



PROTEZIONE CIVILE  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Emilia-Romagna



CONFERENZA DELLE REGIONI E  
DELLE PROVINCE AUTONOME

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Nuove indagini

Regione Emilia-Romagna  
Comune di Langhirano



<p>Regione Emilia-Romagna</p>	<p>Soggetto realizzatore  <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY www.engeo.it</p> <p>Direzione tecnica Dott. Geol. Carlo Caleffi Dott. Geol. Francesco Cerutti</p> <p>Collaboratori Dott. Geol. Matteo Baisi Dott. Geol. Domenico Bianco Dott. Geol. Alessandro Ferrari Dott.ssa Giulia Mainardi Dott. Geol. Massimiliano Trauzzi</p>	<p>Data Gennaio 2020</p> <p><b>MS3</b></p>
-----------------------------------	--	--

---

*SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO*

---

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



**COMMITTENTE: ENGEО s.r.l. - Via Suor Maria Adorni 2, Parma**

**CANTIERE: Langhirano (PR)**

PERFORAZIONE: S1

C. SITO N°: SF200033 del 28/01/20

PROFONDITA': 30,00 m

Indisturbato

S.P.T

ESECUZIONE: 24-27/01/20

OPERATORE: GIGLIOTTI

RIVESTIMENTO: 30,00 m

Rimaneggiato

Lefranc

COMMESSA: 20871FE

RESPONSABILE: FRENO

QUOTA: p.c.

Ambientale

Vane Test

METRI	METRI da P.C.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAMPIONI			R.Q.D.		PROVE			METODO E UTENSILE	FALDA	DOWN-HOLE
				TIPO	NUM.	PROF.	PROF.	%	TIPO	NUM.	PROF.			
0.10			Terreno vegetale											
0.50			Limo argilloso ghiaioso marrone											
1			Argilla limosa marrone											
2.10			Ghiaia eterometrica in matrice limoso-sabbiosa marrone chiaro										4.50	
3														
4														
5														
6														
7			Limo argilloso marrone con livelli ghiaiosi											
7.00														
8														
8.90			Argilla marnosa grigio-azzurra											
9														
10														
10.20														
11														
12														
13														
14			Alternanza di argilla marnosa e argillite di colore grigio											
15														
16														
17														
18														
18.35							18.35							
19			Marna grigio scuro parzialmente fratturata						48%					
20														
20.00							19.90							

Carotaggio continuo tramite carotiere semplice 101 mm

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)  
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648  
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)  
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099  
[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



**COMMITTENTE: ENGEО s.r.l. - Via Suor Maria Adorni 2, Parma**  
**CANTIERE: Langhirano (PR)**

PERFORAZIONE: S1 C. SITO N°: SF200033 del 28/01/20  
ESECUZIONE: 24-27/01/20 OPERATORE: GIGLIOTTI  
COMMESSA: 20871FE RESPONSABILE: FRENO

PROFONDITA': 30,00 m  
RIVESTIMENTO: 30,00 m  
QUOTA: p.c.

Indisturbato  S S.P.T  
Rimaneggiato  L Lefranc  
Ambientale  V Vane Test

METRI	METRI da P.C.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAMPIONI			P.P. kPa	T.V. kPa	PROVE			METODO E UTENSILE	FALDA	DOWN-HOLE
				TIPO	NUM.	PROF.			TIPO	NUM.	PROF.			
21		[Lithology pattern]	Alternanza di argilla marnosa e argillite di colore grigio								Carotaggio continuo tramite carotiere semplice 101 mm			
22														
23		[Lithology pattern]	Calcare marnoso grigio chiaro				24.00				Carotaggio continuo tramite carotiere doppio 101 mm e corona diamantata			
24	24.00 24.32							24.32	62%					
25		[Lithology pattern]	Marna grigio scuro parzialmente fratturata				25.21	58%						
26								26.41	58%					
27	27.00							26.70 27.00	50% 90%					
28		[Lithology pattern]	Alternanza di argilla marnosa e argillite di colore grigio											
29	29.00							29.00						
30	30.00	[Lithology pattern]	Calcare marnoso grigio chiaro parzialmente fratturato				30.00	67%						
31			FINE SONDAGGIO											
32														
33														
34														
35														
36														
37														
38														
39														
40														

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



**COMMITTENTE: ENGEO s.r.l. - Via Suor Maria Adorni 2, Parma**

**CANTIERE: Langhirano (PR)**

PERFORAZIONE: S1  
 ESECUZIONE: 24-27/01/20  
 COMMESSA: 20871FE

C. SITO N°: SF200033 del 28/01/20  
 OPERATORE: GIGLIOTTI  
 RESPONSABILE: FRENO

PROFONDITA': 30,00 m  
 RIVESTIMENTO: 30,00 m  
 QUOTA: p.c.

	Indisturbato		S.P.T
	Rimaneggiato		Lefranc
	Ambientale		Vane Test

**UBICAZIONE**

LOCALITA': Langhirano (PR)

PERFORAZIONE: S1  
 UBICAZIONE: Lat.: 44.6159°  
 Long.: 10.2695°



Ubicazione sondaggio



Cassetta 1: 0.00 - 5.00 m da p.c.

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648

Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



**COMMITTENTE: ENGEO s.r.l. - Via Suor Maria Adorni 2, Parma**

**CANTIERE: Langhirano (PR)**

PERFORAZIONE: S1

C. SITO N°: SF200033 del 28/01/20

PROFONDITA': 30,00 m

Indisturbato

S.P.T

ESECUZIONE: 24-27/01/20

OPERATORE: GIGLIOTTI

RIVESTIMENTO: 30,00 m

Rimaneggiato

Lefranc

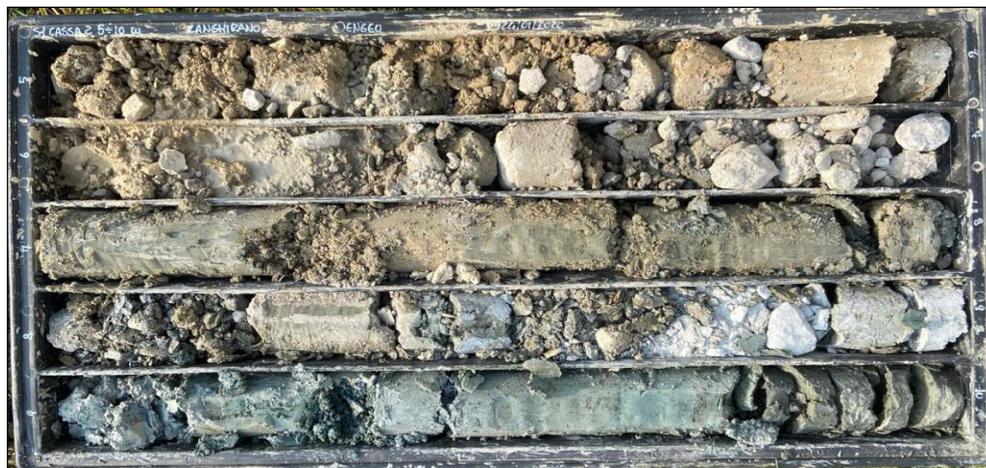
COMMESSA: 20871FE

RESPONSABILE: FRENO

QUOTA: p.c.

Ambientale

Vane Test



Cassetta 2: 5.00 - 10.00 m da p.c.



Cassetta 3: 10.00 - 15.00 m da p.c.



Cassetta 4: 15.00 - 20.00 m da p.c.

**FERRARA DEPARTMENT**

Via Annibale Zucchini, 69 – 44122 Ferrara (FE)  
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl – P.Iva 01872430648  
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)  
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099  
[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



**COMMITTENTE: ENGEO s.r.l. - Via Suor Maria Adorni 2, Parma**  
**CANTIERE: Langhirano (PR)**

PERFORAZIONE: S1 C. SITO N°: SF200033 del 28/01/20  
ESECUZIONE: 24-27/01/20 OPERATORE: GIGLIOTTI  
COMMESSA: 20871FE RESPONSABILE: FRENO

PROFONDITA': 30,00 m  
RIVESTIMENTO: 30,00 m  
QUOTA: p.c.

	Indisturbato	<table border="1" data-bbox="1374 315 1406 338"><tr><td>S</td></tr></table>	S	S.P.T
S				
	Rimaneggiato	<table border="1" data-bbox="1374 342 1406 365"><tr><td>L</td></tr></table>	L	Lefranc
L				
	Ambientale	<table border="1" data-bbox="1374 369 1406 392"><tr><td>V</td></tr></table>	V	Vane Test
V				



Cassetta 5: 20.00 - 25.00 m da p.c.

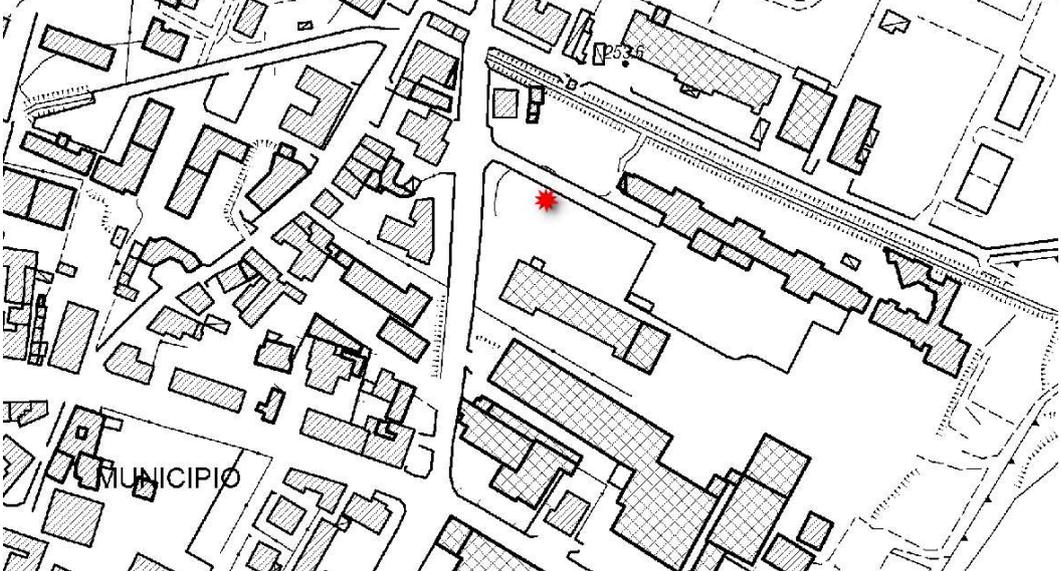


Cassetta 6: 25.00 - 30.00 m da p.c.

