

**REGIONE MOLISE**

**PROVINCIA DI CAMPOBASSO  
COMUNE DI MONTENERO DI BISACCIA  
Contrada Montebello snc**

**Impianto Agro – Fotovoltaico APIDOR**

**PROGETTO DEFINITIVO**

Realizzazione impianto agro fotovoltaico denominato “APIDOR” con potenza di picco 12.480 kWp e potenza di immissione in rete 9.588 kW comprensivo delle opere di connessione alla rete di distribuzione 20kV

ELABORATO		DATA
<b>RELAZIONE SISMICA</b>		26/11/2021
N° PAGINE: <b>102</b>	SCALA: -	LIVELLO PROG.: <b>PD</b>
CODICE ELABORATO: <b>RS06REL0014A0</b>	ID E-DISTRIBUZIONE: <b>T0737896</b>	
<b>VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE</b>		

**REVISIONI**

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
00	26/11/2021	EMISSIONE	GEOL. A. CACIOPPO	ING. F. MULÈ	COSTEN

<p><b>Proponente</b></p> <p><b>QUANTUM PV 03 SRL</b> Via Mannelli n° 5 00019 Tivoli (RM) P.IVA 15940861006 PEC: quantumpv03@legalmail.it</p>	<p><b>Rilevamento, progettazione geologica ed ambientale: Geoingegneria s.e.t s.r.l.s.</b> Via G. Marconi 127 – 91014 Castellammare del Golfo P.iva : 02806000812</p> <p><b>IL TECNICO INCARICATO</b></p>  
<p><b>Progettazione</b></p>  <p><b>Costen srl</b> Via Ninni Cassarà 15 91011 Alcamo (TP) C.F./P.IVA: 02804040810 info@costen.it</p>	<p><b>Spazio riservato per le approvazioni</b></p>

Le opere previste nel presente progetto sono di pubblica utilità

<b>OGGETTO: Indagini geofisiche condotte mediante metodologia M.A.S.W. e H.V.S.R., in conformità al D.M. 17.01.2018 per l'individuazione della classe del suolo, per la realizzazione impianto agro fotovoltaico denominato "APIDOR" con potenza di picco 12.480 kWp e potenza di immissione in rete 9.588 kW comprensivo delle opere di connessione alla rete di distribuzione 20kV.....</b>	<b>Pag. 1</b>
1. PREMESSA.....	Pag. 1
2. CENNI SULLA METODOLOGIA M.A.S.W. ....	Pag. 3
2.1 GENERALITÀ SULLE PROSPEZIONI GEOFISICHE ESEGUITE.....	Pag. 3
2.1.1 STRUMENTAZIONE.....	Pag. 3
2.1.2 GEOMETRIA DELLE PROVE M.A.S.W.....	Pag. 4
2.2 ELABORAZIONE DEI DATI DELLE PROVE MASW.....	Pag. 4
2.2.1 CURVA DI DISPERSIONE APPARENTE SPERIMENTALE NELLA PROVA M.A.S.W.....	Pag. 4
2.2.2 VELOCITÀ DI FASE APPARENTE NUMERICA NELLA PROVA M.A.S.W.....	Pag. 4
2.2.3 PROFILO FINALE DELLE ONDE DI TAGLIO VERTICALI VS.....	Pag. 4
2.3 ELABORAZIONE INDAGINI M.A.S.W.....	Pag. 5
2.3.1 ELABORAZIONE INDAGINE M.A.S.W. 1 ESEGUITA <i>IN SITU</i> .....	Pag. 5
2.3.2 ELABORAZIONE INDAGINE M.A.S.W. 2 ESEGUITA <i>IN SITU</i> .....	Pag. 7
2.3.3 ELABORAZIONE INDAGINE M.A.S.W. 3 ESEGUITA <i>IN SITU</i> .....	Pag. 9
2.3.4 ELABORAZIONE INDAGINE M.A.S.W. 4 ESEGUITA <i>IN SITU</i> .....	Pag. 11
3. CENNI SULLA METODOLOGIA H.V.S.R.....	Pag. 14
3.1 STRUMENTAZIONE E METODOLOGIA.....	Pag. 16
3.2 INTERPRETAZIONE DELLE MISURE ESEGUITE.....	Pag. 21
3.3 NOTE SULL'INTERPRETAZIONE DELLE MISURE ESEGUITE.....	Pag. 21
3.3.1 ELABORAZIONE INDAGINE H.V.S.R. 1 ESEGUITA <i>IN SITU</i> .....	Pag. 22
3.3.2 ELABORAZIONE INDAGINE H.V.S.R. 2 ESEGUITA <i>IN SITU</i> .....	Pag. 28
3.3.3 ELABORAZIONE INDAGINE H.V.S.R. 3 ESEGUITA <i>IN SITU</i> .....	Pag. 34
3.3.4 ELABORAZIONE INDAGINE H.V.S.R. 4 ESEGUITA <i>IN SITU</i> .....	Pag. 40
3.3.5 ELABORAZIONE INDAGINE H.V.S.R. 5 ESEGUITA <i>IN SITU</i> .....	Pag. 46
3.3.6 ELABORAZIONE INDAGINE H.V.S.R. 6 ESEGUITA <i>IN SITU</i> .....	Pag. 52
3.3.7 ELABORAZIONE INDAGINE H.V.S.R. 7 ESEGUITA <i>IN SITU</i> .....	Pag. 58
3.3.8 ELABORAZIONE INDAGINE H.V.S.R. 8 ESEGUITA <i>IN SITU</i> .....	Pag. 64
4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	Pag. 70
4.1 CLASSIFICAZIONE DEL SUOLO DI FONDAZIONE.....	Pag. 70
4.2 PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE E INDICAZIONI PER LA VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA.....	Pag. 72
4.2.1 INQUADRAMENTO SUL RETICOLO GEOGRAFICO.....	Pag. 72

4.3 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE.....	Pag. 75
4.4 CENNI DI MICROZONAZIONE SISMICA LOCALE E STIMA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE.....	Pag. 79
5. PROFILO SISMICO E CONCLUSIONI.....	Pag. 80
ALLEGATO. MODELLO DI PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO NAZIONALE MPS04-S1 (INGV).....	Pag. 82

**OGGETTO: Indagini geofisiche condotte mediante metodologia M.A.S.W. e H.V.S.R., in conformità al D.M. 17.01.2018 per l'individuazione della classe del suolo, per la realizzazione impianto agro fotovoltaico denominato "APIDOR" con potenza di picco 12.480 kWp e potenza di immissione in rete 9.588 kW comprensivo delle opere di connessione alla rete di distribuzione 20kV.**

**DITTA: QUANTUM PV 03 SRL - Via Mannelli n° 5 - 00019 Tivoli (RM) - P.IVA 15940861006 PEC: quantumpv03@legalmail.it**

## **1. PREMESSA**

Il sottoscritto Dott. Antonino Cacioppo, direttore tecnico della società Geoingegneria s.e.t. s.r.l.s., con sede a Castellammare del Golfo (TP) in via Marconi 127, su incarico ricevuto dalla ditta sopra indicata, ha eseguito, come concordato congiuntamente al progettista (**comma 6.2.2 delle NTC**), un totale di n°12 indagini sismiche composte rispettivamente da n°4 sondaggi sismici attivi M.A.S.W. e da n°8 sondaggi sismici passivi H.V.S.R. svolti al fine di ottenere una precisa caratterizzazione sismica del sito in oggetto. Le indagini sismiche effettuate *in situ* sono state distribuite in modo tale da ottenere una completa caratterizzazione della sismostratigrafia del sito in oggetto.

### **1.1 Riferimenti normativi**

D.M. LL.PP. del 14/02/1992. Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche;

D.M. 9 Gennaio 1996. Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche;

D.M. 16 Gennaio 1996. Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi;

D.M. 16 Gennaio 1996. Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche;

Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996;

Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996;

Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003. Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;

#### Norme tecniche per le Costruzioni

Decreto Ministeriale 14 Settembre 2005. Gazzetta Ufficiale n. 222 del 23 settembre 2005. Supplemento Ordinario n. 159.

Decreto Ministeriale 14 Gennaio 2008. Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4.02.2008

D.M. 17/01/2018 - NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

#### Eurocodice 7

Progettazione geotecnica - Parte 1 : Regole generali;

#### Eurocodice 8

Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

### **Geoingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo

Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo

Tel. 328.4911173 @ geoingegneriasrls@gmail.com

## 2. CENNI SULLA METODOLOGIA M.A.S.W.

Il metodo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine geofisica non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi di esecuzione delle stesse indagini), 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 rigidità della porzione di terreno interessato dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè 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) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. 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.

Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J. 1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale fondo esistente. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi le informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo. Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10Hz, quindi da informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50m, in funzione della rigidità del suolo.

Il metodo M.A.S.W. 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 nei calcoli della 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 spessore  $h$ , velocità delle onde di taglio  $V_s$  e di compressione  $V_p$  (o in maniera alternativa alle velocità  $V_p$  possibile assegnare il coefficiente di Poisson  $\mu$ ), la densità di massa  $\rho$  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. Il modello di suolo e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio verticali possono essere individuati con procedura manuale o con procedura automatica o con una combinazione delle due. In genere quando l'errore relativo tra curva

### **Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

sperimentale e curva numerica è compresa tra il 5% e 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresentano una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

Dopo aver determinato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$  è possibile procedere al calcolo della velocità equivalente nei primi 30 m di profondità  $V_{s30}$  e quindi individuare la categoria sismica del suolo.

## **2.1 Generalità sulle prospezioni geofisiche eseguite**

### **2.1.1 Strumentazione**

La strumentazione utilizzata per la prova è costituita da un sismografo digitale 24 canali, a 24 bit, del tipo Dolang Geophysical DBM 280. Nell'insieme il sismografo si compone delle seguenti parti:

- base DBS 280 SISMOGRAFO che lavora con un notebook;
- 2 cavi sismici per un totale di 24 canali per una lunghezza totale di 130 m;
- "Mom power supply";
- 24 geofoni verticali 4.5 Hz
- piastra di battuta Alufer  $\phi = 20$  e  $h = 5$  cm, con connettore per trigger
- cavo supplementare per connessione trigger – sismografo;
- Mazza battente da 10 Kg.

Le acquisizioni sono eseguite mediante un "Software DOLANG MASW" 24 canali per l'acquisizione dei dati di campagna.

### **2.1.2 Geometria delle prove M.A.S.W.**

Le prove M.A.S.W. sono state eseguite all'interno del sito, orientando lo stendimento con lunghezza pari a 48 m, in direzione N-S, mantenendo dunque l'indagine il più possibile parallela all'andamento delle curve di livello del sito.

I 24 geofoni utilizzati sono stati distanziati di 2 m. Per ogni stendimento sono state eseguite delle acquisizioni, minimo tre, con diverse posizioni della sorgente: all'esterno dello stendimento, rispettivamente in posizione 0 m (end shot) e 50 m (end shot), con distanza 2 m rispettivamente dal 1° e dal 24° geofono, nonché una centrale a 25 m dal 1° e dal 24° geofono (center shot). Il treno di onde generate dal colpo della mazza è stato acquisito intervalli temporali diversi per ogni acquisizione (250, 500, 1000, 2000, 4000 ms), con una frequenza di campionamento di 1024 campioni temporali. A parità di numero di ricevitori un interasse tra geofoni maggiore consente di avere uno stendimento di ricevitori più lungo e quindi una maggiore risoluzione della curva di dispersione lungo la coordinata numero d'onda  $k$ ; tuttavia si riduce il numero d'onda di Nyquist oltre cui non si ha certezza sull'affidabilità del segnale misurato. Viceversa un interasse piccolo può essere necessario in piccoli spazi e consente un intervallo più ampio di numeri d'onda, ma comporta una minore risoluzione della curva di dispersione lungo i numeri d'onda. Per tale motivo si preferisce adottare la distanza di 2 m tra i geofoni.

## **Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

## **2.2 Elaborazione dei dati delle prove MASW**

### **2.2.1 Curva di dispersione apparente sperimentale nella prova M.A.S.W.**

L'elaborazione delle tracce sismiche rilevate in situ è stata eseguita mediante il software EasyMASW di Geostru software. La prima fase dell'interpretazione è stata impiegata per la ricerca della curva di dispersione sperimentale, partendo da un tracciato di misura ritenuto più significativo.

Osservando la posizione dei picchi assoluti dello spettro f-k è stato possibile individuare agevolmente un intervallo di frequenza entro cui si trova la parte significativa dello spettro. Nel caso specifico la zona che individua i picchi assoluti dello spettro è compresa tra circa 10Hz e circa 55Hz.

*È comunque esteso l'intervallo di frequenza per il calcolo della curva di dispersione, considerando il range 2 Hz - 60 Hz, per consentire una estrapolazione dei dati misurati anche alle basse frequenze, che contengono informazioni sugli strati di terreno più profondi.*

### **2.2.2 Velocità di fase apparente numerica nella prova M.A.S.W.**

Dopo che la curva di dispersione è stata calcolata nel range di frequenza definito, sono stati selezionati i punti della curva di dispersione (vedi allegati relativi alle indagini geofisiche eseguite), in maniera da rappresentare l'andamento della curva di dispersione con un numero limitato di punti. Questo perché con un elevato numero di punti si incrementano i tempi computazionali senza migliorare significativamente il risultato finale.

I punti sono stati distribuiti in maniera da avere un maggiore infittimento a basse frequenze, dove generalmente la curva di dispersione ha un maggior gradiente. Ad ogni insieme di punti della curva di dispersione è stato associato un range di variazione, che è legato all'incertezza associata al valore medio della velocità di fase che si attribuisce ad ogni frequenza. Nel software questa informazione sull'incertezza dei dati sperimentali serve a definire l'incertezza associata al profilo finale di velocità Vs.

### **2.2.3 Profilo finale delle onde di taglio verticali Vs**

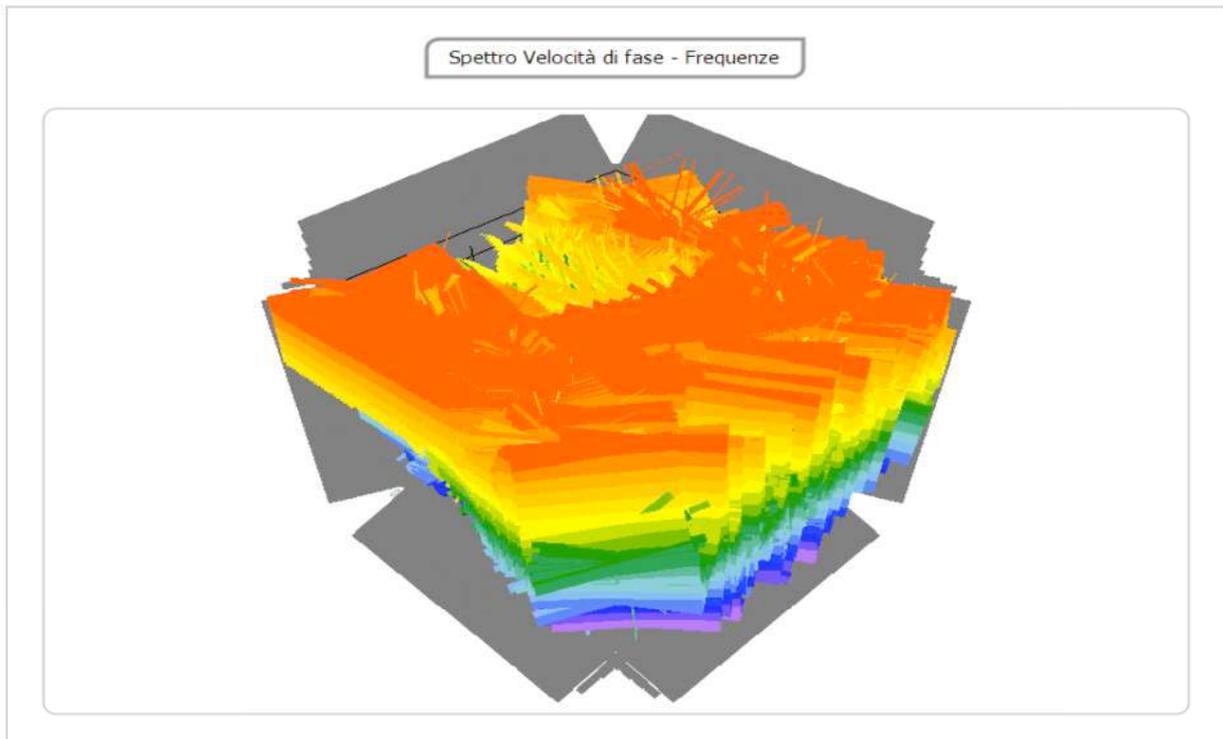
La terza ed ultima fase dell'analisi dei dati sperimentali rilevati in campagna ha permesso di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, modificando opportunamente lo spessore h, le velocità delle onde di taglio Vs e di compressione Vp e la densità di massa r degli strati 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. Sono stati ottenuti i profili finali delle onde di taglio verticali Vs, raffigurati di seguito.

## **Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

## 2.3 Elaborazione indagini M.A.S.W.

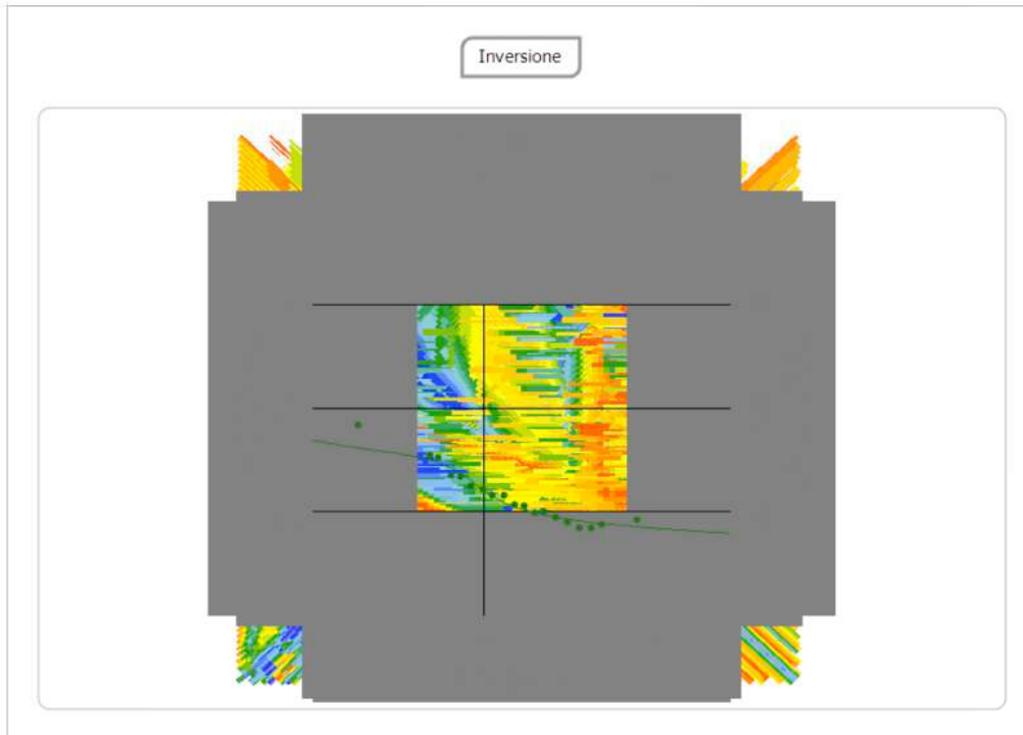
### 2.3.1 – ELABORAZIONE INDAGINE M.A.S.W. 1 ESEGUITA *IN SITU*



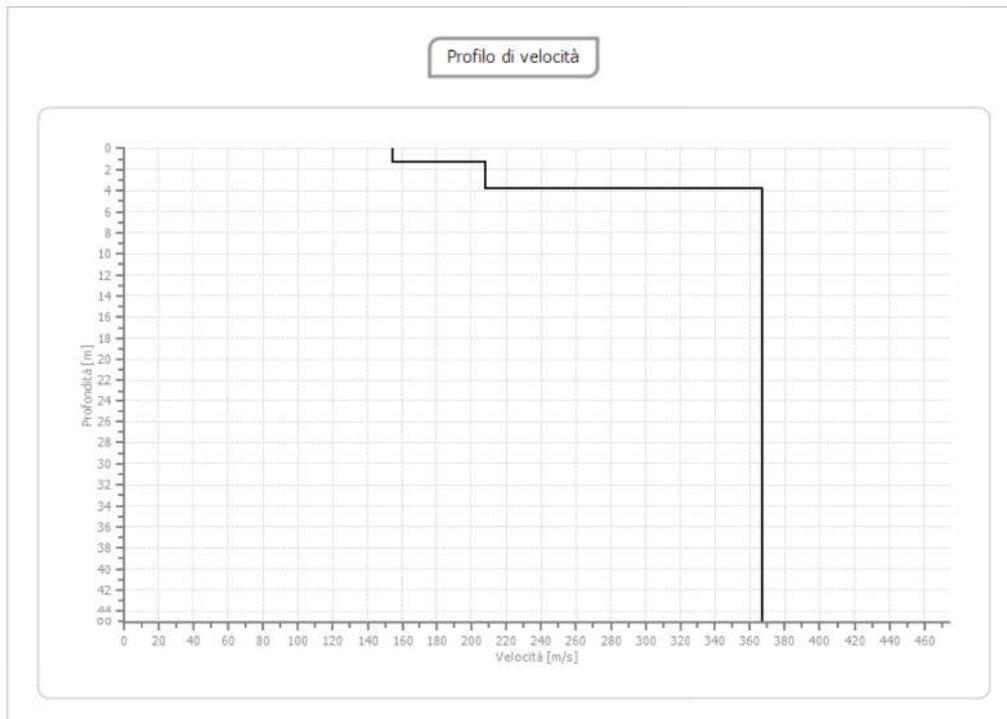
*Spettro Velocità – Frequenza in 3D per l'analisi M.A.S.W. 1*

#### **Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

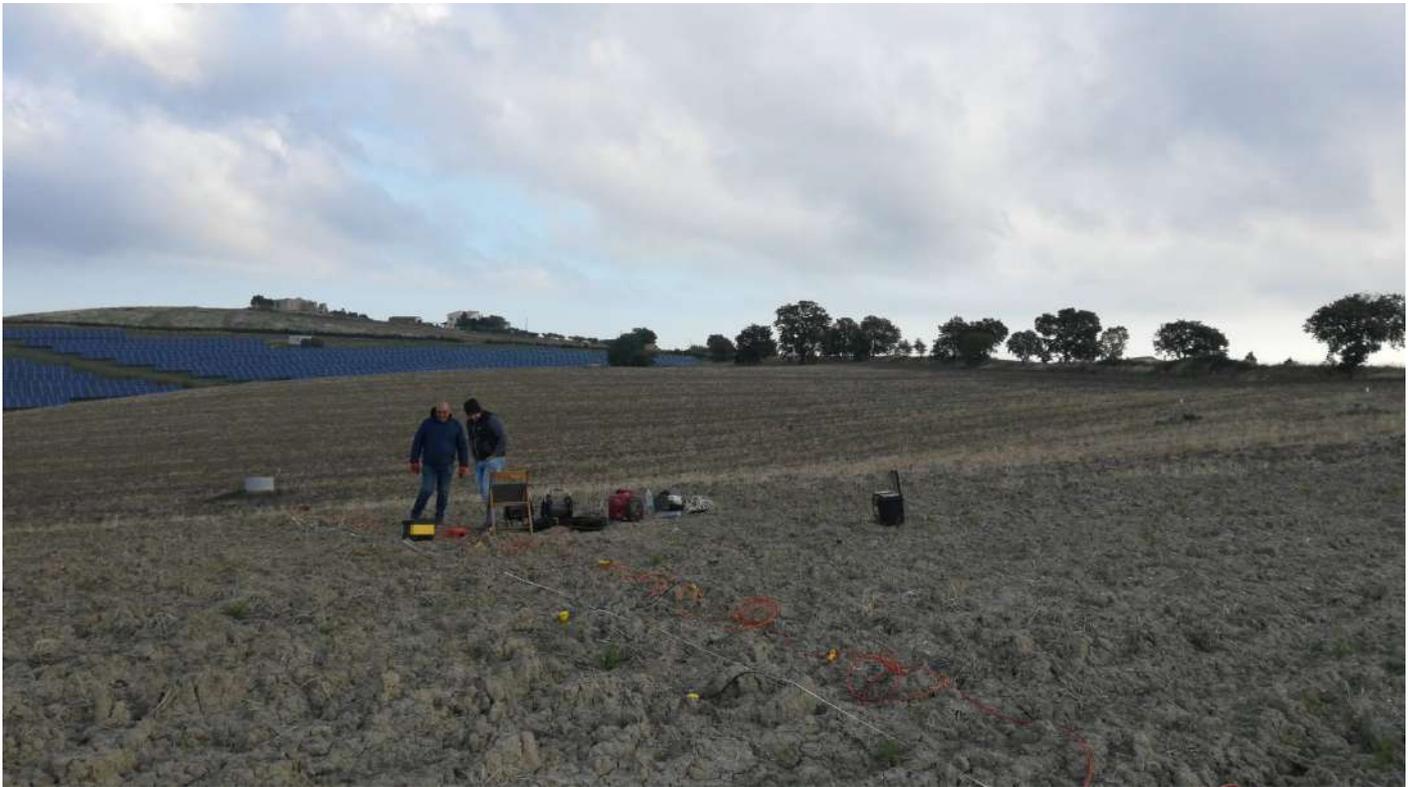
Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com



*Inversione del segnale con picking.*



*Profilo di velocità ricostruito dall'analisi M.A.S.W. 1*

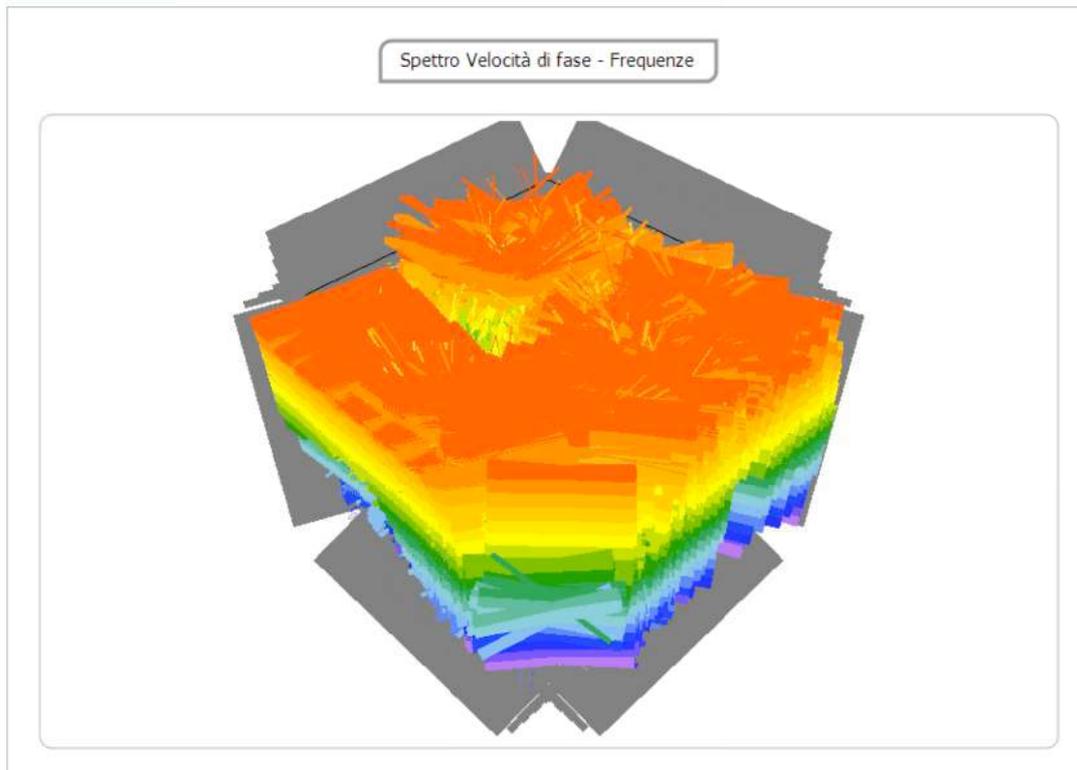


n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coeff. Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	1.33	1.33	154.18	377.65	1600.00	0.40	38.03	228.19	177.48	106.49
2	3.83	2.50	208.00	472.79	1700.00	0.38	73.55	380.00	281.94	202.99
3	oo	oo	367.00	713.32	2100.00	0.32	282.85	1068.53	691.40	746.72

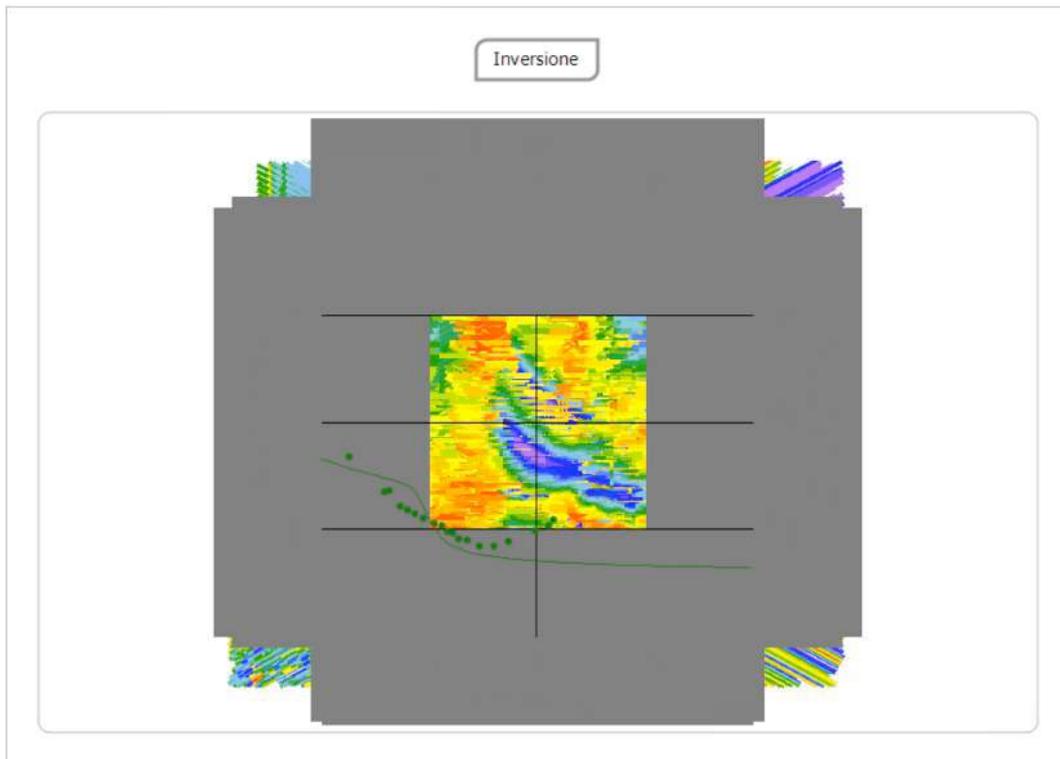
G0: Modulo di deformazione al taglio;  
 Ed: Modulo edometrico;  
 M0: Modulo di compressibilità volumetrica;  
 Ey: Modulo di Young;

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b>Vs30 [m/sec]</b>	326.28
<b>Categoria del suolo</b>	C

