



# STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

**Dott. Geol. Gaetano Rizzuto**

Via San Vito, 28 - Cammarata (Ag) - P. IVA 02026980843 - Cell. 3478429314  
E-mail: gaetano.rizzuto@gmail.com - PEC: gaetanorizzuto@pecgeologidisicilia.it



**COMUNE DI ROSOLINI**  
(PROVINCIA DI SIRACUSA)  
(REGIONE SICILIA)

## **RELAZIONE SULLE INDAGINI** **GEOTECNICHE E GEOFISICHE** (D.M. 17 gennaio 2018)

**OGGETTO: MITIGAZIONE RISCHIO IDROGEOLOGICO AREA CENTRO URBANO -  
REALIZZAZIONE DRENAGGIO DELLE ACQUE SUPERFICIALI E COLLETTAMENTO  
A VALLE DEL CENTRO ABITATO.**

**CUP: J24H18000270001**  
**CIG: ZD43309DDC**

Cammarata, li .....

-----

**IL GEOLOGO**  
Dott. Geol. Gaetano RIZZUTO  
(Dott. Gaetano RIZZUTO)  
N. 1840



COMUNE DI ROSOLINI

(PROVINCIA DI SIRACUSA)

RELAZIONE SULLE INDAGINI  
GEOTECNICHE E GEOFISICHE  
(D.M. 17 gennaio 2018)

**OGGETTO: MITIGAZIONE RISCHIO IDROGEOLOGICO AREA CENTRO URBANO - REALIZZAZIONE DRENAGGIO DELLE ACQUE SUPERFICIALI E COLLETTAMENTO A VALLE DEL CENTRO ABITATO.**

**CUP: J24H18000270001**  
**CIG: ZD43309DDC**

**1.0) PREMESSA**

Il sottoscritto Dott. Geol. Gaetano Rizzuto, regolarmente iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia al n.1640, per incarico ricevuto dall'Amministrazione Comunale di Rosolini (SR), ha eseguito una campagna di indagini geognostiche e geofisiche a supporto dei lavori in oggetto e precisamente per la **"MITIGAZIONE RISCHIO IDROGEOLOGICO AREA CENTRO URBANO - REALIZZAZIONE DRENAGGIO DELLE ACQUE SUPERFICIALI E COLLETTAMENTO A VALLE DEL CENTRO ABITATO"** CUP: J24H18000270001

**CIG: ZD43309DDC.**

Tutto ciò è stato eseguito al fine di acquisire parametri indispensabili per la caratterizzazione geotecnica e geofisica dell'area oggetto di intervento, il tutto in ottemperanza alle N.T.C. 17 gennaio 2018.

Le prove geotecniche eseguite sono consistite in:

- A) N°3 sondaggi geognostici (S01-S02 e S03) spinti fino alla profondità max. di 8.00 m dal p.c.;
- B) N°1 prove SPT nel sondaggio S02 a quota dal p.c. ossia da 4.80 a 5.00m dal p.c.;
- C) N°1 prelievo di campione indisturbato CI01 nel S01;
- D) N°1 prelievo di campione disturbato CR01 nel S03;

Le prove geofisiche eseguite dallo scrivente sono consistite in:

- n°2 prove di sismica attiva di tipo Masw per la determinazione della  $V_{s,eq}$  ( $V_{s,30}$ );
- n°6 prove di sismica passiva di tipo HVSr per la determinazione della frequenza di risonanza del sito.
- n°1 rilievo geofisico con metodo georadar per il rilievo dei sottoservizi presenti lungo il tracciato.

## **2.0) INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE EFFETTUATE**

Come accennato in premessa, la campagna di indagini è consistita in:

- Esecuzione di n°3 sondaggi geognostici mediante carotaggio continuo, individuati con la sigla S01, S02 e S03 che hanno raggiunto rispettivamente una profondità max di 5.00, 6.00 m e 7.70 m dal p.c.;
- Prelievo di n°1 campione indisturbato S01CI1 a (3.00-3.50m dal p.c.);
- Prelievo di n°1 campione disturbato S03CR1 a (2.80-3.00m dal p.c.);
- Esecuzione di n°1 prova SPT nel sondaggio S02 alla profondità di 4.80-5.00m dal p.c..
- Determinazione nell'unica prova SPT eseguita in foro mediante punta chiusa, dei parametri geotecnici dei terreni mediante utilizzo di un software specifico della Geostru "Dynamic Probing".

Si precisa che vista la natura dei terreni è stato possibile prelevare campioni indisturbati S01CI1 e campioni disturbati S03CR1 che sono stati sottoposti a prove di laboratorio in laboratorio autorizzato (GeoService di Favara).

Le prove geofisiche eseguite sono state le seguenti:

- Esecuzione di n°2 prove di tipo Masw per la determinazione della  $V_{s,eq}$  ( $V_{s,30}$ );
- Esecuzione di n°6 prove di tipo HVSr per la determinazione della frequenza di risonanza del sito;
- Esecuzione di prospezione geofisica con georadar per il rilievo di sottoservizi presenti lungo il tracciato.

Per il dettaglio delle indagini effettuate e per i relativi tabulati e grafici nonché per la descrizione delle metodologie di indagine adoperate si rimanda ai vari tabulati allegati alla presente.

## **3.0) RICOSTRUZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO LOCALE**

La ricostruzione dell'assetto stratigrafico locale è stata ottenuta considerando tutte le indagini dirette e indirette eseguite nell'area oggetto di studio. Da ciò si è potuto desumere che la litostratigrafia locale che è la seguente:

- Sondaggio S01: si ha la presenza di suolo agrario, seguito da terreno di riporto che ricopre le sabbie limose il tutto ricoprente le marne calcaree di color bianco della form. Ragusa membro Irmينو. Età Aquitaniano-Burdigaliano inf.;
- Sondaggio S02: presenza di terreno di riporto sovrastante le marne calcaree di color bianco della form. Ragusa membro Irmينو. Età Aquitaniano-Burdigaliano inf.;
- Sondaggio S03: presenza direttamente delle marne calcaree della form. Ragusa membro Irmينو. Età Aquitaniano-Burdigaliano inf.

#### 4.0) UBICAZIONE DEI SONDAGGI GEOGNOSTICI



L'indagine è stata effettuata nel territorio di Rosolini alle seguenti coordinate geografiche:

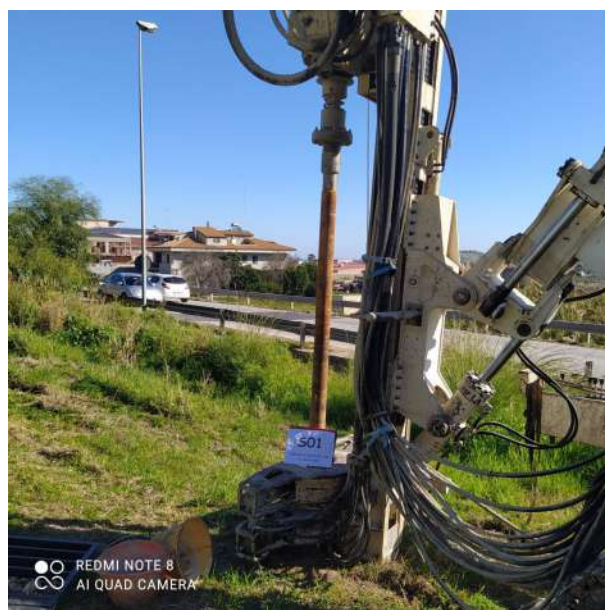
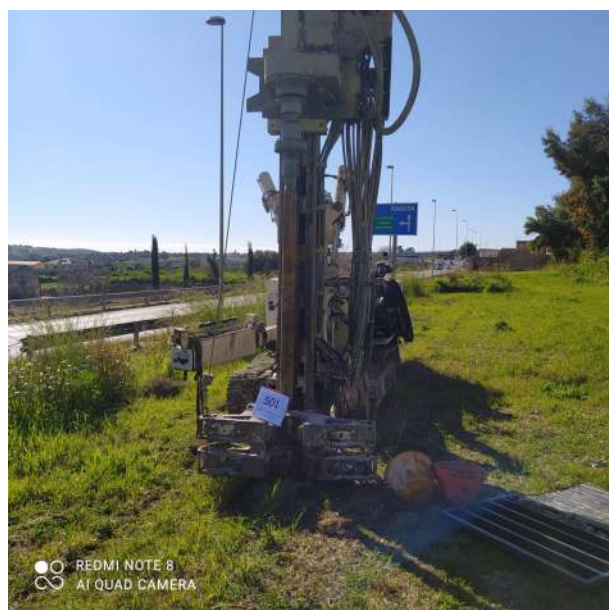
Sondaggio S01 = Lat. 36°49'13.54"N; Long. 14°57'22.85"E

Sondaggio S02 = Lat. 36°49'11.84"N; Long. 14°57'19.48"E

Sondaggio S03 = Lat. 36°49'10.54"N; Long. 14°57'16.40"E



Foto vista dell'ubicazione macchina perforatrice (S01)








#### 4.01) COLONNA STRATIGRAFICA S01

MODELLO STRATIGRAFIA

Committente COMUNE DI ROSOLINI		Profondità raggiunta 5.00		Quota Ass. P.C. 115,00 m s.l.m.		Certificato n°		Pagina	
Operatore		Indagine		Note				Inizio/Fine Esecuzione	
Responsabile		Sondaggio S01		Tipo Carotaggio Carotaggio continuo		Tipo Sonda		Coordinate X Y	

Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	Parametri geologici	S.P.T.	Campioni	Metodo perforazione	Class. Catalog.	Foto
1		Suolo agrario	0.50	%C=90					
		Terreno di riporto	0.80						
		Terreno di riporto	1.00	%C=90					
		Trovante calcare	1.20	%C=90					
		Sabbia debolmente limosa di colore marroncino poco consistente	2.00	%C=80					
2		Idem come sopra	2.60	%C=85					
		Idem come sopra	3.00	%C=85					
		Idem come sopra	3.50	%C=60					
3		Idem come sopra	4.00	%C=60					
		Idem come sopra	4.40	%C=50					
4		Marna calcarea di colore biancoform. Tellaro	5.00	%C=50					
5									

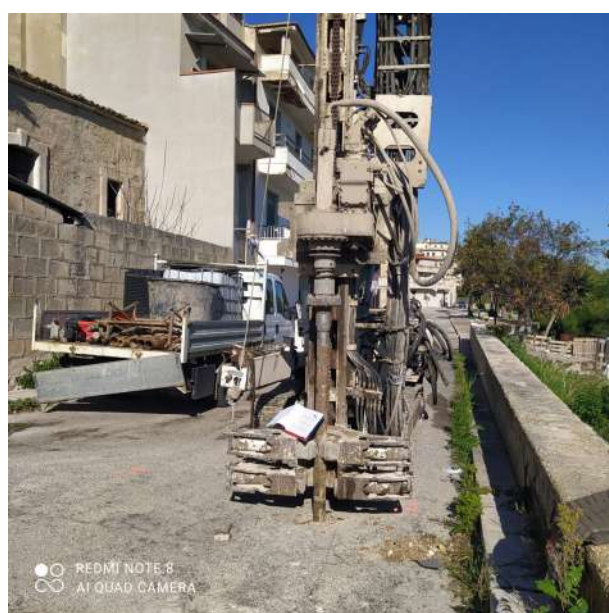
  

Campioni: S-Perret, Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT  
 Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua  
 Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa  
 Carotaggio: Carotaggio continuo

Responsabile





Foto vista dell'ubicazione macchina perforatrice (S02)



## 4.02) COLONNA STRATIGRAFICA S02

MODELLO STRATIGRAFIA

Committente COMUNE DI ROSOLINI		Profondità raggiunta 6.00		Quota Ass. P.C. 126,00 m s.l.m.		Certificato n°		Pagina	
Operatore		Indagine		Note1				Inizio/Fine Esecuzione	
Responsabile		Sondaggio S02		Tipo Carotaggio Carotaggio continuo		Tipo Sonda		Coordinate X Y	
Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	Parametri geotecnici	S.P.T.	Campioni	Metodo Perforazione	Casse. Catalog.	Fide
			0.05						
		Asfalto		%C=100					
		Terreno di riporto	0.30				(CS)	0.32	
		Idem come sopra		%C=75					
			1.00						
1		Idem come sopra		%C=90					
			1.60						
		Idem come sopra		%C=75					
			2.00						
2		Idem come sopra		%C=75					
			2.50						
		Terreno vegetale e riporto		%C=80					
			3.20						
3		Idem come sopra		%C=85					
		Terreno di riporto		%C=75					
			4.00						
4		Marna calcarea bianca form. Ragusa - Membro Irmino		%C=80	R - 8 cm				
			4.80		4.80 PC				
		Idem come sopra		%C=75					
			5.00						
5		Idem come sopra		%C=70					
			6.00						
6							(CS)	6.00	



Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT  
Perforazione:CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua  
Prove SPT-PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa  
Carotaggio:Carotaggio continuo

Responsabile



Foto vista dell'ubicazione macchina perforatrice (S03)



### 4.03) COLONNA STRATIGRAFICA S03

#### MODELLO STRATIGRAFIA

Committente: COMUNE DI ROSOLINI		Profondità raggiunta 8.00		Quota Ass. P.C. 130,00 m s.l.m.		Certificato n°	Pagina
Operatore		Indagine		Note		Inizio/Fine Esecuzione	
Responsabile		Sondaggio S03		Tipo Carotaggio Carotaggio continuo		Tipo Sonda	Coordinate X Y

Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	Parametri geotecnici	S.P.T.	Campioni	Metodo Percussione	Cassa Catalog.	Falda
		Asfalto	0.05						
		Marna calcarea bianca form. Ragusa - Membro	0.30	%C=100			(CS)	0.32	
		Idem come sopra		%C=75					
1		Idem come sopra	1.00	%C=70					
		Idem come sopra	1.70	%C=70					
2		Idem come sopra		%C=70					
		Idem come sopra	2.80	%C=70					
3		marna argillosa	3.00						
		Idem come sopra		%C=70					
		Idem come sopra	3.80	%C=70					
4		Idem come sopra		%C=75					
		Idem come sopra	4.80	%C=70					
5		Idem come sopra		%C=70					
		Idem come sopra	6.00	%C=70					
6		marna		%C=90					
		Idem come sopra	7.00	%C=80					
7		marna		%C=80					
		Idem come sopra	7.70	%C=80			(CS)	7.70	
8									

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT  
 Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua  
 Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa  
 Carotaggio: Carotaggio continuo

Responsabile



#### 4.04) PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE (DYNAMIC PROBING) DPSH – DPN (....sct ecc)

##### Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi d) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura a);
- avanzamento (penetrazione) d;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente):

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof. max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	M < 10	8
Medio	DPM (Medium)	10 < M < 40	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	40 < M < 60	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	M > 60	25

##### Penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento d = 10 cm, punta conica (a=60-90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H=0.20 m, avanzamento d = 10 cm, punta conica (a= 60-90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente  $M = 73 \text{ kg}$ , altezza di caduta  $H = 0.75 \text{ m}$ , avanzamento  $d = 30 \text{ cm}$ , punta conica ( $\alpha = 60^\circ$ ), diametro  $D = 50.8 \text{ mm}$ , area base cono  $A = 20.27 \text{ cm}^2$  rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente  $M = 63.5 \text{ kg}$ , altezza caduta  $H = 0.75 \text{ m}$ , avanzamento  $d = 20-30 \text{ cm}$ , punta conica conica ( $\alpha = 60^\circ-90^\circ$ ) diametro  $D = 50.5 \text{ mm}$ , area base cono  $A = 20 \text{ cm}^2$ , rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

### Correlazione con $N_{spt}$

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi  $N_{spt}$  ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con  $N_{spt}$ . Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui  $Q$  è l'energia specifica per colpo e  $Q_{spt}$  è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

- $M$  peso massa battente.
- $M'$  peso aste.
- $H$  Altezza di caduta.
- $A$  Area base punta conica.
- $\delta$  passo di avanzamento.

### Valutazione resistenza dinamica alla punta $R_{pd}$

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

- $R_{pd}$  resistenza dinamica punta (area  $A$ ).
- $e$  infissione media per colpo ( $d/N$ ).
- $M$  peso massa battente (altezza caduta  $H$ ).
- $P$  peso totale aste e sistema battuta.

### Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$  è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{\frac{Pa}{\sigma_{v0}}} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa} \quad (\text{Liao e Whitman 1986})$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_s \cdot C_r \cdot C_d$$

- $ER/60$  rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
- $C_s$  parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
- $C_d$  funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
- $C_r$  parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

### Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.



Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

## **Valutazioni statistiche e correlazioni**

### **Elaborazione Statistica**

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

#### **Media**

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Media minima**

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Massimo**

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Minimo**

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Scarto quadratico medio**

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Media deviata**

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Media (+ s)**

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Media (- s)**

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Distribuzione normale R.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove  $\sigma_{N_{spt}}$  è la deviazione standard di  $N_{spt}$

#### **Distribuzione normale R.N.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di  $N_{spt}$  distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove  $n$  è il numero di letture.

#### **Pressione ammissibile**

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione  $d = 1$  m.

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

### *Liquefazione*

Permette di calcolare utilizzando dati  $N_{spt}$  il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING* (1982), applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se  $N_{spt}$  dello strato considerato risulta inferiore a  $N_{spt}$  critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

### *Correzione $N_{spt}$ in presenza di falda*

$$N_{spt\text{ corretto}} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

$N_{spt}$  è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

### *Angolo di Attrito*

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)

- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argilloso-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).

- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda)  $s > 5$  t/mq.

- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .

- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38° ).

- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da  $D_r$  %.

- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $s > 15$  t/mq.

- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONAL RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.

- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $s > 15$  t/mq.

- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.

- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

### **Densità relativa (%)**

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie  $D_r$  viene sovrastimato, per limi sottostimato.

- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

- Meyerhof (1957).

- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

### **Modulo Di Young ( $E_y$ )**

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.

- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .

- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.

- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.

- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

### **Modulo Edometrico**

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).

- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

#### **Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977

#### **Peso di Volume**

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

#### **Peso di volume saturo**

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

#### **Modulo di poisson**

- Classificazione A.G.I.

#### **Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)**

• Seed-Idriss (1978-1981). Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio  $t$  e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

#### **Velocità onde di taglio $V_s$ (m/s)**

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

#### **Modulo di deformazione di taglio ( $G$ )**

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

#### **Modulo di reazione ( $K_0$ )**

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

#### **Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )**

- Robertson (1983) -  $Q_c$

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

#### **Coesione non drenata**

• Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).

• Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con  $N_{spt} < 8$ , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.

• Terzaghi-Peck (1948).  $C_u$  (min-max).

• Sanglerat, da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi, tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività  $> 5$ , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.

• Sanglerat, (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche

$< 10$  colpi, per resistenze penetrometriche  $> 10$  l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche" di Sanglerat.

• (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità, ( $C_u$ - $N_{spt}$ -grado di plasticità).

• Schmertmann (1975),  $C_u$  (Kg/cm<sup>2</sup>) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con  $N_c = 20$  e  $Q_c/N_{spt} = 2$ .

• Schmertmann (1975),  $C_u$  (Kg/cm<sup>2</sup>) (valori minimi), valida per argille NC .

• Fletcher (1965), (Argilla di Chicago). Coesione non drenata  $C_u$  (Kg/cm<sup>2</sup>), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.

• Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.

• Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.

• Begemann.

• De Beer.

#### **Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )**

- Robertson (1983) -  $Q_c$

#### **Modulo Edometrico-Confinato ( $M_o$ )**

- Stroud e Butler (1975), - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali.
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato -Mo (Eed) (Kg/cm<sup>2</sup>), valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Qc/Nspt=1.5-2.0$ ).
- Buisman- Sanglerat, valida per argille compatte ( $Nspt < 30$ ) medie e molli ( $Nspt < 4$ ) e argille sabbiose ( $Nspt = 6-12$ ).

**Modulo Di Young ( $E_y$ )**

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15.
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

**Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977.

**Peso di Volume**

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

**Peso di volume saturo**

- Meyerhof ed altri.

**PROVE SPT NEL SONDAGGIO S02**

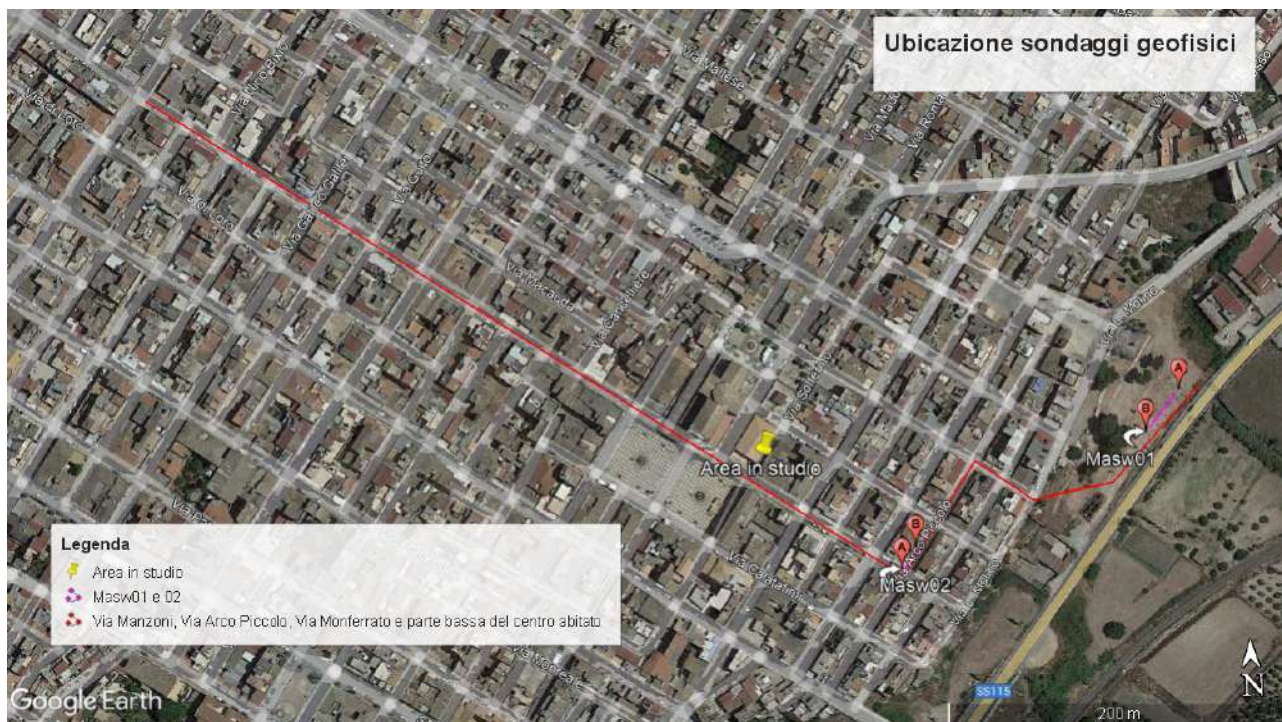
Strumento utilizzato... PROVE SPT IN FORO  
 Prova eseguita in data 17/01/2022  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi
2.80	50
2.95	R
3.10	R



## 5.0) UBICAZIONE DEI SONDAGGI GEOFISICI



Le indagini sono state effettuate nel territorio di Rsolini alle seguenti coordinate geografiche:

Prova MASw01 = Lat. 36°49'13.70"N; Long. 14°57'22.93"E

Prova MASw02 = Lat. 36°49'10.67"N; Long. 14°57'16.31"E

## 5.01) Indagini Geofisiche

### 5.01.01) MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES)

**Classificazione secondo la nuova normativa sismica O.P.C.M. 3274 e il D.M. 17/01/2018**

### 5.01.02) METODO D'INDAGINE MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva per la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , che si basa sulla misura delle onde superficiali sia di Rayleigh che di Love (nel dominio del tempo) in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo e la successiva analisi nel dominio della frequenza. 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 con masse battenti, sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo *passivo* (*REMI*) lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente.

Nel caso specifico (MASW) la particolarità di questa indagine è che utilizza le onde superficiali, in particolare quelle di Rayleigh, per definire il profilo della  $V_s$  nel sottosuolo. Le onde di Rayleigh sono generate dall'interazione tra le onde di compressione (P), le onde di taglio che si propagano in direzione verticale (SV) e la superficie libera

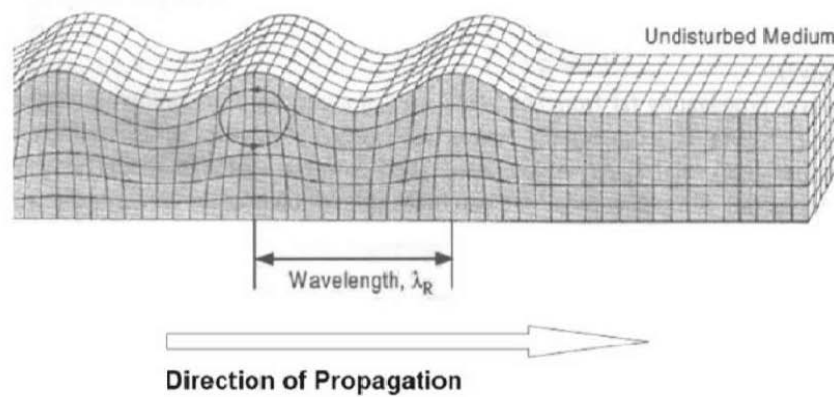


Fig.1: schema onda superficiale di Rayleigh

Le onde di Rayleigh hanno un moto ellittico retrogrado (Fig.01) ed hanno velocità di poco inferiore a quelle delle onde S infatti in mezzi omogenei e elasticamente lineari:

$$V_R = 0.91 \cdot V_S$$

### 5.01.03) PRINCIPI DEL METODO DI PROVA

Come detto sopra questa metodologia consente di determinare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali. In particolare, quelle con bassi valori di lunghezze d'onda (alte frequenze) interessano gli strati superficiali mentre quelle a maggior lunghezza d'onda (minore frequenza) interessano anche gli strati più profondi (fig. 1). Le onde di Rayleigh in un semispazio omogeneo sono non dispersive, mentre in presenza di un mezzo stratificato, l'avanzamento di un fronte d'onda si deforma in rapporto alla velocità di propagazione (nel singolo strato) in funzione della frequenza, quindi, in altre parole, differenti frequenze hanno velocità di propagazione diverse (comportamento dispersivo).

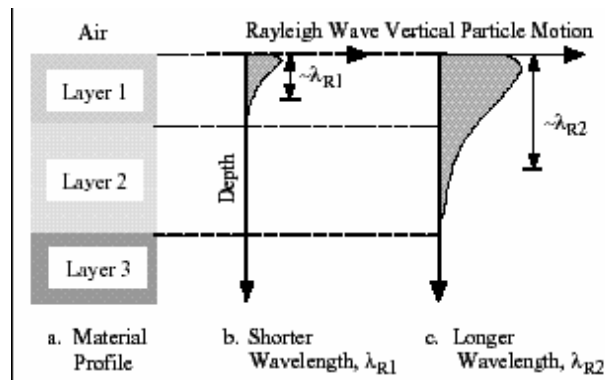


fig. 01

La velocità di propagazione delle onde di Rayleigh ( $V_R$ ) e delle onde di taglio ( $V_s$ ) sono dipendenti e sono legati dalla relazione (Richart et al. 1970):

$$V_R^6 - 8V_s^2 V_R^4 + (24 - 16V_s^2/V_p^2) V_s^4 V_R^2 + (16V_s^6/V_p^6 - 1) V_s^6 = 0$$

In altre parole, la velocità di propagazione delle onde di Rayleigh ( $V_R$ ) è leggermente inferiore alla velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ), ovvero seguendo Achenbach (1999):

$$V_r = (0.862 + 1.14 \nu / 1 + \nu) V_s$$

$\nu$  = modulo di poisson

che significa che al variare di  $\nu$ , la  $V_r$  è inferiore rispetto alla  $V_s$  di un valore compreso tra 0.862 e 0.955 traducendosi nel fatto che misurando la  $V_r$  si ottiene la  $V_s$  con un errore di calcolo del tutto trascurabile potendosi così scrivere la relazione  $V_r = 0.91 V_s \pm 0.046$ .

## **5.02) ANALISI DEI DATI**

L'analisi dei dati è suddivisa in due stadi: la determinazione della "curva di dispersione" (calcolo della velocità di fase) ed l'inversione della curva per ottenere un modello 1D velocità/profondità.

### **5.02.01) CURVA DI DISPERSIONE**

La curva di dispersione sperimentale viene confrontata con quella relativa ad un modello sintetico che verrà successivamente modificato in base alle differenze riscontrate tra le due curve. Ciò è finalizzato all'ottenimento di un modello sintetico che approssima nel miglior modo possibile la curva sperimentale a quella teorica. Questa delicata seconda fase di interpretazione è comunemente detta "fase di inversione".

La "Curva di dispersione" si ottiene da un' analisi spettrale del sismogramma che trasforma il moto misurato, dal dominio "spazio-tempo" al dominio frequenza-numero d'onda" e parallelamente al dominio "velocità di fase- frequenza".

Sul diagramma ottenuto bisogna ricostruire la curva di dispersione sperimentale interpretando l'andamento delle massime ampiezze del modo fondamentale delle onde di Rayleigh (Ivanov et al., 2001), discriminando le riflessioni indotte da orizzonti più rigidi, riflessioni multiple, onde d'aria e onde guidate (Baker, 1999) che possono provocare gravi errori interpretativi.

### **5.02.02) INVERSIONE DELLA CURVA DI DISPERSIONE**

Successivamente al riconoscimento e, quindi, al tracciamento della curva di dispersione, si passa alla ricostruzione della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ . Il modello di inversione verrà vincolato attraverso l'inserimento di un range di possibili spessori, di velocità delle onde  $V_s$  e di coefficienti di Poisson ( $\nu$ ). L'ultima fase consiste nella modifica della curva teorica 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. Il prodotto conclusivo sarà un diagramma che esprimerà valori delle velocità delle onde di taglio ( $S$ ) associati a spessori e profondità di un mezzo stratificato. La profondità d'indagine è direttamente dipendente dalla minima frequenza riconoscibile nella curva di dispersione.