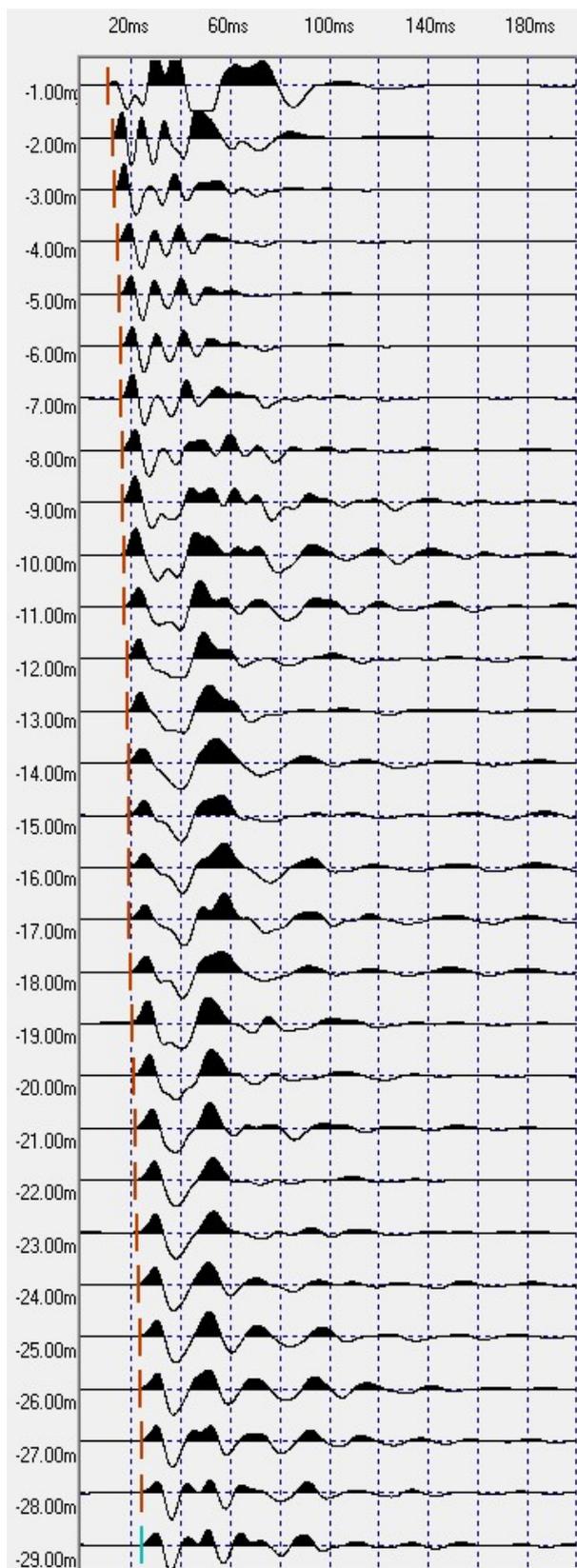
---

# *DOWNHOLE*

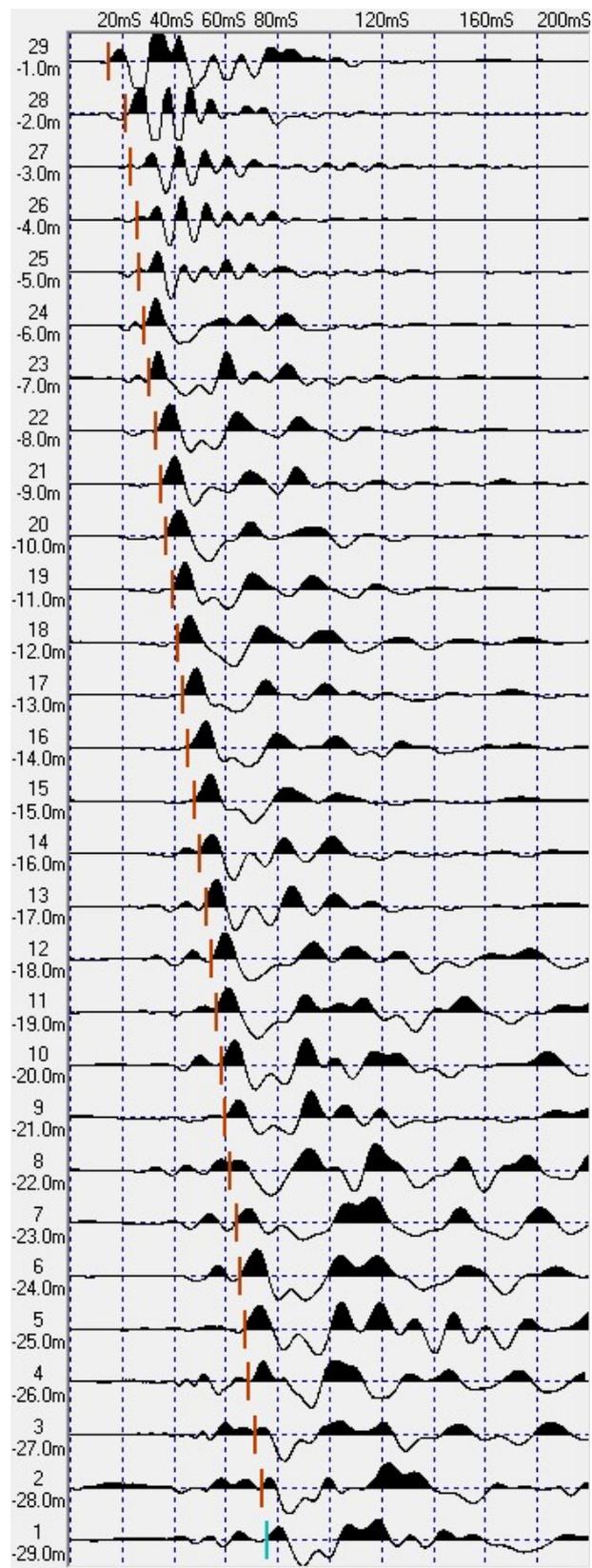
---

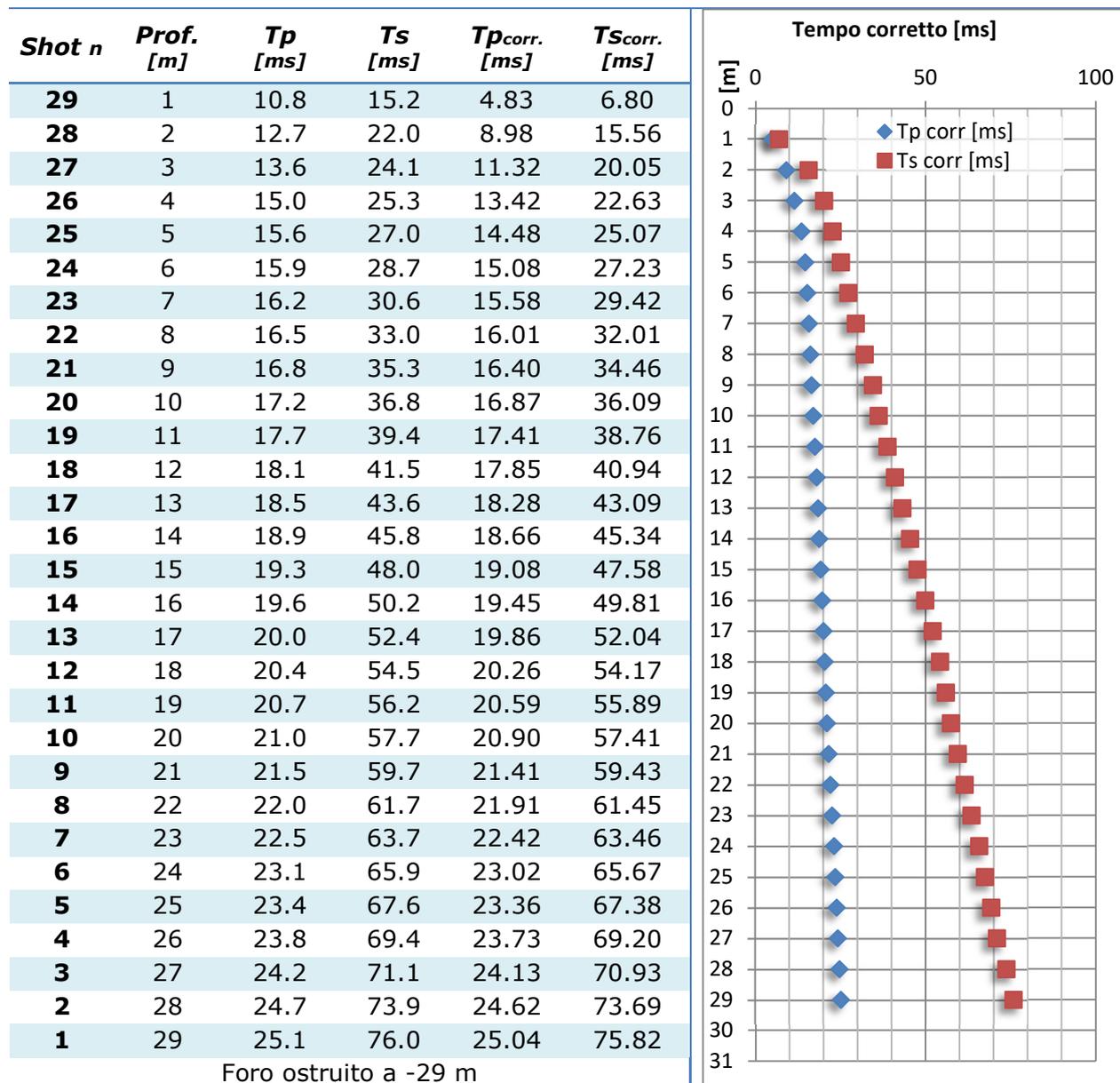
<b>Comune:</b> Langhirano (PR)		<b>Località:</b> via Roma, Langhirano	
<b>Codice lavoro:</b> 20_002_ENGE	<b>Cantiere:</b> MS3 - Langhirano	<b>Committente:</b> Engeo S.r.l.	
<b>Codice Prova:</b> DH1	<b>File:</b> 2020-02-06_10-10-44.cdh	<b>Data:</b> 06/02/2020	<b>Ora inizio prova:</b> 10.10
<b>Operatore:</b> Dott. Geol. Alessandro Ferrari			
<b>Ubicazione:</b>			
<b>STRUMENTAZIONE</b>			
<b>Marca:</b> Sara Electronic Instruments		<b>Modello:</b> Sismografo digitale DoReMi	
<b>Geofono:</b> Sara SS-BH a 5 canali (1 verticale + 4 orizzontali)			<b>Frequenza (Hz):</b> 10
<b>SPECIFICHE INDAGINE</b>			
<b>Tipo:</b> Down-Hole	<b>Onde:</b> <input checked="" type="checkbox"/> P <input checked="" type="checkbox"/> SH	<b>N°canali:</b> 5	
<b>Profondità indagine (m):</b> 30	<b>Spaziatura (m):</b> 1	<b>Offset foro-sorgente (m):</b> 2	
<b>Durata registrazioni (sec):</b> 0.20		<b>Frequenza di campionamento (Hz):</b> 5000	
<b>Tipologia energizzazione:</b> mazza su trave (SH) e su piattello (P)			<b>Peso (Kg):</b> 9
			
<b>OSSERVAZIONI:</b> forte rumore ambientale: traffico e macchinari in funzione nell'adiacente prosciuttificio			

**Sismogramma onde P**

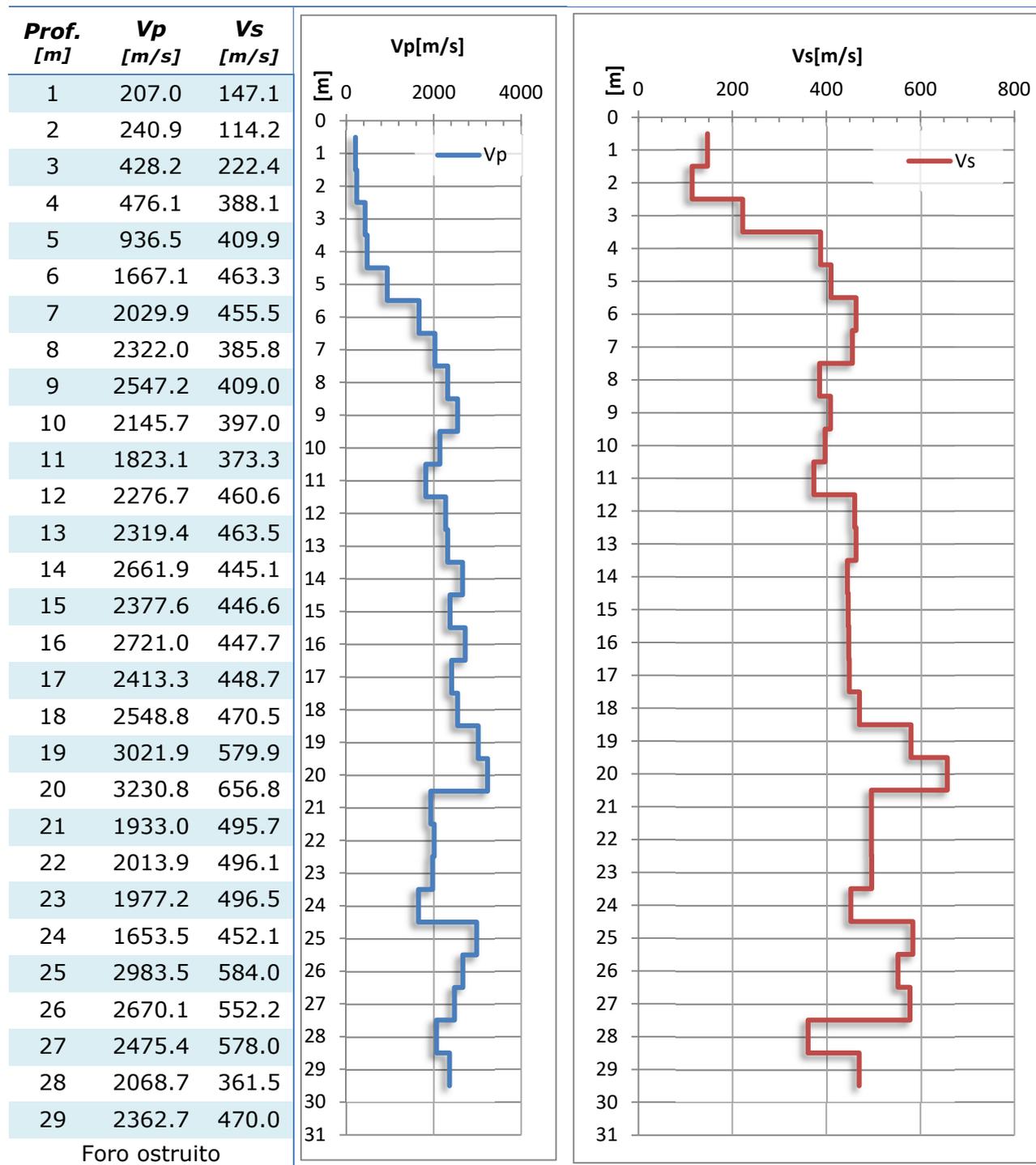


**Sismogramma onde SH**





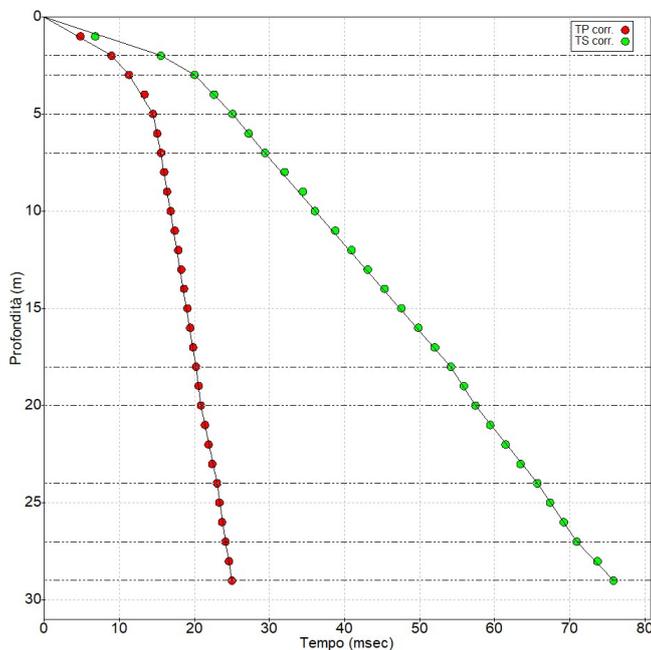
**Interpretazione con METODO DELL'INTERVALLO**



**Valore  $V_{s30}$ : 380.5 m/s**

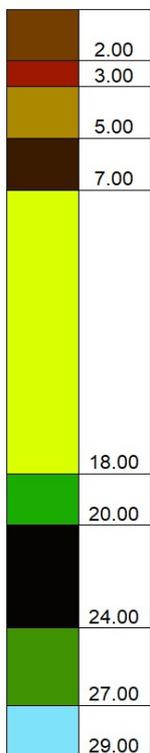
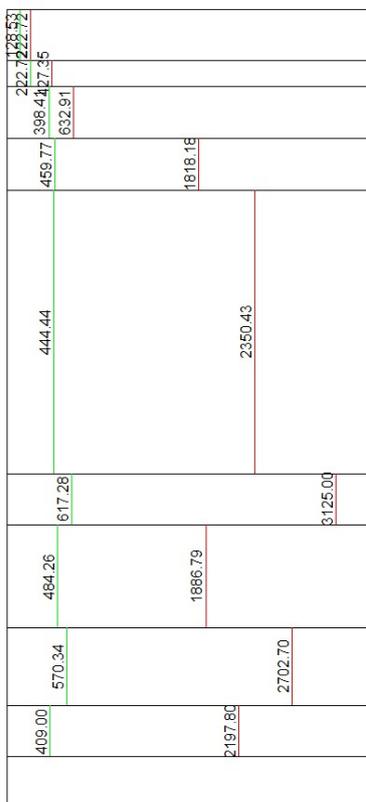
**Interpretazione con METODO DIRETTO**

**Dromocrone**



**Profilo Vs**

**Sismostrati**



Strato	Prof. [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]
1	2	222.7	128.5
2	3	427.4	222.7
3	5	632.9	398.4
4	7	1818.2	459.8
5	18	2350.4	444.4
6	20	3125.0	617.3
7	24	1886.8	484.3
8	27	2702.7	570.3
9	29	2197.8	409.0

**Valore Vs30: 383.3 m/s**

Vp Vs — m/s

---

*INDAGINE SISMICA MASW*

---

**INDAGINE MASW**

<b>Località</b> Riano	<b>Comune</b> Langhirano (PR)		
<b>Cantiere</b> MS 3° livello	<b>Data</b> 27/01/2020	<b>Ora</b> 14.10	
<b>Codice lavoro</b> 19_002_ENGE	<b>Committente</b> Engeo S.r.l.		
<b>Codice Prova</b> MASW1	<b>File</b> Riano a_STK_SEG2.dat; Riano b_STK_SEG2.dat		
<b>Operatore:</b> Dott. Geol. Alessandro Ferrari			

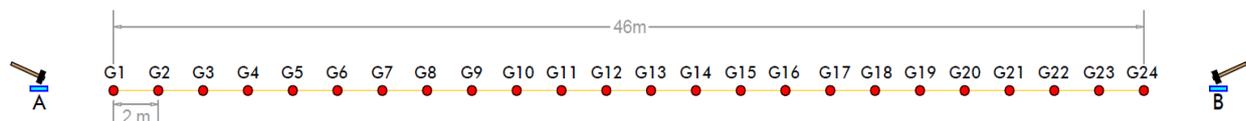
**STRUMENTAZIONE**

<b>Marca:</b> Sara Electronic Instruments	<b>Modello:</b> Sismografo digitale DoReMi
<b>Marca Geofoni:</b> Geo Space	<b>Orientamento:</b> <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/> V <b>Frequenza (Hz):</b> 4.5

