



COMUNE DI SAN MARZANO SUL SARNO
PROVINCIA DI SALERNO
SETTORE LAVORI PUBBLICI E AMBIENTE

Nuovo Asilo Nido in Via Pendino - CUP:
H25E24000060006 - PNNR, Missione 4 – Istruzione e
Ricerca – Componente 1 – Potenziamento dell'offerta dei
servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università –
Investimento 1.1: “Piano per asili nido e scuole dell'infanzia e
servizi di educazione e cura per la prima infanzia”

RISPOSTA SISMICA LOCALE

VERIFICA LIQUEFAZIONE

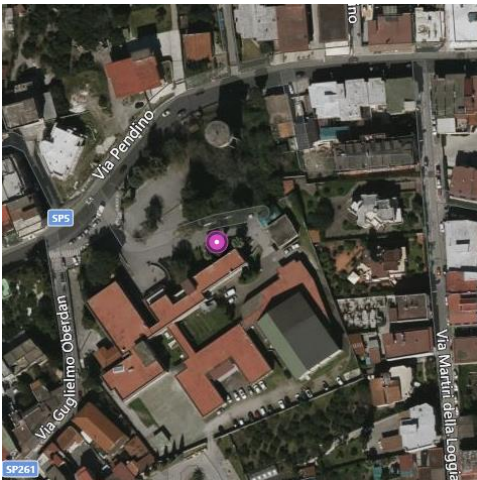
Dr. Geologo D'Ambrosio Antonio
Via G. Niglio 10, Angri (SA)
P. Iva 03641970656
Cell. 3476119377

Il progettista
Ing. Lucio D'Ambrosio
Gruppo di progettazione:
Ing. Ciro Iozzino
Il RUP
Ing. Vittorio Carbone

RISPOSTA SISMICA LOCALE

PREMESSA

Nel presente rapporto sono sintetizzati i risultati dell'analisi di risposta sismica locale eseguita per la valutazione dell'azione sismica ai fini della progetto indicato nell'oggetto. La delimitazione dell'area è indicata nelle planimetrie allegate al progetto ed alla relazione geologica allegata.



Ubicazione area di studio

Latitudine 40.777001

Longitudine 14.588521

Tale analisi costituisce uno studio di “riferimento” del sito in esame, i cui risultati sono stati conseguiti opportunamente nei confronti delle SLV (Stato limite ultimo per la salvaguardia della vita) per strutture per funzioni pubbliche o strategiche importanti inserite nella classe d'uso III.

L'informazione di maggior interesse offerta dall'analisi di risposta sismica locale è lo spettro di risposta in accelerazione del moto del terreno (strumento dinamico più utilizzato per la progettazione di manufatti), che mette in evidenza gli effetti di sito.

Si ricorda che le norme NTC2018 al Paragrafo 3.2.2 recitano: “*Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisiIn assenza di tali analisi, per la valutazione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento*”.

Le analisi numeriche della risposta sismica locale (condotte con codici di calcolo che simulano la propagazione delle onde sismiche entro un deposito di terreno, dalla sottostante formazione rocciosa fino in superficie) forniscono all'ingegnere progettista conoscenze cruciali quali:

le storie temporali delle tensioni tangenziali;

le storie temporali delle deformazioni;

Le storie temporali delle accelerazioni e i corrispondenti spettri di risposta (in superficie e anche a profondità intermedie nel sottosuolo).

La presente analisi è basata su una caratterizzazione geotecnica per fini sismici estesa ed approfondita, nonché su conoscenze scientifiche maturate e dati comprovati sul sottosuolo della zona di studio. Tale analisi perciò costituisce un riferimento direttamente utilizzabile per la scelta dell'azione sismica nella verifica e/o nel progetto di opere con vita nominale $V_n = >$ di 50 anni e classe d'uso III.

L'analisi di risposta sismica locale condotta si basa su un profilo geotecnico e sismico opportunamente studiato

nell'area ove è ubicato l'edificio e che si estende fino ad almeno la profondità di 30 metri o almeno fino al substrato sismico.

I risultati forniti nel presente studio costituiscono una valutazione del moto sismico più "realistico" seppur derivante da una analisi monodimensionale (1D) implementata mediante il codice di calcolo RSL III (Geostru Software). Gli effetti topografici nel sito in esame sono trascurabili e pertanto il presente studio di analisi di risposta sismica locale monodimensionale (1D) valuta esclusivamente gli effetti stratigrafici del sottosuolo.

In sintesi i paragrafi che seguono riportano l'articolazione della analisi dinamiche atte a definire le modifiche che il segnale sismico subisce, a causa delle condizioni locali, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di tipo A). Il risultato principale dell'analisi è quello di fornire lo spettro elastico in accelerazione e in spostamento relativo allo Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita (SLV).

NORME E RIFERIMENTI

Decreto Ministeriale 17.01.2018 - Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni, Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018. Circolare 21 gennaio 2019, n° 7. - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Eurocodice 8 (1998) - Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)

Eurocodice 7.1 (1997) - Progettazione geotecnica - Parte I: Regole Generali. – UNI

Eurocodice 7.2 (2002) - Progettazione geotecnica - Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI

Eurocodice 7.3 (2002) - Progettazione geotecnica - Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI

Gruppo di lavoro MS (2008). Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome, Dipartimento della protezione civile, Roma, 3 vol. e Dvd.

Set di accelerogrammi da REXelWeb "Sgobba, S., Felicetta, C., Russo, E., D'Amico, M., Lanzano, G., Pacor F., Luzi, L., Baraschino, R., Baltzopoulos, G., Iervolino, I. The online graphical user interface of REXELweb for the selection of accelerograms from the Engineering Strong Motion database (ESM). 39° Convegno Nazionale Gruppo Nazionale Geofisica della Terra Solida (GNGTS), 22 – 24 giugno 2021 (online).", all'indirizzo web: <https://esm-db.eu/#/rexel>.

INDAGINI ED INFORMAZIONI DI BASE

Con riferimento a quanto riportato nel Par. 7.11.3 del D.M. 17/01/2018, le indagini geotecniche e sismiche volte alle analisi di risposta sismica locale, a rigore, devono consentire la definizione delle condizioni stratigrafiche di sottosuolo, le proprietà fisiche e le proprietà meccaniche degli strati del terreno sia a piccole che a grandi deformazioni, il regime delle pressioni interstiziali, la profondità e morfologia del substrato rigido.

A tal fine le indagini geologiche, geotecniche e sismiche eseguite per il sito in esame, sono consistite in una stratigrafia geologica del sito operata mediante un sondaggio a carotaggio continuo, indagini sismiche di superficie metodo MASW e misure sismiche di frequenza.

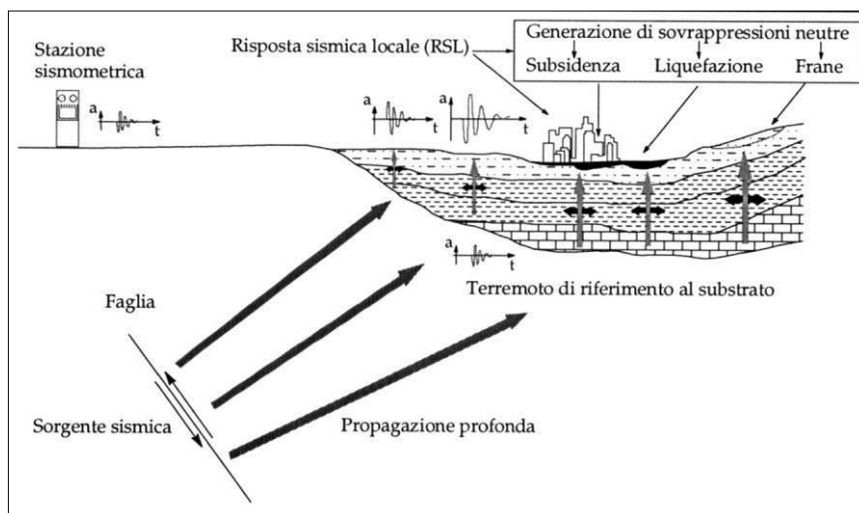
La categoria di sottosuolo è stata calcolata secondo quanto prescritto dalla normativa tecnica NTC18 facendo riferimento alla $V_{s,eq}$ deducibile da profilo delle Vs eseguite sia attraverso indagine con utilizzo di onde di superficie, metodo MASW e con il metodo HVSr. Da tale profilo, considerando i primi metri sotto il piano di posa delle fondazioni, ne deriva:

$V_{s,eq} \sim 300 \text{ m/sec.}$

che conduce a una classifica di sottosuolo di categoria di tipo C ed una categoria topografica T1.

INTRODUZIONE

Con il termine risposta sismica locale si intende l'insieme delle modifiche che un moto sismico relativo ad una formazione rocciosa di base posta ad una certa profondità nel sottosuolo subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie.



Propagazione di un evento sismico dalla sorgente al sito e problemi geotecnica

Per giungere alla determinazione della risposta sismica locale un sito deve essere sottoposto a specifiche indagini di dettaglio finalizzate alla definizione di tutte le proprietà puntuali che la caratterizzano.

Tali indagini riguardano la definizione dei seguenti aspetti:

1. Stratigrafia delle formazioni superficiali con dettagliata definizione dell'andamento dei contatti tra di esse;
2. Profili di velocità delle onde sismiche trasversali e longitudinali dentro le formazioni superficiali;
3. Caratteristiche meccaniche dei terreni delle formazioni superficiali con particolare riferimento al loro comportamento sotto l'azione di carichi ciclici e dinamici;
4. Morfologia di dettaglio dell'area.

Per gli studi di risposta sismica locale finalizzati alla previsione delle azioni sismiche di progetto sui manufatti è necessario caratterizzare il comportamento meccanico del terreno mediante la determinazione dei parametri V_s (velocità delle onde di taglio), G_0 (modulo di taglio a piccole deformazioni), R (rigidità sismica), E_d (modulo di elasticità dinamico) ed A (amplificazione sismica).

Dall'indagine sismica effettuata in sito sono stati ricavati i seguenti parametri dinamici fondamentali per lo studio della risposta sismica locale del sito.

I parametri sono:

- **Velocità delle onde di taglio** (V_s), ricavati dalla indagine sismica in sito;

- **Modulo di taglio a piccole deformazioni** $G_0 = \frac{\gamma_t}{g} * V_s^2$ (da Ohta e Goto, 1978) con:

γ_t = peso di volume naturale del terreno;

g = accelerazione di gravità (9,81m/sec²).

- **Modulo di elasticità dinamico** $E_d = V_p^2 * \rho * \frac{(1+\nu)*(1-2\nu)}{1-\nu}$ con:

V_p è la velocità delle onde longitudinali;

ρ è la densità del terreno;

ν è il modulo di Poisson del terreno.

- **Rigidità sismica** $R = \gamma_t * V_s$

- **Frequenza e Periodo fondamentale dello strato** $f = \frac{V_s}{4*H}$ $T = \frac{4*H}{V_s}$

con:

H è lo spessore dello strato

V_s è la velocità delle onde di taglio

La determinazione dei parametri e delle velocità delle onde di taglio ha portato alla individuazione di unità litologico-sismostratigrafiche utilizzate per la seguente analisi.

RISPOSTA SISMICA LOCALE

E' noto che le caratteristiche del moto sismico in corrispondenza di un substrato roccioso sono differenti da quelle in corrispondenza dell'interfaccia substrato-copertura, proprio a causa della presenza della copertura.

Una valutazione più adeguata e completa dell'effetto di modifica del moto sismico esercitato dal terreno è rappresentata dalla cosiddetta "funzione di amplificazione".

La funzione di amplificazione fornisce una chiara ed efficace rappresentazione dell'effetto "filtrante" del terreno sulle onde sismiche, ma la sua conoscenza non è sufficiente per determinare le caratteristiche del moto sismico alla superficie del terreno.

È stata effettuata una valutazione della RSL per via analitica lungo le due verticali riconducibili alla stratigrafia individuata nei sondaggi sismici (vedi tabelle delle unità geolitologiche).

Il software utilizzato è:

- ✓ RSL (Gesotru software ver 2022.21.5.990) che adotta l'analisi lineare equivalente.

Le ipotesi geometriche di queste analisi (modello monodimensionale) sono state le seguenti:

- stratificazione delle unità litotecniche e superficie del substrato sismico orizzontali;
- volume di terreno considerato sufficientemente lontano dai fianchi delle unità, la pendenza dei quali deve inoltre risultare modesta in modo da rendere minimi gli effetti bidimensionali;
- dimensioni orizzontali delle unità elevate rispetto allo spessore.

Tali condizioni sono applicabili al sito in studio in quanto l'area stessa e la morfologica di una ampia zona circostante rispetta tali ipotesi sia geometriche che geologiche e geosismiche.

Gli strumenti utilizzati per la scelta dell'input sismico sono:

- un database da cui estrarre dei dati di pericolosità di base (Servizio Sismico Nazionale Progetto Rischio Sismico 2001, Sabetta et alii 2003);
- una tecnica di individuazione della coppia Magnitudo-distanza della sorgente sismogenetica che più

interessa il sito in esame;

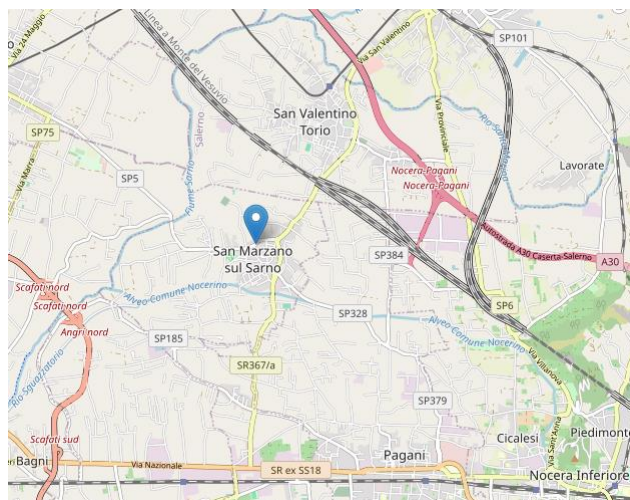
- uno o più codici di calcolo per generare spettri e accelerogrammi.

Le norme vigenti consentono l'utilizzo, nelle analisi dinamiche, di registrazioni di eventi naturali a condizione che la loro scelta sia rappresentativa della sismicità del sito e sia adeguatamente giustificata; per tale motivazioni si sono scelti tali accelerogrammi di riferimento. Le NTC18 e la relativa circolare consentono l'utilizzo, nelle analisi dinamiche, di registrazioni di eventi naturali a condizione che la loro scelta sia rappresentativa della sismicità del sito e sia adeguatamente giustificata.

Gli accelerogrammi sono stati reperiti dal nuovo archivio on-line <https://esm-db.eu/#/rexel>.

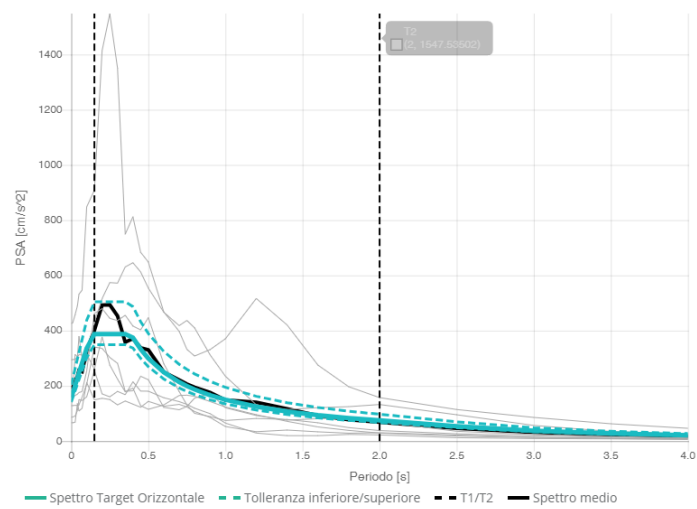
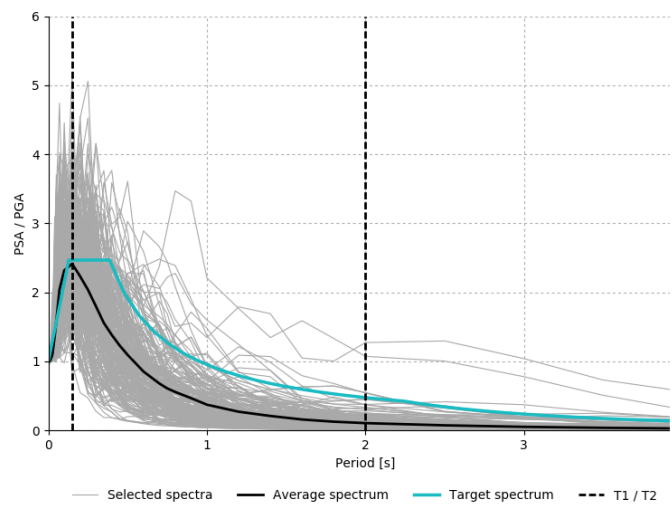
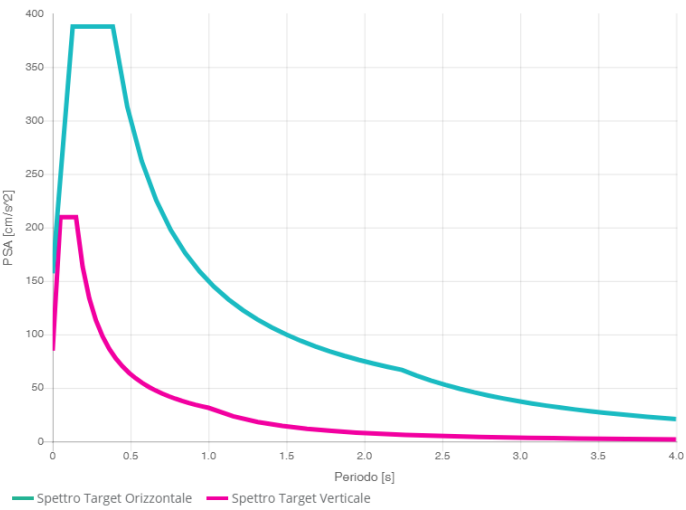
Gli Accelerogrammi naturali sono stati selezionati, ma non e scalati, in modo da approssimare gli spettri di risposta nel campo di periodi di interesse per il problema in esame. Per le analisi dinamiche dei "sistemi geotecnici" (terreno-fondazione), per le analisi di risposta sismica locale e per l'instabilità del versante, sono stati utilizzati SETTE Accelerogrammi.

Gli Accelerogrammi naturali sono stati selezionati e scalati in modo da approssimare gli spettri di risposta nel campo di periodi di interesse per il problema in esame. Per le analisi dinamiche dei "sistemi geotecnici" (terreno-fondazione), per le analisi di risposta sismica locale e per l'instabilità del versante, sono stati utilizzati 7 Accelerogrammi.



| | | | |
|--|--------------------------|----------|----------|
| Tolleranza inferiore [%] | Tolleranza superiore [%] | T1 [s] | T2 [s] |
| 10 | 30 | 0.150000 | 2.000000 |
| Tolleranza aggiuntiva [%] | | 0 | |
| Dimensione della combinazione: 7 Numero di combinazioni: 1 | | | |
| Opzione di scalatura: <input type="checkbox"/> Verifica PGA: <input checked="" type="checkbox"/> Massimo Fattore di scalatura: 5 | | | |

| | | | |
|--|---|--|-------------------------------------|
| Target: NTC18 - Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 2018) | | | |
| Tipo di spettro: Alto livello di pericolosità | Latitudine [°]: 40.777 | Longitudine [°]: 14.588 | Accelerazione al suolo ag [g]: 0.16 |
| Categoria Sito: A | Topografia: T1 | | |
| Vita nominale: 50 anni - Costruzioni con livelli di prestazioni or | Importanza della struttura: III | Stato limite: SLV (10%) | |
| Probabilità di Superamento: 0.5 = 50% in 50 anni, periodo di ritorno 73 anni | Livello di Aggregazione: media | | |
| Componente: 1 componente orizzontale | Limite: 500 | Classe di sito desunta: <input checked="" type="checkbox"/> Eventi late-trigger: <input type="checkbox"/> | |
| Tipo: Classe di sito | Categoria Sito: A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> | | |
| T1 [s]: 0.150000 | T2 [s]: 2.000000 | Tipo di strumento: Qualunque | Meccanismo focale: Qualunque |
| CRITERIO: Magnitudo-Distanza | | | |
| Tipo di magnitudo: Magnitudo momento o locale | | Modo: Modo 1 | Parametro: PGA |
| LABEL_M_MIN_4.6 | | ABEL_M_MAX_6.6 | 0.6 |
| R minima [km]: 0 | | R massima [km]: 20 | |
| Ripristina | | | |



| Combinazione | ID registrazione | ID ITACA | Codice rete |
|--------------|---|-----------------------|-------------|
| 1 | IV.EVRN..HN.EMSC-20181226_0000014 | EMSC-20181226_0000014 | IV |
| 1 | IV.T1212..HN.EMSC-20161026_0000095 | EMSC-20161026_0000095 | IV |
| 1 | <u>IT.ACC.00.HG.EMSC-20161030_0000029</u> | EMSC-20161030_0000029 | IT |
| 1 | IV.EVRN..HN.EMSC-20181226_0000014 | EMSC-20181226_0000014 | IV |
| 1 | IV.T1212..HN.EMSC-20161026_0000095 | EMSC-20161026_0000095 | IV |
| 1 | IT.MRM.00.HG.IT-2012-0061 | IT-2012-0061 | IT |
| 1 | E.SRC0.00.HN.IT-1976-0030 | IT-1976-0030 | E |

| Codice stazione ↕ | ID sensore ↕ | Strumento ↕ | Orientamento ↕ | ML ↕ | MW ↕ |
|----------------------|-----------------|----------------|-------------------|---------|---------|
| EVRN | | HN | E | 4.8 | 5.0 |
| T1212 | | HN | E | 5.6 | 5.9 |
| ACC | 00 | HG | E | 5.5 | 6.6 |
| EVRN | | HN | N | 4.8 | 5.0 |
| T1212 | | HN | N | 5.6 | 5.9 |
| MRM | 00 | HG | E | | 5.3 |
| SRC0 | 00 | HN | N | 6.0 | 6.0 |

