



REGIONE SICILIA



COMUNEDICAMPOBELLO
DILICATA



COMUNEDILICATA

**COSTRUZIONE E ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI
PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA
AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 48 MWE ACCUMULO
DI 24 MW CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA-
IMPIANTO DENOMINATO "LICATA" UBICATO IN
AGRO DEL COMUNE DI LICATA A CAMPOBELLO DI LICATA**

ELABORATO: RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
001	08/08/2023	Relazione Indagini geofisica	Geol. Mondello Carmelino		

PROGETTAZIONE



Studio Tecnico di progettazione

Via Lecce 65 - 73041 Carmiano (LE)
tel. 3898549083 - emanuele.verdoscia@scsinnovations.com

Ing. Emanuele Verdoscia

GESTORE RETE ELETTRICA RICHIEDENTE

COMUNE DI LICATA e CAMPOBELLO DI LICATA (CITTA' METROPOLITANA DI MESSINA)

RELAZIONE GEOFISICA

PROGETTO:

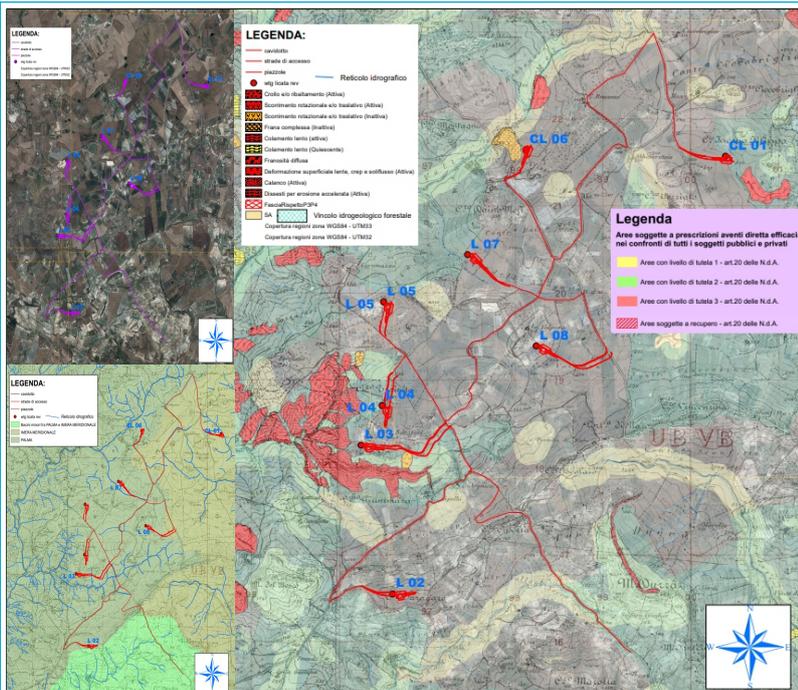
COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN'IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTI OLICHE AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 48 MW E ACCUMULO DI 24 MW CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO DENOMINATO "LICATA" - UBICATO IN AGRO DEL COMUNE DI LICATA E CAMPOBELLO DI LICATA.

COMMITTENTE:



SCS Innovations s.r.l.
Via G. G. Antonelli, 3
70043 Monopoli (BA), Italy
P. Iva 06900360725 C.F. 06900360725
tel. +39-340-7309724
info@scsinnovations.com www.scsinnovations.com

001_GEOFISICA



Montagnareale, li Agosto 2023

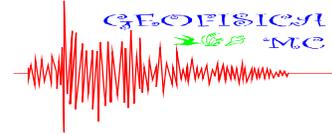
IL GEOLOGO:

Dott. Carmelino Mondello
(Q.R.G.S. n. 1679)



Carmelino Mondello

Dott. Geol. Carmelino Mondello
C.da Morera n. 4 - 98060 Montagnareale (ME) - cell.: 320 2521625
e-mail: geomondello@gmail.com

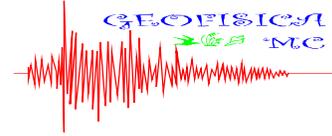


INDICE

PREMESSA.....	1
2. <i>Strumentazione</i>	1
3. RISPOSTA SISMICA DEL SITO (HVSR)	2
3.1 <i>HVSR N° 1 - L05 Terreni Calcarei</i>	3
3.2 <i>HVSR N° 2 - L03 Terreni Argillosi</i>	7
3.3 <i>HVSR N° 3 - L08 Terreni Calcarei</i>	11

Allegati:

- Carta Ubicazione Indagini, in scala 1:25.000;



COMUNE DI LICATA e CAMPOBELLO DI LICATA

(Provincia di Agrigento)

* * * * *

OGGETTO: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN'IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 48 MW E ACCUMULO DI 24 MW CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA – IMPIANTO DENOMINATO "LICATA" UBICATO IN AGRO DEL COMUNE DI LICATA E CAMPOBELLO DI LICATA.