**SPECIFICHE INDAGINE**

	<b>Tipo:</b> MASW	<b>Onde:</b> <input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> SH
	<b>N°canali:</b> 24	<b>Lunghezza stendimento (m):</b> 46
	<b>Offset minimo (m):</b> 5	<b>N° shot:</b> 5 per lato
	<b>Durata registrazioni (sec):</b> 1.0	
	<b>Frequenza di campionamento (Hz):</b> 5000	
	<b>Tipologia energizzazione:</b>	
	<input type="checkbox"/> Fucile sismico	Modello:
	<input checked="" type="checkbox"/> Mazza	Kg: 5
	<input type="checkbox"/> Grave	Kg:
	<input type="checkbox"/> Mazza su trave	Kg:
<b>Stacking:</b>		
Acquisizione lato A usate 5 acquisizioni su 5:	Acquisizione lato B usate 5 acquisizioni su 5:	
<input checked="" type="checkbox"/> Riano A_0105.drm	<input checked="" type="checkbox"/> Riano B_0105.drm	
<input checked="" type="checkbox"/> Riano A_0205.drm	<input checked="" type="checkbox"/> Riano B_0205.drm	
<input checked="" type="checkbox"/> Riano A_0305.drm	<input checked="" type="checkbox"/> Riano B_0305.drm	
<input checked="" type="checkbox"/> Riano A_0405.drm	<input checked="" type="checkbox"/> Riano B_0405.drm	
<input checked="" type="checkbox"/> Riano A_0505.drm	<input checked="" type="checkbox"/> Riano B_0505.drm	

**Geometrie stendimento:**



**TERRENO INDAGATO**

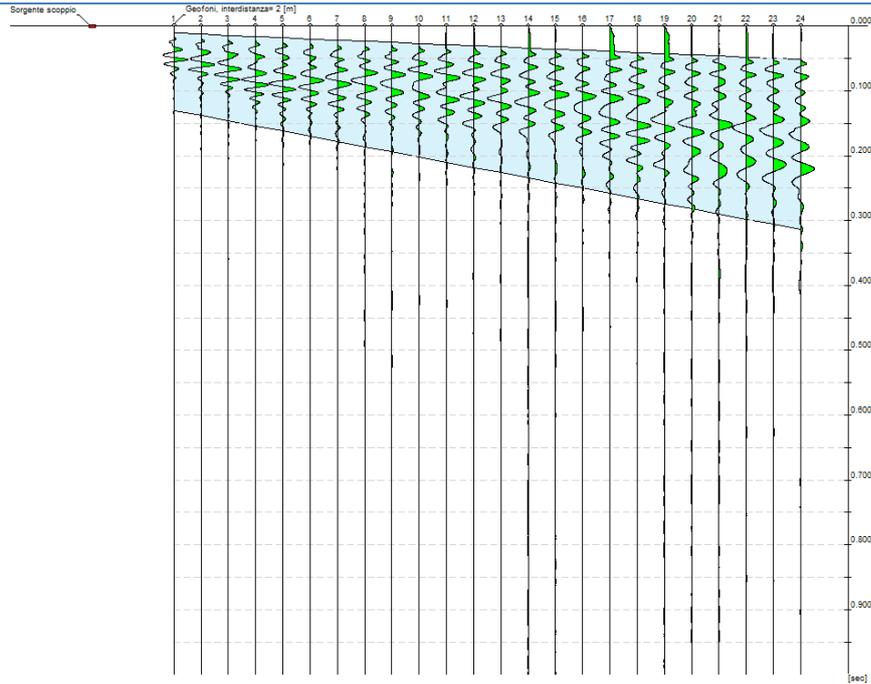
<b>Superficie:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> vegetale	<input type="checkbox"/> riporto	<input type="checkbox"/> roccia	<input type="checkbox"/> pavimentazione:
<b>Condizioni terreno:</b>	<input type="checkbox"/> asciutto	<input checked="" type="checkbox"/> bagnato	<input type="checkbox"/> saturo	

**OSSERVAZIONI:**

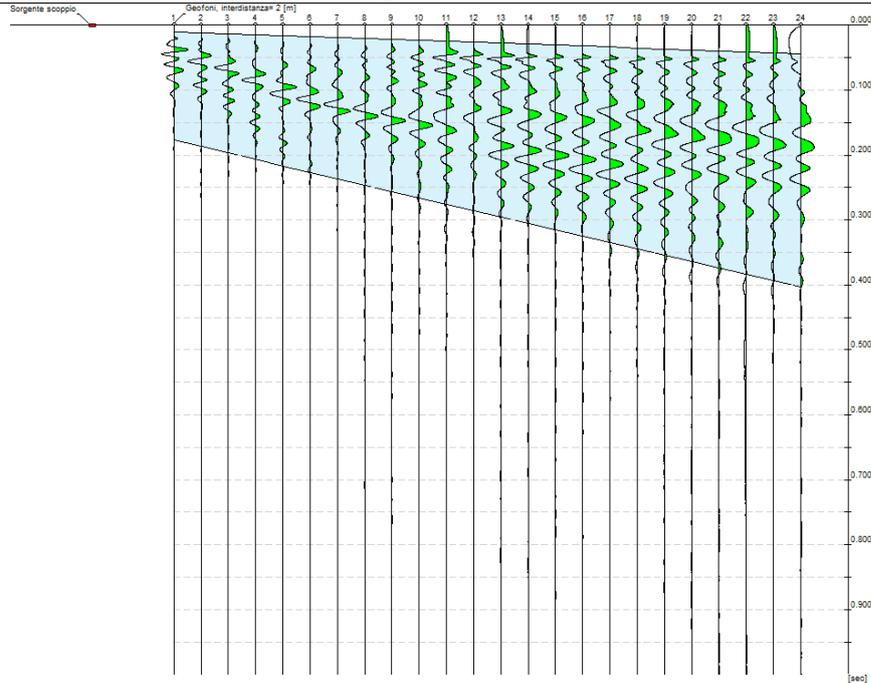
### Tracce

Numero tracce: 24  
Durata acquisizione: 1.0 s  
Periodo di campionamento: 0.2 ms  
Interdistanza geofoni: 2.0 m  
Distanza sorgente - primo geofono: 5 m  
Selezione temporale: selezione manuale

### Sismogramma lato A



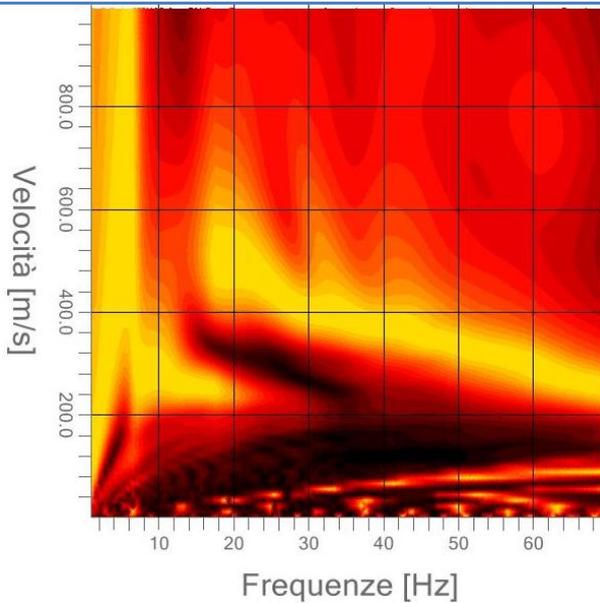
### Sismogramma lato B



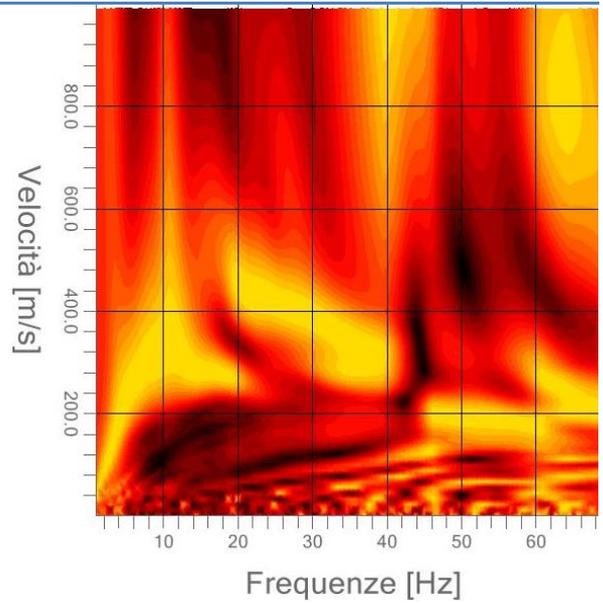
**Analisi spettrale**

Numero tracce utilizzate: 24  
 Frequenza minima di elaborazione: 1 Hz  
 Frequenza massima di elaborazione: 80 Hz  
 Velocità minima di elaborazione: 1 m/s  
 Velocità massima di elaborazione: 800 m/s

Spettro Velocità di fase – Frequenze LATO A



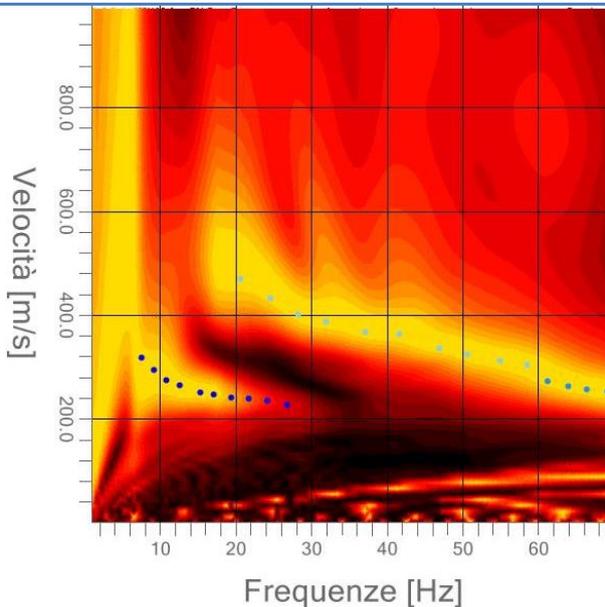
Spettro Velocità di fase – Frequenze LATO B



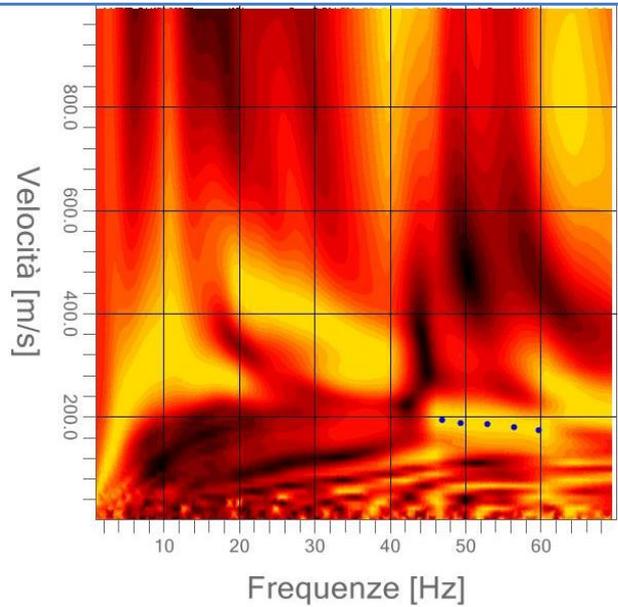
**Curva di dispersione**

N° punti di picking: 29

Picking su spettro F-V - LATO A



Picking su spettro F-V - LATO B



Modi vibrazionali identificati

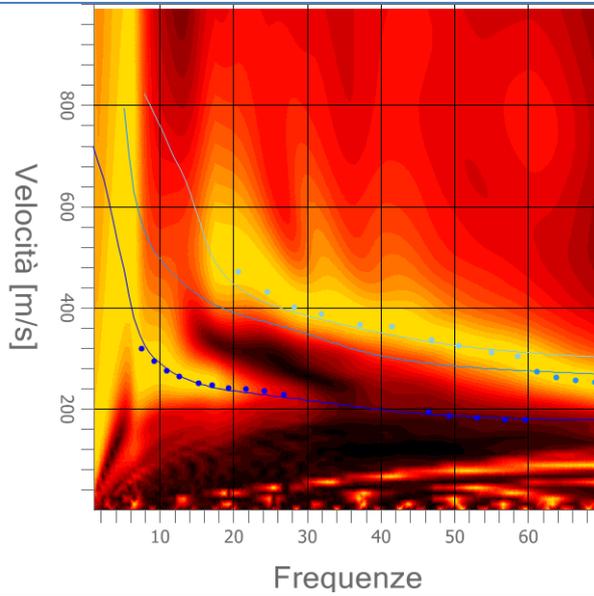
- |  |  |  |   |   |
|--|--|--|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Modo<br>fondamentale | <input checked="" type="checkbox"/> 1° modo<br>superiore | <input checked="" type="checkbox"/> 2° modo<br>superiore | <input type="checkbox"/> 3° modo<br>superiore | <input type="checkbox"/> 4° modo<br>superiore |
|--|--|--|---|---|

**Inversione:**

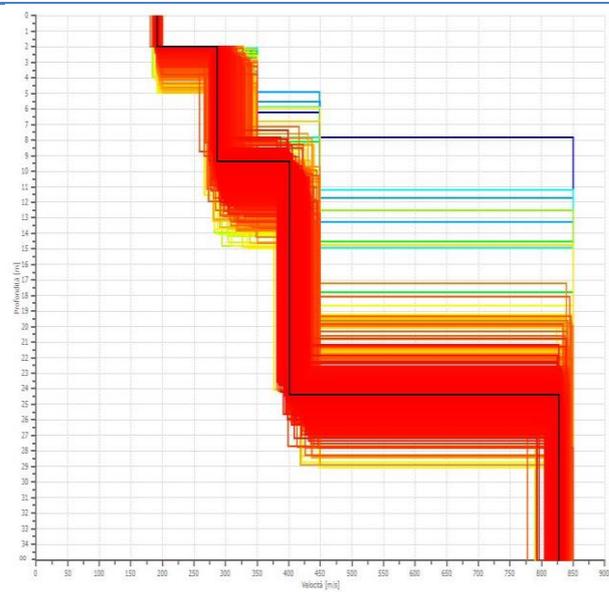
Fattore di disadattamento della soluzione (misfit): 0.032

Percentuale di errore: 0.136%

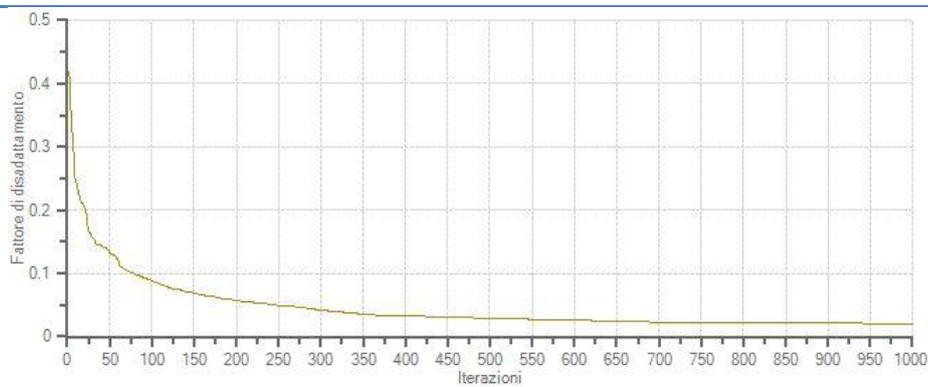
Modello sintetico su picking (A+B)