### **5.02.03) Descrizione della strumentazione utilizzata per l'acquisizione in campagna**

L'apparecchiatura utilizzata per l'indagine sismica si compone di:

#### **SISTEMA DI ACQUISIZIONE DATI**

- n.1 sismografo analogico a 12 canali "Do.Re.Mi." a 24 bit della ditta Sara electronic instruments, perfettamente idoneo per simica a rifrazione, acquisizione dati per calcolo di  $V_{s,eq}$  ( $V_s,30$ ), monitoraggio di vibrazioni, applicazioni sismologiche Down-Hole e VSP.
- n.1 PC portatile Packard Bell per il salvataggio dei dati acquisiti.

#### **SISTEMA DI RICEZIONE**

- n.12 geofoni ad asse verticale con frequenza pari a 4,5 Hz, collegati al sistema di acquisizione tramite un cavo parallelo avente 12 connessioni spaziate 1 e 1.5 m.

#### **SISTEMA DI ENERGIZZAZIONE e STARTER**

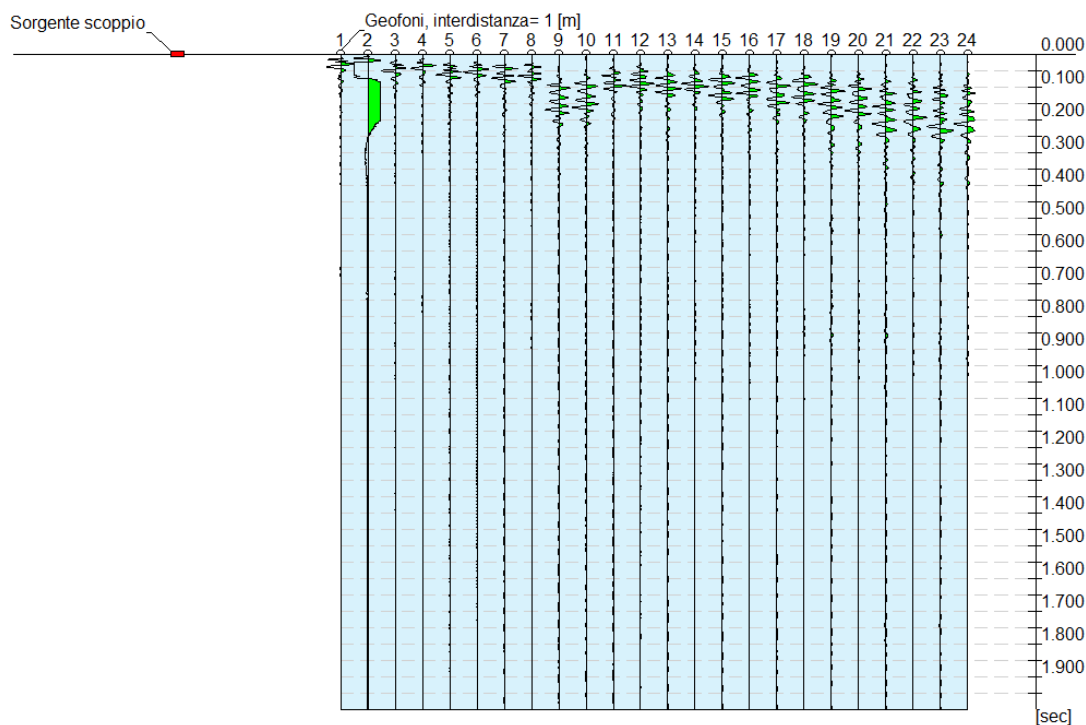
- n.1 mazza da 8 Kg
- n.1 piastra di diametro pari a 30 cm.

- n.1 geofono *starter* collegato al sismografo tramite un cavo elettrico.

### 5.03) PROVA MASW 01

#### Tracce

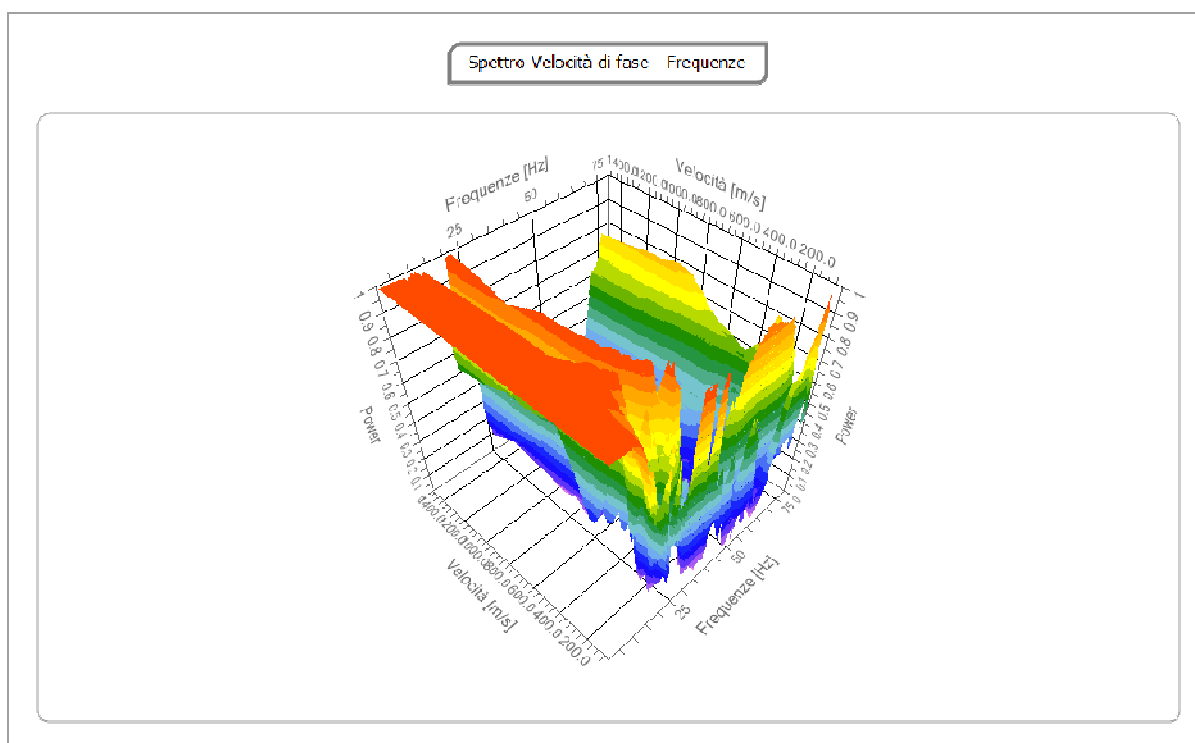
N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	1.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



#### Analisi spettrale

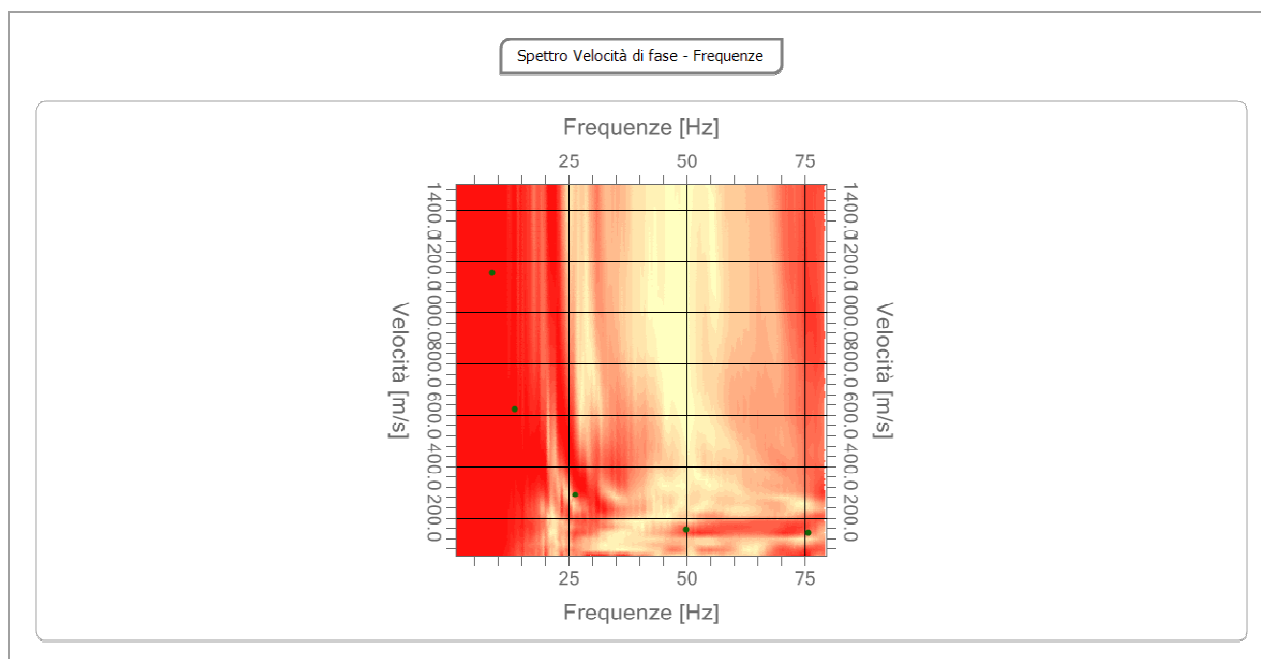
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	80
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	50
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1500
Intervallo velocità [m/sec]	1





### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	8.8	1154.6	0
2	13.6	620.8	0
3	26.5	287.5	0
4	49.9	154.2	0
5	75.8	141.7	0
6	8.8	1154.6	0



### Inversione

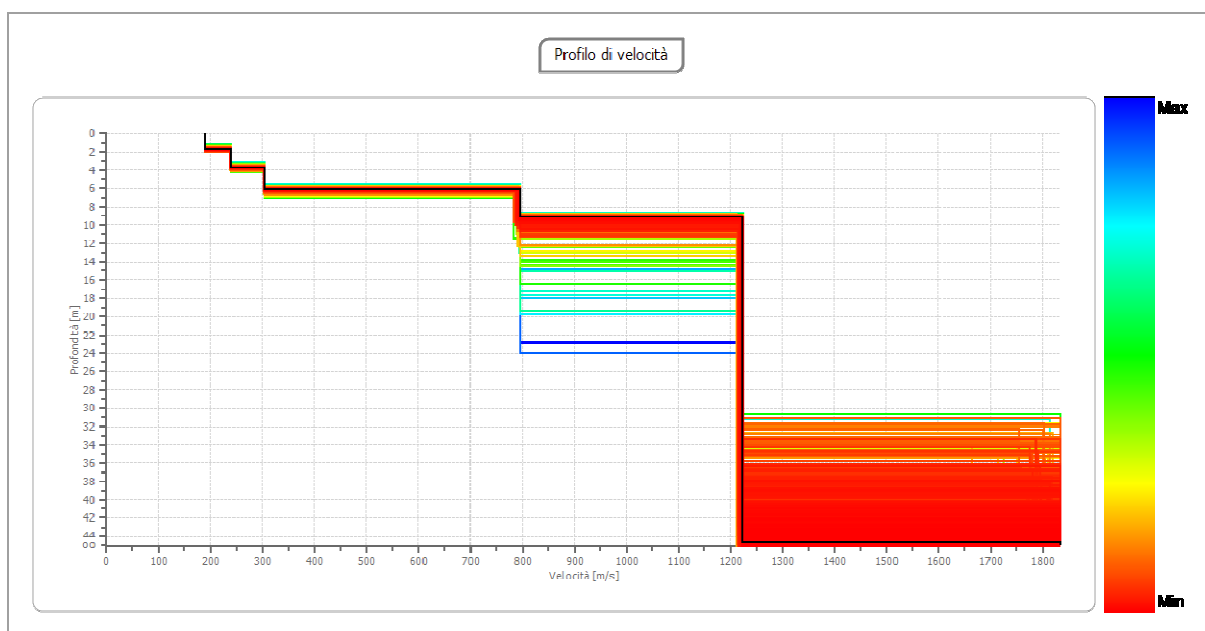
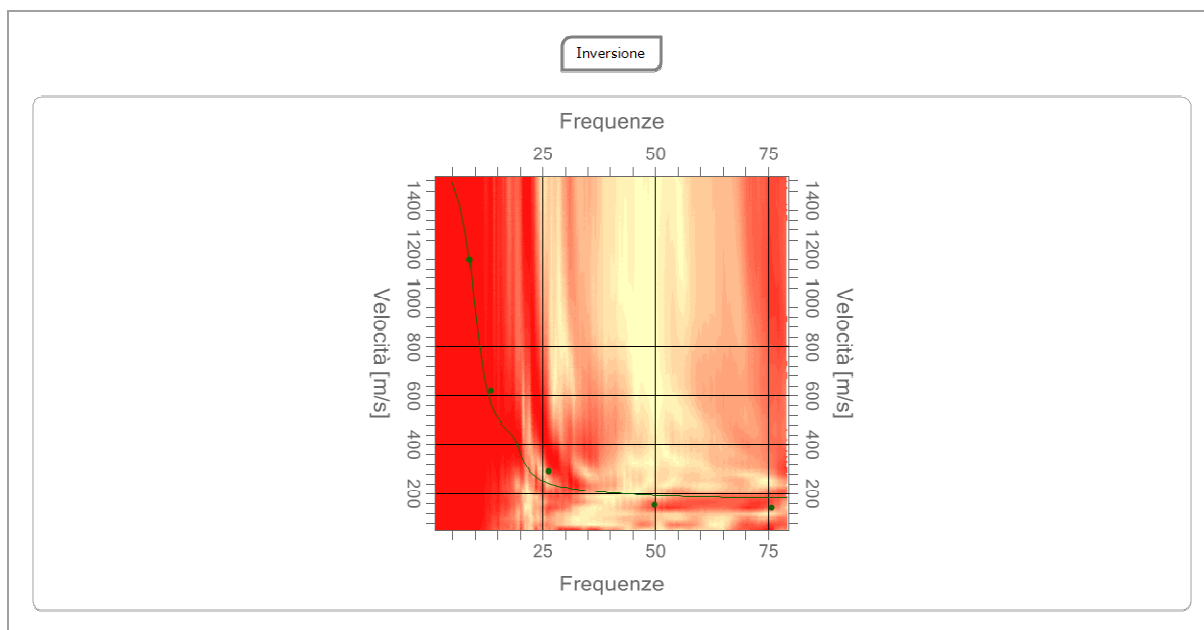
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficient e Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.75	1.75	1700.0	0.30	No	356.1	190.3
2		3.75	2.00	1800.0	0.28	No	435.6	240.8
3		6.15	2.40	1900.0	0.27	No	543.4	305.0
4		9.15	3.00	2000.0	0.24	No	1358.4	794.5
5		44.69	35.53	2100.0	0.23	No	2066.2	1223.5
6		∞	∞	2200.0	0.21	No	3028.7	1835.0

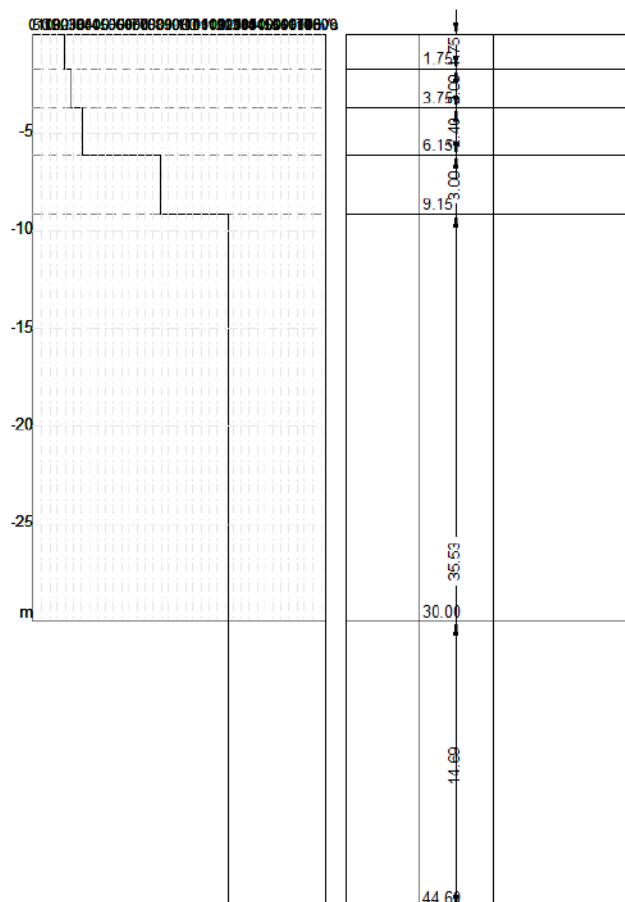
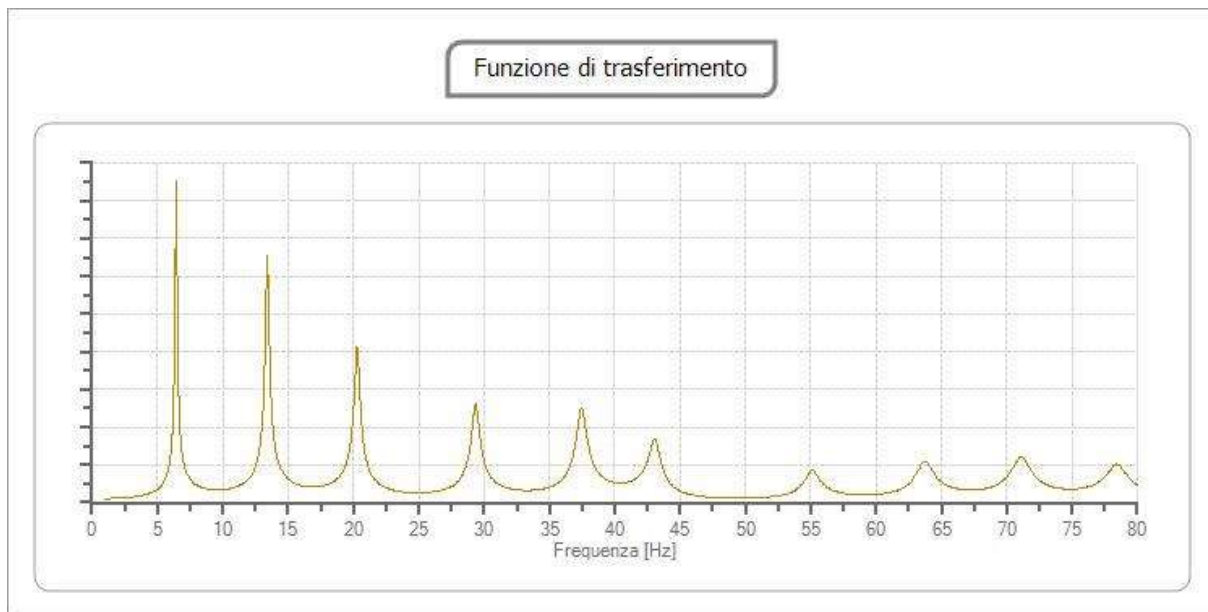
Percentuale di errore

0.433 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.182





### Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	355.27

**Categoria del suolo | C**

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

**Altri parametri geotecnici**

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.75	1.75	190.33	356.07	1700.00	0.30	61.58	215.54	133.43	160.11	N/A	592.81
2	3.75	2.00	240.78	435.59	1800.00	0.28	104.36	341.53	202.39	267.15	N/A	1932.25
3	6.15	2.40	305.00	543.37	1900.00	0.27	176.75	560.98	325.32	448.94	N/A	N/A
4	9.15	3.00	794.53	1358.41	2000.00	0.24	1262.55	3690.54	2007.13	3131.13	N/A	N/A
5	44.69	35.53	1223.50	2066.18	2100.00	0.23	3143.62	8965.15	4773.65	7733.32	N/A	N/A
6	oo	oo	1835.00	3028.66	2200.00	0.21	7407.90	20180.13	10302.94	17927.11	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young.

**5.03.01) Foto Ubicazione prova Masw01**



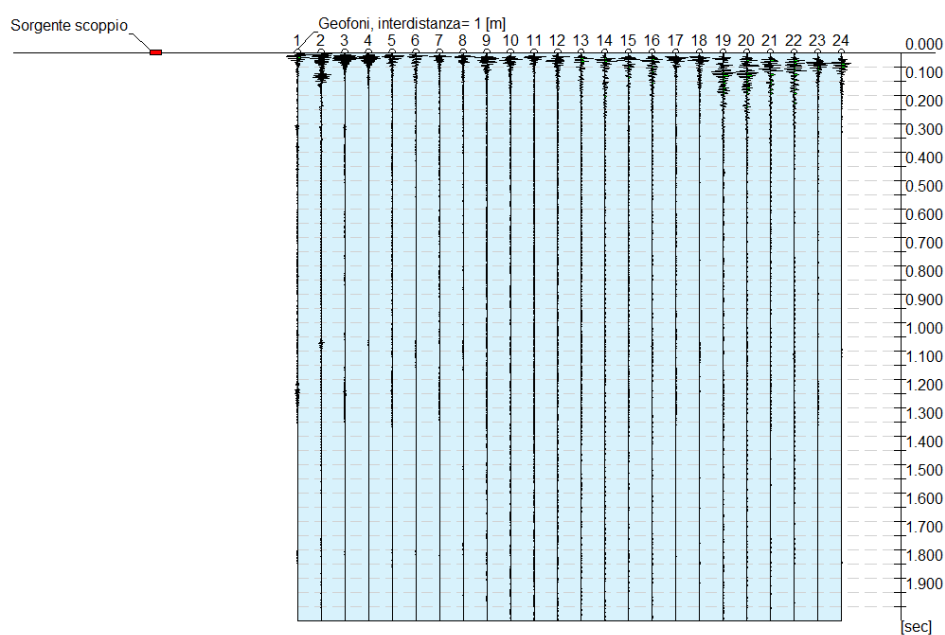




#### 5.04) PROVA MASW 02

#### Tracce

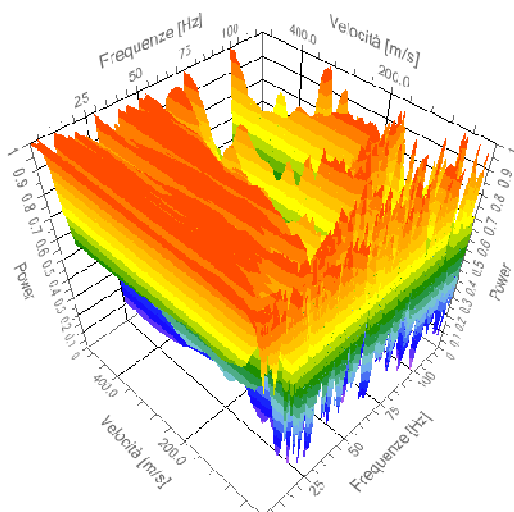
N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	1.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



### Analisi spettrale

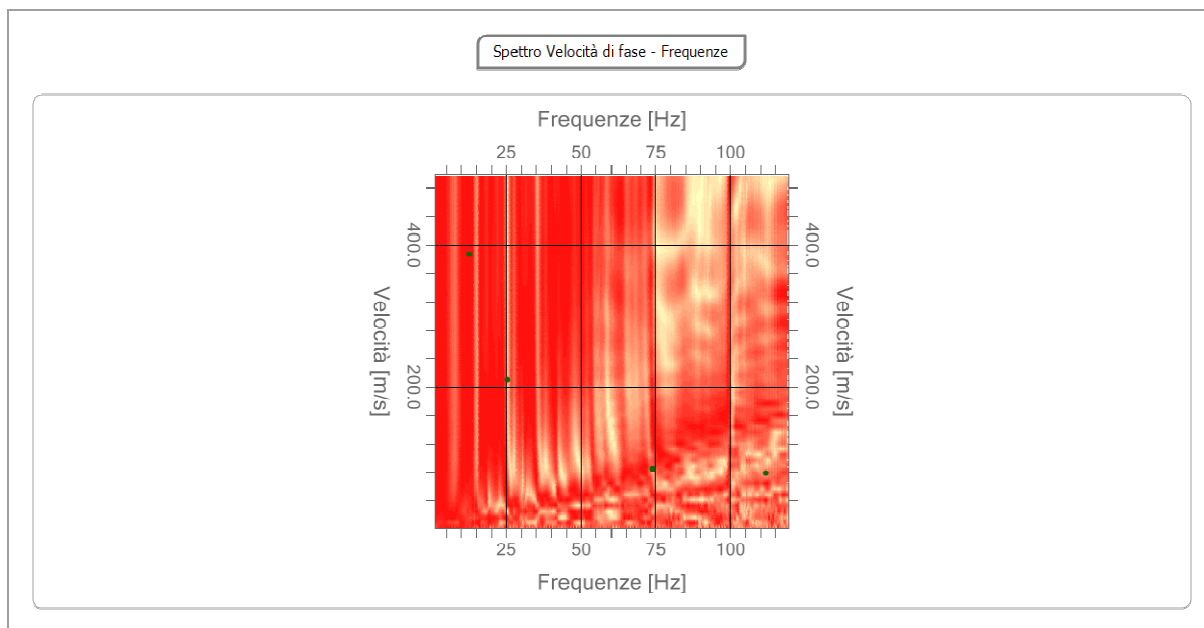
Frequenza minima di  
elaborazione [Hz] 1  
Frequenza massima di  
elaborazione [Hz] 120  
Velocità minima di  
elaborazione [m/sec] 1  
Velocità massima di  
elaborazione [m/sec] 500  
Intervallo velocità  
[m/sec] 1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	12.9	387.0	0
2	25.4	210.9	0
3	74.1	84.2	0
4	111.8	79.9	0



### Inversione

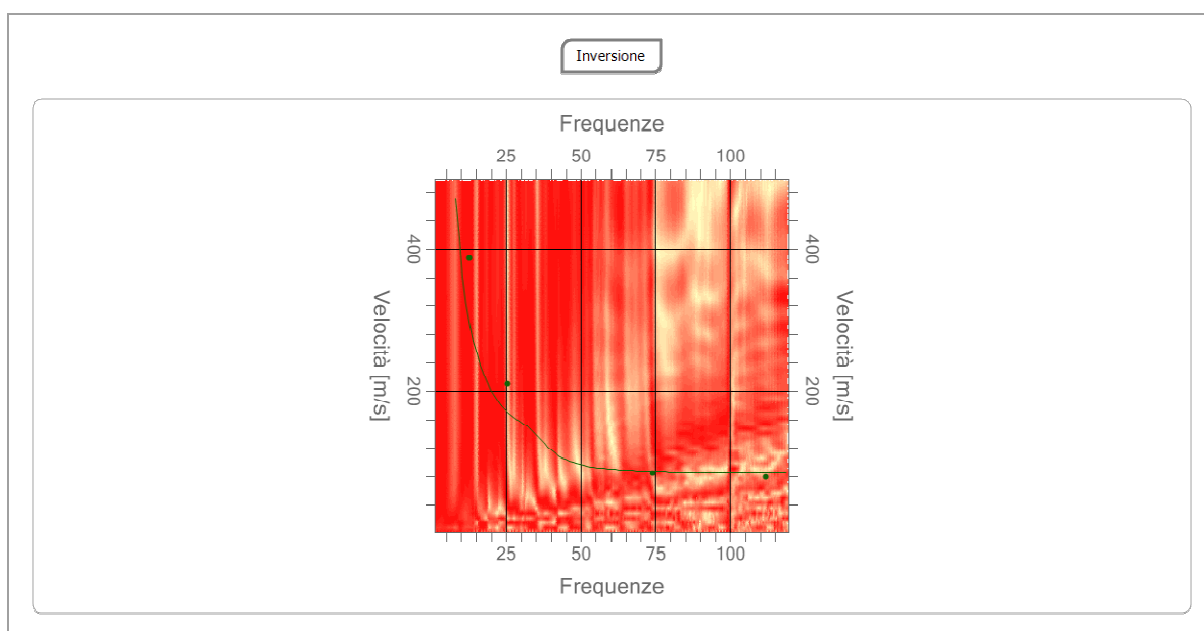
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficient e Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.00	1.00	1700.0	0.30	No	172.5	92.2
2		4.00	3.00	1800.0	0.28	No	376.0	207.8
3		9.00	5.00	1900.0	0.27	No	584.8	328.3
4		16.00	7.00	2000.0	0.24	No	749.2	438.2
5		43.04	27.04	2100.0	0.23	No	1314.7	778.5
6		∞	∞	2200.0	0.22	No	1515.9	908.3

