

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI  
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI  
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

Mandataria

Mandanti



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA

MANDANTI



PROGETTO ESECUTIVO

LINEA PESCARA - BARI  
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA

Report indagini geofisiche Progetto Esecutivo

L'Appaltatore Ing. Gianguido Babini	A.A.D'AGOSTINO COSTRUZIONI GENERALI S.r.l. Il Direttore Tecnico (Ing. Gianguido Babini)	I progettisti (il Direttore della progettazione) Ing. Massimo Facchini
Data Ottobre2023	firma	Data Ottobre2023



COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA / DISCIPLINA	PROGR	REV	SCALA
L I O B	0 2	E	Z Z	I G	G E 0 0 0 5	0 0 6	C	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	Prima emissione	IMOS SRL	Dicembre 2022	G.De Fazio	Dicembre 2022	G.Cerchiaro	Dicembre 2022	
B	Revisione	LR/IMOS SRL	Giugno 2023	G.De Fazio	Giugno 2023	G.Cerchiaro	Giugno 2023	
C	Revisione	LR/IMOS SRL	Ottobre 2023	G.De Fazio	Ottobre 2023	G.Cerchiaro	Ottobre 2023	



**SETTORE GEOGNOSTICO**

Sede Legale: Via Monsignor Bologna, 18 - 86100 Campobasso  
Sede Operativa: C.da S.Maria delle Macchie, snc - 86019 Vinchiaturo (CB)  
Tel.+39.0874.340003/340016  
P.IVA/C.F.: 007 176 307 01

**COMMITTENTE : HY PRO - HUB ENGINEERING**

**PROGETTO :** PROGETTO ESECUTIVO LINEA PESCARA-BARI  
RADDOPPIO TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTI 2 E 3  
RADDOPPIO TERMOLI-RIPALTA



Allegato: **IG03**

**INDAGINI GEOTECNICHE E AMBIENTALI**

**Prospezioni geofisiche**

Rev.	Emissione	Redatto	Approvato	Responsabile di sito
00	22/09/2023	C. Del Paggio	C. Scasserra	C. Brunelli

Ministero delle Infrastrutture - **Concessione Settore C**  
Indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in sito  
Circolare LL.PP. n. 7619 del 08/09/2010  
**Decreto n. 156 del 19/04/2011**

**Il Direttore di Laboratorio**  
Dott. Geol. Carlo Scasserra

## QUADRO RIEPILOGATIVO PROSPEZIONI GEOFISICHE

### PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE

Stesa	Lunghezza (m)	Punto	COORD. GAUSS BOAGA		Quota (m s.l.m)
			Nord (m)	Est (m)	
SISpe 1	120.0	Inizio	4664074.110	1998478.403	3.630
		Centro	4664015.481	1998502.635	3.525
		Fine	4663963.645	1998523.372	3.362
SISpe 2	120.0	Inizio	4661082.132	2001435.412	37.156
		Centro	4661033.543	2001474.305	37.980
		Fine	4661122.924	2001394.286	38.806
SISpe 3	120.0	Inizio	4658790.887	2008447.212	2.685
		Centro	4658788.492	2008499.391	2.328
		Fine	4658786.168	2008560.493	2.524
SISpe 4	120.0	Inizio	4658514.070	2010568.923	10.901
		Centro	4658500.089	2010626.034	10.703
		Fine	4658490.233	2010685.686	10.351
SISpe 5	90.0	Inizio	4658397.112	2010815.173	9.510
		Centro	4658378.250	2010869.643	8.709
		Fine	4658364.167	2010902.051	9.096
SISpe 6	120.0	Inizio	4639797.039	2535241.004	13.717
		Centro	4639809.950	2535297.221	14.754
		Fine	4639830.032	2535357.064	15.709
SISpe 7	120.0	Inizio	4639838.539	2536436.766	22.781
		Centro	4639842.453	2536382.197	22.766
		Fine	4639848.287	2536322.458	21.102
SISpe 8	120.0	Inizio	4639835.960	2537279.665	19.862
		Centro	4639831.689	2537339.285	21.789
		Fine	4639826.693	2537398.023	21.018
SISpe 9	120.0	Inizio	4639812.010	2537772.628	24.497
		Centro	4639815.192	2537832.409	26.427
		Fine	4639808.714	2537713.702	27.326
SISpe 10	120.0	Inizio	4640030.021	2539666.079	3.533
		Centro	4640005.697	2539720.892	3.616
		Fine	4640057.351	2539612.660	3.535
SISpe 11	120.0	Inizio	4662710.462	1998862.834	2.869
		Centro	4662664.840	1998886.151	2.867
		Fine	4662764.949	1998836.883	2.865

## PROSPEZIONI MASW

Stesa	Lunghezza	Punto	COORD. GAUSS BOAGA		Quota
	(m)		Nord (m)	Est (m)	(m s.l.m)
MWpe 1	60.0	Inizio	4664074.110	1998478.403	3.630
		Fine	4664015.481	1998502.635	3.525
MWpe 2	60.0	Inizio	4646078.811	2521356.604	2.586
		Fine	4646024.511	2521377.851	2.555
MWpe 4	60.0	Inizio	4643222.802	2524257.287	34.994
		Fine	4643183.283	2524298.421	35.758
MWpe 5	60.0	Inizio	4640566.073	2531051.660	2.334
		Fine	4640560.560	2531110.363	3.845
MWpe 6	60.0	Inizio	4640035.621	2533091.910	9.510
		Fine	4640013.062	2533144.754	8.709
MWpe 7	60.0	Inizio	4640126.262	2533234.115	12.105
		Fine	4640100.173	2533289.911	12.413
MWpe 8	60.0	Inizio	4639845.375	2536037.335	18.495
		Fine	4639850.813	2535977.974	18.798
MWpe 9	60.0	Inizio	4639700.799	2536983.168	26.121
		Fine	4639708.169	2536925.240	28.906
MWpe 10	60.0	Inizio	4640049.623	2539090.186	3.341
		Fine	4640070.466	2539041.947	3.325
MWpe 11	60.0	Inizio	4644866.670	2521868.654	3.545
		Fine	4644889.696	2521815.576	3.010
MWpe 12	60.0	Inizio	4642384.703	2526598.111	2.585
		Fine	4642406.825	2526542.592	2.645
MWpe 13	60.0	Inizio	4641777.130	2527392.980	2.882
		Fine	4641793.996	2527341.952	3.140
MWpe 14	60.0	Inizio	4640767.752	2529394.154	3.538
		Fine	4640751.408	2529450.882	3.569
MWpe 15	60.0	Inizio	4640009.340	2539511.970	3.151
		Fine	4639969.727	2539555.178	3.228
MWpe 16	60.0	Inizio	4639733.875	2540251.391	3.078
		Fine	4639695.528	2540292.956	3.042

## MISURE DI MICROTREMORI HVSR

Stesa	Lunghezza	Punto	COORD. GAUSS BOAGA		Quota
	(m)		Nord (m)	Est (m)	(m s.l.m)
HVSRpe 1	-	-	4663757.614	1998582.098	3.640
HVSRpe 2	-	-	4662065.686	1999489.349	65.050
HVSRpe 3	-	-	4660977.625	2001735.806	35.054
HVSRpe 4	-	-	4658764.070	2009106.629	4.155
HVSRpe 5	-	-	4658617.597	2009899.328	9.604
HVSRpe 6	-	-	4658421.305	2010910.472	14.584
HVSRpe 7	-	-	4658373.729	2014532.642	25.144
HVSRpe 8	-	-	4658883.591	2017224.433	2.145
HVSRpe 9	-	-	4660135.087	2004214.450	4.423
HVSRpe 10	-	-	4659322.876	2005851.323	2.745
HVSRpe 11	-	-	4659115.235	2006402.913	2.869
HVSRpe 12	-	-	4658659.029	2017724.960	3.133



COMMITTENTE: HY PRO - HUB ENGINEERING

OGGETTO: Progetto Esecutivo linea Pescara–Bari - Raddoppio tratta ferroviaria Termoli-Lesina - Lotti 2 e 3 - Raddoppio Termoli-Ripalta

LOCALITÀ: Termoli-Ripalta

DATA ESECUZIONE: maggio - giugno – 2023

## SOMMARIO

<b>REPORT FINALE INDAGINI.....</b>	<b>5</b>
N. 15 PROSPEZIONI MASW .....	5
N. 11 STENDIMENTI SISMICI A RIFRAZIONE .....	5
N. 12 ANALISI DI MICROTREMORI .....	5
<b>UBICAZIONE .....</b>	<b>6</b>
<b>PROSPEZIONI MASW .....</b>	<b>13</b>
APPARECCHIATURE IMPIEGATE .....	13
<b>MASW: METOLOGIA OPERATIVA E RISULTATI .....</b>	<b>13</b>
<b>MWpe 1 .....</b>	<b>15</b>
SISMOGRAMMI ACQUISITI – MWpe 1 .....	15
CURVE DI DISPERSIONE – MWpe 1 .....	16
MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI .....	18
<b>MWpe 2 .....</b>	<b>19</b>
SISMOGRAMMI ACQUISITI – MWpe 2 .....	19
CURVE DI DISPERSIONE – MWpe 2 .....	20
MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI .....	22
<b>MWpe 4 .....</b>	<b>23</b>
SISMOGRAMMI ACQUISITI – MWpe 4 .....	23
CURVE DI DISPERSIONE – MWpe 4 .....	24
MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI .....	26
<b>MWpe 5 .....</b>	<b>27</b>
SISMOGRAMMI ACQUISITI – MWpe 5 .....	27
CURVE DI DISPERSIONE – MWpe 5 .....	28
MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI .....	30
<b>MWpe 6 .....</b>	<b>31</b>
SISMOGRAMMI ACQUISITI – MWpe 6 .....	31

---

CURVE DI DISPERSIONE – MWpe 6 .....	32
MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI .....	34
<b>MWpe 7 .....</b>	<b>35</b>
SISMOGRAMMI ACQUISITI – MWpe 7 .....	35
CURVE DI DISPERSIONE – MWpe 7 .....	36
MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI .....	38
<b>MWpe 8 .....</b>	<b>39</b>
SISMOGRAMMI ACQUISITI – MWpe 8 .....	39
CURVE DI DISPERSIONE – MWpe 8 .....	40
MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI .....	42
<b>MWpe 9 .....</b>	<b>43</b>
SISMOGRAMMI ACQUISITI – MWpe 9 .....	43
CURVE DI DISPERSIONE – MWpe 9 .....	44
MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI .....	45
<b>MWpe 10 .....</b>	<b>46</b>
SISMOGRAMMI ACQUISITI – MWpe 10 .....	46
CURVE DI DISPERSIONE – MWpe 10 .....	47
MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI .....	48
MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI .....	49
<b>MWpe 11 .....</b>	<b>50</b>
SISMOGRAMMI ACQUISITI – MWpe 11 .....	50
CURVE DI DISPERSIONE – MWpe 11 .....	51
MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI .....	53
<b>MWpe12 .....</b>	<b>54</b>
SISMOGRAMMI ACQUISITI – MWpe 12 .....	54
CURVE DI DISPERSIONE – MWpe 12 .....	55
MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI .....	57
<b>MWpe 13 .....</b>	<b>58</b>
SISMOGRAMMI ACQUISITI – MWpe 13 .....	58
CURVE DI DISPERSIONE – MWpe 13 .....	59
MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI .....	61
<b>MWpe 14 .....</b>	<b>62</b>
SISMOGRAMMI ACQUISITI – MWpe 14 .....	62
CURVE DI DISPERSIONE – MWpe 14 .....	63
MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI .....	65

---

<b>MWpe 15</b> .....	<b>66</b>
SISMOGRAMMI ACQUISITI – MWpe 15 .....	66
CURVE DI DISPERSIONE – MWpe 15 .....	67
MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI .....	69
<b>MWpe 16</b> .....	<b>70</b>
SISMOGRAMMI ACQUISITI – MWpe 16 .....	70
CURVE DI DISPERSIONE – MWpe 16 .....	71
MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI .....	73
<b>CATEGORIE DI SUOLO</b> .....	<b>74</b>
<b>CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI AI SENSI DEL DM 14/01/2008</b> .....	<b>77</b>
<b>SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDA P</b> .....	<b>80</b>
APPARECCHIATURE IMPIEGATE .....	80
METOLOGIA INTERPRETATIVA .....	80
<b>PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO SISpe 1</b> .....	<b>81</b>
DATI DI INPUT .....	81
DATI DI OUTPUT .....	83
<b>PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO SISpe 2</b> .....	<b>85</b>
DATI DI INPUT .....	85
DATI DI OUTPUT .....	87
<b>PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO SISpe 3</b> .....	<b>89</b>
DATI DI INPUT .....	89
DATI DI OUTPUT .....	91
<b>PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO SISpe 4</b> .....	<b>93</b>
DATI DI INPUT .....	93
DATI DI OUTPUT .....	95
<b>PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO SISpe 5</b> .....	<b>97</b>
DATI DI INPUT .....	97
DATI DI OUTPUT .....	99
<b>PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO SISpe 6</b> .....	<b>101</b>
DATI DI INPUT .....	101
DATI DI OUTPUT .....	103
<b>PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO SISpe 7</b> .....	<b>105</b>
DATI DI INPUT .....	105
DATI DI OUTPUT .....	107
<b>PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO SISpe 8</b> .....	<b>109</b>
DATI DI INPUT .....	109
DATI DI OUTPUT .....	111

---

<b>PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO SISpe 9</b> .....	<b>113</b>
DATI DI INPUT .....	113
DATI DI OUTPUT .....	115
<b>PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO SISpe 10</b> .....	<b>117</b>
DATI DI INPUT .....	117
DATI DI OUTPUT .....	119
<b>PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO SISpe 11</b> .....	<b>121</b>
DATI DI INPUT .....	121
DATI DI OUTPUT .....	123
<b>MICROTREMORI</b> .....	<b>125</b>
LA RISPOSTA DI SITO .....	125
TRATTAMENTO DEL SEGNALE .....	126
<b>HVSRpe 1</b> .....	<b>127</b>
<b>HVSRpe 2</b> .....	<b>130</b>
<b>HVSRpe 3</b> .....	<b>133</b>
<b>HVSRpe 4</b> .....	<b>136</b>
<b>HVSRpe 5</b> .....	<b>139</b>
<b>HVSRpe 6</b> .....	<b>142</b>
<b>HVSRpe 7</b> .....	<b>145</b>
<b>HVSRpe 8</b> .....	<b>148</b>
<b>HVSRpe 9</b> .....	<b>151</b>
<b>HVSRpe 10</b> .....	<b>154</b>
<b>HVSRpe 11</b> .....	<b>157</b>
<b>HVSRpe 12</b> .....	<b>160</b>

---

## REPORT FINALE INDAGINI

---

COMMITTENTE: HY PRO - HUB ENGINEERING

LOCALITÀ: Termoli-Ripalta

METODO DI PERFORAZIONE: carotaggio continuo

DATA ESECUZIONE: maggio - giugno – 2023

### N. 15 PROSPEZIONI MASW

---

Nell'area sono stati eseguiti 15 profili sismici passivi di tipo MASW, mediante sismografo MAE A2000S e geofoni da 4.5 Hz, distanziati in tutti gli stendimenti di 5 metri.

Le relative risultanze sono riportate negli allegati specifici.

### N. 11 STENDIMENTI SISMICI A RIFRAZIONE

---

Nell'area sono stati eseguiti 11 profili sismici di sismiche a rifrazione, mediante sismografo MAE mod. A2000S e geofoni verticali da 14 Hz. La distanza intergeofonica è di 5 metri ad eccezione del profilo n. 5 che, per motivi di spazio ha consentito una spaziatura di 4 metri, per un totale di 1296 metri di stendimenti.

Le relative risultanze sono riportate negli allegati specifici.

### N. 12 ANALISI DI MICROTREMORI

---

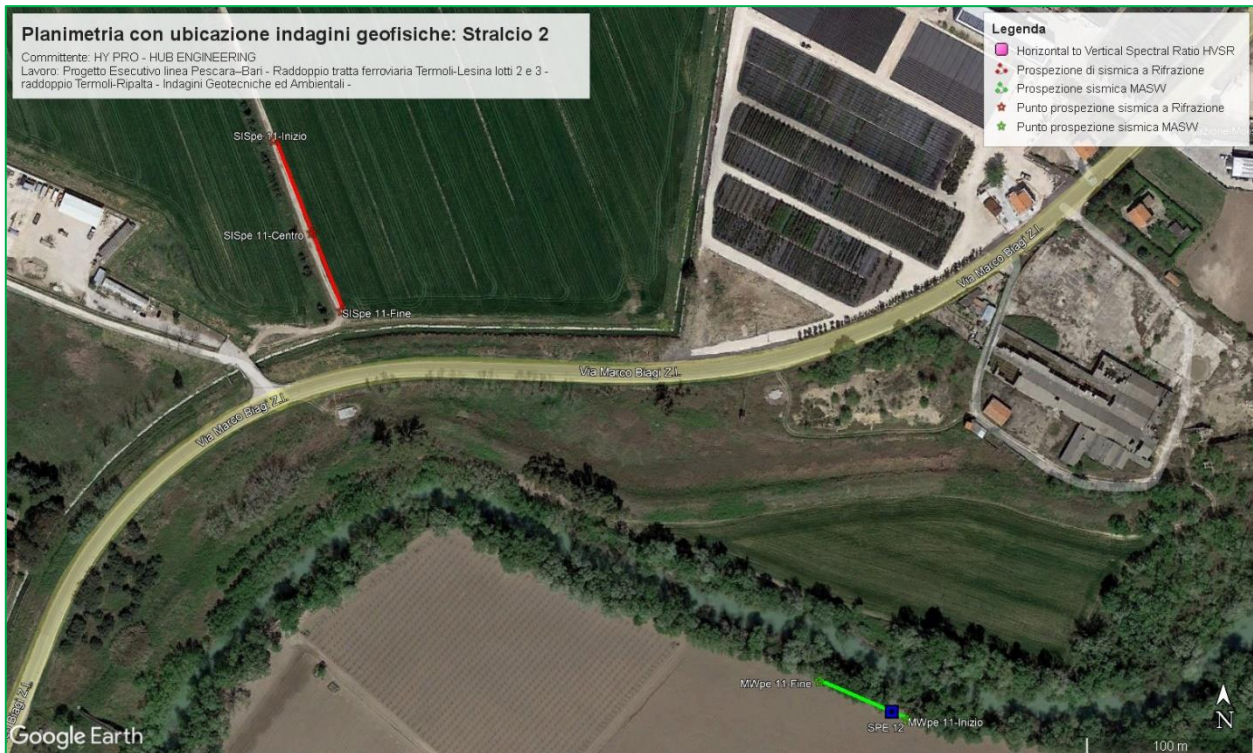
Nell'area sono stati eseguiti ANALISI I MICROTREMORI, mediante sismografo Geofono tridirezionale Lennartz 1 Hz. Le relative risultanze sono riportate negli allegati specifici.

Isernia, 23/06/2023

Segea SRL  
(Geol. Domenico Angelone)



## UBICAZIONE











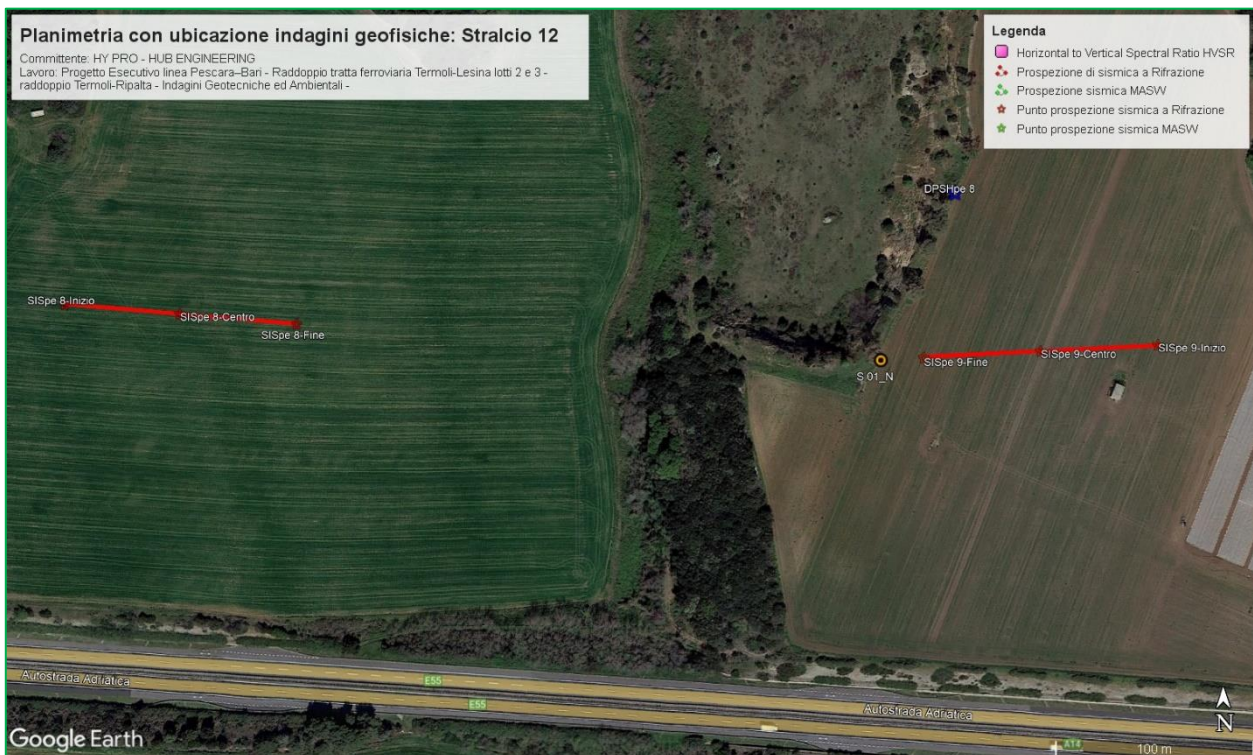




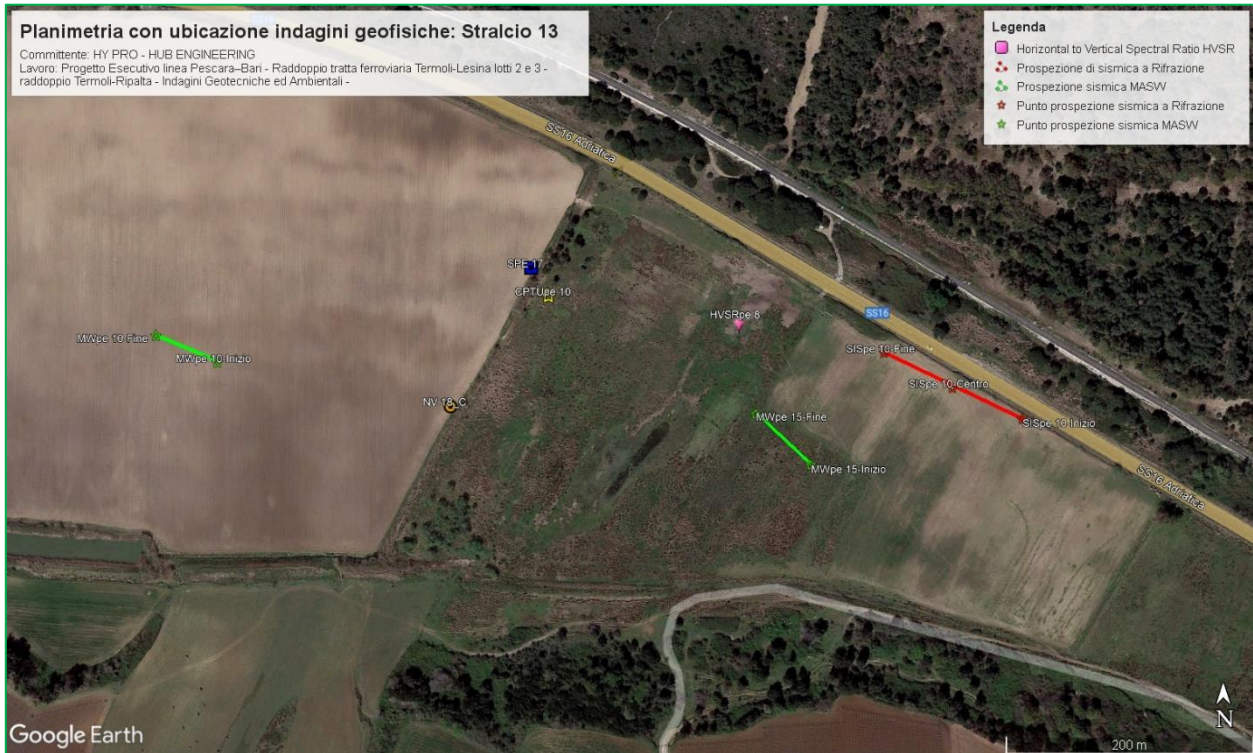














## PROSPEZIONI MASW



### APPARECCHIATURE IMPIEGATE

- sismografo MAE mod. A2000S a 24 canali ad incremento di segnale;
- n. 2 accumulatori per sismografo (12 V C.C.);
- n. 12 geofoni verticali Geospace 4.5 Hz;
- n. 1 starter piezoelettrico costituito da "Hammer Switch" della Geometrics Inc.;
- mazza da 10 Kg.

## MASW: METOLOGIA OPERATIVA E RISULTATI

Il metodo M.A.S.W. (Analisi Multispettrale delle Onde Superficiali) è un metodo indiretto utilizzato per la misurazione delle velocità delle onde di taglio, basato sulla dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh. Questa consiste nei seguenti step:

- a) generazione e rilevazione di onde di superficie mediante sorgenti simili a quelle utilizzate per la rifrazione ed utilizzo di geofoni a bassa frequenza (max 4.5 Hz);
- b) analisi spettrale ed individuazione della curva di dispersione delle  $V_r$ ;
- c) costruzione di un modello e della relativa curva di dispersione teorica.