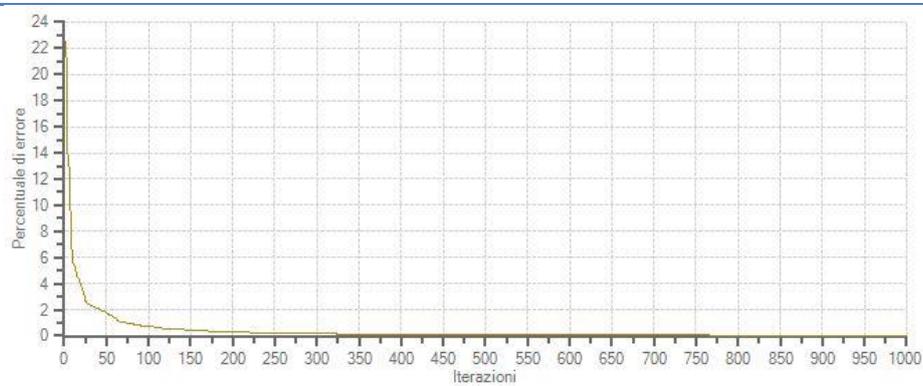
Profili di Vs considerati



Profilo di disadattamento



Profilo di errore percentuale



**Modello sismostratigrafico:**

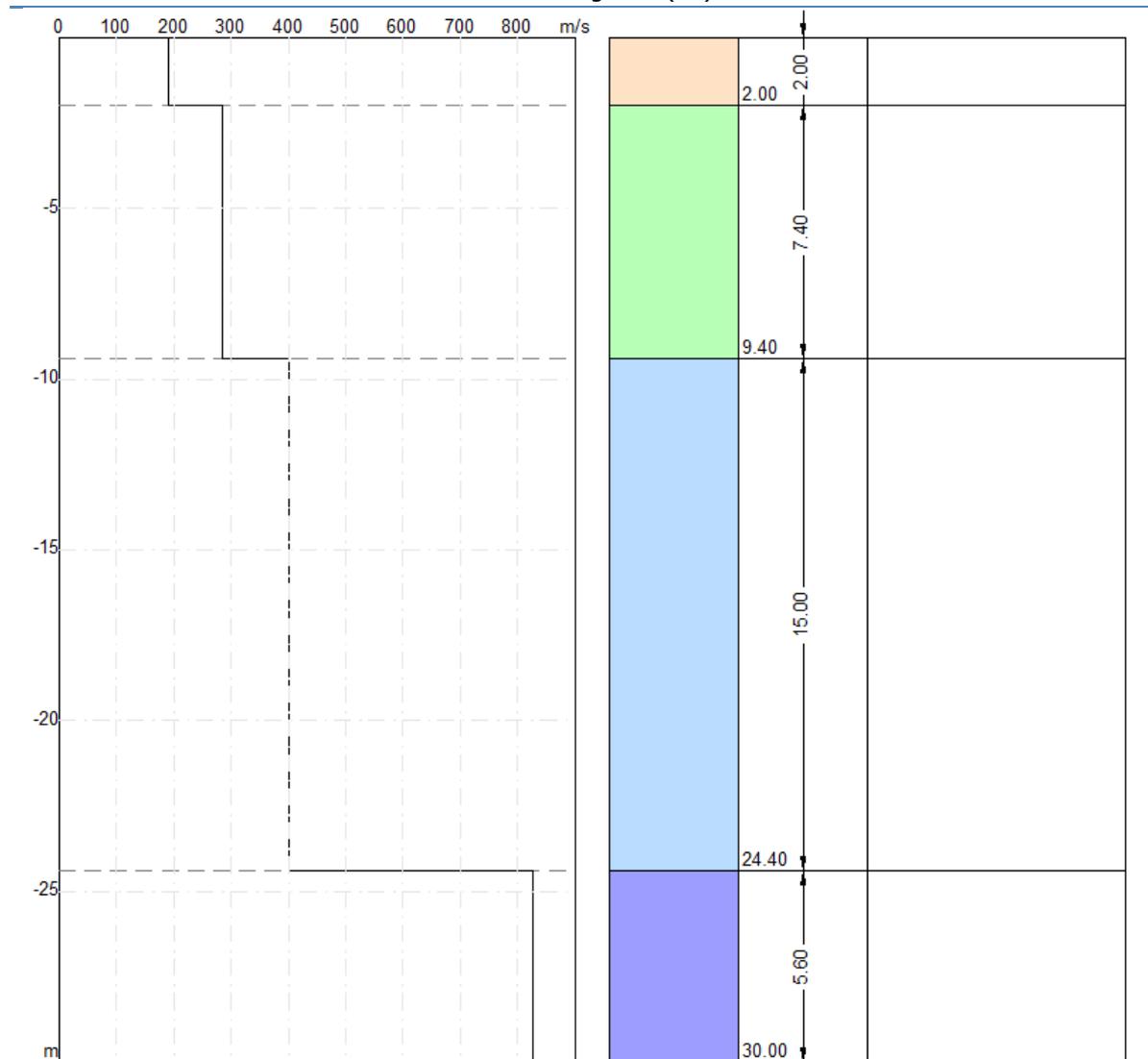
N° di strati: 4

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Velocità onde di taglio [m/s]
1	2.00	2.00	191.4
2	9.40	7.40	286.1
3	24.40	15.00	400.7
4	∞	∞	826.9

**Valore  $V_{s30}$ :** 372.5 m/s

**Valore  $V_{seq}$  (H=24.4):** 330.8 m/s

Sismostratigrafia (Vs)



---

*INDAGINE SISMICA HVSR*

---

<b>PROGETTO:</b>	Studio di Microzonazione Sismica del territorio comunale di Langhirano (PR)
------------------	---

### PROVA HVSR

<b>Comune</b> Langhirano	<b>Località</b> Via Roma, Langhirano	
<b>Cantiere</b> Via Roma	<b>Data</b> 06/02/2020	<b>Ora</b> 11.40
<b>Codice lavoro</b> CMPE.04.1942		
<b>Codice Prova</b> HVSR	<b>File</b> LAN.SAF	<b>Durata (min)</b> 20
<b>Strumento</b> Echo Tromo HVSR3	<b>Freq.camp.</b> 255 Hz	<b>F. sensore</b> 2.0 Hz
<b>Operatore</b> Dott. Geol. Alessandro Ferrari		

CONDIZIONI ATMOSFERICHE				
<b>Vento</b>	<input checked="" type="checkbox"/> assente	<input type="checkbox"/> debole (<5m/s)	<input type="checkbox"/> medio (5<v>30 m/s)	<input type="checkbox"/> forte (>30 m/s)
<b>Pioggia</b>	<input checked="" type="checkbox"/> assente	<input type="checkbox"/> debole	<input type="checkbox"/> media	<input type="checkbox"/> forte

TERRENO DI PROVA				
<b>Suolo</b>	<input checked="" type="checkbox"/> argilloso-limoso soffice	<input type="checkbox"/> argilloso-limoso duro	<input checked="" type="checkbox"/> con erba	<input type="checkbox"/> senza erba
	<input type="checkbox"/> ghiaia	<input type="checkbox"/> sabbia	<input type="checkbox"/> roccia	
	<input checked="" type="checkbox"/> suolo asciutto	<input type="checkbox"/> suolo umido	<input type="checkbox"/> suolo saturo	
<b>Pavimentazione artificiale</b>	<input type="checkbox"/> rilevato in ghiaia	<input type="checkbox"/> cemento/cls	<input type="checkbox"/> asfalto	<input type="checkbox"/> ceramica
	<input type="checkbox"/> altro:			
<b>Accoppiamento sensore</b>	<input checked="" type="checkbox"/> piedini infissi	<input type="checkbox"/> piedini da pavimento	<input type="checkbox"/> accoppiamento artificiale	<input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> altro

STRUTTURE CIRCOSTANTI				
<b>Abitazioni</b>	<input type="checkbox"/> assenti	<input checked="" type="checkbox"/> sparse	<input type="checkbox"/> fitte	<input type="checkbox"/> molto fitte
<b>Fabbriche</b>	<input type="checkbox"/> assenti	<input checked="" type="checkbox"/> sparse	<input type="checkbox"/> fitte	<input type="checkbox"/> molto fitte
<b>Ponti</b>	<input checked="" type="checkbox"/> assenti		<input type="checkbox"/> presenti	
<b>Strutt. sotterranee</b>	<input checked="" type="checkbox"/> assenti		<input type="checkbox"/> presenti:	
<b>Piante</b>	<input checked="" type="checkbox"/> assenti	<input type="checkbox"/> sparse	<input type="checkbox"/> fitte	<input type="checkbox"/> molto fitte

SORGENTI RUMORE							
<b>Disturbo discontinuo</b>		assente	raro	moderato	forte	molto forte	Distanza (m)
	auto				✓		10
	camion		✓				20
	passanti			✓			10
	altro .....	✓					
<b>Disturbo cont.</b>	<input type="checkbox"/> assente		<input checked="" type="checkbox"/> presente: macchinari prosciuttificio				

**OSSERVAZIONI:** Macchinari in funzione nel vicino prosciuttificio

 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Report indagine HVSR	Gennaio 2020	0	1 di 6

### Tracce in input

Dati riepilogativi:

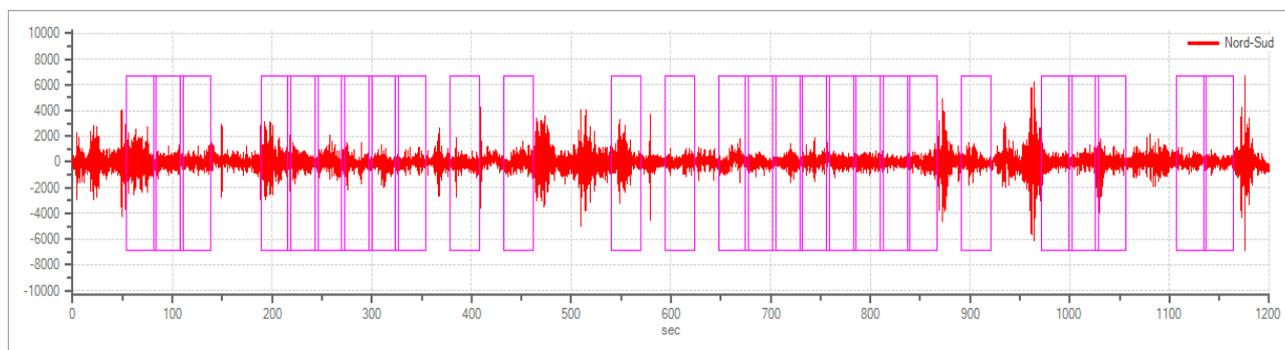
Numero tracce: 3  
 Durata registrazione: 1200 s  
 Frequenza di campionamento: 155.00Hz  
 Numero campioni: 186000  
 Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

### Finestre selezionate

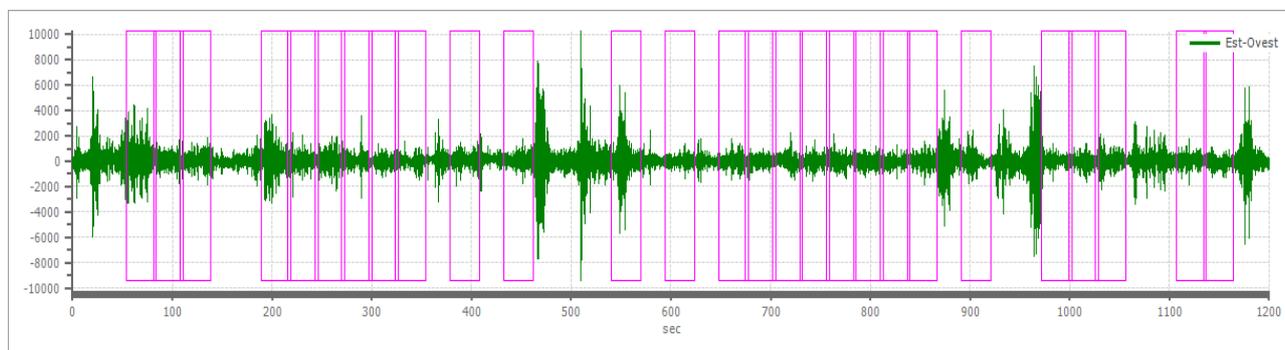
Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 27  
 Numero finestre incluse nel calcolo: 27  
 Dimensione temporale finestre: 30.00 s  
 Tipo di lisciamento: Triangolare proporzionale  
 Percentuale di lisciamento: 10.00 %

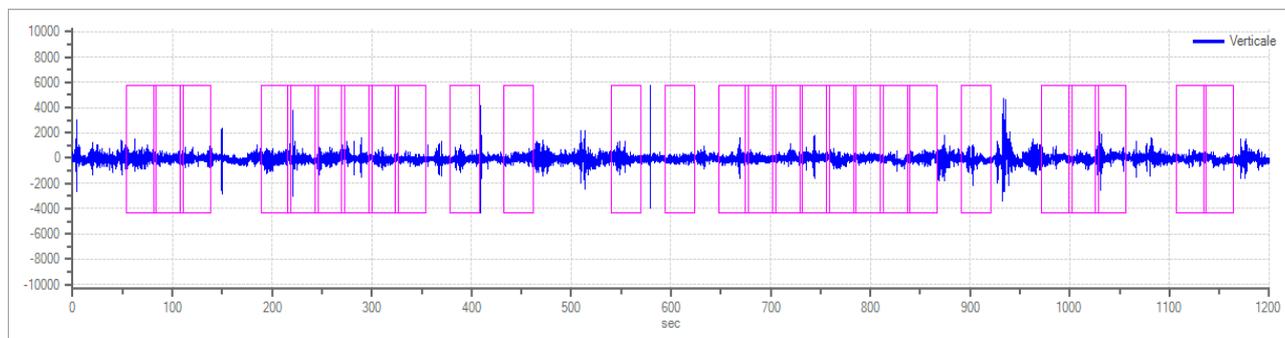
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