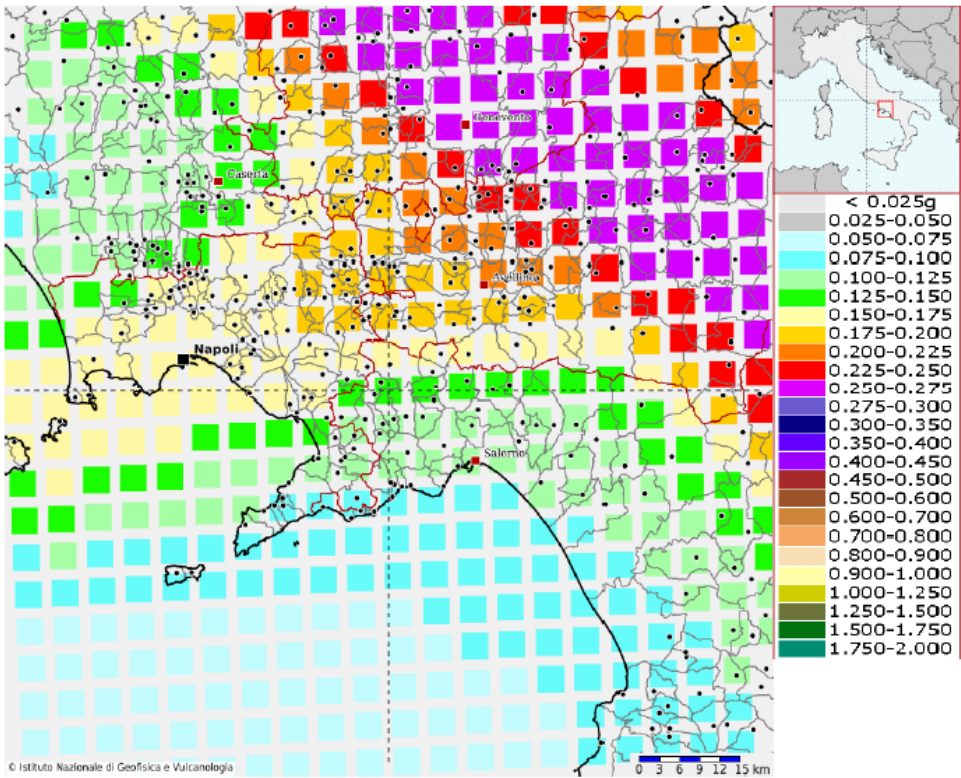
| Tipologia di faglia ↕ | Distanza epicentrale [km] ↕ | Classe EC8 ↕ | Vs30 [m/s] ↕ | Punteggio ↕ | Fattore di scala ↕ |
|--------------------------|--------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------------|
| Strike-slip faulting | 5.3 | A | | E: 0.705 | E: 1.000 |
| Normal faulting | 19.3 | A | | E: 0.586 | E: 1.000 |
| Normal faulting | 18.5 | A | | E: 1.768 | E: 1.000 |
| Strike-slip faulting | 5.3 | A | | N: 0.323 | N: 1.000 |
| Normal faulting | 19.3 | A | | N: 0.551 | N: 1.000 |
| Normal faulting | 2.4 | A | 1906 | E: 0.401 | E: 1.000 |
| Thrust faulting | 15.8 | A | | N: 0.301 | N: 1.000 |

Attiva Windows

PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E DISAGGREGAZIONE

Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004)

Informazioni sul nodo con ID: 33428 - Latitudine: 40.779 - Longitudine: 14.613

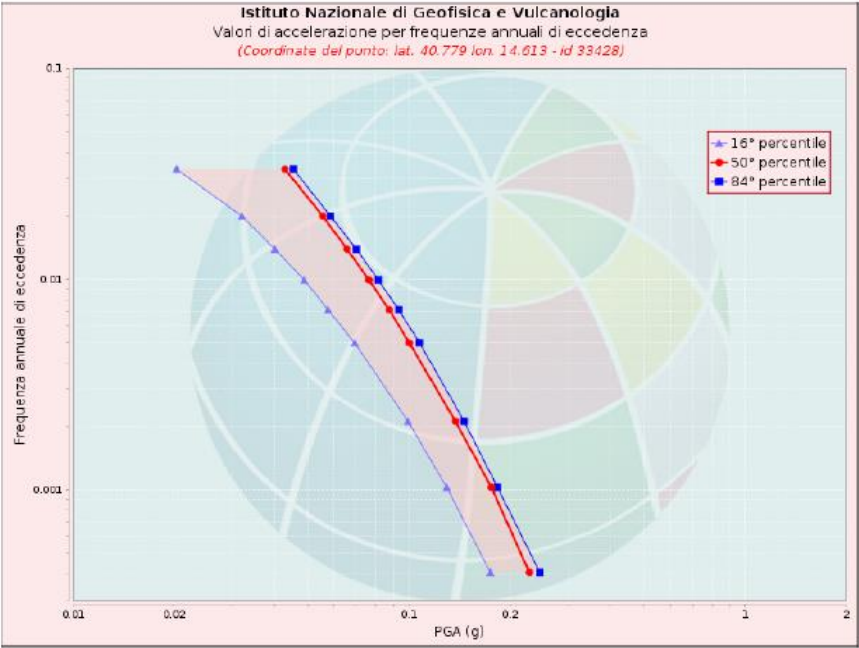


La mappa rappresenta il modello di pericolosità sismica per l'Italia e i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g,

l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A, Vs30 > 800 m/s) e pianeggiante.
Le coordinate selezionate individuano un nodo della griglia di calcolo identificato con l'ID 30086 (posto al centro della mappa). Per ogni nodo della griglia sono disponibili numerosi parametri che descrivono la pericolosità sismica, riferita a diversi periodi di ritorno e diverse accelerazioni spettrali.

Curva di pericolosità

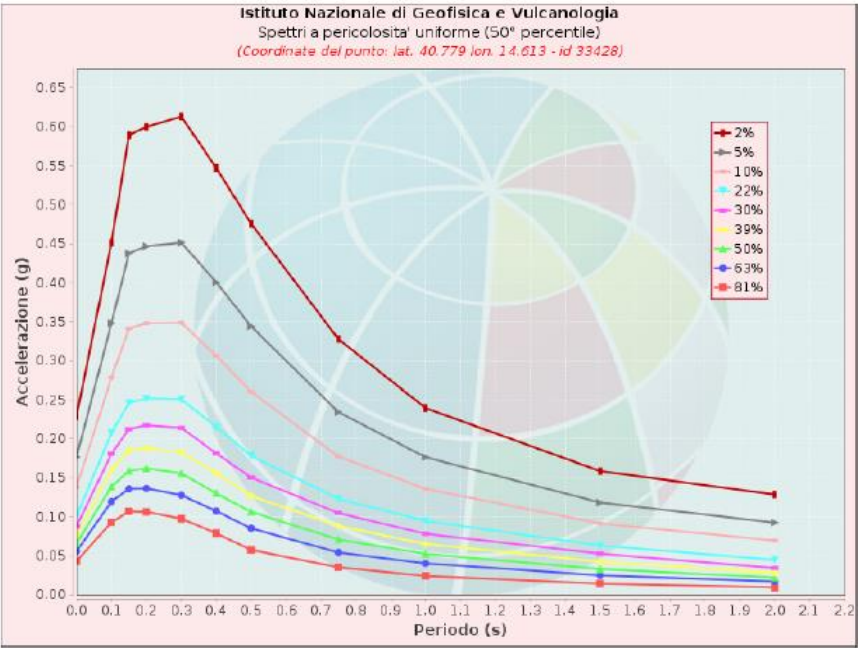
La pericolosità è l'insieme dei valori di scuotimento (in questo caso per la PGA) per diverse frequenze annuali di eccedenza (valore inverso del periodo di ritorno). La tabella riporta i valori mostrati nel grafico, relativi al valore mediano (50mo percentile) ed incertezza, espressa attraverso il 16° e l'84° percentile.



| Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza | | | |
|--|----------------|----------------|----------------|
| Frequenza annuale di ecc. | PGA (g) | | |
| | 16° percentile | 50° percentile | 84° percentile |
| 0.0004 | 0.175 | 0.229 | 0.245 |
| 0.0010 | 0.130 | 0.176 | 0.184 |
| 0.0021 | 0.100 | 0.138 | 0.146 |
| 0.0050 | 0.069 | 0.100 | 0.108 |
| 0.0071 | 0.058 | 0.087 | 0.093 |
| 0.0099 | 0.049 | 0.076 | 0.081 |
| 0.0139 | 0.040 | 0.066 | 0.070 |
| 0.0199 | 0.032 | 0.055 | 0.058 |
| 0.0332 | 0.020 | 0.043 | 0.045 |

Spettri a pericolosità uniforme

Gli spettri indicano i valori di scuotimento calcolati per 11 periodi spettrali, compresi tra 0 e 2 secondi. La PGA corrisponde al periodo pari a 0 secondi. Il grafico è relativo alle stime mediane (50mo percentile) proposte dal modello di pericolosità.
I diversi spettri nel grafico sono relativi a diverse probabilità di eccedenza (PoE) in 50 anni. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico.

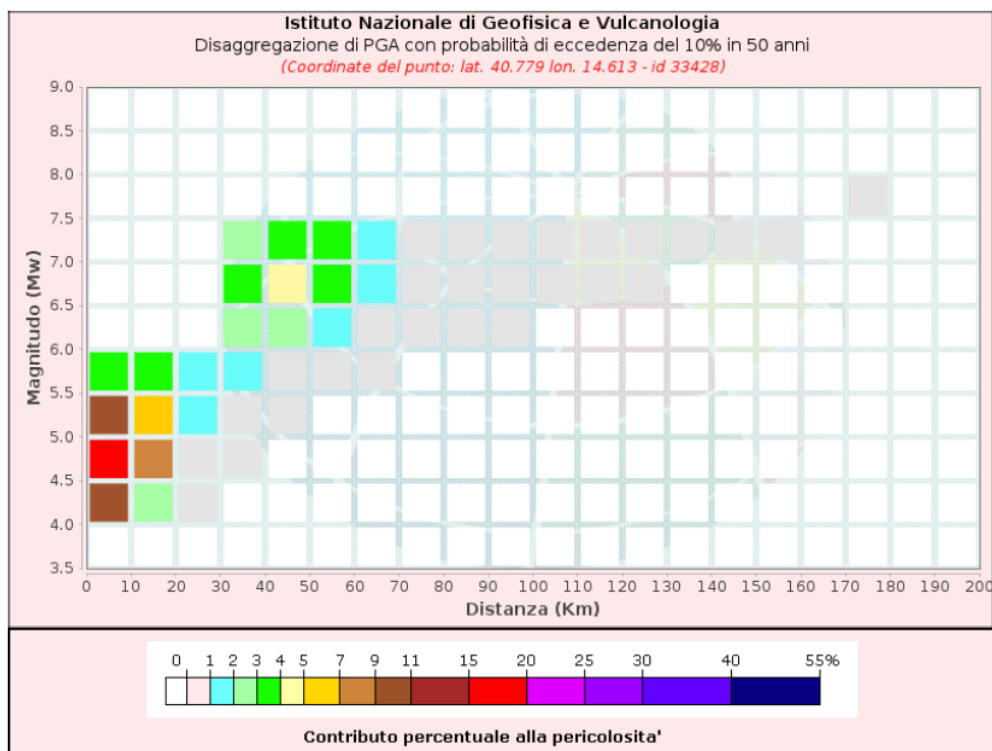


| Spettri a pericolosità uniforme (50° percentile) | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| PoE in 50 anni | Accelerazione (g) | | | | | | | | | | |
| | Periodo (s) | | | | | | | | | | |
| | 0.0 | 0.1 | 0.15 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.75 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 2% | 0.229 | 0.451 | 0.589 | 0.600 | 0.613 | 0.547 | 0.476 | 0.328 | 0.239 | 0.158 | 0.128 |
| 5% | 0.176 | 0.348 | 0.438 | 0.447 | 0.452 | 0.401 | 0.344 | 0.234 | 0.176 | 0.118 | 0.092 |
| 10% | 0.138 | 0.278 | 0.341 | 0.348 | 0.349 | 0.307 | 0.260 | 0.177 | 0.136 | 0.091 | 0.069 |
| 22% | 0.100 | 0.208 | 0.246 | 0.251 | 0.251 | 0.215 | 0.178 | 0.123 | 0.095 | 0.063 | 0.045 |
| 30% | 0.087 | 0.181 | 0.212 | 0.217 | 0.214 | 0.181 | 0.150 | 0.105 | 0.078 | 0.052 | 0.034 |
| 39% | 0.076 | 0.160 | 0.185 | 0.188 | 0.182 | 0.156 | 0.127 | 0.088 | 0.065 | 0.042 | 0.028 |
| 50% | 0.066 | 0.138 | 0.159 | 0.162 | 0.156 | 0.130 | 0.106 | 0.071 | 0.052 | 0.033 | 0.022 |
| 63% | 0.055 | 0.119 | 0.136 | 0.136 | 0.128 | 0.107 | 0.085 | 0.054 | 0.040 | 0.025 | 0.017 |
| 81% | 0.043 | 0.093 | 0.107 | 0.106 | 0.097 | 0.079 | 0.057 | 0.035 | 0.024 | 0.014 | 0.009 |

Grafico di disaggregazione

Il grafico rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata in questo caso dal valore della PGA mediana, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

La tabella riporta i valori mostrati nel grafico ed i valori medi di magnitudo, distanza ed epsilon.



Valori Medi: magnitudo = 5.58 ; distanza = 23.9 ; epsilon = 1.25

Riferimenti

La descrizione della costruzione del modello di pericolosità sismica MPS04 è contenuta nel sito <http://zonesismiche.mi.ingv.it>. La descrizione della stima di tutti i parametri è contenuta nel sito <http://esse1.mi.ingv.it>, da cui si può accedere anche alle mappe interattive.

Per quanto riguarda le analisi di disaggregazione, i dettagli sono disponibili nella pagina del deliverable D14 del progetto S1 (<http://esse1.mi.ingv.it/d14.html>).

La pubblicazione scientifica di riferimento è: Stucchi M., Meletti C., Montaldo V., Crowley H., Calvi G.M., Boschi E., 2011. Seismic Hazard Assessment (2003-2009) for the Italian Building Code. Bull. Seismol. Soc. Am. 101(4), 1885-1911. DOI: 10.1785/0120100130.

SCELTA DELLA SCHEMATIZZAZIONE GEOMETRICA **DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOTECNICO DI SOTTOSUOLO**

Il sito ricade nella categoria topografica T1, secondo quanto riportato dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (NTC18) al paragrafo 3.2.2 e pertanto gli effetti topografici possono essere trascurati (NTC18, paragrafo 7.11.3.3) nell'analisi di risposta sismica locale oggetto del presente studio.

Trattandosi di una analisi monodimensionale, è stato considerato quindi uno schema di terreno uniforme e stratificato orizzontale, delimitato dal piano campagna orizzontale e poggiante su substrato rigido anch'esso orizzontale.

Risulta pertanto appropriata la schematizzazione monodimensionale proposta.

Il substrato rigido risulta essere profondo e la morfologia profonda dello stesso non favorisce modifiche di tipo bidimensionale. La profondità del bedrock è a circa novanta metri sotto il piano campagna.

La profondità del bedrock stimata dal dato velocimetrico verificato in sito e si ben accorda con le frequenze caratterizzanti il massimo rapporto H/V derivante dalla analisi in sito che risulta avere un valore pari a **5,50 Hz** (+/- 1,00).

Per il sito di intervento si hanno i seguenti dati generali:

Tipo di opera 1,50

Opere Ordinarie

Classe d'uso – Classe III

Vita nominale – 50 anni

Vita di riferimento – 75 anni

Il modello stratigrafico del sottosuolo del sito in esame, a partire dal piano campagna, è stato schematizzato come un sistema a più strati ed è definito nel modello geologico-sismico di input per il calcolo (vedi paragrafo specifico in relazione di calcolo).

Per la successiva analisi di sito sono state utilizzate, tra le altre, le curve $G/G_0/\gamma$ (modulo di taglio normalizzato - deformazione a taglio) e D/γ (smorzamento - deformazione a taglio) ricavate da un vasto database di materiali presente in letteratura utilizzando i terreni che più si adattano alla simulazione da eseguire; è stato utilizzato il database del Progetto “La Microzonazione Sismica, metodi, esperienze e normativa” edito a cura del Dipartimento del Servizio Civile Nazionale, il C.E.R.I. e l'Università La Sapienza di Roma, anno 2004 e visionato un apposito database realizzato dalla Regione Lazio e pubblicato in rete e dalla ampia disponibilità di curve di degrado in bibliografia.

Tra le curve di $G/G_0/\gamma$ (modulo di taglio normalizzato - deformazione a taglio) e D/γ (smorzamento - deformazione a taglio) visionate, si sono selezionate quelle che meglio si adattano alla geologia e stratigrafia locale utilizzando quelle con caratteristiche meccaniche, sismiche e geologiche similari.

| Profilo | | | | Velocità onde di taglio | | Tensione verticale | |
|---------|-----------|-----------|-------------------|-------------------------|--|--------------------|--|
| | 8.00 [m] | 8.00 [m] | sabbia con pomici | 200.0 [m/s] | | 20.8 [kPa] | |
| | 12.00 [m] | 20.00 [m] | sabbie con pomici | 300.0 [m/s] | | 146.5 [kPa] | |
| | 10.00 [m] | 30.00 [m] | tufite e tufi | 450.0 [m/s] | | 292.5 [kPa] | |
| | 50.00 [m] | 90.00 [m] | tufiti e tufi | 550.0 [m/s] | | 579.1 [kPa] | |
| | | | substrato sismico | 800.0 [m/s] | | 824.8 [kPa] | |
| | | oo | | | | | |

Attiva

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; 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 delle variabili in gioco, la soluzione dell'equazione generica dell'onda è la seguente:

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

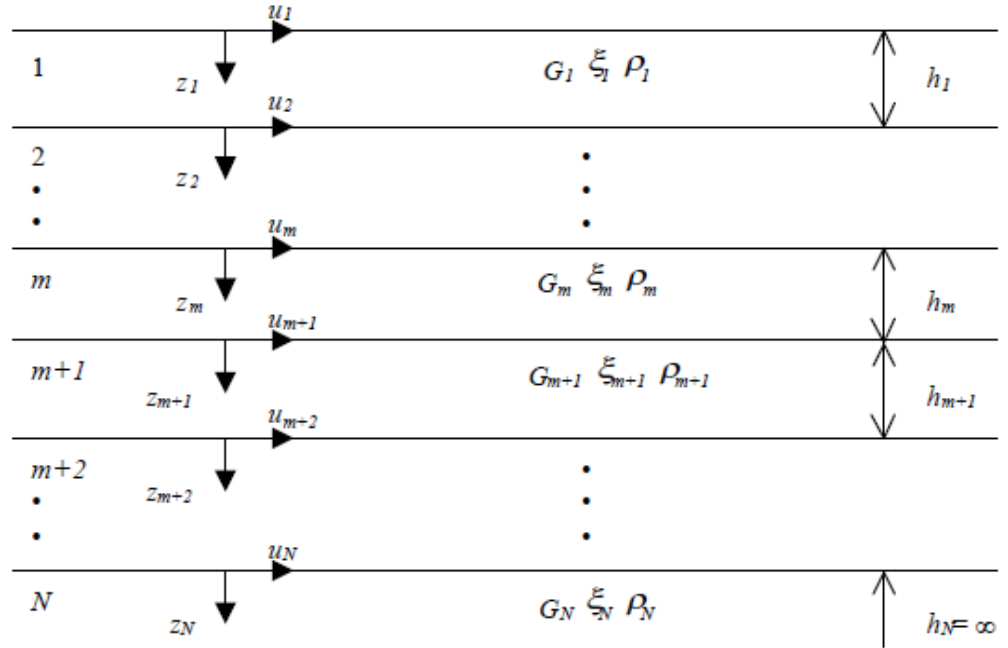


Figura 1: Esempio di stratigrafia per riferimento

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:

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

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

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

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

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:

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

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.

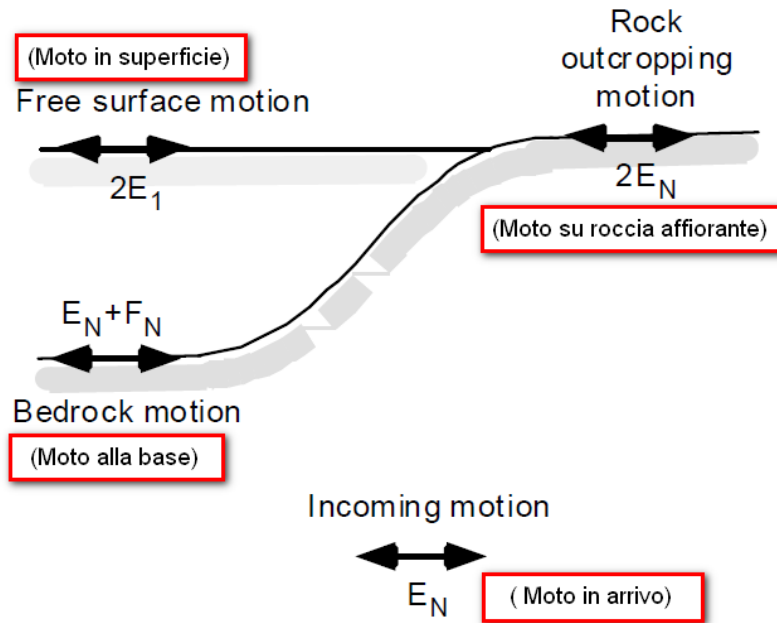


Figura 2: Schema di riferimento e terminologia utilizzata

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 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:

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

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

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

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

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.

