

COMUNE DI MONTEGIORGIO

Provincia di Fermo

PROGETTO DI DEMOLIZIONE RICOSTRUZIONE DI UN EDIFICIO DI CIVILE ABITAZIONE SITO IN C.DA SANTA MARIA N.17 IN COMUNE DI MONTEGIORGIO [FM], A SEGUITO DEGLI EVENTI SISMICI DEL 24 AGOSTO 2016 E SUCCESSIVI

Art.3 comma 1 lett. "d" dell'Ordinanza n.19 del 7/04/2017



Committente: Stefano Peroni, Nicoletta Marzialetti

RELAZIONE DI MODELLAZIONE SISMICA

Data
Rev. maggio 2020

Il Tecnico
Dott. Geol. Andrea Ambrogì

La presente relazione è composta da complessive n.35 pagine

INDICE

1 - Introduzione	pag. 2
2 – Approccio semplificato	pag. 3
2.1 – Azioni sismiche di progetto	pag. 5
3 – Analisi numerica 1D	pag. 7
3.1 – Definizione dell'input sismico	pag. 9
3.2 – Definizione dell'input geologico	pag. 12
3.3 – Analisi di Risposta Sismica Locale con codice di calcolo	pag. 13
3.4.1 – Stato limite di danno [SLD]	pag. 14
3.4.2 – Stato limite di salvaguardia della vita [SLV]	pag. 15
4 – Analisi dei risultati e conclusioni	pag. 17

La presente relazione è composta da n°18 pagine e dai seguenti allegati nel testo:

- stato limite SLD – parametri e punti spettri NTC (Spettri NTC ver. 1.0.0)
- stato limite SLV – parametri e punti spettri NTC (Spettri NTC ver. 1.0.0)
- stato limite SLD – tabella spettro in accelerazione di input ($\xi=5\%$)
- stato limite SLD – tabella spettro in accelerazione di output ($\xi=5\%$)
- stato limite SLV – tabella spettro in accelerazione di input ($\xi=5\%$)
- stato limite SLV – tabella spettro in accelerazione di output ($\xi=5\%$)
- corografia scala 1:10'000
- planimetria scala 1:1'000
- n.1 stratigrafia sondaggio geognostico
- indagini geofisiche $\Rightarrow$ diagrafie e tabelle n.3 indagini sismiche a stazione singola HVSR
- indagini geofisiche $\Rightarrow$ n.1 indagine sismica MASW

Allegati fuori dal testo: SLD spettro medio input.txt

SLD spettro medio output.txt

SLD spettro normalizzato.txt

SLD spettro NTC 2018.txt

SLV spettro medio input.txt

SLV spettro medio output.txt

SLV spettro normalizzato.txt

SLV spettro NTC 2018.txt

COMUNE DI MONTEGIORGIO

PROVINCIA DI FERMO

PROGETTO DI DEMOLIZIONE RICOSTRUZIONE DI UN EDIFICIO DI CIVILE ABITAZIONE SITO IN C.DA SANTA MARIA N.17 IN COMUNE DI MONTEGIORGIO [FM], A SEGUITO DEGLI EVENTI SISMICI DEL 24 AGOSTO 2016 E SUCCESSIVI Art.3 comma 1 lett. "d" dell'Ordinanza n.19 del 7/04/2017

- RELAZIONE DI MODELLAZIONE SISMICA -

1 - INTRODUZIONE

Nella presente relazione sono illustrati i dati relativi allo studio di Risposta Sismica Locale eseguito nell'ambito di un progetto di demolizione e ricostruzione di un edificio gravemente danneggiato [esito "E"] dagli eventi sismici del 24.08.2016 e successivi. Esso è situato in c.da Santa Maria n.17 in comune di Montegiorgio [FM]. Lo studio è stato svolto in ottemperanza alla normativa tecnica di riferimento **L. n. 64 del 02.02.74** (Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche), **Gruppo di lavoro MS (2008) – Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica** e **DM 17.01.2018** (testo unico per le costruzioni). Per le finalità del presente lavoro sono stati utilizzati i seguenti dati reperiti nelle immediate vicinanze dell'edificio:

- ❑ n.1 indagine sismica MASW;
- ❑ n.1 indagine sismica a stazione singola HVSR.

Inoltre è stato eseguito ex-novo un sondaggio geognostico a carotaggio continuo, spinto fino alla profondità di 20m dal p.c., e n.2 indagini sismiche a stazione singola HVSR; le nuove indagini sono state eseguite nell'area di pertinenza dell'edificio in oggetto;

La valutazione del moto sismico locale è stata eseguita per mezzo di una **analisi numerica di Risposta Sismica Locale 1D**, come previsto dalle NTC 2018; l'utilizzo dell'approccio semplificato, è nelle NTC raccomandato solo come alternativa ad uno studio di RSL. Infine lo studio RSL è senza dubbio più accurato in un contesto di dissesto idrogeologico [frana quiescente] come quello in oggetto.

Le analisi di Risposta Sismica costituiscono uno studio di "riferimento" del sito in esame, dove, l'informazione di maggior interesse, riportato nella seguente relazione, è lo spettro di risposta in accelerazione del moto del terreno in superficie, che mette in evidenza gli effetti di sito in funzione dello stato limite di riferimento. Lo studio intende fornire al progettista, limitatamente agli aspetti sismici dell'area, tutti i dati necessari per indirizzare la progettazione e per il dimensionamento ed il controllo delle opere da realizzare.

2 - APPROCCIO SEMPLIFICATO [NTC]

Le NTC 2018 consentono di stimare gli effetti di sito con un *approccio semplificato*, quale alternativa ad uno studio di RSL. Esso tuttavia ha alcuni svantaggi che sovente possono ripercuotersi su una stima dell'azione sismica poco cautelativa e poco aderente alle reali condizioni del sito. Il ricorso alle categorie di sottosuolo ed al parametro V_{seq} , non tiene conto di alcuni aspetti fondamentali nella definizione dell'amplificazione locale, come ad esempio il contrasto di rigidità sismica definita dal rapporto tra i valori di velocità di propagazione delle onde di taglio.

Inoltre la stima degli effetti amplificativi dovuti alla topografia non sono precisi e affidati a formulazioni che spesso nulla hanno a che vedere con la reale condizione del sito. Infine risulta impossibile valutare gli effetti di superfici sepolte (effetto di valle).

L'analisi numerica RSL è preceduta dalla valutazione della pericolosità di base del sito e dell'amplificazione sismica secondo l'Approccio Semplificato previsto dalle NTC.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel § 7.11.3 del D.M. 17 gennaio 2018. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un **approccio semplificato**, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III) e categorie topografiche. La **categoria di sottosuolo** viene determinata in base ai valori della velocità equivalente V_{seq} di propagazione delle onde di taglio fino alla profondità del substrato sismico [$V_{seq} \geq 800 \text{ m/s}$] o fino a 30m di profondità qualora il substrato sismico sia più profondo. La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata.

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Nel presente lavoro il V_{seq} è stato determinato eseguendo l'inversione della curva di dispersione di un'indagine sismica a stazione singola HVSR (TR2). I dati sono stati tarati anche con l'ausilio dell'indagine MASW reperita e della stratigrafia del sondaggio geognostico (spessore del corpo di frana). Il modello qui

rappresentato è risultato il più verosimile tra quelli ipotizzati. Tutti i punti ed i tracciati investigati sono riportati nell'allegata planimetria.

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
15.50	15.50	190	0.35
∞	∞	480	0.30

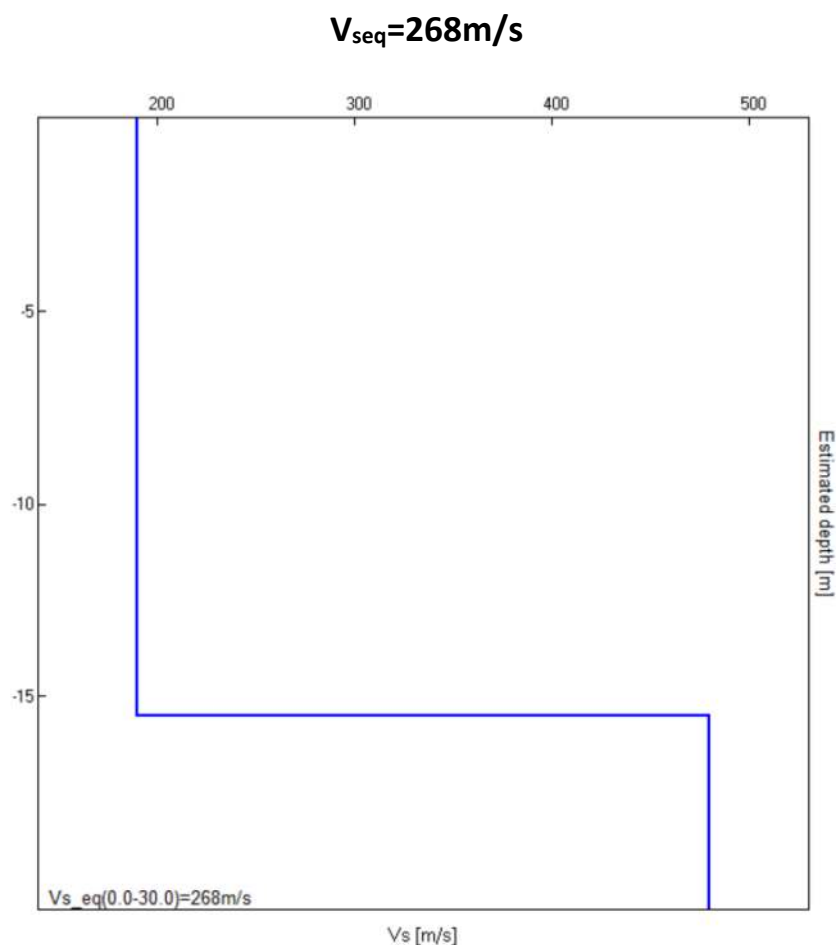


Figura 2 – Modello sismostratigrafico dedotto dall'indagine sismica HVSR TR2.

Pertanto è possibile ascrivere la successione sismostratigrafica in oggetto alla **categoria di sottosuolo "C"** - *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.-*

L'area in esame si trova nella porzione mediana di un pendio dotato di acclività media [$i \leq 15$]. In ottemperanza alla normativa al pendio è associabile una **categoria topografica T1** [superficie pianeggiante,

pendii e rilievi isolati con inclinazione $i \leq 15$. Pertanto ad essa si associa un fattore di amplificazione topografica **ST = 1.00**.

2.1 Azioni sismiche di progetto - L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una pericolosità sismica di base, in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A nelle NTC). Le valutazioni della "pericolosità sismica di base" debbono derivare da studi condotti a livello nazionale. La pericolosità sismica di base, costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le NTC e da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali; tali condizioni possono ritenersi soddisfatte se i risultati dello studio di pericolosità sono forniti:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale sopra definite;
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno T_R ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, nei modi chiaramente precisati dalle NTC, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale. Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

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

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_R considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50^{esimo} percentile ed attribuendo a:

- a_g il valore previsto dalla pericolosità sismica;
- F_o e T_c i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità

sismica (la condizione di minimo è imposta operando ai minimi quadrati, su spettri di risposta normalizzati ad uno, per ciascun sito e ciascun periodo di ritorno).

