



REGIONE
SICILIA



PROVINCIA DI
AGRIGENTO



COMUNE DI
NARO



COMUNE DI
LICATA

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO
COMPOSTO DA 12 AEROGENERATORI DA 6.0 MW PER UNA POTENZA
COMPLESSIVA DI 72 MW SITO NEL COMUNE DI NARO (AG)
CON OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI NARO (AG) E LICATA (AG)**



Proponente



SIRIO RINNOVABILI S.R.L.

Largo Augusto n.3
20122 Milano
pec:siriorinnovabili@legalmail.it

Progettazione



Viale Michelangelo, 71
80129 Napoli
TEL. 081 579 7998
mail: tecnico@inse.srl.it

Amm. Francesco Di Maso
Ing. Nicola Galdiero
Ing. Pasquale Esposito

Collaboratori:
Ing. R. M. De Lucia
Dott. G. Giardina
Dott. Angelo Scuderi
Eikon servizi per i beni culturali SAS
Geol. V.E. Iervolino
SR International Srl
Arch. C. Gaudiero
Ing. F. Quarto
Ing. R. D'Onofrio
Ing. M. Ciano

Elaborato

Nome Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA SISMICA



00	Ottobre 2023	PRIMA EMISSIONE	INSE Srl	INSE Srl	Sirio Rinnovabili s.r.l.
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione
Scala:	-:-				
Formato:	A4	Codice Pratica	S314	Codice Elaborato	CS314-GEO01-R

 Sirio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:siriorinnovabili@legalmail.it	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA e SISMICA	Cod. CS314-GEO01-R	
		Ottobre 2023	Rev. 00

Sommario

1	PREMESSA	3
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE E GEOMORFOLOGICO	4
3	GEOLOGIA.....	12
3.1	Geologia di Vasta Area	12
3.2	Geologia della Zona di Studio	13
4	GEOTECNICA	15
5	IDROGEOLOGIA.....	17
6	DISSESTO IDROGEOLOGICO	19
7	CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	22
7.1	Pericolosità Sismica di Vasta Area	22
7.2	Pericolosità Sismica dell'Area di Studio	26

 Sirio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:siriorinnovabili@legalmail.it	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA e SISMICA	Cod. CS314-GEO01-R	
		Ottobre 2023	Rev. 00

1 PREMESSA

La società Sirio Rinnovabili Srl, è proponente di un progetto di produzione di energia rinnovabile da fonte eolica ubicato nel Comune di Naro in provincia di Agrigento con annesso opere di connessione nei Comuni di Naro (Ag), Campobello di Licata (Ag) e Licata (Ag).

L'ipotesi progettuale prevede l'installazione di n.12 aerogeneratori della potenza nominale di 6,0 MW per una potenza complessiva di impianto pari a 72 MW. Gli aerogeneratori saranno collegati tra loro attraverso cavidotti interrati a 36 kV che collegheranno il parco eolico ad una cabina utente 36kV di smistamento e sezionamento e da questa alla futura SE RTN di trasformazione 220/36 kV di Licata (Ag), che rappresenta il punto di connessione dell'impianto alla RTN.

Sirio Rinnovabili srl ha commissionato la presente Relazione Geologica, Geotecnica e Sismica allo scrivente geol. Vittorio Emanuele Iervolino, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania con n° 2392.

La Relazione Tecnica si basa su:

Topografia

- Carta Topografia dell'Istituto Geografico Militare 1:25.000
- Carta Tecnica Regionale 1: 10.000 (2007-2008);
- Modello Digitale del Terreno Tintaly a 10m di risoluzione INGV (2012).

Geologia ed Idrogeologia

- Carta Geologica d'Italia 1:100.000 Foglio n°271 "Agrigento"
- Carta Geolitologia – Piano Paesaggistico Provincia di Agrigento
- Carta Idrogeologica – Piano Paesaggistico Provincia di Agrigento

Dissesto Idrogeologico

- Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) - Regione Sicilia -Assessorato Regionale del Territorio e dell'Ambiente;
- Inventario Fenomeni Franosi in Italia - Progetto IFFI (ISPRA, Inventario Fenomeni Franosi, 2007);

Sismicità

- Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale (INGV, Mappa di pericolosità sismica, 2019);
- Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI v3.0 dal 1000 al 2019 – (2021) (Rovida A., Locati M., Camassi R., Loli, B., Gasperini P., Antonucci A. 2021. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 3.0 Ist. Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.3>);
- Catalogo delle Sorgenti Sismogenetiche Italiane (DISS) (INGV, Database of Individual Seismogenic Sources, 2015);

Questo lavoro si basa sulle seguenti indagini geognostiche realizzate specificatamente per questo Progetto Definitivo:

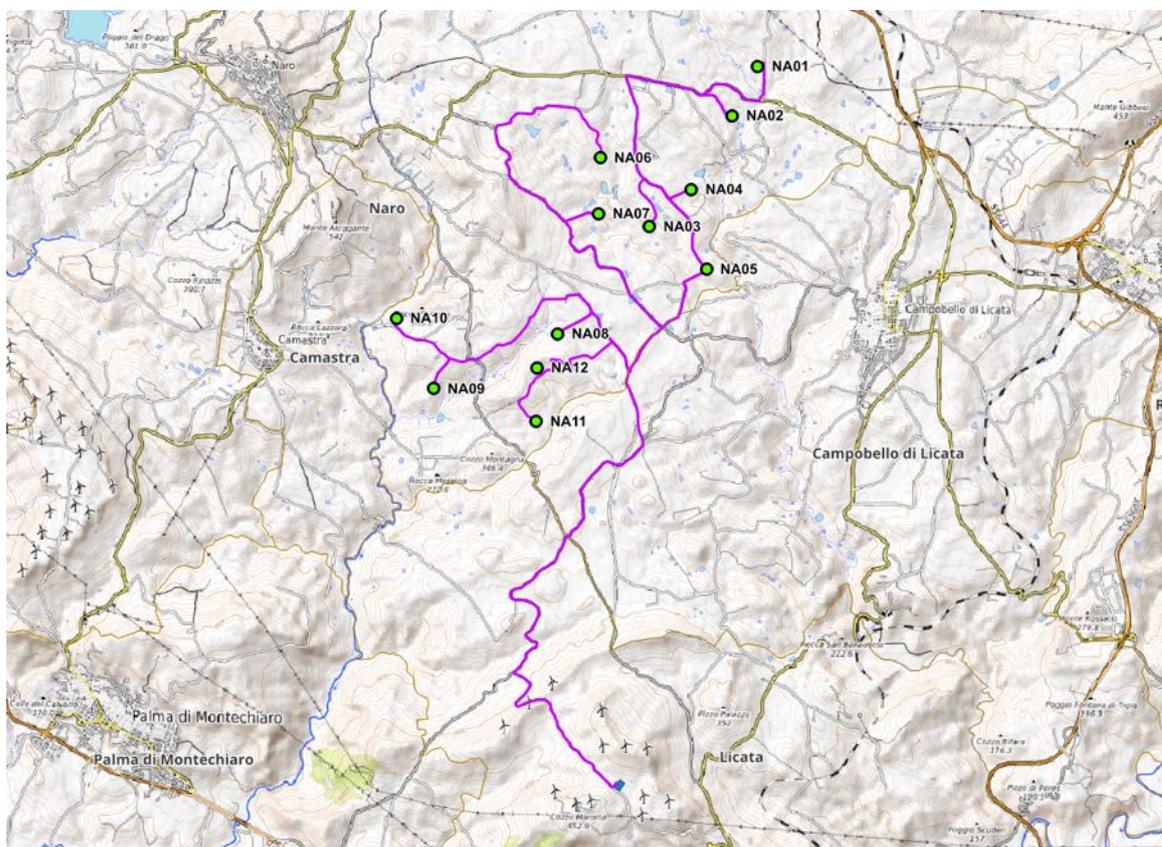
- n° 1 sondaggio geognostico, spinto fino a 30m dal p.c., con il prelievo di n°2 campioni di terreno per opportune analisi di laboratorio (in prossimità della futura installazione dell'aerogeneratore N10)
- n° 1 prova sismica MASW (in prossimità della posizione di futura installazione dell'aerogeneratore N10.
- N° 9 prove sismiche HVSR nella posizione delle future installazioni degli aerogeneratori N1, N2, N3, N4, N5, N8, N9, N10, N11, N12

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E GEOMORFOLOGICO

Il Progetto prevede la realizzazione di un parco eolico nella porzione orientale del comune di Naro, nell'entroterra di Argigento, a circa 7km in direzione Est dal centro urbano, con cavidotto di collegamento alla rete elettrica nazionale che prosegue per i comuni di Campobello di Licata e Licata e fino alla stazione elettrica in località "Ex Solfara Giudice" in Licata.

L'impianto è limitato a Nord dalle propaggini distali dell'alto morfologico dove si imposta l'abitato di Canicattì, ad Est dall'alto morfologico di Campobello di Licata, a Sud dalle modeste colline di Cozzo Montagna (346m) e ad Ovest dal versante orientale di Monte Akragante (542m).

In dettaglio l'area di impianto può essere suddivisa in due blocchi, quello a Nord (NA01 – NA02 – NA03 – NA04 – NA05 – NA06 – NA07) caratterizzato da un pianoro incastrato tra Naro e Campobello di Licata e quello a Sud (NA07 – NA08 – NA09 – NA10 – NA11 – NA12) bordato dalla valle del Fiume Camastra.

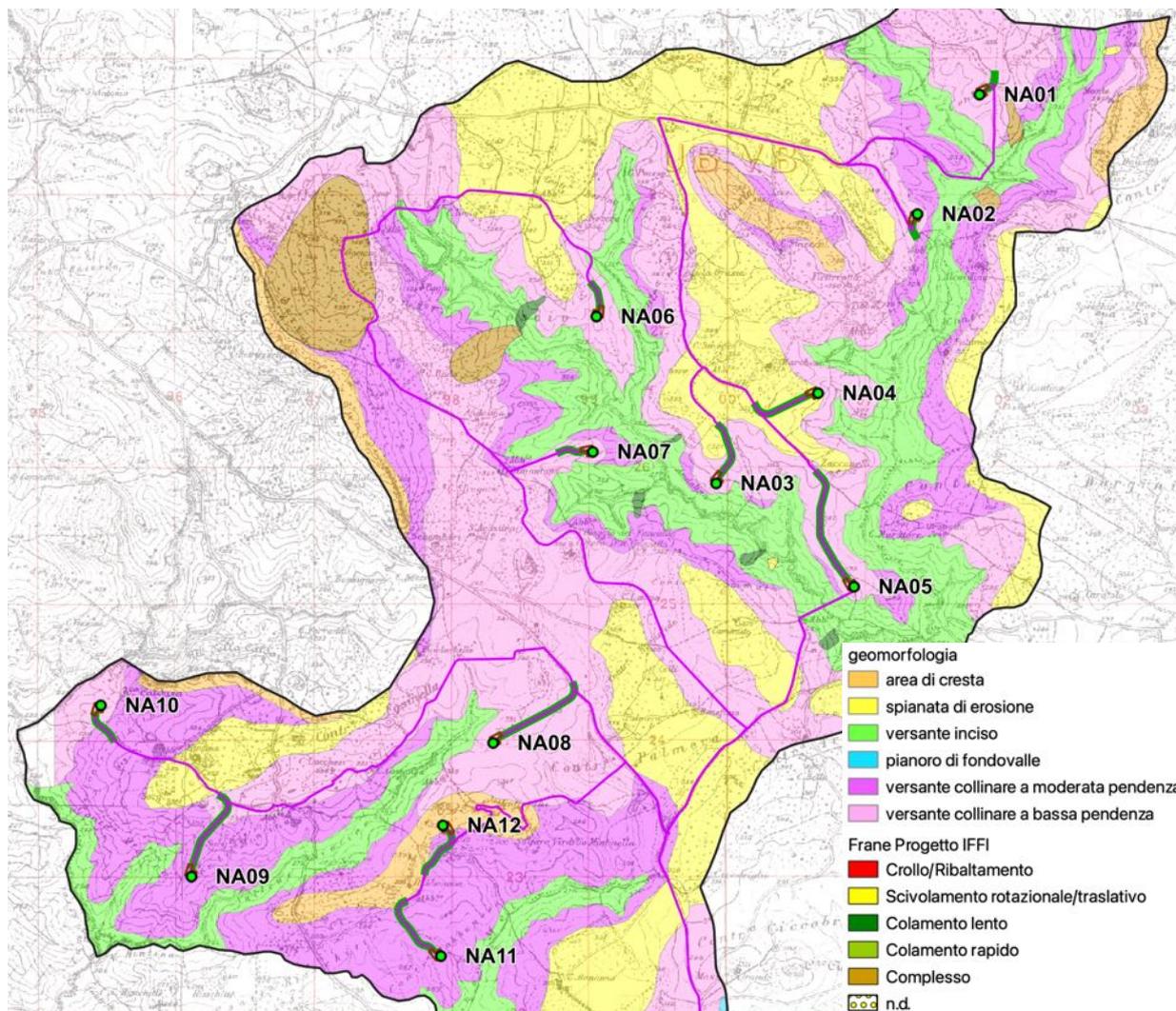


Per l'intera area di impianto e per tutto il tratto del cavidotto fino alla stazione elettrica di collegamento alla rete elettrica nazionale è stata realizzata una carta geomorfologica di dettaglio in cui sono stati riconosciuti le seguenti forme:

- Aree di cresta
localizzate sulle porzioni sommitali dei rilievi collinari e caratterizzate da una forma stretta e allungata con pendenze marcate e locali scarpate di erosione
- Spianate di erosione
vaste aree collinari a pendenza trascurabile, in netta correlazione alle litologie presenti, in massima parte argillose/marnose, prive di incisioni fluviali e concavità/convessità accentuale
- Versante inciso
tratto di rilievo collinare a pendenza marcata e frequentemente dalla tipica forma a V, dissecato da aste torrentizie a carattere stagionale
- Versante collinare a moderata pendenza
- Versante collinare a bassa pendenza

In aggiunta sono state inserite le frane del Progetto IFFI, in massima parte colamenti lenti, nessuno dei quali a ridosso delle postazioni di futura installazione degli aerogeneratori.

Nella figura che segue viene allegato – per la porzione di impianto – uno stralcio della carta geomorfologica prodotta. Si rimanda all'allegato cartografico per maggiori dettagli.



Nelle figure da drone che seguono vengono passate in rassegna tutte le posizioni di futura installazione degli aerogeneratori, in cui è possibile definire sempre una morfologia di area collinare a pendenze del tutto trascurabili. Lo Scrittore, pilota drone certificato per le classi A1/A3 – A2, si trova nella maggior parte dei casi nei pressi della posizione del futuro aerogeneratore.



NA01



NA02



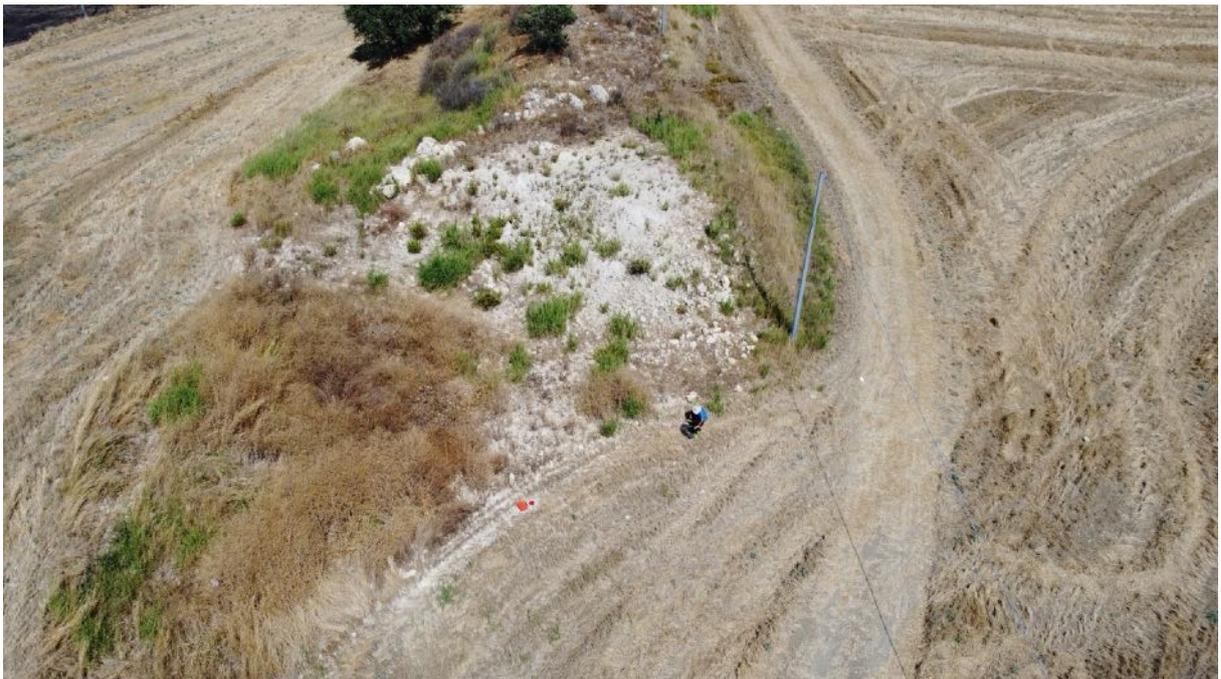
NA03

In questo caso la posizione dell'aerogeneratore e di qualche decina di metri all'interno del lotto di terreno, durante il sopralluogo completamente impraticabile per l'erba alta.



NA04

In questo caso la posizione è di qualche decina di metri a destra, in una zona impraticabile per le erbacce alte.



NA05

In questo caso è stato impossibile arrivare sul sito di interesse, in primo piano nella foto da drone.



NA06

In questo caso l'area di futura installazione dell'aerogeneratore si trova sulla destra, nel campo incolto dalle alte erbacce.



NA07



NA08



NA09



NA10



NA11



NA12



3 GEOLOGIA

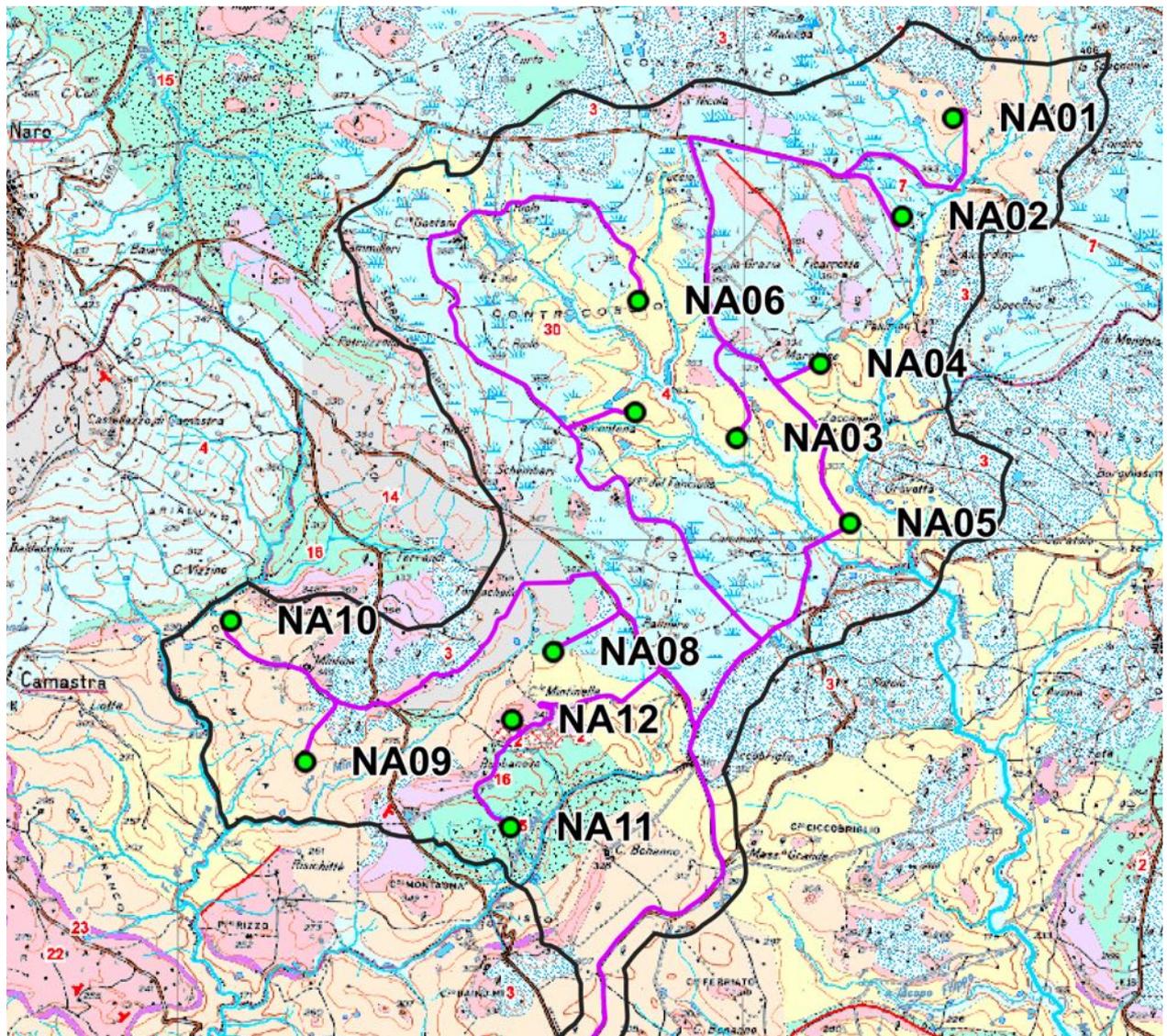
3.1 GEOLOGIA DI VASTA AREA

La geologia della provincia di Agrigento è strettamente legata alla morfologia del territorio, che può essere differenziata in tre sistemi di paesaggio:

- la fascia montana, dei monti Sicani
- fascia intermedia collinare
- fascia costiera di terrazzi marini ed alluvionali.

L'area di studio rientra nella fascia intermedia collinare, costituita da terreni prevalentemente argillosi, calcari, gessi e marne, a costituire la "Falda di Gela".

Nella figura che segue viene stralciata la carta geologica prodotta per il Piano Paesaggistico della Provincia di Agrigento, con indicazione del Layout del Progetto in esame: tutti gli aerogeneratori rientrano in terreni a prevalente composizione argillosa ed in dettaglio nella formazione di Licata/Terravecchia (NA01, NA09, NA10), in depositi lacustri/palustri (NA02), nel complesso argilloso basale (NA03, NA04, NA05, NA06, NA07, NA08), nelle argille e brecce argillose (NA11) e nel calcare di base (NA12).

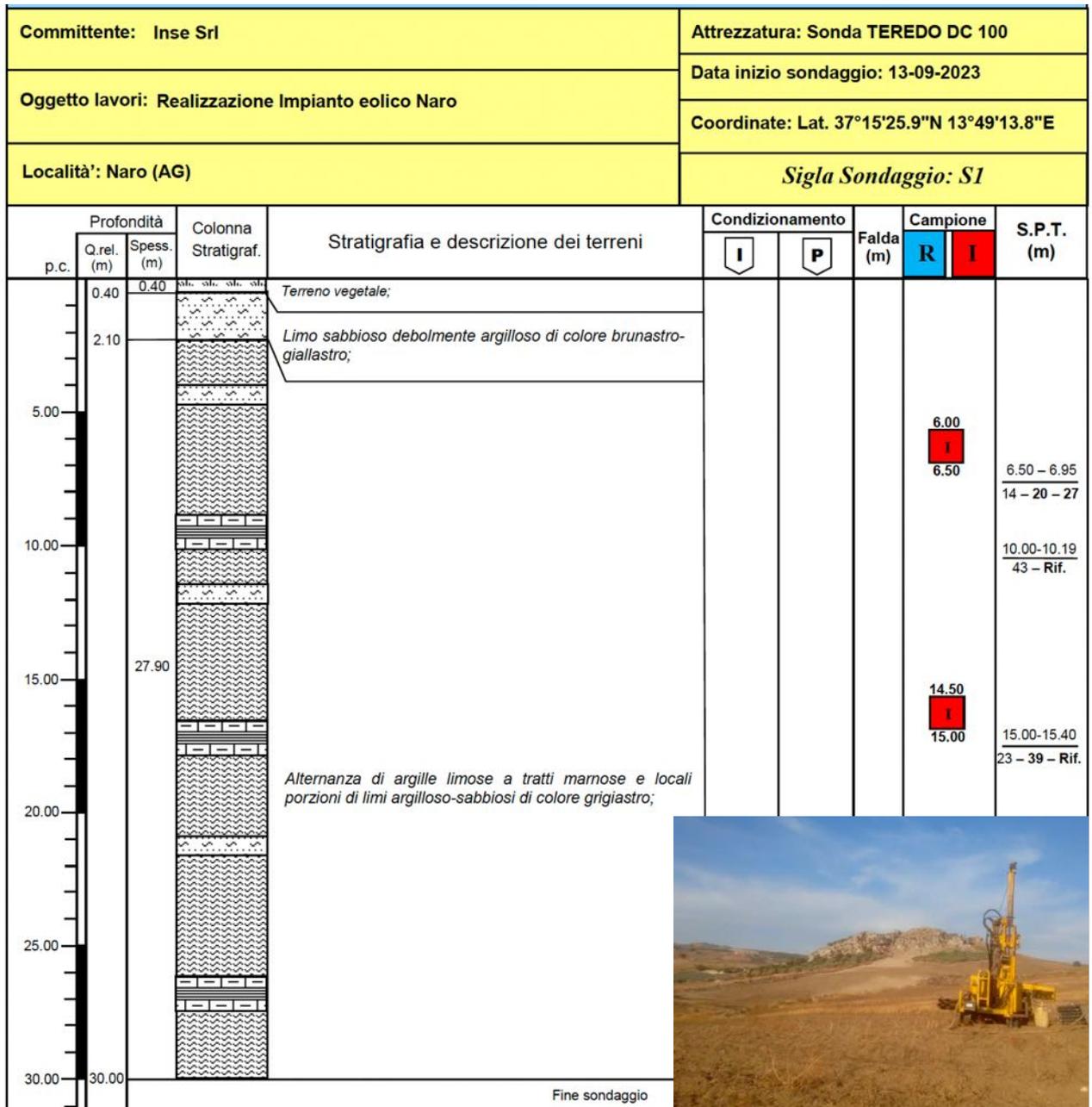


3.2 GEOLOGIA DELLA ZONA DI STUDIO

Per la caratterizzazione geolitologica della zona di studio, prendendo a riferimento la Carta Geologica d'Italia, foglio 271 "Agrigento" e la Carta Geolitologica del Piano Paesaggistico della Provincia di Agrigento, descritta nel paragrafo precedente, è stato realizzato un sondaggio geognostico il 13 settembre 2023 in prossimità dell'aerogeneratore NA10 e spinto fino a 30m dal piano campagna, come richiesto dalla normativa vigente (NTC2018).

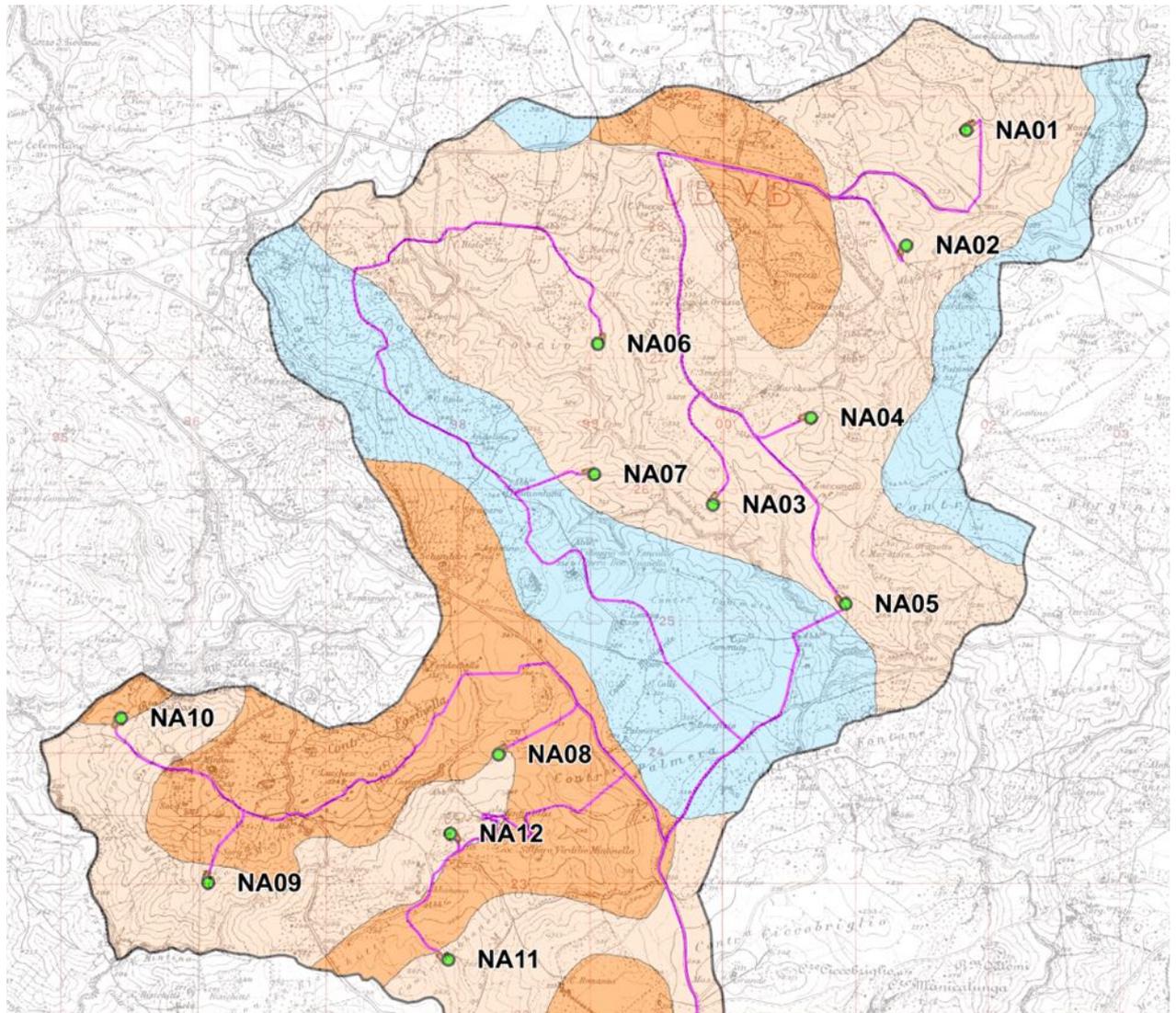
Nella figura che rappresentata la colonna stratigrafica ottenuta dalla perforazione a carotaggio continuo: un'alternanza di argille limose a tratti marnose e locali porzioni di limo argilloso-sabbioso di colore grigiastro. In basso a destra il report fotografico del sondaggio eseguito su NA10.

La litologia rinvenuta risulta essere strettamente legata alle morfologie rilevate su tutte le postazioni di futura installazione degli aerogeneratori: spianate di erosione di modesti rilievi collinari a moderata concavità/convessità dei versanti e nessuna particolare forma morfologica dominante, caratteristiche tipiche di un paesaggio collinare in terreni argillosi. (Non è stata rinvenuta la falda).



Nella figura che segue viene mostrato uno stralcio della carta geolitologica prodotta in cui il territorio è stato distinto in tre distinti complessi:

- depositi continentali e marini, talora terrazzati
- depositi pre-evaporitici ed evaporitici. calcari marnosi, calcari solfiferi, gessi primari e secondari, sali, depositi terrigeni rappresentati da argille, arenarie, conglomerati, gessareniti, intercalati a più livelli
- arenarie marnose, argille, sabbie e conglomerati



4 GEOTECNICA

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione, dal sondaggio eseguito il 13/09/2023, sono state effettuate n°3 prove penetrometriche SPT a diverse profondità (6,5m – 10m – 15m) e sono stati prelevati due campioni di terreno (a 6m e 14,5m) sui quali sono state elaborate le seguenti indagini geotecniche di laboratorio:

- Proprietà fisiche
- Analisi granulometrica
- Limiti di Atterberg
- Prova di taglio diretto

Alla luce delle indagini geognostiche in situ e in laboratorio realizzate è stato possibile definire il seguente modello geotecnico:

Unità A (0 – 12m)

- N_{SPT} medio: 47
- Granulometria = Limo argilloso debolmente sabbioso
- coesione non drenata = 3,5 kg/cm²
- modulo edometrico = 481 Kg/cm²
- Modulo di Young = 470 Kg/cm²
- Classificazione AGI = estremamente consistente
- Grado di plasticità = poco plastico

Grandezze indici rilevate in laboratorio

γ_n	Peso dell'unità di volume naturale	KN/m ³	17,63
γ_s	Peso specifico dei granuli	KN/m ³	26,52
w	Contenuto di acqua naturale	%	66,05

Grandezze indici derivate analiticamente

γ_d	Peso dell'unità di volume secco	KN/m ³	10,62
n	Porosità	%	59,95
e	Indice dei vuoti	---	1,50
s_r	Grado di saturazione	%	119,31
γ_{sat}	Peso dell'unità di volume saturo	KN/m ³	16,50
γ'	Peso dell'unità di volume sommerso	KN/m ³	6,69

Unità B (12m – 30m)

- $N_{SPT \text{ medio}}$: RIF
- Granulometria = Limo argilloso debolmente sabbioso
- coesione non drenata = 5,27 kg/cm²
- modulo edometrico = 909 Kg/cm²
- Modulo di Young = 890 Kg/cm²
- Classificazione AGI = estremamente consistente
- Grado di plasticità = moderatamente plastico

Grandezze indici rilevate in laboratorio

γ_n	Peso dell'unità di volume naturale	KN/m ³	18,19
γ_s	Peso specifico dei granuli	KN/m ³	26,33
w	Contenuto di acqua naturale	%	27,38

Grandezze indici derivate analiticamente

γ_d	Peso dell'unità di volume secco	KN/m ³	14,28
n	Porosità	%	45,76
e	Indice dei vuoti	---	0,84
s_r	Grado di saturazione	%	87,15
γ_{sat}	Peso dell'unità di volume saturo	KN/m ³	18,77
γ'	Peso dell'unità di volume sommerso	KN/m ³	8,96

E' doveroso precisare che per questo Progetto Definitivo è stato eseguito soltanto un sondaggio pilota per caratterizzare la geologia di un territorio molto vasto. il Proponente si impegna nella Fase Esecutiva del Progetto a realizzare opportune ed esaustive indagini geognostiche sito-specifiche, per ogni aerogeneratore, al fine di ottenere un quadro accurato della geologia, stratigrafia, geotecnica, idrogeologia dei terreni di fondazione di ogni singolo aerogeneratore.

5 IDROGEOLOGIA

Prendendo a riferimento la Carta Idrogeologica prodotta per il Piano Paesaggistico della Provincia di Agrigento, nella figura che segue viene sovrapposto il layout del Progetto in esame, in cui è possibile distinguere:

un complesso praticamente impermeabile, per la quasi totalità degli aerogeneratori di progetto (NA01, NA03, NA04, NA05, NA06, NA07, NA08, NA09, NA10, NA11)

Essi sono rappresentati dalle litologie nelle quali si verifica una circolazione idrica praticamente trascurabile e che per tali caratteristiche fungono da substrato alle falde acquifere. In questa categoria si identificano tutte le facies costituite da una frazione argillosa prevalente, nonché quelle rocce che si presentano in banchi integri e/o con strati calcilutitici alternati o intercalati a livelli marnosi; in particolare, nell'area in esame esse sono rappresentate dalla facies argillosa della Fm. Terravecchia e dalla facies pelitica del Flysch Numidico.

Un complesso mediamente impermeabile, per gli aerogeneratori NA02 e NA12

Trattasi di terreni caratterizzati da permeabilità per fessurazione e/o per porosità molto bassa; essi sono generalmente rappresentati da formazioni eterogenee costituite da alternanze più o meno irregolari di livelli più permeabili (calcarei) e livelli poco permeabili o impermeabili (marnoso-argillosi). In questa categoria la circolazione idrica si esplica essenzialmente in corrispondenza dei livelli permeabili sebbene attraverso la rete di fessurazione possa instaurarsi una comunicazione fra i vari livelli acquiferi sovrapposti; tali falde acquifere sono caratterizzate da potenzialità e soggiacenze molto variabili, essenzialmente legate alle condizioni litologico stratigrafiche-stratimetriche della serie stratigrafica. In questa classe di permeabilità possono collocarsi terreni ascritti alla Fm. Mufara ed alla Fm. di Lercara. Per quanto concerne la coltre eluvio-colluviale, diffusamente presente nell'area di interesse, è contraddistinta per lo più da termini granulometrici fini (sabbie limose, limi sabbiosi, limi, limi argillosi), pertanto da una permeabilità per porosità scarsa. Ciò nonostante, talvolta, in corrispondenza di una coltre eluvio-colluviale spessa e/o contenente una frazione sabbiosa e/o intercalazioni litoidi si possono verificare delle infiltrazioni d'acqua fino ad alcuni metri di profondità anche se di carattere esiguo.



 Sirio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:siriorinnovabili@legalmail.it	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA e SISMICA	Cod. CS314-GEO01-R	
		Ottobre 2023	Rev. 00

La porzione settentrionale del parco eolico (da NA01 a NA07) rientra nel bacino idrografico del Torrente Mendola, il maggiore tributario del tratto terminale dell'Imera Meridionale (o Salso), un corso d'acqua di circa 132 Km, che dopo aver attraversato la Sicilia centromeridionale, sfocia nel Canale di Sicilia in corrispondenza dell'abitato di Licata. Sebbene il bacino imbrifero dell'Imera Meridionale abbia una notevole estensione, per la presenza di affioramenti argillosi per oltre la metà della sua superficie, la variabilità e la discontinuità delle litologie presenti, nonché la posizione geografica corrispondente alla fascia più arida dell'isola, non sono presenti acquiferi di notevole rilevanza per le risorse idriche del territorio.