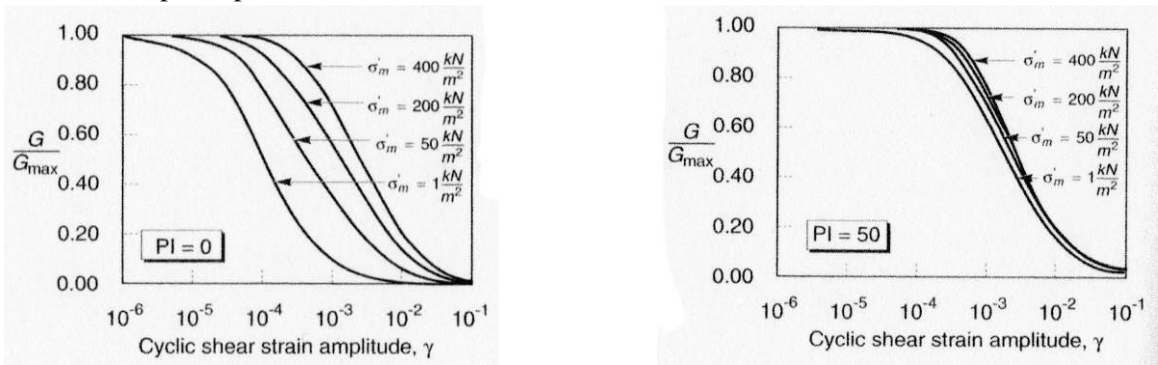


Figura 2: Influenza della pressione di confinamento e della plasticità sul modulo di deformazione al taglio

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

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

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

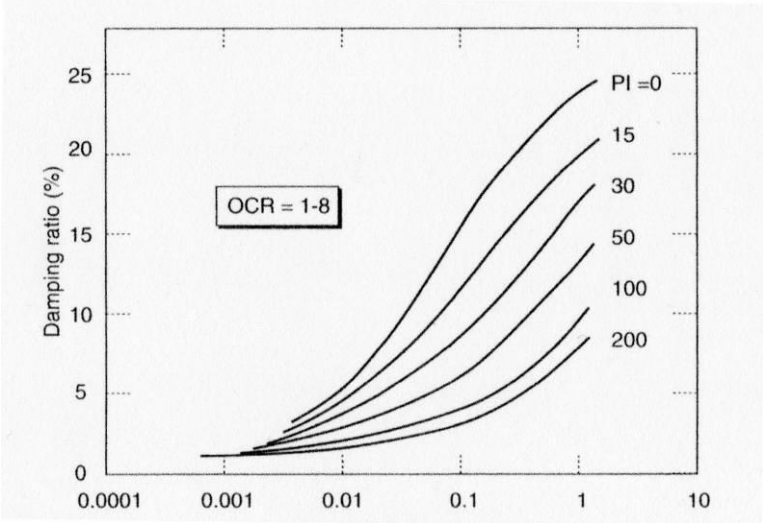


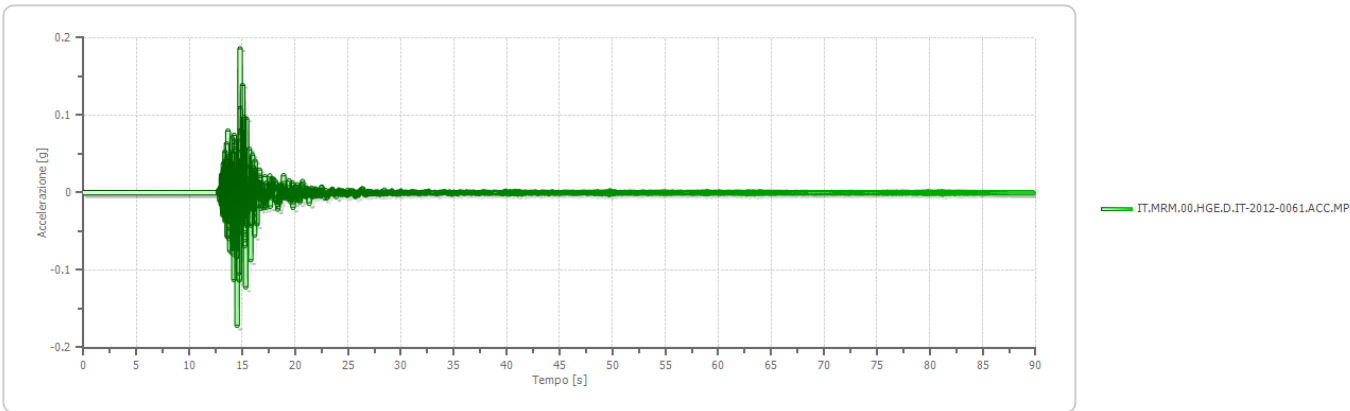
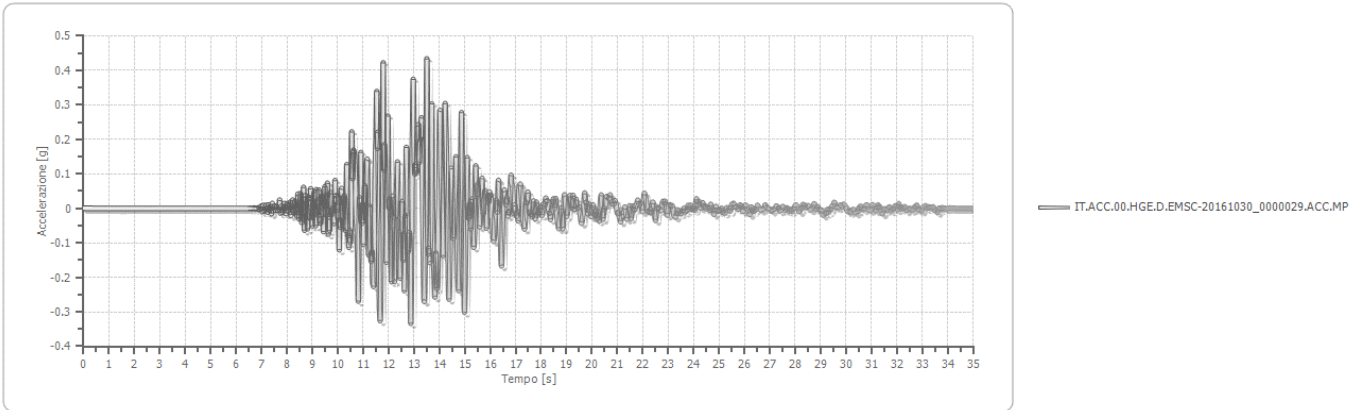
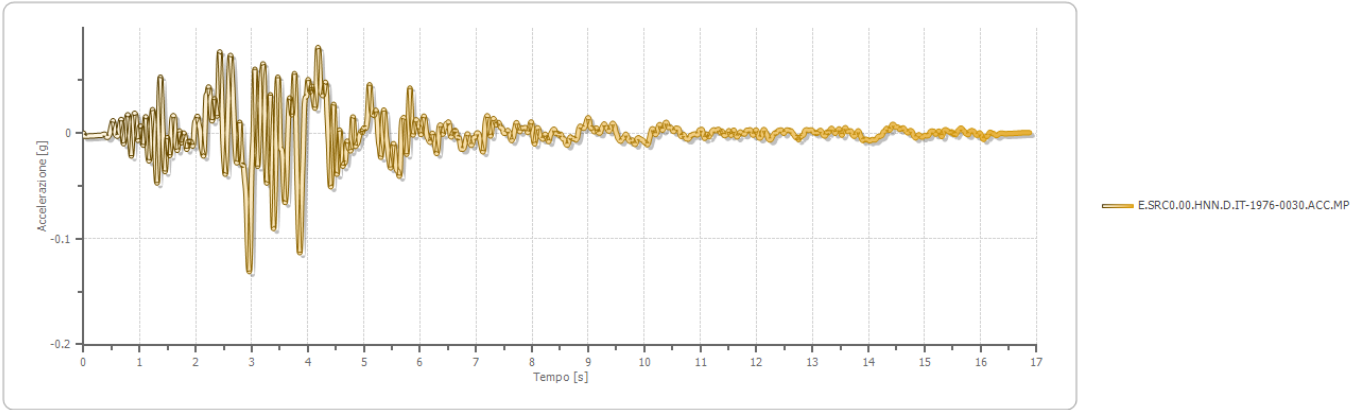
Figura 3: Influenza della plasticità sul coefficiente di smorzamento viscoso

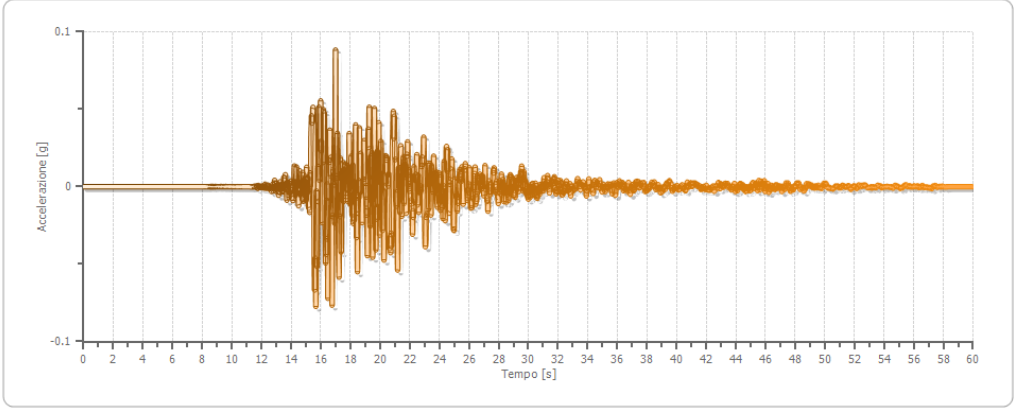
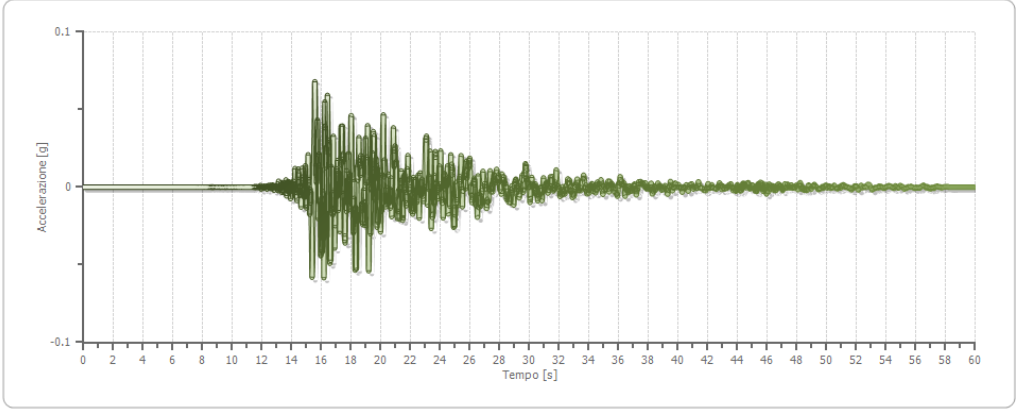
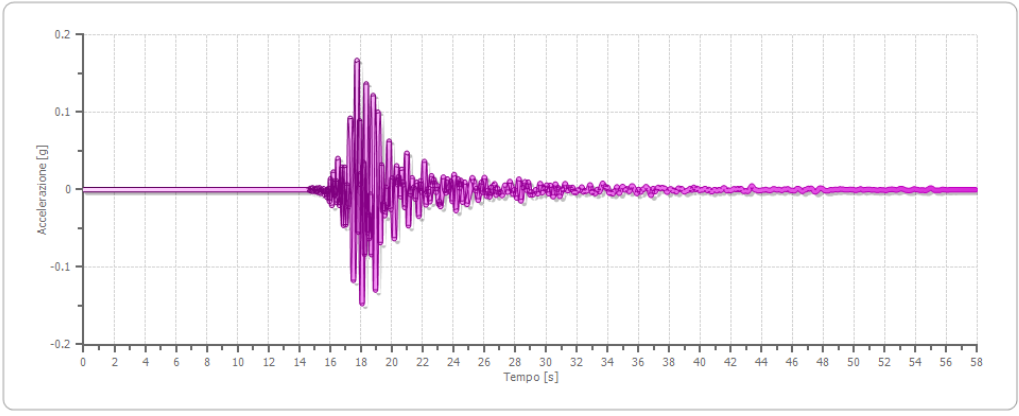
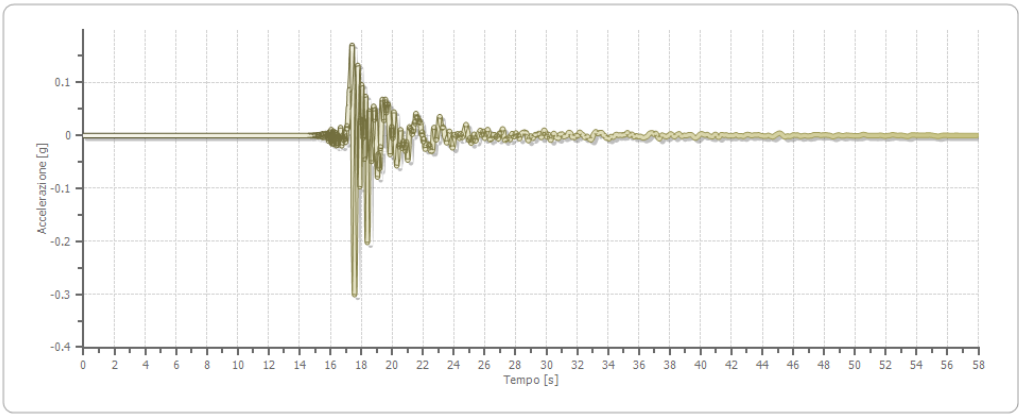
Dati generali

| | |
|-------------|-----------------------------------|
| Descrizione | Studio di risposta sismica locale |
| Tecnico | geol. Antonio D'AMBROSIO |
| Cantiere | San Marzano sul Sarno (Salerno) |
| Latitudine | 40.777001 [°] |
| Longitudine | 14.588521 [°] |

Set di Accelerogrammi utilizzati per la modellazione

numero sette accelerogrammi con Magnitudo e distanza compatibili con il sito di analisi
estratti dal database RexelWeb





| | |
|---|--|
| Coordinate del sito | Latitudine 40.777001 [°] Longitudine 14.588521 [°] |
| Scelta della strategia di progettazione | Vita Nominale (Vn) = 50 anni Coefficiente d'Uso (Cu) = 1,50 Stati limite di riferimento = SLO – SLD - SLV - SLC |
| Accelerazione massima al sito (ag) | SLO - Ag = 0,052 g == (0,5101 m/sec ²) SLD - Ag = 0,065 g == (0,6376 m/sec ²) SLV - Ag = 0,153 g == (1,5010 m/sec ²) SLC - Ag = 0,191 g == (1,8737 m/sec ²) |

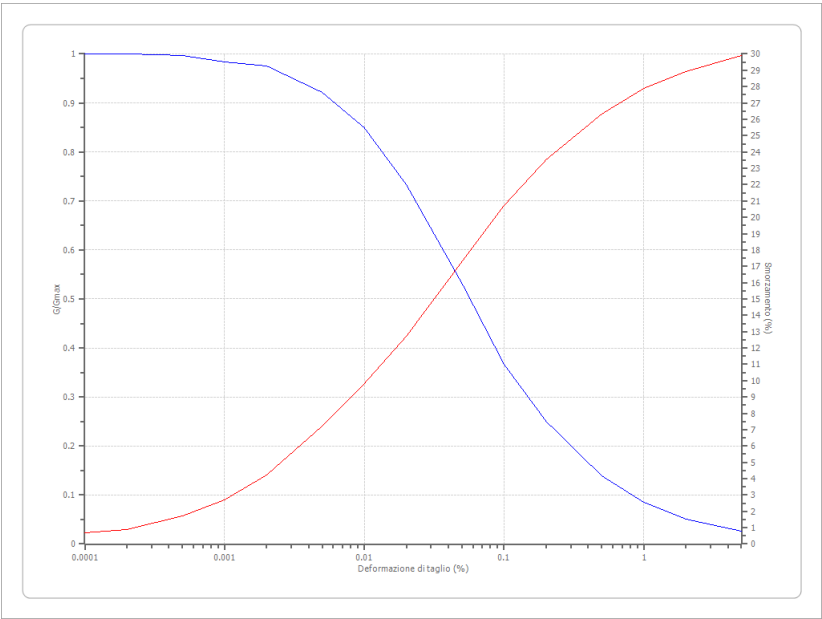
Stratigrafia

| n. | Descrizione | Profondità [m] | Spessore [m] | Terreno | Gmax [MPa] | Peso unità vol. [kN/m³] | Vs [m/s] | Tensione verticale [kPa] |
|----|-------------------|----------------|--------------|---------------------------------------|------------|-------------------------|----------|--------------------------|
| 1 | sabbia con pomici | -- | 8.0 | Seed et al. (1986) Sand - Upper Bound | 61.16 | 15.0 | 200.0 | 20.8 |
| 2 | sabbie con pomici | 8.0 | 12.0 | Seed et al. (1986) Sand - Upper Bound | 160.55 | 17.5 | 300.0 | 146.5 |
| 3 | tufite e tufi | 20.0 | 10.0 | Seed et al. (1986) Sand - Upper Bound | 371.56 | 18.0 | 450.0 | 292.5 |
| 4 | tufiti e tufi | 30.0 | 60.0 | Seed et al. (1986) Sand - Upper Bound | 555.05 | 18.0 | 550.0 | 579.1 |
| 5 | substrato sismico | oo | -- | Smorzamento costante | 1435.27 | 22.0 | 800.0 | 824.8 |

Strato con falda: 2
Strato rilevamento accelerogramma: 5 Affiorante

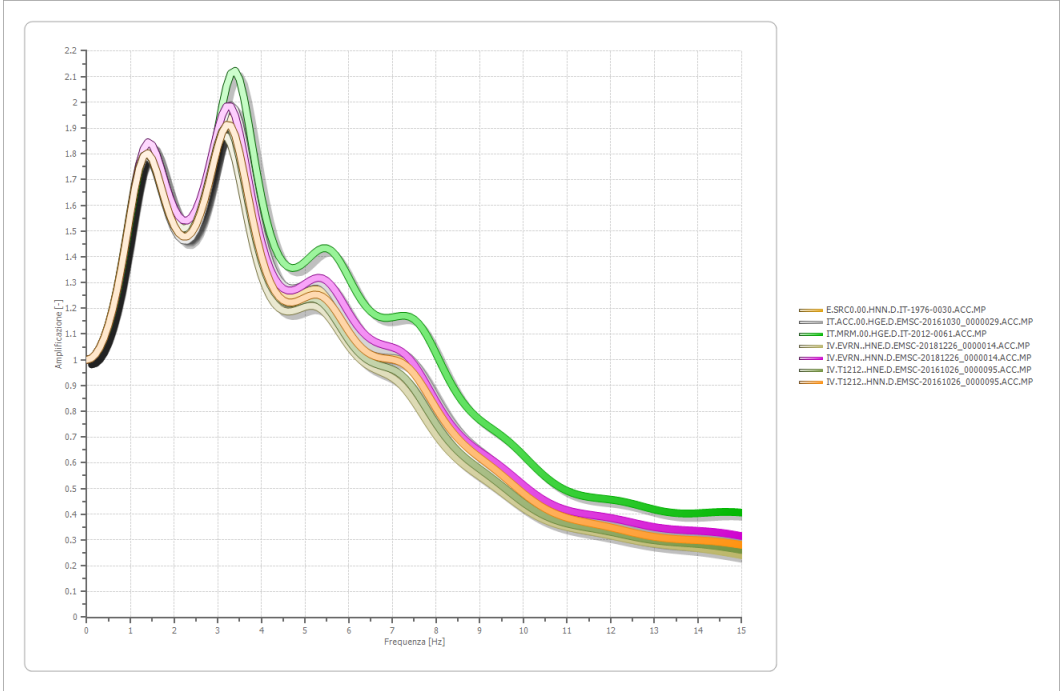
Curve di degrado per i terreni utilizzati per la modellazione
Terreni
Seed et al. (1986) Sand - Upper Bound

| Deformazione % | G/Gmax | Deformazione % | Smorzamento % |
|----------------|--------|----------------|---------------|
| 0.0001 | 1.000 | 0.0001 | 0.700 |
| 0.0002 | 1.000 | 0.0002 | 0.900 |
| 0.0005 | 0.996 | 0.0005 | 1.700 |
| 0.001 | 0.984 | 0.001 | 2.700 |
| 0.002 | 0.975 | 0.002 | 4.200 |
| 0.005 | 0.922 | 0.005 | 7.200 |
| 0.010 | 0.850 | 0.010 | 9.800 |
| 0.020 | 0.734 | 0.020 | 12.700 |
| 0.050 | 0.532 | 0.050 | 17.300 |
| 0.100 | 0.367 | 0.100 | 20.700 |
| 0.200 | 0.250 | 0.200 | 23.500 |
| 0.500 | 0.139 | 0.500 | 26.300 |
| 1.000 | 0.085 | 1.000 | 27.900 |
| 2.000 | 0.051 | 2.000 | 28.900 |
| 5.000 | 0.027 | 5.000 | 29.900 |

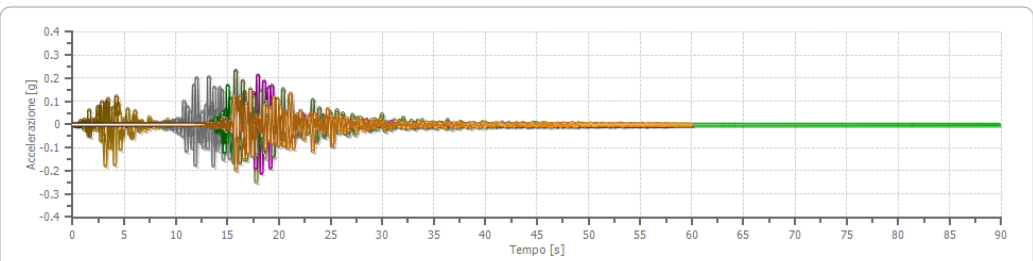


Elaborazione

| | |
|---|----------|
| Numero di iterazioni | 10 |
| Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima | 0.5 |
| Tipo di modulo elastico | Shake 91 |
| Massimo errore percentuale di convergenza | 0.005 |

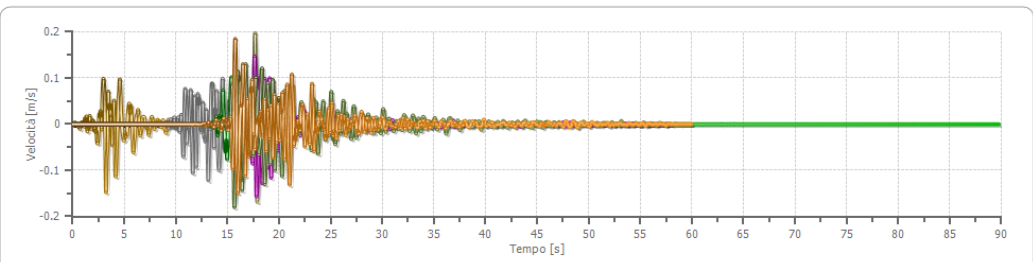


Amplificazione



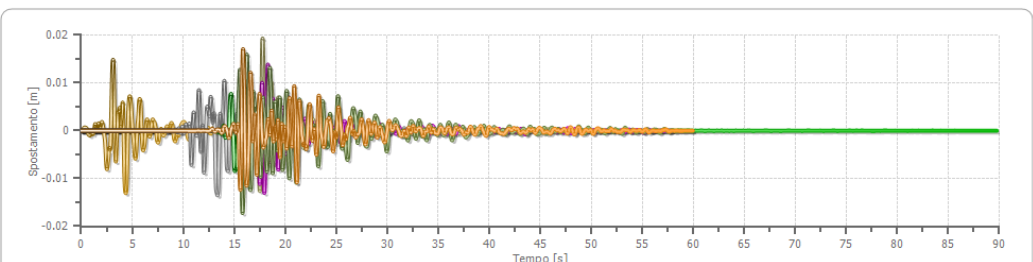
- E.SRC0.00.HNN.D.IT-1976-0030.ACC.MP
- IT.ACC.00.HGE.D.EMSC-20161030_0000029.ACC.MP
- IT.MRM.00.HGE.D.IT-2012-0061.ACC.MP
- IV.EVRN..HNE.D.EMSC-20181226_0000014.ACC.MP
- IV.EVRN..HNN.D.EMSC-20181226_0000014.ACC.MP
- IV.T1212..HNE.D.EMSC-20161026_0000095.ACC.MP
- IV.T1212..HNN.D.EMSC-20161026_0000095.ACC.MP

