

Dott. Geol. Paolo Baglini
Viale Giorgioli 18, 00033 Cave (RM)
Telefono: 328 6283162
E-mail: baglinipaolo@gmail.com

COMUNE DI CAVE
CITTÀ METROPOLITANA DI ROMA CAPITALE

Relazione Geologica

ai sensi del DM 17/01/2018 - NTC 2018
e della DGR n. 724 del 20/10/2020

Progetto per la messa in sicurezza dell'infrastruttura viaria di via della Selce –
realizzazione marciapiede

Committente: Comune di Cave

N. Documento: 332_22-2212_AuSis

Incarico: Det. n. 164 del 02/08/2021

Cave, dicembre 2022

Geologo
Dott. Paolo Baglini



INDICE

Rispondenza ai contenuti minimi della relazione geologica (Allegato C – Reg. Reg. n. 26/2020).....	3
Generalità	4
Inquadramento Geologico	6
Geomorfologia	8
Idrogeologia	9
Indagini	11
Modello Geotecnico	13
Indagini.....	13
Modello Geotecnico	14
Modello Sismico	16
Parametri di base	16
Microzonazione sismica.....	16
Indagini.....	17
Risposta sismica	21
Condizioni Sismostratigrafiche	22
Condizioni Topografiche	22
Conclusioni	23

ALLEGATI

Report Prove Penetrometriche

Report Indagini Geofisiche

RISPONDERENZA AI CONTENUTI MINIMI DELLA RELAZIONE GEOLOGICA (ALLEGATO C – REG. REG. N. 26/2020)

Il presente elaborato è stato redatto ai sensi del Regolamento Regionale n. 26 del 2020 – (DGR n. 724 del 20/10/2020). Secondo l'allegato C, ovvero i 12 punti che indicano i contenuti minimi della relazione geologica sono stati trattati:

1. Indicazione del livello di rischio sismico dell'opera indicato nel capitolo delle generalità a pagina 5.
2. La carta geologica di dettaglio in scala 1:3.000 è inserita in figura 3 di pagina 8.
3. Le caratteristiche idrogeologiche e la interazione con la falda idrica sono state descritte nel relativo capitolo da pagina 9.
4. Caratteristiche morfologiche che possono influenzare la risposta sismica locale sono state trattate nel capitolo dedicato alla geomorfologia a pagina 8 e nelle condizioni topografiche del capitolo dedicato agli aspetti sismici a pagina 22.
5. La sezione geologica è stata combinata con il modello geotecnico di figura 8 a pagina 15.
6. La planimetria con l'ubicazione delle indagini è stata inserita in carta di figura 5 a pagina 11.
7. Ogni indagine e relativi elaborati numerici e grafici sono riportati in allegato al presente documento, mentre le conclusioni dei dati ottenuti dalle prove sono stati riassunti in relazione relativamente ad ogni capitolo: le 2 DPSH nel capitolo dedicato alla geotecnica (da pagina 13), le indagini geofisiche (1 HVSR + 2 MASW) in quello dedicato agli aspetti sismici (pagina 17).
8. Lo stralcio della cartografia del P.A.I. è in figura 4 di pagina 10.
9. Recepimento prescrizioni previste dal parere rilasciato ai sensi dell'art. 89 del DPR 380/2001: non vi sono prescrizioni.
10. Lo stralcio della carta delle MOPS è in figura 9 di pagina 17. Il Livello 3 di MS non è presente.
11. La documentazione fotografica attestante l'esecuzione delle prove è stata inserita in figura 6 a pagina 12.
12. Indicazioni sulla fattibilità ed eventuali prescrizioni progettuali sono a pagina 23.

GENERALITÀ

È stato elaborato il presente studio geologico su incarico dell'Amministrazione comunale di Cave (Det. n. 164/2021) e relativo al progetto per la messa in sicurezza dell'infrastruttura viaria di via della Selce, in particolare della realizzazione del marciapiede. All'interno del progetto sono previste opere di sistemazione a corredo del marciapiede da realizzare, in particolare, oggetto del presente elaborato, il rifacimento di alcuni moretti di recinzione ed un tratto di muretto di contenimento. In figura 1 l'inquadramento delle opere suddette all'interno dell'intero tracciato di progetto.

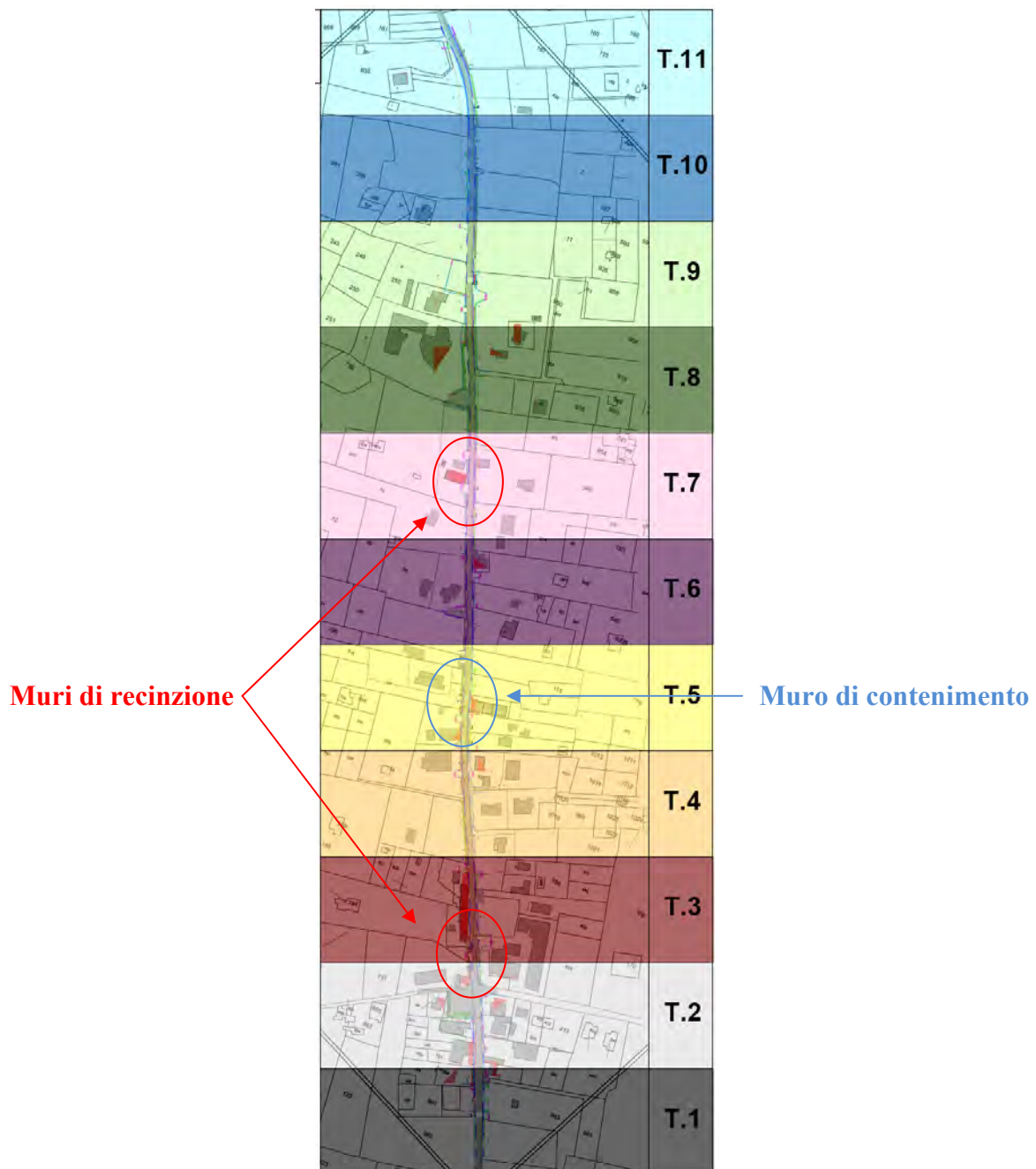


Figura 1: inquadramento delle opere in autorizzazione sismica

Lo studio è finalizzato all'individuazione di tutte le caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche per un corretto dimensionamento delle opere previste, e delle interazioni con i terreni di fondazione secondo quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 17/01/2018 e dal Regolamento Regionale n. 26/2020 per il rilascio dell'autorizzazione sismica (DGR 724/2020). Secondo il Regolamento, essendo opera di classe d'uso II, in zona sismica 2B, al progetto al viene assegnato un livello di **rischio sismico MEDIO** (Tabella 1).

Visto l'assai modesto impegno costruttivo delle opere in progetto - i muretti di recinzione rientrano fra quelli indicati nell'Allegato C del Regolamento Regionale n. 26 "Elenco di interventi per i quali non è obbligatoria la relazione geologica" al punto 6 "muri di recinzione con fondazioni dirette"; mentre il muro di contenimento ha una altezza di circa 1,25 m escludendo dalla misurazione la fondazione e le reti o ringhiere sovrastanti (al di sotto del metro è esente da autorizzazione sismica) – per il reperimento dei dati geotecnici e sismici sono state utilizzate prove effettuate nelle numerose campagne fatte nei lotti lambiti da via della Selce.

Tabella 1: Estratto Allegato C del Reg. Reg. n. 26/2020

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

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Da un punto di vista geologico il territorio del Comune di Cave fa parte del distretto vulcanico dei Colli Albani alle pendici meridionali del complesso sedimentario dei monti Prenestini. L'area, dunque, è localizzata al margine settentrionale della depressione tettonica della valle del Sacco, la quale è stata interessata da deposizione di materiale sedimentario durante il Miocene, poi da materiali vulcanici (quaternari) a partire dal Pliocene e durante il Pleistocene, a chimismo alcalino - potassico. Lungo i fossi sono presenti sottili lenti di depositi alluvionali di carattere prevalentemente limo-argilloso. L'assetto generale è caratterizzato quindi da un substrato calcareo (affiorante a nord, nel territorio dell'adiacente comune di Rocca di Cave), con spessori modesti di depositi arenacei e argillosi, (individuati da perforazioni profonde, tra i 80 e 100 m di profondità dal piano di campagna) e sopra, depositi massicci di materiale vulcanico di natura piroclastica con lenti alluvionali nelle depressioni di accumulo. Lo spessore delle vulcaniti è notevole e sono caratterizzate da alternanza di orizzonti da massivi a selezionati, in relazione con la natura e le differenti fasi eruttive dell'apparato vulcanico generante (i Colli Albani si trovano a Ovest della zona in esame). La giacitura è orizzontale con una debole pendenza verso Sud. I depositi massivi sono quelli a potenze maggiori, rappresentativi di grossi flussi piroclastici che hanno dato origine a litotipi prevalentemente tufacei e pozzolanici; le fasi iniziali e finali degli eventi eruttivi hanno depositato lenti normalmente di spessori modesti (da decimetrici pochi metri) di materiali più selezionati, caratterizzati da alternanza di orizzonti scoriacei e lapilli grossolani o cineritici. L'ultima fase rappresentativa della zona è costituita da cineriti con spessori fra i 10-15 m.

La stratigrafia è la seguente:

- Alluvioni attuali
- Facies pedogenizzata delle cineriti – depositi colluviali
- Cineriti
- Tufo terroso o litoide
- Pozzolane

Nella Carta Geologica in scala 1:10.000 di figura 2, le cineriti e la relativa facies pedogenizzata, nel complesso, si presentano con spessori modesti (circa 10 - 15 metri) ed un grado di alterazione avanzato; la distinzione tra le due facies non è mai ben netta e distinguibile. Anche il tufo sottostante si presenta alterato ed assume un carattere prevalentemente terroso.

In figura 3 la carta geologica di dettaglio in scala 1:3.000; per la legenda, le colorazioni sono le medesime della carta geologica di figura 2.

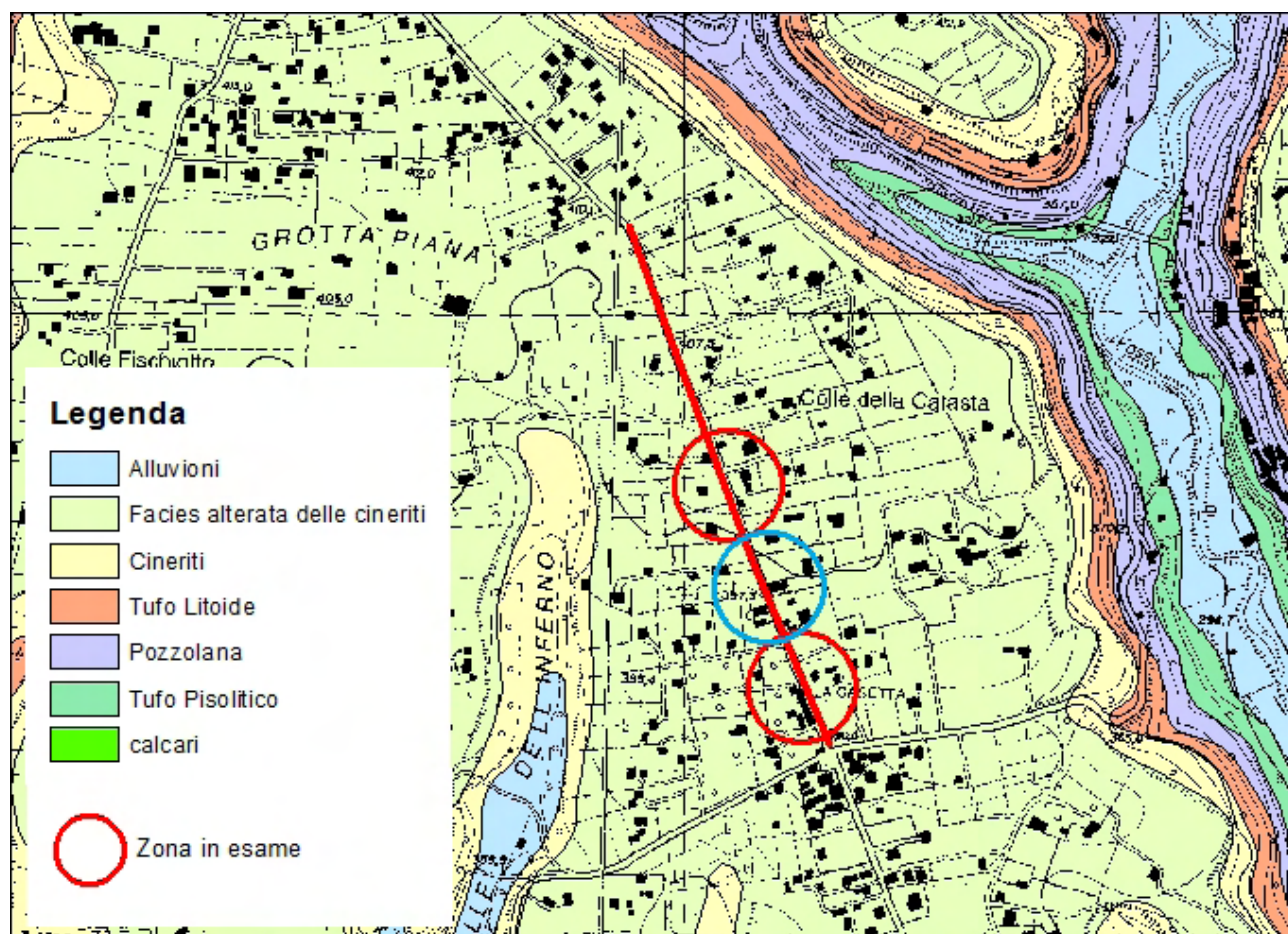


Figura 2: Carta geologica in scala 1:10.000



Figura 3: carta geologica di dettaglio in scala 1:3.000 (la legenda nel testo)

GEOMORFOLOGIA

Tutta la zona è caratterizzata da una serie di colline di origine vulcanica, risultato di più fasi eruttive provenienti dall'attività pleistocenica dell'adiacente vulcano dei Colli Albani. Si tratta di prodotti derivanti da flussi piroclastici che, con tendenza a livellare la morfologia preesistente (spessori minori su quote maggiori e riempimento delle depressioni), hanno creato strutture tabulari a giacitura orizzontale con debole pendenza verso Sud. Tale materiale, a causa dell'erosione dovuta allo scorrimento superficiale di corsi d'acqua per lo più a regime torrentizio, è stato inciso con la formazione di valli più o meno profonde alternate a colli con la sommità a debole pendenza-quasi piana e versanti vallivi che da più dolci al livello delle cineriti, risultano piuttosto acclivi in prossimità dei livelli tufacei. Dunque la geomorfologia della zona è risultato di modellamento di

tipo fluviodenudazionale con scorrimento superficiale delle acque in un reticolo idrografico ben organizzato e diretto in torrenti e fossi di fondovalle.