La porzione meridionale del parco eolico invece (da NA08 a NA12) rientra nel bacino idrografico del Fiume di Camastra, affluente del Fiume Palma, corso d'acqua che si estende per circa 122,5 km² all'interno del settore centro-orientale del territorio della Provincia di Agrigento, caratterizzato da un regime idrologico marcatamente torrentizio, i cui deflussi naturali, nei periodi asciutti, risultano decisamente modesti. Anche in questo caso il contesto idrogeologico è tale da non consentire condizioni favorevoli ad estesi accumuli idrici sotterranei.

E' opportuno precisare che nel sondaggio realizzato in prossimità dell'aerogeneratore NA10, non è stata rinvenuta falda nei 30m di terreno sondato.

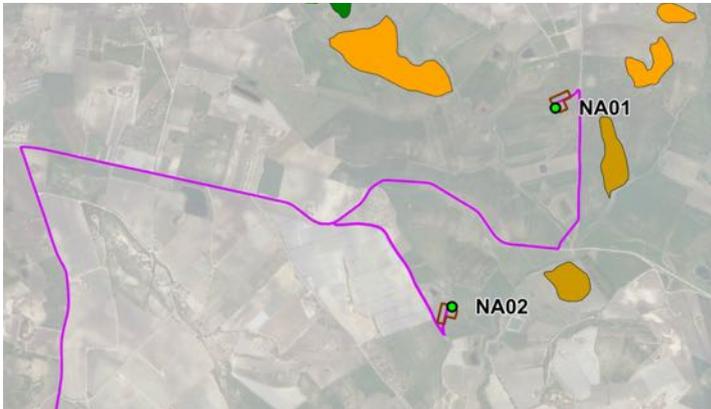
6 DISSESTO IDROGEOLOGICO

Il rischio idrogeologico è dovuto a particolari aspetti geologici e geomorfologici legati all'instabilità dei versanti o di corsi d'acqua, in seguito a particolari condizioni ambientali, meteorologiche e climatiche. La notevole eterogeneità litologica della Sicilia condiziona l'evoluzione del paesaggio dando forme morfologiche differenti e producendo diverse tipologie di frana.

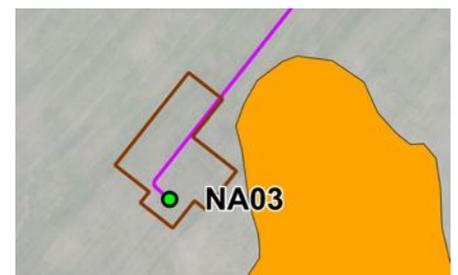
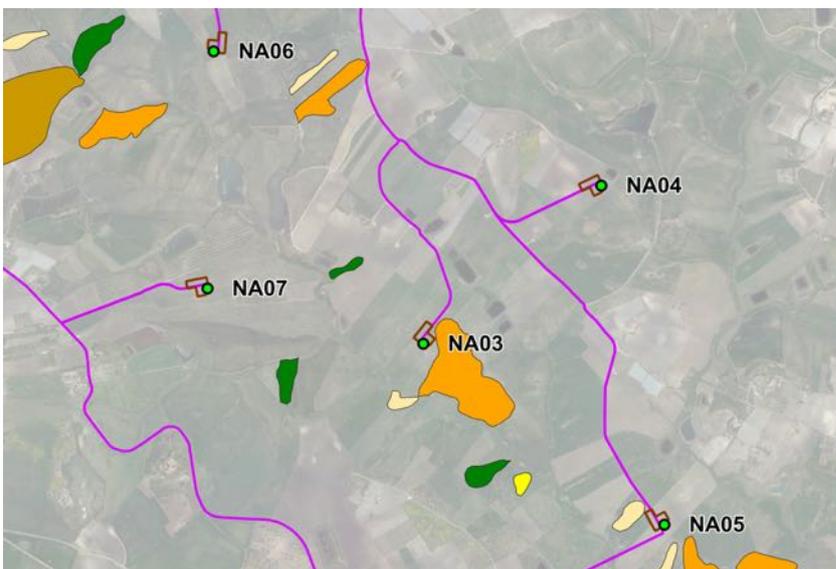
Il Progetto in essere rientra nella provincia di Agrigento, nei comuni di Naro, Campobello di Licata e Licata per i quali l'Autorità di Bacino competente per la Regione Sicilia ha definito le seguenti dissesto diffuso superficiale e colate, in netta correlazione alle litologie argillose affioranti.

Prendendo a riferimento la Carta della Pericolosità Geomorfologica dell'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia e il Progetto Inventario Fenomeni Fransi in Italia (IFFI) è possibile fare doverosi approfondimenti per l'area di nostro interesse.

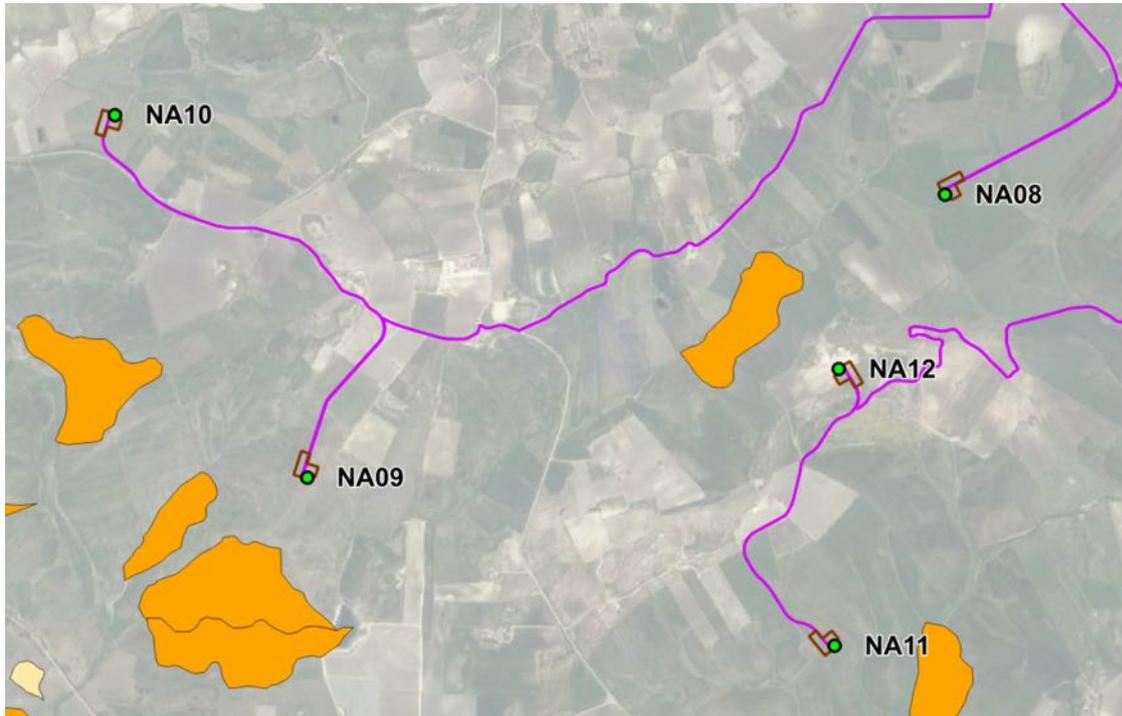
Per NA01 e NA02 il PAI non rileva nessuna frana a creare criticità per gli aerogeneratori. Nell'intorno sono cartografate frane complesse e colamenti lenti.



Nella porzione centrale del parco eolico (NA03 – NA04 – NA05 – NA06 – NA07) non si rileva nessuna criticità da frana. In prossimità dell'aerogeneratore NA03 viene cartografato dal PAI una zona a pericolosità da frana media a circa 60m dalla posizione del futuro aerogeneratore. Il sopralluogo eseguito in situ non ha rilevato nessuna criticità e in aggiunta il Progetto IFFI non rileva alcun fenomeno franoso degno di nota.

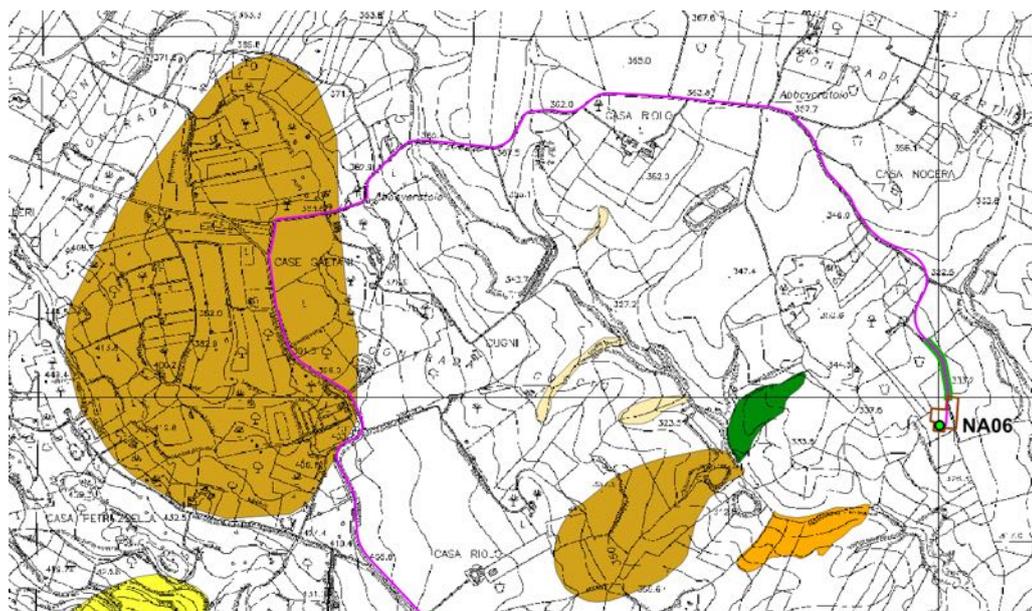


Nella porzione meridionale del parco eolico (NA08 – NA09 – NA10 – NA11 – NA12) né il PAI né il Progetto IFFI rilevano criticità nell’intorno della zona di studio.



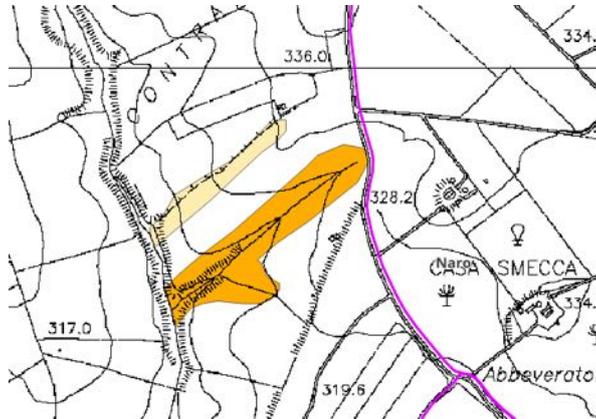
In riferimento alla tratta del cavidotto:

- in località “Case Gaetani” nel comune di Naro l’opera lineare intercetta una zona cartografata solo dal Progetto IFFI, e non anche dal PAI, con una frana complessa. In questa zona è doveroso precisare che il cavidotto segue una strada esistente e non arreca nessun appesantimento all’area collinare.





- In località “Contrada Grazia” il cavidotto borda una zona cartografata dal PAI a pericolosità geomorfologica media. Il sopralluogo eseguito dallo Scrivente ha evidenziato la presenza di una concavità morfologica ma senza particolari segni di instabilità né sul versante né sull’asse viario.



In riferimento alla pericolosità idraulica, non essendoci corsi d’acqua degni di nota nell’intorno del parco eolico, la Carta della Pericolosità Idraulica dell’Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia non rileva nessuna criticità idraulica.

A corredo della presente relazione tecnica sono state realizzate una carta della pericolosità geomorfologica e una carta della pericolosità idraulica per l’intorno della zona di interesse, prendendo ovviamente a riferimento i dati del PAI vigente, a cui si rimanda per ulteriori dettagli topografici.

7 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

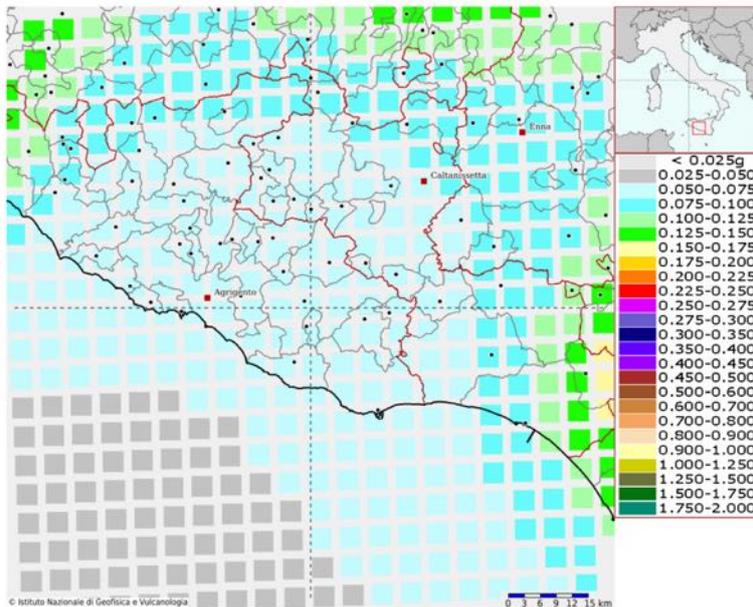
7.1 PERICOLOSITÀ SISMICA DI VASTA AREA

Prendendo a riferimento il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI v3.0 dal 1000 al 2019 – (Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli, B., Gasperini P., Antonucci A. 2021 – INGV) è possibile elencare nella tabella che segue tutti i terremoti storici che hanno colpito la Regione Sicilia con una magnitudo $\geq 5,4Mw$.

Nr	DATA	AREA MASSIMI EFFETTI	Mw
1	11 gennaio 1693, ora 13:30	Sicilia sud-orientale	7.32
2	10 dicembre 1542, ora 15:15	Sicilia sud-orientale	6.68
3	4 febbraio 1169, ora 07:00	Sicilia sud-orientale	6.5
4	15 gennaio 1968, ora 02:01	Valle del belice	6.41
5	20 febbraio 1818, ora 18:15	Catanese	6.28
6	10 marzo 1786, ora 14:10	Golfo di patti	6.14
7	9 gennaio 1693, ora 21:00	Sicilia sud-orientale	6.07
8	15 aprile 1978, ora 23:33	Golfo di patti	6.03
9	5 marzo 1823, ora 16:37	Sicilia settentrionale	5.81
10	7 giugno 1125, ora 11:00	Siracusa	5.8
11	Agosto 1749	Messina	5.8
12	1 gennaio 1698	Monti iblei settentrionali	5.66
13	28 maggio 1980, ora 19:51	Tirreno meridionale	5.66
14	13 dicembre 1990, ora 00:24	Sicilia sud-orientale	5.61
15	1 marzo 1818, ora 02:45	Monti iblei	5.57
16	25 agosto 1613, ora 05:00	Monti nebrodi	5.56
17	26 settembre 1172, ora 13:40	Messina	5.56
18	3 ottobre 1624, ora 17:00	Monti iblei settentrionali	5.56
19	15 gennaio 1968, ora 13:42	Valle del belice	5.53
20	28 marzo 1780	Sicilia nord-orientale	5.52
21	11 gennaio 1848, ora 12:00	Golfo di catania	5.51
22	1 settembre 1726, ora 21:55	Tirreno meridionale	5.48
23	16 gennaio 1968, ora 16:42	Valle del belice	5.45
24	5 maggio 2004, ora 13:39	Isole eolie	5.42
25	10 maggio 1739, ora 15:25	Monti nebrodi	5.41



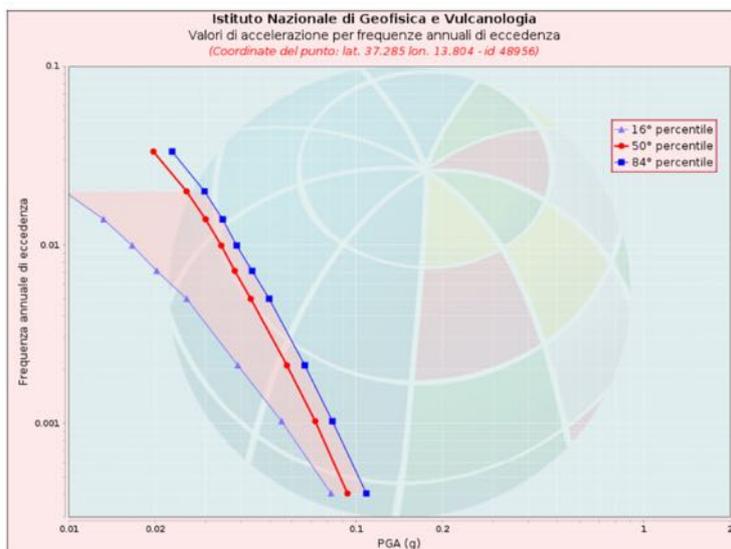
Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004) Informazioni sul nodo con ID: 48956 - Latitudine: 37.285 - Longitudine: 13.80



La mappa rappresenta il modello di pericolosità sismica per l'Italia e i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g, l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A, $V_{s30} > 800$ m/s) e pianeggiante.

Le coordinate selezionate individuano un nodo della griglia di calcolo identificato con l'ID 48956 (posto al centro della mappa). Per ogni nodo della griglia sono disponibili numerosi parametri che descrivono la pericolosità sismica, riferita a diversi periodi di ritorno e diverse accelerazioni spettrali.

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

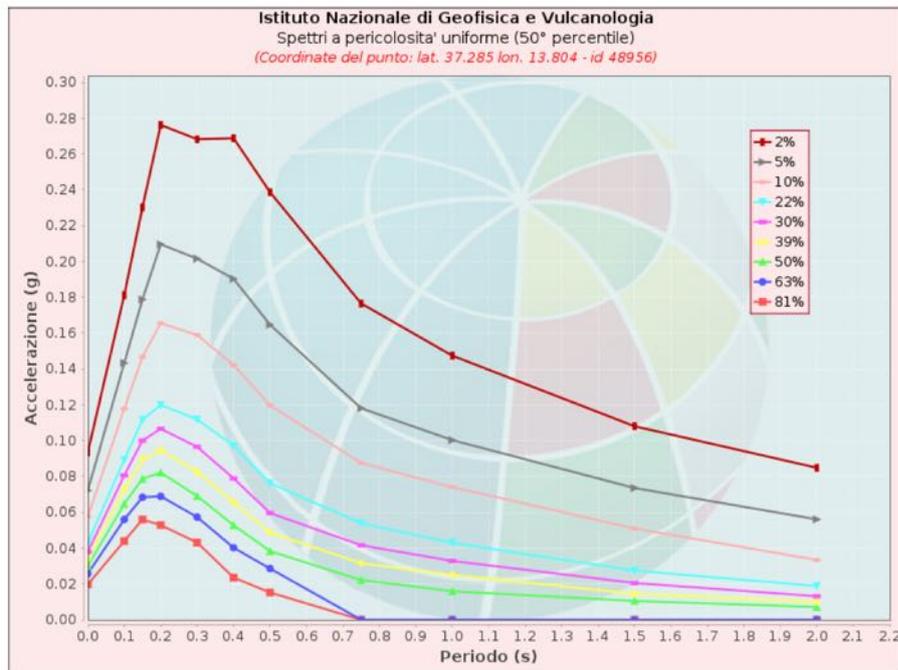


Frequenza annuale di ecc.	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.082	0.093	0.109
0.0010	0.055	0.072	0.083
0.0021	0.039	0.058	0.066
0.0050	0.026	0.043	0.050
0.0071	0.020	0.038	0.044
0.0099	0.017	0.034	0.038
0.0139	0.013	0.030	0.034
0.0199	0.010	0.026	0.030
0.0332	0.000	0.020	0.023



Spettri a pericolosità uniforme: gli spettri indicano i valori di scuotimento calcolati per 11 periodi spettrali, compresi tra 0 e 2 secondi. La PGA corrisponde al periodo pari a 0 secondi. Il grafico è relativo alle stime mediane (50mo percentile) proposte dal modello di pericolosità.

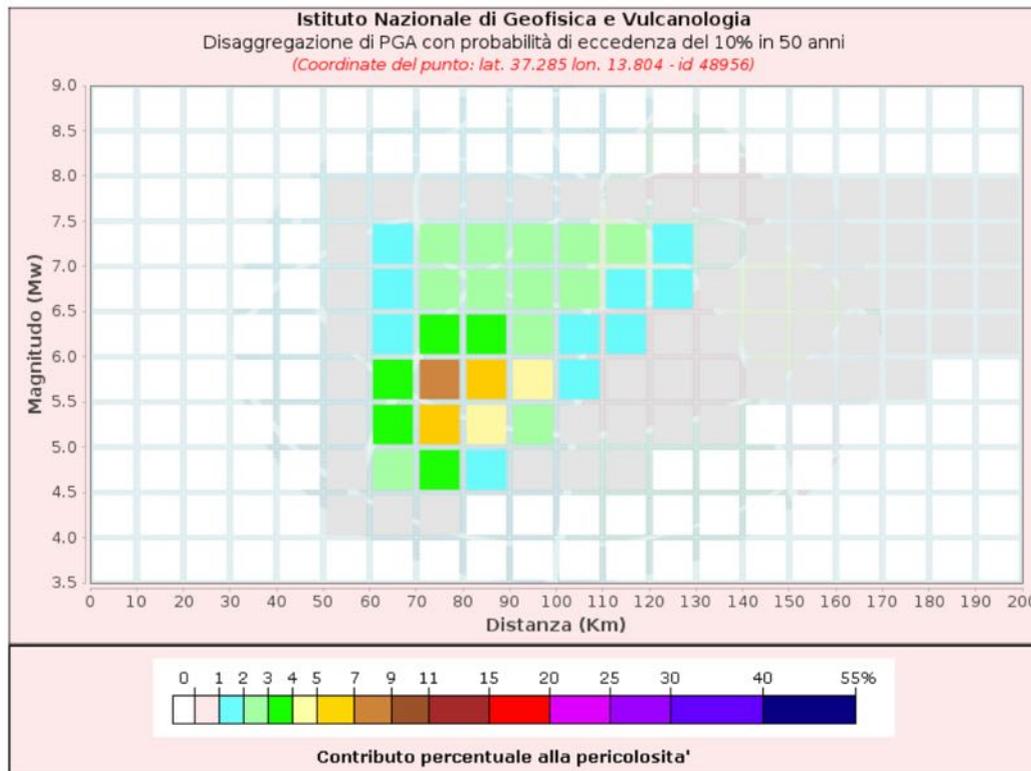
I diversi spettri nel grafico sono relativi a diverse probabilità di eccedenza (PoE) in 50 anni. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico.



Spettri a pericolosità uniforme (50° percentile)											
PoE in 50 anni	Accelerazione (g)										
	Periodo (s)										
	0.0	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0
2%	0.093	0.181	0.230	0.276	0.268	0.269	0.239	0.177	0.147	0.108	0.085
5%	0.072	0.143	0.179	0.210	0.202	0.190	0.165	0.118	0.100	0.074	0.056
10%	0.058	0.118	0.147	0.166	0.159	0.142	0.120	0.088	0.074	0.051	0.033
22%	0.043	0.089	0.112	0.120	0.112	0.097	0.076	0.054	0.043	0.027	0.019
30%	0.038	0.081	0.100	0.107	0.097	0.079	0.060	0.042	0.033	0.021	0.013
39%	0.034	0.073	0.090	0.095	0.083	0.066	0.049	0.032	0.025	0.015	0.010
50%	0.030	0.065	0.079	0.082	0.069	0.053	0.038	0.022	0.016	0.011	0.007
63%	0.026	0.056	0.068	0.069	0.057	0.040	0.029	0.000	0.000	0.000	0.000
81%	0.020	0.044	0.056	0.053	0.043	0.024	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000

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

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



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni											
Distanza in Km	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	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0013	0.0225	0.0566	0.0921	0.1150	0.1140	0.0920	0.0149	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.3990	2.2200	3.1300	3.3100	1.7600	1.4600	1.2600	0.2120	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.1780	3.2000	5.9800	7.2000	3.0900	2.3100	2.1700	0.3810	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	1.6500	4.9600	6.9200	3.1500	2.5400	2.5800	0.4730	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.4260	2.4600	4.0800	2.4300	2.4600	2.6900	0.5140	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0368	0.7420	1.6400	1.5500	2.0300	2.3700	0.4710	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0001	0.2210	0.8080	1.1100	1.6700	2.0900	0.4300	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0480	0.4000	0.7090	1.1600	1.5400	0.3290	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0021	0.1260	0.1880	0.2740	0.3840	0.0842	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0590	0.0858	0.1020	0.1500	0.0336	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0249	0.0975	0.1820	0.2830	0.0651	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0045	0.0730	0.1910	0.3170	0.0749	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0500	0.1870	0.3300	0.0803	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0337	0.1750	0.3320	0.0829	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0188	0.1320	0.2690	0.0691	0.0000	0.0000

Valori Medi: magnitudo = 6.12 ; distanza = 90.0 ; epsilon = 1.59

7.2 PERICOLOSITÀ SISMICA DELL'AREA DI STUDIO

Per la caratterizzazione sismica dei terreni di fondazione, in prossimità dell'aerogeneratore NA10 è stato realizzato oltre al sondaggio a 30m di profondità una prospezione sismica MASW ed in aggiunta n°9 indagini sismiche HVSR.

Si riporta di seguito il report fotografico delle indagini sismiche realizzate.

MASW su NA10



HVSR su NA01



HVSR su NA02



HVSR su NA03



HVSR su NA04



HVSR su NA07



HVSR su NA08



HVSR su NA09



HVSR su NA10



HVSR su NA12



Prendendo a riferimento la prova sismica MASW eseguita sull'aerogeneratore NA10, sono stati individuati 4 sismostrati principali alle seguenti profondità e alle rispettive velocità delle onde S:

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.50	1.50	1500.0	0.30	261.6	140
2	6.00	4.50	1550.0	0.30	554.9	297
3	17.50	11.50	1600.0	0.30	817.2	437
4	oo	oo	1650.0	0.30	1098.4	587

Gli spessori rilevati e le velocità delle onde S hanno portato alla seguente determinazione delle V_{seq} a partire dal piano di riferimento $z = 0$:

$$V_{seq} = 408 \text{ m/s}$$

Facendo rientrare i terreni di fondazione nella categoria di suoli B: Tipo 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 di valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s. Il dato delle HVSR ha confermato la prova MASW, anche se con alcune difficoltà di interpretazione per i sondaggi dove non avevamo una stratigrafia accurata. Si rimanda agli allegati tecnici per maggiori approfondimenti sulle interpretazione del dato sismico.

Ottaviano, 10 ottobre 2023



geol. Vittorio Emanuele Iervolino

STATION INFORMATION

Station code: hvsr-03

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: N 01

Address: -

Latitude: 37.298652

Longitude: 13.891948

Coordinate system: WGS84

Elevation: 336 m s.l.m.

Weather: Cielo sereno, vento leggero

Notes: -

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

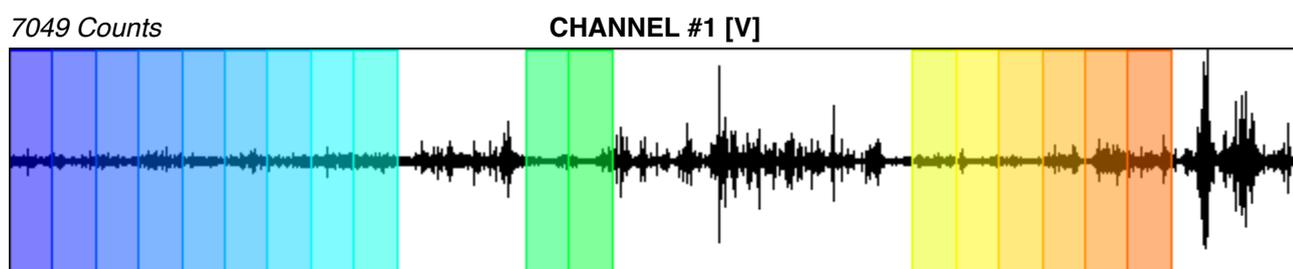
Recording start time: 2023/07/27 10:50:52

Recording length: 20 min

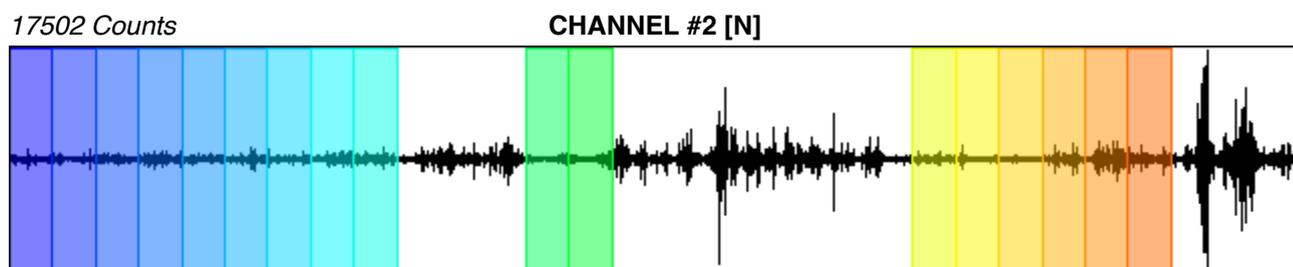
Windows count: 17

Average windows length: 40

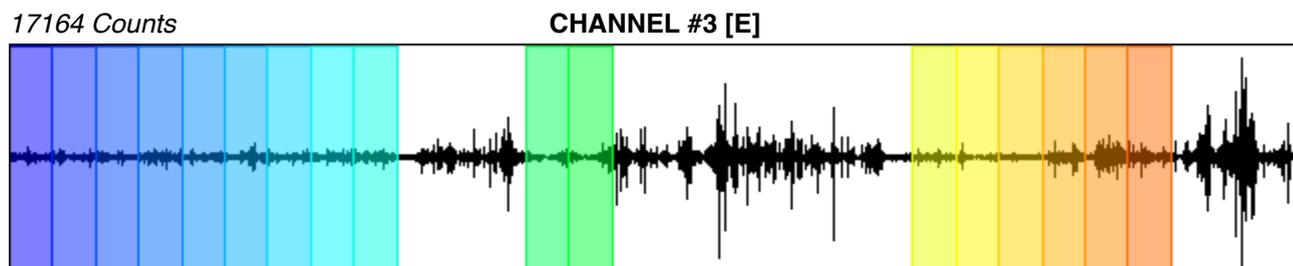
Signal coverage: 56.67%



-5583 Counts



-17757 Counts



-19415 Counts

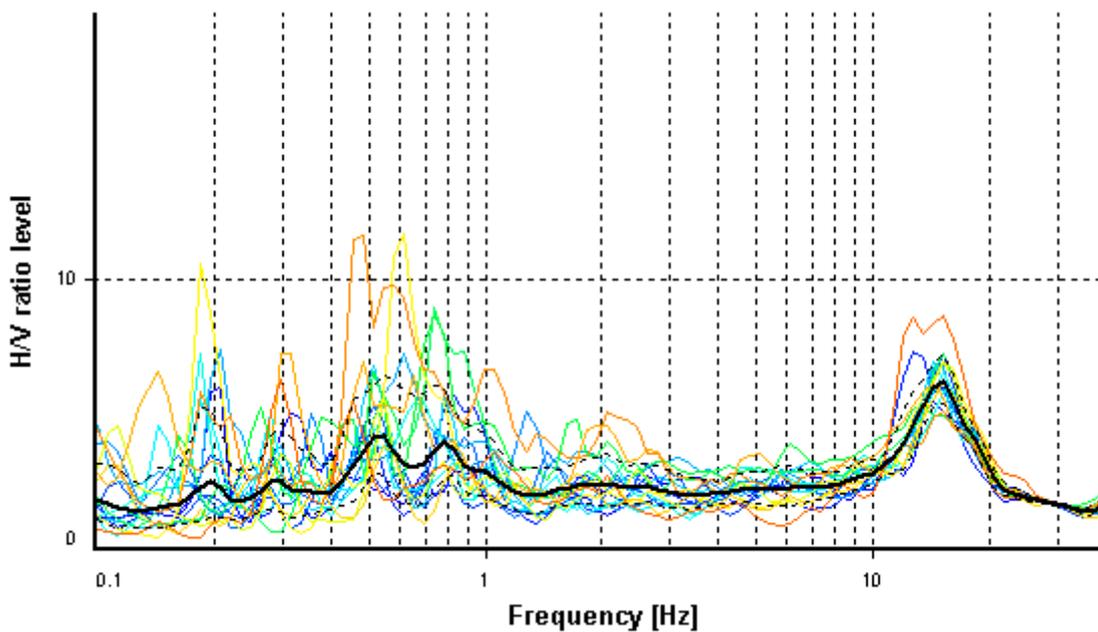
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

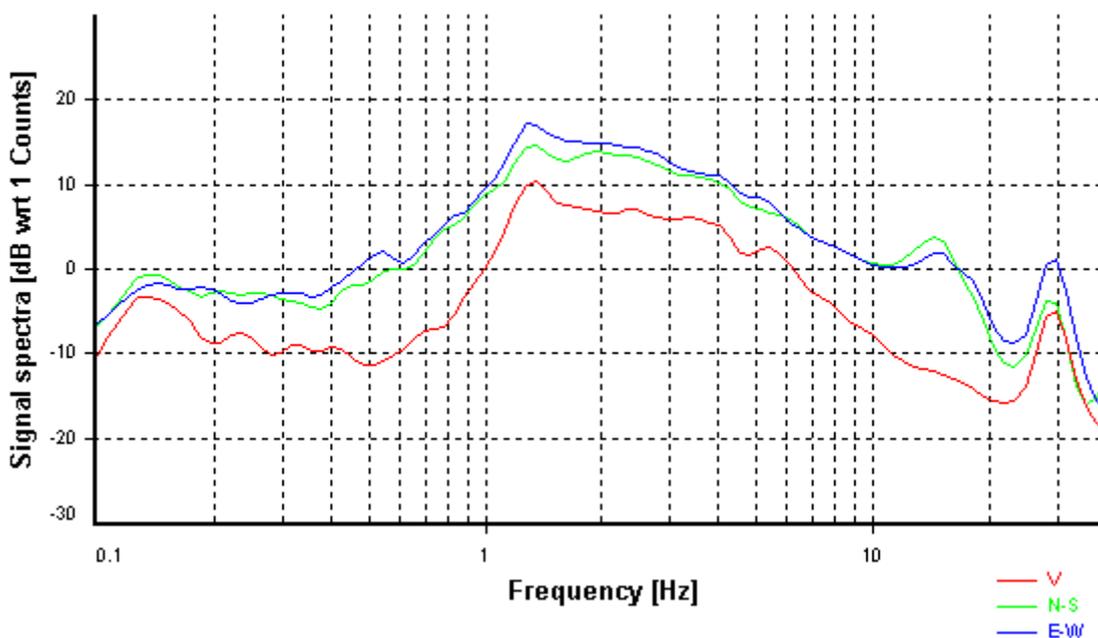
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

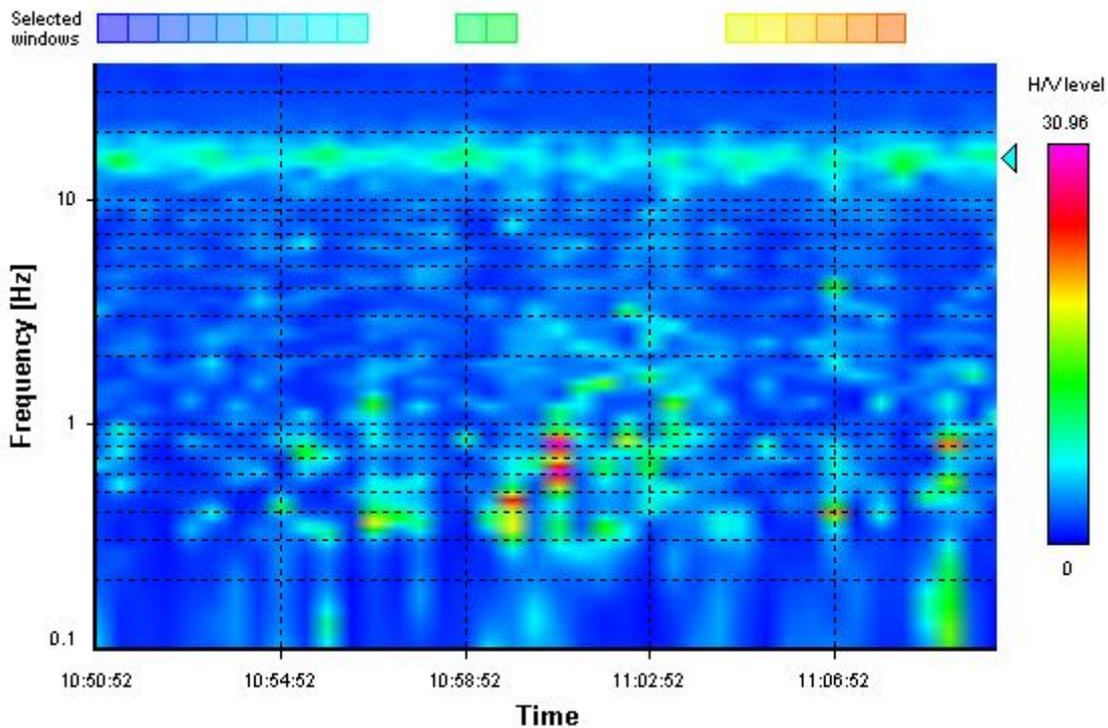
HVSR average



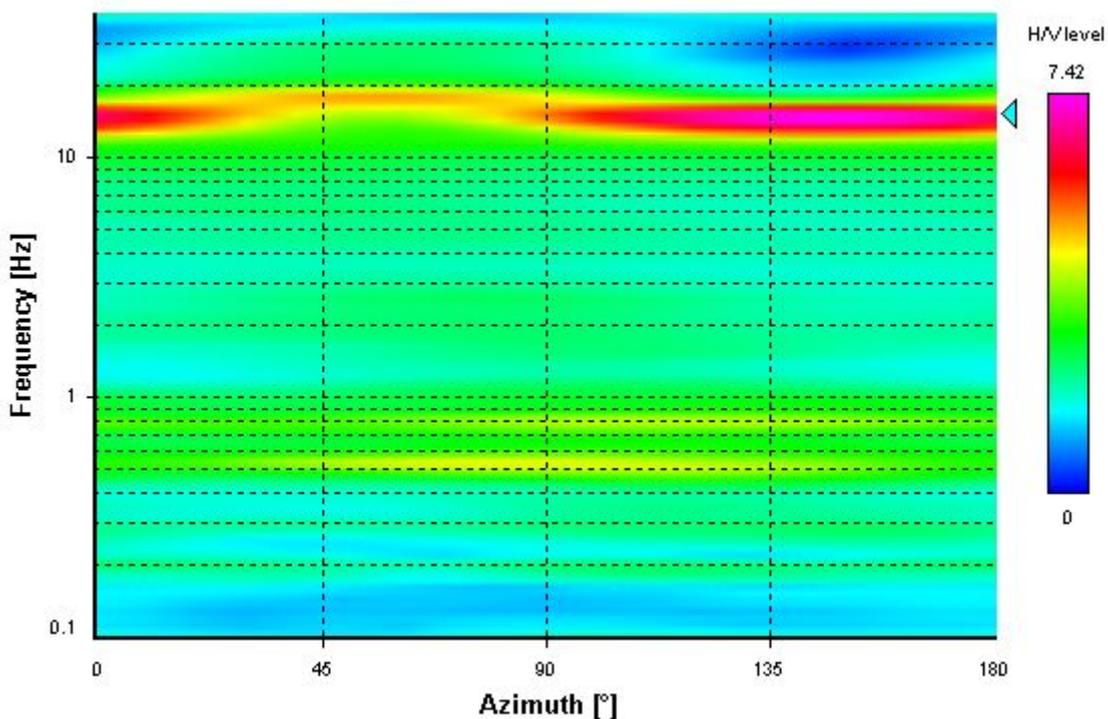
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