Accelerazione (g) al suolo



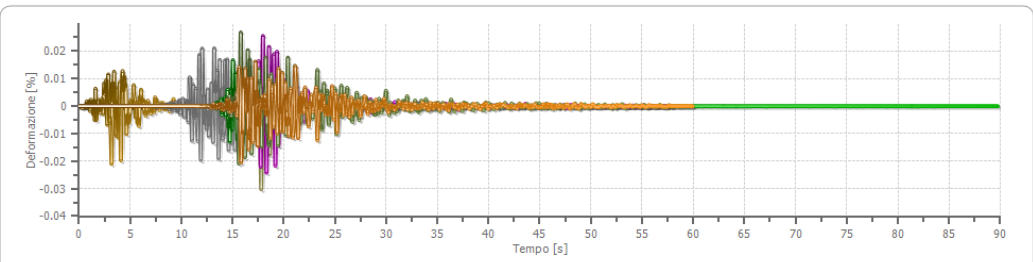
- E.SRC0.00.HNN.D.IT-1976-0030.ACC.MP
- IT.ACC.00.HGE.D.EMSC-20161030_0000029.ACC.MP
- IT.MRM.00.HGE.D.IT-2012-0061.ACC.MP
- IV.EVRN..HNE.D.EMSC-20181226_0000014.ACC.MP
- IV.EVRN..HNN.D.EMSC-20181226_0000014.ACC.MP
- IV.T1212..HNE.D.EMSC-20161026_0000095.ACC.MP
- IV.T1212..HNN.D.EMSC-20161026_0000095.ACC.MP

Velocità (m/sec) al suolo



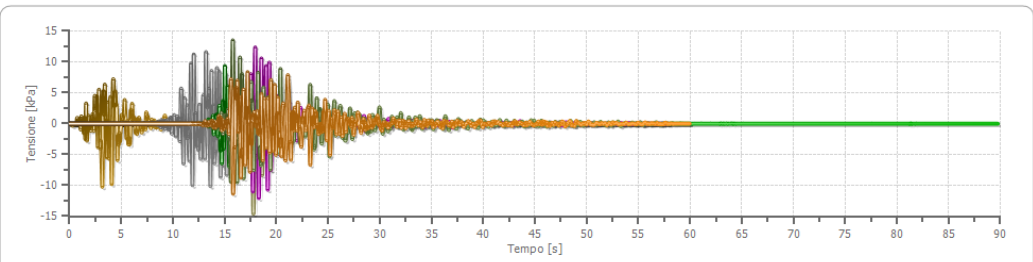
- E.SRC0.00.HNN.D.IT-1976-0030.ACC.MP
- IT.ACC.00.HGE.D.EMSC-20161030_0000029.ACC.MP
- IT.MRM.00.HGE.D.IT-2012-0061.ACC.MP
- IV.EVRN..HNE.D.EMSC-20181226_0000014.ACC.MP
- IV.EVRN..HNN.D.EMSC-20181226_0000014.ACC.MP
- IV.T1212..HNE.D.EMSC-20161026_0000095.ACC.MP
- IV.T1212..HNN.D.EMSC-20161026_0000095.ACC.MP

Spostamento (m) al suolo



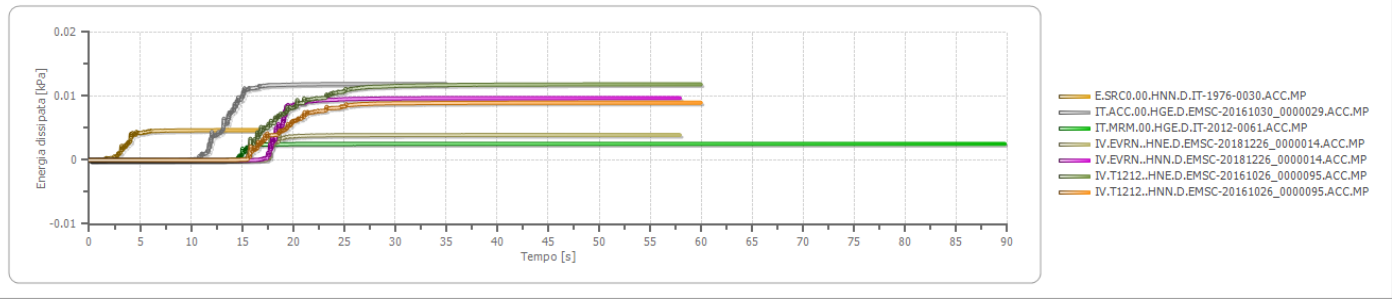
- E.SRC0.00.HNN.D.IT-1976-0030.ACC.MP
- IT.ACC.00.HGE.D.EMSC-20161030_0000029.ACC.MP
- IT.MRM.00.HGE.D.IT-2012-0061.ACC.MP
- IV.EVRN..HNE.D.EMSC-20181226_0000014.ACC.MP
- IV.EVRN..HNN.D.EMSC-20181226_0000014.ACC.MP
- IV.T1212..HNE.D.EMSC-20161026_0000095.ACC.MP
- IV.T1212..HNN.D.EMSC-20161026_0000095.ACC.MP

Deformazione (%) al suolo

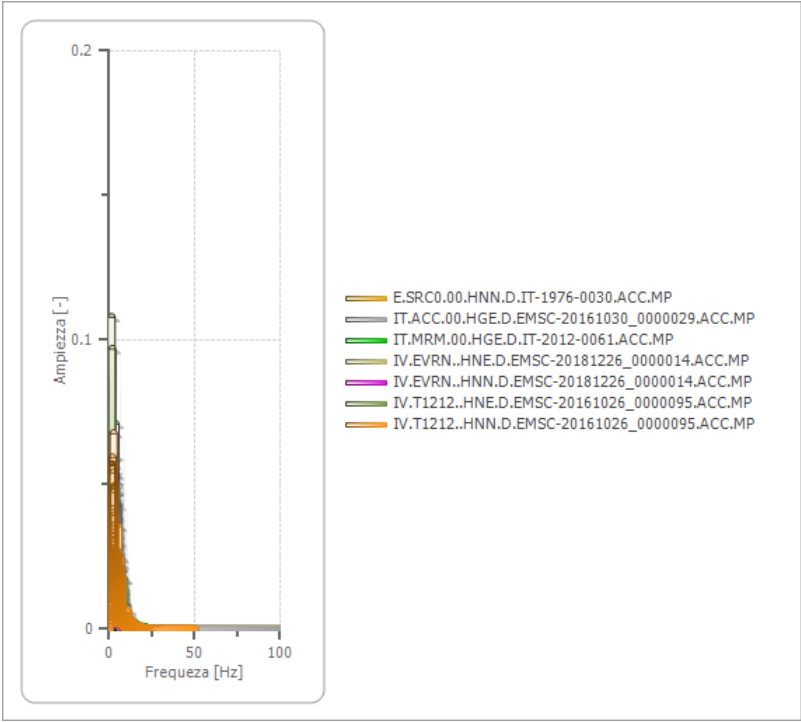


- E.SRC0.00.HNN.D.IT-1976-0030.ACC.MP
- IT.ACC.00.HGE.D.EMSC-20161030_0000029.ACC.MP
- IT.MRM.00.HGE.D.IT-2012-0061.ACC.MP
- IV.EVRN..HNE.D.EMSC-20181226_0000014.ACC.MP
- IV.EVRN..HNN.D.EMSC-20181226_0000014.ACC.MP
- IV.T1212..HNE.D.EMSC-20161026_0000095.ACC.MP
- IV.T1212..HNN.D.EMSC-20161026_0000095.ACC.MP

Tensione (KPa)



Energia dissipata (KPa)



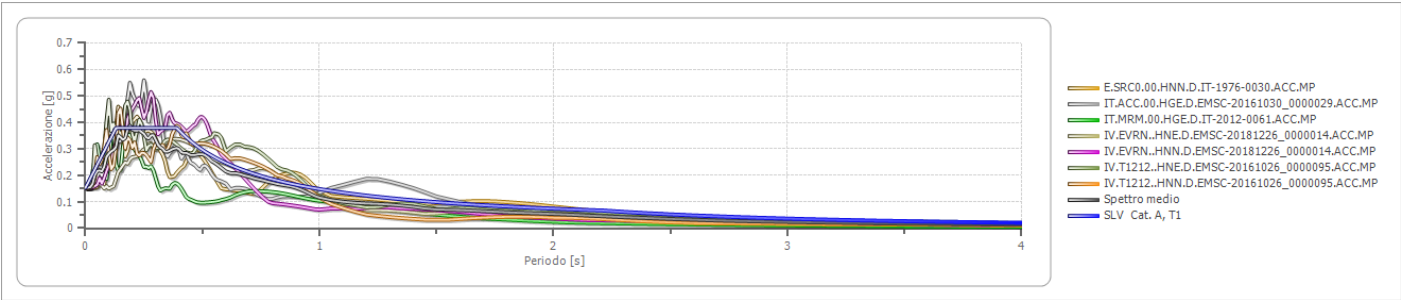
Trasformata di Fourier

ELABORAZIONE
Fattori di amplificazione ICMS 2018

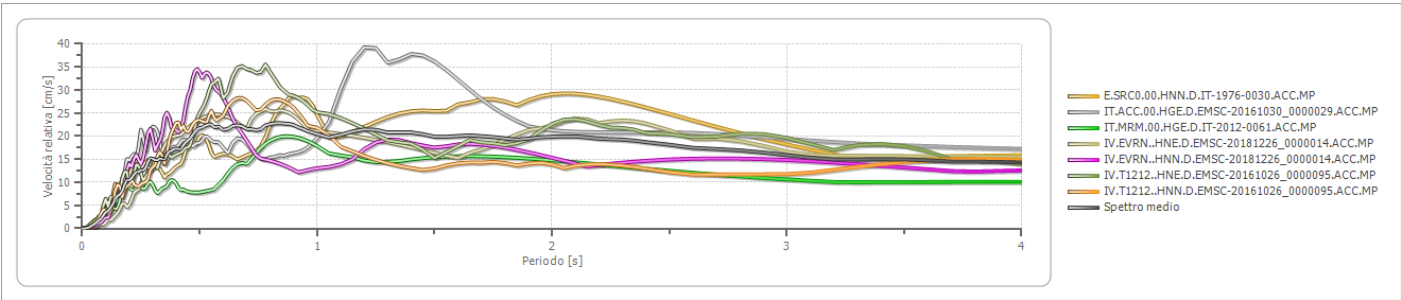
| | |
|-----------|---------------------------|
| Tai | 0.190 [s] |
| Tvi | 0.840 [s] |
| Tao | 0.290 [s] |
| Tvo | 0.860 [s] |
| Sami | 3.380 [m/s ²] |
| Svmi | 0.219 [m/s] |
| Samo | 5.005 [m/s ²] |
| Svmo | 0.368 [m/s] |
| Fa | 1.481 [-] |
| Fv | 1.677 [-] |
| TB | 0.154 [s] |
| TC | 0.462 [s] |
| TD | 2.338 [s] |
| SA(0) | 0.185 [g] |
| SA(TB) | 0.510 [g] |

Fattori di amplificazione su intensità spettrale

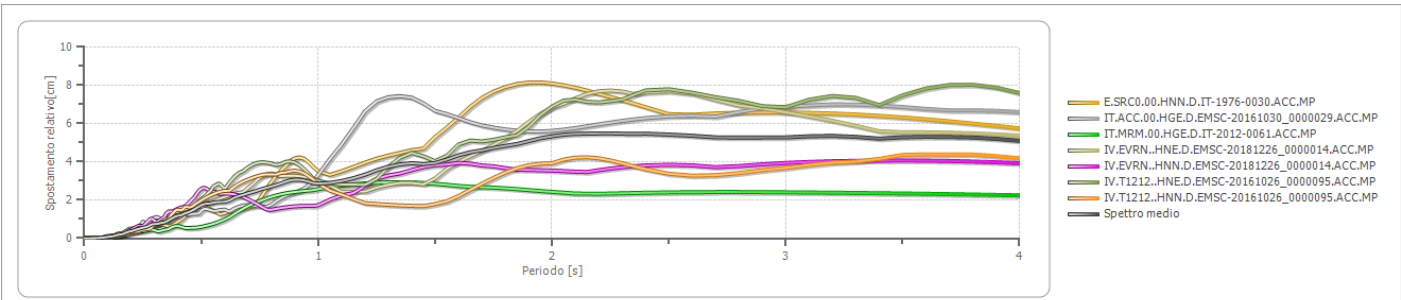
| Periodo minino [s] | Periodo massimo [s] | Int. Housner input [m] | Int. Housner output [m] | Int. Housner input/output [m] | FA |
|--------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------|
| 0.400 | 0.500 | 0.019 | 0.031 | 0.800 | 1.591 |
| 0.400 | 0.700 | 0.063 | 0.103 | 0.571 | 1.634 |
| 0.700 | 1.100 | 0.086 | 0.143 | 0.636 | 1.664 |
| 0.100 | 1.100 | 0.185 | 0.300 | 0.091 | 1.625 |



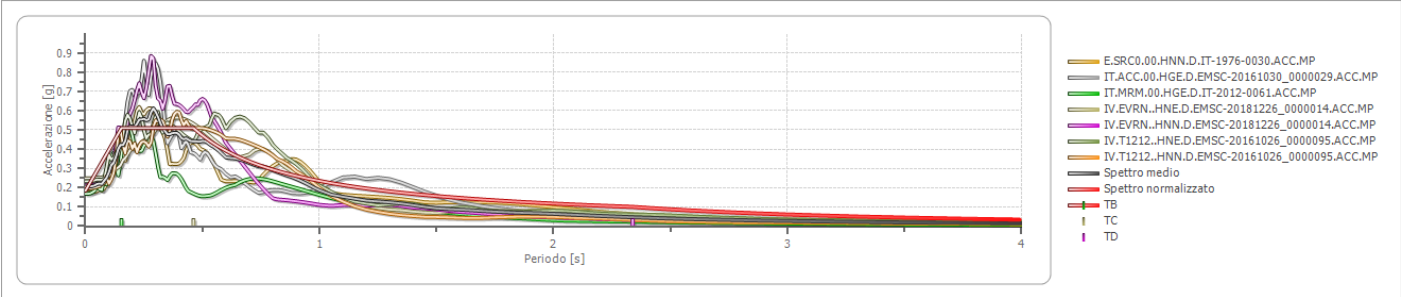
Spettro in accelerazione (input)



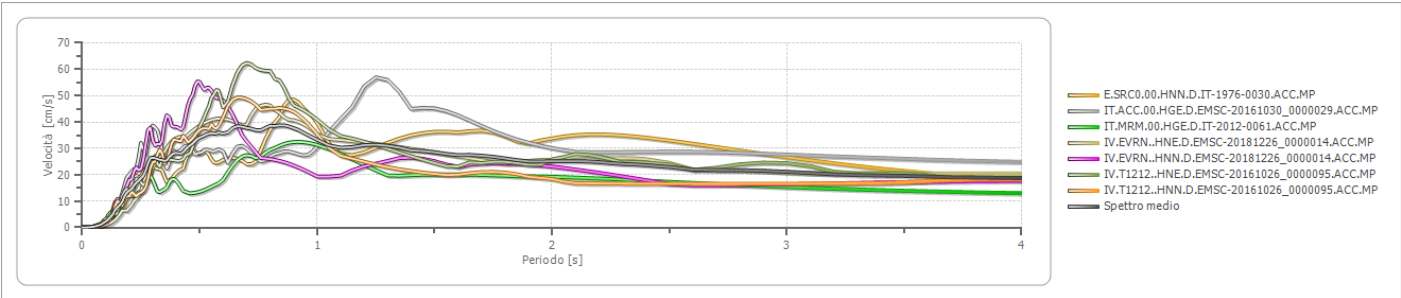
Spettro di velocità (input)



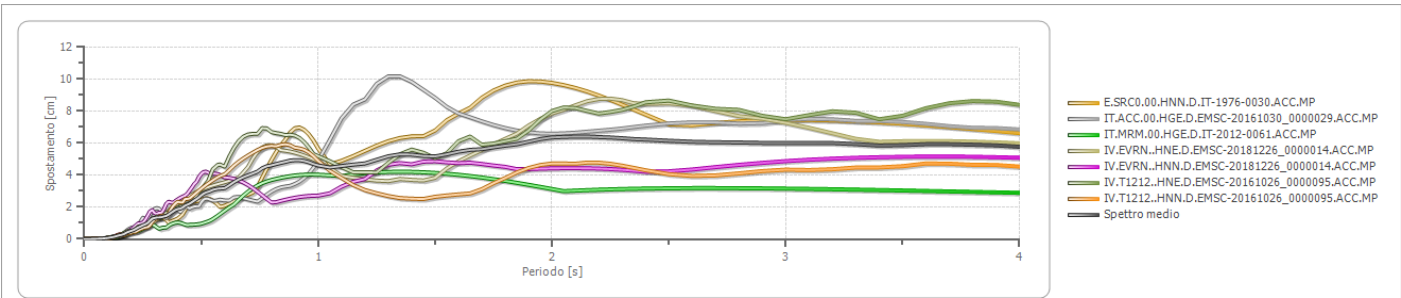
Spettro di spostamento (input)



Spettro in accelerazione (output)



Spettro di velocità (output)

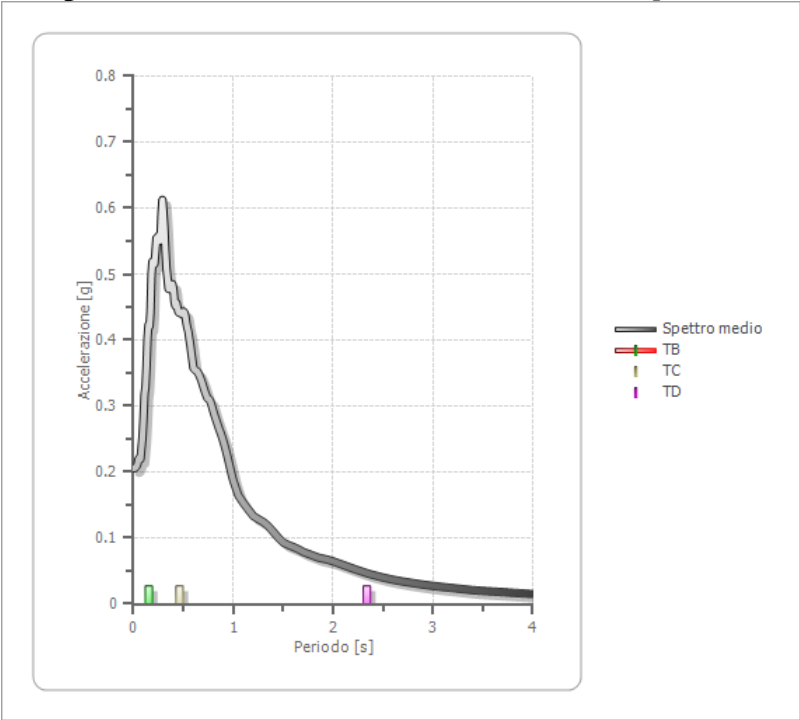


Spettro di spostamento (output)

Spettro medio di risposta elastico SLV

| Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] |
|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|
| 0.00 | 0.2057 | 0.26 | 0.5504 | 0.52 | 0.4360 | 0.98 | 0.1981 | 2.25 | 0.0511 |
| 0.01 | 0.2057 | 0.27 | 0.5552 | 0.53 | 0.4259 | 1.00 | 0.1868 | 2.30 | 0.0486 |
| 0.02 | 0.2067 | 0.28 | 0.5916 | 0.54 | 0.4181 | 1.05 | 0.1646 | 2.35 | 0.0461 |
| 0.03 | 0.2088 | 0.29 | 0.6127 | 0.55 | 0.4121 | 1.10 | 0.1531 | 2.40 | 0.0440 |
| 0.04 | 0.2123 | 0.30 | 0.5934 | 0.56 | 0.4019 | 1.15 | 0.1430 | 2.50 | 0.0401 |
| 0.05 | 0.2197 | 0.31 | 0.5679 | 0.57 | 0.3921 | 1.20 | 0.1333 | 2.60 | 0.0368 |
| 0.06 | 0.2217 | 0.32 | 0.5359 | 0.58 | 0.3803 | 1.25 | 0.1287 | 2.70 | 0.0340 |
| 0.07 | 0.2196 | 0.33 | 0.5083 | 0.60 | 0.3577 | 1.30 | 0.1243 | 2.80 | 0.0316 |
| 0.08 | 0.2368 | 0.34 | 0.4946 | 0.62 | 0.3544 | 1.35 | 0.1181 | 2.90 | 0.0294 |
| 0.09 | 0.2522 | 0.35 | 0.4778 | 0.64 | 0.3524 | 1.40 | 0.1094 | 3.00 | 0.0275 |
| 0.10 | 0.2798 | 0.36 | 0.4774 | 0.66 | 0.3465 | 1.45 | 0.1005 | 3.10 | 0.0257 |
| 0.11 | 0.3176 | 0.37 | 0.4838 | 0.68 | 0.3389 | 1.50 | 0.0932 | 3.20 | 0.0242 |
| 0.12 | 0.3293 | 0.38 | 0.4846 | 0.70 | 0.3292 | 1.55 | 0.0895 | 3.30 | 0.0225 |
| 0.13 | 0.3603 | 0.39 | 0.4851 | 0.72 | 0.3200 | 1.60 | 0.0865 | 3.40 | 0.0209 |
| 0.14 | 0.4022 | 0.40 | 0.4766 | 0.74 | 0.3117 | 1.65 | 0.0832 | 3.50 | 0.0198 |
| 0.15 | 0.4231 | 0.41 | 0.4580 | 0.76 | 0.3101 | 1.70 | 0.0790 | 3.60 | 0.0190 |
| 0.16 | 0.4207 | 0.42 | 0.4518 | 0.78 | 0.3029 | 1.75 | 0.0761 | 3.70 | 0.0180 |
| 0.17 | 0.4428 | 0.43 | 0.4565 | 0.80 | 0.2919 | 1.80 | 0.0732 | 3.80 | 0.0170 |
| 0.18 | 0.5000 | 0.44 | 0.4489 | 0.82 | 0.2825 | 1.85 | 0.0704 | 3.90 | 0.0160 |
| 0.19 | 0.5192 | 0.45 | 0.4423 | 0.84 | 0.2733 | 1.90 | 0.0687 | 4.00 | 0.0150 |
| 0.20 | 0.5172 | 0.46 | 0.4413 | 0.86 | 0.2643 | 1.95 | 0.0669 | | |
| 0.21 | 0.5155 | 0.47 | 0.4416 | 0.88 | 0.2564 | 2.00 | 0.0647 | | |
| 0.22 | 0.5322 | 0.48 | 0.4398 | 0.90 | 0.2467 | 2.05 | 0.0619 | | |
| 0.23 | 0.5546 | 0.49 | 0.4395 | 0.92 | 0.2360 | 2.10 | 0.0591 | | |
| 0.24 | 0.5540 | 0.50 | 0.4432 | 0.94 | 0.2242 | 2.15 | 0.0564 | | |
| 0.25 | 0.5582 | 0.51 | 0.4420 | 0.96 | 0.2114 | 2.20 | 0.0537 | | |