SCS innovations s.r.l.
Via G. Antonelli, 3
70043 Monopoli (BA), Italy
P.Iva 06900360725 C.F. 06900360725
tel. +39-040-7309724
info@scsinnovations.com www.scsinnovations.com

COMMITTENTE:

PREMESSA

Su incarico della Committenza è stata eseguita una campagna di indagini geofisiche nell'area interessata dal progetto: "COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN'IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 48 MW E ACCUMULO DI 24 MW CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA – IMPIANTO DENOMINATO "LICATA" UBICATO IN AGRO DEL COMUNE DI LICATA E CAMPOBELLO DI LICATA".

Scopo dell'indagine era determinare la categoria dei suoli secondo la normativa sismica italiana (VS,Eq), la stratigrafia sismica dei terreni e definire la frequenza caratteristica di sito. Indagini prepedeutiche alla fase di progettazione di fattibilità geologica tecnico-economica.

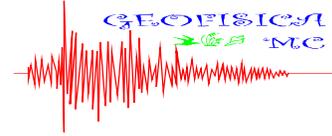
A tale scopo sono state eseguite:

- **n° 3 misura di prova sismica passiva HVSR (rumore sismico passivo x finestra temporale di registrazione in continuo non inferiore a 20 minuti).**

2. Strumentazione

L'indagine è stata eseguita con TROMINO della MOHO, strumento all-in-one di piccole dimensioni (1 dm^3 , $< 1 \text{ kg}$), dotato di:

- 3 canali velocimetrici (gamma dinamica regolabile)
- 3 canali accelerometrici
- 1 canale analogico



- Ricevitore GPS
- trasmettitore/ricevitore radio integrato (per la sincronizzazione tra diverse unità)
- sistema di attivazione radio (per rilievi MASW e simili)

TROMINO funziona nella gamma [0,1, 1024] Hz ed è alimentato solo da 2 batterie AA (1,5 V).

Il suo utilizzo è rivolto:

Microzonazione sismica, mappature delle frequenze di risonanza del sottosuolo (tecnica H/V)

Profili Vs dalla modellazione di curve H/V vincolate, modellazione delle curve H/V per ottenere profili delle onde di taglio (Vs) in presenza di vincoli indipendenti.

Profili Vs/Vp da MASW o sismica a rifrazione con un solo ricevitore più trigger radio.

Stratigrafia sismica passiva. Mappatura del substrato roccioso con creazione di immagini sismiche passive del sottosuolo

GRILLA è il software per archiviare, organizzare, visualizzare e analizzare le registrazioni di TROMINO.

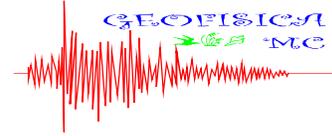
3. RISPOSTA SISMICA DEL SITO (HVSr)

Il comportamento del sito conseguentemente ad un evento sismico (input), è inteso in termini di differente energia e/o diversa distribuzione in frequenza della stessa a causa degli effetti di amplificazione o attenuazione selettiva di determinate frequenze (risposta in frequenza del sito), che è funzione delle caratteristiche fisiche-geometriche dei mezzi attraversati (litologici e strutturali) da un'onda sismica.

I terreni rigidi presentano spettri di radiazione sismica poco amplificati con risposte centrate nella banda audio-frequency ($f > 20$ Hz) legate allo stato di alterazione superficiale del sito roccioso (Crawshaw, 1988), mentre i terreni soffici danno luogo a risposte di sito a frequenza minore di 10 Hz con livelli di amplificazione legati al contrasto di impedenza sismica.

Per rumore sismico di fondo si intende una sollecitazione il cui spettro comprende ugualmente tutte le frequenze. Un'amplificazione di una determinata frequenza dovrebbe quindi essere legata ad un effetto di sito, frequenza, da considerarsi come la frequenza di oscillazione predominante di quel determinato terreno o successione stratigrafica di sito, che per evitare pericolosi fenomeni di risonanza dovrebbe essere sufficientemente diversa da quella dei manufatti.

La registrazione di rumore sismico in un sito fornisce indicazioni utili per definire la forma dello spettro di un terremoto distruttivo, in cui periodo predominante di un terremoto e dei microtrempi sarebbero strettamente simili.