Percentuale di errore

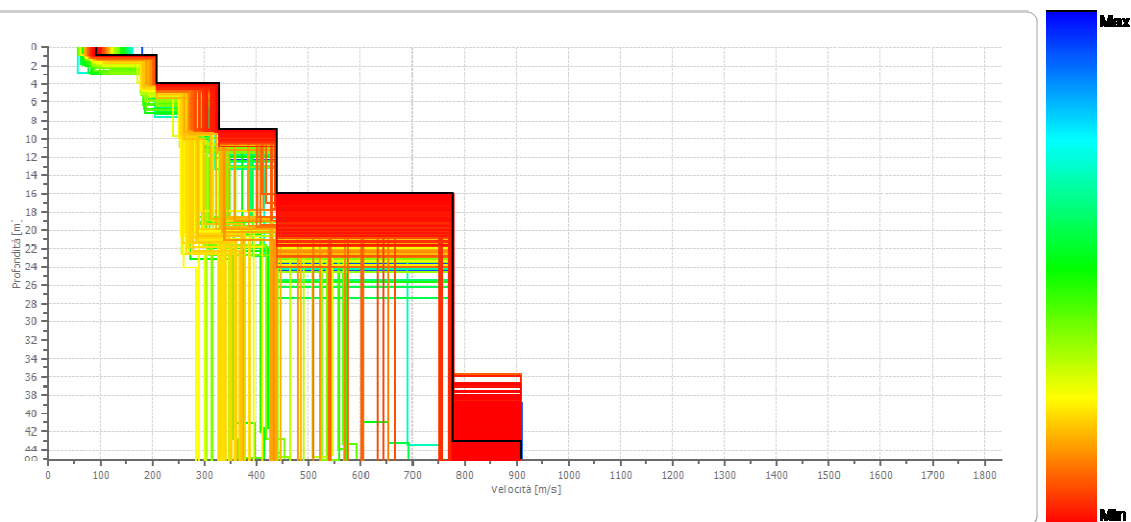
5.160 %

Fattore di disadattamento della soluzione

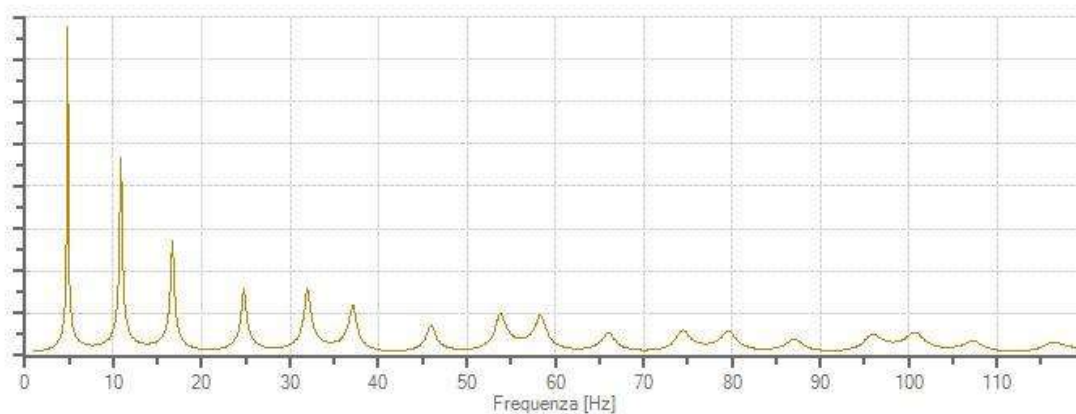
0.161



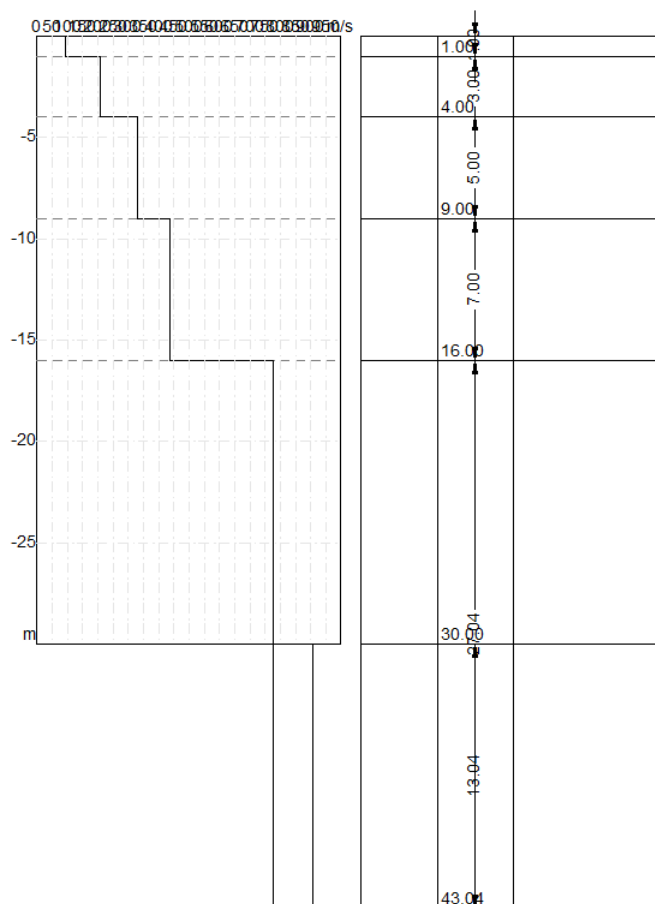
Profilo di velocità



Funzione di trasferimento







### Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	402.85
Categoria del suolo	B

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

### Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.00	1.00	92.21	172.51	1700.00	0.30	14.46	50.59	31.32	37.58	12	15.54
2	4.00	3.00	207.82	375.96	1800.00	0.28	77.74	254.42	150.77	199.01	N/A	922.10
3	9.00	5.00	328.28	584.85	1900.00	0.27	204.76	649.89	376.87	520.09	N/A	N/A
4	16.00	7.00	438.21	749.21	2000.00	0.24	384.05	1122.62	610.55	952.45	N/A	N/A
5	43.04	27.04	778.48	1314.65	2100.00	0.23	1272.67	3629.47	1932.57	3130.77	N/A	N/A
6	oo	oo	908.27	1515.94	2200.00	0.22	1814.90	5055.78	2635.92	4428.35	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;  
 Ey: Modulo di Young.

#### **5.04.01) Foto Ubicazione prova Masw02**



## 5.05) DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO D.M. 17/01/2018

Al fine di definire l'azione sismica di progetto è necessario classificare i terreni compresi tra il piano di imposta delle fondazioni e il substrato rigido di riferimento (bedrock).

La classificazione si basa sulla stima dei valori di velocità media delle onde di Taglio Vs nei primi 30 metri di profondità dal piano di posa delle fondazioni.

Si è pervenuti ad una Vs che individua la categoria di sottosuolo di fondazione così come espresso dal D.M. 17/01/2018 mediante la seguente tabella:

**Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo**

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 metri</i>
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 e 800 m/s.</i>
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 e 360 m/s.</i>
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
<b>E</b>	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D con profondità del substrato non superiore a 30 metri.</i>

Nel caso in esame, nei sondaggi sismici eseguiti, la  $V_{s,eq}$  ottenuta, applicando la seguente formula

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}} \quad [3.2.1]$$

in cui:

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

hi = spessore (metri) dello i-esimo strato.

Vi = velocità dell'onda di taglio nello i-esimo strato.

N = numero di strati.

a partire dalla superficie la  $V_{s,eq}$  ( $V_{s,30}$ ) risulta pari a **355.27 m/s** nella Masw01 e **402.85 m/s** nella Masw02 corrispondente quindi ad una **categoria di sottosuolo di tipo C nella masw01 e tipo B nella masw02**; il tutto secondo quanto detto dal D.M. 17 gennaio 2018.

Pertanto dal quadro geofisico emerso dal seguente studio, il sito in esame rientra nella **Categoria C** (Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 e 360 m/s.) nel sito della Masw01 e nella **Categoria B** (Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 e 800 m/s) nel sito della Masw02.

## 6.0) PROVA SISMICA HVSR

### 6.01) CARATTERIZZAZIONE SISMICA

In riferimento all'Ordinanza P.C.M. 20 marzo 2003, n°3274 (e successive modifiche ed integrazione) inerente a *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"* il territorio comunale di Rosolini è classificato come zona sismica di II Categoria.

Secondo quanto previsto dal D.M. 17 gennaio 2018 si è provveduto alla caratterizzazione sismica dei terreni di fondazione su cui saranno realizzati i lavori di cui all'oggetto come indicato nel paragrafo 3 sottoparagrafo 3.2.2 del suddetto D.M..

A tal proposito è stata eseguita la misura delle onde di taglio S mediante metodologia sismica passiva con misura di rumore sismico di fondo (Microtremore) per la stima delle onde sismiche di taglio Vs e la frequenza di risonanza dei terreni per una microzonizzazione dell'area con relativa definizione della categoria di suolo dell'area interessata dai lavori in progetto.

## 6.02) RAPPORTI SPETTRALI O HVSR

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.

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromografo digitale modello "SR04S3MT" a 24 bit della Sara Electronic Instruments; si tratta di uno strumento leggero e compatto in alta risoluzione adatto a tali misurazioni. Lo strumento racchiude al suo interno tre velocimetri elettrodinamici ortogonali tra loro ad alta definizione con intervallo di frequenza compreso tra 0.1 e 600 Hz. I dati vengono controllati e memorizzati attraverso l'uso di un personal computer.

L'HVSR consiste nello studio del rapporto spettrale tra la componente orizzontale del rumore e quella verticale (H/V spectrum). Il valore di tale rapporto è direttamente correlato con la frequenza di risonanza determinata tra due strati con una differenza significativa del contrasto di impedenza (velocità delle onde e densità del materiale). Considerando due strati con differente impedenza acustica, la frequenza di risonanza è legata allo spessore e alla velocità delle onde di taglio Vs del primo strato dalla seguente relazione:

$$f_0 = \frac{V_s}{4 * h}$$

V<sub>s</sub> = velocità delle onde S dello strato esaminato

h = spessore dello strato esaminato.

La tecnica HVSR è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli. Riconosciuta questa capacità e visto che le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVSR può essere in linea di principio usato come strumento stratigrafico.

## 6.03) Cenni sulla teoria della tecnica HVSR

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo Vs30 attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del suddetto progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.



Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo Vs30.

#### 6.04) PLANIMETRIA CON UBICAZIONE PROVE HVSR



Ubicazione delle prove sismiche passive HVSR01-02-03-04-05 e 06

**6.04.01) PROVA SISMICA PASSIVA HVSR01**

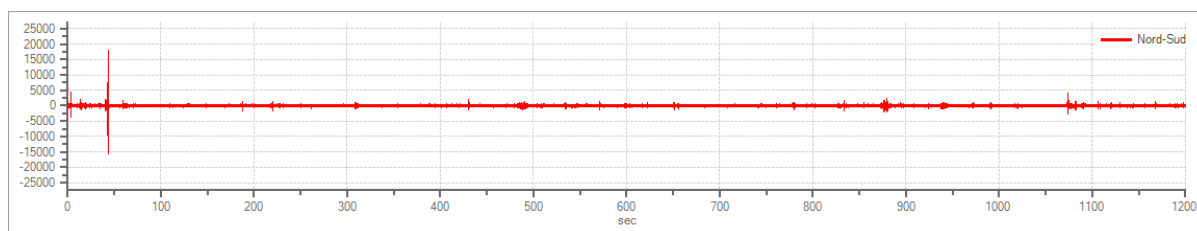
La prova n°1 di sismica passiva a stazione singola, è stata eseguita lungo Via Manzoni angolo Via Canova, all'interno del percorso del collettore delle acque bianche che si dovrà realizzare, nel comune di Rosolini ad una quota di circa 145.00 metri s.l.m. (per la sua ubicazione vedasi planimetria allegata). Di seguito si espongono i seguenti risultati:



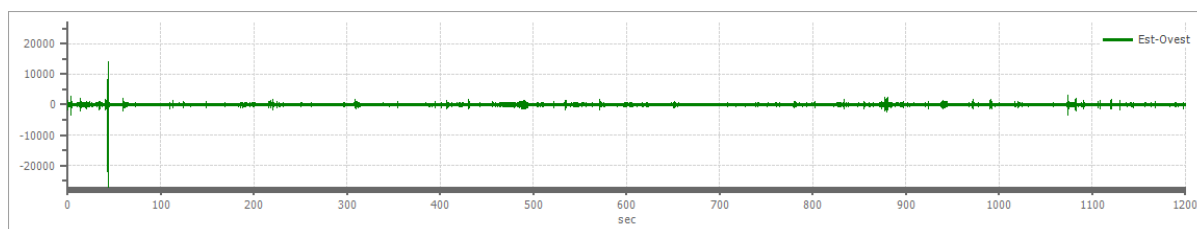
Ubicazione della prova sismica passiva HVSR01

**PROVA HVSR01**Dati riepilogativi:

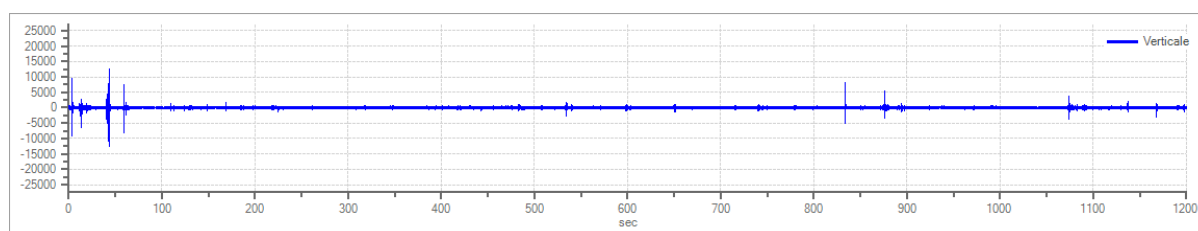
Numero tracce:	3
Durata registrazione:	1200 s
Frequenza di campionamento:	600.00 Hz
Numero campioni:	720000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

Grafici tracce:

Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

### Finestre selezionate

#### Dati riepilogativi:

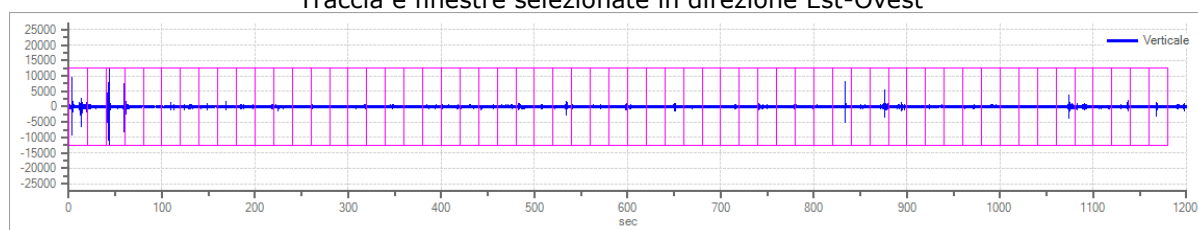
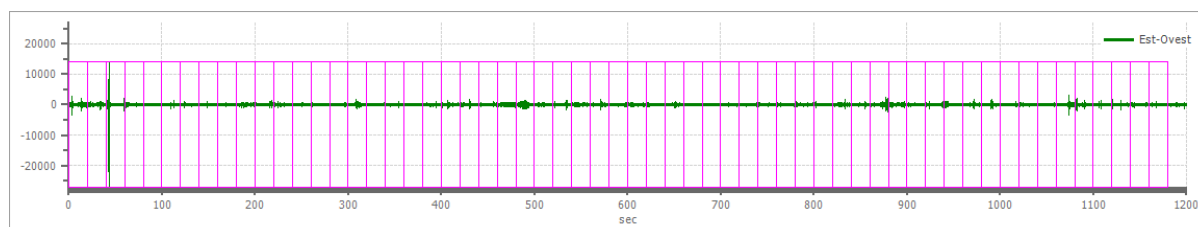
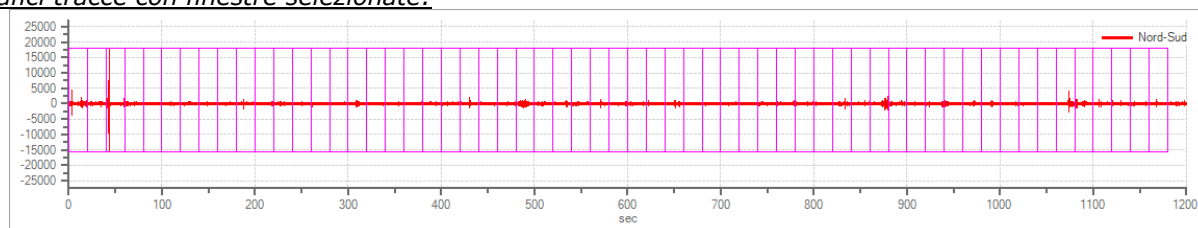
Numero totale finestre selezionate: 59  
 Numero finestre incluse nel calcolo: 59  
 Dimensione temporale finestre: 20.000 s  
 Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi  
 Percentuale di lisciamento: 10.00 %  
 Coefficiente di banda: 40.00

#### Tabella finestre:

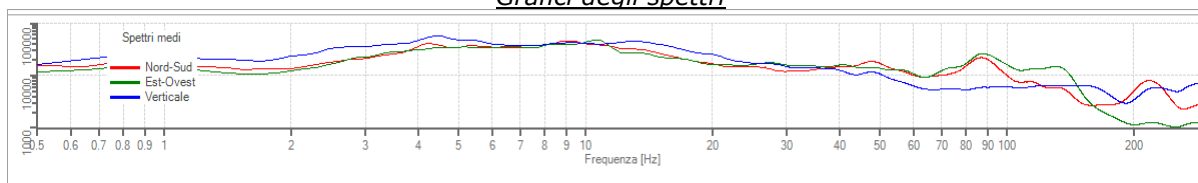
Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20	Inclusa
2	20	40	Inclusa
3	40	60	Inclusa
4	60	80	Inclusa
5	80	100	Inclusa
6	100	120	Inclusa
7	120	140	Inclusa
8	140	160	Inclusa
9	160	180	Inclusa
10	180	200	Inclusa
11	200	220	Inclusa
12	220	240	Inclusa
13	240	260	Inclusa
14	260	280	Inclusa
15	280	300	Inclusa
16	300	320	Inclusa
17	320	340	Inclusa
18	340	360	Inclusa
19	360	380	Inclusa
20	380	400	Inclusa
21	400	420	Inclusa
22	420	440	Inclusa
23	440	460	Inclusa
24	460	480	Inclusa
25	480	500	Inclusa
26	500	520	Inclusa
27	520	540	Inclusa
28	540	560	Inclusa
29	560	580	Inclusa
30	580	600	Inclusa
31	600	620	Inclusa
32	620	640	Inclusa
33	640	660	Inclusa
34	660	680	Inclusa
35	680	700	Inclusa
36	700	720	Inclusa
37	720	740	Inclusa
38	740	760	Inclusa

39	760	780	Inclusa
40	780	800	Inclusa
41	800	820	Inclusa
42	820	840	Inclusa
43	840	860	Inclusa
44	860	880	Inclusa
45	880	900	Inclusa
46	900	920	Inclusa
47	920	940	Inclusa
48	940	960	Inclusa
49	960	980	Inclusa
50	980	1000	Inclusa
51	1000	1020	Inclusa
52	1020	1040	Inclusa
53	1040	1060	Inclusa
54	1060	1080	Inclusa
55	1080	1100	Inclusa
56	1100	1120	Inclusa
57	1120	1140	Inclusa
58	1140	1160	Inclusa
59	1160	1180	Inclusa

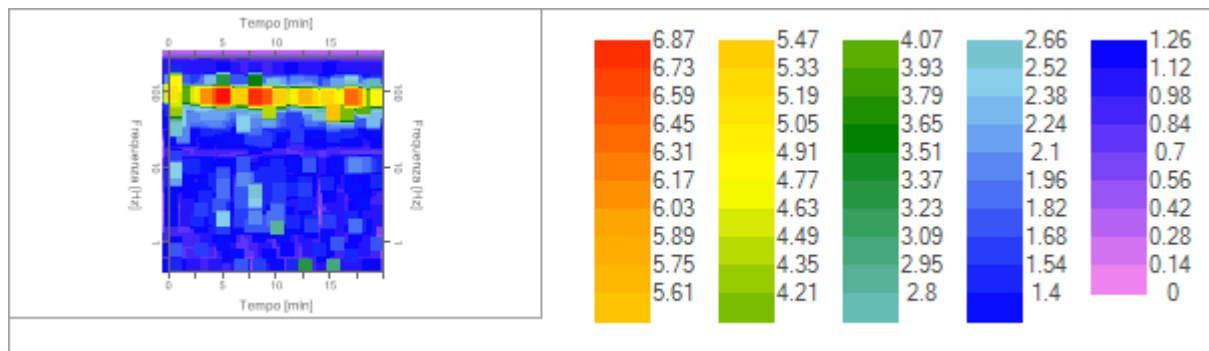
Grafici tracce con finestre selezionate:



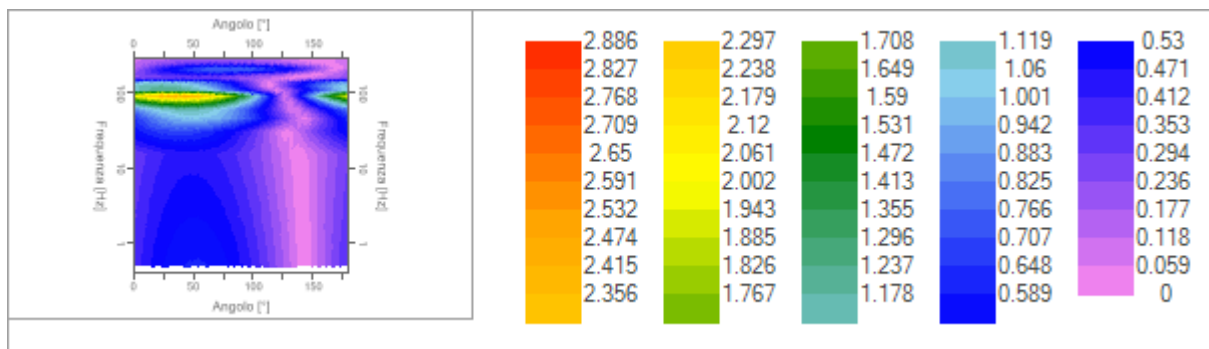
Grafici degli spettri







Mappe della stazionarietà degli spettri



Mappe della direzionalità degli spettri

### Rapporto spettrale H/V

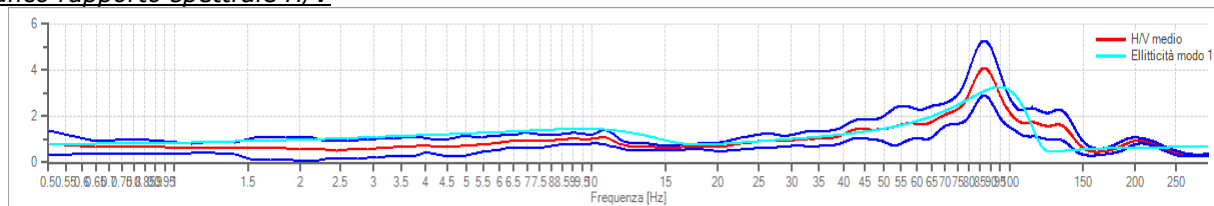
#### Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 299.40 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 aritmetica

#### Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 87.05 Hz  $\pm 0.29$  Hz

#### Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

#### 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 $f_0 > 0.5H$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	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

$$A_0 > 2$$

$$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

Ok

Ok

Ok

Ok

#### 6.04.02) PROVA SISMICA PASSIVA HVSR02

La prova n°2 di sismica passiva a stazione singola, è stata eseguita lungo Via Manzoni angolo Via Dante Alighieri, all'interno del percorso del collettore delle acque bianche che si dovrà realizzare, nel comune di Rosolini ad una quota di circa 144.00 metri s.l.m. (per la sua ubicazione vedasi planimetria allegata). Di seguito si espongono i seguenti risultati:



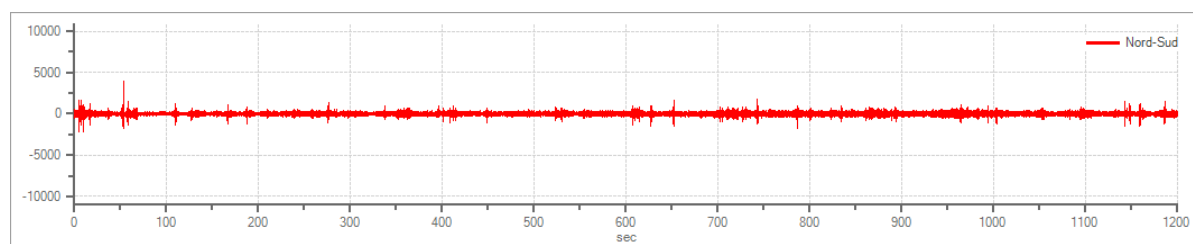
Ubicazione della prova sismica passiva HVSR02

#### PROVA HVSR02

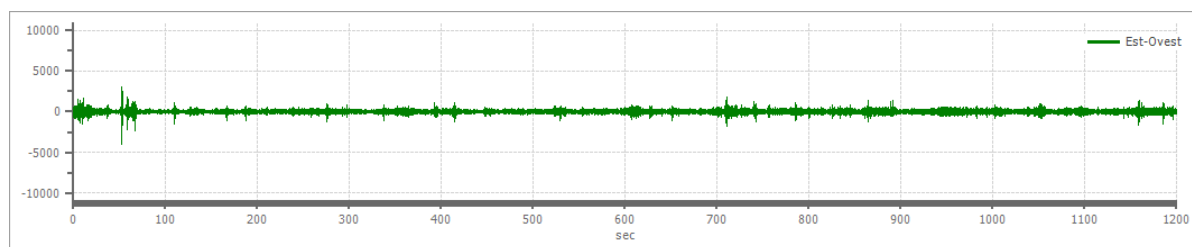
##### Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	1200 s
Frequenza di campionamento:	600.00 Hz
Numero campioni:	719995
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

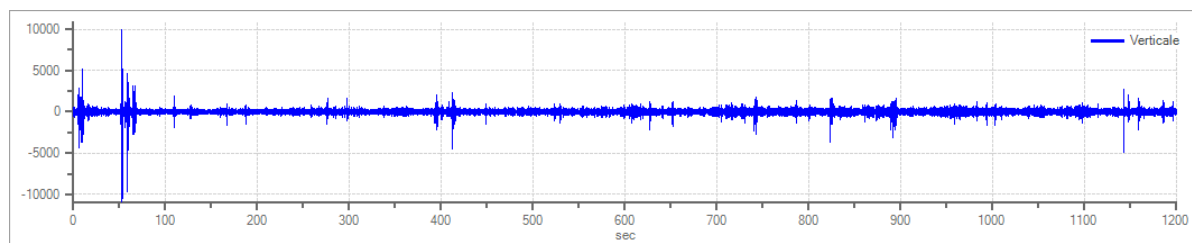
##### Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

### Finestre selezionate

#### Dati riepilogativi:

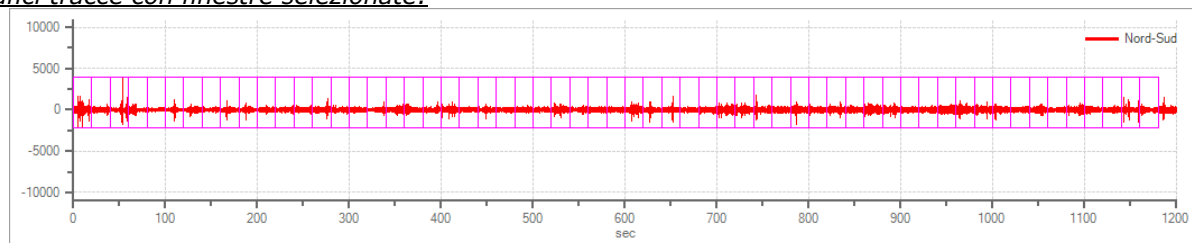
Numero totale finestre selezionate: 59  
 Numero finestre incluse nel calcolo: 59  
 Dimensione temporale finestre: 20.000 s  
 Tipo di lisciamento: Triangolare proporzionale  
 Percentuale di lisciamento: 10.00 %

#### Tabella finestre:

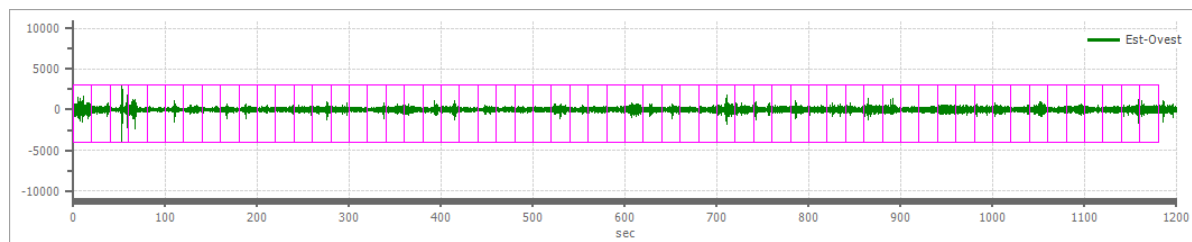
Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20	Inclusa
2	20	40	Inclusa
3	40	60	Inclusa
4	60	80	Inclusa
5	80	100	Inclusa
6	100	120	Inclusa
7	120	140	Inclusa
8	140	160	Inclusa
9	160	180	Inclusa
10	180	200	Inclusa
11	200	220	Inclusa
12	220	240	Inclusa
13	240	260	Inclusa
14	260	280	Inclusa
15	280	300	Inclusa
16	300	320	Inclusa
17	320	340	Inclusa
18	340	360	Inclusa
19	360	380	Inclusa
20	380	400	Inclusa
21	400	420	Inclusa
22	420	440	Inclusa
23	440	460	Inclusa
24	460	480	Inclusa
25	480	500	Inclusa
26	500	520	Inclusa
27	520	540	Inclusa
28	540	560	Inclusa
29	560	580	Inclusa

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

Grafici tracce con finestre selezionate:

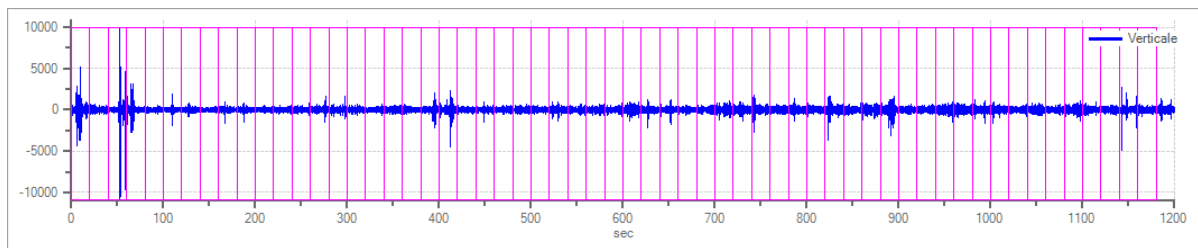


Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

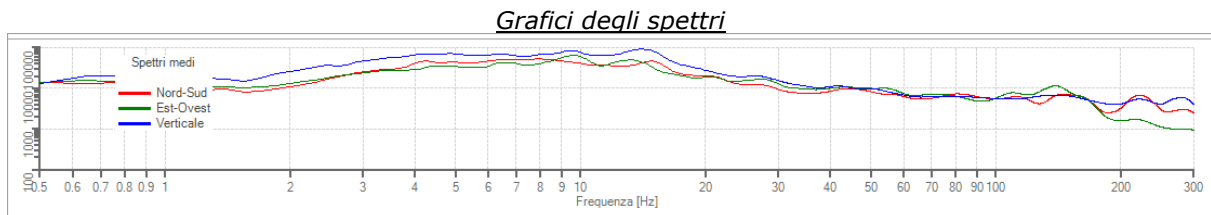


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

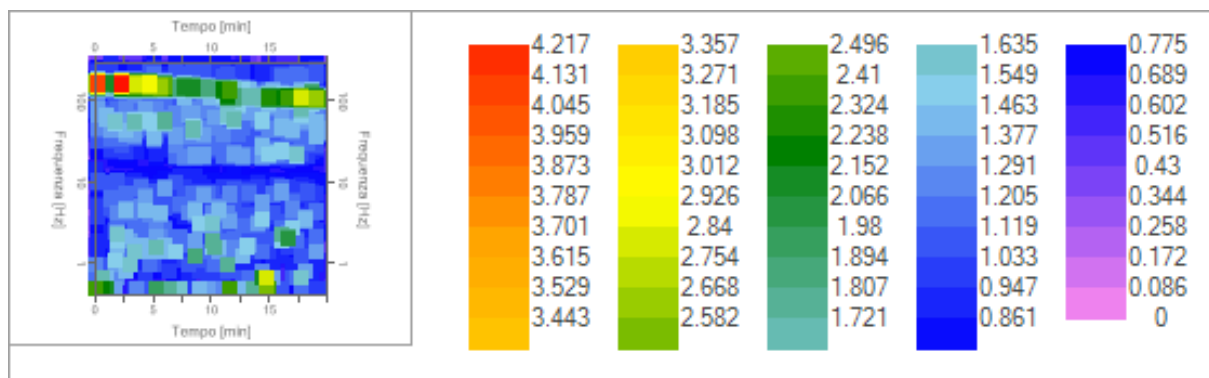




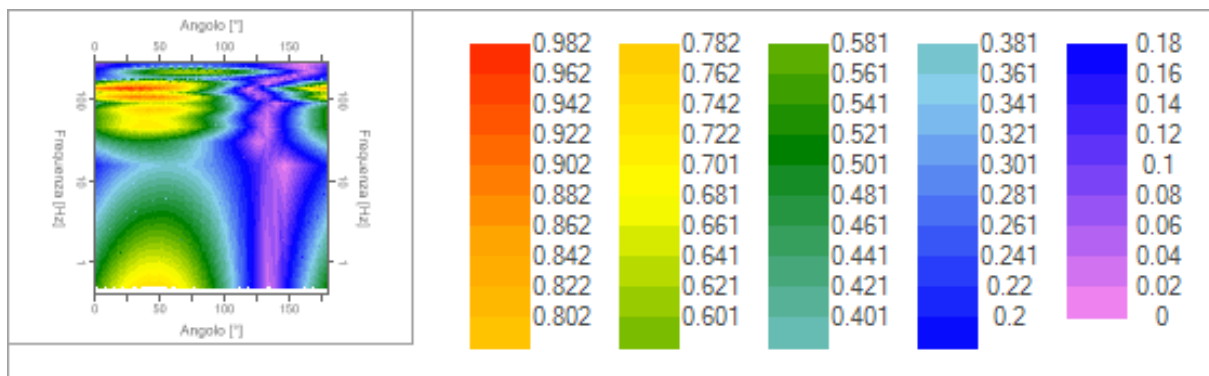
Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

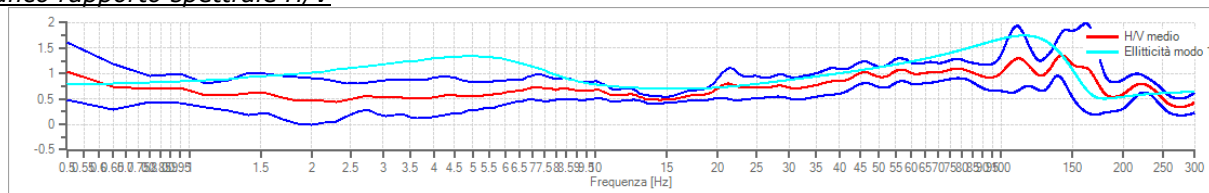
### Rapporto spettrale H/V

#### Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 300.00 Hz  
 Frequenza minima: 0.50 Hz  
 Passo frequenze: 0.15 Hz  
 Tipo lisciamento:: Triangolare proporzionale  
 Percentuale di lisciamento: 10.00 %  
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

#### Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 140.75 Hz  $\pm 0.33$  Hz

Grafico rapporto spettrale H/V

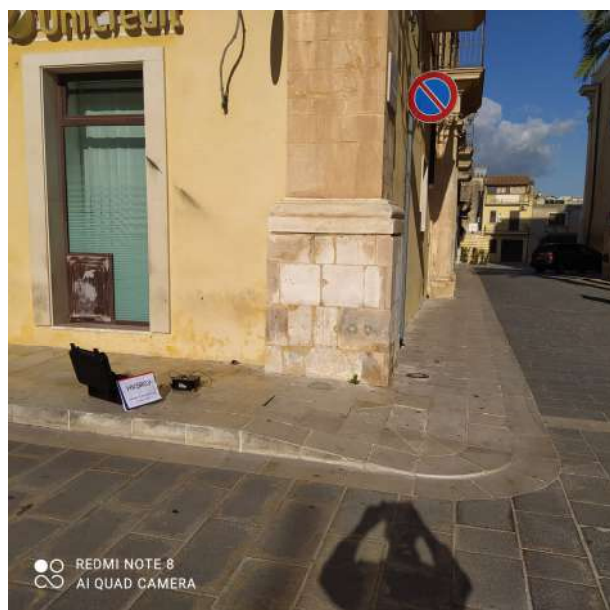
Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

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 $f_0 > 0.5H$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	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
$A_0 > 2$	Non superato
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Non superato
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

**6.04.03) PROVA SISMICA PASSIVA HVSR03**

La prova n°3 di sismica passiva a stazione singola, è stata eseguita lungo Via Manzoni angolo Via Calafarina, all'interno del percorso del collettore delle acque bianche che si dovrà realizzare, nel comune di Rosolini ad una quota di circa 140.00 metri s.l.m. (per la sua ubicazione vedasi planimetria allegata). Di seguito si espongono i seguenti risultati



Ubicazione della prova sismica passiva HVSR03

**PROVA HVSR03**Dati riepilogativi:

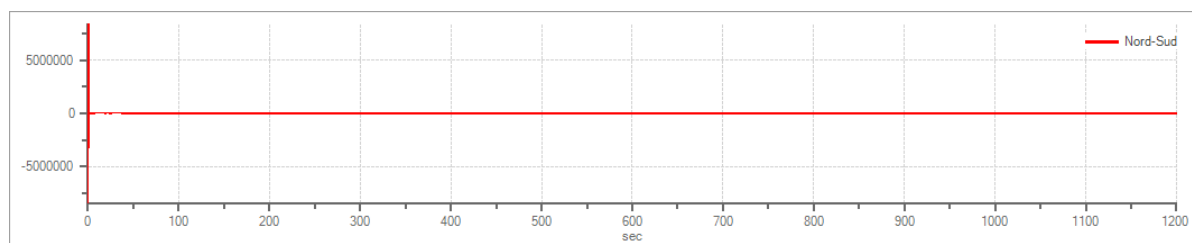
Numero tracce:

3

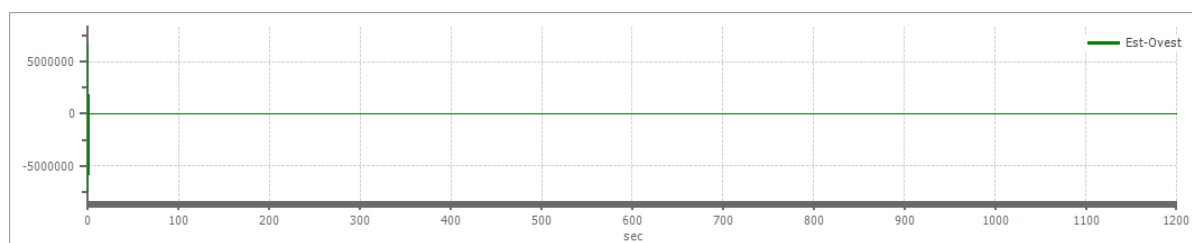


Durata registrazione: 1200 s  
Frequenza di campionamento: 600.00 Hz  
Numero campioni: 720000  
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

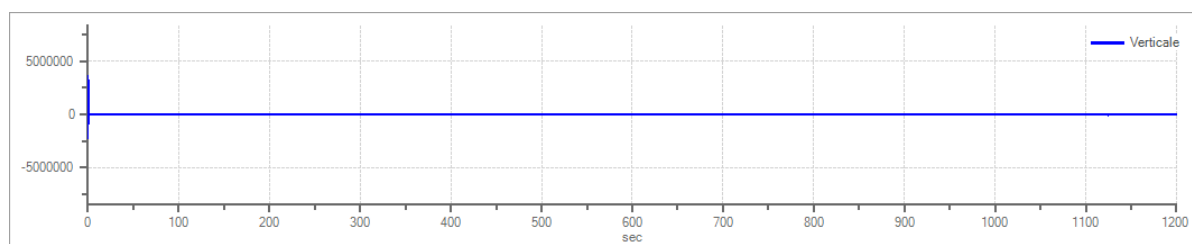
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

**Finestre selezionate**

Dati riepilogativi:

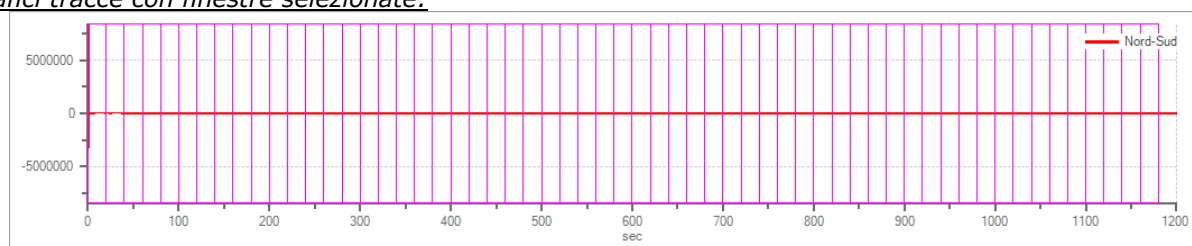
Numero totale finestre selezionate: 59  
Numero finestre incluse nel calcolo: 59  
Dimensione temporale finestre: 20.000 s  
Tipo di lisciamiento: Konno & Ohmachi  
Percentuale di lisciamiento: 10.00 %  
Coefficiente di banda: 40.00

Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20	Inclusa
2	20	40	Inclusa
3	40	60	Inclusa
4	60	80	Inclusa
5	80	100	Inclusa
6	100	120	Inclusa
7	120	140	Inclusa
8	140	160	Inclusa
9	160	180	Inclusa
10	180	200	Inclusa
11	200	220	Inclusa

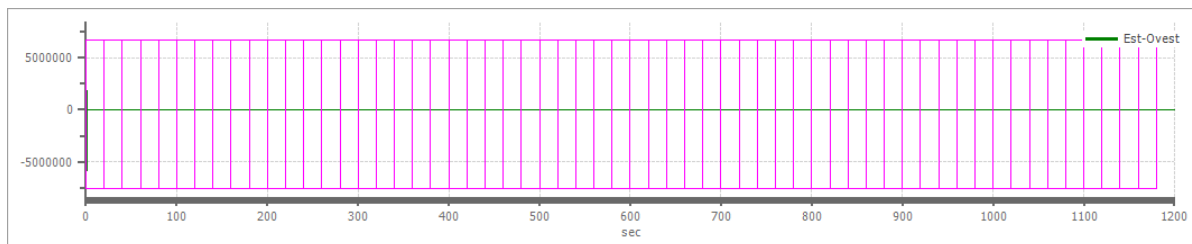
12	220	240	Inclusa
13	240	260	Inclusa
14	260	280	Inclusa
15	280	300	Inclusa
16	300	320	Inclusa
17	320	340	Inclusa
18	340	360	Inclusa
19	360	380	Inclusa
20	380	400	Inclusa
21	400	420	Inclusa
22	420	440	Inclusa
23	440	460	Inclusa
24	460	480	Inclusa
25	480	500	Inclusa
26	500	520	Inclusa
27	520	540	Inclusa
28	540	560	Inclusa
29	560	580	Inclusa
30	580	600	Inclusa
31	600	620	Inclusa
32	620	640	Inclusa
33	640	660	Inclusa
34	660	680	Inclusa
35	680	700	Inclusa
36	700	720	Inclusa
37	720	740	Inclusa
38	740	760	Inclusa
39	760	780	Inclusa
40	780	800	Inclusa
41	800	820	Inclusa
42	820	840	Inclusa
43	840	860	Inclusa
44	860	880	Inclusa
45	880	900	Inclusa
46	900	920	Inclusa
47	920	940	Inclusa
48	940	960	Inclusa
49	960	980	Inclusa
50	980	1000	Inclusa
51	1000	1020	Inclusa
52	1020	1040	Inclusa
53	1040	1060	Inclusa
54	1060	1080	Inclusa
55	1080	1100	Inclusa
56	1100	1120	Inclusa
57	1120	1140	Inclusa
58	1140	1160	Inclusa
59	1160	1180	Inclusa

Grafici tracce con finestre selezionate:

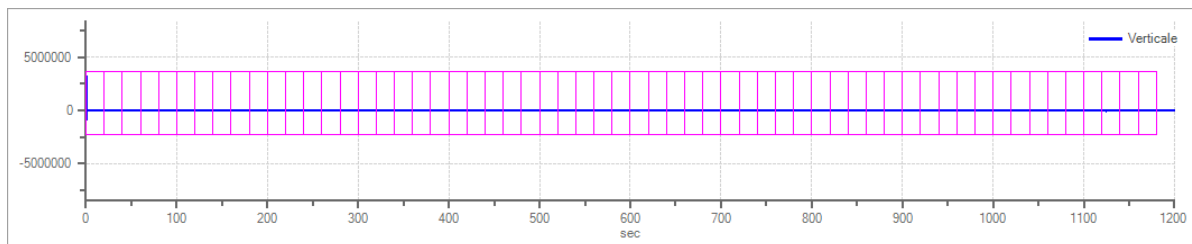


Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud



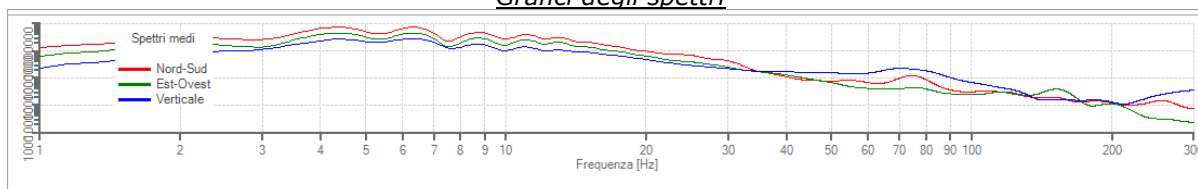


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

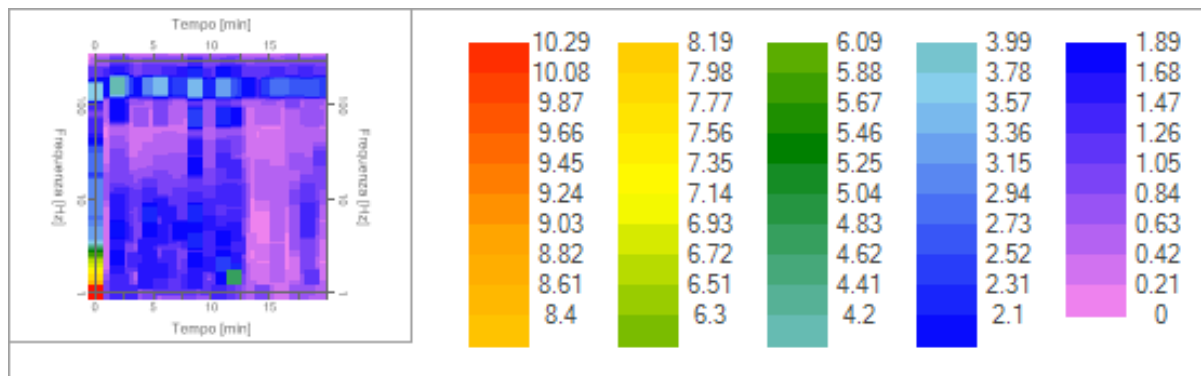


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

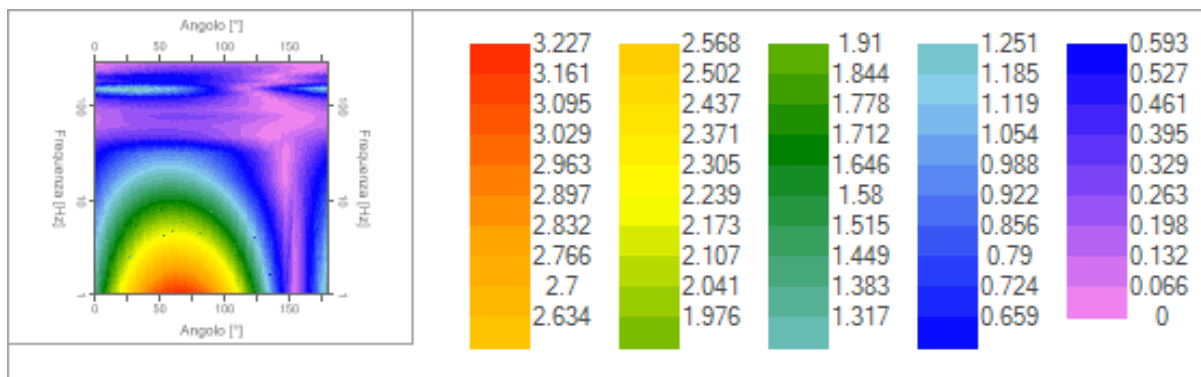
### Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

## Rapporto spettrale H/V

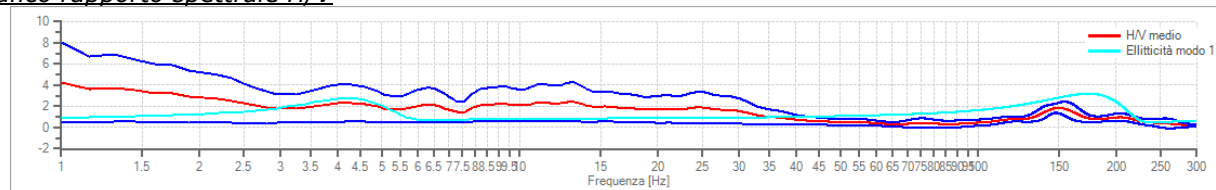
### Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 300.00 Hz  
 Frequenza minima: 1.00 Hz  
 Passo frequenze: 0.15 Hz  
 Tipo liscioamento:: Konno & Ohmachi  
 Percentuale di liscioamento: 10.00 %  
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

### Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 1.00 Hz  $\pm 0.88$  Hz

### Grafico rapporto spettrale H/V



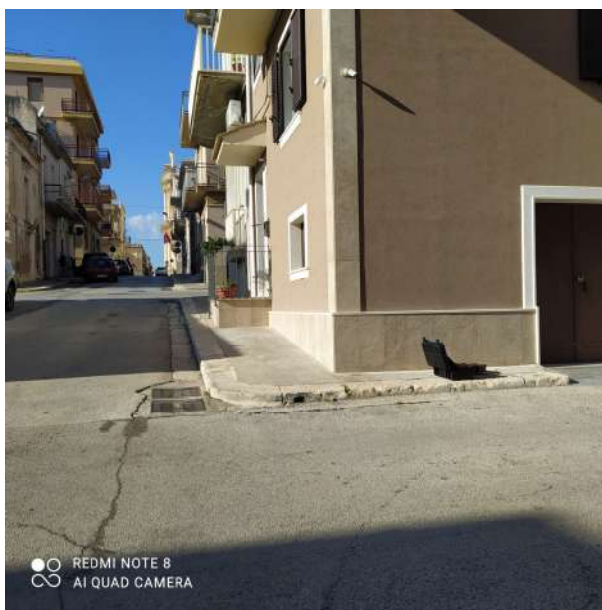
Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

### 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 $f_0 > 0.5H$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	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

## 6.04.04) PROVA SISMICA PASSIVA HVSR04

La prova n°4 di sismica passiva a stazione singola, è stata eseguita lungo Via Manzoni angolo Via Arco Piccolo, all'interno del percorso del collettore delle acque bianche che si dovrà realizzare, nel comune di Rosolini ad una quota di circa 130.00 metri s.l.m. (per la sua ubicazione vedasi planimetria allegata). Di seguito si espongono i seguenti risultati:



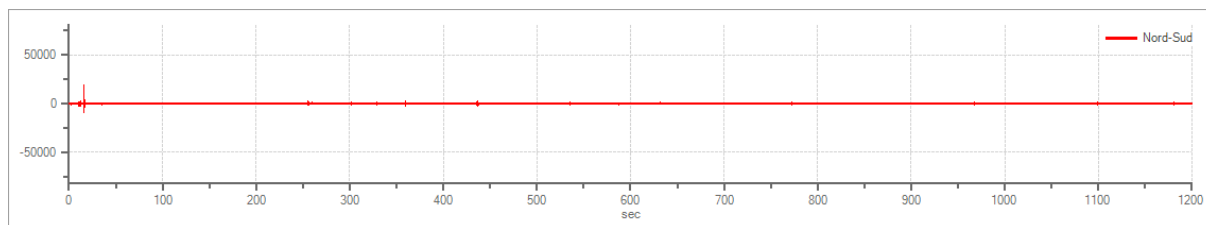
Ubicazione della prova sismica passiva HVSRO4

#### PROVA HVSRO4

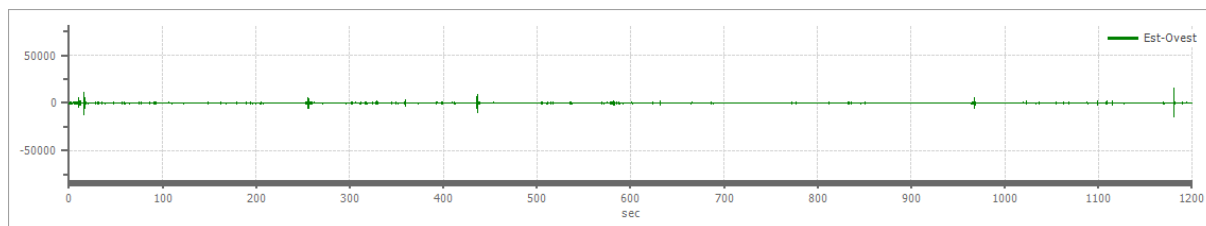
##### Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	1200 s
Frequenza di campionamento:	600.00 Hz
Numero campioni:	720000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

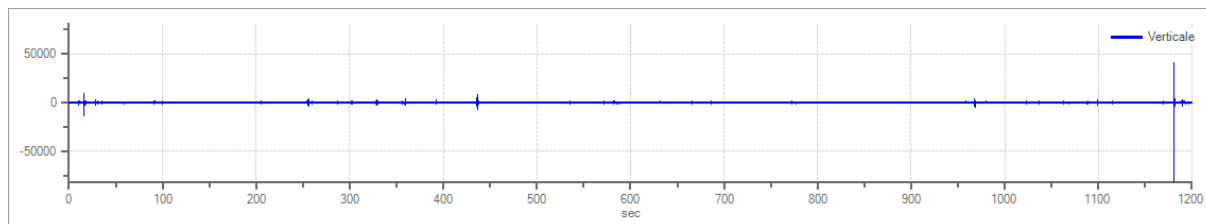
##### Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale



### Finestre selezionate

Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 59  
Numero finestre incluse nel calcolo: 59  
Dimensione temporale finestre: 20.000 s  
Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi  
Percentuale di lisciamento: 10.00 %  
Coefficiente di banda: 40.00

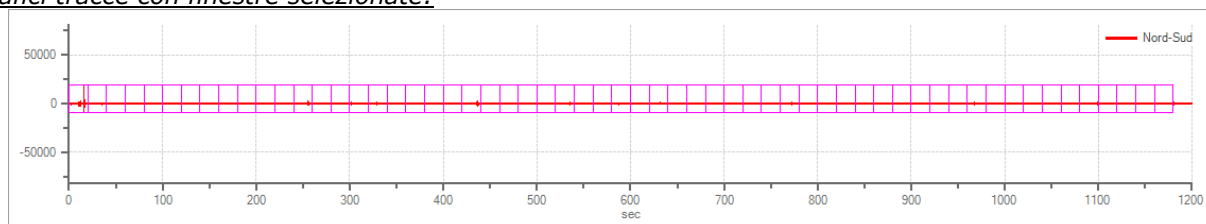
Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20	Inclusa
2	20	40	Inclusa
3	40	60	Inclusa
4	60	80	Inclusa
5	80	100	Inclusa
6	100	120	Inclusa
7	120	140	Inclusa
8	140	160	Inclusa
9	160	180	Inclusa
10	180	200	Inclusa
11	200	220	Inclusa
12	220	240	Inclusa
13	240	260	Inclusa
14	260	280	Inclusa
15	280	300	Inclusa
16	300	320	Inclusa
17	320	340	Inclusa
18	340	360	Inclusa
19	360	380	Inclusa
20	380	400	Inclusa
21	400	420	Inclusa
22	420	440	Inclusa
23	440	460	Inclusa
24	460	480	Inclusa
25	480	500	Inclusa
26	500	520	Inclusa
27	520	540	Inclusa
28	540	560	Inclusa
29	560	580	Inclusa
30	580	600	Inclusa
31	600	620	Inclusa
32	620	640	Inclusa
33	640	660	Inclusa
34	660	680	Inclusa
35	680	700	Inclusa
36	700	720	Inclusa
37	720	740	Inclusa
38	740	760	Inclusa
39	760	780	Inclusa
40	780	800	Inclusa
41	800	820	Inclusa
42	820	840	Inclusa
43	840	860	Inclusa
44	860	880	Inclusa
45	880	900	Inclusa
46	900	920	Inclusa
47	920	940	Inclusa

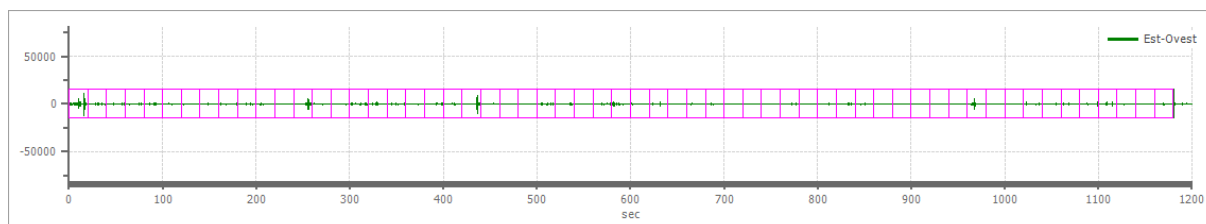


48	940	960	Inclusa
49	960	980	Inclusa
50	980	1000	Inclusa
51	1000	1020	Inclusa
52	1020	1040	Inclusa
53	1040	1060	Inclusa
54	1060	1080	Inclusa
55	1080	1100	Inclusa
56	1100	1120	Inclusa
57	1120	1140	Inclusa
58	1140	1160	Inclusa
59	1160	1180	Inclusa

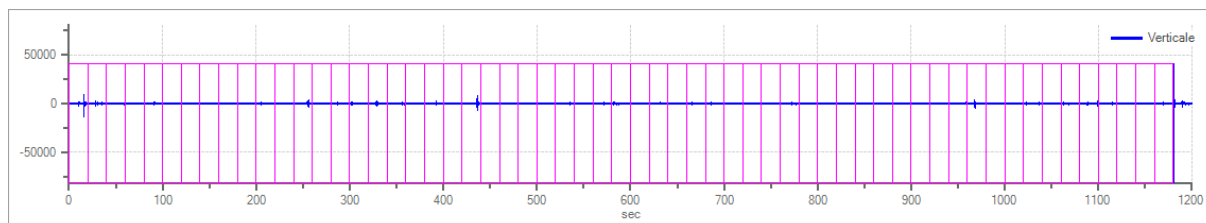
#### Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