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

- la vita di riferimento VR della costruzione;
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento PvR associate a ciascuno degli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri (a_g , F_0 , T^*c) di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

Classe dell'edificio: II [Affollamento normale. Assenza di funzioni pubbliche e sociali] Classe d'uso: 1		Vita nominale: 50 anni Periodo riferimento azione sismica: 50		
Coordinate sito in oggetto: latitudine: 43.131156 longitudine: 13.541045				
Coordinate nodi reticolo di riferimento e rispettive distanze dal sito in esame:				
ID: 22535	Lat: 43.1350	Lon: 13.4901	Distanza: 4157.18 [m]	
ID: 22536	Lat: 43.1349	Lon: 13.5586	Distanza: 1483.85 [m]	
ID: 22314	Lat: 43.0850	Lon: 13.5585	Distanza: 5329.44 [m]	
ID: 22313	Lat: 43.0850	Lon: 13.4901	Distanza: 6596.70 [m]	
Stato limite	Tr [anni]	ag	Fo	Tc' [s]
Operatività [SLO]	30	0.055g	2.463	0.273
Danno [SLD]	50	0.069g	2.441	0.291
Salvaguardia vita [SLV]	475	0.175g	2.433	0.339
Prevenzione collasso [SLC]	975	0.226g	2.465	0.347

TIPO DI ELABORAZIONE: STABILITÀ DEI PENDII E FONDAZIONI				
Categoria sottosuolo: C		Categoria topografica: T1		
COEFFICIENTI	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss:coeff. amplifi. stratigrafica	1.50	1.50	1.44	1.37
Cc:coeff. funzione categoria	1.61	1.58	1.50	1.49
St:coeff. amplif. topografica	1.00	1.00	1.00	1.00
Kh	0.016	0.021	0.061	0.087
Kv	0.008	0.010	0.030	0.043
Amax [m/s²]	0.805	1.017	2.472	3.040
β	0.200	0.200	0.240	0.280

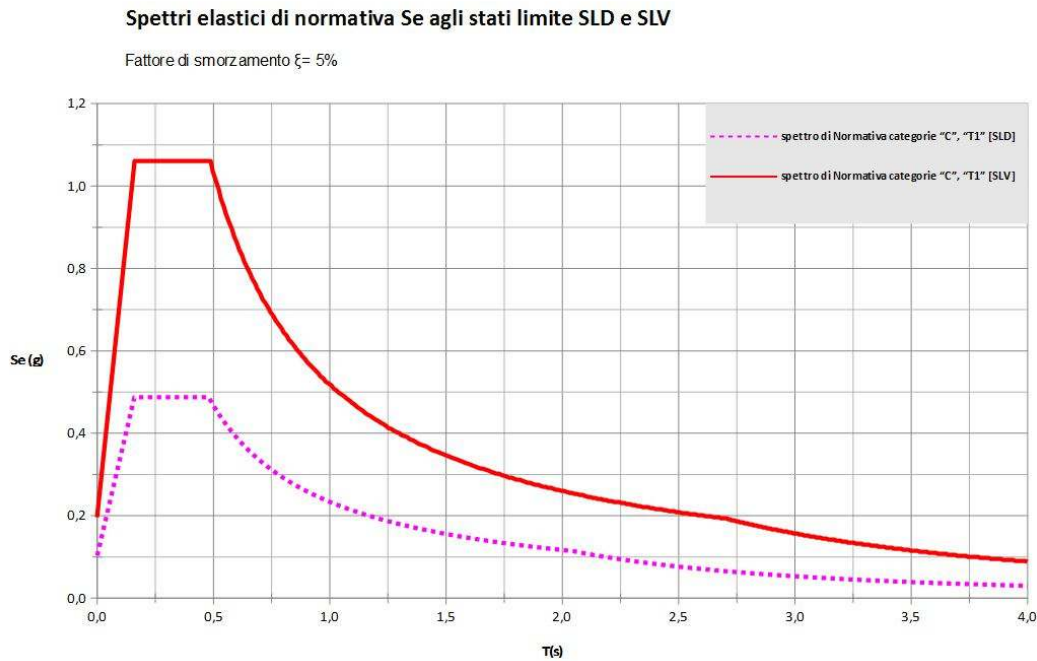


Figura 3 - Spettri di risposta elastici secondo l'approccio semplificato per gli stati limite di normativa SLD e SLV.

3 - ANALISI NUMERICA 1D

Come è noto La valutazione quantitativa della risposta sismica locale può effettuarsi sulla base del confronto tra le diverse grandezze rappresentative del moto sismico alla superficie del terreno e quello di riferimento (roccia di base o affiorante), nel dominio del tempo o delle frequenze. Nel dominio del tempo un parametro spesso utilizzato è il fattore di amplificazione:

$$FA = \frac{a_{max,S}}{a_{max,A}}$$

dove $a_{max,S}$ rappresenta l'accelerazione massima registrata sulla superficie del deposito e $a_{max,A}$ l'accelerazione massima sulla roccia affiorante. Tale fattore può risultare maggiore o minore dell'unità identificando un effetto di amplificazione o di smorzamento. Il fattore di amplificazione così definito però ha il limite di non descrivere l'effetto di "filtraggio" esercitato dal deposito nei confronti del moto sismico di riferimento, ma si limita a descriverne soltanto gli effetti di amplificazione in termini di ampiezza.

Operando nel dominio delle frequenze, un parametro spesso utilizzato ed in grado di superare i limiti del fattore di amplificazione è la cosiddetta funzione di trasferimento:

$$H(f) = \frac{F_s(f)}{F_A(f)}$$

dove $F_s(f)$ ed $F_A(f)$ sono entrambe funzioni complesse della frequenza e rappresentano rispettivamente lo spettro di Fourier del moto in superficie e lo spettro di Fourier del moto su roccia affiorante. Entrambe i

termini del rapporto sono funzioni complesse e pertanto anche il loro rapporto (funzione di trasferimento) risulta una funzione complessa; è utile far riferimento al modulo di tale funzione (spettro di ampiezza) detto *funzione di amplificazione*:

$$A(f)=|H(f)|$$

Dal punto di vista fisico **tale funzione è in grado di indicare quali componenti del moto sismico (in termini di frequenza), rispetto al moto di riferimento, sono state amplificate ed in che rapporto e quali componenti sono state smorzate**. Tuttavia, è necessario osservare che è lecito applicare il principio di sovrapposizione degli effetti, e quindi le trasformate di Fourier, solo se la risposta meccanica del terreno è governata da leggi costitutive di tipo lineare. In tali ipotesi, la funzione di amplificazione è una proprietà della geometria del sito e delle caratteristiche meccaniche dei materiali che lo costituiscono.

Operando nel dominio delle frequenze, nota la funzione di trasferimento, è possibile ottenere, mediante un'operazione detta di *convoluzione*, il moto in superficie a partire dal moto di riferimento.

$$Fs(f)=H(f) FA(f)$$

Questo significa che il moto in superficie ottenuto è fortemente condizionato dal contenuto in frequenza del moto di riferimento, il quale a sua volta è caratterizzato da contenuti in frequenza dipendenti da meccanismo di sorgente, magnitudo e percorso di propagazione. Si osservi inoltre, che la risposta meccanica di un sottosuolo reale non è affatto lineare e pertanto la funzione di trasferimento non può essere univoca, ma dipendente dal livello deformativo raggiunto dal terreno e quindi dalle caratteristiche del moto sismico che lo attraversa. In altre parole, se l'energia del moto sismico che attraversa il deposito è bassa, il livello deformativo raggiunto sarà lieve e viceversa se l'energia del moto è elevata; nei due casi le funzioni di trasferimento risultano differenti.

Gli aspetti sopra esposti fanno sì che una valutazione accurata della risposta sismica locale necessita, oltre ad una modellazione realistica del sottosuolo, una corretta valutazione del terremoto di riferimento.

Dal punto di vista ingegneristico, l'obiettivo finale dell'analisi di risposta sismica locale è quello di fornire uno spettro di risposta in accelerazione (associato ad un terremoto presunto e ad un predefinito livello di smorzamento strutturale) che tenga conto dell'effetto filtrante del deposito.

Gli effetti di sito sono il risultato di fenomeni fisici (riflessioni multiple, diffrazione, focalizzazioni, risonanze etc.) che le onde subiscono in corrispondenza delle eterogeneità e delle discontinuità degli strati più superficiali e delle irregolarità topografiche. Tali analisi costituiscono uno studio di "riferimento" del sito in esame, dove, l'informazione di maggior interesse offerta è lo spettro di risposta in accelerazione del moto del terreno in superficie, che mette in evidenza gli effetti di sito asseconda dello stato limite di riferimento.

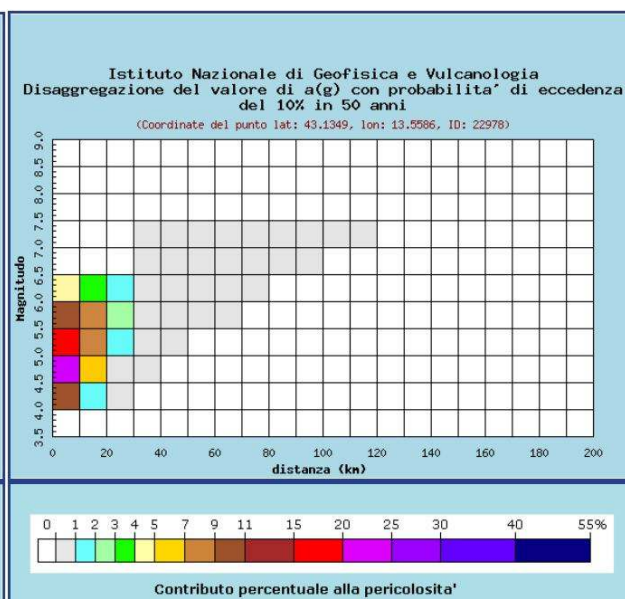
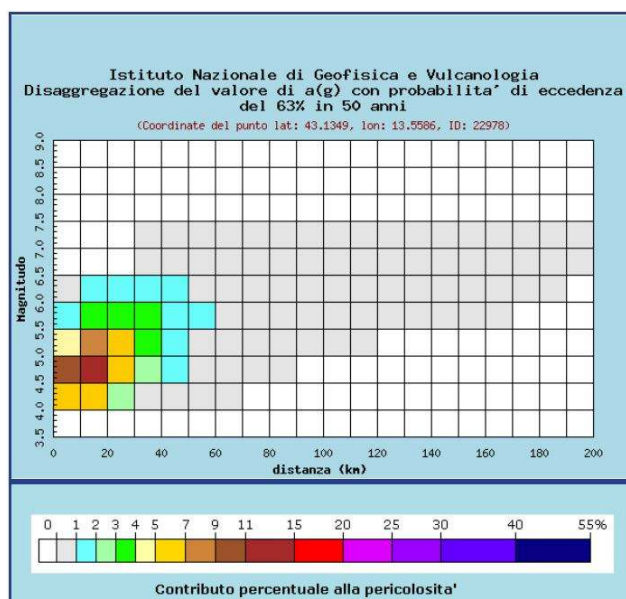
Lo studio condotto nel presente elaborato, si basa sulla valutazione del moto sismico cosiddetto "free field" (condizioni di "campo libero" ossia in assenza di manufatti) definito da:

- **Input Sismico:** Sono stati utilizzati accelerogrammi naturali selezionati tenendo conto dell'accelerazione di base del sito (a_g), determinata mediante il foglio di calcolo **Spettri-NTC vers.1.0.3** (Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici), e dei dati di disaggregazione per variabilità in termini di magnitudo e distanza (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>). Il codice di calcolo utilizzato per la determinazione degli accelerogrammi di riferimento è il **REXELite5** (Iervolino, I., Galasso C., Paolucci R., Pacor F., 2011) che permette la ricerca di combinazioni di accelerogrammi naturali compatibili con gli spettri in accelerazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018).
- **Input Geologico:** la definizione dell'assetto sismostratigrafico dell'area è stata effettuata per mezzo dei dati geognostici e geofisici reperiti ed eseguiti ex-novo.
- **Analisi di Risposta Sismica Locale:** Per la definizione del modello di calcolo è stato utilizzato una mesh di discretizzazione agli elementi finiti (FEM) analizzata con il codice di calcolo **LSR2D ver. 4.3.0** sviluppato dalla STACEC s.r.l.; è stata effettuata un'analisi di Risposta Sismica Locale di tipo monodimensionale, lineare equivalente. Per ogni stato limite è stato calcolato lo spettro finale in accelerazione come media degli spettri di ogni singola condizione analizzata [7 accelerogrammi].
- **Rappresentazione dei Parametri di Output:** i risultati delle analisi sono rappresentati con spettri di risposta in accelerazione (g) in funzione dei periodi (sec). Nei grafici vengono confrontati i risultati, per ogni singolo stato limite, delle risposte in superficie con gli spettri di Input e con lo spettro da Normativa.

3.1 - DEFINIZIONE DELL'INPUT SISMICO

Per le analisi di risposta sismica locale si sono utilizzati accelerogrammi reali, la cui scelta è stata effettuata all'interno di archivi Nazionali e Internazionali al fine di selezionare l'input più rappresentativo della sismicità del sito in esame. I dati di disaggregazione (magnitudo e distanza) sono stati calcolati dal sito dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano dedicata ai dati di pericolosità sismica nazionale in funzione dell'area in esame (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>). Il sistema consente di visualizzare e interrogare mappe probabilistiche della pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa con diversi parametri dello scuotimento su una griglia regolare a passo 0.05° . Per ogni singolo nodo è possibile avere informazioni dell'analisi di disaggregazione individuando le possibili coppie di valori di magnitudo-distanza della pericolosità.

