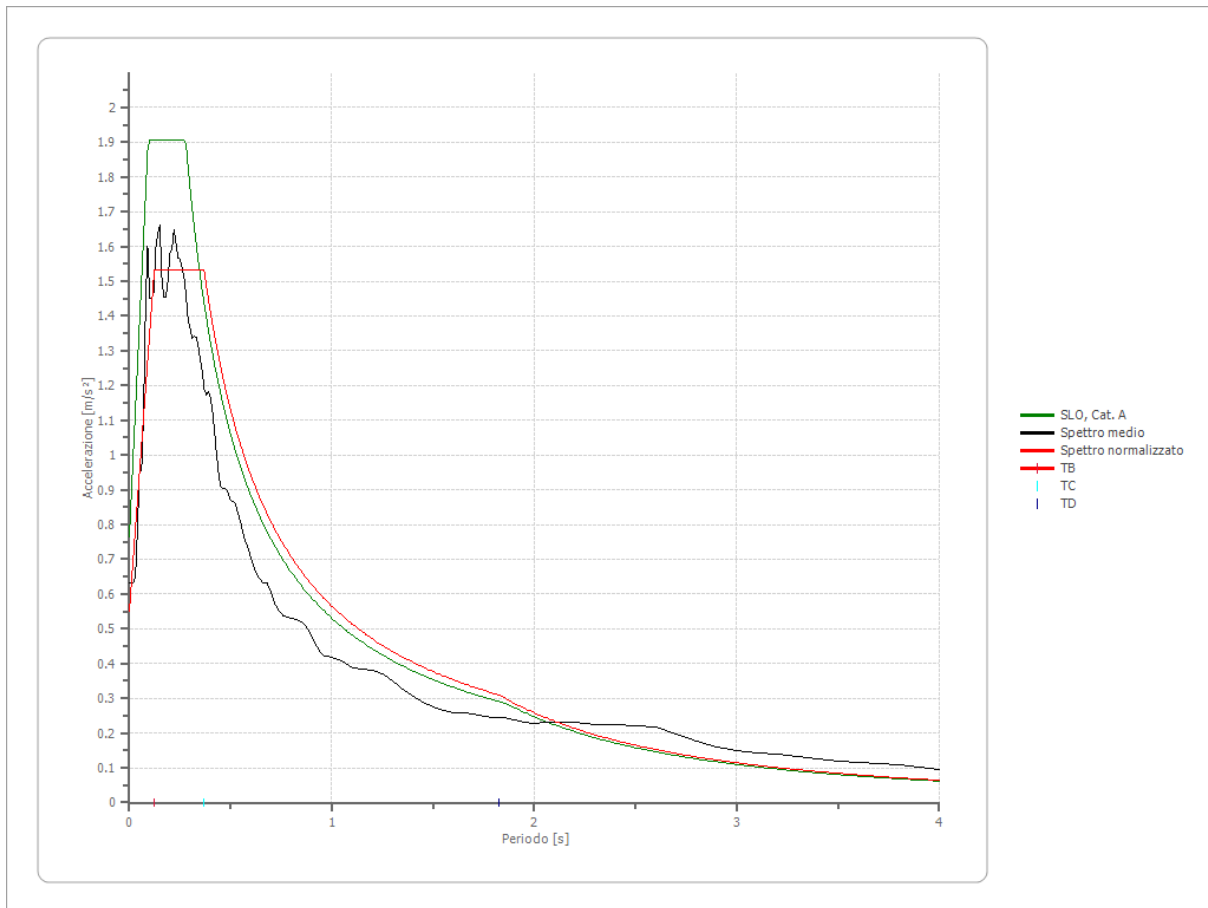
## Confronto tra gli spettri



## Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

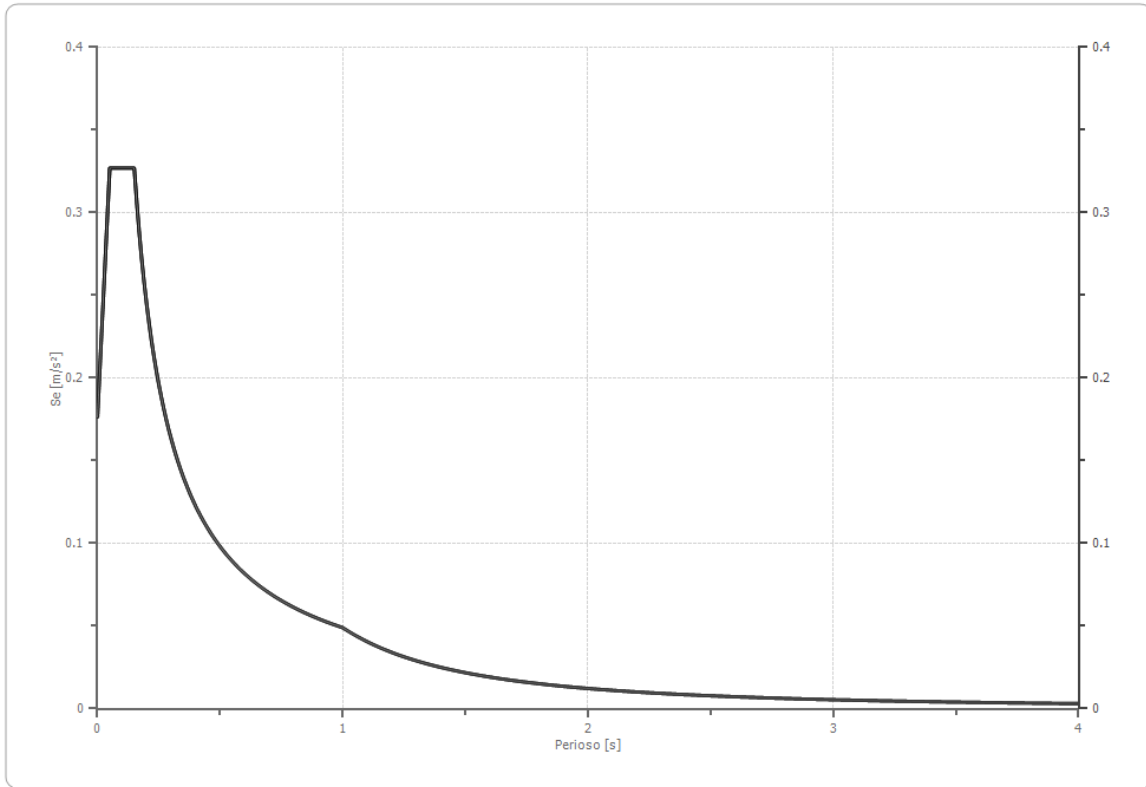
	Operatività SLO	Danno SLD	Salvaguardia vita SLV	Prev. collasso SLC
Tr [anni]	45	75	712	1462
ag [ $m/s^2$ ]	0.638	0.775	1.736	2.139
Fo	2.491	2.497	2.485	2.507
Tc* [s]	0.278	0.289	0.329	0.339
Ss	1.00	1.00	1.00	1.00
St	1.20	1.20	1.20	1.20
Cc	1.00	1.00	1.00	1.00
TB [s]	0.093	0.096	0.110	0.113
TC [s]	0.278	0.289	0.329	0.339
TD [s]	1.860	1.916	2.308	2.472
Se(0) [ $m/s^2$ ]	0.766	0.930	2.083	2.567
Se(TB) [ $m/s^2$ ]	1.907	2.322	5.177	6.435



**Spettro verticale di progetto**

Ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0	Tc*	Fv	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]
0.551	2.778	0.150	0.889	1.5	0.050	0.150	1.000	0.177	0.327

Spettro verticale di progetto



## Indice

Dati generali	.7
Terreni	.7
Stratigrafia	.7
Elaborazione	.7
Fattori di amplificazione ICMS 2018	.8
Fattori di amplificazione su intensità spettrale	.8
Spettro medio di risposta elastico	.8
Spettro normalizzato di risposta elastico	.9
Confronto tra gli spettri	.11
Confronto spettro normativa	.11
Spettro verticale di progetto	.12
Indice	.14



Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.4  
 Tipo di modulo elastico Shake  
 Massimo errore percentuale di convergenza --

### Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.130 [s]
Tvi	3.800 [s]
Tao	0.130 [s]
Tvo	3.800 [s]
Sami	1.786 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmi	0.101 [m/s]
Samo	1.786 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmo	0.101 [m/s]
<b>Fa</b>	<b>1.000 [-]</b>
<b>Fv</b>	<b>1.000 [-]</b>
TB	0.118 [s]
TC	0.354 [s]
TD	1.875 [s]
SA(0)	0.675 [m/s <sup>2</sup> ]
SA(TB)	1.786 [m/s <sup>2</sup> ]