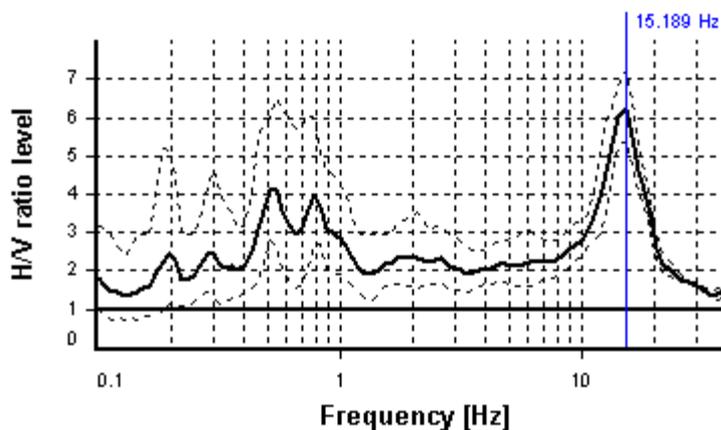
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

15.189 Hz

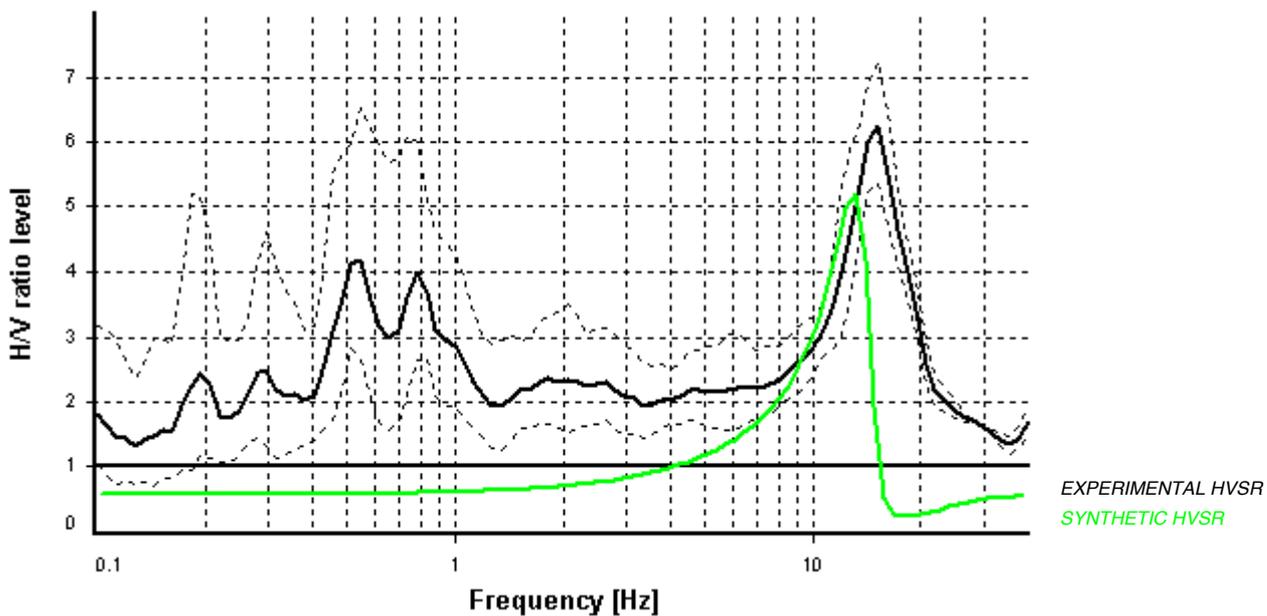
A_0 amplitude = 6.247

Average $f_0 = 14.729 \pm 0.748$

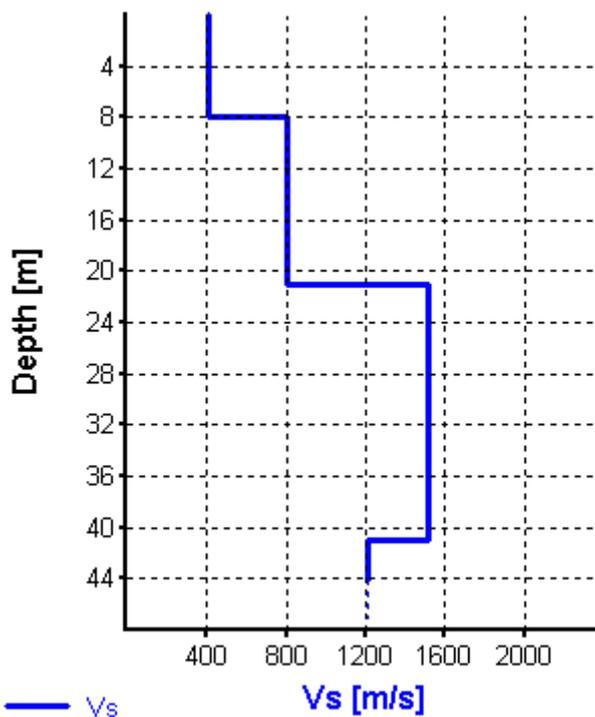


HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	17 valid windows (length > 0.66 s) out of 17	OK
$n_c(f_0) > 200$	10328.42 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	10.5639 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	20.55617 Hz	OK
$A_0 > 2$	6.25 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.74758 < 0.75944	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.15971 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
8	8	1200	410	1800
13	21	1600	800	1800
20	41	5000	1513	1900
-	> 41	4500	1210	1900



$V_{s_{eq} 30} = 719 \text{ m/s (Offset} = 0 \text{ m)}$

STATION INFORMATION

Station code: hvsr-03

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: N 02

Address: -

Latitude: 37.290173

Longitude: 13.886675

Coordinate system: WGS84

Elevation: 321 m s.l.m.

Weather: Cielo sereno, vento leggero

Notes: -

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2023/07/27 11:41:54

Recording length: 20 min

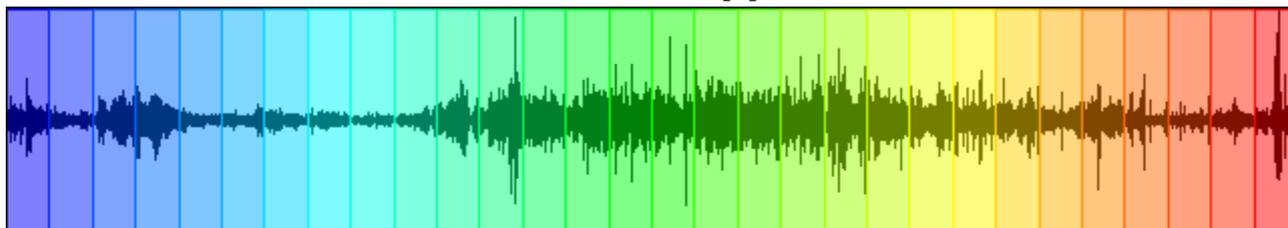
Windows count: 30

Average windows length: 40

Signal coverage: 100%

4523 Counts

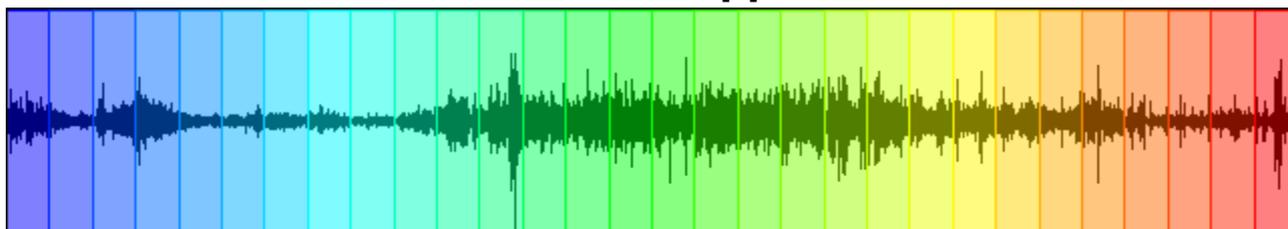
CHANNEL #1 [V]



-3498 Counts

4864 Counts

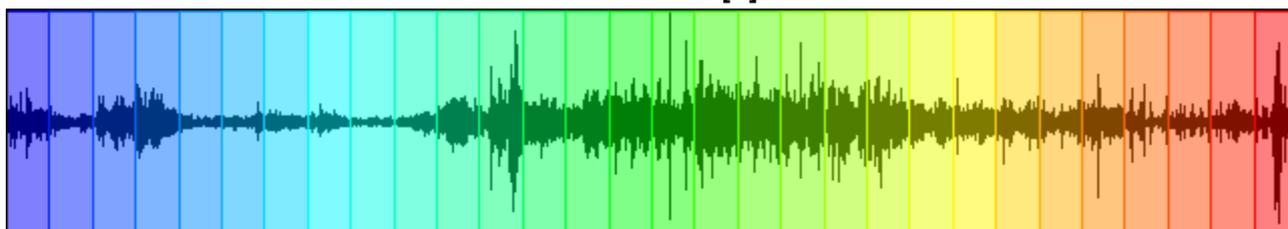
CHANNEL #2 [N]



-8056 Counts

7414 Counts

CHANNEL #3 [E]



-6748 Counts

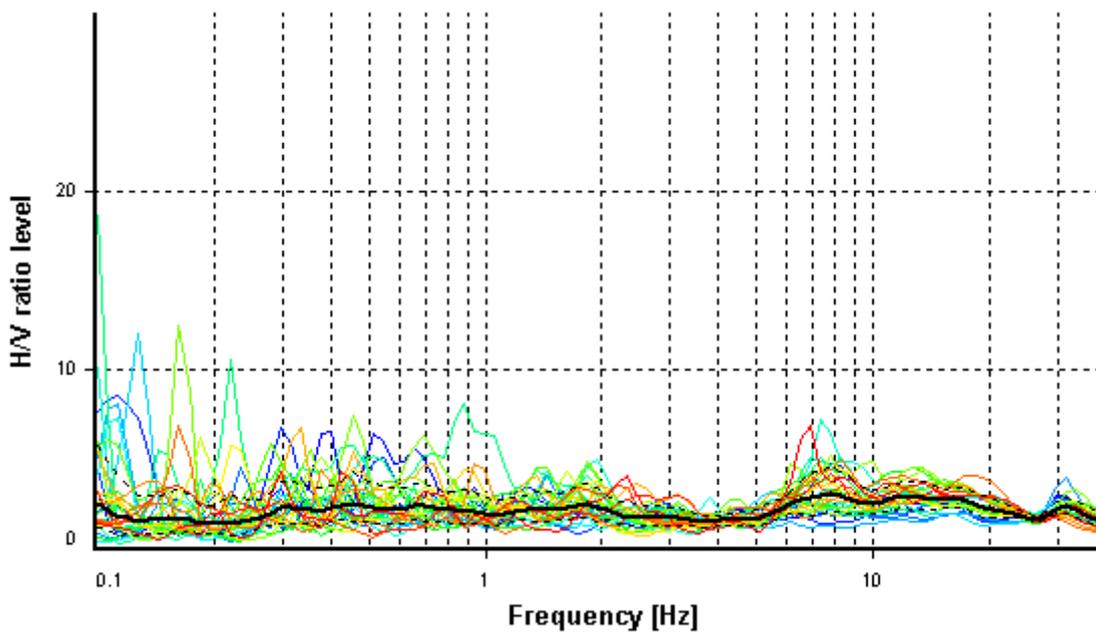
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

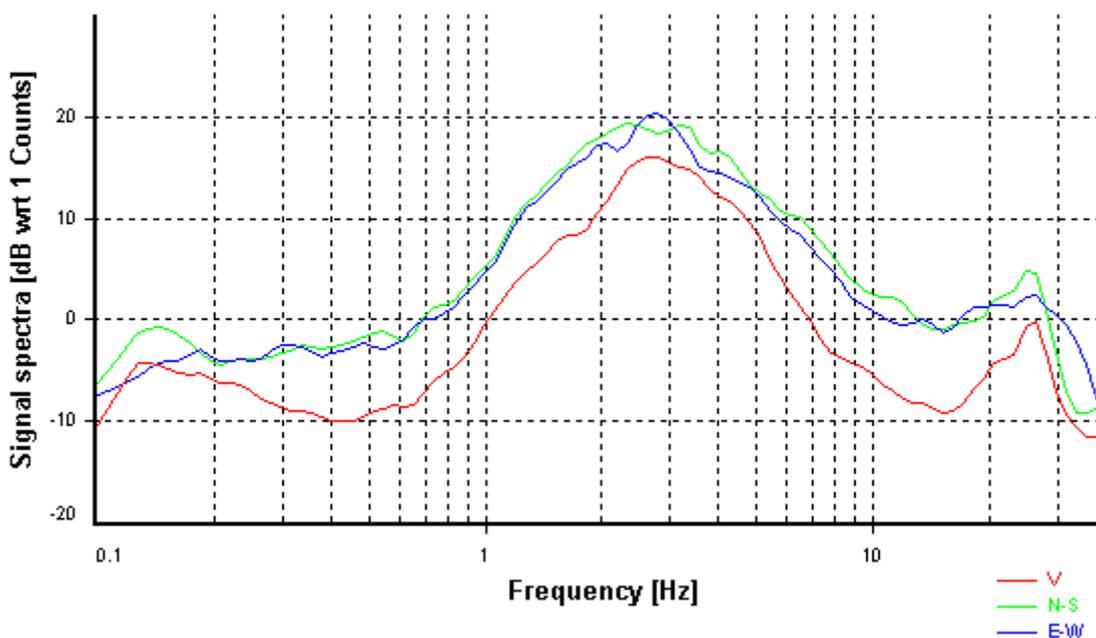
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

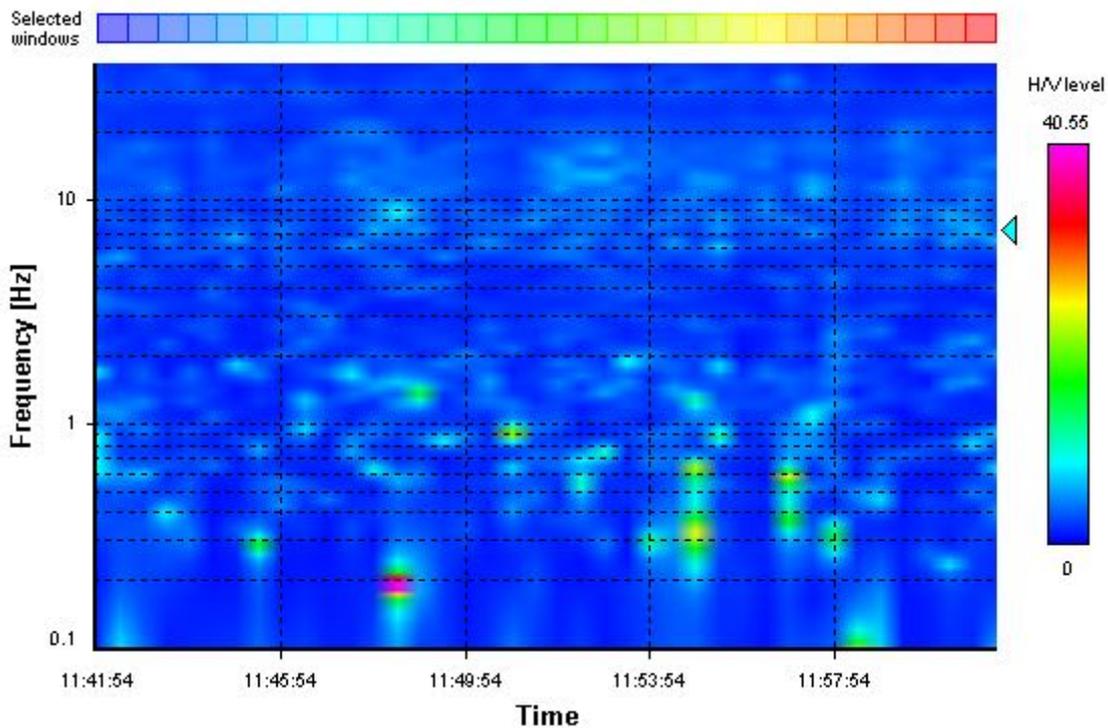
HVSR average



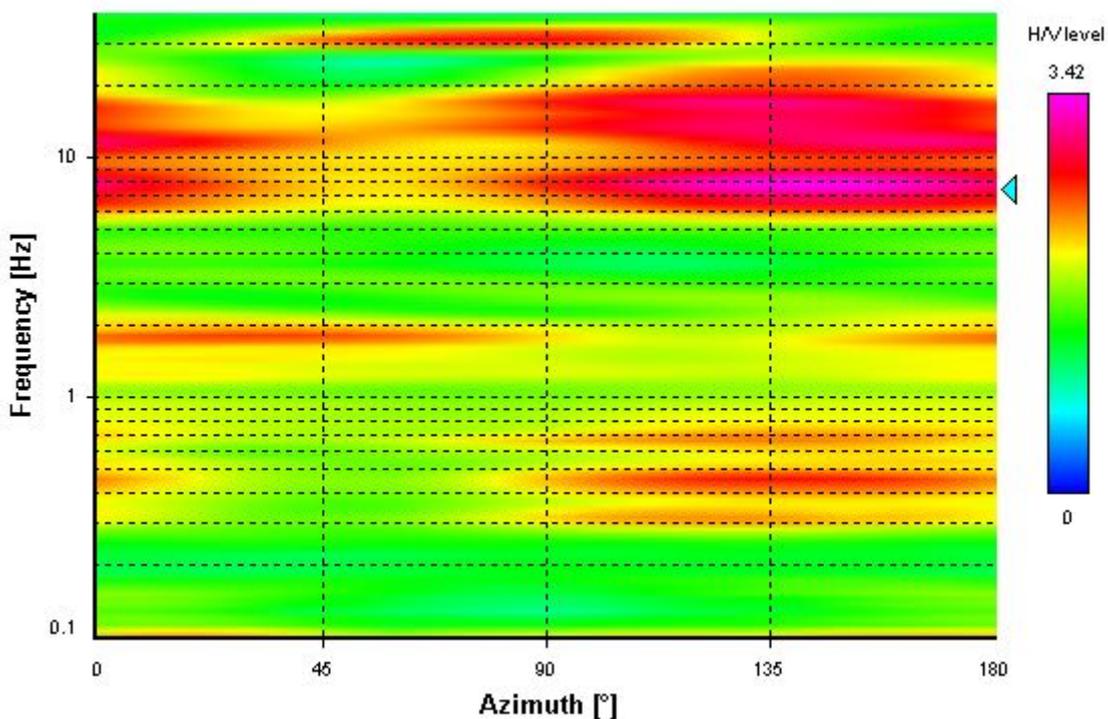
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



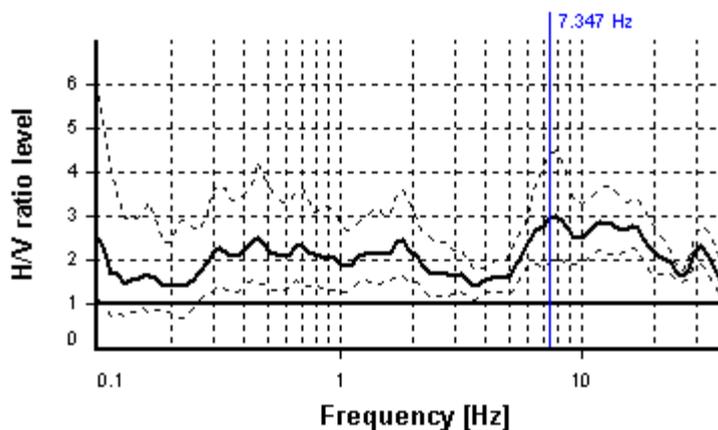
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

7.347 Hz

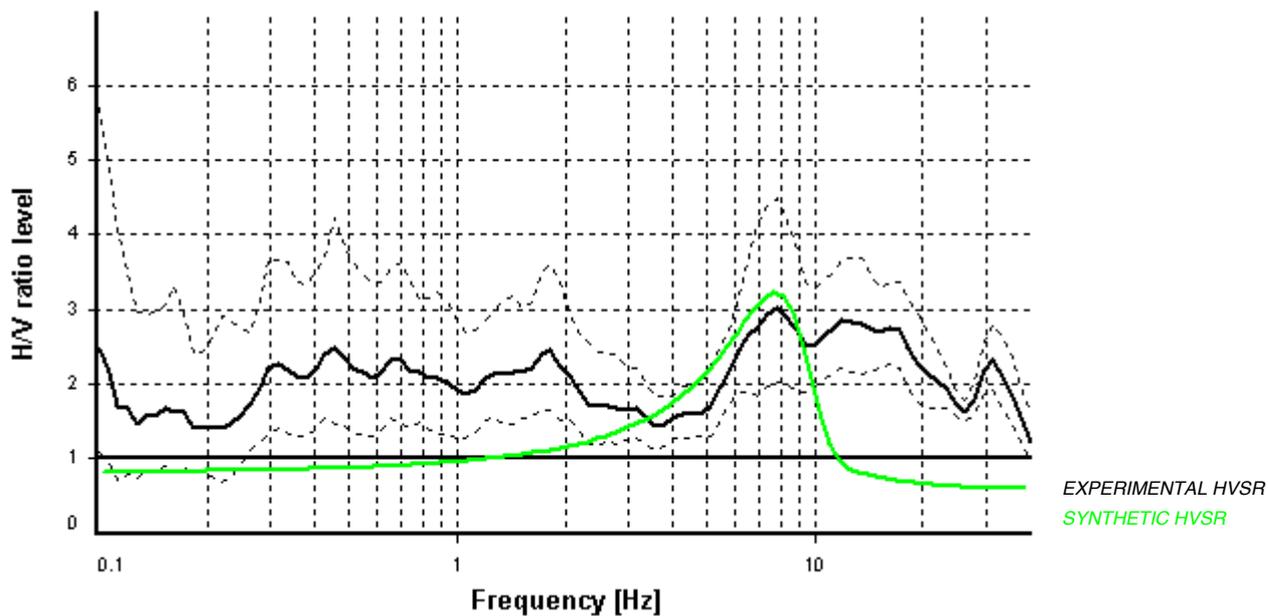
A_0 amplitude = 2.937

Average $f_0 = 7.996 \pm 1.629$

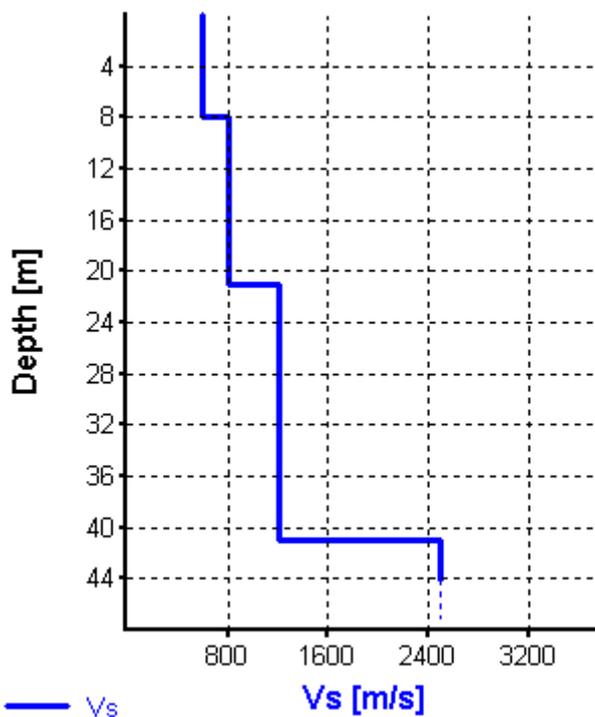


HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	30 valid windows (length > 1.36 s) out of 30	OK
$n_c(f_0) > 200$	8816.68 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	3.77577 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	0 Hz	NO
$A_0 > 2$	2.94 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	43.78% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.62929 \geq 0.36736	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.49826 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
8	8	1200	600	1800
13	21	1300	800	1800
20	41	2500	1200	1900
-	> 41	3500	2500	1900



$V_{s_{eq\ 30}} = 809 \text{ m/s (Offset = 0 m)}$

STATION INFORMATION

Station code: hvsr-03

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: N 03

Address: -

Latitude: 37.272819

Longitude: 13.870481

Coordinate system: WGS84

Elevation: 298 m s.l.m.

Weather: Cielo sereno, vento leggero

Notes: -

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2023/07/27 12:33:56

Recording length: 20 min

Windows count: 30

Average windows length: 40

Signal coverage: 100%

3958 Counts

CHANNEL #1 [V]



-3047 Counts

5476 Counts

CHANNEL #2 [N]



-6210 Counts

7218 Counts

CHANNEL #3 [E]



-7221 Counts

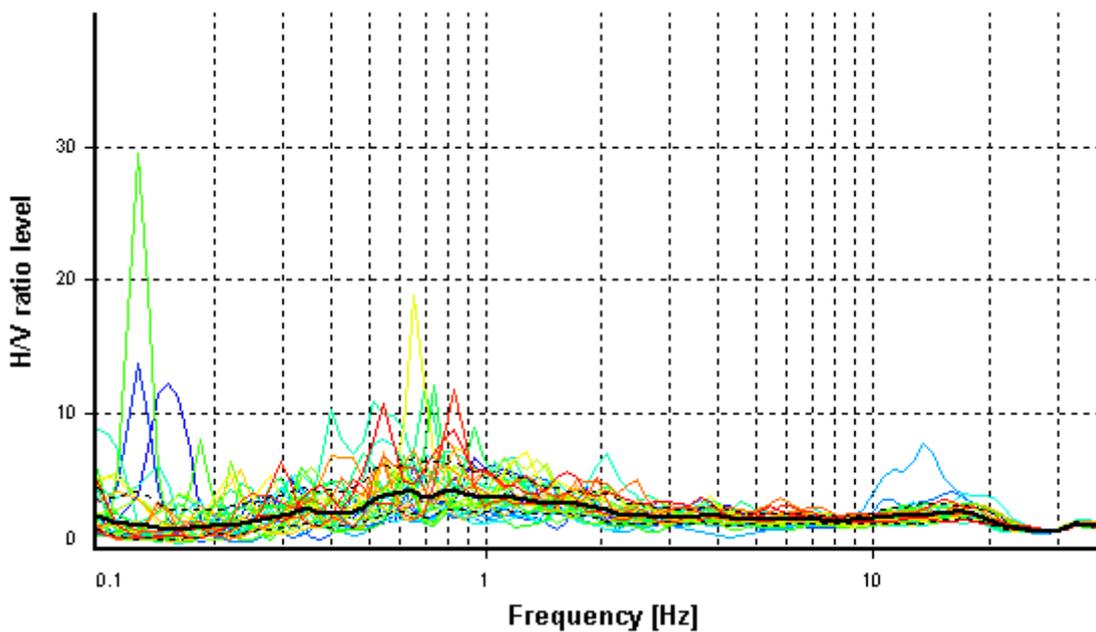
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

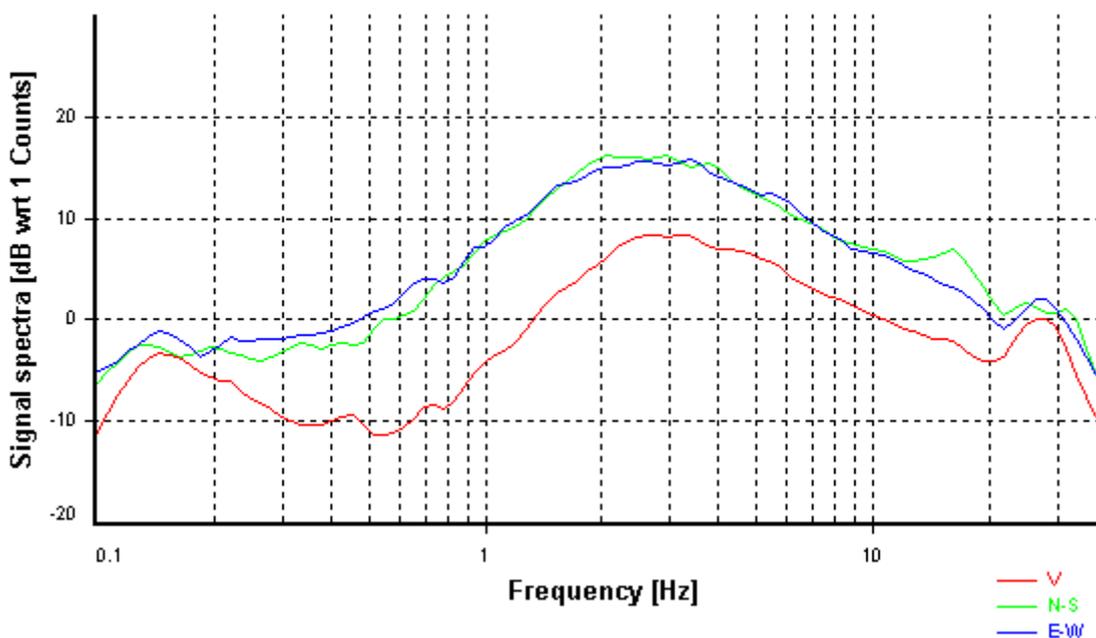
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

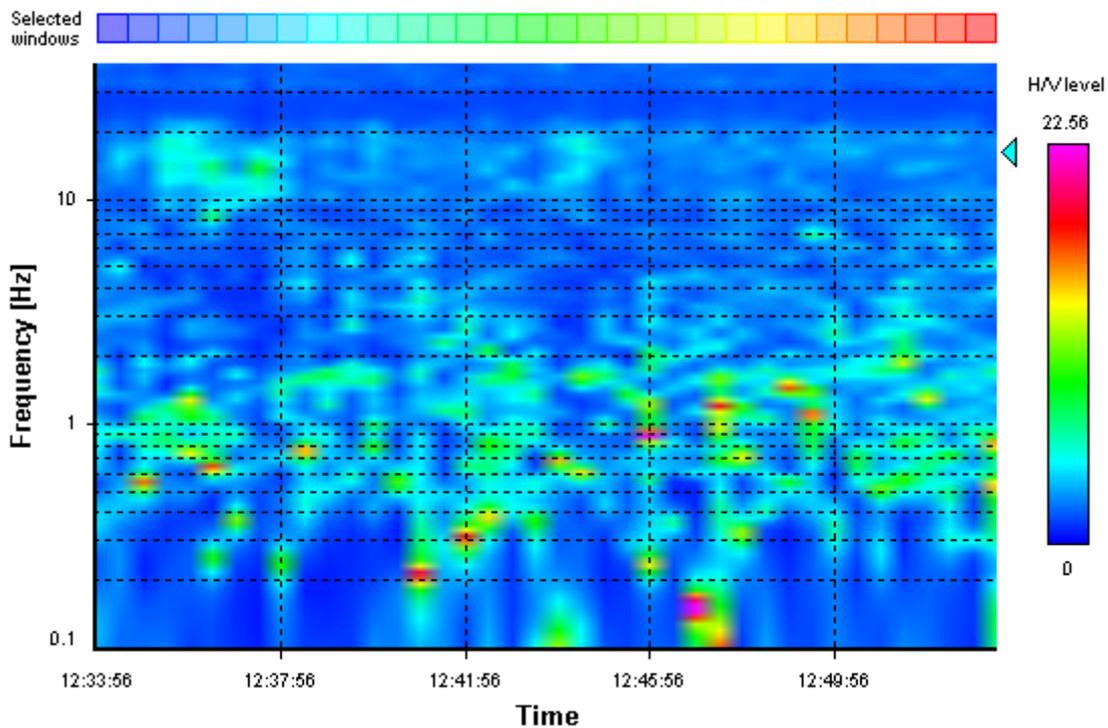
HVSR average



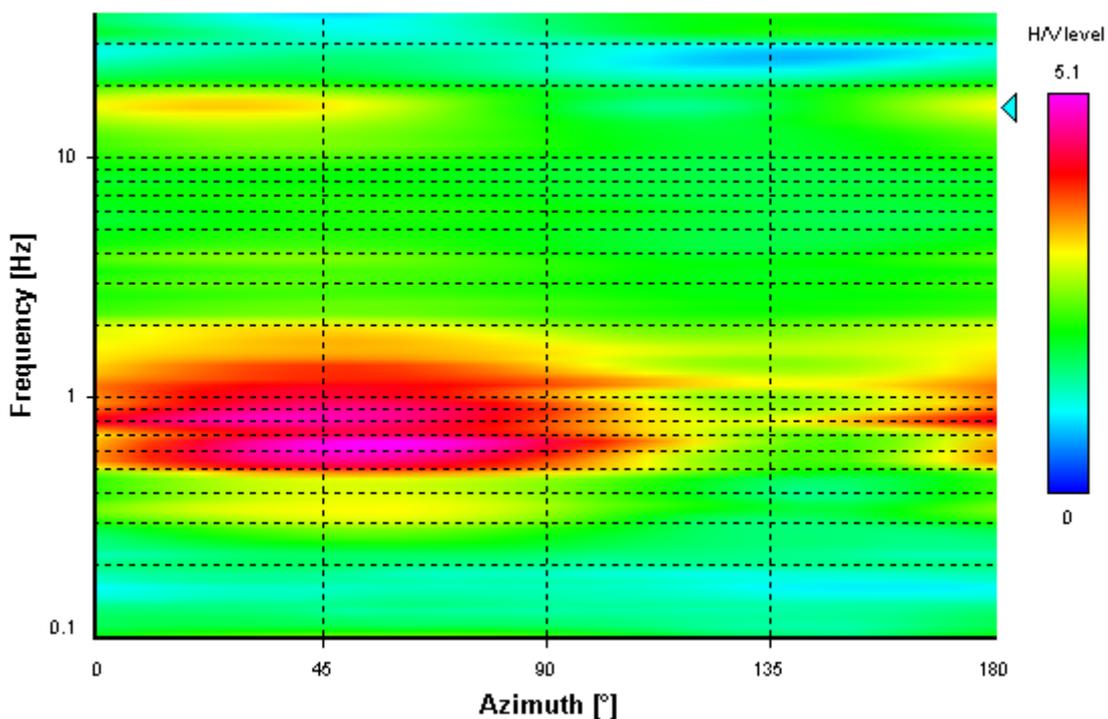
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



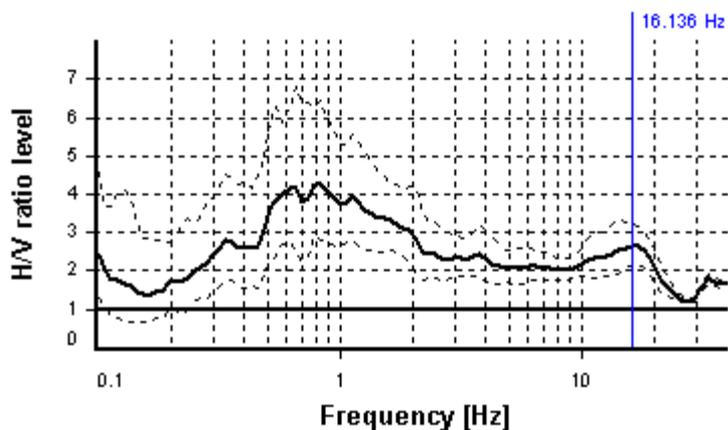
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

16.136 Hz

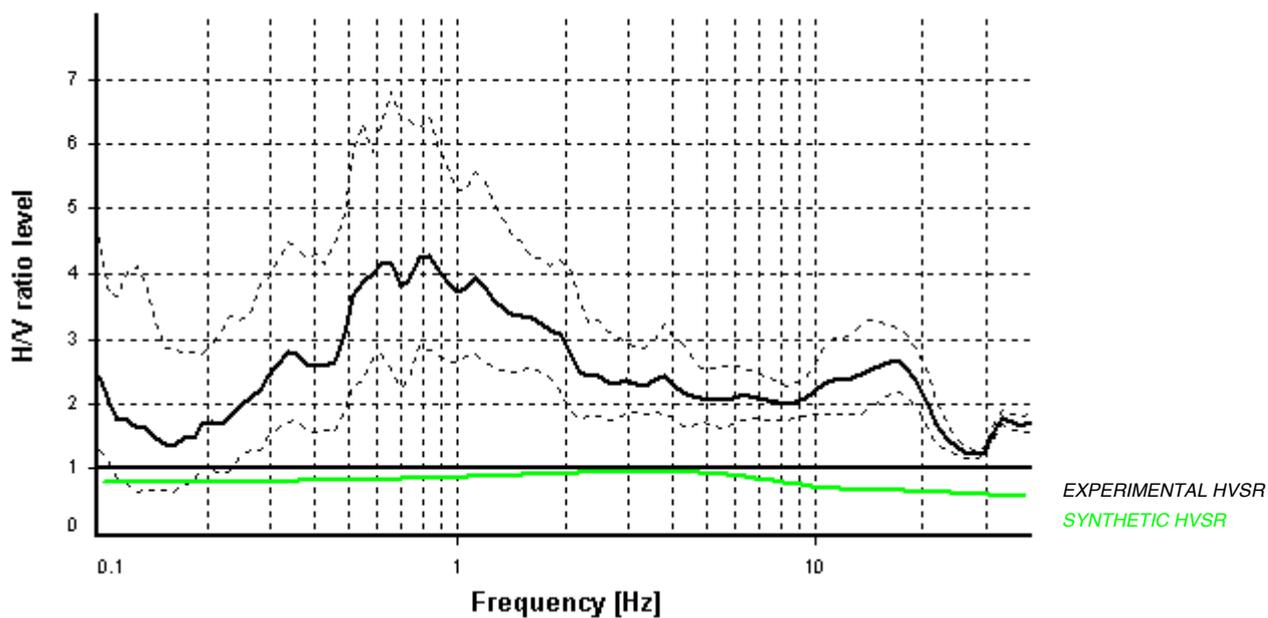
A_0 amplitude = 2.634

Average $f_0 = 15.637 \pm 1.836$

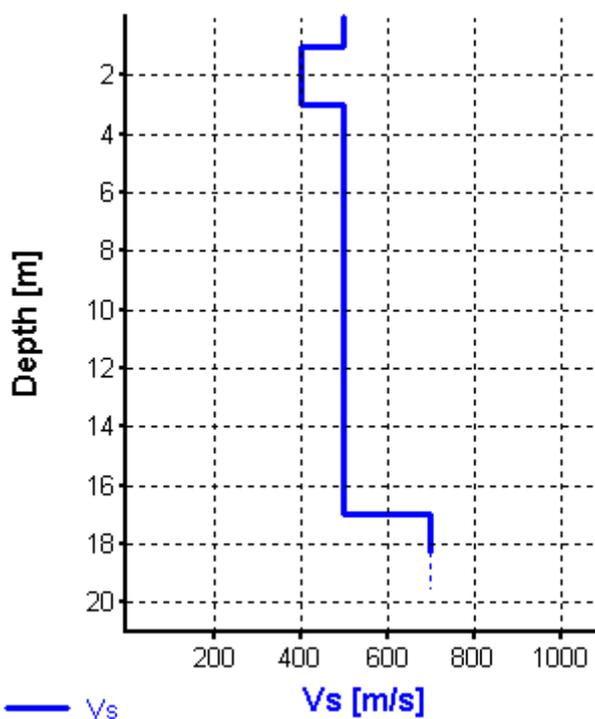


HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	30 valid windows (length > 0.62 s) out of 30	OK
$n_c(f_0) > 200$	19363.76 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	26.18641 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.63 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	11.4% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.83579 \geq 0.80682	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.21979 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
1	1	800	500	1800
2	3	1000	400	1800
14	17	900	500	1900
-	> 17	1000	700	1900



$V_{s_{eq\ 30}} = 560$ m/s (Offset = 0 m)

STATION INFORMATION

Station code: hvsr-03

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: N 04

Address: -

Latitude: 37.278640

Longitude: 13.878382

Coordinate system: WGS84

Elevation: 307 m s.l.m.