In questo lavoro vengono riportati i dati di disaggregazione del valore di a_g relative al sito in esame con coordinate ED50 - latitudine: 43.131155 longitudine: 13.541044, sia per lo Stato Limite di Danno (SLD) che per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV).

SLD - Probabilità di eccedenza P_{VR} : 63%**SLV - Probabilità di eccedenza P_{VR} : 10%**

Distanza in km	Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 63% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.1349, lon: 13.5586, ID: 22978)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	6.120	9.600	4.420	1.870	0.621	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	5.500	11.300	7.260	3.970	1.260	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	2.310	6.030	5.310	3.790	1.310	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.875	2.890	3.330	3.010	1.330	0.221	0.099	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.212	1.110	1.740	1.970	1.260	0.457	0.223	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.028	0.355	0.873	1.210	0.957	0.430	0.232	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.001	0.080	0.418	0.743	0.700	0.368	0.218	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.012	0.175	0.452	0.505	0.305	0.196	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.001	0.055	0.235	0.308	0.224	0.155	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.014	0.108	0.167	0.136	0.101	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.004	0.050	0.097	0.087	0.069	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.001	0.023	0.058	0.058	0.049	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.035	0.040	0.036	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.019	0.028	0.027	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.009	0.020	0.021	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.015	0.017	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.012	0.015	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.012	0.015	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.012	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.009	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.190	25.000	0.455

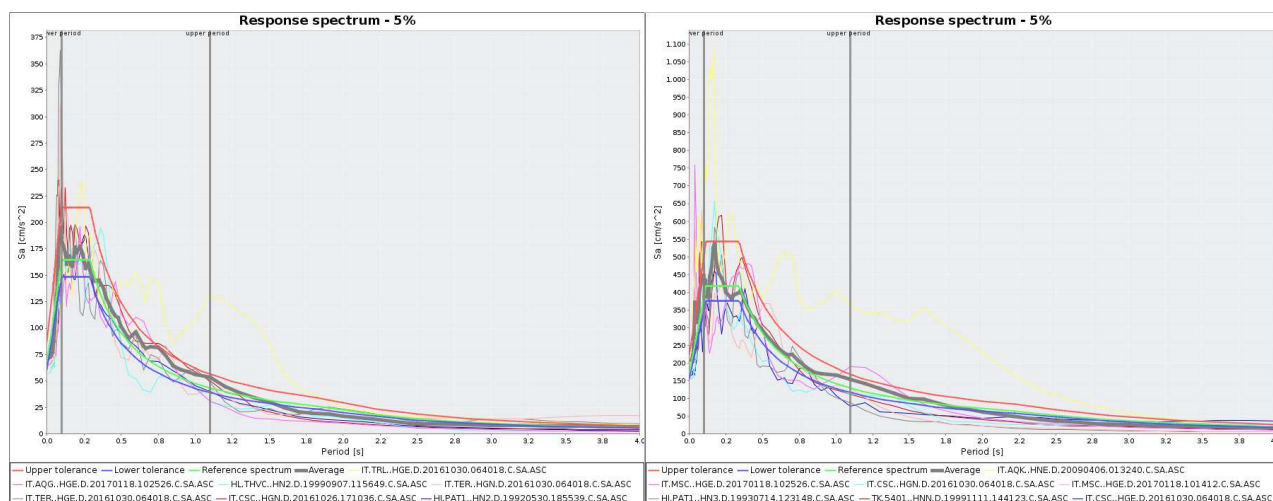
Distanza in km	Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.1349, lon: 13.5586, ID: 22978)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	10.400	22.500	15.900	9.580	4.120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	1.650	6.100	7.740	7.600	3.670	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.016	0.529	1.790	2.830	1.610	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.003	0.251	0.928	0.741	0.184	0.145	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.005	0.161	0.317	0.253	0.228	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.085	0.142	0.155	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.068	0.098	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.059	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.031	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.220	10.200	0.839

Tenendo conto dell'ubicazione dell'area, della probabilità di accadimento e del percentile di progettazione sono stati ricavati, per ogni stato limite, i seguenti valori di coppia magnitudo-distanza:

Stato limite	Stato limite SLD	Stato Limite SLV
Magnitudo	5.19	5.22
Distanza (km)	25.00	10.200

Seguendo la procedura, ampiamente descritta nella numerosa bibliografia esistente, si sono estrapolati per ogni stato limite 7 accelerogrammi con forme d'onda assimilabili alle caratteristiche ed ai range del sito di riferimento fornite in precedenza con la disaggregazione.

SLD - Probabilità di eccedenza P_{VR} : 63%SLV - Probabilità di eccedenza P_{VR} : 10%

La coerenza con lo spettro elastico è stato verificato in base alla media delle ordinate spettrali ottenute con i diversi accelerogrammi, per un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ del 5%. Il range di scarto è stato posto pari al 10% come limite inferiore (lower tolerance) e 30% come limite superiore (upper tolerance), nell'intervallo di periodo compreso tra T_1 [s]: 0.1 e T_2 [s]: 1.1.

TABELLA 3 – Accelerogrammi utilizzati	
Stato limite SLD	Stato limite SLV
HI.PAT1..HN2.D.19920530.185539.C.ACC.ASC	HI.PAT1..HN3.D.19930714.123148.C.ACC.ASC
HL.THVC..HN2.D.19990907.115649.C.ACC.ASC	IT.AQK..HNE.D.20090406.013240.C.ACC.ASC
IT.AQG..HGE.D.20170118.102526.C.ACC.ASC	IT.CSC..HGE.D.20161030.064018.C.ACC.ASC
IT.CSC..HGN.D.20161026.171036.C.ACC.ASC	IT.CSC..HGN.D.20161030.064018.C.ACC.ASC
IT.TER..HGE.D.20161030.064018.C.ACC.ASC	IT.MSC..HGE.D.20170118.101412.C.ACC.ASC
IT.TER..HGN.D.20161030.064018.C.ACC.ASC	IT.MSC..HGE.D.20170118.102526.C.ACC.ASC
IT.TRL..HGE.D.20161030.064018.C.ACC.ASC	TK.5401..HNN.D.19991111.144123.C.ACC.ASC

Gli accelerogrammi selezionati con Rexelite sono tutti riferiti a siti rocciosi classificati **B** e sono caratterizzati da:

stato limite SLD $\Rightarrow$ valori di magnitudo compresi tra 4.0 e 6.5 M_w , distanza epicentrale compresa tra 0 e 60 Km.

stato limite SLV $\Rightarrow$ valori di magnitudo compresi tra 4.9 e 6.1 M_w distanza epicentrale compresa tra 5 e 45 Km.

3.1.1 Bedrock sismico – Nel presente lavoro, come accennato in precedenza, il moto di input non può fare riferimento al bedrock rigido di categoria A, poiché questo non è stato intercettato né è generalmente intercettabile nell'area in considerazione se non ad elevate profondità. La vigente normativa (NTC2018) non

fornisce indicazioni operative in presenza di siffatte condizioni sismostratigrafiche. Anche ipotizzando di essere in grado di stimare con ragionevole accuratezza la profondità del substrato rigido, l'adozione di un bedrock molto profondo può comportare l'eccessivo smorzamento delle intensità del segnale di output a causa dell'accentuazione nel comportamento dissipativo della coltre, soprattutto alle alte frequenze e ciò costituisce una condizione anti-cautelativa. Inoltre, il picco di amplificazione derivante dal contrasto di impedenza tra bedrock e successione semirigida superiore avrebbe caratteristiche di frequenza tali (molto basse) da non essere rilevanti ai fini del progetto in esame.

Nell'adozione di un moto di input corrispondente ad un sottosuolo di categoria B, si fa riferimento alle seguenti norme:

- ❑ Aggiornamento delle 'Norme Tecniche per le Costruzioni' di cui al DM 17 gennaio 2018, capitolo 12, 'riferimenti tecnici', nel punto in cui viene ammesso l'utilizzo di altri codici internazionali: *Per quanto non trattato nella presente norma o nei documenti di comprovata validità sopra elencati, possono essere utilizzati anche altri codici internazionali; è responsabilità del progettista garantire espressamente livelli di sicurezza coerenti con quelli delle presenti Norme tecniche.*
- ❑ Norme internazionali ASCE/SEI 7-10 (Minimum load requirements for buildings), punto 21.1.1. La norma in tale punto permette, dove profili profondi di terreno rendono lo sviluppo di un modello fino al bedrock non pratico, di troncare il modello dove la rigidità del terreno ha un valore perlomeno equivalente ai valori usati per definire la classe di terreno D (equivalente approssimativamente alla classe C dell'EC8 e delle NTC2018). In tale caso, lo spettro di riferimento e i moti di input alla base devono essere incrementati utilizzando i coefficienti di sito coerenti con la classificazione dei terreni alla base del profilo modellato.
- ❑ Definizione di engineering seismic base layer (bedrock sismico ingegneristico¹ del Ministero per le Costruzioni giapponese, 2000[2]², come strato la cui velocità delle onde di taglio V_s sia almeno pari a 400 m/s.

In definitiva, è stato applicato al bedrock ingegneristico, sito a 15.50m di profondità dalla superficie topografica, un gruppo (settopla) di segnali il cui spettro è stato reso compatibile a norma di legge con lo spettro di normativa nel sito per suolo di categoria B. Tale approccio ha evitato una stima incerta del bedrock rigido di categoria A, con verosimile occorrenza di anomali fenomeni dissipativi nella coltre (situazione anticautelativa).

Le settople di spettri dei segnali di input, resi compatibili con lo spettro di normativa categoria di suolo B, come risultanti dall'utilizzo dell'applicativo REXELite, sono stati già illustrati in precedenza per gli stati limite SLV ($T_r=475$ anni) e SLD ($T_r=50$ anni).

¹ Yoshida, *Seismic Ground response Analysis*, Springer, 2005, paragrafo 3.1.

² Come riportato da Yoshida, *Seismic Ground response Analysis*, Springer, 2005.

stato limite SLD

REXELite ELABORATION SUMMARY

Thu Jul 26 13:09:11 CEST 2018

Target spectrum

Latitude: 42.93254
Longitude: 13.08373
Site classification: A
Topography: 1
Nominal life [years]: 50
Building functional type (Cu): 1.0
Limit state probability : 0.63

Preliminary record search

Station site classification: A
Magnitude min: 4.0
Magnitude max: 6.5
Types of magnitude considered: WL
Epicentral distance min [km]: 0.0
Epicentral distance max [km]: 50.0
Include late trigger events: no
Include analog recordings: yes

Spectrum matching parameters and analysis options

Period range min [s]: 0.1
Period range max [s]: 2.0
Tolerance below average [%]: 10.0
Tolerance above average [%]: 30.0
Scaled records: no

stato limite SLV

REXELite ELABORATION SUMMARY

Mon Jul 30 13:11:34 CEST 2018

Target spectrum

Latitude: 42.93254
Longitude: 13.08373
Site classification: A
Topography: 1
Nominal life [years]: 50
Building functional type (Cu): 1.0
Limit state probability : 0.1

Preliminary record search

Station site classification: A,A*
Magnitude min: 4.0
Magnitude max: 7.5
Types of magnitude considered: WL
Epicentral distance min [km]: 0.0
Epicentral distance max [km]: 30.0
Include late trigger events: no
Include analog recordings: yes

Spectrum matching parameters and analysis options

Period range min [s]: 0.1
Period range max [s]: 1.1
Tolerance below average [%]: 10.0
Tolerance above average [%]: 30.0
Scaled records: no

3.2 - DEFINIZIONE DELL'INPUT GEOLOGICO

È stata studiata una verticale poco più a valle dell'edificio in oggetto, ove erano disponibili dati geofisici; essi sono stati tarati per mezzo del sondaggio geognostico eseguito nella corte dell'edificio.

Il primo sismostrato ingloba i terreni del corpo di frana quiescente; ad esso sono state attribuite le curve di decadimento ottenute da una prova di taglio torsionale su di un campione prelevato a Belforte del Chienti (MSIII dei comuni del cratere), classificato argilla con limo ed avente Indice di Plasticità $IP=42\%$.