L'area si trova in piano, in totale assenza di fenomeni gravitativi sia in atto che potenziali.

IDROGEOLOGIA

Coerentemente con la morfologia dell'area, la circolazione superficiale si sviluppa in direzione nord-sud in ambiente urbano con territorio prevalentemente impermeabilizzato da coperture stradali, piazzali e coperture a tetto di strutture di vario tipo, dunque con la circolazione superficiale prevalentemente regimentata ed incanalata in pubblica fognatura.

In profondità la circolazione è regolata dalla grossa struttura idrogeologica costituita dai terreni vulcanici nel complesso mediamente permeabili. Le coperture poco permeabili hanno modesto spessore e non sono sede di falda. Le stratificazioni tabulari con locali differenze di permeabilità, permettono la formazione di acquiferi secondari lenticolari, talora sospesi, con drenaggio prevalentemente radiale che nella zona si attesta intorno ai 30 m di profondità. Tale livello è desunto dalla presenza di pozzi adiacenti. Falde acquifere più importanti si rinvencono non prima dei 90 m dal p.c., mentre la piezometrica regionale è a circa 300 m dal piano di campagna. I litotipi interessati presentano caratteristiche idrogeologiche eterogenee ma, nel loro complesso, sono caratterizzati da una permeabilità per porosità media (circa $K = 10^{-5}$ m/s).

L'area in esame rientra nell'ex-Autorità di Bacino del Liri–Garigliano–Volturno; nella carta degli scenari di rischio del PAI relativo, non ricade in zone a rischio di franosità (carta di figura 5).

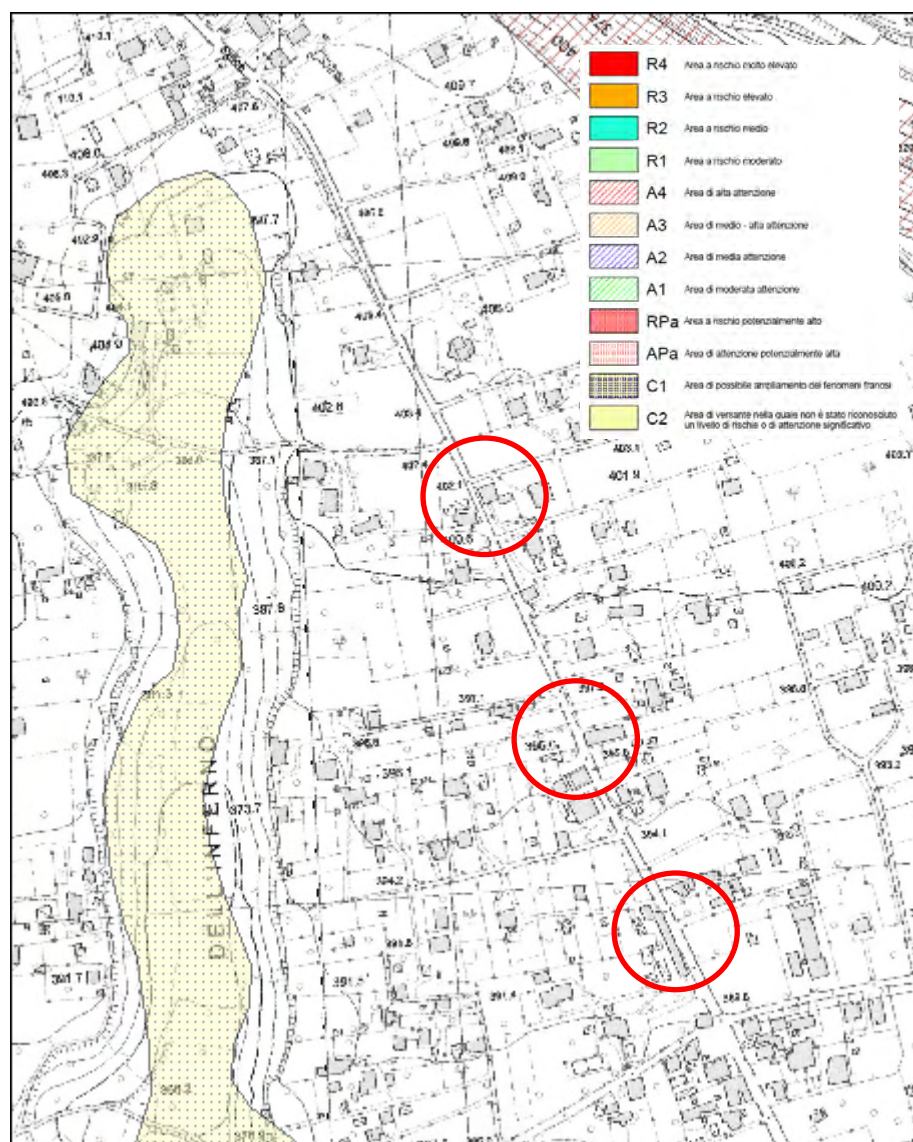


Figura 4: Estratto PSAI ex AB Liri Garigliano in scala 1:5.000

INDAGINI

La modellizzazione geotecnica e sismica è stata costruita mediante acquisizione di dati in una campagna di indagini acquisita nel 2022 per un precedente incarico adiacente all'area in oggetto. L'ubicazione è presentata in carta delle indagini di figura 6:

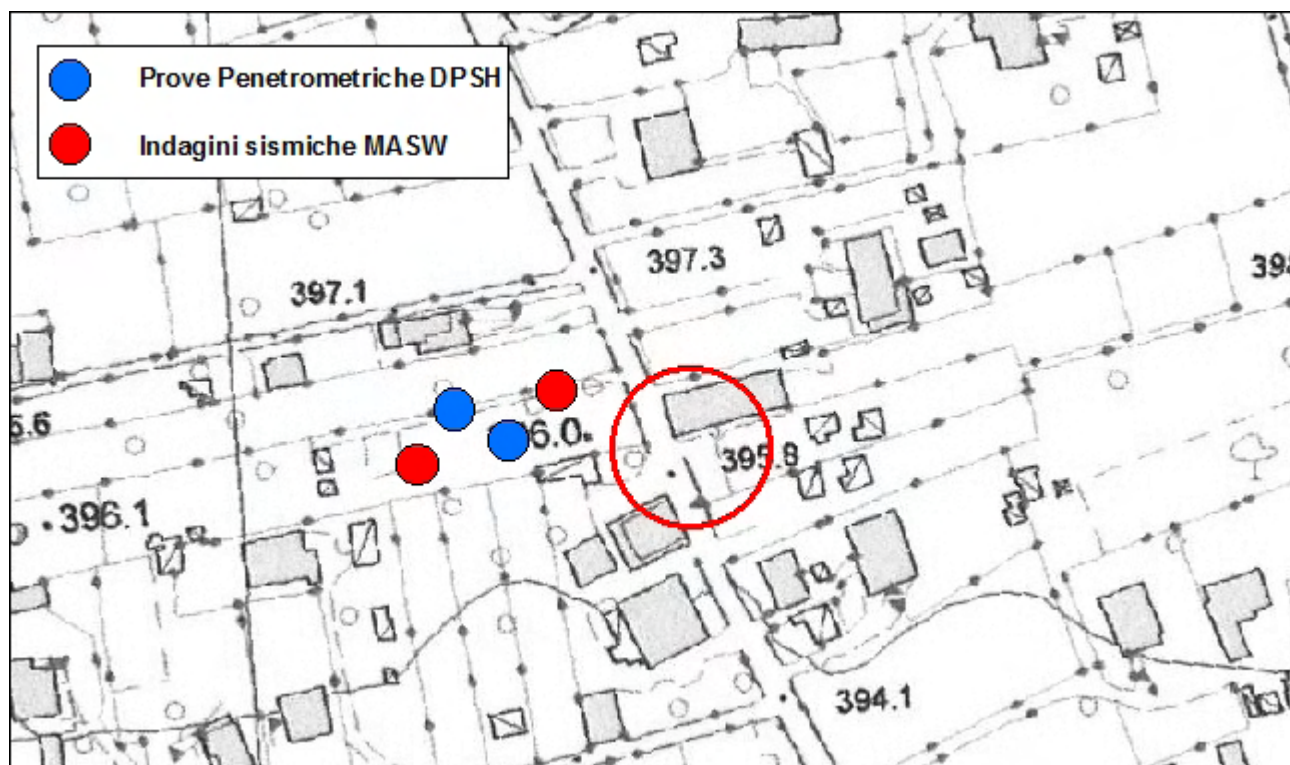


Figura 5: Carta delle Indagini



Figura 6: Documentazione fotografica delle indagini eseguite

MODELLO GEOTECNICO

Indagini

Le indagini DPSH sono state eseguite con penetrometro Pagani TG100kN, con maglio da 73,5 kg, volata di 75 cm, diametro punta 5,08 cm. Il numero dei colpi N per ogni 20 cm di avanzamento delle aste è stato riportato sul relativo istogramma in allegato, nonché i parametri geotecnici calcolati attraverso le correlazioni dirette con i valori di N_{spt} . Per il calcolo sono stati utilizzati metodi di diversi autori. L'interpretazione stratigrafica è stata effettuata raggruppando orizzonti a comportamento omogeneo laddove in fase di indagine si è visto un cambio di comportamento dell'infissione della punta del penetrometro, confermato in fase di elaborazione dei report. In figura 7 i grafici di resistenza alla punta delle due prove a confronto, in allegato i report dettagliati.

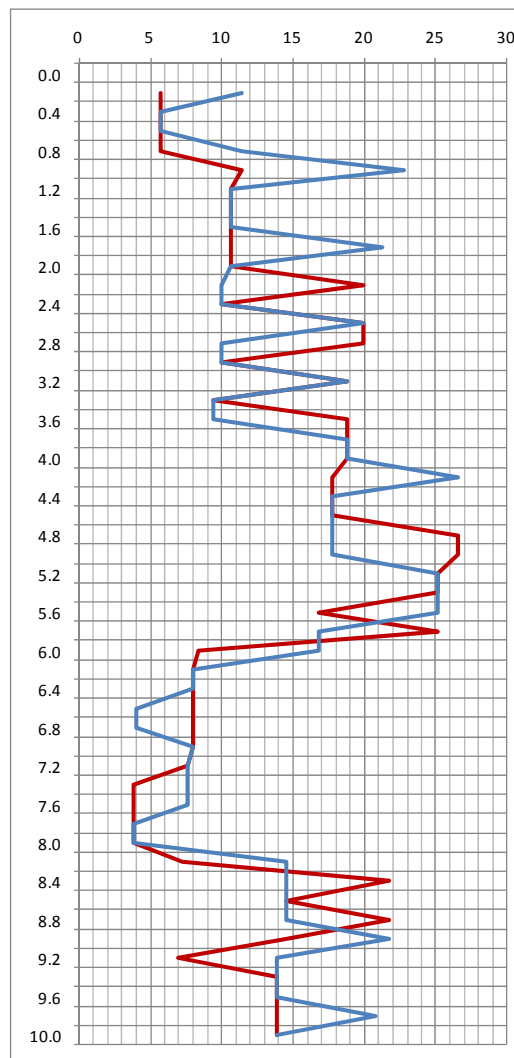


Figura 7: Andamento Rpd a confronto delle due prove (Kg/cmq)

Modello Geotecnico

Il modello prevede strati piano paralleli coerentemente con la genesi piroclastica dei terreni coinvolti. È presente un primo strato di terreni vegetali e di lavorazione; al di sotto lo strato A caratterizzato da angoli di attrito di circa 21° per uno spessore medio di circa 2.5 m. Al di sotto dello strato A, lo strato B risulta leggermente più coeso (circa 23°) fino a 10 m di profondità. È da segnalare la presenza di uno strato più debole (strato C di 19°) da 6 a 8 m circa. In tabella 2 il modello geotecnico in formato numerico, in figura 8 il modello geotecnico in formato grafico e rappresentato fino alla profondità di 5 m.