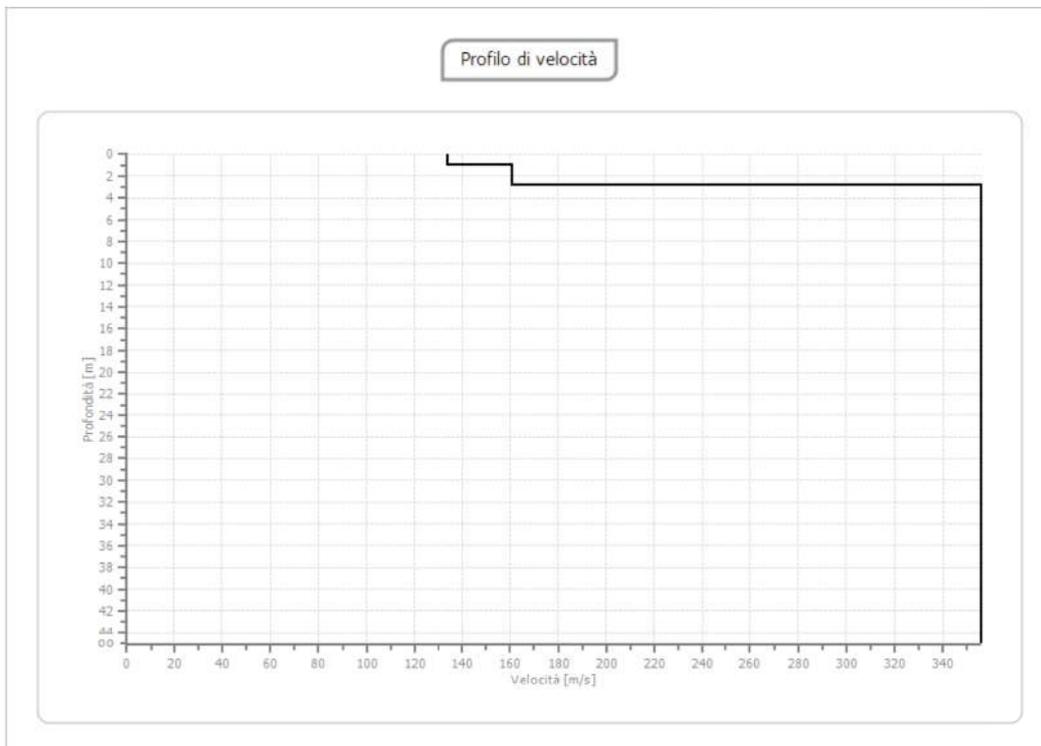
### 2.3.2 – ELABORAZIONE INDAGINE M.A.S.W. 2 ESEGUITA *IN SITU*



Spettro Velocità – Frequenza in 3D per l'analisi M.A.S.W. 2



*Inversione del segnale con picking.*



*Profilo di velocità ricostruito dall'analisi M.A.S.W. 2*

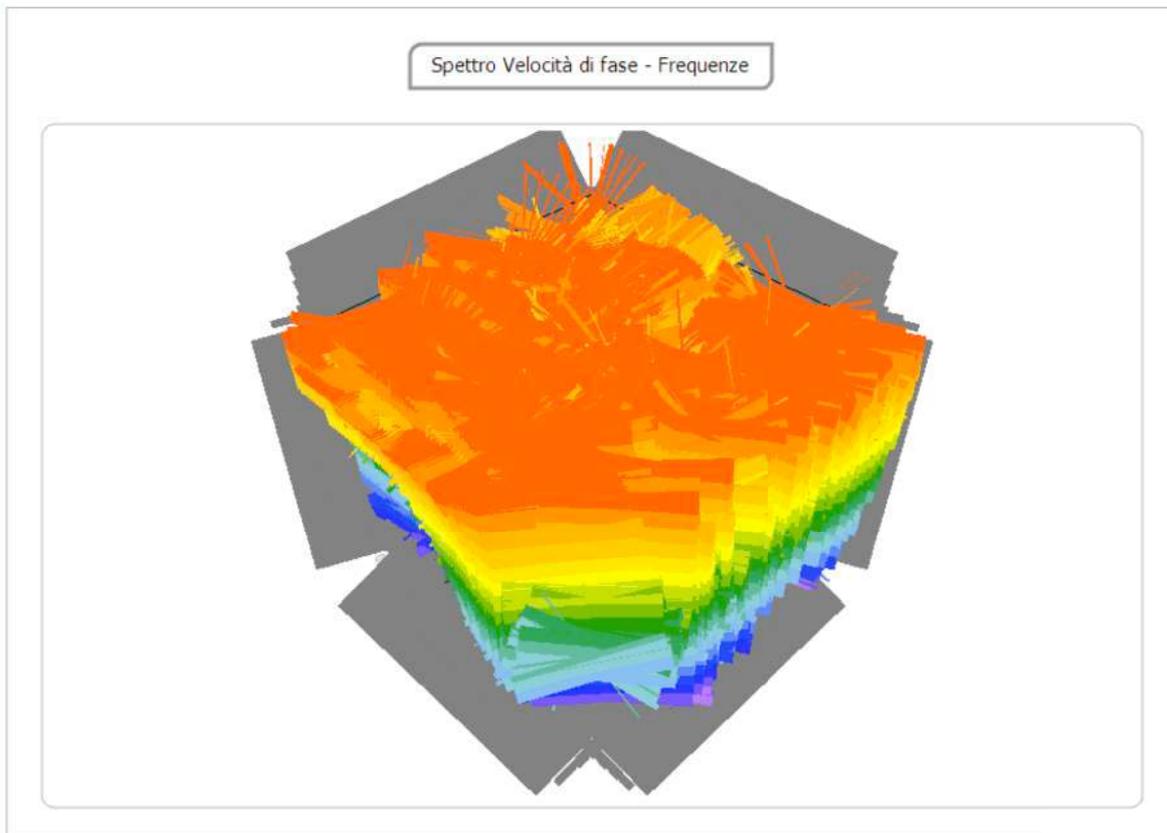


n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coeff. Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	1.00	1.00	134.00	328.23	1600.00	0.40	28.73	172.38	134.07	80.44
2	2.87	1.87	161.00	365.96	1700.00	0.38	44.07	227.67	168.92	121.62
3	oo	oo	356.00	691.94	2100.00	0.32	266.15	1005.44	650.58	702.62

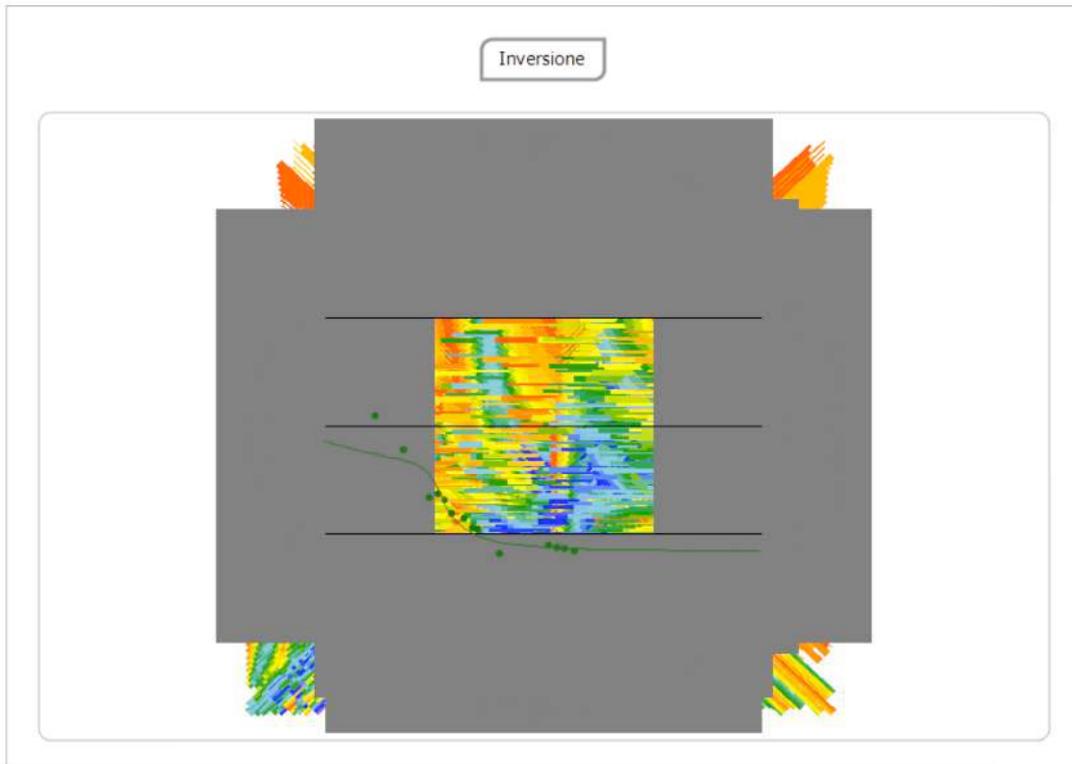
G0: Modulo di deformazione al taglio;  
 Ed: Modulo edometrico;  
 M0: Modulo di compressibilità volumetrica;  
 Ey: Modulo di Young;

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b>Vs30 [m/sec]</b>	314.88
<b>Categoria del suolo</b>	C

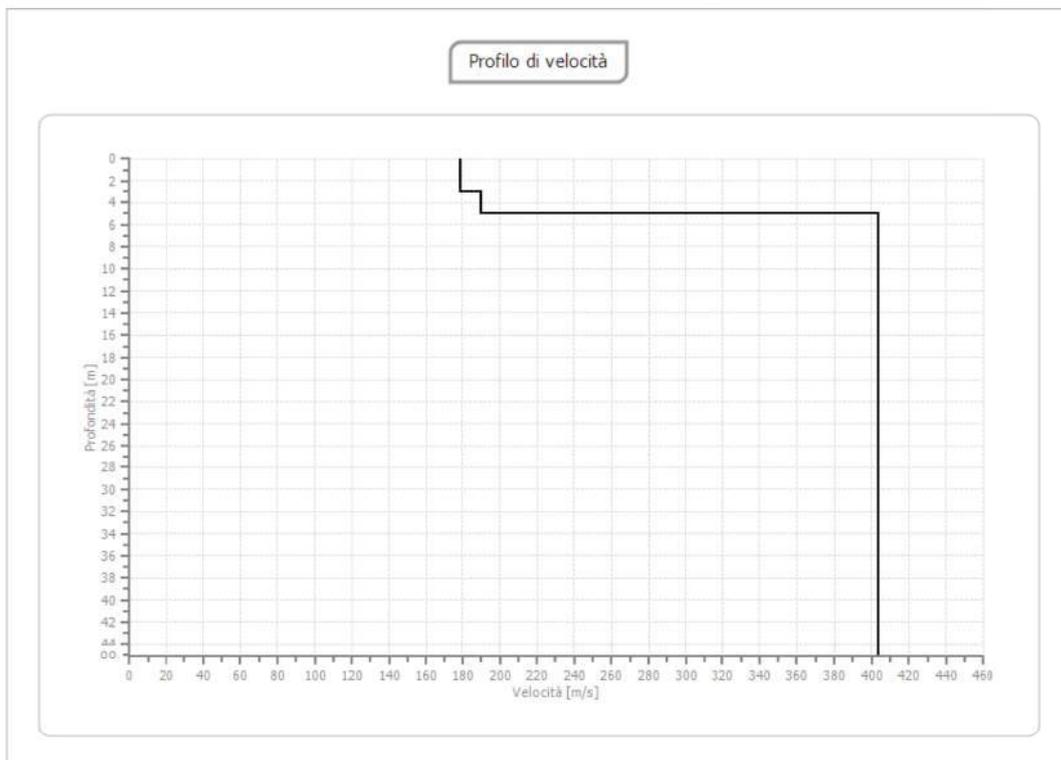
#### 2.3.4 – ELABORAZIONE INDAGINE M.A.S.W. 3 ESEGUITA IN SITU



Spettro Velocità – Frequenza in 3D per l'analisi M.A.S.W. 3



*Inversione del segnale con picking.*



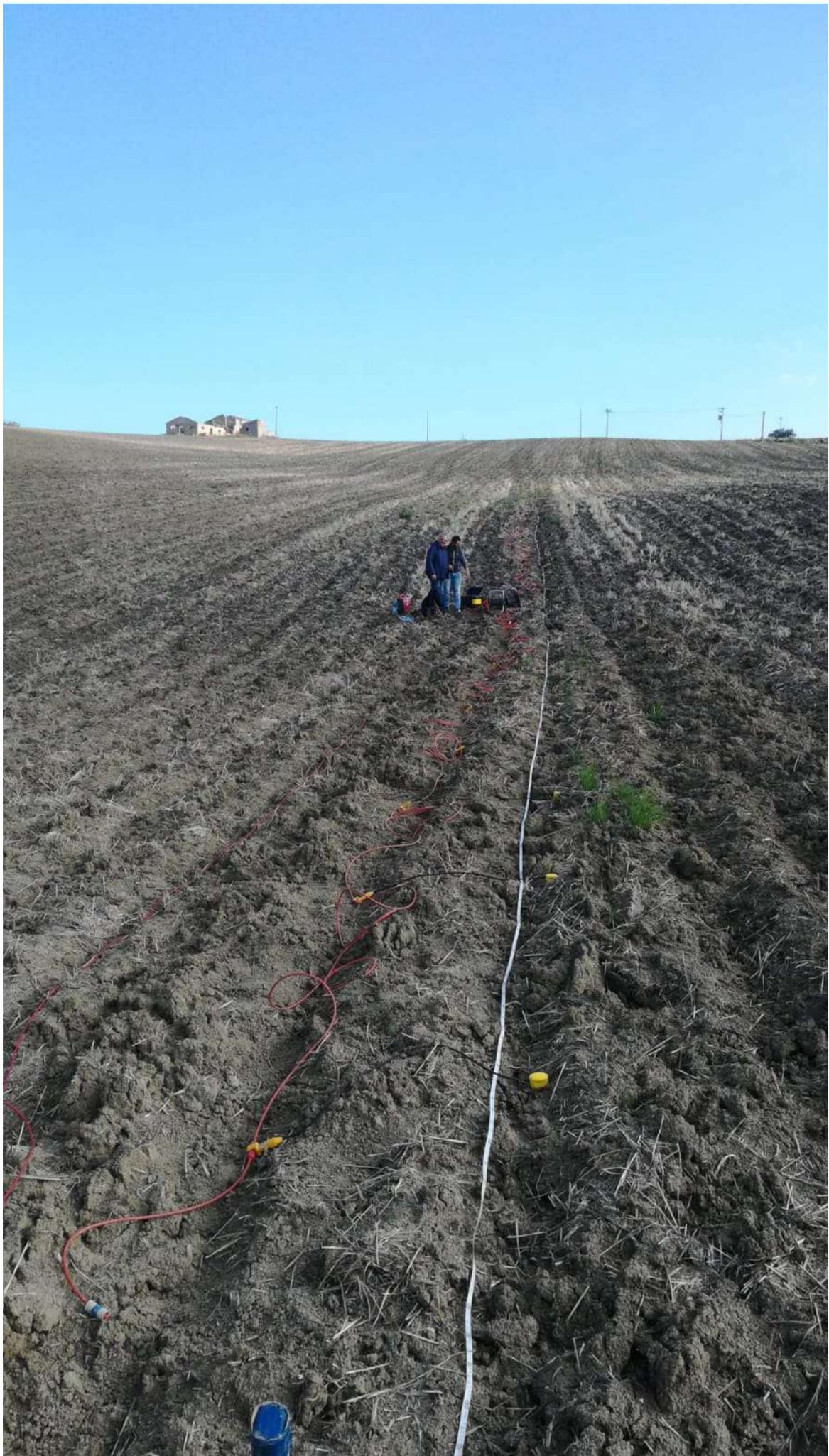
*Profilo di velocità ricostruito dall'analisi M.A.S.W. 3*

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo

Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo

Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

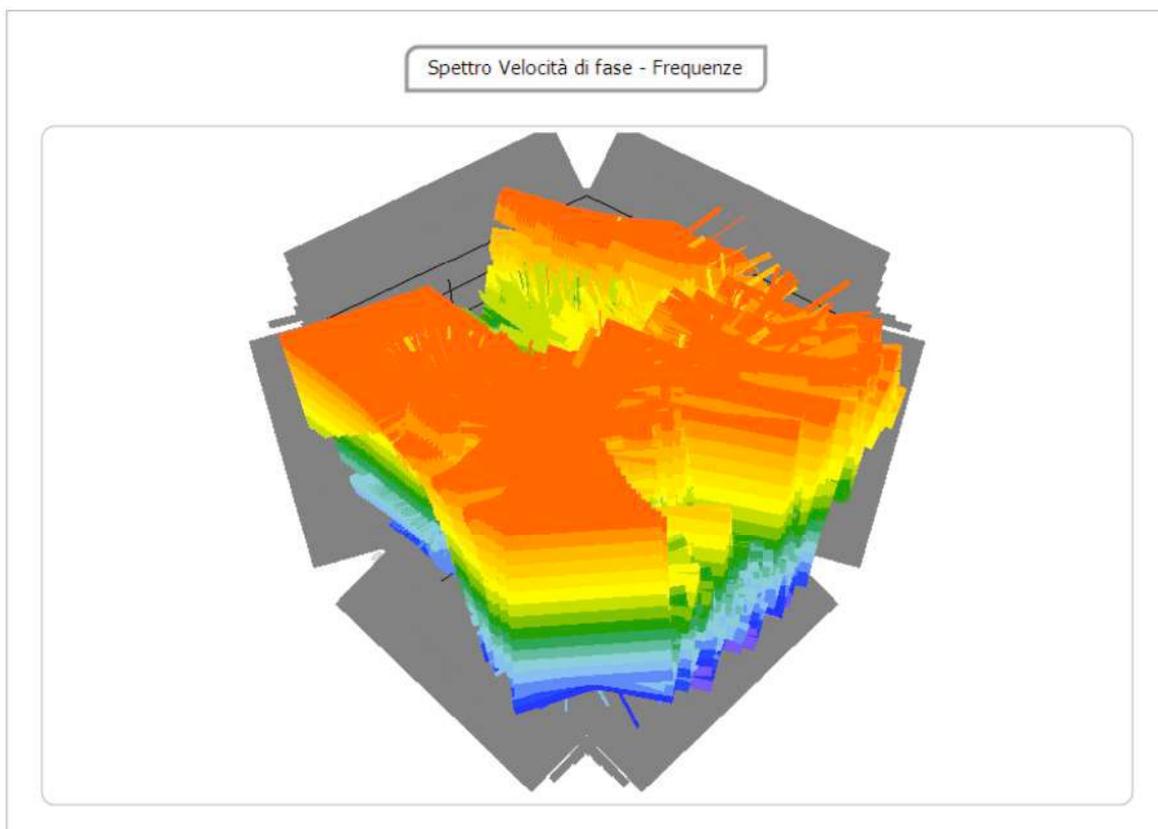


n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coeff. Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	3.00	3.00	178.67	437.64	1600.00	0.40	51.07	306.45	238.35	143.01
2	5.00	2.00	189.60	430.97	1700.00	0.38	61.11	315.75	234.27	168.67
3	oo	oo	403.58	784.42	2100.00	0.32	342.04	1292.17	836.11	903.00

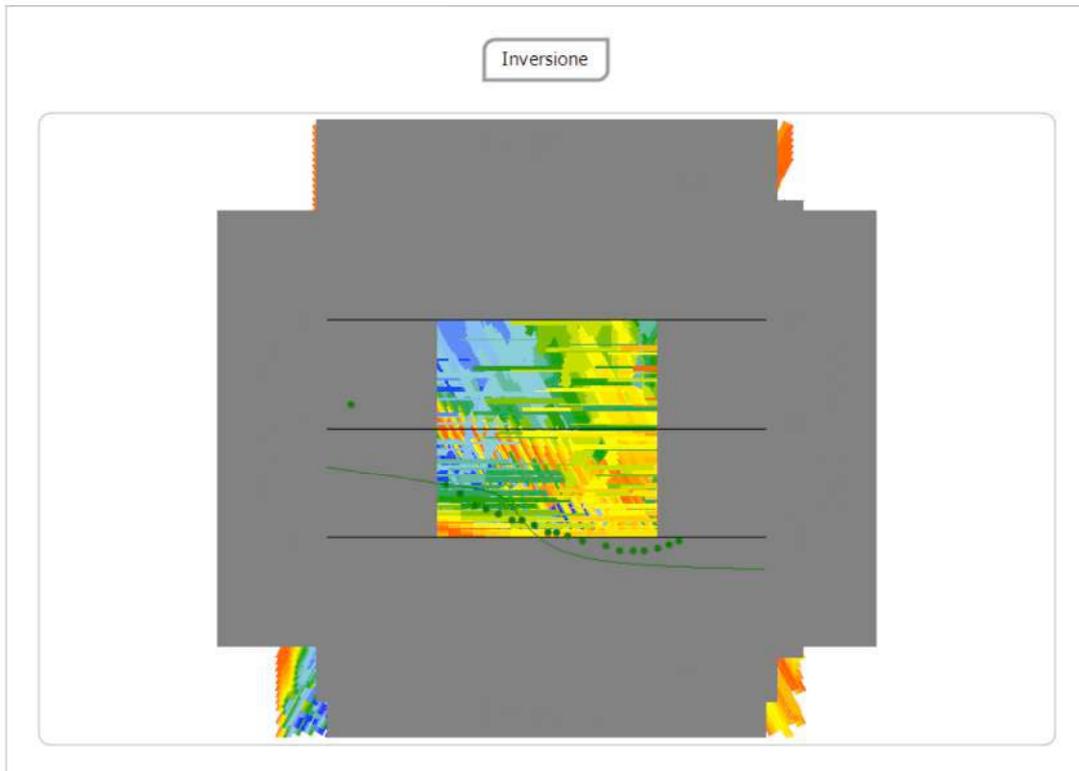
G0: Modulo di deformazione al taglio;  
 Ed: Modulo edometrico;  
 M0: Modulo di compressibilità volumetrica;  
 Ey: Modulo di Young;

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b>Vs30 [m/sec]</b>	336.00
<b>Categoria del suolo</b>	C

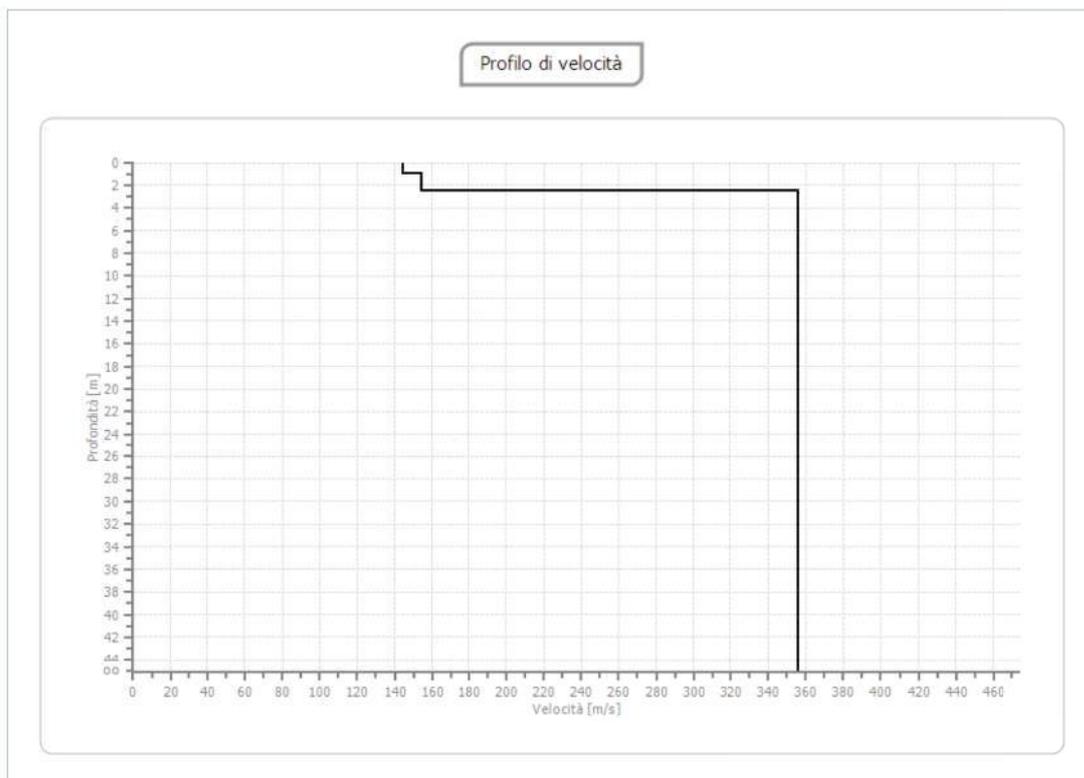
#### 2.3.4 – ELABORAZIONE INDAGINE M.A.S.W. 4 ESEGUITA *IN SITU*



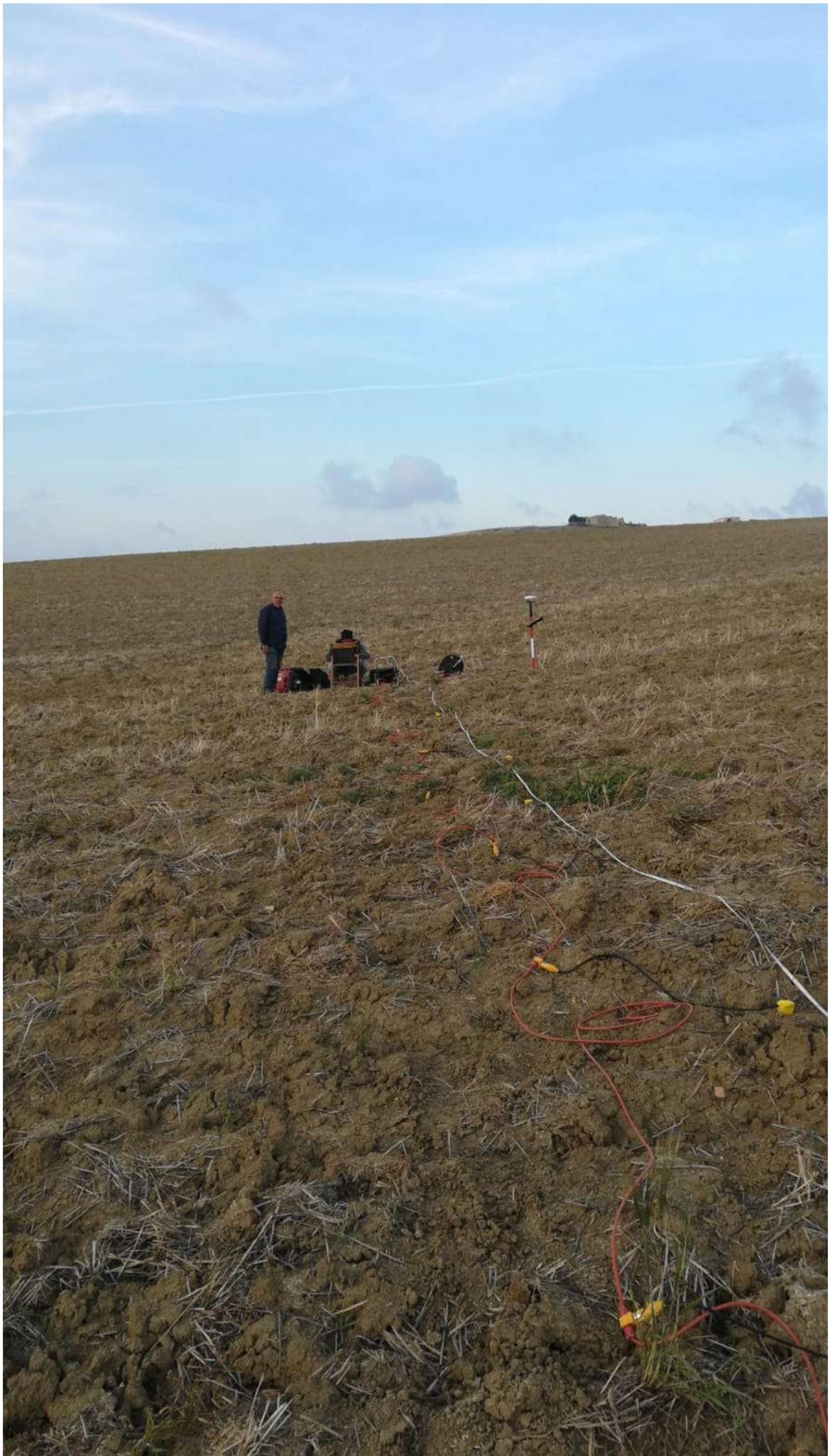
Spettro Velocità – Frequenza in 3D per l'analisi M.A.S.W. 4



*Inversione del segnale con picking.*



*Profilo di velocità ricostruito dall'analisi M.A.S.W. 4*



n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coeff. Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	1.00	1.00	144.00	352.73	1600.00	0.40	33.18	199.07	154.83	92.90
2	2.50	1.50	154.00	350.05	1700.00	0.38	40.32	208.31	154.55	111.28
3	oo	oo	356.00	691.94	2100.00	0.32	266.15	1005.44	650.58	702.62

G0: Modulo di deformazione al taglio;  
 Ed: Modulo edometrico;  
 M0: Modulo di compressibilità volumetrica;  
 Ey: Modulo di Young;

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b>Vs30 [m/sec]</b>	319.38
<b>Categoria del suolo</b>	C

### 3. CENNI SULLA METODOLOGIA H.V.S.R.

La tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque. I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

- la **frequenza caratteristica di risonanza del sito** che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale. Dovranno quindi adottarsi adeguate precauzioni nel concepire strutture che non abbiano la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;
- la **frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la **velocità media delle onde di taglio  $V_s$**  calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario, per l'affidabilità del risultato, correlare la stratigrafia (magari già nota) per l'individuazione della profondità del riflettore riconoscibile nella curva H/V. E' comunque possibile risalire alla stratigrafia del terreno correlando le discontinuità rilevate dalla prova con le note formule che correlano la velocità sismica di taglio della roccia (definita in appositi abachi geofisici) con la frequenza rilevata dallo strumento di misura e lo spessore della roccia. E' possibile inoltre calcolare la  $V_{s30, o eq}$  e la relativa categoria del suolo di fondazione come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 17 gennaio 2018, a partire dalla base della fondazione.
- la **stratigrafia del sottosuolo** con un range di indagine compreso tra 0.5 e 700 m di profondità anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri. Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso; in pratica viene riconosciuto il passaggio di litologia o la discontinuità geologica senza però darne notizia diretta ma offrendo la possibilità dell'interpretazione.

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremiti.

La forma di un'onda registrata in un sito  $x$  da uno strumento di rilievo dipende:

- dalla forma dell'onda prodotta dalla sorgente  $s$ ,
- dal percorso dell'onda dalla sorgente  $s$  al sito  $x$  (attenuazioni, riflessioni, rifrazioni, incanalamenti per guide d'onda),
- dalla risposta dello strumento.

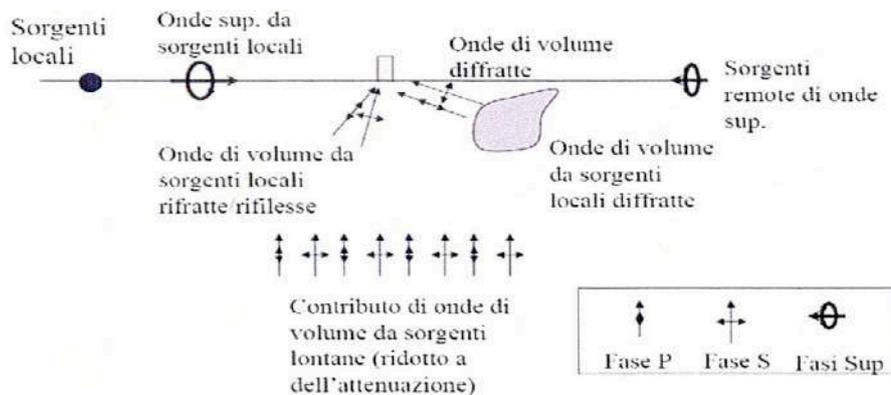
#### **Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

Possiamo scrivere questo come:

$$\text{segnale registrazione al sito } x = \text{sorgente} * \text{effetti di percorso} * \text{funzione trasferimento strumento}$$

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto piccole, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato *ad hoc*, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

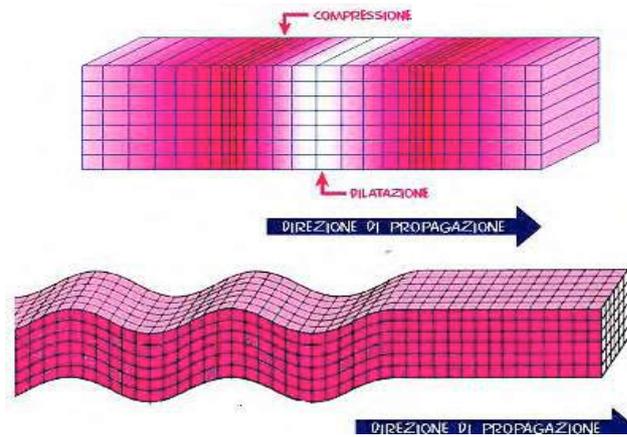


Schema propagazione onde sismiche

Nel tragitto dalla sorgente *s* al sito *x* le onde elastiche (sia di terremoto che microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti per fenomeni di guida d'onda, attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato. Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte debolmente correlata nel segnale che può essere estratta e che contiene le informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore.

Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartato dalla sismologia classica, contiene informazioni.

Questa informazione è però "sepolta" all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Una di queste tecniche è la teoria dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali dei sottosuoli; informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.



*Movimenti del terreno associati alle fasi P ed S associate alle onde di volume che si propagano in un mezzo elastico:  
onde P (sopra) onde S (sotto)*

### 3.1 Strumentazione e metodologia

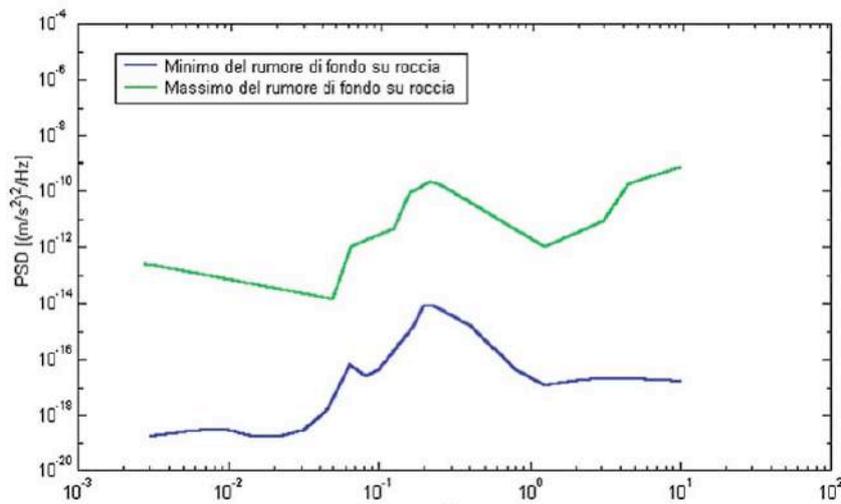
Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromometro digitale modello "Jeatrom" prodotto dalla Dolang s.r.l. di Genova che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra-leggeri e ultra-compatti in alta risoluzione digitale adatti a tali misurazioni. Lo strumento (Jeatrom, 10 x 7 x 10 cm per 1 kg di peso) racchiude al suo interno tre velocimetri elettrodinamici ad alta definizione con intervallo di frequenza compreso tra 0.1 e 256 Hz orientati x, y e z, alimentato da porta USB, e direttamente collegato al PC per l'acquisizione. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 o di 512 Hz. Le misure di microtremore ambientale devono possedere una durata minima di 20 minuti e si spingono oltre i 30 minuti di rilievo strumentale, raggiungendo quindi anche profondità di oltre 70-80 m dal pc.

#### **Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com



Nella figura seguente si riporta la curva di rumore di "Jeatrom" a confronto con i modelli standard di rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra. Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto.



La curva blu rappresenta il rumore di fondo minimo, di riferimento, mentre la curva verde rappresenta il 'massimo' di tale rumore; i picchi relativi sono misurati a 0.14 e 0.07 Hz e sono prodotti delle onde oceaniche sulle coste.

I dati rilevati sono poi salvati in file .seg2 mediante il pannello di acquisizione del Jeatrom, fornito a supporto dello strumento utilizzato, quindi elaborati per ottenere spettri di velocità in funzione della frequenza. Per evitare di introdurre basse frequenze spurie i dati sono corretti per offset e trend ma non filtrati così come raccomandato dalla norma DIN 4150-3.

In fase operativa si sono seguite le seguenti operazioni:

- il rumore sismico è stato registrato nelle sue tre componenti per un intervallo di tempo dell'ordine delle decine di minuti (almeno 20 minuti);

#### **Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

- la registrazione è stata suddivisa in intervalli della durata di qualche decina di secondi ciascuno;
- per ogni segmento viene eseguita un'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti;
- per ciascun segmento si calcolano i rapporti spettrali fra le componenti del moto sui piani orizzontale e verticale;
- vengono calcolati i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti.