La prospezione SASW multicanale, comunemente chiamata MASW è stata eseguita impiegando 12 geofoni verticali da 4.5 Hz distanziati reciprocamente di 2.0 metri, con distanza di battuta pari alla stessa equidistanza tra i geofoni.

Per generare onde superficiali ci si è avvalsi di una mazza del peso di 10 Kg.

Il passo di campionamento utilizzato è stato di 1 ms (1 KHz) per una durata del segnale pari a 2 secondi.

La spaziatura tra geofoni ha consentito – come c’era da attendersi – di investigare una profondità sufficiente allo scopo prefissato (oltre i 30 metri previsti dalla normativa): la finalità della prospezione difatti era quella di caratterizzare in termini di Vs le porzioni di interesse ai fini di microzonazione locale, nonché di correlare tali risultati agli aspetti più strettamente litostratigrafici.

I sismogrammi registrati sono stati trattati nel dominio delle frequenze risalendo in tal modo alla curva velocità di fase-frequenza, al fine di individuare la curva di dispersione.

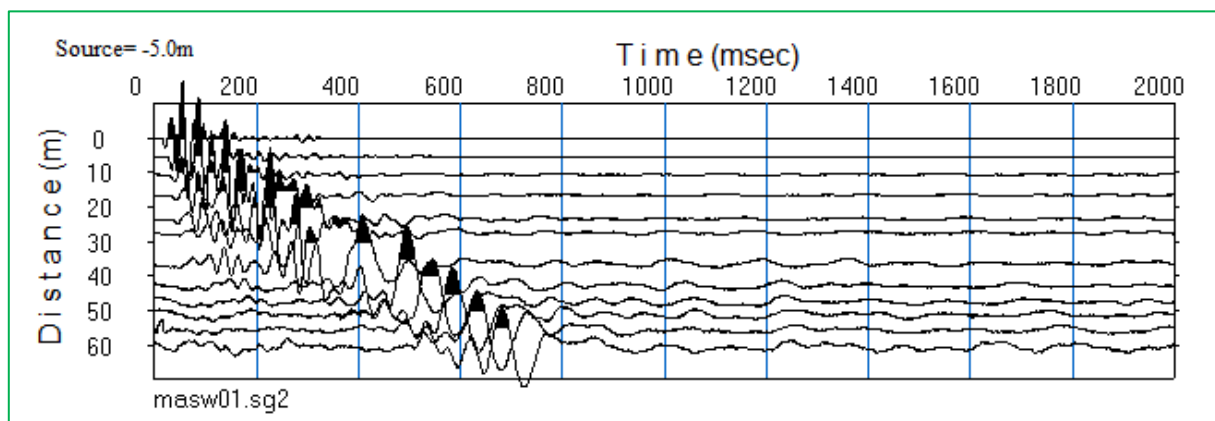
Come già riportato nella sezione 2.0 l’inversione dei dati secondo più reiteratezioni ha consentito di ricavare un modello con una curva di dispersione teorica ben sovrapponibile a quella sperimentale.

Per tutte le MASW la profondità di indagine è da ritenersi affidabile sino a circa 30 metri dal p.c.

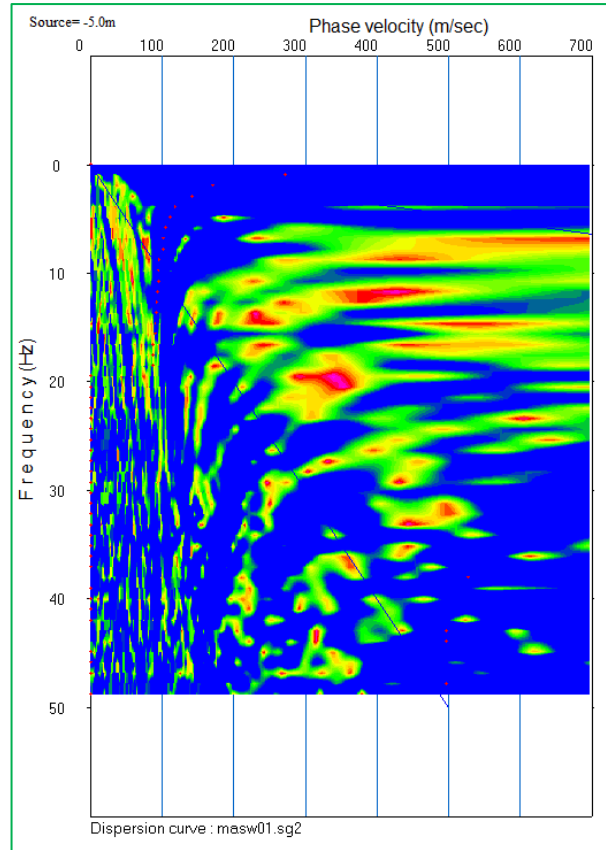
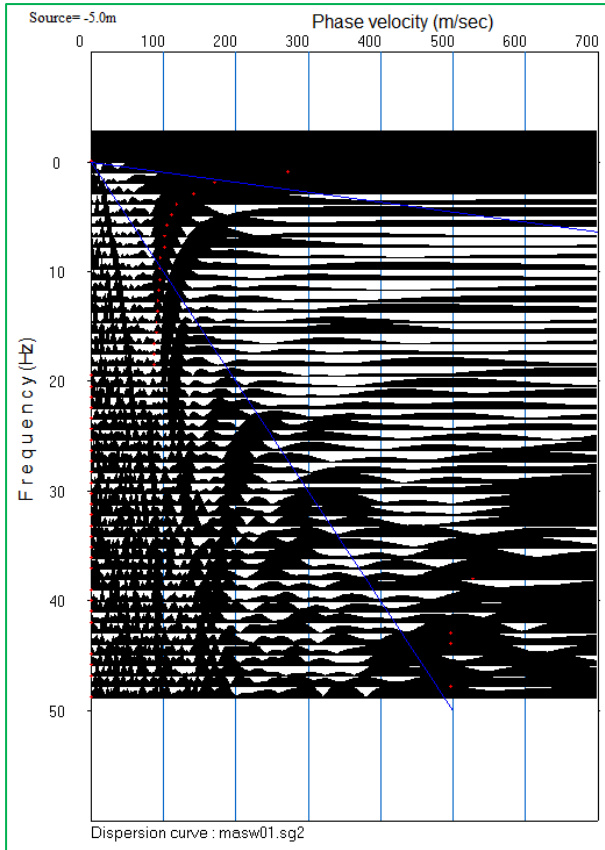
## MWpe 1

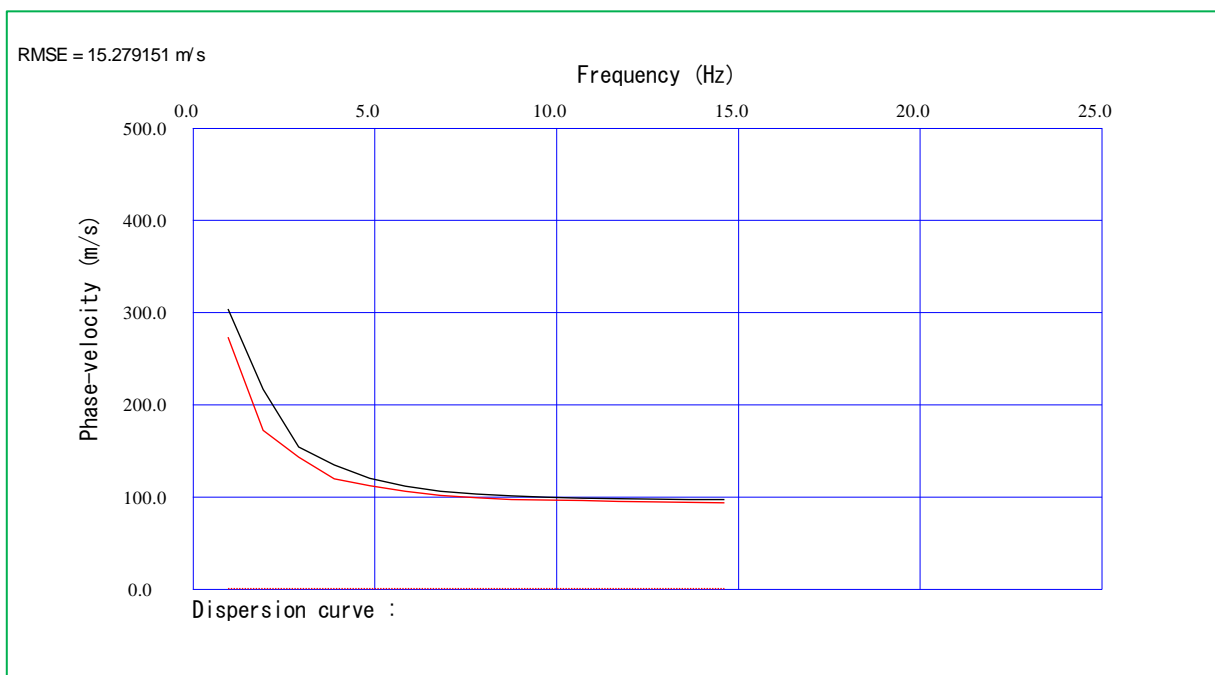
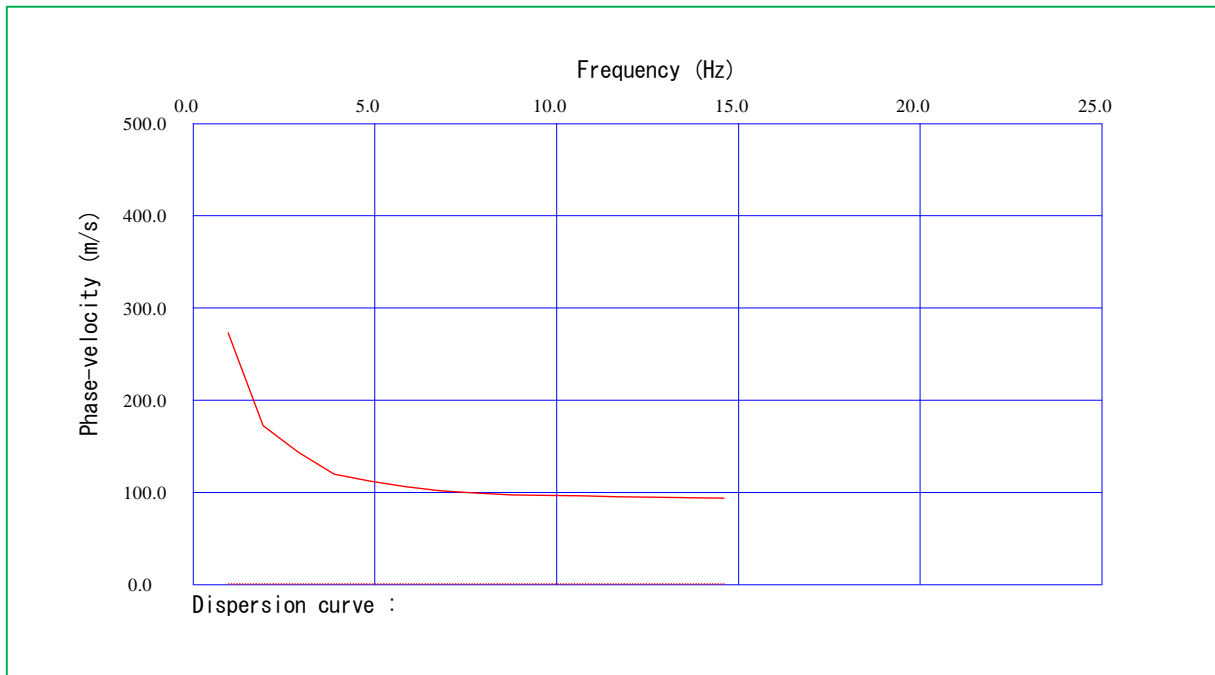


## SISMOGRAMMI ACQUISITI – MWpe 1

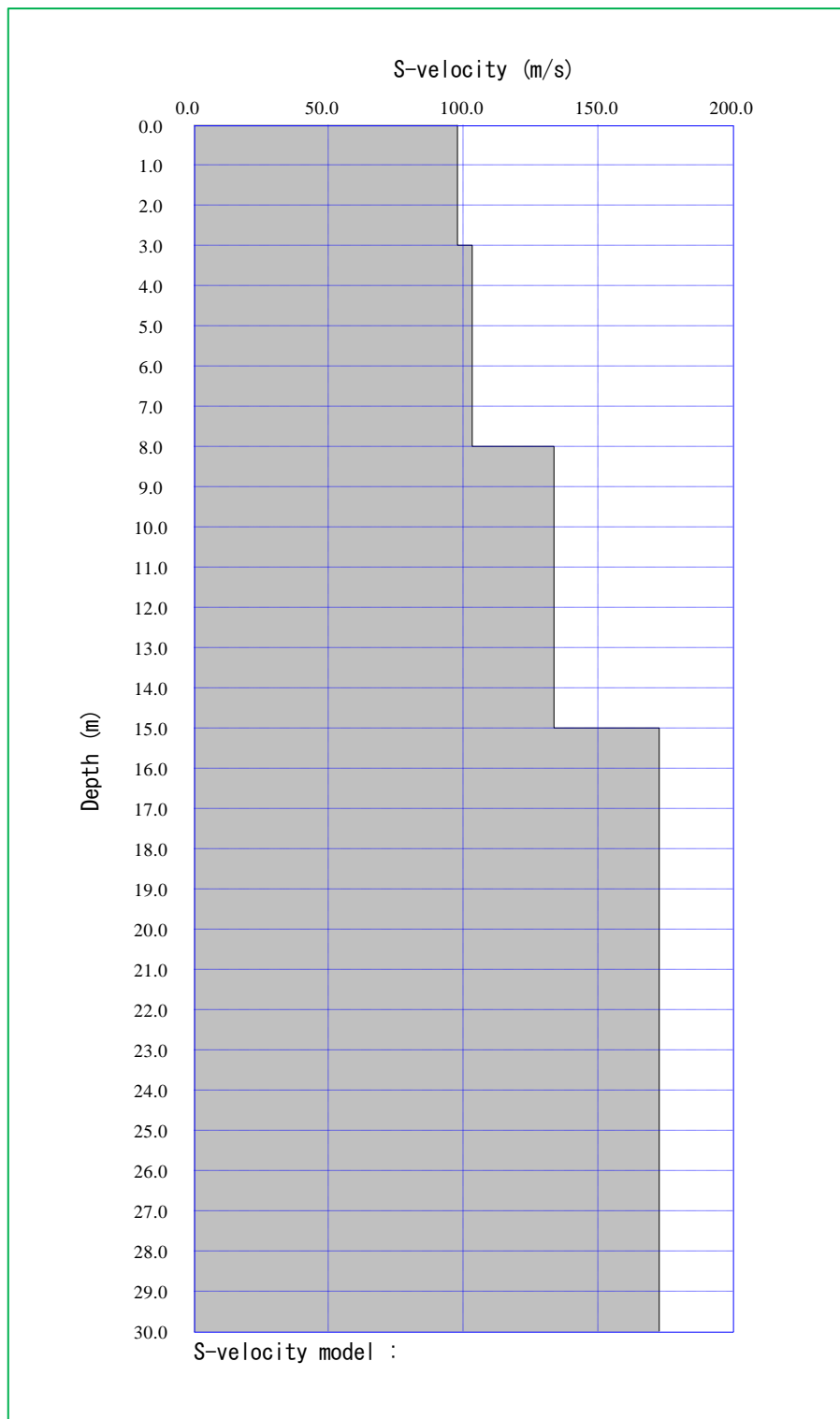


CURVE DI DISPERSIONE – MWpe 1





## MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI

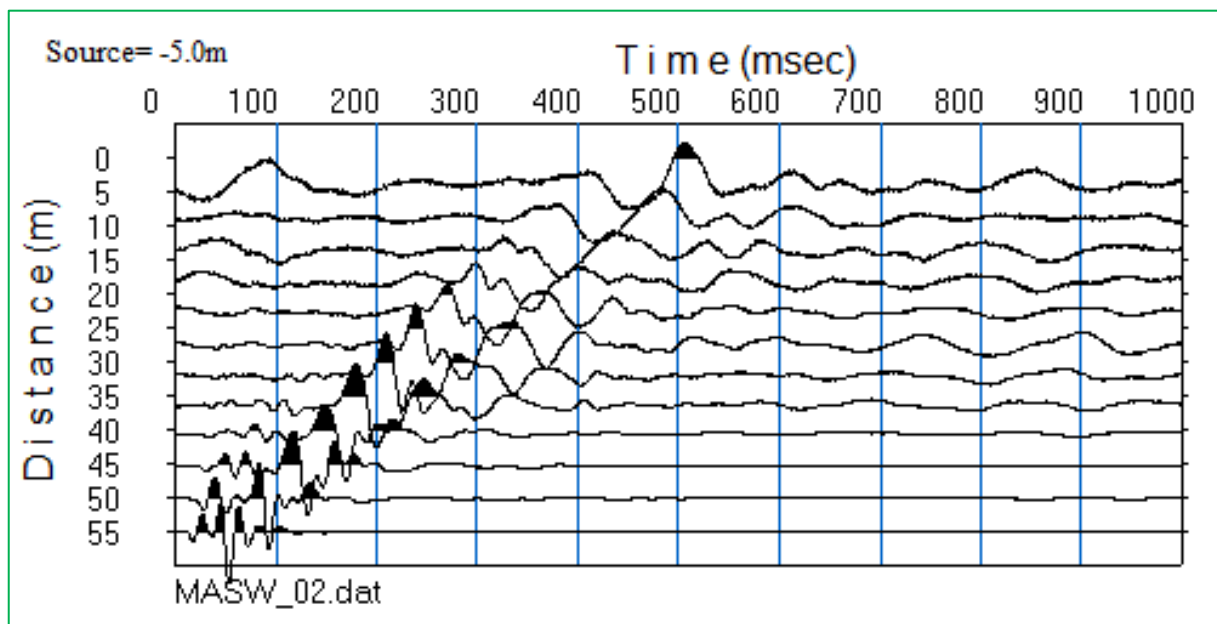




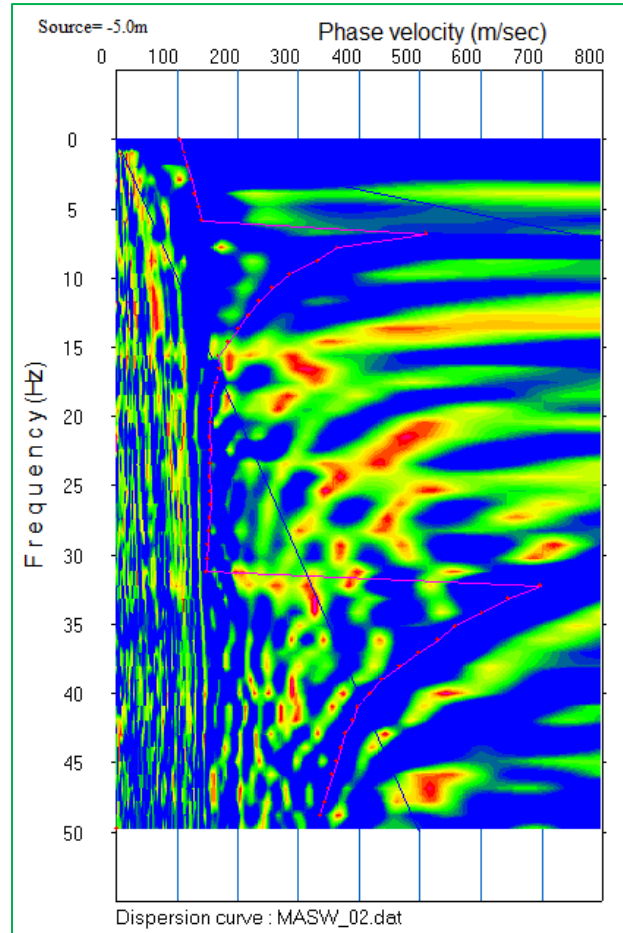
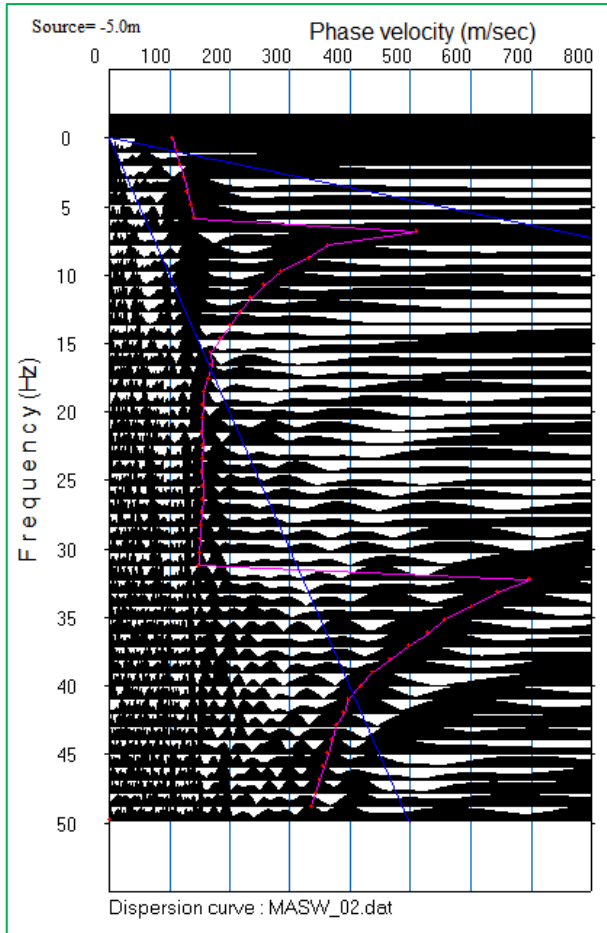
## MWpe 2

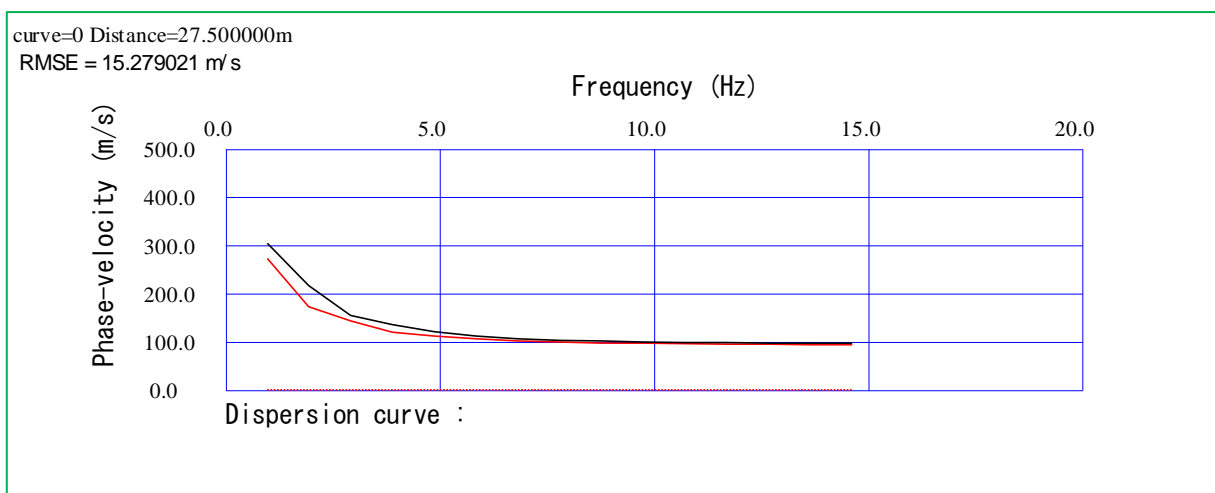
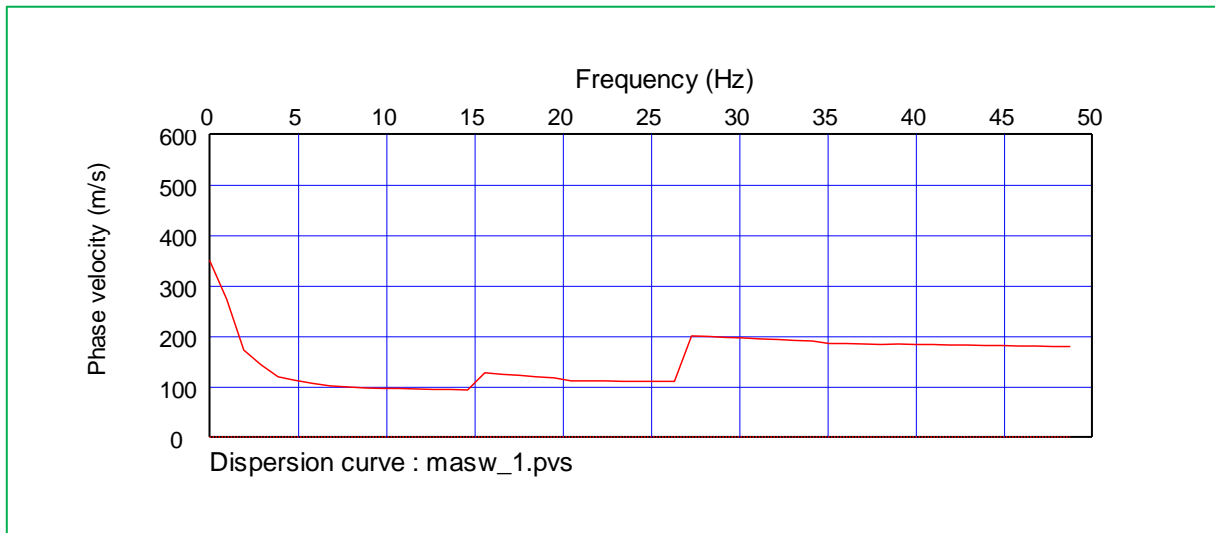