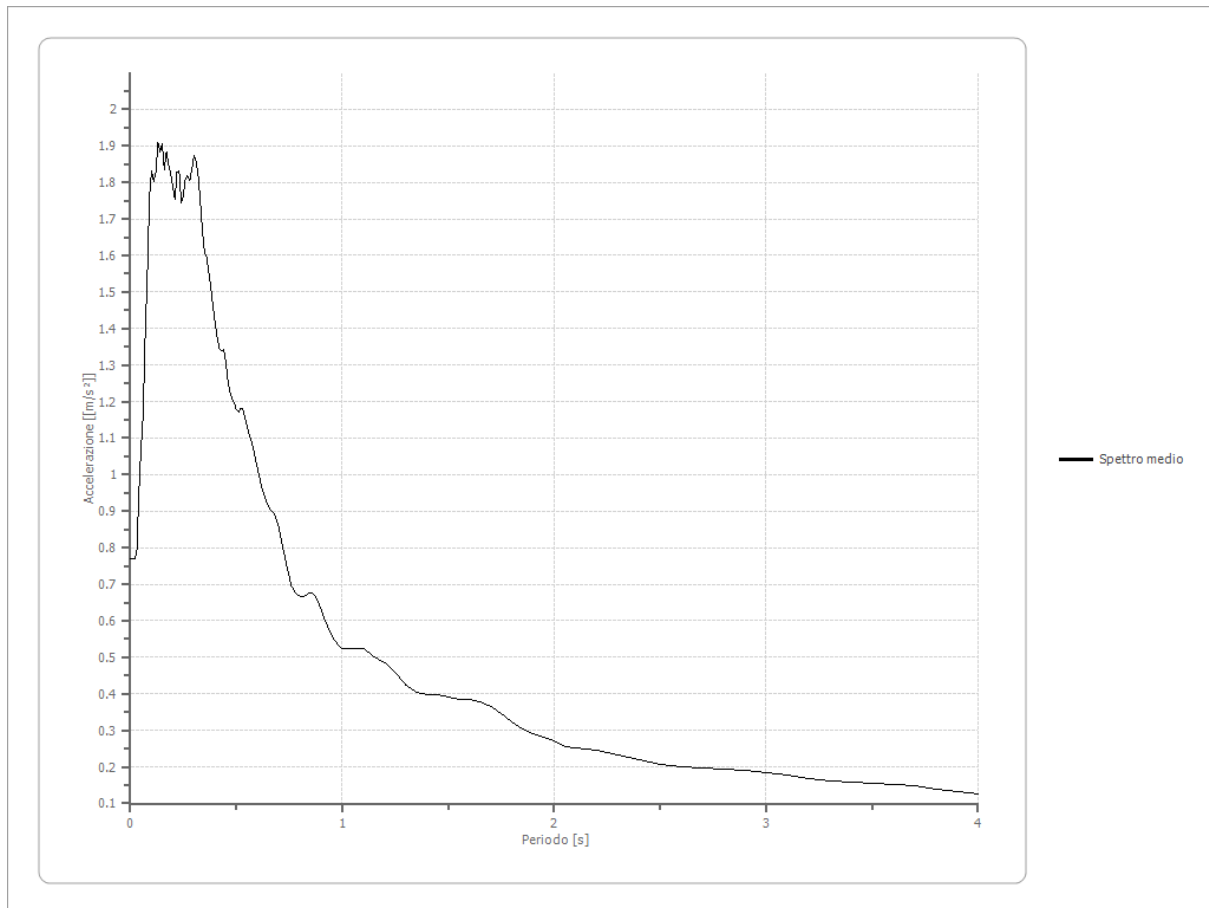
### Fattori di amplificazione su intensità spettrale

Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
--------------------	---------------------	------------------------	-------------------------	-------------------------------	----

### Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]
0.00	0.7689	0.26	1.8114	0.52	1.1823	0.98	0.5335	2.25	0.2387
0.01	0.7691	0.27	1.8197	0.53	1.1806	1.00	0.5227	2.30	0.2319
0.02	0.7690	0.28	1.8067	0.54	1.1597	1.05	0.5230	2.35	0.2265
0.03	0.7880	0.29	1.8353	0.55	1.1317	1.10	0.5230	2.40	0.2208
0.04	0.9489	0.30	1.8748	0.56	1.1084	1.15	0.5016	2.50	0.2080
0.05	1.0722	0.31	1.8562	0.57	1.0924	1.20	0.4837	2.60	0.2015
0.06	1.1638	0.32	1.8169	0.58	1.0717	1.25	0.4580	2.70	0.1968
0.07	1.3882	0.33	1.7486	0.60	1.0159	1.30	0.4232	2.80	0.1922
0.08	1.5463	0.34	1.6660	0.62	0.9633	1.35	0.4027	2.90	0.1905
0.09	1.7639	0.35	1.6084	0.64	0.9289	1.40	0.3978	3.00	0.1835
0.10	1.8300	0.36	1.5962	0.66	0.9072	1.45	0.3977	3.10	0.1765
0.11	1.8022	0.37	1.5515	0.68	0.8943	1.50	0.3914	3.20	0.1691
0.12	1.8281	0.38	1.5109	0.70	0.8584	1.55	0.3840	3.30	0.1630
0.13	1.9095	0.39	1.4594	0.72	0.7996	1.60	0.3836	3.40	0.1589
0.14	1.8836	0.40	1.4153	0.74	0.7444	1.65	0.3775	3.50	0.1562
0.15	1.9052	0.41	1.3763	0.76	0.6957	1.70	0.3650	3.60	0.1530
0.16	1.8334	0.42	1.3447	0.78	0.6776	1.75	0.3445	3.70	0.1480

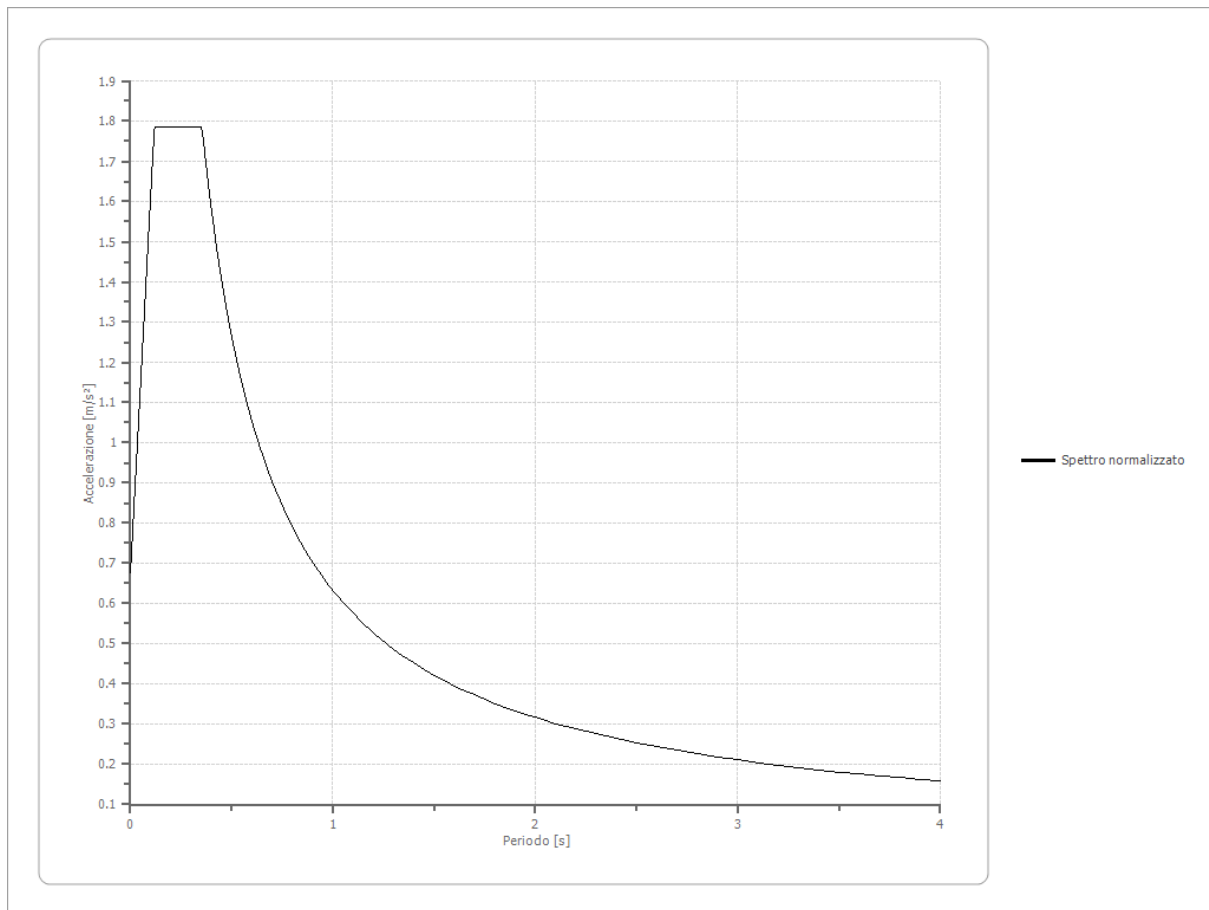
0.17	1.8828	0.43	1.3400	0.80	0.6678	1.80	0.3247	3.80	0.1393
0.18	1.8474	0.44	1.3415	0.82	0.6671	1.85	0.3034	3.90	0.1333
0.19	1.8259	0.45	1.3119	0.84	0.6754	1.90	0.2903	4.00	0.1263
0.20	1.7893	0.46	1.2560	0.86	0.6760	1.95	0.2819		
0.21	1.7528	0.47	1.2255	0.88	0.6603	2.00	0.2711		
0.22	1.8271	0.48	1.2069	0.90	0.6312	2.05	0.2562		
0.23	1.8298	0.49	1.1971	0.92	0.5986	2.10	0.2528		
0.24	1.7456	0.50	1.1785	0.94	0.5714	2.15	0.2498		
0.25	1.7622	0.51	1.1722	0.96	0.5496	2.20	0.2451		



### Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]
0.00	0.6750	0.26	1.7857	0.52	1.2165	0.98	0.6455	2.25	0.2811
0.01	0.7691	0.27	1.7857	0.53	1.1935	1.00	0.6326	2.30	0.2750
0.02	0.8631	0.28	1.7857	0.54	1.1714	1.05	0.6025	2.35	0.2692
0.03	0.9572	0.29	1.7857	0.55	1.1501	1.10	0.5751	2.40	0.2636
0.04	1.0513	0.30	1.7857	0.56	1.1296	1.15	0.5501	2.50	0.2530
0.05	1.1453	0.31	1.7857	0.57	1.1098	1.20	0.5271	2.60	0.2433
0.06	1.2394	0.32	1.7857	0.58	1.0907	1.25	0.5061	2.70	0.2343
0.07	1.3334	0.33	1.7857	0.60	1.0543	1.30	0.4866	2.80	0.2259
0.08	1.4275	0.34	1.7857	0.62	1.0203	1.35	0.4686	2.90	0.2181
0.09	1.5216	0.35	1.7857	0.64	0.9884	1.40	0.4518	3.00	0.2109