Per considerare la misura ottenuta come una stima dell'ellitticità delle onde di Rayleigh è necessario invece che:

- i rapporti H/V ottenuti sperimentalmente siano "stabili" ovvero frutto di un campionamento statistico adeguato, gli effetti di sorgente siano stati effettivamente mediati ovvero non ci siano state sorgenti "dominanti";
- la misura non contenga errori sistematici (per es. dovuti ad un cattivo accoppiamento dello strumento con il terreno).

Per la determinazione delle velocità delle onde di taglio si utilizza un codice di calcolo appositamente creato dal programma per interpretare i rapporti spettrali (HVSR) basati sulla simulazione del campo di onde di superficie (Rayleigh e Love) in sistemi multistrato a strati piani e paralleli secondo la teoria descritta in AKI (1964) e Ben-Menahem e Singh (1981).

Il codice può elaborare modelli con qualsiasi numero di strati (limitati a 50 nella tabella d'input), in qualsiasi intervallo di frequenze e in un qualsiasi numero di modi (fondamentale e superiori).

Operativamente si costruisce un modello teorico HVSR avente tante discontinuità sismiche quante sono le discontinuità evidenziate dalla registrazione eseguita. Successivamente, tramite uno specifico algoritmo, si cercherà di adattare la curva teorica a quella sperimentale; in questo modo si otterranno gli spessori dei sismostrati con la relativa velocità delle onde Vs.

Il complesso delle nuove norme tecniche per le costruzioni in zona sismica è stato varato con ordinanza n. 3274 del presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 ed è stato pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale 8 maggio e successivamente ripreso dall'Aggiornamento delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzione del 17 gennaio 2018.

Le nuove norme si compongono di quattro argomenti e in particolare in il secondo evidenzia le *norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici*. Come si legge nel documento esplicativo, la principale finalità del corpo delle nuove norme è quella di rinnovare profondamente le norme tecniche per le zone sismiche adottando, in modo omogeneo per tutto il paese, soluzioni coerenti con il sistema di norme già definito a livello europeo (Eurocodice 8).

Per comprendere pienamente il significato della nuova normativa è necessario rifarsi al concetto di risposta sismica locale. Dal punto di vista strettamente fisico, per effetto di sito (risposta sismica locale) si intende l'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico, relativo ad una

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

formazione rocciosa di base (R), subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie (S).

Nel presente lavoro si sfrutterà la teoria di Nakamura che relaziona lo spettro di risposta del substrato roccioso (rapporto spettrale  $H/V=1$ ) con quello effettivamente misurato in superficie.

La rappresentazione di un moto sismico può essere espressa sia nel campo del tempo che delle frequenze. Per capire la procedura per il calcolo del moto sismico in superficie analizziamo un caso semplificato di un deposito di terreno omogeneo di spessore  $H$ , poggiante su un basamento roccioso soggetto ad onde di taglio con direzione di propagazione verticale. Se le onde di taglio verticali incidenti sono sinusoidali di frequenza  $f$ , l'accelerazione sull'affioramento rigido è una sinusoidale di frequenza  $f$  e ampiezza  $amaxr$  mentre la corrispondente accelerazione alla superficie del deposito, anch'essa sinusoidale di frequenza  $f$ , ha ampiezza paria ad  $amaxs$ . Il rapporto " $amaxr / amaxs$ " prende il nome di *fattore di amplificazione*,  $A$ , e dipende dalla frequenza dell'eccitazione armonica, dal fattore di smorzamento del terreno e dal rapporto  $I = (\sigma b V_b) / (\sigma s V_s)$  tra l'impedenza sismica della roccia di base  $\sigma b V_b$  e quella del deposito  $\sigma s V_s$ . La variazione del fattore di amplificazione con la frequenza definisce la funzione di amplificazione  $A(f)$  del deposito. Il moto sismico è amplificato in corrispondenza di determinate frequenze, che corrispondono alle **frequenze naturali  $f_n$**  di vibrazione del deposito:

$$f_n = 1/T_n = (V_s \cdot (2n-1)) / (4 \cdot H) \quad \text{con } n: 1, 2, \dots,$$

mentre risulta ridotto di amplificazione alle frequenze elevate a causa dello smorzamento del terreno. Di particolare importanza è la prima frequenza naturale di vibrazione del deposito  $f_1$ , denominata **frequenza fondamentale di risonanza**:

$$f_1 = 1/T_1 = V_s / 4H$$

E' quindi necessario porre estrema attenzione a fenomeni di "doppia risonanza", cioè la corrispondenza tra le frequenze fondamentali del segnale sismico così come trasmesso in superficie e quelle dei manufatti ivi edificati in quanto le azioni sismiche su di essi sarebbero, a dir poco, gravose.

Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula (cfr. Es. Pratt):

$$\text{freq. Naturale edificio} \approx 10 \text{ Hz} / \text{numero piani}$$

E' la coincidenza di risonanza tra terreno e struttura:

$$\text{freq. naturale edificio} \approx \text{freq. fondamentale di risonanza del sito}$$

ad essere particolarmente pericolosa, poiché da luogo alla massima amplificazione e deve quindi essere oggetto di studi approfonditi.

#### **Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

Negli ultimi anni un progetto europeo denominato SESAME (Site EffectS Assessment using AMbient Excitations) si è occupato di stabilire delle linee guida per la corretta esecuzione delle misure di microtremore ambientale in stazione singola e array. Esso ha anche fornito dei criteri per valutare la bontà delle curve HVSR e la singnificatività dei picchi HN eventualmente trovati.

Per una corretta ricostruzione sismica del sottosuolo e una buona stima delle onde Vs è necessario adottare una modellizzazione numerica che può essere rappresentata dalla seguente equazione:

$$V_{s, eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

dove:

N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore h(strato) e dalla velocità delle onde S Vs (strato).

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

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio Vs,eq è definita dal parametro Vs30 , ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

In via puramente indicativa, al fine di correlare le velocità delle onde di taglio ad un tipo di suolo, si riportano una serie d'esempi di classificazioni fatte sulla base di semplici misure HN a stazione singola.

TIPO DI SUOLO	Vs min [m/s]	Vs media [mis]	Vs max [m/s]
<b>Rocce molto dure</b> (es. rocce metamorfiche molto - poco fratturate)	1400	1620	
<b>Rocce dure</b> (es. graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie e argilliti, da mediamente a poco fratturate).	700	1050	1400
<b>Suoli ghiaiosi e rocce da tenere a dure</b> (es. rocce sedimentarie ignee tenere, arenarie, argilliti, ghiaie e suoli con > 20% di ghiaia).	375	540	700

#### Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

<p style="text-align: center;"><b>Argille compatte e suoli ghiaiosi-sabbiosi</b> ghiaie e suoli con &lt; 20% di ghiaia, sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose, argille da medie a compatte e argille limose).</p>	200	290	375
<p style="text-align: center;"><b>Terreni teneri</b> terreni di riporto sotto falda, argille da tenere a molto tenere).</p>	100	150	200

### 3.2 Interpretazione delle misure eseguite

L'interpretazione dei rilievi eseguiti consente di correlare il valore di picco dello spettro di risposta HVSR con la profondità del substrato roccioso compatto (bedrock geofisico) e di individuare una corrispondenza tra i valori di frequenza relativi alle discontinuità sismiche e i cambi litologici presenti nell'immediato sottosuolo. Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si possono ricavare il valore di frequenza caratteristica del sito. Sapendo che ad ogni picco in frequenza corrisponde una profondità [m] dell'orizzonte che genera il contrasto d'impedenza si può estrapolare una stratigrafia geofisica del sottosuolo.

La frequenza caratteristica di risonanza del sito risulta generata dalla discontinuità sismica localizzata alle medie frequenze ed è associabile a contatto copertura – roccia.

### 3.3 Note sull'interpretazione delle misure eseguite

Con la tabella seguente, allegata ai soli fini illustrativi per migliorare la capacità di lettura dei risultati presenti in allegato, **si definisce la qualità del segnale acquisito in base al progetto SESAME** (Linee guida 2005). Per l'affidabilità della curva HVSR devono essere positivi i primi tre parametri mentre per avere un chiaro e pulito segnale del picco massimo devono essere soddisfatti almeno cinque dei sei criteri successivi. Di seguito si riporta l'elaborazione dell'indagine HVSR caratterizzata da valori più cautelativi e ritenuta dunque la più significativa.

#### **Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

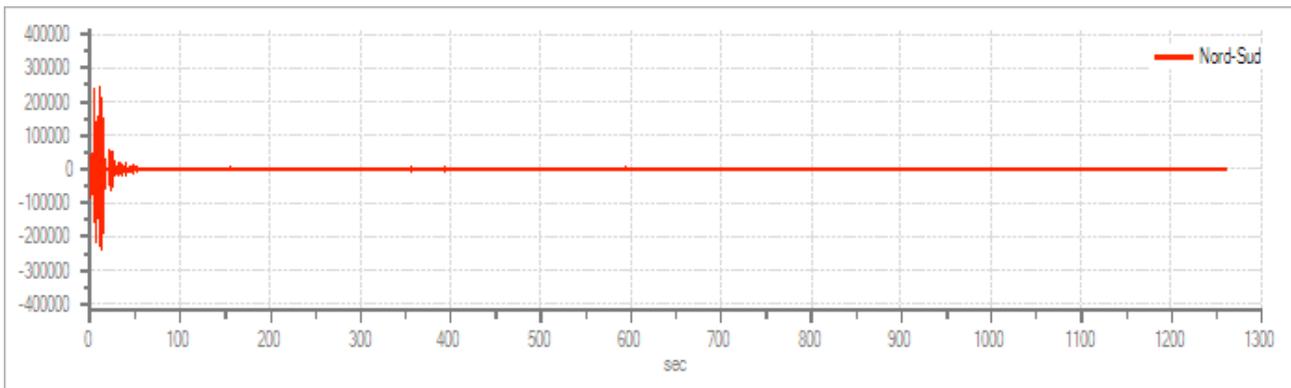
Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

### 3.3.1 - ELABORAZIONE INDAGINE H.V.S.R. 1 ESEGUITA *IN SITU*

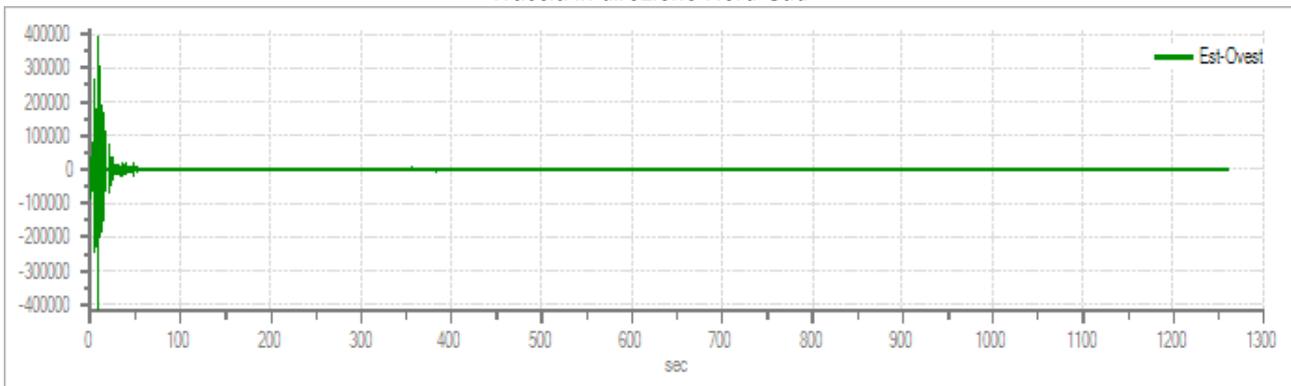
Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3  
Durata registrazione: 1260 s  
Frequenza di campionamento: 500,00 Hz  
Numero campioni: 630000  
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

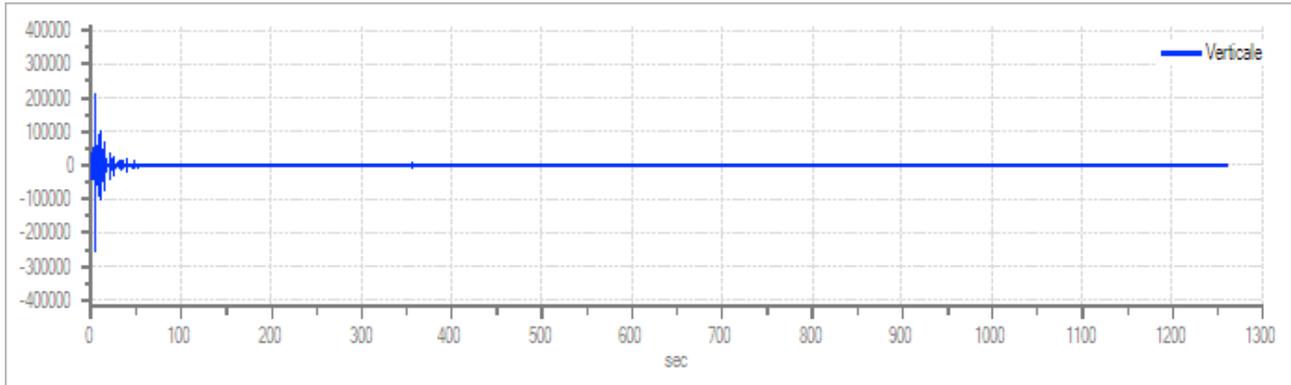
Grafici tracce:



*Traccia in direzione Nord-Sud*



*Traccia in direzione Est-Ovest*



Traccia in direzione Verticale

**Finestre selezionate**

Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 60  
 Numero finestre incluse nel calcolo: 60  
 Dimensione temporale finestre: 20,000 s  
 Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi  
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %  
 Coefficiente di banda: 40,00

Tabella finestre:

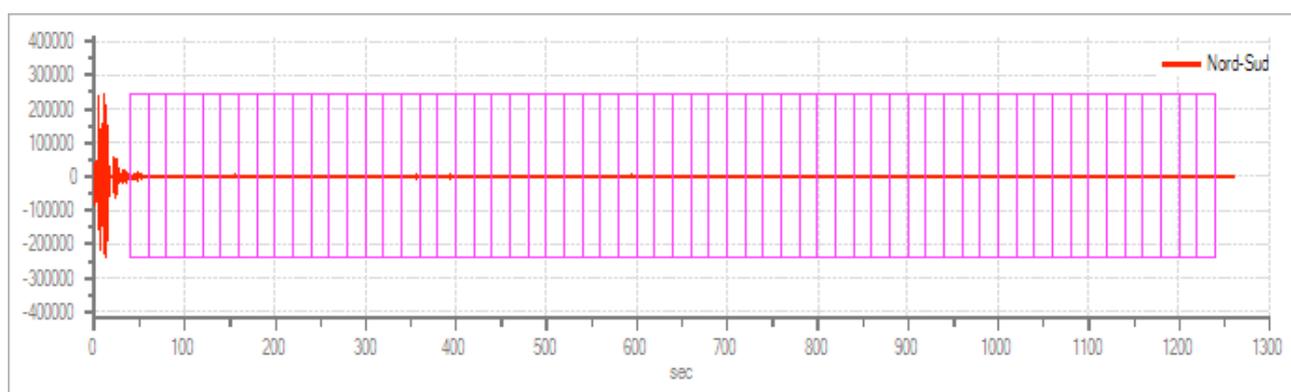
Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	40	60	Inclusa
2	60	80	Inclusa
3	80	100	Inclusa
4	100	120	Inclusa
5	120	140	Inclusa
6	140	160	Inclusa
7	160	180	Inclusa
8	180	200	Inclusa
9	200	220	Inclusa
10	220	240	Inclusa
11	240	260	Inclusa
12	260	280	Inclusa
13	280	300	Inclusa
14	300	320	Inclusa
15	320	340	Inclusa
16	340	360	Inclusa
17	360	380	Inclusa
18	380	400	Inclusa
19	400	420	Inclusa
20	420	440	Inclusa
21	440	460	Inclusa
22	460	480	Inclusa
23	480	500	Inclusa
24	500	520	Inclusa

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
 Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
 Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

25	520	540	Inclusa
26	540	560	Inclusa
27	560	580	Inclusa
28	580	600	Inclusa
29	600	620	Inclusa
30	620	640	Inclusa
31	640	660	Inclusa
32	660	680	Inclusa
33	680	700	Inclusa
34	700	720	Inclusa
35	720	740	Inclusa
36	740	760	Inclusa
37	760	780	Inclusa
38	780	800	Inclusa
39	800	820	Inclusa
40	820	840	Inclusa
41	840	860	Inclusa
42	860	880	Inclusa
43	880	900	Inclusa
44	900	920	Inclusa
45	920	940	Inclusa
46	940	960	Inclusa
47	960	980	Inclusa
48	980	1000	Inclusa
49	1000	1020	Inclusa
50	1020	1040	Inclusa
51	1040	1060	Inclusa
52	1060	1080	Inclusa
53	1080	1100	Inclusa
54	1100	1120	Inclusa
55	1120	1140	Inclusa
56	1140	1160	Inclusa
57	1160	1180	Inclusa
58	1180	1200	Inclusa
59	1200	1220	Inclusa
60	1220	1240	Inclusa

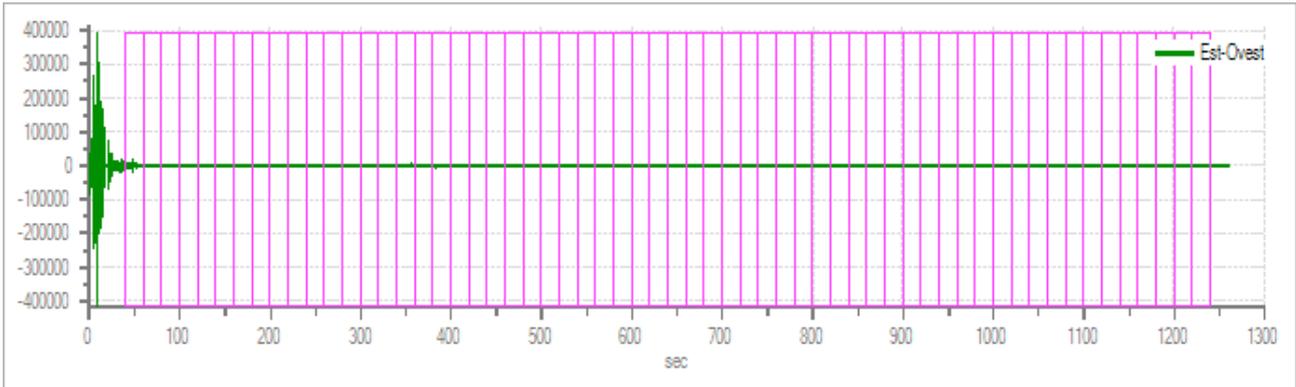
Grafici tracce con finestre selezionate:



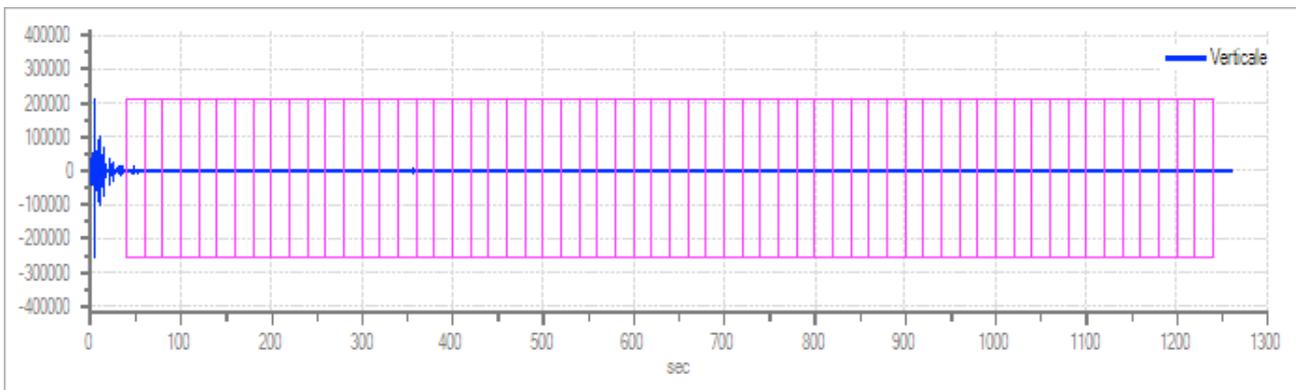
Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

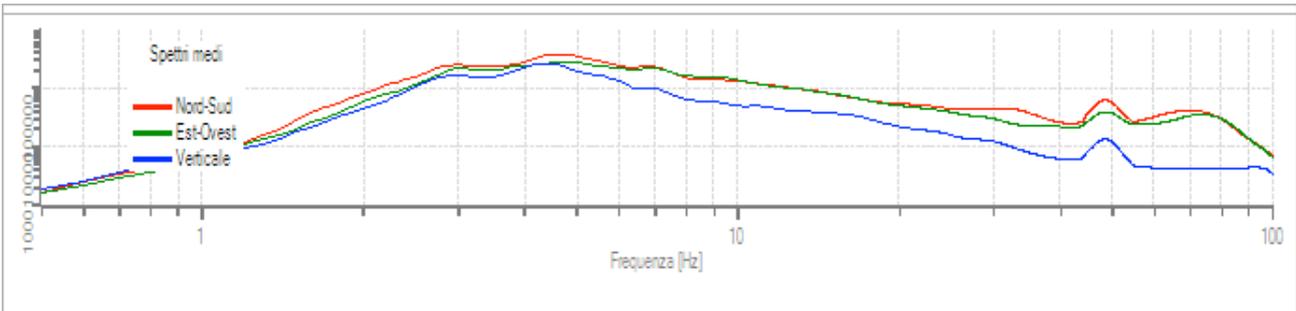


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest



Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

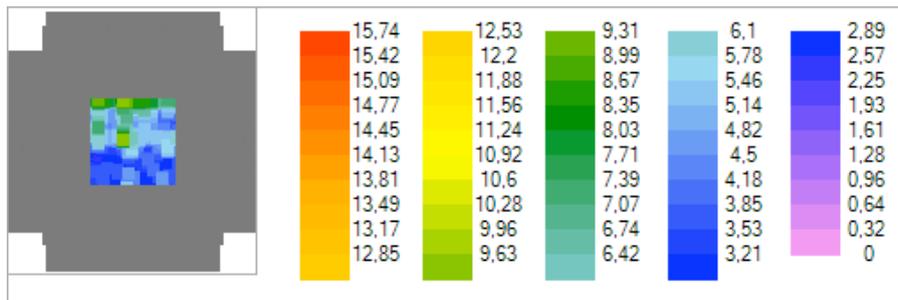
### Grafici degli spettri



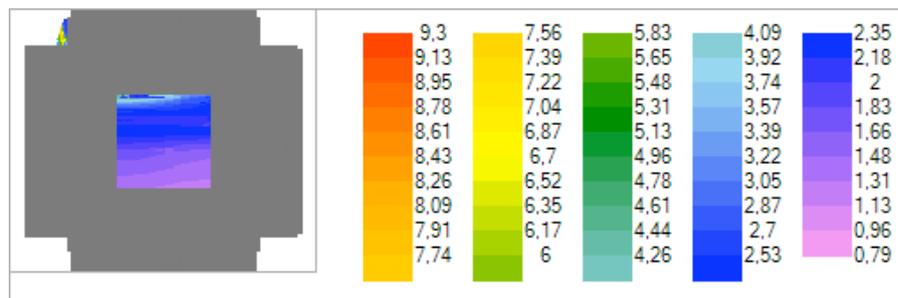
Spettri medi nelle tre direzioni

### Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

**Rapporto spettrale H/V**

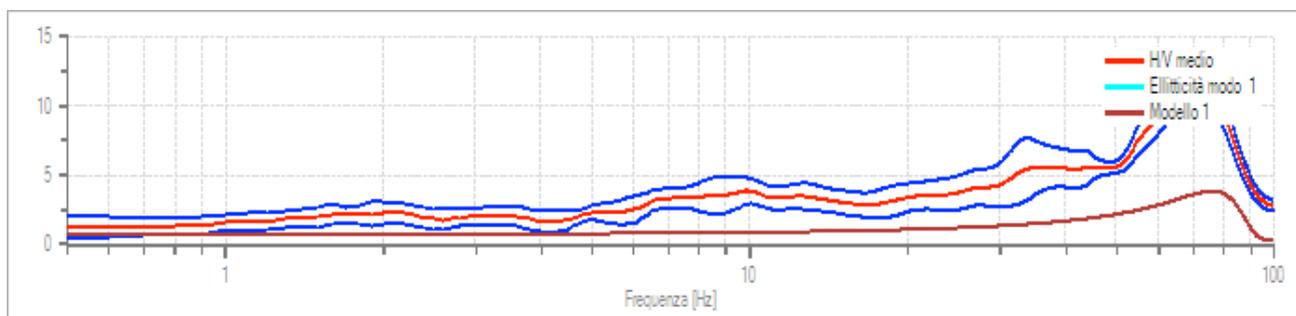
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 100,00 Hz  
 Frequenza minima: 0,50 Hz  
 Passo frequenze: 0,10 Hz  
 Tipo lisciamento: Konno & Ohmachi  
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %  
 Tipo di somma direzionale: Media geometrica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 72,50 Hz ±0,12 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
 Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
 Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

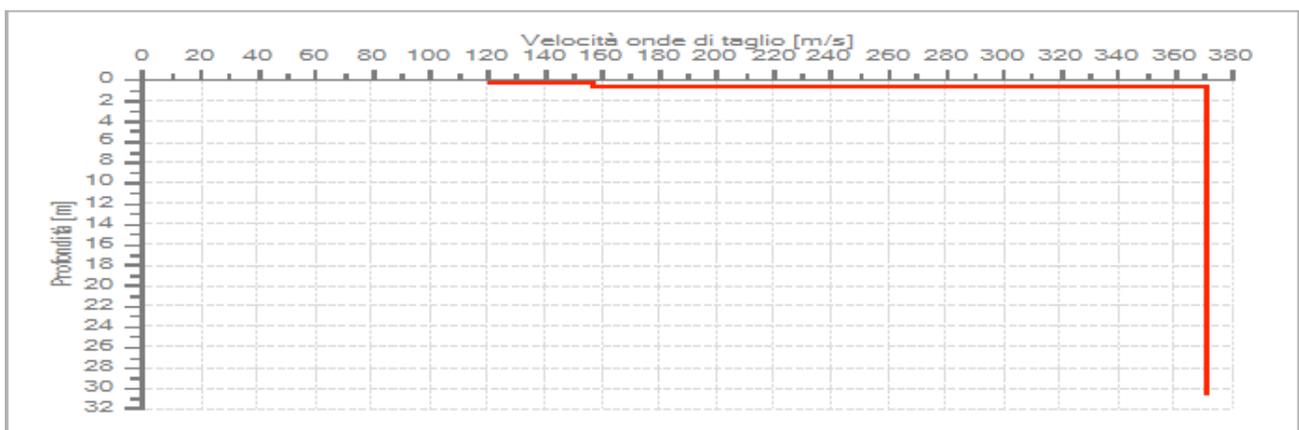
**Modello stratigrafico**

Dati riepilogativi:

Numero strati:	3
Frequenza del picco dell'ellitticità:	76,10 Hz
Valore di disadattamento:	0,23
Valore Vs30:	358,17 m/s

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	0,21	16	0,4	121
2	0,21	0,47	17	0,38	157
3	0,68	30	21	0,3	371



Profilo delle velocità delle onde di taglio.

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
 Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
 Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

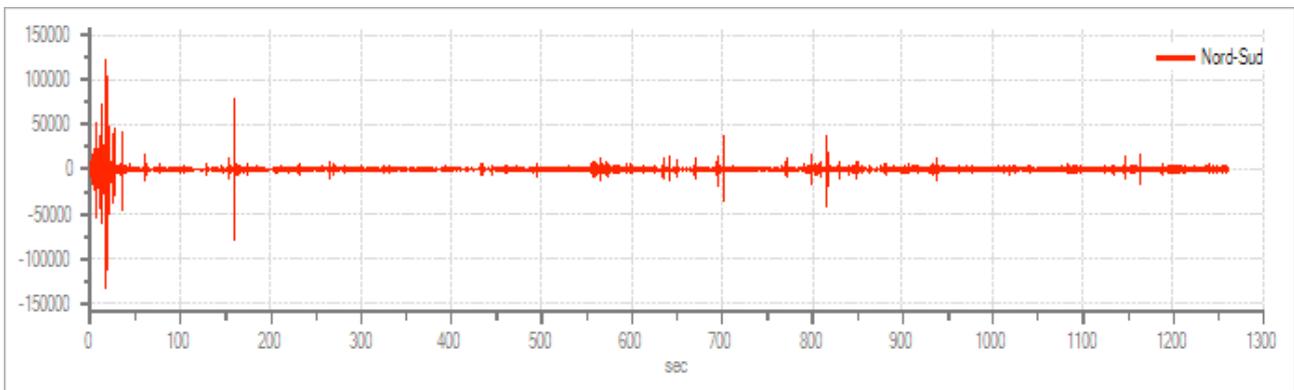


### 3.3.2 - ELABORAZIONE INDAGINE H.V.S.R. 2 ESEGUITA *IN SITU*

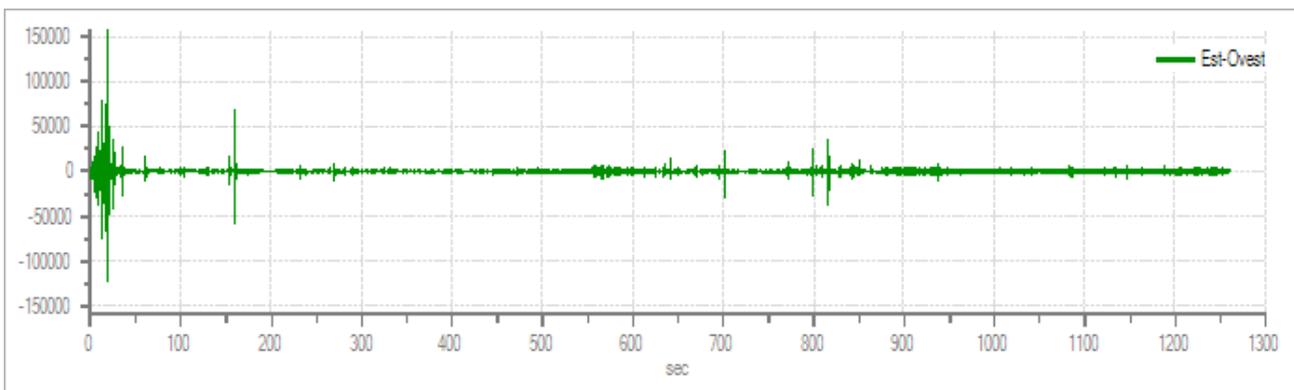
Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3  
Durata registrazione: 1260 s  
Frequenza di campionamento: 500,00 Hz  
Numero campioni: 630000  
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

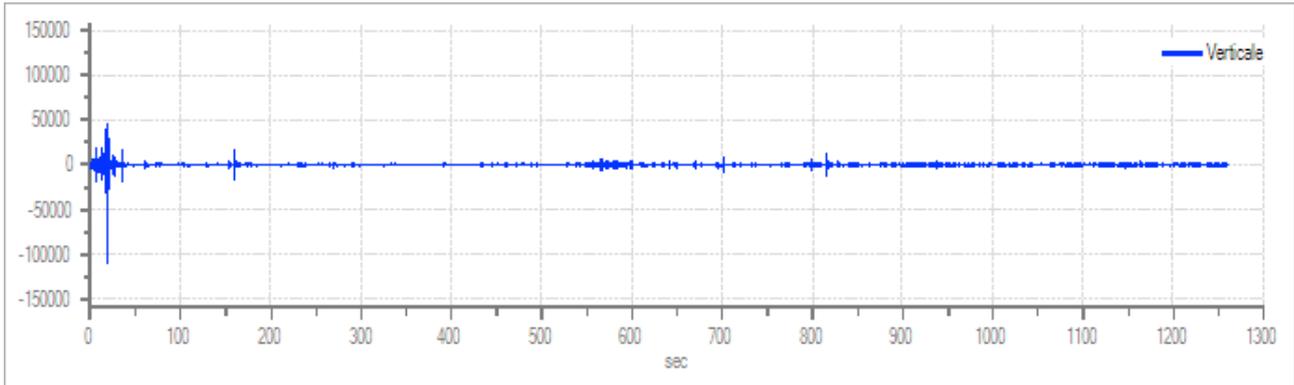
Grafici tracce:



*Traccia in direzione Nord-Sud*



*Traccia in direzione Est-Ovest*



Traccia in direzione Verticale

**Finestre selezionate**

Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 60  
 Numero finestre incluse nel calcolo: 60  
 Dimensione temporale finestre: 20,000 s  
 Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi  
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %  
 Coefficiente di banda: 40,00

Tabella finestre:

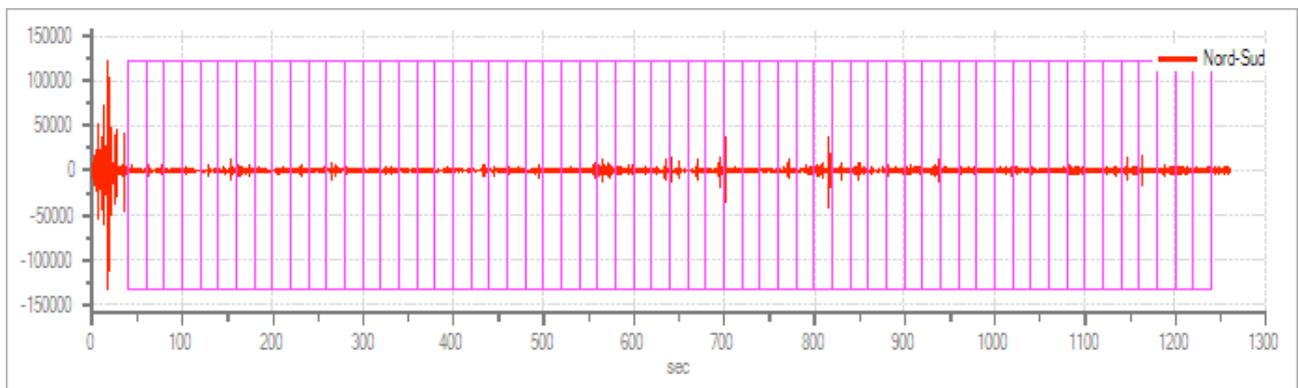
Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	40	60	Inclusa
2	60	80	Inclusa
3	80	100	Inclusa
4	100	120	Inclusa
5	120	140	Inclusa
6	140	160	Inclusa
7	160	180	Inclusa
8	180	200	Inclusa
9	200	220	Inclusa
10	220	240	Inclusa
11	240	260	Inclusa
12	260	280	Inclusa
13	280	300	Inclusa
14	300	320	Inclusa
15	320	340	Inclusa
16	340	360	Inclusa
17	360	380	Inclusa
18	380	400	Inclusa
19	400	420	Inclusa
20	420	440	Inclusa
21	440	460	Inclusa