### SISMOGRAMMI ACQUISITI – MWpe 2

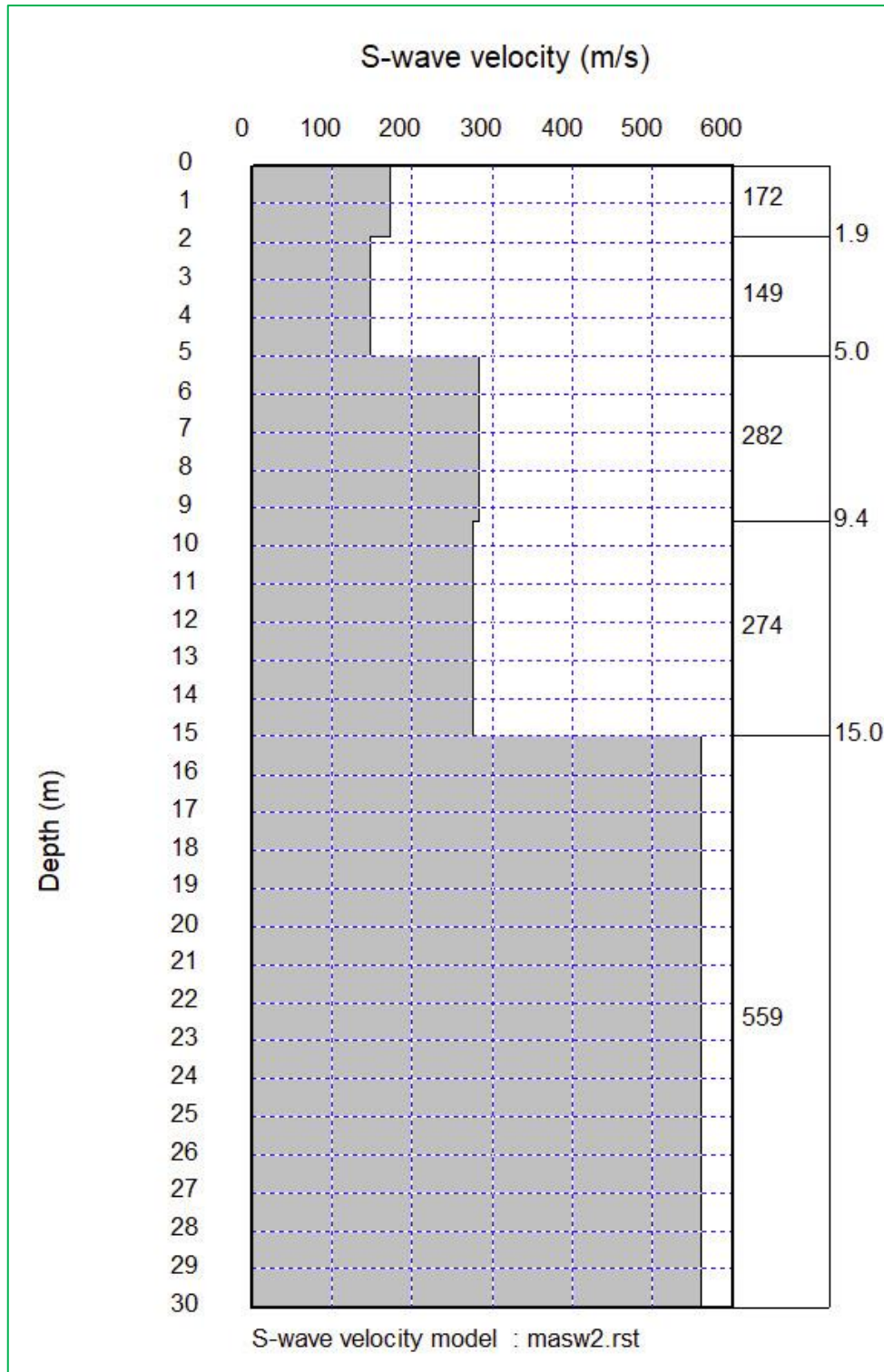


CURVE DI DISPERSIONE – MWpe 2





MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI

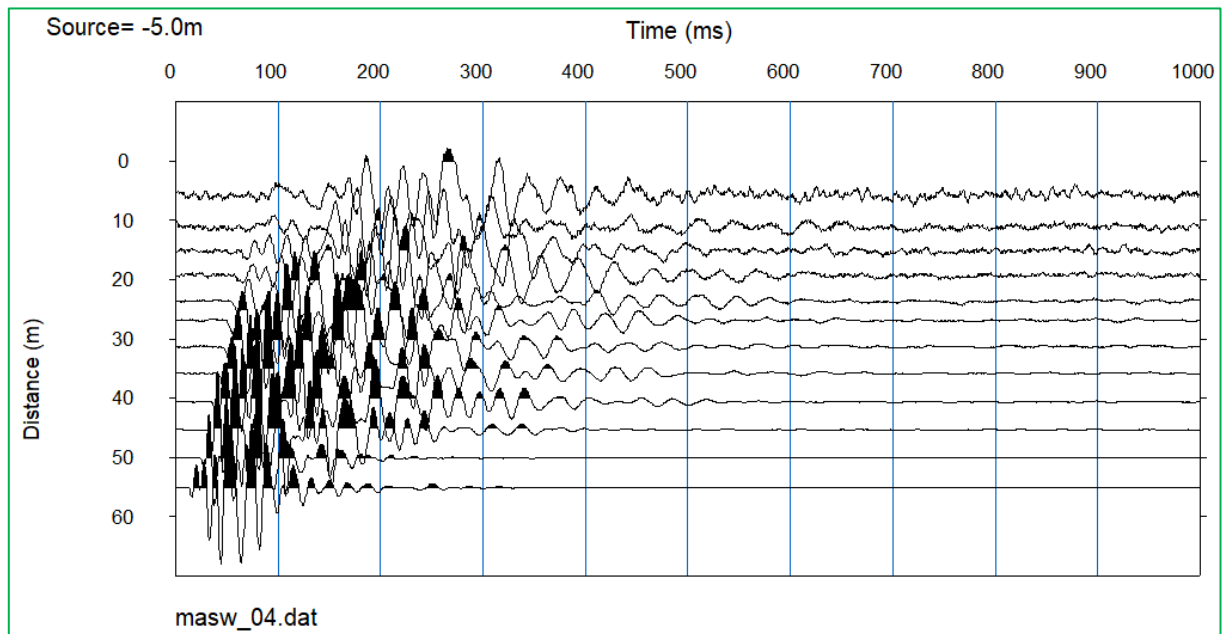




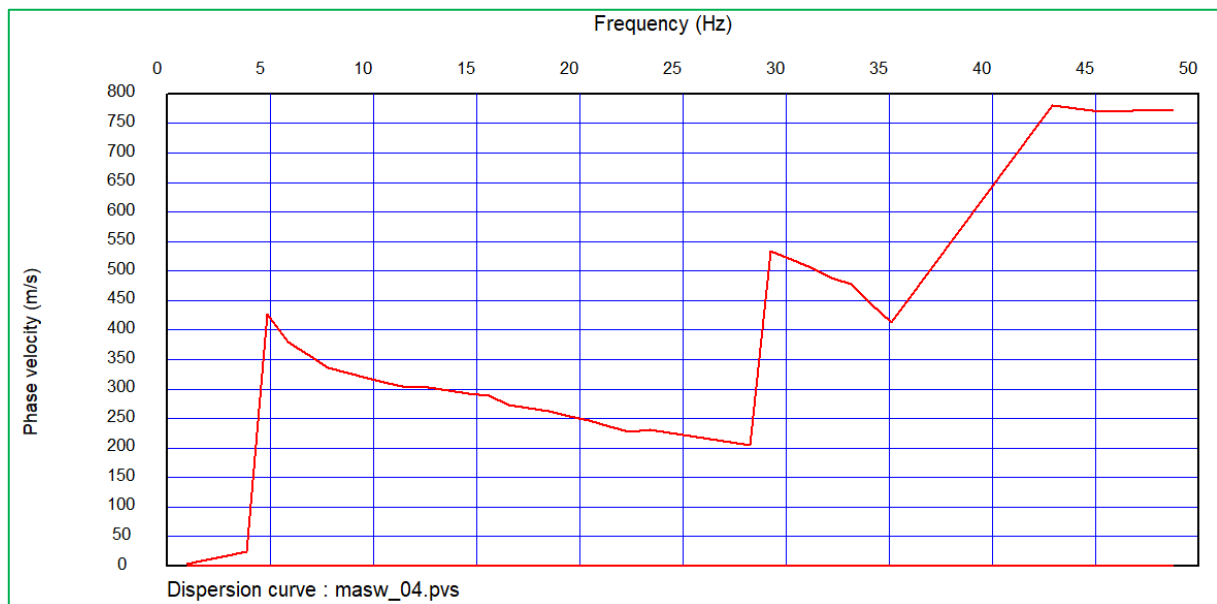
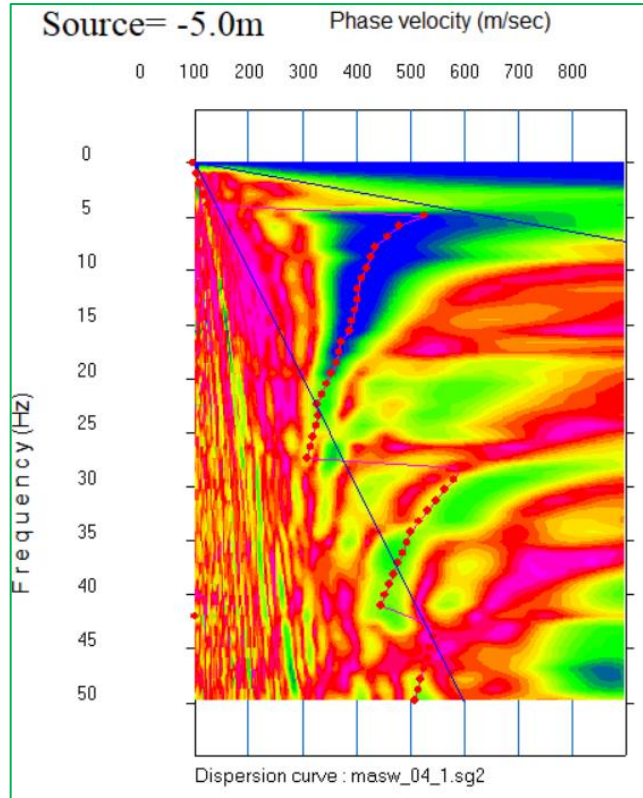
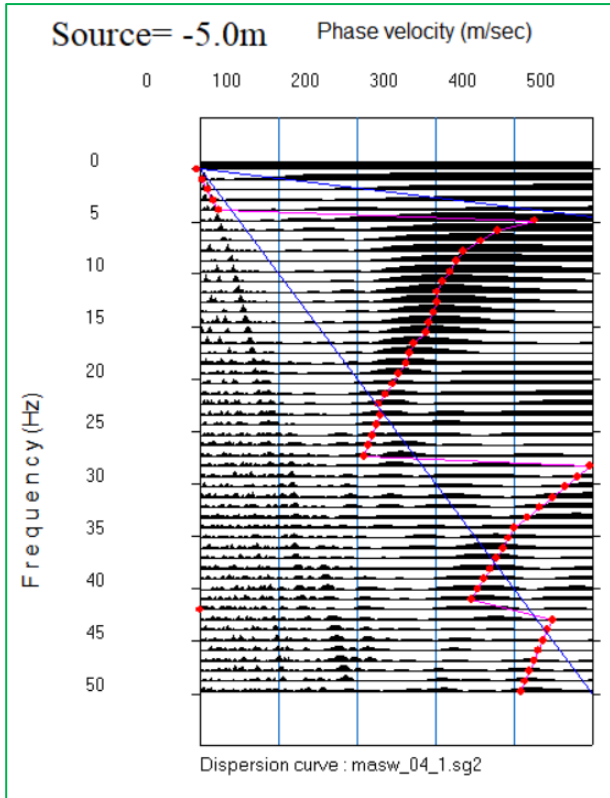
## MWpe 4



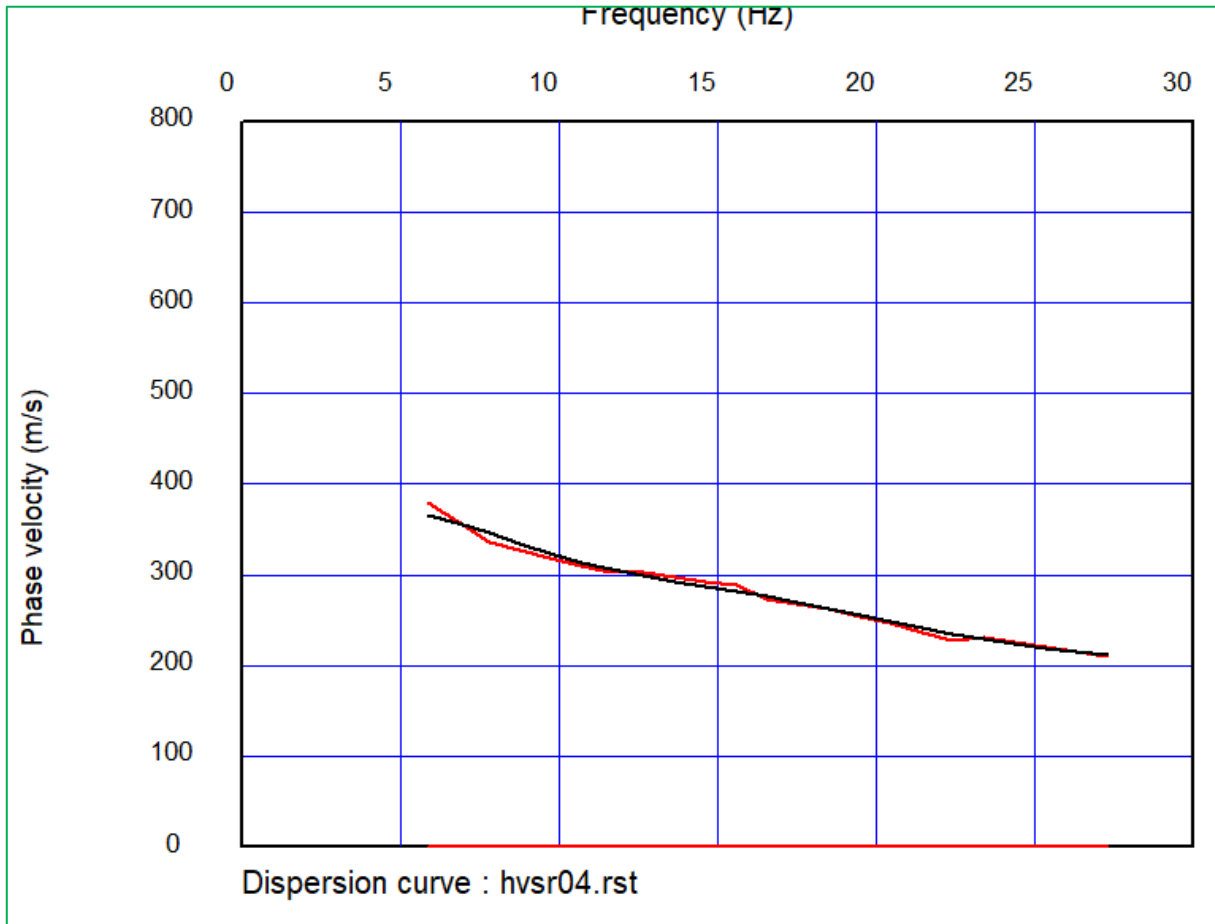
## SISMOGRAMMI ACQUISITI – MWpe 4



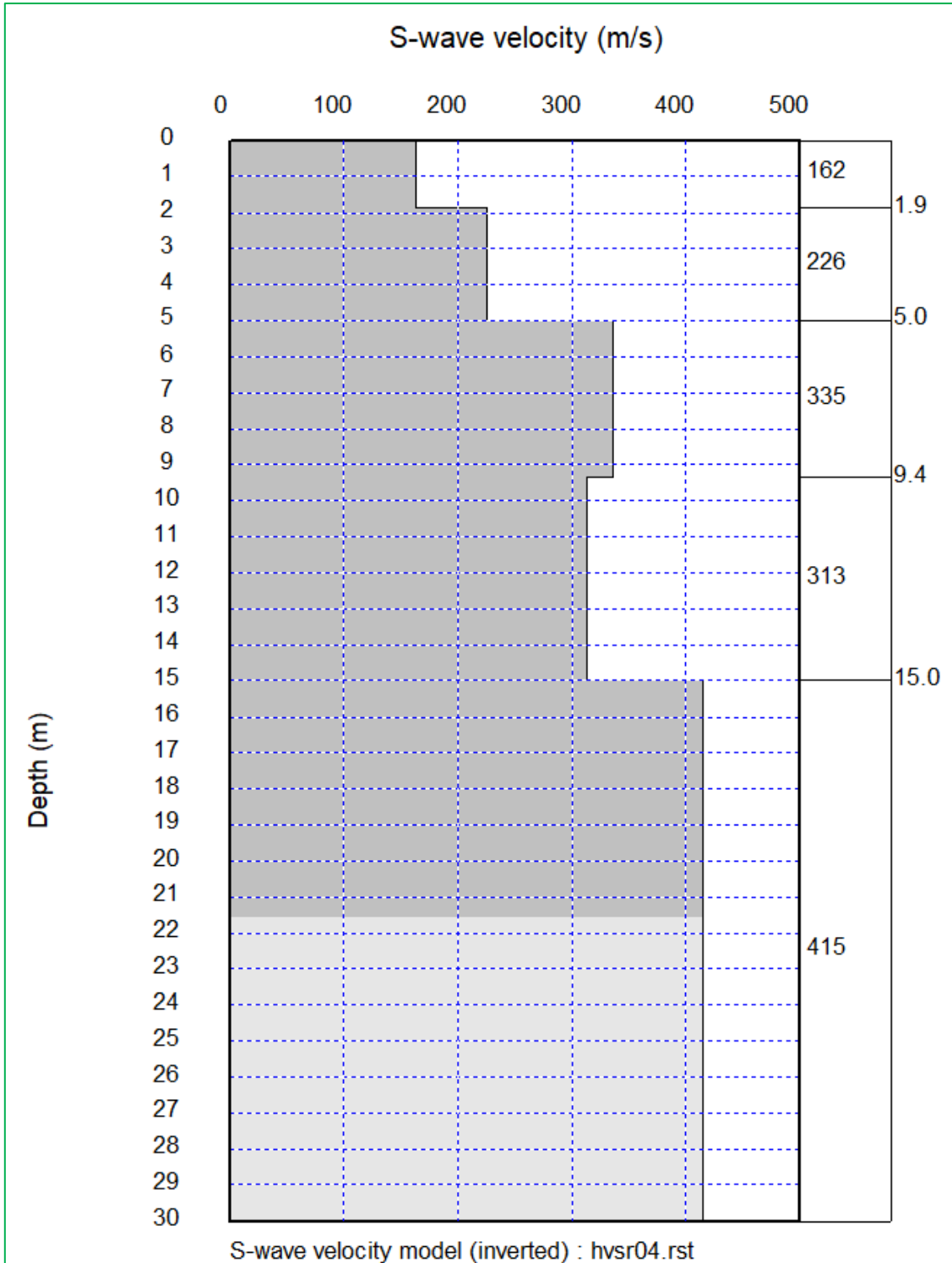
CURVE DI DISPERSIONE – MWpe 4







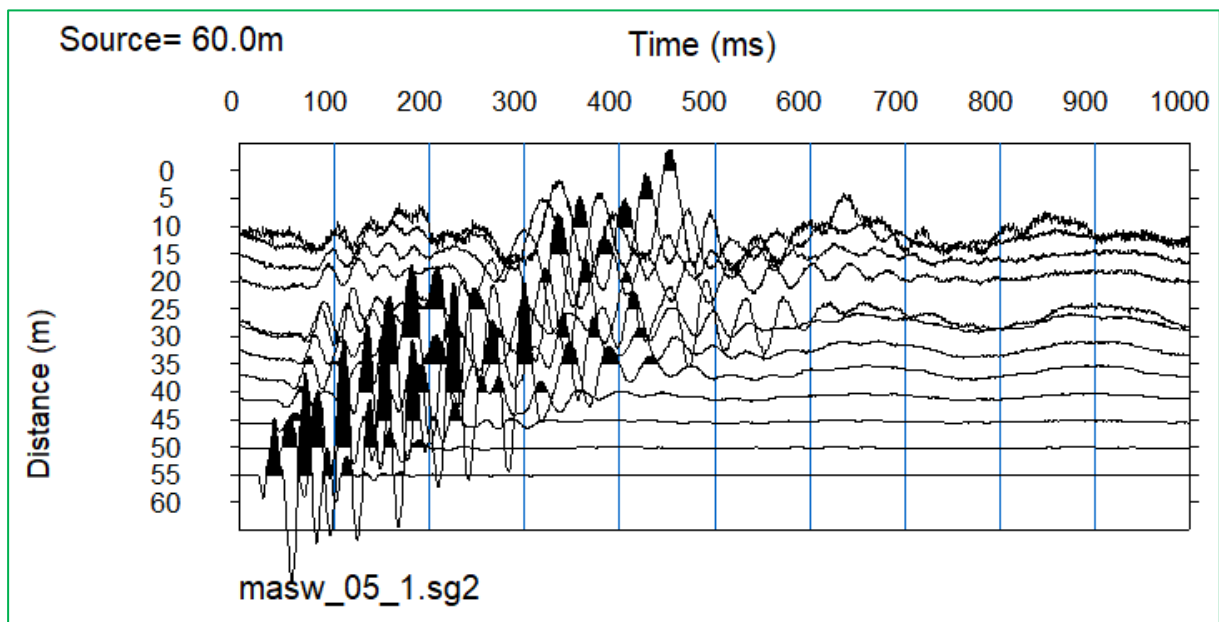
MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI



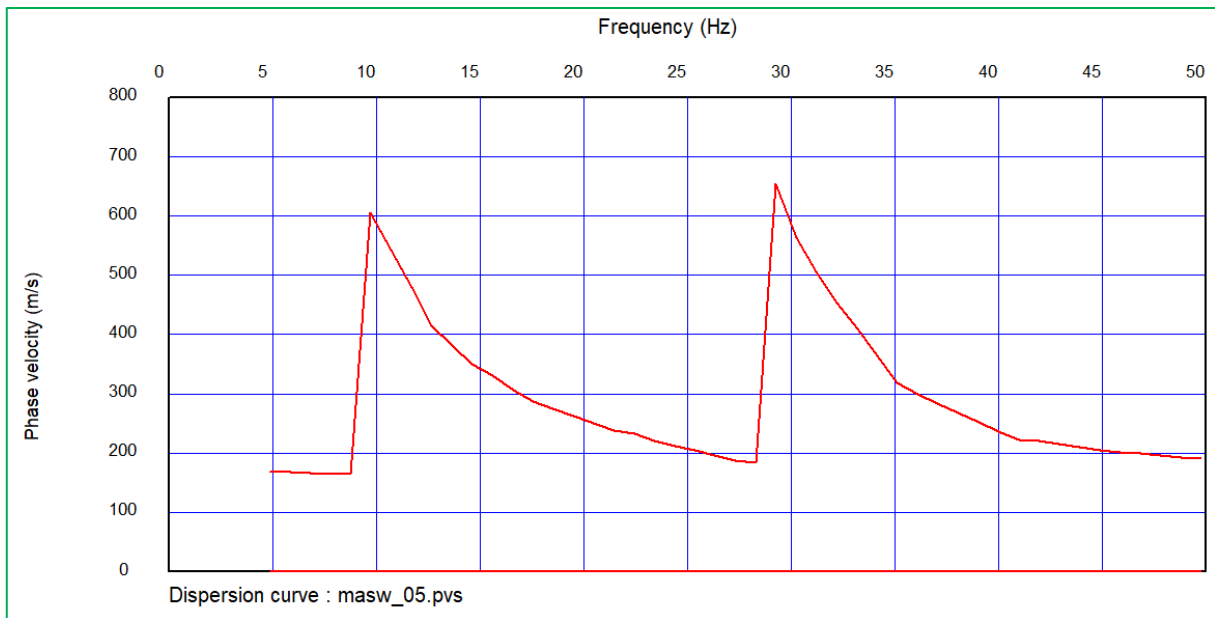
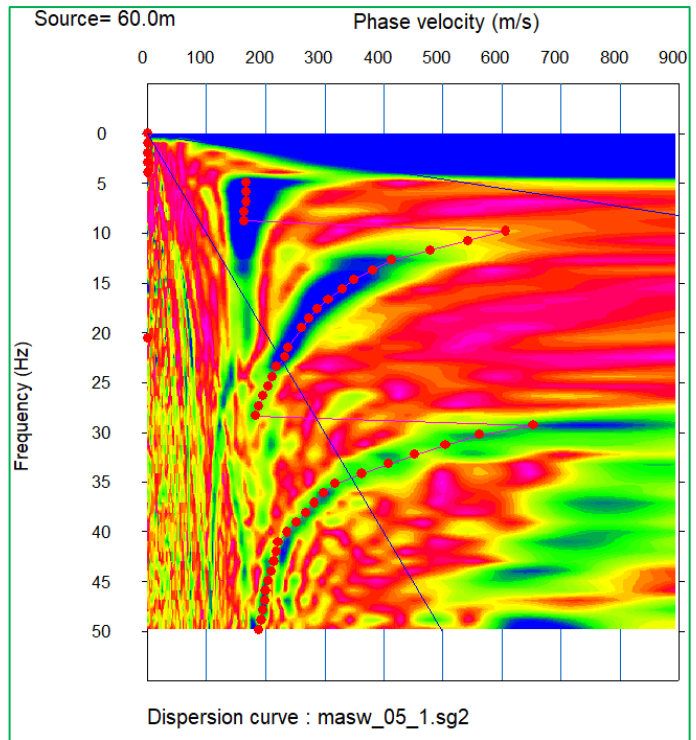
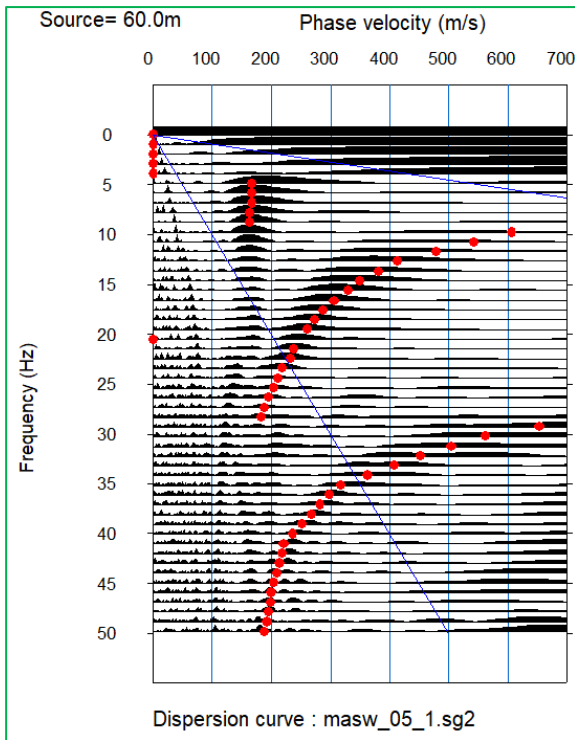
## MWpe 5