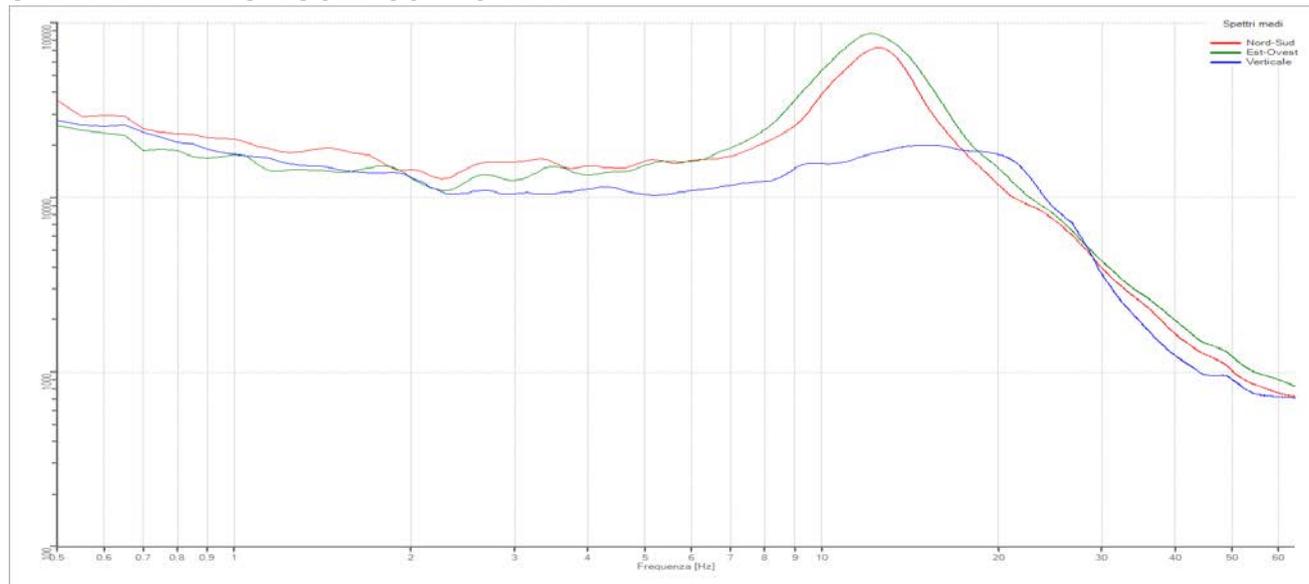


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest



Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



### Rapporto spettrale H/V

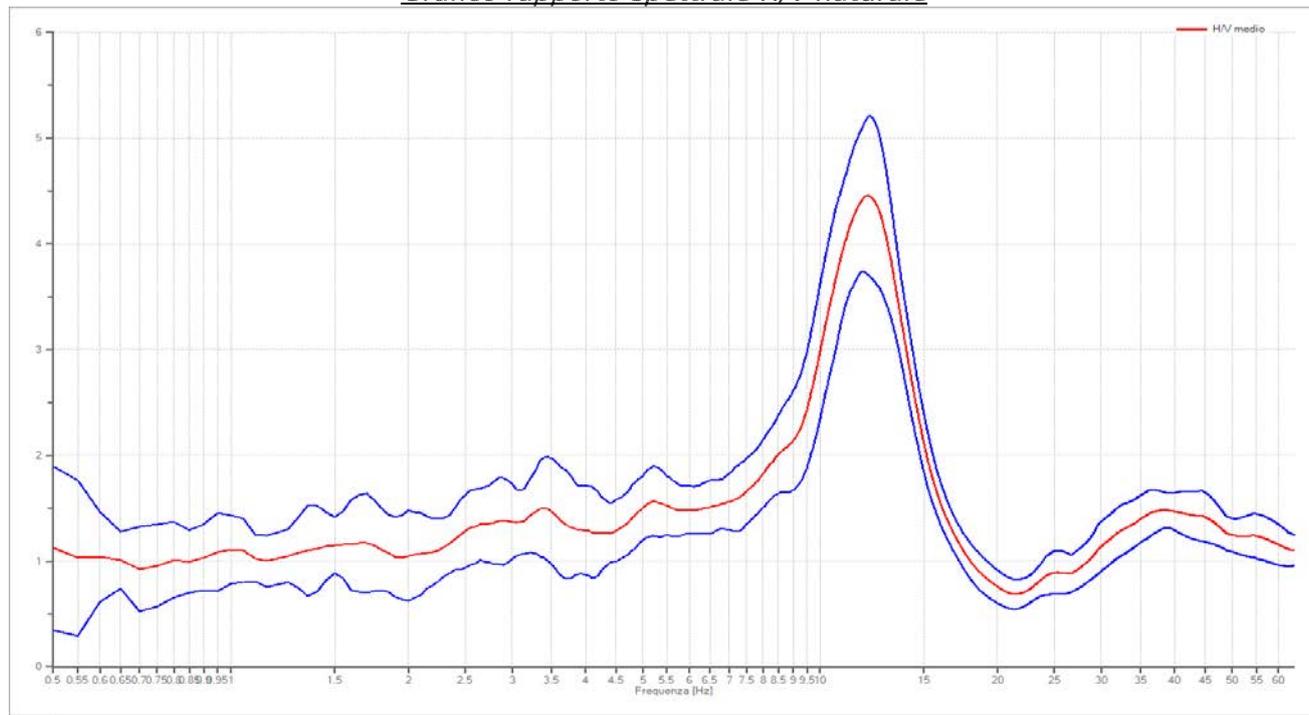
Dati riepilogativi:

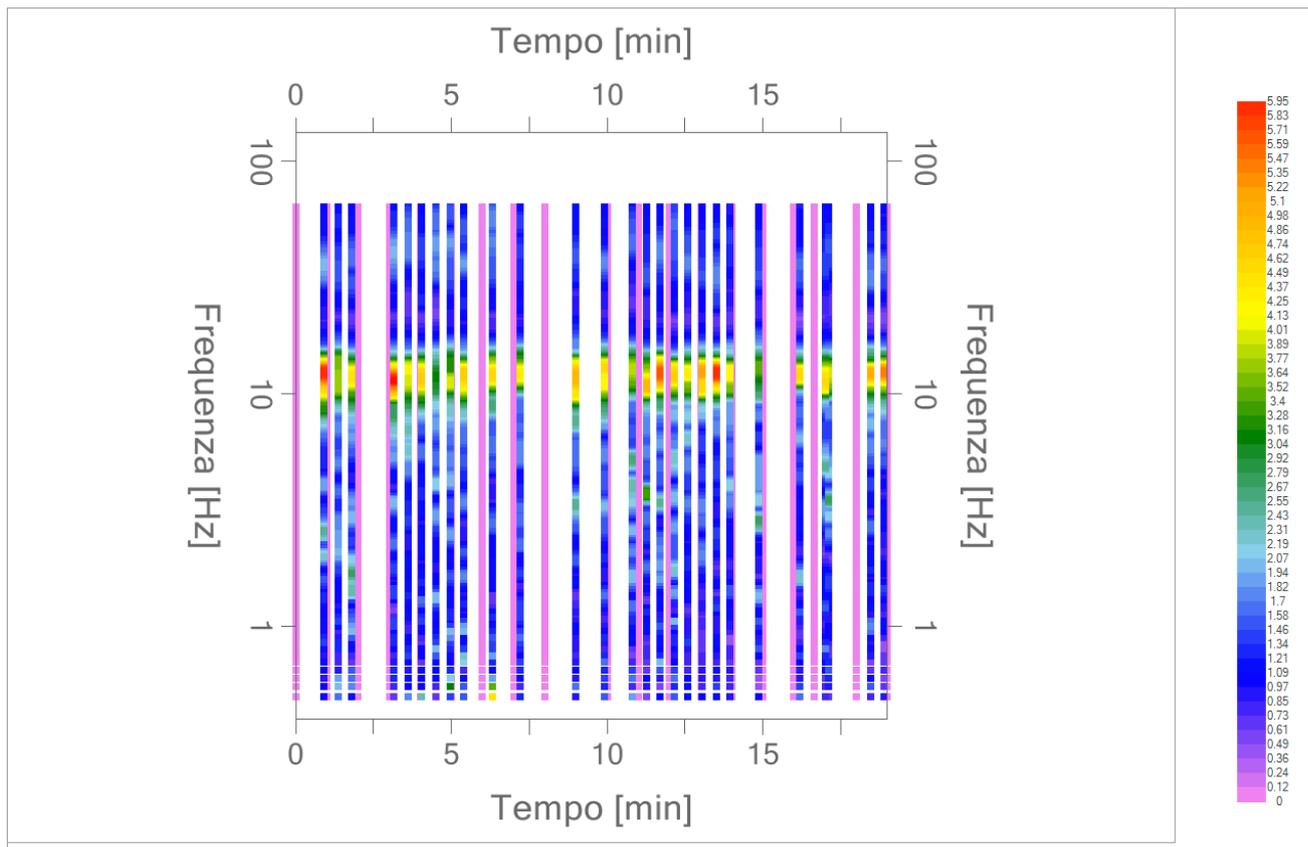
Frequenza massima: 64.00 Hz  
 Frequenza minima: 0.50 Hz  
 Passo frequenze: 0.05 Hz  
 Tipo lisciamento: Triangolare proporzionale  
 Percentuale di lisciamento: 10.00 %  
 Tipo di somma direzionale: Media quadratica

Risultati:

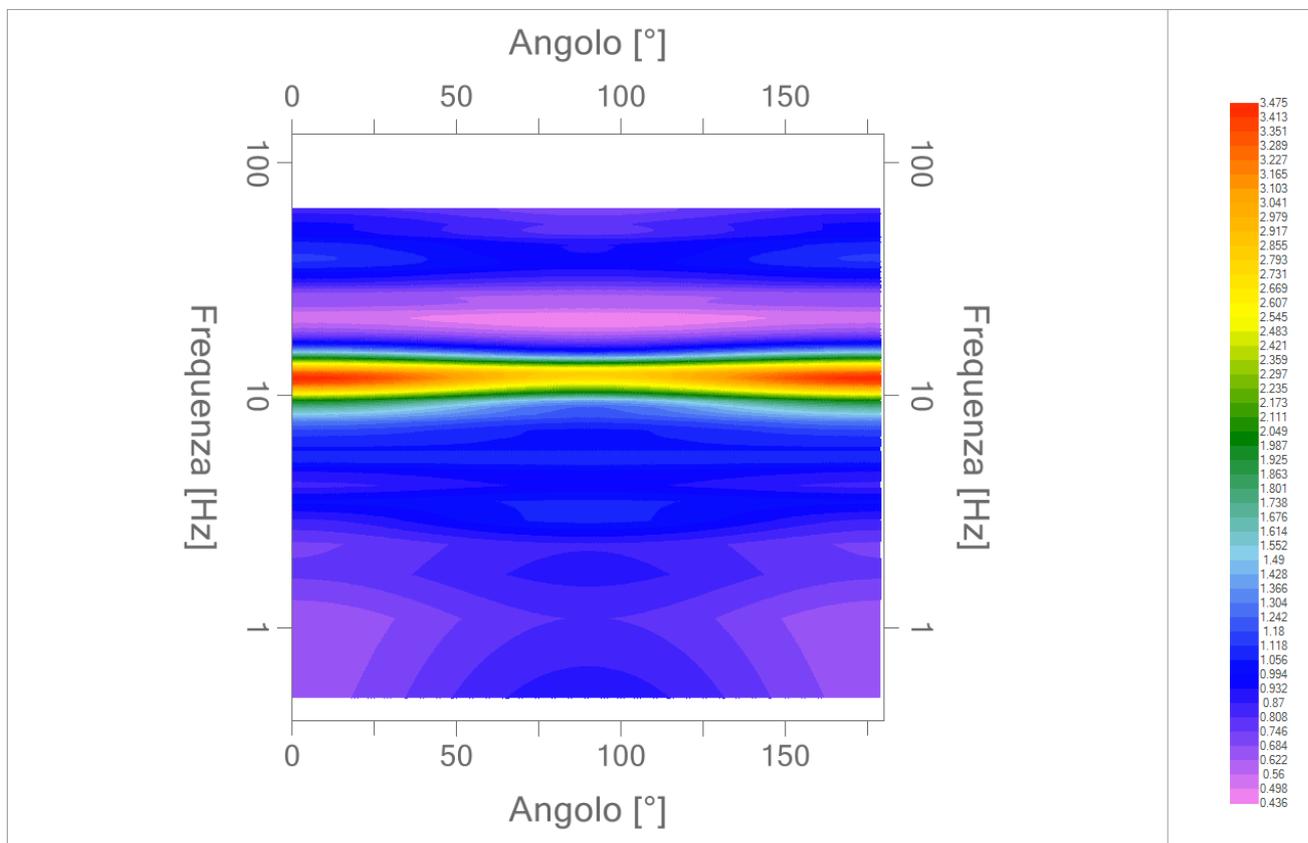
Frequenza del picco del rapporto H/V: 12.05 Hz ± 0.17 Hz

*Grafico rapporto spettrale H/V naturale*





*Mapa della stazionarietà degli spettri*



*DIREZIONALITA' H/V*

### Modello stratigrafico

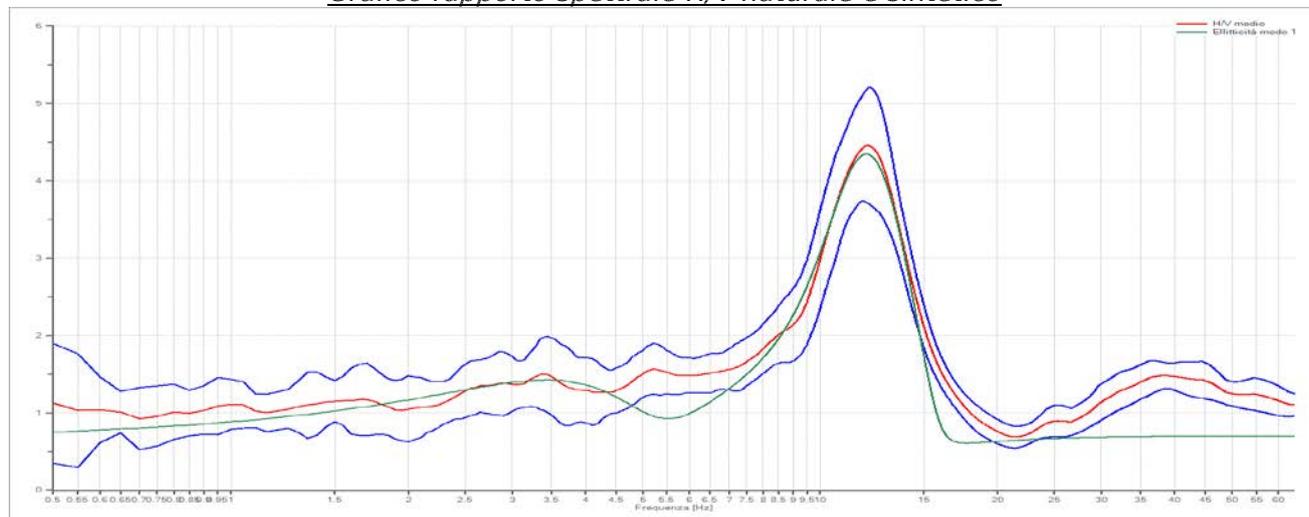
Dati riepilogativi:

Numero strati: 3  
 Frequenza del picco dell'ellitticità: 12.00 Hz  
 Valore di disadattamento: -1.00  
 Valore Vs30: 360.2 m/s