I sottostanti terreni a prevalente litologia argillosa [COS nella carta geologico-tecnica della Microzonazione Sismica], sono stati distinti differenziando i vari sismostrati della stessa litologia, con velocità delle onde V_s diverse in funzione del livello di alterazione. Lo stesso dicasi per la parametrizzazione dei sismostrati, eseguita utilizzando le curve di decadimento $G/G_0-\gamma$ e $D-\gamma$ costruite ad hoc sulla base di prove di laboratorio su campioni di terreno prelevati sempre nell'ambito del progetto MSIII. A tutti i litotipi appartenenti alla Formazione ALS-COS è stata attribuita un'unica curva di non linearità ottenuta dai risultati di una prova di torsione ciclica su un campione prelevato nelle stesse formazioni nel comune di Massa Fermana.



Figura 4 – Planimetria con indicati i punti e i tracciati di indagine; la linea tratteggiata di colore verde rappresenta l'indagine sismica MASW, il simbolo in rosso con le linee interne indica il sondaggio geognostico, il simbolo rettangolare con all'interno una linea spezzata blu indica le indagini sismiche HVSR.

La profondità e l'andamento del substrato corrispondente alla formazione delle Argille azzurre in facies pelitica (FAA-COS) sono stati definiti sulla base degli studi geologici e calibrati verificando la corrispondenza tra le funzioni di amplificazioni numeriche e quelle ricavate sperimentalmente sotto forma di rapporti HVSR misurati su noise.

Le proprietà fisico-meccaniche dei terreni adottate nelle analisi sono sinteticamente riportate in Tabella 4.

TABELLA 4 – Proprietà fisiche e meccaniche dei terreni								
denominazione	litologia	interpretazione	spessore (m)		γ (KN/m ³)	Vs (m/s)	ν	G/Go(γ) D(γ)
corpo di frana	argille limose (corpo di frana)	MASW_351	15.50		19.5	170	0.35	EPRI (93, PI=50%)
Formazione delle Argille Azzurre FAA-COS	marne e marne argillose 1	MASW_351, HVSR_334	30		20.5	600	0.30	Prova TS Massa Fermana

Poiché i metodi numerici di analisi utilizzati nel presente studio fanno riferimento al tradizionale approccio di legame costitutivo visco-elastico lineare equivalente, il comportamento di ciascun materiale è stato espresso attraverso il peso dell'unità di volume (γ), la velocità delle onde di taglio (V_s), e le curve di variazione di rigidezza e smorzamento con la deformazione al taglio, G/G0 (γ) e D(γ).

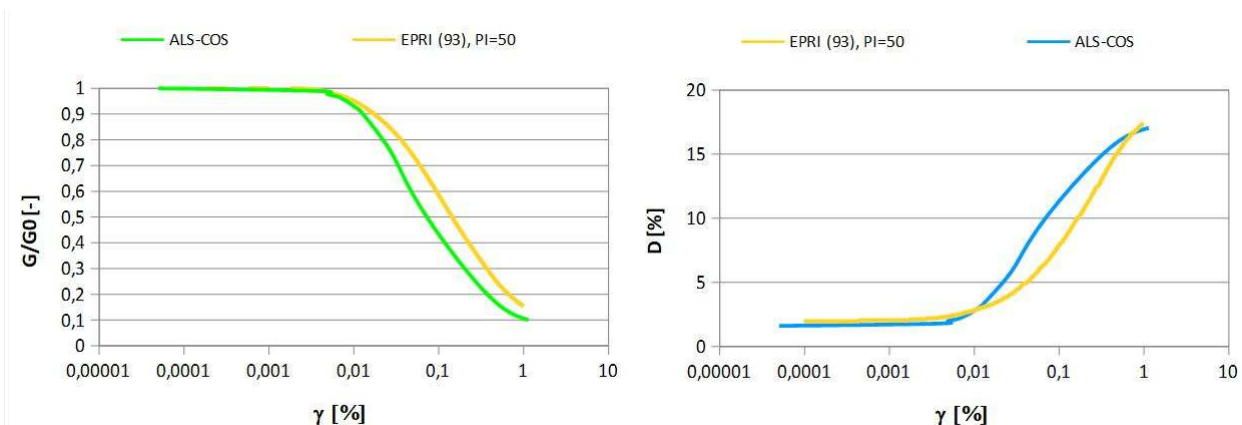


Figura 5 – Curve di decadimento del modulo di taglio e dell'andamento del fattore di smorzamento con il livello di deformazione per i vari sismostrati.

EPRI (93), PI=50			ALS-COS		
γ [%]	G/G_0 [-]	D [%]	γ [%]	G/G_0 [-]	D [%]
0,0001	1	1,928	0,00005	1,000	1,600
0,00018	1	1,92	0,00335	0,990	1,772
0,00032	1	1,911	0,00488	0,980	1,943
0,00056	1	1,973	0,00613	0,970	2,115
0,001	1	1,965	0,00723	0,960	2,286
0,00178	1	2,037	0,00825	0,950	2,458
0,00316	0,996	2,142	0,0106	0,925	2,887
0,00562	0,981	2,348	0,0109	0,922	2,937
0,01	0,951	2,773	0,0111	0,920	2,973
0,0178	0,897	3,346	0,0128	0,900	3,316
0,0316	0,821	4,33	0,022	0,800	5,032
0,0562	0,714	5,778	0,0333	0,700	6,748
0,1	0,585	7,759	0,0725	0,500	10,180
0,178	0,451	10,214	0,373	0,200	15,329
0,316	0,33	12,931	1,14	0,100	17,045
0,562	0,224	15,617			
1	0,153	17,429			

Le velocità delle onde S sono state determinate a partire dai risultati della prova MASW_351 e, per i litotipi più profondi, secondo il modello sismostratigrafico ricostruito anche con l'ausilio dell'indagine sismica HVSR TR2.

Per quanto relativo al bedrock sismico ($V_s > 800 \text{ m/s}$), si rimanda a quanto già detto al §3.1.1.

3.3 - ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE CON CODICE DI CALCOLO

L'analisi di risposta sismica locale 1D è stata eseguita con il codice di calcolo **LSR2D** della Stacec, analizzando, distintamente, per lo Stato Limite di Danno (SLD) e per lo Stato Limite di Salvaguardia delle Vita (SLV) 7 accelerogrammi naturali.

Sono stati determinati gli spettri in accelerazione di input ed output agli stati limite SLD e SLV., come media degli spettri di ogni singola analisi. Viene fornito anche lo spettro di output normalizzato secondo la procedura ICMS (O.C.S.R. n. 55 del 24 aprile 2018).

3.3.1 - STATO LIMITE DI DANNO (SLD)

Nello stato limite di danno (SLD), il modello geometrico è stato calcolato con sette accelerogrammi spettrocompatibili con lo spettro di target; gli accelerogrammi utilizzati sono riferiti ad un suolo di categoria "B" coerentemente con le condizioni sismostratigrafiche del sito. È stata determinata l'accelerazione in output e successivamente calcolato lo spettro in accelerazione in funzione del periodo. È stato calcolato, inoltre, lo spettro finale in accelerazione come media degli spettri di ogni singola analisi.

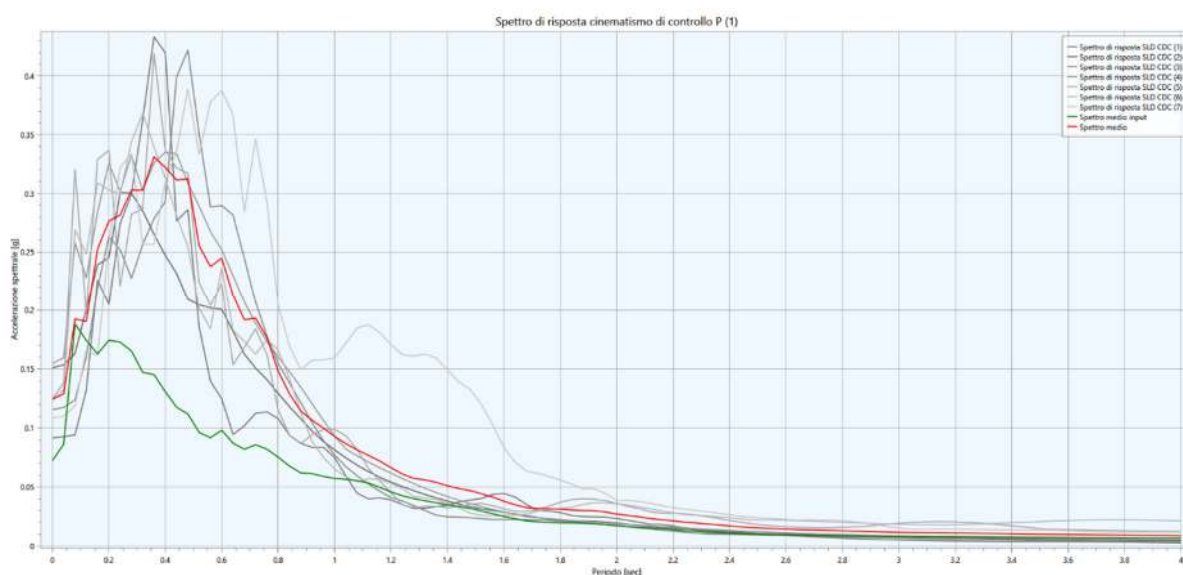


Figura 6 - SLD: spettro medio di input (in verde) e spettro medio di output (in rosso).

Valori di FA^3 negli intervalli di periodo $T=0.1-0.5s$, $T=0.4-0.8s$, $T=0.7-1.1s$. Essi sono ottenuti come rapporto tra l'integrale dello spettro medio di output e l'integrale dello spettro medio di input, nell'intervallo di periodo considerato.

TABELLA 5 – Valori di FA per tre intervalli di periodo allo stato limite SLD		
$T=0.1-0.5$	$T=0.4-0.8$	$T=0.7-1.1$
FA=1.91	2.47	1.87

³ Fattore di amplificazione.

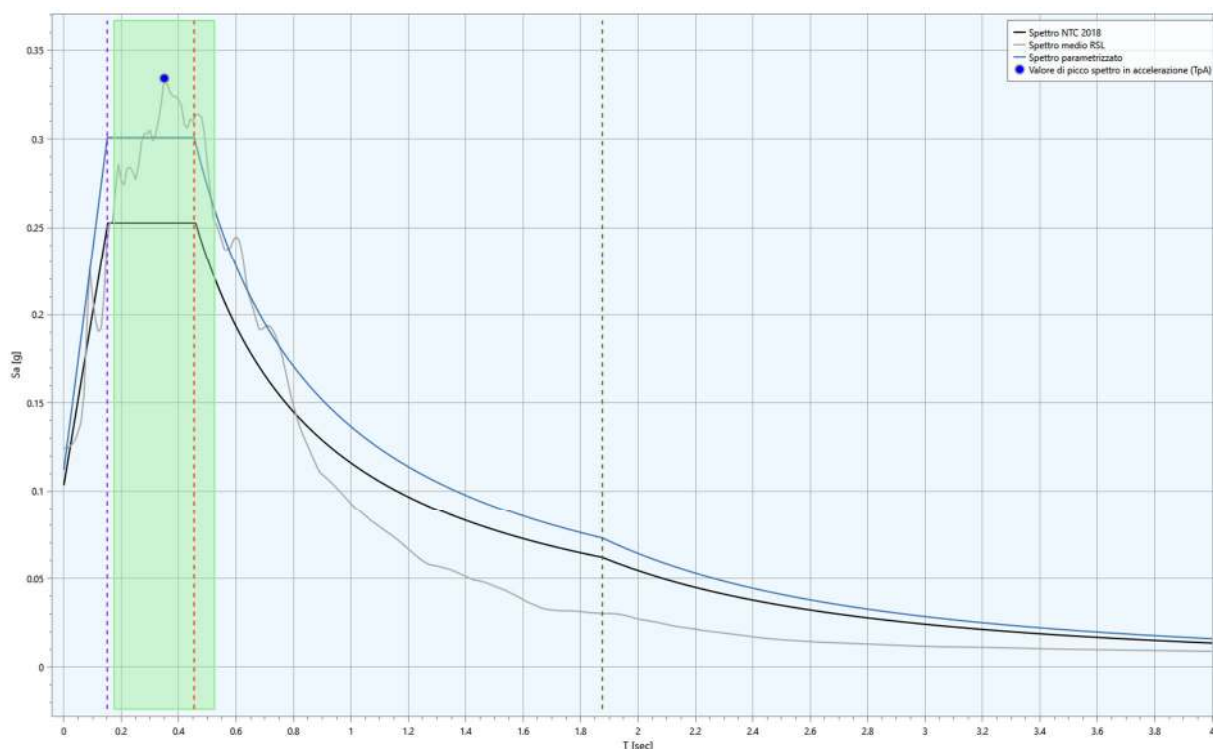


Figura 7 - SLD: confronto tra spettro medio di output (in grigio), spettro da NTC (in nero) per categoria di sottosuolo “C” e categoria topografica “T1”, e lo spettro parametrizzato in blu (normalizzato).