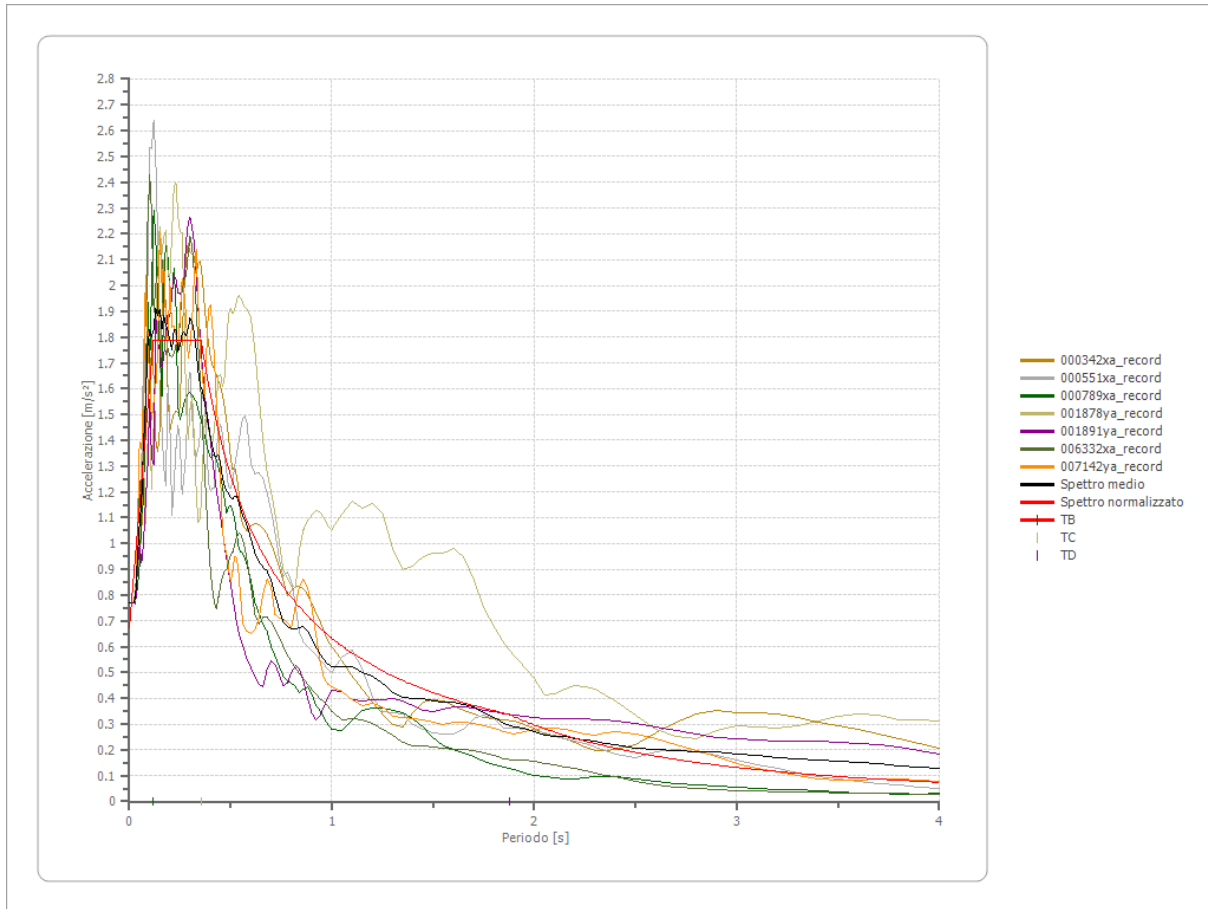
0.10	1.6156	0.36	1.7572	0.66	0.9585	1.45	0.4363	3.10	0.2041
0.11	1.7097	0.37	1.7097	0.68	0.9303	1.50	0.4217	3.20	0.1977
0.12	1.7857	0.38	1.6647	0.70	0.9037	1.55	0.4081	3.30	0.1917
0.13	1.7857	0.39	1.6220	0.72	0.8786	1.60	0.3954	3.40	0.1861
0.14	1.7857	0.40	1.5814	0.74	0.8548	1.65	0.3834	3.50	0.1807
0.15	1.7857	0.41	1.5429	0.76	0.8323	1.70	0.3721	3.60	0.1757
0.16	1.7857	0.42	1.5061	0.78	0.8110	1.75	0.3615	3.70	0.1710
0.17	1.7857	0.43	1.4711	0.80	0.7907	1.80	0.3514	3.80	0.1665
0.18	1.7857	0.44	1.4377	0.82	0.7714	1.85	0.3419	3.90	0.1622
0.19	1.7857	0.45	1.4057	0.84	0.7531	1.90	0.3329	4.00	0.1581
0.20	1.7857	0.46	1.3752	0.86	0.7356	1.95	0.3244		
0.21	1.7857	0.47	1.3459	0.88	0.7188	2.00	0.3163		
0.22	1.7857	0.48	1.3179	0.90	0.7029	2.05	0.3086		
0.23	1.7857	0.49	1.2910	0.92	0.6876	2.10	0.3012		
0.24	1.7857	0.50	1.2652	0.94	0.6730	2.15	0.2942		
0.25	1.7857	0.51	1.2404	0.96	0.6589	2.20	0.2875		



### Parametri spettro normalizzato

Ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]	S
0.675	2.645468	--	0.118	0.354	1.875	0.675	1.786	0.871

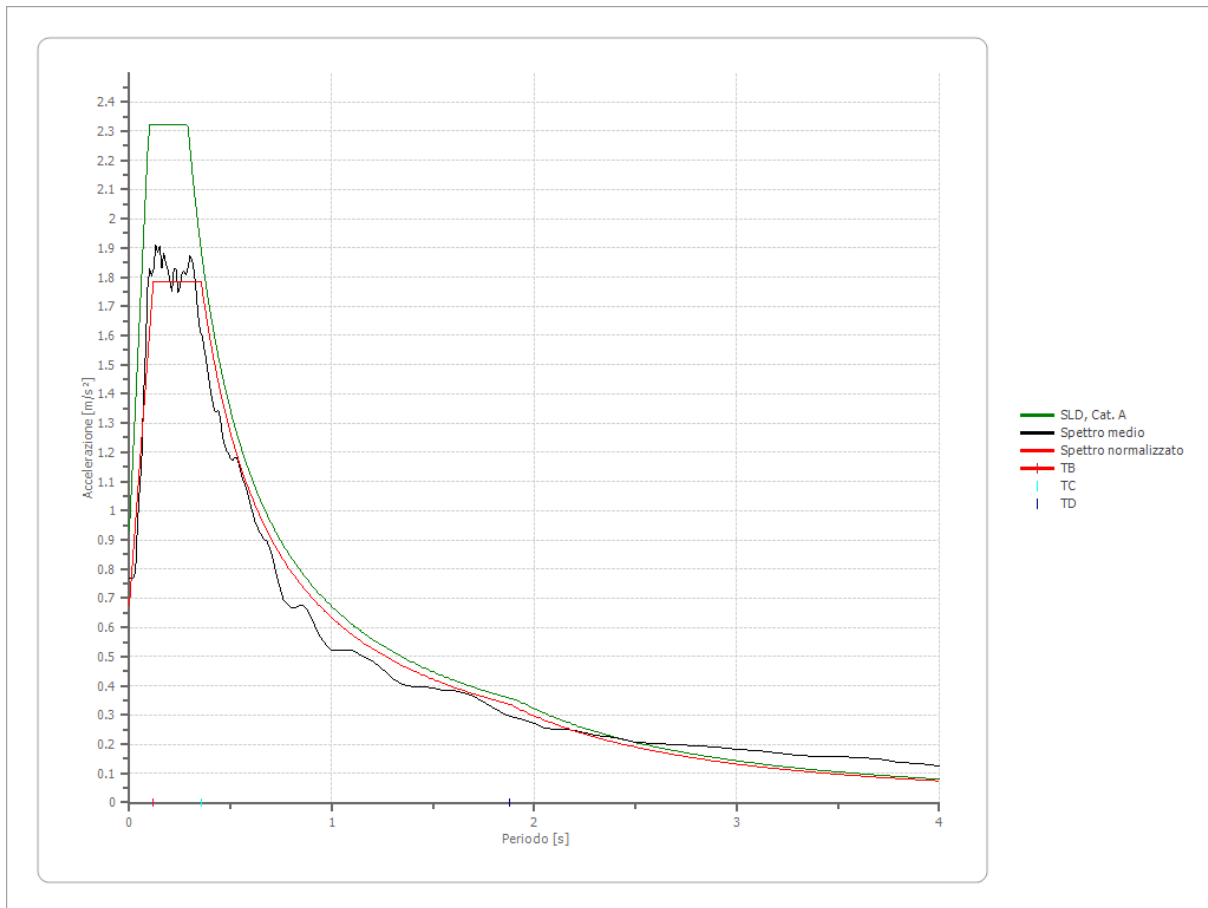
### Confronto tra gli spettri



### Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO	Danno SLD	Salvaguardia vita SLV	Prev. collasso SLC
Tr [anni]	45	75	712	1462
ag [m/s <sup>2</sup> ]	0.638	0.775	1.736	2.139
Fo	2.491	2.497	2.485	2.507
Tc* [s]	0.278	0.289	0.329	0.339
Ss	1.00	1.00	1.00	1.00
St	1.20	1.20	1.20	1.20
Cc	1.00	1.00	1.00	1.00
TB [s]	0.093	0.096	0.110	0.113
TC [s]	0.278	0.289	0.329	0.339
TD [s]	1.860	1.916	2.308	2.472
Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	0.766	0.930	2.083	2.567
Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]	1.907	2.322	5.177	6.435