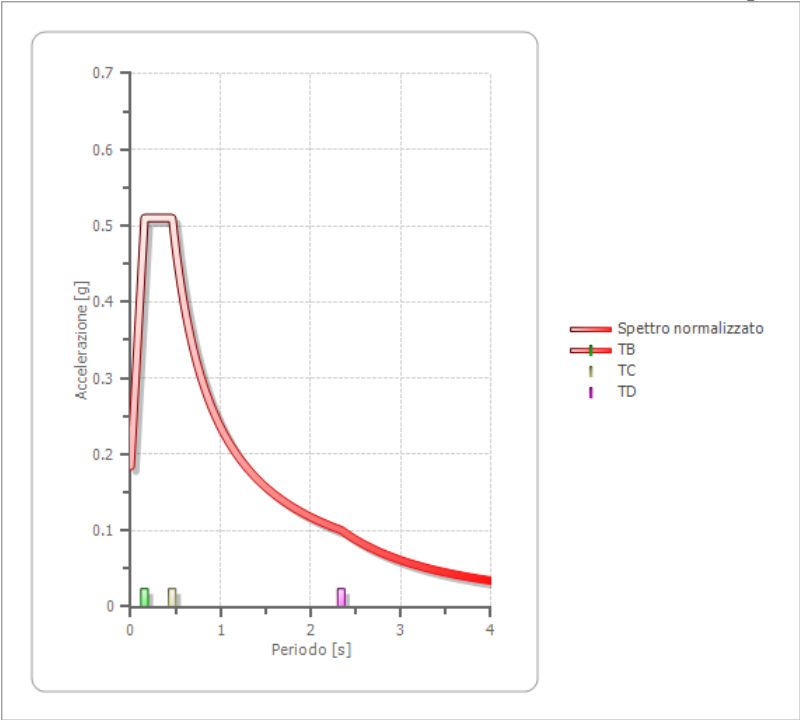
Spettro medio di accelerazione Orizzontale (Output SLV)



Spettro normalizzato di risposta elastico SLV

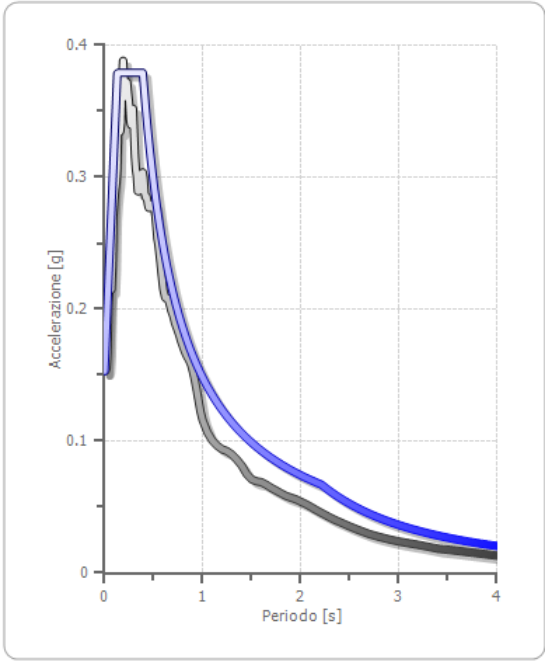
| Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] |
|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|
| 0.00 | 0.1846 | 0.26 | 0.5102 | 0.52 | 0.4530 | 0.98 | 0.2404 | 2.25 | 0.1047 |
| 0.01 | 0.2057 | 0.27 | 0.5102 | 0.53 | 0.4444 | 1.00 | 0.2355 | 2.30 | 0.1024 |
| 0.02 | 0.2269 | 0.28 | 0.5102 | 0.54 | 0.4362 | 1.05 | 0.2243 | 2.35 | 0.1002 |
| 0.03 | 0.2481 | 0.29 | 0.5102 | 0.55 | 0.4283 | 1.10 | 0.2141 | 2.40 | 0.0981 |
| 0.04 | 0.2692 | 0.30 | 0.5102 | 0.56 | 0.4206 | 1.15 | 0.2048 | 2.50 | 0.0942 |
| 0.05 | 0.2904 | 0.31 | 0.5102 | 0.57 | 0.4132 | 1.20 | 0.1963 | 2.60 | 0.0906 |
| 0.06 | 0.3115 | 0.32 | 0.5102 | 0.58 | 0.4061 | 1.25 | 0.1884 | 2.70 | 0.0872 |
| 0.07 | 0.3327 | 0.33 | 0.5102 | 0.60 | 0.3926 | 1.30 | 0.1812 | 2.80 | 0.0841 |
| 0.08 | 0.3538 | 0.34 | 0.5102 | 0.62 | 0.3799 | 1.35 | 0.1745 | 2.90 | 0.0812 |
| 0.09 | 0.3750 | 0.35 | 0.5102 | 0.64 | 0.3680 | 1.40 | 0.1682 | 3.00 | 0.0785 |
| 0.10 | 0.3961 | 0.36 | 0.5102 | 0.66 | 0.3569 | 1.45 | 0.1624 | 3.10 | 0.0760 |
| 0.11 | 0.4173 | 0.37 | 0.5102 | 0.68 | 0.3464 | 1.50 | 0.1570 | 3.20 | 0.0736 |
| 0.12 | 0.4385 | 0.38 | 0.5102 | 0.70 | 0.3365 | 1.55 | 0.1520 | 3.30 | 0.0714 |
| 0.13 | 0.4596 | 0.39 | 0.5102 | 0.72 | 0.3272 | 1.60 | 0.1472 | 3.40 | 0.0693 |
| 0.14 | 0.4808 | 0.40 | 0.5102 | 0.74 | 0.3183 | 1.65 | 0.1428 | 3.50 | 0.0673 |
| 0.15 | 0.5019 | 0.41 | 0.5102 | 0.76 | 0.3099 | 1.70 | 0.1386 | 3.60 | 0.0654 |
| 0.16 | 0.5102 | 0.42 | 0.5102 | 0.78 | 0.3020 | 1.75 | 0.1346 | 3.70 | 0.0637 |
| 0.17 | 0.5102 | 0.43 | 0.5102 | 0.80 | 0.2944 | 1.80 | 0.1309 | 3.80 | 0.0620 |
| 0.18 | 0.5102 | 0.44 | 0.5102 | 0.82 | 0.2873 | 1.85 | 0.1273 | 3.90 | 0.0604 |
| 0.19 | 0.5102 | 0.45 | 0.5102 | 0.84 | 0.2804 | 1.90 | 0.1240 | 4.00 | 0.0589 |
| 0.20 | 0.5102 | 0.46 | 0.5102 | 0.86 | 0.2739 | 1.95 | 0.1208 | | |
| 0.21 | 0.5102 | 0.47 | 0.5012 | 0.88 | 0.2677 | 2.00 | 0.1178 | | |
| 0.22 | 0.5102 | 0.48 | 0.4907 | 0.90 | 0.2617 | 2.05 | 0.1149 | | |
| 0.23 | 0.5102 | 0.49 | 0.4807 | 0.92 | 0.2560 | 2.10 | 0.1122 | | |
| 0.24 | 0.5102 | 0.50 | 0.4711 | 0.94 | 0.2506 | 2.15 | 0.1096 | | |
| 0.25 | 0.5102 | 0.51 | 0.4619 | 0.96 | 0.2454 | 2.20 | 0.1071 | | |

Spettro medio di accelerazione *Orizzontale* normalizzato (Output SLV)



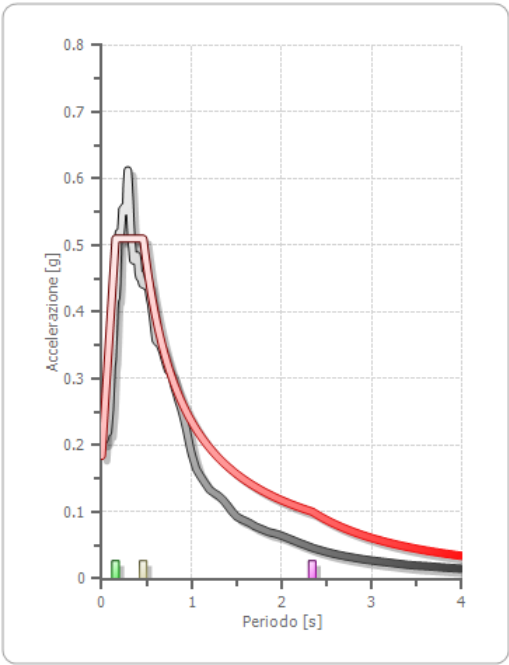
Parametri spettro normalizzato SLV

| <i>Ag</i> [g] | <i>F0</i> | <i>Tc*</i> | <i>TB</i> [s] | <i>TC</i> [s] | <i>TD</i> [s] | <i>Se(0)</i> [g] | <i>Se(TB)</i> [g] | <i>S</i> |
|------------------|-----------|------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|----------------------|----------|
| 0.185 | 2.763743 | -- | 0.154 | 0.462 | 2.338 | 0.185 | 0.510 | 1.206 |



Confronto tra spettro medio di
accelerazione orizzontale
(Input - SLV, Cat. A, T1)

Confronto tra spettro medio di
accelerazione Orizzontale (Output - SLV, spettro
medio-spettro normalizzato)

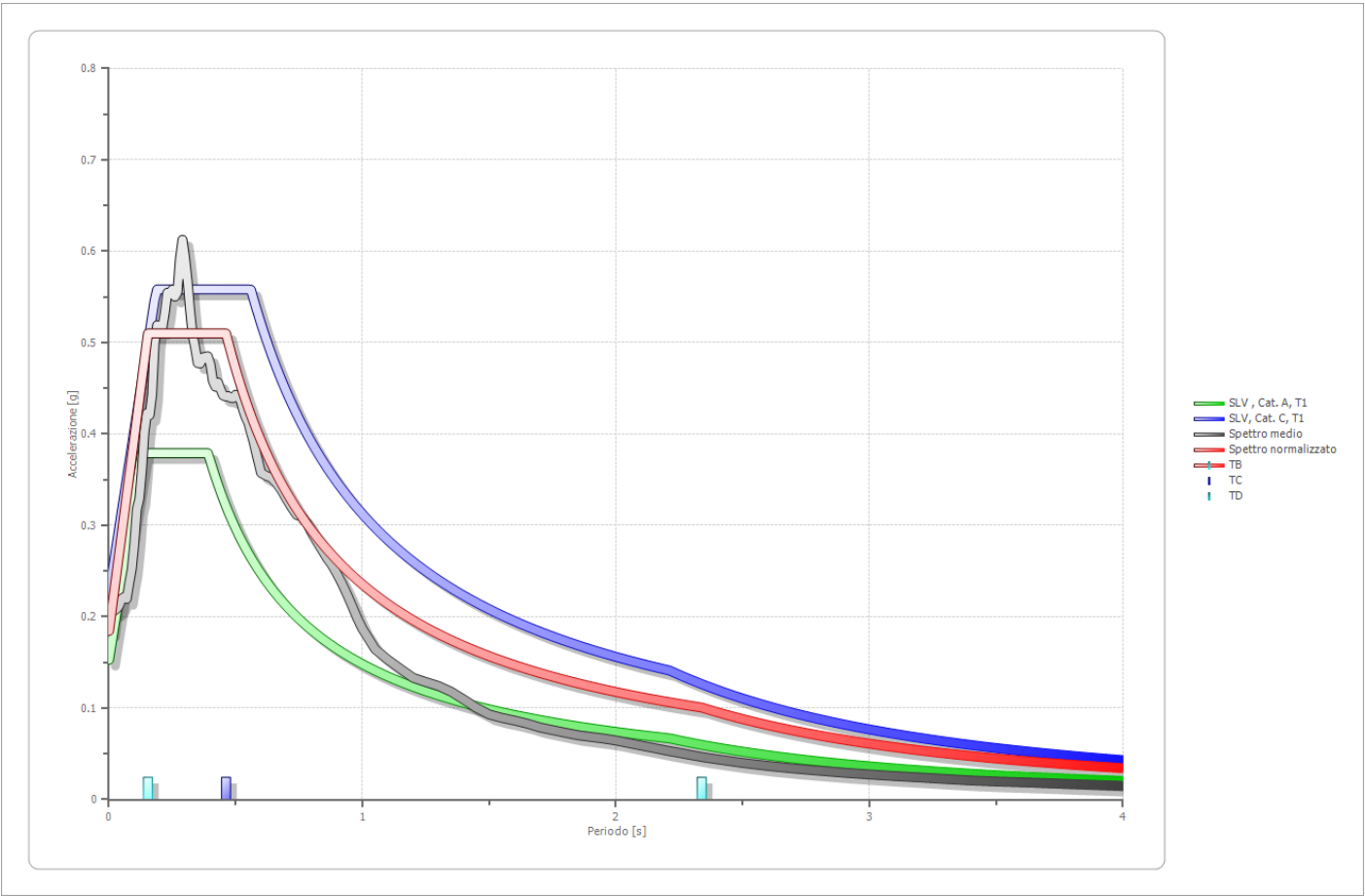


CONFRONTO SPETTRO NORMATIVA

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico orizzontale

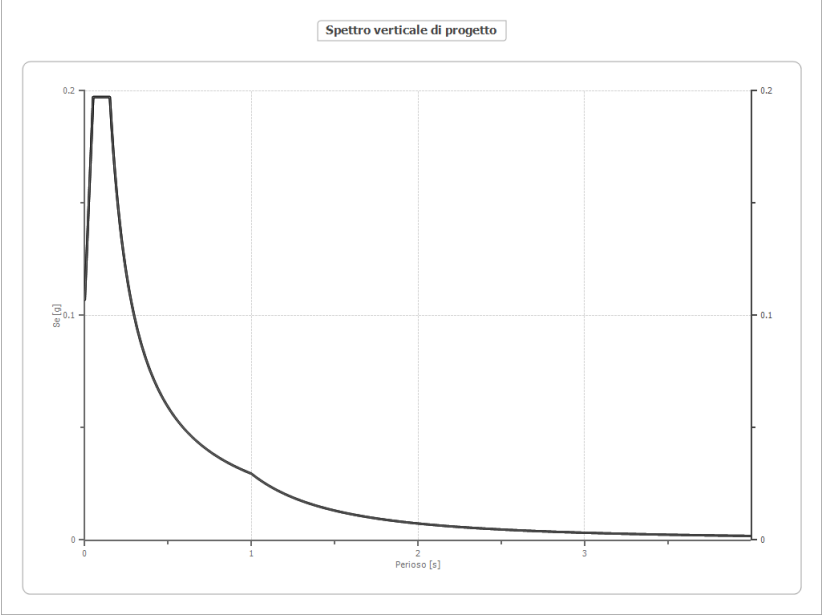
| | Operatività SLO Cat. A | Danno SLD Cat. A | Salvaguardia vita SLV Cat. A | Prev. collasso SLC Cat. A | Operatività SLO Cat. B | Danno SLD Cat. B | Salvaguardia vita SLV Cat. B | Prev. collasso SLC Cat. B |
|------------|---------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| Tr [anni] | 45 | 75 | 712 | 1462 | 45 | 75 | 712 | 1462 |
| ag [g] | 0.052 | 0.065 | 0.153 | 0.191 | 0.052 | 0.065 | 0.153 | 0.191 |
| Fo | 2.362 | 2.394 | 2.478 | 2.516 | 2.362 | 2.394 | 2.478 | 2.516 |
| Tc* [s] | 0.313 | 0.335 | 0.391 | 0.405 | 0.313 | 0.335 | 0.391 | 0.405 |
| Ss | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.50 | 1.50 | 1.47 | 1.41 |
| St | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Cc | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.54 | 1.51 | 1.43 | 1.41 |
| TB [s] | 0.104 | 0.112 | 0.130 | 0.135 | 0.161 | 0.168 | 0.187 | 0.191 |
| TC [s] | 0.313 | 0.335 | 0.391 | 0.405 | 0.482 | 0.505 | 0.560 | 0.573 |
| TD [s] | 1.808 | 1.860 | 2.212 | 2.364 | 1.808 | 1.860 | 2.212 | 2.364 |
| Se(0) [g] | 0.052 | 0.065 | 0.153 | 0.191 | 0.078 | 0.098 | 0.225 | 0.270 |
| Se(TB) [g] | 0.123 | 0.156 | 0.379 | 0.481 | 0.184 | 0.233 | 0.558 | 0.678 |

Confronto tra gli spettri elastici orizzontali
Spettro Output (nero) – Spettro Output normalizzato (rosso) – SLV, Cat. A, T1 (verde) – SLV, Cat. C, T1 (blu)
Stato Limite SLV



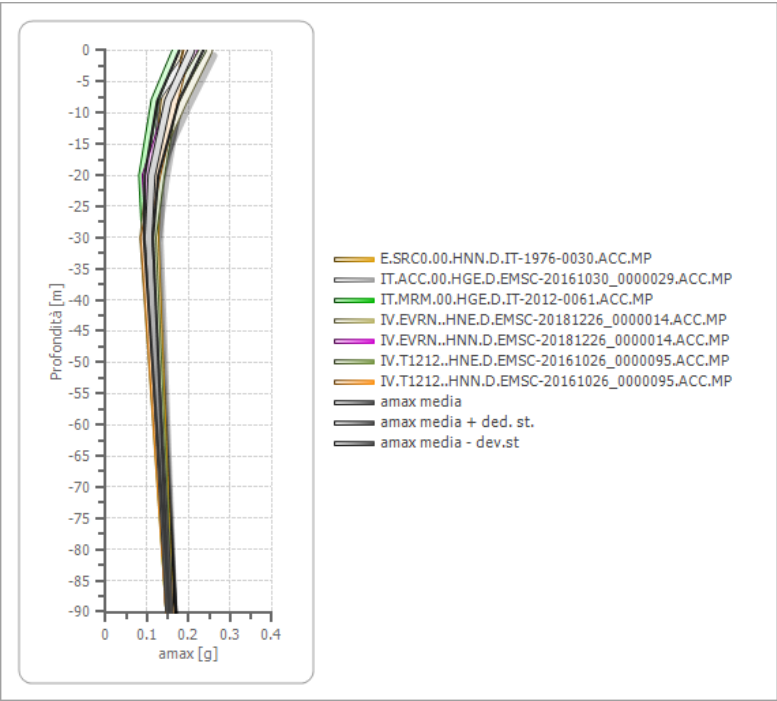
Spettro verticale di progetto (SLV)

| Ag [g] | F0 | Tc* | Fv | q | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|-----------|-------|-------|-------|-----|-----------|-----------|-----------|--------------|---------------|
| 0.185 | 2.764 | 0.150 | 1.603 | 1.5 | 0.050 | 0.150 | 1.000 | 0.107 | 0.197 |



Profilo a max SLV

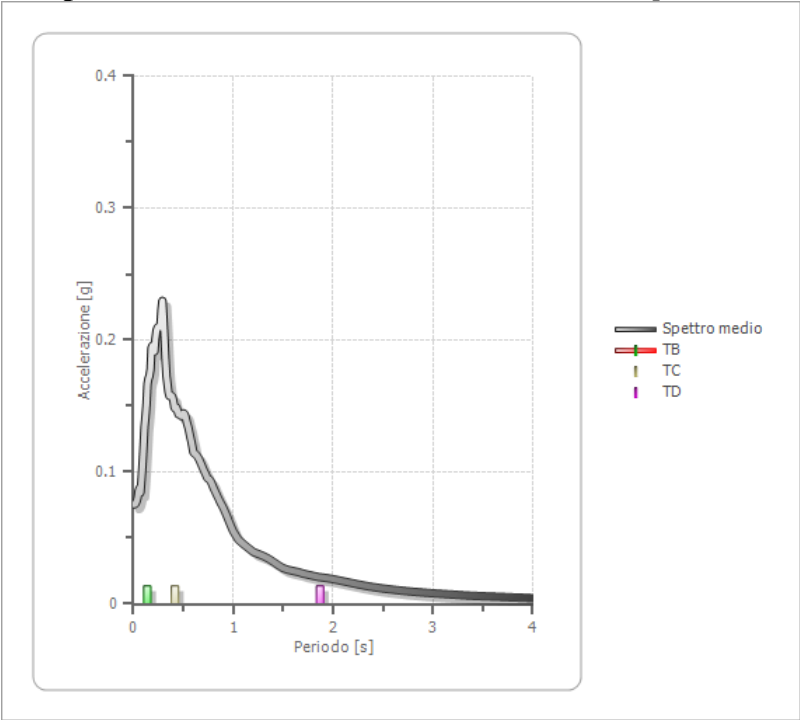
| | 0.0 [m] | 8.0 [m] | 20.0 [m] | 30.0 [m] | 90.0 [m] |
|--|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| E.SRC0.00.HNN.D.IT-1976-0030.ACC.MP [g] | 0.177 | 0.142 | 0.123 | 0.119 | 0.153 |
| IT.ACC.00.HGE.D.EMSC-20161030_0000029.ACC.MP [g] | 0.205 | 0.119 | 0.102 | 0.105 | 0.153 |
| IT.MRM.00.HGE.D.IT-2012-0061.ACC.MP [g] | 0.168 | 0.118 | 0.088 | 0.095 | 0.153 |
| IV.EVRN..HNE.D.EMSC-20181226_0000014.ACC.MP [g] | 0.248 | 0.188 | 0.106 | 0.091 | 0.153 |
| IV.EVRN..HNN.D.EMSC-20181226_0000014.ACC.MP [g] | 0.213 | 0.156 | 0.096 | 0.105 | 0.153 |
| IV.T1212..HNE.D.EMSC-20161026_0000095.ACC.MP [g] | 0.233 | 0.164 | 0.133 | 0.113 | 0.153 |
| IV.T1212..HNN.D.EMSC-20161026_0000095.ACC.MP [g] | 0.196 | 0.166 | 0.123 | 0.092 | 0.153 |
| media [g] | 0.206 | 0.150 | 0.110 | 0.103 | 0.153 |
| Dev. St. [g] | 0.029 | 0.026 | 0.016 | 0.011 | 0.000 |