Qui di seguito nella tabella 6 sono riportati i dati relativi alla pericolosità sismica di base del sito (a_g) e dello spettro normalizzato di output della RSL, da utilizzare nelle verifiche strutturali.

Parametri caratteristici dello spettro RSL normalizzato **stato limite SLD**:

TABELLA 6 – Parametri caratteristici dello spettro RSL normalizzato stato limite SLD									
4a_g (g)	$^5a_{max}$ (g)	S_{amax} (g)	ξ (%)	η	S^6	F_0	T_B	T_c	T_D
0.069	0.113	0.299	5	1.00	1.644	2.637	0.152	0.457	1.876

3.4.2 - STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV)

Nello stato limite di salvaguardia della vita (SLV), il modello geometrico è stato calcolato con sette accelerogrammi naturali spettrocompatibili con lo spettro di target. È stata determinata l'accelerazione in output e successivamente calcolato lo spettro in accelerazione in funzione del periodo. È stato calcolato, inoltre, lo spettro finale in accelerazione come media degli spettri di ogni singola analisi.

⁴ a_g (g) = pericolosità sismica di base del sito (accelerazione su suolo rigido di categoria “A” pianeggiante in condizioni di free-field).

⁵ a_{max} (g) = accelerazione orizzontale in superficie, valore di ancoraggio dello spettro normalizzato a $T=0$ (dato da utilizzare per determinare l'incremento di contributo dovuto all'amplificazione sismica; da RSL).

⁶ S = fattore di amplificazione sismica. Da RSL.

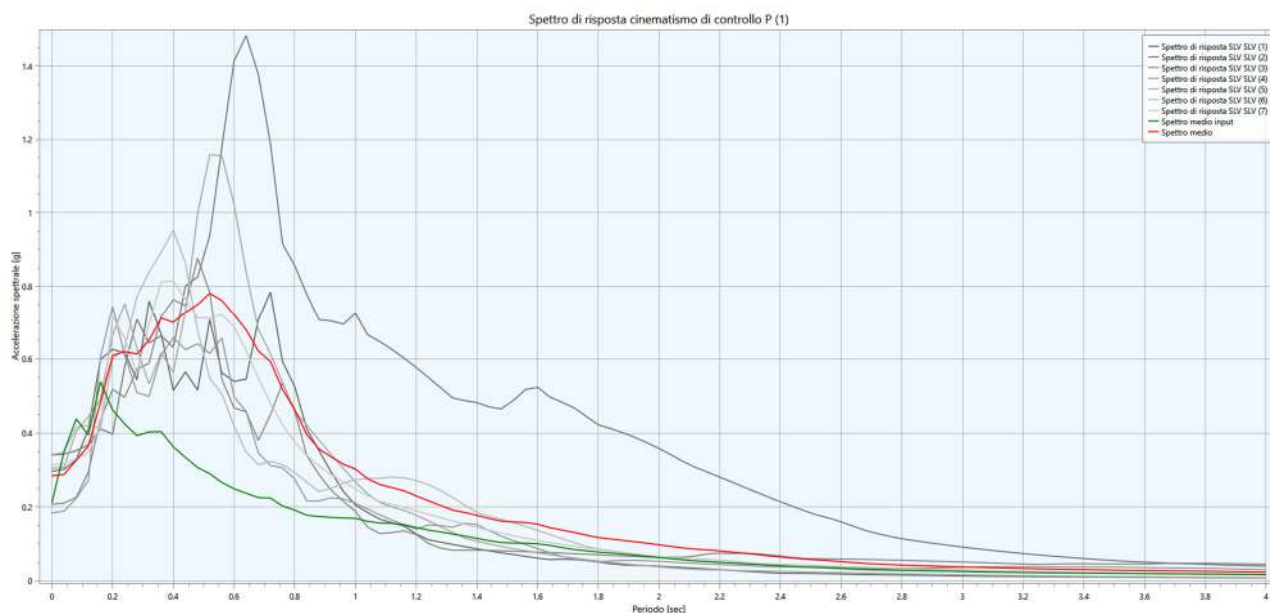


Figura 8 - SLV: spettro medio di input (in verde) e spettro medio di output (in rosso).

Valori di FA^7 negli intervalli di periodo $T=0.1-0.5s$, $T=0.4-0.8s$, $T=0.7-1.1s$. Essi sono ottenuti come rapporto tra l'integrale dello spettro medio di output e l'integrale dello spettro medio di input, nell'intervallo di periodo considerato.

TABELLA 7 – Valori di FA per tre intervalli di periodo allo stato limite SLV		
$T=0.1-0.5$	$T=0.4-0.8$	$T=0.7-1.1$
FA=1.57	2.58	2.12

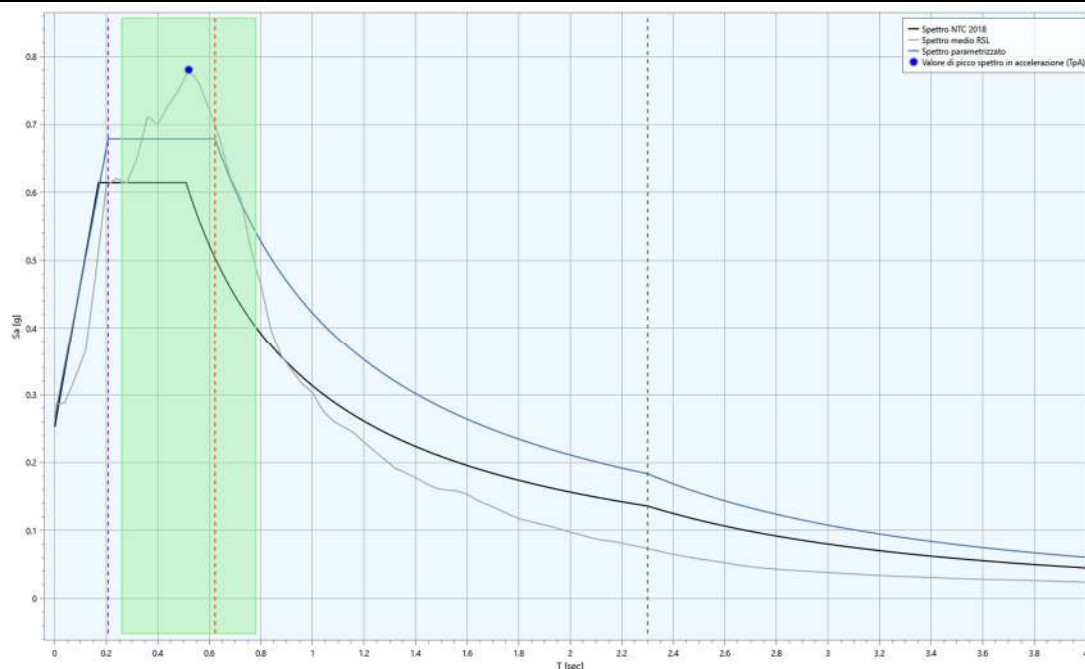


Figura 9 - SLV: confronto tra spettro medio di output (in grigio), spettro da NTC (in nero) per categoria di sottosuolo "C" e categoria topografica "T1", e lo spettro parametrizzato in blu (normalizzato).

⁷ Fattore di amplificazione.

Parametri caratteristici dello spettro RSL normalizzato **stato limite SLV**:

TABELLA 8 – Parametri caratteristici dello spettro RSL normalizzato stato limite SLV									
4a_g (g)	${}^5a_{max}$ (g)	S_{amax} (g)	ξ (%)	η	S^8	F_0	T_B	T_c	T_D
0.175	0.265	0.679	5	1.00	1.517	2.558	0.207	0.622	2.300

4 - ANALISI DEI RISULTATI E CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono illustrati i dati relativi ad un'analisi di **Risposta Sismica Locale** 1D eseguita nell'abitato di Montegiorgio [FM], nell'area ove si trova l'edificio di civile abitazione del sig. Peroni.

I risultati ottenuti sono lievemente superiori rispetto a quelli desunti dall'approccio semplificato di cui alle NTC.

L'accelerazione massima in superficie (a_{max}) per il calcolo dell'incremento del costo parametrico per l'amplificazione sismica è **$a_{max}=0.265g$** .

Rev. maggio 2020

Il tecnico
Dott. Geol. Andrea Ambroggi

⁸ S = fattore di amplificazione sismica. Da RSL.

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

STATO LIMITE	SLD
a_g	0.069 g
F_o	2.441
T_C	0.291 s
S_S	1.500
C_C	1.578
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.500
η	1.000
T_B	0.153 s
T_C	0.459 s
T_D	1.877 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	
$T_B \leftarrow$	0.153	0.254
$T_C \leftarrow$	0.459	0.254
	0.527	0.221
	0.594	0.196
	0.662	0.176
	0.729	0.160
	0.797	0.146
	0.865	0.135
	0.932	0.125
	1.000	0.117
	1.067	0.109
	1.135	0.103
	1.202	0.097
	1.270	0.092
	1.337	0.087
	1.405	0.083
	1.472	0.079
	1.540	0.076
	1.607	0.073
	1.675	0.070
	1.742	0.067
	1.810	0.064
$T_D \leftarrow$	1.877	0.062
	1.978	0.056
	2.079	0.051
	2.181	0.046
	2.282	0.042
	2.383	0.039
	2.484	0.035
	2.585	0.033
	2.686	0.030
	2.787	0.028
	2.888	0.026
	2.989	0.025
	3.090	0.023
	3.191	0.021
	3.292	0.020
	3.394	0.019
	3.495	0.018
	3.596	0.017
	3.697	0.016
	3.798	0.015
	3.899	0.014
	4.000	0.014

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

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

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.175 g
F_o	2.433
T_C	0.339 s
S_S	1.445
C_C	1.501
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.445
η	1.000
T_B	0.169 s
T_C	0.508 s
T_D	2.300 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	
$T_B \leftarrow$	0.169	0.615
$T_C \leftarrow$	0.508	0.615
	0.594	0.527
	0.679	0.460
	0.764	0.409
	0.850	0.368
	0.935	0.334
	1.020	0.306
	1.106	0.283
	1.191	0.263
	1.276	0.245
	1.362	0.230
	1.447	0.216
	1.532	0.204
	1.618	0.193
	1.703	0.184
	1.788	0.175
	1.873	0.167
	1.959	0.160
	2.044	0.153
	2.129	0.147
	2.215	0.141
$T_D \leftarrow$	2.300	0.136
	2.381	0.127
	2.462	0.119
	2.543	0.111
	2.624	0.104
	2.705	0.098
	2.786	0.093
	2.867	0.088
	2.948	0.083
	3.029	0.078
	3.110	0.074
	3.191	0.071
	3.271	0.067
	3.352	0.064
	3.433	0.061
	3.514	0.058
	3.595	0.056
	3.676	0.053
	3.757	0.051
	3.838	0.049
	3.919	0.047
	4.000	0.045

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

AZIONE SISMICA RSL (DM 2008 §3.2)

STATO LIMITE **SLD** – SPETTRO ELASTICO Se di **INPUT** DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