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
 Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
 Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

22	460	480	Inclusa
23	480	500	Inclusa
24	500	520	Inclusa
25	520	540	Inclusa
26	540	560	Inclusa
27	560	580	Inclusa
28	580	600	Inclusa
29	600	620	Inclusa
30	620	640	Inclusa
31	640	660	Inclusa
32	660	680	Inclusa
33	680	700	Inclusa
34	700	720	Inclusa
35	720	740	Inclusa
36	740	760	Inclusa
37	760	780	Inclusa
38	780	800	Inclusa
39	800	820	Inclusa
40	820	840	Inclusa
41	840	860	Inclusa
42	860	880	Inclusa
43	880	900	Inclusa
44	900	920	Inclusa
45	920	940	Inclusa
46	940	960	Inclusa
47	960	980	Inclusa
48	980	1000	Inclusa
49	1000	1020	Inclusa
50	1020	1040	Inclusa
51	1040	1060	Inclusa
52	1060	1080	Inclusa
53	1080	1100	Inclusa
54	1100	1120	Inclusa
55	1120	1140	Inclusa
56	1140	1160	Inclusa
57	1160	1180	Inclusa
58	1180	1200	Inclusa
59	1200	1220	Inclusa
60	1220	1240	Inclusa

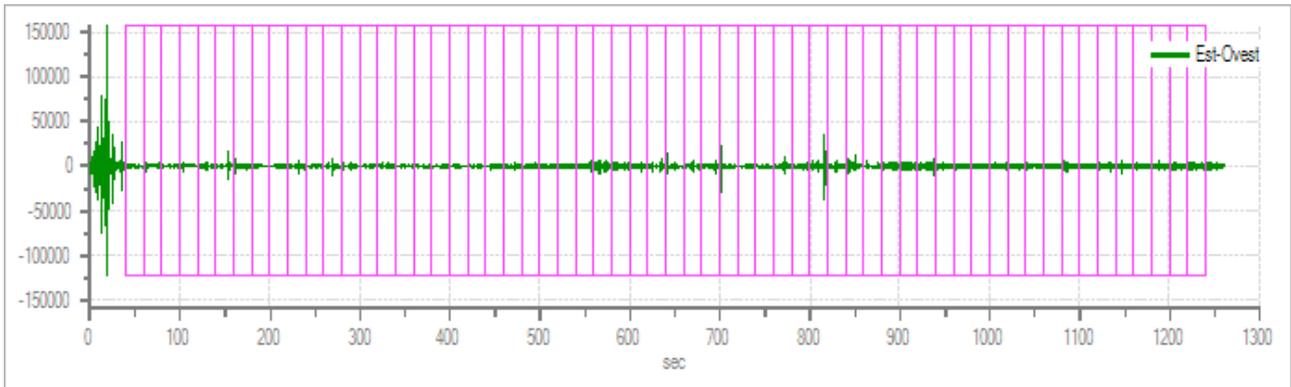
Grafici tracce con finestre selezionate:



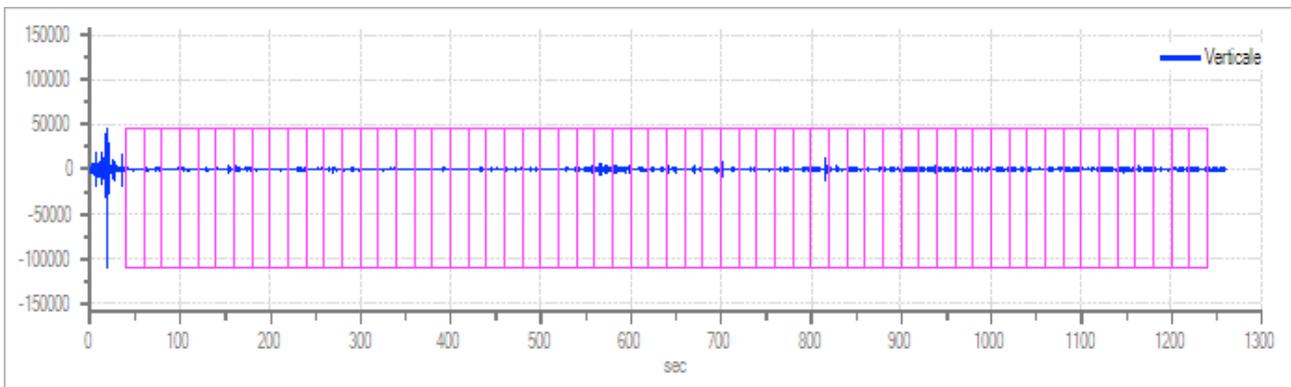
Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
 Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
 Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

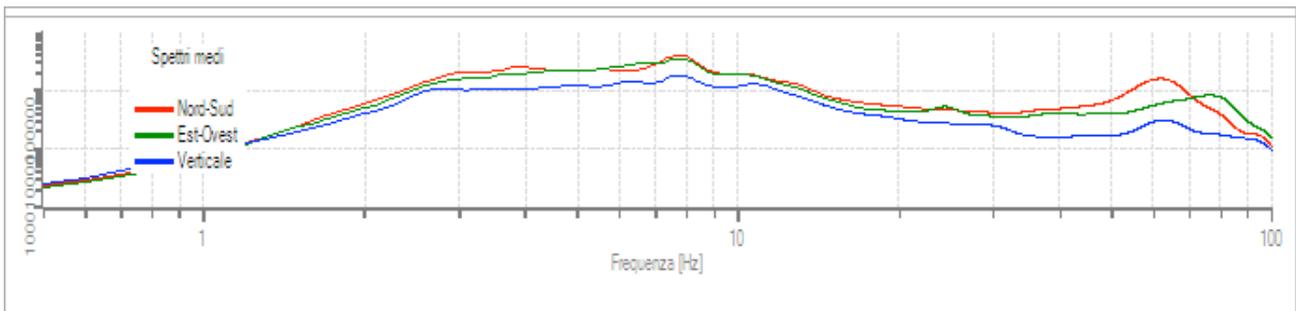


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

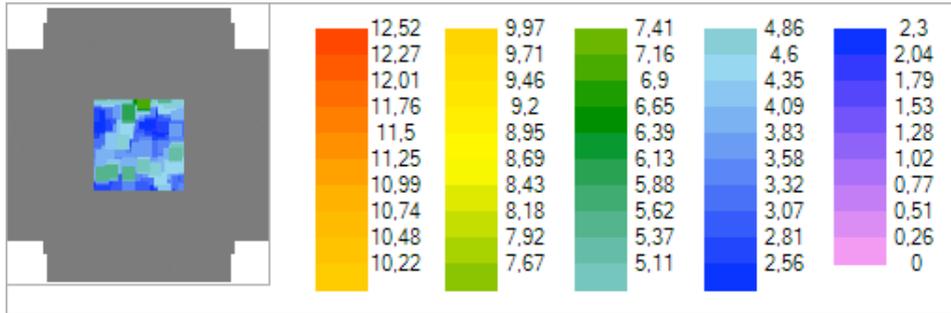


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

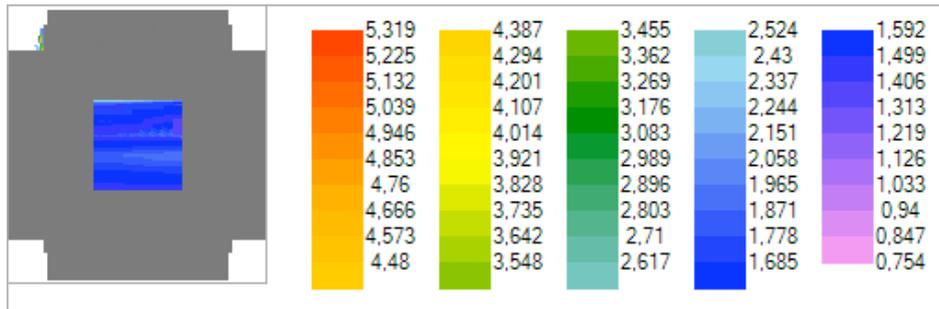
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

**Rapporto spettrale H/V**

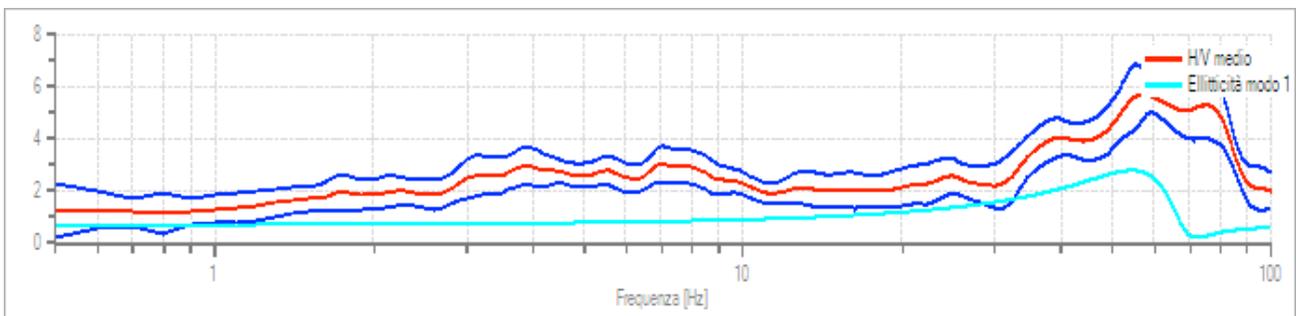
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 100,00 Hz  
 Frequenza minima: 0,50 Hz  
 Passo frequenze: 0,10 Hz  
 Tipo lisciamento: Konno & Ohmachi  
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %  
 Tipo di somma direzionale: Media geometrica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 57,20 Hz ±0,17 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
 Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
 Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

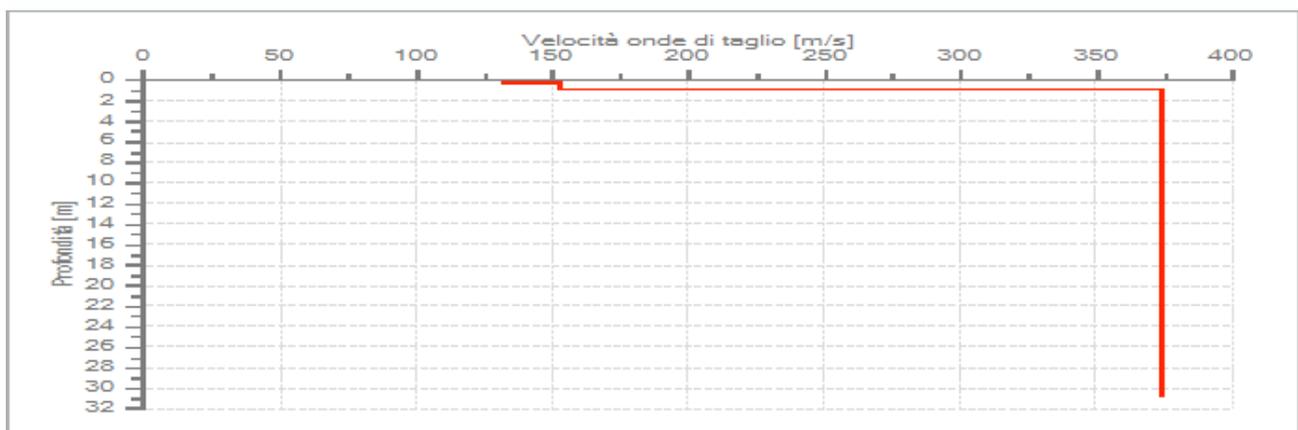
**Modello stratigrafico**

Dati riepilogativi:

Numero strati:	3
Frequenza del picco dell'ellitticità:	54,60 Hz
Valore di disadattamento:	0,46
Valore Vs30:	357,75 m/s

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	0,23	16	0,4	132
2	0,23	0,66	17	0,39	153
3	0,89	30	21	0,3	374



Profilo delle velocità delle onde di taglio.

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
 Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
 Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

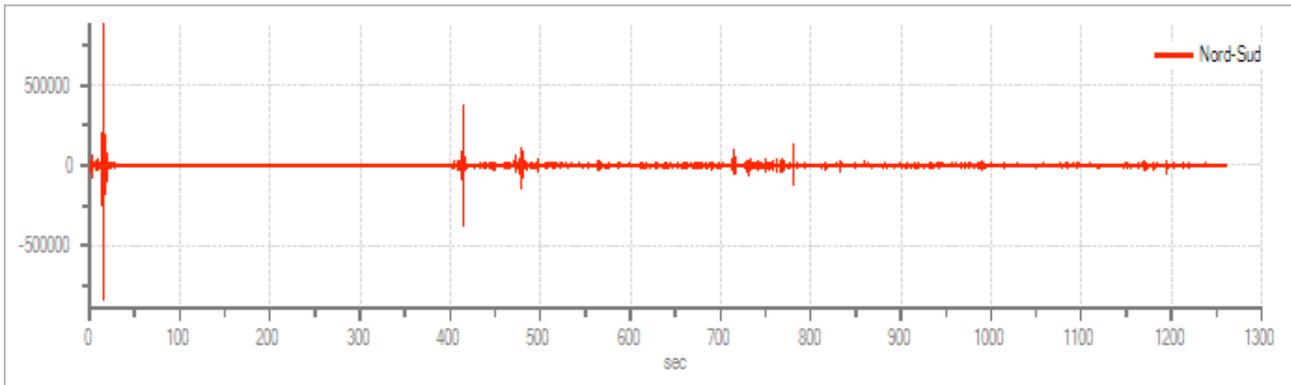


### 3.3.3 - ELABORAZIONE INDAGINE H.V.S.R. 3 ESEGUITA *IN SITU*

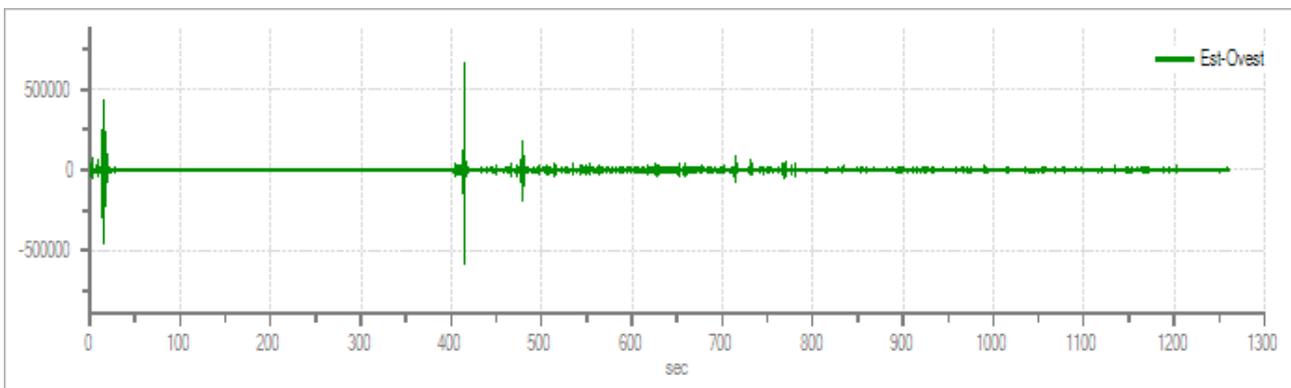
Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3  
Durata registrazione: 1260 s  
Frequenza di campionamento: 500.00 Hz  
Numero campioni: 630000  
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

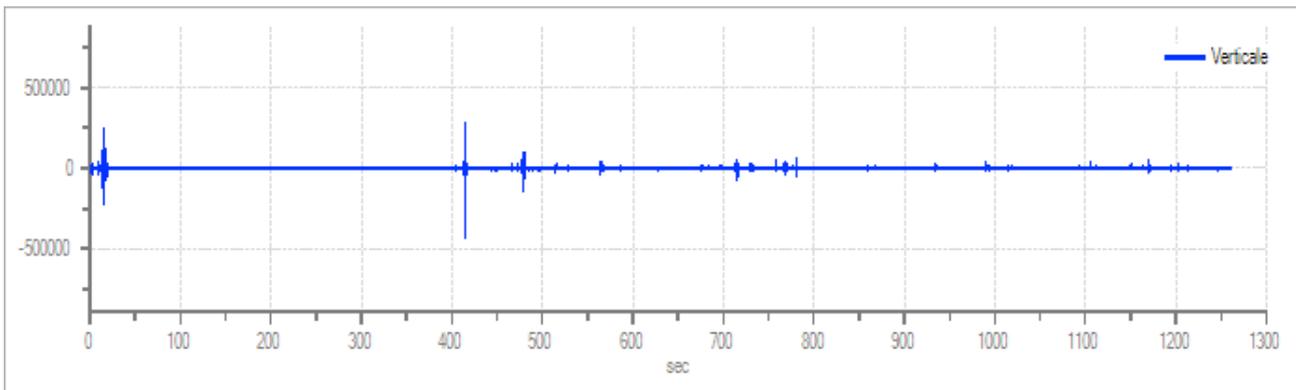
Grafici tracce:



*Traccia in direzione Nord-Sud*



*Traccia in direzione Est-Ovest*



Traccia in direzione Verticale

**Finestre selezionate**

Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 60  
 Numero finestre incluse nel calcolo: 60  
 Dimensione temporale finestre: 20.000 s  
 Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi  
 Percentuale di lisciamento: 10.00 %  
 Coefficiente di banda: 40.00

Tabella finestre:

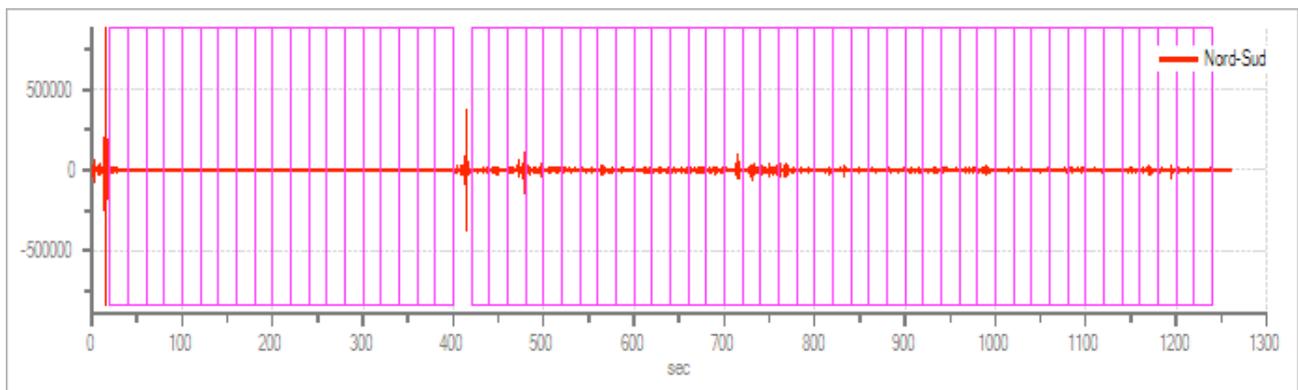
Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	20	40	Inclusa
2	40	60	Inclusa
3	60	80	Inclusa
4	80	100	Inclusa
5	100	120	Inclusa
6	120	140	Inclusa
7	140	160	Inclusa
8	160	180	Inclusa
9	180	200	Inclusa
10	200	220	Inclusa
11	220	240	Inclusa
12	240	260	Inclusa
13	260	280	Inclusa
14	280	300	Inclusa
15	300	320	Inclusa
16	320	340	Inclusa
17	340	360	Inclusa
18	360	380	Inclusa
19	380	400	Inclusa
20	420	440	Inclusa
21	440	460	Inclusa
22	460	480	Inclusa
23	480	500	Inclusa

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
 Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
 Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

24	500	520	Inclusa
25	520	540	Inclusa
26	540	560	Inclusa
27	560	580	Inclusa
28	580	600	Inclusa
29	600	620	Inclusa
30	620	640	Inclusa
31	640	660	Inclusa
32	660	680	Inclusa
33	680	700	Inclusa
34	700	720	Inclusa
35	720	740	Inclusa
36	740	760	Inclusa
37	760	780	Inclusa
38	780	800	Inclusa
39	800	820	Inclusa
40	820	840	Inclusa
41	840	860	Inclusa
42	860	880	Inclusa
43	880	900	Inclusa
44	900	920	Inclusa
45	920	940	Inclusa
46	940	960	Inclusa
47	960	980	Inclusa
48	980	1000	Inclusa
49	1000	1020	Inclusa
50	1020	1040	Inclusa
51	1040	1060	Inclusa
52	1060	1080	Inclusa
53	1080	1100	Inclusa
54	1100	1120	Inclusa
55	1120	1140	Inclusa
56	1140	1160	Inclusa
57	1160	1180	Inclusa
58	1180	1200	Inclusa
59	1200	1220	Inclusa
60	1220	1240	Inclusa

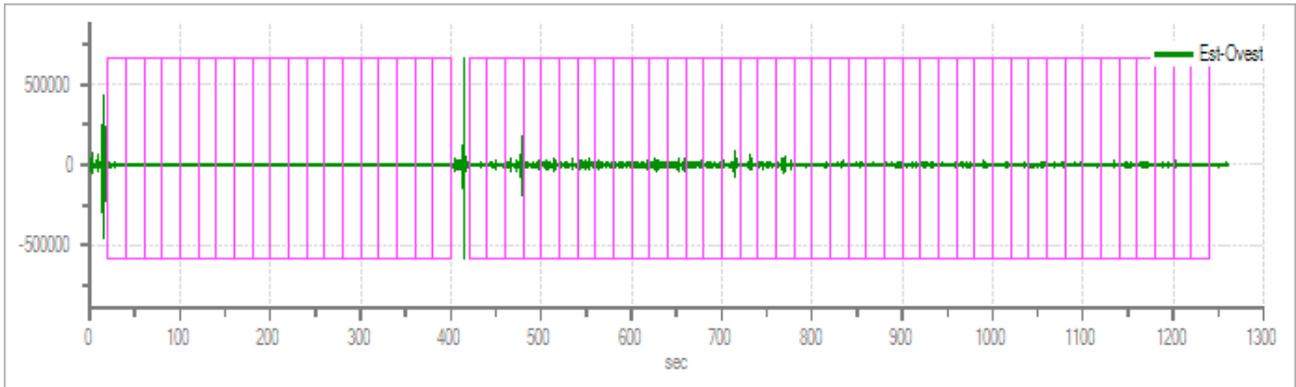
Grafici tracce con finestre selezionate:



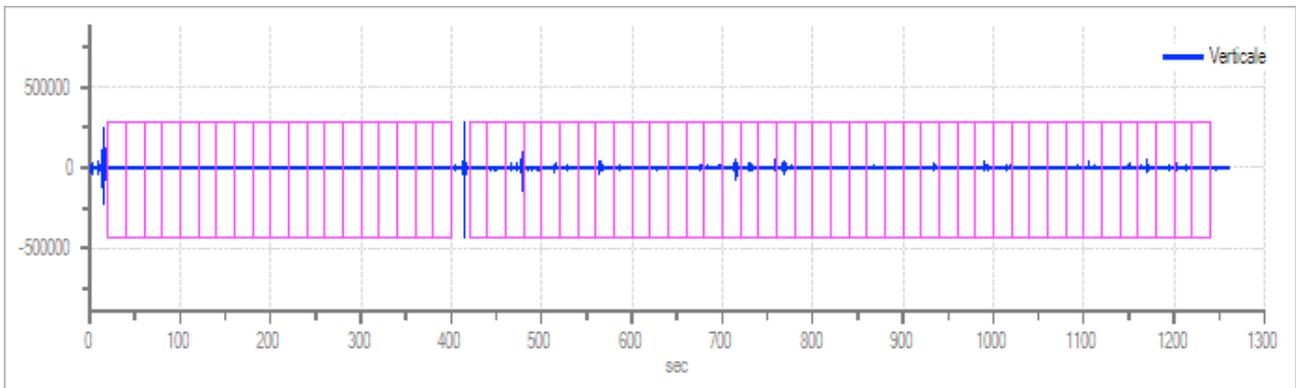
Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
 Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
 Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

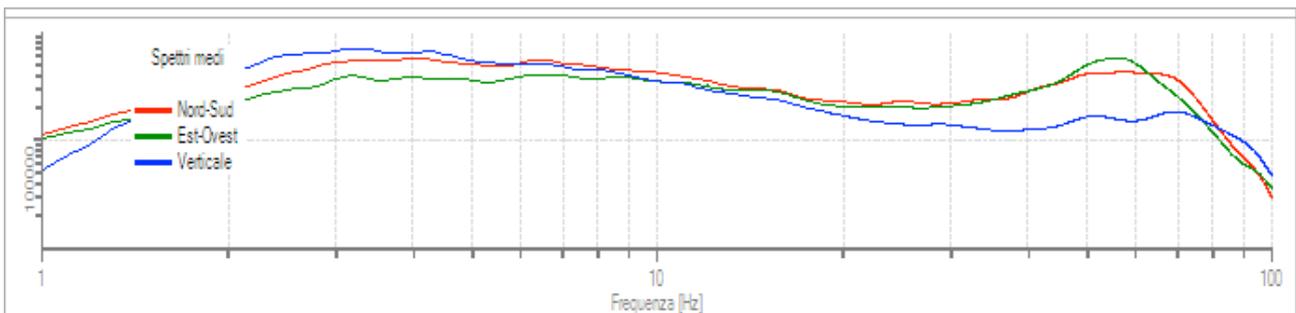


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

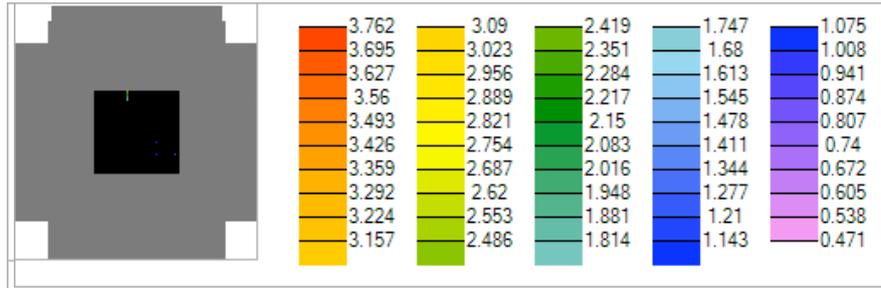


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

### Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni  
Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

**Rapporto spettrale H/V**

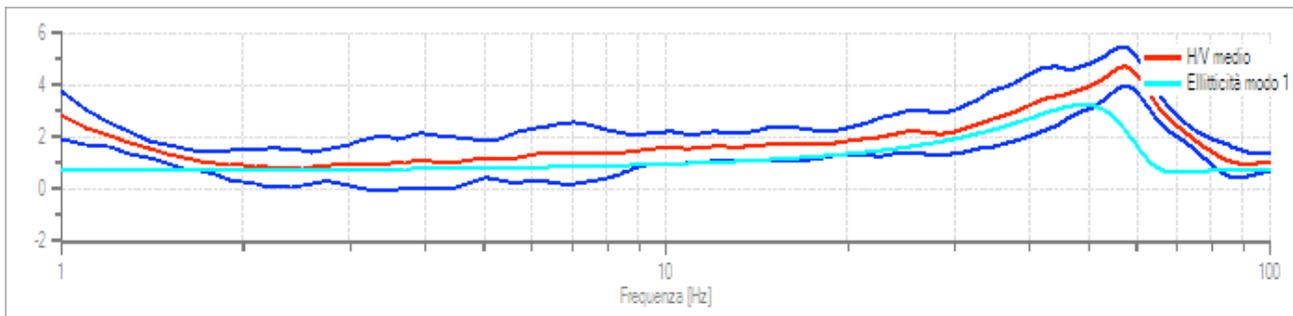
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 100.00 Hz  
 Frequenza minima: 1.00 Hz  
 Passo frequenze: 0.10 Hz  
 Tipo lisciamento: Konno & Ohmachi  
 Percentuale di lisciamento: 10.00 %  
 Tipo di somma direzionale: Media geometrica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 57.40 Hz ±0.16 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

	<b>Verifica</b>	<b>Esito</b>
$f_0 > 10/l_w$		Ok
$n_c(f_0) > 200$		Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5Hz$		Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5Hz$		Ok

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
 Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
 Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

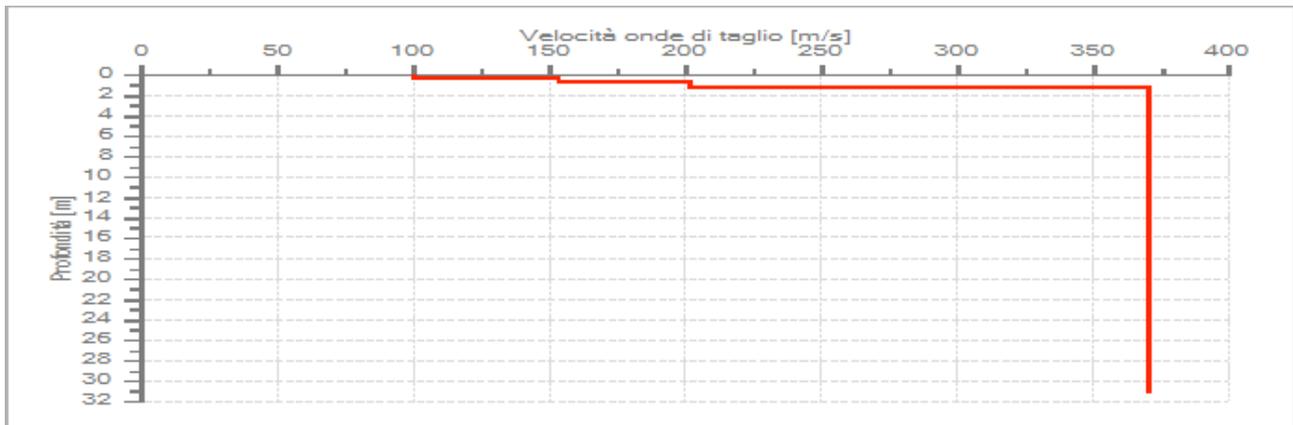
**Modello stratigrafico**

Dati riepilogativi:

Numero strati:	4
Frequenza del picco dell'ellitticità:	49.10 Hz
Valore di disadattamento:	0.29
Valore Vs30:	351.18 m/s

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	0.2	16	0.4	100
2	0.2	0.5	17	0.39	153
3	0.7	0.51	18	0.36	202
4	1.21	30	21	0.3	371



Profilo delle velocità delle onde di taglio.