Weather: Cielo sereno, vento leggero

Notes: -

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2023/07/27 15:31:40

Recording length: 12.08 min

Windows count: 18

Average windows length: 40

Signal coverage: 99.31%

2937 Counts

CHANNEL #1 [V]



-2522 Counts

5048 Counts

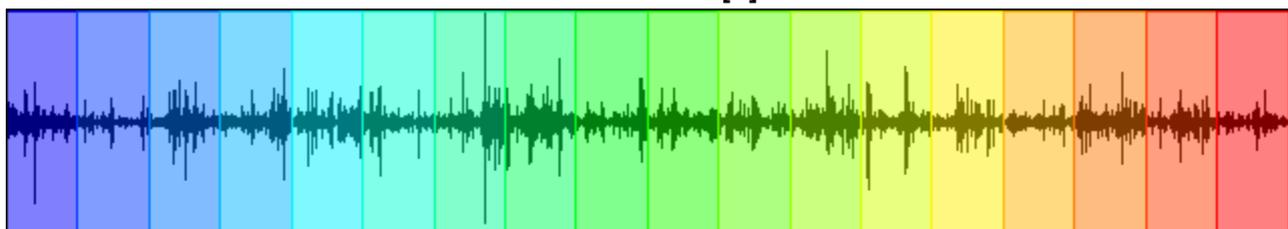
CHANNEL #2 [N]



-7748 Counts

12037 Counts

CHANNEL #3 [E]



-10899 Counts

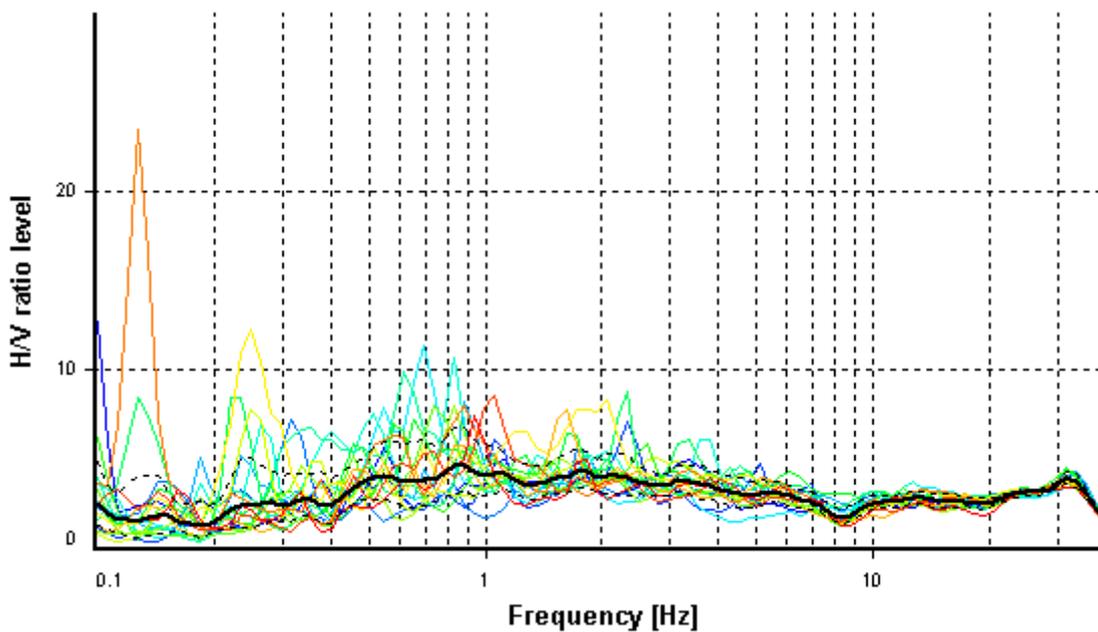
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

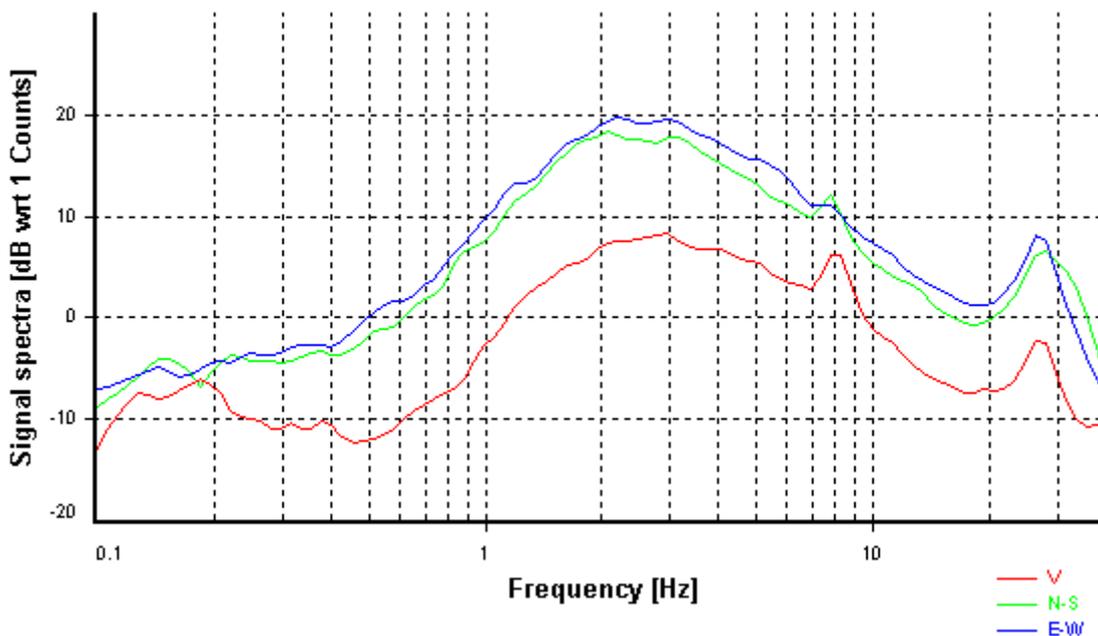
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

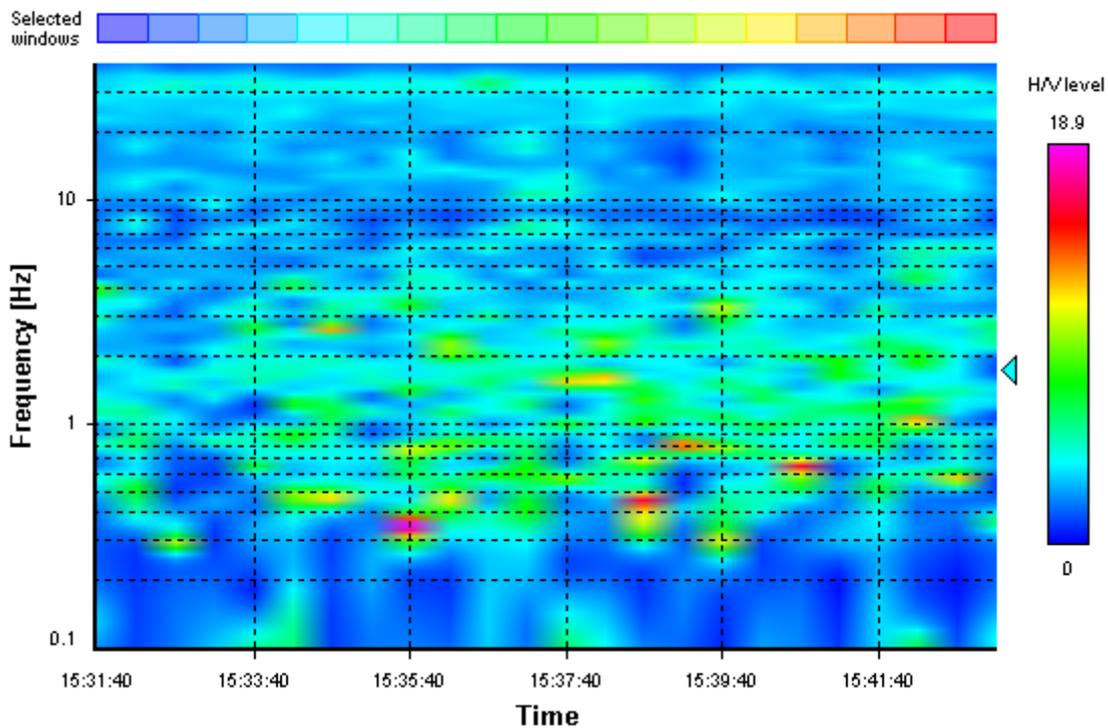
HVSR average



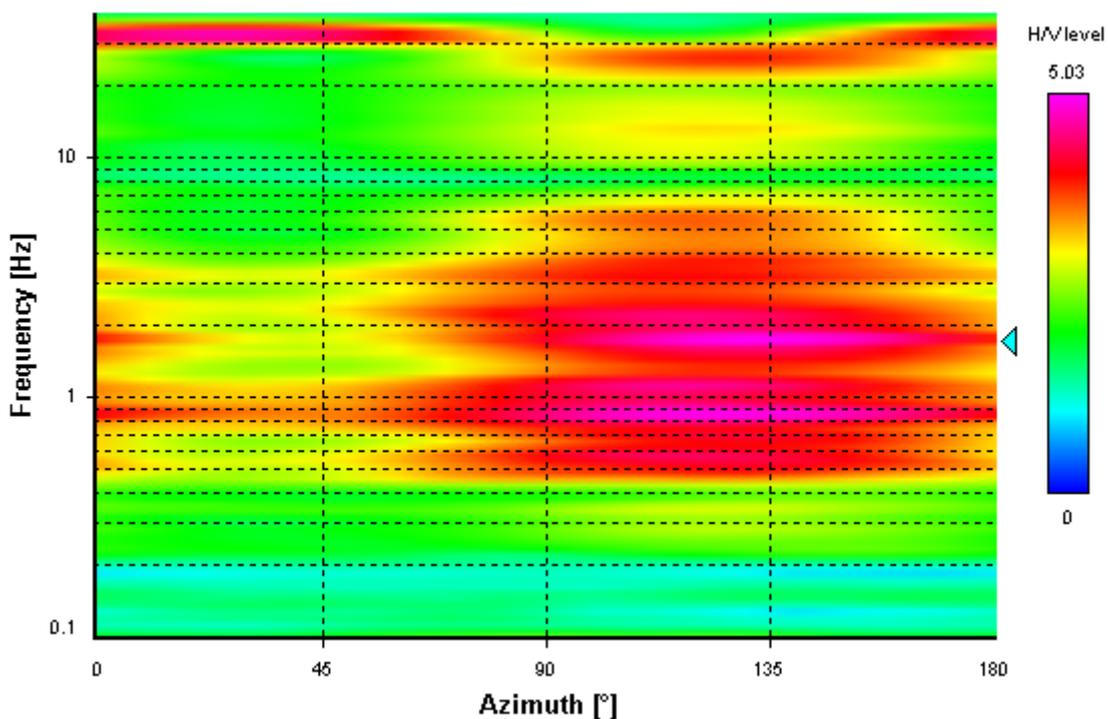
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



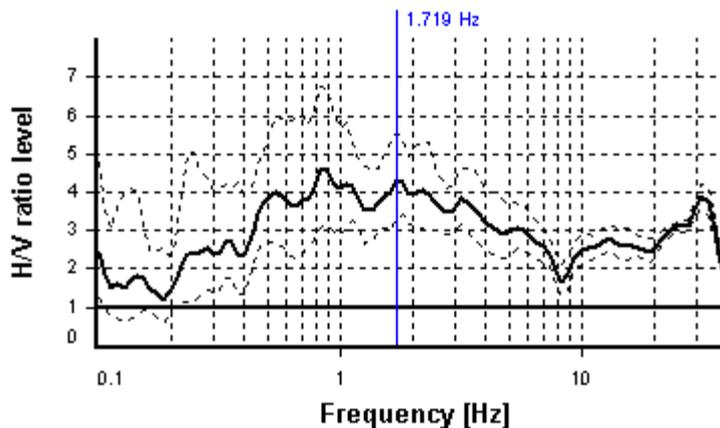
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

1.719 Hz

A_0 amplitude = 4.307

Average $f_0 = 1.783 \pm 0.386$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	18 valid windows (length > 5.82 s) out of 18	OK
$n_c(f_0) > 200$	1237.81 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	0 Hz	NO
$A_0 > 2$	4.31 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	6.24% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.38625 \geq 0.17192	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.29313 < 1.78	OK
Overall criteria fulfillment		NO

STATION INFORMATION

Station code: hvsr-03

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: N 05

Address: -

Latitude: 37.2659103

Longitude: 13.8815601

Coordinate system: WGS84

Elevation: 290 m s.l.m.

Weather: Cielo sereno, vento leggero

Notes: -

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2023/07/27 16:33:20

Recording length: 20 min

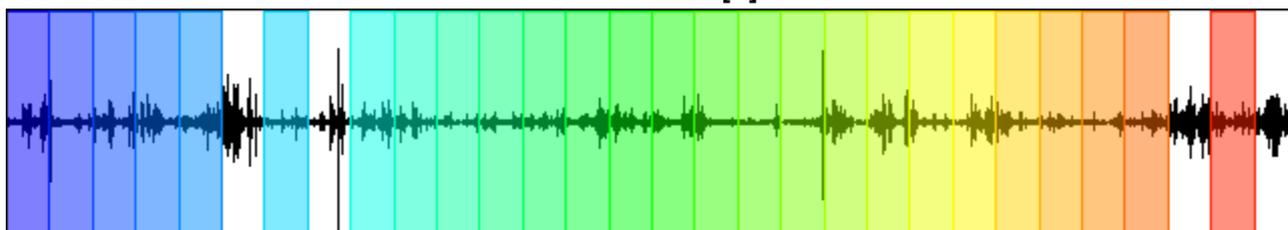
Windows count: 26

Average windows length: 40

Signal coverage: 86.67%

10541 Counts

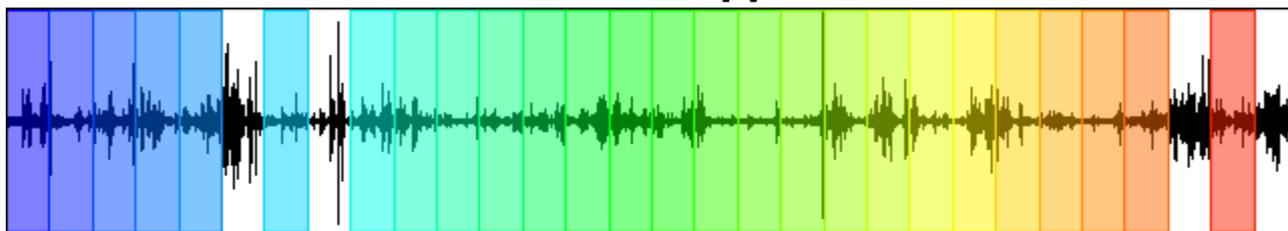
CHANNEL #1 [V]



-15215 Counts

20795 Counts

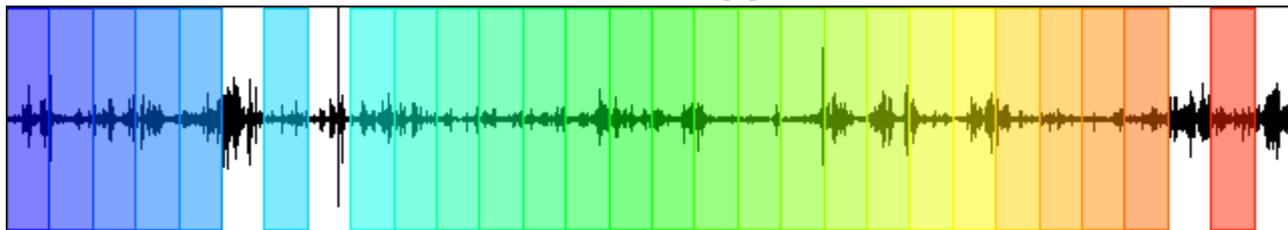
CHANNEL #2 [N]



-21256 Counts

34948 Counts

CHANNEL #3 [E]



-27243 Counts

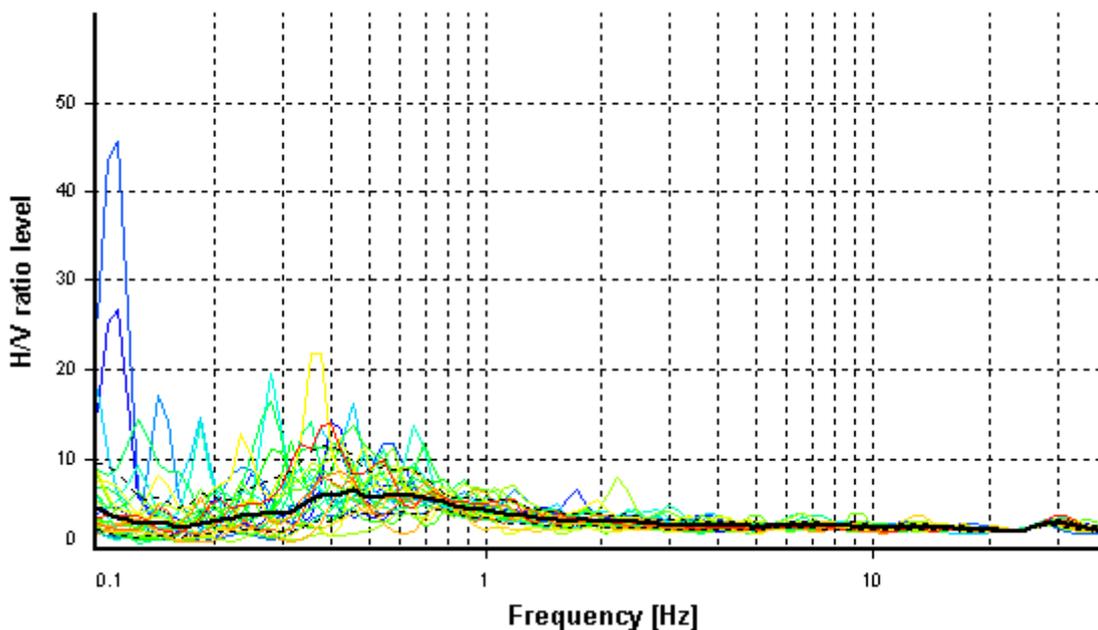
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

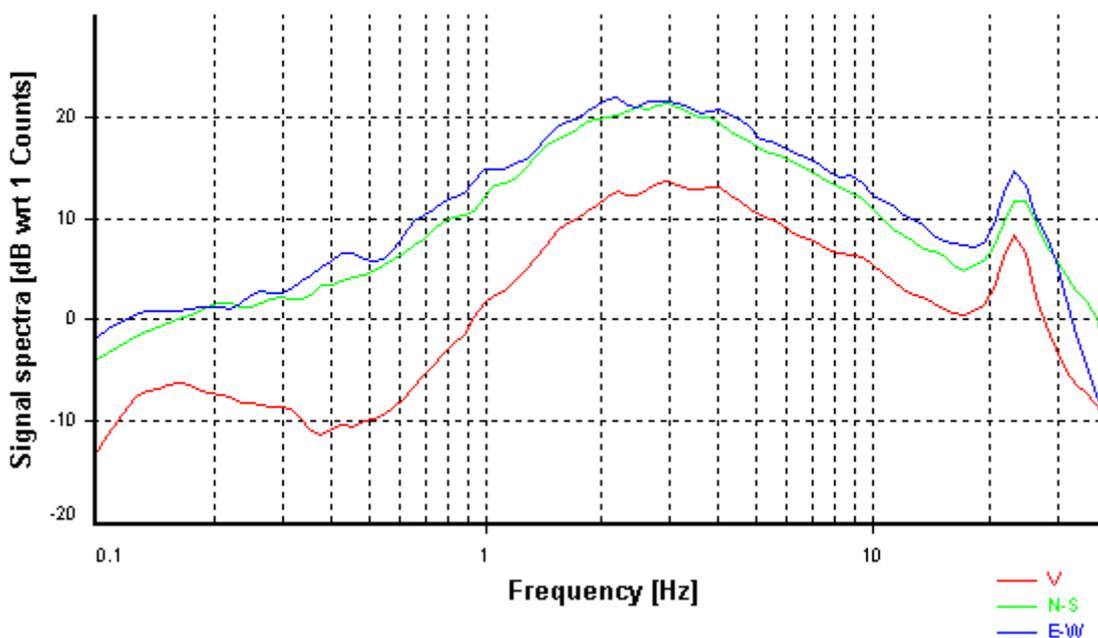
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

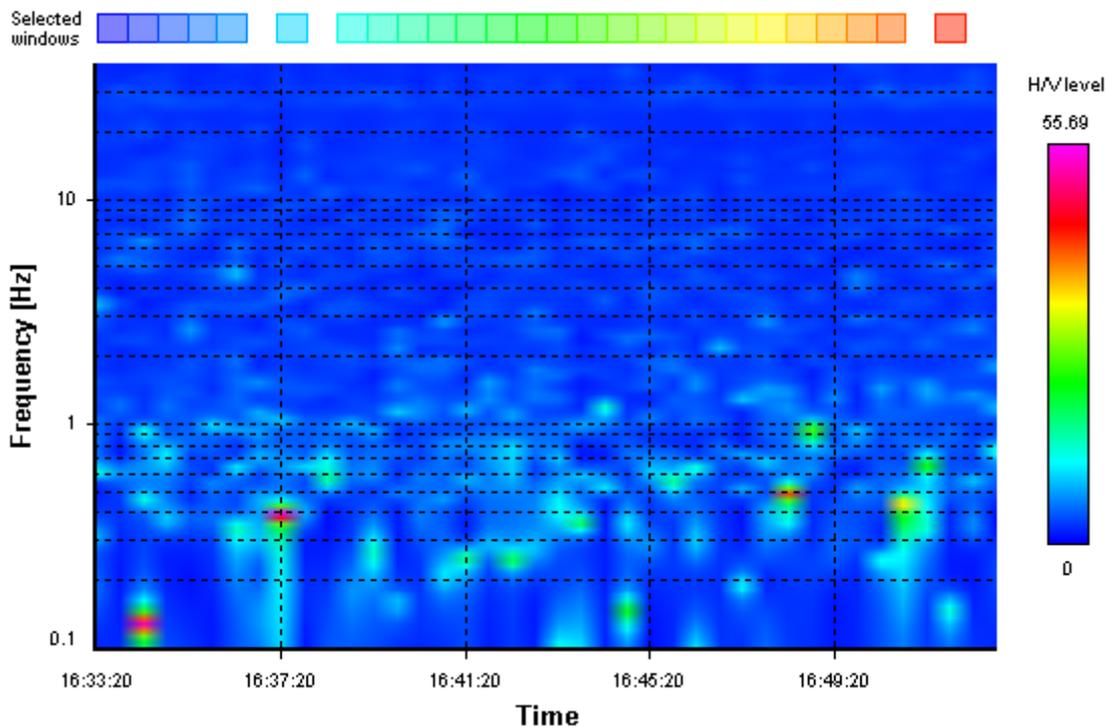
HVSR average



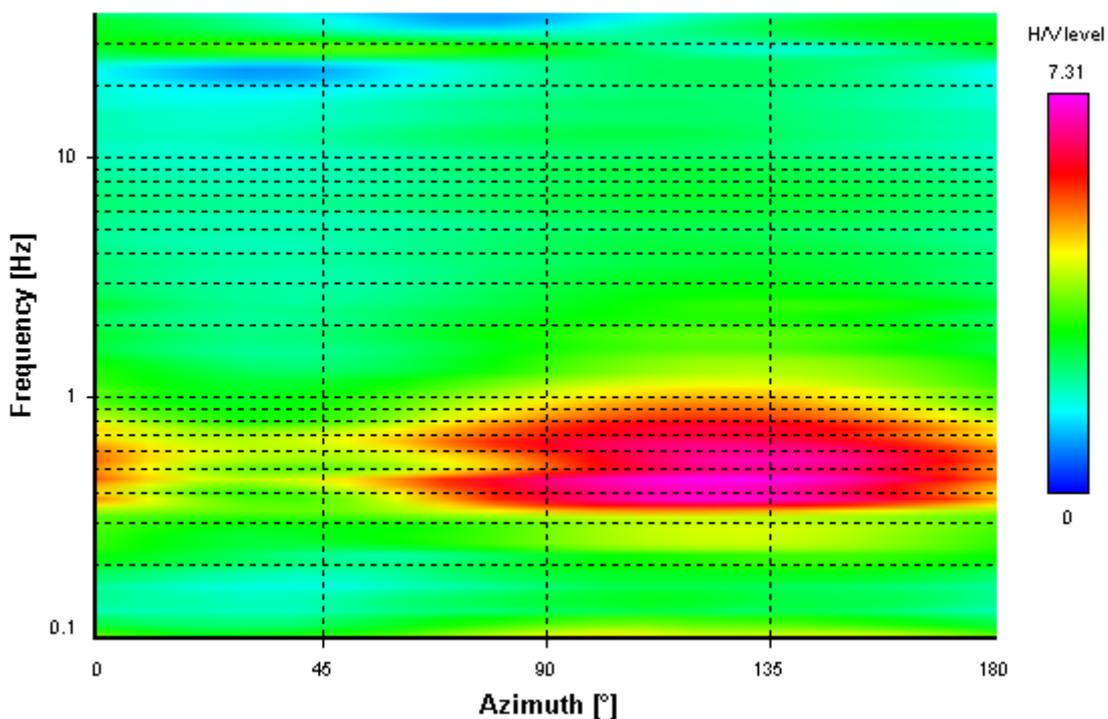
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



STATION INFORMATION

Station code: hvsr-03

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: N 08

Address: -

Latitude: 37.2553629

Longitude: 37.2553629,13.8528481

Coordinate system: WGS84

Elevation: 323 m s.l.m.

Weather: Cielo sereno, vento leggero

Notes: -

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

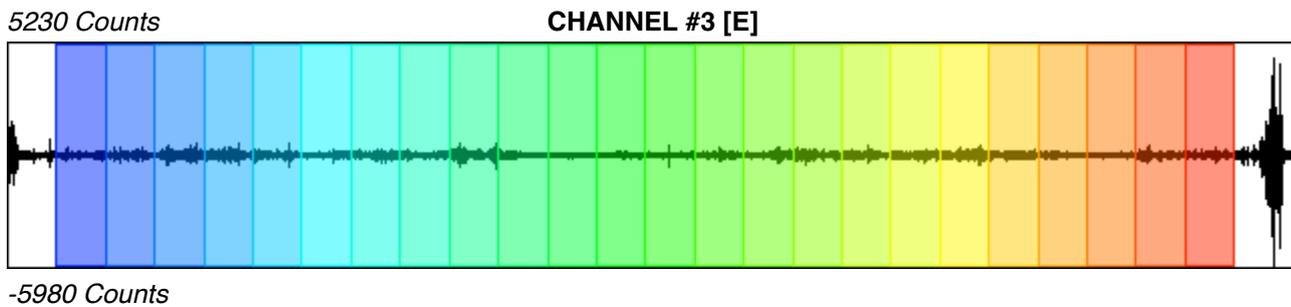
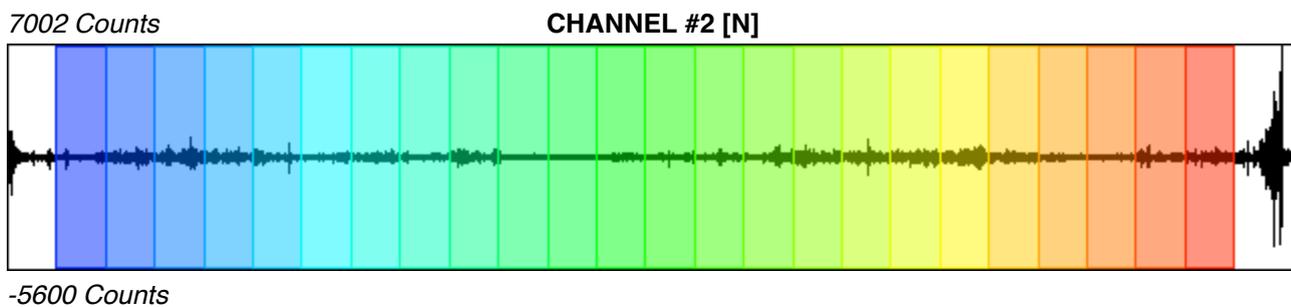
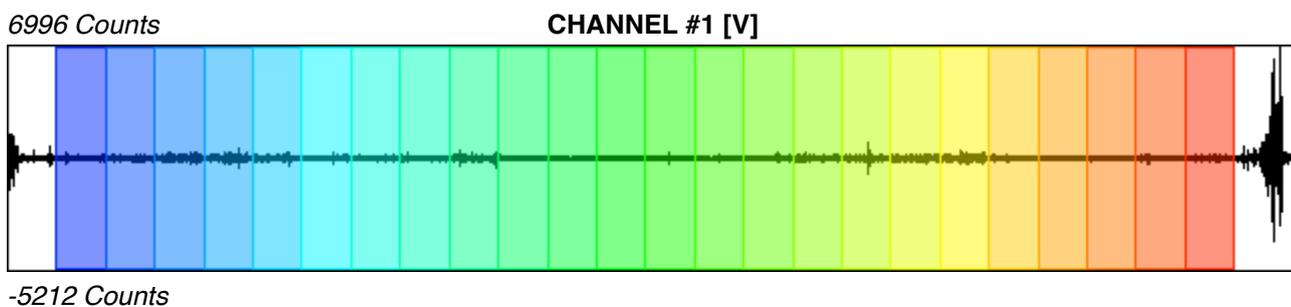
Recording start time: 2023/07/28 00:01:13

Recording length: 17.53 min

Windows count: 24

Average windows length: 40

Signal coverage: 91.25%



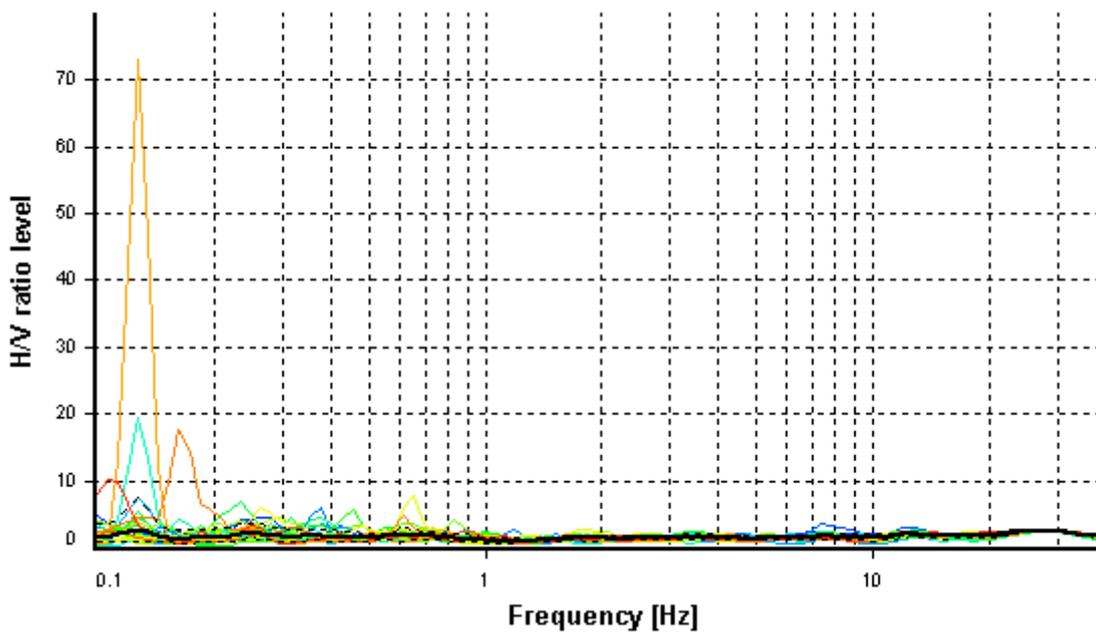
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

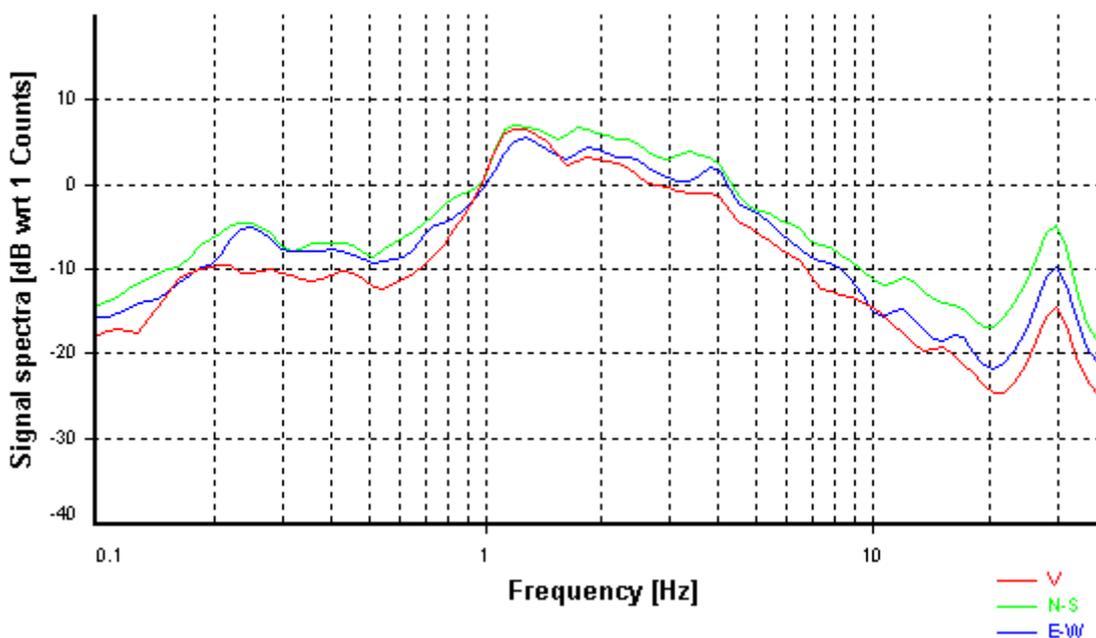
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