Fattore di smorzamento $\xi = 5\%$

Period (s)	Se(g) media	Period (s)	Se(g) media	Period (s)	Se(g) media
0,01	0,0829742592	1,904242424	0,021585927	3,7984848	0,010974693
0,05030303	0,1387977662	1,944545455	0,020762345	3,8387879	0,0108477451
0,090606061	0,229574086	1,984848485	0,019701686	3,8790909	0,0106841818
0,130909091	0,1957445592	2,025151515	0,01863504	3,9193939	0,0104903684
0,171212121	0,1661939231	2,065454545	0,017314219	3,959697	0,010343444
0,211515152	0,1706205376	2,105757576	0,016688008	4	0,010194262
0,251818182	0,2048487438	2,146060606	0,016218504		
0,292121212	0,1962407272	2,186363636	0,015637382		
0,332424242	0,16369524	2,226666667	0,014866245		
0,372727273	0,1426034608	2,266969697	0,014023938		
0,413030303	0,134779121	2,307272727	0,013223324		
0,453333333	0,1228554929	2,347575758	0,012579093		
0,493636364	0,1084903441	2,387878788	0,012096284		
0,533939394	0,1029218945	2,428181818	0,011652387		
0,574242424	0,1037238203	2,468484848	0,011268402		
0,614545455	0,0967601118	2,508787879	0,011019801		
0,654848485	0,0785771408	2,549090909	0,010854833		
0,695151515	0,0793091045	2,589393939	0,010793861		
0,735454545	0,0793222823	2,62969697	0,010845693		
0,775757576	0,0773620728	2,67	0,010948292		
0,816060606	0,0723207507	2,71030303	0,011048843		
0,856363636	0,0678537334	2,750606061	0,011083554		
0,896666667	0,065793108	2,790909091	0,011106607		
0,936969697	0,0630386289	2,831212121	0,011122629		
0,977272727	0,0622268841	2,871515152	0,011113559		
1,017575758	0,0592685189	2,911818182	0,011096285		
1,057878788	0,0563357549	2,952121212	0,011019051		
1,098181818	0,0523439994	2,992424242	0,010924559		
1,138484848	0,0490447325	3,032727273	0,010860553		
1,178787879	0,0466325398	3,073030303	0,010891079		
1,219090909	0,0439556065	3,113333333	0,010895347		
1,259393939	0,0413092976	3,153636364	0,010886329		
1,29969697	0,0384396569	3,193939394	0,010872094		
1,34	0,0368737969	3,234242424	0,010897761		
1,38030303	0,0349501765	3,274545455	0,010919033		
1,420606061	0,0339287191	3,314848485	0,010924763		
1,460909091	0,0329196854	3,355151515	0,010978277		
1,501212121	0,0319732063	3,395454545	0,011078046		
1,541515152	0,0306896617	3,435757576	0,011168932		
1,581818182	0,0297908918	3,476060606	0,011249895		
1,622121212	0,0281004085	3,516363636	0,011311939		
1,662424242	0,0263963892	3,556666667	0,011342995		
1,702727273	0,0247854005	3,596969697	0,011329919		
1,743030303	0,0236931761	3,637272727	0,011303255		
1,783333333	0,0228272519	3,677575758	0,011272466		
1,823636364	0,022149445	3,717878788	0,011208806		
1,863939394	0,0218566827	3,758181818	0,011081164		

stato limite SLD spettro di input

AZIONE SISMICA RSL (DM 2008 §3.2)

STATO LIMITE **SLD** – SPETTRO ELASTICO **Se** DI **OUTPUT** DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

Fattore di smorzamento $\xi = 5\%$

Period (s)	Se(g) media	Period (s)	Se(g) media	Period (s)	Se(g) media
0,01	0,1390501646	1,904242424	0,0247861	3,7984848	0,0114640515
0,05030303	0,2277262324	1,944545455	0,024071339	3,8387879	0,0113506213
0,090606061	0,3412683034	1,984848485	0,022953821	3,8790909	0,011197815
0,130909091	0,3705956688	2,025151515	0,021805199	3,9193939	0,0110058159
0,171212121	0,34850041	2,065454545	0,020276145	3,959697	0,0107762447
0,211515152	0,329633661	2,105757576	0,019042069	4	0,0105976349
0,251818182	0,3729171099	2,146060606	0,018277756		
0,292121212	0,3054109085	2,186363636	0,017537603		
0,332424242	0,2282935976	2,226666667	0,016700445		
0,372727273	0,1929162639	2,266969697	0,01584216		
0,413030303	0,1833446679	2,307272727	0,014980297		
0,453333333	0,1691236127	2,347575758	0,014180076		
0,493636364	0,1593178251	2,387878788	0,013583831		
0,533939394	0,1584733551	2,428181818	0,01316029		
0,574242424	0,1632071137	2,468484848	0,012779845		
0,614545455	0,1500278368	2,508787879	0,01244681		
0,654848485	0,1214959083	2,549090909	0,012222632		
0,695151515	0,1230964024	2,589393939	0,012122082		
0,735454545	0,1242021325	2,62969697	0,012098474		
0,775757576	0,1178249217	2,67	0,012102341		
0,816060606	0,1070994148	2,71030303	0,012074851		
0,856363636	0,1007498086	2,750606061	0,012040956		
0,896666667	0,0951768598	2,790909091	0,012048521		
0,936969697	0,0897662851	2,831212121	0,012050876		
0,977272727	0,0867255034	2,871515152	0,012027269		
1,017575758	0,0815773368	2,911818182	0,011946441		
1,057878788	0,0761240311	2,952121212	0,01180904		
1,098181818	0,0705888747	2,992424242	0,011729352		
1,138484848	0,0642613851	3,032727273	0,011704363		
1,178787879	0,0605408837	3,073030303	0,011681257		
1,219090909	0,0565968003	3,113333333	0,011638098		
1,259393939	0,0526743358	3,153636364	0,011587891		
1,29969697	0,0484318621	3,193939394	0,011536405		
1,34	0,0459372384	3,234242424	0,011498593		
1,38030303	0,0429617293	3,274545455	0,011479088		
1,420606061	0,0416552182	3,314848485	0,01149898		
1,460909091	0,0405098831	3,355151515	0,011511829		
1,501212121	0,039280159	3,395454545	0,011592557		
1,541515152	0,037319315	3,435757576	0,011656821		
1,581818182	0,0354196362	3,476060606	0,011718939		
1,622121212	0,033457858	3,516363636	0,011775402		
1,662424242	0,0314502134	3,556666667	0,011812508		
1,702727273	0,0295132245	3,596969697	0,011840623		
1,743030303	0,0277328705	3,637272727	0,01184307		
1,783333333	0,0263967626	3,677575758	0,011831364		
1,823636364	0,0252783007	3,717878788	0,011771494		
1,863939394	0,0248923961	3,758181818	0,011636341		

stato limite SLD spettro di output

AZIONE SISMICA RSL (DM 2008 §3.2)

STATO LIMITE **SLV** – SPETTRO ELASTICO Se di **INPUT** DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

Fattore di smorzamento $\xi = 5\%$

Period (s)	Se(g) media	Period (s)	Se(g) media	Period (s)	Se(g) media
0,01	0,2111312661	1,904242424	0,077236457	3,7984848	0,0274770181
0,05030303	0,3066794673	1,944545455	0,075927241	3,8387879	0,0269152056
0,090606061	0,4339615567	1,984848485	0,074697413	3,8790909	0,0265139102
0,130909091	0,5102641661	2,025151515	0,073779882	3,9193939	0,0262435473
0,171212121	0,4914641165	2,065454545	0,072201898	3,959697	0,0261456419
0,211515152	0,4906540344	2,105757576	0,070318035	4	0,0261265797
0,251818182	0,567976709	2,146060606	0,068653026		
0,292121212	0,5400452152	2,186363636	0,066077183		
0,332424242	0,4462850715	2,226666667	0,063763035		
0,372727273	0,3945493436	2,266969697	0,061940488		
0,413030303	0,3459740599	2,307272727	0,059474707		
0,453333333	0,3284449517	2,347575758	0,056605679		
0,493636364	0,2974748995	2,387878788	0,054366003		
0,533939394	0,2793522566	2,428181818	0,052588003		
0,574242424	0,2766996702	2,468484848	0,050327946		
0,614545455	0,2535880393	2,508787879	0,048578159		
0,654848485	0,2370291138	2,549090909	0,047307648		
0,695151515	0,2186511198	2,589393939	0,046073595		
0,735454545	0,2008495875	2,62969697	0,04458485		
0,775757576	0,1934161546	2,67	0,043371534		
0,816060606	0,1927955456	2,71030303	0,042021091		
0,856363636	0,1918327771	2,750606061	0,040782046		
0,896666667	0,1798288223	2,790909091	0,039782249		
0,936969697	0,1693466304	2,831212121	0,039082627		
0,977272727	0,1693695138	2,871515152	0,038717447		
1,017575758	0,1687374908	2,911818182	0,038141684		
1,057878788	0,1669240307	2,952121212	0,036925326		
1,098181818	0,1644345396	2,992424242	0,035652027		
1,138484848	0,1648928904	3,032727273	0,034631605		
1,178787879	0,1630168462	3,073030303	0,03383329		
1,219090909	0,1592249483	3,113333333	0,033275269		
1,259393939	0,1547315883	3,153636364	0,032736236		
1,29969697	0,1497734097	3,193939394	0,032135779		
1,34	0,1449749211	3,234242424	0,031457203		
1,38030303	0,1401513629	3,274545455	0,030948939		
1,420606061	0,1332406598	3,314848485	0,030722368		
1,460909091	0,1239078795	3,355151515	0,030606583		
1,501212121	0,1150180701	3,395454545	0,03042259		
1,541515152	0,1086300838	3,435757576	0,029998127		
1,581818182	0,1020655066	3,476060606	0,029531674		
1,622121212	0,0986603445	3,516363636	0,029031671		
1,662424242	0,095645992	3,556666667	0,02869138		
1,702727273	0,0921095653	3,596969697	0,028586369		
1,743030303	0,0884077058	3,637272727	0,028634842		
1,783333333	0,0844232945	3,677575758	0,028715966		
1,823636364	0,0814506885	3,717878788	0,028509037		
1,863939394	0,0790662927	3,758181818	0,028094769		

stato limite SLV spettro di input

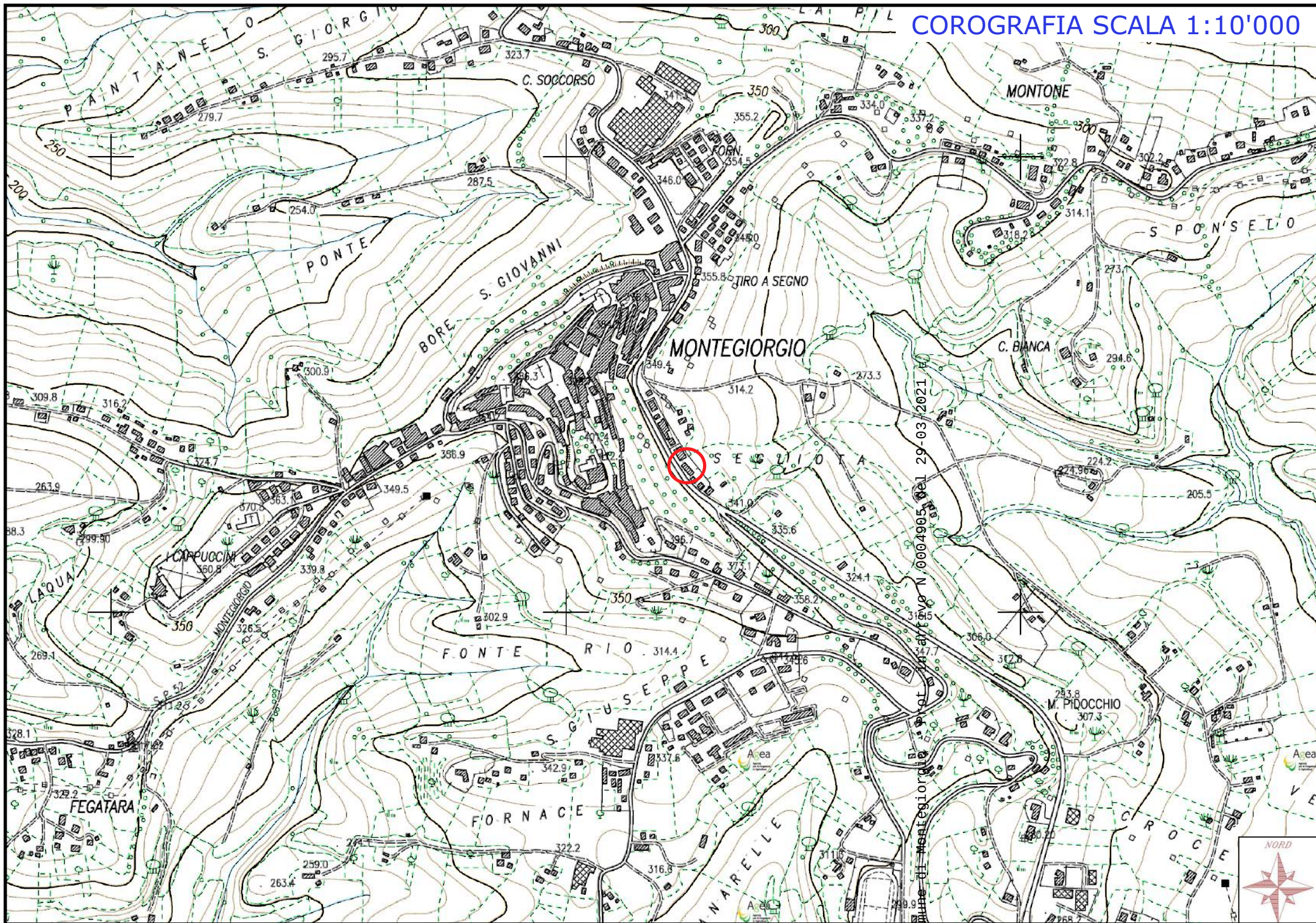
AZIONE SISMICA RSL (DM 2008 §3.2)