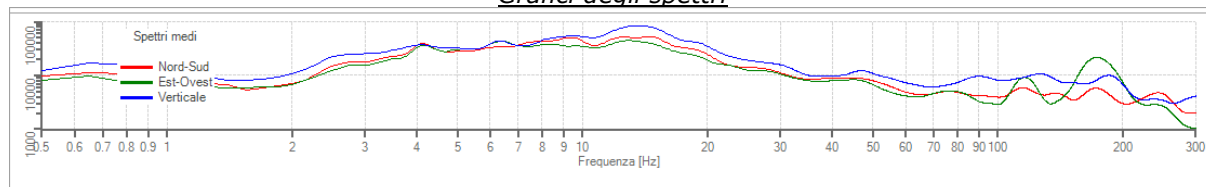


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

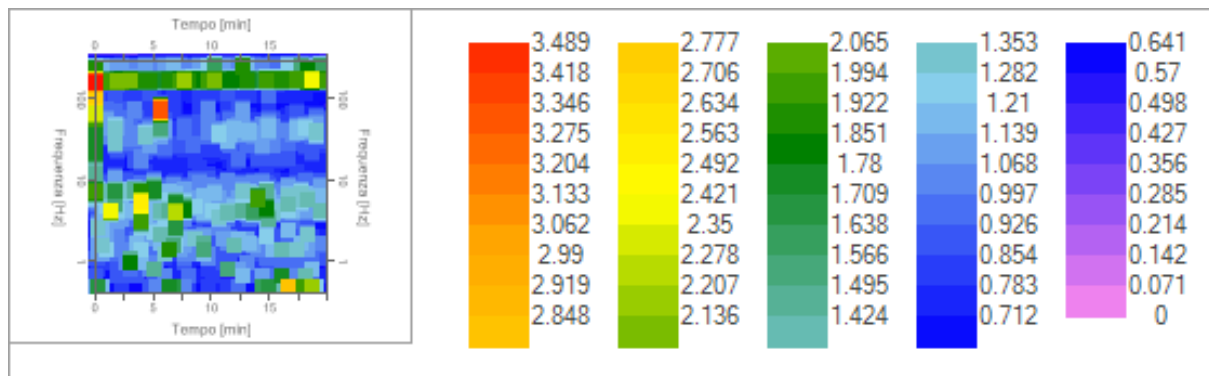


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

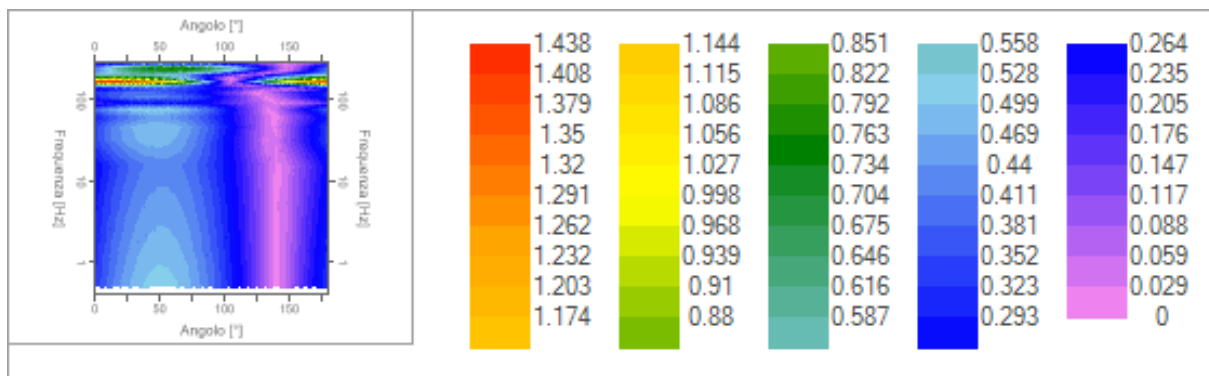
#### Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mapa della stazionarietà degli spettri



Mapa della direzionalità degli spettri

### Rapporto spettrale H/V

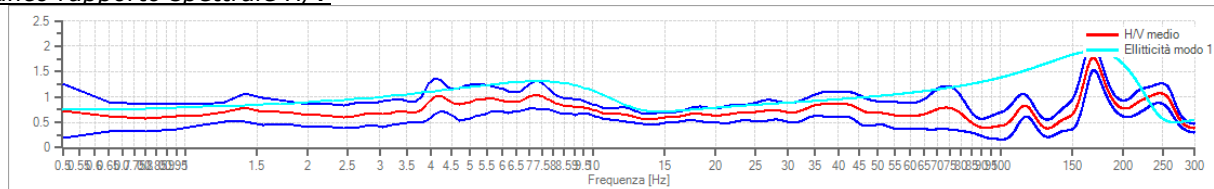
#### Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 300.00 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 aritmetica

#### Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 168.95 Hz  $\pm 0.14$  Hz

#### Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

#### 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 $f_0 > 0.5H$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

$$A_0 > 2$$

$$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

Ok

Non superato

Ok

Ok

Ok

#### 6.04.05) PROVA SISMICA PASSIVA HVSR05

La prova n°5 di sismica passiva a stazione singola, è stata eseguita lungo Via Arco Piccolo angolo Via Monferrato, all'interno del percorso del collettore delle acque bianche che si dovrà realizzare, nel comune di Rosolini ad una quota di circa 130.00 metri s.l.m. (per la sua ubicazione vedasi planimetria allegata). Di seguito si espongono i seguenti risultati:



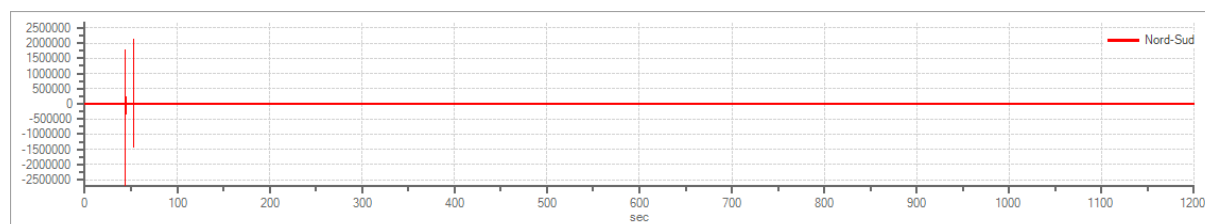
Ubicazione della prova sismica passiva HVSR05

#### PROVA HVSR05

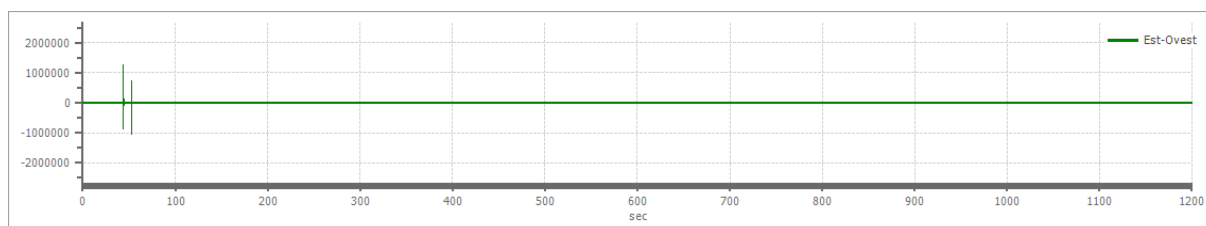
##### Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3  
 Durata registrazione: 1200 s  
 Frequenza di campionamento: 600.00 Hz  
 Numero campioni: 720000  
 Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

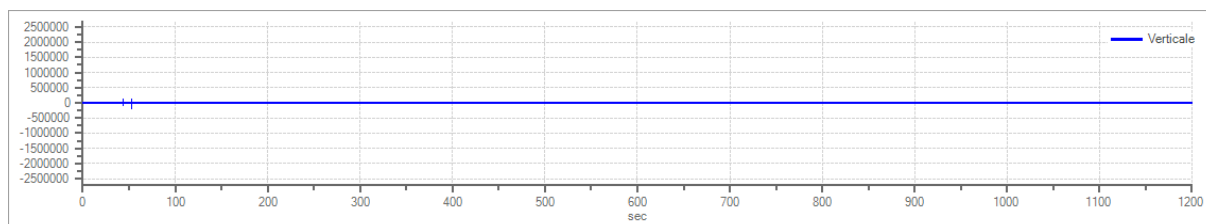
##### Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

### Finestre selezionate

#### Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 59  
Numero finestre incluse nel calcolo: 59  
Dimensione temporale finestre: 20.000 s  
Tipo di lisciamento: Konno & Ohmachi  
Percentuale di lisciamento: 10.00 %  
Coefficiente di banda: 40.00

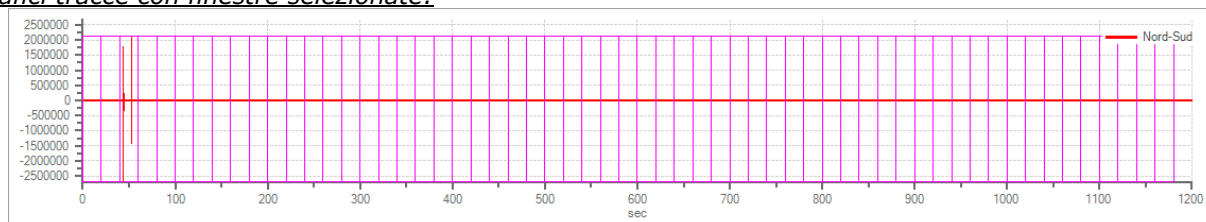
#### Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20	Inclusa
2	20	40	Inclusa
3	40	60	Inclusa
4	60	80	Inclusa
5	80	100	Inclusa
6	100	120	Inclusa
7	120	140	Inclusa
8	140	160	Inclusa
9	160	180	Inclusa
10	180	200	Inclusa
11	200	220	Inclusa
12	220	240	Inclusa
13	240	260	Inclusa
14	260	280	Inclusa
15	280	300	Inclusa
16	300	320	Inclusa
17	320	340	Inclusa
18	340	360	Inclusa
19	360	380	Inclusa
20	380	400	Inclusa
21	400	420	Inclusa
22	420	440	Inclusa
23	440	460	Inclusa
24	460	480	Inclusa
25	480	500	Inclusa
26	500	520	Inclusa
27	520	540	Inclusa
28	540	560	Inclusa
29	560	580	Inclusa

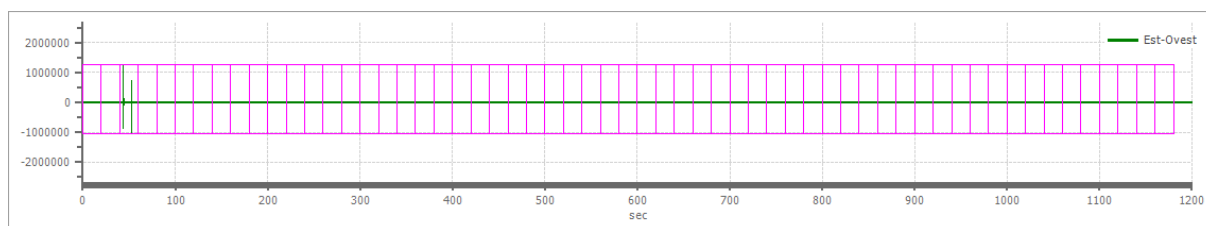


30	580	600	Inclusa
31	600	620	Inclusa
32	620	640	Inclusa
33	640	660	Inclusa
34	660	680	Inclusa
35	680	700	Inclusa
36	700	720	Inclusa
37	720	740	Inclusa
38	740	760	Inclusa
39	760	780	Inclusa
40	780	800	Inclusa
41	800	820	Inclusa
42	820	840	Inclusa
43	840	860	Inclusa
44	860	880	Inclusa
45	880	900	Inclusa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

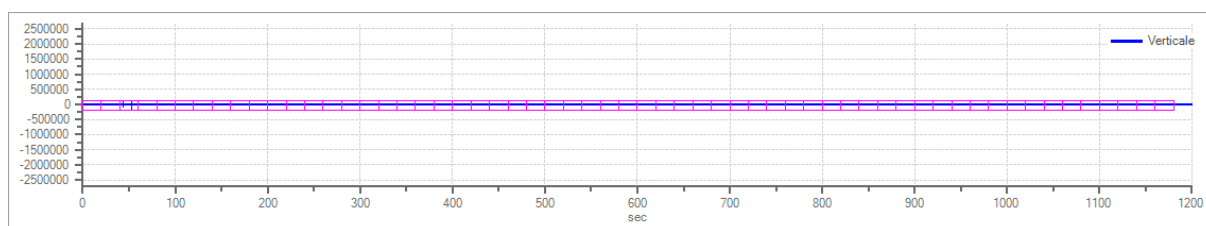
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

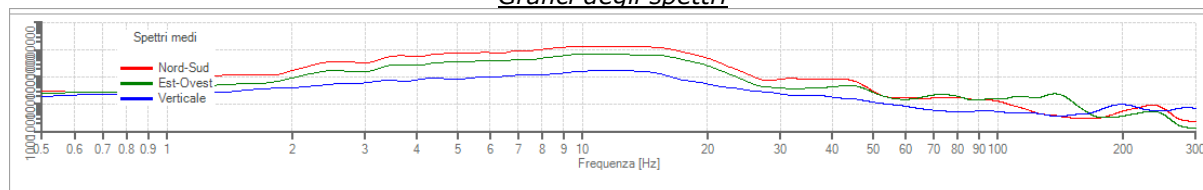


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

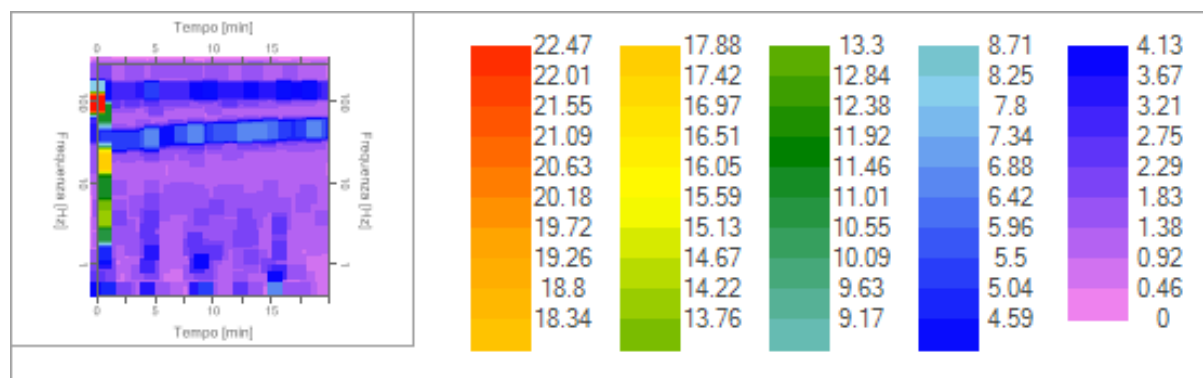


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

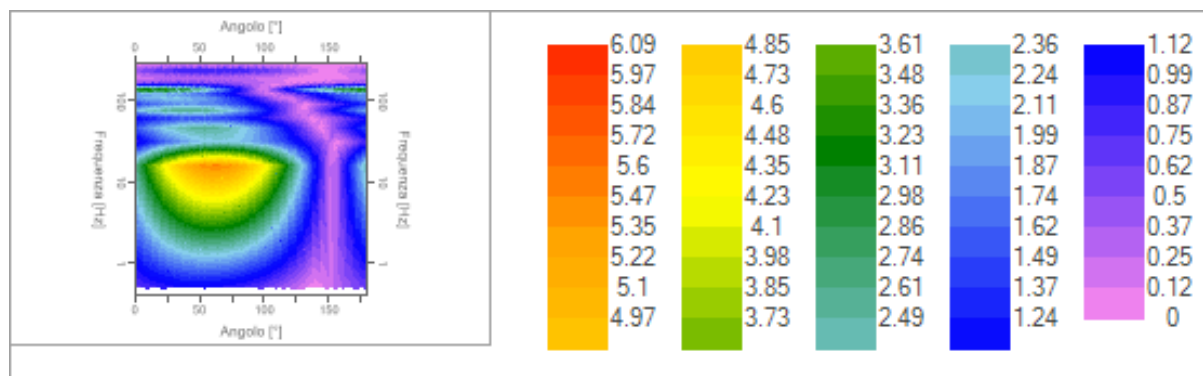
### Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

### Rapporto spettrale H/V

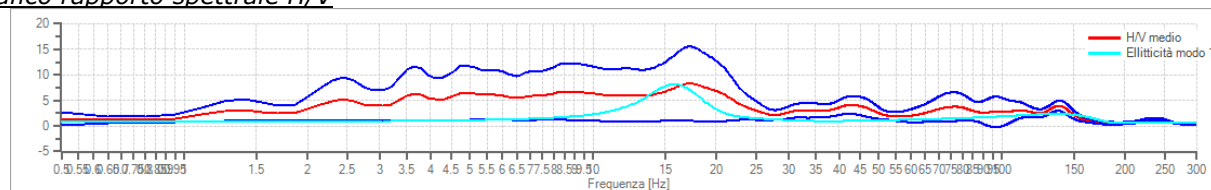
#### Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 300.00 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 aritmetica

#### Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 17.15 Hz  $\pm 0.89$  Hz

#### Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

### 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 $f_0 > 0.5H$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	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

### 6.04.06) PROVA SISMICA PASSIVA HVSR06

La prova n°6 di sismica passiva a stazione singola, è stata eseguita alla fine del tracciato, all'interno del percorso del collettore delle acque bianche che si dovrà realizzare, nel comune di Rosolini ad una quota di circa 115.00 metri s.l.m. (per la sua ubicazione vedasi planimetria allegata). Di seguito si espongono i seguenti risultati:



Ubicazione della prova sismica passiva HVSR06

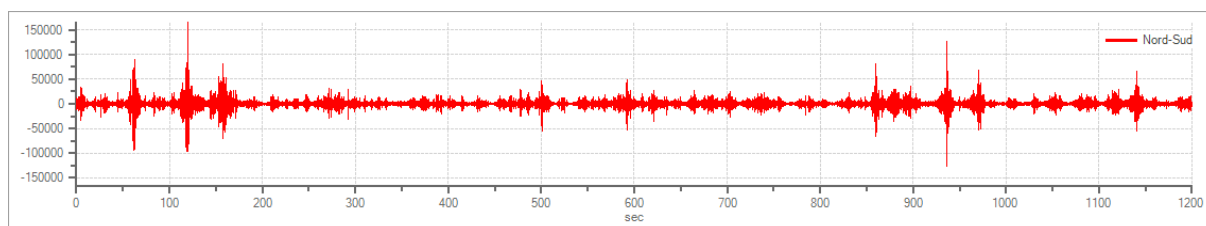
### PROVA HVSR06

#### Tracce in input

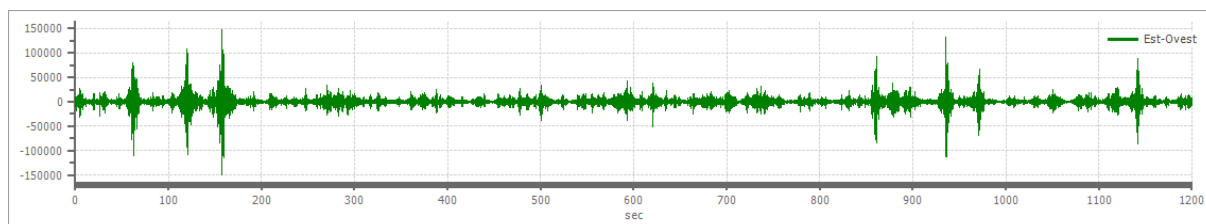
#### Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	1200 s
Frequenza di campionamento:	600.00 Hz
Numero campioni:	720000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

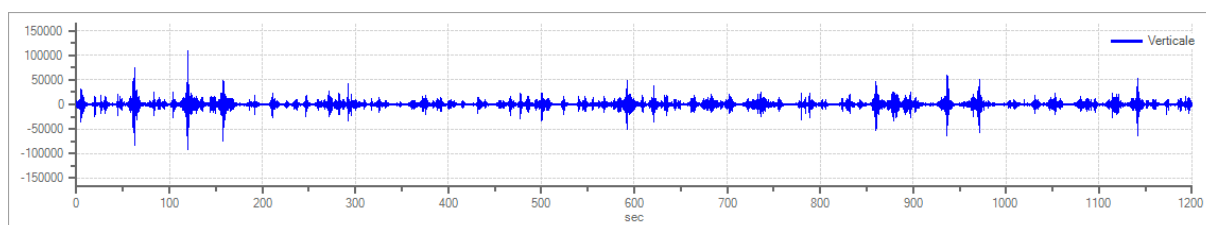
#### Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

### Finestre selezionate

#### Dati riepilogativi:

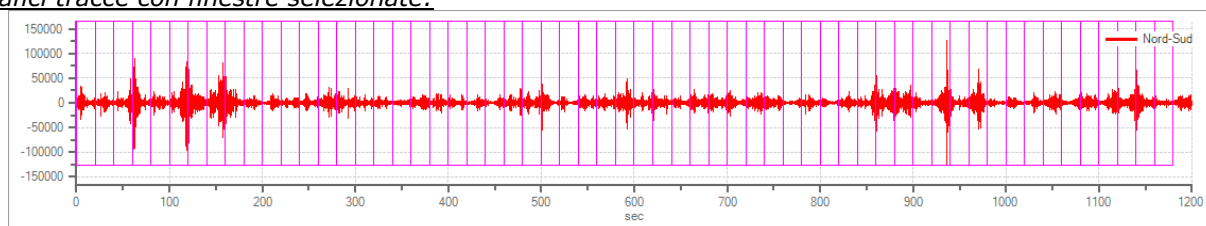
Numero totale finestre selezionate: 59  
 Numero finestre incluse nel calcolo: 59  
 Dimensione temporale finestre: 20.000 s  
 Tipo di liscio: Konno & Ohmachi  
 Percentuale di liscio: 10.00 %  
 Coefficiente di banda: 40.00

#### Tabella finestre:

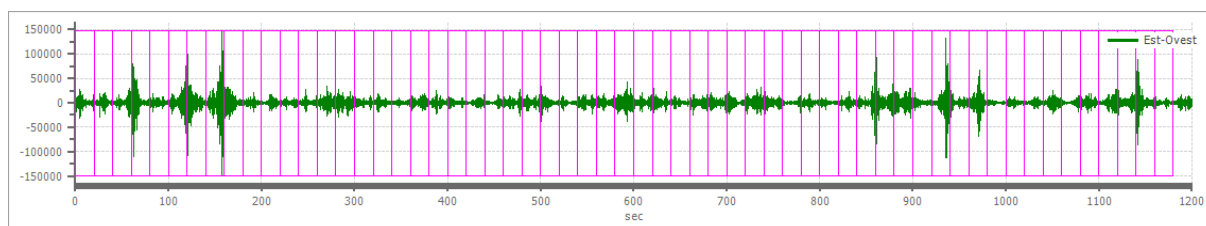
Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20	Inclusa
2	20	40	Inclusa
3	40	60	Inclusa
4	60	80	Inclusa
5	80	100	Inclusa
6	100	120	Inclusa
7	120	140	Inclusa
8	140	160	Inclusa
9	160	180	Inclusa
10	180	200	Inclusa
11	200	220	Inclusa
12	220	240	Inclusa
13	240	260	Inclusa
14	260	280	Inclusa
15	280	300	Inclusa
16	300	320	Inclusa
17	320	340	Inclusa
18	340	360	Inclusa
19	360	380	Inclusa
20	380	400	Inclusa

21	400	420	Inclusa
22	420	440	Inclusa
23	440	460	Inclusa
24	460	480	Inclusa
25	480	500	Inclusa
26	500	520	Inclusa
27	520	540	Inclusa
28	540	560	Inclusa
29	560	580	Inclusa
30	580	600	Inclusa
31	600	620	Inclusa
32	620	640	Inclusa
33	640	660	Inclusa
34	660	680	Inclusa
35	680	700	Inclusa
36	700	720	Inclusa
37	720	740	Inclusa
38	740	760	Inclusa
39	760	780	Inclusa
40	780	800	Inclusa
41	800	820	Inclusa
42	820	840	Inclusa
43	840	860	Inclusa
44	860	880	Inclusa
45	880	900	Inclusa
46	900	920	Inclusa
47	920	940	Inclusa
48	940	960	Inclusa
49	960	980	Inclusa
50	980	1000	Inclusa
51	1000	1020	Inclusa
52	1020	1040	Inclusa
53	1040	1060	Inclusa
54	1060	1080	Inclusa
55	1080	1100	Inclusa
56	1100	1120	Inclusa
57	1120	1140	Inclusa
58	1140	1160	Inclusa
59	1160	1180	Inclusa

Grafici tracce con finestre selezionate:

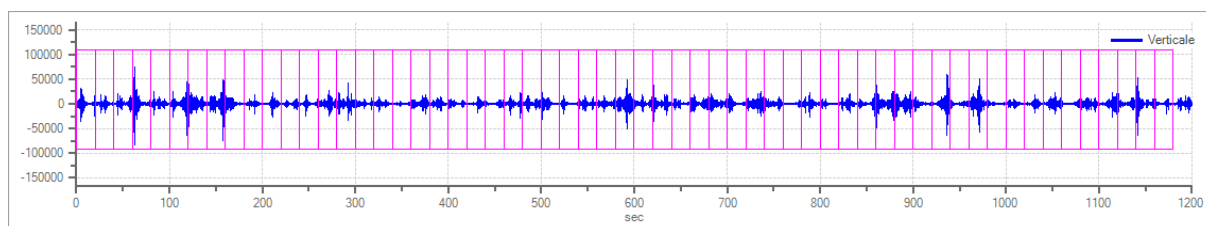


Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud



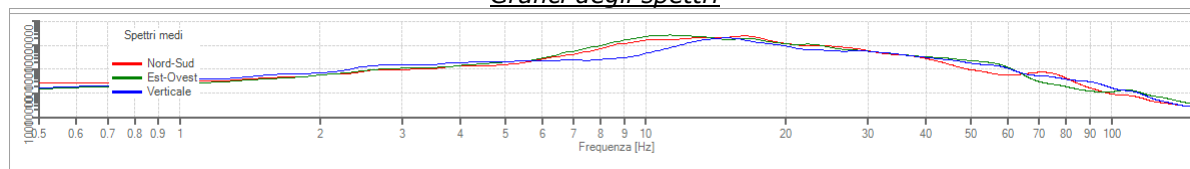
Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest



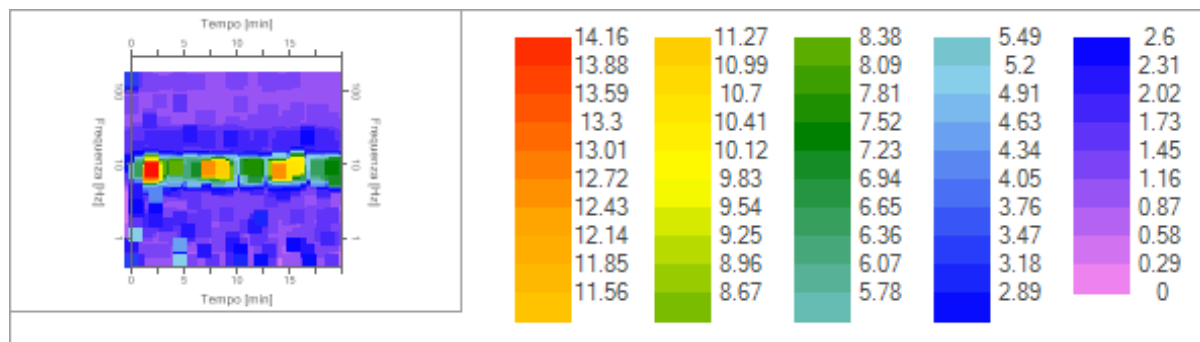


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

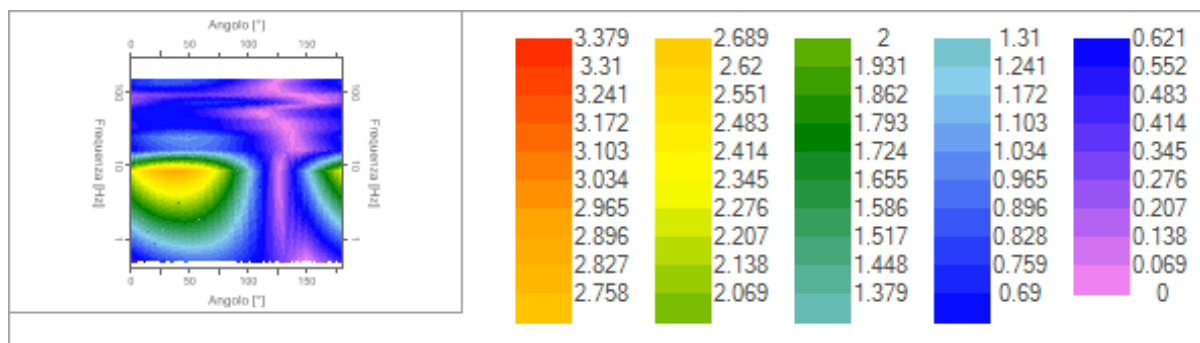
### Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

### Rapporto spettrale H/V

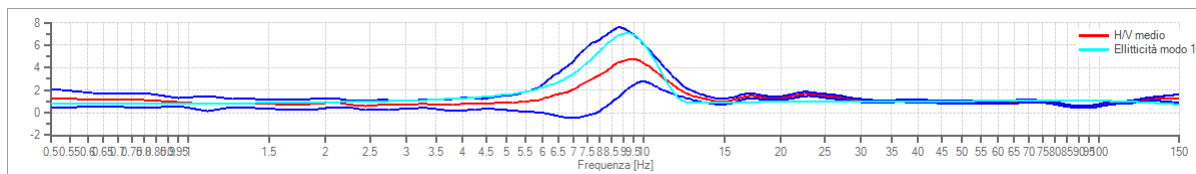
#### Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 150.00 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 aritmetica

#### Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 9.35 Hz  $\pm 0.52$  Hz

#### Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

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 $f_0 > 0.5H$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	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

**6.05) CONCLUSIONI HVSR**

L'analisi spettrale ottenuta dalle due registrazioni dei microtremori ha consentito di determinare risultati immediati nella stima di: frequenza fondamentale di sito e rispettiva ampiezza, (*tutto secondo le direttive suggerite dal progetto SESAME. Per quanto riguarda la classe e la qualità del picco ottenuto sono stati seguiti i criteri indicati da D. Albarello e S. Castellaro*).