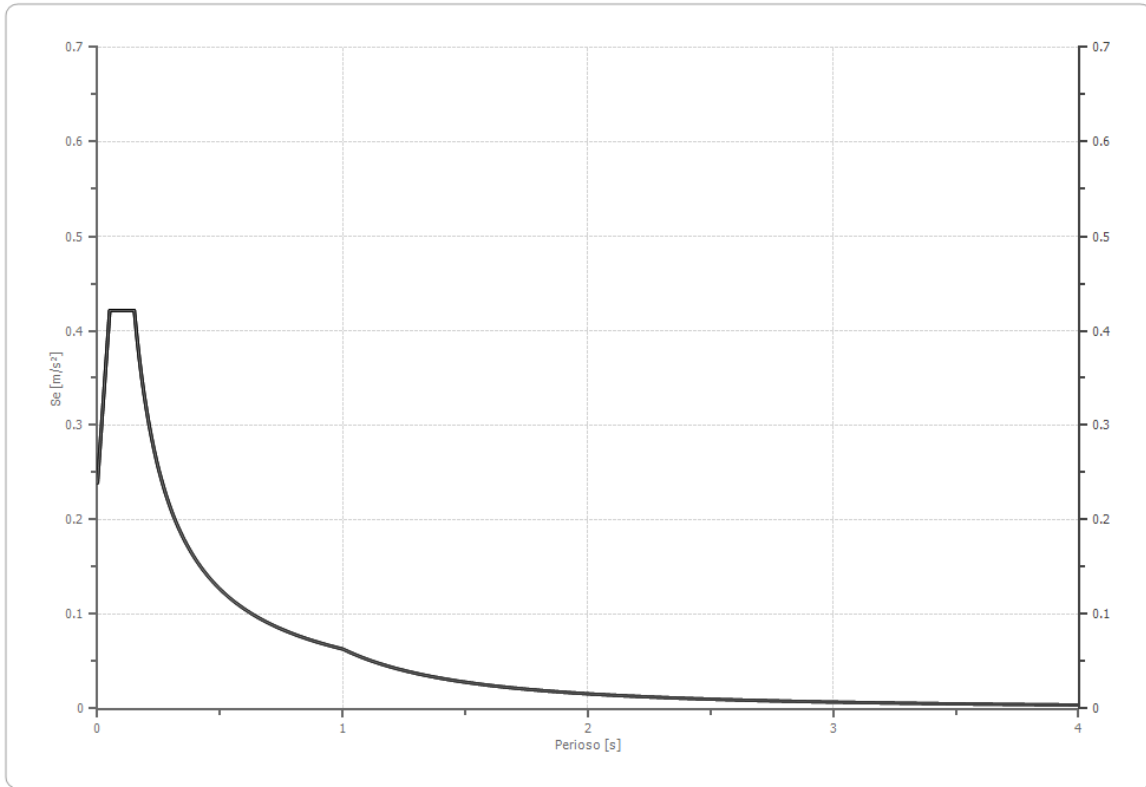


### Spettro verticale di progetto

Ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0	Tc*	Fv	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]
0.675	2.645	0.150	0.937	1.5	0.050	0.150	1.000	0.239	0.422



Spettro verticale di progetto



## Indice

Dati generali	.7
Terreni	.7
Stratigrafia	.7
Elaborazione	.7
Fattori di amplificazione ICMS 2018	.8
Fattori di amplificazione su intensità spettrale	.8
Spettro medio di risposta elastico	.8
Spettro normalizzato di risposta elastico	.9
Confronto tra gli spettri	.11
Confronto spettro normativa	.11
Spettro verticale di progetto	.12
Indice	.14

Numero di iterazioni 50  
 Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.4  
 Tipo di modulo elastico Shake  
 Massimo errore percentuale di convergenza --

### Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.160 [s]
Tvi	2.000 [s]
Tao	0.160 [s]
Tvo	2.000 [s]
Sami	4.293 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmi	0.272 [m/s]
Samo	4.293 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmo	0.272 [m/s]
<b>Fa</b>	<b>1.000 [-]</b>
<b>Fv</b>	<b>1.000 [-]</b>
TB	0.133 [s]
TC	0.399 [s]
TD	2.217 [s]
SA(0)	1.513 [m/s <sup>2</sup> ]
SA(TB)	4.293 [m/s <sup>2</sup> ]

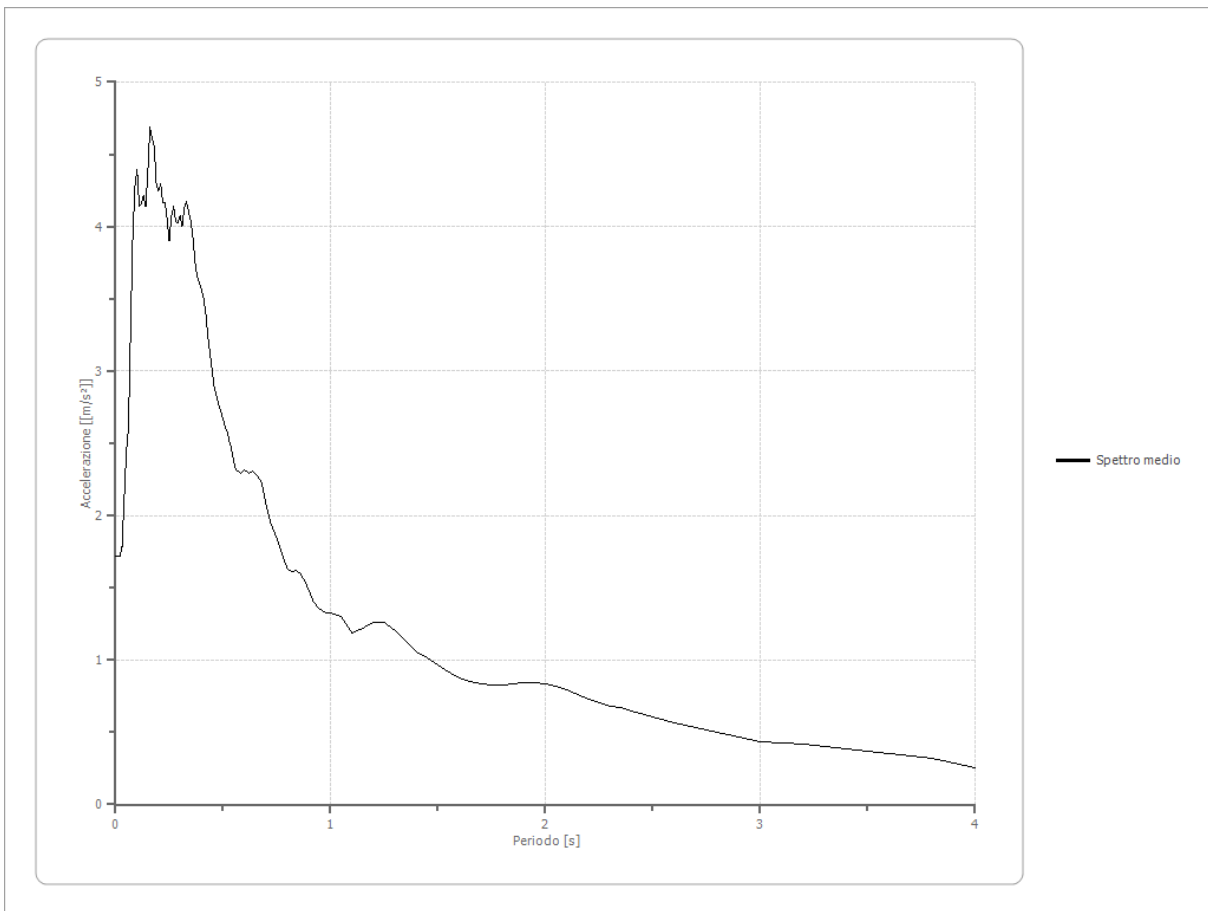
### Fattori di amplificazione su intensità spettrale

Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
--------------------	---------------------	------------------------	-------------------------	-------------------------------	----

### Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]
0.00	1.7220	0.26	4.0739	0.52	2.5766	0.98	1.3289	2.25	0.6999
0.01	1.7223	0.27	4.1375	0.53	2.5143	1.00	1.3250	2.30	0.6805
0.02	1.7221	0.28	4.0324	0.54	2.4545	1.05	1.3000	2.35	0.6673
0.03	1.7836	0.29	4.0259	0.55	2.3700	1.10	1.1880	2.40	0.6482
0.04	2.1128	0.30	4.0767	0.56	2.3146	1.15	1.2225	2.50	0.6026
0.05	2.4346	0.31	3.9983	0.57	2.3051	1.20	1.2621	2.60	0.5627
0.06	2.6104	0.32	4.1323	0.58	2.2945	1.25	1.2567	2.70	0.5335
0.07	3.2916	0.33	4.1754	0.60	2.3124	1.30	1.2043	2.80	0.4979
0.08	3.9301	0.34	4.0981	0.62	2.2911	1.35	1.1264	2.90	0.4643
0.09	4.2794	0.35	4.0385	0.64	2.3043	1.40	1.0525	3.00	0.4377
0.10	4.3929	0.36	3.9206	0.66	2.2781	1.45	1.0152	3.10	0.4291
0.11	4.1411	0.37	3.7473	0.68	2.2224	1.50	0.9639	3.20	0.4179
0.12	4.1567	0.38	3.6505	0.70	2.0785	1.55	0.9148	3.30	0.4022
0.13	4.2126	0.39	3.6111	0.72	1.9567	1.60	0.8796	3.40	0.3818
0.14	4.1397	0.40	3.5656	0.74	1.8851	1.65	0.8474	3.50	0.3649
0.15	4.3709	0.41	3.5035	0.76	1.8015	1.70	0.8352	3.60	0.3496