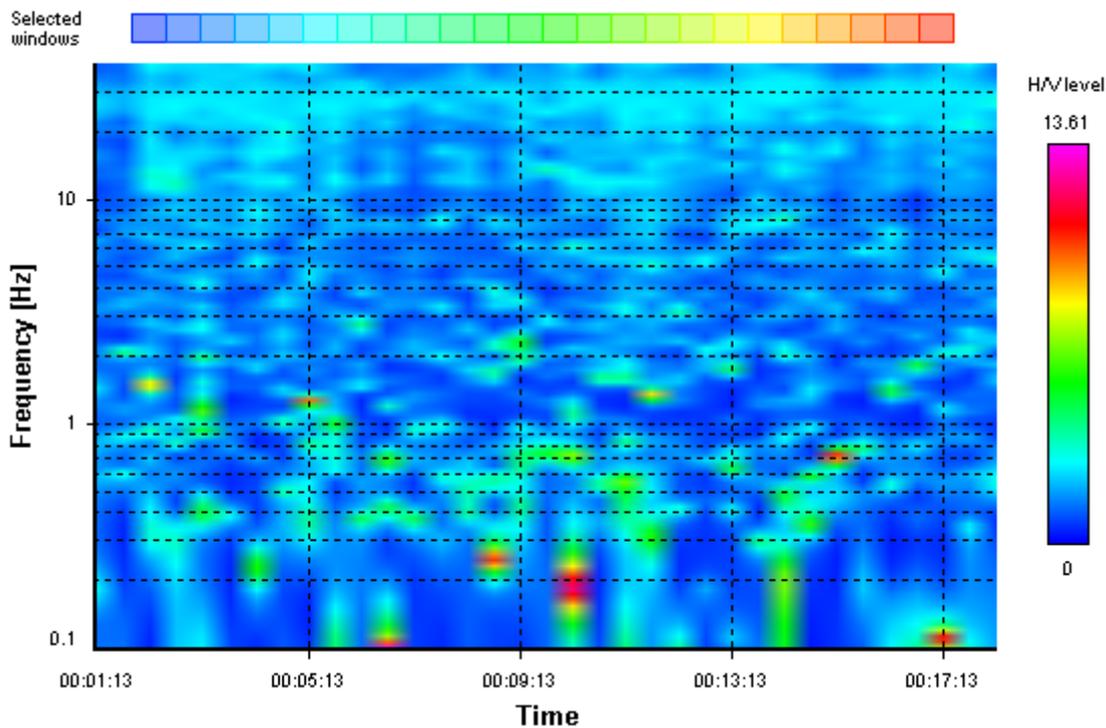
HVSR average



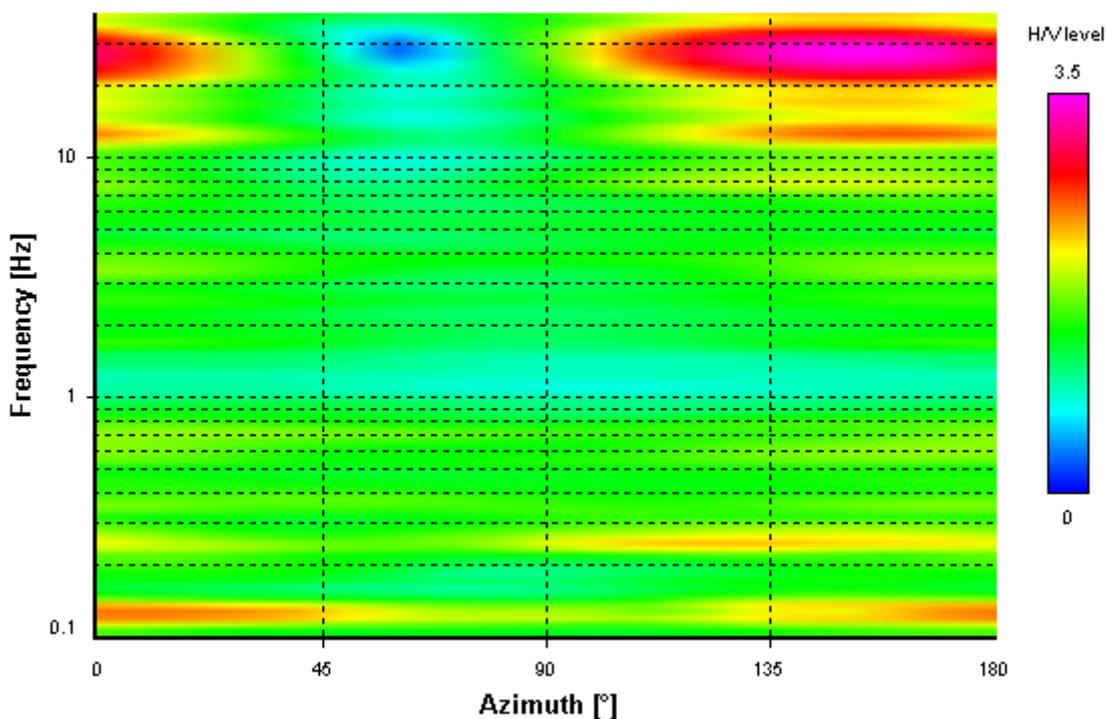
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



STATION INFORMATION

Station code: hvsr-03

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: N 09

Address: Naro

Latitude: 37.246082

Longitude: 13.828032

Coordinate system: WGS84

Elevation: 282 m s.l.m.

Weather: Cielo sereno, leggero vento

Notes: -

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

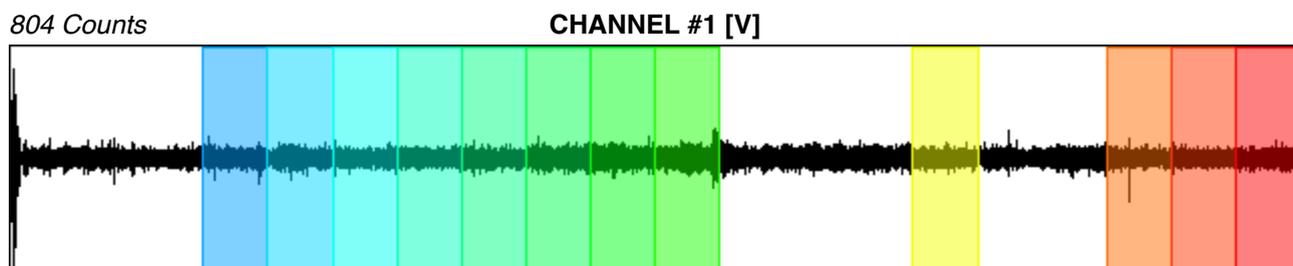
Recording start time: 2023/07/28 08:42:27

Recording length: 20 min

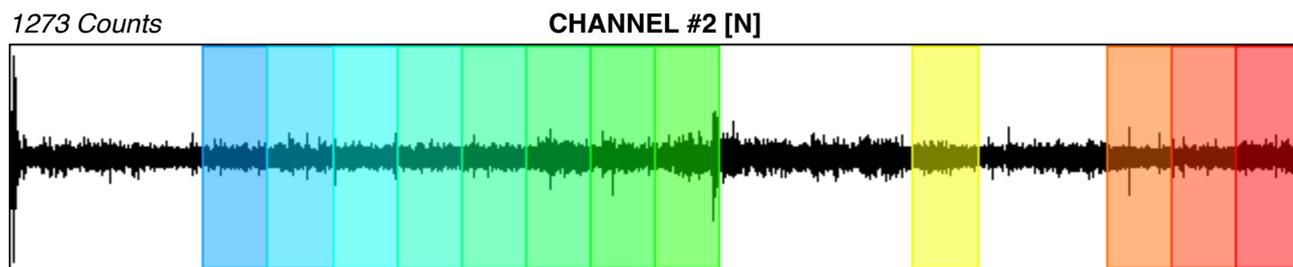
Windows count: 12

Average windows length: 60

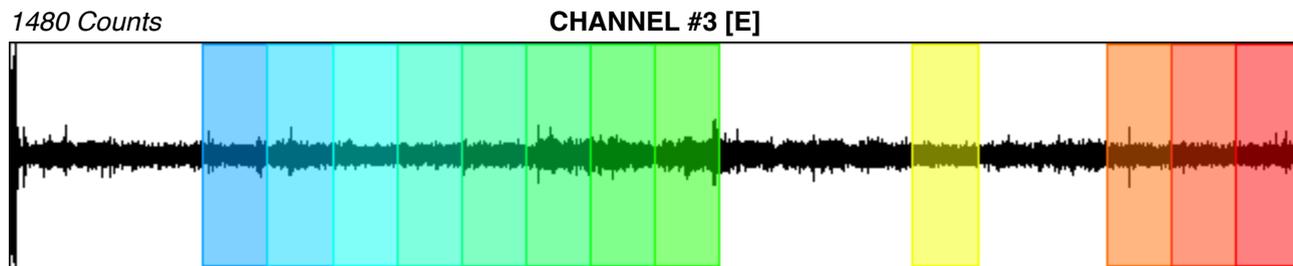
Signal coverage: 60%



-990 Counts



-1388 Counts



-1474 Counts

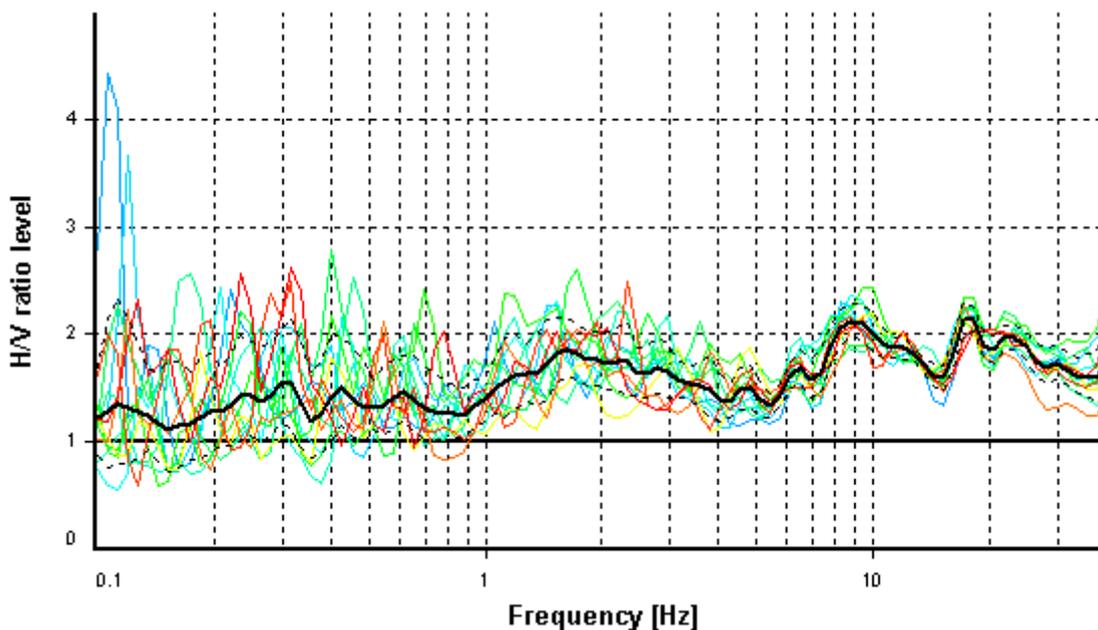
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

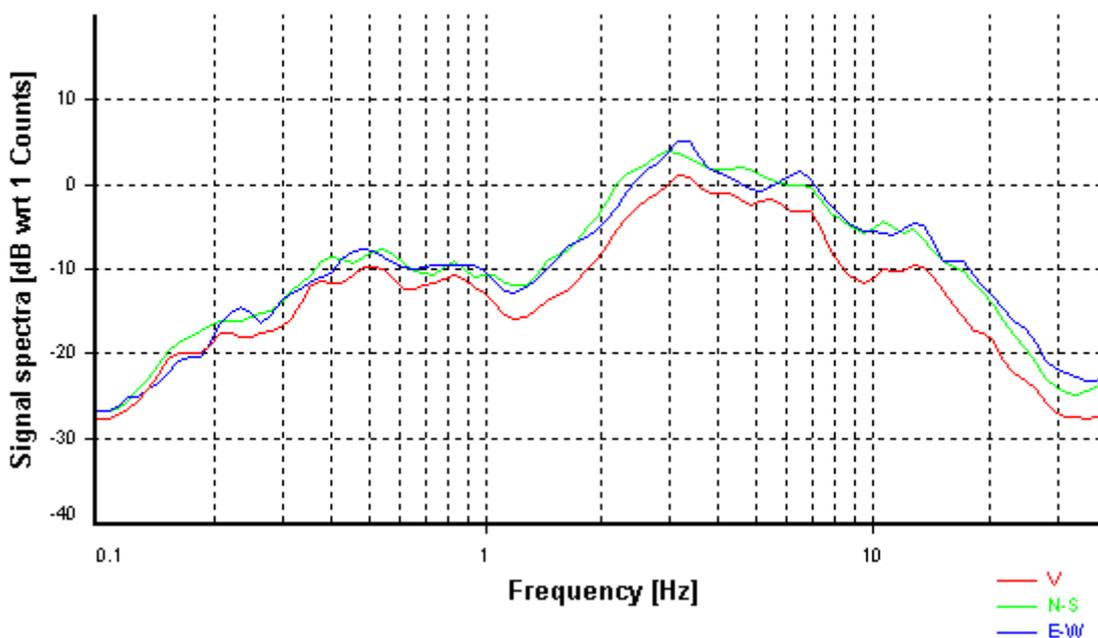
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

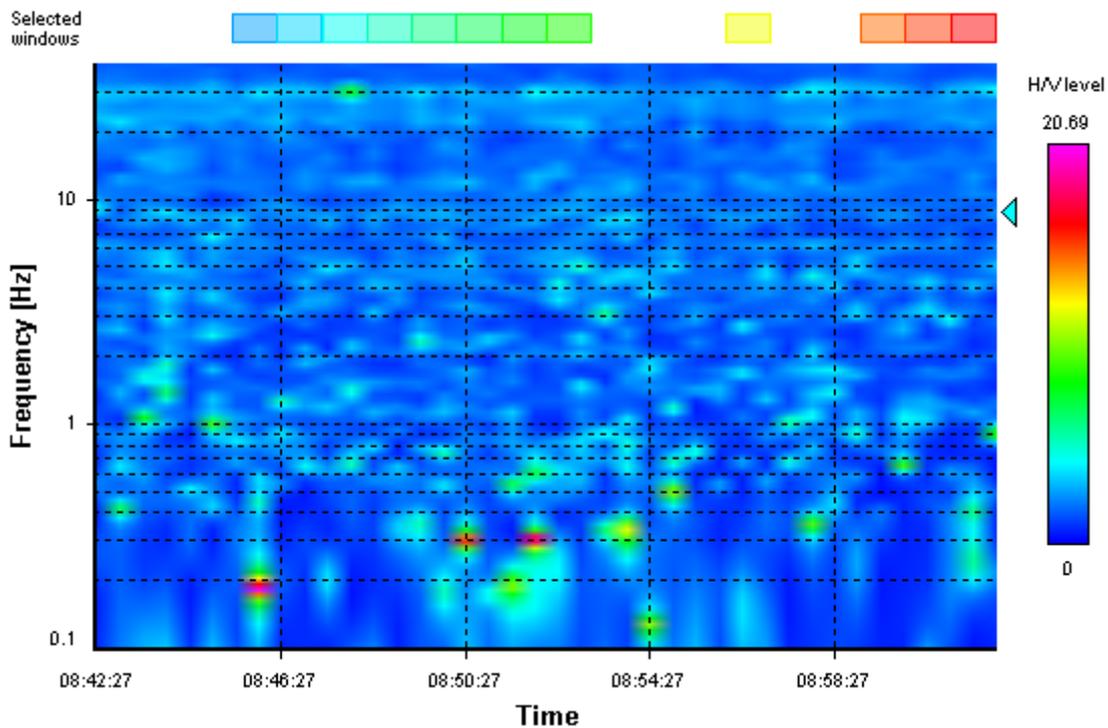
HVSR average



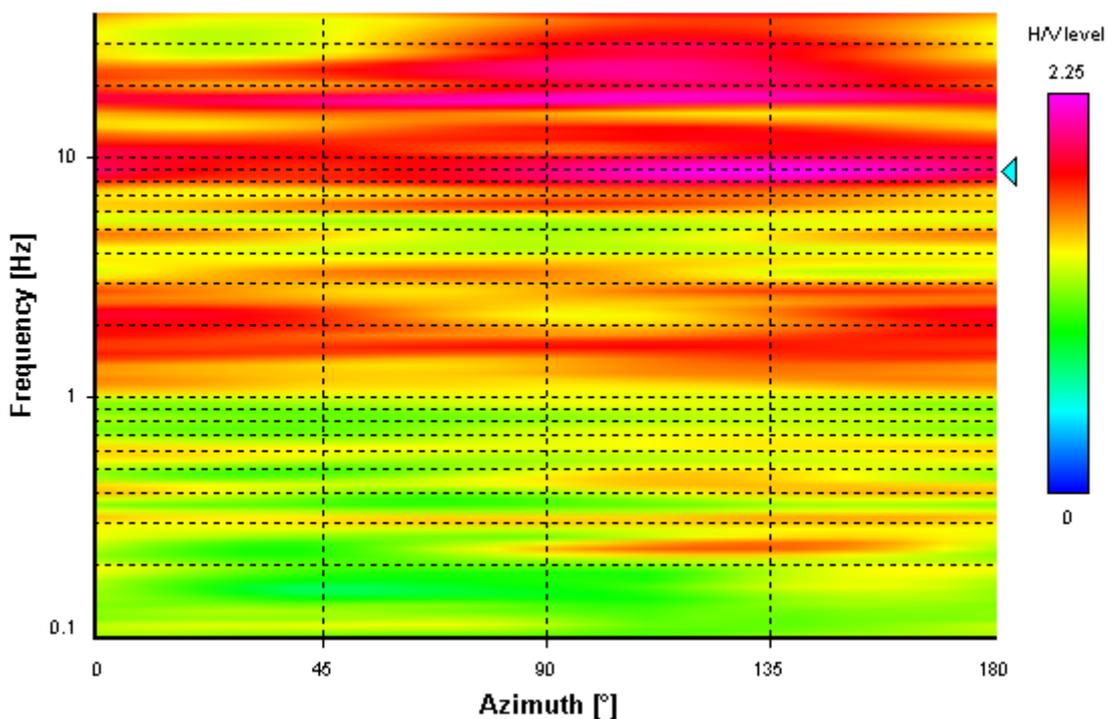
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



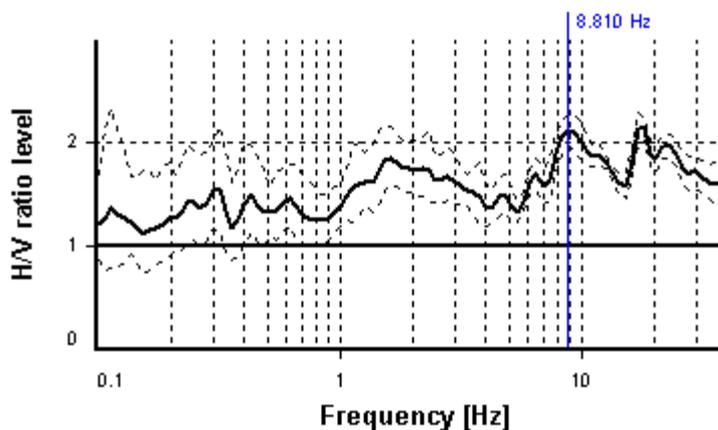
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

8.810 Hz

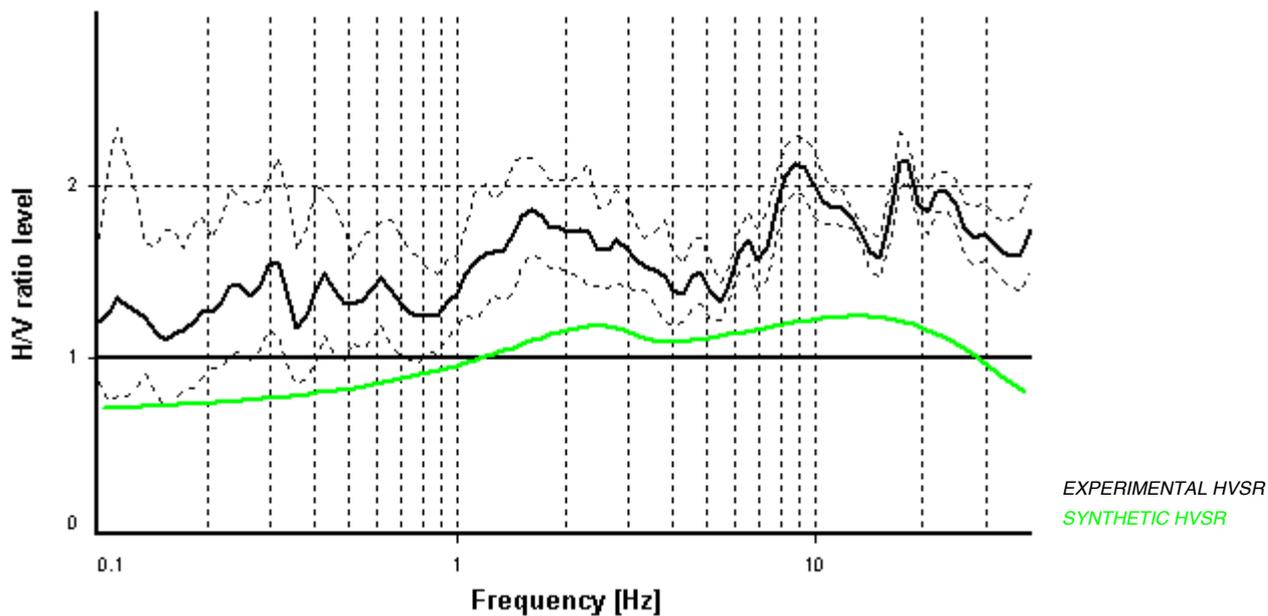
A_0 amplitude = 2.123

Average $f_0 = 9.061 \pm 0.725$

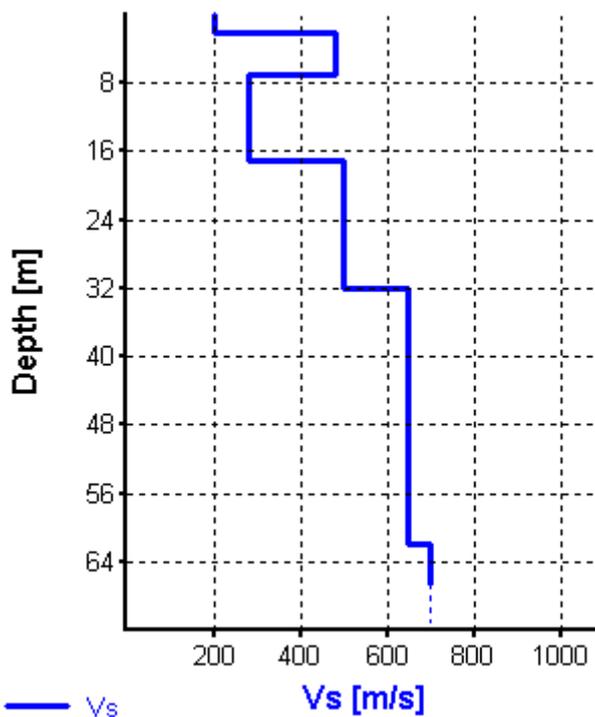


HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	12 valid windows (length > 1.14 s) out of 12	OK
$n_c(f_0) > 200$	6343.17 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 23	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	0 Hz	NO
$A_0 > 2$	2.12 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% \leq 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.7253 \geq 0.4405	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.07471 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
2	2	300	200	1500
5	7	500	480	1500
10	17	350	280	1600
15	32	800	500	1600
30	62	1000	650	1700
-	> 62	1200	700	1700



$V_{s_{eq} 30} = 365 \text{ m/s (Offset} = 0 \text{ m)}$

STATION INFORMATION

Station code: hvsr-03

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: N 10

Address: -

Latitude: 37.2574214

Longitude: 13.8204614

Coordinate system: WGS84

Elevation: 255 m s.l.m.

Weather: Cielo sereno, vento leggero

Notes: -

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2023/07/28 10:47:13

Recording length: 7.98 min

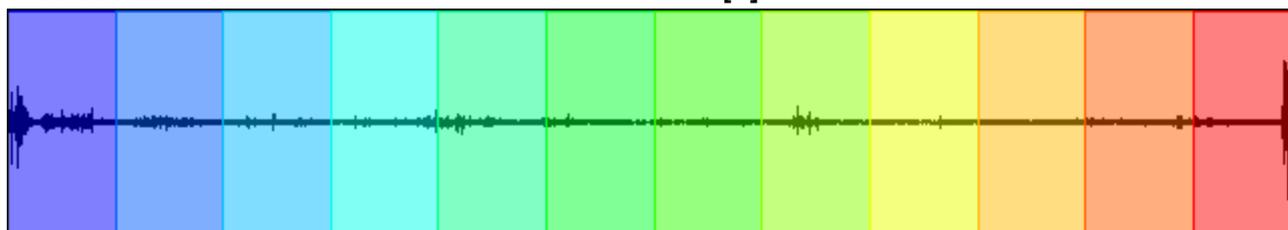
Windows count: 12

Average windows length: 39.92

Signal coverage: 100%

5108 Counts

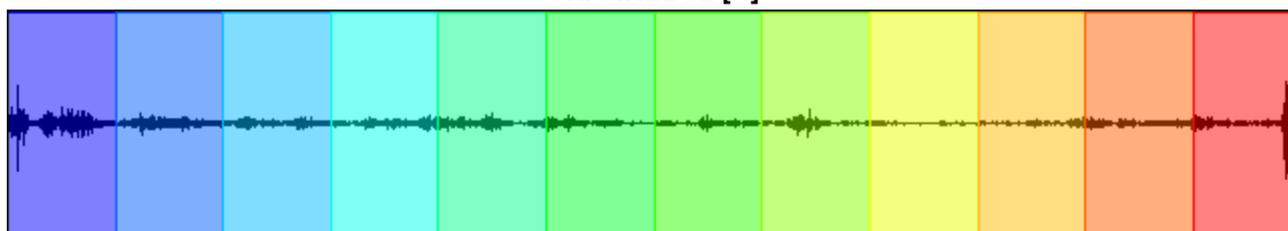
CHANNEL #1 [V]



-4916 Counts

7649 Counts

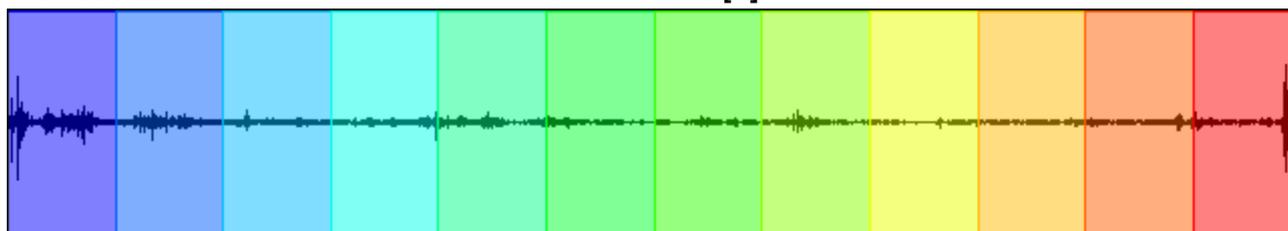
CHANNEL #2 [N]



-13875 Counts

7484 Counts

CHANNEL #3 [E]



-10817 Counts

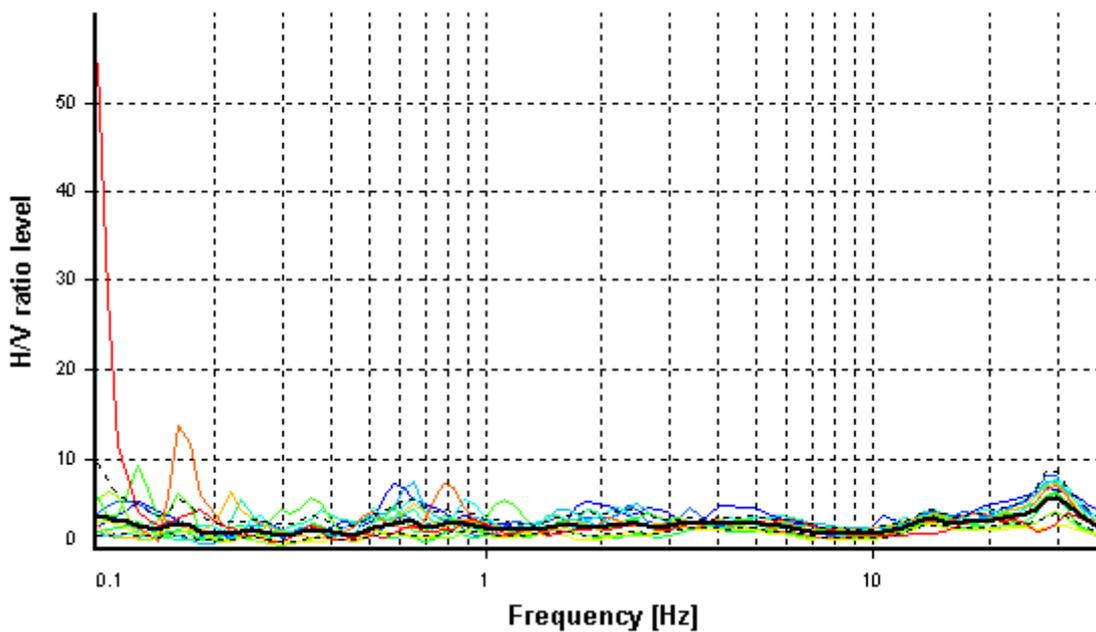
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

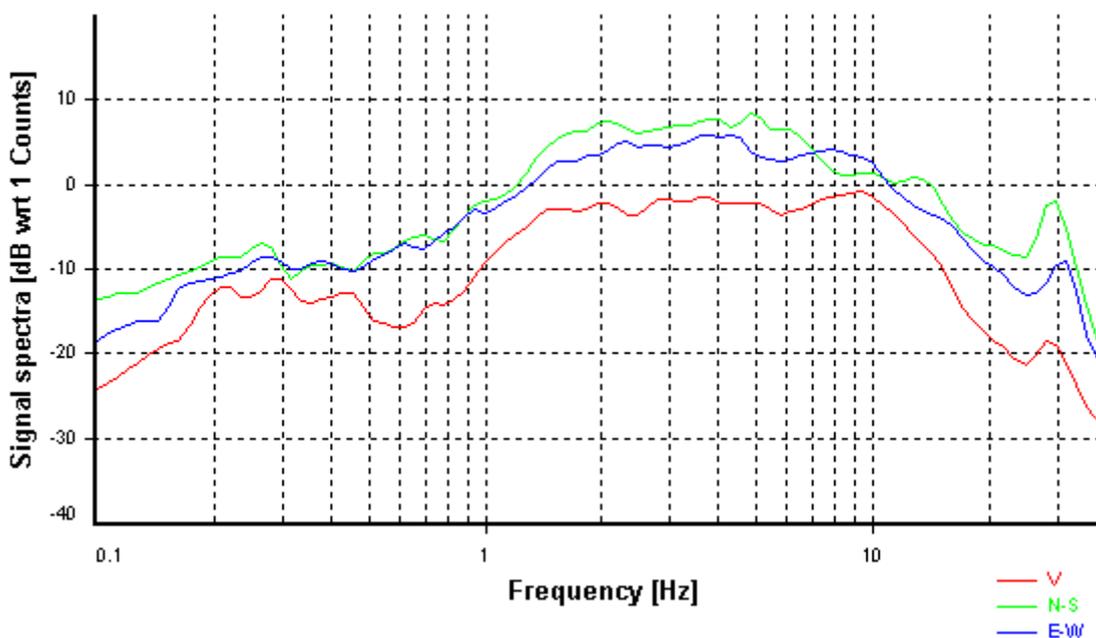
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

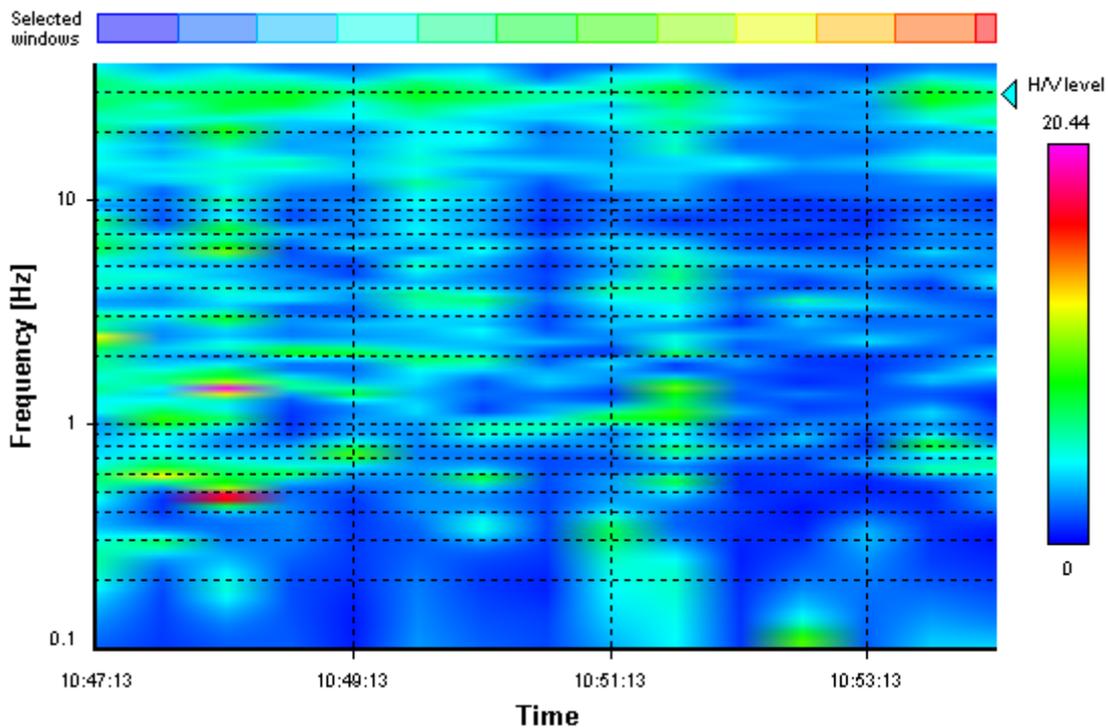
HVSR average



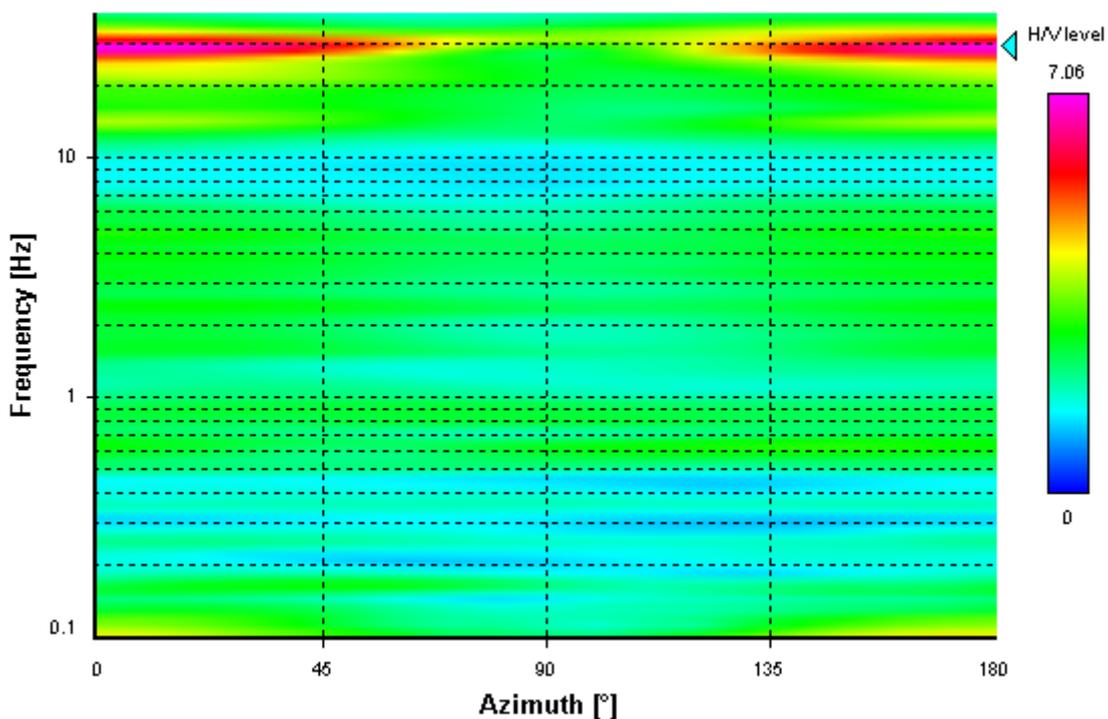
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