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
 Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
 Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

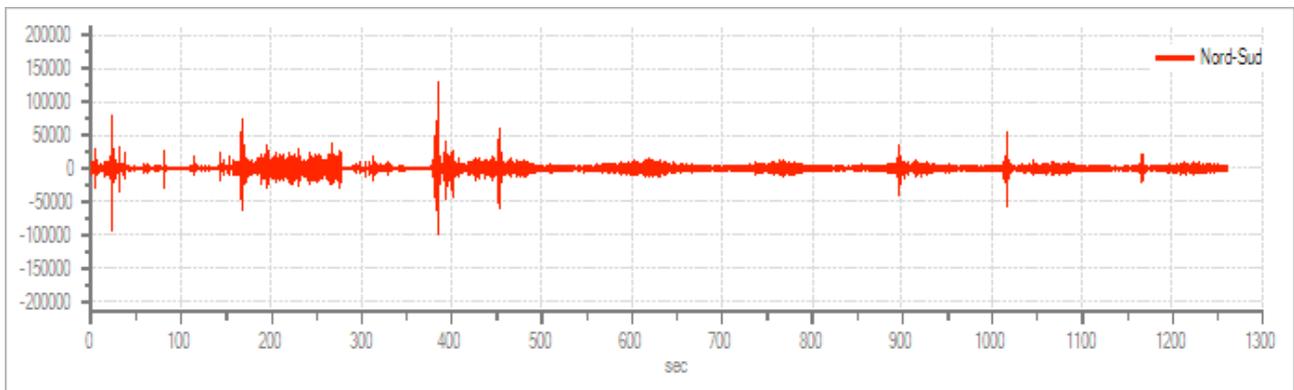


### 3.3.4 ELABORAZIONE INDAGINE H.V.S.R. 4 ESEGUITA *IN SITU*

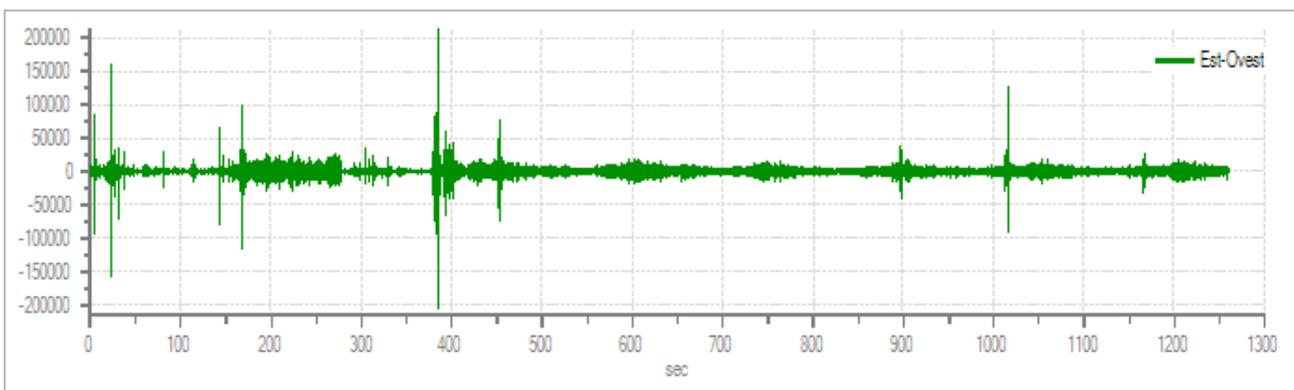
Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3  
Durata registrazione: 1260 s  
Frequenza di campionamento: 500,00 Hz  
Numero campioni: 630000  
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

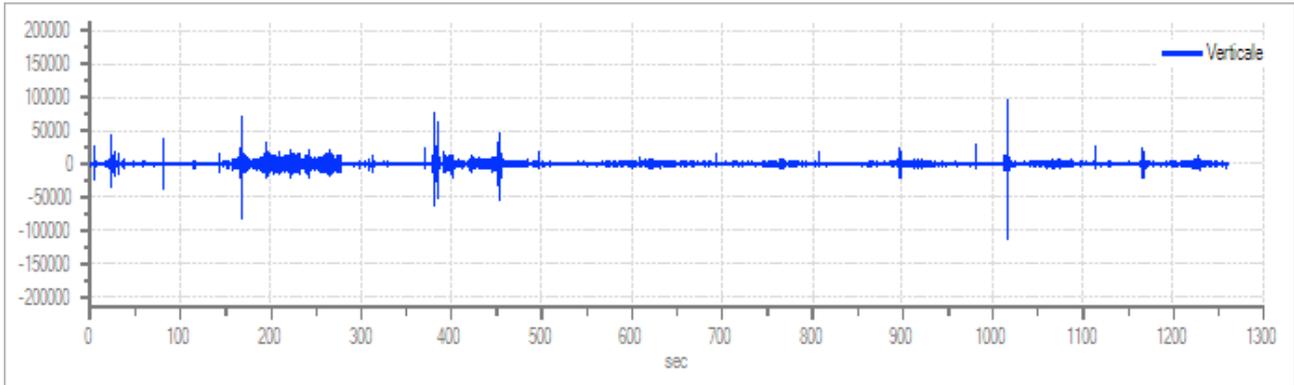
Grafici tracce:



*Traccia in direzione Nord-Sud*



*Traccia in direzione Est-Ovest*



Traccia in direzione Verticale

**Finestre selezionate**

Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 56  
 Numero finestre incluse nel calcolo: 56  
 Dimensione temporale finestre: 20,000 s  
 Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi  
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %  
 Coefficiente di banda: 40,00

Tabella finestre:

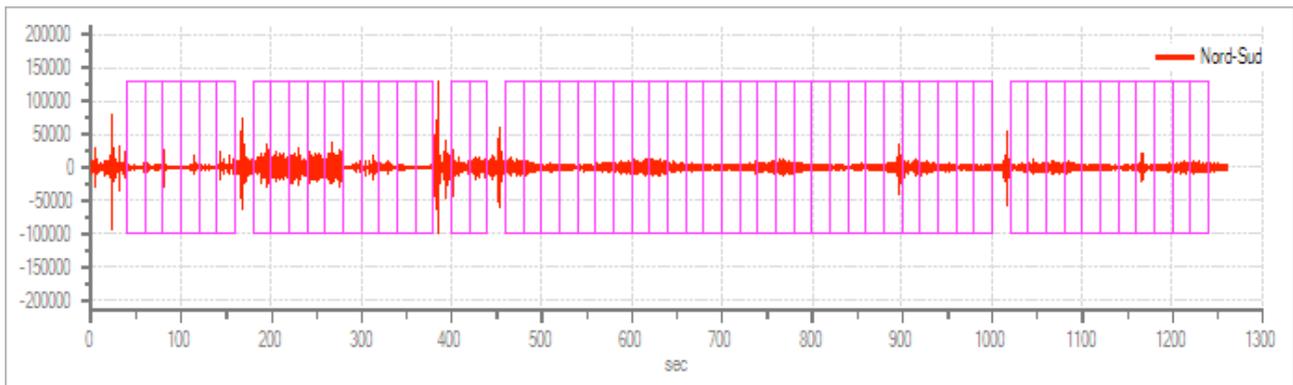
Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	40	60	Inclusa
2	60	80	Inclusa
3	80	100	Inclusa
4	100	120	Inclusa
5	120	140	Inclusa
6	140	160	Inclusa
7	180	200	Inclusa
8	200	220	Inclusa
9	220	240	Inclusa
10	240	260	Inclusa
11	260	280	Inclusa
12	280	300	Inclusa
13	300	320	Inclusa
14	320	340	Inclusa
15	340	360	Inclusa
16	360	380	Inclusa
17	400	420	Inclusa
18	420	440	Inclusa
19	460	480	Inclusa
20	480	500	Inclusa
21	500	520	Inclusa

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
 Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
 Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

22	520	540	Inclusa
23	540	560	Inclusa
24	560	580	Inclusa
25	580	600	Inclusa
26	600	620	Inclusa
27	620	640	Inclusa
28	640	660	Inclusa
29	660	680	Inclusa
30	680	700	Inclusa
31	700	720	Inclusa
32	720	740	Inclusa
33	740	760	Inclusa
34	760	780	Inclusa
35	780	800	Inclusa
36	800	820	Inclusa
37	820	840	Inclusa
38	840	860	Inclusa
39	860	880	Inclusa
40	880	900	Inclusa
41	900	920	Inclusa
42	920	940	Inclusa
43	940	960	Inclusa
44	960	980	Inclusa
45	980	1000	Inclusa
46	1020	1040	Inclusa
47	1040	1060	Inclusa
48	1060	1080	Inclusa
49	1080	1100	Inclusa
50	1100	1120	Inclusa
51	1120	1140	Inclusa
52	1140	1160	Inclusa
53	1160	1180	Inclusa
54	1180	1200	Inclusa
55	1200	1220	Inclusa
56	1220	1240	Inclusa

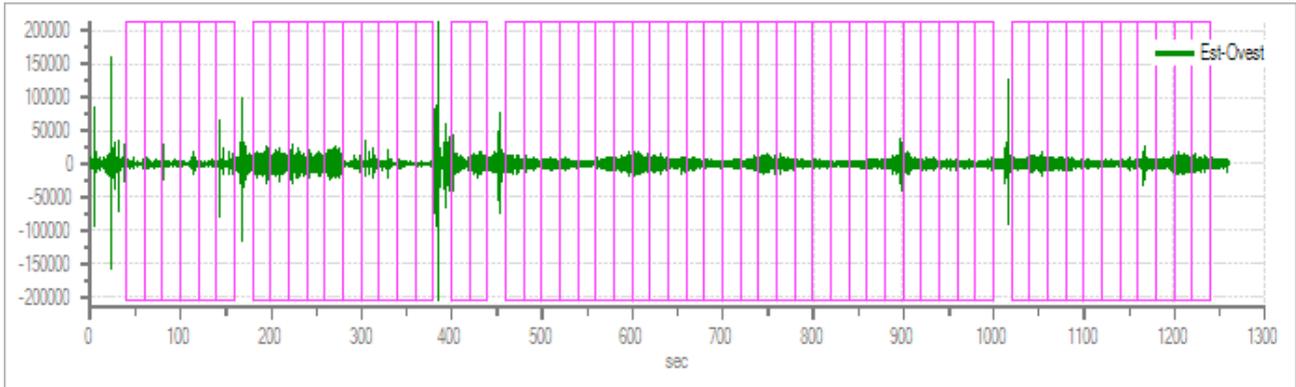
Grafici tracce con finestre selezionate:



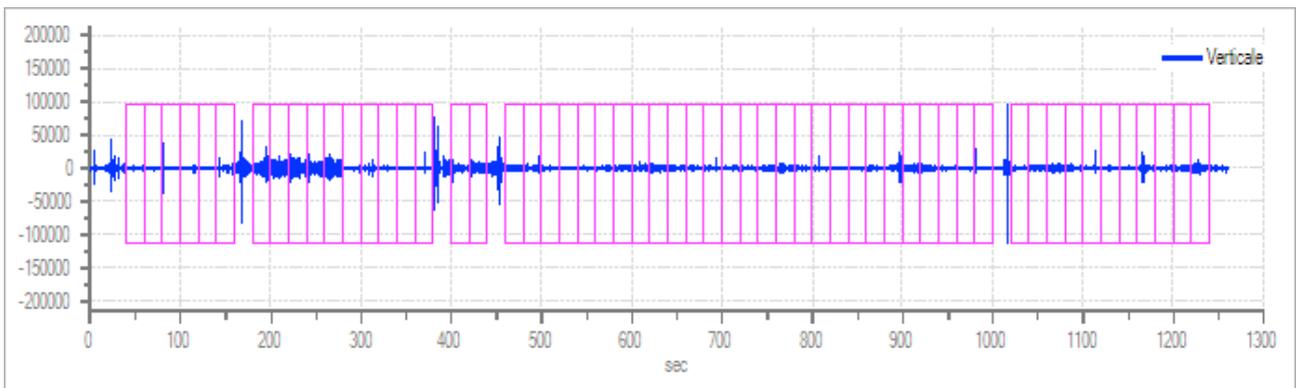
Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
 Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
 Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

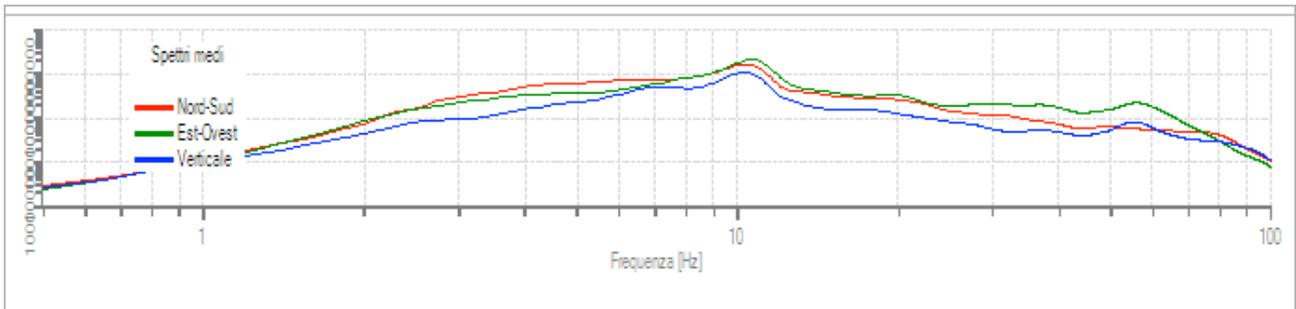


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

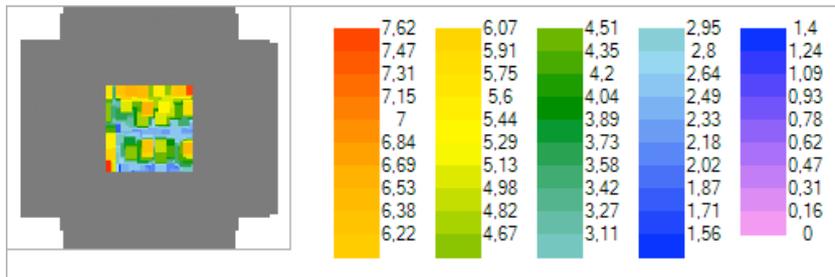


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

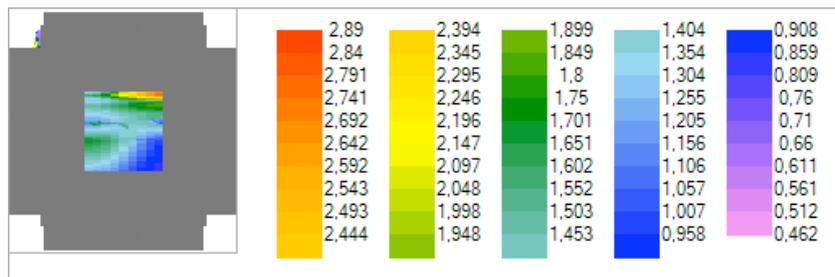
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

### Rapporto spettrale H/V

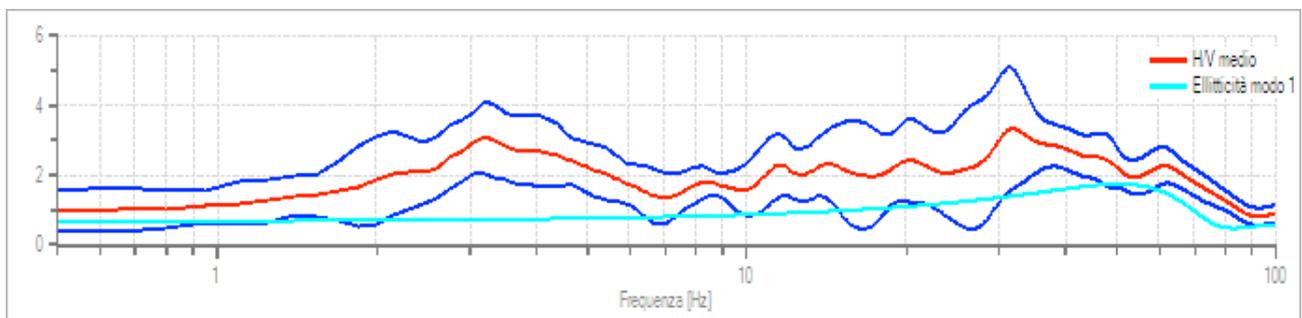
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 100,00 Hz  
 Frequenza minima: 0,50 Hz  
 Passo frequenze: 0,15 Hz  
 Tipo lisciamento: Konno & Ohmachi  
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %  
 Tipo di somma direzionale: Media quadratica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 31,85 Hz ±0,52 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

### Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
 Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
 Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

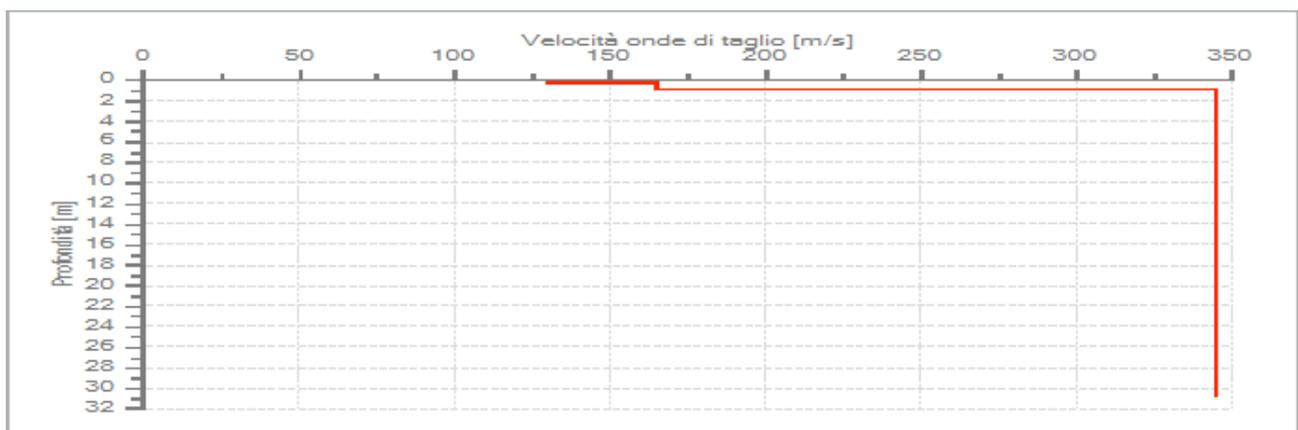
**Modello stratigrafico**

Dati riepilogativi:

Numero strati:	3
Frequenza del picco dell'ellitticità:	50,60 Hz
Valore di disadattamento:	0,27
Valore Vs30:	333,08 m/s

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	0,24	16	0,4	130
2	0,24	0,62	17	0,38	165
3	0,86	30	21	0,32	345



Profilo delle velocità delle onde di taglio.

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
 Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
 Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

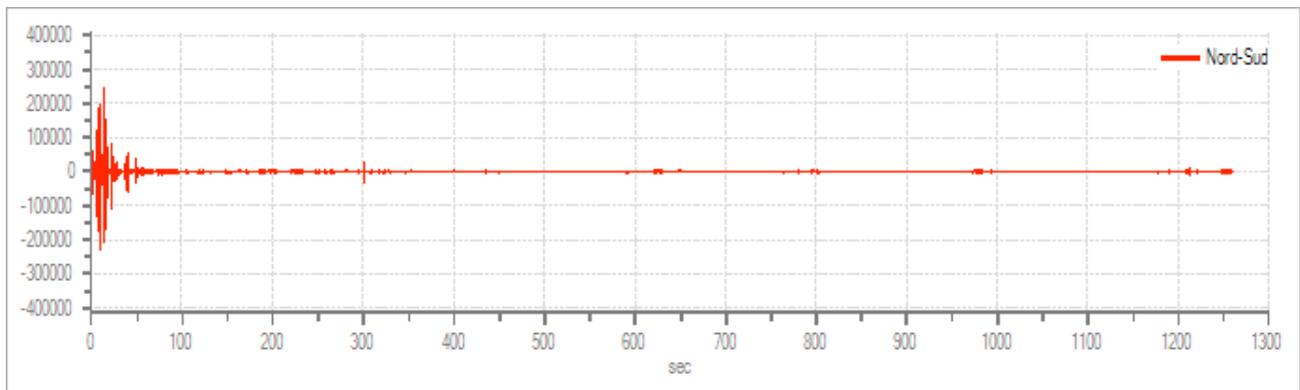


### 3.3.5 ELABORAZIONE INDAGINE H.V.S.R. 5 ESEGUITA *IN SITU*

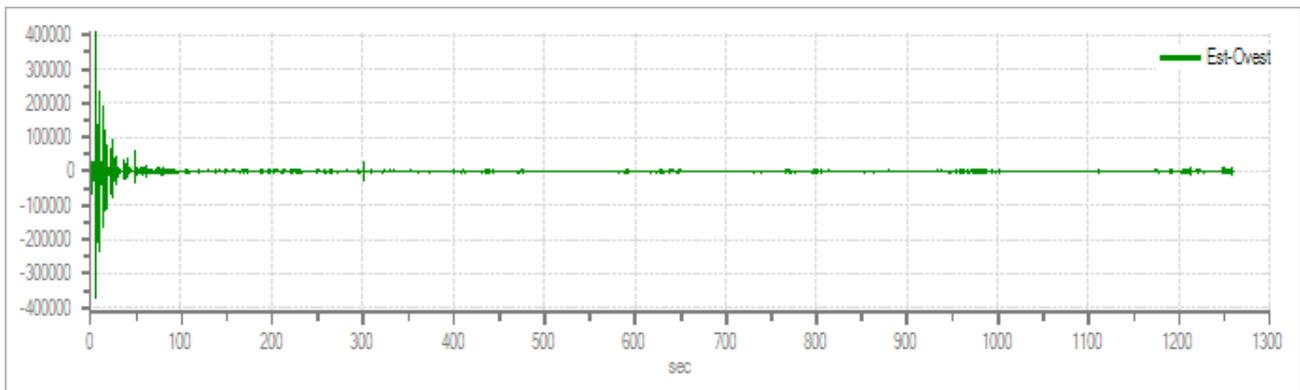
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	1260 s
Frequenza di campionamento:	500,00 Hz
Numero campioni:	630000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

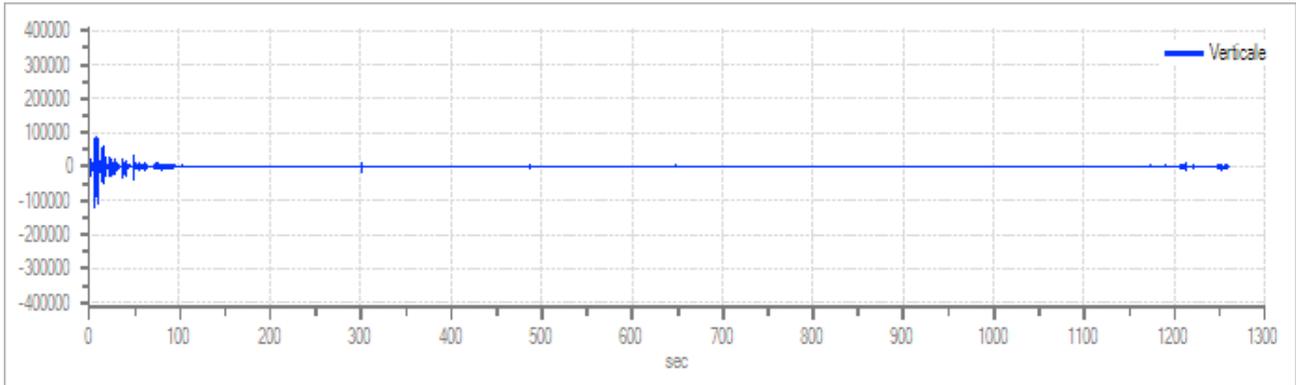
Grafici tracce:



*Traccia in direzione Nord-Sud*



*Traccia in direzione Est-Ovest*



Traccia in direzione Verticale

**Finestre selezionate**

Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 60  
 Numero finestre incluse nel calcolo: 60  
 Dimensione temporale finestre: 20,000 s  
 Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi  
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %  
 Coefficiente di banda: 40,00

Tabella finestre:

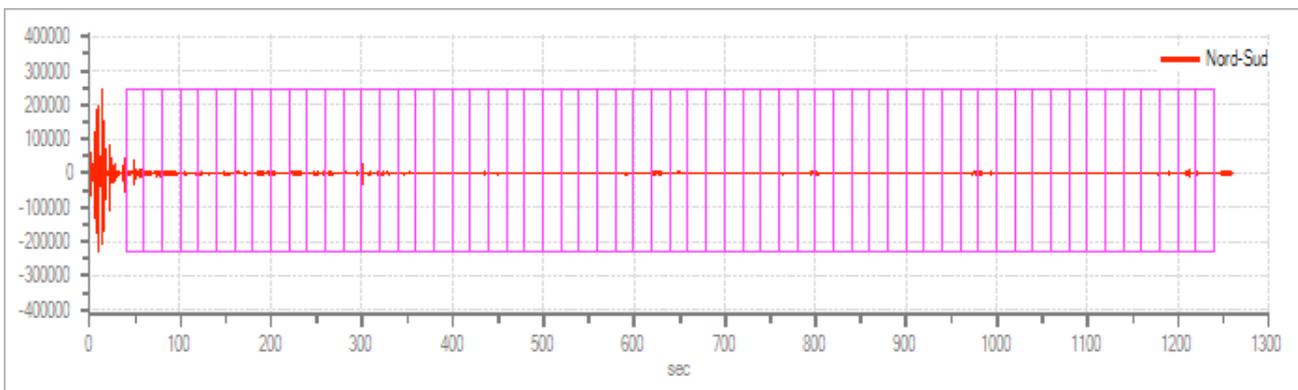
Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	40	60	Inclusa
2	60	80	Inclusa
3	80	100	Inclusa
4	100	120	Inclusa
5	120	140	Inclusa
6	140	160	Inclusa
7	160	180	Inclusa
8	180	200	Inclusa
9	200	220	Inclusa
10	220	240	Inclusa
11	240	260	Inclusa
12	260	280	Inclusa
13	280	300	Inclusa
14	300	320	Inclusa
15	320	340	Inclusa
16	340	360	Inclusa
17	360	380	Inclusa
18	380	400	Inclusa
19	400	420	Inclusa

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
 Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
 Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

20	420	440	Inclusa
21	440	460	Inclusa
22	460	480	Inclusa
23	480	500	Inclusa
24	500	520	Inclusa
25	520	540	Inclusa
26	540	560	Inclusa
27	560	580	Inclusa
28	580	600	Inclusa
29	600	620	Inclusa
30	620	640	Inclusa
31	640	660	Inclusa
32	660	680	Inclusa
33	680	700	Inclusa
34	700	720	Inclusa
35	720	740	Inclusa
36	740	760	Inclusa
37	760	780	Inclusa
38	780	800	Inclusa
39	800	820	Inclusa
40	820	840	Inclusa
41	840	860	Inclusa
42	860	880	Inclusa
43	880	900	Inclusa
44	900	920	Inclusa
45	920	940	Inclusa
46	940	960	Inclusa
47	960	980	Inclusa
48	980	1000	Inclusa
49	1000	1020	Inclusa
50	1020	1040	Inclusa
51	1040	1060	Inclusa
52	1060	1080	Inclusa
53	1080	1100	Inclusa
54	1100	1120	Inclusa
55	1120	1140	Inclusa
56	1140	1160	Inclusa
57	1160	1180	Inclusa
58	1180	1200	Inclusa
59	1200	1220	Inclusa
60	1220	1240	Inclusa

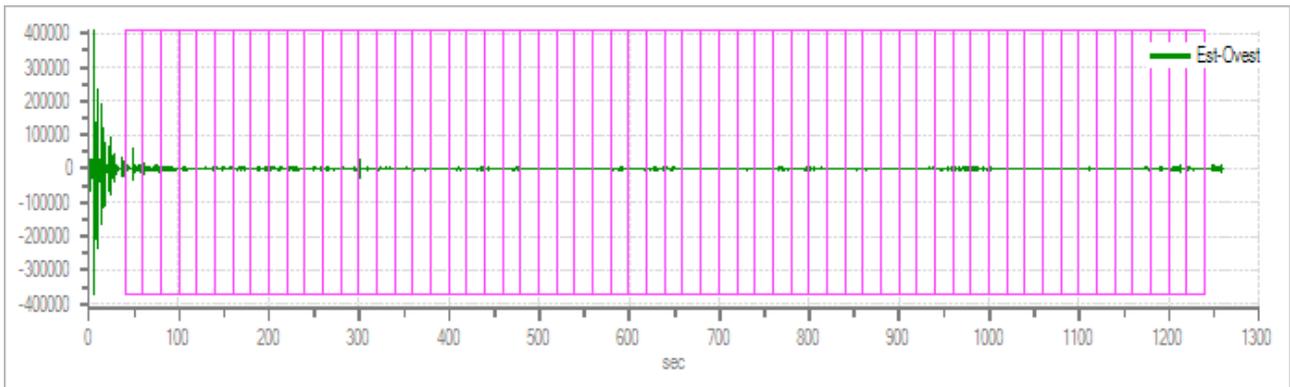
Grafici tracce con finestre selezionate:



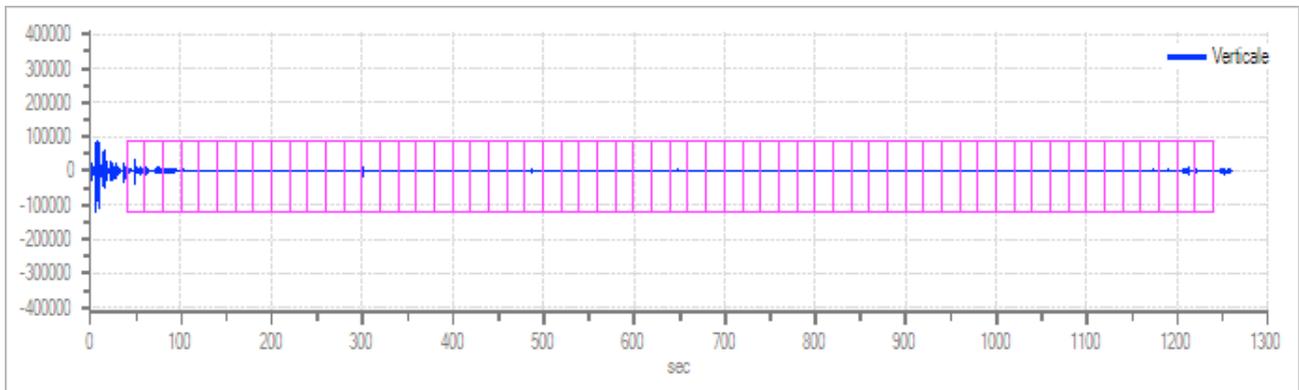
*Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud*

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

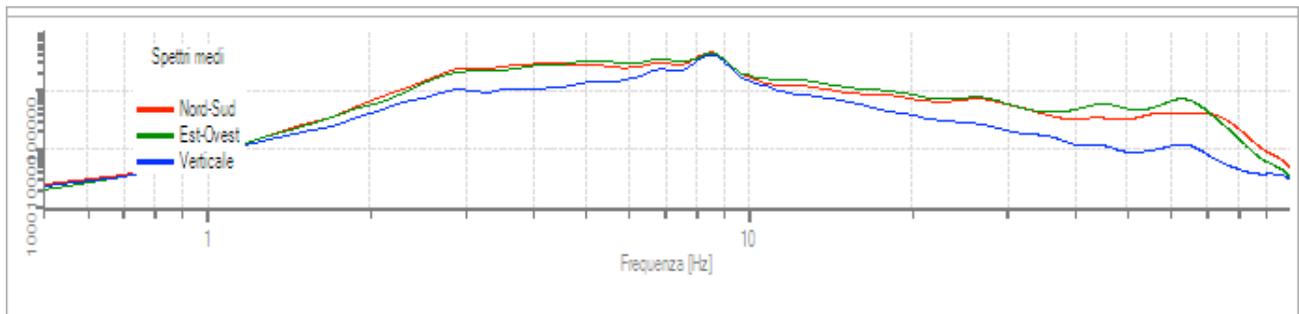


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

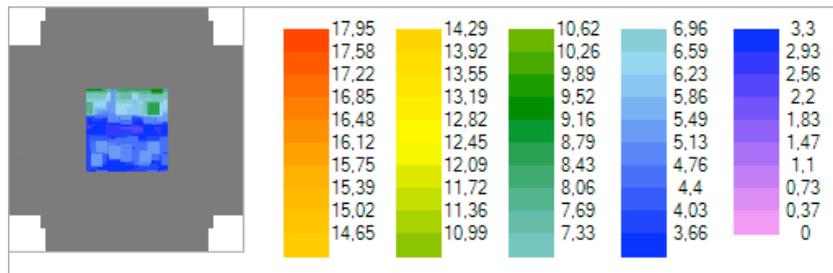


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

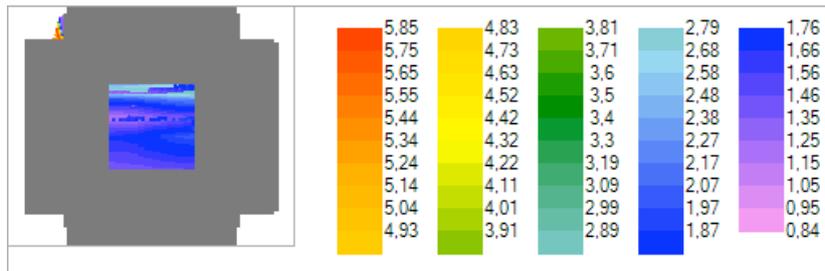
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

**Rapporto spettrale H/V**

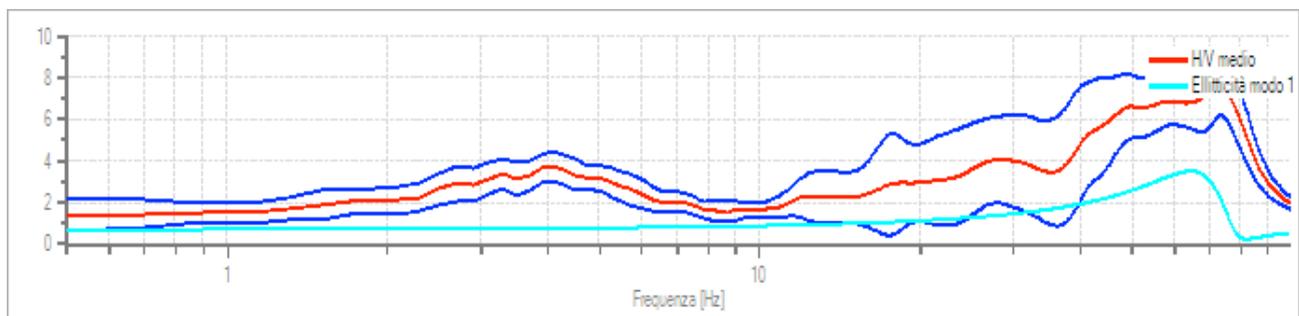
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 99,40 Hz  
 Frequenza minima: 0,50 Hz  
 Passo frequenze: 0,20 Hz  
 Tipo lisciamento: Konno & Ohmachi  
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %  
 Tipo di somma direzionale: Media geometrica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 72,70 Hz ±0,19 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
 Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
 Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

**Modello stratigrafico**

Dati riepilogativi:

Numero strati:	3
Frequenza del picco dell'ellitticità:	64,50 Hz
Valore di disadattamento:	1,63
Valore Vs30:	359,92 m/s

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	0,25	16	0,4	128
2	0,25	0,54	17	0,38	154
3	0,79	30	21	0,3	375



Profilo delle velocità delle onde di taglio.