In ambiente scientifico, si afferma negli ultimi anni, un metodo di elaborazione delle registrazioni di noise che valuta il rapporto spettrale tra le componenti orizzontali e verticali del moto (rapporto H/V), conosciuta come tecnica di Nakamura (1989), la quale consente di stimare in via qualitativa e, attraverso procedure semplificate di inversione, le funzioni di amplificazione dei suoli senza la necessità di disporre di registrazioni al bedrock.

Le acquisizioni di rumore sismico si eseguono in assenza di vento e in sostanziali condizioni di basso rumore ambientale, scegliendo una finestra temporale di acquisizione > 20 minuti sia per garantire stabilità del segnale sia per filtrare eventuali fenomeni transienti. Inoltre, attraverso l'utilizzo di una bussola la componente longitudinale viene orientata verso Nord nella registrazione del rumore sismico al suolo.

Nel presente lavoro la valutazione della risposta sismica del sito è stata affrontata attraverso la tecnica dei rapporti spettrali dei microtremori (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR) introdotta da (Nakamura, 1989), al fine di quantizzare, gli effetti di amplificazione sismica locale.

3.1 HVSR N° 1 - L05 Terreni Calcarei

Instrument: TRZ-0125/01-10

Data format: 16 bit

Full scale [mV]: 51

Start recording: 08/08/2023 16:19:27 End recording: 08/08/2023 16:39:28

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 83% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

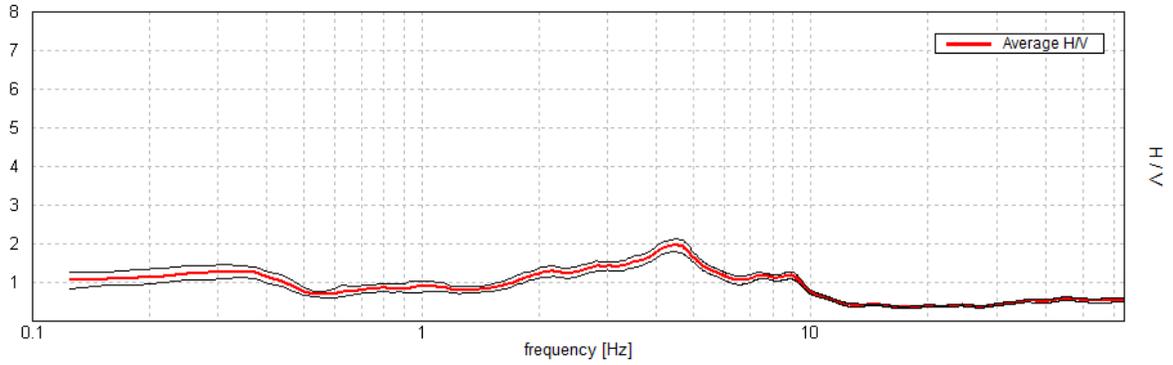
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

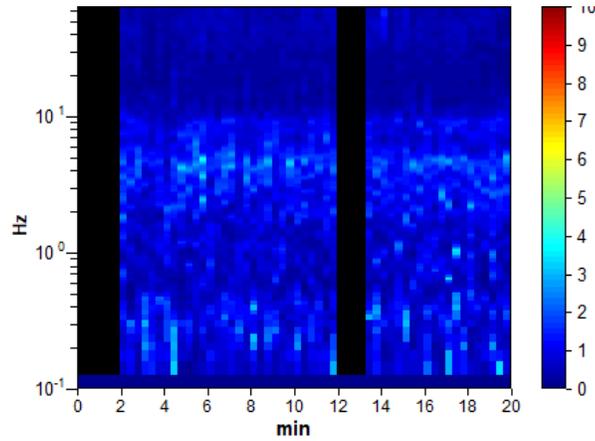


HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

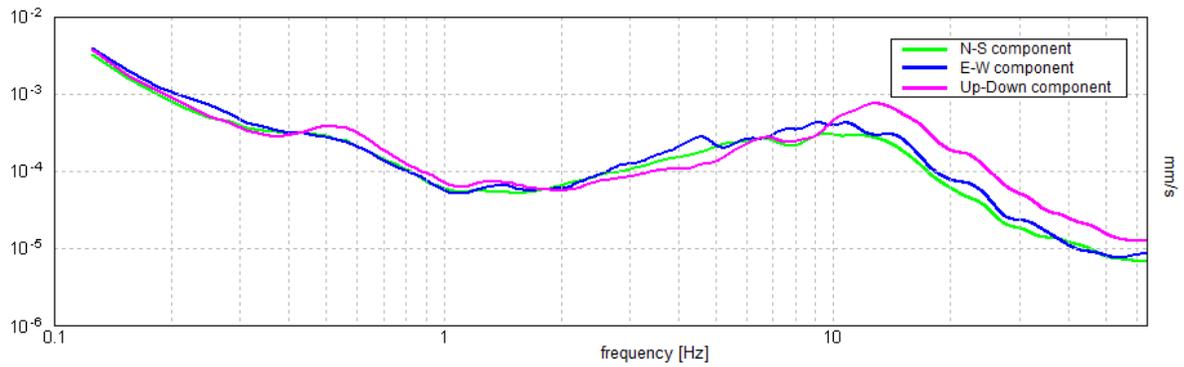
Max. H/V at 4.47 ± 0.95 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