Tabella 2: Modello geotecnico numerico

strato	Spessore m	peso (t/m^3)	Nspt	angolo attrito ($^\circ$)	Qc (Kg/cm^2)	c (Kg/cm^2)	E (Kg/cm^2)	G (Kg/cm^2)	Eed (Kg/cm^2)	cu (Kg/cm^2)
R	0.8	1.7	1.0	19	1.98	0.0	7.92	11.73	7.03	0.07
A	2.7	1.8	2.1	21	4.12	0.2	16.48	20.47	14.63	0.14
B	2.4	1.8	3.8	23	7.54	0.2	30.16	32.41	26.77	0.25
C	2.2	1.8	1.3	19	2.59	0.1	10.36	14.39	9.19	0.09
B	1.9	1.8	3.4	22	6.84	0.2	27.36	30.09	24.28	0.23

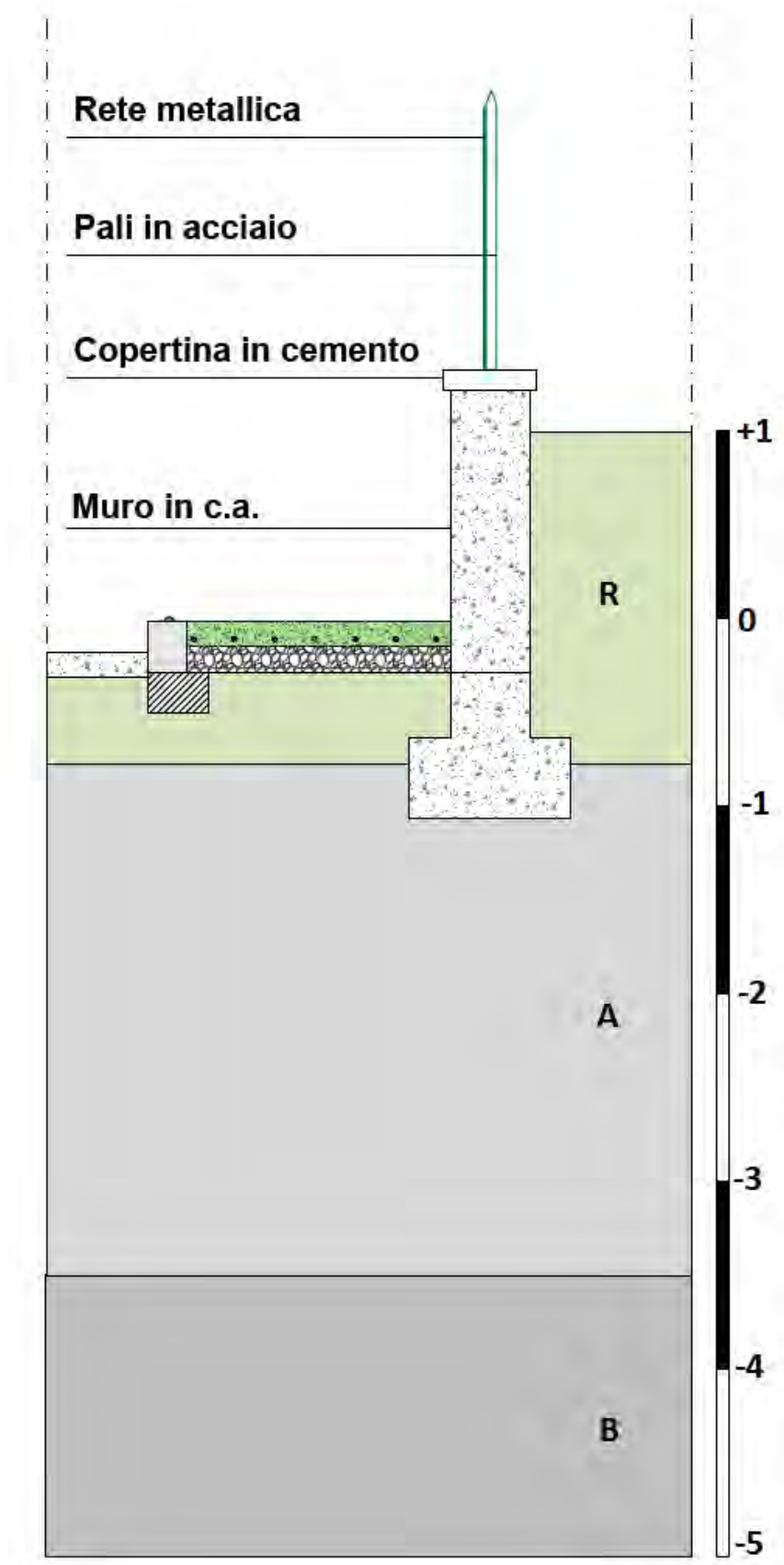


Figura 8: sezione geotecnica

MODELLO SISMICO

Parametri di base

Il Comune di Cave ricade in zona sismica di seconda categoria ai sensi dell'Ordinanza 3274 della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 23 Marzo 2003. In riferimento alla nuova zona sismica proposta nel DGR 387/09, il comune rientra in zona sismica **2 sottozona B**. Nelle tabelle che seguono vengono riportati i parametri di base relativi al dimensionamento dell'opera prevista nei riguardi dell'azione sismica, come previsto dagli allegati A e B delle nuove NTC, DM 17/01/2018.

Tabella 3: Parametri sismici di base

ZONA SISMICA	SOTTOZONA SISMICA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI (a_g)
1		$0.25 \leq a_g < 0.278g$ (val. Max per il Lazio)
2	A	$0.20 \leq a_g < 0.25$
	B	$0.15 \leq a_g < 0.20$
3	A	$0.10 \leq a_g < 0.15$
	B	(val. min.) $0.062 \leq a_g < 0.10$

Tabella 4: Dati generali

Latitudine (coord. WGS84):	41.817359
Longitudine (coord. WGS84):	12.918471
Classe edificio:	II
Vita nominale della struttura:	50
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50

Tabella 5: Parametri di pericolosità sismica

"Stato Limite"	T_r (anni)	A_g (g)	F_0 (-)	T_c^* (s)
Operatività	30	0,056	2,507	0,260
Danno	50	0,071	2,437	0,275
Salvaguardia vita	475	0,165	2,492	0,296
Prevenzione collasso	975	0,206	2,487	0,306

Microzonazione sismica

Nella carta delle MOPS dello studio di Microzonazione Sismica di primo livello del Comune di Cave validato dalla Regione Lazio, l'area rientra in zona stabile suscettibile di amplificazione sismica (2001) con modello sismostratigrafico caratterizzato da una potente coltre di sabbie piroclastiche (80-100 m) su bedrock calcareo compatto. In figura 9 un estratto della carta delle MOPS.

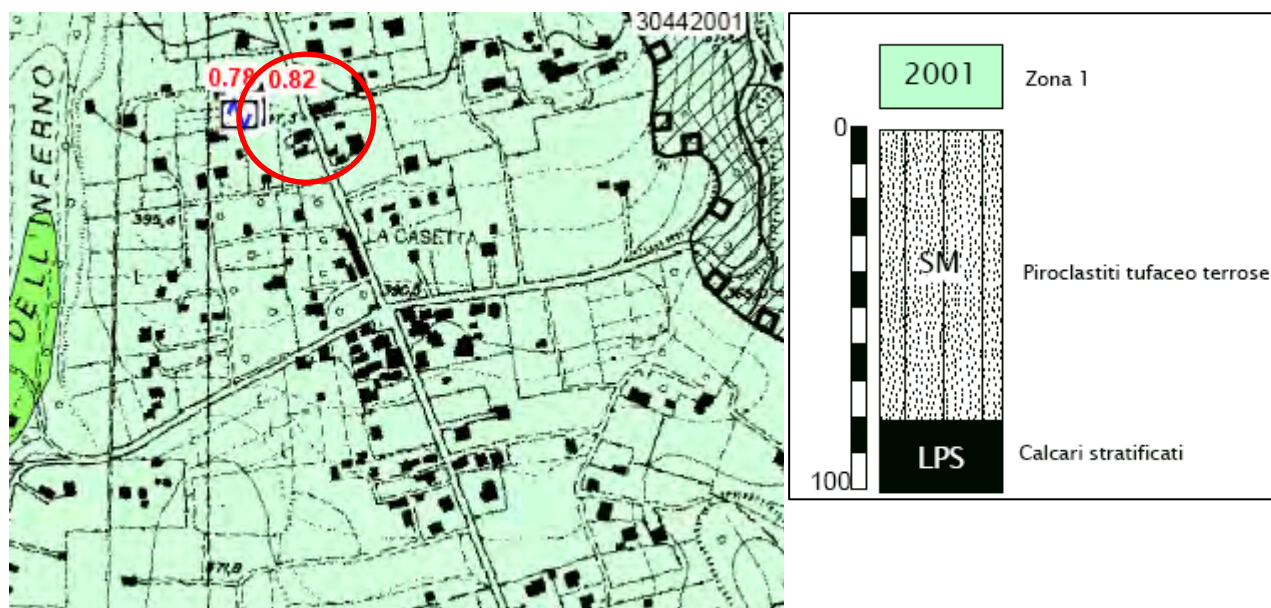


Figura 9: Estratto carta delle MOPS

Indagini

La ricostruzione del comportamento sismico dei terreni coinvolti è stata effettuata attraverso acquisizione ed analisi di dati sismici sia di tipo passivo (microtremori) che attivo (Masw).

L'analisi delle onde di superficie è stata effettuata attraverso la metodologia *HoliSurface*[®] (HS), ovvero una procedura di acquisizione ed analisi di dati di sismica attiva che considera in modo congiunto (olistico) tutta una serie di *oggetti di analisi* che, nel loro insieme, descrivono in maniera appunto olistica la propagazione delle onde di Rayleigh e Love.

Tale tipo di indagine è una evoluzione (brevettata) del metodo di analisi delle velocità di gruppo tramite MFA (*Multiple Filter Analysis* – Dziewonski et al., 1969) e/o FTAN (*FrequencyTime ANalysis* – Natale et al., 2004), quindi basata sulla dispersione delle onde di superficie (velocità di gruppo; rapporto tra spazio e tempo di arrivo dell'onda frequenza per frequenza) e la sua analisi secondo l'approccio FVS (*Full Velocity Spectrum*).

Il sistema di acquisizione dei dati, sia attivo che passivo (HVSr), si avvale di un geofono triassiale (*triggerabile*) in grado di acquisire registrazioni di segnali provenienti da una sorgente ad un noto offset e di rumore ambientale, secondo lo schema presentato in figura 10 e con parametri riportati in tabella 6.

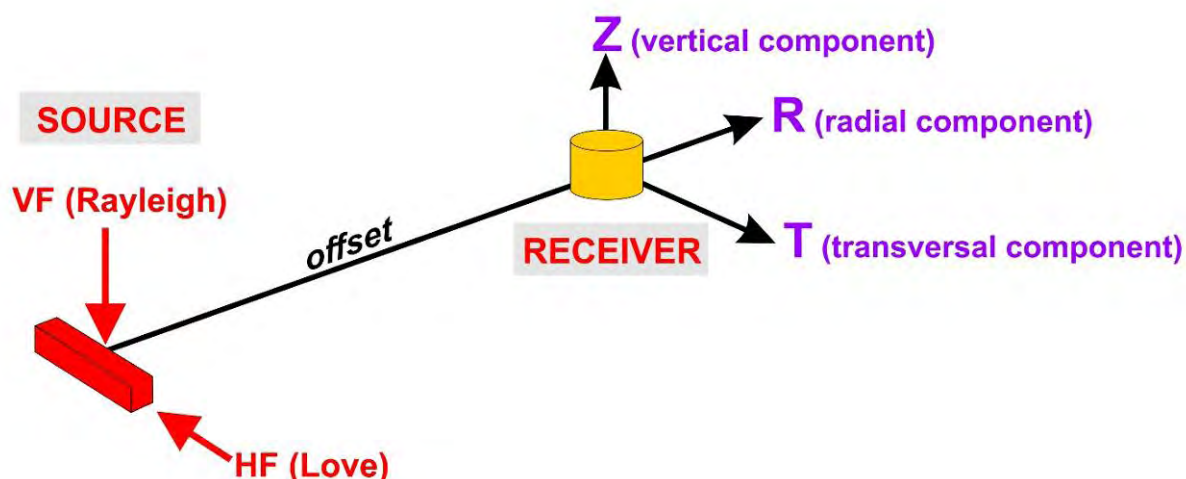


Figura 10: schema di acquisizione mediante tecnica HS

Tabella 6: Parametri di acquisizione

offset	48 m
lunghezza registrazione	4 s (poi ridotto a 1,5 s in fase di elaborazione)
frequenza di campionamento	300 Hz
sorgente	Mazza da 5 kg su piastra orizzontale (per la generazione delle onde di Rayleigh) e su piastra obliqua (per la generazione delle onde di Love)
stack	8

L'elaborazione dei dati acquisiti è stata effettuata dapprima considerando l'analisi dei microtremori dalla acquisizione passiva (HVSR – figura 11), poi tramite la curve di dispersione delle onde di Rayleigh sia del moto verticale (ZVF) che radiale (RVF) che delle onde di Love trasversale (THF). La determinazione delle qualità sismiche dei terreni è stata fatto procedendo con l'inversione delle varie componenti singolarmente, poi combinate in modo da ridurre l'errore dovuto alla molteplicità di modelli che possano rappresentare quelle curve di dispersione. In figura 12 la schermata del programma di elaborazione Holisurface per l'elaborazione Masw 1 a due Componenti (ZVF + THF) ed in figura 13 quella relativa alla Masw 2 a tre Componenti (ZVF + RVF + HVSR).

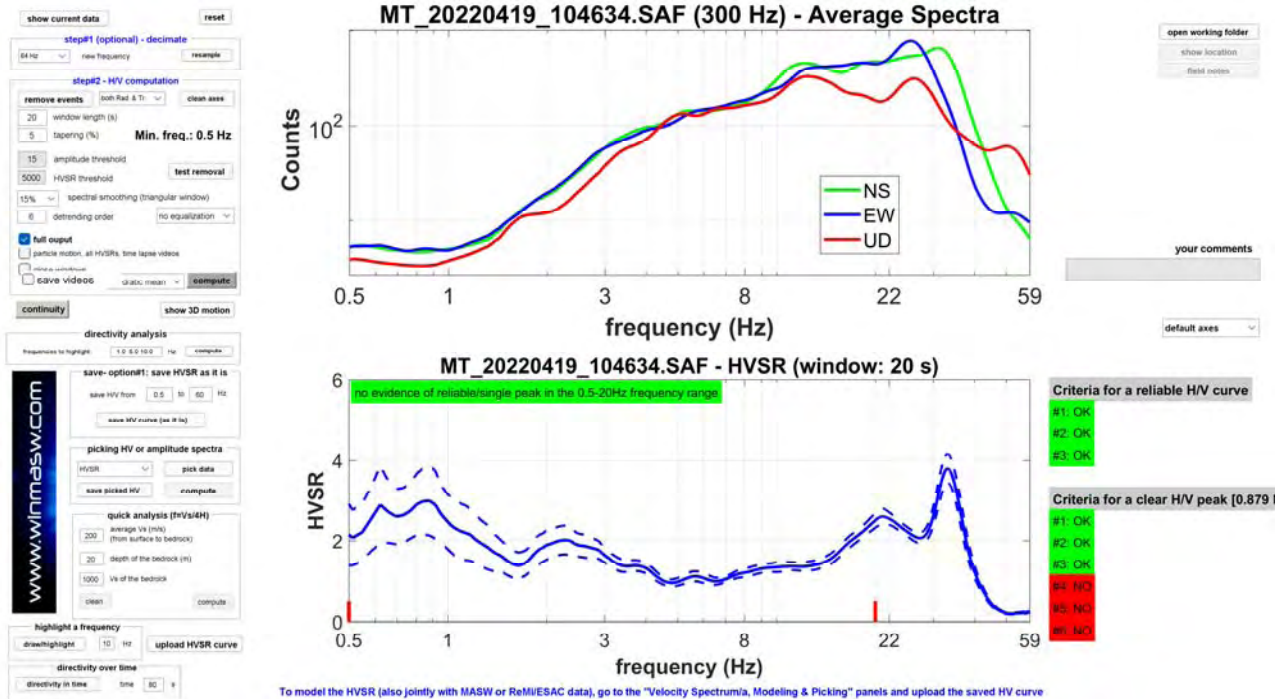


Figura 11: elaborazione HV1

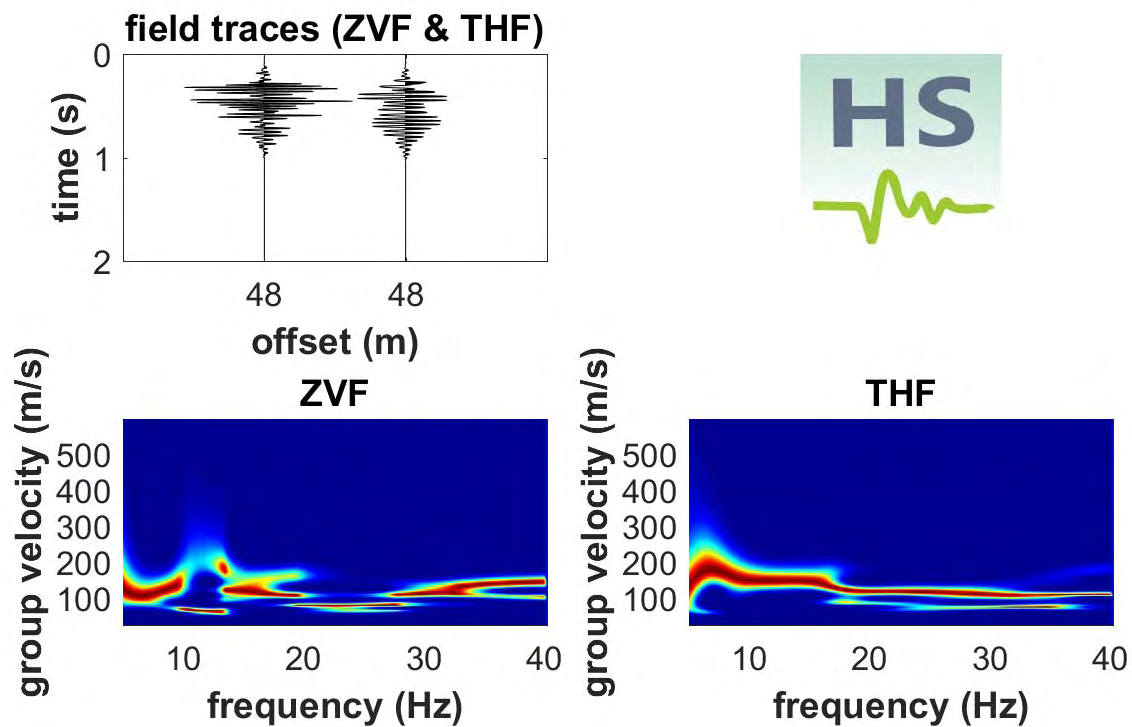


Figura 12: Elaborazione Masw 1 a due componenti (ZVF + THF)