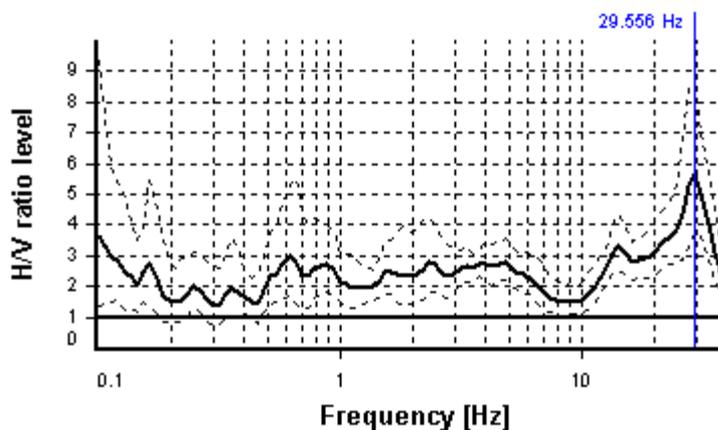
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

29.556 Hz

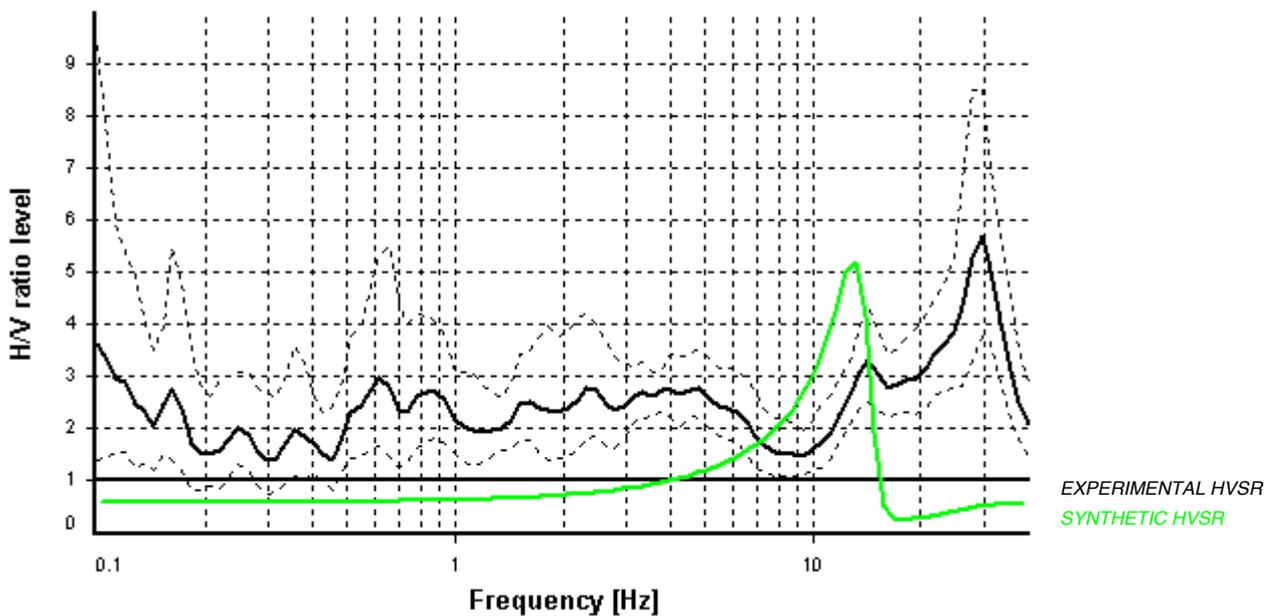
A_0 amplitude = 5.679

Average $f_0 = 29.565 \pm 0.763$

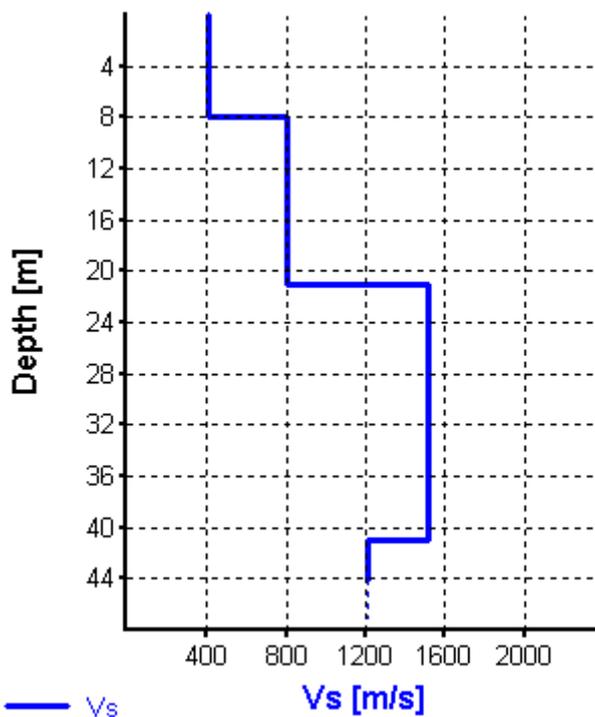


HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	12 valid windows (length > 0.34 s) out of 12	OK
$n_c(f_0) > 200$	14157.23 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 17	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	16.13647 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	37.651 Hz	OK
$A_0 > 2$	5.68 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% \leq 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.76347 < 1.47779	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.50295 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
8	8	1200	410	1800
13	21	1600	800	1800
20	41	5000	1513	1900
-	> 41	4500	1210	1900



$V_{s_{eq} 30} = 719 \text{ m/s (Offset} = 0 \text{ m)}$

STATION INFORMATION

Station code: hvsr-03

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: R 11

Address: -

Latitude: 37.2412731

Longitude: 13.8483573

Coordinate system: WGS84

Elevation: 280 m s.l.m.

Weather: -

Notes: -

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

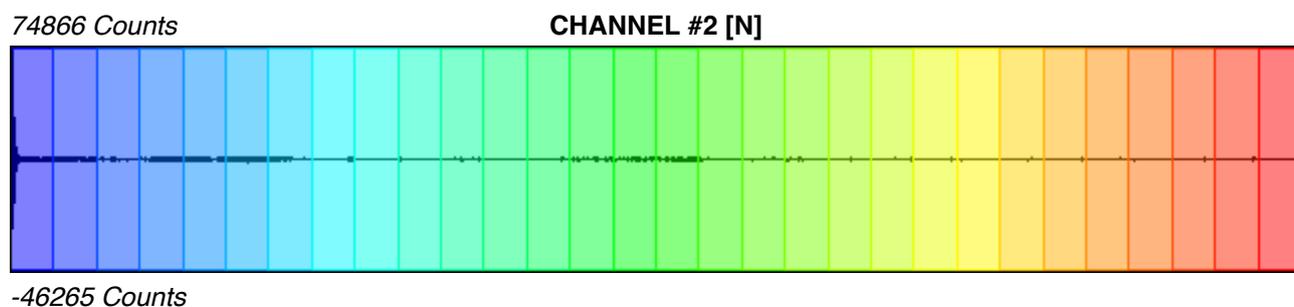
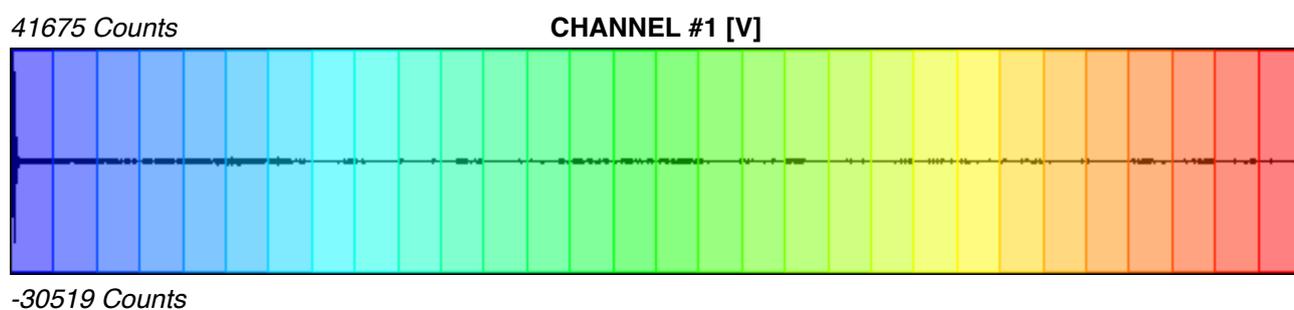
Recording start time: 2023/07/28 07:00:33

Recording length: 20 min

Windows count: 30

Average windows length: 40

Signal coverage: 100%



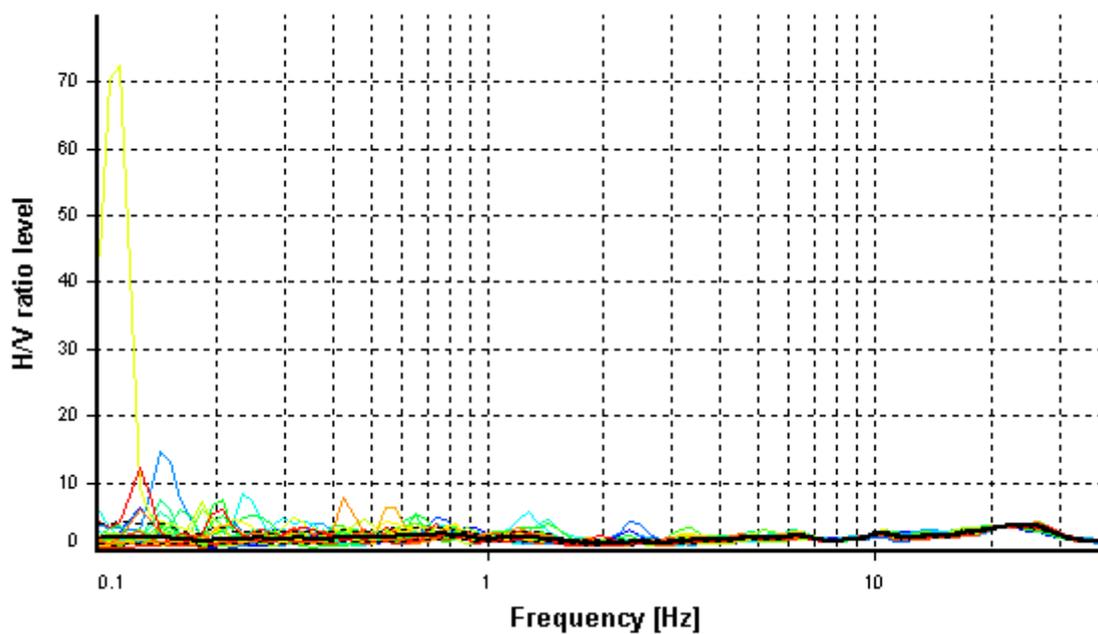
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

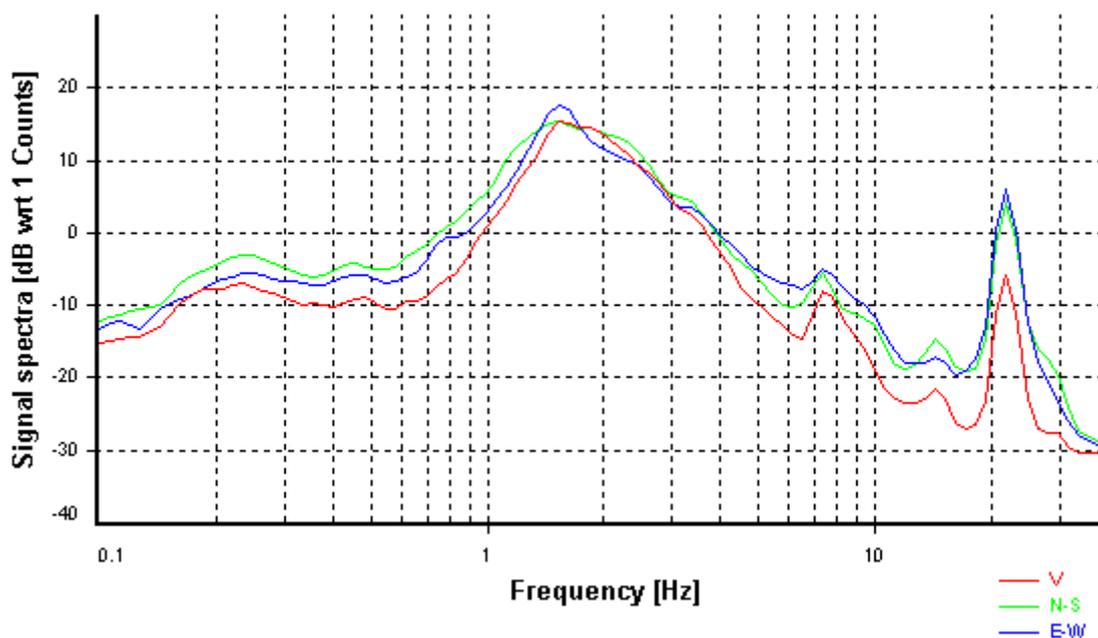
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

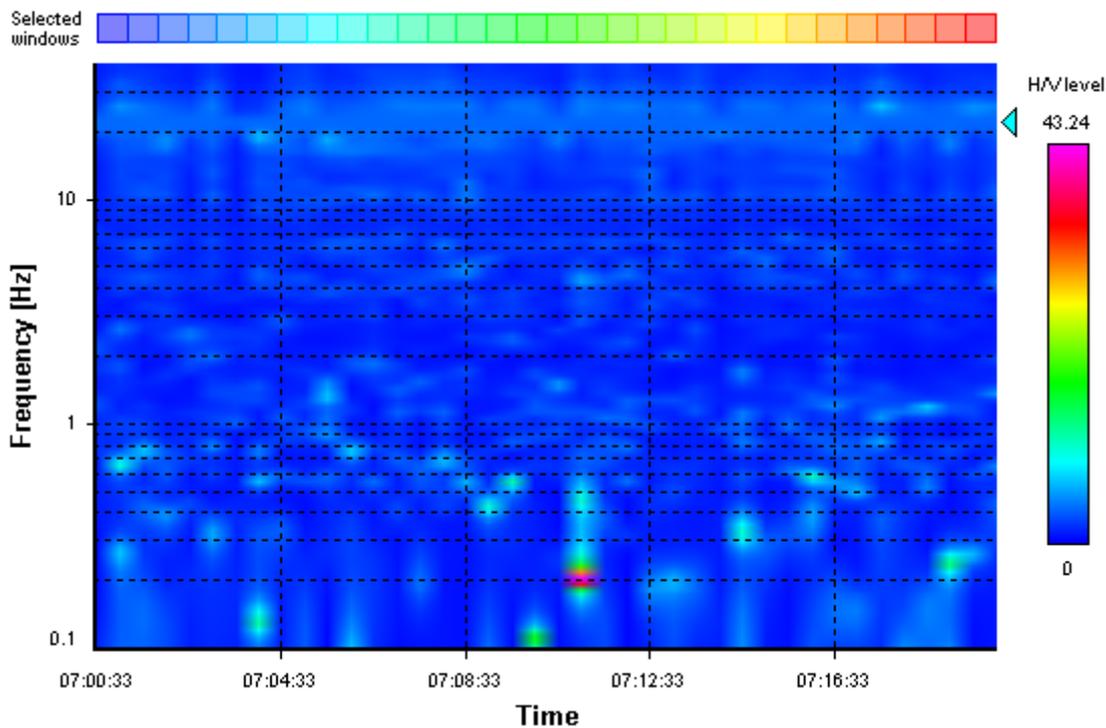
HVSR average



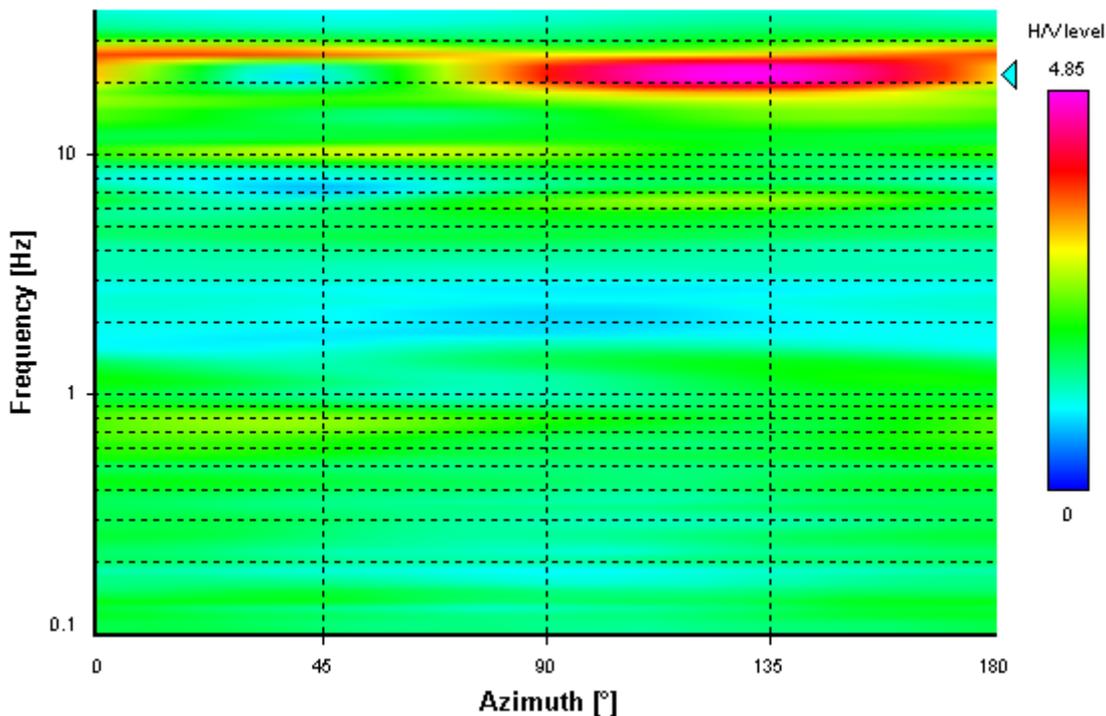
Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR directional analysis



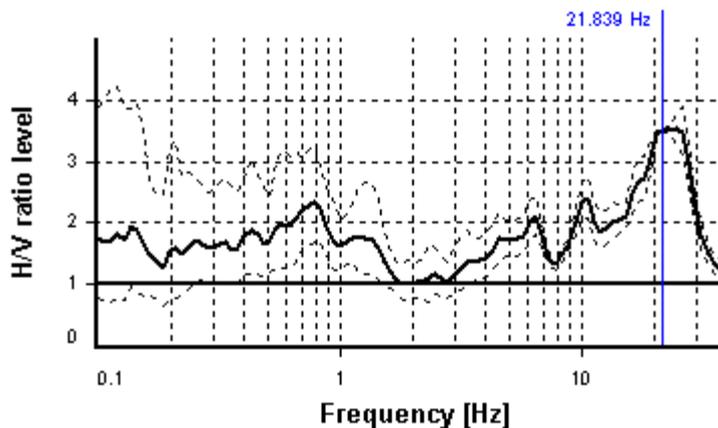
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

21.839 Hz

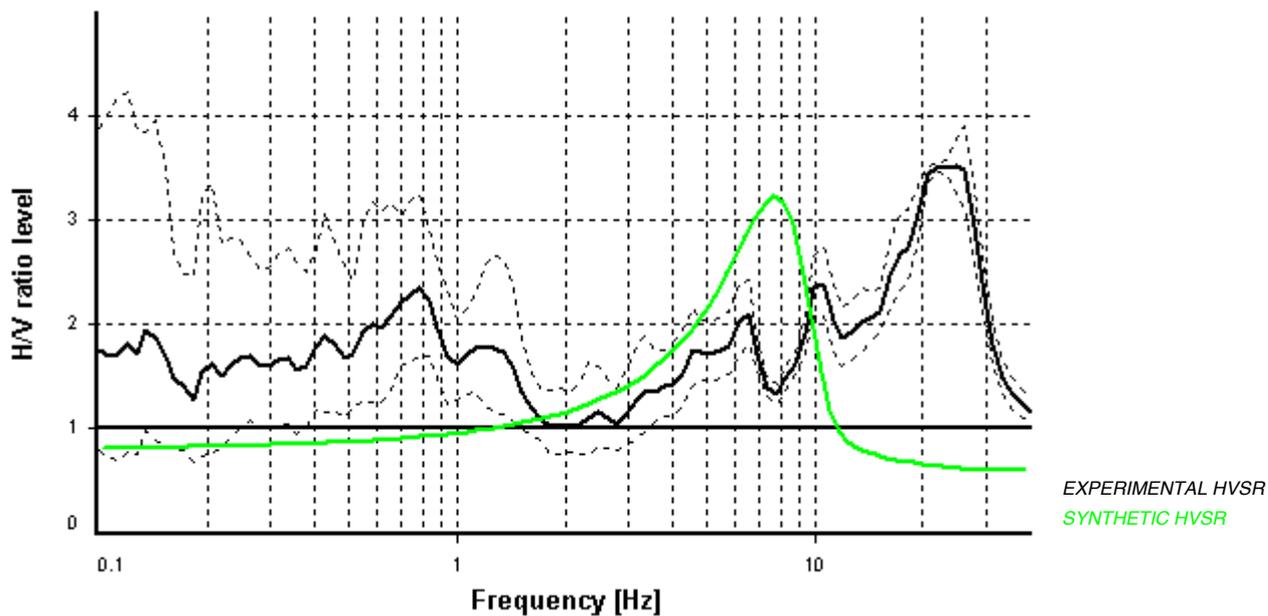
A_0 amplitude = 3.501

Average $f_0 = 24.207 \pm 2.171$

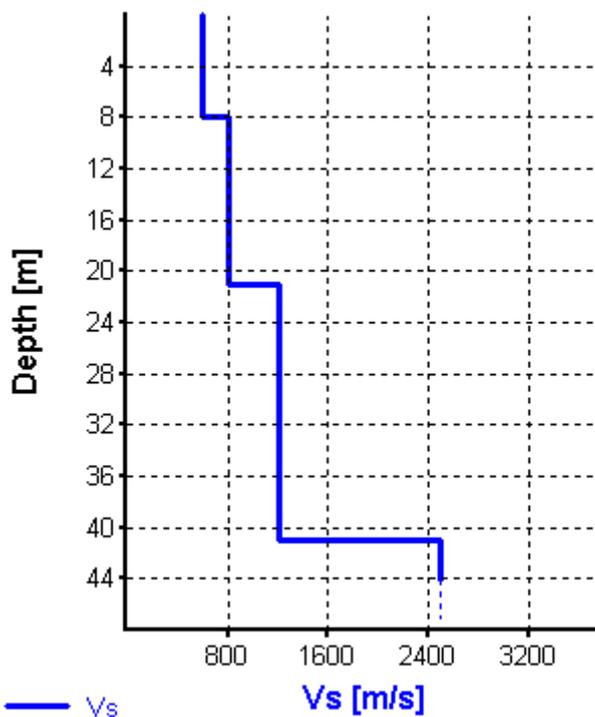


HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	30 valid windows (length > 0.46 s) out of 30	OK
$n_c(f_0) > 200$	26206.37 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 22	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	8.80996 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	33.35874 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.5 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	19.91% > 5%	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	2.17051 \geq 1.09193	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.01171 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
8	8	1200	600	1800
13	21	1300	800	1800
20	41	2500	1200	1900
-	> 41	3500	2500	1900



$V_{s_{eq} 30} = 809 \text{ m/s (Offset} = 0 \text{ m)}$

STATION INFORMATION

Station code: hvsr-03

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS45PACK (integrated 4.5 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: N 12

Address: -

Latitude: 37.2495188

Longitude: 37.2495188,13.8487299

Coordinate system: WGS84

Elevation: 338 m s.l.m.

Weather: -

Notes: -

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2023/07/28 07:43:16

Recording length: 17.57 min

Windows count: 26

Average windows length: 40

Signal coverage: 98.67%

2892 Counts

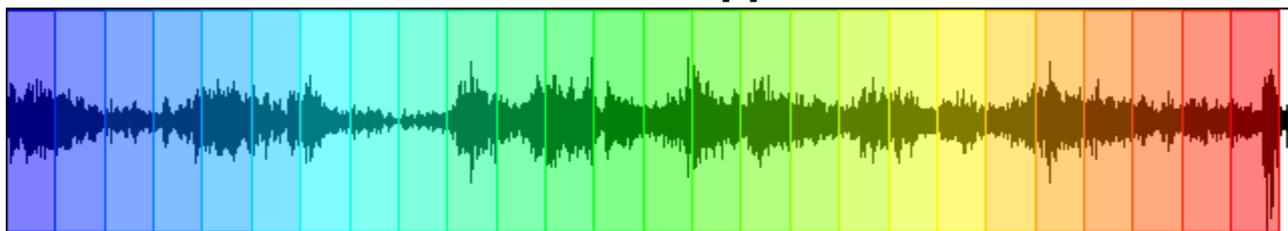
CHANNEL #1 [V]



-3117 Counts

2128 Counts

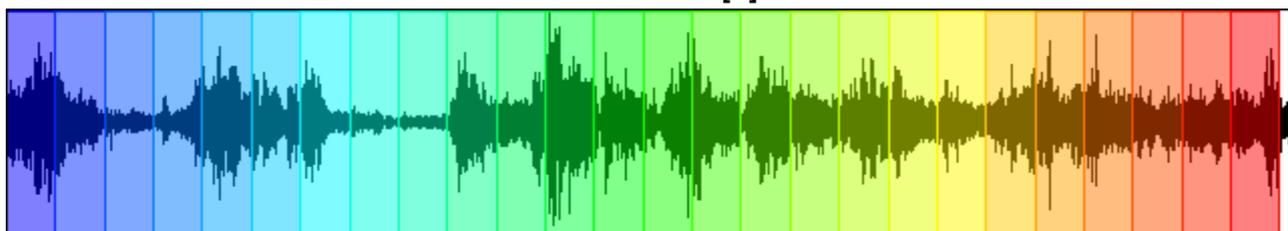
CHANNEL #2 [N]



-3686 Counts

3065 Counts

CHANNEL #3 [E]



-2857 Counts

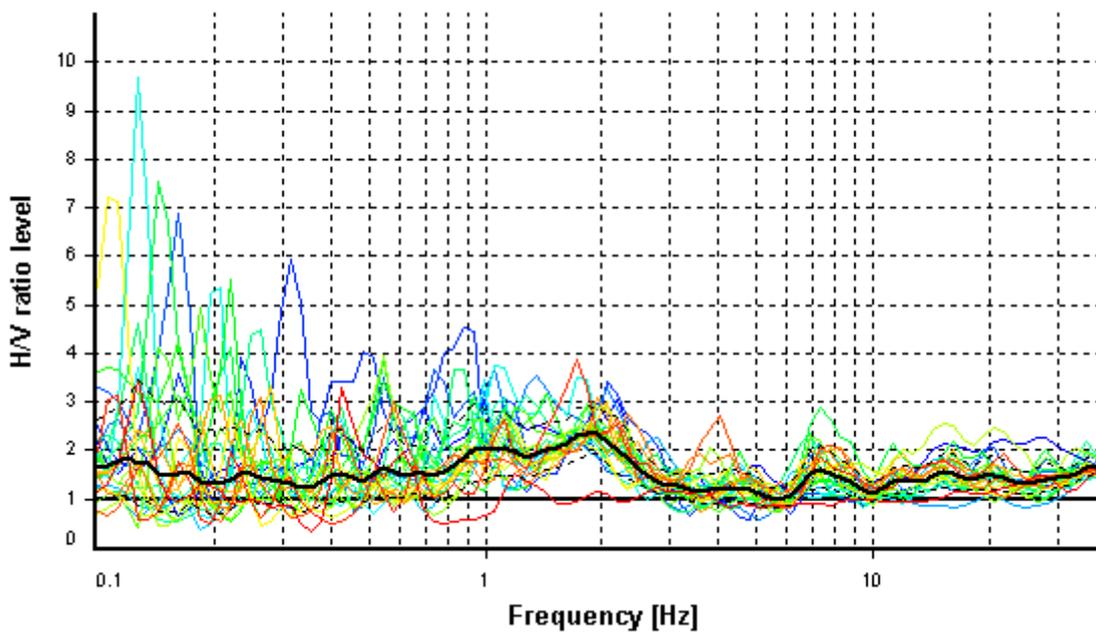
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

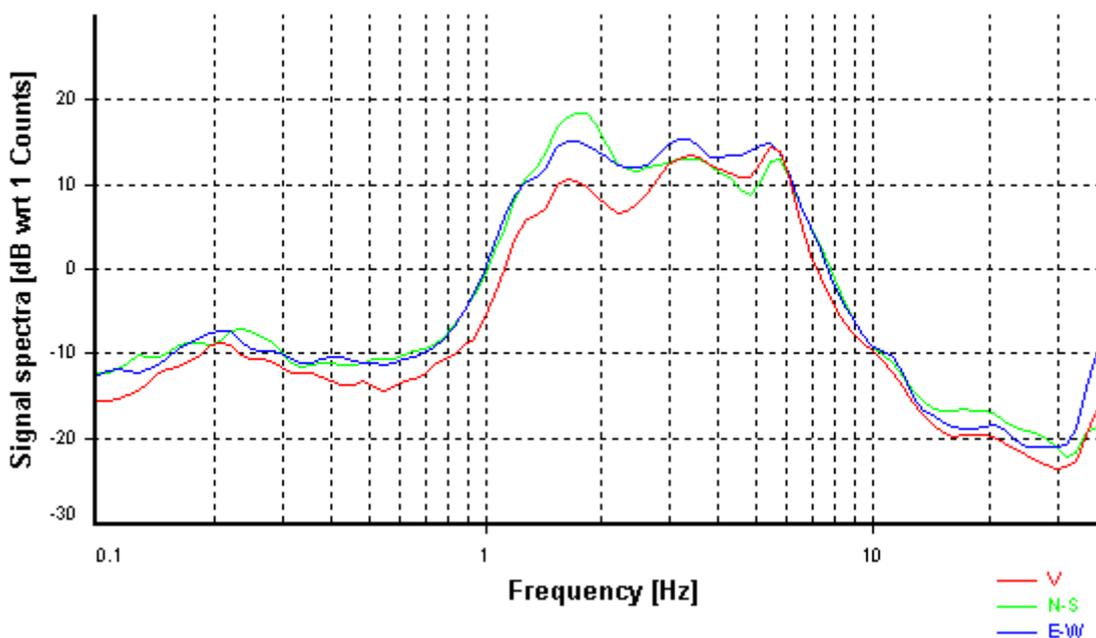
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

Instrumental correction: Disabled

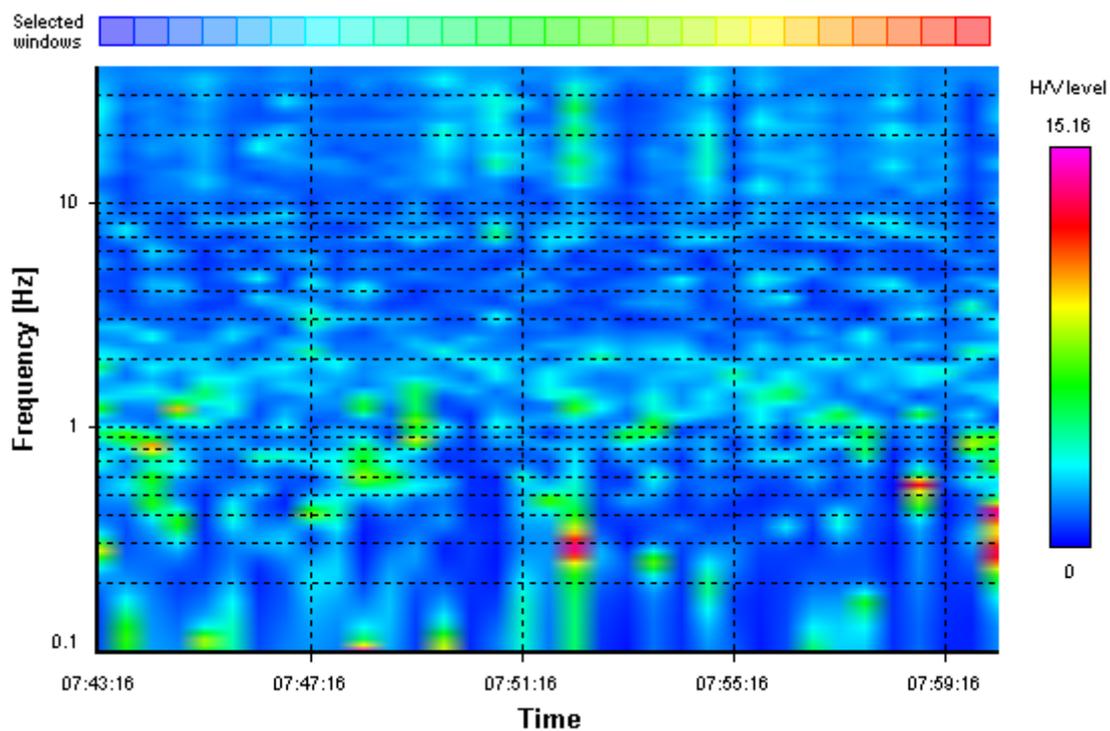
HVSR average



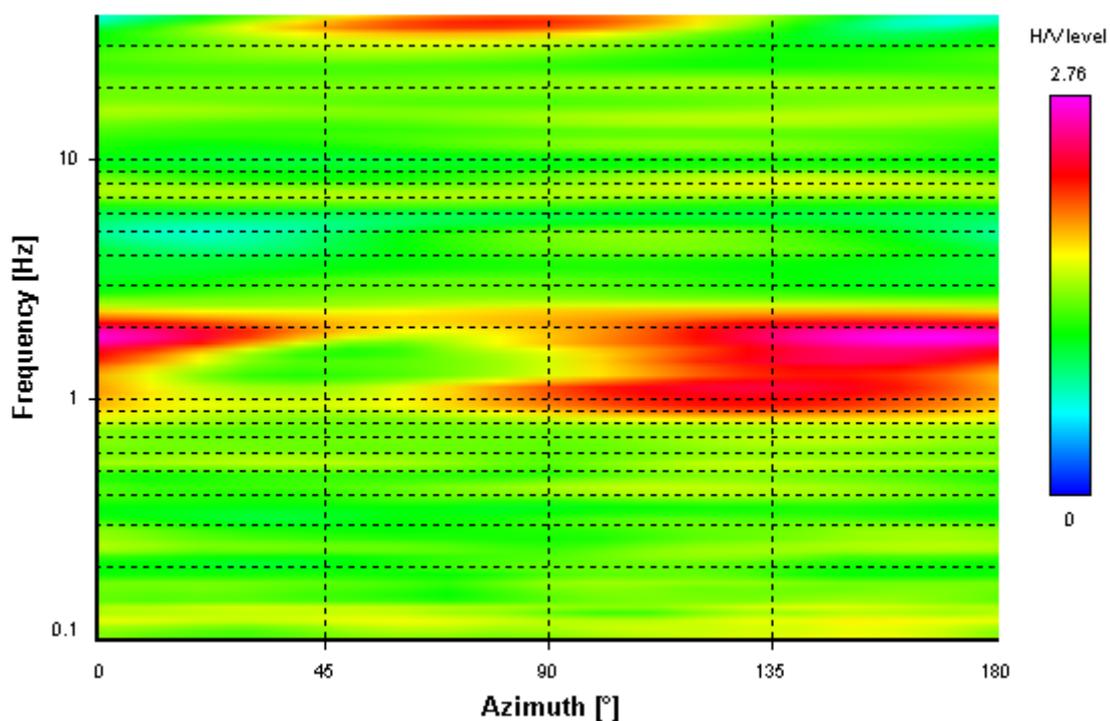
Signal spectra average



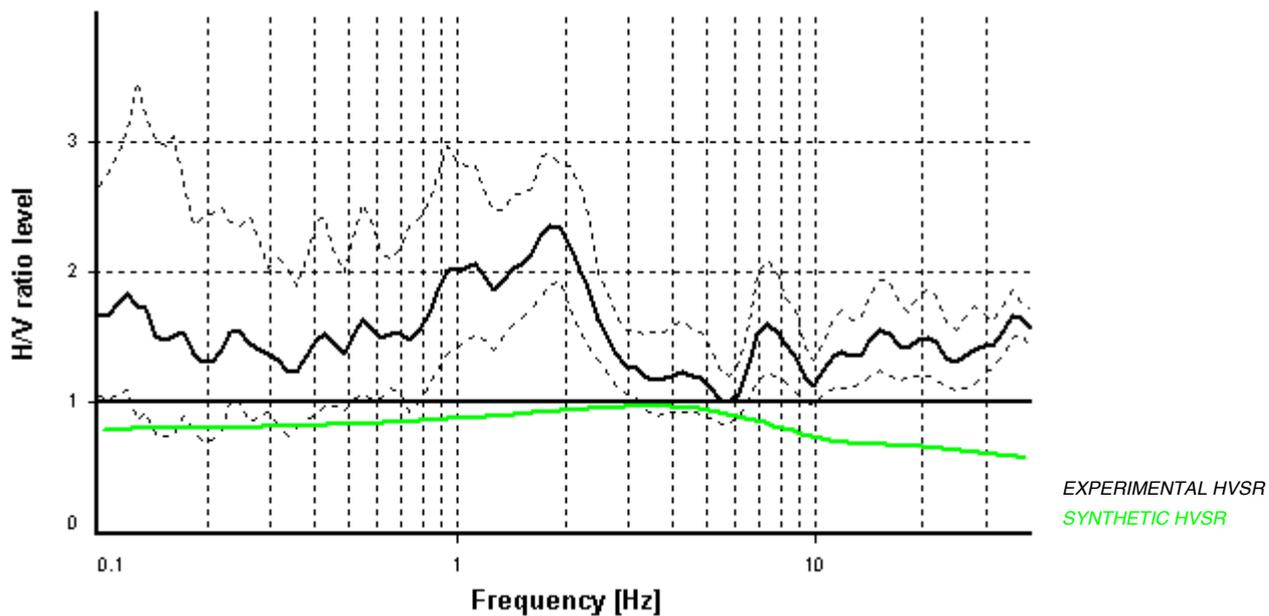
HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



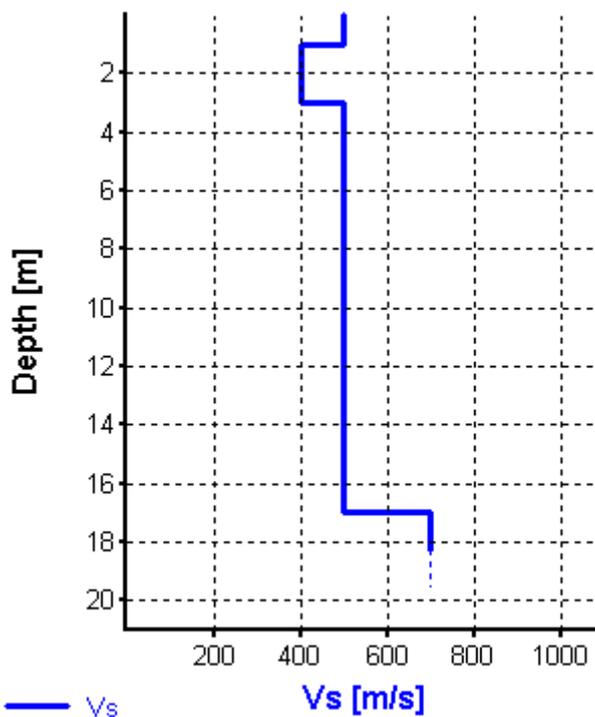
HVSR directional analysis



Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
1	1	800	500	1800
2	3	1000	400	1800
14	17	900	500	1900
-	> 17	1000	700	1900



$V_{s_{eq\ 30}} = 560$ m/s (Offset = 0 m)



Ditta esecutrice I. Geo. s.a.s.

RELAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Committente:

Inse Srl

Oggetto:

Realizzazione Impianto eolico Naro

Indagini Eseguite:

- ✓ **Sondaggio a carotaggio continuo;**
- ✓ **Analisi di laboratorio geotecnico;**
- ✓ **Prova simica Masw**

I. Geo. s.a.s.

**Indagini geognostiche e geofisiche
Consolidamenti – pali – micropali**
Via Aldo Moro, 2 - 81050 Pastorano (CE)
tel 0823/879116; cell. 338/1534202
E-Mail: igeo2004@virgilio.it
Pec : igeo@pec.it
P.Iva : 01956710618

Pastorano (CE), li Settembre 2023

Il direttore tecnico

I. GEO S.a.s.
di DONOFRIO GIUSEPPE & C.
Via Aldo Moro, 2 - PASTORANO (CE)
Partita I.C. n. 01956710618



Per incarico ricevuto dalla Società Inse Srl, è stata eseguita dalla ditta I.GEO s.a.s., una campagna di indagini geognostiche e geofisiche relativamente alla Realizzazione di un Impianto eolico nel comune di Naro (AG).

Gli interventi realizzati hanno previsto l'esecuzione delle attività di seguito indicate:

- Sondaggio a carotaggio continuo;
- Analisi di laboratorio;
- Prova sismica Masw;

La campagna di indagini geognostiche e geofisiche ha avuto luogo nel mese di Settembre 2023, ed è stata eseguita dalla ditta specializzata I.GEO. s.a.s., con sede in Pastorano (CE), le indagini di laboratorio sono state eseguite dal laboratorio Soil Test con sede in Caserta fraz. Falciano.

SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO

La campagna di indagini ha previsto l'esecuzione di n. 1 sondaggio a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 30 metri dal p.c.

Il sondaggio è stato eseguito in accordo alle normative tecniche di riferimento, di seguito indicate:

- *AGI Associazione Geotecnica Italiana (1977) - Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche.*
- *UNI EN 1997-2 (2007) - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica. Parte 2. Indagini e prove nel sottosuolo [EN 1997-2 - Eurocode 7 - Geotechnical Design - Part 2: Ground investigation and Testing]*
- *EN ISO 22475-1 - Geotechnical Investigation and Testing - Sampling Methods and Groundwater measurements - Part 1: Technical Principles fro Execution.*

Per l'esecuzione del sondaggio è stata utilizzata una perforatrice TEREDO DC 100 munita di cingoli ed alimentata da un motore HATZ 3L41C con potenza 38(52) kW(CV)–2600 rpm. L'antenna presenta un'altezza di 3100 mm con corsa della testa di rotazione pari a 1900 mm e forza di estrazione pari a 25 Kn.

La perforatrice, dotata di stabilizzatori, è stata completamente sollevata da terra e la base della stessa, è stata posizionata assicurandone la perfettamente orizzontalità, tale che l'inclinazione e la direzione dei fori non potessero cambiare durante le lavorazioni.

Il metodo di perforazione utilizzato, è stato quello del carotaggio continuo.

Il metodo di perforazione a carotaggio continuo consiste nell'esercitare un'azione di taglio nel terreno da parte dell'utensile di sondaggio che è rappresentato da un carotiere del diametro di 101 mm e lunghezza 1.5 m, munito di una corona dentata in WIDIA.

Il metodo di avanzamento utilizzato è stato di tipo idraulico ed il carotiere di cui sopra di tipo semplice, cioè ad una sola parete. Durante la perforazione è stata utilizzata pochissima acqua, quella cioè sufficiente a raffreddare la corona dentata sopra menzionata. Ogni volta che il carotiere si riempiva, è stato portato in

superficie e, mediante apposita pompa scarotatrice idraulica, si è provveduto alla estrusione delle carote e alla sistemazione delle stesse in apposite cassette catalogatrici in PVC.

L'estrusione è avvenuta posizionando il carotiere a terra, in posizione orizzontale, utilizzando una canaletta di lunghezza idonea per la raccolta della carota estrusa.

All'estremità superiore del carotiere è stata posizionata una valvola di non ritorno a sfera, per impedire il refluito dall'alto di fluido all'interno del carotiere.

La perforazione è stata seguita costantemente dal rivestimento provvisorio, i cui tubi sono stati infissi in alternanza alle manovre di carotaggio, fino alla quota di fondo foro precedentemente raggiunta.

Durante la perforazione è stata prestata particolare attenzione alla stabilità del fondo foro, mantenendo il battente di fluido in colonna prossimo a bocca foro, mediante rabbocchi progressivi, specialmente durante l'estrazione del carotiere e delle aste.

Durante le perforazioni sono stati prelevati campioni indisturbati di terreno.

Il prelievo di campioni indisturbati è avvenuto infiggendo a fondo foro una fustella a pareti sottili del diametro di 80 mm, in acciaio per una profondità di 50 cm o comunque fino allo sforzo massimo consentito dalla perforatrice. La fustella contenente in questo modo il terreno indisturbato è stata portata in superficie ed immediatamente si è provveduto alla sigillatura con l'uso della cera lacca e, quindi, etichettata.

Nel corso del carotaggio è avvenuta l'esecuzione della prova penetrometrica SPT. Tale prova consiste nell'infiggere nel terreno, a fondo foro di sondaggio, una punta, per tre tratti consecutivi di 15 cm., annotando e riportando in stratigrafia, il numero dei colpi occorrenti per l'infissione della punta per ogni tratto. L'energia utile all'infissione della punta viene fornita da un maglio a caduta libera, mediante apposito dispositivo di aggancio-sgancio del peso di 63.5 Kg con corsa di 76 cm.

Tale maglio batte direttamente su di una testa di raccordo del peso di 15 Kg, direttamente avvitata sulle aste di manovra del diametro di 51 mm.

Nelle pagine successive vengono riportate le risultanze della stratigrafia, le risultanze delle analisi di laboratorio eseguite sui campioni prelevati e le risultanze della prova sismica Masw.

Pastorano (CE) li Settembre 2023

I.GEO. s.a.s.

Il Direttore Tecnico

I.GEO S.a.s.
di DONOFRIO GIUSEPPE & C.
Via Aldo Moro 2 PASTORANO (CE)
Part.Iva e Cod. Fisc. 01959710618



Committente:

Inse Srl

Oggetto:

Realizzazione Impianto eolico Naro

SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO

I. GEO. s.a.s.

Indagini geognostiche-geofisiche-idrogeologiche

Via Aldo Moro n. 2 - 81050 Pastorano (CE) - Tel-fax: 0823/879116

Certificazione Qualità: ISO 9001:2015 N.: QMS-05065959-19

Attestazione SOA OS 20-B n. 4685/66/02 Cat. I - Valida fino al 21/01/2024 - Ente certificatore IMPRESOA S.p.a.

Committente: Inse Srl

Attrezzatura: Sonda TEREDO DC 100

Oggetto lavori: Realizzazione Impianto eolico Naro

Data inizio sondaggio: 13-09-2023

Coordinate: Lat. 37°15'25.9"N 13°49'13.8"E

Località: Naro (AG)

Sigla Sondaggio: S1

p.c.	Profondità		Colonna Stratigraf.	Stratigrafia e descrizione dei terreni	Condizionamento		Falda (m)	Campione		S.P.T. (m)
	Q.rel. (m)	Spess. (m)			I	P		R	I	
	0.40	0.40		Terreno vegetale;						
	2.10			Limo sabbioso debolmente argilloso di colore brunastro-giallastro;						
	5.00							6.00 I		
								6.50		6.50 - 6.95 14 - 20 - 27
	10.00									10.00-10.19 43 - Rif.
	15.00	27.90						14.50 I		
	20.00			Alternanza di argille limose a tratti marnose e locali porzioni di limi argilloso-sabbiosi di colore grigiastro;				15.00		15.00-15.40 23 - 39 - Rif.
	30.00			Fine sondaggio						
	35.00									

I = Inclinometro

P = Piezometro

R = Campione rimaneggiato

I = Campione indisturbato

I. GEO. S.a.s.
IL Direttore Tecnico
 Dr. Geol. Giuseppe D'Onofrio

Committente:

Inse Srl

Oggetto:

Realizzazione Impianto eolico Naro

ANALISI DI LABORATORIO

IDENTIFICAZIONE CAMPIONE

Norma di riferimento: - ASTM D 2488-00

MC-41 Rev. 00
del 03/01/2013

Pag. 1 di 1

Verbale di accettazione n°: TR 331/23 Certificato n°: 3111-2023
del: 18.09.2023 Data certificato: 21.09.2023

Richiedente: I.GEO. Sas
Committente: Inse Srl
Cantiere: Realizzazione impianto eolico
Località: Coordinate geografiche: 37° 15' 25,9 N - 13° 49' 13,8 E - Naro (AG)
Data di prova: 18.09.2023

DATI IDENTIFICATIVI DEL CAMPIONE

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data prelievo
S1	C1	6,00-6,50	indisturbato	13.09.2023

DATI GENERALI

PROVE SPEDITIVE

Contenitore:	Fustella	Pocket penetrometer Test (MPa)	***
Diametro (cm):	9,5	Pocket vane Test (MPa)	***
Lunghezza (cm):	47,0	Classe di Qualità (AGI)	Q5
Peso netto campione estratto (N)	50,0	Colore (Tabella colori Munsell)	Gley1 Greenish gray 5/10Y

DESCRIZIONE LITOLOGICA

Limo argilloso di colore grigio verdastro, consistente.

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE



CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Norma di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-1, 2, 3 - ASTM D854 - ASTM D2216

MC-01 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 1 di 1

Verbale di accettazione n°: TR 331/23
del: 18.09.2023

Certificato n°: 3112-2023
Data certificato: 21.09.2023

Richiedente: I.GEO. Sas
Committente: Inse Srl
Cantiere: Realizzazione impianto eolico
Località: Coordinate geografiche: 37° 15' 25,9 N - 13° 49' 13,8 E - Naro (AG)
Data di prova: 18.09.2023

DATI IDENTIFICATIVI DEL CAMPIONE

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data prelievo
S1	C1	6,00-6,50	indisturbato	13.09.2023

RISULTATI DELLE PROVE

Grandezze indici rilevate in laboratorio

γ_n	Peso dell'unità di volume naturale	KN/m ³	17,63
γ_s	Peso specifico dei granuli	KN/m ³	26,52
w	Contenuto di acqua naturale	%	66,05

Grandezze indici derivate analiticamente

γ_d	Peso dell'unità di volume secco	KN/m ³	10,62
n	Porosità	%	59,95
e	Indice dei vuoti	---	1,50
s_r	Grado di saturazione	%	119,31
γ_{sat}	Peso dell'unità di volume saturo	KN/m ³	16,50
γ'	Peso dell'unità di volume sommerso	KN/m ³	6,69

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE

ANALISI GRANULOMETRICA

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - ASTM D422 - CNR 23

MC - 03 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 1 di 1

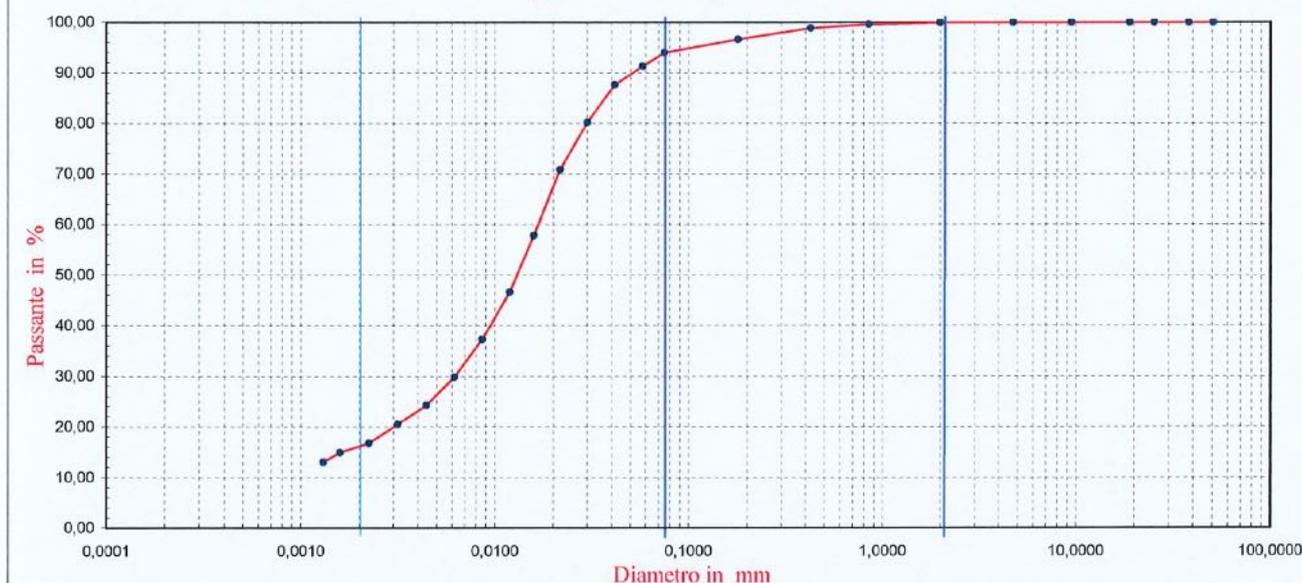
Verbale di accettazione n°: **TR 331/23** Certificato n°: **3113-2023**
del: **18.09.2023** Data certificato: **21.09.2023**

Richiedente: I.GEO. Sas
Committente: Inse Srl
Cantiere: Realizzazione impianto eolico
Località: Coordinate geografiche: 37° 15' 25,9 N - 13° 49' 13,8 E - Naro (AG)
Data di prova: 18.09.2023

DATI IDENTIFICATIVI DEL CAMPIONE

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data prelievo
S1	C1	6,00-6,50	indisturbato	13.09.2023

Rappresentazione grafica



SETACCIATURA

Diametro (mm)	50,00	37,50	25,40	19,00	9,50	4,75	2,00	0,85	0,425	0,180	0,075
Passante (%)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	99,91	99,61	98,83	96,63	93,95

SEDIMENTAZIONE

D. (mm)	0,0582	0,0416	0,0301	0,0218	0,0159	0,0120	0,0086	0,0062	0,0044	0,0032	0,0023	0,0016	0,0013
P. (%)	91,32	87,59	80,14	70,82	57,77	46,59	37,27	29,82	24,23	20,50	16,77	14,91	13,05

Composizione granulometrica

Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)
0,09	8,59	74,55	16,77

Definizione granulometrica:

Limo argilloso debolmente sabbioso

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE

LIMITI DI ATTERBERG

Norma di riferimento: CNR UNI 10014 - UNI CEN ISO/TS 17892-12

MC - 04 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 1 di 1

Verbale di accettazione n°: TR 331/23
del: 18.09.2023

Certificato n°: 3114-2023
Data certificato: 21.09.2023

Richiedente: I.GEO. Sas
Committente: Inse Srl

Cantiere: Realizzazione impianto eolico

Località: Coordinate geografiche: 37° 15' 25,9 N - 13° 49' 13,8 E - Naro (AG)

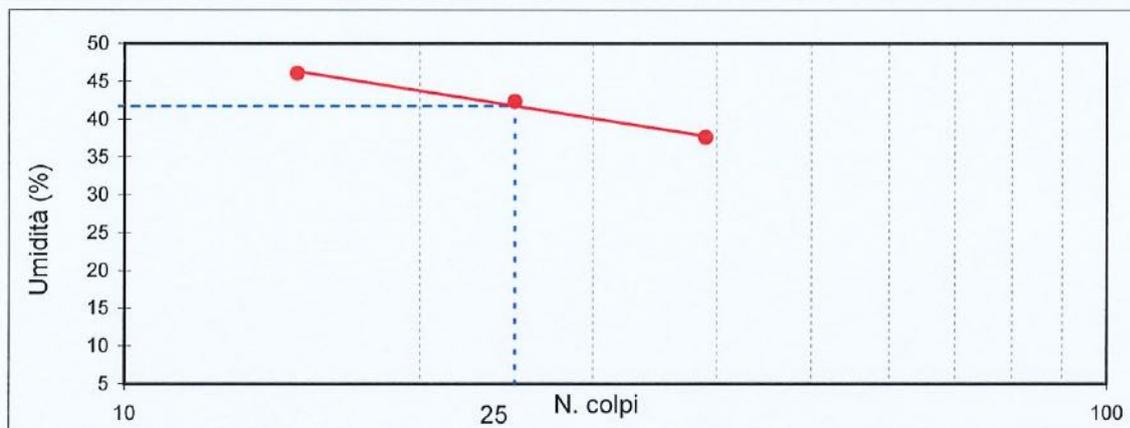
Data di prova: 18.09.2023

DATI IDENTIFICATIVI DEL CAMPIONE

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data prelievo
S1	CI	6,00-6,50	indisturbato	13.09.2023

Limite Liquido (LL)

Determinazione		P1	P2	P3	P4
Umidità	%	46,09	42,36	37,62	
N. colpi	n	15	25	39	
LL		41,78			



Limite Plastico (LP)

Determinazione		P1	P2
Umidità	%	27,34	28,36
LP	media	27,85	

Indice di Plasticità (IP) - (LL-LP)

IP	13,93
-----------	--------------

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE



PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 2 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 331/23
del: 18.09.2023

Certificato n°: 3115-2023
Data certificato: 21.09.2023

Richiedente: I.GEO. Sas
Committente: Inse Srl
Cantiere: Realizzazione impianto eolico
Località: Coordinate geografiche: 37° 15' 25,9 N - 13° 49' 13,8 E - Naro (AG)
Data di prova: 18.09.2023

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
S1	C1	6,00-6,50	indisturbato	13.09.2023

Dati relativi al provino 1

σ_v 100 KPa														
dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ
min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa
0	0,00	0,000	0,000	0,0										
25	0,22	0,017	0,026	7,3										
50	0,44	0,031	0,053	14,7										
75	0,66	0,040	0,077	21,3										
100	0,88	0,049	0,099	27,4										
125	1,10	0,058	0,118	32,9										
150	1,32	0,066	0,135	37,4										
175	1,54	0,074	0,152	42,1										
200	1,76	0,080	0,166	46,0										
225	1,98	0,086	0,181	50,4										
250	2,20	0,090	0,197	54,7										
275	2,42	0,096	0,206	57,3										
300	2,64	0,102	0,213	59,2										
325	2,86	0,108	0,216	60,0										
350	3,08	0,113	0,218	60,6										
375	3,30	0,119	0,220	61,0										
400	3,52	0,123	0,213	59,3										
425	3,74	0,128	0,207	57,4										
450	3,96	0,134	0,198	54,9										
475	4,18	0,140	0,188	52,2										
500	4,40	0,143	0,178	49,5										
525	4,62	0,147	0,171	47,4										
550	4,84	0,150	0,160	44,4										
575	5,06	0,155	0,151	42,0										

Pressione a rottura	61,0 (KPa)
Deformazione a rottura	3,30 (mm)

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: **Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10**

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 3 di 6

Verbale di accettazione n°: **TR 331/23**

Certificato n°: **3115-2023**

del: **18.09.2023**

Data certificato: **21.09.2023**

Richiedente: **I.GEO. Sas**

Committente: **Inse Srl**

Cantiere: **Realizzazione impianto eolico**

Località: **Coordinate geografiche: 37° 15' 25,9 N - 13° 49' 13,8 E - Naro (AG)**

Data di prova: **18.09.2023**

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
S1	C1	6,00-6,50	indisturbato	13.09.2023

Dati relativi al provino 2

σ_v 150 KPa														
dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ
min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa
0	0,00	0,000	0,000	0,0										
25	0,22	0,029	0,045	12,4										
50	0,44	0,049	0,088	24,4										
75	0,66	0,065	0,126	34,9										
100	0,88	0,079	0,158	43,9										
125	1,10	0,092	0,186	51,7										
150	1,32	0,101	0,211	58,6										
175	1,54	0,111	0,231	64,3										
200	1,76	0,119	0,250	69,5										
225	1,98	0,127	0,266	74,0										
250	2,20	0,136	0,281	78,1										
275	2,42	0,144	0,294	81,7										
300	2,64	0,153	0,304	84,4										
325	2,86	0,159	0,316	87,7										
350	3,08	0,166	0,318	88,3										
375	3,30	0,173	0,312	86,8										
400	3,52	0,179	0,301	83,5										
425	3,74	0,184	0,289	80,4										
450	3,96	0,188	0,278	77,3										
475	4,18	0,193	0,267	74,3										
500	4,40	0,198	0,254	70,6										
525	4,62	0,201	0,241	67,0										
550	4,84	0,204	0,230	64,0										
575	5,06	0,208	0,225	62,4										

Pressione a rottura **88,3 (KPa)**

Deformazione a rottura **3,08 (mm)**

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE



PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Verbale di accettazione n°: TR 331/23
del: 18.09.2023

Certificato n°: 3115-2023
Data certificato: 21.09.2023

Pag. 4 di 6

Richiedente: I.GEO. Sas
Committente: Inse Srl
Cantiere: Realizzazione impianto eolico
Località: Coordinate geografiche: 37° 15' 25,9 N - 13° 49' 13,8 E - Naro (AG)
Data di prova: 18.09.2023

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
S1	C1	6,00-6,50	indisturbato	13.09.2023

Dati relativi al provino 3

σ_v 200 KPa														
dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ
min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa
0	0,00	0,000	0,000	0,0										
25	0,22	0,039	0,080	22,1										
50	0,44	0,069	0,142	39,5										
75	0,66	0,092	0,194	53,8										
100	0,88	0,113	0,235	65,3										
125	1,10	0,130	0,267	74,2										
150	1,32	0,144	0,293	81,3										
175	1,54	0,156	0,319	88,5										
200	1,76	0,166	0,340	94,5										
225	1,98	0,176	0,356	98,8										
250	2,20	0,184	0,370	102,8										
275	2,42	0,192	0,381	105,7										
300	2,64	0,199	0,388	107,7										
325	2,86	0,206	0,392	108,8										
350	3,08	0,212	0,383	106,3										
375	3,30	0,218	0,370	102,8										
400	3,52	0,223	0,356	98,8										
425	3,74	0,228	0,345	95,7										
450	3,96	0,234	0,333	92,5										
475	4,18	0,238	0,322	89,4										
500	4,40	0,243	0,314	87,1										
525	4,62	0,247	0,302	84,0										
550	4,84	0,252	0,293	81,3										
575	5,06	0,255	0,283	78,5										

Pressione a rottura **108,8 (KPa)**
Deformazione a rottura **2,86 (mm)**

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 5 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 331/23

Certificato n°: 3115-2023

del: 18.09.2023

Data certificato: 21.09.2023

Richiedente: I.GEO. Sas

Committente: Inse Srl

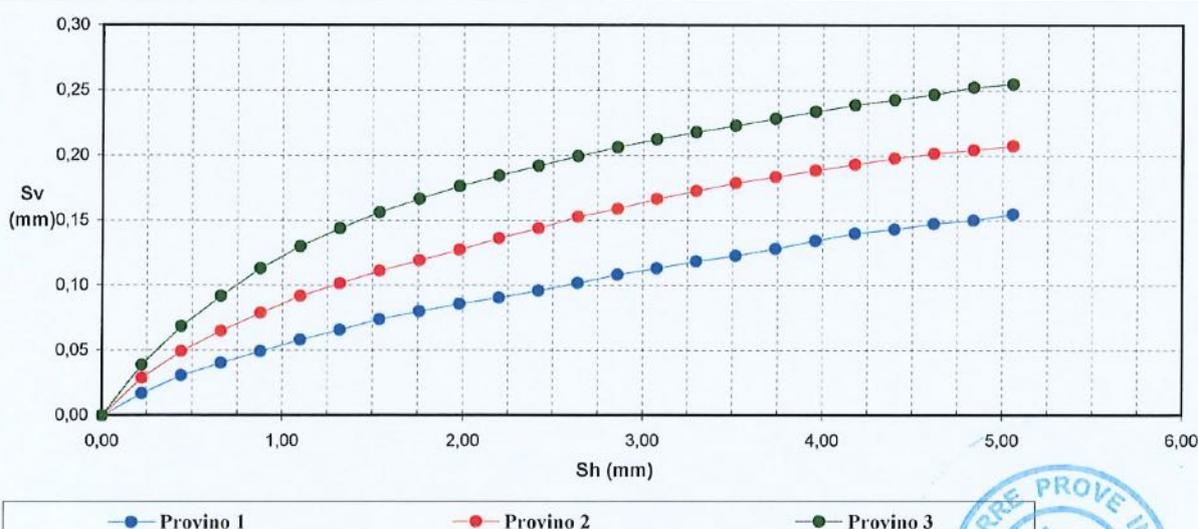
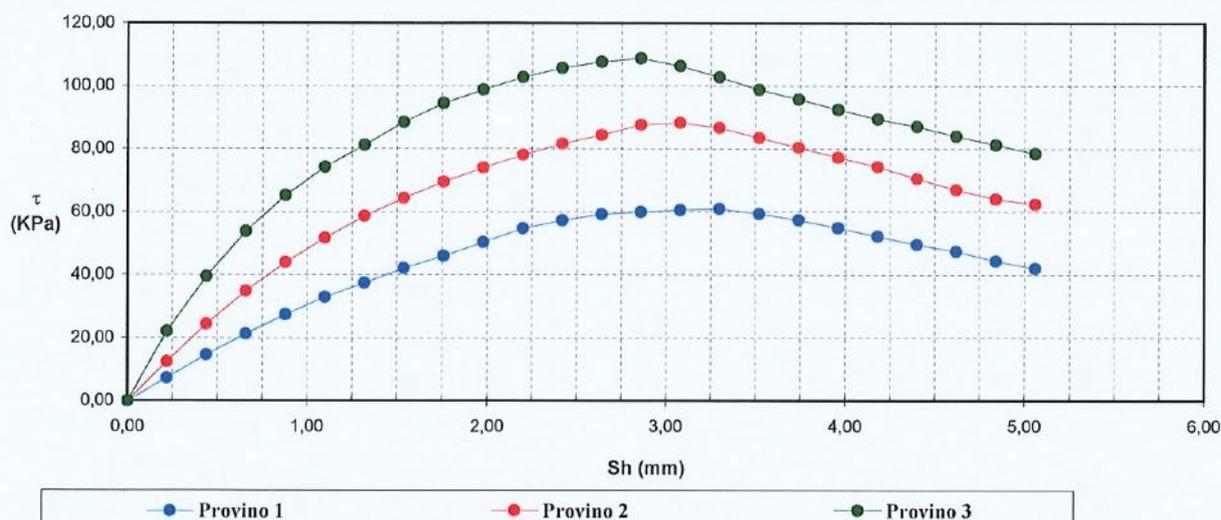
Cantiere: Realizzazione impianto eolico

Località: Coordinate geografiche: 37° 15' 25,9 N - 13° 49' 13,8 E - Naro (AG)

Data di prova: 18.09.2023

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
S1	C1	6,00-6,50	indisturbato	13.09.2023



Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 6 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 331/23

Certificato n°: 3115-2023

del: 18.09.2023

Data certificato: 21.09.2023

Richiedente: I.GEO. Sas

Committente: Inse Srl

Cantiere: Realizzazione impianto eolico

Località: Coordinate geografiche: 37° 15' 25,9 N - 13° 49' 13,8 E - Naro (AG)

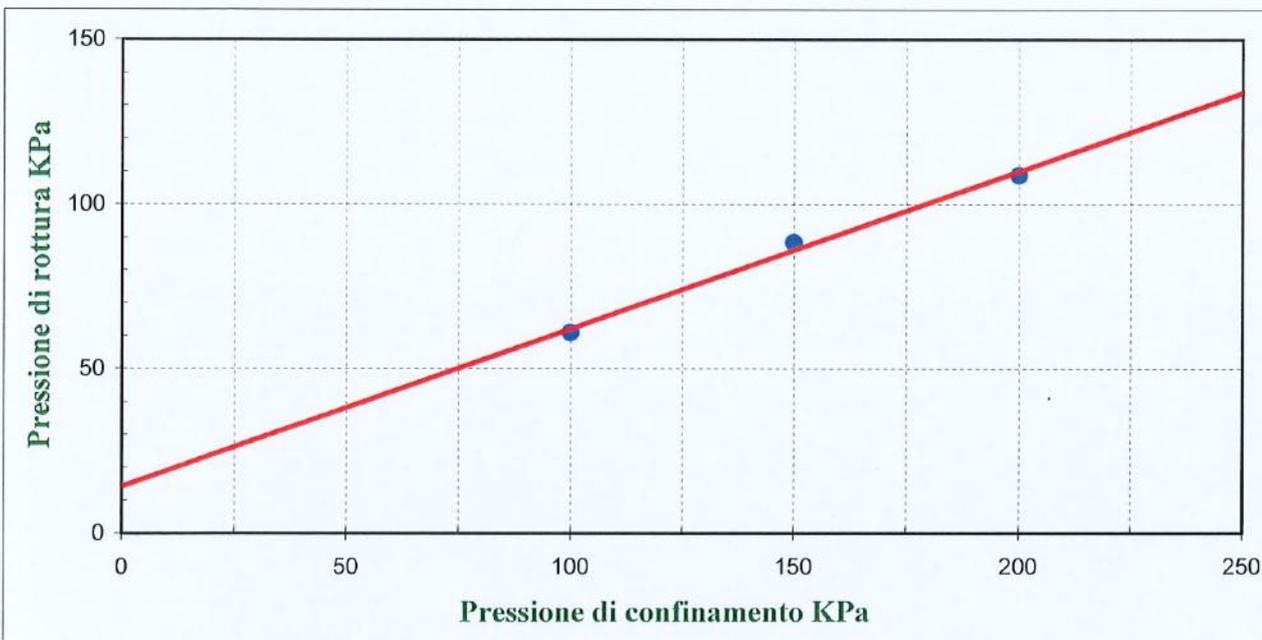
Data di prova: 18.09.2023

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
S1	C1	6,00-6,50	indisturbato	13.09.2023

Parametri meccanici a rottura

	Press. di consolidazione (KPa)	Press. di rottura (KPa)	Def. a rottura (mm)
Provino 1	100,00	61,00	3,30
Provino 2	150,00	88,30	3,08
Provino 3	200,00	108,80	2,86



Risultati sperimentali

Angolo di attrito **25,55** Gradi
Coesione **14,33** KPa

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE

IDENTIFICAZIONE CAMPIONE

Norma di riferimento: - ASTM D 2488-00

MC-41 Rev. 00
del 03/01/2013

Pag. 1 di 1

Verbale di accettazione n°: TR 331/23 Certificato n°: 3116-2023
del: 18.09.2023 Data certificato: 21.09.2023

Richiedente: I.GEO. Sas
Committente: Inse Srl
Cantiere: Realizzazione impianto eolico
Località: Coordinate geografiche: 37° 15' 25,9 N - 13° 49' 13,8 E - Naro (AG)
Data di prova: 18.09.2023

DATI IDENTIFICATIVI DEL CAMPIONE

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data prelievo
S1	C2	14,50-15,00	indisturbato	13.09.2023

DATI GENERALI

PROVE SPEDITIVE

Contenitore:	Fustella	Pocket penetrometer Test (MPa)	***
Diametro (cm):	9,5	Pocket vane Test (MPa)	***
Lunghezza (cm):	47,0	Classe di Qualità (AGI)	Q5
Peso netto campione estratto (N)	50,0	Colore (Tabella colori Munsell)	Gley1 Dark greenish gray 4/10GY

DESCRIZIONE LITOLOGICA

Limo sabbioso argilloso di colore grigio verdastro, molto consistente.