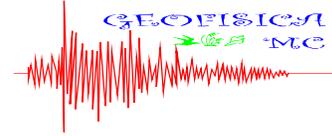


V TIME HISTORY



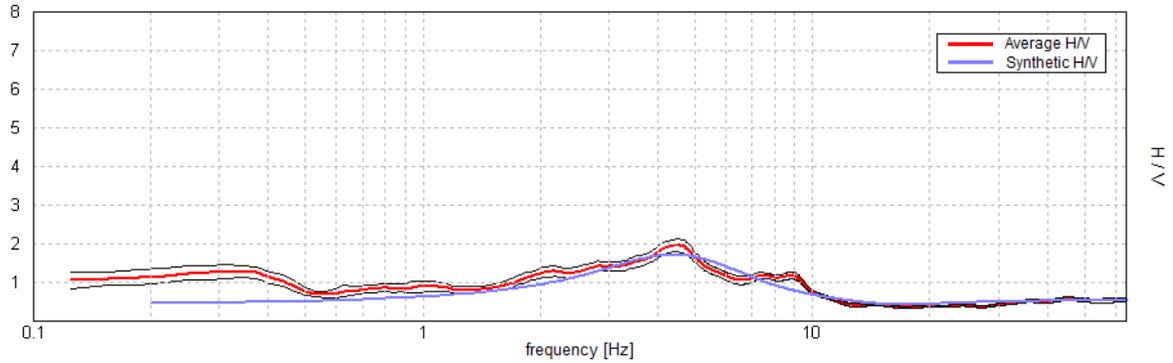
SINGLE COMPONENT SPECTRA





EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

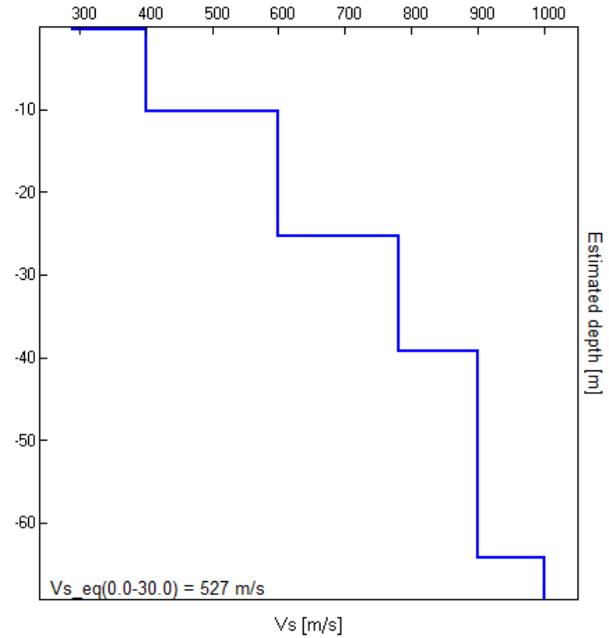
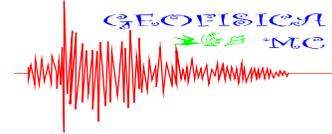
Max. H/V at 4.47 ± 0.95 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.25	0.25	290	0.42
10.25	10.00	400	0.42
25.25	15.00	600	0.38
39.25	14.00	780	0.38
64.25	25.00	900	0.38
inf.	inf.	1000	0.38

Vseq = 527 m/s

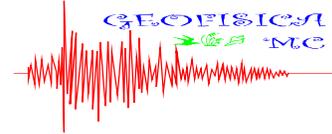
Il sito oggetto d'indagine può appartenere alla **categoria "B" Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.**



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 4.47 ± 0.95 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve			
[All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	$4.47 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$4468.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 216 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak			
[At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.656 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	9.5 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.07 > 2$	K	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.2128 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.95097 < 0.22344$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1616 < 1.58$	OK	



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

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

3.2 HVSR N° 2 - L03 Terreni Argillosi

Instrument: TRZ-0125/01-10

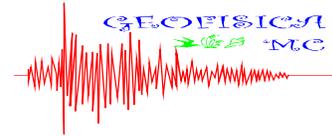
Data format: 16 bit

Full scale [mV]: 51

Start recording: 08/08/2023 13:32:13 End recording: 08/08/2023 13:52:13

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available



Trace length: 0h20'00". Analyzed 32% trace (manual window selection)