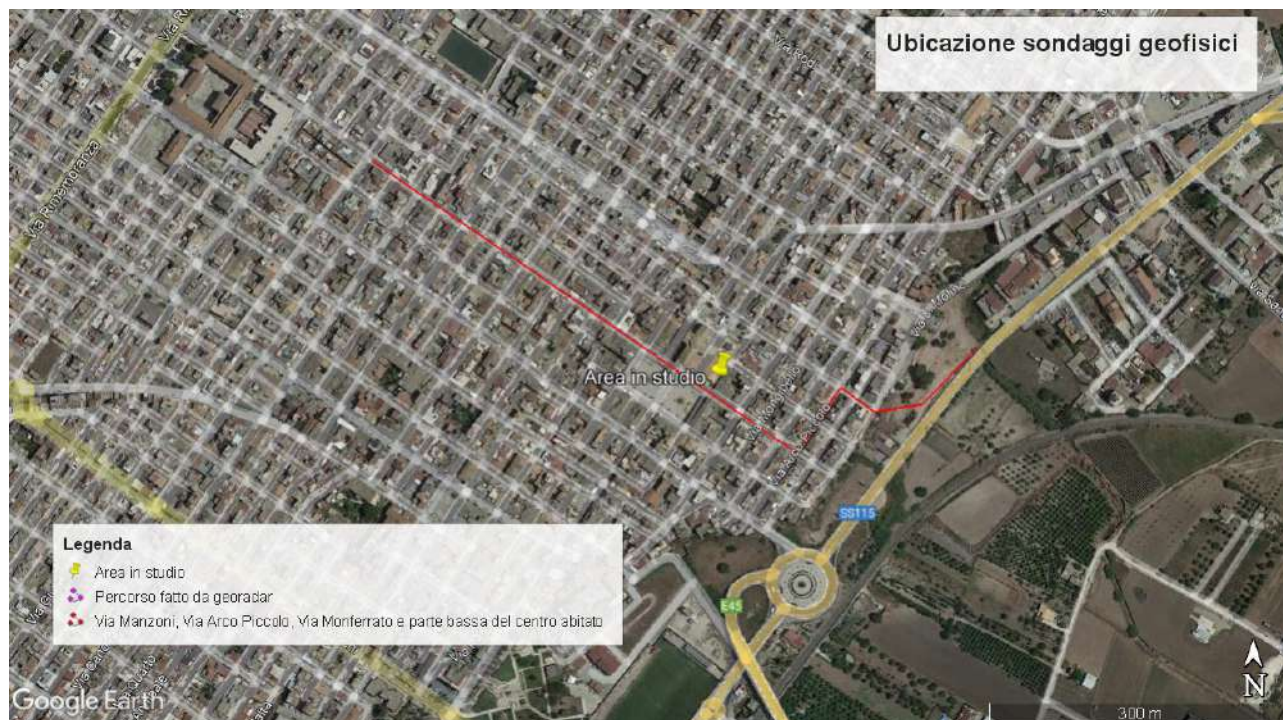
Di seguito sono elencati, in sintesi, i risultati dell'indagine eseguita:

**Misura microtremore a stazione (HVSR01) – Frequenza fondamentale di sito:**

- HVSR01: Frequenza del picco del rapporto H/V =  $87.05 \pm 0.29$  Hz
- HVSR02: Frequenza del picco del rapporto H/V =  $140.75 \pm 0.33$  Hz
- HVSR03: Frequenza del picco del rapporto H/V =  $1.00 \pm 0.88$  Hz
- HVSR04: Frequenza del picco del rapporto H/V =  $168.95 \pm 0.14$  Hz
- HVSR05: Frequenza del picco del rapporto H/V =  $17.15 \pm 0.89$  Hz
- HVSR06: Frequenza del picco del rapporto H/V =  $9.35 \pm 0.52$  Hz

**7.0) PROVA SISMICA GEORADAR**

### 7.01) UBICAZIONE DEI SONDAGGI GEOFISICI



Le indagini sono state effettuate nel territorio di Rosolini alle seguenti coordinate geografiche:  
Prova Georadar punto mediano = Lat. 36°49'12.69"N; Long. 14°57'13.18"E

### 7.02) SCOPO DELL'INDAGINE GEORADAR

L'indagine georadar è stata eseguita giorno 18.01.2022 dal Dott. Geol. Antonio Rubino, incaricato dallo scrivente, al fine di individuare la presenza di sottoservizi nell'area meglio indicata nell'immagine di Google Earth allegata alla presente per complessivi 610 m circa, in riferimento ai lavori *"Mitigazione Rischio Idrogeologico area centro urbano - Realizzazione drenaggio delle acque superficiali ecollettamento a valle del centro abitato"* **CUP: J24H18000270001 CIG: ZD43309DDC.**

E' da sottolineare che non tutti i tubi, cavi e condutture possono essere localizzati e mappati, in considerazione della loro profondità, tipo di materiale, geologia e prossimità ad altri sottoservizi.

Anche un'indagine appropriata ed eseguita in modo professionale potrebbe non garantire il riconoscimento del 100% dei sottoservizi.

Per un maggiore dettaglio si rimanda al report allegato in calce alla presente.



**Documentazione fotografica dell'indagine georadar e del relativo rilievo topografico**



**Foto N°1 – Rilievo georadar inizio di Via Manzoni**



**Foto N°2 – Rilievo georadar di Via Manzoni altezza Via Ducenzo**



**Foto N°3 – Rilievo georadar inizio di Via Manzoni**



**Foto N°4 – Rilievo georadar di Via Manzoni altezza Via Ferreni marcatura dei sottoservizi**



Foto N°5 – Rilievo georadar inizio di Via Manzoni



Foto N°6 – Rilievo georadar di Via Manzoni nei pressi di  
della piazza antistante la Chiesa Madre di San Giuseppe



Foto N°7 – Rilievo georadar inizio di Via Manzoni altezza  
Via Mongibello



Foto N°8 – Rilievo georadar di Via Manzoni angolo  
Via Arco Piccolo





Foto N°9 – Rilievo georadar Via Arco Piccolo angolo  
Via Monferrato



Foto N°10 – Rilievo georadar Via Monferrato



Foto N°11 – Rilievo georadar di Via L. Molino



Foto N°12 – Rilievo georadar sottoservizi  
di Via L. Molino



Foto N°13 – Rilievo georadar marcatura punto sondaggio di Via L. Molino

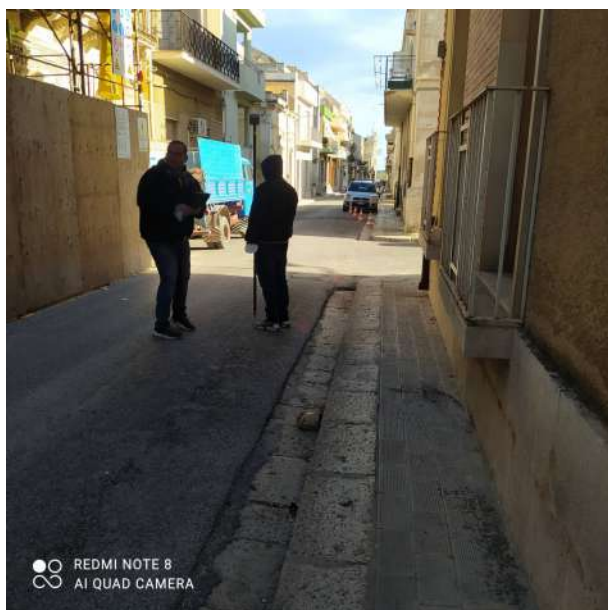


Foto N°14 – Rilievo topografico dei punti rilevati Via Manzoni



Foto N°15 – Rilievo topografico dei punti rilevati Via Manzoni



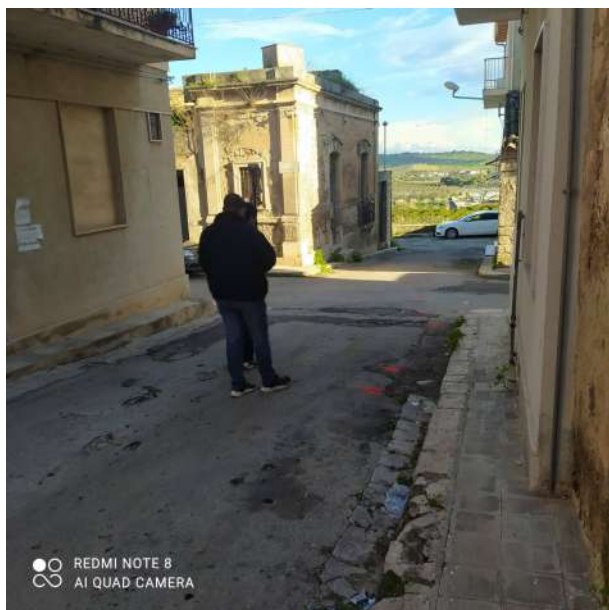


Foto N°16 – Rilievo topografico dei punti rilevati Via Monferrato



Foto N°17 – Rilievo topografico dei punti rilevati Via Monferrato



Foto N°18 – Fine Rilievo topografico dei punti rilevati Via Monferrato

Allegati

- Planimetria delle indagini scala 1:3.000
- Report prove di laboratorio
- Report indagine georadar

Cammarata, li .....

**IL GEOLOGO**  
Dott. Geol.  
(Dott. Gaetano RIZZUTO)  
GAETANO  
N. 1840





INDICE

PAGINE

<b>1.0)</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>1</b>
<b>2.0)</b>	<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE EFFETTUATE.....</b>	<b>2</b>
<b>3.0)</b>	<b>RICOSTRUZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO LOCALE.....</b>	<b>2</b>
<b>4.0)</b>	<b>UBICAZIONE DEI SONDAGGI GEOGNOSTICI .....</b>	<b>3</b>
4.01)	COLONNA STRATIGRAFICA S01 .....	5
4.02)	COLONNA STRATIGRAFICA S02 .....	7
4.03)	COLONNA STRATIGRAFICA S02 .....	8
4.04)	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE (DYNAMIC PROBING) DPSH – DPN (....sct ecc) .....	10
<b>5.0)</b>	<b>UBICAZIONE DEI SONDAGGI GEOFISICI .....</b>	<b>16</b>
5.01)	INDAGINI GEOFISICHE .....	16
5.01.01)	MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES) .....	16
5.01.02)	METODO D'INDAGINE MASW .....	16
5.01.03)	PRINCIPI DEL METODO DI PROVA .....	17
5.02)	ANALISI DEI DATI .....	18
5.02.01)	CURVA DI DISPERSIONE .....	18
5.02.02)	INVERSIONE DELLA CURVA DI DISPERSIONE .....	18
5.02.03)	Descrizione della strumentazione utilizzata per l'acquisizione in campagna .....	18
5.03)	PROVA MASW 01 .....	19
5.03.01)	Foto Ubicazione prova Masw01 .....	23
5.04)	PROVA MASW 02 .....	24
5.04.01)	Foto Ubicazione prova Masw02 .....	29
5.05)	DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO D.M. 17/01/2018 .....	30
<b>6.0)</b>	<b>PROVA SISMICA HVSR .....</b>	<b>30</b>
6.01)	CARATTERIZZAZIONE SISMICA .....	30
6.02)	RAPPORTI SPETTRALI O HVSR .....	31
6.03)	Cenni sulla teoria della tecnica HVSR .....	31
6.04)	PLANIMETRIA CON UBICAZIONE PROVA HVSR01 .....	32
6.04.01)	PROVA SISMICA PASSIVA HVSR01 .....	33
6.04.02)	PROVA SISMICA PASSIVA HVSR02 .....	37
6.04.03)	PROVA SISMICA PASSIVA HVSR03 .....	41
6.04.04)	PROVA SISMICA PASSIVA HVSR04 .....	45
6.04.05)	PROVA SISMICA PASSIVA HVSR05 .....	50
6.04.06)	PROVA SISMICA PASSIVA HVSR06 .....	54
<b>7.0)</b>	<b>PROVA SISMICA GEORADAR .....</b>	<b>58</b>
<b>7.01)</b>	<b>UBICAZIONE DEI SONDAGGI GEOFISICI .....</b>	<b>59</b>
<b>7.02)</b>	<b>SCOPO DELL'INDAGINE GEORADAR .....</b>	<b>59</b>



# PLANIMETRIA UBICAZIONE DELLE INDAGINI SCALA 1:3.000



## LEGENDA

Comune di Rosolini (SR)

Provincia di Siracusa

Regione Sicilia

### Indagini Geognostiche

Sondaggio S1 campione S01

Sondaggio S2 campione S02

Sondaggio S3 campione S03

Area interessata dall'indagine georadar

### Indagine sismica attivo tipo Masw

MASW 01

MASW 02

### Indagine sismica passiva HVSR

HVSR01

HVSR02

HVSR03

HVSR04

HVSR05

HVSR06

0 20 40 60 80 m







## **PROVE DI LABORATORIO SULLE TERRE**

COMMITTENTE: DOTT. GEOL. GAETANO RIZZUTO c/o COMUNE DI ROSOLINI

RICHIEDENTE: DOTT. GEOL. GAETANO RIZZUTO

OGGETTO: MITIGAZIONE RISCHIO IDROGEOLOGICO AREA CENTRO URBANO –  
REALIZZAZIONE DRENAGGIO DELLE ACQUE SUPERFICIALI E  
COLLETTAMENTO A VALLE DEL CENTRO ABITATO.

LOCALITA': ROSOLINI (SR)

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 1507 del 18/01/2022

DATA DI EMISSIONE : 31/01/2022

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
GEOSERVICE s.r.l.  
Ing. Calogero Palumbo Piccionello  
Il Direttore  
Ing. C. Palumbo

## PROVE DI LABORATORIO SUI TERRENI

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti  
ai sensi del D.P.R. n. 380 del 2001

### ELENCO SIGLE DELLE PROVE DI LABORATORIO

1-APERTURA CAMPIONI IN CONTENITORI METALLICI	AC
2-DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO D'ACQUA PER ESSICCAMENTO IN STUFA	CA
3-DETERMINAZIONE DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME PER PROVINI DI FORMA REGOLARE	PV
4-DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO	PS
5-MISURA DEL CONTENUTO DELLA SOSTANZA ORGANICA	CS
6-MISURA DEL CONTENUTO DI CARBONATO DI CALCIO CON IL CALCIMETRO	CC
7-ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE	AG1
8-ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA A SECCO DI SABBIE (<3 Kg)	AG2
9-DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI LIQUIDITA' E PLASTICITA'	LC
10-DETERMINAZIONE DEL LIMITE DI RITIRO	LR
11-PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA	CE
12-PROVA DI RIGONFIAMENTO IN EDOMETRO	RE
13-PROVA DI ROTTURA A COMPRESSIONE SEMPLICE A DILATAZIONE TRASVERSALE LIBERA	UC
14-PROVA DI ROTTURA PER COMPRESSIONE TRIASSIALE (UU) CON RILIEVO E DIAGRAMMAZIONE	UU
15-PROVA DI ROTTURA PER COMPRESSIONE TRIASSIALE (CU) CON RILIEVO E DIAGRAMMAZIONE	CU
16-PROVA DI ROTTURA PER COMPRESSIONE TRIASSIALE (CD) CON RILIEVO E DIAGRAMMAZIONE	CD
17-PROVA DI PERMEABILITA' IN EDOMETRO, PER OGNI CARICO APPLICATO	PE1
18-PROVA DI PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO	PE2
19-PROVA DI ROTTURA CON L'APPARECCHIO DI TAGLIO DI CASAGRANDE DEL TIPO (CD) DELLA DURATA NON SUPERIORE ALLE 24 ORE, CON DIAGRAMMAZIONE DELLE CURVE: 3 PROVINI SU MATERIALI SABBIOSI	TD1
20-PROVA DI ROTTURA CON L'APPARECCHIO DI TAGLIO DI CASAGRANDE DEL TIPO (CD) DELLA DURATA NON SUPERIORE ALLE 24 ORE, CON RILIEVO E DIAGRAMMAZIONE DELLE CURVE: 3 PROVINI SU MAT.I ARGILLOSI	TD2
21-SOVRAPPREZZO PER LA DETERMINAZIONE DELLARESISTENZA RESIDUA	ST1
22-PROVA DI COSTIPAMENTO SU PROVINI D=100 mm TIPO PROCTOR E.N. (AASHO STANDARD)	CO1
23-PROVA DI COSTIPAMENTO SU PROVINI D=100 mm TIPO PROCTOR E.D. (ENERGIA DOPPIA)	CO2
24-PROVA DI COSTIPAMENTO SU PROVINI D=100 mm TIPO PROCTOR MODIFICATO (AASHO MODIF.)	CO3
25-PROVA DI COSTIPAMENTO SU PROVINI D=6" TIPO PROCTOR E.N. (AASHO STANDARD)	CO5
26-PROVA DI COSTIPAMENTO SU PROVINI D=6" TIPO PROCTOR MODIFICATO (AASHO MODIF.)	CO6
27-PROVA C.B.R. COMPRESA LA PREPARAZIONE DEL PROVINO E LA DIAGRAMMAZIONE DELLA CURVA PRESSIONI- DEFORMAZIONI	CBR
28-MISURA DELLA DENSITA' IN SITU	DS

Committente: Geol. Gaetano Rizzuto	Richiedente: Geol. Gaetano Rizzuto	Località: Rosolini (Sr)
------------------------------------	------------------------------------	-------------------------

[illegible]

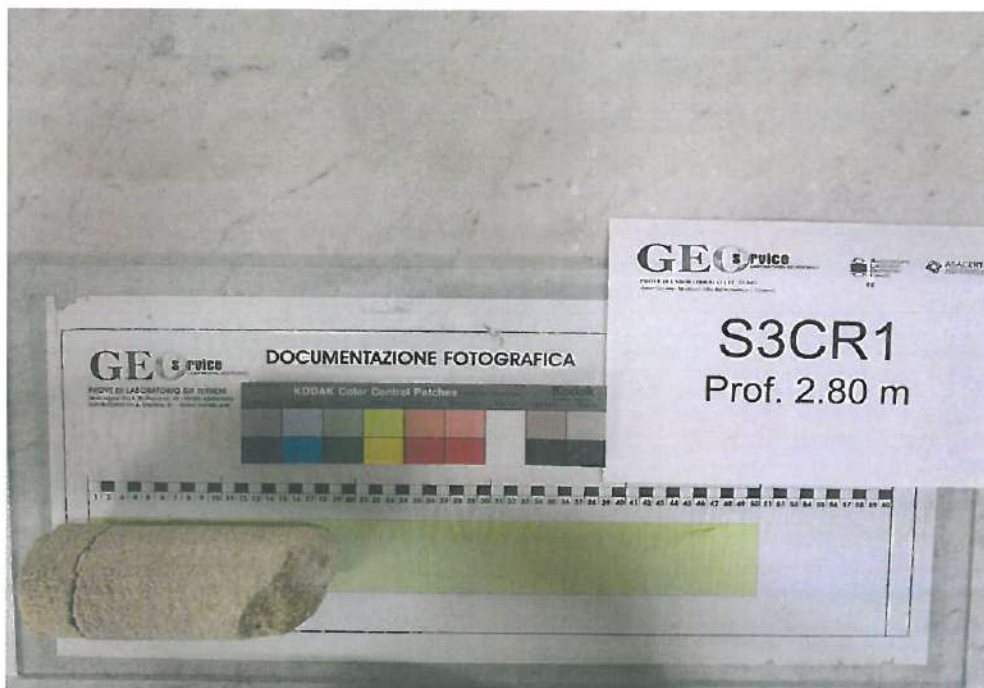
Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Calogero Palumbo Piccionello

  
Lo Sperimentatore



PROVE DI LABORATORIO SULLE TERRE  
Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti  
ai sensi del D.P.R. n. 380 del 2001

## Documentazione fotografica



S3CR1 2,80 m



S1C1 3,00 m

Verbale n°	1507	Data ricevimento	18/01/2022	Data apertura	18/01/2022
Certificato di prova n°	18026	Data emissione	31/01/2022	Località: Rosolini (Sr)	
Committente: Geol. Gaetano Rizzuto			Richiedente: Geol. Gaetano Rizzuto		
Oggetto: Mitigazione rischio idrogeologico area centro urbano – realizzazione drenaggio delle acque superficiali e collettamento a valle del centro abitato.					

Sondaggio	1	Campione	1	Profondità	3,00 m	Contenitore	M
-----------	---	----------	---	------------	--------	-------------	---

Descrizione del campione Indisturbato ☒ Rimaneggiato ☐

Limo sabbioso di colore giallastro-crema con inclusi lapidei ghiaiosi	
Pt 5,5	Pt 6,0

Grado di cementazione	Debole [ ]	Moderato [ X ]	Elevato [ ]		
Struttura	Omogenea [ ]	Eterogenea [ X ]	Stratificata [ ]		
Classe di Qualità	Q1 [ ]	Q2 [ ]	Q3 [ ]	Q4 [ ]	Q5 [ X ]
Consistenza	Molto tenero [ ]	Tenero [ ]	Consistente [ X ]	Molto consistente [ ]	Duro [ ]
Reazione all'HCl	Nessuna [ ]	Debole [ ]	Forte [ ]	Non Eseguita [ X ]	

### Prove effettuate

Contenuto d'acqua	<input checked="" type="checkbox"/>	Prova edometrica	<input type="checkbox"/>
Limiti di Atterberg	<input type="checkbox"/>	Taglio diretto	<input checked="" type="checkbox"/>
Analisi granulometrica	<input checked="" type="checkbox"/>	ELL	<input type="checkbox"/>
Areometria	<input checked="" type="checkbox"/>	Triassiale UU	<input type="checkbox"/>
Peso specifico	<input checked="" type="checkbox"/>	Triassiale CU	<input type="checkbox"/>
		Triassiale CD	<input type="checkbox"/>
Contenuto di solfati	<input type="checkbox"/>		
Penetrazione CBR	<input type="checkbox"/>		

### Grandezze indice

Contenuto d'acqua 1 <sup>a</sup> determ.	18,74	%	Peso di volume	18,630	kN/m <sup>3</sup>
Contenuto d'acqua 2 <sup>a</sup> determ.	18,21	%	Peso di volume secco	15,725	kN/m <sup>3</sup>
Contenuto d'acqua media	18,47	%	Grado di saturazione	72,13	%
Peso specifico 1 <sup>a</sup> determ.	26,306	kN/m <sup>3</sup>	Indice dei vuoti	0,674	
Peso specifico 2 <sup>a</sup> determ.	26,351	kN/m <sup>3</sup>	Porosità	0,403	
Peso specifico media	26,328	kN/m <sup>3</sup>			

### Osservazioni

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Calogero Palumbo Piccionello

Lo Sperimentatore



Committente  
Cantiere

Geol. Gaetano Rizzuto  
Rosolini (Sr)

Verbale n° 1507

Data ricevimento 18/01/2022

Data apertura 18/01/2022

N. certificato 18027

Data emissione 31/01/2022

ANALISI GRANULOMETRICA

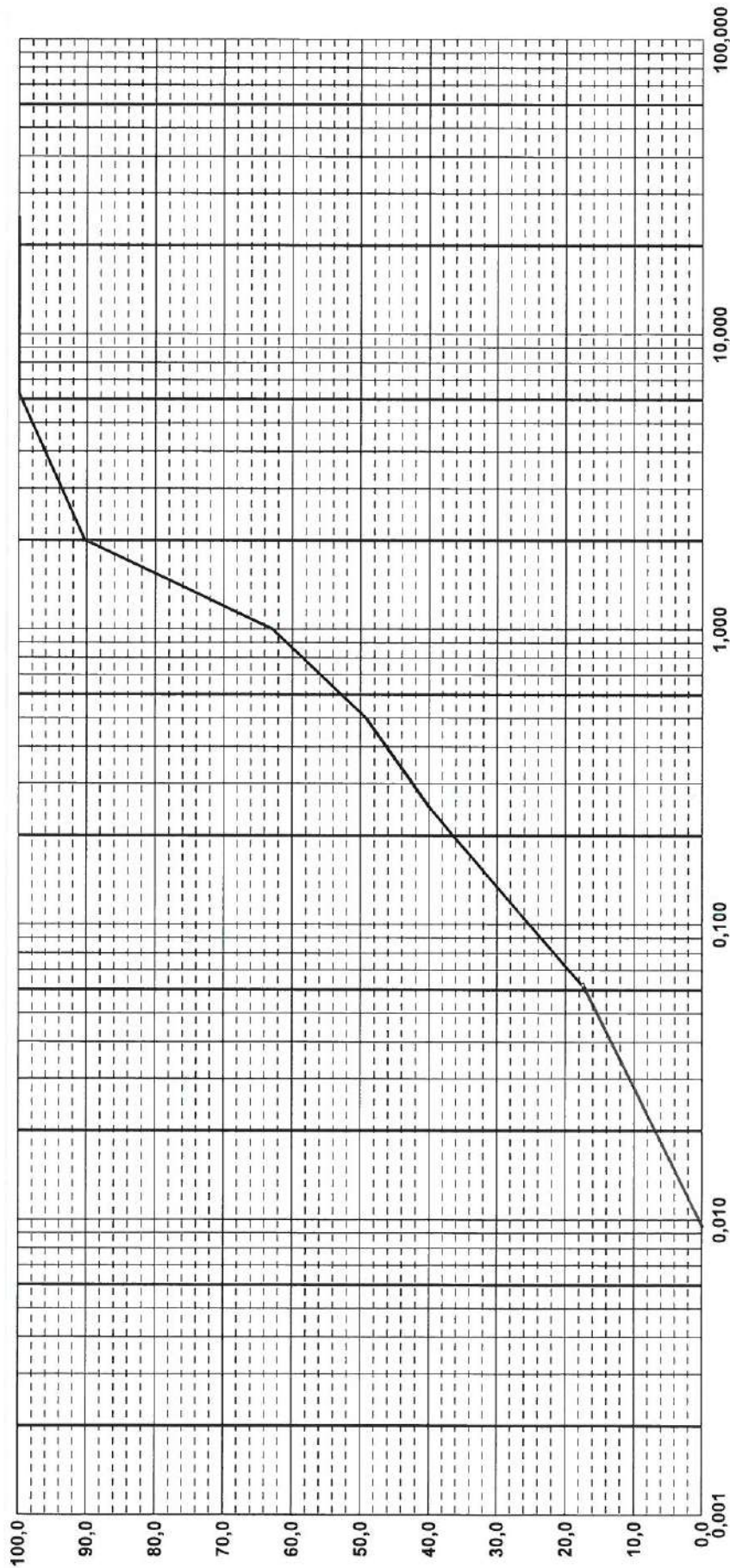
Diagramma

ARGILLA (0%) LIMO (17%) SABBIA (74%) GHIAIA (9%)

SABBIA LIMOSA DEB. GHIAIOSA

Sondaggio 1 Campione 1 Profondità 3.00 m

argilla	limo	ghiaia	ciott
fine	medio	grossa	media
fine	media	grossa	media
fine	media	grossa	media



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Calogero Pelicciolo

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)****Dati del Cliente****Verbale n. 0507****Certificato n. 18029 del 31/01/2022**

Committente	Geol. Gaetano Rizzuto
Richiedente	Geol. Gaetano Rizzuto
Cantiere	Rosolini (Sr)
Sondaggio	1
Campione	1
Profondità	3.00 m

**Dati del provino n°1 (100 kPa) - Vr 0.008 mm/min**

Descrizione provino	Limo sabbioso		
Sezione	36,000 cm <sup>2</sup>	Densità umida iniziale	18,609 kN/m <sup>3</sup> $\gamma_n$
Altezza iniziale	20,000 mm	Densità umida finale	19,465 kN/m <sup>3</sup> $\gamma_r$
Altezza finale	19,650 mm	Densità secca	15,133 kN/m <sup>3</sup> $\gamma_d$
No. tara 1	12	Umidità iniziale	22,967 % $W_0$
Massa tara 1	107,050 g	Umidità finale	26,371 % $W$
Massa tara 1 + massa umida iniz.	243,63 g	Saturazione iniziale	83,486 % $S_0$
No. tara 2	211	Saturazione finale	99,980 % $S_r$
Massa tara 2	37,260 g	Indice dei vuoti iniziale	0,737 $e_0$
Massa tara 2 + massa umida fin.	177,620 g	Indice dei vuoti finale	0,707 $e_r$
Massa tara 2 + massa secca	148,330 g	Densità secca finale	15,403 kN/m <sup>3</sup> $\gamma_{d,r}$
Peso specifico dei grani	26,29 kN/m <sup>3</sup>		

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Calogero Palumbo Piccionello

Lo Sperimentatore



## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

### Dati del Cliente

Verbale n. 0507

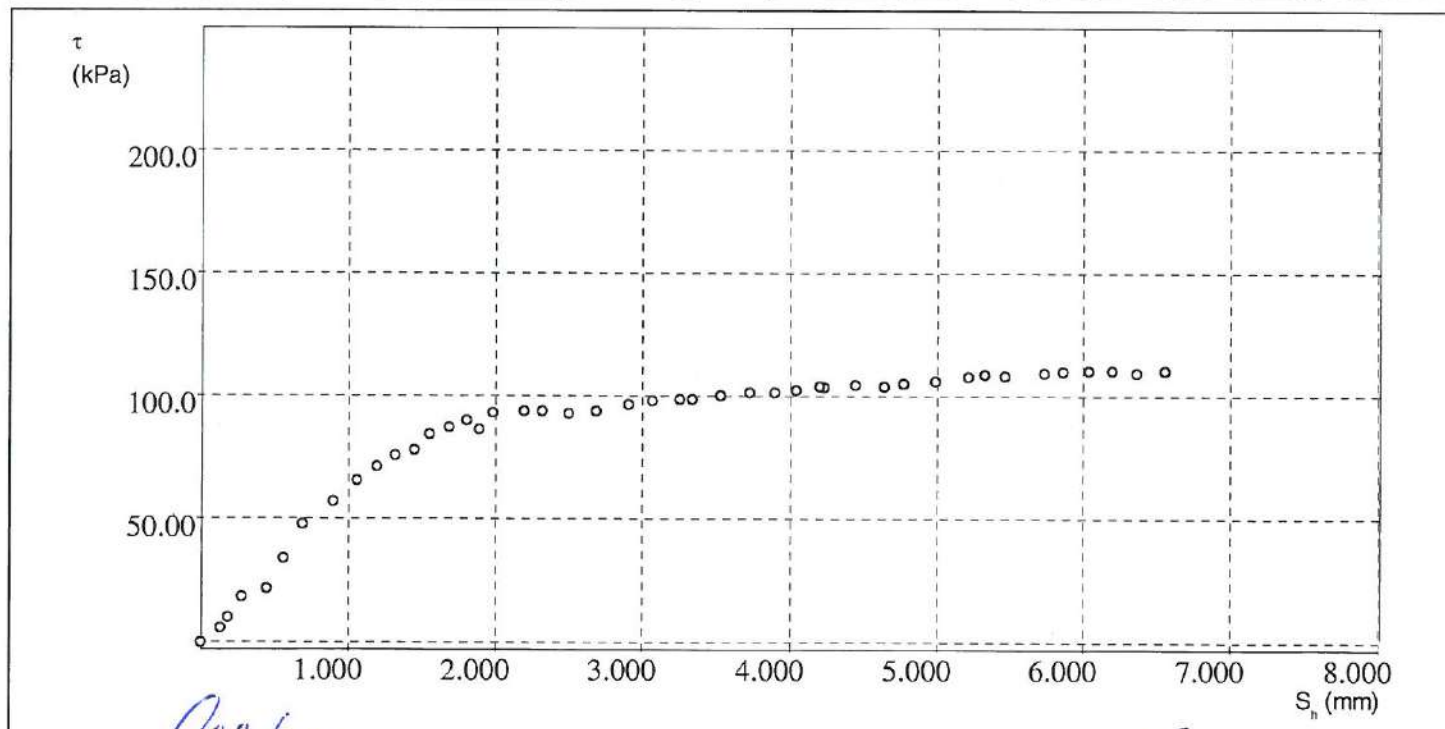
Certificato n. 18029 del 31/01/2022

Committente Geol. Gaetano Rizzuto  
Richiedente Geol. Gaetano Rizzuto  
Cantiere Rosolini (Sr)  
Sondaggio 1  
Campione 1  
Profondità 3.00 m