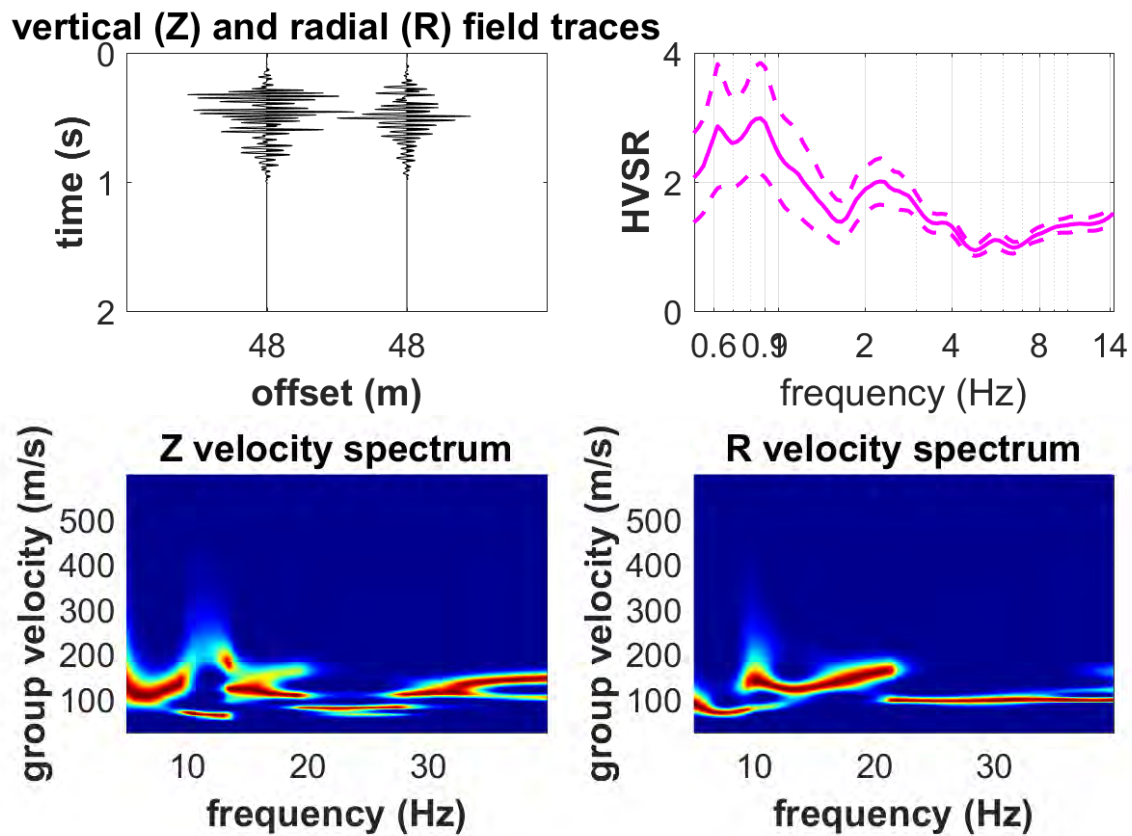


Figura 13: Elaborazione Masw 2 a tre componenti (ZVF + RVF + HVSr)

La frequenza di picco del rapporto H/V è risultata essere a meno di **1 Hz** (considerando un range di frequenze fra 0,5 e 20 Hz), riferibile a un contrasto di impedenza profondo (oltre i 100 m di profondità), ovvero al passaggio dalle vulcaniti alle calcareniti litoidi.

Eseguendo l'inversione delle elaborazioni Masw 1 e Masw 2 è stato possibile ricostruire il modello sismostratigrafico presentato nelle figure 14 e 15.

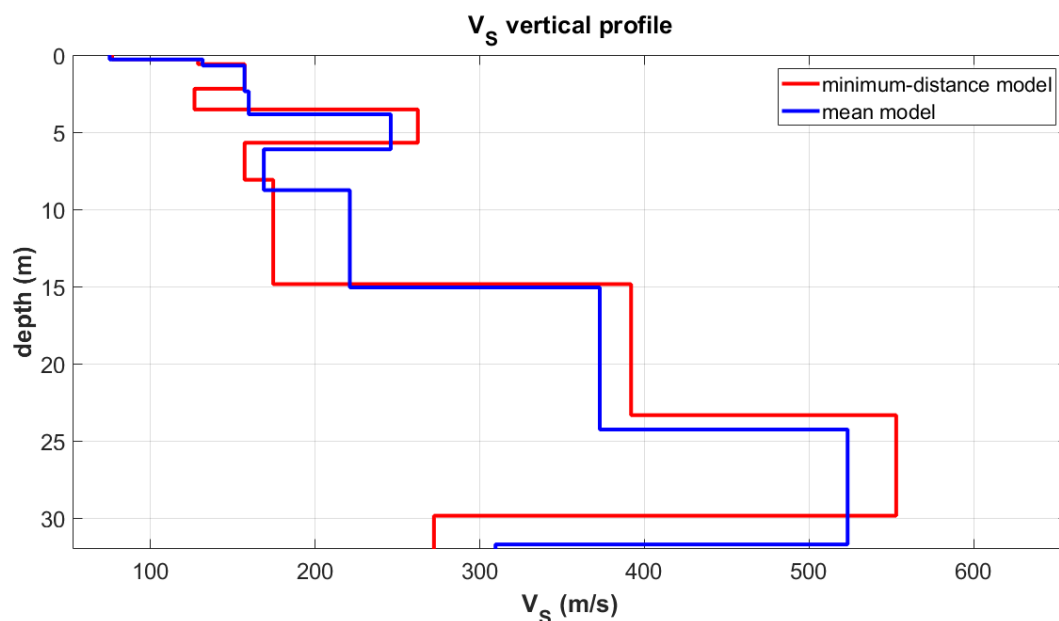


Figura 14: profilo di velocità dall'elaborazione M1

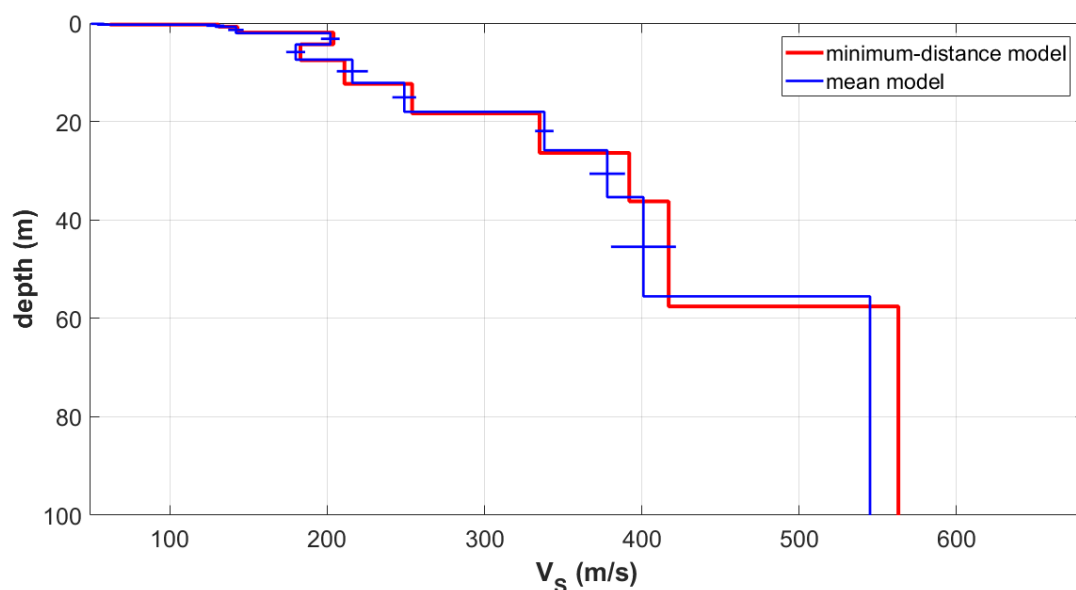


Figura 15: Profilo di velocità dall'elaborazione M2

Risposta sismica

La valutazione dell'azione sismica di progetto, secondo quanto previsto dalle NTC 2018 (§ 3.2.2 e § 7.11.3) prevede lo studio della risposta sismica del sito (RSL) definita come modifiche che un segnale sismico di base (sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale - categoria A - § 3.2.2) subisce per le particolari condizioni topografiche e stratigrafiche nella quale l'opera è inserita. Per tali opere è possibile lo studio della risposta di sito tramite approccio semplificato, ovvero basato sull'individuazione delle categoria di sottosuolo di riferimento,

calcolato a partire dalla costruzione del modello sismostratigrafico attraverso la descrizione litologica e stima delle Vs equivalenti. Anche per quanto riguarda le condizioni topografiche è stato utilizzato l'approccio indicato dalla Tabella 3.2.IV delle NTC 2018.

Condizioni Sismostratigrafiche

La classificazione del suolo è convenzionalmente eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio Vs, mediante la formula 3.2.1 delle NTC 2018:

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

dove h_i e $V_{S,i}$ indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nello spessore H di coperture al di sopra del bedrock sismico.

In base ai risultati ottenuti, il bedrock sismico è stato individuato a profondità superiori a 30m, e l'azione sismica è stata valutata attraverso l'approccio semplificato, ovvero attraverso il parametro Vs30. I valori di **Vs eq. di 254 e 233 m/s** confermano una categoria di sottosuolo **C**, *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiore a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”*.

Condizioni Topografiche

Le condizioni topografiche non risultano complesse, pertanto, per tali configurazioni superficiali è stata adottata la classificazione prevista in Tabella 3.2.IV delle NTC 2018. L'intera area si presenta completamente in piano. La zona in esame può essere inserita in **categoria T1**, *“Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ”*.

CONCLUSIONI

Sulla base dello studio geologico effettuato, si riportano le seguenti considerazioni conclusive:

- In relazione alla morfologia del sito il lotto in esame si presenta in piano, in totale assenza di indizi di instabilità sia potenziale che in atto.
- Essendo il livello statico della prima falda acquifera posto a profondità superiori a 15 m dal piano di campagna, non risulta necessaria la verifica a liquefazione dei terreni ed il settore in esame non è inseribile in aree a rischio liquefazione.
- Le fondazioni della struttura in progetto dovranno attestarsi al di sotto del primo strato di coperture e riporti, su piroclastiti limo sabbiose caratterizzate da angoli d'attrito di 21°.
- Da un punto di vista sismico il modello prevede sismostrati con velocità V_s progressivamente in aumento con la profondità e bedrock sismico superiore a 30 m, con una categoria sismica di sottosuolo di tipo C.

Viste le condizioni morfologiche, geologiche e le caratteristiche idrogeologiche e geotecniche del suolo dell'area in esame il progetto proposto è fattibile.

Cave, dicembre 2022

Il geologo

Dott. Paolo Baglini



Dott. Geol. Paolo Baglini
Viale Giorgioli 18, 00033 Cave (RM)
Telefono: 328 6283162
E-mail: baglinipaolo@gmail.com

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (DPSH)

Località:

Cave – via della Selce

Data:

06/04/2022

Caratteristiche tecniche-strumentali TG63-100 Pagani:

Peso Massa battente:	73,5 Kg
Altezza di caduta libera:	0,75 m
Peso sistema di battuta:	0,63 Kg
Diametro punta conica:	51,00 mm
Area di base punta:	20,43 cm ²
Lunghezza delle aste:	1 m
Peso aste a metro:	6,3 Kg/m
Avanzamento punta:	0,20 m

Parametri:

γ = peso di volume

ϕ = angolo di attrito

Q_c = resistenza alla punta

c = coesione

E = modulo di deformazione (Young)

G = modulo di deformazione di taglio

E_d = modulo edometrico

C_u = coesione non drenata

Report Prove:

Prova penetrometrica dinamica n.:

P1

Numero di colpi penetrazione punta

	5	10	15	20
0				
0.2				
0.4				
0.6				
0.8				
1				
1.2				
1.4				
1.6				
1.8				
2				
2.2				
2.4				
2.6				
2.8				
3				
3.2				
3.4				
3.6				
3.8				
4				
4.2				
4.4				
4.6				
4.8				
5				
5.2				
5.4				
5.6				
5.8				
6				
6.2				
6.4				
6.6				
6.8				
7				
7.2				
7.4				
7.6				
7.8				
8				
8.2				
8.4				
8.6				
8.8				
9				
9.2				
9.4				
9.6				
9.8				
10				