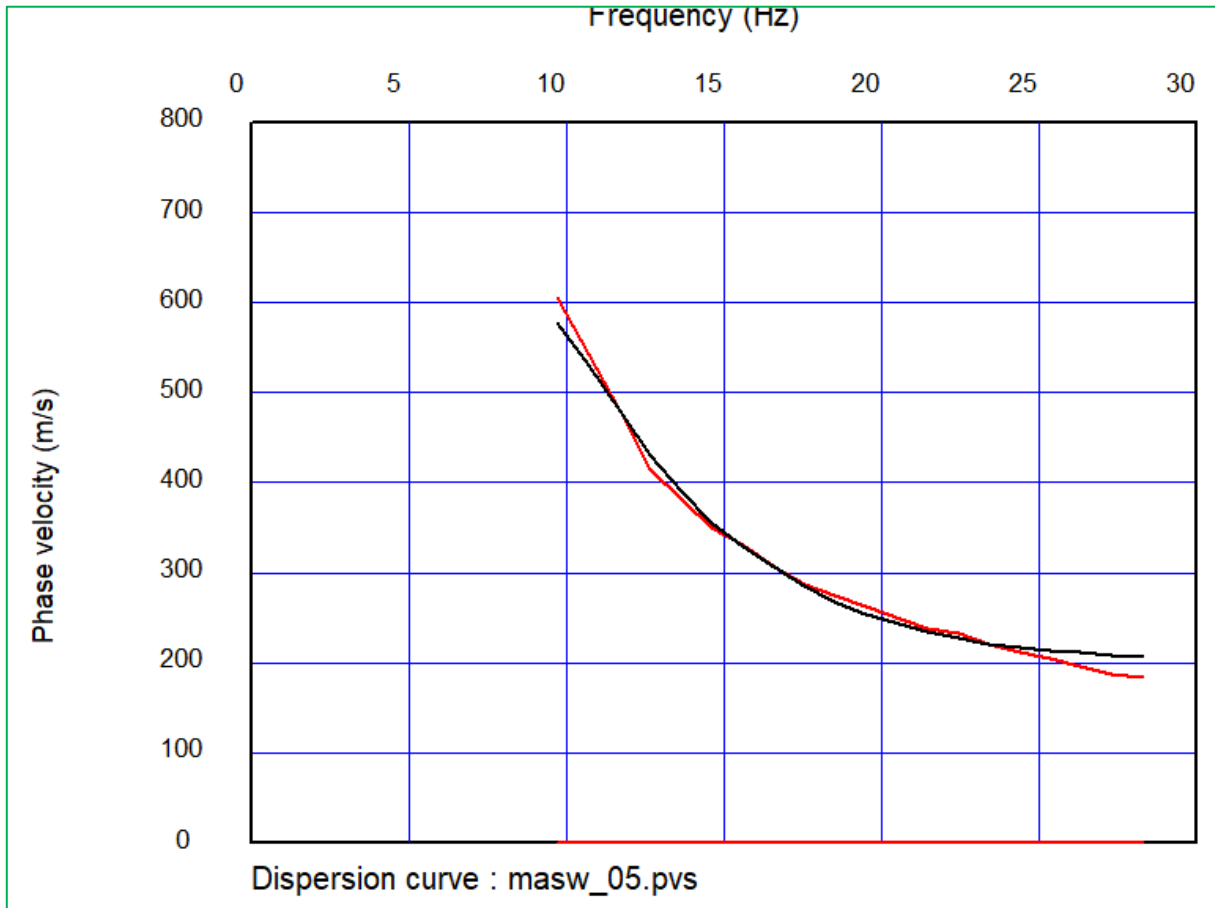


## SISMOGRAMMI ACQUISITI – MWpe 5



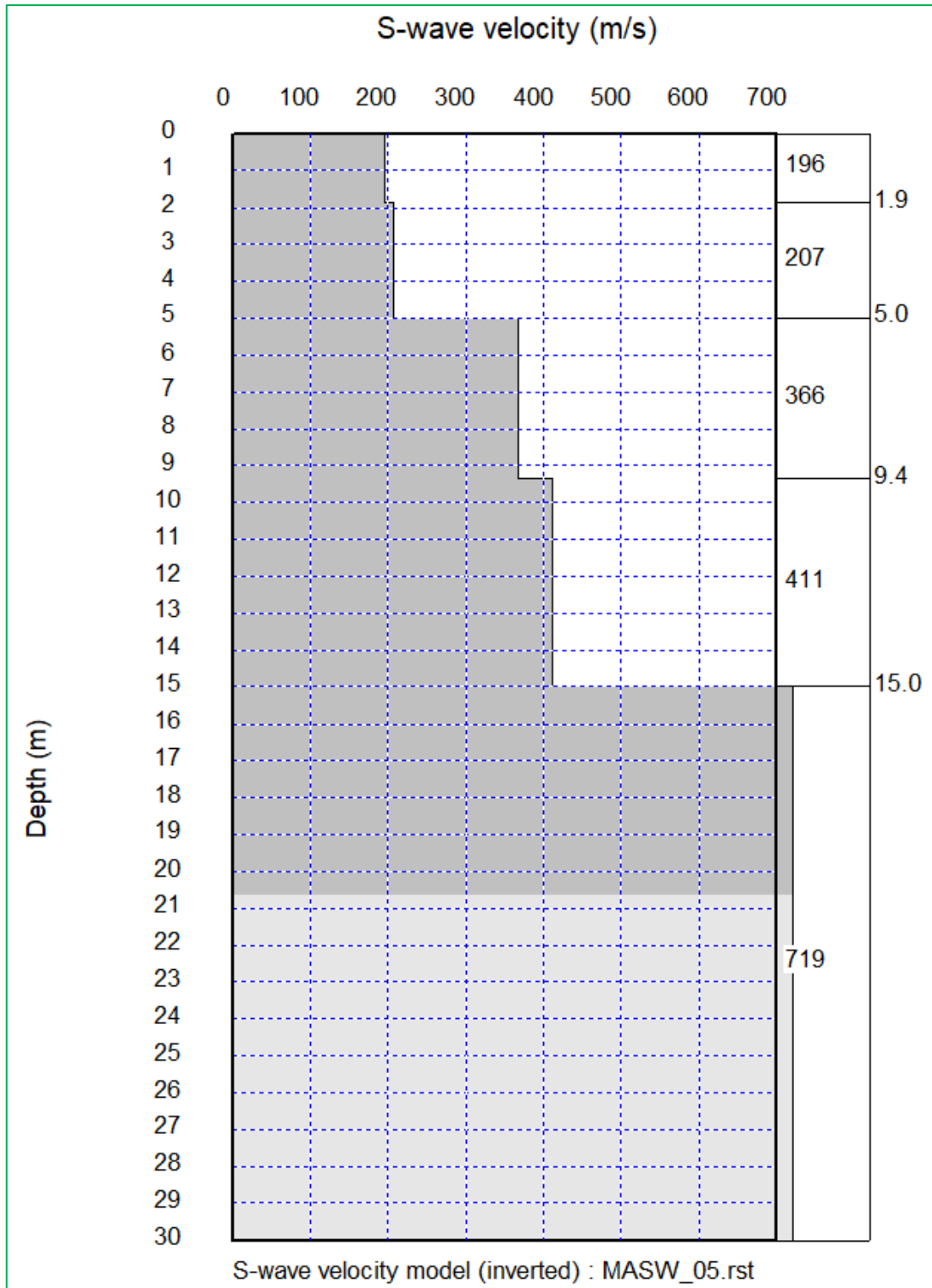
CURVE DI DISPERSIONE – MWpe 5







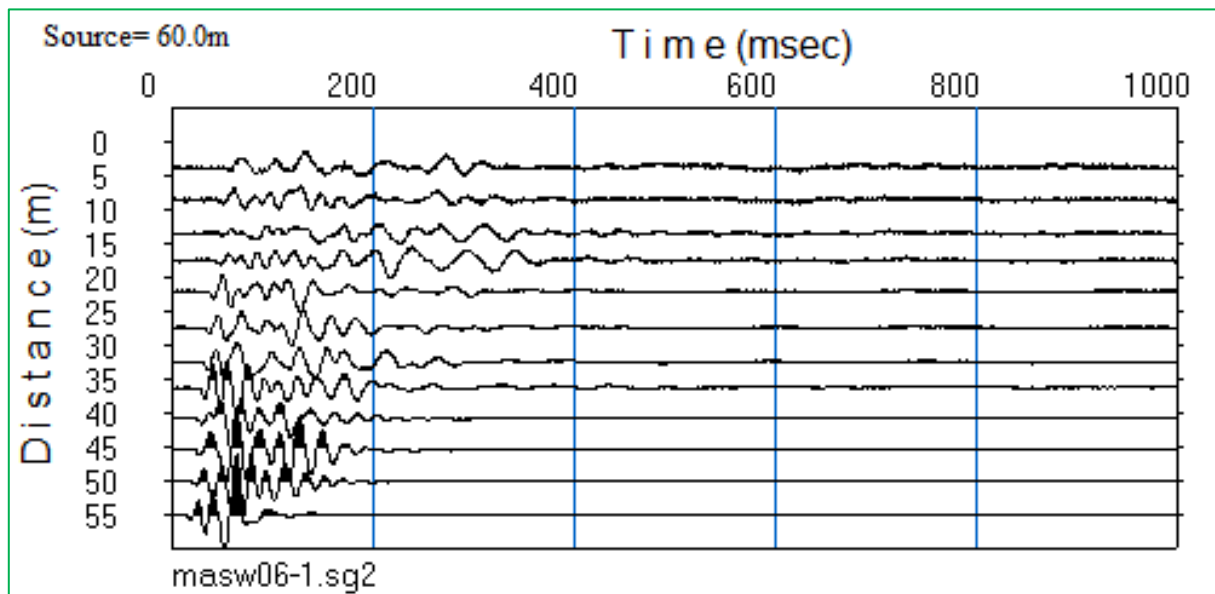
MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI



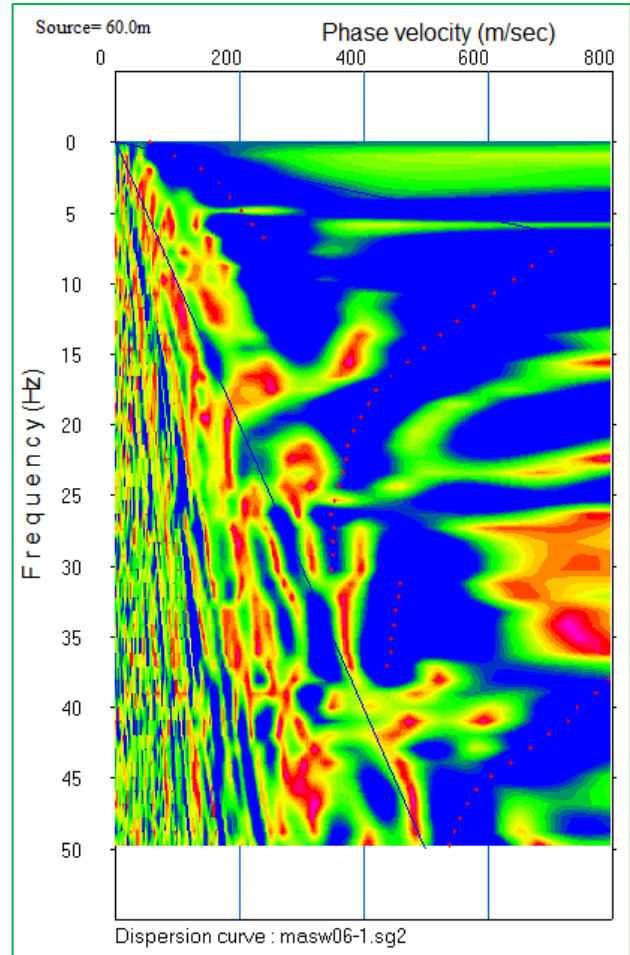
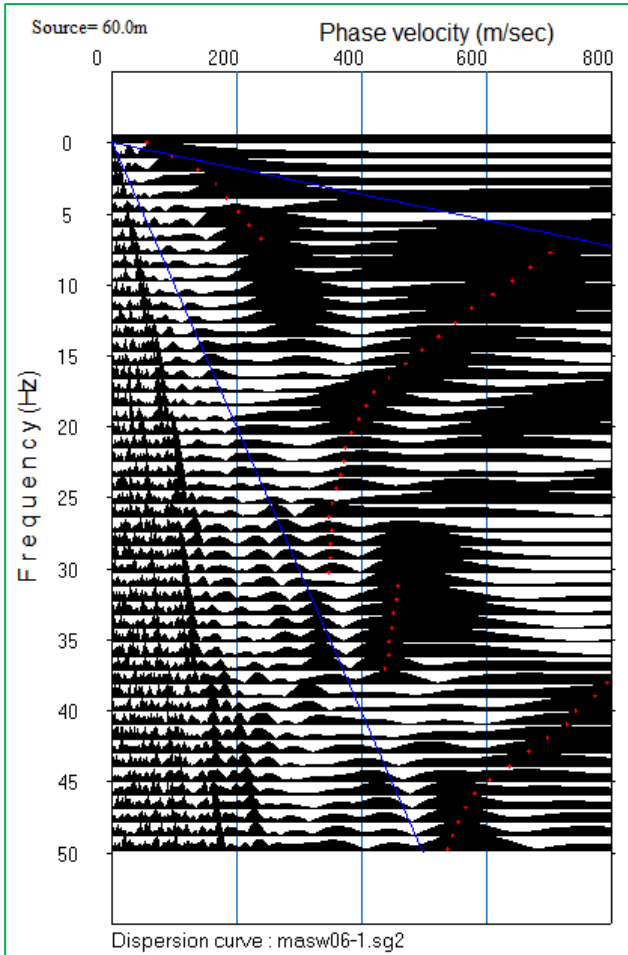
## MWpe 6

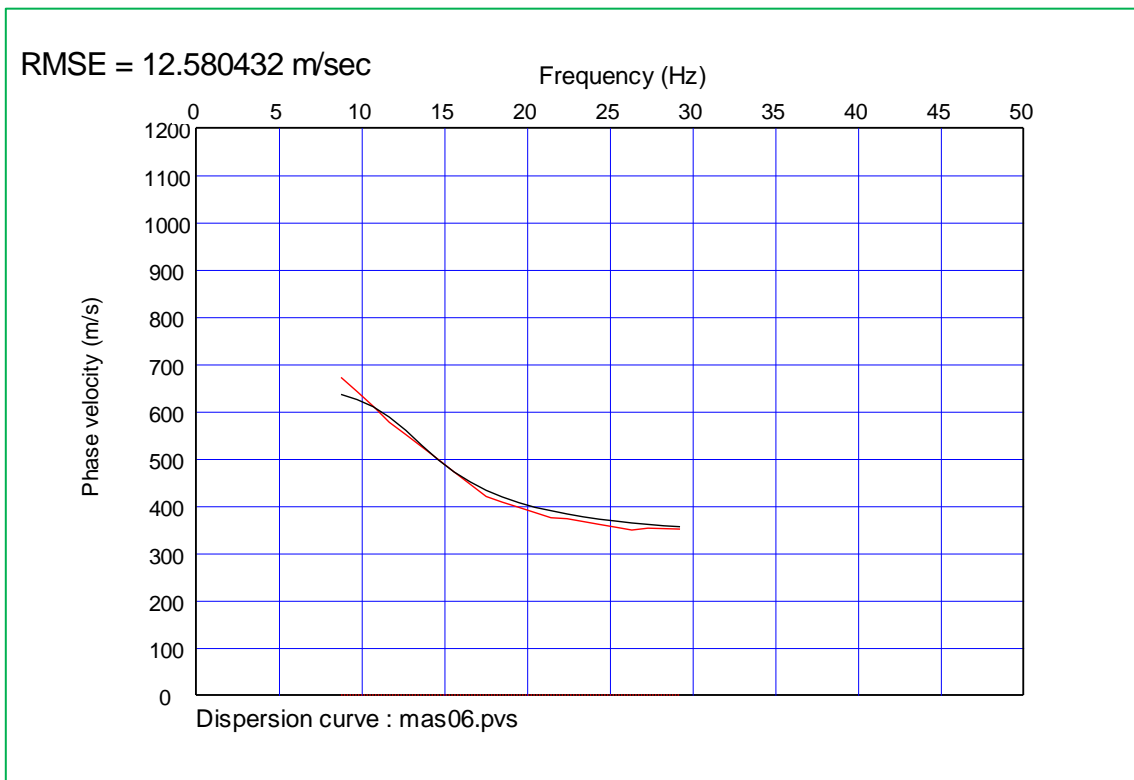
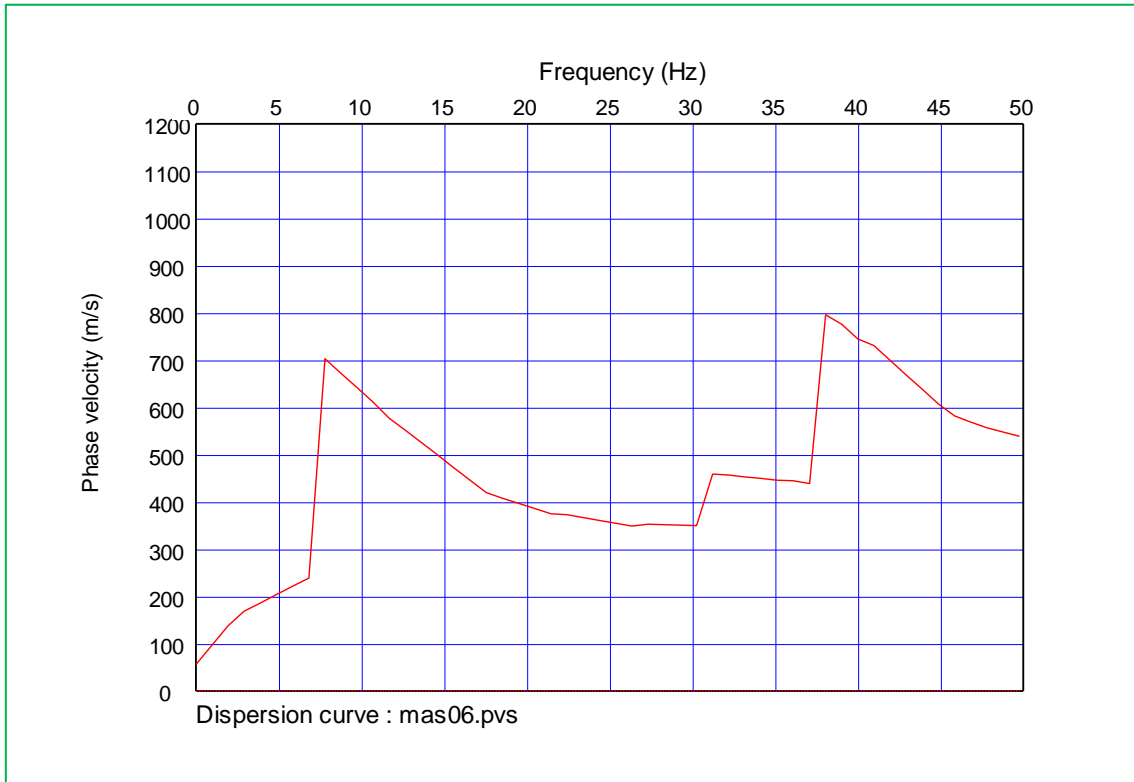