STATO LIMITE **SLV** – SPETTRO ELASTICO **Se** DI **OUTPUT** DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

Fattore di smorzamento $\xi = 5\%$

Period (s)	Se(g) media	Period (s)	Se(g) media	Period (s)	Se(g) media
0,01	0,3555808778	1,904242424	0,089443434	3,7984848	0,0289937519
0,05030303	0,4709485232	1,944545455	0,086593072	3,8387879	0,0283799127
0,090606061	0,654941495	1,984848485	0,084242707	3,8790909	0,0278920414
0,130909091	0,832498613	2,025151515	0,082807117	3,9193939	0,0275775304
0,171212121	1,0134471317	2,065454545	0,080722702	3,959697	0,0273797661
0,211515152	0,9671692709	2,105757576	0,07834204	4	0,0273347335
0,251818182	1,1476984612	2,146060606	0,076471117		
0,292121212	0,8700391297	2,186363636	0,073081037		
0,332424242	0,6739460771	2,226666667	0,070058352		
0,372727273	0,5437014709	2,266969697	0,067876212		
0,413030303	0,4883934028	2,307272727	0,065207833		
0,453333333	0,4638732236	2,347575758	0,062127061		
0,493636364	0,4452074326	2,387878788	0,060081156		
0,533939394	0,4359622349	2,428181818	0,058146698		
0,574242424	0,4309597432	2,468484848	0,055613384		
0,614545455	0,4037958386	2,508787879	0,053267022		
0,654848485	0,370028399	2,549090909	0,05173204		
0,695151515	0,3343445905	2,589393939	0,050319077		
0,735454545	0,3082982808	2,62969697	0,04876416		
0,775757576	0,2961239392	2,67	0,047191401		
0,816060606	0,2932814552	2,71030303	0,045824964		
0,856363636	0,2837805508	2,750606061	0,04428481		
0,896666667	0,2672182322	2,790909091	0,042800418		
0,936969697	0,2467972301	2,831212121	0,041775268		
0,977272727	0,2428428551	2,871515152	0,041200861		
1,017575758	0,2399086522	2,911818182	0,040735592		
1,057878788	0,2350659029	2,952121212	0,039557929		
1,098181818	0,2278396483	2,992424242	0,038225913		
1,138484848	0,2234766065	3,032727273	0,03714489		
1,178787879	0,2121538309	3,073030303	0,036332839		
1,219090909	0,2075433305	3,113333333	0,035748759		
1,259393939	0,2028143145	3,153636364	0,035016035		
1,29969697	0,1929972509	3,193939394	0,034330368		
1,34	0,1830273266	3,234242424	0,03362571		
1,38030303	0,1743859056	3,274545455	0,033028359		
1,420606061	0,1645687598	3,314848485	0,032729366		
1,460909091	0,1543501613	3,355151515	0,032592762		
1,501212121	0,1434083369	3,395454545	0,032358611		
1,541515152	0,1323324188	3,435757576	0,031930445		
1,581818182	0,1235384585	3,476060606	0,031255457		
1,622121212	0,1189199193	3,516363636	0,030720443		
1,662424242	0,1150946279	3,556666667	0,030401076		
1,702727273	0,1104635159	3,596969697	0,030292164		
1,743030303	0,1056470968	3,637272727	0,03031121		
1,783333333	0,1005234304	3,677575758	0,030362122		
1,823636364	0,0961239706	3,717878788	0,030134754		
1,863939394	0,0928502032	3,758181818	0,029655356		

stato limite SLV spettro di output





Legenda

-  S ubicazione sondaggio geognostico
-  HV ubicazione indagine sismica passiva a stazione singola
-  masw traccia indagine sismica MASW

Comune di Montegiorgio Prot. in arrivo 10004905 del 29-03-2021



MONTEGIORGIO, PERONI STEFANO TR1

TR 1

Strumento: TRZ-0175/01-12

Inizio registrazione: 19/02/19 11:38:13 Fine registrazione: 19/02/19 11:58:13

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 65% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

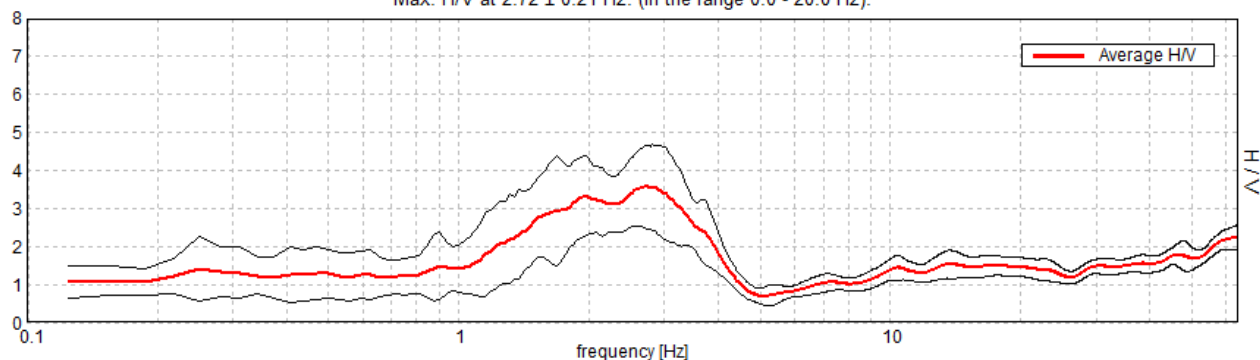
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

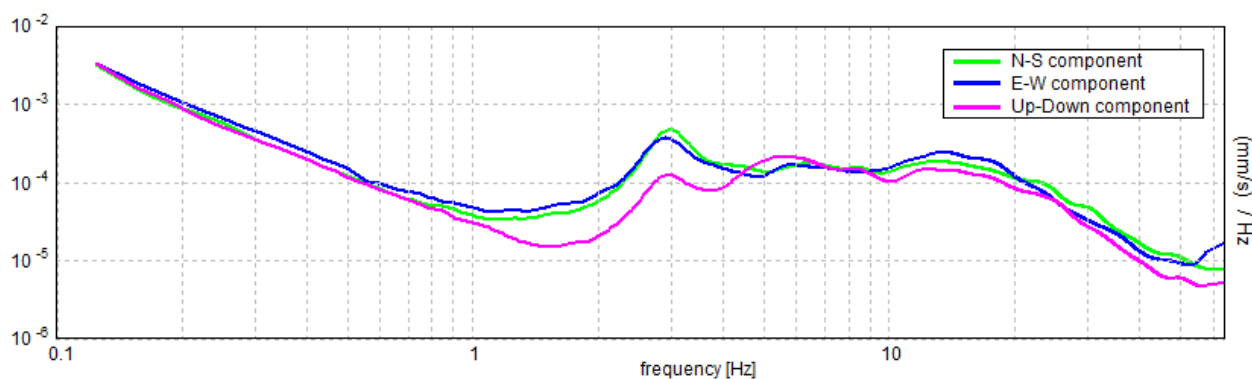
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

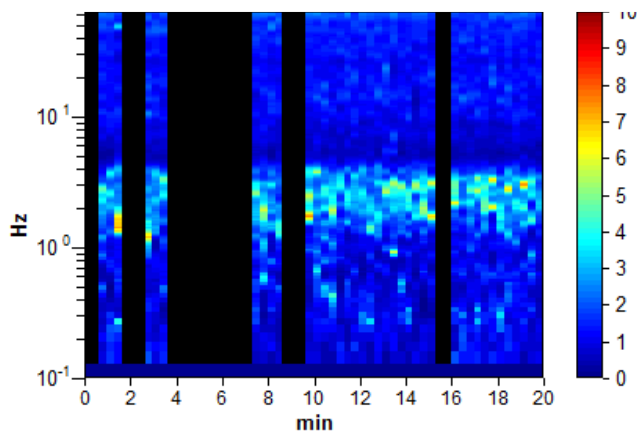
Max. H/V at 2.72 ± 0.21 Hz. (In the range 0.0 - 20.0 Hz).



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V

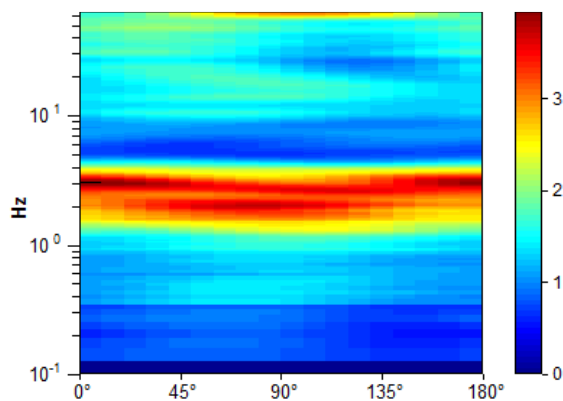


TABELLA SESAME

Picco H/V a 2.72 ± 0.21 Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.72 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2120.6 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 132	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.156 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.031 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.57 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03737 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.10161 < 0.13594$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5325 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

MONTEGIORGIO, PERONI STEFANO TR2

Strumento: TRZ-0175/01-12

Inizio registrazione: 19/02/19 12:01:31 Fine registrazione: 19/02/19 12:21:31

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 52% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

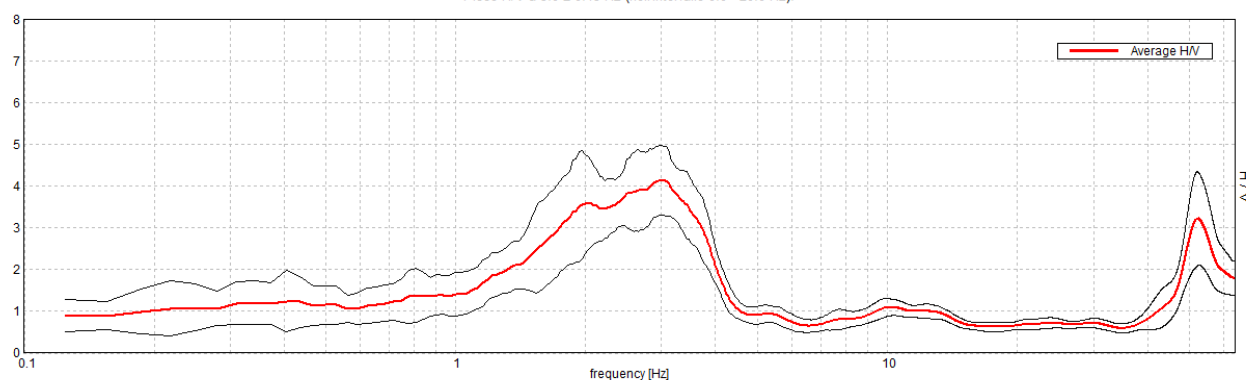
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

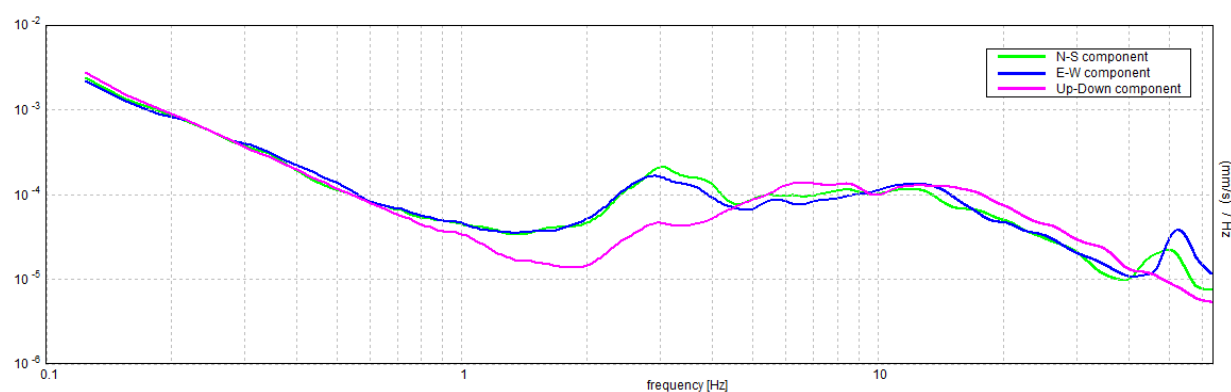
Lisciamento: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

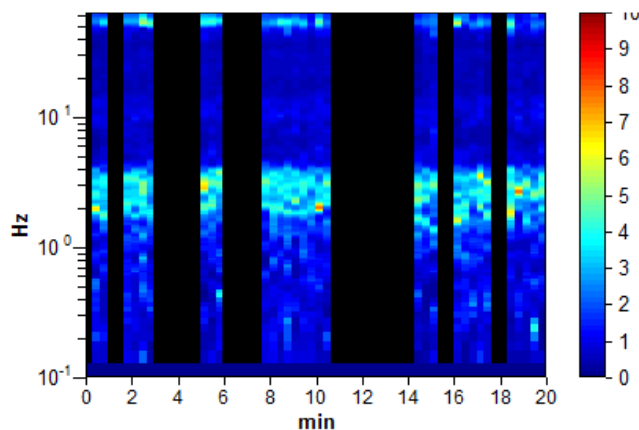
Picco H/V a 3.0 ± 0.13 Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz).