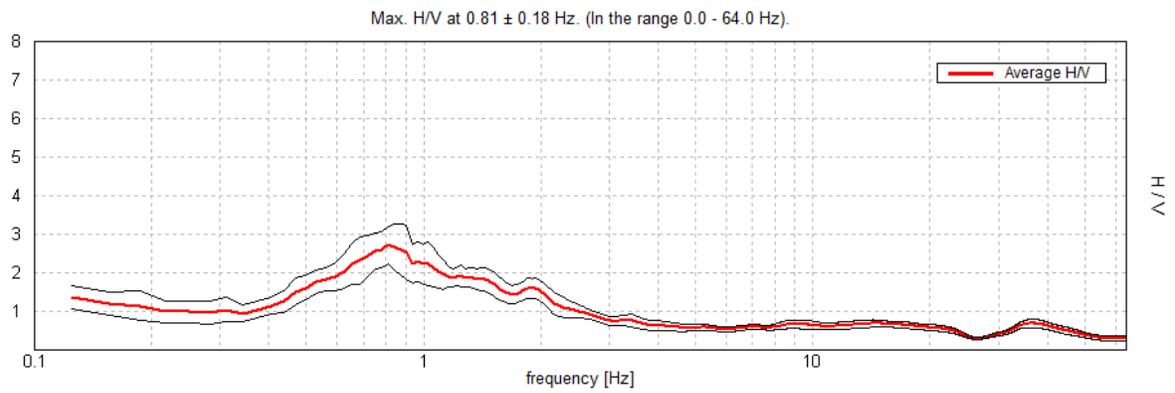
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

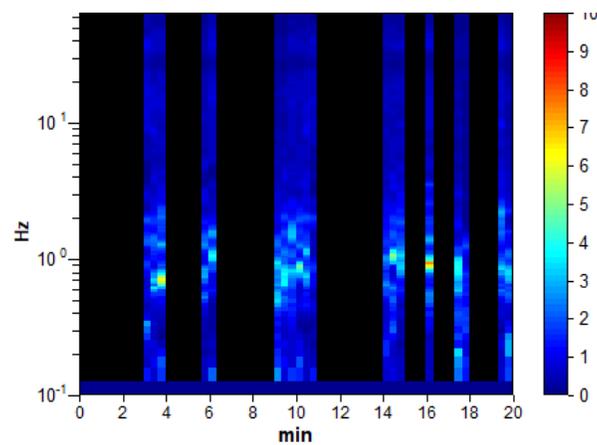
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

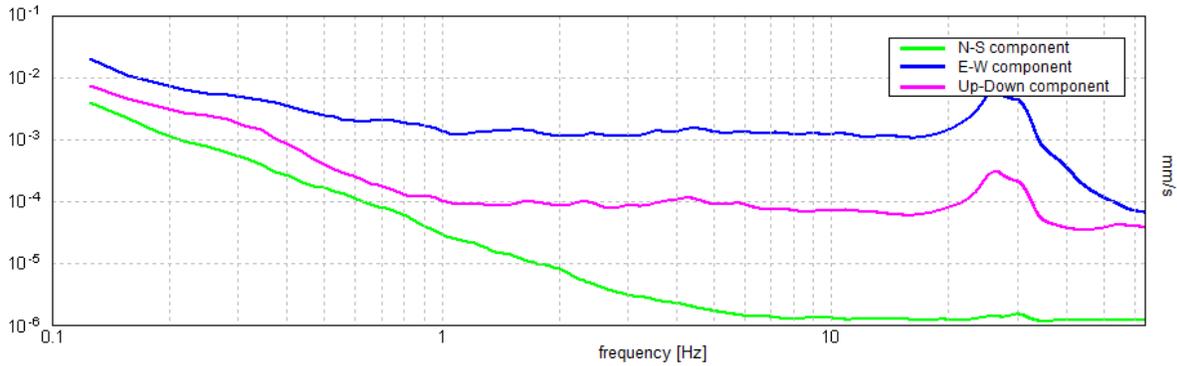
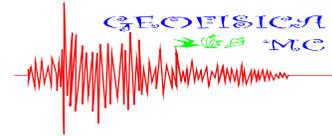
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY

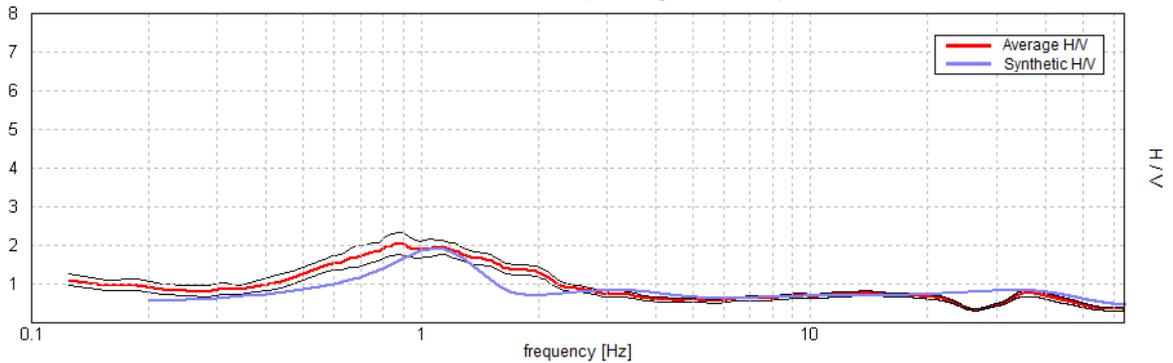


SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

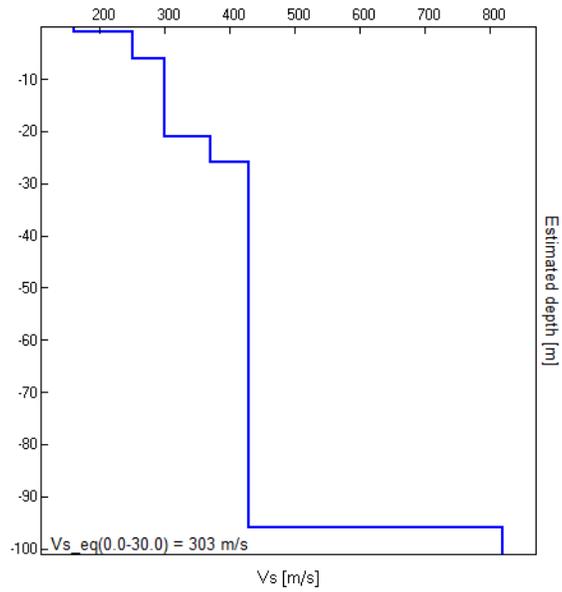
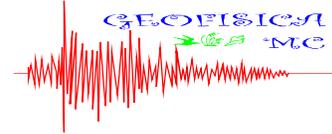
Max. H/V at 0.88 ± 0.27 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	160	0.32
6.00	5.00	250	0.32
21.00	15.00	300	0.32
26.00	5.00	370	0.32
96.00	70.00	430	0.32
inf.	inf.	820	0.32

$$V_{s_eq}(0.0-30.0) = 303 \text{ m/s}$$

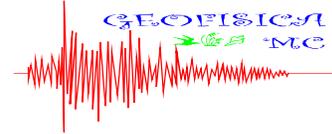
Il sito oggetto d'indagine può appartenere alla categoria "C" *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at $0.81 \pm 0.18 \text{ Hz}$ (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve			
[All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	0.81 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	308.8 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 40 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak			
[At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.438 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.094 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.72 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.22634 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \epsilon(f_0)$	0.1839 < 0.12188		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4937 < 2.0	OK	



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

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

3.3 HVSR N° 3 - L08 Terreni Calcarei

Instrument: TRZ-0125/01-10

Data format: 16 bit

Full scale [mV]: 51

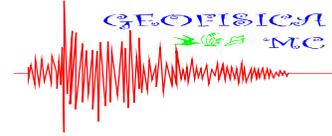
Start recording: 08/08/2023 12:03:08 End recording: 08/08/2023 12:23:08

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 77% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