## SISMOGRAMMI ACQUISITI – MWpe 6

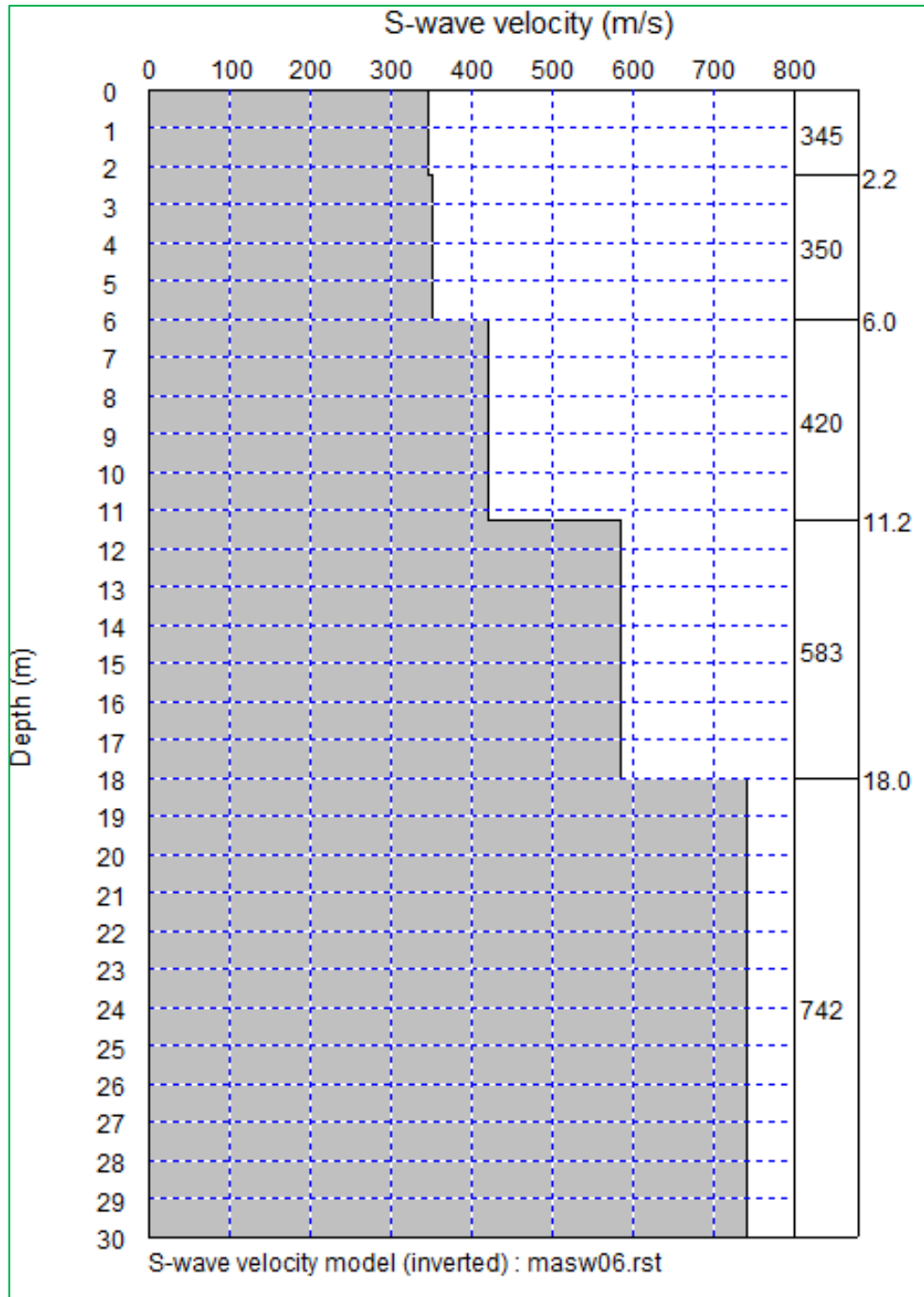


CURVE DI DISPERSIONE – MWpe 6





MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI

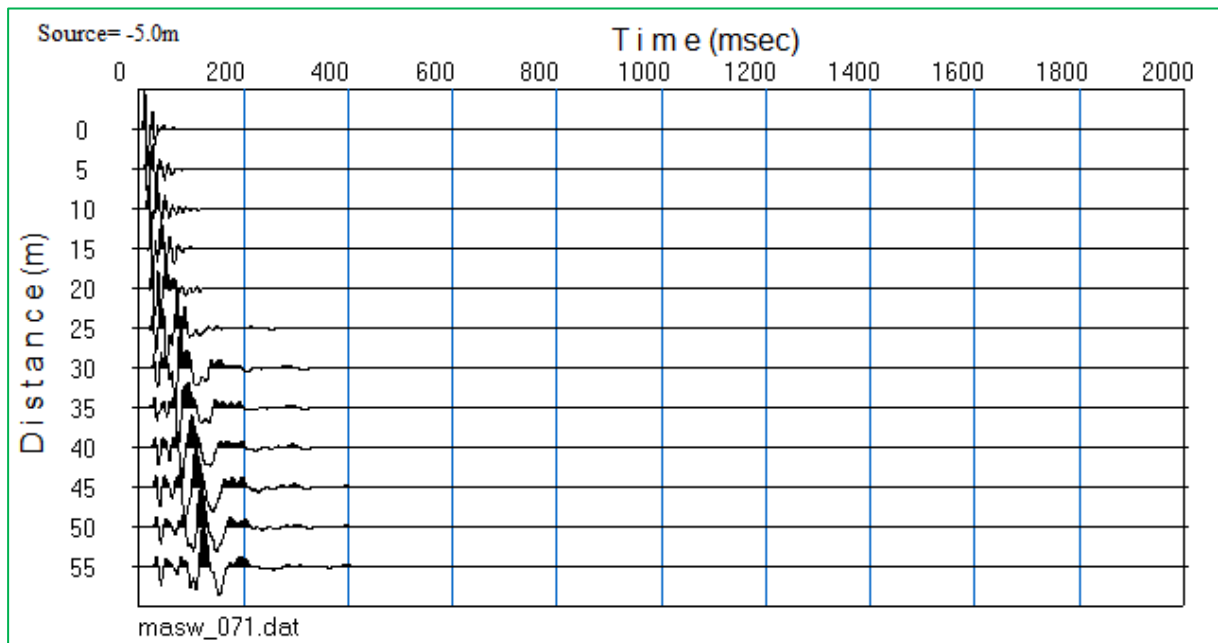




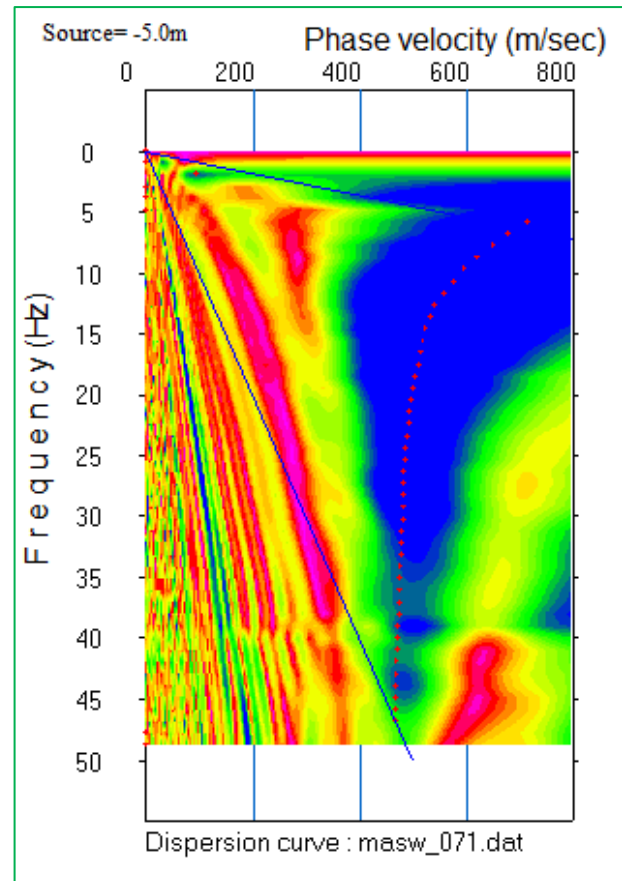
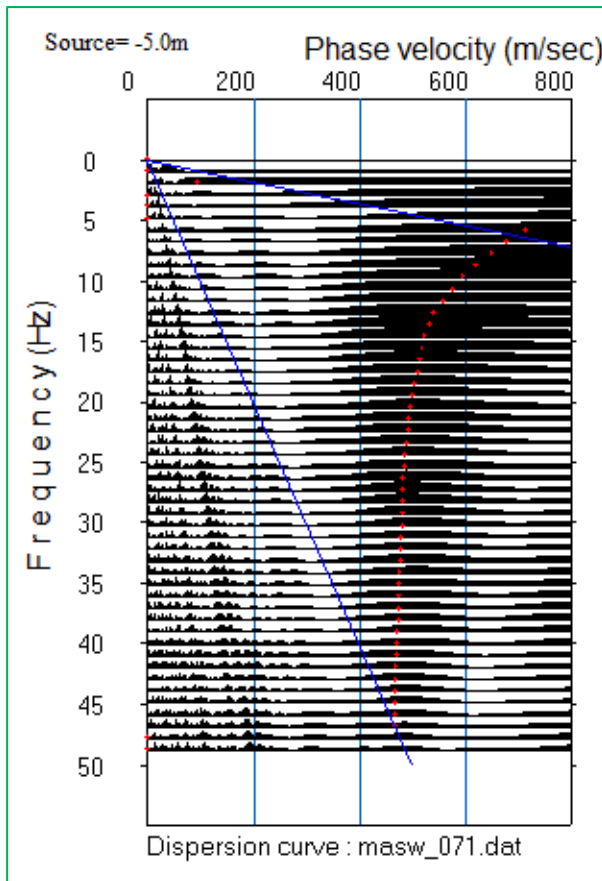
## MWpe 7

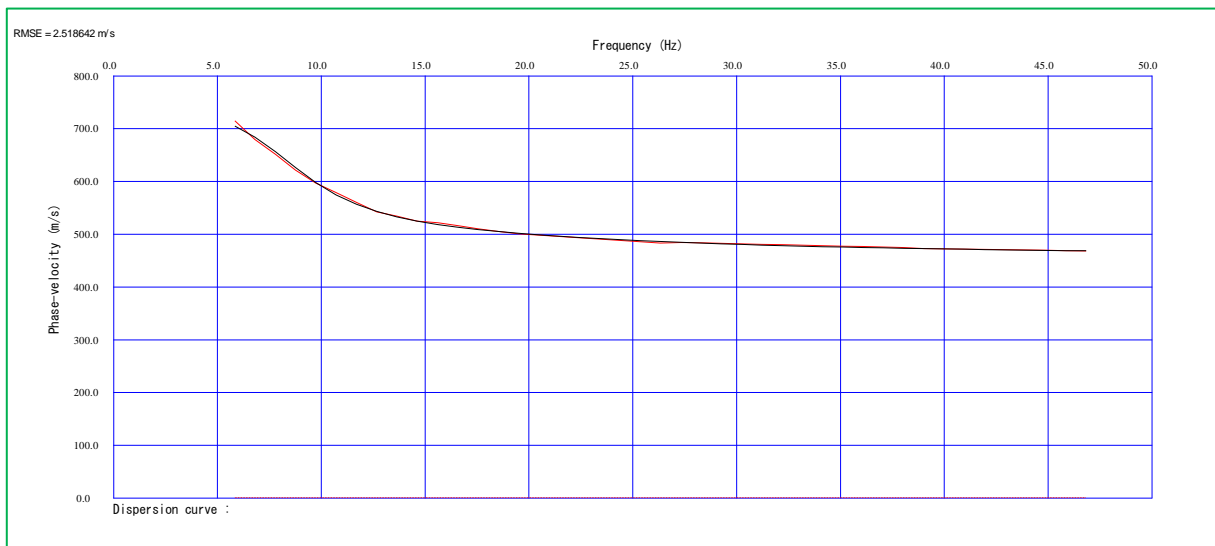
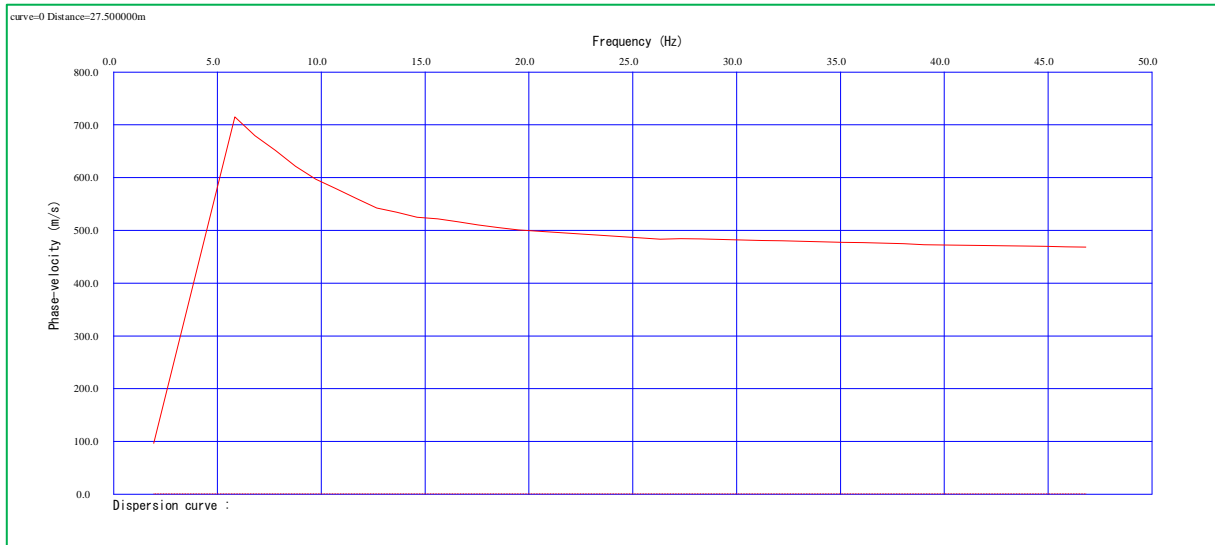


## SISMOGRAMMI ACQUISITI – MWpe 7



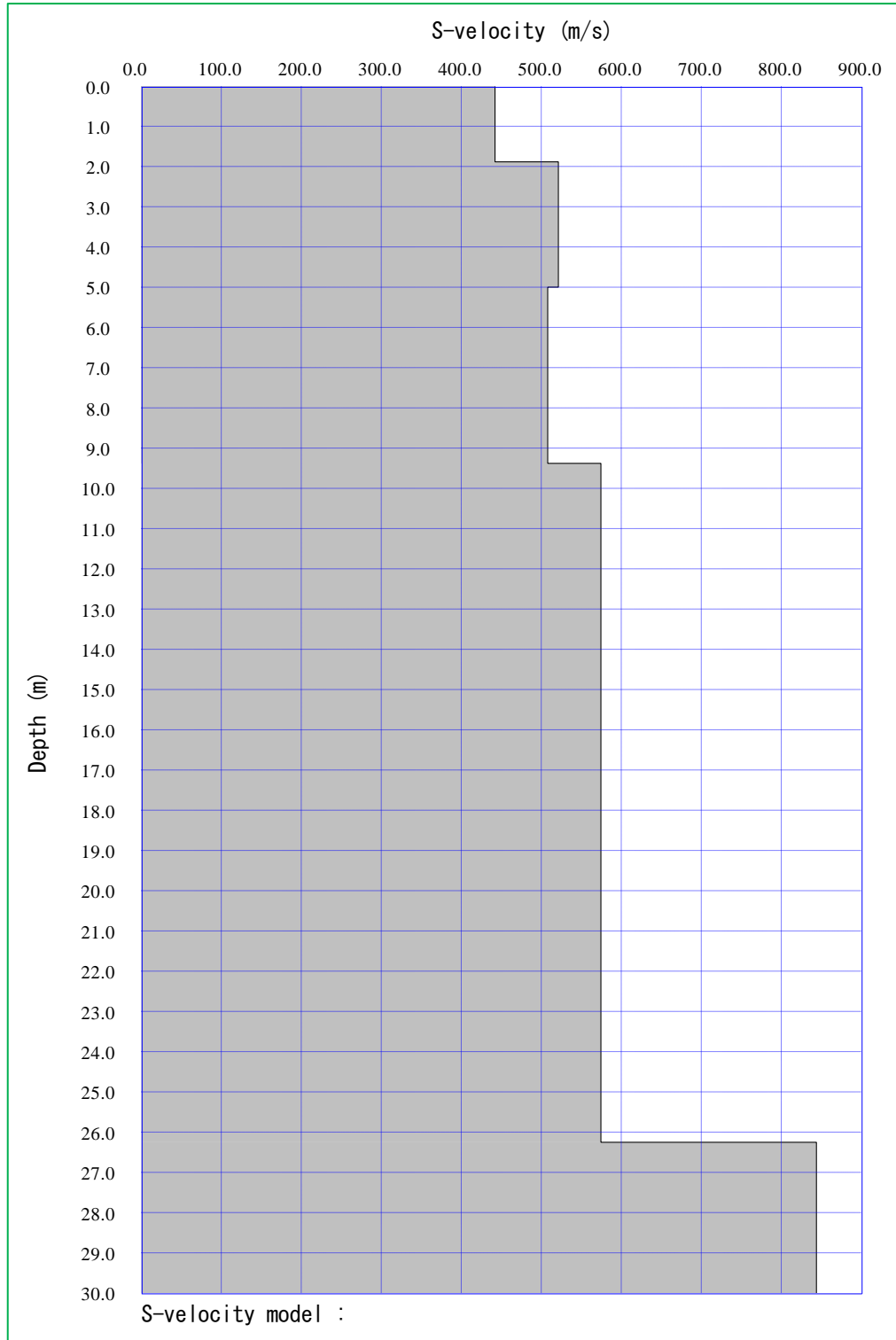
CURVE DI DISPERSIONE – MWpe 7







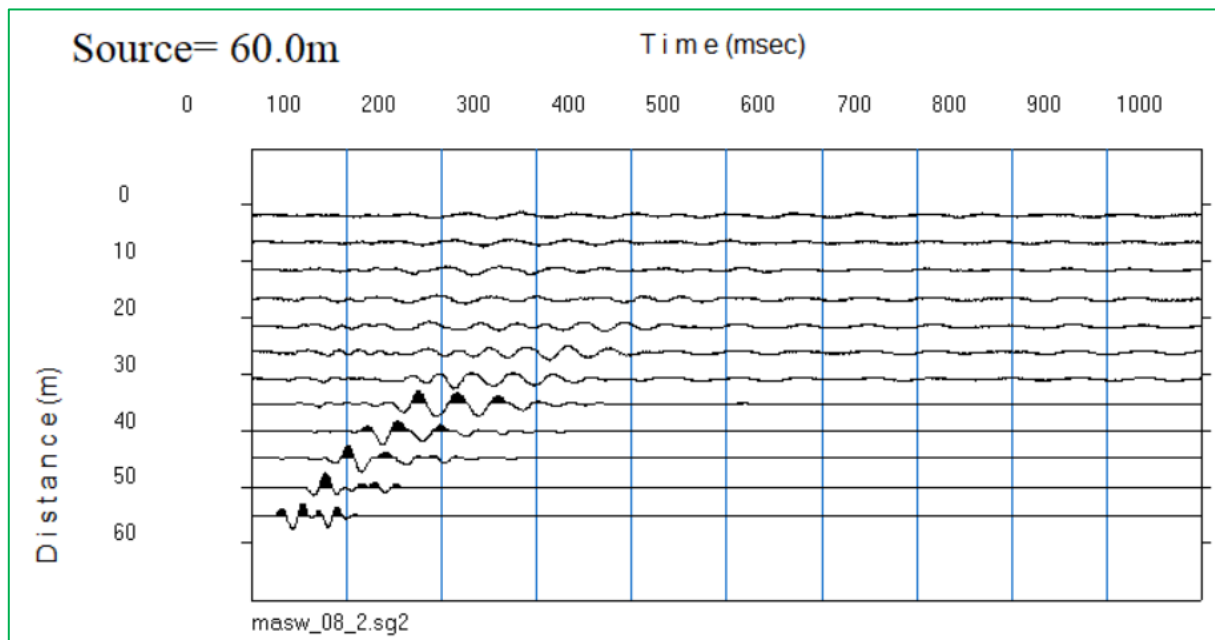
## MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI



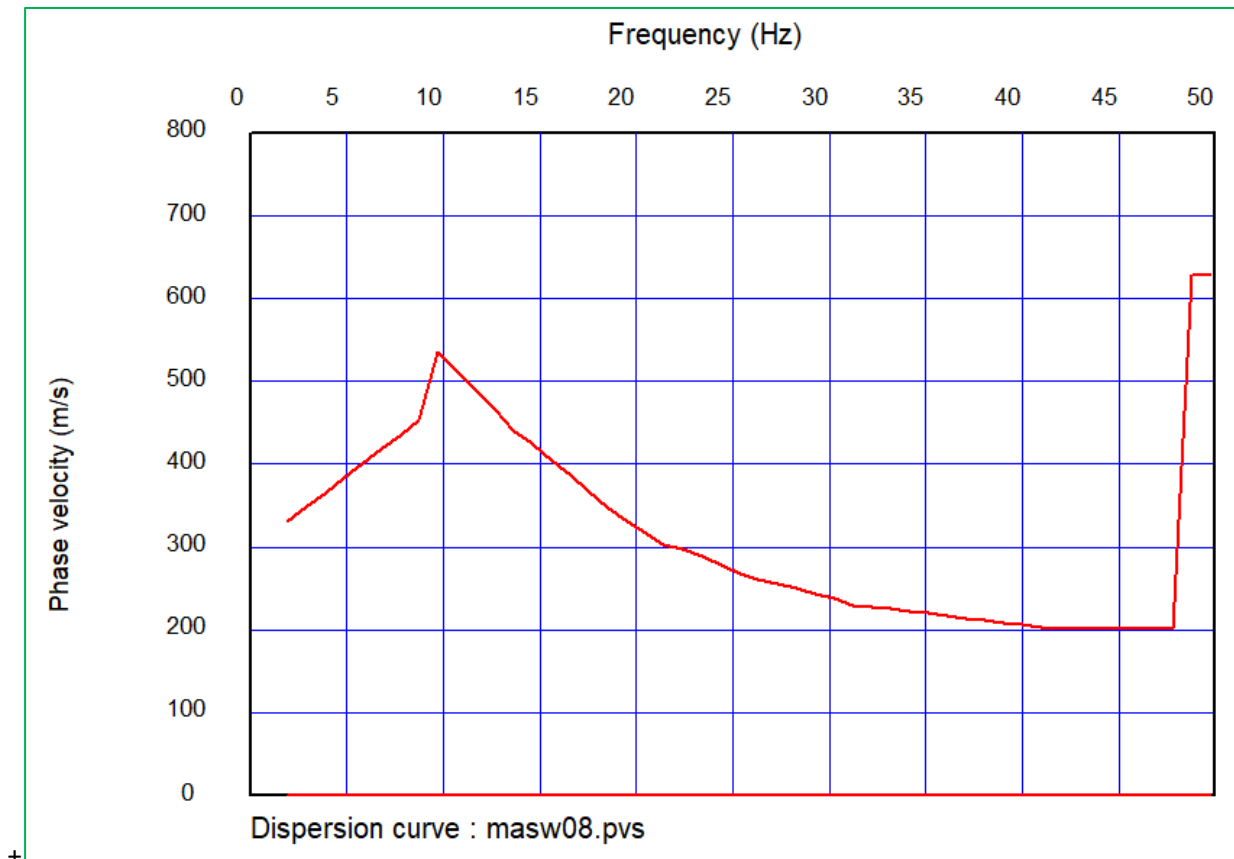
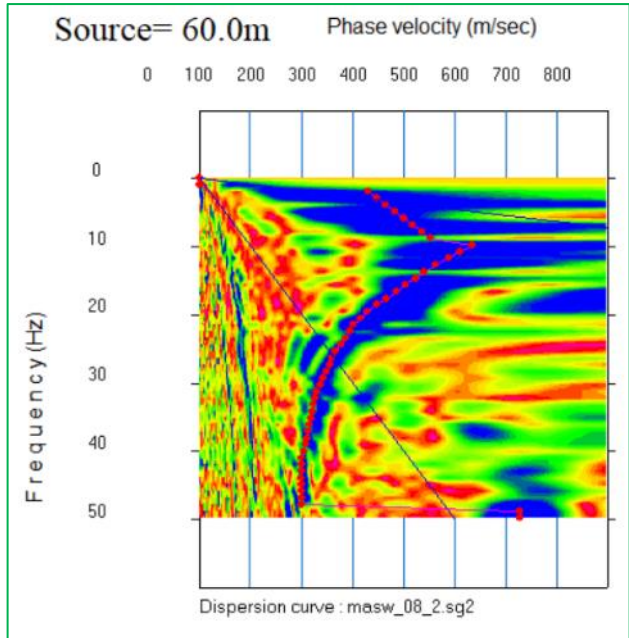
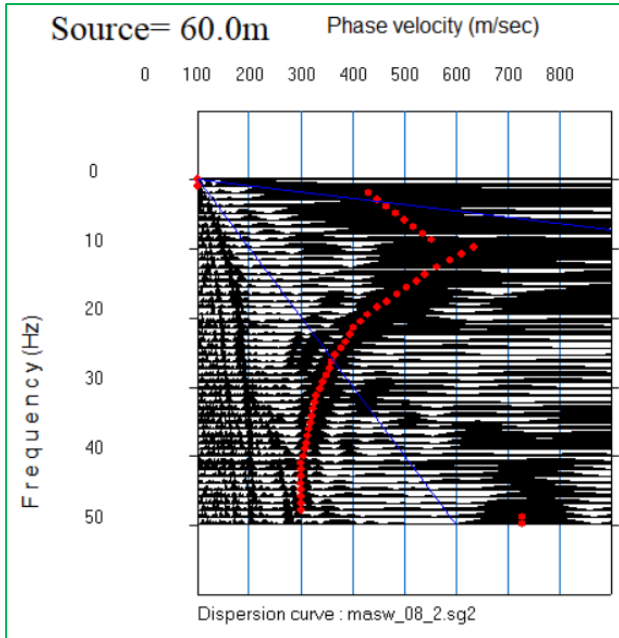
## MWpe 8