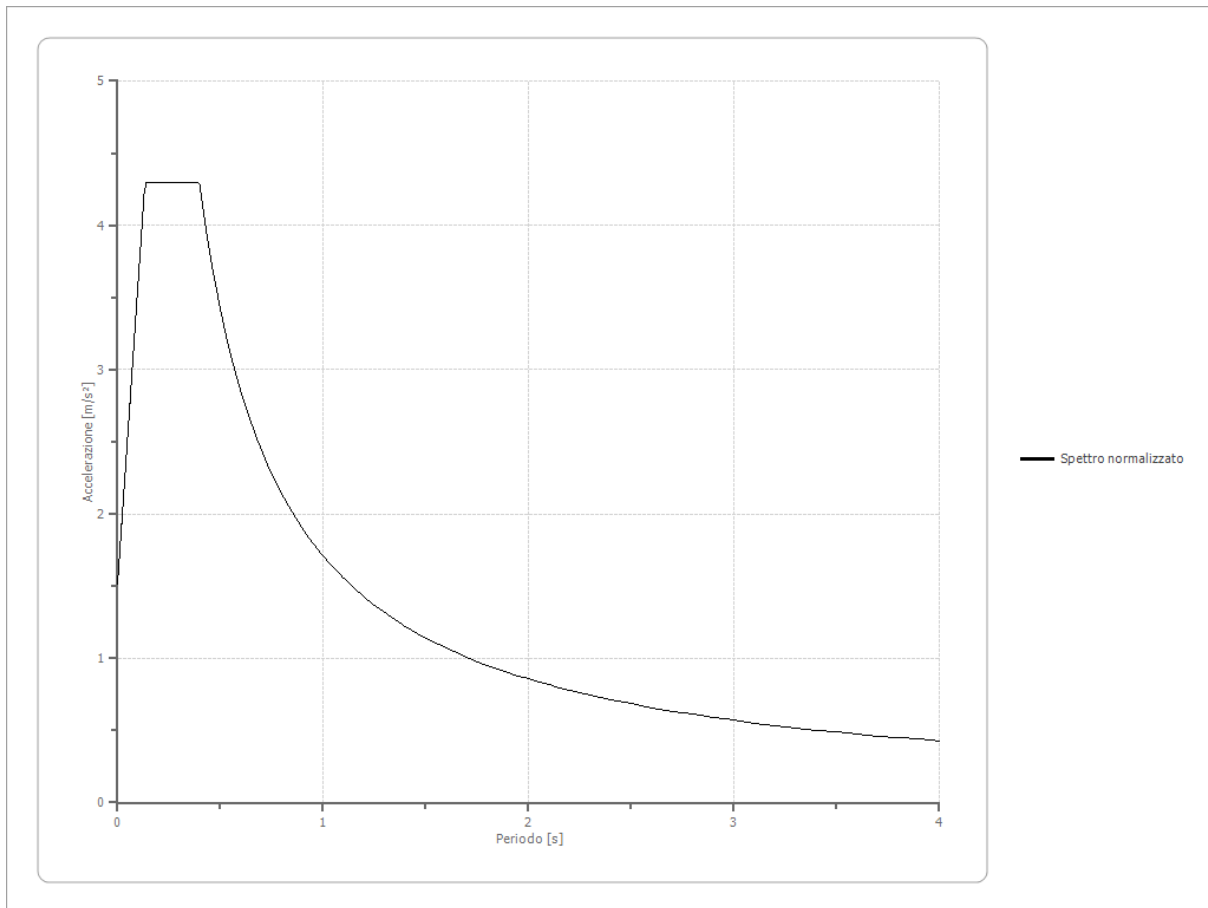
0.16	4.6930	0.42	3.3946	0.78	1.7113	1.75	0.8276	3.70	0.3369
0.17	4.6087	0.43	3.2336	0.80	1.6260	1.80	0.8297	3.80	0.3163
0.18	4.5513	0.44	3.1137	0.82	1.6155	1.85	0.8387	3.90	0.2860
0.19	4.2785	0.45	2.9962	0.84	1.6202	1.90	0.8395	4.00	0.2544
0.20	4.2446	0.46	2.8787	0.86	1.5969	1.95	0.8423		
0.21	4.2922	0.47	2.8205	0.88	1.5480	2.00	0.8336		
0.22	4.1667	0.48	2.7662	0.90	1.4774	2.05	0.8187		
0.23	4.1686	0.49	2.7252	0.92	1.4113	2.10	0.7903		
0.24	4.0497	0.50	2.6637	0.94	1.3666	2.15	0.7578		
0.25	3.9075	0.51	2.6141	0.96	1.3454	2.20	0.7297		



### Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]
0.00	1.5131	0.26	4.2929	0.52	3.2898	0.98	1.7456	2.25	0.7603
0.01	1.7223	0.27	4.2929	0.53	3.2278	1.00	1.7107	2.30	0.7438
0.02	1.9316	0.28	4.2929	0.54	3.1680	1.05	1.6293	2.35	0.7280
0.03	2.1409	0.29	4.2929	0.55	3.1104	1.10	1.5552	2.40	0.7128
0.04	2.3501	0.30	4.2929	0.56	3.0549	1.15	1.4876	2.50	0.6843
0.05	2.5594	0.31	4.2929	0.57	3.0013	1.20	1.4256	2.60	0.6580
0.06	2.7687	0.32	4.2929	0.58	2.9495	1.25	1.3686	2.70	0.6336
0.07	2.9779	0.33	4.2929	0.60	2.8512	1.30	1.3159	2.80	0.6110
0.08	3.1872	0.34	4.2929	0.62	2.7592	1.35	1.2672	2.90	0.5899

0.09	3.3965	0.35	4.2929	0.64	2.6730	1.40	1.2219	3.00	0.5702
0.10	3.6057	0.36	4.2929	0.66	2.5920	1.45	1.1798	3.10	0.5518
0.11	3.8150	0.37	4.2929	0.68	2.5158	1.50	1.1405	3.20	0.5346
0.12	4.0243	0.38	4.2929	0.70	2.4439	1.55	1.1037	3.30	0.5184
0.13	4.2335	0.39	4.2929	0.72	2.3760	1.60	1.0692	3.40	0.5032
0.14	4.2929	0.40	4.2768	0.74	2.3118	1.65	1.0368	3.50	0.4888
0.15	4.2929	0.41	4.1725	0.76	2.2509	1.70	1.0063	3.60	0.4752
0.16	4.2929	0.42	4.0731	0.78	2.1932	1.75	0.9776	3.70	0.4624
0.17	4.2929	0.43	3.9784	0.80	2.1384	1.80	0.9504	3.80	0.4502
0.18	4.2929	0.44	3.8880	0.82	2.0862	1.85	0.9247	3.90	0.4386
0.19	4.2929	0.45	3.8016	0.84	2.0366	1.90	0.9004	4.00	0.4277
0.20	4.2929	0.46	3.7189	0.86	1.9892	1.95	0.8773		
0.21	4.2929	0.47	3.6398	0.88	1.9440	2.00	0.8554		
0.22	4.2929	0.48	3.5640	0.90	1.9008	2.05	0.8345		
0.23	4.2929	0.49	3.4913	0.92	1.8595	2.10	0.8146		
0.24	4.2929	0.50	3.4214	0.94	1.8199	2.15	0.7957		
0.25	4.2929	0.51	3.3543	0.96	1.7820	2.20	0.7776		

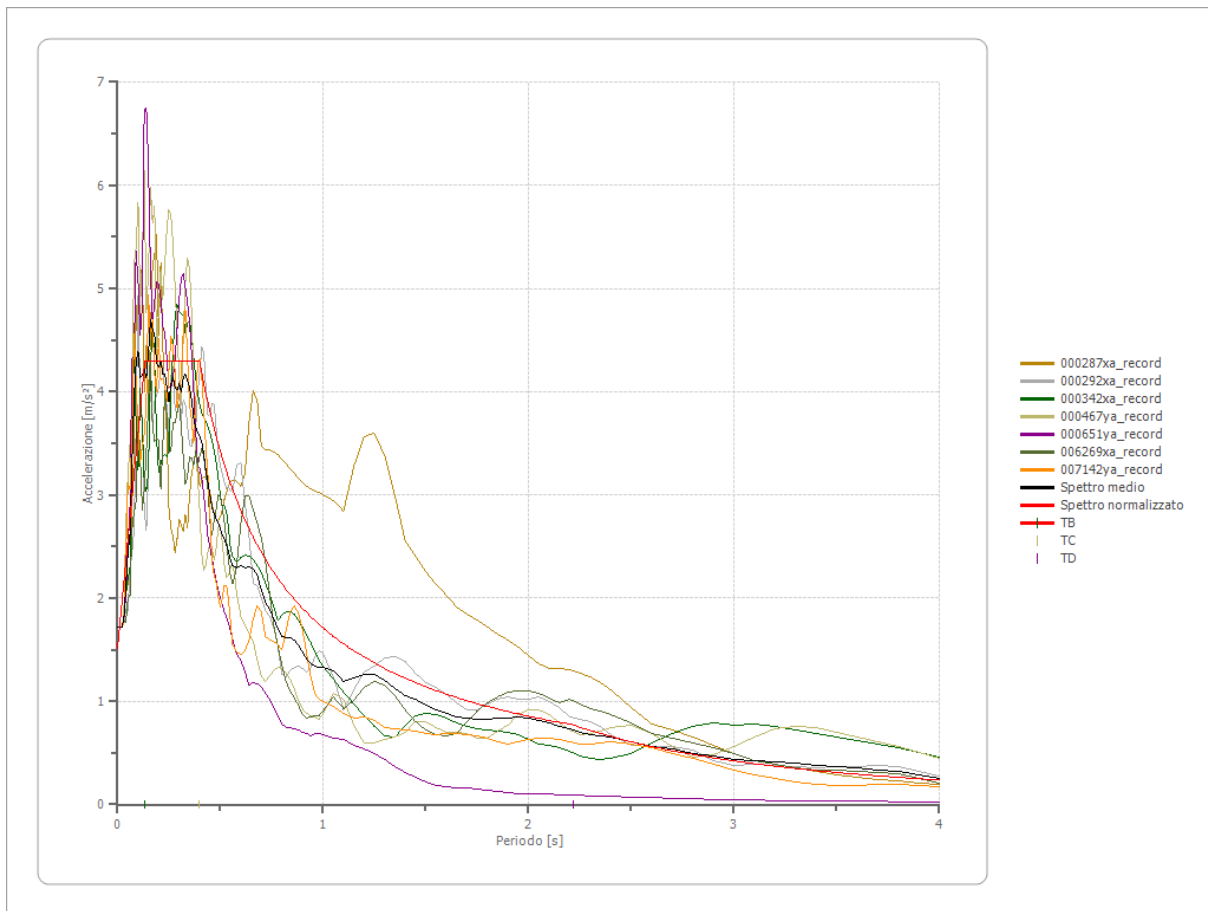


### Parametri spettro normalizzato

Ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]	S
1.513	2.837172	--	0.133	0.399	2.217	1.513	4.293	0.872