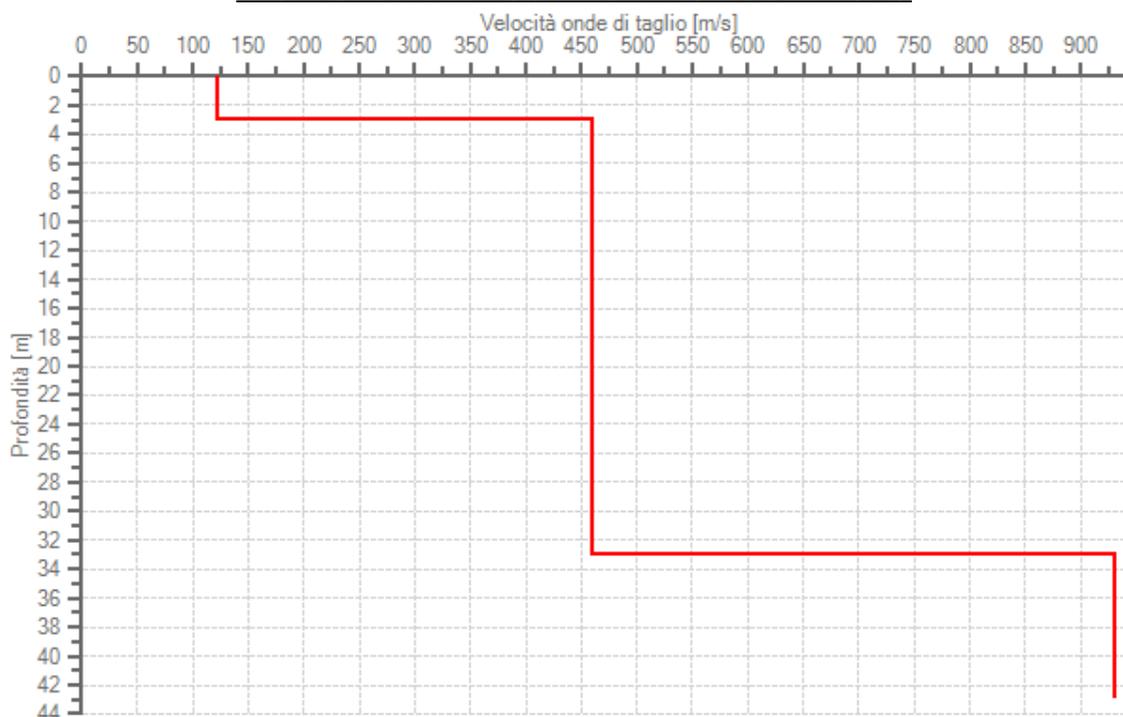
Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	3	18	0.22	122
2	3	30	20	0.35	460
3	33	10	21	0.35	930

Grafico rapporto spettrale H/V naturale e sintetico



PROFILO DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO



**Verifica secondo le linee guida SESAME, 2005**

**Picco H/V a  $12.00 \pm 0.17$  Hz (nell'intervallo 0.50 – 20.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[ Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti ]

$f_0 > 10 / L_w$	OK
$n_c(f_0) > 200$	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	OK

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[ Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti ]

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

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$**

Intervallo di freq. [ Hz ]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [ Hz ]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

<b>PROGETTO:</b>	Studio di Microzonazione Sismica del territorio comunale di Langhirano
------------------	--

### PROVA HVSR

<b>Comune</b> Langhirano	<b>Località</b> Riano	
<b>Cantiere</b> Campo sportivo	<b>Data</b> 27/01/2020	<b>Ora</b> 13.53
<b>Codice lavoro</b> CMPE.04.1942 - MS3 Langhirano e Lesignano		
<b>Codice Prova</b> HVSR	<b>File</b> RIANO.SAF	<b>Durata (min)</b> 20
<b>Strumento</b> Echo Tromo HVSR3	<b>Freq.camp.</b> 172 Hz	<b>F. sensore</b> 2.0 Hz
<b>Operatore</b> Dott. Andrea Conti		

CONDIZIONI ATMOSFERICHE				
<b>Vento</b>	<input checked="" type="checkbox"/> assente	<input type="checkbox"/> debole (<5m/s)	<input type="checkbox"/> medio (5>v>30 m/s)	<input type="checkbox"/> forte (>30 m/s)
<b>Pioggia</b>	<input checked="" type="checkbox"/> assente	<input type="checkbox"/> debole	<input type="checkbox"/> media	<input type="checkbox"/> forte

TERRENO DI PROVA				
<b>Suolo</b>	<input checked="" type="checkbox"/> argilloso-limoso soffice	<input type="checkbox"/> argilloso-limoso duro	<input checked="" type="checkbox"/> con erba	<input type="checkbox"/> senza erba
	<input type="checkbox"/> ghiaia	<input type="checkbox"/> sabbia	<input type="checkbox"/> roccia	
	<input type="checkbox"/> suolo asciutto	<input checked="" type="checkbox"/> suolo umido	<input type="checkbox"/> suolo saturo	
<b>Pavimentazione artificiale</b>	<input type="checkbox"/> rilevato in ghiaia	<input type="checkbox"/> cemento/cls	<input type="checkbox"/> asfalto	<input type="checkbox"/> ceramica
	<input type="checkbox"/> altro:			
<b>Accoppiamento sensore</b>	<input checked="" type="checkbox"/> piedini infissi	<input type="checkbox"/> piedini da pavimento	<input type="checkbox"/> accoppiamento artificiale	<input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> altro

STRUTTURE CIRCOSTANTI				
<b>Abitazioni</b>	<input type="checkbox"/> assenti	<input checked="" type="checkbox"/> sparse	<input type="checkbox"/> fitte	<input type="checkbox"/> molto fitte
<b>Fabbriche</b>	<input type="checkbox"/> assenti	<input checked="" type="checkbox"/> sparse	<input type="checkbox"/> fitte	<input type="checkbox"/> molto fitte
<b>Ponti</b>	<input checked="" type="checkbox"/> assenti		<input type="checkbox"/> presenti	
<b>Strutt. sotterranee</b>	<input checked="" type="checkbox"/> assenti		<input type="checkbox"/> presenti:	
<b>Piante</b>	<input type="checkbox"/> assenti	<input checked="" type="checkbox"/> sparse	<input type="checkbox"/> fitte	<input type="checkbox"/> molto fitte

SORGENTI RUMORE							
Disturbo discontinuo		assente	raro	moderato	forte	molto forte	Distanza (m)
		auto		✓			
	camion	✓					
	passanti	✓		✓			30
	altro .....	✓					
<b>Disturbo cont.</b>	<input checked="" type="checkbox"/> assente		<input type="checkbox"/> presente:				

**OSSERVAZIONI:** Disturbo sporadico da macchinari industriali a 50 m

### Tracce in input

Dati riepilogativi:

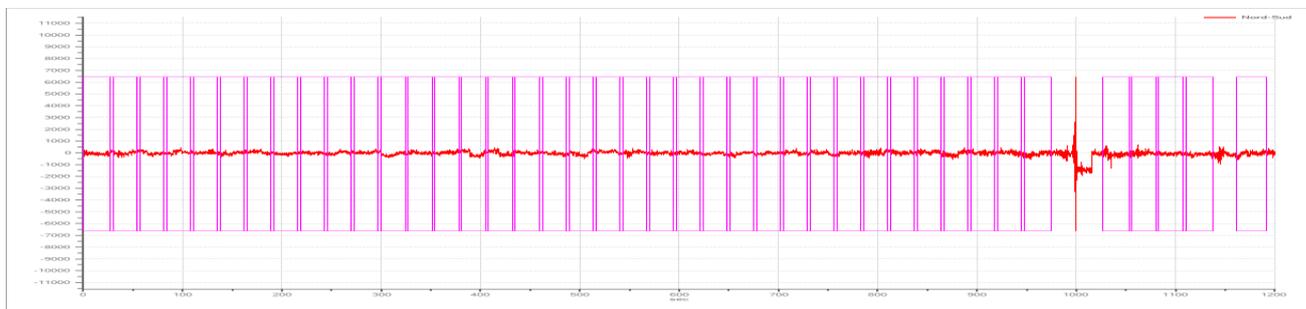
Numero tracce: 3  
 Durata registrazione: 1200 s  
 Frequenza di campionamento: 155.00Hz  
 Numero campioni: 186000  
 Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

### Finestre selezionate

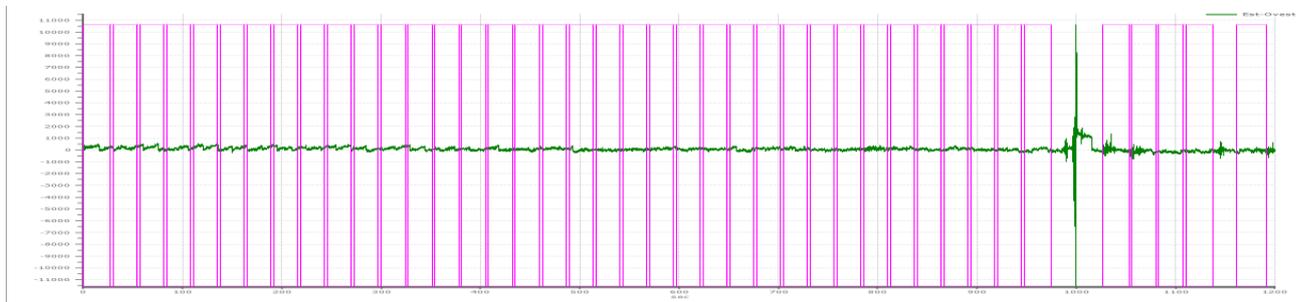
Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 44  
 Numero finestre incluse nel calcolo: 40  
 Dimensione temporale finestre: 30.00 s  
 Tipo di lisciamento: Triangolare proporzionale  
 Percentuale di lisciamento: 10.00 %

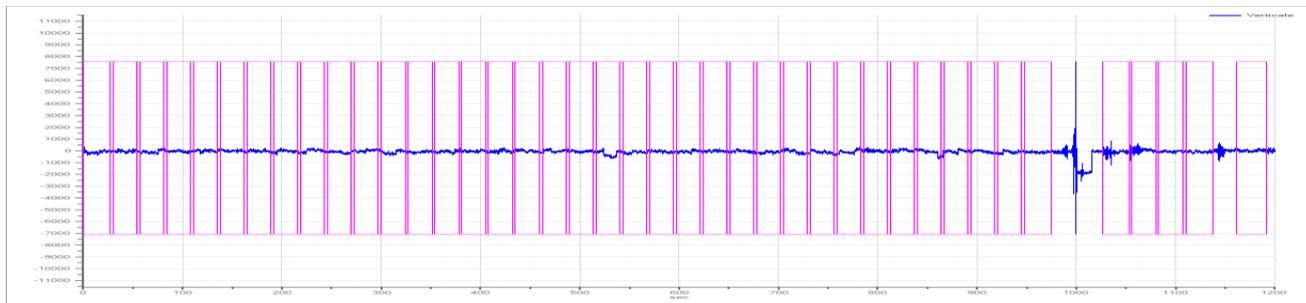
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

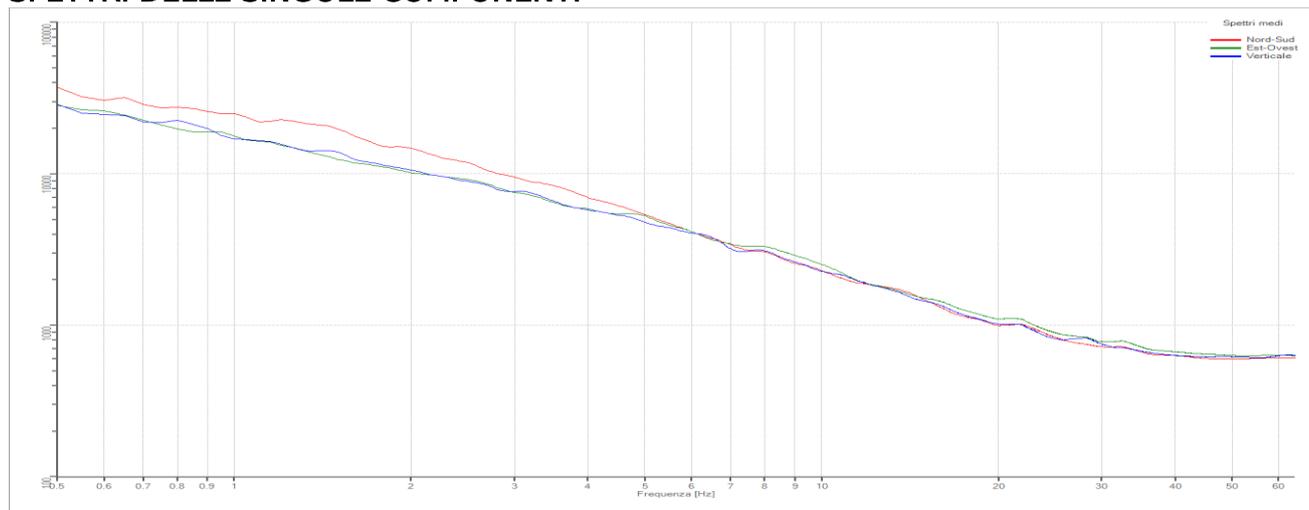


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest



Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



### Rapporto spettrale H/V

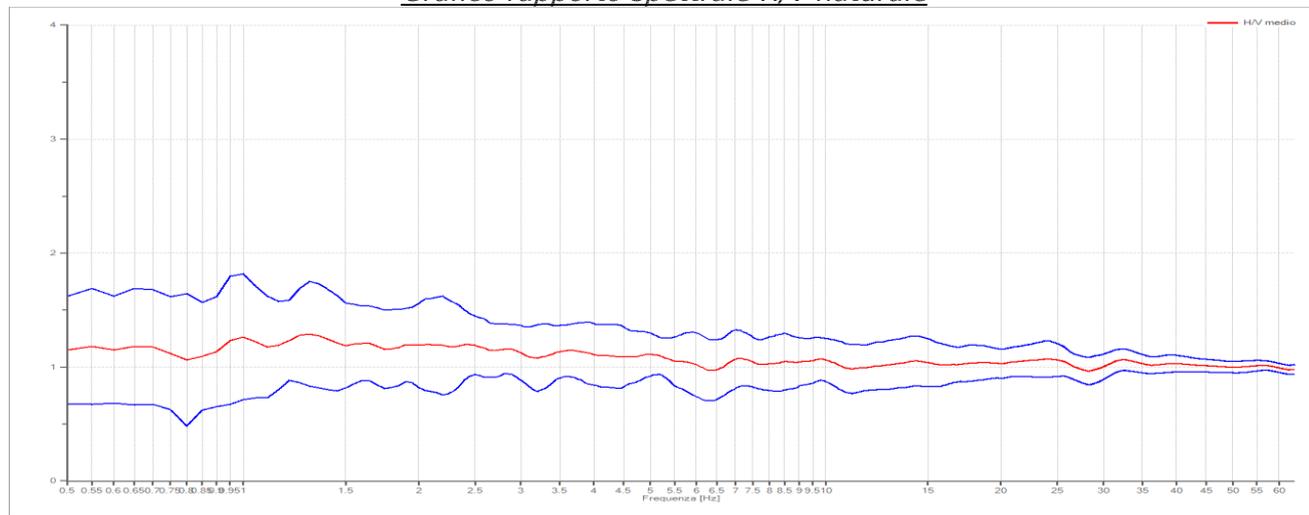
Dati riepilogativi:

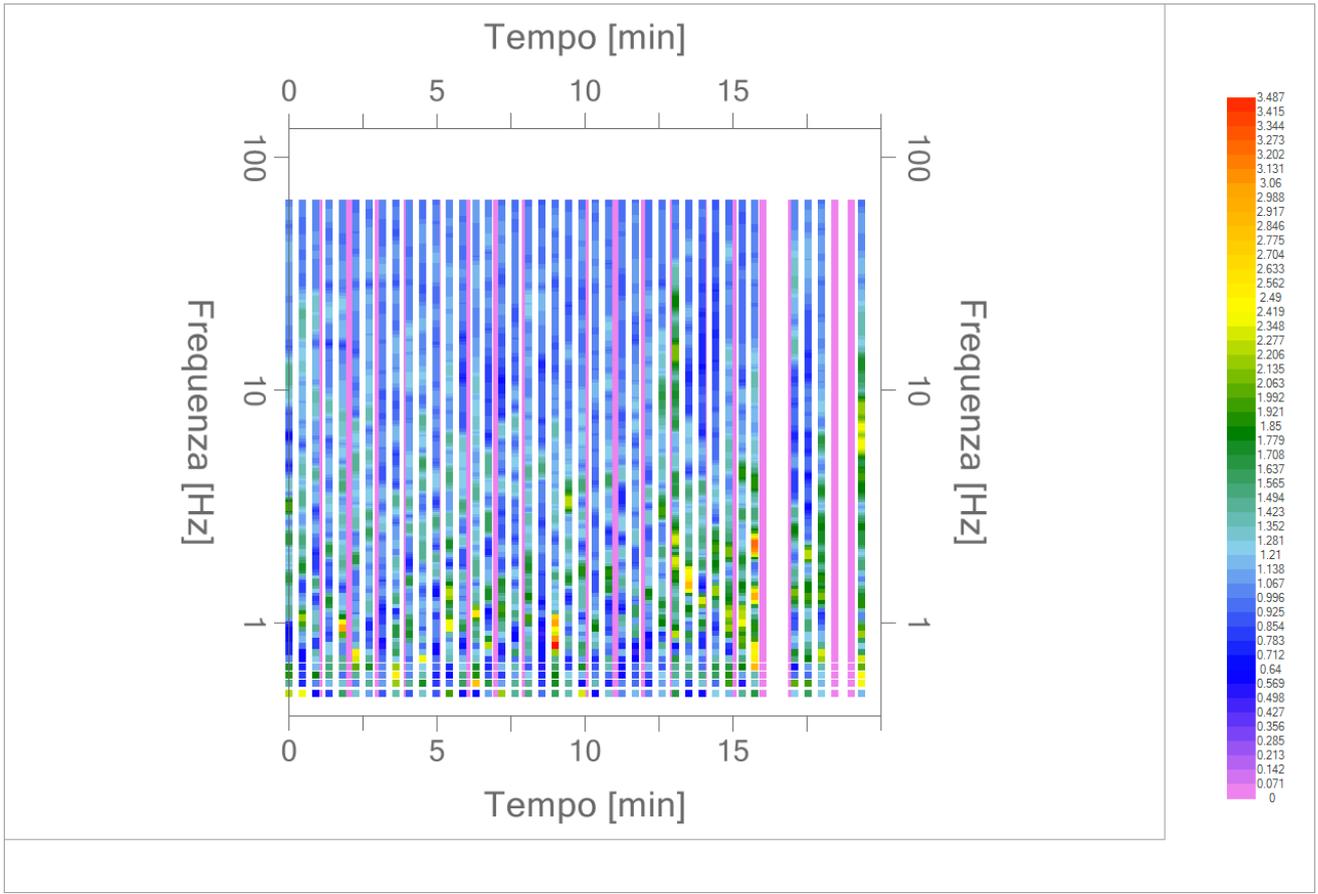
Frequenza massima: 64.00 Hz  
 Frequenza minima: 0.50 Hz  
 Passo frequenze: 0.05 Hz  
 Tipo lisciamento: Triangolare proporzionale  
 Percentuale di lisciamento: 10.00 %  
 Tipo di somma direzionale: Media quadratica

Risultati:

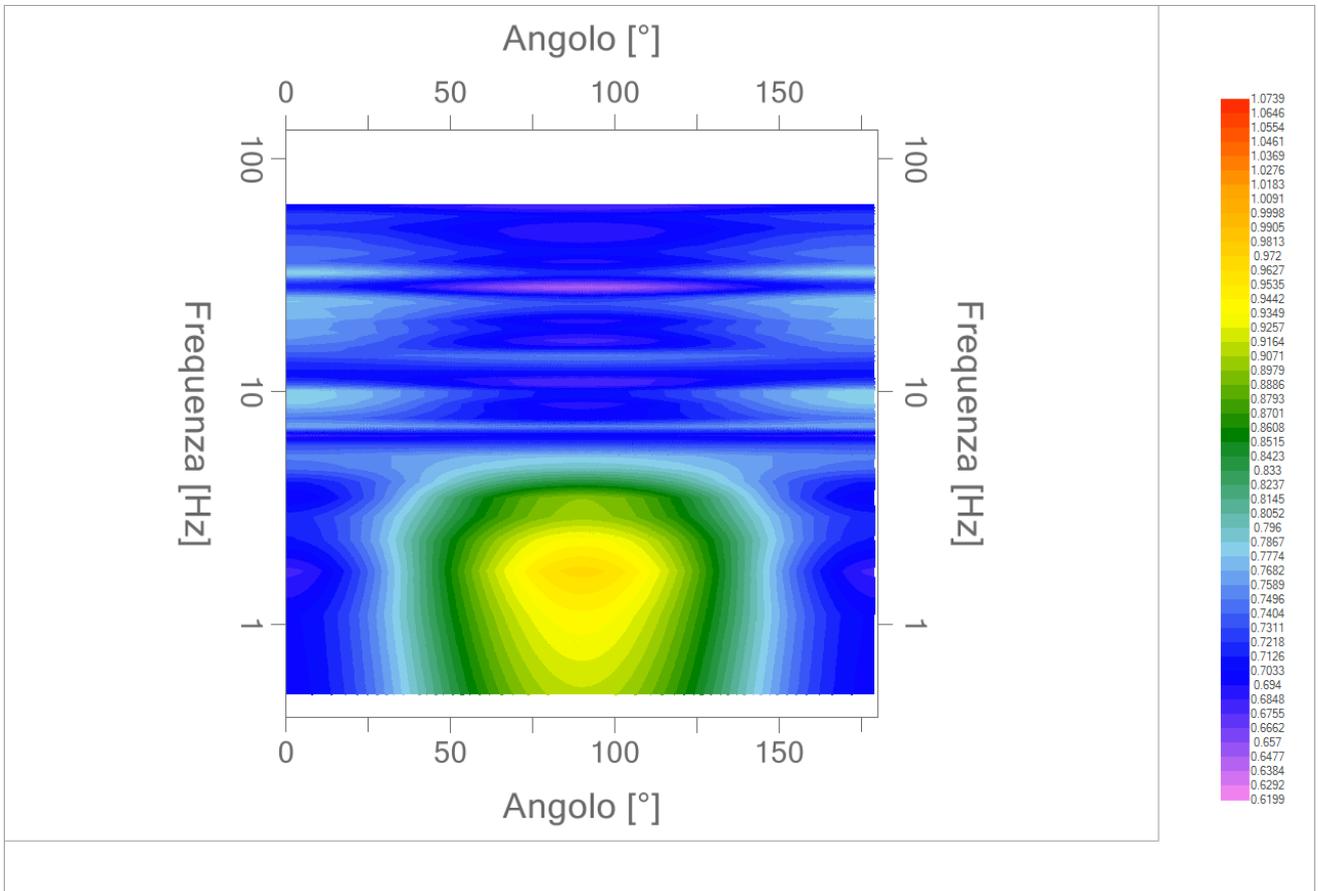
Frequenza del picco del rapporto H/V: 1.00 Hz  $\pm$  0.37 Hz

*Grafico rapporto spettrale H/V naturale*





*Mappa della stazionarietà degli spettri*



*DIREZIONALITA' H/V*

**Verifica secondo le linee guida SESAME, 2005**

**Picco H/V a  $1.00 \pm 0.37$  Hz (nell'intervallo 0.50 – 20.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[ Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti ]

$f_0 > 10 / L_w$	OK
$n_c(f_0) > 200$	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	OK

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[ Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti ]

Esiste $f^-$ in $[ f_0/4, f_0 ]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	NO
Esiste $f^+$ in $[ f_0, 4f_0 ]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	NO
$A_0 > 2$	NO
$f_{\text{picco}} [ A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f) ] = f_0 \pm 5\%$	NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	OK

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$**

Intervallo di freq. [ Hz ]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [ Hz ]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

\*I risultati relativi alle verifiche eseguite ai sensi delle linee guida SESAME, evidenziano che il segnale presenta un picco H/V "non chiaro". Tale segnale tuttavia è comunque interpretabile, poiché, sempre ai sensi delle linee guida SESAME, corrisponde a un picco di origine stratigrafica.

---

# *TOMOGRAFIA ELETTRICA*

---

<b>Località:</b> Riano		<b>Comune:</b> Langhirano (PR)		
<b>Cantiere:</b> MS 3° Livello		<b>Data:</b> 27/01/2020	<b>Ora:</b> 11.30	
<b>Codice lavoro:</b> 19_002_ENGE				
<b>Codice Prova:</b> ERT1	<b>File:</b> RIANO WS.tsv; RIANO DD.tsv			
<b>Operatore:</b> Dott. Geol. Alessandro Ferrari				

**STRUMENTAZIONE**

<b>Marca:</b> MAE	<b>Modello:</b> X612EM+ (48)
<b>Potenza max:</b> 250 W	<b>Risoluzione:</b> 24 bit

**SPECIFICHE INDAGINE**

	<b>Foto:</b>		<b>Tipo:</b> Tomografia elettrica 3D	
	<b>N° picchetti:</b> 48		<b>Lunghezza stendimento:</b> 117.5 m	
	<b>Tensione massima:</b> 200 V		<b>Corrente minima:</b> 150 mA	
	<b>Misura di:</b>			
	<input checked="" type="checkbox"/> Resistività		<input type="checkbox"/> Caricabilità	
	<input type="checkbox"/> Potenziali spontanei			
	<b>Geometria di acquisizione:</b>		<b>N° misure:</b>	
	<input type="checkbox"/> Wenner alfa		-	
	<input checked="" type="checkbox"/> Wenner - Schlumberger		776	
	<input checked="" type="checkbox"/> Dipolo-Dipolo		840	
<input type="checkbox"/> Polo-Dipolo		-		
<input type="checkbox"/> Gradient		-		
<b>Altro:</b>				

**TERRENO INDAGATO**

<b>Superficie:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> argillosa	<input type="checkbox"/> ghiaiosa	<input type="checkbox"/> roccia	<input type="checkbox"/> pavimentazione:
<b>Condizioni terreno:</b>	<input type="checkbox"/> asciutto	<input checked="" type="checkbox"/> bagnato	<input type="checkbox"/> saturo	

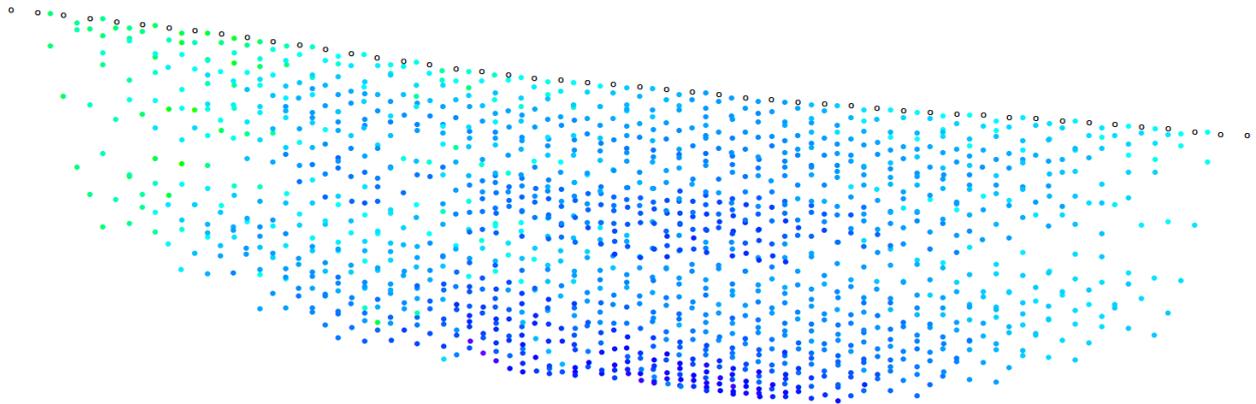
**OSSERVAZIONI:**

**Elaborazione Tomografica**

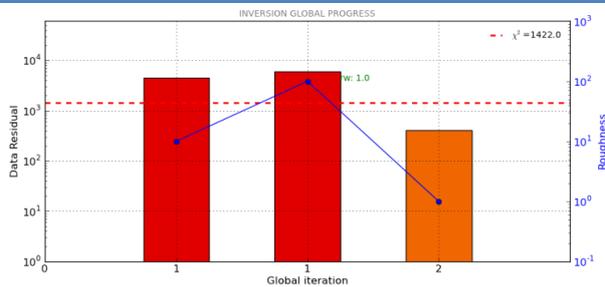
Tipo di elaborazione: tomografica congiunta (Wenner- Schlumberger + Dipolo-Dipolo) eseguita mediante software ERTLab64

N° totale di dati acquisiti: 1616  
 N° totale di dati utilizzati: 1524  
 N° max Iterazioni: 5  
 Errore minimo: < 2%

Insieme dei punti acquisiti



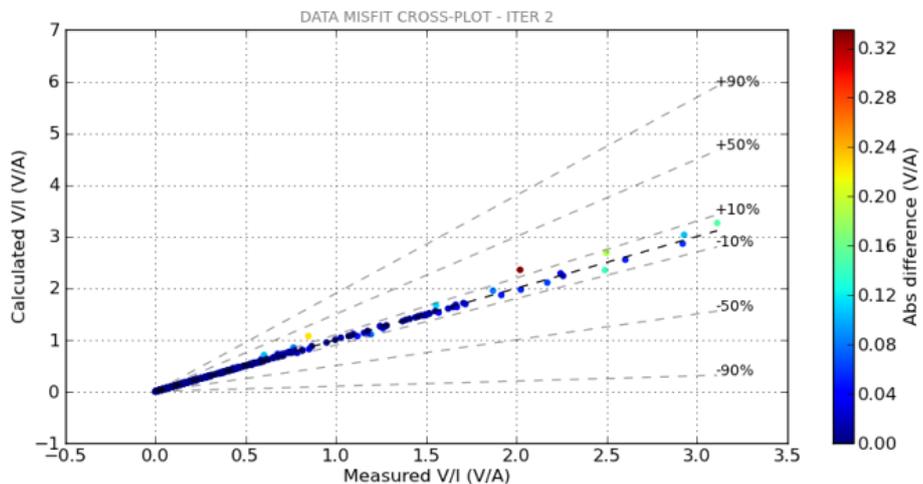
Iterazioni e relativo scarto residuale



Processo iterativo finale

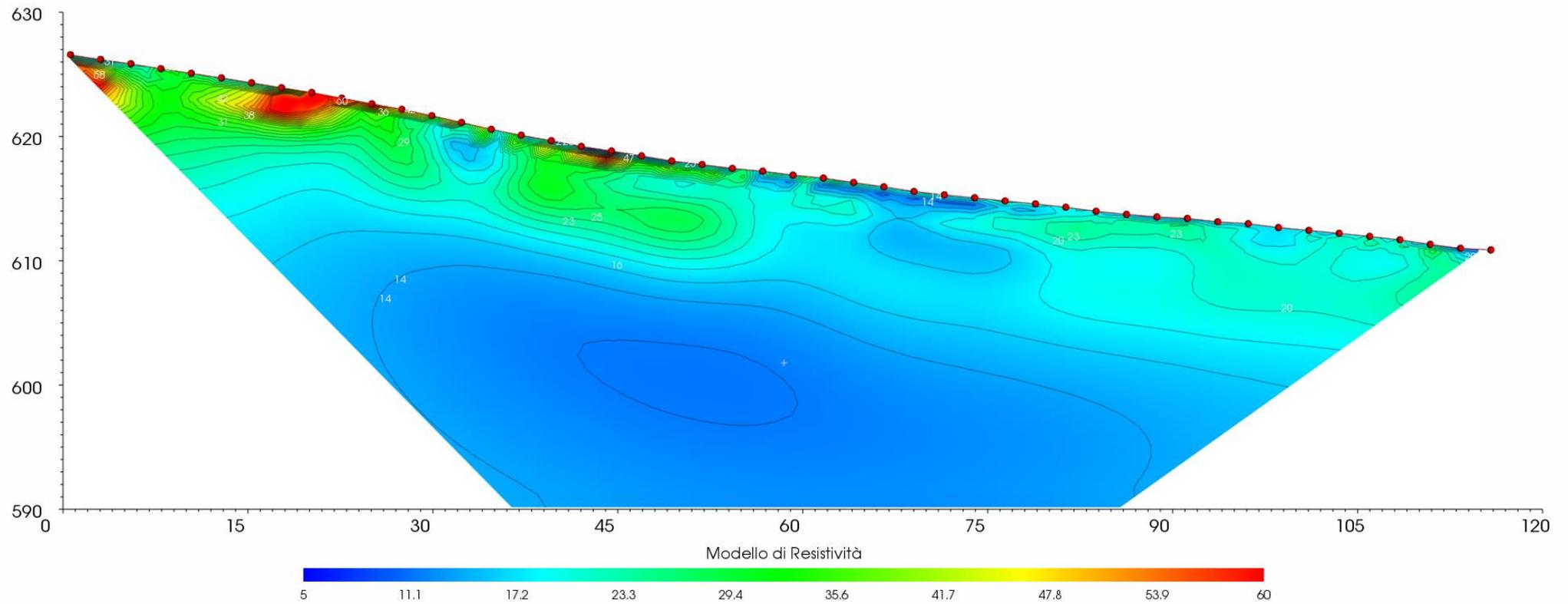


Distribuzione della deviazione standard all'ultima iterazione



**Risultato inversione tomografica**

Mash e modello tomografico 3D (i pallini rossi rappresentano gli elettrodi)