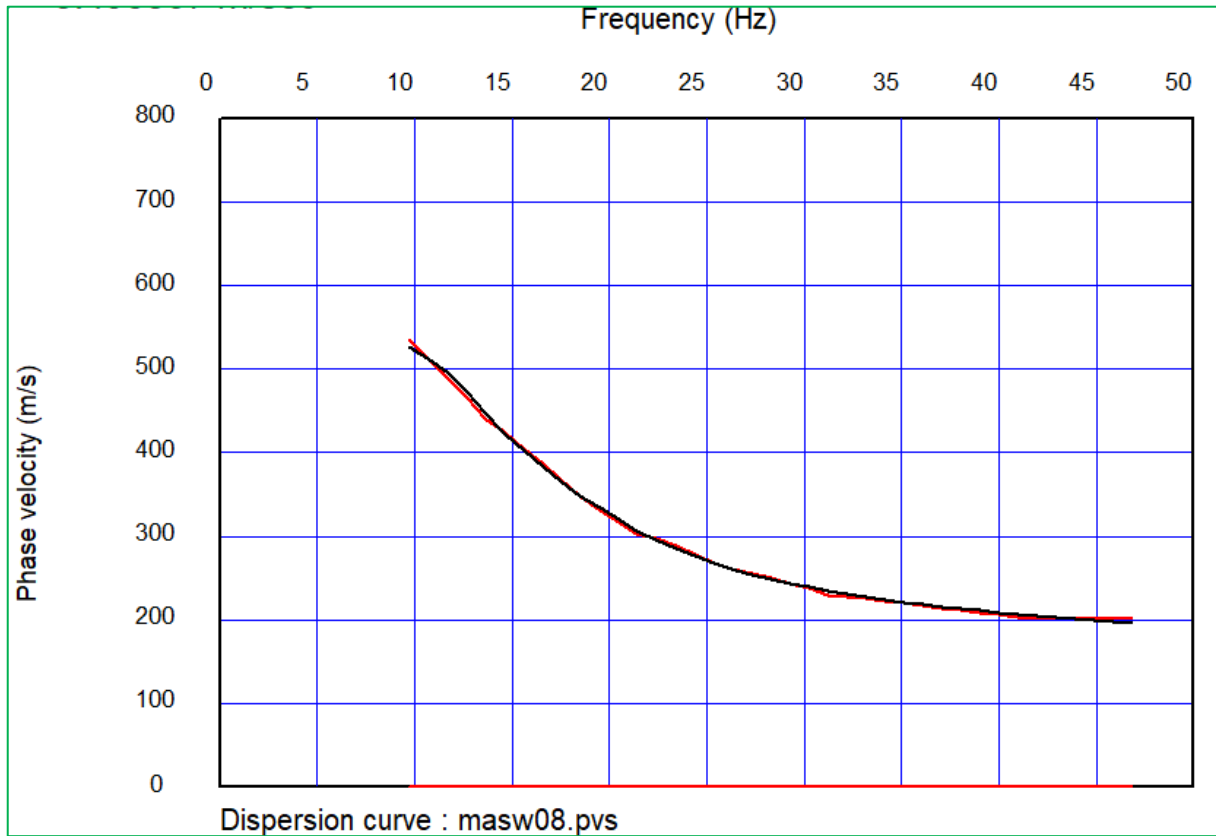


## SISMOGRAMMI ACQUISITI – MWpe 8



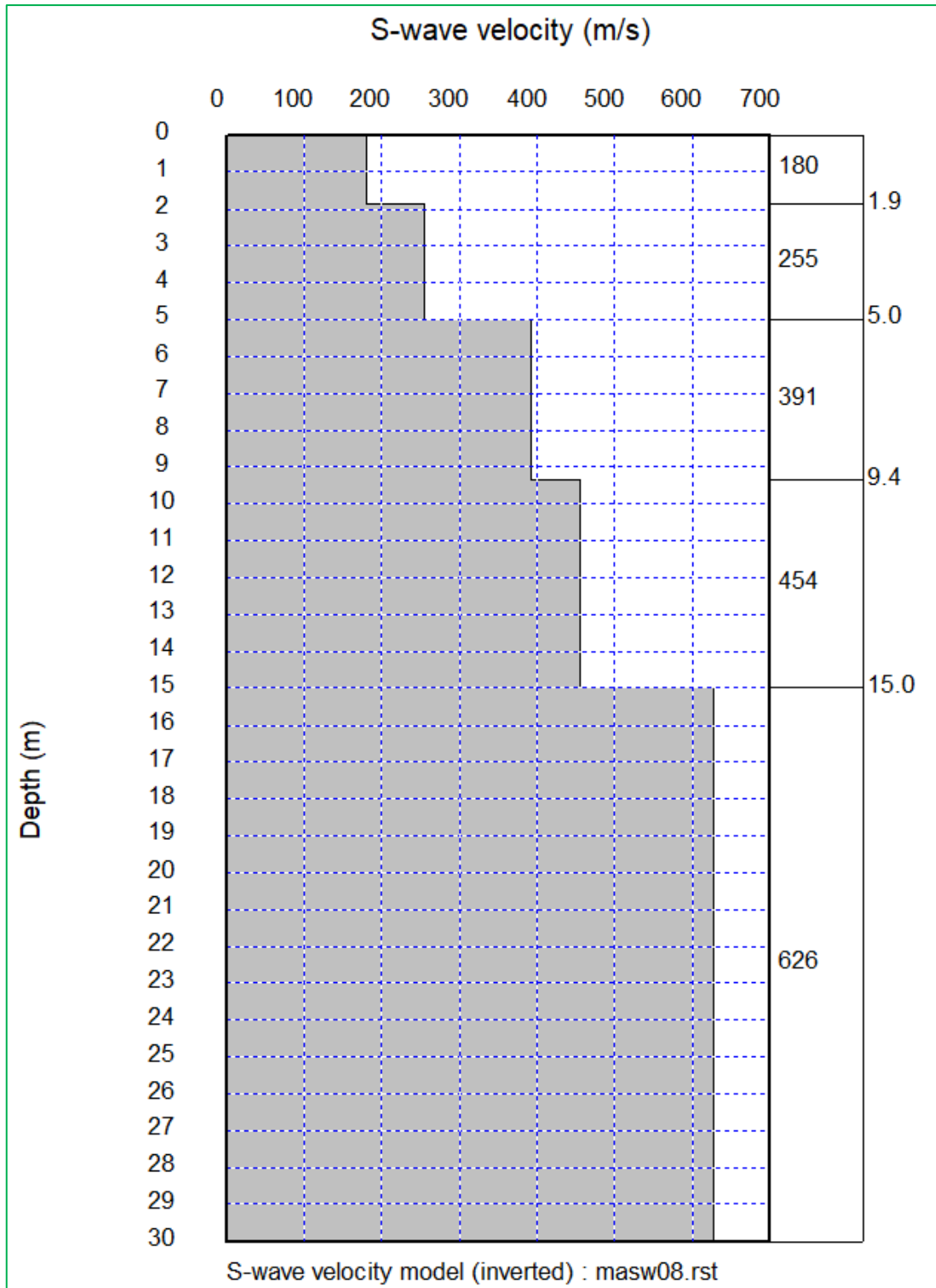
CURVE DI DISPERSIONE – MWpe 8







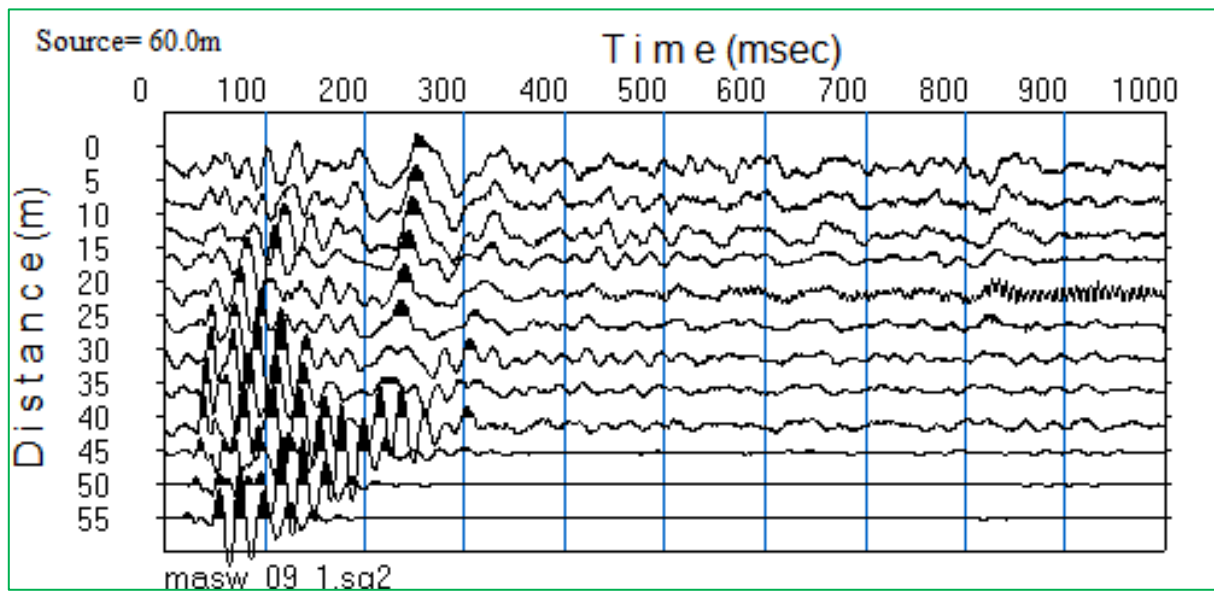
MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI



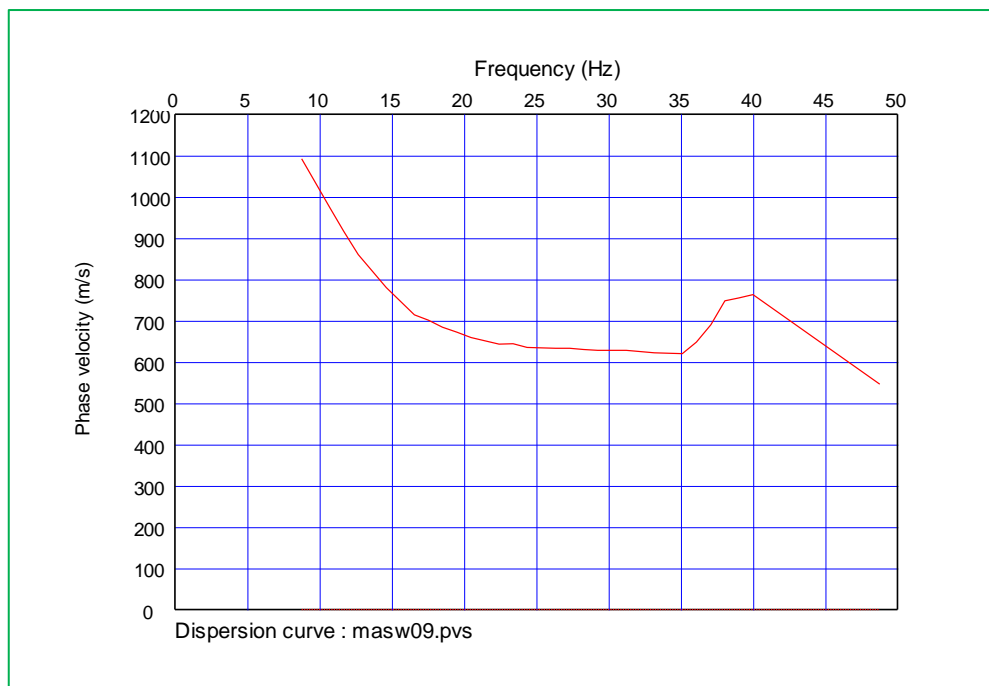
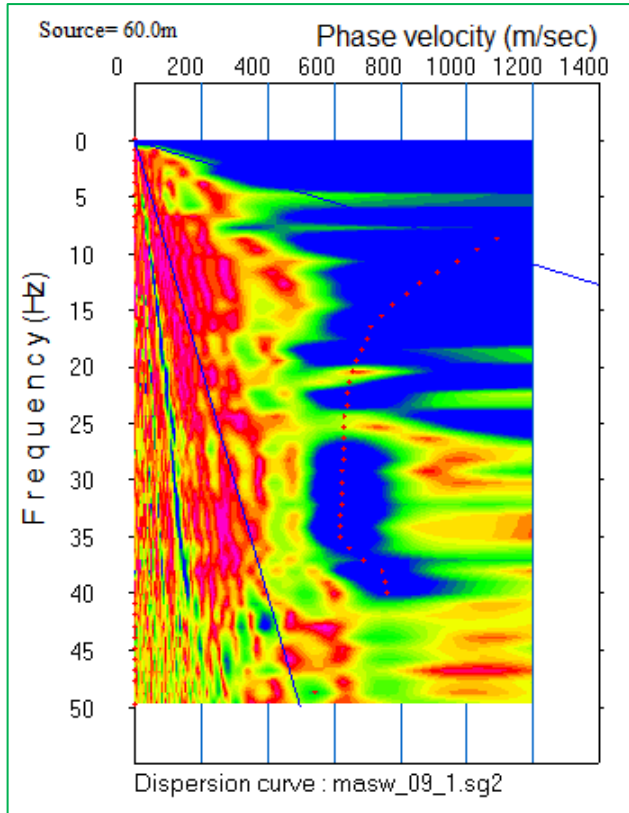
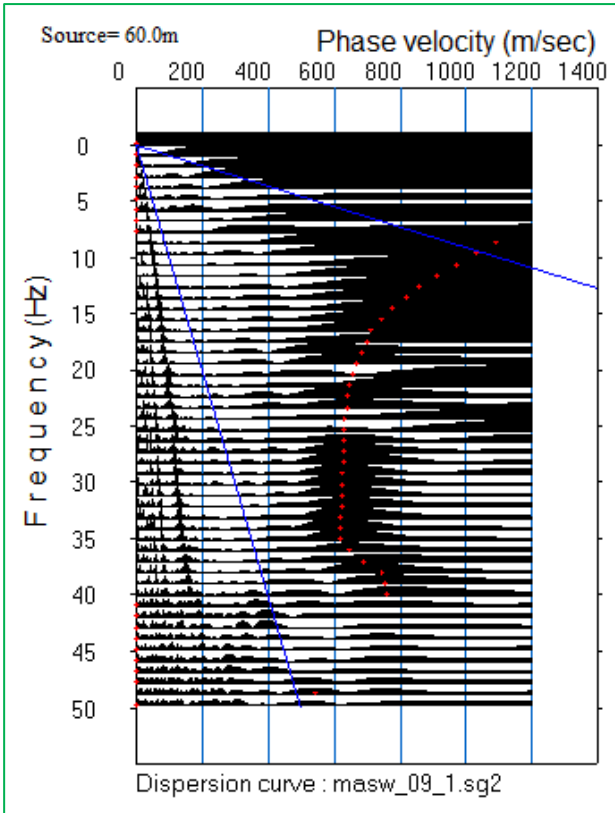
## MWpe 9



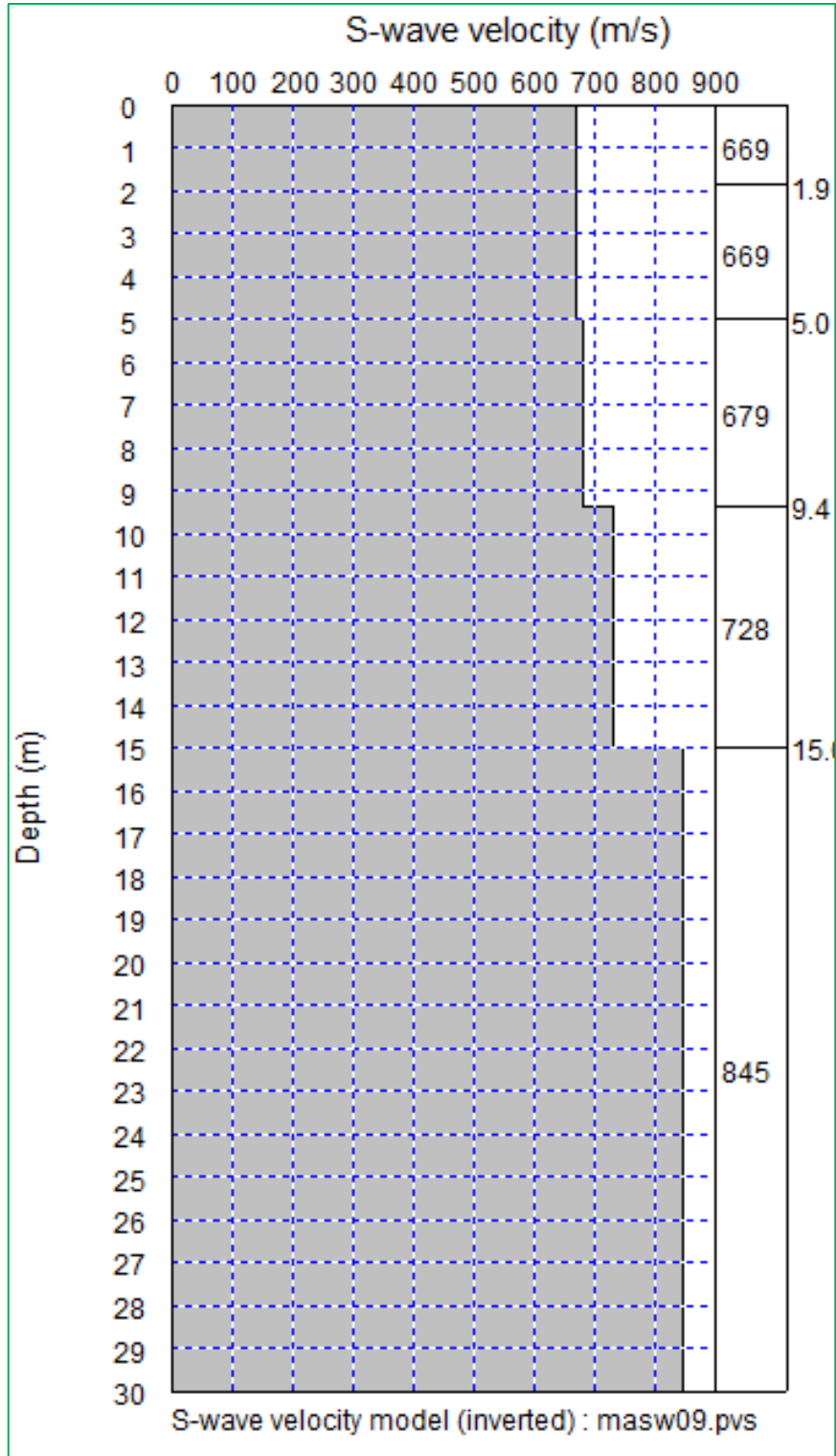
## SISMOGRAMMI ACQUISITI – MWpe 9



CURVE DI DISPERSIONE – MWpe 9



MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI

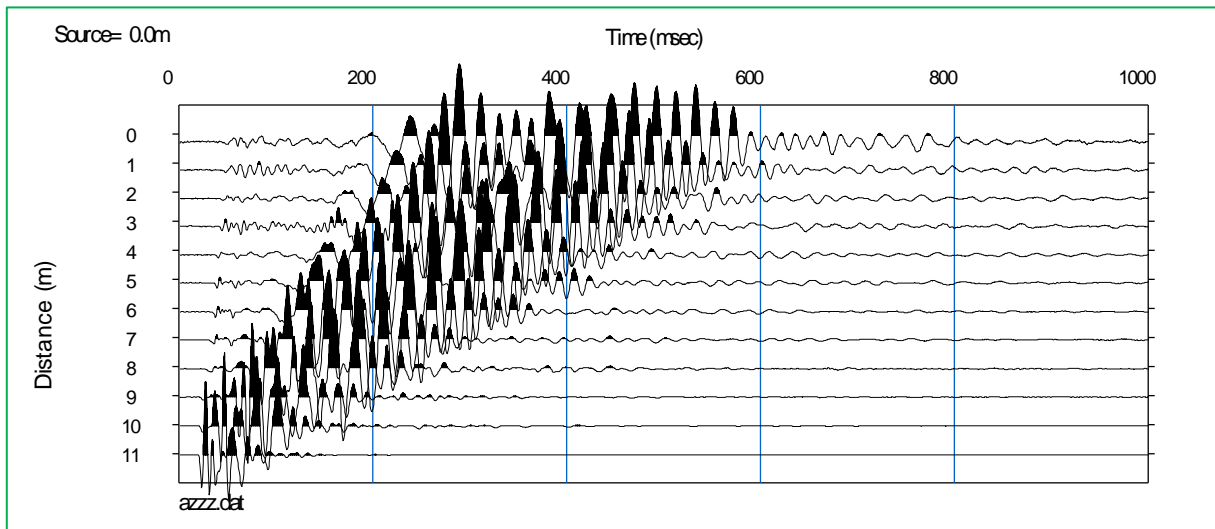




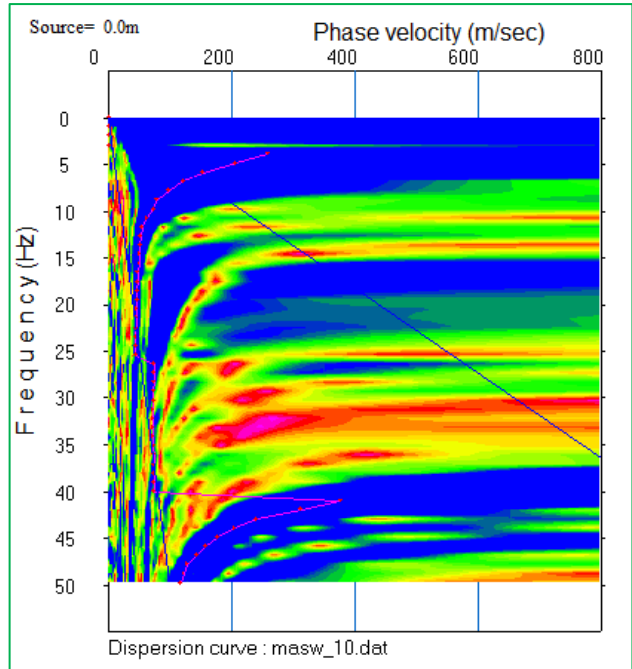
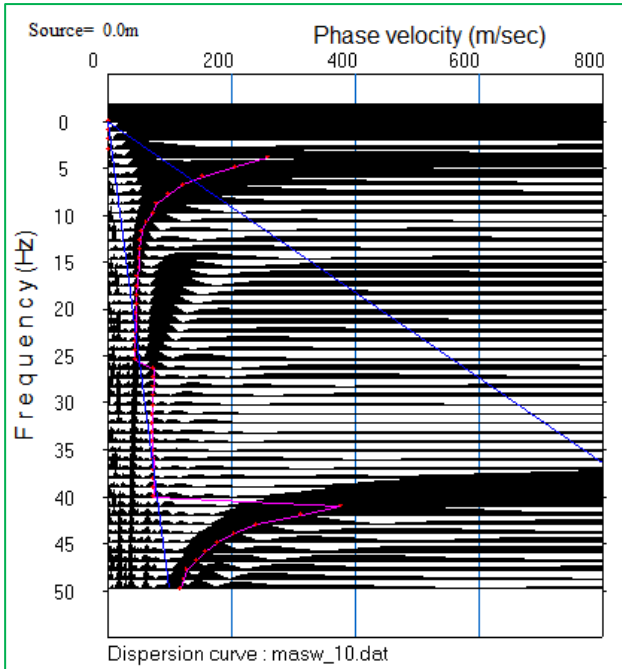
## MWpe 10



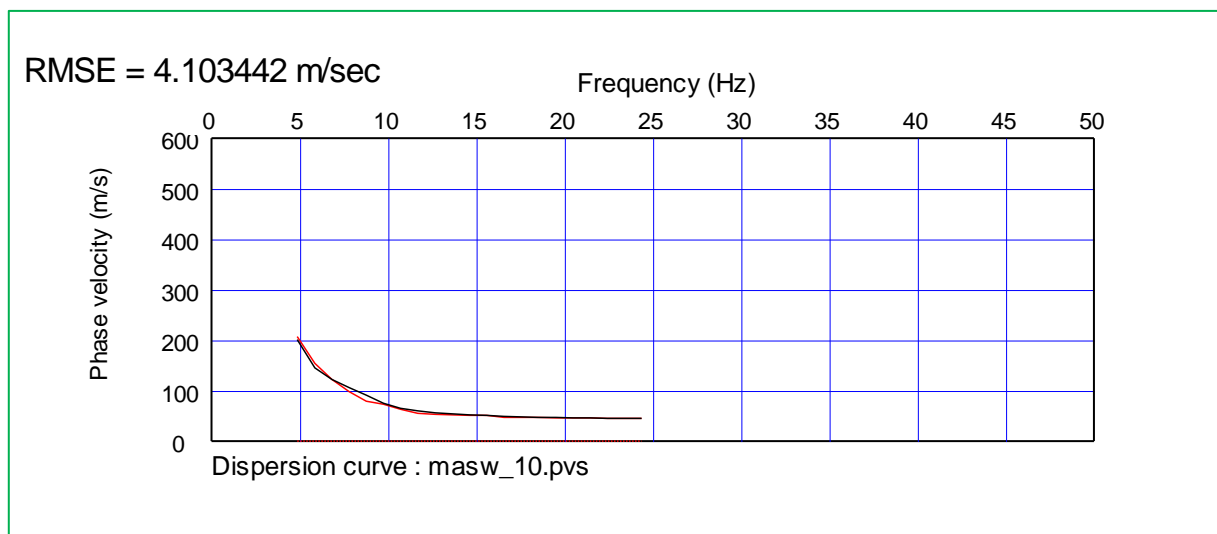
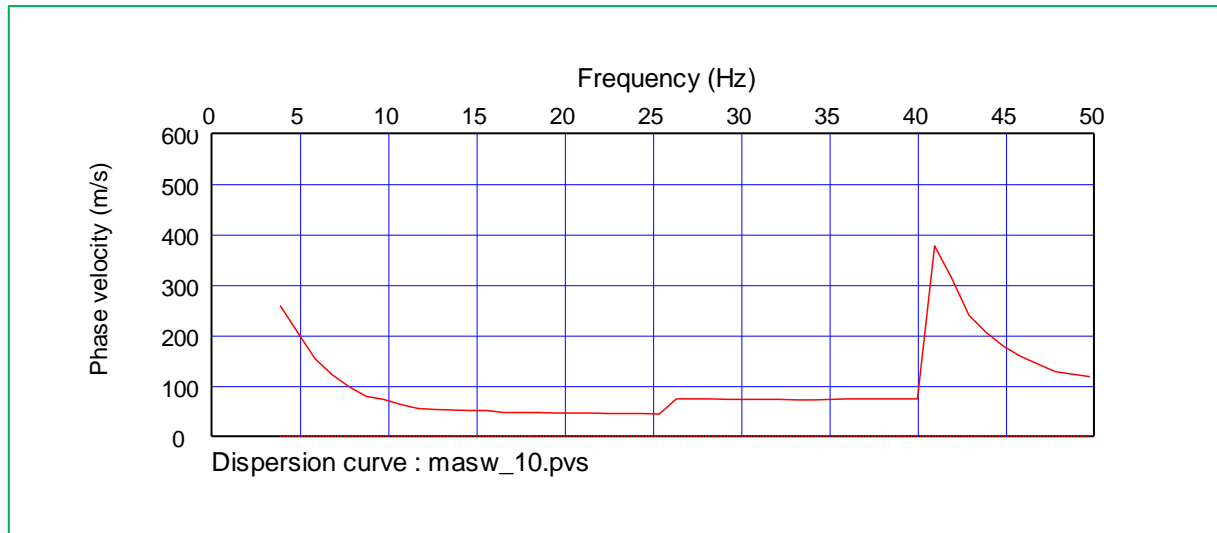
## SISMOGRAMMI ACQUISITI – MWpe 10