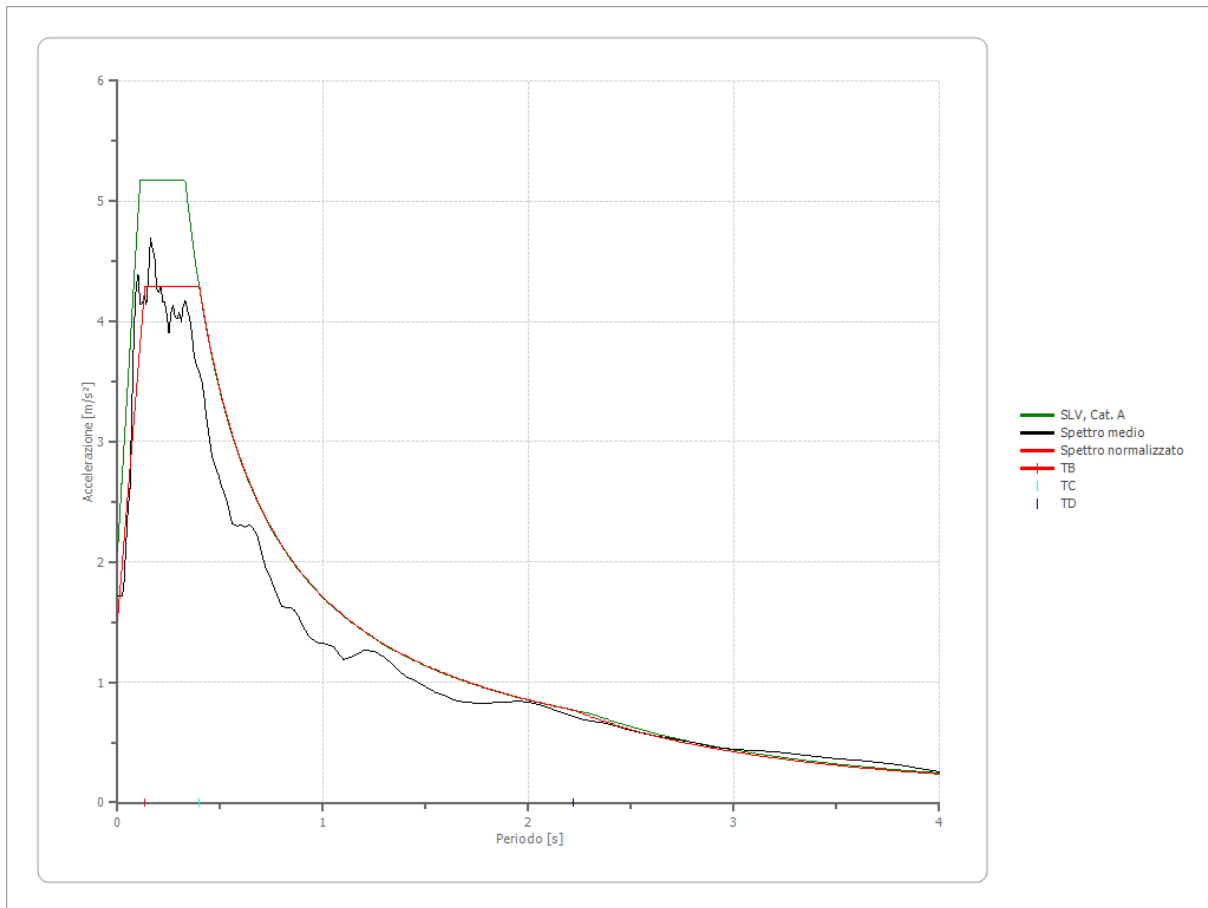
## Confronto tra gli spettri



## Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

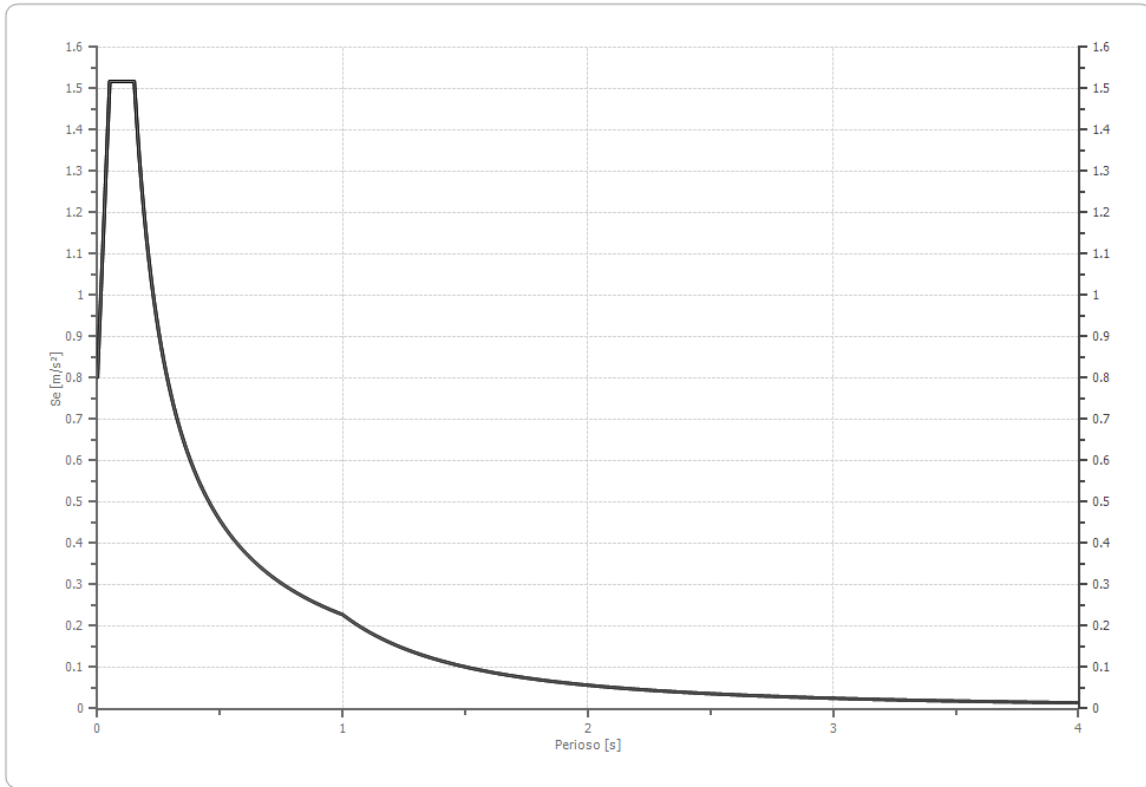
	Operatività SLO	Danno SLD	Salvaguardia vita SLV	Prev. collasso SLC
Tr [anni]	45	75	712	1462
ag [m/s <sup>2</sup> ]	0.638	0.775	1.736	2.139
Fo	2.491	2.497	2.485	2.507
Tc* [s]	0.278	0.289	0.329	0.339
Ss	1.00	1.00	1.00	1.00
St	1.20	1.20	1.20	1.20
Cc	1.00	1.00	1.00	1.00
TB [s]	0.093	0.096	0.110	0.113
TC [s]	0.278	0.289	0.329	0.339
TD [s]	1.860	1.916	2.308	2.472
Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	0.766	0.930	2.083	2.567
Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]	1.907	2.322	5.177	6.435



**Spettro verticale di progetto**

Ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0	Tc*	Fv	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]
1.513	2.837	0.150	1.504	1.5	0.050	0.150	1.000	0.802	1.517

Spettro verticale di progetto



## Indice

Dati generali	.7
Terreni	.7
Stratigrafia	.7
Elaborazione	.7
Fattori di amplificazione ICMS 2018	.8
Fattori di amplificazione su intensità spettrale	.8
Spettro medio di risposta elastico	.8
Spettro normalizzato di risposta elastico	.9
Confronto tra gli spettri	.11
Confronto spettro normativa	.11
Spettro verticale di progetto	.12
Indice	.14

Numero di iterazioni 50  
 Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.4  
 Tipo di modulo elastico Shake  
 Massimo errore percentuale di convergenza --

### Fattori di amplificazione ICMS 2018

Tai	0.270 [s]
Tvi	2.000 [s]
Tao	0.270 [s]
Tvo	2.000 [s]
Sami	5.277 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmi	0.338 [m/s]
Samo	5.277 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmo	0.338 [m/s]
<b>Fa</b>	<b>1.000 [-]</b>
<b>Fv</b>	<b>1.000 [-]</b>
TB	0.134 [s]
TC	0.403 [s]
TD	2.363 [s]
SA(0)	1.871 [m/s <sup>2</sup> ]
SA(TB)	5.277 [m/s <sup>2</sup> ]

### Fattori di amplificazione su intensità spettrale

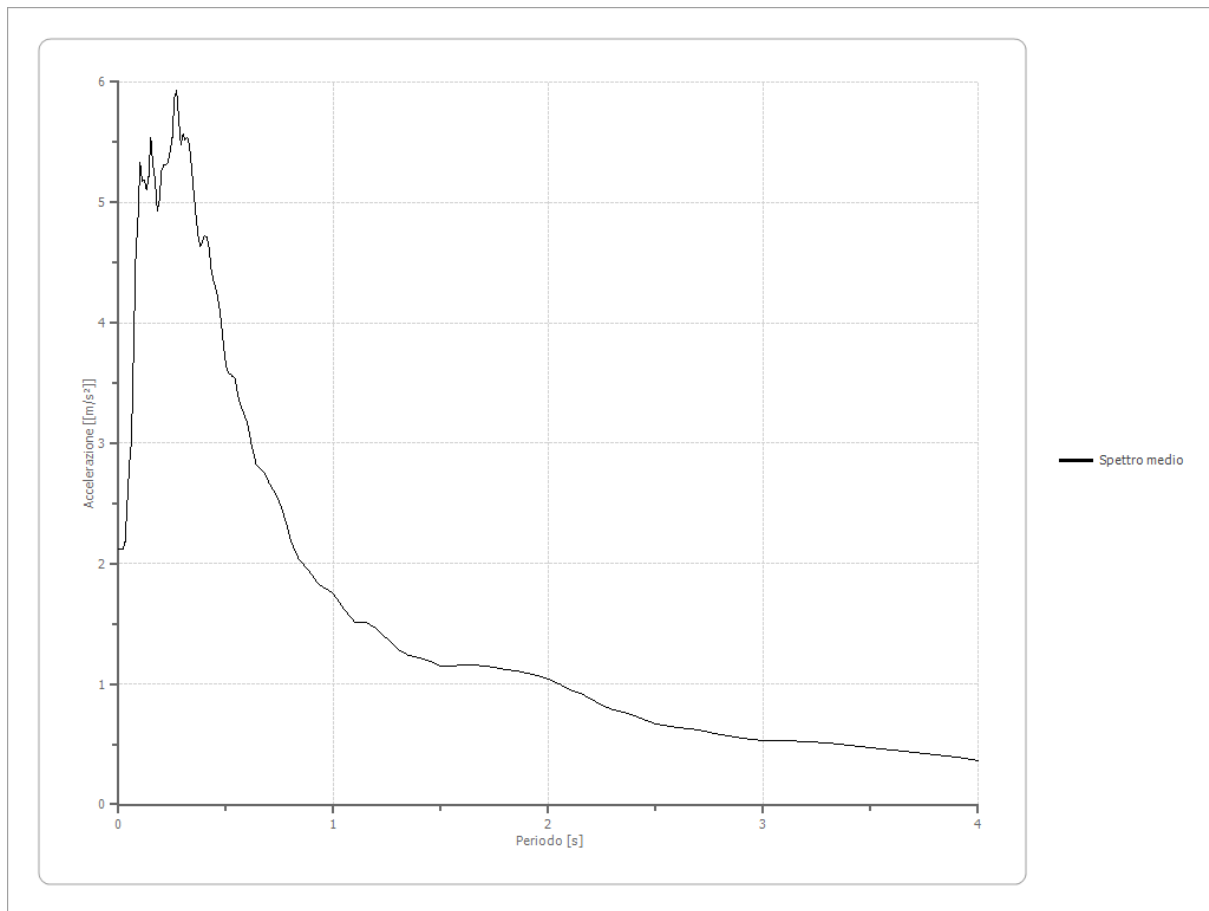
Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
--------------------	---------------------	------------------------	-------------------------	-------------------------------	----

### Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s <sup>2</sup> ]
0.00	2.1246	0.26	5.8770	0.52	3.5770	0.98	1.7798	2.25	0.8263
0.01	2.1249	0.27	5.9324	0.53	3.5543	1.00	1.7442	2.30	0.7863
0.02	2.1247	0.28	5.6992	0.54	3.5475	1.05	1.6220	2.35	0.7627
0.03	2.1825	0.29	5.4760	0.55	3.4551	1.10	1.5144	2.40	0.7373
0.04	2.4979	0.30	5.5691	0.56	3.3578	1.15	1.5093	2.50	0.6701
0.05	2.8146	0.31	5.5209	0.57	3.3050	1.20	1.4625	2.60	0.6363
0.06	3.0194	0.32	5.5377	0.58	3.2572	1.25	1.3736	2.70	0.6140
0.07	3.7725	0.33	5.4743	0.60	3.1633	1.30	1.2897	2.80	0.5834
0.08	4.5562	0.34	5.2869	0.62	2.9774	1.35	1.2338	2.90	0.5510
0.09	4.8564	0.35	5.0797	0.64	2.8308	1.40	1.2201	3.00	0.5298
0.10	5.3316	0.36	4.8928	0.66	2.7840	1.45	1.1834	3.10	0.5306
0.11	5.1739	0.37	4.7264	0.68	2.7514	1.50	1.1448	3.20	0.5231
0.12	5.1845	0.38	4.6347	0.70	2.6722	1.55	1.1512	3.30	0.5092
0.13	5.1086	0.39	4.6747	0.72	2.6095	1.60	1.1613	3.40	0.4897
0.14	5.2184	0.40	4.7268	0.74	2.5479	1.65	1.1617	3.50	0.4695
0.15	5.5343	0.41	4.7173	0.76	2.4556	1.70	1.1528	3.60	0.4500



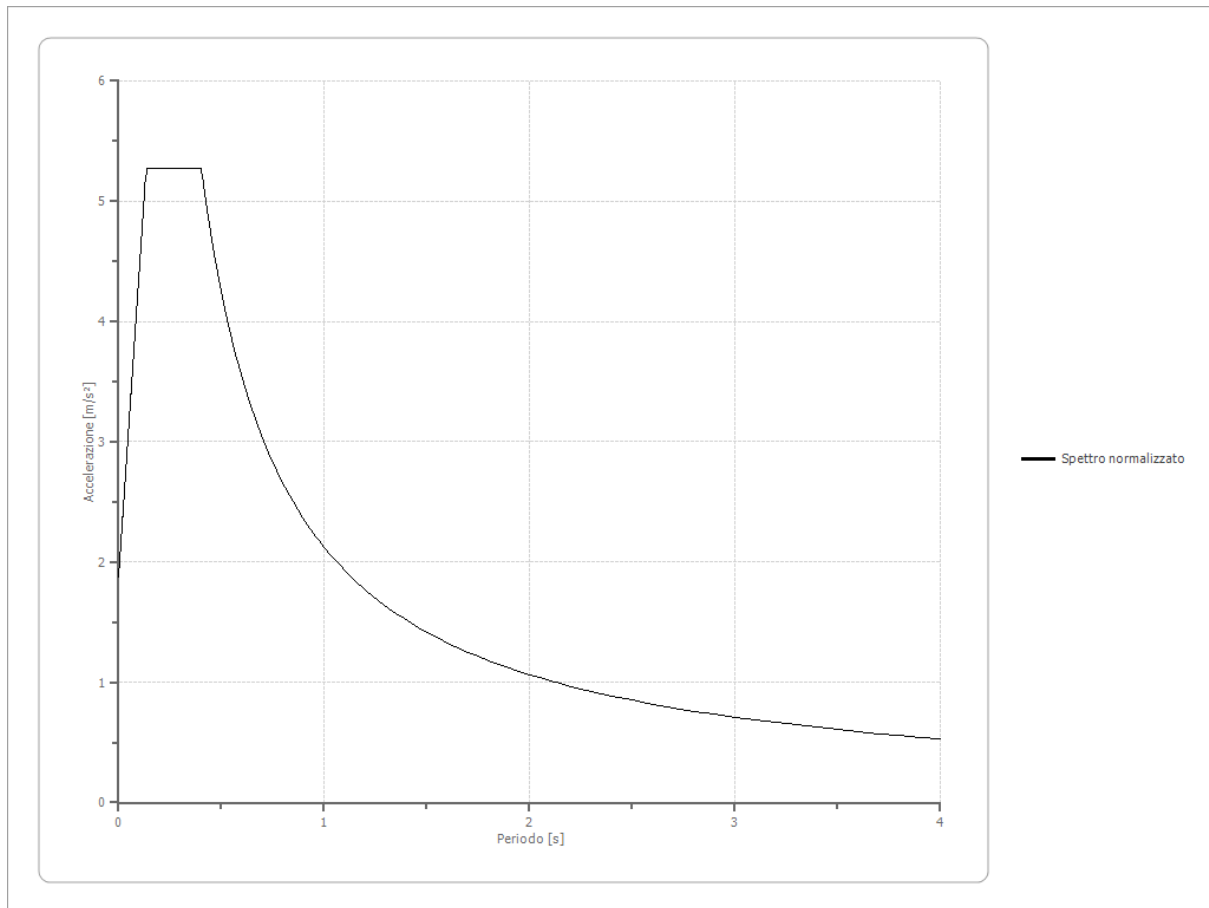
0.16	5.3132	0.42	4.6313	0.78	2.3403	1.75	1.1406	3.70	0.4349
0.17	5.1843	0.43	4.4592	0.80	2.1961	1.80	1.1217	3.80	0.4169
0.18	4.9317	0.44	4.3617	0.82	2.1159	1.85	1.1108	3.90	0.3897
0.19	5.0146	0.45	4.3044	0.84	2.0349	1.90	1.0918	4.00	0.3604
0.20	5.2662	0.46	4.2182	0.86	1.9955	1.95	1.0663		
0.21	5.3137	0.47	4.1151	0.88	1.9518	2.00	1.0363		
0.22	5.3095	0.48	3.9636	0.90	1.9008	2.05	1.0012		
0.23	5.3325	0.49	3.7881	0.92	1.8515	2.10	0.9570		
0.24	5.4222	0.50	3.6437	0.94	1.8172	2.15	0.9213		
0.25	5.5379	0.51	3.5847	0.96	1.7971	2.20	0.8701		



### Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]	Periodo [s]	Accelerazione [m/s²]
0.00	1.8711	0.26	5.2767	0.52	4.0848	0.98	2.1674	2.25	0.9440
0.01	2.1249	0.27	5.2767	0.53	4.0077	1.00	2.1241	2.30	0.9235
0.02	2.3787	0.28	5.2767	0.54	3.9335	1.05	2.0229	2.35	0.9039
0.03	2.6325	0.29	5.2767	0.55	3.8620	1.10	1.9310	2.40	0.8850
0.04	2.8864	0.30	5.2767	0.56	3.7930	1.15	1.8470	2.50	0.8496
0.05	3.1402	0.31	5.2767	0.57	3.7265	1.20	1.7701	2.60	0.8170
0.06	3.3940	0.32	5.2767	0.58	3.6622	1.25	1.6993	2.70	0.7867
0.07	3.6478	0.33	5.2767	0.60	3.5401	1.30	1.6339	2.80	0.7586
0.08	3.9016	0.34	5.2767	0.62	3.4259	1.35	1.5734	2.90	0.7324

0.09	4.1554	0.35	5.2767	0.64	3.3189	1.40	1.5172	3.00	0.7080
0.10	4.4092	0.36	5.2767	0.66	3.2183	1.45	1.4649	3.10	0.6852
0.11	4.6630	0.37	5.2767	0.68	3.1236	1.50	1.4161	3.20	0.6638
0.12	4.9168	0.38	5.2767	0.70	3.0344	1.55	1.3704	3.30	0.6437
0.13	5.1706	0.39	5.2767	0.72	2.9501	1.60	1.3276	3.40	0.6247
0.14	5.2767	0.40	5.2767	0.74	2.8704	1.65	1.2873	3.50	0.6069
0.15	5.2767	0.41	5.1807	0.76	2.7948	1.70	1.2495	3.60	0.5900
0.16	5.2767	0.42	5.0573	0.78	2.7232	1.75	1.2138	3.70	0.5741
0.17	5.2767	0.43	4.9397	0.80	2.6551	1.80	1.1800	3.80	0.5590
0.18	5.2767	0.44	4.8275	0.82	2.5903	1.85	1.1482	3.90	0.5446
0.19	5.2767	0.45	4.7202	0.84	2.5287	1.90	1.1179	4.00	0.5310
0.20	5.2767	0.46	4.6176	0.86	2.4699	1.95	1.0893		
0.21	5.2767	0.47	4.5193	0.88	2.4137	2.00	1.0620		
0.22	5.2767	0.48	4.4252	0.90	2.3601	2.05	1.0361		
0.23	5.2767	0.49	4.3349	0.92	2.3088	2.10	1.0115		
0.24	5.2767	0.50	4.2482	0.94	2.2597	2.15	0.9879		
0.25	5.2767	0.51	4.1649	0.96	2.2126	2.20	0.9655		