Spettro medio di risposta elastico SLO

| Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] |
|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|
| 0.00 | 0.0754 | 0.26 | 0.2099 | 0.52 | 0.1423 | 0.98 | 0.0583 | 2.25 | 0.0149 |
| 0.01 | 0.0754 | 0.27 | 0.2119 | 0.53 | 0.1389 | 1.00 | 0.0550 | 2.30 | 0.0141 |
| 0.02 | 0.0760 | 0.28 | 0.2237 | 0.54 | 0.1361 | 1.05 | 0.0488 | 2.35 | 0.0134 |
| 0.03 | 0.0776 | 0.29 | 0.2298 | 0.55 | 0.1335 | 1.10 | 0.0454 | 2.40 | 0.0128 |
| 0.04 | 0.0804 | 0.30 | 0.2175 | 0.56 | 0.1298 | 1.15 | 0.0424 | 2.50 | 0.0117 |
| 0.05 | 0.0855 | 0.31 | 0.2014 | 0.57 | 0.1264 | 1.20 | 0.0394 | 2.60 | 0.0108 |
| 0.06 | 0.0879 | 0.32 | 0.1859 | 0.58 | 0.1230 | 1.25 | 0.0379 | 2.70 | 0.0100 |
| 0.07 | 0.0843 | 0.33 | 0.1727 | 0.60 | 0.1148 | 1.30 | 0.0364 | 2.80 | 0.0093 |
| 0.08 | 0.0943 | 0.34 | 0.1670 | 0.62 | 0.1136 | 1.35 | 0.0344 | 2.90 | 0.0087 |
| 0.09 | 0.1049 | 0.35 | 0.1605 | 0.64 | 0.1119 | 1.40 | 0.0320 | 3.00 | 0.0081 |
| 0.10 | 0.1182 | 0.36 | 0.1576 | 0.66 | 0.1093 | 1.45 | 0.0294 | 3.10 | 0.0076 |
| 0.11 | 0.1341 | 0.37 | 0.1584 | 0.68 | 0.1057 | 1.50 | 0.0271 | 3.20 | 0.0071 |
| 0.12 | 0.1416 | 0.38 | 0.1577 | 0.70 | 0.1021 | 1.55 | 0.0259 | 3.30 | 0.0066 |
| 0.13 | 0.1514 | 0.39 | 0.1569 | 0.72 | 0.0989 | 1.60 | 0.0250 | 3.40 | 0.0062 |
| 0.14 | 0.1666 | 0.40 | 0.1538 | 0.74 | 0.0953 | 1.65 | 0.0242 | 3.50 | 0.0059 |
| 0.15 | 0.1709 | 0.41 | 0.1489 | 0.76 | 0.0944 | 1.70 | 0.0230 | 3.60 | 0.0056 |
| 0.16 | 0.1728 | 0.42 | 0.1479 | 0.78 | 0.0920 | 1.75 | 0.0222 | 3.70 | 0.0053 |
| 0.17 | 0.1779 | 0.43 | 0.1490 | 0.80 | 0.0883 | 1.80 | 0.0213 | 3.80 | 0.0050 |
| 0.18 | 0.1940 | 0.44 | 0.1467 | 0.82 | 0.0850 | 1.85 | 0.0205 | 3.90 | 0.0047 |
| 0.19 | 0.1960 | 0.45 | 0.1437 | 0.84 | 0.0817 | 1.90 | 0.0200 | 4.00 | 0.0044 |
| 0.20 | 0.1925 | 0.46 | 0.1437 | 0.86 | 0.0786 | 1.95 | 0.0195 | | |
| 0.21 | 0.1913 | 0.47 | 0.1434 | 0.88 | 0.0756 | 2.00 | 0.0188 | | |
| 0.22 | 0.2008 | 0.48 | 0.1424 | 0.90 | 0.0727 | 2.05 | 0.0181 | | |
| 0.23 | 0.2071 | 0.49 | 0.1431 | 0.92 | 0.0694 | 2.10 | 0.0172 | | |
| 0.24 | 0.2095 | 0.50 | 0.1447 | 0.94 | 0.0657 | 2.15 | 0.0164 | | |
| 0.25 | 0.2102 | 0.51 | 0.1442 | 0.96 | 0.0619 | 2.20 | 0.0156 | | |

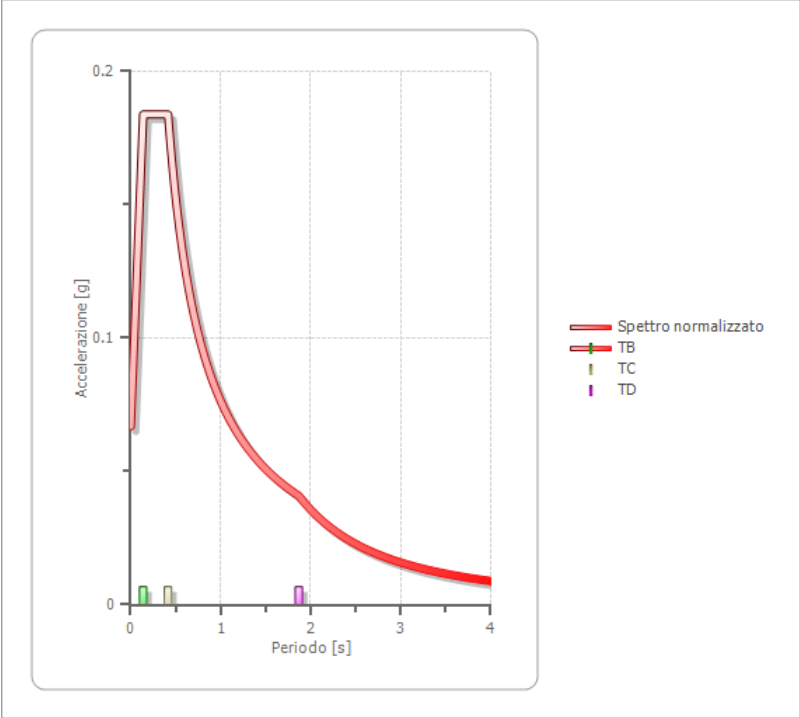
Spettro medio di accelerazione Orizzontale (Output SLO)



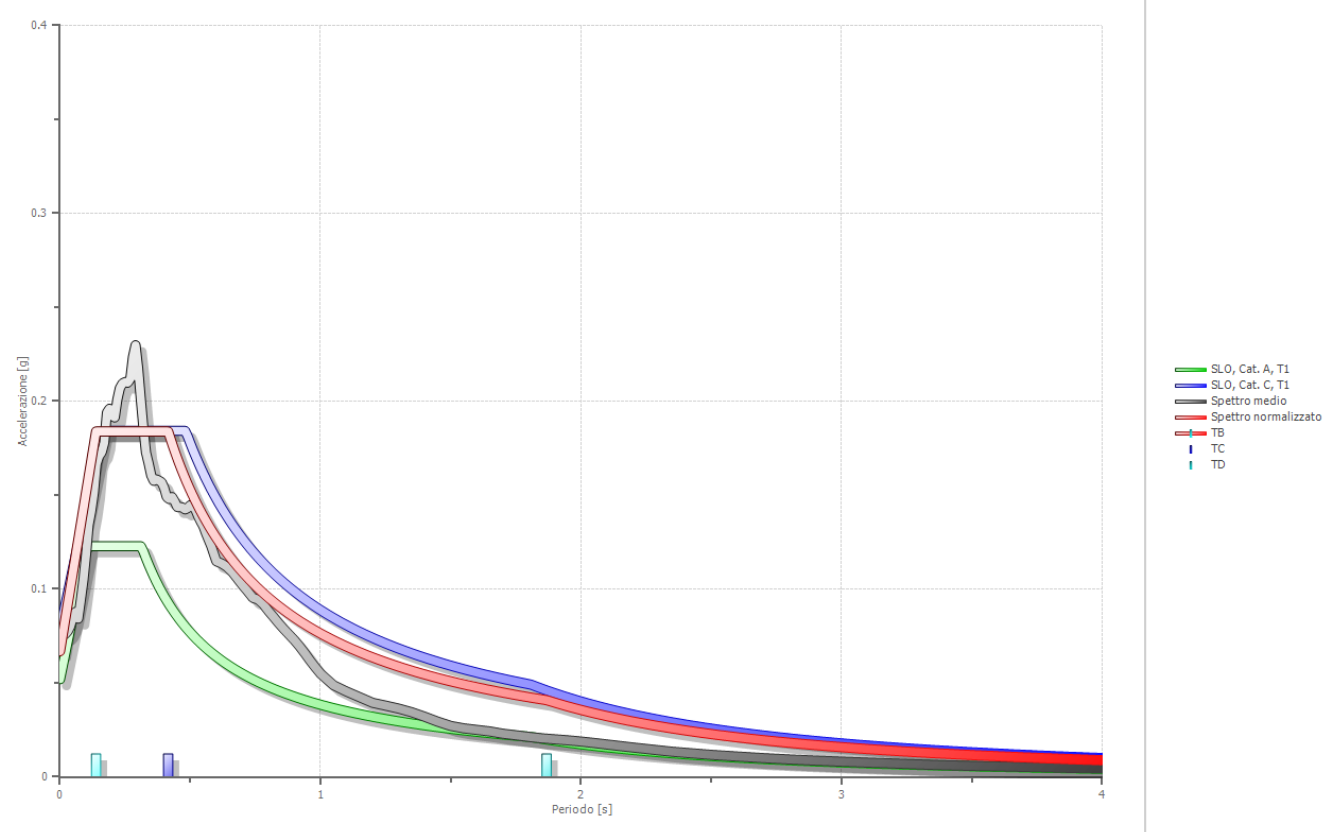
Spettro normalizzato di risposta elastico SLO

| Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] |
|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|
| 0.00 | 0.0669 | 0.26 | 0.1839 | 0.52 | 0.1468 | 0.98 | 0.0779 | 2.25 | 0.0339 |
| 0.01 | 0.0754 | 0.27 | 0.1839 | 0.53 | 0.1440 | 1.00 | 0.0763 | 2.30 | 0.0332 |
| 0.02 | 0.0838 | 0.28 | 0.1839 | 0.54 | 0.1414 | 1.05 | 0.0727 | 2.35 | 0.0325 |
| 0.03 | 0.0923 | 0.29 | 0.1839 | 0.55 | 0.1388 | 1.10 | 0.0694 | 2.40 | 0.0318 |
| 0.04 | 0.1007 | 0.30 | 0.1839 | 0.56 | 0.1363 | 1.15 | 0.0664 | 2.50 | 0.0305 |
| 0.05 | 0.1092 | 0.31 | 0.1839 | 0.57 | 0.1339 | 1.20 | 0.0636 | 2.60 | 0.0294 |
| 0.06 | 0.1176 | 0.32 | 0.1839 | 0.58 | 0.1316 | 1.25 | 0.0611 | 2.70 | 0.0283 |
| 0.07 | 0.1261 | 0.33 | 0.1839 | 0.60 | 0.1272 | 1.30 | 0.0587 | 2.80 | 0.0273 |
| 0.08 | 0.1345 | 0.34 | 0.1839 | 0.62 | 0.1231 | 1.35 | 0.0566 | 2.90 | 0.0263 |
| 0.09 | 0.1430 | 0.35 | 0.1839 | 0.64 | 0.1193 | 1.40 | 0.0545 | 3.00 | 0.0254 |
| 0.10 | 0.1514 | 0.36 | 0.1839 | 0.66 | 0.1157 | 1.45 | 0.0527 | 3.10 | 0.0246 |
| 0.11 | 0.1599 | 0.37 | 0.1839 | 0.68 | 0.1123 | 1.50 | 0.0509 | 3.20 | 0.0239 |
| 0.12 | 0.1683 | 0.38 | 0.1839 | 0.70 | 0.1091 | 1.55 | 0.0493 | 3.30 | 0.0231 |
| 0.13 | 0.1768 | 0.39 | 0.1839 | 0.72 | 0.1060 | 1.60 | 0.0477 | 3.40 | 0.0225 |
| 0.14 | 0.1839 | 0.40 | 0.1839 | 0.74 | 0.1032 | 1.65 | 0.0463 | 3.50 | 0.0218 |
| 0.15 | 0.1839 | 0.41 | 0.1839 | 0.76 | 0.1005 | 1.70 | 0.0449 | 3.60 | 0.0212 |
| 0.16 | 0.1839 | 0.42 | 0.1818 | 0.78 | 0.0979 | 1.75 | 0.0436 | 3.70 | 0.0206 |
| 0.17 | 0.1839 | 0.43 | 0.1775 | 0.80 | 0.0954 | 1.80 | 0.0424 | 3.80 | 0.0201 |
| 0.18 | 0.1839 | 0.44 | 0.1735 | 0.82 | 0.0931 | 1.85 | 0.0413 | 3.90 | 0.0196 |
| 0.19 | 0.1839 | 0.45 | 0.1697 | 0.84 | 0.0909 | 1.90 | 0.0402 | 4.00 | 0.0191 |
| 0.20 | 0.1839 | 0.46 | 0.1660 | 0.86 | 0.0888 | 1.95 | 0.0392 | | |
| 0.21 | 0.1839 | 0.47 | 0.1624 | 0.88 | 0.0868 | 2.00 | 0.0382 | | |
| 0.22 | 0.1839 | 0.48 | 0.1590 | 0.90 | 0.0848 | 2.05 | 0.0372 | | |
| 0.23 | 0.1839 | 0.49 | 0.1558 | 0.92 | 0.0830 | 2.10 | 0.0364 | | |
| 0.24 | 0.1839 | 0.50 | 0.1527 | 0.94 | 0.0812 | 2.15 | 0.0355 | | |
| 0.25 | 0.1839 | 0.51 | 0.1497 | 0.96 | 0.0795 | 2.20 | 0.0347 | | |

Spettro medio di accelerazione Orizzontale normalizzato (Output SLO)



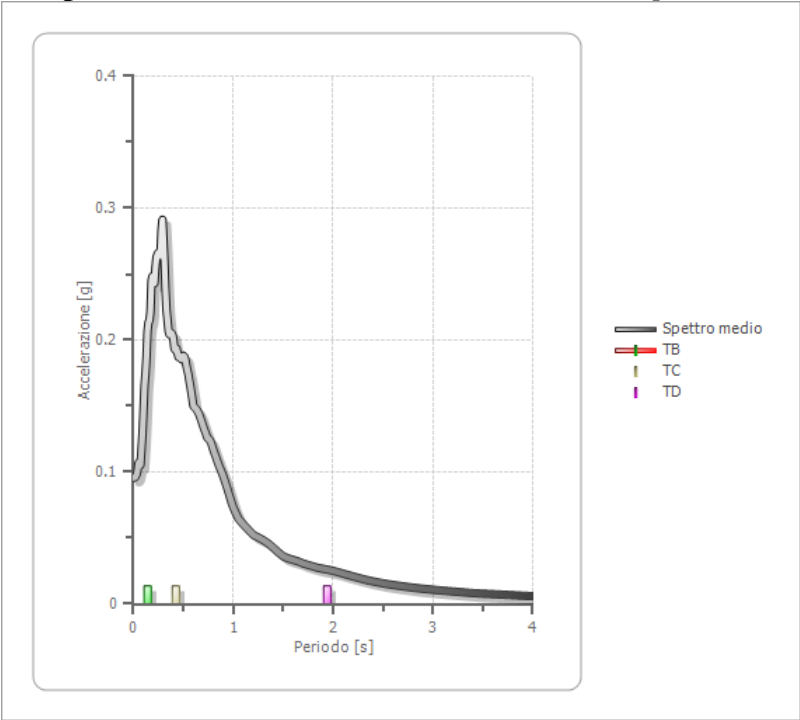
Confronto tra gli spettri elastici orizzontali
Spettro Output (nero) – Spettro Outupt normalizzato (rosso) – SLO, Cat. A, T1 (verde) – SLO, Cat. C, T1 (blu)
Stato Limite SLO



Spettro medio di risposta elastico SLD

| Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] |
|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|
| 0.00 | 0.0956 | 0.26 | 0.2640 | 0.52 | 0.1850 | 0.98 | 0.0775 | 2.25 | 0.0199 |
| 0.01 | 0.0956 | 0.27 | 0.2672 | 0.53 | 0.1807 | 1.00 | 0.0731 | 2.30 | 0.0189 |
| 0.02 | 0.0964 | 0.28 | 0.2834 | 0.54 | 0.1771 | 1.05 | 0.0648 | 2.35 | 0.0179 |
| 0.03 | 0.0980 | 0.29 | 0.2913 | 0.55 | 0.1740 | 1.10 | 0.0603 | 2.40 | 0.0171 |
| 0.04 | 0.1013 | 0.30 | 0.2770 | 0.56 | 0.1693 | 1.15 | 0.0563 | 2.50 | 0.0156 |
| 0.05 | 0.1071 | 0.31 | 0.2584 | 0.57 | 0.1649 | 1.20 | 0.0524 | 2.60 | 0.0144 |
| 0.06 | 0.1078 | 0.32 | 0.2392 | 0.58 | 0.1603 | 1.25 | 0.0505 | 2.70 | 0.0133 |
| 0.07 | 0.1052 | 0.33 | 0.2229 | 0.60 | 0.1500 | 1.30 | 0.0484 | 2.80 | 0.0124 |
| 0.08 | 0.1175 | 0.34 | 0.2157 | 0.62 | 0.1485 | 1.35 | 0.0459 | 2.90 | 0.0115 |
| 0.09 | 0.1290 | 0.35 | 0.2073 | 0.64 | 0.1465 | 1.40 | 0.0426 | 3.00 | 0.0108 |
| 0.10 | 0.1459 | 0.36 | 0.2043 | 0.66 | 0.1433 | 1.45 | 0.0392 | 3.10 | 0.0101 |
| 0.11 | 0.1655 | 0.37 | 0.2058 | 0.68 | 0.1390 | 1.50 | 0.0362 | 3.20 | 0.0095 |
| 0.12 | 0.1743 | 0.38 | 0.2052 | 0.70 | 0.1343 | 1.55 | 0.0345 | 3.30 | 0.0088 |
| 0.13 | 0.1872 | 0.39 | 0.2043 | 0.72 | 0.1302 | 1.60 | 0.0334 | 3.40 | 0.0082 |
| 0.14 | 0.2066 | 0.40 | 0.2004 | 0.74 | 0.1258 | 1.65 | 0.0323 | 3.50 | 0.0078 |
| 0.15 | 0.2135 | 0.41 | 0.1936 | 0.76 | 0.1247 | 1.70 | 0.0307 | 3.60 | 0.0075 |
| 0.16 | 0.2149 | 0.42 | 0.1924 | 0.78 | 0.1216 | 1.75 | 0.0296 | 3.70 | 0.0071 |
| 0.17 | 0.2218 | 0.43 | 0.1938 | 0.80 | 0.1168 | 1.80 | 0.0284 | 3.80 | 0.0067 |
| 0.18 | 0.2448 | 0.44 | 0.1907 | 0.82 | 0.1126 | 1.85 | 0.0274 | 3.90 | 0.0063 |
| 0.19 | 0.2485 | 0.45 | 0.1871 | 0.84 | 0.1082 | 1.90 | 0.0267 | 4.00 | 0.0059 |
| 0.20 | 0.2447 | 0.46 | 0.1870 | 0.86 | 0.1042 | 1.95 | 0.0260 | | |
| 0.21 | 0.2431 | 0.47 | 0.1868 | 0.88 | 0.1005 | 2.00 | 0.0251 | | |
| 0.22 | 0.2544 | 0.48 | 0.1855 | 0.90 | 0.0967 | 2.05 | 0.0241 | | |
| 0.23 | 0.2628 | 0.49 | 0.1862 | 0.92 | 0.0923 | 2.10 | 0.0230 | | |
| 0.24 | 0.2652 | 0.50 | 0.1882 | 0.94 | 0.0875 | 2.15 | 0.0219 | | |
| 0.25 | 0.2662 | 0.51 | 0.1875 | 0.96 | 0.0824 | 2.20 | 0.0209 | | |

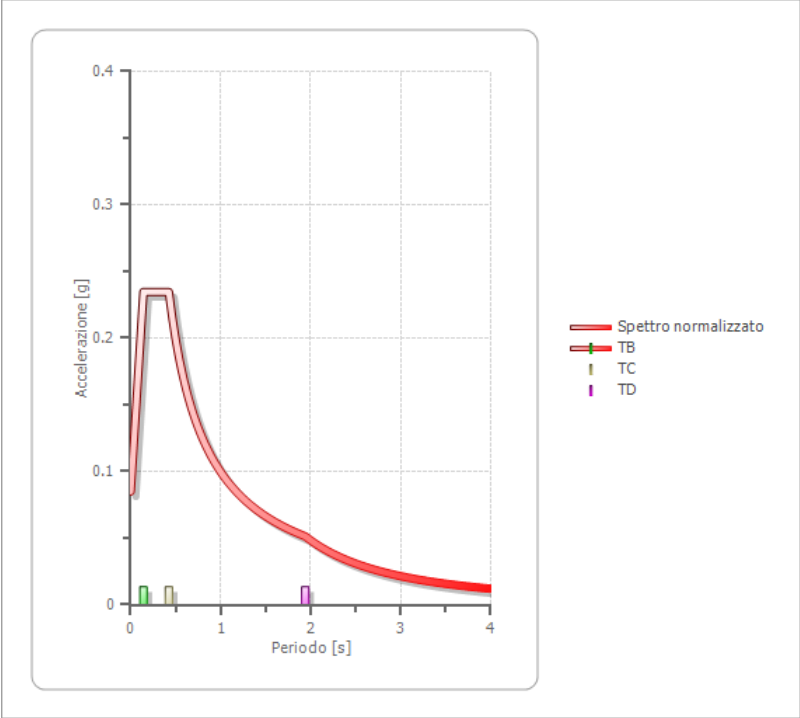
Spettro medio di accelerazione Orizzontale (Output SLD)