### Risultati della fase di rottura Provino n°1 (100 kPa) - Vr 0.008 mm/min

dt min	dH mm	Sh mm	F N	$\tau$ kPa
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20,00	-0,02	-0,02	11,44	3,18
40,00	-0,02	0,13	20,15	5,60
60,00	-0,01	0,18	36,31	10,09
80,00	-0,01	0,28	66,04	18,35
100,00	0,02	0,45	77,70	21,58
120,00	0,00	0,56	122,37	33,99
140,00	0,00	0,69	172,88	48,02
160,00	0,02	0,90	205,90	57,19
180,00	0,01	1,06	236,98	65,83
200,00	0,01	1,19	256,40	71,22
220,00	0,01	1,31	273,88	76,08
240,00	0,01	1,45	281,65	78,24
260,00	0,03	1,55	304,96	84,71
280,00	0,02	1,68	314,67	87,41
300,00	0,02	1,89	310,79	86,33
320,00	0,02	1,80	324,39	90,11

dt min	dH mm	Sh mm	F N	$\tau$ kPa
340,00	0,02	1,98	336,04	93,34
360,00	0,02	2,19	337,98	93,88
380,00	0,02	2,31	337,98	93,88
400,00	0,02	2,50	334,10	92,80
420,00	0,02	2,68	337,98	93,88
440,00	0,05	2,91	347,69	96,58
460,00	0,05	3,07	353,52	98,20
480,00	0,06	3,25	355,46	98,74
500,00	0,06	3,33	355,46	98,74
520,00	0,06	3,53	361,29	100,36
540,00	0,06	3,72	365,18	101,44
560,00	0,06	3,89	365,18	101,44
580,00	0,07	4,04	369,06	102,52
600,00	0,07	4,23	372,95	103,60
620,00	0,07	4,20	374,89	104,14
640,00	0,07	4,44	376,83	104,68
660,00	0,07	4,64	374,89	104,14



Il Direttore del laboratorio

Ing. Calogero Palumbo Piccionello

Lo Sperimentatore

**Dati del Cliente**

Verbale n. 0507

Certificato n. 18029 del 31/01/2022

Committente	Geol. Gaetano Rizzuto
Richiedente	Geol. Gaetano Rizzuto
Cantiere	Rosolini (Sr)
Sondaggio	1
Campione	1
Profondità	3.00 m

**Risultati della fase di rottura Provino n°1 (100 kPa) - Vr 0.008 mm/min**

dt min	dH mm	Sh mm	F N	kPa
680,00	0,07	4,77	378,77	105,21
700,00	0,07	4,98	382,66	106,29
720,00	0,07	5,21	388,49	107,91
740,00	0,07	5,32	392,37	108,99
760,00	0,07	5,46	390,43	108,45
780,00	0,07	5,73	394,31	109,53
800,00	0,07	5,86	396,26	110,07
820,00	0,07	6,03	398,20	110,61
840,00	0,07	6,20	398,20	110,61
860,00	0,07	6,36	394,31	109,53
880,00	0,07	6,55	398,20	110,61
900,00	0,07	6,79	359,35	99,82

Il Direttore del laboratorio

Ing. Calogero Palumbo Piccionello

Lo Sperimentatore



**PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)**

**Dati cliente**

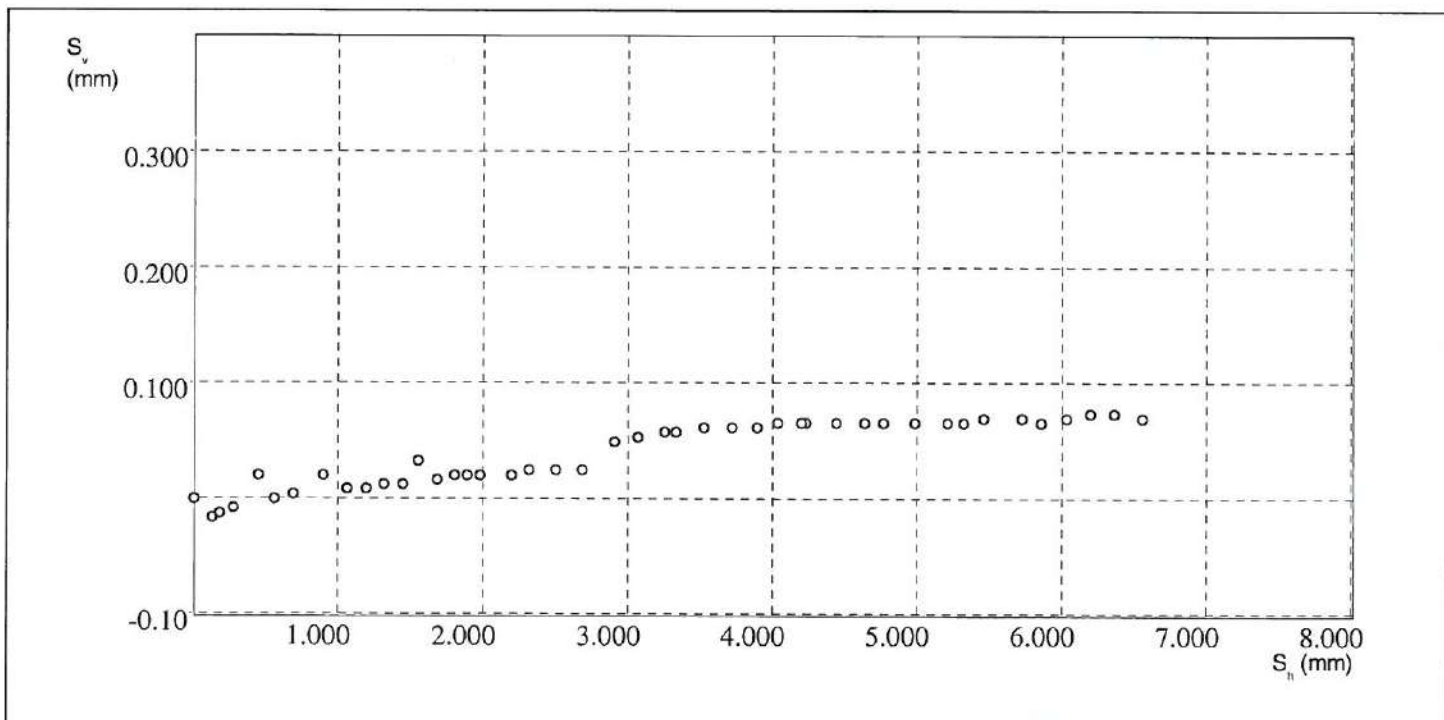
**Verbale n. 0507**

**Certificato n. 18029 del 31/01/2022**

Committente Geol. Gaetano Rizzuto  
Richiedente Geol. Gaetano Rizzuto  
Sito Rosolini (Sr)  
Sondaggio 1  
Campione 1  
Profondità 3.00 m

**Risultati della fase di rottura Provino n°1 (100 kPa) - Vr 0.008 mm/min**

Sh mm	Sv mm	Sh mm	Sv mm	Sh mm	Sv mm	Sh mm	Sv mm
0,00	0,00	1,31	0,01	2,91	0,05	4,64	0,07
-0,02	-0,02	1,45	0,01	3,07	0,05	4,77	0,07
0,13	-0,02	1,55	0,03	3,25	0,06	4,98	0,07
0,18	-0,01	1,68	0,02	3,33	0,06	5,21	0,07
0,28	-0,01	1,89	0,02	3,53	0,06	5,32	0,07
0,45	0,02	1,80	0,02	3,72	0,06	5,46	0,07
0,56	0,00	1,98	0,02	3,89	0,06	5,73	0,07
0,69	0,00	2,19	0,02	4,04	0,07	5,86	0,07
0,90	0,02	2,31	0,02	4,23	0,07	6,03	0,07
1,06	0,01	2,50	0,02	4,20	0,07	6,20	0,07
1,19	0,01	2,68	0,02	4,44	0,07	6,36	0,07



Il Direttore del laboratorio

Ing. Calogero Paurino Piccionello

Lo Sperimentatore

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)****Dati del Cliente****Verbale n. 0507****Certificato n. 18029 del 31/01/2022**

Committente	Geol. Gaetano Rizzuto
Richiedente	Geol. Gaetano Rizzuto
Cantiere	Rosolini (Sr)
Sondaggio	1
Campione	1
Profondità	3.00 m

**Dati del provino n°2 (200 kPa) - Vr 0.008 mm/min**

Descrizione provino	Sabbia limosa	Densità umida iniziale	18,722 kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_n$
Sezione	36,000 cm <sup>2</sup>	Densità umida finale	19,256 kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_i$
Altezza iniziale	20,000 mm	Densità secca	14,722 kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_d$
Altezza finale	19,530 mm	Umidità iniziale	27,173 %	$W_0$
No. tara 1	12	Umidità finale	27,728 %	$W_i$
Massa tara 1	107,050 g	Saturazione iniziale	92,668 %	$S_0$
Massa tara 1 + massa umida iniz.	244,46 g	Saturazione finale	99,897 %	$S_i$
No. tara 2	205	Indice dei vuoti iniziale	0,786	$e_0$
Massa tara 2	37,000 g	Indice dei vuoti finale	0,744	$e_i$
Massa tara 2 + massa umida fin.	175,010 g	Densità secca finale	15,076 kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_d$
Massa tara 2 + massa secca	145,050 g			
Peso specifico dei grani	26,29 kN/m <sup>3</sup>			

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Calogero Palumbo Piccionello

Lo Sperimentatore

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

### Dati del Cliente

Verbale n. 0507

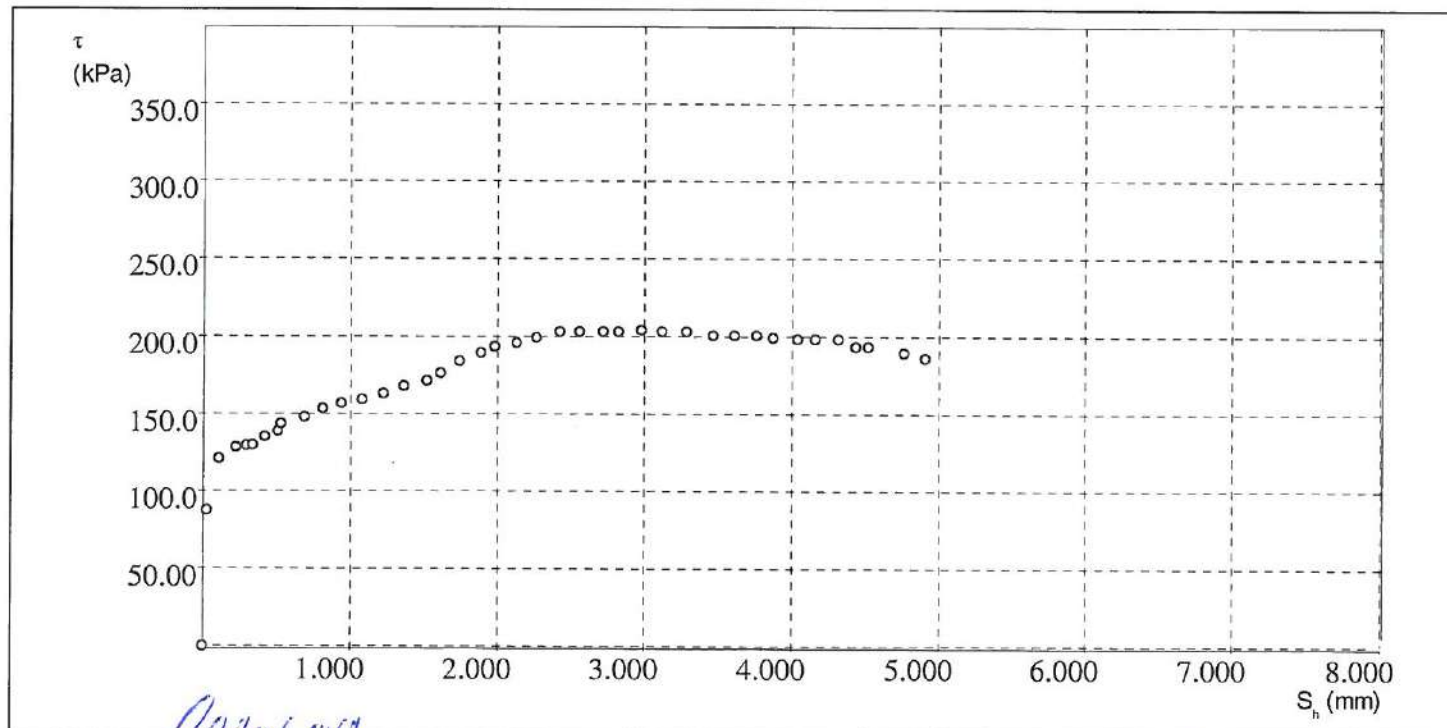
Certificato n. 18029 del 31/01/2022

Committente Geol. Gaetano Rizzuto  
Richiedente Geol. Gaetano Rizzuto  
Cantiere Rosolini (Sr)  
Sondaggio 1  
Campione 1  
Profondità 3.00 m

### Risultati della fase di rottura Provino n°2 (200 kPa) - Vr 0.008 mm/min

dt min	dH mm	Sh mm	F N	$\tau$ kPa
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20,00	0,00	0,03	316,62	87,95
40,00	0,00	0,11	435,10	120,86
60,00	0,00	0,22	462,30	128,42
80,00	0,00	0,30	466,18	129,50
100,00	0,00	0,34	468,12	130,03
120,00	0,00	0,42	486,20	135,05
140,00	0,00	0,51	499,31	138,70
160,00	0,00	0,53	516,80	143,56
180,00	0,01	0,69	532,22	147,84
200,00	0,01	0,82	551,78	153,27
220,00	0,01	0,94	564,90	156,92
240,00	0,01	1,08	573,64	159,34
260,00	0,01	1,22	586,76	162,99
280,00	0,01	1,37	604,25	167,85
300,00	0,01	1,52	617,36	171,49
320,00	0,01	1,61	634,85	176,35

dt min	dH mm	Sh mm	F N	$\tau$ kPa
340,00	0,01	1,74	662,37	183,99
360,00	0,01	1,89	682,95	189,71
380,00	0,01	1,98	696,06	193,35
400,00	0,01	2,13	704,81	195,78
420,00	0,01	2,26	717,93	199,42
440,00	0,01	2,43	731,04	203,07
460,00	0,01	2,56	731,04	203,07
480,00	0,01	2,72	731,04	203,07
500,00	0,01	2,82	731,04	203,07
520,00	0,01	2,98	735,42	204,28
540,00	0,01	3,12	731,04	203,07
560,00	0,01	3,28	731,04	203,07
580,00	0,01	3,47	722,30	200,64
600,00	0,01	3,61	722,30	200,64
620,00	0,01	3,76	722,30	200,64
640,00	0,01	3,87	717,93	199,42
660,00	0,01	4,04	713,55	198,21



Il Direttore del laboratorio

Ing. Calogero Palumbo Piccionello

Lo Sperimentatore

*[Signature]*



**Dati del Cliente**

Verbale n. 0507

Certificato n. 18029 del 31/01/2022

Committente	Geol. Gaetano Rizzuto
Richiedente	Geol. Gaetano Rizzuto
Cantiere	Rosolini (Sr)
Sondaggio	1
Campione	1
Profondità	3.00 m

**Risultati della fase di rottura Provino n°2 (200 kPa) - Vr 0.008 mm/min**

dt min	dH mm	Sh mm	F N	kPa
680,00	0,01	4,16	713,55	198,21
700,00	0,01	4,31	713,55	198,21
720,00	0,01	4,43	696,06	193,35
740,00	0,01	4,52	696,06	193,35
760,00	0,01	4,76	682,95	189,71
780,00	0,01	4,90	669,83	186,06
800,00	0,01	5,08	665,46	184,85

Il Direttore del laboratorio

Ing. Calogero Rolando Piccionello

Lo Sperimentatore



**PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)**

**Dati cliente**

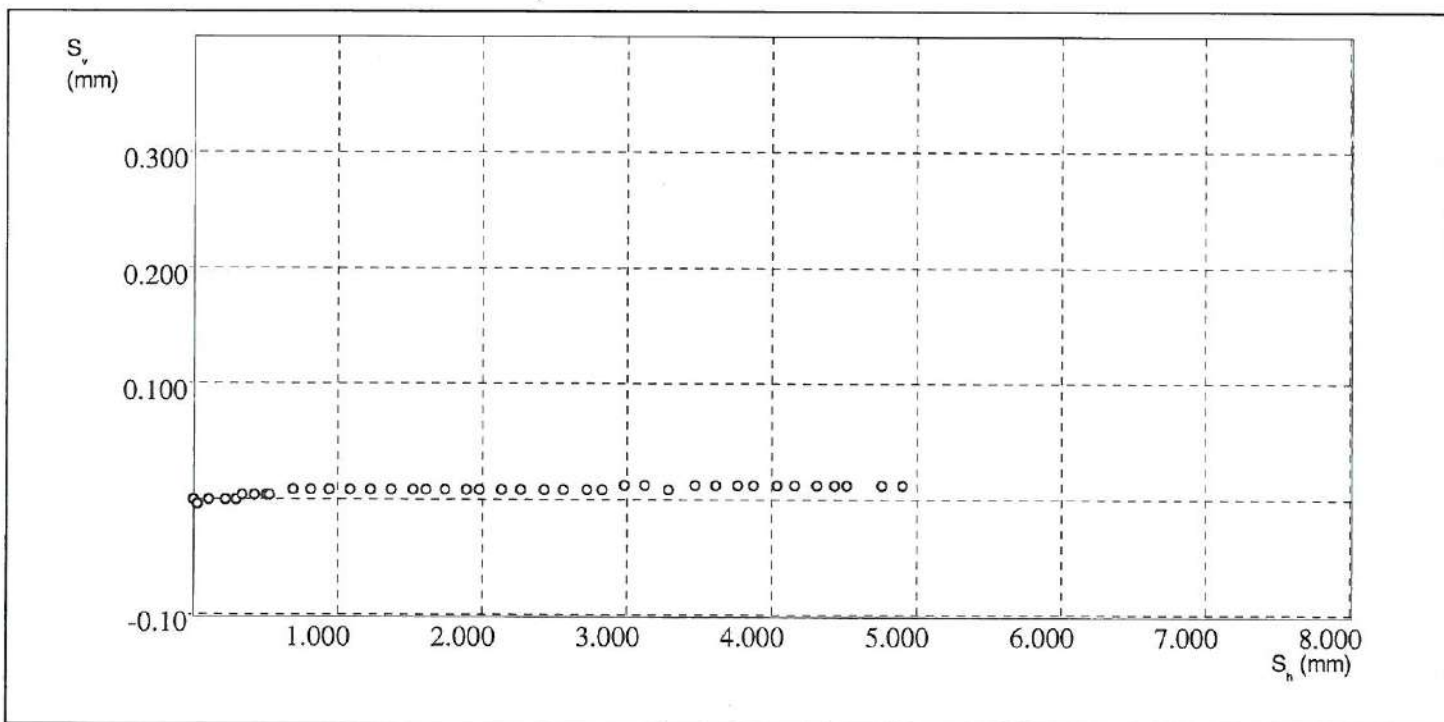
**Verbale n. 0507**

**Certificato n. 18029 del 31/01/2022**

Committente Geol. Gaetano Rizzuto  
Richiedente Geol. Gaetano Rizzuto  
Sito Rosolini (Sr)  
Sondaggio 1  
Campione 1  
Profondità 3.00 m

**Risultati della fase di rottura Provino n°2 (200 kPa) - Vr 0.008 mm/min**

Sh mm	Sv mm	Sh mm	Sv mm	Sh mm	Sv mm	Sh mm	Sv mm
0,00	0,00	0,94	0,01	2,43	0,01	4,04	0,01
0,03	0,00	1,08	0,01	2,56	0,01	4,16	0,01
0,11	0,00	1,22	0,01	2,72	0,01	4,31	0,01
0,22	0,00	1,37	0,01	2,82	0,01	4,43	0,01
0,30	0,00	1,52	0,01	2,98	0,01	4,52	0,01
0,34	0,00	1,61	0,01	3,12	0,01	4,76	0,01
0,42	0,00	1,74	0,01	3,28	0,01	4,90	0,01
0,51	0,00	1,89	0,01	3,47	0,01	5,08	0,01
0,53	0,00	1,98	0,01	3,61	0,01		
0,69	0,01	2,13	0,01	3,76	0,01		
0,82	0,01	2,26	0,01	3,87	0,01		



Il Direttore del laboratorio  
*Ing. Calogero Palumbo Piccionello*

Lo Sperimentatore

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)****Dati del Cliente****Verbale n. 0507****Certificato n. 18029 del 31/01/2022**

Committente	Geol. Gaetano Rizzuto
Richiedente	Geol. Gaetano Rizzuto
Cantiere	Rosolini (Sr)
Sondaggio	1
Campione	1
Profondità	3.00 m

**Dati del provino n°3 (400 kPa) - Vr 0.008 mm/min**

Descrizione provino	Sabbia limosa	Densità umida iniziale	18,198 kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_n$
Sezione	36,000 cm <sup>2</sup>	Densità umida finale	20,035 kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_r$
Altezza iniziale	20,000 mm	Densità secca	15,628 kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_s$
Altezza finale	19,160 mm	Umidità iniziale	16,443 %	$W_0$
No. tara 1	12	Umidità finale	22,816 %	$W_f$
Massa tara 1	107,050 g	Saturazione iniziale	64,586 %	$S_0$
Massa tara 1 + massa umida iniz.	240,61 g	Saturazione finale	99,971 %	$S_f$
No. tara 2	204	Indice dei vuoti iniziale	0,682	$e_0$
Massa tara 2	37,250 g	Indice dei vuoti finale	0,612	$e_f$
Massa tara 2 + massa umida fin.	178,120 g	Densità secca finale	16,313 kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_{df}$
Massa tara 2 + massa secca	151,950 g			
Peso specifico dei grani	26,29 kN/m <sup>3</sup>			

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Calogero Palumbo Piccionello

Lo Sperimentatore

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

### Dati del Cliente

Committente

Richiedente

Cantiere

Sondaggio

Campione

Profondità

Verbale n. 0507

Geol. Gaetano Rizzuto

Geol. Gaetano Rizzuto

Rosolini (Sr)

1

1

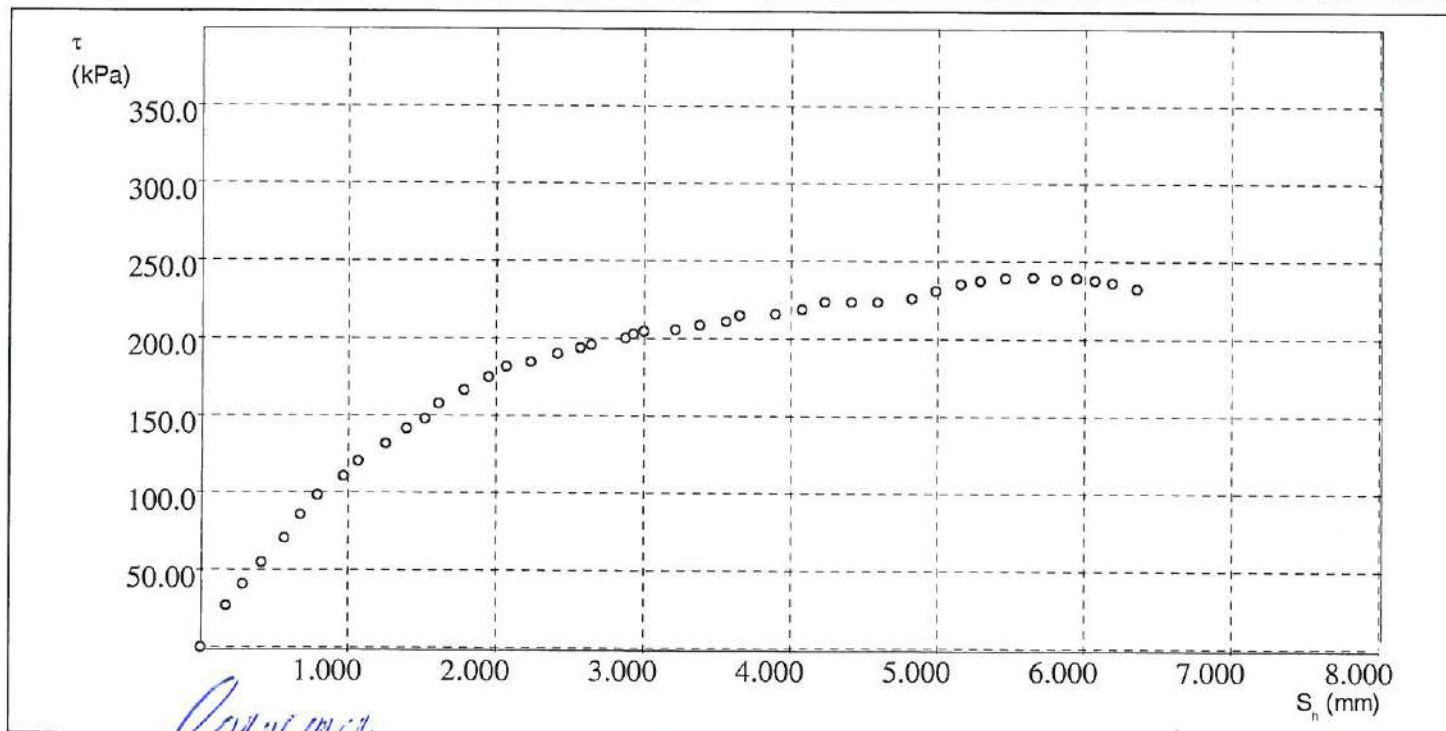
3.00 m

Certificato n. 18029 del 31/01/2022

### Risultati della fase di rottura Provino n°3 (400 kPa) - Vr 0.008 mm/min

dt min	dH mm	Sh mm	F N	$\tau$ kPa
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20,00	0,00	0,17	97,12	26,98
40,00	-0,03	0,29	147,62	41,01
60,00	-0,03	0,42	198,13	55,04
80,00	-0,02	0,57	254,46	70,68
100,00	-0,04	0,68	308,85	85,79
120,00	-0,05	0,80	355,46	98,74
140,00	-0,05	0,97	398,20	110,61
160,00	-0,05	1,07	433,16	120,32
180,00	-0,01	1,25	473,95	131,65
200,00	-0,04	1,40	508,92	141,37
220,00	-0,04	1,52	532,22	147,84
240,00	-0,04	1,61	567,19	157,55
260,00	-0,03	1,78	600,21	166,72
280,00	-0,03	1,95	629,35	174,82
300,00	-0,03	2,07	654,60	181,83
320,00	-0,02	2,23	664,31	184,53

dt min	dH mm	Sh mm	F N	$\tau$ kPa
340,00	-0,01	2,42	683,73	189,93
360,00	0,00	2,57	697,33	193,70
380,00	-0,02	2,64	705,10	195,86
400,00	-0,01	2,87	720,64	200,18
420,00	-0,01	2,93	730,35	202,88
440,00	-0,01	3,00	736,18	204,49
460,00	-0,01	3,21	740,06	205,57
480,00	-0,01	3,37	751,72	208,81
500,00	-0,01	3,56	759,49	210,97
520,00	-0,01	3,65	773,09	214,75
540,00	0,00	3,89	776,97	215,83
560,00	0,00	4,08	788,63	219,06
580,00	0,00	4,23	806,11	223,92
600,00	0,00	4,41	806,11	223,92
620,00	0,00	4,59	806,11	223,92
640,00	0,02	4,82	813,88	226,08
660,00	0,02	4,98	831,36	230,93



Il Direttore del laboratorio

Ing. Calogero Palumbo Piccionello

Lo Sperimentatore



**Dati del Cliente**

Verbale n. 0507

Certificato n. 18029 del 31/01/2022

Committente	Geol. Gaetano Rizzuto
Richiedente	Geol. Gaetano Rizzuto
Cantiere	Rosolini (Sr)
Sondaggio	1
Campione	1
Profondità	3.00 m

**Risultati della fase di rottura Provino n°3 (400 kPa) - Vr 0.008 mm/min**

dt min	dH mm	Sh mm	F N	kPa
680,00	0,03	5,16	846,90	235,25
700,00	0,03	5,29	854,67	237,41
720,00	0,03	5,46	862,44	239,57
740,00	0,03	5,65	864,38	240,11
760,00	0,03	5,81	858,55	238,49
780,00	0,04	5,94	861,85	239,40
800,00	0,04	6,07	856,29	237,86
820,00	0,04	6,19	850,73	236,32
840,00	0,04	6,35	836,84	232,46
860,00	0,04	6,59	761,43	211,51