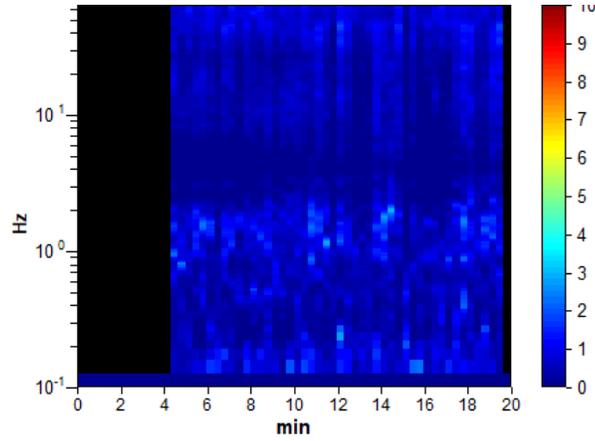


Window size: 20 s

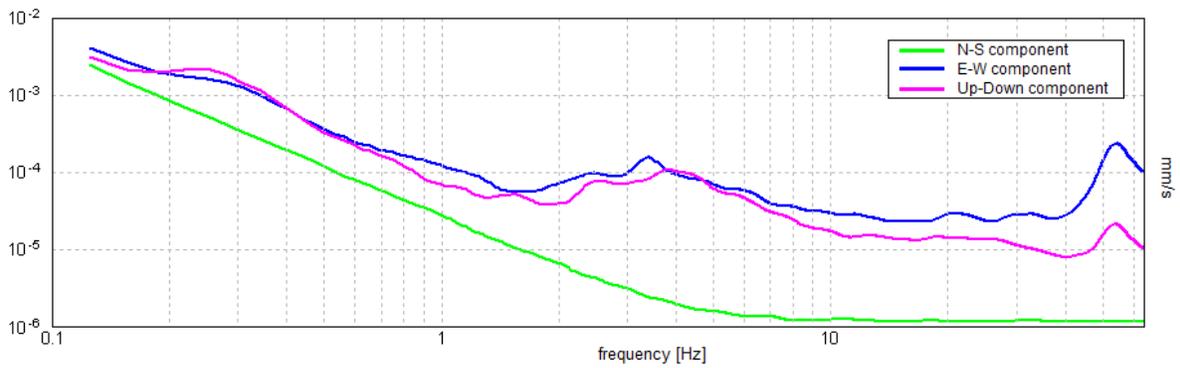
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO H/V TIME HISTORY

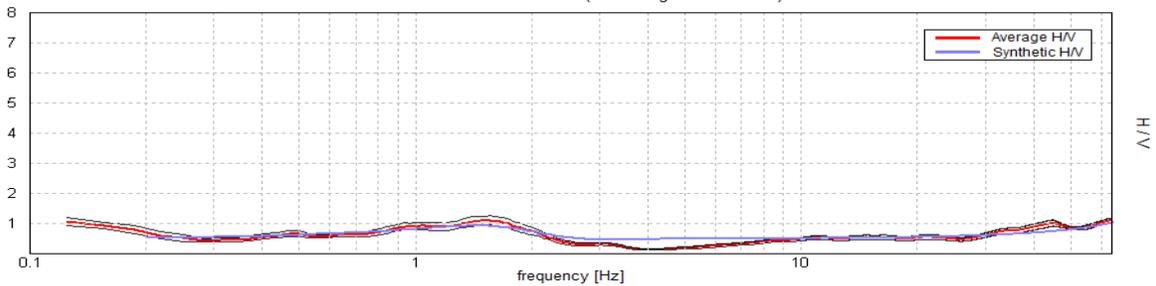


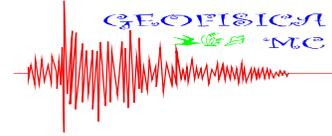
SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 63.97 ± 54.95 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

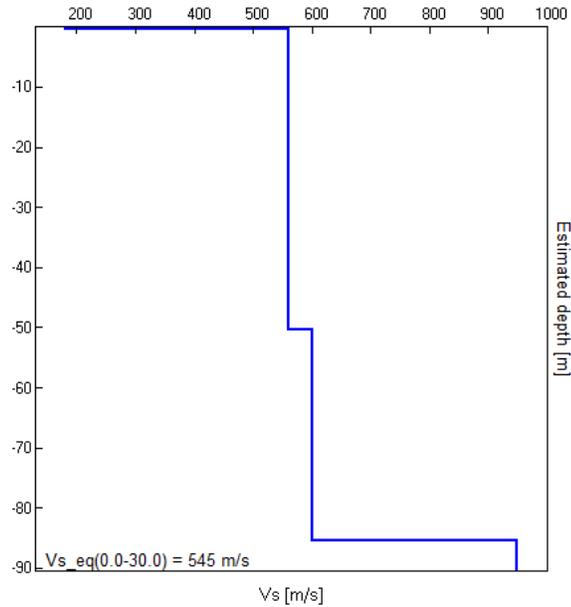




Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.40	0.40	180	0.30
50.40	50.00	560	0.30
85.40	35.00	600	0.30
inf.	inf.	950	0.30

$$V_{s_eq}(0.0-30.0) = 545 \text{ m/s}$$

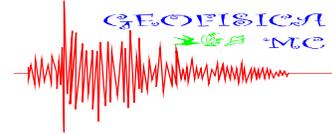
Il sito oggetto d'indagine può appartenere alla **categoria "B" Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.**



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 63.97 ± 47.9 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

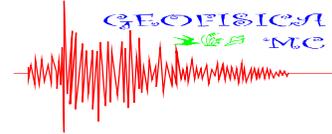
Criteria for a reliable H/V curve
[All 3 should be fulfilled]