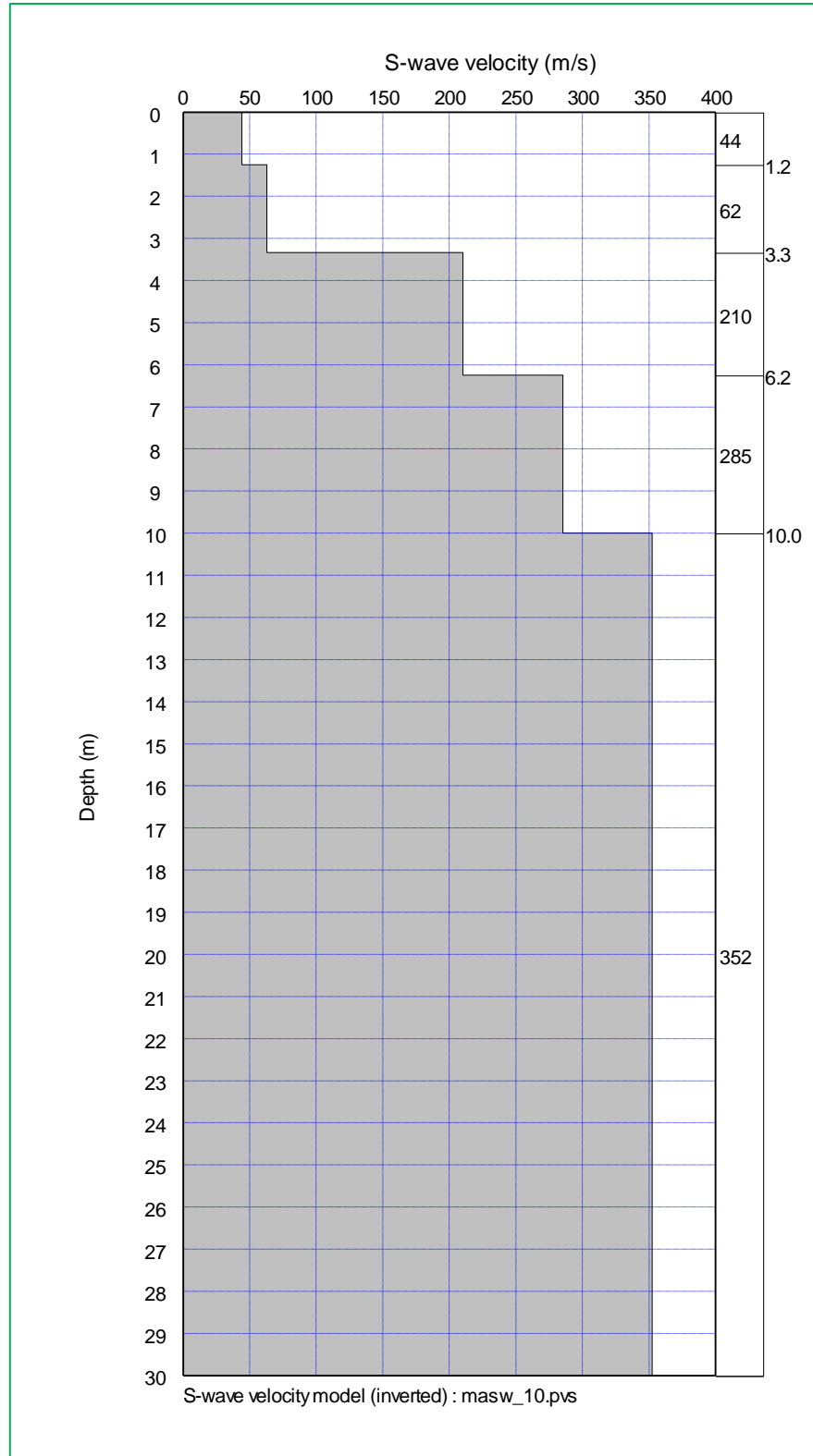
CURVE DI DISPERSIONE – MWpe 10



## MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI



## MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI

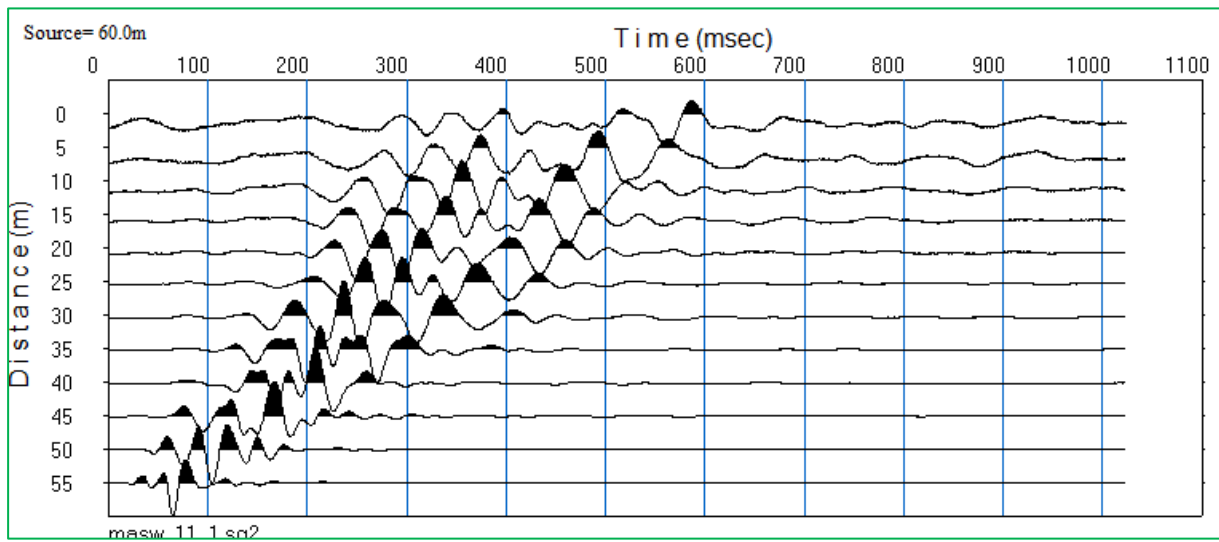




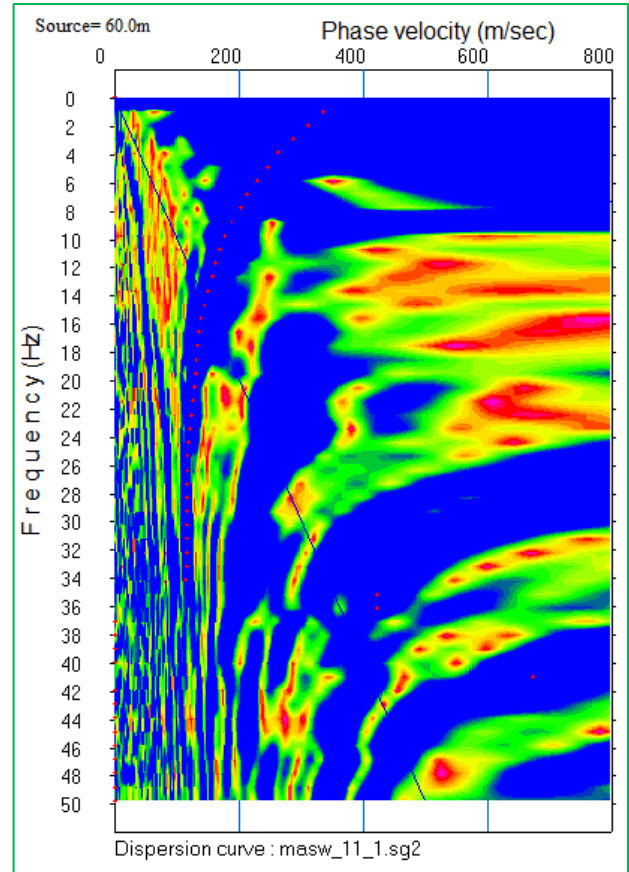
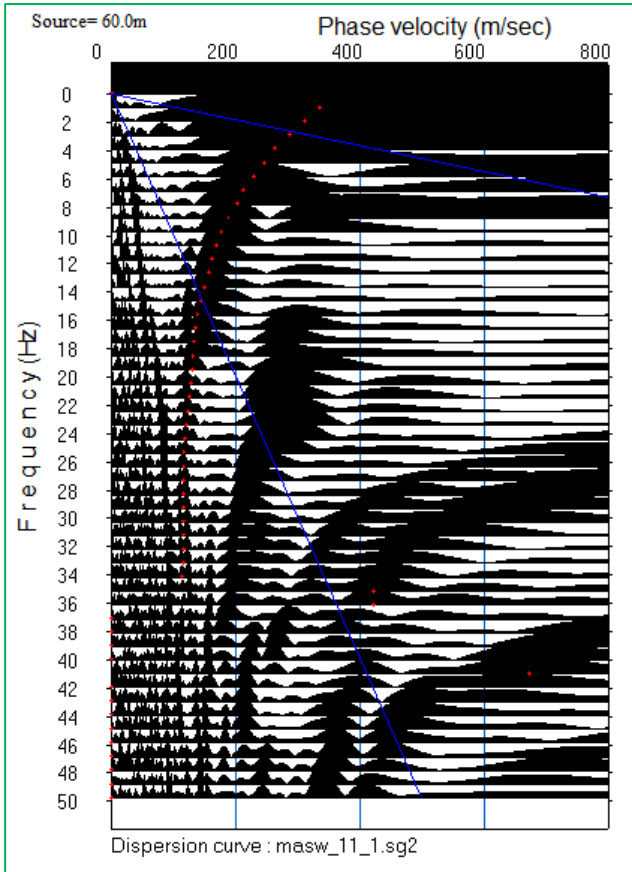
## MWpe 11

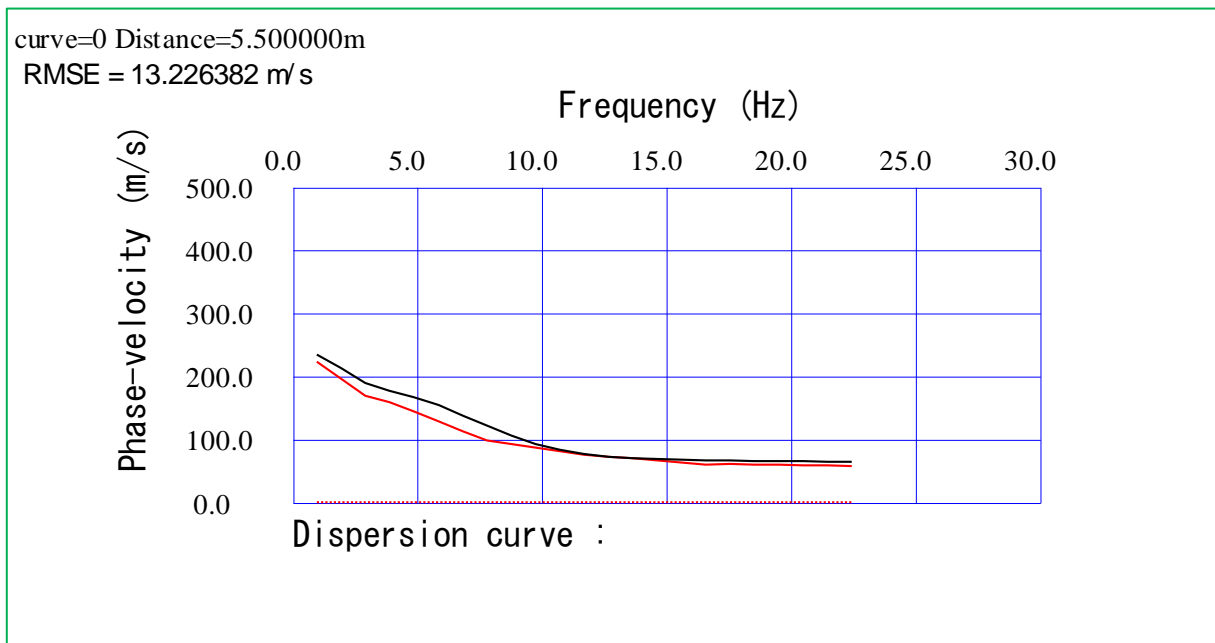
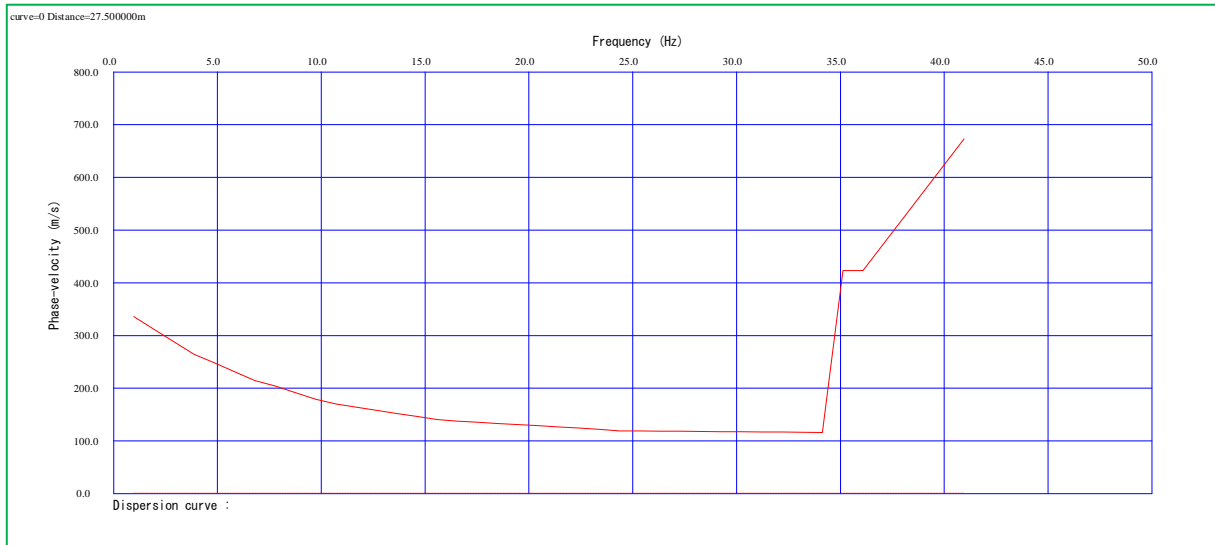


## SISMOGRAMMI ACQUISITI – MWpe 11

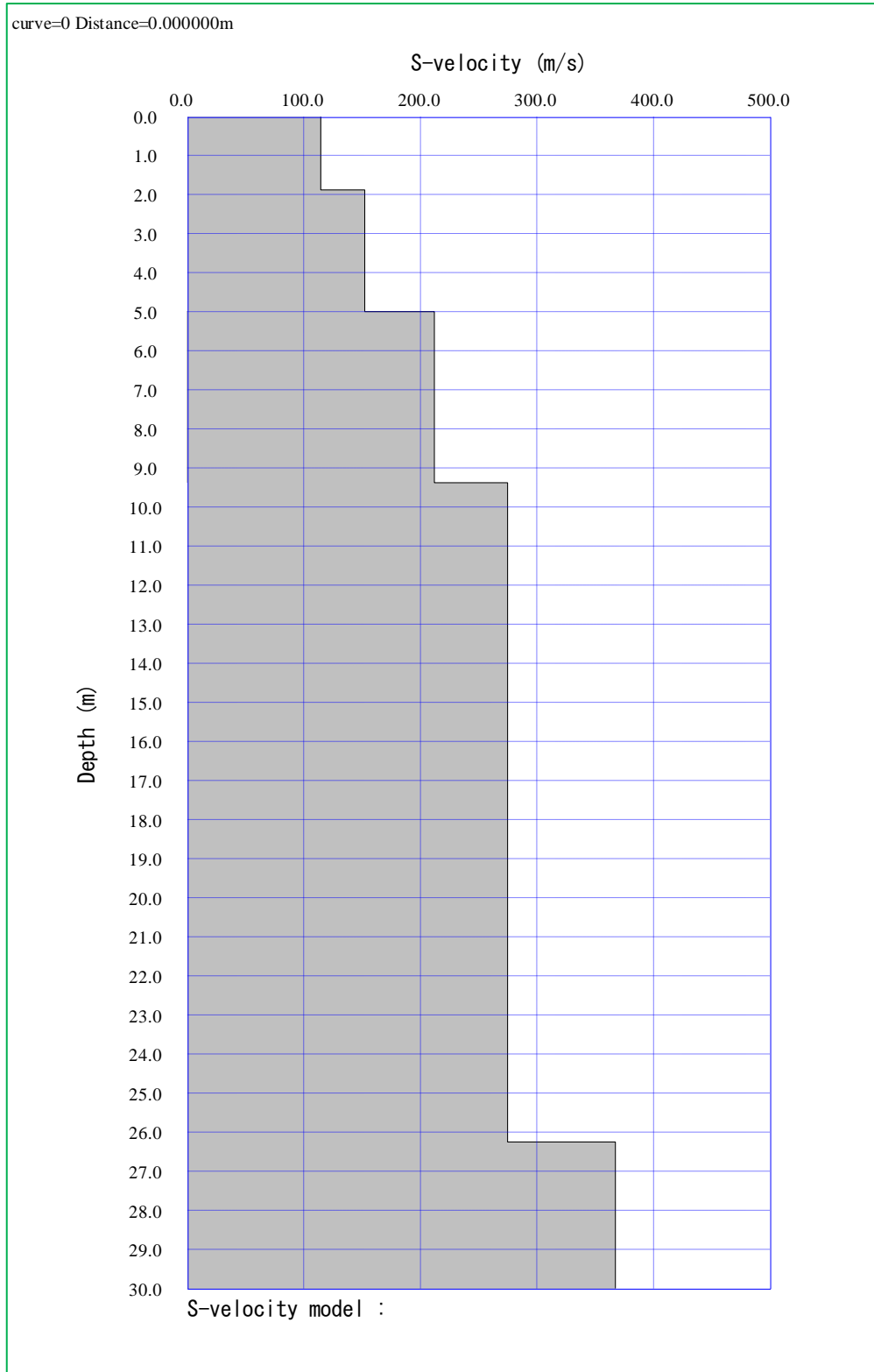


CURVE DI DISPERSIONE – MWpe 11





## MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI

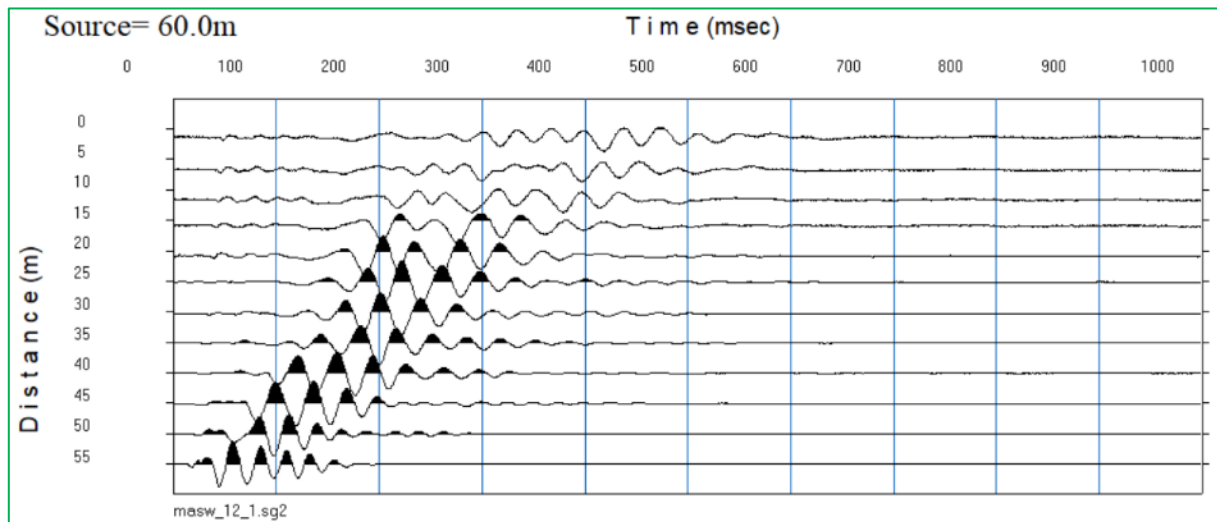




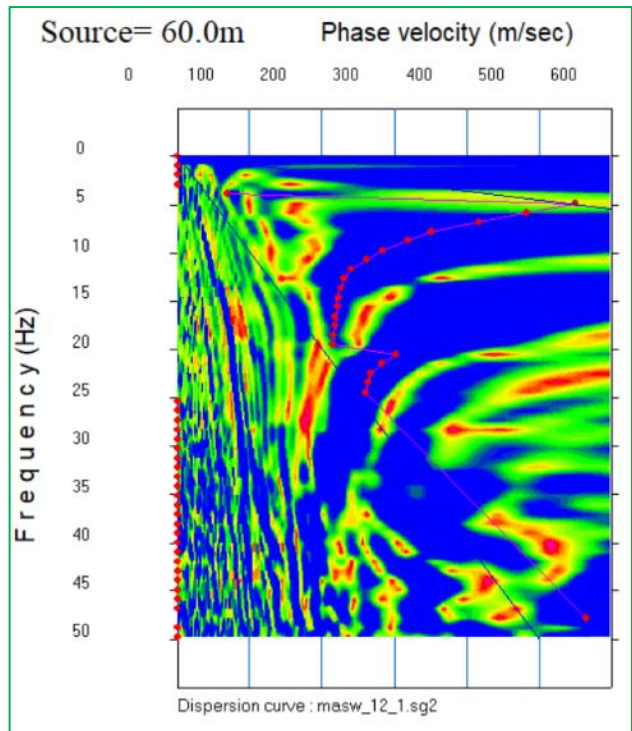
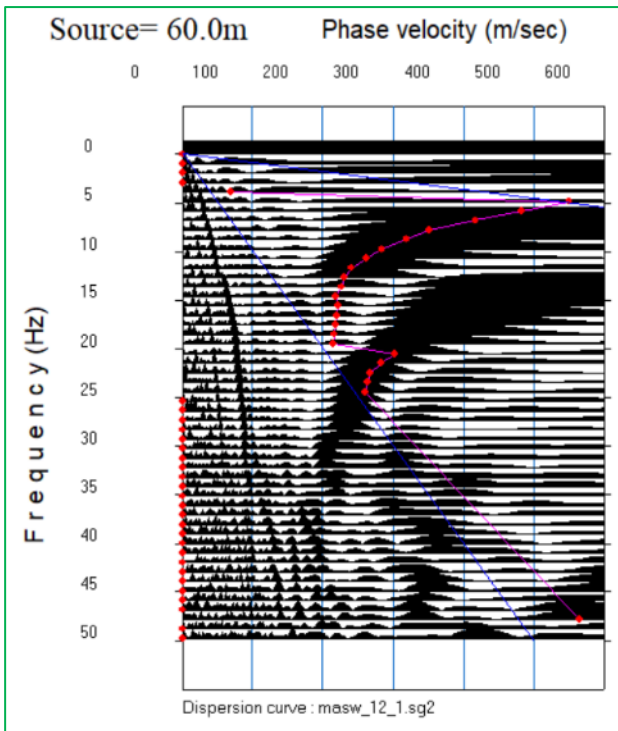
## MWpe12

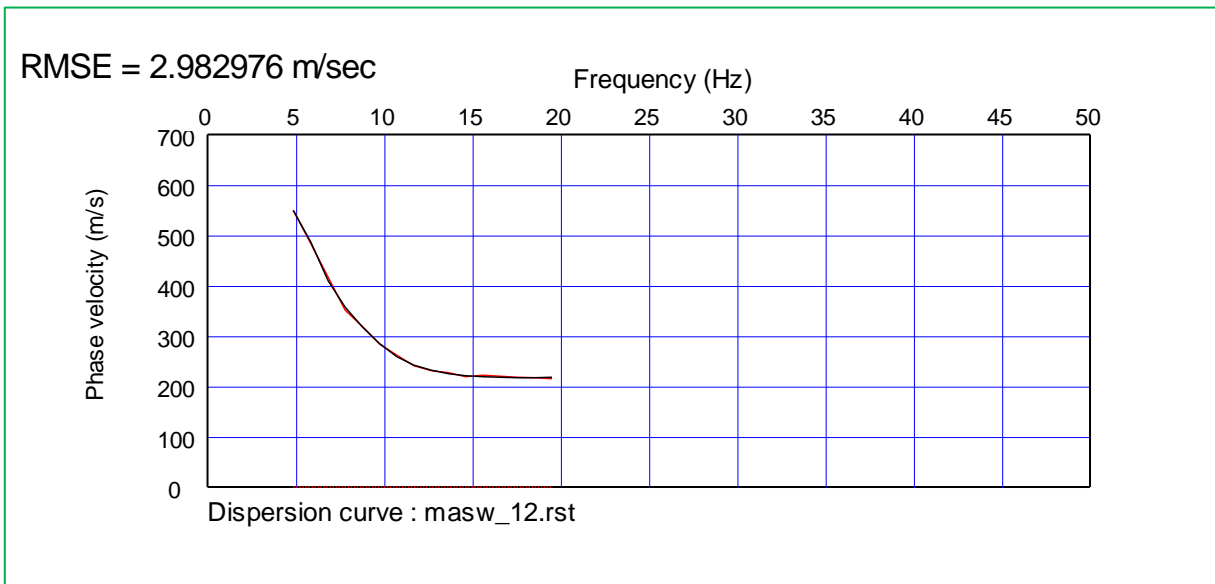
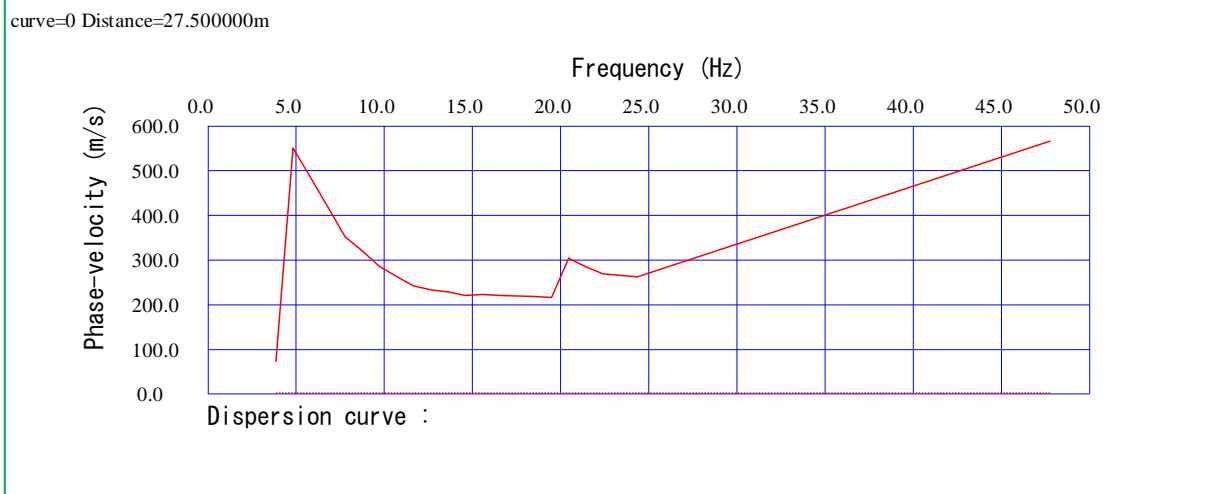