**Parametri spettro normalizzato**

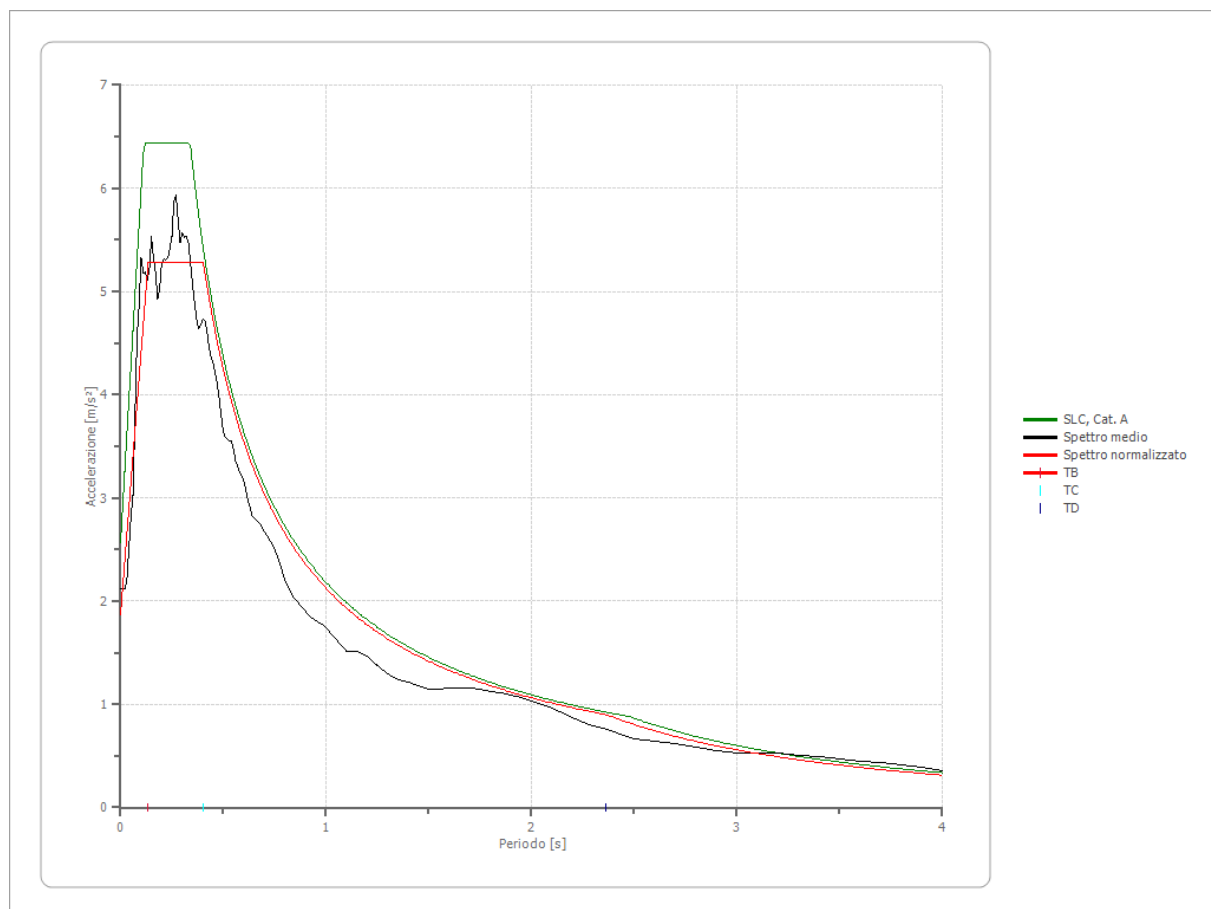
Ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]	S
1.871	2.82006	--	0.134	0.403	2.363	1.871	5.277	0.875

## Confronto tra gli spettri

### Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

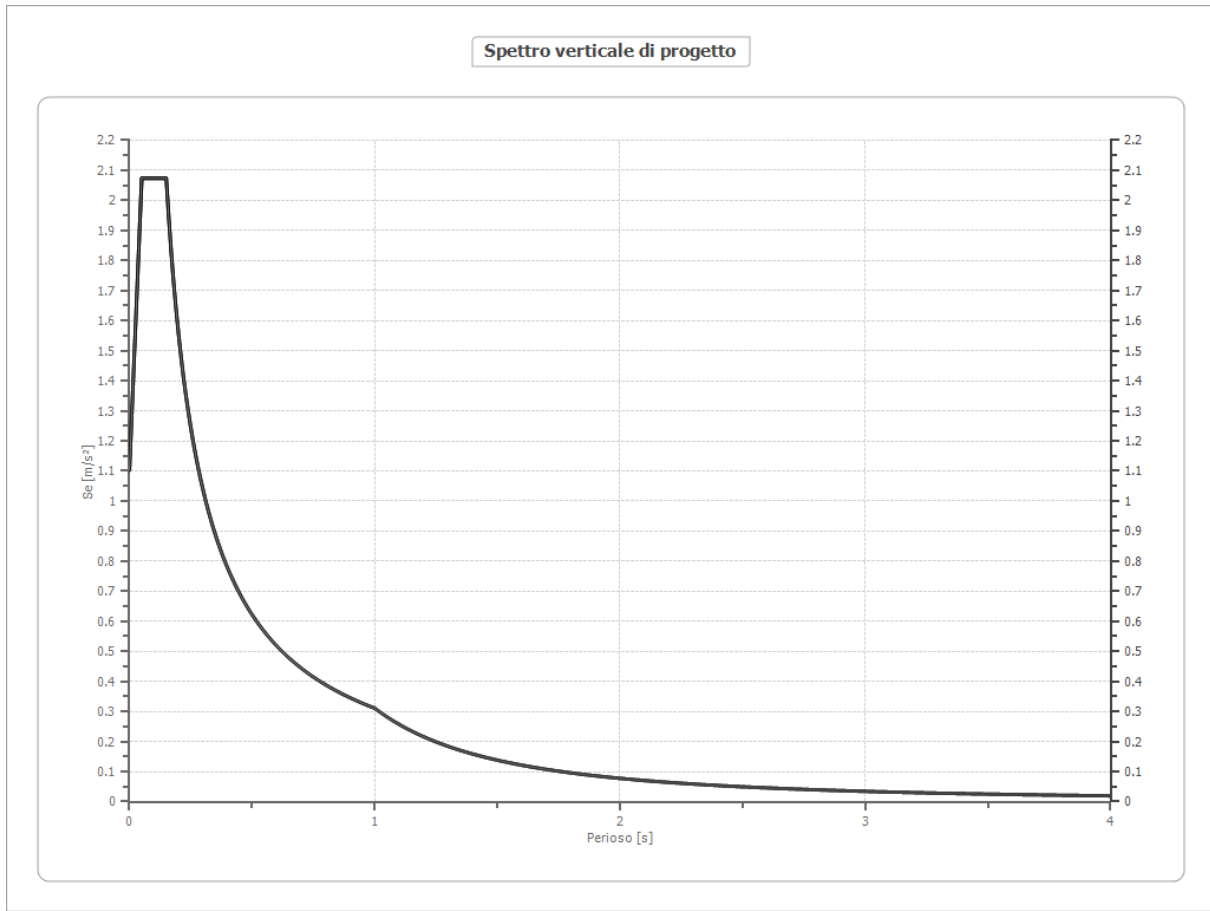
	Operatività SLO	Danno SLD	Salvaguardia vita SLV	Prev. collasso SLC
Tr [anni]	45	75	712	1462
ag [m/s <sup>2</sup> ]	0.638	0.775	1.736	2.139
Fo	2.491	2.497	2.485	2.507
Tc* [s]	0.278	0.289	0.329	0.339
Ss	1.00	1.00	1.00	1.00
St	1.20	1.20	1.20	1.20
Cc	1.00	1.00	1.00	1.00
TB [s]	0.093	0.096	0.110	0.113
TC [s]	0.278	0.289	0.329	0.339
TD [s]	1.860	1.916	2.308	2.472
Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	0.766	0.930	2.083	2.567
Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]	1.907	2.322	5.177	6.435



### Spettro verticale di progetto

Ag	F0	Tc*	Fv	q	TB	TC	TD	Se(0)	Se(TB)
----	----	-----	----	---	----	----	----	-------	--------

[m/s <sup>2</sup> ]					[s]	[s]	[s]	[m/s <sup>2</sup> ]	[m/s <sup>2</sup> ]
1.871	2.820	0.150	1.663	1.5	0.050	0.150	1.000	1.103	2.074



## Indice

Dati generali	.7
Terreni	.7
Stratigrafia	.7
Elaborazione	.7
Fattori di amplificazione ICMS 2018	.8
Fattori di amplificazione su intensità spettrale	.8
Spettro medio di risposta elastico	.8
Spettro normalizzato di risposta elastico	.9
Confronto tra gli spettri	.11
Confronto spettro normativa	.11
Spettro verticale di progetto	.12
Indice	.14



## DATI IDENTIFICATIVI DEL PROFESSIONISTA

Severa Carlo  
Nato a Fiuggi (Fr) il 20/07/1968  
C.F.: SVRCRL68L20A310X

*Studio professionale:*  
Geoplan di Carlo Severa  
03014 Fiuggi (Fr) - Via Casavetere 160  
Tel.: 0775505064 - Fax.: 07751621224 - Cell. 393.9126078  
E-mail: info@geoplanline.it  
E-mail amministrazione e contabilità: segreteria@geoplanline.it  
P.E.C.: carlo.severa@geopec.it  
P.IVA. : 01799620602

*Residenza:*  
03014 Fiuggi (Fr) - Via San Nicola 24/a

Iscritto al n° 1835 del Collegio Geometri Laureati della Provincia di Frosinone  
Iscritto al n° 1128 dell'Ordine dei Geologi del Lazio  
Iscritto al n° B161 dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Frosinone