Il Direttore del laboratorio

Ing. Calogero Palumbo Piccionello

Lo Sperimentatore



## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080)

Dati cliente

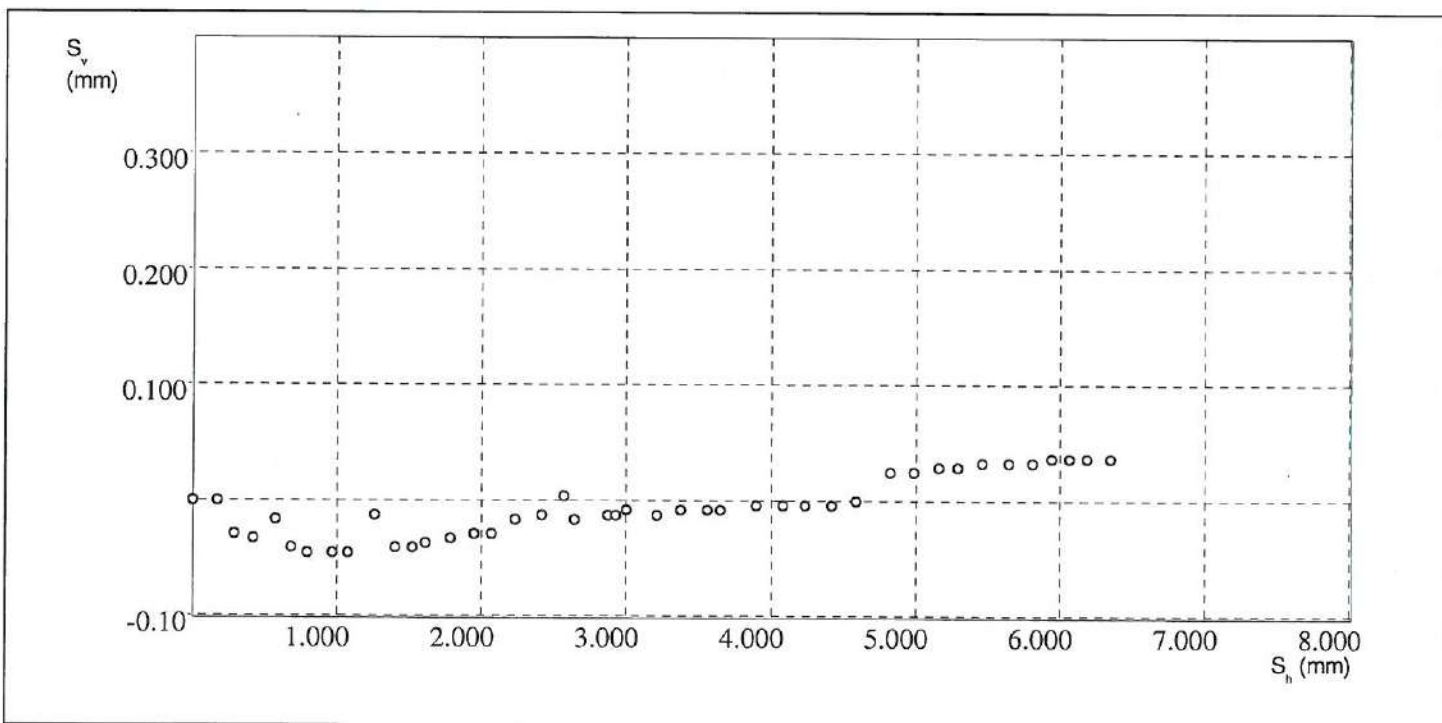
Verbale n. 0507

Certificato n. 18029 del 31/01/2022

Committente Geol. Gaetano Rizzuto  
Richiedente Geol. Gaetano Rizzuto  
Sito Rosolini (Sr)  
Sondaggio 1  
Campione 1  
Profondità 3.00 m

### Risultati della fase di rottura Provino n°3 (400 kPa) - Vr 0.008 mm/min

Sh mm	Sv mm	Sh mm	Sv mm	Sh mm	Sv mm	Sh mm	Sv mm
0,00	0,00	1,52	-0,04	3,00	-0,01	4,98	0,02
0,17	0,00	1,61	-0,04	3,21	-0,01	5,16	0,03
0,29	-0,03	1,78	-0,03	3,37	-0,01	5,29	0,03
0,42	-0,03	1,95	-0,03	3,56	-0,01	5,46	0,03
0,57	-0,02	2,07	-0,03	3,65	-0,01	5,65	0,03
0,68	-0,04	2,23	-0,02	3,89	0,00	5,81	0,03
0,80	-0,05	2,42	-0,01	4,08	0,00	5,94	0,04
0,97	-0,05	2,57	0,00	4,23	0,00	6,07	0,04
1,07	-0,05	2,64	-0,02	4,41	0,00	6,19	0,04
1,25	-0,01	2,87	-0,01	4,59	0,00	6,35	0,04
1,40	-0,04	2,93	-0,01	4,82	0,02	6,59	0,04



Il Direttore del laboratorio

Ing. Calogero Palumbo Piccionello

Lo Sperimentatore

Calogero  
Palumbo Piccionello

## PROVA DI RESISTENZA A COMPRESSIONE

La compressione è un'azione che tende ad accorciare un materiale soggetto in modo uniforme ortogonalmente all'asse.

*Norma di riferimento-UNI EN 1926/2000*

I provini possono essere di forma cubica di spigolo  $70 \pm 5$  mm o  $50 \pm 5$  mm oppure di forma di cilindri circolari retti con diametro e altezza uguali:  $70 \pm 5$  mm o  $50 \pm 5$  mm.

Il rapporto fra la misura dello spigolo del provino e la dimensione del grano più grande presente nella roccia deve essere  $\geq 10:1$ , ma se la massima dimensione osservata supera 7 mm, si devono impiegare un numero maggiore di provini, in modo da ottenere risultati rappresentativi.

Le dimensioni della sezione trasversale del provino devono essere misurate a 0,1 mm mediando due misure prese in direzioni ortogonali fra loro sulla faccia superiore del provino e due misure prese sulla faccia inferiore del provino. Il valore medio della dimensione dello spigolo o il valore medio del diametro deve essere utilizzato per calcolare l'area della sezione trasversale.

Le facce sulle quali viene applicato il carico devono essere piane con tolleranza di 0,1 mm e devono scostarsi dalla perpendicolarità rispetto all'asse del provino in misura di  $\leq 0,01$  rad o di 1 mm su 100 mm. I lati del provino devono essere lisci, senza irregolarità e rettilinei con una deviazione massima di 0,3 mm sull'intera lunghezza del provino. Per seguire le prescrizioni, i provini dovranno essere lavorati su una spianatrice con una rettifica finale, se necessario.

I provini vengono centrati su piano della macchina e si applica il carico uniforme centrato e distribuito, che viene aumentato in modo continuo fino alla rottura, con un incremento costante della velocità pari  $1 \pm 0,5$  MPa/sec. Il carico massimo sul provino deve essere registrato con la precisione di 1 kN.

La resistenza a compressione R di ogni provino viene espressa, in MPa, dal rapporto fra il carico di rottura del provino e area della sezione trasversale misurata prima della prova:

$$R = F/A$$

Committente: Geol. Gaetano Rizzuto

Mitigazione rischio idrogeologico area centro urbano – realizzazione drenaggio delle acque superficiali e collettamento a valle del centro abitato, Rosolini (Sr)

Rapporto di prova n° 01/22 del 31/01/2022

Sigla	Profondità campione (m)	Descrizione	Diametro (cm)	Altezza (cm)	Peso (g)	Peso di volume (kN/m <sup>3</sup> )	Carico a rottura (kN)	Resistenza a compressione (MPa)
S3CR1	2,80	calcarenite	8,1	8,7	948,8	20,69	64,35	12,49

Il Direttore del Laboratorio



Lo Sperimentatore  
Geol. Emerico Sciascia

  
Dott. Geologo  
EMERICO SCIASCIA

**COMUNE DI ROSOLINI**

**LOCALIZZAZIONE DI SOTTOSERVIZI CON  
GEORADAR IDS OPERA DUO**

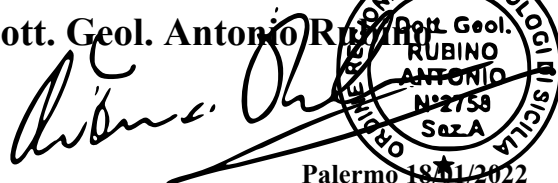
**RAPPORTO DI INDAGINE**  
***MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO AREA CENTRO URBANO***  
***REALIZZAZIONE DRENAGGIO DELLE ACQUE SUPERFICIALI E***  
***COLLETTAMENTO A VALLE DEL CENTRO ABITATO***

IL Committente

**Dott. Geol. Rizzuto Gaetano**

IL Tecnico

**Dott. Geol. Antonio Rizzuto**



ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DI SICILIA  
Dott. Geol.  
RUBINO  
ANTONIO  
N°2758  
Sez.A

Palermo 18/11/2022



## PREMESSA

Il Sottoscritto Dott. Geol. Antonio Rubino, iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia al n. 2578, giusto incarico conferitomi dalla Studio di Geologia Applicata del Dott. Rizzuto Gaetano con sede in Cammarata (Ag) Via San Vito, 28 P.Iva 02026980843 per l'esecuzione di un'indagine Georadar volta a verificare la presenza di sottoservizi in riferimento ai lavori *“Mitigazione Rischio Idrogeologico area centro urbano – Realizzazione drenaggio delle acque superficiali e collettamento a valle del centro abitato CUP: J24H18000270001 CIG: ZD43309DDC.*

L'indagine è stata eseguita giorno 18.01.2022 nelle aree meglio indicate nell'immagine di Google Earth allegata alla presente per complessivi 610 m circa.

## ESONERO DI RESPONSABILITÀ

Notare che non tutti i tubi, cavi e condutture possono essere localizzati e mappati, in considerazione della loro profondità, tipo di materiale, geologia e prossimità ad altri sottoservizi.

Anche un'indagine appropriata ed eseguita in modo professionale potrebbe non garantire il riconoscimento del 100% dei sottoservizi.

## METODO ELETTROMAGNETICO IMPULSIVO (G.P.R.)

Il *georadar* è uno strumento che, lavorando con onde elettromagnetiche che si trasmettono nei materiali, consente di rilevare le informazioni relative alla posizione nello spazio di un oggetto. Ciò viene realizzato per mezzo del confronto (in particolare tra l'istante della partenza e l'istante del ritorno) tra un segnale di riferimento emesso da un trasmettitore di onde elettromagnetiche e quello riflesso dall'oggetto da localizzare, se questo può funzionare come bersaglio su cui avviene la riflessione delle onde elettromagnetiche.

Per il suo funzionamento il GEORADAR (cioè il *radar* che emette onde elettromagnetiche che possono *penetrare* all'interno del sottosuolo) sfrutta i fenomeni fisici (soprattutto la riflessione, ma anche la rifrazione e lo “*scattering*”) che incidono sull'onda elettromagnetica che si propaga nel terreno, quando essa incontra una

discontinuità (cavità, corpo sepolto, variazione litologica, ecc.) legata a variazioni delle proprietà elettriche e magnetiche dei terreni o dei materiali attraversati, e soprattutto a variazioni della permittività. Queste ultime, a loro volta, dipendono in notevole misura dal diverso contenuto d'acqua nei terreni.

L'antenna trasmittente invia nel terreno un treno di onde elettromagnetiche di breve durata (dell'ordine di  $10^{-9}$  secondi) e di frequenza elevata (scelta in un campo che varia generalmente tra 20 e 2000 MHz) ad intervalli regolari. Tali impulsi si propagano all'interno del terreno finché non sono riflessi da un'eventuale discontinuità e, se caratterizzati da sufficiente energia, ritornano verso la superficie del terreno.

Le antenne che emettono impulsi con frequenze più elevate (consentendo di ottenere in genere un maggior dettaglio di informazione) sono utilizzate per indagini poco profonde, mentre per indagini a maggiore profondità si utilizzano antenne con frequenze più contenute. Gli impulsi elettromagnetici si propagano nel terreno con una velocità ricavabile dall'espressione:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu\epsilon_r}} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

dove  $\mu$  è la permeabilità magnetica del mezzo,  $c$  è la velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche nel vuoto ed  $\epsilon_r$  è la costante dielettrica relativa (o permittività). Gli impulsi si attenuano tanto più rapidamente quanto maggiore è la frequenza  $f$  dell'onda, la conducibilità elettrica e la permittività del mezzo.

Sulle superfici di discontinuità del sottosuolo, in cui la permittività varia bruscamente, per esempio da un valore  $\epsilon_1$  ad un valore  $\epsilon_2$ , l'impulso elettromagnetico subisce una riflessione, con un coefficiente di riflessione  $r$  che risulta definito dalla relazione:

$$r = \frac{\sqrt{\epsilon_1} - \sqrt{\epsilon_2}}{\sqrt{\epsilon_1} + \sqrt{\epsilon_2}}$$

Se è nota la velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche, utilizzando i tempi di percorso delle onde è possibile calcolare la profondità dei vari riflettori. Quando l'antenna passa sopra un oggetto riflettente, essa riceve una riflessione anche quando non è sulla verticale passante per quest'ultimo. Il risultato è una tipica *iperbole di riflessione*.

I filtri sono essenzialmente utilizzati per migliorare la qualità dei segnali ricevuti, attenuando le componenti del segnale caratterizzate da frequenze indesiderate (*noise* o rumore elettromagnetico). Gli amplificatori sono utilizzati, invece, per amplificare gli impulsi più deboli provenienti da riflessioni da parte di superfici di discontinuità più profonde, o da parte di litotipi *assorbenti*.

## CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE USATA

Il GEORADAR è schematicamente costituito da una unità di controllo alla quale, sono collegate due antenne che hanno la funzione di inviare impulsi elettromagnetici e captare i segnali riflessi o rifratti.

Il sistema è detto “*bistatico*” cioè l'unità di controllo è collegata a due antenne contemporaneamente, che funzionano alternativamente da trasmettenti e da riceventi. Questo sistema di ultima generazione, detto anche R.S.A.D. (*Radar Surface Arrival Detection*) è molto simile alla tecnica del *SONAR (ecoscandaglio)* utilizzato per i rilievi batimetrici del fondo marino.

Le antenne, di dimensioni e peso variabili, possono essere agevolmente trasportate sul terreno o da un operatore o trainate da un veicolo, lungo i profili di indagine. La strumentazione è inoltre collegata a un pc portatile mediante il quale possono essere visualizzati in tempo reale i segnali (a colori o in scala di grigi), sia durante l'acquisizione sia dopo la registrazione.

La strumentazione utilizzata consiste in un'unità di acquisizione IDS Opera Duo e in due antenne radar con frequenze principali da 250 e 700 MHz.

La tecnica di misura adottata è la cosiddetta “*single fold*”, che consiste nel trascinare un unico involucro (contenente i quattro dipoli – due trasmettenti e due riceventi) lungo il profilo che si vuole indagare.



Figura 1 Georadar IDS Opera Duo



## PLANIMETRIA DELL'INDAGINE

In questa sezione è riportato lo stralcio di Google Earth con indicazione delle aree indagate.



Immagine 1 Stralcio Google dell'area indagata

# INDAGINE ESEGUITA

Inizialmente è stato eseguito un sopralluogo generale dell'area interessata per avere una cognizione diretta dei luoghi al fine di organizzare le operazioni di indagine.

Le indagini si sono pertanto svolte in maniera dettagliata e hanno permesso di coprire l'intera area di interesse eseguendo profili georadar al fine di poter individuare i sottoservizi presenti lungo il tragitto oggetto di intervento.

I sottoservizi sono stati indicati direttamente in cantiere con vernice spray per tracce e con indicazione delle profondità e direzione. Successivamente gli stessi sono stati rilevati mediante strumentazione topografica GPS di alta precisione tipo Trimble R10 model 2 ed è stata redatta un'apposita planimetria rappresentativa con indicazione dei sottoservizi e delle profondità riscontrate..

È necessario puntualizzare che l'indagine è risultata alquanto complessa sia per la litologia presente sia per il sovrapporsi di diversi sottoservizi, sia per la presenza di un terreno alquanto umido che in alcuni casi rendeva impossibile il loro preciso posizionamento.

Infine in quanto indagine indiretta si consiglia prima di iniziare i lavori di effettuare dei saggi diretti al fine di verificare quanto riscontrato durante l'indagine eseguita.

Si allega alla presente:

- Radargrammi rappresentativi;
- Planimetria rappresentativa di indagine scala 1:500

Palermo, 18.01.2022

Il Tecnico

Dott. Geol. Antonio Rubino



The image shows a handwritten signature in black ink, which appears to read 'Antonio Rubino'. To the right of the signature is a circular professional stamp. The stamp contains the text 'REGIONALE DEI GEOLOGI DI SICILIA' around the perimeter. In the center, it reads 'Dott. Geol. RUBINO ANTONIO N° 2758 S. 2758'.

# RADARGRAMMI RAPPRESENTATIVI

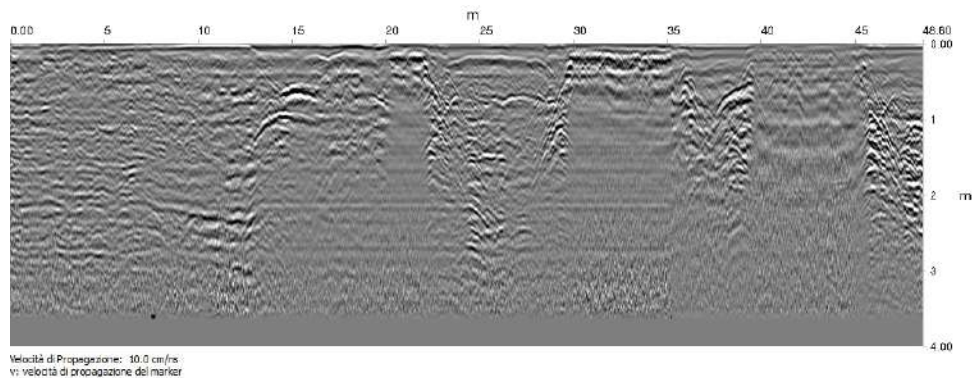


Dott. Geol. Antonio Rubino

## INDIVIDUAZIONE SOTTOSERVIZI

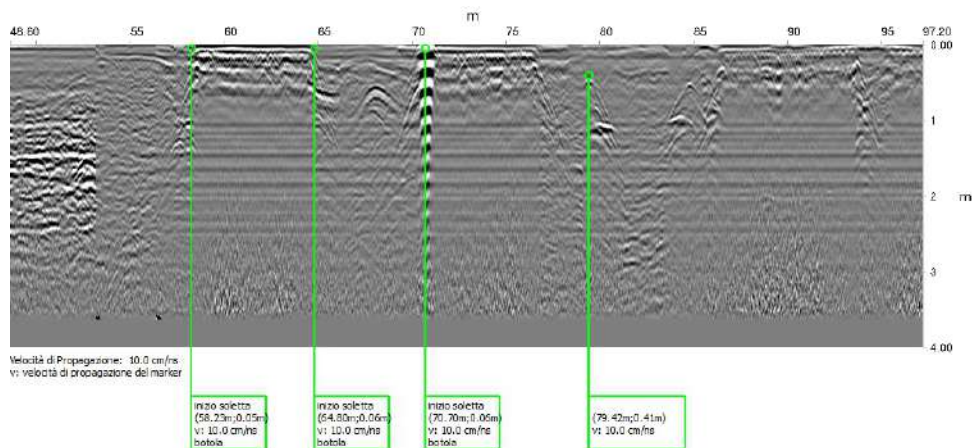
### REPORT DI ANALISI DATI

Detezione di sottoservizi con  
IDS OPERA DUO  
Ground Penetrating Radar



Notare che non tutti i tubi, cavi e condotti possono essere trovati e mappati considerando la profondità, locazione, tipo di materiale, geologia e vicinanza ad altri sottoservizi.  
Anche con un'indagine appropriata ed eseguita in modo professionale può non essere in grado di trovare il 100% dei sottoservizi.

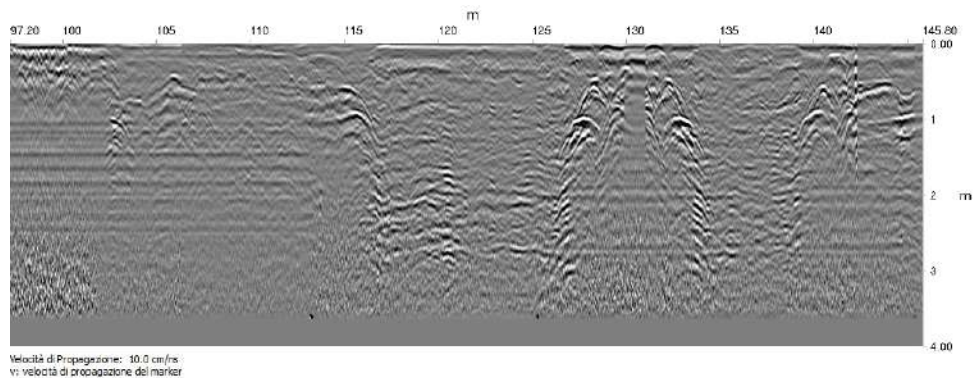
2



Notare che non tutti i tubi, cavi e condotti possono essere trovati e mappati considerando la profondità, locazione, tipo di materiale, geologia e vicinanza ad altri sottoservizi.  
Anche con un'indagine appropriata ed eseguita in modo professionale può non essere in grado di trovare il 100% dei sottoservizi.

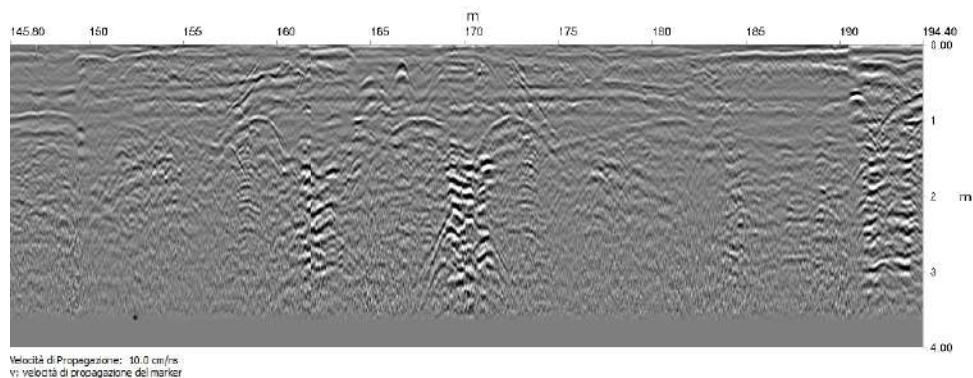
3





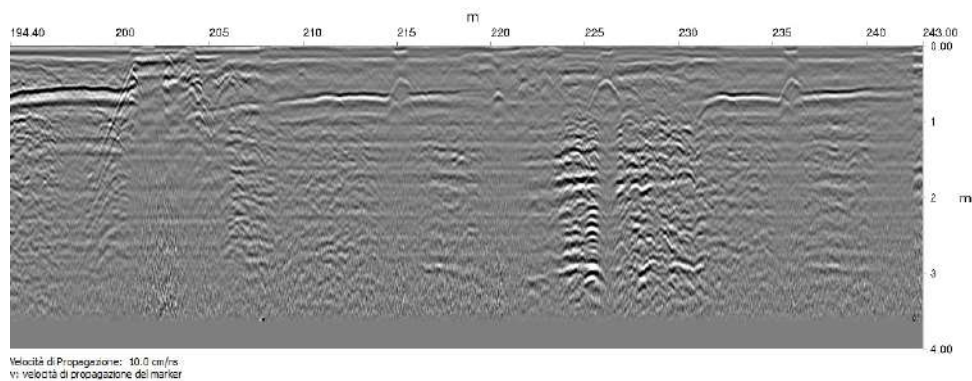
Notare che non tutti i tubi, cavi e condotti possono essere trovati e mappati considerando la profondità, locazione, tipo di materiale, geologia e vicinanza ad altri sottoservizi.  
Anche con un'indagine appropriata ed eseguita in modo professionale può non essere in grado di trovare il 100% dei sottoservizi.

4



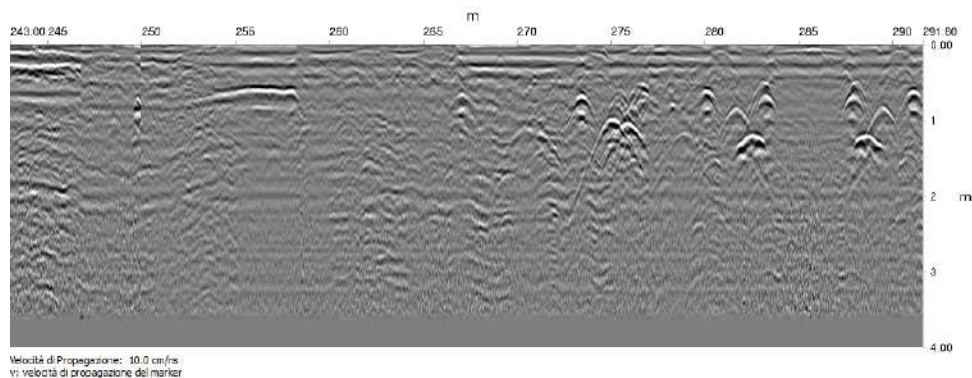
Notare che non tutti i tubi, cavi e condotti possono essere trovati e mappati considerando la profondità, locazione, tipo di materiale, geologia e vicinanza ad altri sottoservizi.  
Anche con un'indagine appropriata ed eseguita in modo professionale può non essere in grado di trovare il 100% dei sottoservizi.

5



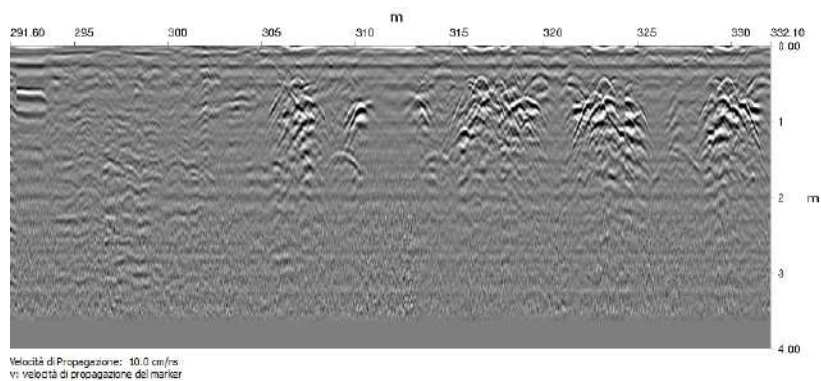
Notare che non tutti i tubi, cavi e condotti possono essere trovati e mappati considerando la profondità, locazione, tipo di materiale, geologia e vicinanza ad altri sottoservizi.  
Anche con un'indagine appropriata ed eseguita in modo professionale può non essere in grado di trovare il 100% dei sottoservizi.

6



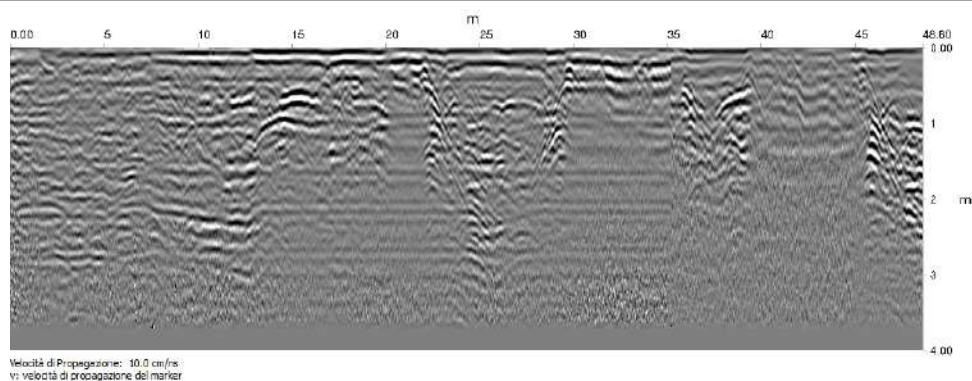
Notare che non tutti i tubi, cavi e condotti possono essere trovati e mappati considerando la profondità, locazione, tipo di materiale, geologia e vicinanza ad altri sottoservizi.  
Anche con un'indagine appropriata ed eseguita in modo professionale può non essere in grado di trovare il 100% dei sottoservizi.

7



Notare che non tutti i tubi, cavi e condotti possono essere trovati e mappati considerando la profondità, locazione, tipo di materiale, geologia e vicinanza ad altri sottoservizi.  
Anche con un'indagine appropriata ed eseguita in modo professionale può non essere in grado di trovare il 100% dei sottoservizi.

8



Notare che non tutti i tubi, cavi e condotti possono essere trovati e mappati considerando la profondità, locazione, tipo di materiale, geologia e vicinanza ad altri sottoservizi.  
Anche con un'indagine appropriata ed eseguita in modo professionale può non essere in grado di trovare il 100% dei sottoservizi.

9




COMUNE DI ROSOLINI

LOCALIZZAZIONE DI SOTTOSERVIZI CON  
GEORADAR IDS OPERA DUO

PLANIMETRIA RAPPRESENTATIVA DI INDAGINE  
MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO AREA CENTRO URBANO  
REALIZZAZIONE DRENAGGIO DELLE ACQUE SUPERFICIALI E  
COLLETTAMENTO A VALLE DEL CENTRO ABITATO  
CUP: J24H18000270001 CIG: ZD43309DDC

IL Committente  
Dott. Geol.

IL Tecnico  
Dott. Geol. Antonio  
  
Palermi, 14/04/2022

LEGENDA  
Sottoservizi

LONGITUDINALI  
TRASVERSALI

SCALA 1:500