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
 Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
 Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

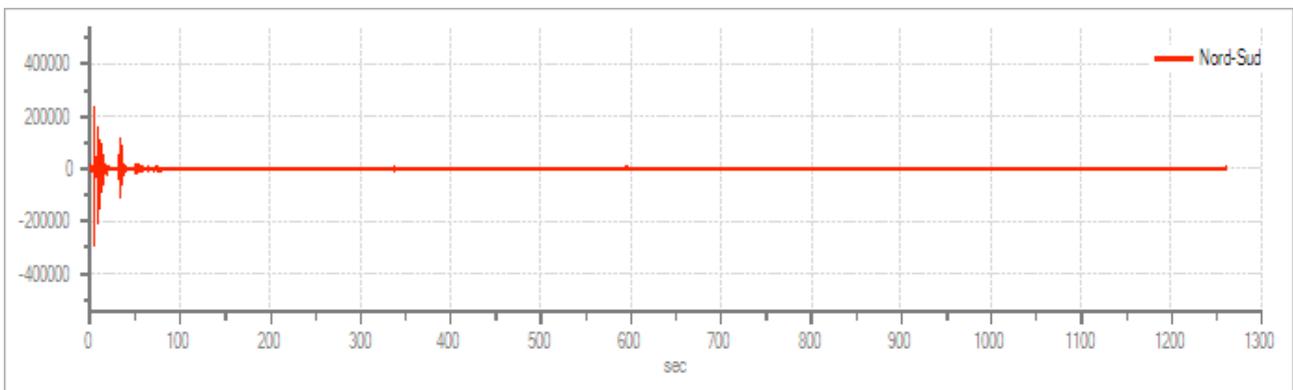


### 3.3.6 ELABORAZIONE INDAGINE H.V.S.R. 6 ESEGUITA *IN SITU*

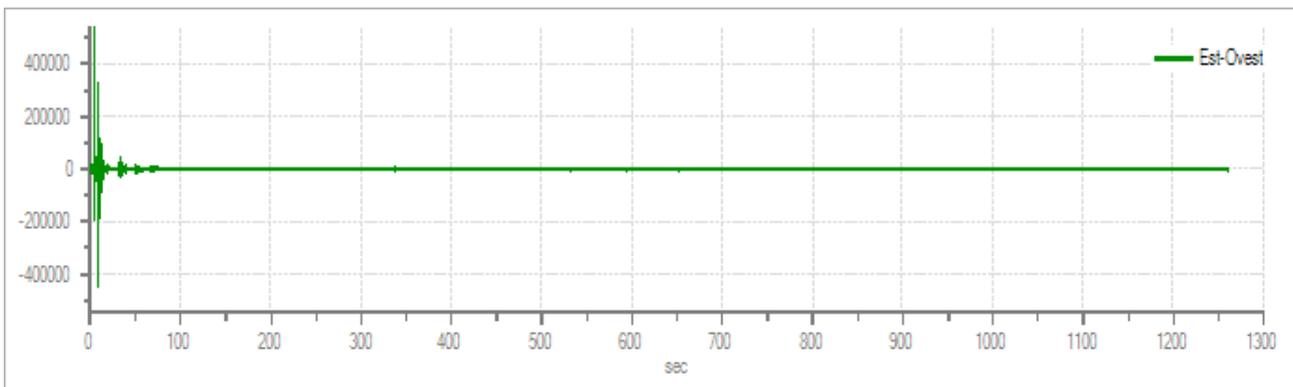
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	1260 s
Frequenza di campionamento:	500,00 Hz
Numero campioni:	630000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

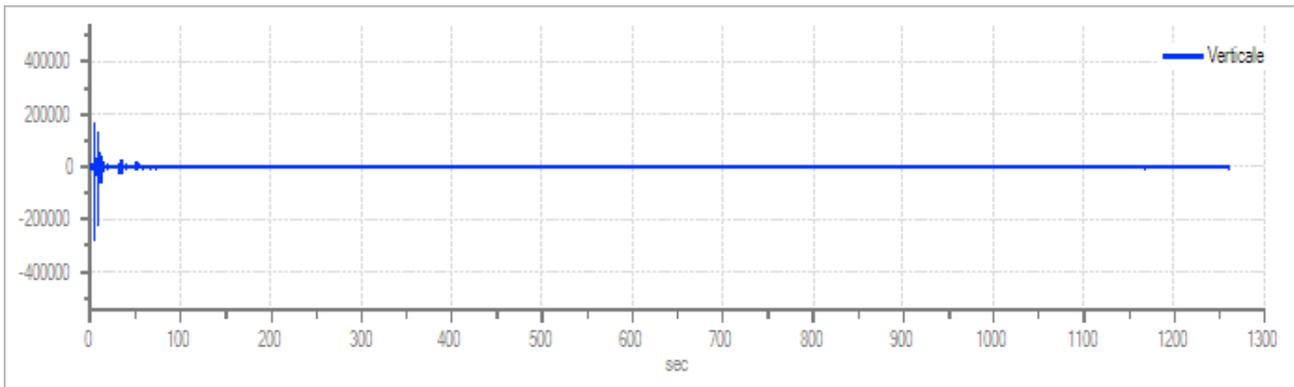
Grafici tracce:



*Traccia in direzione Nord-Sud*



*Traccia in direzione Est-Ovest*



Traccia in direzione Verticale

**Finestre selezionate**

Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 60  
 Numero finestre incluse nel calcolo: 60  
 Dimensione temporale finestre: 20,000 s  
 Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi  
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %  
 Coefficiente di banda: 40,00

Tabella finestre:

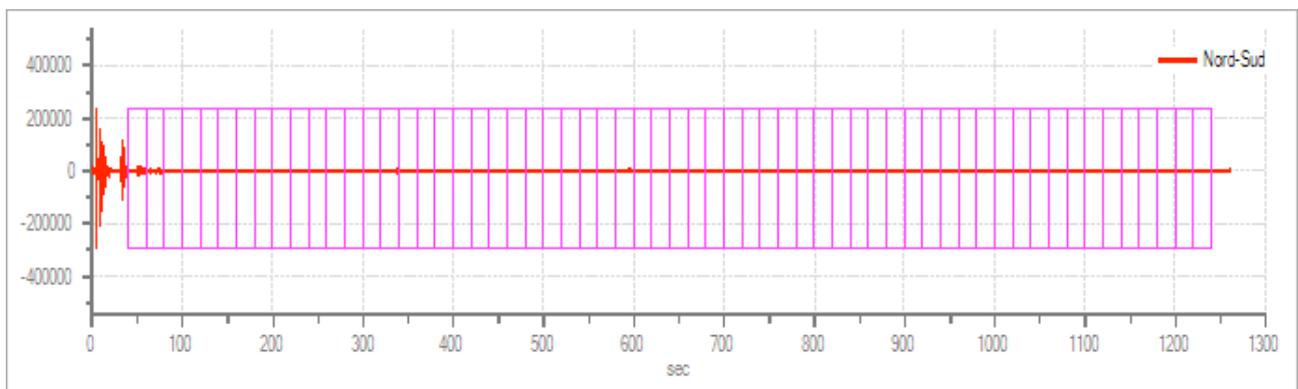
Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	40	60	Inclusa
2	60	80	Inclusa
3	80	100	Inclusa
4	100	120	Inclusa
5	120	140	Inclusa
6	140	160	Inclusa
7	160	180	Inclusa
8	180	200	Inclusa
9	200	220	Inclusa
10	220	240	Inclusa
11	240	260	Inclusa
12	260	280	Inclusa
13	280	300	Inclusa
14	300	320	Inclusa
15	320	340	Inclusa
16	340	360	Inclusa
17	360	380	Inclusa
18	380	400	Inclusa
19	400	420	Inclusa
20	420	440	Inclusa

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
 Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
 Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

21	440	460	Inclusa
22	460	480	Inclusa
23	480	500	Inclusa
24	500	520	Inclusa
25	520	540	Inclusa
26	540	560	Inclusa
27	560	580	Inclusa
28	580	600	Inclusa
29	600	620	Inclusa
30	620	640	Inclusa
31	640	660	Inclusa
32	660	680	Inclusa
33	680	700	Inclusa
34	700	720	Inclusa
35	720	740	Inclusa
36	740	760	Inclusa
37	760	780	Inclusa
38	780	800	Inclusa
39	800	820	Inclusa
40	820	840	Inclusa
41	840	860	Inclusa
42	860	880	Inclusa
43	880	900	Inclusa
44	900	920	Inclusa
45	920	940	Inclusa
46	940	960	Inclusa
47	960	980	Inclusa
48	980	1000	Inclusa
49	1000	1020	Inclusa
50	1020	1040	Inclusa
51	1040	1060	Inclusa
52	1060	1080	Inclusa
53	1080	1100	Inclusa
54	1100	1120	Inclusa
55	1120	1140	Inclusa
56	1140	1160	Inclusa
57	1160	1180	Inclusa
58	1180	1200	Inclusa
59	1200	1220	Inclusa
60	1220	1240	Inclusa

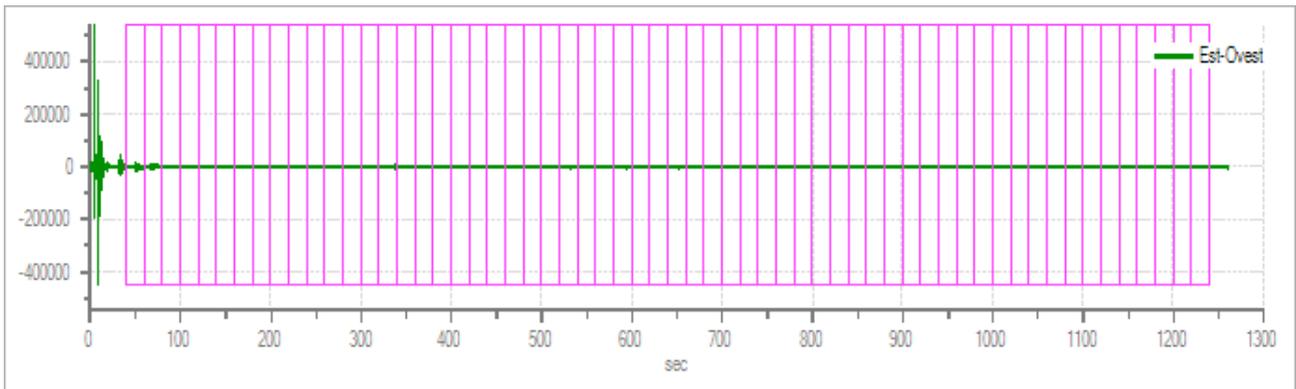
Grafici tracce con finestre selezionate:



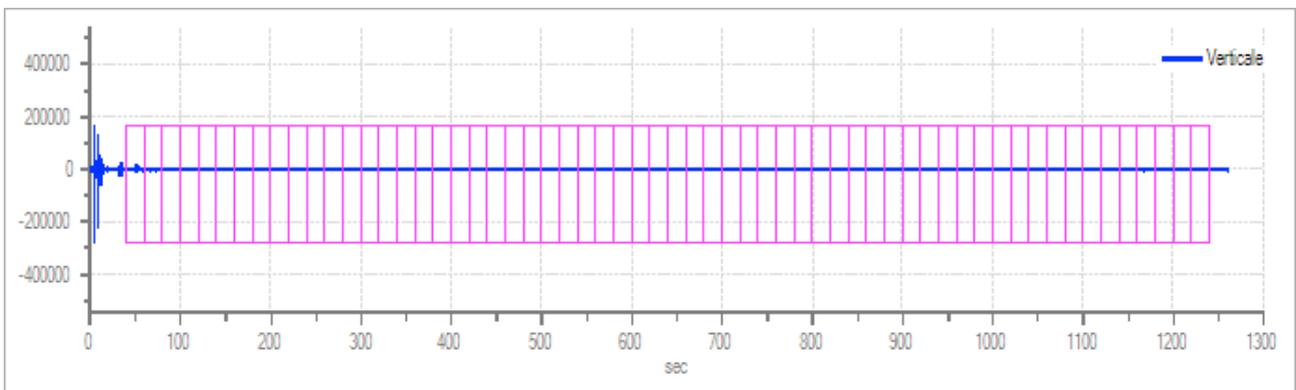
Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

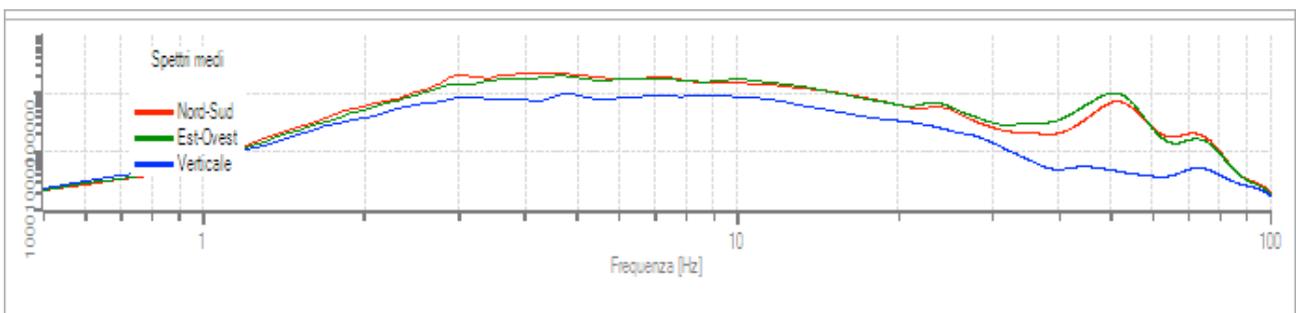


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest



Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

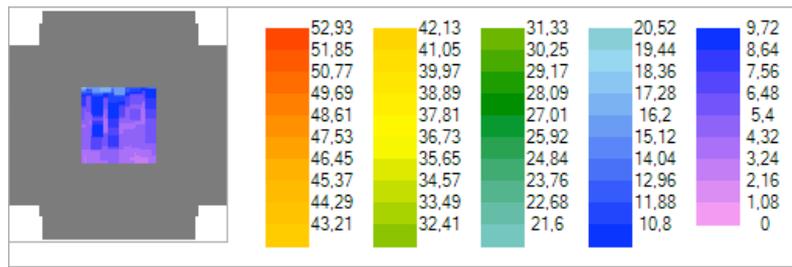
### Grafici degli spettri



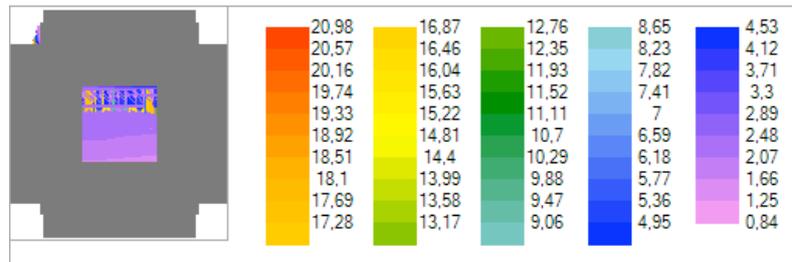
Spettri medi nelle tre direzioni

### Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

### Rapporto spettrale H/V

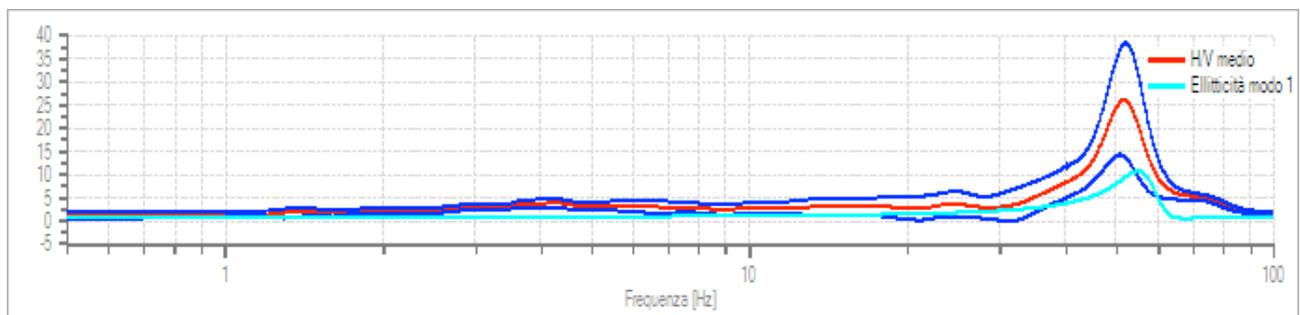
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 100,00 Hz  
 Frequenza minima: 0,50 Hz  
 Passo frequenze: 0,10 Hz  
 Tipo lisciamento:: Konno & Ohmachi  
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %  
 Tipo di somma direzionale: Media geometrica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 51,70 Hz ±0,47 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

### Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
 Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
 Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

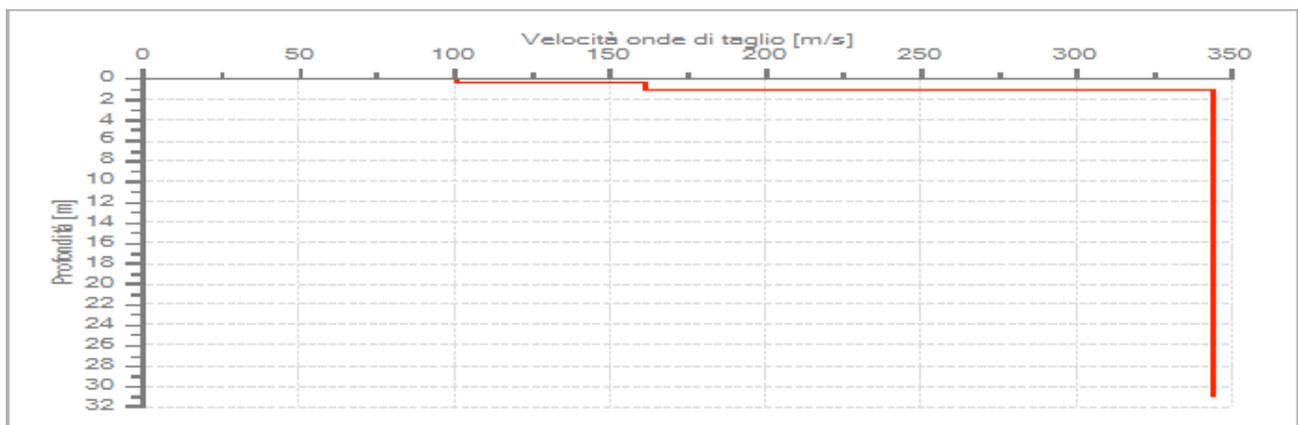
**Modello stratigrafico**

Dati riepilogativi:

Numero strati:	3
Frequenza del picco dell'ellitticità:	55,00 Hz
Valore di disadattamento:	0,44
Valore Vs30:	326,21 m/s

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	0,36	16	0,4	101
2	0,36	0,67	17	0,38	161
3	1,03	30	21	0,32	344



Profilo delle velocità delle onde di taglio.

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
 Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
 Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

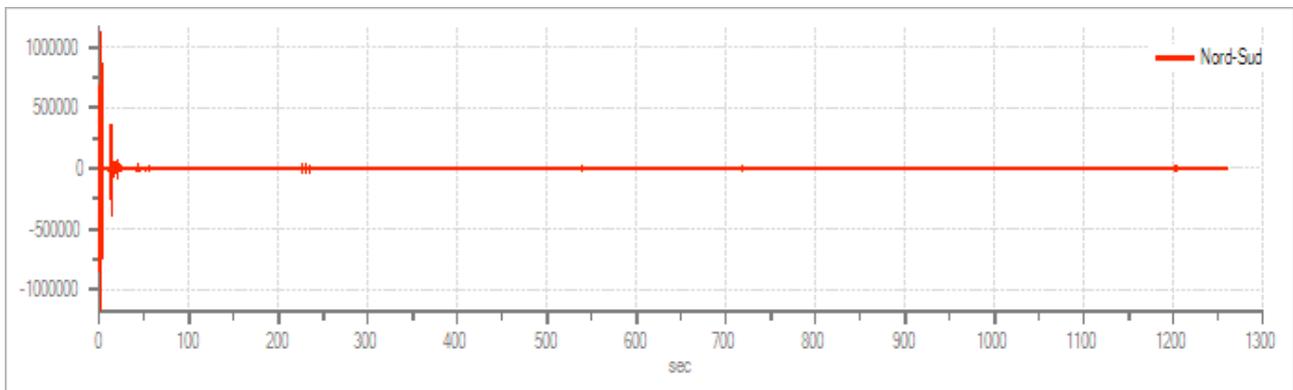


### 3.3.7 ELABORAZIONE INDAGINE H.V.S.R. 7 ESEGUITA *IN SITU*

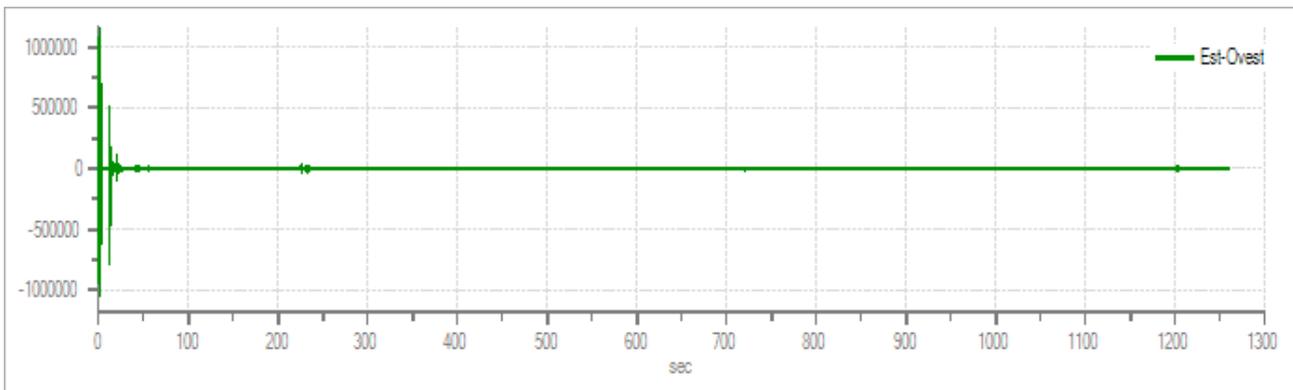
Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3  
Durata registrazione: 1260 s  
Frequenza di campionamento: 500,00 Hz  
Numero campioni: 630000  
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

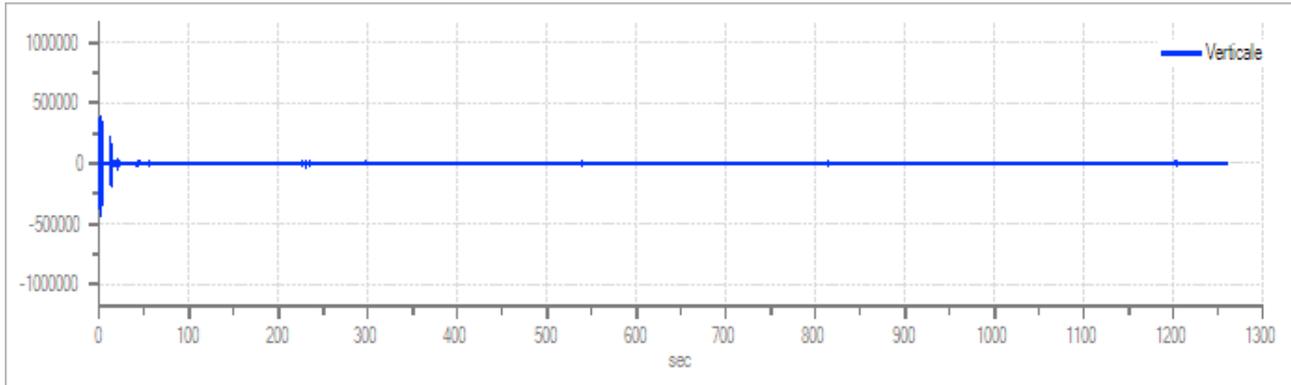
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

**Finestre selezionate**Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 47  
 Numero finestre incluse nel calcolo: 45  
 Dimensione temporale finestre: 20,000 s  
 Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi  
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %  
 Coefficiente di banda: 40,00

Tabella finestre:

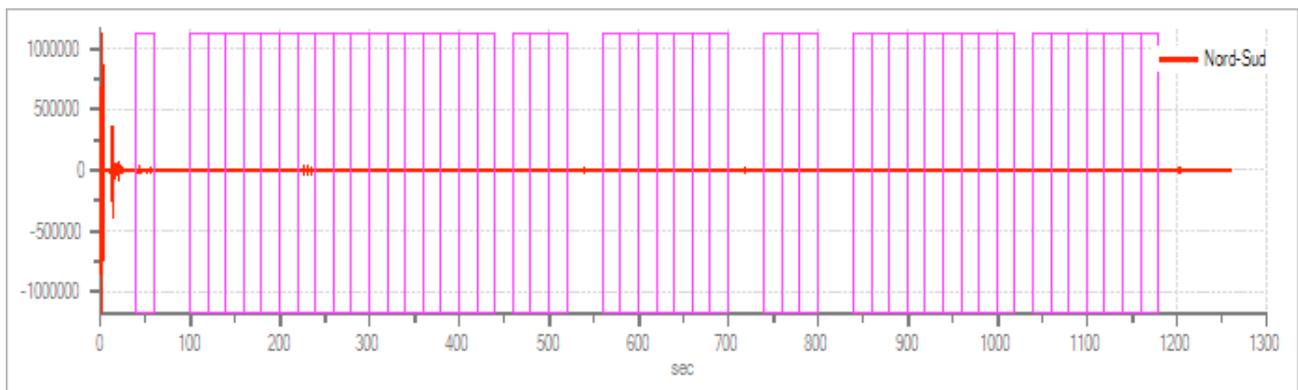
Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	40	60	Inclusa
2	100	120	Inclusa
3	120	140	Inclusa
4	140	160	Inclusa
5	160	180	Inclusa
6	180	200	Inclusa
7	200	220	Inclusa
8	220	240	Inclusa
9	240	260	Inclusa
10	260	280	Inclusa
11	280	300	Inclusa
12	300	320	Inclusa
13	320	340	Inclusa
14	340	360	Esclusa
15	360	380	Esclusa
16	380	400	Inclusa
17	400	420	Inclusa
18	420	440	Inclusa
19	460	480	Inclusa
20	480	500	Inclusa
21	500	520	Inclusa
22	560	580	Inclusa
23	580	600	Inclusa
24	600	620	Inclusa

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

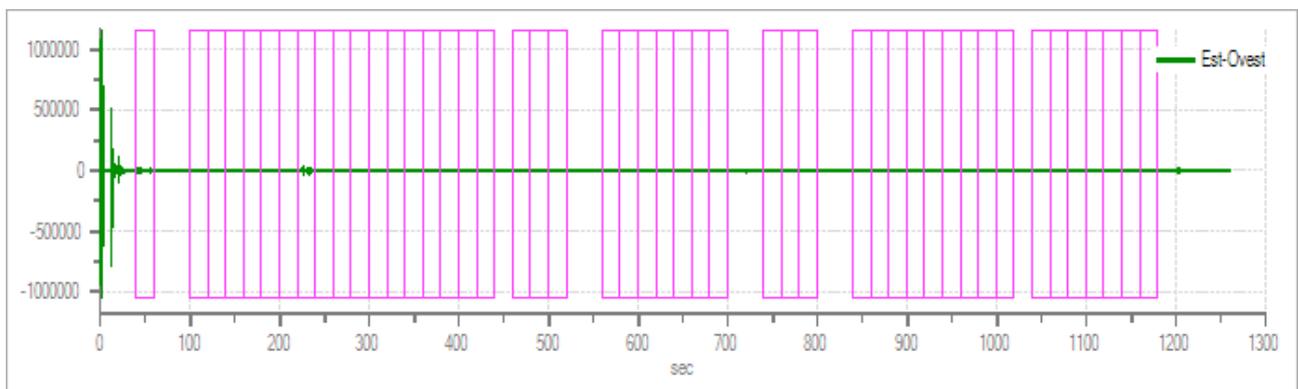
Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
 Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
 Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

25	620	640	Inclusa
26	640	660	Inclusa
27	660	680	Inclusa
28	680	700	Inclusa
29	740	760	Inclusa
30	760	780	Inclusa
31	780	800	Inclusa
32	840	860	Inclusa
33	860	880	Inclusa
34	880	900	Inclusa
35	900	920	Inclusa
36	920	940	Inclusa
37	940	960	Inclusa
38	960	980	Inclusa
39	980	1000	Inclusa
40	1000	1020	Inclusa
41	1040	1060	Inclusa
42	1060	1080	Inclusa
43	1080	1100	Inclusa
44	1100	1120	Inclusa
45	1120	1140	Inclusa
46	1140	1160	Inclusa
47	1160	1180	Inclusa

Grafici tracce con finestre selezionate:



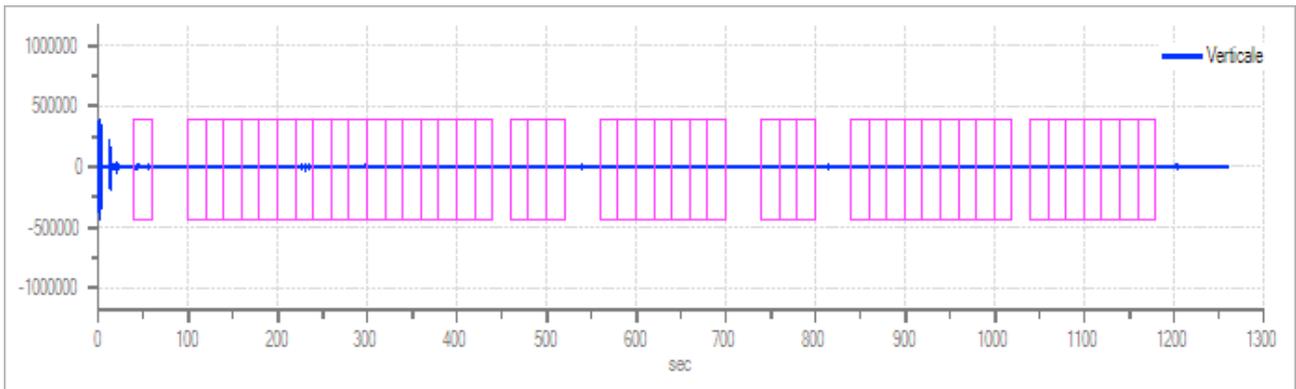
Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud



Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

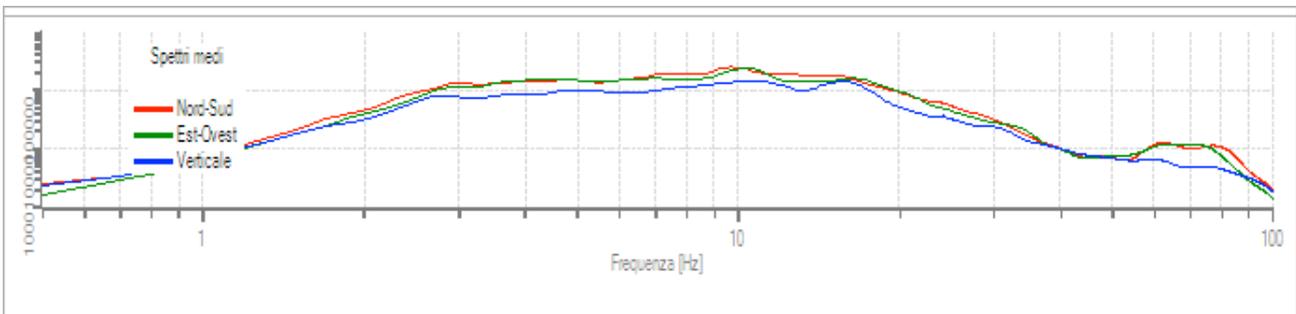
**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

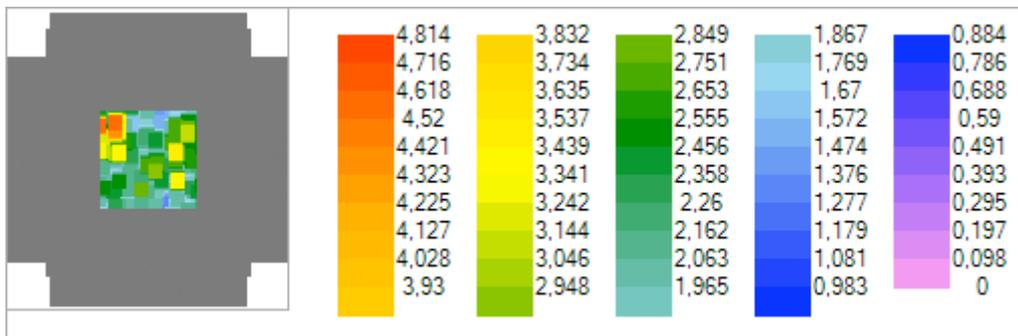


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

**Grafici degli spettri**



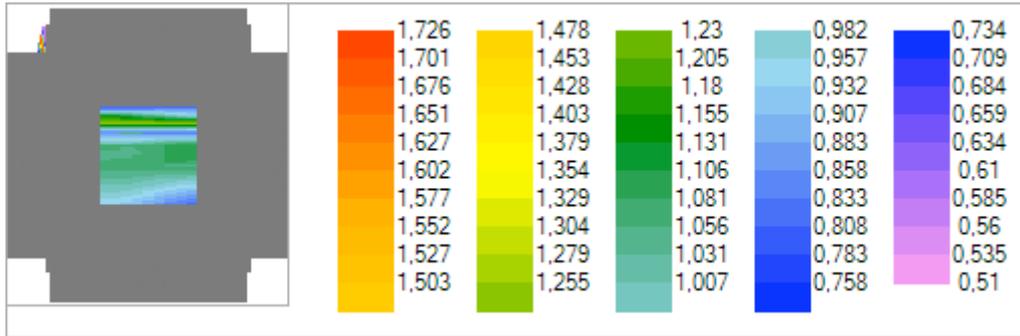
Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
 Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
 Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com



Mappa della direzionalità degli spettri

### Rapporto spettrale H/V

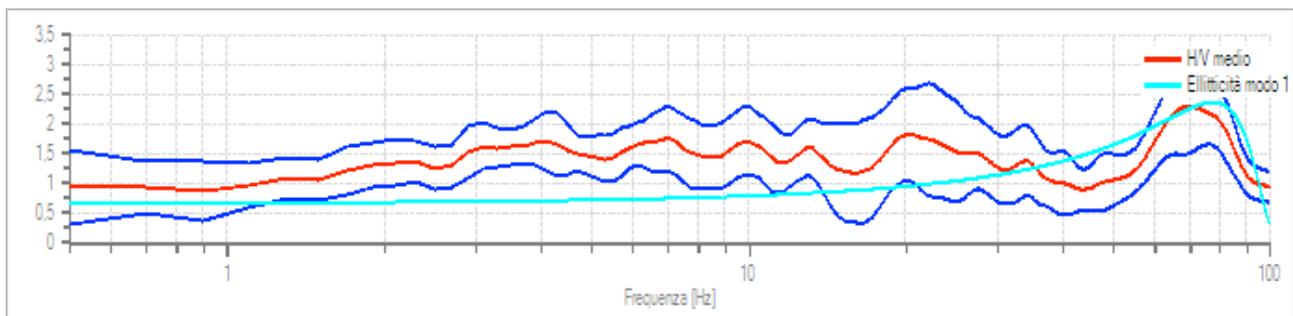
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 100,00 Hz  
 Frequenza minima: 0,50 Hz  
 Passo frequenze: 0,20 Hz  
 Tipo lisciamento: Konno & Ohmachi  
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %  
 Tipo di somma direzionale: Media quadratica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 69,90 Hz ±0,34 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
 Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
 Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

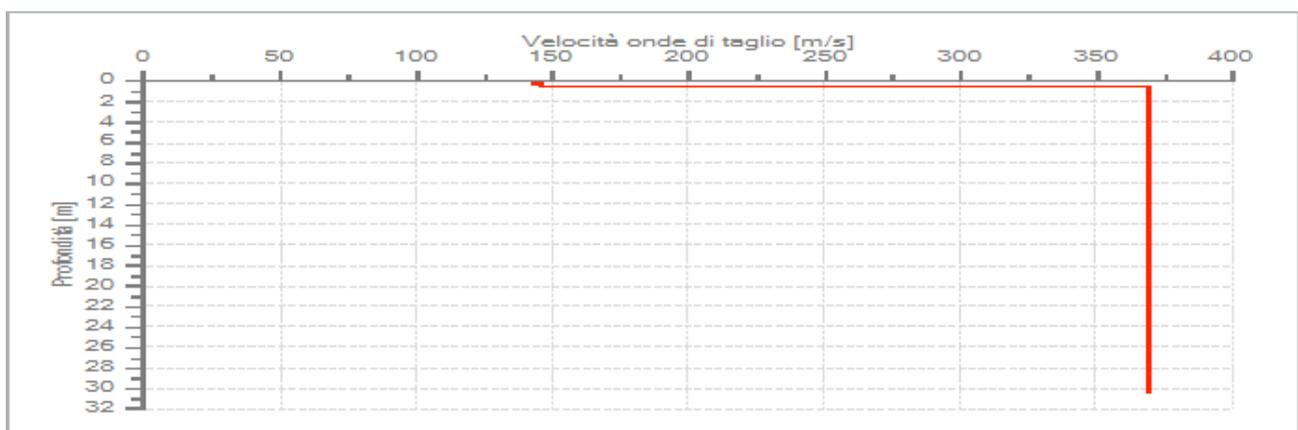
**Modello stratigrafico**

Dati riepilogativi:

Numero strati:	3
Frequenza del picco dell'ellitticità:	77,70 Hz
Valore di disadattamento:	0,36
Valore Vs30:	358,30 m/s

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	0,27	16	0,4	143
2	0,27	0,32	17	0,38	146
3	0,59	30	21	0,32	369



Profilo delle velocità delle onde di taglio.