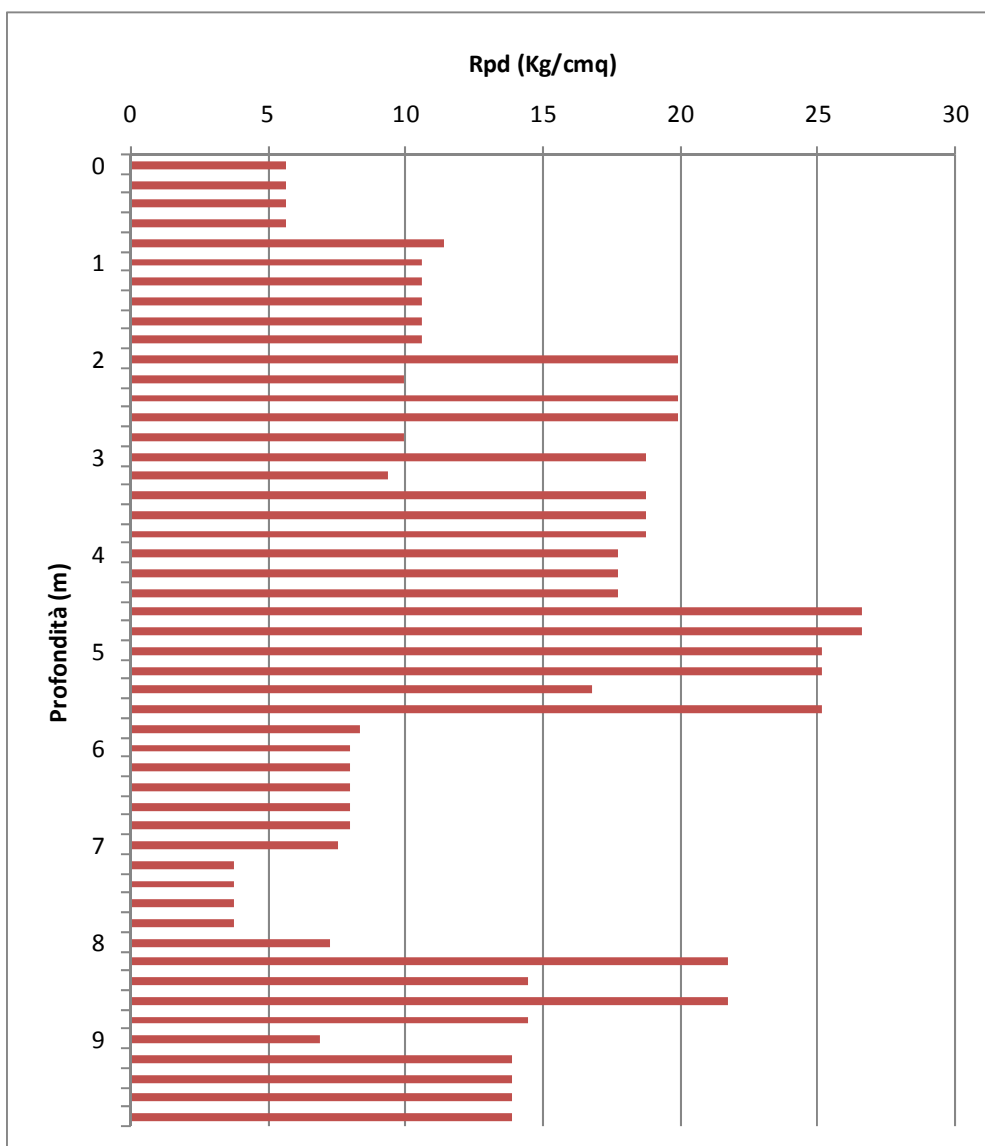
Interpretazione stratigrafica

	ε	Nspt	φ	cu
R	0.8	0.79	18	0.05
A	2.6	2.08	21	0.14
B	2.4	3.84	23	0.26
C	2.4	1.32	19	0.09
B	1.8	3.35	22	0.22

N
0.5
0.5
0.5
0.5
1
1
1
1
1
1
1
2
1
2
2
2
1
2
1
2
2
2
2
2
2
2
3
3
3
3
2
3
1
1
1
1
1
1
1
1
0.5
0.5
0.5
0.5
1
3
2
3
2
1
2
2
2
2
2

Rpd (P1)

(Kg/cm²)



Dati (P1)

strato	Spessore m	peso (t/m ³)	Nspt	angolo attrito (°)	Qc (Kg/cm ²)	c (Kg/cm ²)	E (Kg/cm ²)	G (Kg/cm ²)	Eed (Kg/cm ²)	cu (Kg/cm ²)
R	0.8	1.7	0.79	18	1.58	0.00	6.32	9.88	5.61	0.05
A	2.6	1.8	2.08	21	4.16	0.15	16.64	20.62	14.77	0.14
B	2.4	1.8	3.84	23	7.68	0.20	30.72	32.86	27.26	0.26
C	2.4	1.8	1.32	19	2.64	0.05	10.56	14.60	9.37	0.09
B	1.8	1.8	3.35	22	6.70	0.20	26.80	29.62	23.79	0.22

Prova penetrometrica dinamica n.:

P2

Numero di colpi penetrazione punta

	0	5	10	15	20
0					
0.2					
0.4					
0.6					
0.8					
1					
1.2					
1.4					
1.6					
1.8					
2					
2.2					
2.4					
2.6					
2.8					
3					
3.2					
3.4					
3.6					
3.8					
4					
4.2					
4.4					
4.6					
4.8					
5					
5.2					
5.4					
5.6					
5.8					
6					
6.2					
6.4					
6.6					
6.8					
7					
7.2					
7.4					
7.6					
7.8					
8					
8.2					
8.4					
8.6					
8.8					
9					
9.2					
9.4					
9.6					
9.8					
10					

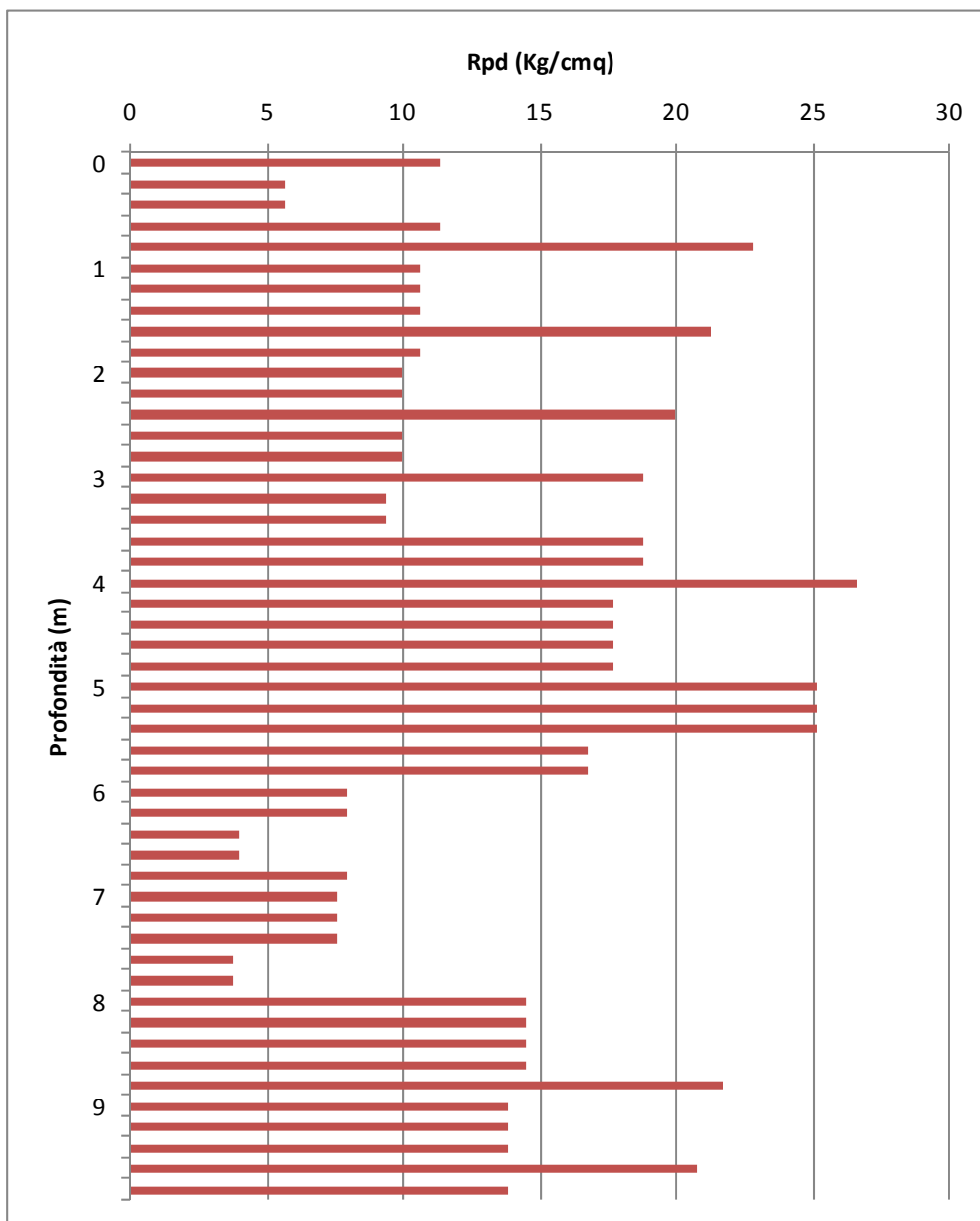
Interpretazione stratigrafica

	E	Nspt	φ	cu
R	0.8	1.19	19	0.08
A	2.8	2.04	21	0.14
B	2.4	3.70	22	0.25
C	2.0	1.27	19	0.09
B	2.0	3.49	22	0.23

N
1
0.5
0.5
1
2
1
1
1
1
2
1
1
1
1
2
1
1
2
2
3
2
2
2
2
2
3
3
3
3
2
2
1
1
0.5
0.5
1
1
1
1
0.5
0.5
2
2
2
2
2
3
2
2
2
2
3
2

Rpd (P2)

(Kg/cm²)

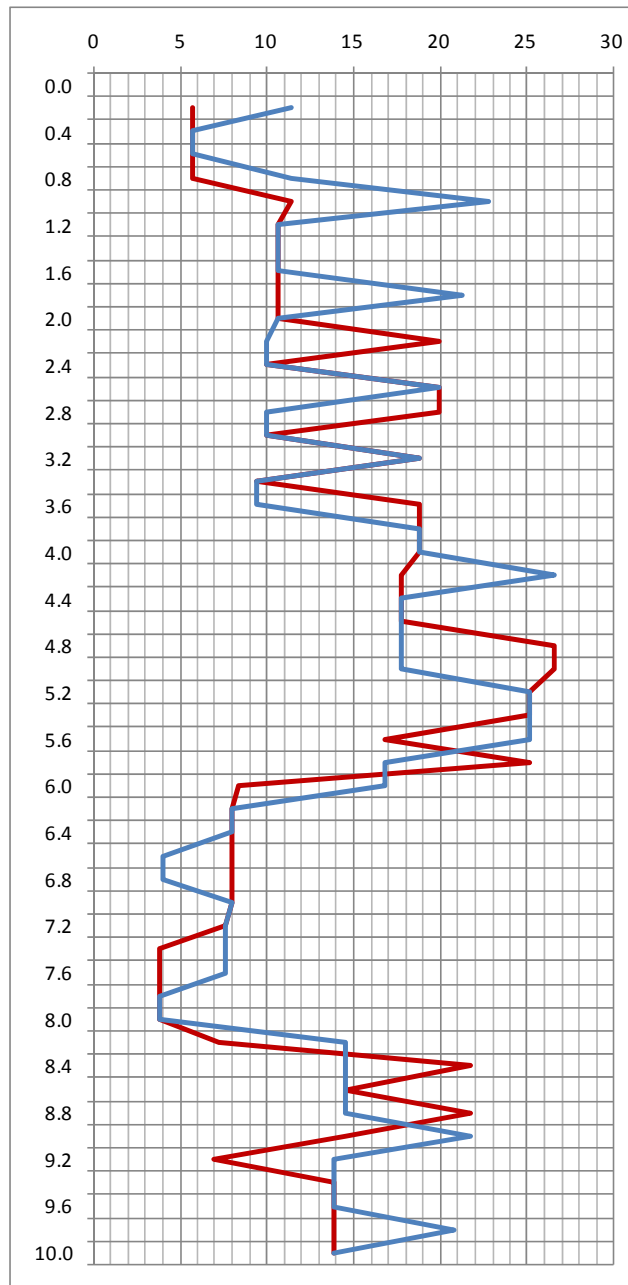


Dati (P2)

strato	Spessore m	peso (t/m ³)	Nspt	angolo attrito (°)	Qc (Kg/cm ²)	c (Kg/cm ²)	E (Kg/cm ²)	G (Kg/cm ²)	Eed (Kg/cm ²)	cu (Kg/cm ²)
R	0.8	1.7	1.19	19	2.38	0.00	9.52	13.49	8.45	0.08
A	2.8	1.8	2.04	21	4.08	0.15	16.32	20.32	14.48	0.14
B	2.4	1.8	3.70	22	7.40	0.20	29.60	31.95	26.27	0.25
C	2.0	1.8	1.27	19	2.54	0.05	10.16	14.17	9.02	0.09
B	2.0	1.8	3.49	22	6.98	0.20	27.92	30.56	24.78	0.23

Confronti Rpd (P1 - P2)

(Kg/cm²)



Dati (MEDIA)

strato	Spessore m	peso (t/m ³)	Nspt	angolo attrito (°)	Qc (Kg/cm ²)	c (Kg/cm ²)	E (Kg/cm ²)	G (Kg/cm ²)	Eed (Kg/cm ²)	cu (Kg/cm ²)
R	0.8	1.7	1.0	19	1.98	0.0	7.92	11.73	7.03	0.07
A	2.7	1.8	2.1	21	4.12	0.2	16.48	20.47	14.63	0.14
B	2.4	1.8	3.8	23	7.54	0.2	30.16	32.41	26.77	0.25
C	2.2	1.8	1.3	19	2.59	0.1	10.36	14.39	9.19	0.09
B	1.9	1.8	3.4	22	6.84	0.2	27.36	30.09	24.28	0.23

HVSR 1

winMASW & HoliSurface: Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio

Dataset: MT_20220419_104634.SAF

DATA ACQUISITION

Date and time: 2022 04 19 10 46 34.000

DATA PROCESSING

Date: 19 4 2022

Time: 18 54

Sampling frequency (Hz): 300

Window length (sec): 20

HVSR computation: quadratic mean

Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz

Length of analysed dataset (min): 10.0

Tapering (%): 5

Smoothing (%): 15

SESAME criteria

In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 0.9 (±8.2)

Peak HVSR value: 3.0 (±0.8)

=== Criteria for a reliable H/V curve ===

#1. $[f_0 > 10/Lw]$: $0.879 > 0.5$ (OK)

#2. $[nc > 200]$: $967 > 200$ (OK)

#3. $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) ===

#1. $[\text{exists } f_- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid AH/V(f_-) < A_0/2]$: yes (considering standard deviations), at frequency 0.3Hz (OK)

#2. $[\text{exists } f_+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid AH/V(f_+) < A_0/2]$: yes, at frequency 1.6Hz (OK)

#3. $[A_0 > 2]$: $3.0 > 2$ (OK)

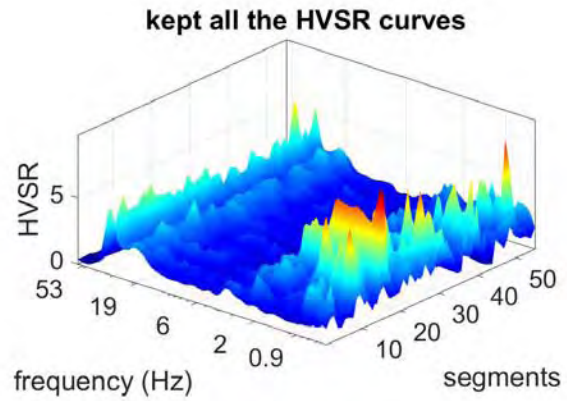
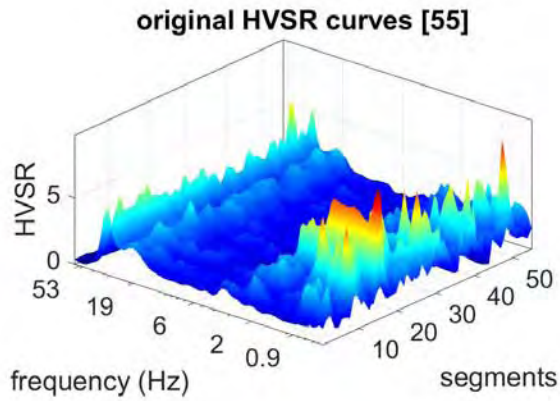
#4. $[f_{\text{peak}}[Ah/v(f)] \mp \sigma_A(f)] = f_0 \mp 5\%$: (NO)

#5. $[\sigma_A < \epsilon(f_0)]$: $8.188 > 0.132$ (NO)

#6. $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$: $3.022 < 2$ (NO)

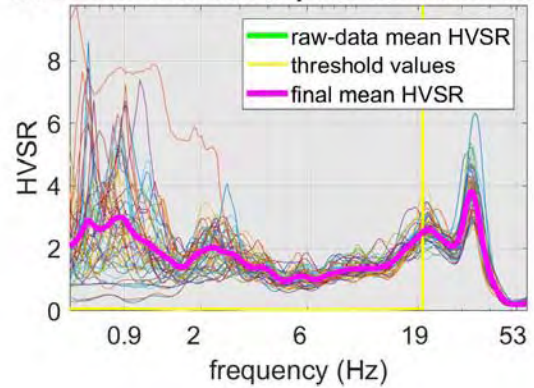
Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities.

Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters the results may change.



www.winmasw.com

No outlier removal: kept all the HVSR curves



show current data reset

step#1 (optional) - decimate

step#2 - HV computation

remove events (both Rad & Tr) clean axes

20 window length (s) 5 tapering (%)

15 amplitude threshold 5000 HVSR threshold

15% spectral smoothing (triangular window) 5 detrending order no equalization

full output

particle motion: all HVSRs, time space video

save videos

compute

continuity show 3D motion

directivity analysis

frequency to highlight: 5.0 5.5 10.0 Hz compute

save-option#1: save HVSR as it is

save HV from: 0.5 to 60 Hz

save HV curve (as it is)

picking HV or amplitude spectra

HVSR pick data

save picked HV compute

quick analysis (Hz/s/4H)

200 average vs (unit) (from surface to bedrock)

20 depth of the bedrock (m)

1000 Vs of the bedrock

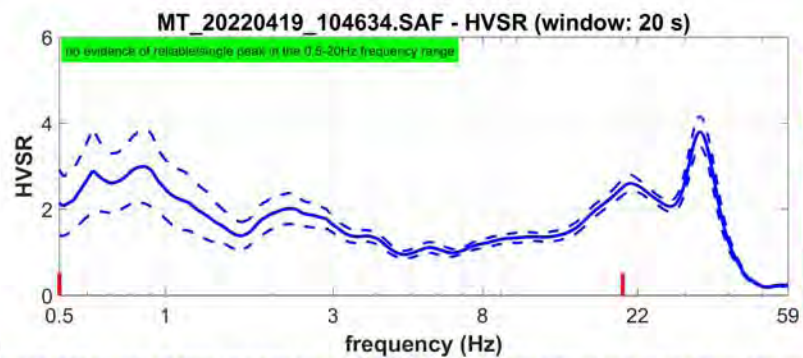
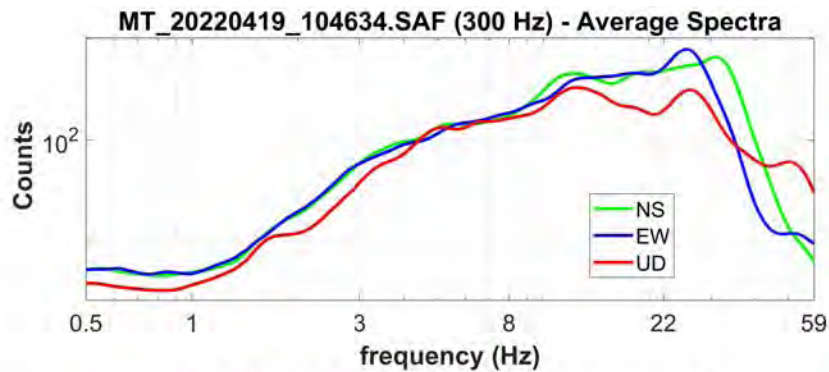
plotter compute

highlight a frequency

drawhighlight 10 Hz upload HVSR curve

directivity over time

directivity in time time 60 s



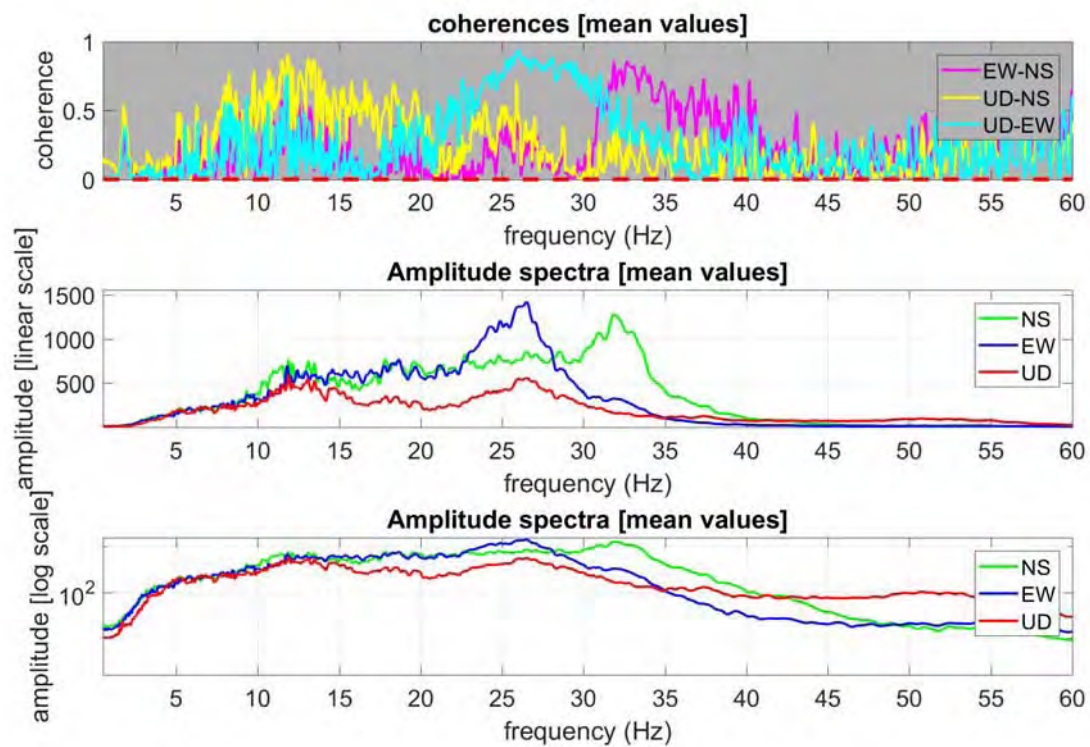
Criteria for a reliable H/V curve

R1: OK
R2: OK
R3: OK

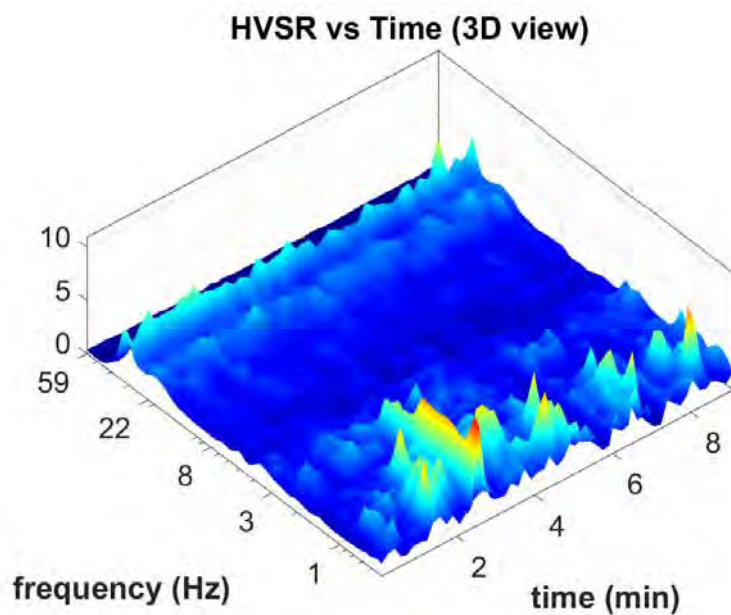
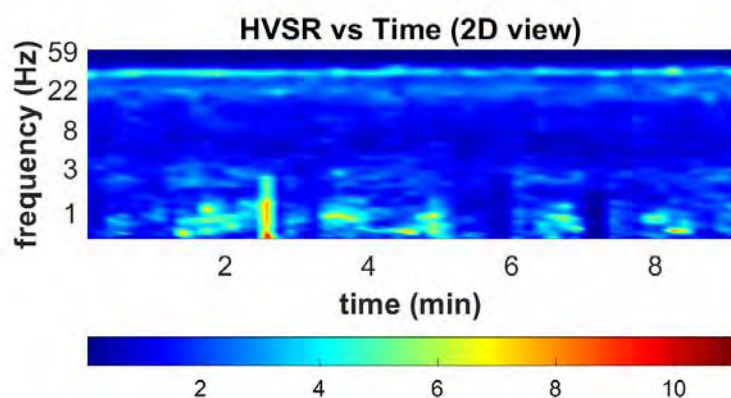
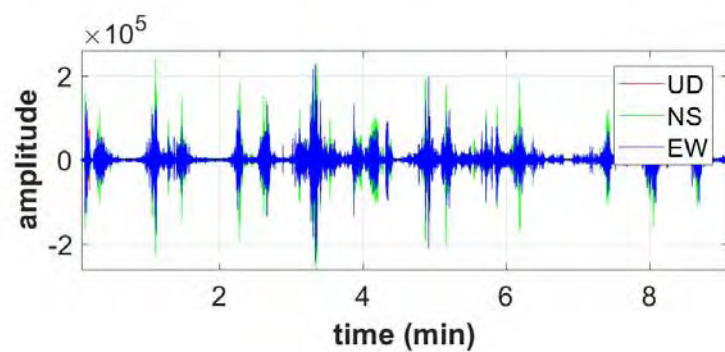
Criteria for a clear H/V peak [0.879]

R1: OK
R2: OK
R3: OK
R4: OK
R5: OK
R6: OK

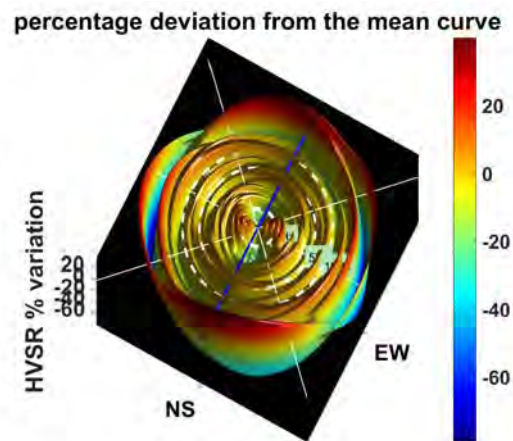
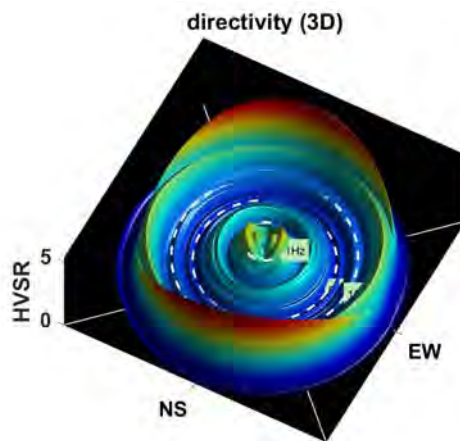
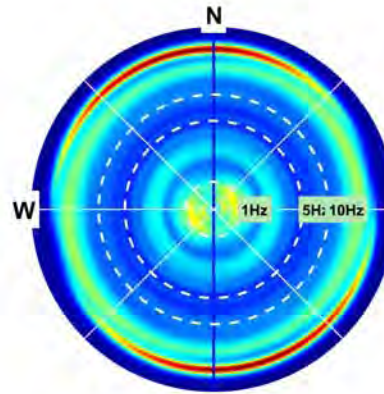
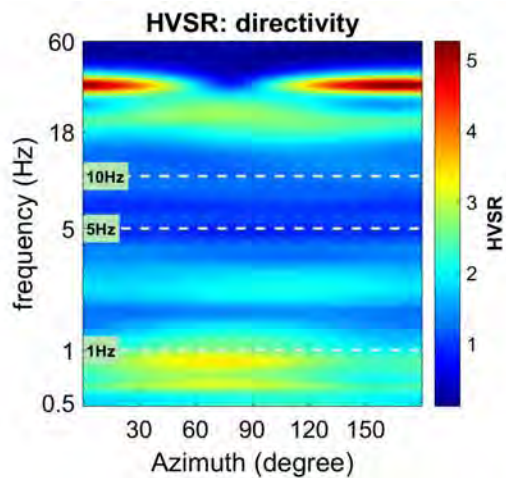
To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMi/ESAC data), go to the "Velocity Spectra/la, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve



Continuity (Persistence) of the H/V Spectral Ratio



Directivity of the H/V Spectral Ratio



MASW 1

HoliSurface - joint inversion of surface-wave dispersion

www.holisurface.com

for further details see "HoliSurface_report.txt"