---

# *TOMOGRAFIA SISMICA*

---

**Località:** Riano, Langhirano (PR)  
**Cantiere:** Microzonazione sismica di 3° livello

<b>Comune</b> Riano		<b>Località</b> Langhirano (PR)		
<b>Cantiere</b> MS 3° Livello		<b>Data</b> 27/01/2020	<b>Ora</b> 12.00	
<b>Codice lavoro</b> 19_002_ENGE				
<b>Codice Prova</b> SR1	<b>File</b> vari			
<b>Operatore:</b> Dott. Geol. Alessandro Ferrari				

**STRUMENTAZIONE**

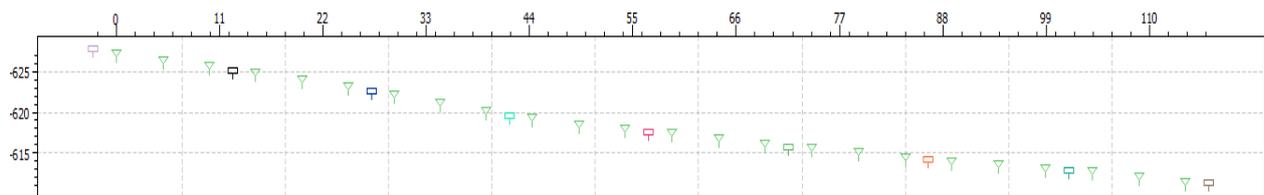
<b>Marca:</b> Sara Electronic Instruments	<b>Modello:</b> Sismografo digitale DoReMi		
<b>Marca Geofoni:</b> Geo Space	<b>Orientamento:</b> <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/> V	<b>Frequenza (Hz):</b> 4.5	

**SPECIFICHE INDAGINE**



<b>Tipo:</b> Rifrazione	<b>Onde:</b> <input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> S
<b>N°canali:</b> 24	<b>Lunghezza stendimento (m):</b> 34.5
<b>Offset geofoni (m):</b> 5	<b>N° shot:</b> 9 (3 shot per punto)
<b>Durata registrazioni (sec):</b> 0.25	
<b>Frequenza di campionamento (Hz):</b> 10.000	
<b>Tipologia energizzazione:</b>	
<input type="checkbox"/> Fucile sismico	Modello:
<input checked="" type="checkbox"/> Mazza	Kg: 9
<input type="checkbox"/> Grave	Kg:
<input type="checkbox"/> Mazza su trave	Kg:
<input type="checkbox"/> Altro:	

**Geometria stendimento:**



**TERRENO INDAGATO**

<b>Superficie:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> vegetale	<input type="checkbox"/> riporto	<input type="checkbox"/> roccia	<input type="checkbox"/> pavimentazione:
<b>Condizioni terreno:</b>	<input type="checkbox"/> asciutto	<input checked="" type="checkbox"/> bagnato	<input type="checkbox"/> saturo	

**OSSERVAZIONI:**

### **Acquisizione**

Onde: P

n° di sorgenti: 9

n° di energizzazioni per punto: 3

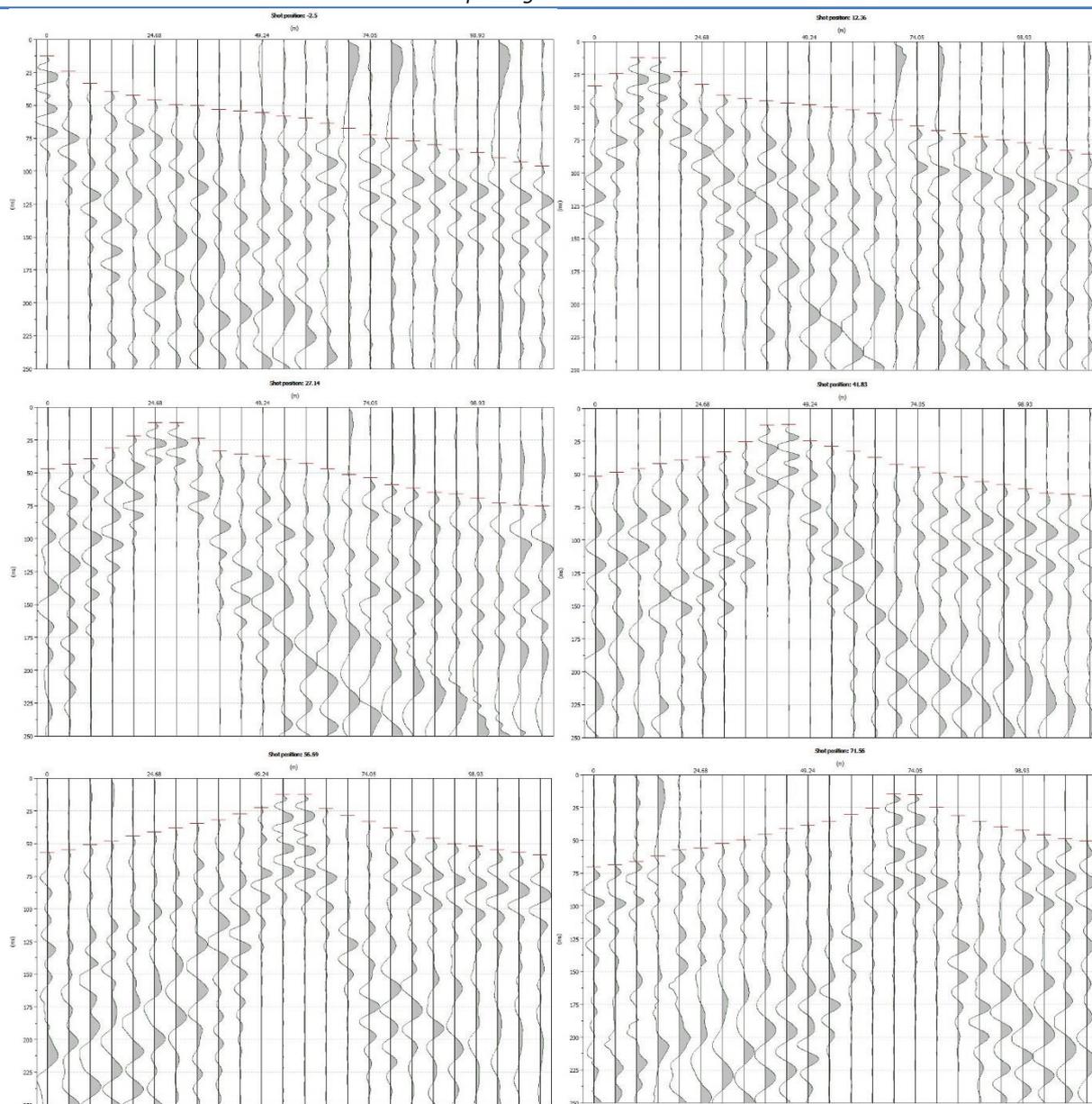
### **Elaborazione**

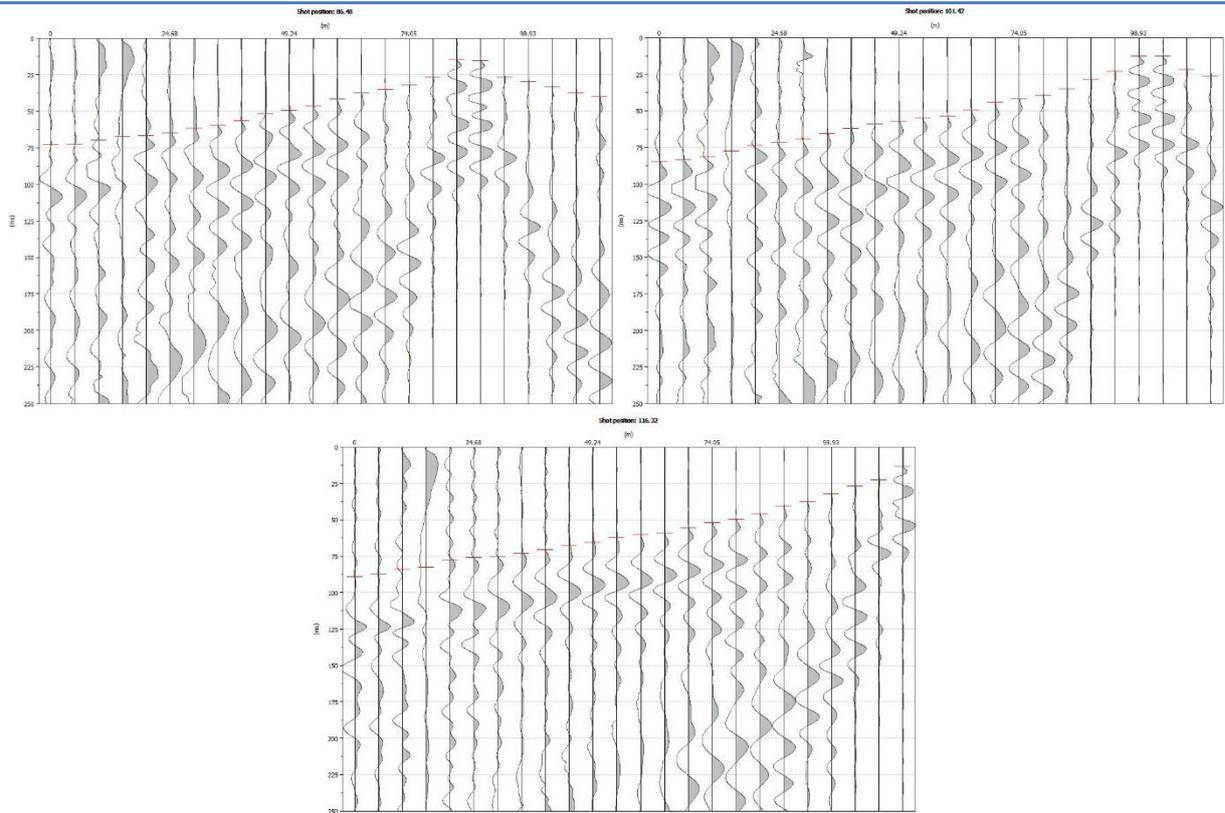
Tipo di elaborazione: tomografica eseguita mediante software SmartTomo\_2019.3

Filtri: Passa alto 10 Hz

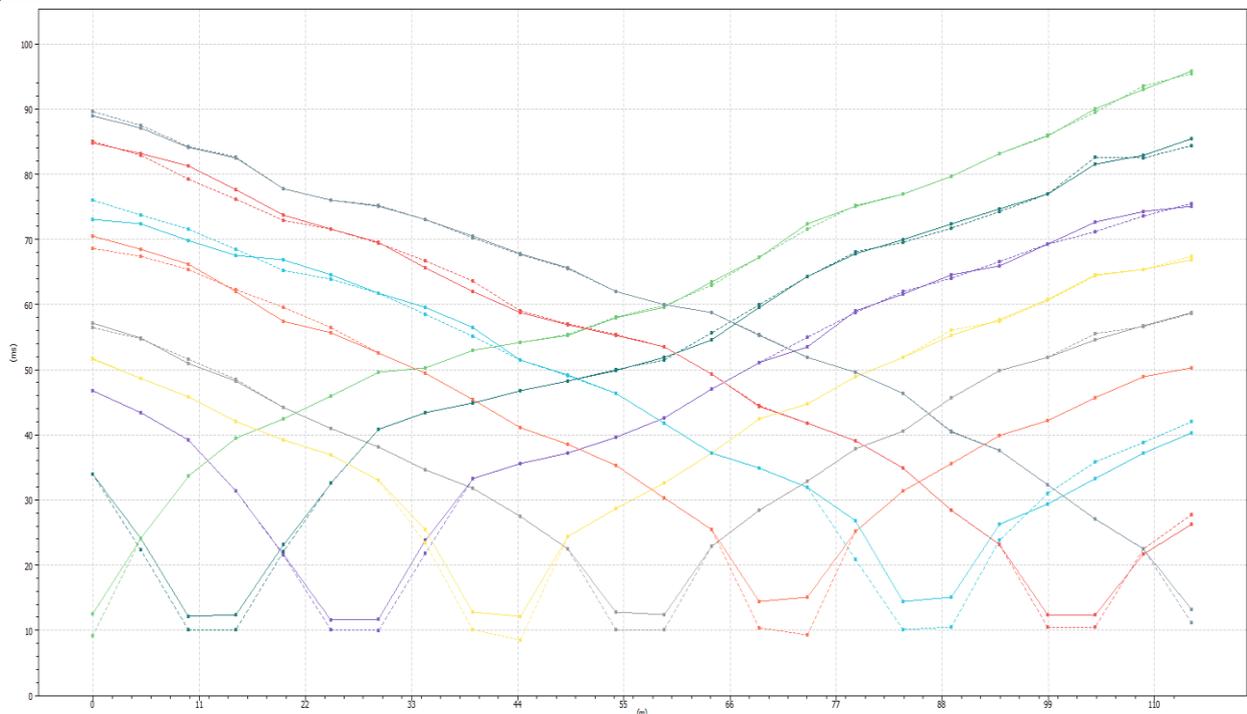
### Sismogrammi filtrati e picking dei primi arrivi

- = picking arrivo manuale





Dromocrone sperimentali (linea continua) e sintetiche (tratteggiata)



**Risultato inversione tomografica in onde P**