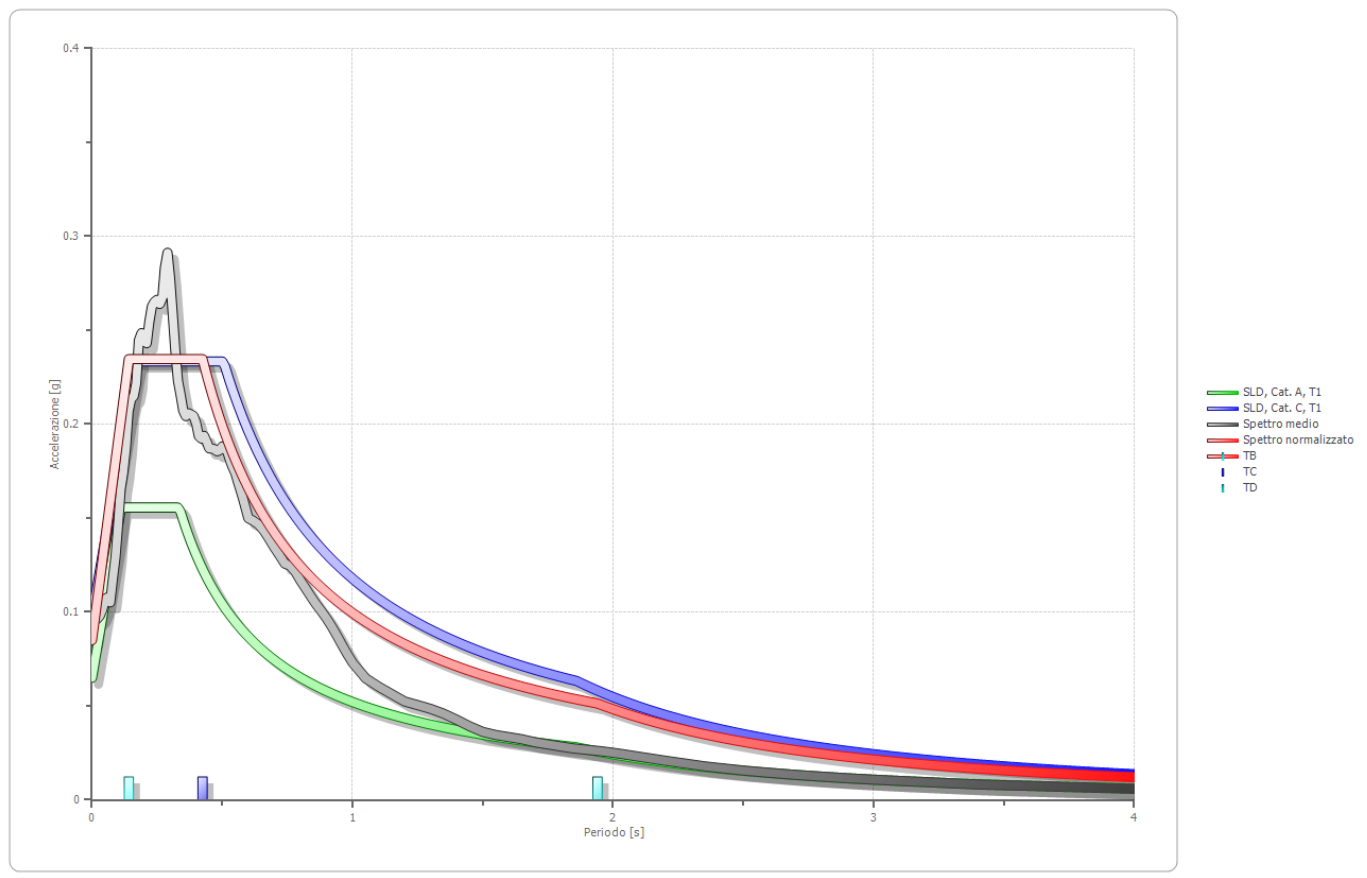
Spettro normalizzato di risposta elastico SLD

| Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] |
|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|
| 0.00 | 0.0850 | 0.26 | 0.2346 | 0.52 | 0.1915 | 0.98 | 0.1016 | 2.25 | 0.0443 |
| 0.01 | 0.0956 | 0.27 | 0.2346 | 0.53 | 0.1879 | 1.00 | 0.0996 | 2.30 | 0.0433 |
| 0.02 | 0.1062 | 0.28 | 0.2346 | 0.54 | 0.1844 | 1.05 | 0.0948 | 2.35 | 0.0424 |
| 0.03 | 0.1168 | 0.29 | 0.2346 | 0.55 | 0.1810 | 1.10 | 0.0905 | 2.40 | 0.0415 |
| 0.04 | 0.1273 | 0.30 | 0.2346 | 0.56 | 0.1778 | 1.15 | 0.0866 | 2.50 | 0.0398 |
| 0.05 | 0.1379 | 0.31 | 0.2346 | 0.57 | 0.1747 | 1.20 | 0.0830 | 2.60 | 0.0383 |
| 0.06 | 0.1485 | 0.32 | 0.2346 | 0.58 | 0.1717 | 1.25 | 0.0797 | 2.70 | 0.0369 |
| 0.07 | 0.1591 | 0.33 | 0.2346 | 0.60 | 0.1660 | 1.30 | 0.0766 | 2.80 | 0.0356 |
| 0.08 | 0.1697 | 0.34 | 0.2346 | 0.62 | 0.1606 | 1.35 | 0.0738 | 2.90 | 0.0343 |
| 0.09 | 0.1802 | 0.35 | 0.2346 | 0.64 | 0.1556 | 1.40 | 0.0711 | 3.00 | 0.0332 |
| 0.10 | 0.1908 | 0.36 | 0.2346 | 0.66 | 0.1509 | 1.45 | 0.0687 | 3.10 | 0.0321 |
| 0.11 | 0.2014 | 0.37 | 0.2346 | 0.68 | 0.1464 | 1.50 | 0.0664 | 3.20 | 0.0311 |
| 0.12 | 0.2120 | 0.38 | 0.2346 | 0.70 | 0.1422 | 1.55 | 0.0642 | 3.30 | 0.0302 |
| 0.13 | 0.2225 | 0.39 | 0.2346 | 0.72 | 0.1383 | 1.60 | 0.0622 | 3.40 | 0.0293 |
| 0.14 | 0.2331 | 0.40 | 0.2346 | 0.74 | 0.1346 | 1.65 | 0.0603 | 3.50 | 0.0284 |
| 0.15 | 0.2346 | 0.41 | 0.2346 | 0.76 | 0.1310 | 1.70 | 0.0586 | 3.60 | 0.0277 |
| 0.16 | 0.2346 | 0.42 | 0.2346 | 0.78 | 0.1277 | 1.75 | 0.0569 | 3.70 | 0.0269 |
| 0.17 | 0.2346 | 0.43 | 0.2316 | 0.80 | 0.1245 | 1.80 | 0.0553 | 3.80 | 0.0262 |
| 0.18 | 0.2346 | 0.44 | 0.2263 | 0.82 | 0.1214 | 1.85 | 0.0538 | 3.90 | 0.0255 |
| 0.19 | 0.2346 | 0.45 | 0.2213 | 0.84 | 0.1185 | 1.90 | 0.0524 | 4.00 | 0.0249 |
| 0.20 | 0.2346 | 0.46 | 0.2165 | 0.86 | 0.1158 | 1.95 | 0.0511 | | |
| 0.21 | 0.2346 | 0.47 | 0.2119 | 0.88 | 0.1132 | 2.00 | 0.0498 | | |
| 0.22 | 0.2346 | 0.48 | 0.2074 | 0.90 | 0.1106 | 2.05 | 0.0486 | | |
| 0.23 | 0.2346 | 0.49 | 0.2032 | 0.92 | 0.1082 | 2.10 | 0.0474 | | |
| 0.24 | 0.2346 | 0.50 | 0.1991 | 0.94 | 0.1059 | 2.15 | 0.0463 | | |
| 0.25 | 0.2346 | 0.51 | 0.1952 | 0.96 | 0.1037 | 2.20 | 0.0453 | | |

Spettro medio di accelerazione Orizzontale normalizzato (Output SLD)



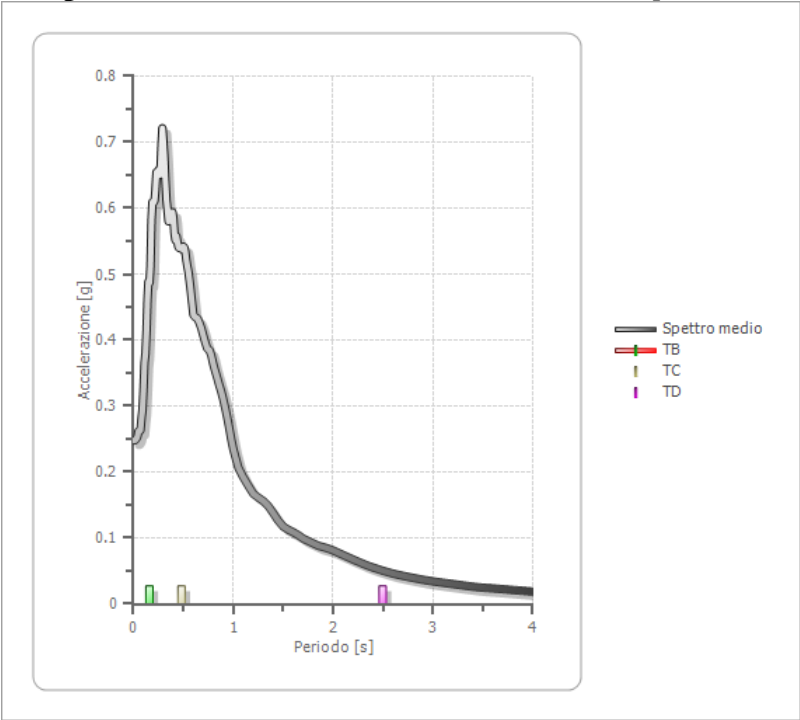
Confronto tra gli spettri elastici orizzontali
Spettro Output (nero) – Spettro Outupt normalizzato (rosso) – SLD, Cat. A, T1 (verde) – SLD, Cat. C, T1 (blu)
Stato Limite SLD



Spettro medio di risposta elastico SLC

| Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] |
|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|
| 0.00 | 0.3891 | 0.26 | 0.7497 | 0.52 | 0.8870 | 0.98 | 0.4463 | 2.25 | 0.2134 |
| 0.01 | 0.3891 | 0.27 | 0.7321 | 0.53 | 0.9071 | 1.00 | 0.4430 | 2.30 | 0.2055 |
| 0.02 | 0.3898 | 0.28 | 0.7532 | 0.54 | 0.9156 | 1.05 | 0.4432 | 2.35 | 0.1943 |
| 0.03 | 0.3922 | 0.29 | 0.7856 | 0.55 | 0.9013 | 1.10 | 0.4205 | 2.40 | 0.1799 |
| 0.04 | 0.3952 | 0.30 | 0.8126 | 0.56 | 0.8717 | 1.15 | 0.3863 | 2.50 | 0.1575 |
| 0.05 | 0.4014 | 0.31 | 0.8129 | 0.57 | 0.8429 | 1.20 | 0.3584 | 2.60 | 0.1398 |
| 0.06 | 0.4094 | 0.32 | 0.8208 | 0.58 | 0.8148 | 1.25 | 0.3302 | 2.70 | 0.1259 |
| 0.07 | 0.4111 | 0.33 | 0.8182 | 0.60 | 0.7714 | 1.30 | 0.3000 | 2.80 | 0.1125 |
| 0.08 | 0.4315 | 0.34 | 0.8148 | 0.62 | 0.7484 | 1.35 | 0.2769 | 2.90 | 0.1028 |
| 0.09 | 0.4626 | 0.35 | 0.8601 | 0.64 | 0.7143 | 1.40 | 0.2654 | 3.00 | 0.0940 |
| 0.10 | 0.5013 | 0.36 | 0.9071 | 0.66 | 0.6835 | 1.45 | 0.2673 | 3.10 | 0.0857 |
| 0.11 | 0.5209 | 0.37 | 0.9225 | 0.68 | 0.6648 | 1.50 | 0.2626 | 3.20 | 0.0820 |
| 0.12 | 0.5302 | 0.38 | 0.9146 | 0.70 | 0.6568 | 1.55 | 0.2522 | 3.30 | 0.0783 |
| 0.13 | 0.5752 | 0.39 | 0.8990 | 0.72 | 0.6462 | 1.60 | 0.2382 | 3.40 | 0.0737 |
| 0.14 | 0.6395 | 0.40 | 0.9034 | 0.74 | 0.6261 | 1.65 | 0.2215 | 3.50 | 0.0697 |
| 0.15 | 0.7326 | 0.41 | 0.9016 | 0.76 | 0.6085 | 1.70 | 0.2190 | 3.60 | 0.0651 |
| 0.16 | 0.7902 | 0.42 | 0.9062 | 0.78 | 0.5967 | 1.75 | 0.2113 | 3.70 | 0.0625 |
| 0.17 | 0.7416 | 0.43 | 0.9213 | 0.80 | 0.5978 | 1.80 | 0.2035 | 3.80 | 0.0598 |
| 0.18 | 0.7365 | 0.44 | 0.9323 | 0.82 | 0.5878 | 1.85 | 0.1945 | 3.90 | 0.0567 |
| 0.19 | 0.7961 | 0.45 | 0.9318 | 0.84 | 0.5709 | 1.90 | 0.1850 | 4.00 | 0.0523 |
| 0.20 | 0.8403 | 0.46 | 0.9299 | 0.86 | 0.5497 | 1.95 | 0.1808 | | |
| 0.21 | 0.8249 | 0.47 | 0.9352 | 0.88 | 0.5317 | 2.00 | 0.1826 | | |
| 0.22 | 0.7992 | 0.48 | 0.9453 | 0.90 | 0.5103 | 2.05 | 0.1963 | | |
| 0.23 | 0.8009 | 0.49 | 0.9320 | 0.92 | 0.4895 | 2.10 | 0.2058 | | |
| 0.24 | 0.7910 | 0.50 | 0.9160 | 0.94 | 0.4701 | 2.15 | 0.2109 | | |
| 0.25 | 0.7808 | 0.51 | 0.9045 | 0.96 | 0.4560 | 2.20 | 0.2153 | | |

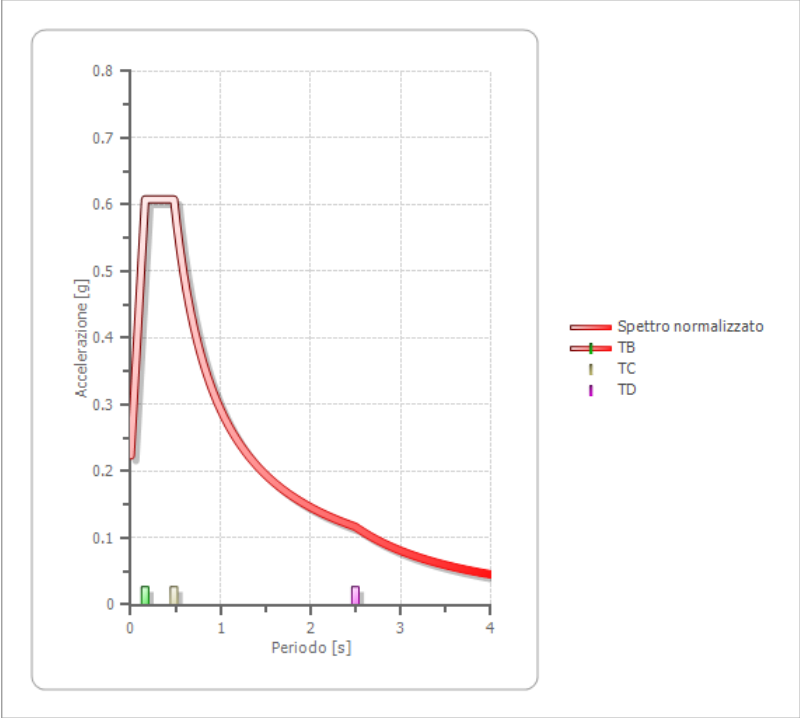
Spettro medio di accelerazione Orizzontale (Output SLC)



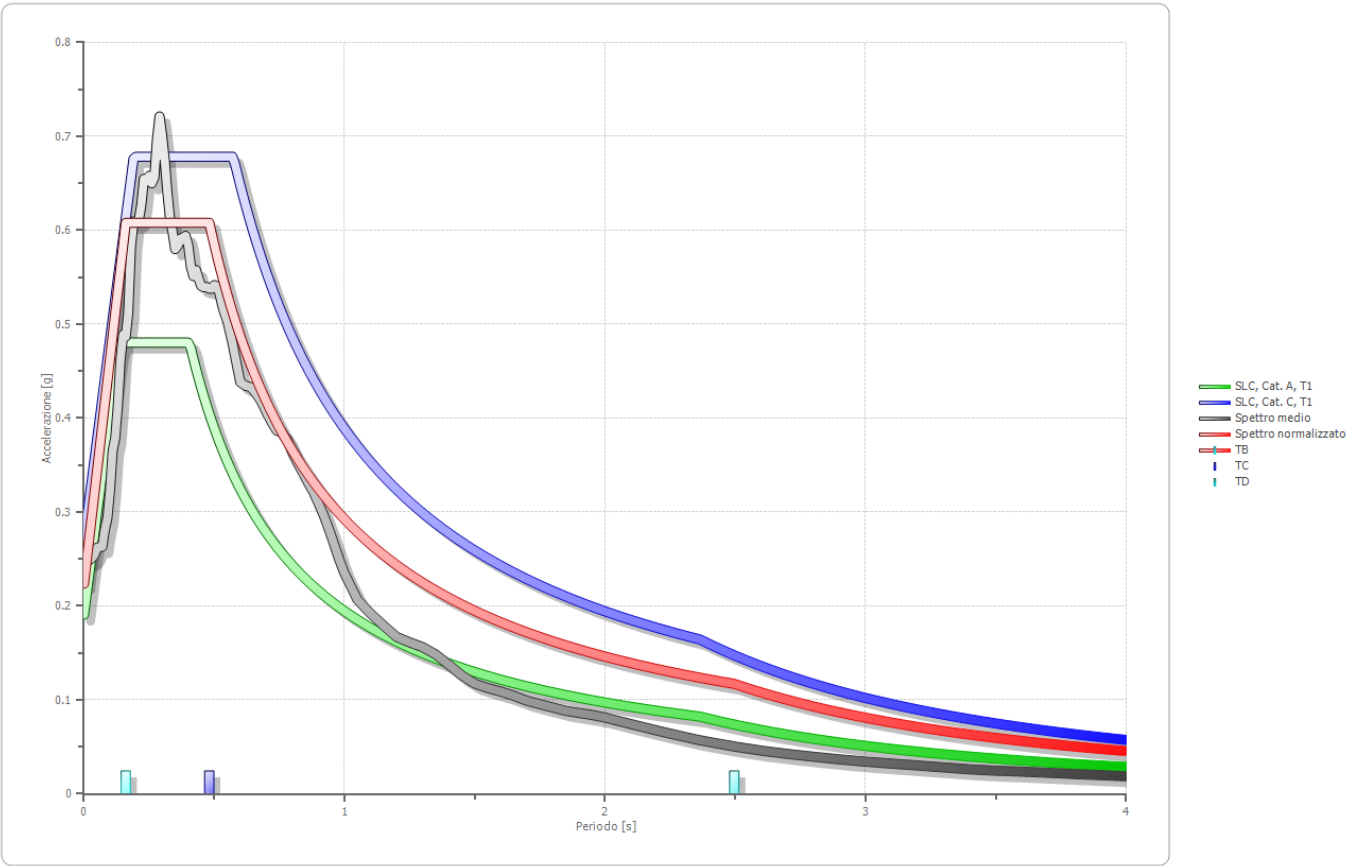
Spettro normalizzato di risposta elastico SLC

| Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] | Periodo [s] | Accelerazione [g] |
|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|
| 0.00 | 0.3680 | 0.26 | 0.8232 | 0.52 | 0.8232 | 0.98 | 0.5437 | 2.25 | 0.2368 |
| 0.01 | 0.3891 | 0.27 | 0.8232 | 0.53 | 0.8232 | 1.00 | 0.5328 | 2.30 | 0.2317 |
| 0.02 | 0.4102 | 0.28 | 0.8232 | 0.54 | 0.8232 | 1.05 | 0.5074 | 2.35 | 0.2267 |
| 0.03 | 0.4313 | 0.29 | 0.8232 | 0.55 | 0.8232 | 1.10 | 0.4844 | 2.40 | 0.2220 |
| 0.04 | 0.4524 | 0.30 | 0.8232 | 0.56 | 0.8232 | 1.15 | 0.4633 | 2.50 | 0.2131 |
| 0.05 | 0.4735 | 0.31 | 0.8232 | 0.57 | 0.8232 | 1.20 | 0.4440 | 2.60 | 0.2049 |
| 0.06 | 0.4946 | 0.32 | 0.8232 | 0.58 | 0.8232 | 1.25 | 0.4262 | 2.70 | 0.1973 |
| 0.07 | 0.5157 | 0.33 | 0.8232 | 0.60 | 0.8232 | 1.30 | 0.4098 | 2.80 | 0.1903 |
| 0.08 | 0.5368 | 0.34 | 0.8232 | 0.62 | 0.8232 | 1.35 | 0.3947 | 2.90 | 0.1837 |
| 0.09 | 0.5579 | 0.35 | 0.8232 | 0.64 | 0.8232 | 1.40 | 0.3806 | 3.00 | 0.1776 |
| 0.10 | 0.5790 | 0.36 | 0.8232 | 0.66 | 0.8073 | 1.45 | 0.3674 | 3.10 | 0.1719 |
| 0.11 | 0.6001 | 0.37 | 0.8232 | 0.68 | 0.7835 | 1.50 | 0.3552 | 3.20 | 0.1665 |
| 0.12 | 0.6212 | 0.38 | 0.8232 | 0.70 | 0.7611 | 1.55 | 0.3437 | 3.30 | 0.1615 |
| 0.13 | 0.6423 | 0.39 | 0.8232 | 0.72 | 0.7400 | 1.60 | 0.3330 | 3.40 | 0.1567 |
| 0.14 | 0.6634 | 0.40 | 0.8232 | 0.74 | 0.7200 | 1.65 | 0.3229 | 3.50 | 0.1522 |
| 0.15 | 0.6845 | 0.41 | 0.8232 | 0.76 | 0.7010 | 1.70 | 0.3134 | 3.60 | 0.1480 |
| 0.16 | 0.7056 | 0.42 | 0.8232 | 0.78 | 0.6831 | 1.75 | 0.3045 | 3.70 | 0.1440 |
| 0.17 | 0.7266 | 0.43 | 0.8232 | 0.80 | 0.6660 | 1.80 | 0.2960 | 3.80 | 0.1402 |
| 0.18 | 0.7477 | 0.44 | 0.8232 | 0.82 | 0.6498 | 1.85 | 0.2880 | 3.90 | 0.1366 |
| 0.19 | 0.7688 | 0.45 | 0.8232 | 0.84 | 0.6343 | 1.90 | 0.2804 | 4.00 | 0.1332 |
| 0.20 | 0.7899 | 0.46 | 0.8232 | 0.86 | 0.6195 | 1.95 | 0.2732 | | |
| 0.21 | 0.8110 | 0.47 | 0.8232 | 0.88 | 0.6055 | 2.00 | 0.2664 | | |
| 0.22 | 0.8232 | 0.48 | 0.8232 | 0.90 | 0.5920 | 2.05 | 0.2599 | | |
| 0.23 | 0.8232 | 0.49 | 0.8232 | 0.92 | 0.5791 | 2.10 | 0.2537 | | |
| 0.24 | 0.8232 | 0.50 | 0.8232 | 0.94 | 0.5668 | 2.15 | 0.2478 | | |
| 0.25 | 0.8232 | 0.51 | 0.8232 | 0.96 | 0.5550 | 2.20 | 0.2422 | | |

Spettro medio di accelerazione *Orizzontale* normalizzato (Output SLC)



Confronto tra gli spettri elastici orizzontali
Spettro Output (nero) – Spettro Outupt normalizzato (rosso) – SLC, Cat. A, T1 (verde) – SLC, Cat. C, T1 (blu)
Stato Limite SLC



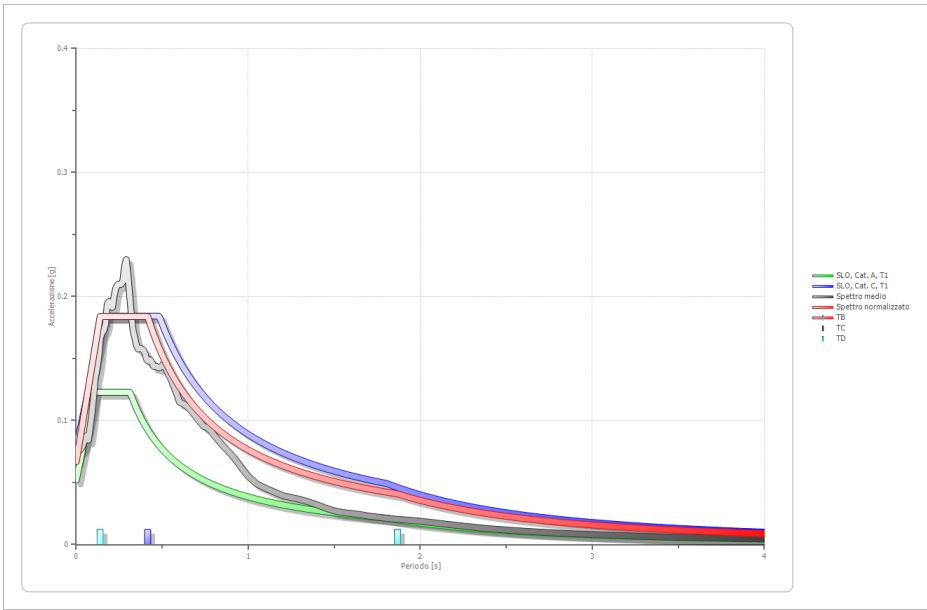
CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nel presente lavoro è stata presa in considerazione la condizione locale stratigrafica venuta fuori dalle apposite analisi geologiche, geotecniche e sismiche locali.