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
 Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
 Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

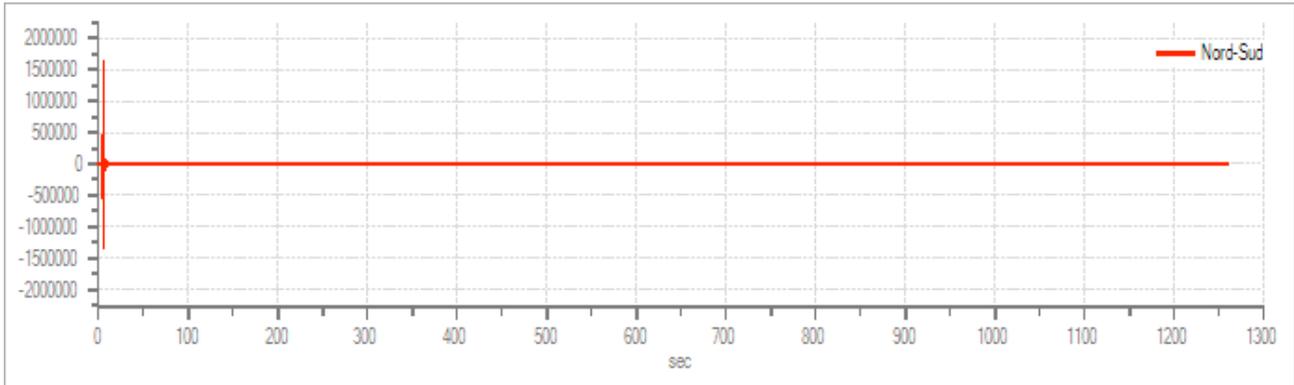


### 3.3.8 ELABORAZIONE INDAGINE H.V.S.R. 8 ESEGUITA *IN SITU*

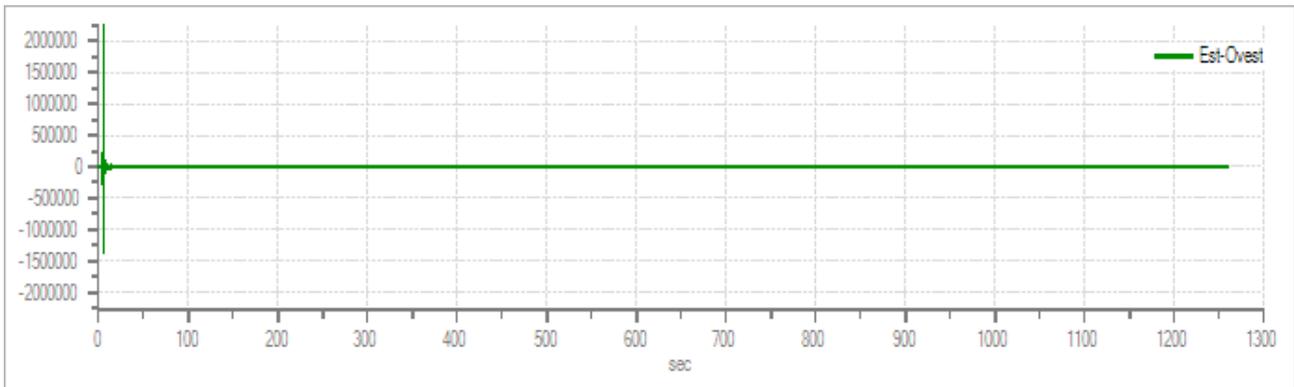
Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3  
Durata registrazione: 1260 s  
Frequenza di campionamento: 500,00 Hz  
Numero campioni: 630000  
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

Grafici tracce:

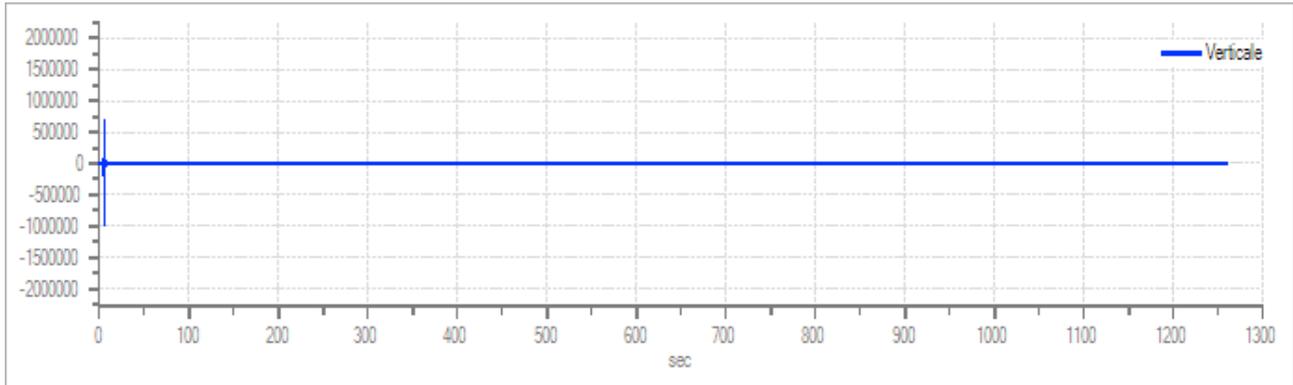


*Traccia in direzione Nord-Sud*



*Traccia in direzione Est-Ovest*

*Traccia in direzione Verticale*



**Finestre selezionate**

Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 58  
 Numero finestre incluse nel calcolo: 56  
 Dimensione temporale finestre: 20,000 s  
 Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi  
 Percentuale di lisciamento: 10,00 %  
 Coefficiente di banda: 40,00

Tabella finestre:

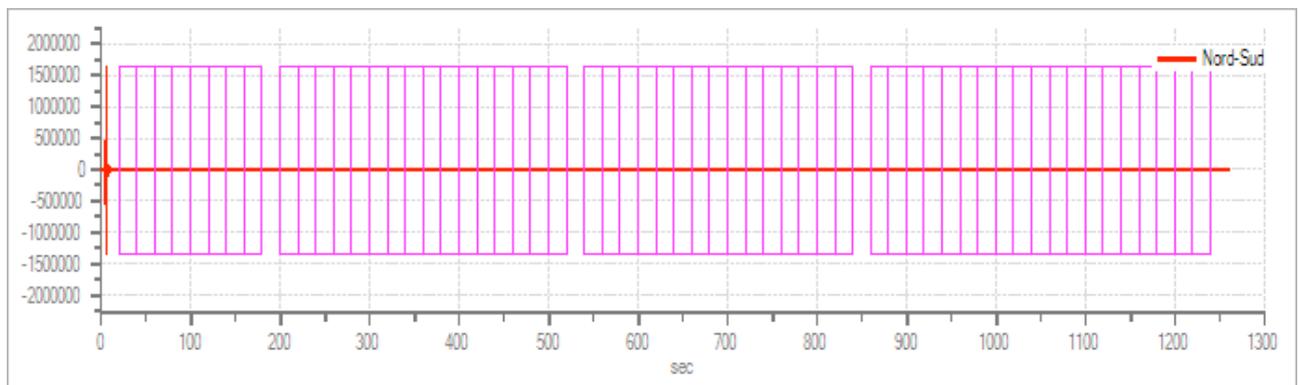
Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	20	40	Inclusa
2	40	60	Inclusa
3	60	80	Inclusa
4	80	100	Inclusa
5	100	120	Inclusa
6	120	140	Inclusa
7	140	160	Inclusa
8	160	180	Inclusa
9	200	220	Inclusa
10	220	240	Inclusa
11	240	260	Inclusa
12	260	280	Inclusa
13	280	300	Inclusa
14	300	320	Inclusa
15	320	340	Esclusa
16	340	360	Esclusa
17	360	380	Inclusa
18	380	400	Inclusa
19	400	420	Inclusa
20	420	440	Inclusa
21	440	460	Inclusa
22	460	480	Inclusa
23	480	500	Inclusa
24	500	520	Inclusa

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
 Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
 Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

25	540	560	Inclusa
26	560	580	Inclusa
27	580	600	Inclusa
28	600	620	Inclusa
29	620	640	Inclusa
30	640	660	Inclusa
31	660	680	Inclusa
32	680	700	Inclusa
33	700	720	Inclusa
34	720	740	Inclusa
35	740	760	Inclusa
36	760	780	Inclusa
37	780	800	Inclusa
38	800	820	Inclusa
39	820	840	Inclusa
40	860	880	Inclusa
41	880	900	Inclusa
42	900	920	Inclusa
43	920	940	Inclusa
44	940	960	Inclusa
45	960	980	Inclusa
46	980	1000	Inclusa
47	1000	1020	Inclusa
48	1020	1040	Inclusa
49	1040	1060	Inclusa
50	1060	1080	Inclusa
51	1080	1100	Inclusa
52	1100	1120	Inclusa
53	1120	1140	Inclusa
54	1140	1160	Inclusa
55	1160	1180	Inclusa
56	1180	1200	Inclusa
57	1200	1220	Inclusa
58	1220	1240	Inclusa

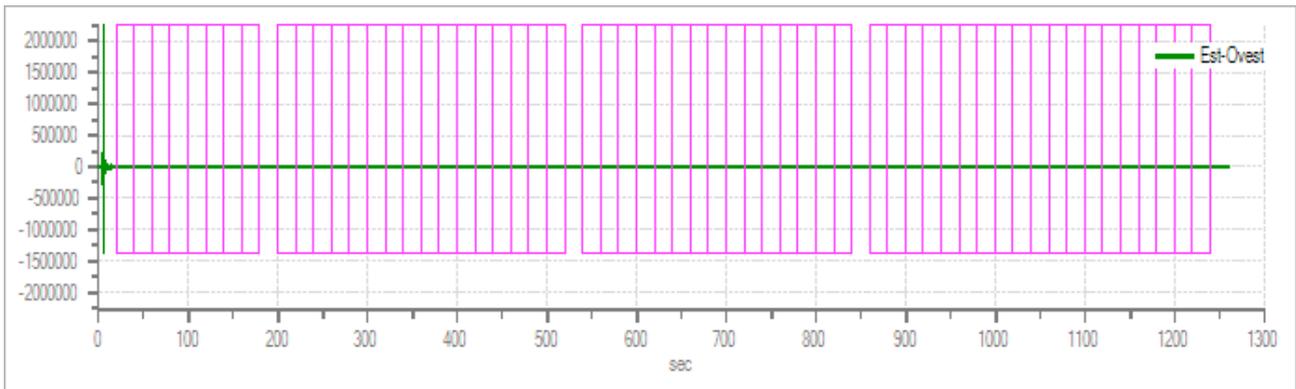
Grafici tracce con finestre selezionate:



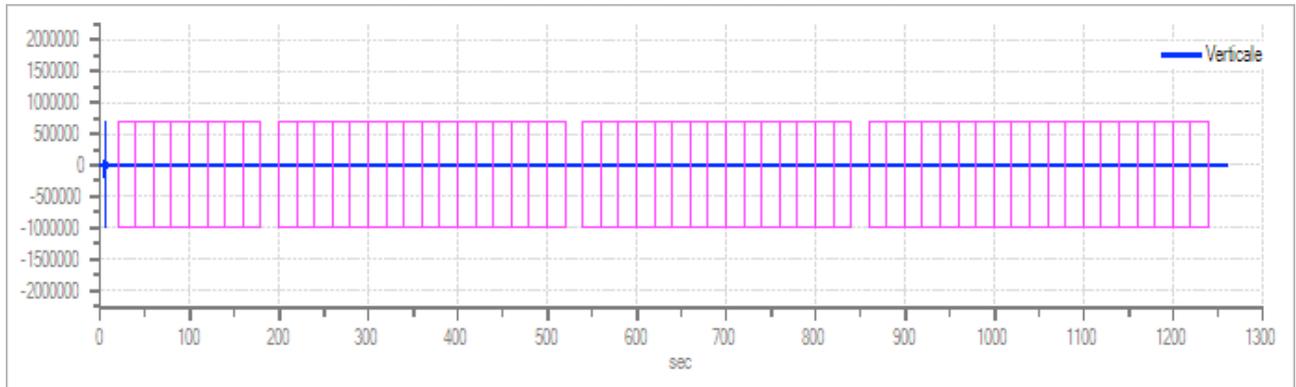
Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
 Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
 Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

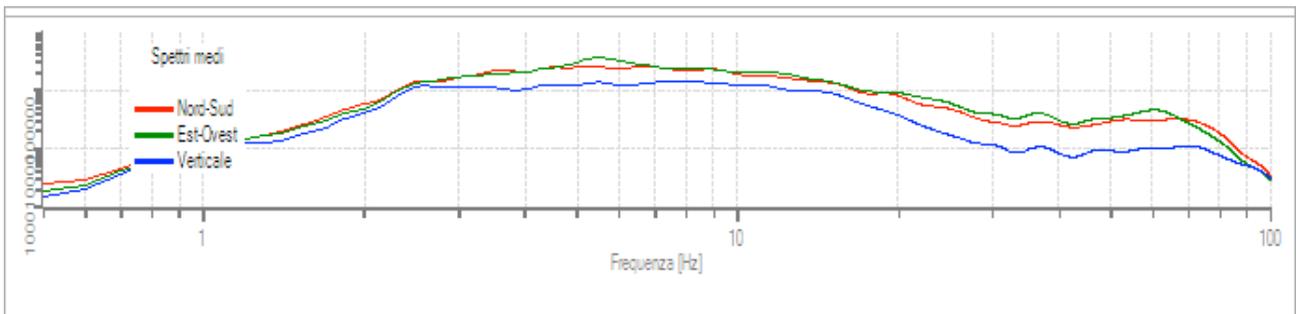


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

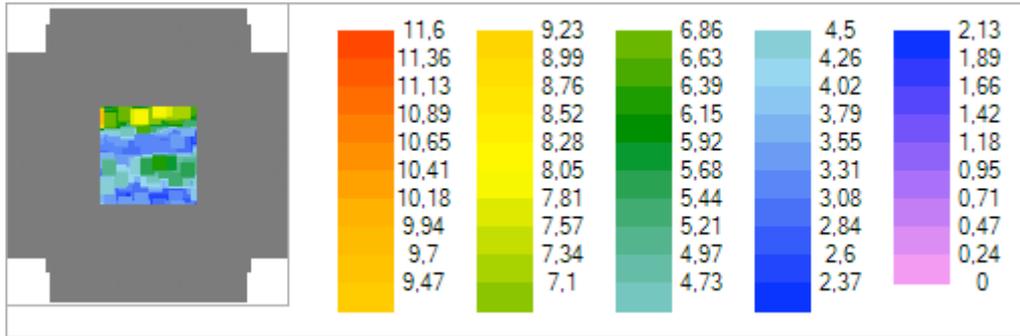


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

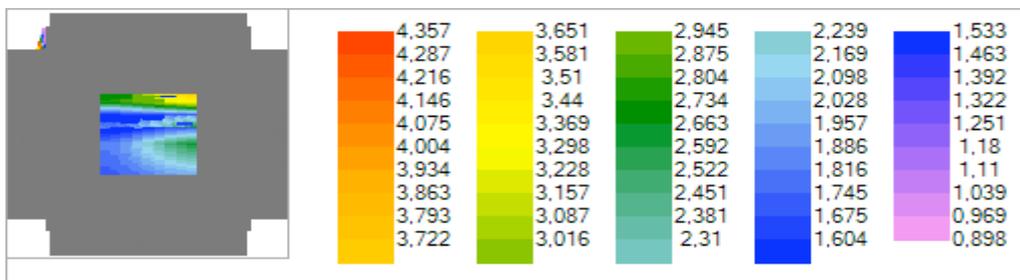
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

**Rapporto spettrale H/V**

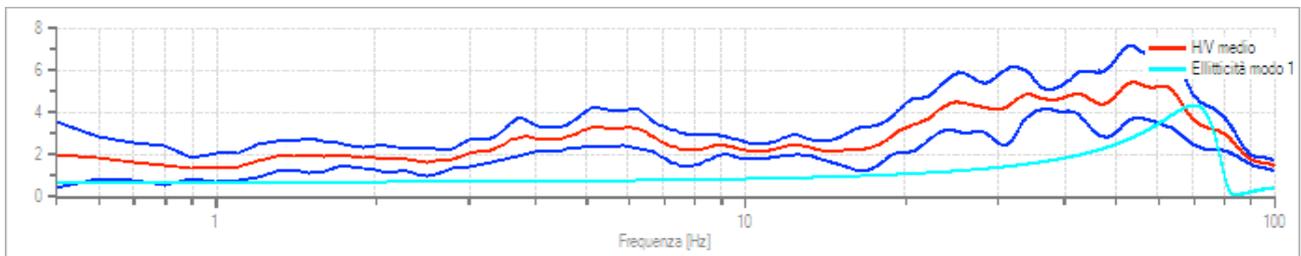
Dati riepilogativi:

- Frequenza massima: 100,00 Hz
- Frequenza minima: 0,50 Hz
- Passo frequenze: 0,10 Hz
- Tipo lisciamento:: Konno & Ohmachi
- Percentuale di lisciamento: 10,00 %
- Tipo di somma direzionale: Media geometrica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 53,80 Hz ±0,32 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
 Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
 Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

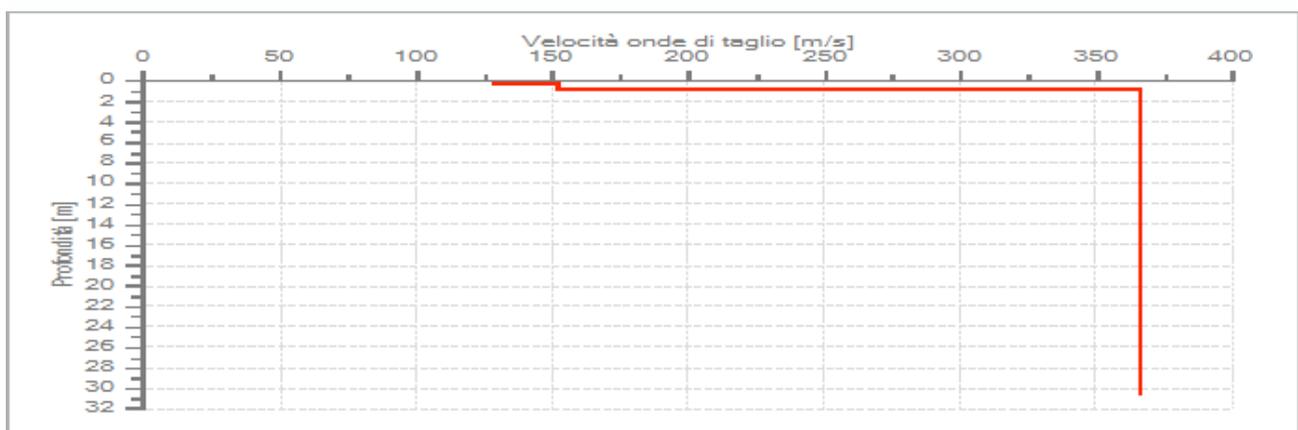
**Modello stratigrafico**

Dati riepilogativi:

Numero strati:	3
Frequenza del picco dell'ellitticità:	70,20 Hz
Valore di disadattamento:	0,57
Valore Vs30:	352,26 m/s

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	0,32	16	0,4	129
2	0,32	0,42	17	0,38	152
3	0,75	30	21	0,32	366



Profilo delle velocità delle onde di taglio.

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
 Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
 Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com



## 4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

### 4.1 Classificazione del suolo di fondazione

La nuova normativa sismica italiana (Ordinanza n 3274 del 20/03/03 della Presidenza del Consiglio dei Ministri), così come il nuovo Decreto Ministeriale 15/09/2005 "Testo Unico sulle Costruzioni", sostituito con DM 17 Gennaio 2018 (G. U. n 42 del 20 02 2018) definiscono l'azione sismica di progetto, in assenza di analisi specifiche, sulla base della zona sismica di appartenenza del sito e la categoria sismica di suolo su cui sarà realizzata l'opera.

La normativa divide il territorio in 4 zone sismiche caratterizzate da valori di accelerazione di picco al suolo  $a_g$ , normalizzata rispetto all'accelerazione di gravità. I valori convenzionali di  $a_g$  assegnati nelle 4 zone sismiche fanno riferimento all'accelerazione di picco in superficie per suolo di tipo A, cioè roccia affiorante o suolo omogeneo molto rigido, per il quale il moto sismico il bedrock non subisce variazioni sostanziali.

In presenza di suoli di tipo B, C, D, E il moto sismico in superficie in genere risulta modificato rispetto al moto sismico del bedrock, in funzione dell'intensità e del contenuto in frequenza dell'input sismico e delle caratteristiche geotecniche sismiche, nonché dello spessore del terreno attraversato dalle onde sismiche fino in superficie.

In assenza di una specifica analisi di amplificazione sismica locale per il suolo in esame, per valutare l'accelerazione sismica spettrale in presenza di suoli di tipo B, C, D, E la normativa introduce un fattore di amplificazione  $S$  ed i periodi  $T$  che definiscono lo spettro di risposta di un oscillatore semplice con smorzamento pari al 5%.

La classificazione del suolo è convenzionalmente eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30 metri di profondità dal piano di fondazioni ed è calcolato mediante la seguente formula:

$$V_{s, eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Dove  $N$  è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore  $h$  (strato) e dalla velocità delle onde  $S$   $V_s$ (strato).

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

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

### Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

Per la definizione delle Vs30, in questo caso, ricavate sia a mezzo M.A.S.W., che attraverso sismica passiva di tipo H.V.S.R., come precedentemente evidenziato, sono stati considerati i valori più bassi ottenuti con i due metodi di indagine sismica, ritenuto maggiormente cautelativo; i risultati delle elaborazioni risultano comunque concordanti e riferibili alla stessa categoria di terreno di fondazione ai sensi delle NTC 18.

**Valore inferiore VS<sub>30</sub> con metodologia H.V.S.R. = 326,21 m/s**

**Valore inferiore VS<sub>30</sub> con metodologia M.A.S.W. = 314,88 m/s**

Bearing surface depth [m]	0.00
Vs <sub>30</sub> [m/sec]	314,88
Soil category	C

Pertanto considerando il valore cautelativamente più basso tra i range di valori ottenuti, è possibile ascrivere il suolo di fondazione entro la **categoria C**, la cui descrizione è specificata nella tabella seguente:

<b>Categorie di sottosuolo</b>	
Decreto del 17 gennaio 2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni	
<b>Categoria A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da <b>valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s</b> , eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
<b>Categoria B</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 <b>valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s</b> .
<b>Categoria C</b>	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 <b>valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s</b> .
<b>Categoria D</b>	Depositi 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 <b>valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s</b> .
<b>Categoria E</b>	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 30m.

#### Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

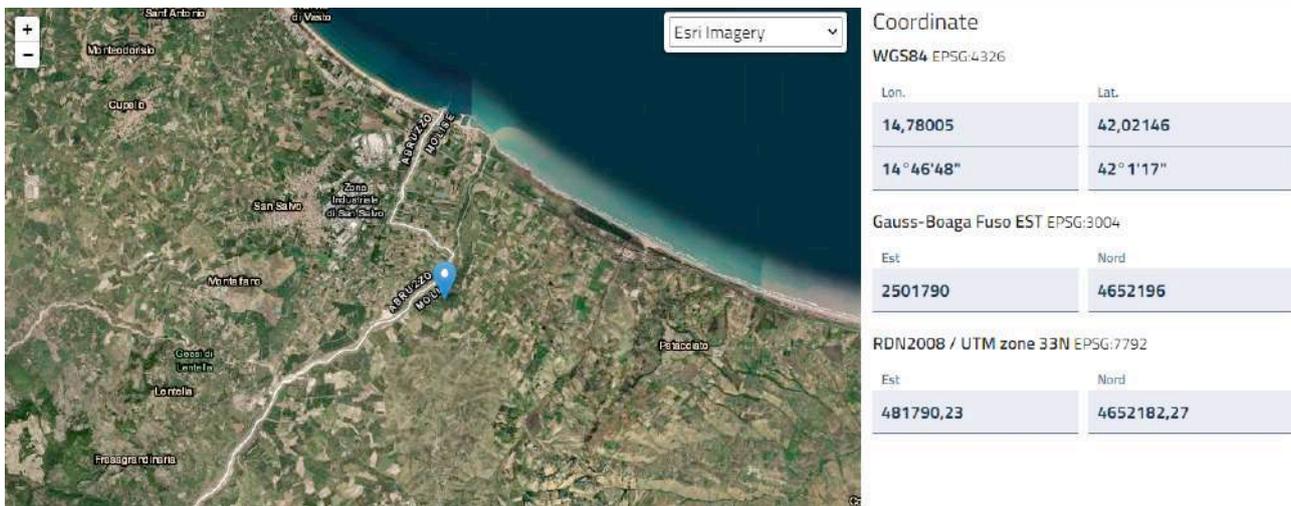
## 4.2 Pericolosità sismica locale e indicazioni per la valutazione dell'azione sismica

Le azioni sismiche di progetto, come previsto dalle N.T.C., in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2 delle N.T.C.), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{vr}$ , come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento  $V_R$ , come definito nel § 2.4.

La determinazione della pericolosità sismica di un sito va effettuata sia in termini geografici, sia in termini temporali.

### ○ 4.2.1 Inquadramento sul reticolato geografico

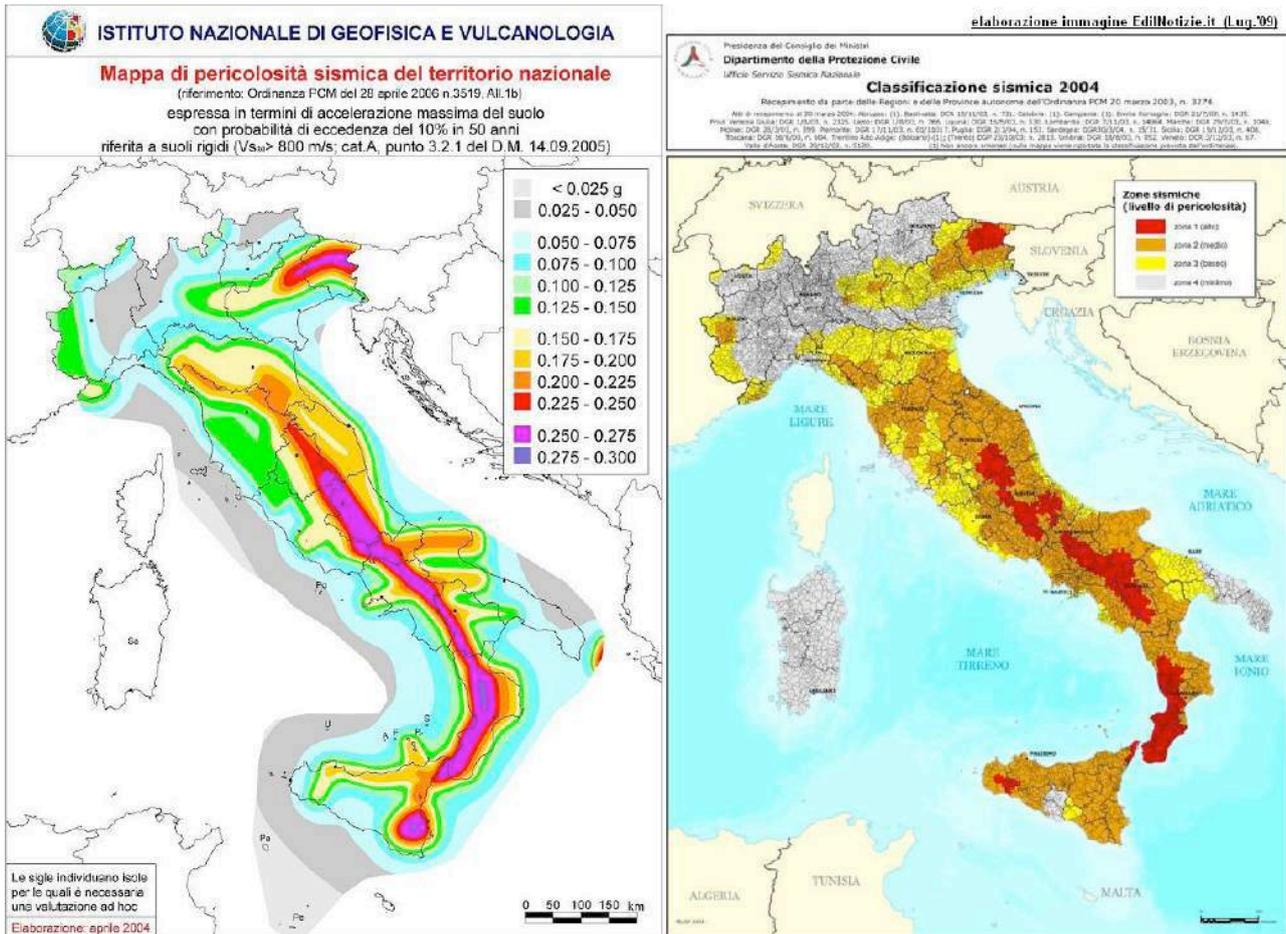
Il sito di progetto è ubicato sul reticolato geografico con le seguenti coordinate:



La nuova classificazione sismica del territorio nazionale, la quale si basa su uno studio probabilistico, che tiene conto di tutti gli eventi sismici verificatisi in Italia dall'anno 1000 fino ad oggi. Da tale studio condotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, sono state realizzate delle carte di pericolosità sismica. L'INGV ha contribuito a questo importante provvedimento per il proprio campo di competenza, visto che l'azione sismica di riferimento per la progettazione (riportata nell'allegato A di tale decreto) è stata definita sulla base delle stime di pericolosità sismica per il territorio nazionale realizzate dal Progetto S1 (<http://esse1.mi.ingv.it>) nell'ambito della Convenzione 2004-2006 tra l'INGV stesso e il Dipartimento della Protezione Civile.

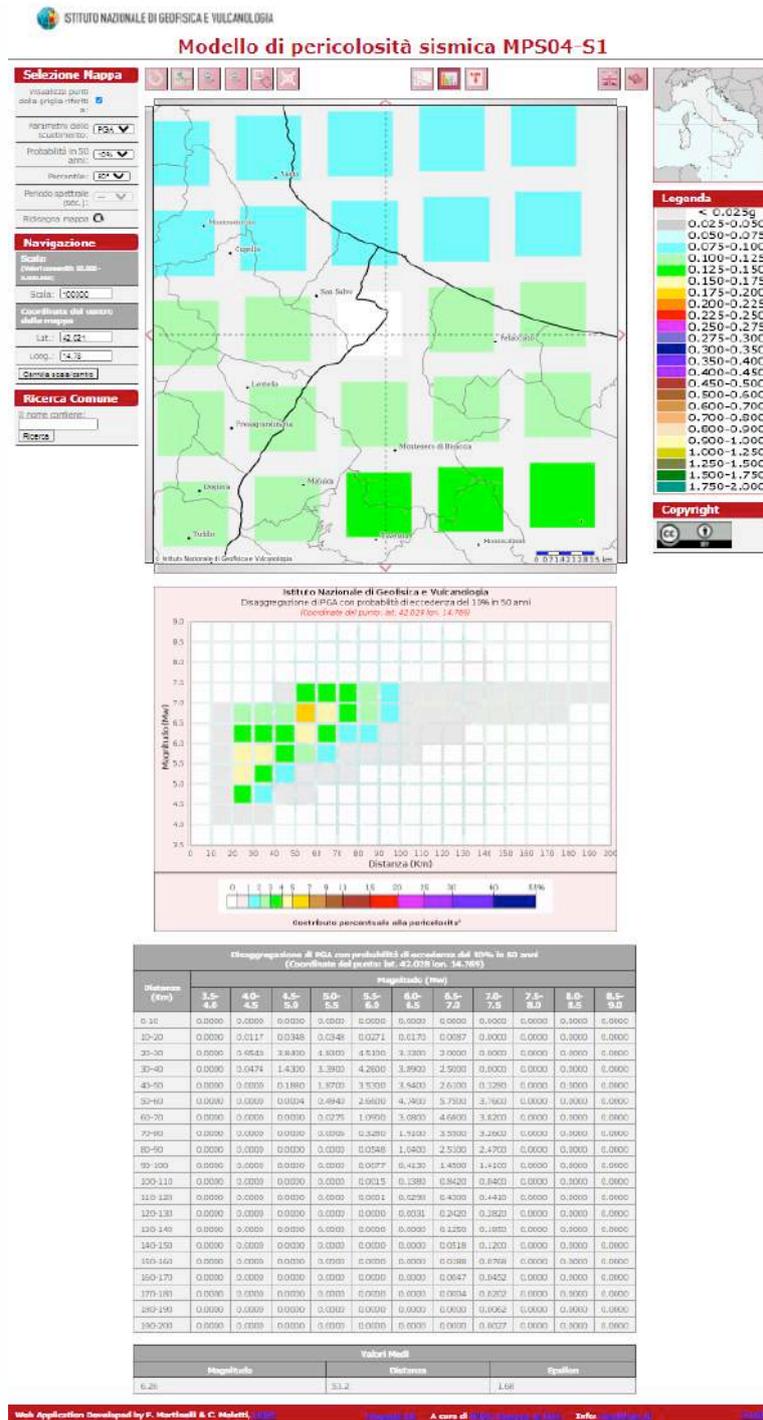
### Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com



Mappa della pericolosità sismica dell'I.N.G.V. territorio nazionale (a sinistra) e classificazione sismica 2004 del Dipartimento della Protezione Civile (a destra).