Date: 25 4 2022

Time: 22 3

First-component dispersion file: ZVF-48m-5-40Hz.mat

Second-component dispersion file: THF-48m-5-40Hz.mat

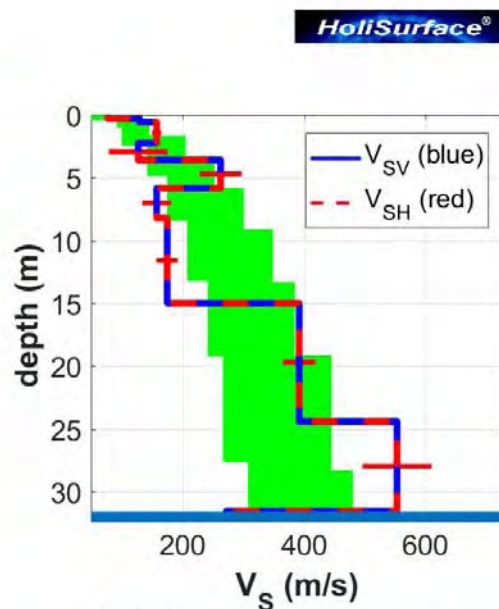
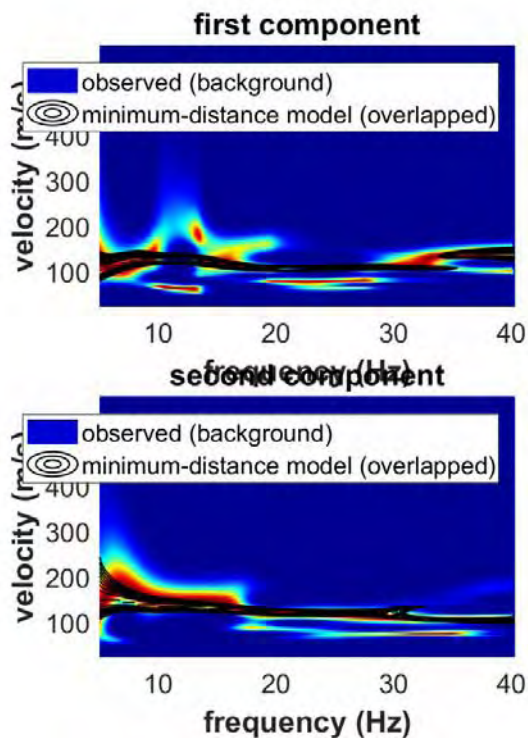
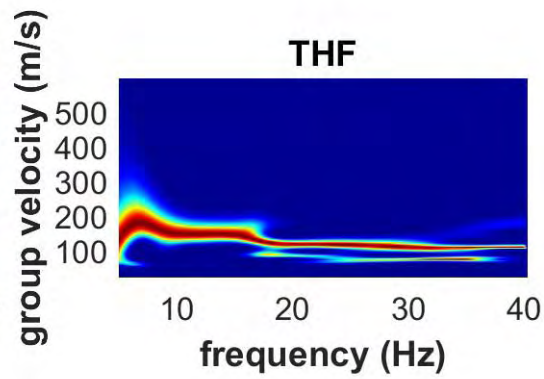
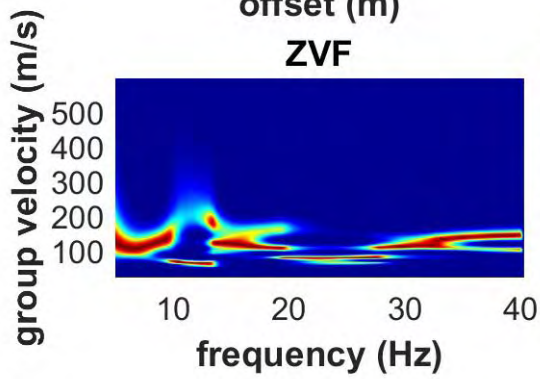
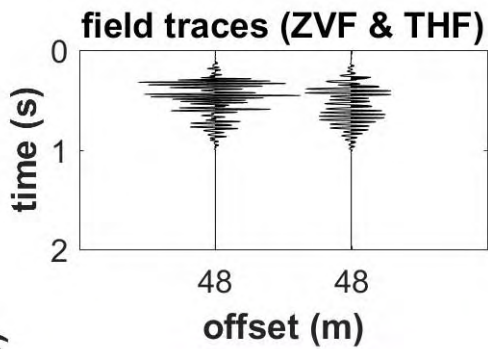
Rayleigh waves - Adopted number of modes: 9

Considered component#1: ZVF

Considered component#2: THF

Love waves - Adopted number of modes: 8

FIELD DATA

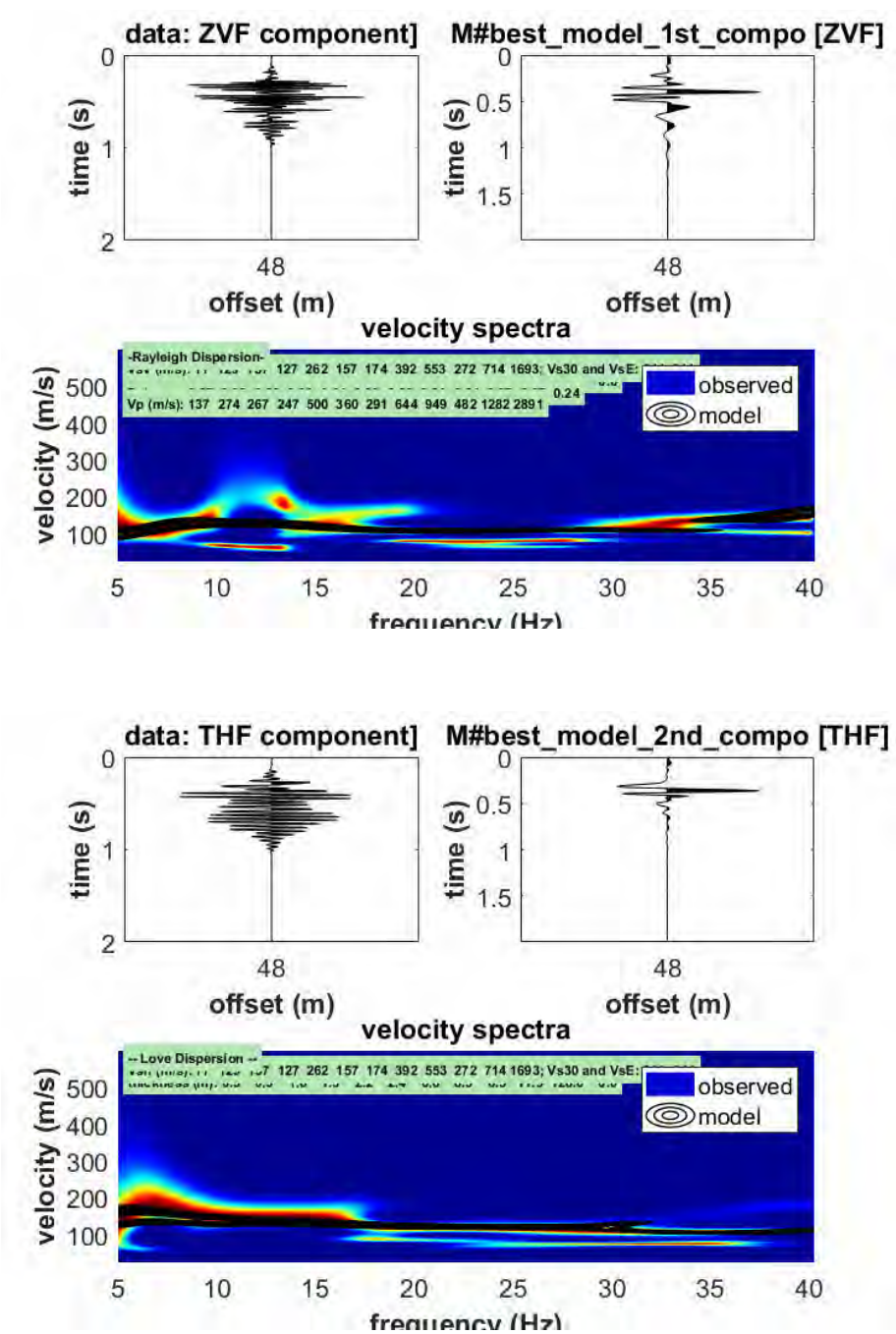


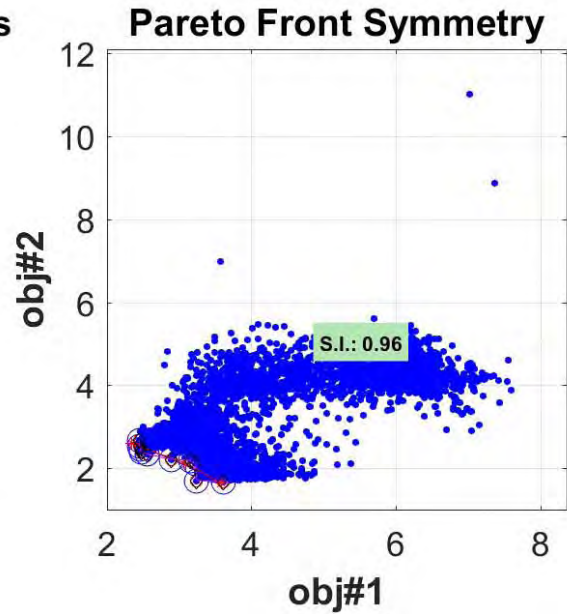
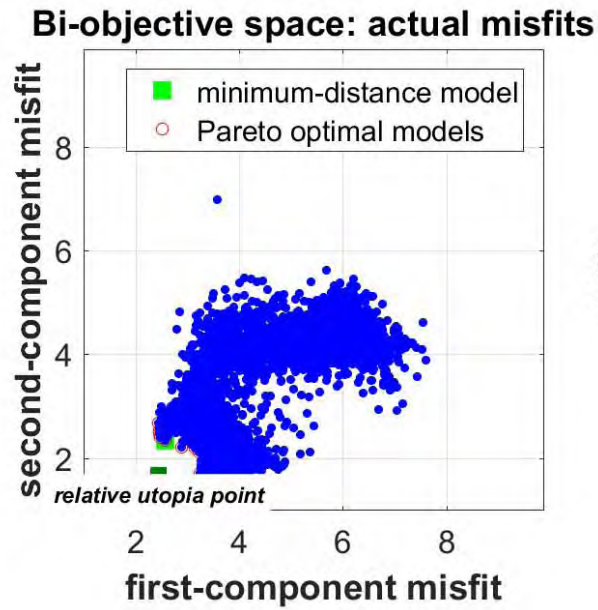
First-component spectrum: ZVF-48m-5-40Hz.m;
Second-component spectrum: THF-48m-5-40Hz

Minimum-distance model:

Vsv (m/s): 77, 129, 157, 127, 262, 157, 174, 392, 553, 272, 714, 1693

thickness (m): 0.3, 0.3, 1.6, 1.3, 2.2, 2.4, 6.8, 8.5, 6.5, 11.9, 128.6 Vs30 and VsE (m/s): 243, 243



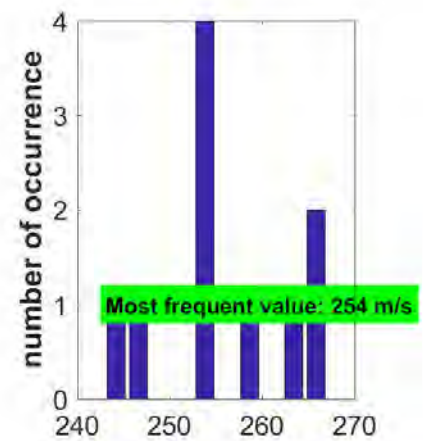
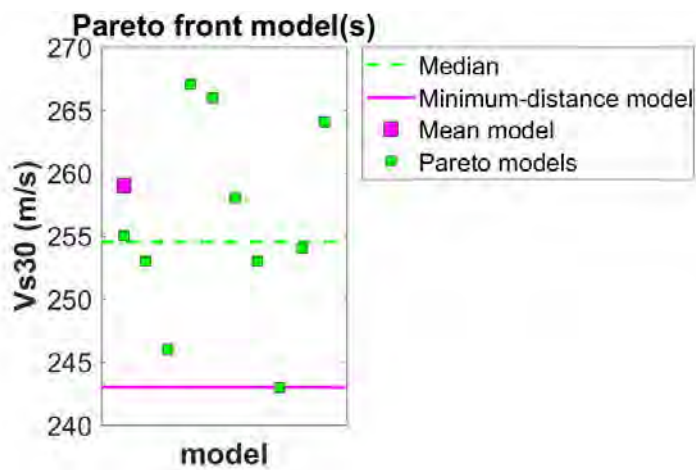


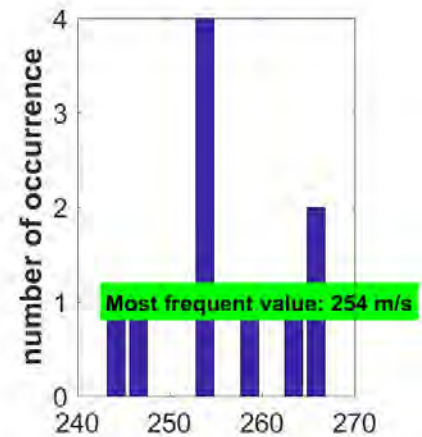
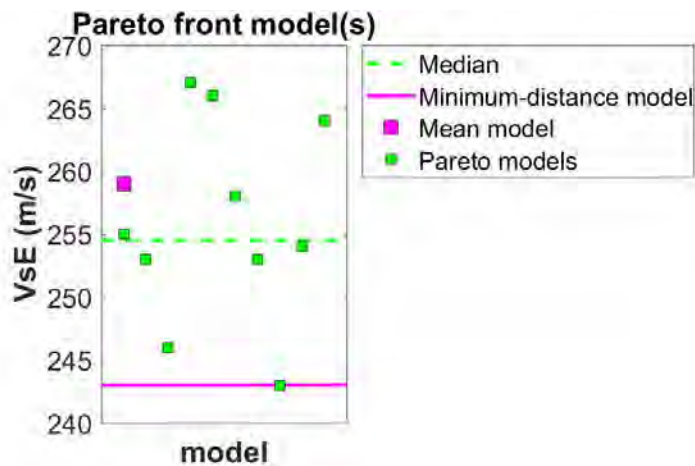
Moderate variability of Vs30 might indicate overall inversion congruency (see manual)

Mean model:

Vsv (m/s): 75, 132, 157, 160, 246, 169, 221, 373, 523, 309, 692, 1646

Thickness (m): 0.3, 0.4, 1.7, 1.5, 2.3, 2.6, 6.3, 9.2, 7.4, 13.1, 132.5





Minimum Vs30 (m/s): 243

Maximum Vs30 (m/s): 267

Minimum VsE (m/s): 243

Maximum VsE (m/s): 267

Soil classification must be performed by the user.