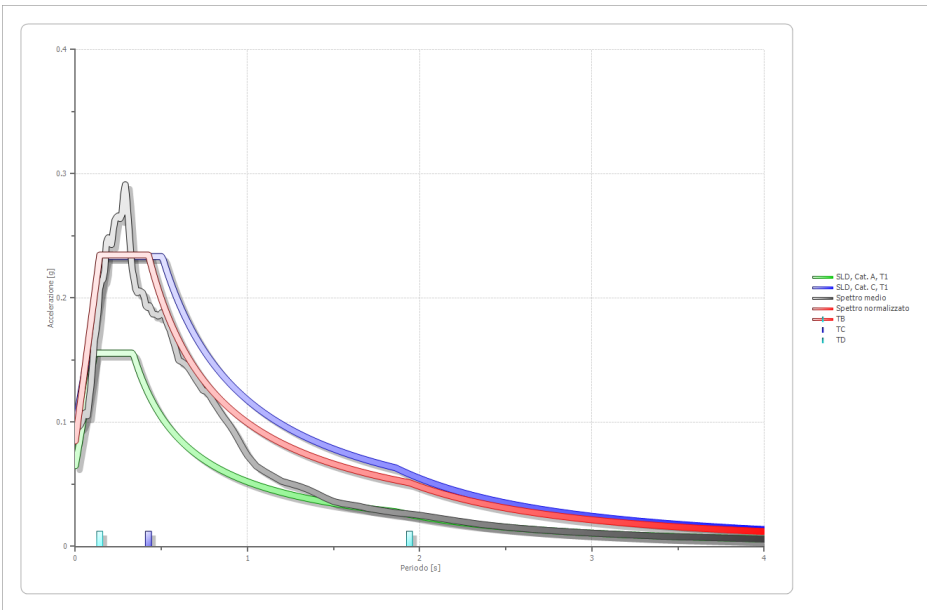
Dal confronto tra le analisi effettuate con le metodologie indicate e i dati ricavati dalla Normativa vigente e dallo spettro target di sito si possono indicare gli spettri da utilizzare per la analisi sismica sia in termini di accelerazione sia in termini di risposta elastica come indicato nelle figure.

L’analisi sviluppata ha consentito di conoscere che lo spettro orizzontale proveniente dalla analisi specifica per forma ed ampiezza, è completamente compreso per tutto lo spettro di riferimento di normativa che fa riferimento alla Categoria di Sottosuolo C e categoria Topografica T1 per tutti gli stati limite calcolati.

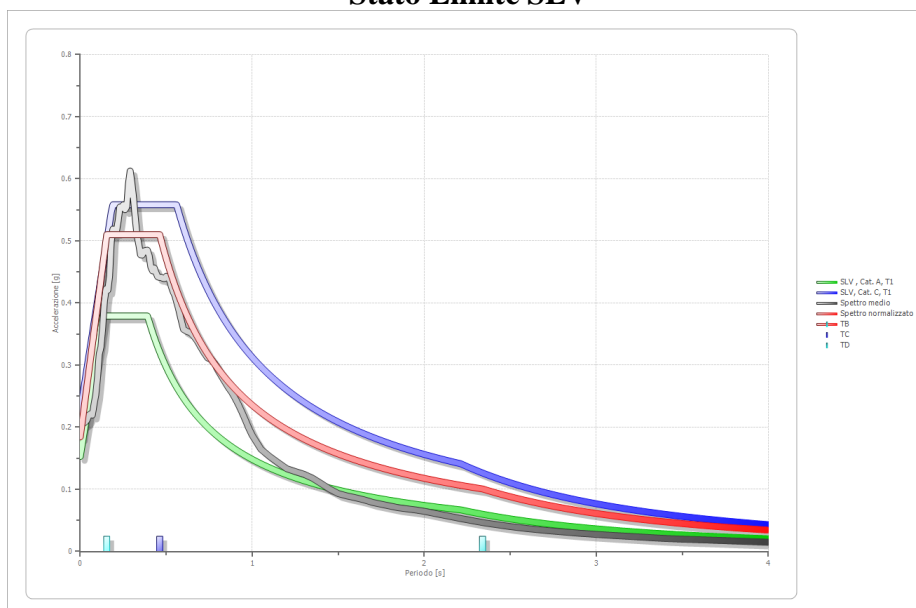
Confronto tra gli spettri elastici orizzontali
Spettro Output (nero) – Spettro Outupt normalizzato (rosso) – SLO, Cat. A, T1 (verde) – SLO, Cat. C, T1 (blu)
Stato Limite SLO



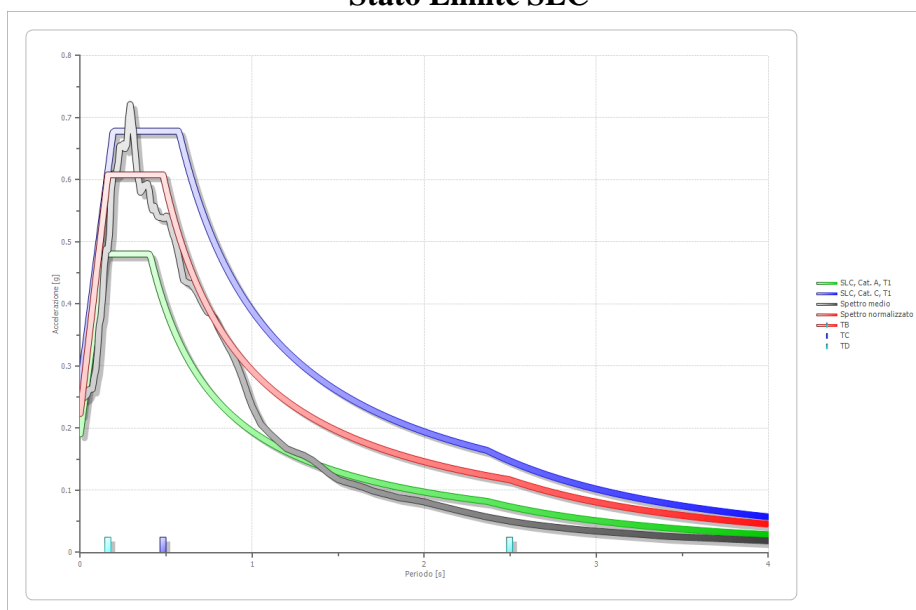
Confronto tra gli spettri elastici orizzontali
Spettro Output (nero) – Spettro Outupt normalizzato (rosso) – SLD, Cat. A, T1 (verde) – SLD, Cat. C, T1 (blu)
Stato Limite SLD



Confronto tra gli spettri elastici orizzontali
Spettro Output (nero) – Spettro Output normalizzato (rosso) – SLV, Cat. A, T1 (verde) – SLV, Cat. C, T1 (blu)
Stato Limite SLV



Confronto tra gli spettri elastici orizzontali
Spettro Output (nero) – Spettro Output normalizzato (rosso) – SLC, Cat. A, T1 (verde) – SLC, Cat. C, T1 (blu)
Stato Limite SLC



Nel testo si riportano anche i dati fondamentali per la costruzione anche degli spettri di progetto verticali.

Il Tecnico
Dr. Geologo Antonio D'AMBROSIO

VERIFICA DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE

La falda idrica è stata rinvenuta alla profondità di 7.00 metri dal piano campagna ed oltre tale profondità, relativamente alla suscettibilità alla liquefazione in caso di crisi sismica i terreni individuati non rientrano nei fusi critici proposti da Seed e Idriss e quindi, è improbabile la perdita dello scheletro solido in caso di evento sismico particolarmente intenso. Tuttavia, si è proceduto alla verifica attraverso l'applicazione del metodo Andrus Stokoe (1997).

DATI GENERALI VERIFICA LIQUEFAZIONE

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni 2018, Decreto 17 Gen. 2018

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 7 m

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.134

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza $V_{s30}=180-360$

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.5

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (M_w) 5.58

Distanza epicentro 23.9 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.201

PARAMETRI GEOTECNICI

| Strato Nr | Quota iniziale (m) | Quota finale (m) | Peso unità volume (KN/mc) | Peso unità volume saturato (KN/mc) | Velocità onde di taglio V_s (m/s) |
|--------------|--------------------------|------------------------|------------------------------------|--|---|
| 1 | 0 | 3 | 14 | 14.5 | 158 |
| 2 | 3 | 5 | 13 | 13.5 | 142 |
| 3 | 5 | 8 | 15 | 15.5 | 190 |
| 4 | 8 | 20.5 | 16 | 17 | 328 |
| 5 | 20.5 | 35 | 17 | 18 | 525 |

Andrus Stokoe (1997)

| Nr. | Frazione fine (%) |
|-----|-------------------|
| | 5 |
| | 5 |
| | 5 |
| | 5 |
| | 5 |

Correzione per la magnitudo (MSF) 2.13

| Nr. | Profo ndità dal p.c. (m) | Pressi one litosta tica totale (KPa) | Pressi one vertic ale effetti va (KPa) | Veloci tà norma lizzata Vs1 (m/s) | Valor e critico di Vs1 (Vs1c) (m/s) | Coeffi ciente ridutti vo (rd) | Resist enza alla liquef azione (CRR) | Sforzo di taglio norma lizzato (CSR) | Coeffi ciente di sicure zza Fs | Suscet tibilità di liquef azione | Indice di liquef azione | Rischi o |
|-----|--------------------------------------|---|--|--|--|---|---|---|--|---|----------------------------------|----------------|
| 1 | 7.20 | 101.1 00 | 99.13 9 | 190.4 11 | 220.0 00 | 0.945 | 0.135 | 0.059 | 2.29 | Terren o non suscet tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 2 | 7.40 | 104.2 00 | 100.2 77 | 189.8 69 | 220.0 00 | 0.943 | 0.134 | 0.060 | 2.23 | Terren o non suscet tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 3 | 7.60 | 107.3 00 | 101.4 16 | 189.3 33 | 220.0 00 | 0.942 | 0.133 | 0.061 | 2.17 | Terren o non suscet tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 4 | 7.80 | 110.4 00 | 102.5 55 | 188.8 06 | 220.0 00 | 0.940 | 0.132 | 0.062 | 2.12 | Terren o non suscet tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 5 | 8.00 | 113.5 00 | 103.6 93 | 188.2 85 | 220.0 00 | 0.939 | 0.131 | 0.063 | 2.07 | Terren o non suscet tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 6 | 8.20 | 116.9 00 | 105.1 32 | 323.9 22 | 220.0 00 | 0.937 | 0.302 | 0.064 | 4.73 | Terren o non suscet tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 7 | 8.40 | 120.3 | 106.5 | 322.8 | 220.0 | 0.936 | 0.300 | 0.065 | 4.63 | Terren | 0.00 | Molto |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|-------|-------|------|---|------|----------------|
| | | 00 | 71 | 23 | 00 | | | | | o non suscet tibile di liquef azione | | basso |
| 8 | 8.60 | 123.7 00 | 108.0 09 | 321.7 43 | 220.0 00 | 0.934 | 0.298 | 0.066 | 4.54 | Terren o non suscet tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 9 | 8.80 | 127.1 00 | 109.4 48 | 320.6 80 | 220.0 00 | 0.933 | 0.295 | 0.066 | 4.45 | Terren o non suscet tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 10 | 9.00 | 130.5 00 | 110.8 87 | 319.6 35 | 220.0 00 | 0.931 | 0.293 | 0.067 | 4.37 | Terren o non suscet tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 11 | 9.20 | 133.9 00 | 112.3 25 | 318.6 06 | 220.0 00 | 0.928 | 0.291 | 0.068 | 4.30 | Terren o non suscet tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 12 | 9.40 | 137.3 00 | 113.7 64 | 317.5 94 | 220.0 00 | 0.923 | 0.289 | 0.068 | 4.24 | Terren o non suscet tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 13 | 9.60 | 140.7 00 | 115.2 03 | 316.5 98 | 220.0 00 | 0.918 | 0.287 | 0.069 | 4.18 | Terren o non suscet tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 14 | 9.80 | 144.1 00 | 116.6 41 | 315.6 17 | 220.0 00 | 0.912 | 0.285 | 0.069 | 4.13 | Terren o non suscet | 0.00 | Molto basso |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|-------|-------|------|---|------|----------------|
| | | | | | | | | | | tibile di liquef azione | | |
| 15 | 10.00 | 147.5 00 | 118.0 80 | 314.6 51 | 220.0 00 | 0.907 | 0.283 | 0.069 | 4.08 | Terren o non suscet tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 16 | 10.20 | 150.9 00 | 119.5 19 | 313.7 00 | 220.0 00 | 0.902 | 0.282 | 0.070 | 4.04 | Terren o non suscet tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 17 | 10.40 | 154.3 00 | 120.9 57 | 312.7 63 | 220.0 00 | 0.896 | 0.280 | 0.070 | 3.99 | Terren o non suscet tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 18 | 10.60 | 157.7 00 | 122.3 96 | 311.8 40 | 220.0 00 | 0.891 | 0.278 | 0.070 | 3.95 | Terren o non suscet tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 19 | 10.80 | 161.1 00 | 123.8 35 | 310.9 30 | 220.0 00 | 0.886 | 0.276 | 0.071 | 3.91 | Terren o non suscet tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 20 | 11.00 | 164.5 00 | 125.2 73 | 310.0 34 | 220.0 00 | 0.880 | 0.274 | 0.071 | 3.87 | Terren o non suscet tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 21 | 11.20 | 167.9 00 | 126.7 12 | 309.1 50 | 220.0 00 | 0.875 | 0.273 | 0.071 | 3.84 | Terren o non suscet tibile di | 0.00 | Molto basso |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|-------|-------|------|--|------|----------------|
| | | | | | | | | | | liquef azione | | |
| 22 | 11.40 | 171.3 00 | 128.1 51 | 308.2 79 | 220.0 00 | 0.870 | 0.271 | 0.071 | 3.80 | Terren o non susct tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 23 | 11.60 | 174.7 00 | 129.5 89 | 307.4 20 | 220.0 00 | 0.864 | 0.269 | 0.071 | 3.77 | Terren o non susct tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 24 | 11.80 | 178.1 00 | 131.0 28 | 306.5 72 | 220.0 00 | 0.859 | 0.267 | 0.072 | 3.74 | Terren o non susct tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 25 | 12.00 | 181.5 00 | 132.4 67 | 305.7 36 | 220.0 00 | 0.854 | 0.266 | 0.072 | 3.71 | Terren o non susct tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 26 | 12.20 | 184.9 00 | 133.9 05 | 304.9 12 | 220.0 00 | 0.848 | 0.264 | 0.072 | 3.68 | Terren o non susct tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 27 | 12.40 | 188.3 00 | 135.3 44 | 304.0 98 | 220.0 00 | 0.843 | 0.263 | 0.072 | 3.65 | Terren o non susct tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 28 | 12.60 | 191.7 00 | 136.7 83 | 303.2 96 | 220.0 00 | 0.838 | 0.261 | 0.072 | 3.63 | Terren o non susct tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|-------|------|--|------|-------------|
| 29 | 12.80 | 195.100 | 138.221 | 302.503 | 220.000 | 0.832 | 0.260 | 0.072 | 3.61 | Terreno non suscettibile di liquefazione | 0.00 | Molto basso |
| 30 | 13.00 | 198.500 | 139.660 | 301.721 | 220.000 | 0.827 | 0.258 | 0.072 | 3.58 | Terreno non suscettibile di liquefazione | 0.00 | Molto basso |
| 31 | 13.20 | 201.900 | 141.099 | 300.949 | 220.000 | 0.822 | 0.257 | 0.072 | 3.56 | Terreno non suscettibile di liquefazione | 0.00 | Molto basso |
| 32 | 13.40 | 205.300 | 142.537 | 300.187 | 220.000 | 0.816 | 0.255 | 0.072 | 3.54 | Terreno non suscettibile di liquefazione | 0.00 | Molto basso |
| 33 | 13.60 | 208.700 | 143.976 | 299.434 | 220.000 | 0.811 | 0.254 | 0.072 | 3.52 | Terreno non suscettibile di liquefazione | 0.00 | Molto basso |
| 34 | 13.80 | 212.100 | 145.415 | 298.691 | 220.000 | 0.806 | 0.252 | 0.072 | 3.50 | Terreno non suscettibile di liquefazione | 0.00 | Molto basso |
| 35 | 14.00 | 215.500 | 146.854 | 297.957 | 220.000 | 0.800 | 0.251 | 0.072 | 3.48 | Terreno non suscettibile di liquefazione | 0.00 | Molto basso |
| 36 | 14.20 | 218.900 | 148.292 | 297.231 | 220.000 | 0.795 | 0.249 | 0.072 | 3.47 | Terreno non | 0.00 | Molto basso |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|-------|-------|------|---|------|----------------|
| | | | | | | | | | | suscet tibile di liquef azione | | |
| 37 | 14.40 | 222.3 00 | 149.7 31 | 296.5 15 | 220.0 00 | 0.790 | 0.248 | 0.072 | 3.45 | Terren o non suscet tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 38 | 14.60 | 225.7 00 | 151.1 70 | 295.8 07 | 220.0 00 | 0.784 | 0.247 | 0.072 | 3.44 | Terren o non suscet tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 39 | 14.80 | 229.1 00 | 152.6 08 | 295.1 07 | 220.0 00 | 0.779 | 0.245 | 0.072 | 3.42 | Terren o non suscet tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 40 | 15.00 | 232.5 00 | 154.0 47 | 294.4 16 | 220.0 00 | 0.774 | 0.244 | 0.072 | 3.41 | Terren o non suscet tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 41 | 15.20 | 235.9 00 | 155.4 86 | 293.7 32 | 220.0 00 | 0.768 | 0.243 | 0.071 | 3.40 | Terren o non suscet tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 42 | 15.40 | 239.3 00 | 156.9 24 | 293.0 57 | 220.0 00 | 0.763 | 0.241 | 0.071 | 3.38 | Terren o non suscet tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 43 | 15.60 | 242.7 00 | 158.3 63 | 292.3 89 | 220.0 00 | 0.757 | 0.240 | 0.071 | 3.37 | Terren o non suscet tibile | 0.00 | Molto basso |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|-------|-------|------|--|------|----------------|
| | | | | | | | | | | di liquef azione | | |
| 44 | 15.80 | 246.1 00 | 159.8 02 | 291.7 28 | 220.0 00 | 0.752 | 0.239 | 0.071 | 3.36 | Terren o non susce tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 45 | 16.00 | 249.5 00 | 161.2 40 | 291.0 75 | 220.0 00 | 0.747 | 0.237 | 0.071 | 3.35 | Terren o non susce tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 46 | 16.20 | 252.9 00 | 162.6 79 | 290.4 30 | 220.0 00 | 0.741 | 0.236 | 0.071 | 3.34 | Terren o non susce tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 47 | 16.40 | 256.3 00 | 164.1 18 | 289.7 91 | 220.0 00 | 0.736 | 0.235 | 0.070 | 3.34 | Terren o non susce tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 48 | 16.60 | 259.7 00 | 165.5 56 | 289.1 60 | 220.0 00 | 0.731 | 0.234 | 0.070 | 3.33 | Terren o non susce tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 49 | 16.80 | 263.1 00 | 166.9 95 | 288.5 35 | 220.0 00 | 0.725 | 0.233 | 0.070 | 3.32 | Terren o non susce tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 50 | 17.00 | 266.5 00 | 168.4 34 | 287.9 17 | 220.0 00 | 0.720 | 0.231 | 0.070 | 3.31 | Terren o non susce tibile di liquef | 0.00 | Molto basso |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|-------|-------|------|--|------|----------------|
| | | | | | | | | | | azione | | |
| 51 | 17.20 | 269.9 00 | 169.8 72 | 287.3 05 | 220.0 00 | 0.715 | 0.230 | 0.070 | 3.31 | Terren o non susce tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 52 | 17.40 | 273.3 00 | 171.3 11 | 286.7 00 | 220.0 00 | 0.709 | 0.229 | 0.069 | 3.30 | Terren o non susce tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 53 | 17.60 | 276.7 00 | 172.7 50 | 286.1 01 | 220.0 00 | 0.704 | 0.228 | 0.069 | 3.30 | Terren o non susce tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 54 | 17.80 | 280.1 00 | 174.1 88 | 285.5 09 | 220.0 00 | 0.699 | 0.227 | 0.069 | 3.29 | Terren o non susce tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 55 | 18.00 | 283.5 00 | 175.6 27 | 284.9 22 | 220.0 00 | 0.693 | 0.226 | 0.069 | 3.29 | Terren o non susce tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 56 | 18.20 | 286.9 00 | 177.0 66 | 284.3 42 | 220.0 00 | 0.688 | 0.224 | 0.068 | 3.29 | Terren o non susce tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 57 | 18.40 | 290.3 00 | 178.5 04 | 283.7 67 | 220.0 00 | 0.683 | 0.223 | 0.068 | 3.28 | Terren o non susce tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 58 | 18.60 | 293.7 | 179.9 | 283.1 | 220.0 | 0.677 | 0.222 | 0.068 | 3.28 | Terren | 0.00 | Molto |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|-------|-------|------|---|------|----------------|
| | | 00 | 43 | 98 | 00 | | | | | o non suscet tibile di liquef azione | | basso |
| 59 | 18.80 | 297.1 00 | 181.3 82 | 282.6 35 | 220.0 00 | 0.672 | 0.221 | 0.067 | 3.28 | Terren o non suscet tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 60 | 19.00 | 300.5 00 | 182.8 20 | 282.0 77 | 220.0 00 | 0.667 | 0.220 | 0.067 | 3.28 | Terren o non suscet tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 61 | 19.20 | 303.9 00 | 184.2 59 | 281.5 25 | 220.0 00 | 0.661 | 0.219 | 0.067 | 3.28 | Terren o non suscet tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 62 | 19.40 | 307.3 00 | 185.6 98 | 280.9 78 | 220.0 00 | 0.656 | 0.218 | 0.067 | 3.28 | Terren o non suscet tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 63 | 19.60 | 310.7 00 | 187.1 36 | 280.4 36 | 220.0 00 | 0.651 | 0.217 | 0.066 | 3.28 | Terren o non suscet tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |
| 64 | 19.80 | 314.1 00 | 188.5 75 | 279.9 00 | 220.0 00 | 0.645 | 0.216 | 0.066 | 3.28 | Terren o non suscet tibile di liquef azione | 0.00 | Molto basso |

Potenziale liquefazione: **VERIFICATO**

Da Opzioni grafici e Report assegnare questi campi