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE



CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Norma di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-1, 2, 3 - ASTM D854 - ASTM D2216

MC-01 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 1 di 1

Verbale di accettazione n°: TR 331/23
del: 18.09.2023

Certificato n°: 3117-2023
Data certificato: 21.09.2023

Richiedente: I.GEO. Sas
Committente: Inse Srl
Cantiere: Realizzazione impianto eolico
Località: Coordinate geografiche: 37° 15' 25,9 N - 13° 49' 13,8 E - Naro (AG)
Data di prova: 18.09.2023

DATI IDENTIFICATIVI DEL CAMPIONE

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data prelievo
S1	C2	14,50-15,00	indisturbato	13.09.2023

RISULTATI DELLE PROVE

Grandezze indici rilevate in laboratorio

γ_n	Peso dell'unità di volume naturale	KN/m ³	18,19
γ_s	Peso specifico dei granuli	KN/m ³	26,33
w	Contenuto di acqua naturale	%	27,38

Grandezze indici derivate analiticamente

γ_d	Peso dell'unità di volume secco	KN/m ³	14,28
n	Porosità	%	45,76
e	Indice dei vuoti	---	0,84
s_r	Grado di saturazione	%	87,15
γ_{sat}	Peso dell'unità di volume saturo	KN/m ³	18,77
γ'	Peso dell'unità di volume sommerso	KN/m ³	8,96

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE

ANALISI GRANULOMETRICA

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - ASTM D422 - CNR 23

MC - 03 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 1 di 1

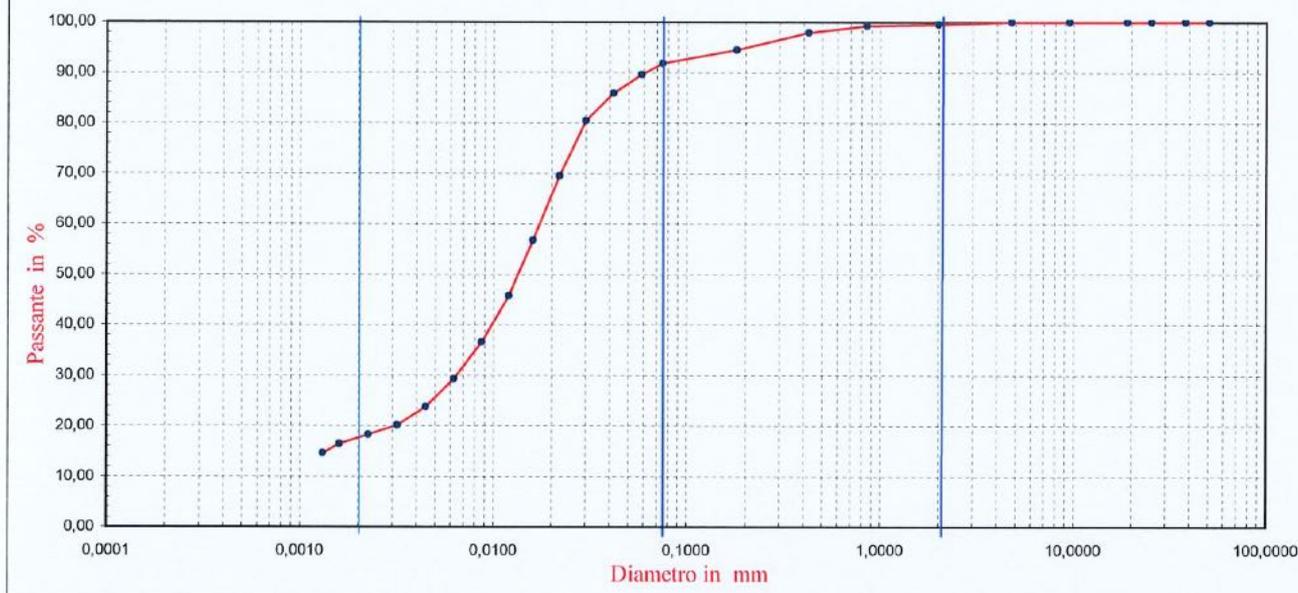
Verbale di accettazione n°: **TR 331/23** Certificato n°: **3118-2023**
del: **18.09.2023** Data certificato: **21.09.2023**

Richiedente: I.GEO. Sas
Committente: Inse Srl
Cantiere: Realizzazione impianto eolico
Località: Coordinate geografiche: 37° 15' 25,9 N - 13° 49' 13,8 E - Naro (AG)
Data di prova: 18.09.2023

DATI IDENTIFICATIVI DEL CAMPIONE

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data prelievo
S1	C2	14,50-15,00	indisturbato	13.09.2023

Rappresentazione grafica



SETACCIATURA

Diametro (mm)	50,00	37,50	25,40	19,00	9,50	4,75	2,00	0,85	0,425	0,180	0,075
Passante (%)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	99,54	99,25	97,92	94,48	91,80

SEDIMENTAZIONE

D. (mm)	0,0586	0,0419	0,0301	0,0219	0,0160	0,0120	0,0087	0,0062	0,0045	0,0032	0,0023	0,0016	0,0013
P. (%)	89,59	85,93	80,45	69,48	56,68	45,71	36,57	29,25	23,77	20,11	18,28	16,46	14,63

Composizione granulometrica

Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)
0,46	9,96	71,31	18,28

Definizione granulometrica:

Limo argilloso debolmente sabbioso

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE

LIMITI DI ATTERBERG

Norma di riferimento: CNR UNI 10014 - UNI CEN ISO/TS 17892-12

MC - 04 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 1 di 1

Verbale di accettazione n°: TR 331/23
del: 18.09.2023

Certificato n°: 3119-2023
Data certificato: 21.09.2023

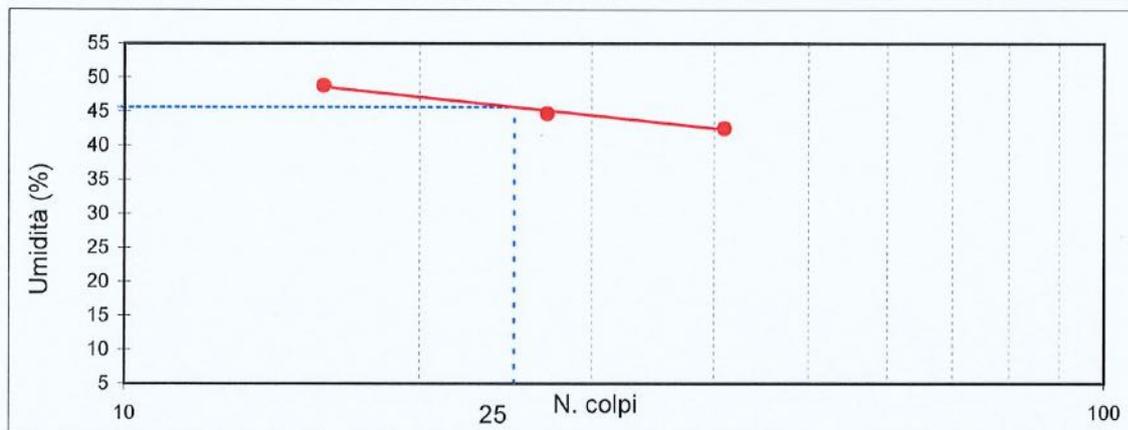
Richiedente: I.GEO. Sas
Committente: Inse Srl
Cantiere: Realizzazione impianto eolico
Località: Coordinate geografiche: 37° 15' 25,9 N - 13° 49' 13,8 E - Naro (AG)
Data di prova: 18.09.2023

DATI IDENTIFICATIVI DEL CAMPIONE

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data prelievo
S1	C2	14,50-15,00	indisturbato	13.09.2023

Limite Liquido (LL)

Determinazione		P1	P2	P3	P4
Umidità	%	48,82	44,68	42,50	
N. colpi	n	16	27	41	
LL		45,66			



Limite Plastico (LP)

Determinazione		P1	P2
Umidità	%	29,05	29,60
LP	media	29,32	

Indice di Plasticità (IP) - (LL-LP)

IP	16,34
-----------	--------------

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: **Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10**

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 1 di 6

Verbale di accettazione n°: **TR 331/23** **Certificato n°: 3120-2023**
del: **18.09.2023** **Data certificato: 21.09.2023**
Richiedente: I.GEO. Sas
Committente: Inse Srl
Cantiere: Realizzazione impianto eolico
Località: Coordinate geografiche: 37° 15' 25,9 N - 13° 49' 13,8 E - Naro (AG)
Data di prova: 18.09.2023

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
S1	C2	14,50-15,00	indisturbato	13.09.2023

Tipo di prova	Consolidata drenata	
Velocità di prova	0,0081	mm/min

Caratteristiche del campione

	Sezione (cm ²)	Altezza iniziale (mm)	Peso Volume (KN/m ³)	Contenuto acqua iniziale (%)	Contenuto acqua finale (%)
Provino 1	36,00	23,00	18,30	27,07	29,21
Provino 2	36,00	23,00	18,11	27,69	28,96
Provino 3	36,00	23,00	18,18	26,79	26,81

Fase di consolidazione

	Tempo (ore)	Carico applicato (KPa)	Cedimento (mm)
Provino 1	24	200	0,51
Provino 2	24	300	0,97
Provino 3	24	400	1,43

ATTREZZATURA UTILIZZATA: MATEST S/N S277-01/AD/0005

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 2 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 331/23
del: 18.09.2023

Certificato n°: 3120-2023
Data certificato: 21.09.2023

Richiedente: I.GEO. Sas
Committente: Inse Srl
Cantiere: Realizzazione impianto eolico
Località: Coordinate geografiche: 37° 15' 25,9 N - 13° 49' 13,8 E - Naro (AG)
Data di prova: 18.09.2023

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
S1	C2	14,50-15,00	indisturbato	13.09.2023

Dati relativi al provino 1

σ_v 200 KPa														
dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ
min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa
0	0,00	0,000	0,000	0,0										
25	0,20	0,017	0,049	13,7										
50	0,41	0,033	0,098	27,2										
75	0,61	0,045	0,144	40,0										
100	0,81	0,056	0,190	52,7										
125	1,01	0,066	0,228	63,2										
150	1,22	0,074	0,268	74,5										
175	1,42	0,084	0,309	85,7										
200	1,62	0,092	0,331	92,0										
225	1,82	0,097	0,352	97,9										
250	2,03	0,104	0,368	102,3										
275	2,23	0,112	0,382	106,1										
300	2,43	0,118	0,392	109,0										
325	2,63	0,127	0,399	110,8										
350	2,84	0,132	0,404	112,3										
375	3,04	0,139	0,392	109,0										
400	3,24	0,146	0,356	98,8										
425	3,44	0,152	0,307	85,4										
450	3,65	0,158	0,269	74,6										
475	3,85	0,165	0,226	62,7										
500	4,05	0,170	0,203	56,3										
525	4,25	0,175	0,186	51,6										
550	4,46	0,179	0,172	47,8										
575	4,66	0,184	0,159	44,3										
600	4,86	0,190	0,156	43,4										

Pressione a rottura 112,3 (KPa)

Deformazione a rottura 2,84 (mm)

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE



PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 3 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 331/23
del: 18.09.2023

Certificato n°: 3120-2023
Data certificato: 21.09.2023

Richiedente: I.GEO. Sas
Committente: Inse Srl
Cantiere: Realizzazione impianto eolico
Località: Coordinate geografiche: 37° 15' 25,9 N - 13° 49' 13,8 E - Naro (AG)
Data di prova: 18.09.2023

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
S1	C2	14,50-15,00	indisturbato	13.09.2023

Dati relativi al provino 2

σ_v 300 KPa														
dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ
min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa
0	0,00	0,000	0,000	0,0										
25	0,20	0,029	0,075	20,8										
50	0,41	0,049	0,136	37,7										
75	0,61	0,065	0,196	54,5										
100	0,81	0,079	0,261	72,6										
125	1,01	0,092	0,317	88,0										
150	1,22	0,101	0,374	104,0										
175	1,42	0,111	0,424	117,7										
200	1,62	0,119	0,463	128,7										
225	1,82	0,127	0,503	139,7										
250	2,03	0,136	0,528	146,7										
275	2,23	0,144	0,548	152,2										
300	2,43	0,153	0,561	155,8										
325	2,63	0,159	0,573	159,3										
350	2,84	0,166	0,578	160,6										
375	3,04	0,173	0,557	154,6										
400	3,24	0,179	0,517	143,6										
425	3,44	0,184	0,466	129,5										
450	3,65	0,188	0,386	107,1										
475	3,85	0,193	0,321	89,1										
500	4,05	0,198	0,284	78,9										
525	4,25	0,201	0,253	70,2										
550	4,46	0,204	0,230	64,0										
575	4,66	0,208	0,216	60,0										
600	4,86	0,210	0,206	57,3										

Pressione a rottura 160,6 (KPa)
Deformazione a rottura 2,84 (mm)

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 4 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 331/23

Certificato n°: 3120-2023

del: 18.09.2023

Data certificato: 21.09.2023

Richiedente: I.GEO. Sas

Committente: Inse Srl

Cantiere: Realizzazione impianto eolico

Località: Coordinate geografiche: 37° 15' 25,9 N - 13° 49' 13,8 E - Naro (AG)

Data di prova: 18.09.2023

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
S1	C2	14,50-15,00	indisturbato	13.09.2023

Dati relativi al provino 3

σ_v 400 KPa															
dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ	dt	Sh	Sv	F	τ	
min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa	
0	0,00	0,000	0,000	0,0											
25	0,20	0,039	0,125	34,8											
50	0,41	0,062	0,242	67,3											
75	0,61	0,081	0,337	93,6											
100	0,81	0,097	0,416	115,5											
125	1,01	0,109	0,480	133,4											
150	1,22	0,122	0,547	151,9											
175	1,42	0,136	0,603	167,6											
200	1,62	0,145	0,638	177,1											
225	1,82	0,153	0,664	184,4											
250	2,03	0,161	0,686	190,6											
275	2,23	0,169	0,702	195,1											
300	2,43	0,178	0,720	200,0											
325	2,63	0,182	0,726	201,8											
350	2,84	0,190	0,737	204,6											
375	3,04	0,198	0,738	205,1											
400	3,24	0,207	0,714	198,4											
425	3,44	0,214	0,680	188,9											
450	3,65	0,218	0,634	176,0											
475	3,85	0,223	0,581	161,3											
500	4,05	0,227	0,517	143,6											
525	4,25	0,229	0,444	123,3											
550	4,46	0,233	0,371	103,1											
575	4,66	0,237	0,319	88,6											
600	4,86	0,242	0,273	75,8											

Pressione a rottura 205,1 (KPa)

Deformazione a rottura 3,04 (mm)

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE



PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 5 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 331/23

Certificato n°: 3120-2023

del: 18.09.2023

Data certificato: 21.09.2023

Richiedente: I.GEO. Sas

Committente: Inse Srl

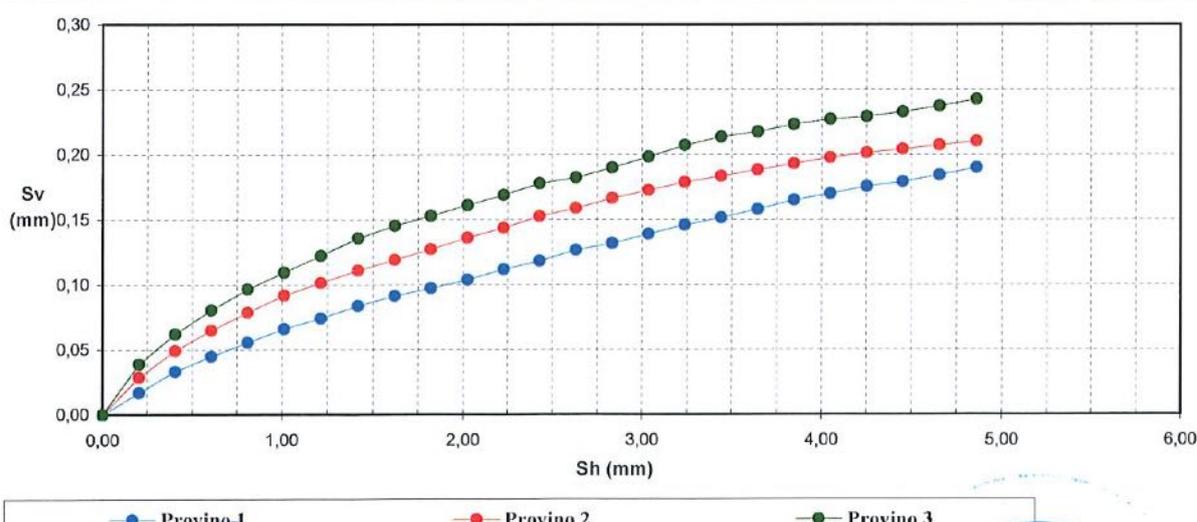
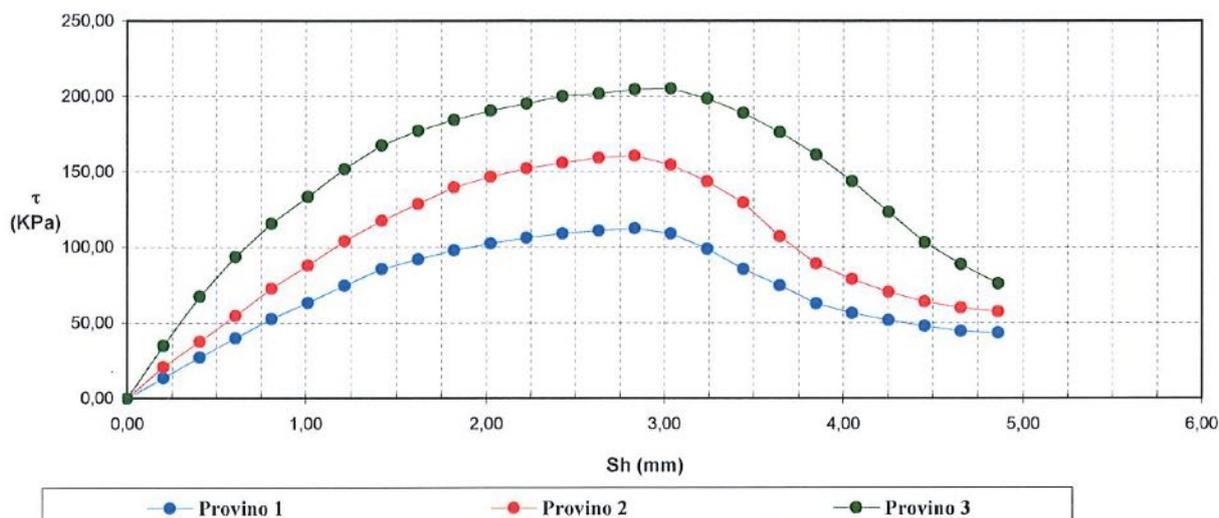
Cantiere: Realizzazione impianto eolico

Località: Coordinate geografiche: 37° 15' 25,9 N - 13° 49' 13,8 E - Naro (AG)

Data di prova: 18.09.2023

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
S1	C2	14,50-15,00	indisturbato	13.09.2023



Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01
del 03/01/2013

Pag. 6 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 331/23

Certificato n°: 3120-2023

del: 18.09.2023

Data certificato: 21.09.2023

Richiedente: I.GEO. Sas

Committente: Inse Srl

Cantiere: Realizzazione impianto eolico

Località: Coordinate geografiche: 37° 15' 25,9 N - 13° 49' 13,8 E - Naro (AG)

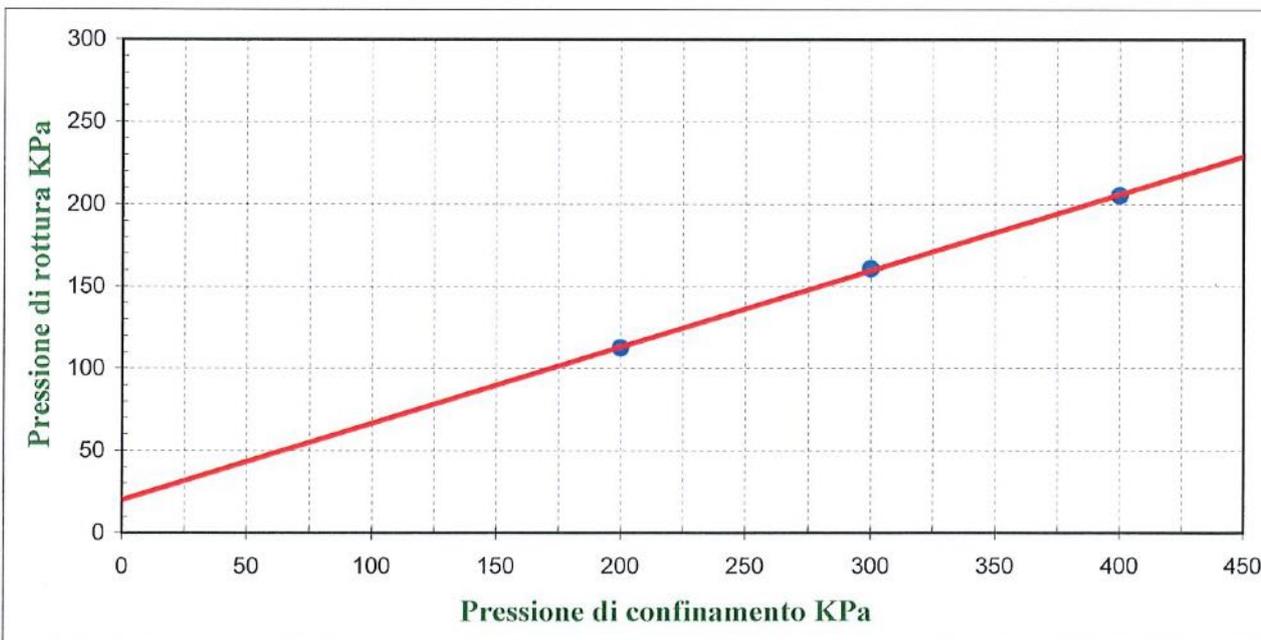
Data di prova: 18.09.2023

Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
S1	C2	14,50-15,00	indisturbato	13.09.2023

Parametri meccanici a rottura

	Press. di consolidazione (KPa)	Press. di rottura (KPa)	Def. a rottura (mm)
Provino 1	200,00	112,30	2,84
Provino 2	300,00	160,60	2,84
Provino 3	400,00	205,10	3,04



Risultati sperimentali

Angolo di attrito	24,89	Gradi
Coesione	20,13	KPa

Tecnico sperimentatore
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio
Dr. Geol. F. MARTONE

Committente:

Inse Srl

Oggetto:

Realizzazione Impianto eolico Naro

PROVA SISMICA MASW



Indagini geognostiche e geofisiche – Consolidamenti – Pali – Micropali
Via Aldo Moro, 2 - 81050 Pastorano (CE) - tel - fax 0823/879116 ; cell.
338/1534202

E-Mail: igeo2004@virgilio.it – P.Iva : 01956710618

ISO 9001:2015 QMS-05065959-19

Attestazione SOA n. 5797/66/02 OS 20-B Class. I - Indagini Geognostiche
valida fino al 21/01/2024 rilasciata da IMPRESOA SpA

CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SUOLO

METODO MASW

(Multi-channel Analysis of Surface Waves)

Committente: Inse Srl

Oggetto: Realizzazione Impianto eolico Naro

Località: Naro (AG)

Data: Settembre 2023

Il consulente

I.GEO S.a.s.
di DONOFRIO GIUSEPPE & C.
Via Aldo Moro 2 - PASTORANO (CE)
Part.Iva E Cod. Fisc. 01956710618

FONDAMENTI TEORICI DEL METODO MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, ossia onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980). La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. Quando si energizza il sito in un punto della sua superficie libera si generano i diversi tipi di onde. Se la sorgente è perpendicolare alla superficie libera si generano onde appartenenti al piano verticale: onde P, onde SV, onde Rayleigh, onde rifratte. Se la sorgente è parallela alla superficie libera si generano onde appartenenti al piano orizzontale: onde SH, onde di Love. Nel metodo MASW si usano le sole onde di Rayleigh e si trascurano gli effetti dovuti alle onde P e SV. Sebbene una sorgente puntiforme verticale generi anche le onde P e le onde S oltre alle onde Rayleigh, intervengono due aspetti che rendono il contributo delle onde di Rayleigh prevalente sul contributo delle onde P e SV. Il primo aspetto è che le onde Rayleigh trasportano circa i due terzi dell'energia generata dalla sorgente. Il secondo aspetto è che allontanandosi dalla sorgente le onde di Rayleigh subiscono un'attenuazione geometrica inferiore rispetto alle onde P e SV, perchè le onde Rayleigh si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, invece le onde P e SV si propagano secondo fronti d'onda sferici.

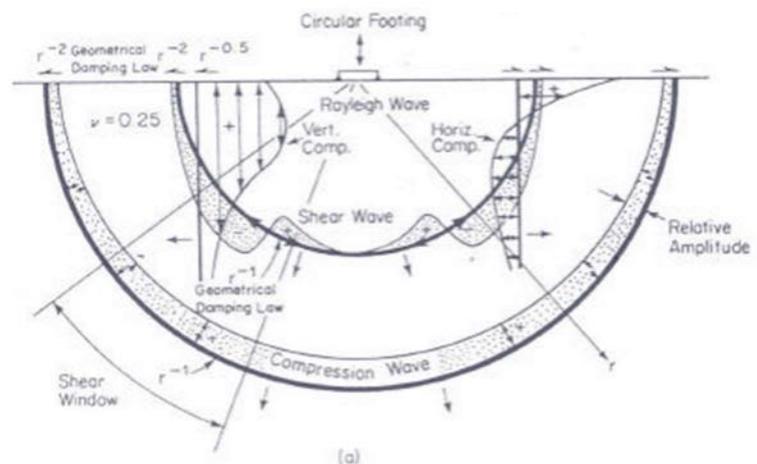


Fig. 1: Onde generate da una sorgente armonica verticale sulla superficie libera di un semispazio omogeneo e ripartizione dell'energia tra onde P, S e Rayleigh per coefficiente di Poisson $\nu=0,25$. (Richart et al., 1970).

Quando si misurano le onde superficiali lungo uno stendimento di ricevitori sulla superficie di un sito energizzato in un punto, si dispone del campo di moto, spostamenti o velocità o accelerazioni, nel dominio spazio-tempo. La perturbazione generata dalla energizzazione contiene al suo interno tutti i diversi modi o onde di Rayleigh, che formano un unico treno d'onda e non si sono ancora separati o dispersi. Affinché il fenomeno di dispersione dei diversi modi di Rayleigh abbia luogo occorre porsi ad una distanza sufficiente dalla sorgente. Quando si trasforma il campo di moto dal dominio spazio-tempo al dominio frequenza-numero d'onda oppure in maniera equivalente al dominio velocità di fase-frequenza per rappresentare la relazione di dispersione, allora si scopre che non è in genere possibile misurare separatamente le curve modali previste dalla teoria. Anziché ottenere le curve modali separate si ottiene un'unica curva denominata curva apparente o effettiva. La curva apparente o effettiva che si ottiene dalle tracce misurate in sito è il risultato dell'interazione tra tutti i modi di Rayleigh e lo stesso sistema di misura costituito dai ricevitori. La configurazione dei ricevitori nello stendimento può influenzare il valore che la curva di dispersione apparente assume a certe frequenze. Indipendentemente dal disturbo apportato dal sistema di misura, la curva apparente è comunque data dall'interazione dei diversi modi di Rayleigh. In funzione delle caratteristiche geometriche (spessori) e meccaniche (V_s , V_p , densità di massa) degli strati di terreno alcuni modi di Rayleigh possono risultare predominanti rispetto agli altri modi in certi intervalli di frequenza. Generalmente quando la rigidità degli strati aumenta gradualmente con la profondità il modo fondamentale di Rayleigh risulta predominante a tutte le frequenze.

Il metodo MASW consiste in tre fasi (Roma, 2002):

(1) la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale,

(2) la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica,

(3) la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore H , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p (o in maniera alternativa alle velocità V_p è possibile assegnare il coefficiente di Poisson ν), la densità di massa ρ degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

INDAGINI ESEGUITE

Su incarico della Soc. Inse Srl, in merito alla realizzazione di un impianto eolico, è stata eseguita una campagna di indagine geofisica che ha previsto l'esecuzione di n° 1 MASW, nel territorio comunale di Naro (AG), al fine di comprendere i rapporti sismo-stratigrafici dei principali litotipi costituenti il sottosuolo dell'area di studio ottemperando a quanto previsto dal D. M. del 17 gennaio 2018.

L'indagine è stata eseguita utilizzando un sismografo multicanale M.A.E. A6000S, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- capacità di campionamento dei segnali tra 0.002 e 0.00005 sec;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time break)
- filtri High Pass e Band Reject
- "Automatic Gain Control"
- convertitore A/D a 24 bit
- 24 geofoni verticali (P) con periodo proprio di 4.5 Hz
- Power 12 V

Il trigger è dato da un geofono starter esterno, con possibilità di pre-trigger (0-10 ms). Sono stati utilizzati 12 ricevitori (geofoni) da 4,5 Hz capaci di misurare il campo di moto della direzione verticale, e come sorgente energizzante, una massa battente (martello) da 8 Kg battuta su una piastra metallica.



Fig.2 – Sismografo M.A.E. A6000S.

METODOLOGIA OPERATIVA ED INTERPRETATIVA

Per quanto riguarda la metodologia operativa, il profilo MASW è stato eseguito utilizzando n° 12 geofoni allineati sul terreno con un'inter-distanza di 2 metri; i punti di scoppio sono stati posizionati ad una delle estremità del profilo a distanze di 2,00 m, 4,00 m e 6,00 m dal geofono n° 1. La scelta dei tre scoppi è stata effettuata per avere la certezza di generare la dispersione delle onde superficiali a prescindere dai differenti litotipi presenti nel sottosuolo dell'area investigata.

Per quanto riguarda, invece, la metodologia interpretativa, il software EASY MASW consente di analizzare dati sismici (common-shot gathers acquisiti in campagna) in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della Vs (velocità delle onde di taglio). Tale risultato è ottenuto tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves).

La procedura si sviluppa in quattro operazioni svolte in successione:

- **Fase 1:** inserimento della curva apparente di dispersione sperimentale del terreno o determinazione della stessa a partire dalle tracce misurate in sito
- **Fase 2:** simulazione numerica della curva apparente di dispersione del terreno a partire da un profilo di velocità delle onde di taglio Vs di primo tentativo (profilo iniziale)
- **Fase 3:** determinazione del profilo di velocità finale delle onde di taglio Vs, che rende ottimale la sovrapposizione della curva apparente di dispersione sperimentale e della curva apparente di dispersione simulata numericamente
- **Fase 4:** caratterizzazione geotecnica sismica e determinazione del tipo di suolo sulla base del profilo di velocità finale delle onde di taglio Vs.

Il software EASY MASW è caratterizzato dai seguenti aspetti:

- Consente di considerare i modi superiori (fino a 50 modi) delle onde di Rayleigh.
- Consente di eseguire sia una ricerca manuale sia una ricerca automatica del profilo di velocità delle onde di taglio Vs.
- Consente di elaborare le tracce misurate per determinare la curva di dispersione sperimentale.
- Consente di calcolare la V_{seq} del sito esaminato.
- Consente di stimare un errore del profilo di velocità Vs sulla base del grado di incertezza dei dati misurati in sito.

- Consente di analizzare siti inversamente dispersivi con forti contrasti di rigidità tra i diversi strati di terreno e/o roccia.
- Consente di considerare l'influenza della falda.
- Consente di mantenere costanti le velocità V_s di alcuni strati e di variare le V_s degli altri strati del profilo stratigrafico.

Di seguito vengono riportate le risultanze dell'indagine eseguita.

VISUALIZZAZIONE FORMA D'ONDA

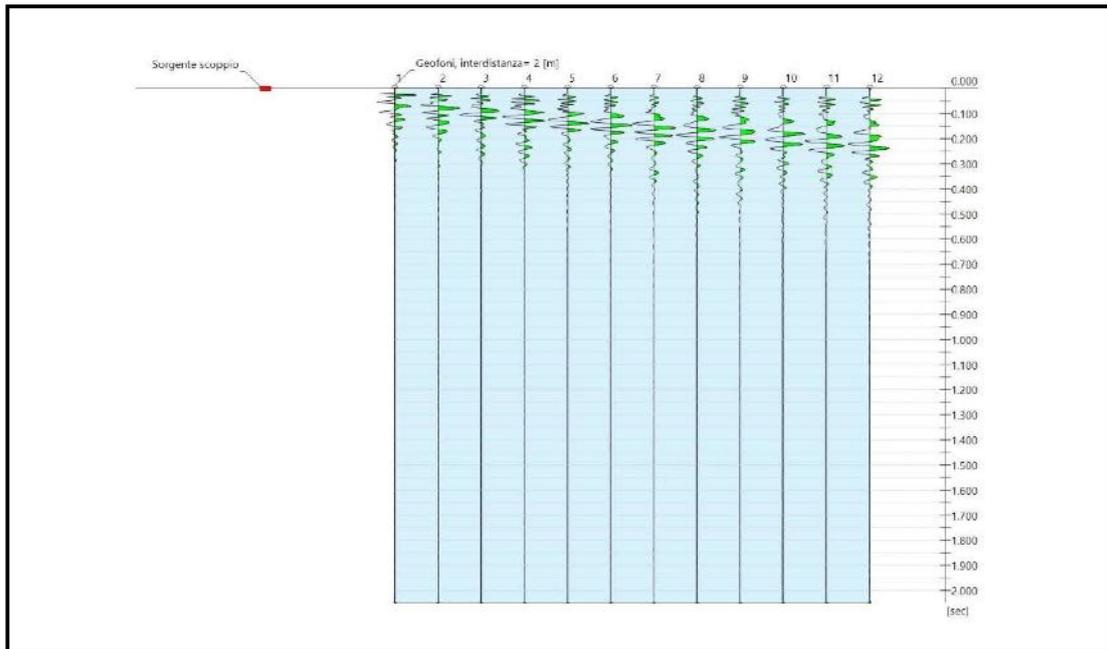


Fig.4 – Tracce acquisite in sito

VISUALIZZAZIONE SPETTRO F-K

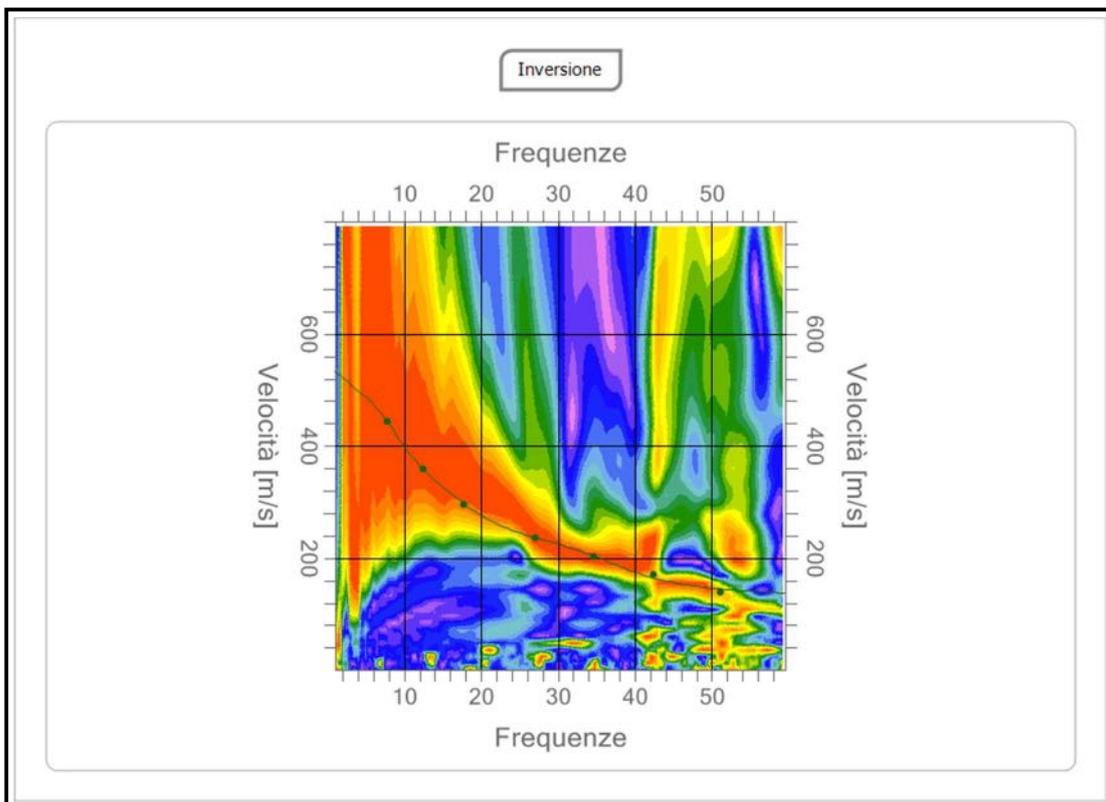


Fig.5 – Spettro f-k del segnale sismico acquisito

GRAFICO VELOCITA' V_s

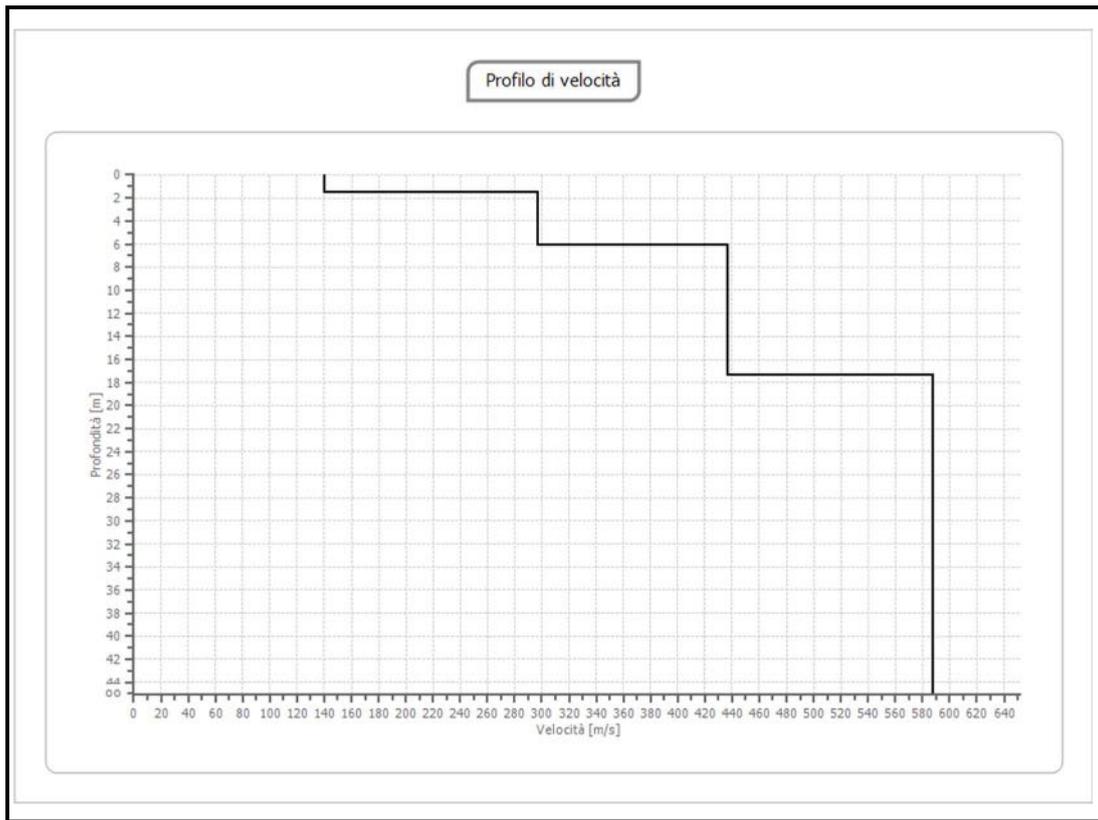


Fig.6 - Profilo di velocità V_s iniziale e finale rappresentati graficamente e riportate numericamente nella pagina successiva.

RISULTATI

Sono stati individuati *n.* 4 sismo-strati principali alle seguenti profondità e alle rispettive velocità delle onde S:

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	V_p [m/sec]	V_s [m/sec]
1	1.50	1.50	1500.0	0.30	261.6	140
2	6.00	4.50	1550.0	0.30	554.9	297
3	17.50	11.50	1600.0	0.30	817.2	437
4	∞	∞	1650.0	0.30	1098.4	587

Percentuale di errore

0.014 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.021

Gli spessori rilevati e le relative velocità delle onde S hanno portato alla seguente determinazione della V_{sEQ} a partire dal piano di riferimento: $z = 0$

$V_{sEQ} =$	30	408	m/s
	$\Sigma h_i/V_i$		

Categoria di suolo tipo: **B**

APPENDICE

Tipo di suolo

Tipo 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.

Tipo 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 di valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

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

Tipo 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 m/s e 180 m/s.

Tipo 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.

Pastorano, Settembre 2023

I.GEO S.a.s.
di DONOFRIO GIUSEPPE & C.
Via Aldo Moro 2 PASTORANO (CE)
Part.Iva e Cod. Fisc. 01959710618

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Committente:

Inse Srl

Oggetto:

Realizzazione Impianto eolico Naro

UBICAZIONE PLANIMETRICA INDAGINI

UBICAZIONE PLANIMETERICA INDAGINI



● Sondaggio a carotaggio continuo S1 - Coordinate geografiche Lat.: 37°15'25.9"N - Long.: 13°49'13.8"E

--- Prova sismica Masw – Coordinate punto medio Lat.: 37°15'26.25"N - Long.: 13°49'13.13"E

Committente:

Inse Srl

Oggetto:

Realizzazione Impianto eolico Naro

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



POSTAZIONE SONDAGGIO S1



S1 CASSETTA 1
0.00 – 5.00



S1 CASSETTA 2
5.00 – 10.00



S1 CASSETTA 3
10.00 – 15.00



S1 CASSETTA 4
15.00 – 20.00



S1 CASSETTA 5
20.00 – 25.00



S1 CASSETTA 6
25.00 – 30.00