For Italian Users:

Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018:

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

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

E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

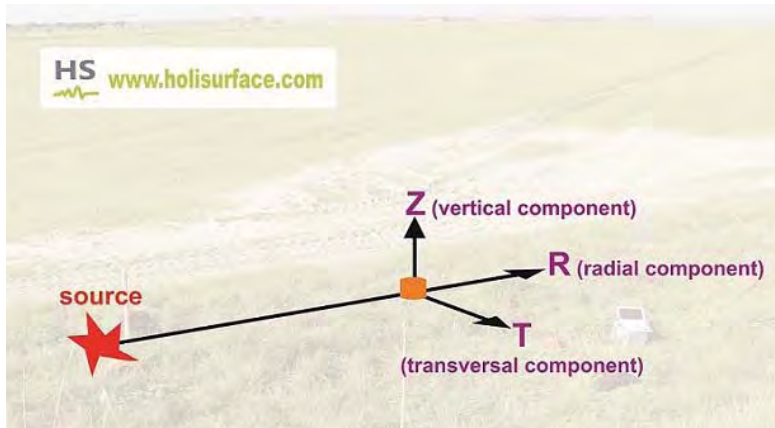
MASW 2

HoliSurface® - Holistic Inversion of Surface-Wave Propagation

www.holisurface.com

Date: 26 4 2022

Time: 13 6



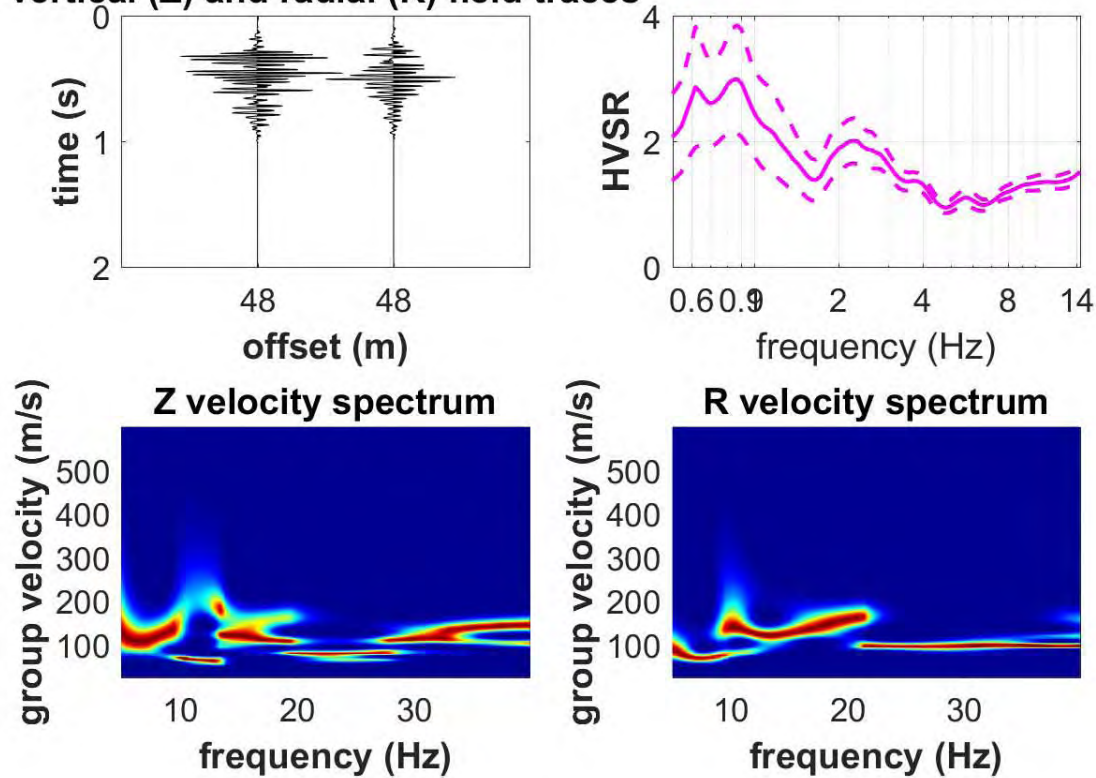
Group velocity spectra and HVSr (active and passive data)

offset: 48 m

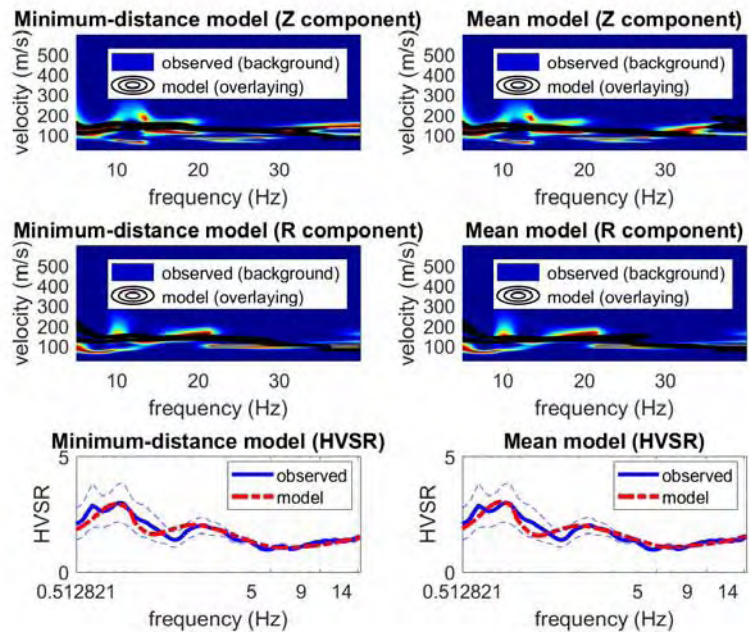
Analysis: Rayleigh Waves (group velocities)

FIELD DATA

vertical (Z) and radial (R) field traces



HoliSurface®



Minimum-distance (from the utopia point) model

Vs30 and VsE of the minimum-distance model (m/s): 239, 239

Shear-wave velocities (m/s): 62, 131, 143, 204, 183, 211, 254, 335, 392, 417, 563, 1203

Thicknesses (m): 0.3, 0.4, 1.2, 2.4, 3.2, 4.8, 6.0, 8.0, 9.9, 21.3, 120.0

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 6 30 36 77 61 83 123 222 310 354 672 3367

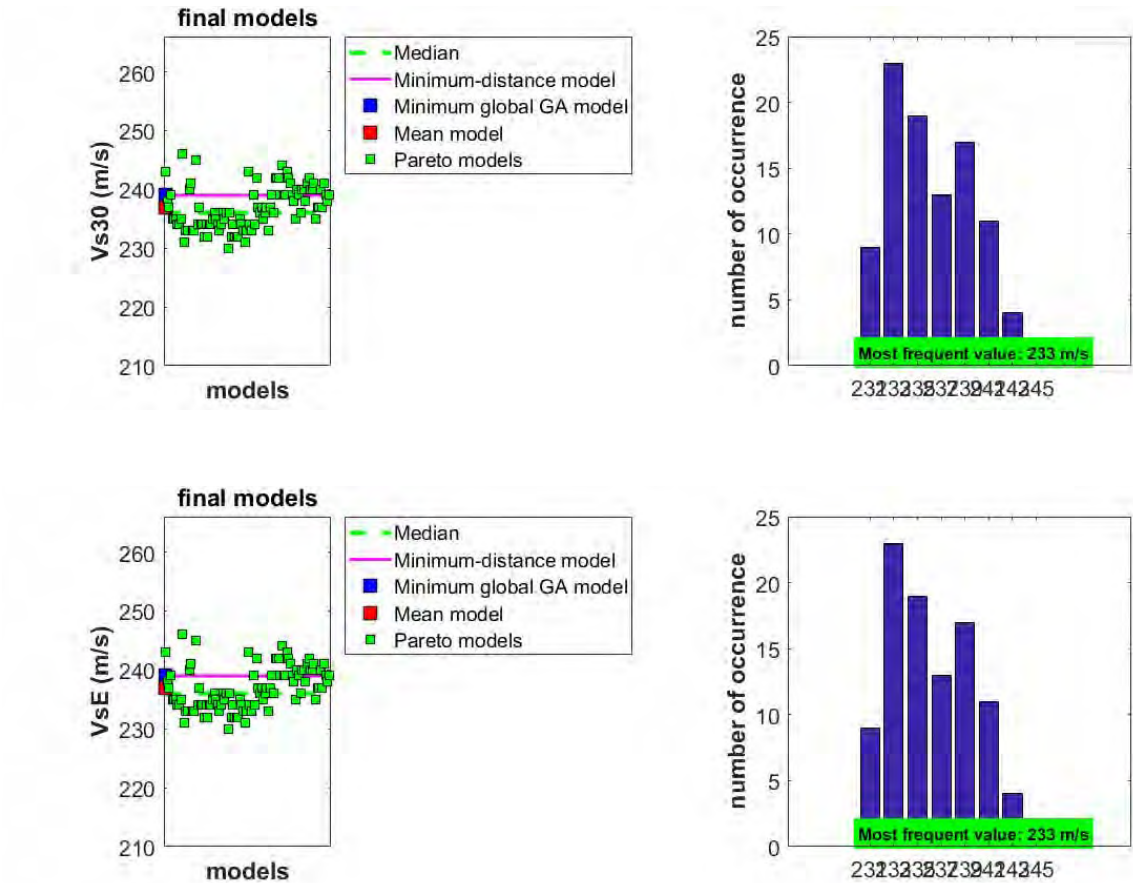
Mean model

Vs30 and VsE of the mean model (m/s): 237, 237

Shear-wave velocities (m/s): 54, 129, 142, 202, 180, 216, 249, 338, 378, 401, 545, 1224

Thicknesses (m): 0.3, 0.4, 1.3, 2.3, 3.1, 4.7, 5.9, 7.8, 9.5, 20.2, 119.8

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 4329 28634 35188 75088 58629 86713 117608 226252 287326 325851 626783 3492620

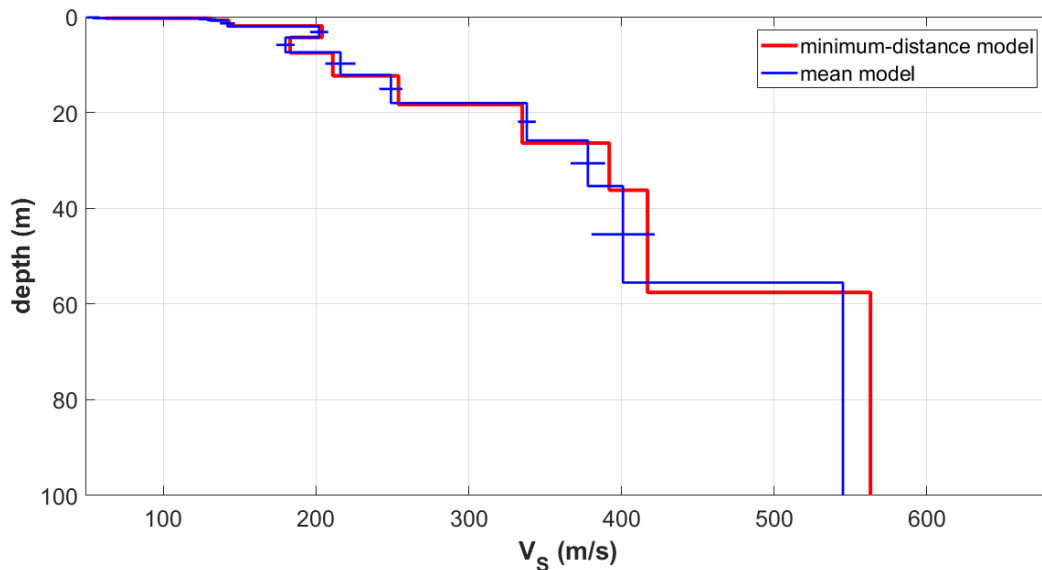


Minimum Vs30 (m/s): 230

Maximum Vs30 (m/s): 246

Minimum VsE (m/s): 230

Maximum VsE (m/s): 246



Soil classification must be performed by the user.

For Italian Users:

Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018:

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

C - Depositì di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

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

E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

References

HoliSurface and MAAM

On the efficient acquisition and holistic analysis of Rayleigh waves: Technical aspects and two comparative case studies (Dal Moro G., Al-Arifi N., Moustafa S., 2019). Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 125. On-line: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0267726118310613>

Effective Active and Passive Seismics for the Characterization of Urban and Remote Areas: Four Channels for Seven Objective Functions (Dal Moro

G., 2019). Pure and Applied Geophysics, 176, 1445-1465. Available on-line: <https://rdcu.be/bbT04>

Improved Holistic Analysis of Rayleigh Waves for Single- and Multi-Offset Data: Joint Inversion of Rayleigh-wave Particle Motion and Vertical- and Radial-Component Velocity Spectra (Dal Moro G., Al-Arifi N., Moustafa S.R., 2017), Pure and Applied Geophysics, on-line: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00024-017-1694-8.pdf>

Single- and multi-component inversion of surface waves acquired by a single 3-component geophone: an illustrative case study (Dal Moro G. and Puzzilli L.M.), Acta Geodyn. Geomater., 14, 4 (188), 431-444, online: https://www.irms.cas.cz/materialy/acta_content/2017_doi/DalMoro_AGG_2017_0024.pdf

Analysis of Rayleigh-Wave Particle Motion from Active Seismics (Dal Moro G., Al-Arifi N., Moustafa S.R., 2017) Bulletin of the Seismological Society of America (BSSA), 107, 51-62

Shear-wave velocity profiling according to three alternative approaches: a comparative case study (Dal Moro G., Keller L., Al-Arifi N., Moustafa S.R., 2016), Journal of Applied Geophysics, 134, 112-124

Four Geophones for seven possible objective functions: active and passive seismics for tricky areas (Dal Moro G.) Invited presentation and Extended Abstract for the Urban Geophysics workshop of the 22nd EAGE Near Surface Geoscience conference (4-8 September 2016 - Barcelona, Spain)

Less is more: from van der Rohe to the 4-channel system for the efficient and holistic acquisition and analysis of surface waves. An urban case study. (Dal Moro G., Moustafa S.R., Al-Arifi N., 2015). Proceedings of the GNGTS (Gruppo Nazionale Geofisica della Terra Solida - ogs.trieste.it) congress (17-19 November 2015 - Trieste, Italy)

Geophysikalische In-situ-Bestimmung der Eingangsparameter in die seismischen Standortanalysen am Beispiel des Ambassador House Opfikon (Keller L., Weber T., Dal Moro G., 2015). Proceedings of the 14th D-A-CH conference of the Swiss Society for Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Zurich, August 21-21, SIA D0255, ISBN 978-3-03732-060-0

A Comprehensive Seismic Characterization via Multi-Component Analysis of Active and Passive Data (Dal Moro G., Keller L., Poggi V., 2015), First Break, 33, 45-53

Efficient acquisition and holistic analysis of Rayleigh waves (Dal Moro G., Moustafa S.R., Al-Arifi N.), Proceedings of the Near-Surface EAGE 2015 congress (Turin - Italy) [having received a very high score from the reviewers, the work was invited to be published in Near Surface Geophysics]

Joint Inversion of Rayleigh-Wave Dispersion and HVSR of Lunar Seismic Data from the Apollo 14 and 16 sites (Dal Moro G., 2015), ICARUS, 254, 338-349

Unconventional Optimized Surface Wave Acquisition and Analysis: Comparative Tests in a Perilagoon Area (Dal Moro G., Ponta R., Mauro R., 2015), Appl. Geophysics, 114, 158-167

Surface Wave Analysis for Near Surface Applications (Dal Moro G., 2014), Elsevier, ISBN 978-0-12-800770-9, 252pp (theory, field practice and advanced joint analysis) [see in particular paragraphs 2.2, 7.2 and case studies #2, 6, 8, 12 and 14]

GHM method [building vibration modes]

Gaussian-filtered Horizontal Motion (GHM) plots of non-synchronous ambient microtremors for the identification of flexural and torsional modes of a building (Dal Moro G., Weber T., Keller L., 2018). Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 112, 243-255

Influenza della modellazione degli edifici sulla determinazione della loro vulnerabilità sismica (Sancin L., Dal Moro G., Amadio C., Romanelli F., Vaccari F., 2018). Atti convegno GNGTS 2018 (gngts.ogs.trieste.it)