$f_0 > 10 / L_w$	$63.97 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$58851.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1026 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	28.281 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$1.13 > 2$		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.74886 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \epsilon(f_0)$	$47.90385 < 3.19844$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.0854 < 1.58$	OK	

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

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



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

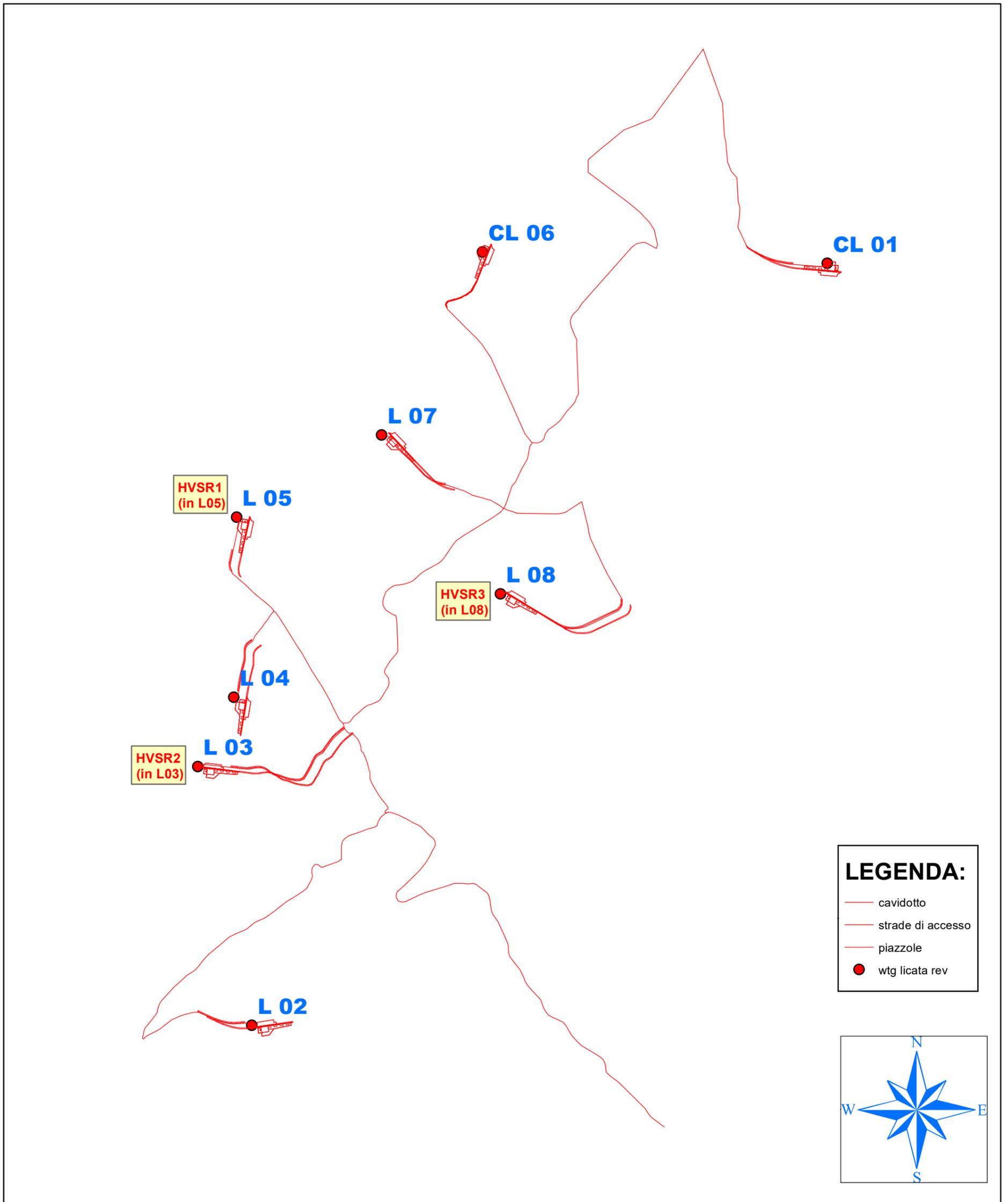
L'ubicazione e la tipologia di indagini per la fase di studio di fattibilità tecnico-economica è stata limitata a siti accessibili senza violare le proprietà private o arrecare danni.

Montagnareale, li


 Dott. Geol.
 MONDELLO
 CARMELINO
 N. 1679

[Handwritten signature]

CARTA UBICAZIONE INDAGINI
Scala 1:25.000



HVS1
(in L05)

Misure di acquisizione per analisi HVS