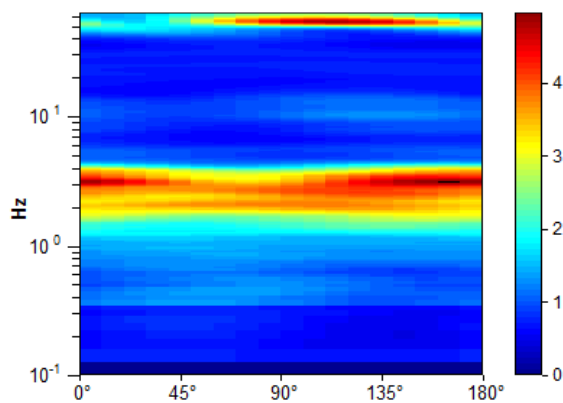
SINGLE COMPONENT SPECTRA



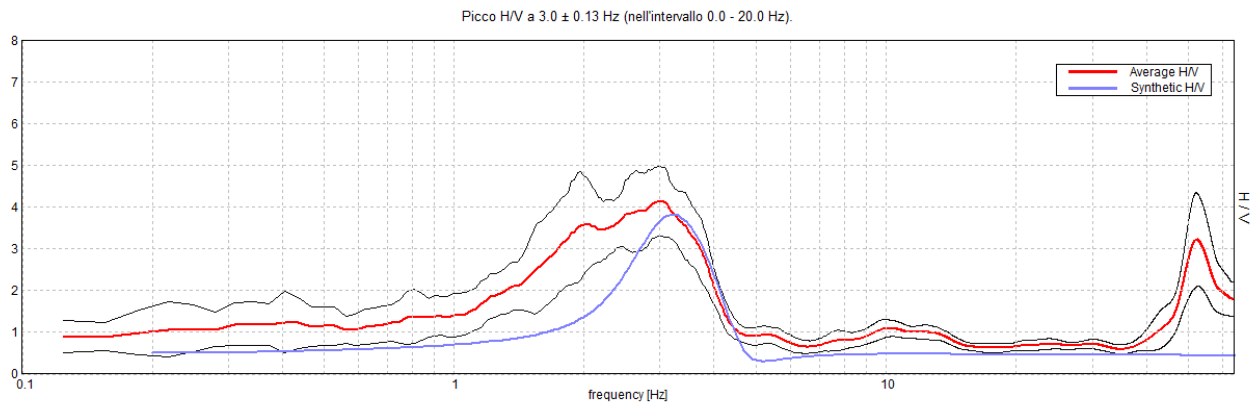
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
15.50	15.50	190	0.35
inf.	inf.	480	0.30

$Vs_{eq}(0.0-30.0)=268\text{m/s}$

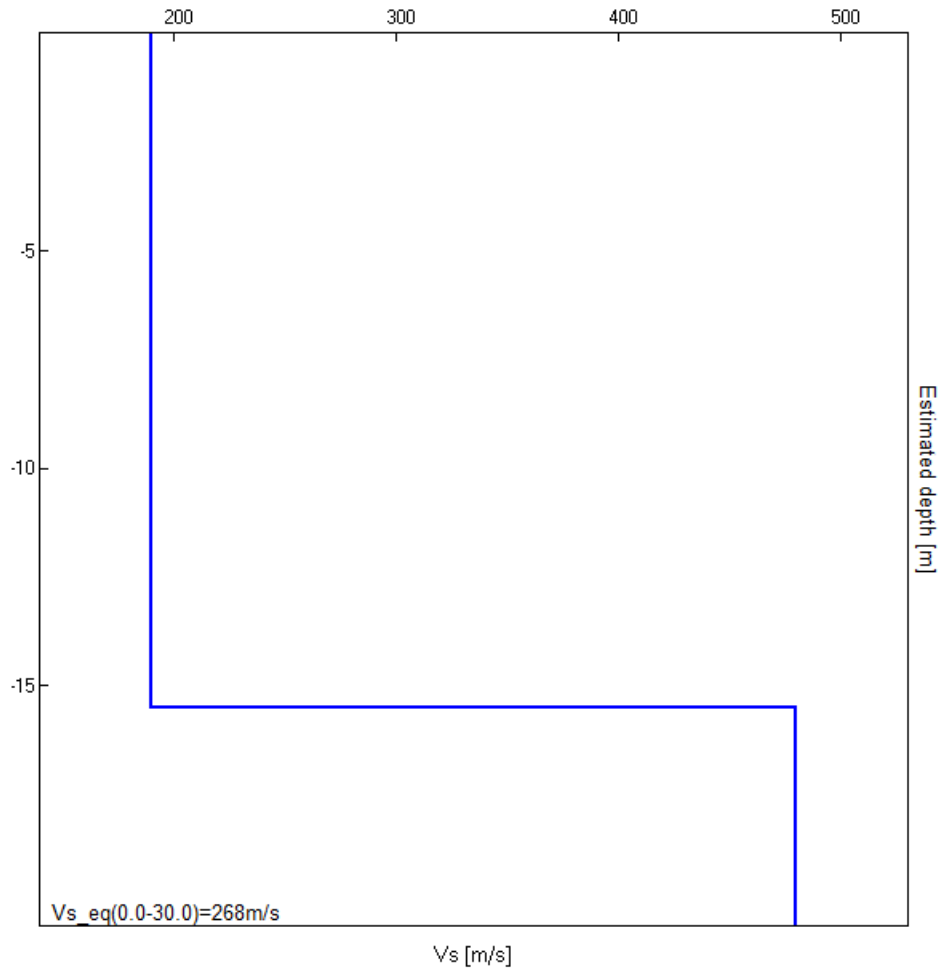


TABELLA SESAME

TR 2

Picco H/V a 3.0 ± 0.13 Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.00 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1860.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 145 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.344 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.031 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.14 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0209 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.06271 < 0.15$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4073 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

MONTEGIORGIO 3° LIV, FRANA VERSANTE EST TR334

Strumento: TRZ-0175/01-12

Inizio registrazione: 17/10/17 18:31:53 Fine registrazione: 17/10/17 18:51:53

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

TR 334

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 38% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

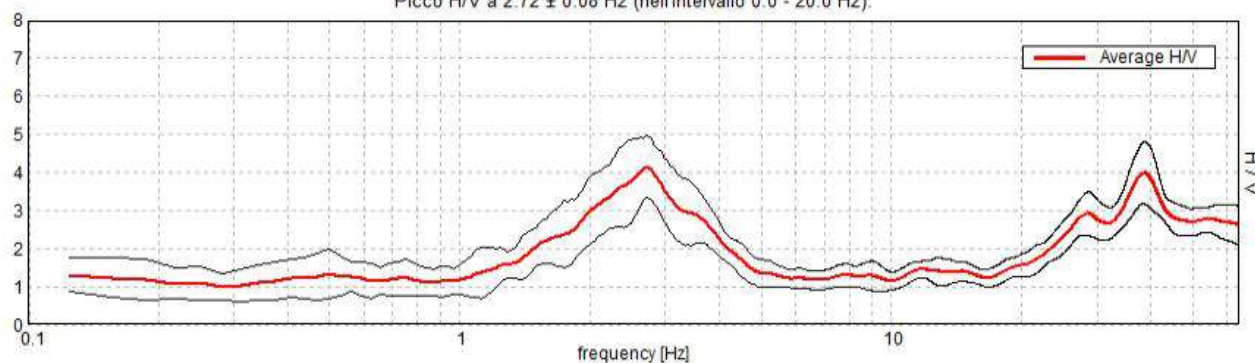
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

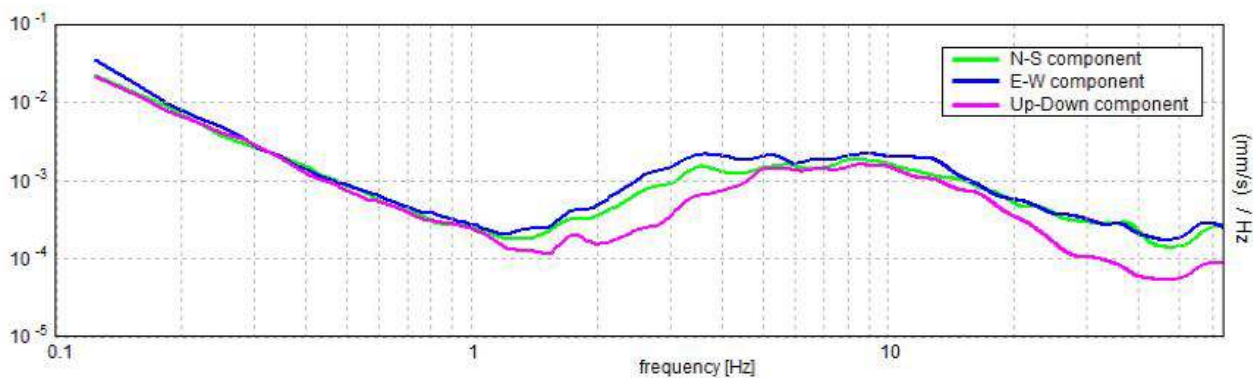
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

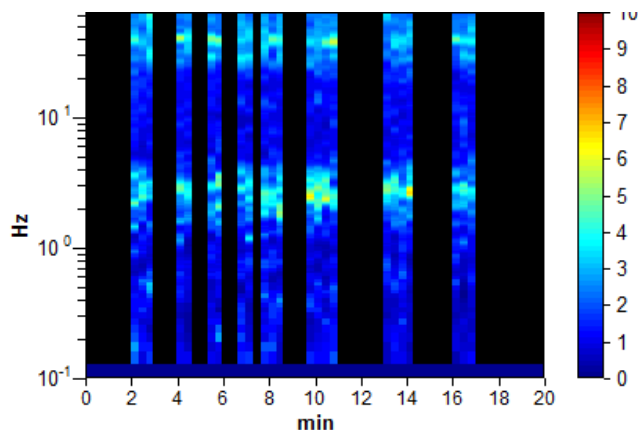
Picco H/V a 2.72 ± 0.08 Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz).



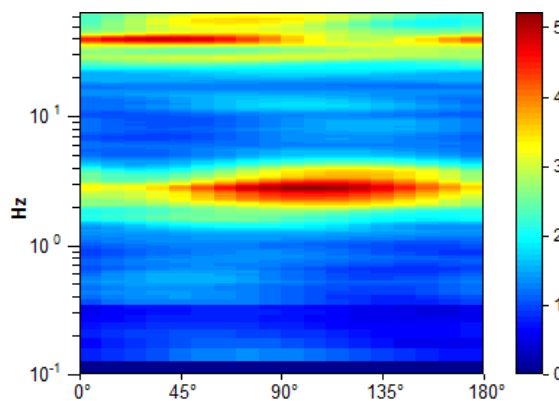
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 2.72 ± 0.08 Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.72 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1250.6 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 132	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.5 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.125 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.14 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01415 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.03848 < 0.13594$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3809 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20