Tra le novità più importanti di queste norme vi è il fatto che per la prima volta tale azione sismica non viene definita sulla base di quattro zone sismiche (a ognuna delle quali era associato uno spettro di progetto standard), ma è determinata per ogni sito in Italia secondo una griglia regolare di nodi (con passo di 5 km, per un totale di oltre 10000 nodi) per ognuno dei quali il Progetto S1 ha calcolato oltre 2200 parametri che descrivono in maniera esaustiva la pericolosità sismica (picchi di accelerazione, accelerazioni spettrali, disaggregazione, ecc., tutti calcolati per diverse probabilità di accadimento in 50 anni; tutti i dati sono accessibili e visualizzabili in mappa nel sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it>.



Fonte: <http://esse1-gis.mi.ingv.it>

Stralcio della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (riferimento O.P.C.M. Del 28 aprile 2006 n°3519, allegato 2.1.b) espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Vs30>800 m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14/09/2005).

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**  
 Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
 Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
 Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

**IngegneriaSoft.com**  
Programmi per l'ingegneria

Pericolosità sismica

Tipo costruzione (Art. 2.4.1) Tipo 2 (Vn >=50 anni) Classe d'uso (Art. 2.4.2) Classe II Cu: 1.00

Vita Nominale di progetto Vn (anni): 50.00  
 Periodo di rif. calcolato: VR= max(Vn\*Cu, VMin)= max(50.00, 50.00)= 50.00 anni Vr: 50.00

Livello di sicurezza %: 100.00 Ricalcola >

Pvr % (Art. 3.2.1)		Periodo di ritorno Tr (anni)	
SLO	81.00	SLO	30
SLD	63.00	SLD	50
SLV	10.00	SLV	475
SLC	5.00	SLC	975

Posizione del sito  
 Comune: Montenero di Bisaccia - (CB)  
 Longitudine 14.78005  
 Latitudine 42.02146  
  
 Isola: Sardegna

Nodi intorno al sito			
ID	Longitudine	Latitudine	Dist. sito (Km)
27880	14.7690	42.0280	1.1681
28102	14.7680	41.9780	4.9387
28103	14.8350	41.9770	6.7189
27881	14.8360	42.0270	4.6669

Parametri di pericolosità sismica			
	ag (g/10)	F0 (adim)	TC*(sec)
SLO	0.38878330	2.49497472	0.29000000
SLD	0.47671095	2.51250357	0.33000000
SLV	1.05599275	2.61247116	0.43648195
SLC	1.29706539	2.68898551	0.45497472

Ok e avanti >  
 Annulla e avanti >  
 ?

N.B. Dal valore tabellato, per ottenere ag in (g), dividerlo per 10; per ottenerlo in m/sec², moltiplicarlo per 0.9806

Fonte: [www.ingegneriasoft.com](http://www.ingegneriasoft.com)

### 4.3 Spettro di risposta elastico in accelerazione

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima  $a_g$  su sito di riferimento rigido orizzontale.

Le espressioni che definiscono lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle espressioni seguenti:

$$\begin{aligned}
 0 < T < T_B & S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \left[ 1 + \frac{T}{T_B} (\eta \cdot 2,5 - 1) \right] \\
 T_B = T < T_C & S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \\
 T_C = T < T_D & S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left( \frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D = T & S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

dove:

S fattore che tiene conto del profilo stratigrafico dei suolo di fondazione;

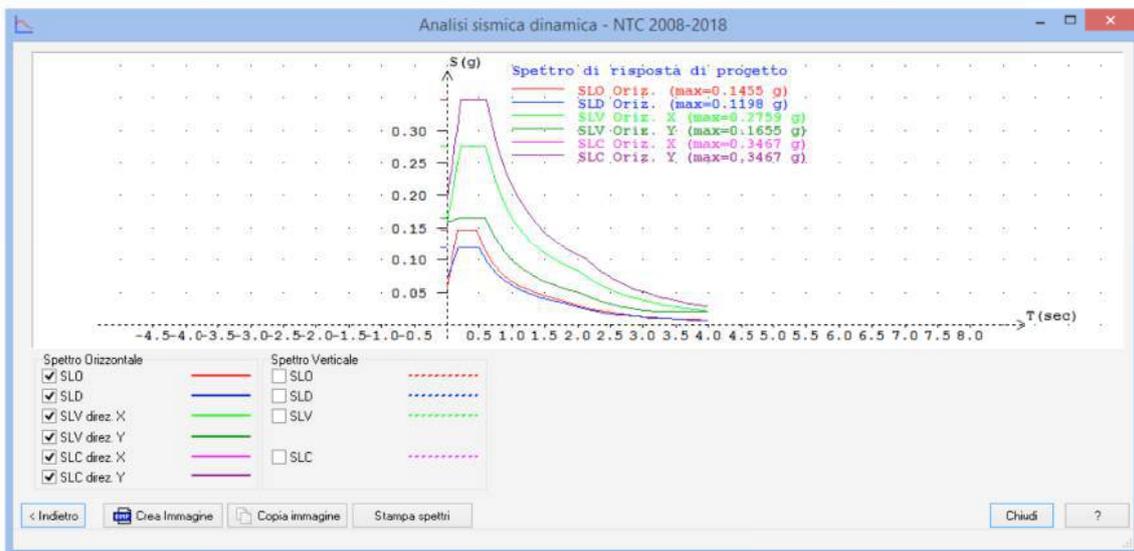
$\eta$  fattore che tiene conto di un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente;

$\xi$  espresso in punti percentuali, diverso da 5 ( $\eta = 1$  per  $\xi = 5\%$ ).

T periodo di vibrazione dell'oscillatore semplice;

$T_B, T_C, T_D$  periodi che separano i diversi rami dello spettro, dipendenti dal profilo stratigrafico del suolo di fondazione.

I valori dei parametri dello spettro di risposta da utilizzare nelle verifiche dell'azione sismica di progetto sono i seguenti:



Fonte: [www.ingegneriasoft.com](http://www.ingegneriasoft.com)

Coefficiente di smorzamento:  $\xi = 5\%$ .

Fattore che tiene conto del coefficiente di smorzamento:  $\mu = 1.00$ .

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0,55$$

**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo

Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo

Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

Lo spettro di risposta elastico della componente verticale è definito dalle espressioni seguenti:

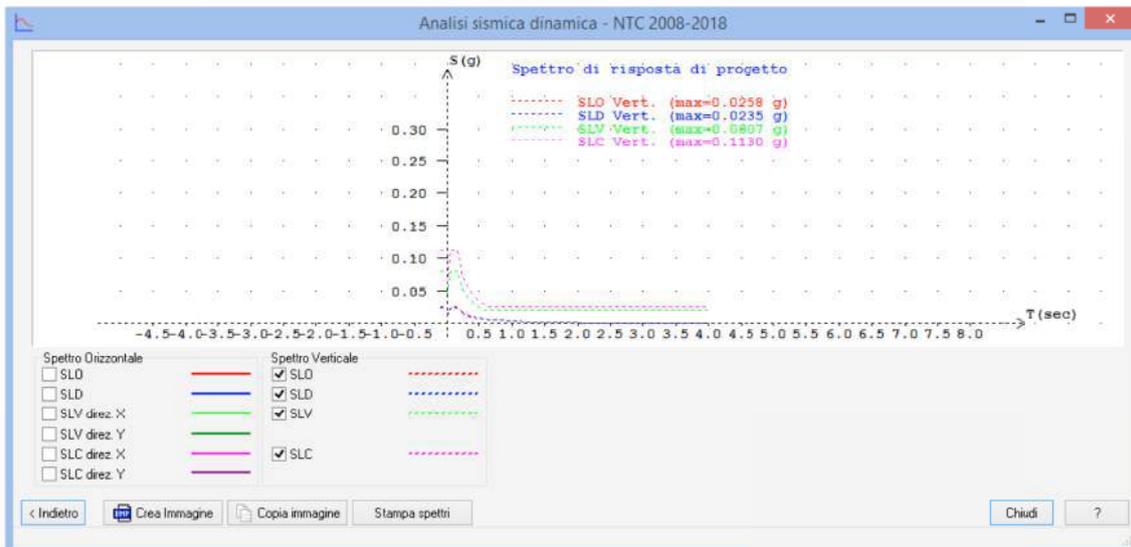
$$0 < T < T_B \quad S_{ve}(T) = 0,9a_g \cdot S \cdot \left[ 1 + \frac{T}{T_B} (\eta \cdot 3,0 - 1) \right]$$

$$T_B = T < T_C \quad S_{ve}(T) = 0,9a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 3,0$$

$$T_C = T < T_D \quad S_{ve}(T) = 0,9a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 3,0 \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D = T \quad S_{ve}(T) = 0,9a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 3,0 \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

con i valori dei parametri che definiscono la forma spettrale riportati di seguito:



Fonte: [www.ingegneriasoft.com](http://www.ingegneriasoft.com)

Lo spettro di risposta elastico dello spostamento si può ottenere per trasformazione diretta dello spettro di risposta elastico delle accelerazioni:

$$S_{De}(T) = S_e(T) \left( \frac{T}{2\pi} \right)^2$$

Fonte: [www.ingegneriasoft.com](http://www.ingegneriasoft.com)

Per gli stati limite di esercizio lo spettro di progetto  $S_d(T)$  da utilizzare, sia per le componenti orizzontali che per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$  considerata (v. 2.4 e 3.2.1 N.T.C.).

Per le verifiche agli stati limite ultimi, non effettuate tramite l'uso di opportuni accelerogrammi ed analisi dinamiche al passo, ai fini del progetto o della verifica delle strutture, lo spettro di progetto  $S_d(T)$  da utilizzare, sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$  considerata (v. §§ 2.4 e 3.2.1, NTC), con le ordinate ridotte sostituendo nelle formule 3.2.4  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura definito nelle N.T.C..

#### 4.4 Cenni di microzonazione sismica locale e stima del fattore di amplificazione

Esistono in letteratura diversi metodi per la stima dell'amplificazione sismica in superficie a carattere locale, alcune si basano sull'uso di modelli numerici complessi, che portano allo sviluppo di programmi di calcolo utilizzati per valutare gli effetti dei sito sia in condizioni monodimensionali (SHAKE) sia bidimensionali (FLUSH e QUAD 4).

Per una stima più semplificata esistono alcune metodologie basate sulle caratteristiche litostratigrafiche e sulla velocità di propagazione delle onde S nei livelli "superficiali" dei terreni (30 m sono ritenuti essere significativi).

Il metodo di Midorikawa (1987) è consigliato nella letteratura per microzonazione sismica di 2° livello; il fattore di amplificazione di picco è calcolato nel seguente modo:

$$Fa = 68 \cdot V_s^{-0.6} \rightarrow \text{per } V_s < 1100 \text{ m/s}$$

$$Fa = 1 \rightarrow \text{per } V_s \geq 1100 \text{ m/s}$$

$$a_{\max}(g) = a_{\text{bedrock}} \cdot Fa$$

Dove:

$V_s$  è la velocità media calcolata nei livelli superficiali fino ad una profondità massima di 30 m o di quella equivalente.

$a_{\max}$  rappresenta l'accelerazione massima di picco sul suolo.

Nel nostro caso, considerando il valore di  $V_{s30}$  ottenuto ed il valore del fattore di amplificazione, applicando lo stesso ai valori di accelerazione massima attesa al sito, con tempo di ritorno massimo si ottengono i seguenti risultati:

$$V_{s30} = 314.88 \text{ m/s}$$

$$Fa = 2.1558$$

LSD:  $a_{\text{bedrock}} = 0.4767 \text{ g/10}$  (fonte <http://www.ingegneriasoft.com>) per un  $Tr = 50$  anni.

$$\text{LSD: } a_{\max}(g) = a_{\text{bedrock}} \times Fa = 1.0077 \text{ m/s}^2$$

LSV:  $a_{\text{bedrock}} = 1.0559 \text{ g/10}$  (fonte <http://www.ingegneriasoft.com>) per un  $Tr = 476$  anni.

$$\text{LSV: } a_{\max}(g) = a_{\text{bedrock}} \times Fa = 2.2322 \text{ m/s}^2$$

Nella scelta dell' $a_{\text{bedrock}}$ , si è preso in considerazione il valore relativo al nodo ricadente nel quadrante in oggetto, che presenta i valori più alti di  $a$  dell' $a_{\text{bedrock}}$ , relativi prima ad un  $Tr$  di 50 anni con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800 \text{ m/s}$ ; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14/09/2005), e poi anche ad un  $Tr$  di 476 anni, valore quest'ultimo più cautelativo, che è suggerito per edifici di rilevanza maggiore.

#### Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
Tel. 328.4911173 @ [geingegneriasrls@gmail.com](mailto:geingegneriasrls@gmail.com)

## 5. PROFILO SISMICO E CONCLUSIONI

La campagna di indagini sismiche passive effettuata *in situ* mediante metodologia HVSR eseguita all'interno dell'area in oggetto, ha reso possibile analizzare la frequenza di risonanza del terreno in oggetto. Le tracce misurate sono state elaborate mediante il software EasyHVSR.

La campagna di indagini sismiche attive eseguita mediante metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) eseguita all'interno del sito in oggetto, ha reso possibile analizzare le tracce sismiche generate con un idonea sorgente di onde sismiche, che sono state captate da 24 geofoni verticali da 4,5Hz disposti secondo una geometria lineare; gli stessi trasmettendo il segnale attraverso i cavi sismici hanno trasmesso i dati al sismografo DBS 280 che le ha immagazzinate attraverso il notebook.

Le tracce misurate sono state elaborate mediante il software EasyMasw, attraverso diversi passaggi che si possono così di seguito riepilogare:

- l'analisi dei dati nel dominio F-K (frequency-wave number) per la determinazione di curve di dispersione delle onde superficiali di tipo Rayleigh redatti in grafici  $V_{fase}$ -Hz;
- l'inversione del modello di rigidità del sottosuolo fino al raggiungimento del miglior "fitting" tra dati sperimentali e teorici;
- la restituzione di profili di Vs del sottosuolo.

Sulla base dei dati ottenuti dalle prove e eseguendo delle correlazioni con le conoscenze litostratigrafiche dei luoghi esaminati, è stato possibile ricostruire il seguente profilo sismico in cui sono riportati i valori delle velocità delle onde di taglio (Vs verticali) misurati, ed i parametri elastici ottenuti mediante le espressioni più diffuse in bibliografia.

Di seguito riportiamo il profilo sismico più rappresentativo dell'intera area:

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coeff. Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	1.00	1.00	134.00	328.23	1600.00	0.40	28.73	172.38	134.07	80.44
2	2.87	1.87	161.00	365.96	1700.00	0.38	44.07	227.67	168.92	121.62
3	oo	oo	356.00	691.94	2100.00	0.32	266.15	1005.44	650.58	702.62

Per quanto riguarda l'accelerazione massima attesa al sito, considerando la possibilità di fenomeni di amplificazione sismica locale, in fase di analisi progettuale agli stati limite si consiglia di utilizzare il seguente valore (v. cenni di microzonazione sismica).

### Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com

$$Vs_{30} = 314.88 \text{ m/s}$$

$$Fa = 2.1558$$

LSD:  $a_{\text{bedrock}} = 0.4767 \text{ g/10}$  (fonte <http://www.ingegneriasoft.com>) per un  $Tr = 50$  anni.

$$\text{LSD: } a_{\text{max}}(\text{g}) = a_{\text{bedrock}} \times Fa = 1.0077 \text{ m/s}^2$$

LSV:  $a_{\text{bedrock}} = 1.0559 \text{ g/10}$  (fonte <http://www.ingegneriasoft.com>) per un  $Tr = 476$  anni.

$$\text{LSV: } a_{\text{max}}(\text{g}) = a_{\text{bedrock}} \times Fa = 2.2322 \text{ m/s}^2$$

Nella scelta dell' $a^{\text{bedrock}}$ , si è preso in considerazione il valore relativo al nodo ricadente nel quadrante in oggetto, che presenta i valori più alti di  $a$  dell' $a^{\text{bedrock}}$ , relativi prima ad un  $Tr$  di 50 anni con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ( $Vs_{30} > 800 \text{ m/s}$ ; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14/09/2005), e poi anche ad un  $Tr$  di 476 anni, valore quest'ultimo più cautelativo, che è suggerito per edifici di rilevanza maggiore.

La presente relazione non costituisce né relazione geologica né relazione geotecnica, pertanto per la definizione del modello geologico e di quello geotecnico si rimanda ai rispettivi studi specialistici.

Il tecnico responsabile dei calcoli, sulla base della vita nominale dell'opera utilizzata, considererà i valori di accelerazione attesa al sito riferiti ai **tempi di ritorno** per gli stati limite: operatività (SLO), danno (SLD), salvaguardia della vita (SLV), prevenzione del collasso (SLC). I valori dell'accelerazione considerati dovranno essere moltiplicati per il fattore di amplificazione sismica locale ottenuto in precedenza.

Castellammare del Golfo, lì Novembre 2021

IL GEOLOGO



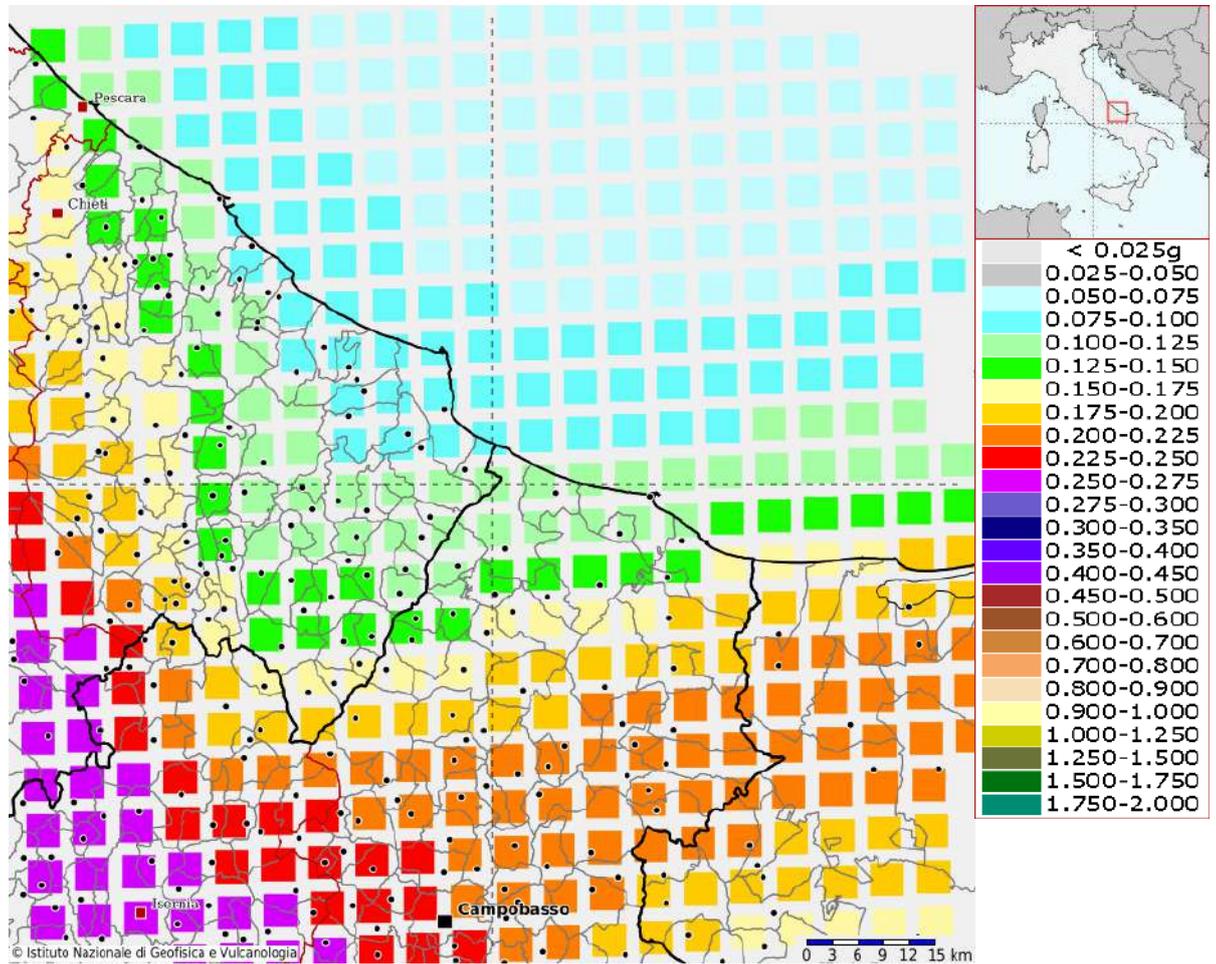
**Geingegneria s.e.t. s.r.l.s.**

Dott. Geol. Antonino Cacioppo  
Via G. Marconi 127 - Castellammare del Golfo  
Tel. 328.4911173 @ geingegneriasrls@gmail.com



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

Informazioni sul nodo con ID: 27880 - Latitudine: 42.028 - Longitudine: 14.769



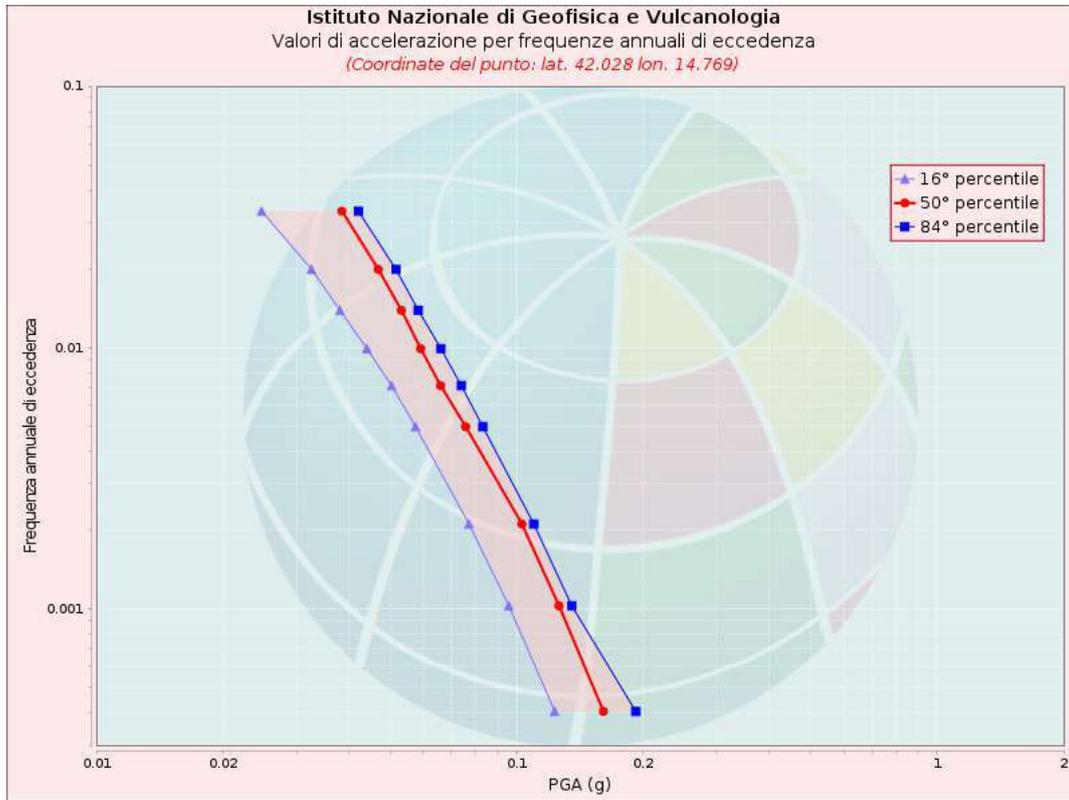
La mappa rappresenta il modello di pericolosità sismica per l'Italia e i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g, l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 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 **27880** (posto al centro della mappa). Per ogni nodo della griglia sono disponibili numerosi parametri che descrivono la pericolosità sismica, riferita a diversi periodi di ritorno e diverse accelerazioni spettrali.



## Curva di pericolosità

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



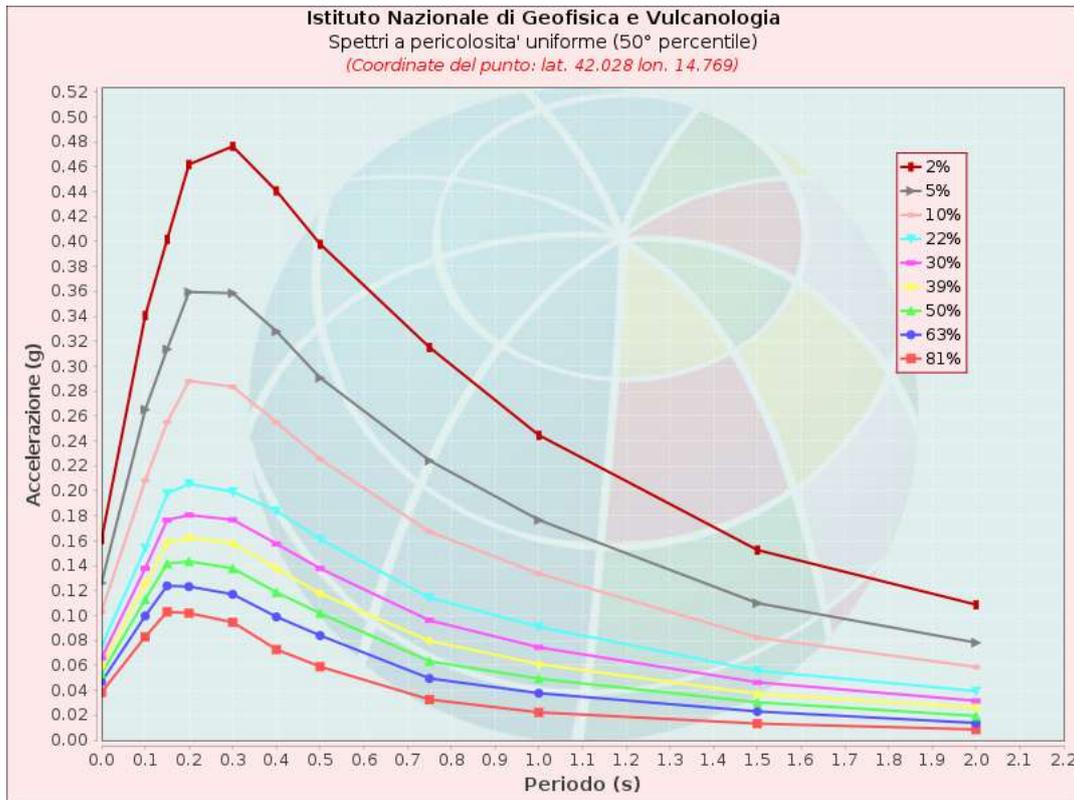
Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza			
Frequenza annuale di ecc.	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.123	0.161	0.192
0.0010	0.096	0.126	0.135
0.0021	0.077	0.103	0.110
0.0050	0.058	0.076	0.083
0.0071	0.050	0.066	0.074
0.0099	0.044	0.059	0.066
0.0139	0.038	0.053	0.058
0.0199	0.033	0.047	0.052
0.0332	0.025	0.038	0.042



## 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.



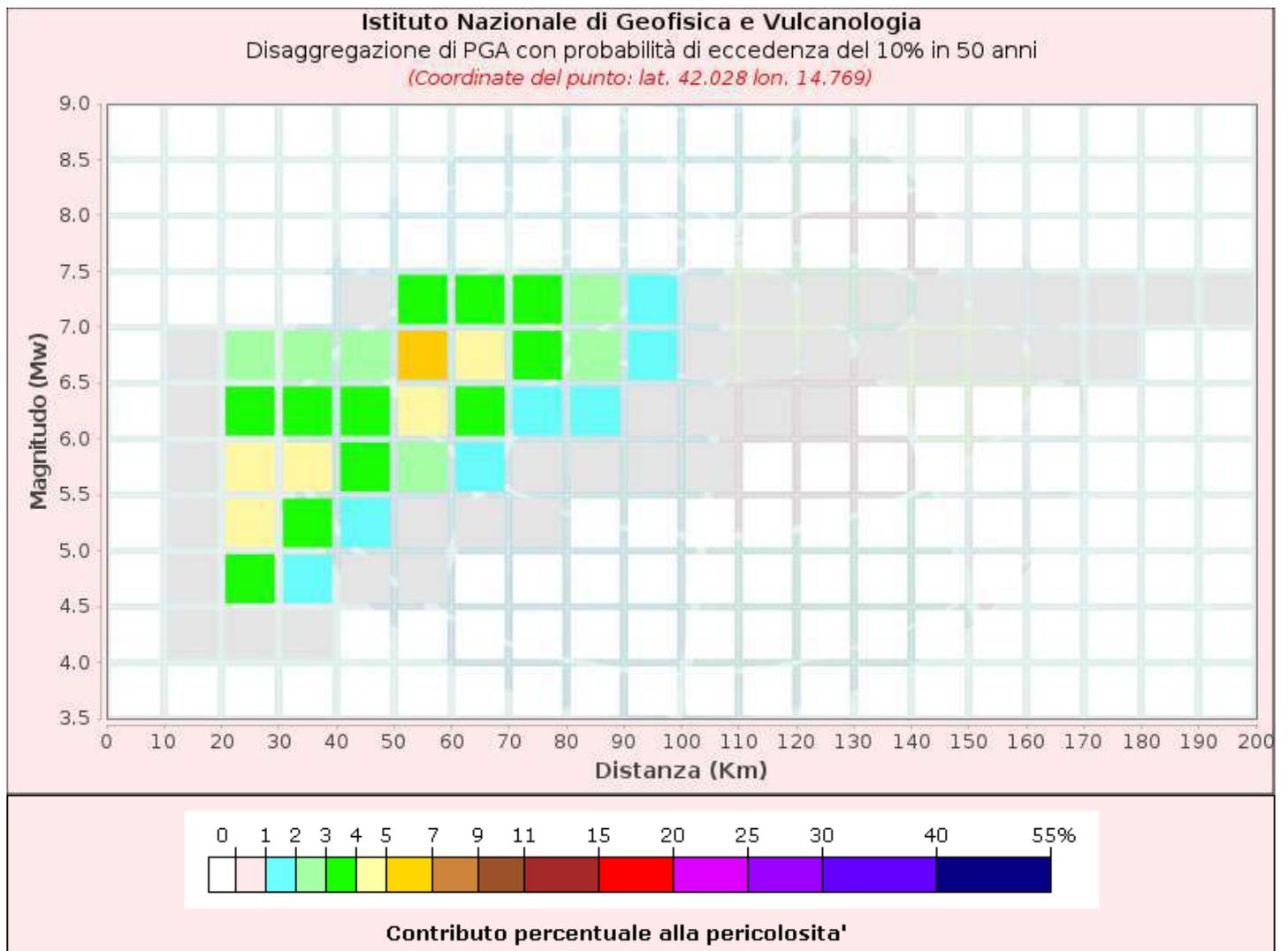
Spettri a pericolosità uniforme (50° percentile)											
PoE	Accelerazione (g)										
in 50	Periodo (s)										
anni	0.0	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0
2%	0.161	0.341	0.402	0.462	0.476	0.441	0.398	0.315	0.245	0.153	0.109
5%	0.126	0.265	0.314	0.359	0.359	0.328	0.291	0.224	0.177	0.110	0.078
10%	0.103	0.208	0.255	0.288	0.284	0.255	0.225	0.167	0.134	0.082	0.059
22%	0.076	0.154	0.198	0.206	0.199	0.184	0.161	0.114	0.091	0.056	0.039
30%	0.066	0.138	0.177	0.181	0.177	0.158	0.138	0.096	0.075	0.046	0.032
39%	0.059	0.125	0.158	0.162	0.158	0.138	0.118	0.080	0.061	0.037	0.026
50%	0.053	0.113	0.142	0.143	0.138	0.119	0.102	0.063	0.049	0.030	0.019
63%	0.047	0.100	0.124	0.123	0.117	0.099	0.084	0.050	0.038	0.023	0.014
81%	0.038	0.083	0.103	0.102	0.095	0.073	0.059	0.033	0.022	0.013	0.009



## Grafico di disaggregazione

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

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





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	0.0117	0.0348	0.0348	0.0271	0.0170	0.0087	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.9540	3.8400	4.8300	4.5100	3.3300	2.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0474	1.4300	3.3900	4.2600	3.8900	2.5000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.1880	1.8700	3.5300	3.9400	2.6100	0.3280	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0004	0.4940	2.6600	4.7400	5.7500	3.7600	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0275	1.0900	3.0800	4.6800	3.8200	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.3280	1.9100	3.5500	3.2600	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0548	1.0400	2.5100	2.4700	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0077	0.4130	1.4500	1.4100	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0015	0.1380	0.8420	0.8400	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0298	0.4300	0.4410	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0031	0.2420	0.2820	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1250	0.1850	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0518	0.1200	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0188	0.0768	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0047	0.0452	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0202	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0062	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0027	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi: magnitudo = 6.26 ; distanza = 53.2 ; epsilon = 1.68



## Riferimenti

La descrizione della costruzione del modello di pericolosità sismica MPS04 è contenuta nel sito <http://zonesismiche.mi.ingv.it>

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

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

La pubblicazione scientifica di riferimento è:

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

---