## SISMOGRAMMI ACQUISITI – MWpe 12

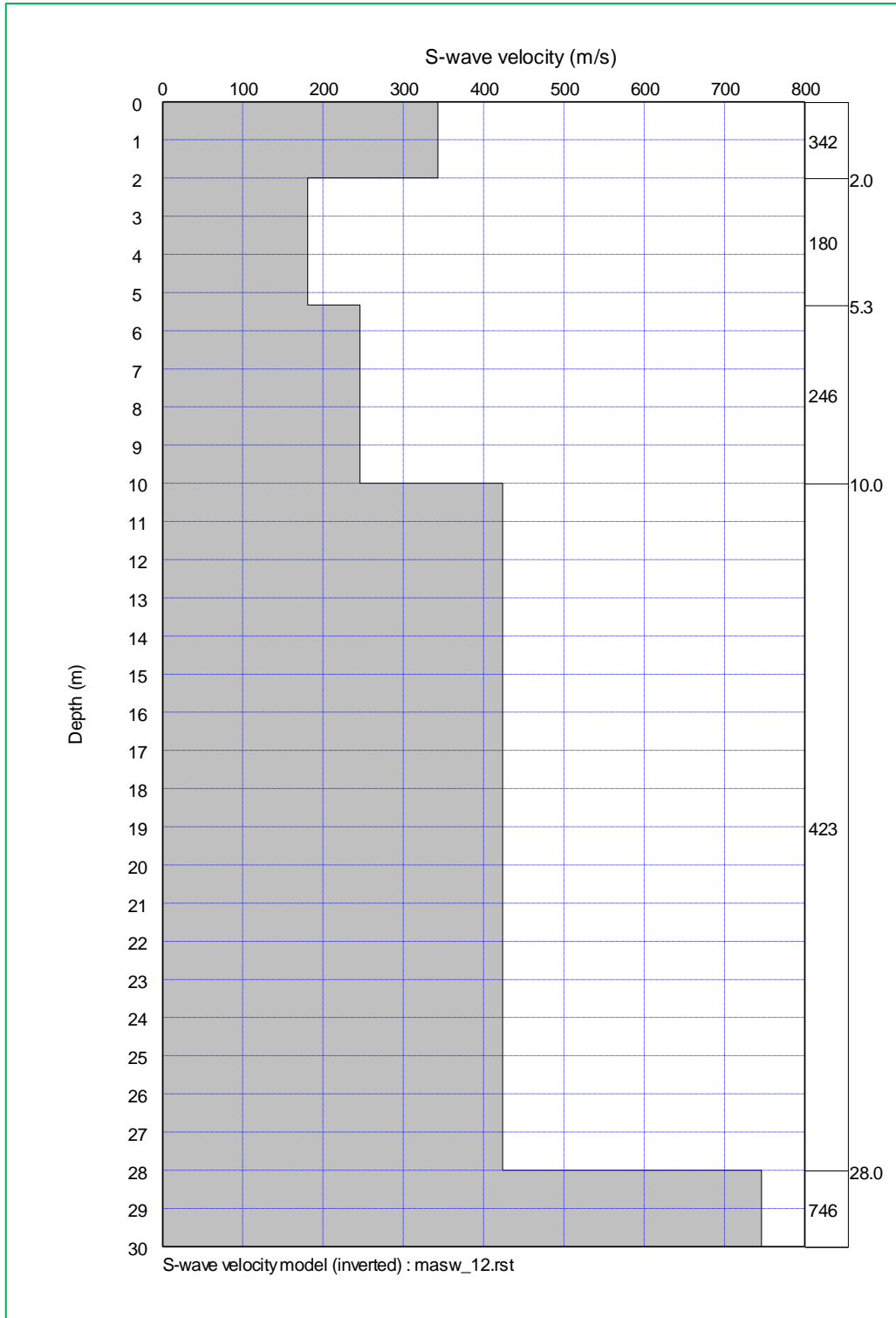


CURVE DI DISPERSIONE – MWpe 12





## MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI

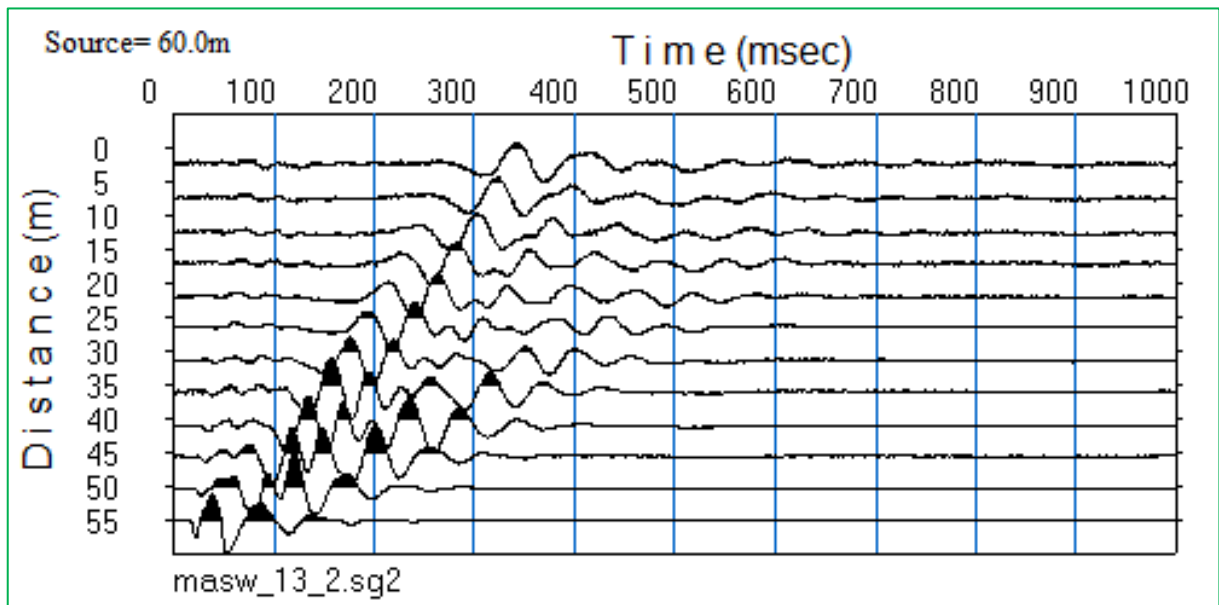




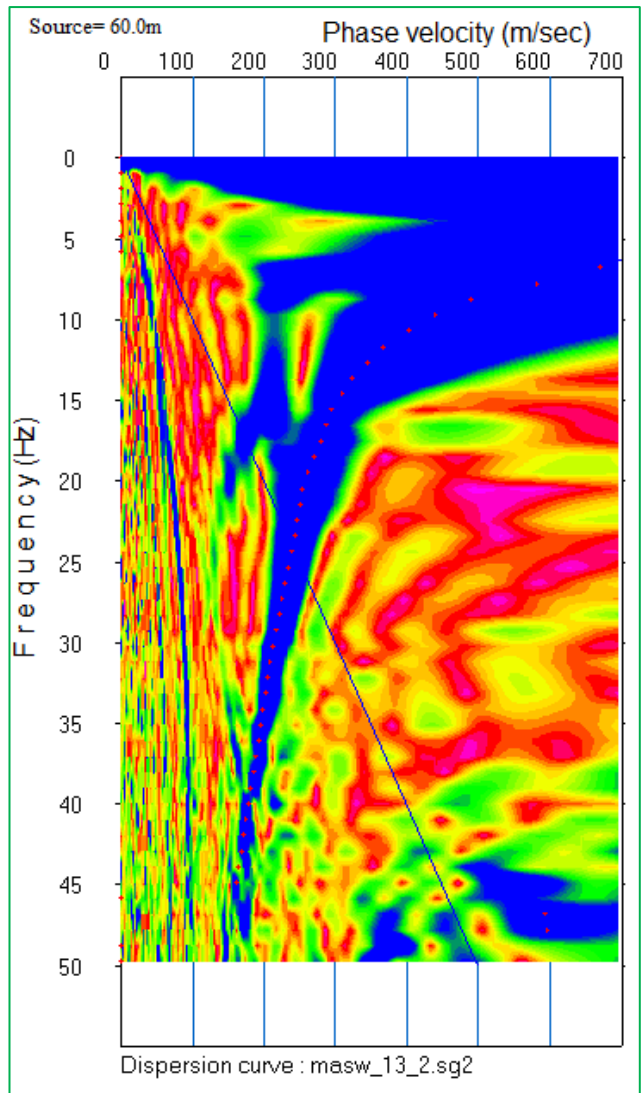
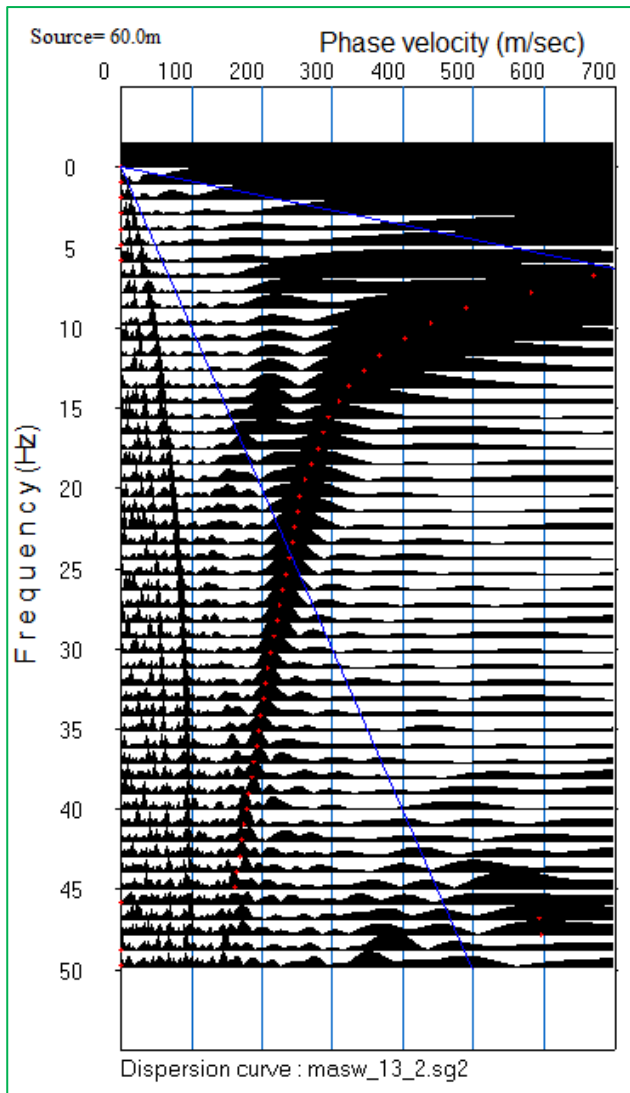
## MWpe 13

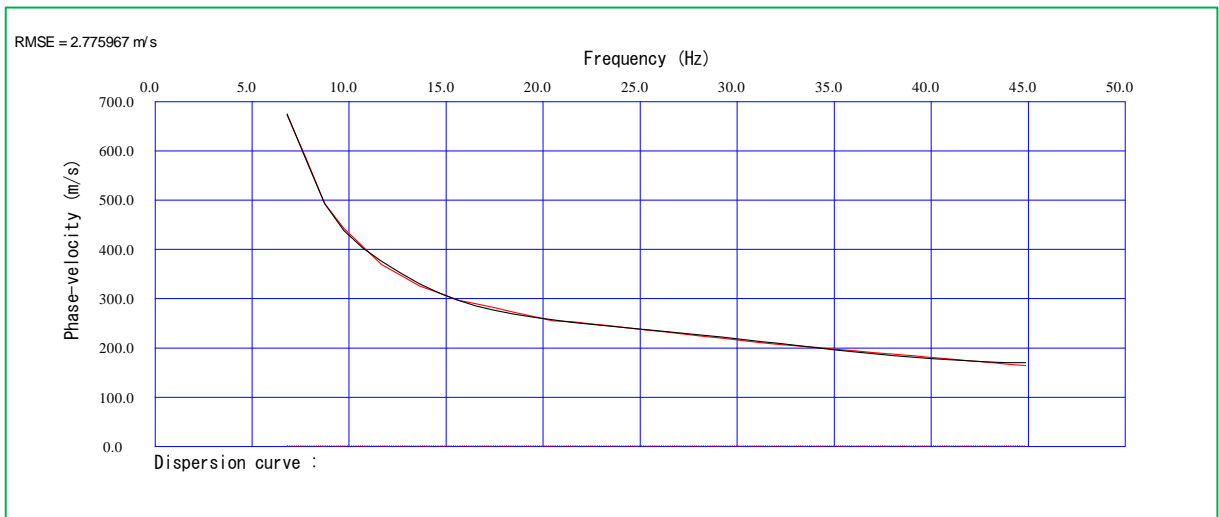
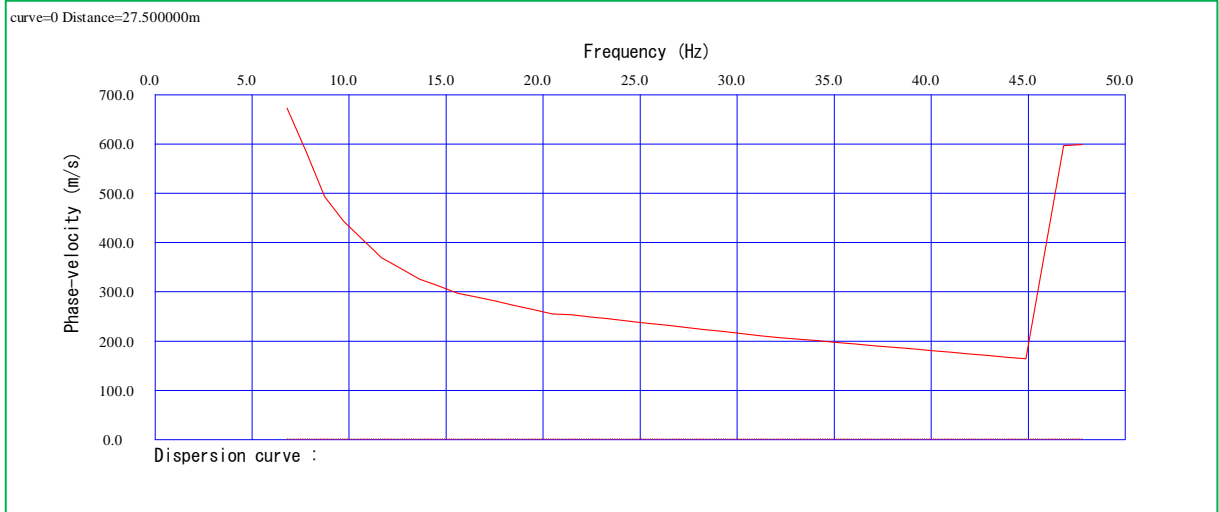


## SISMOGRAMMI ACQUISITI – MWpe 13

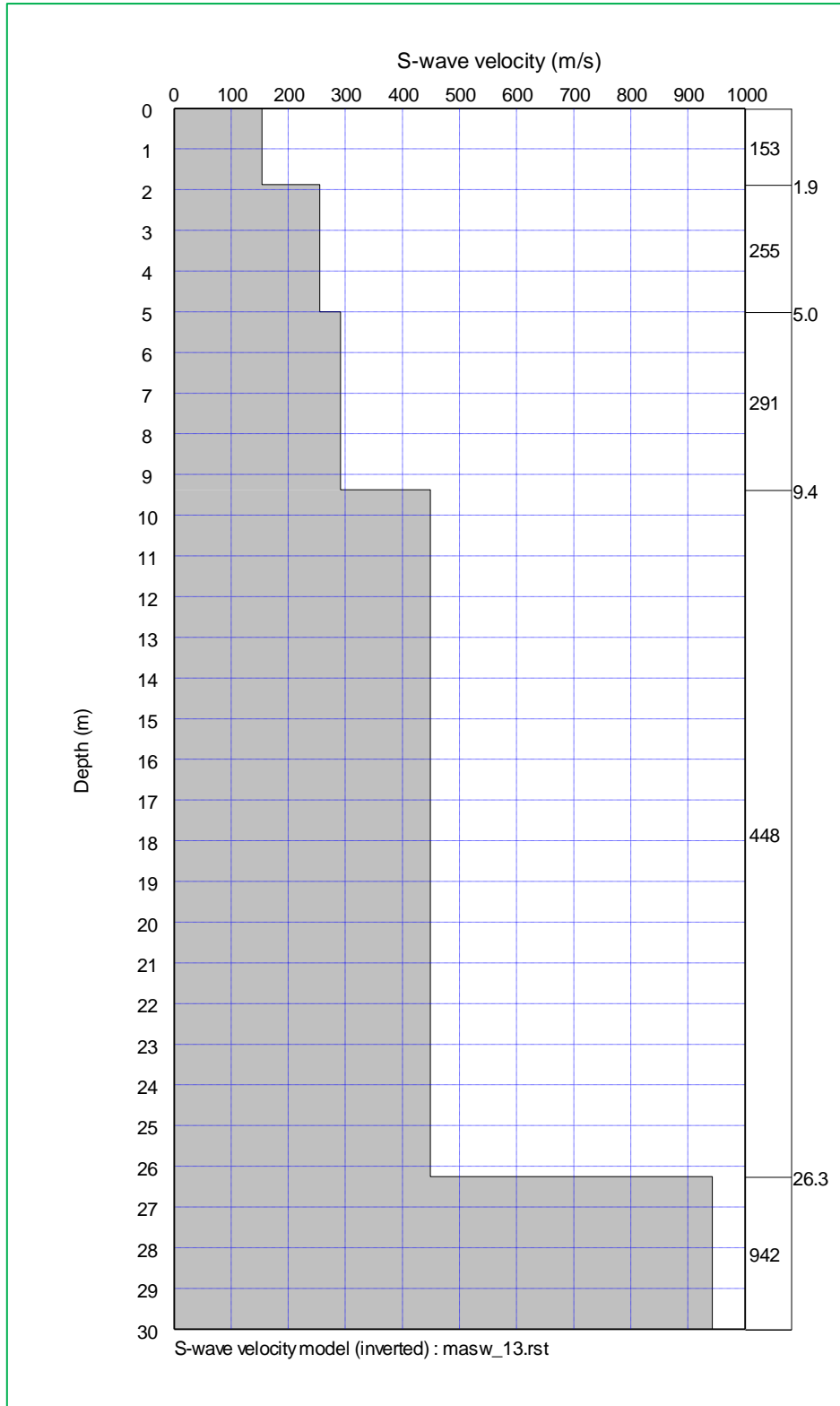


CURVE DI DISPERSIONE – MWpe 13





## MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI

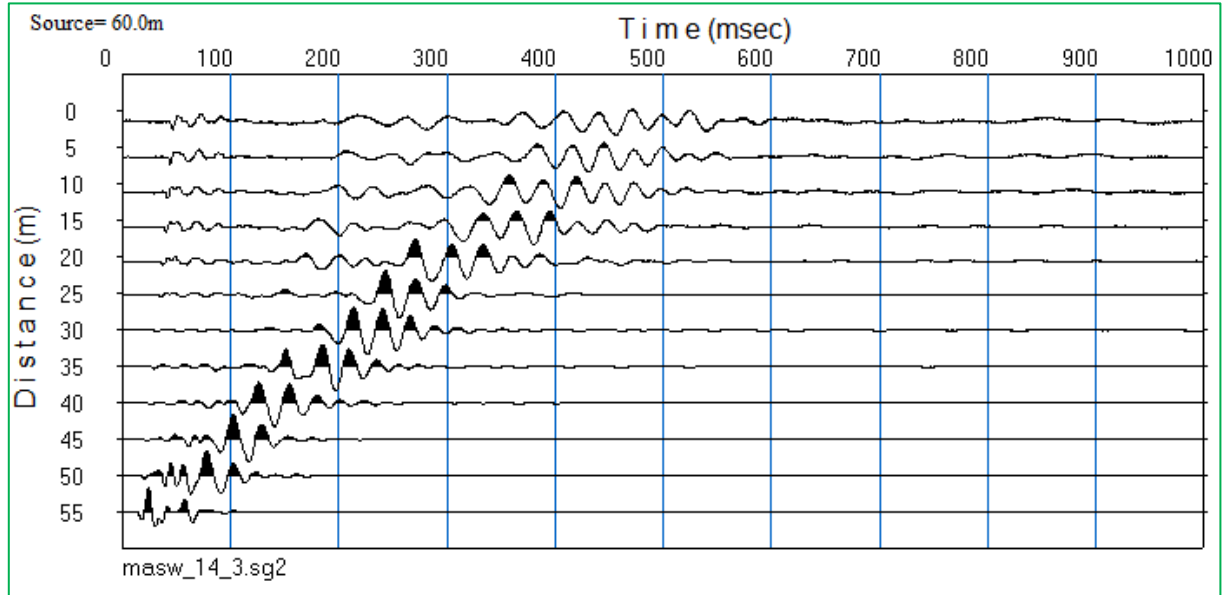




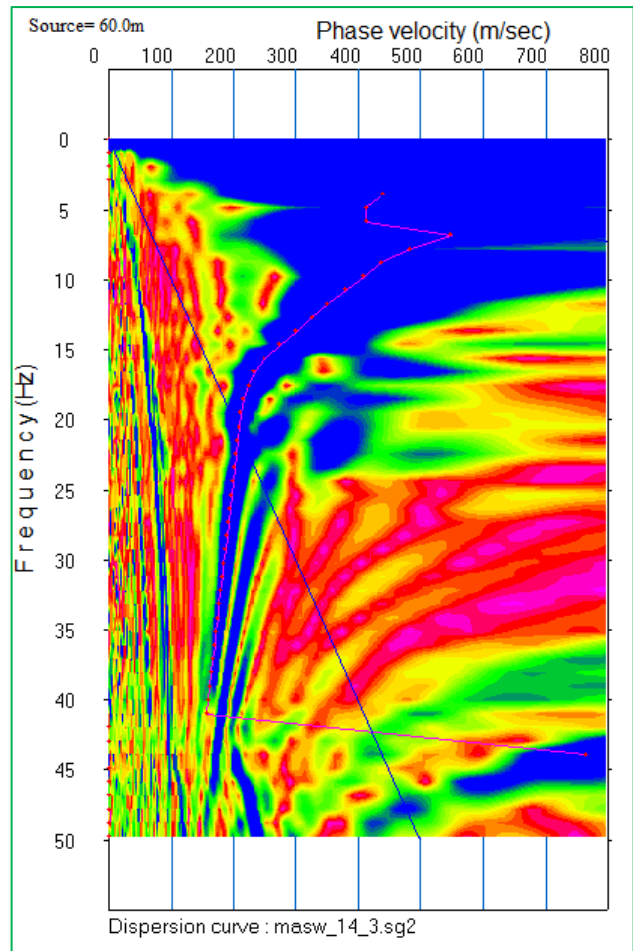
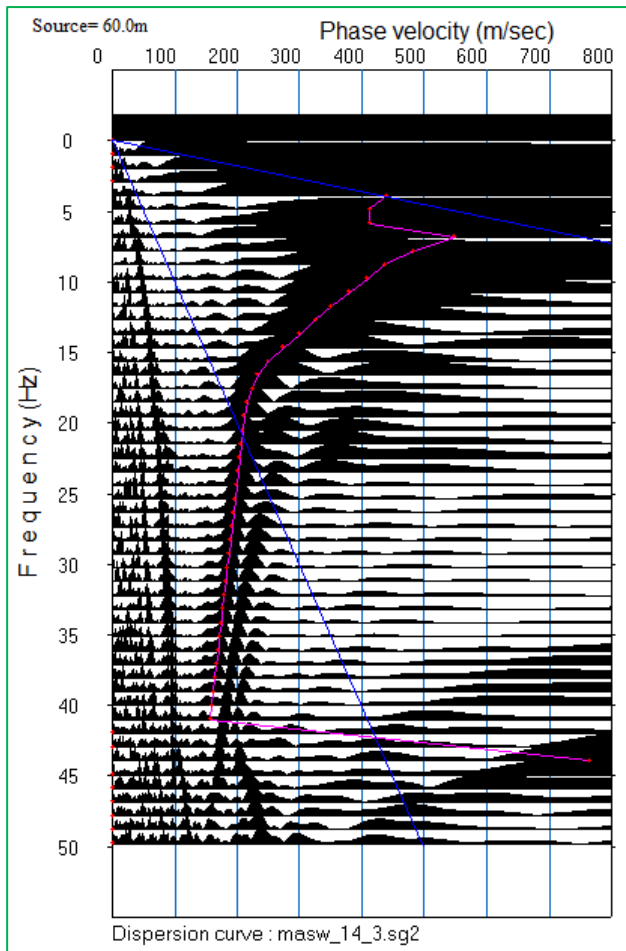
## MWpe 14

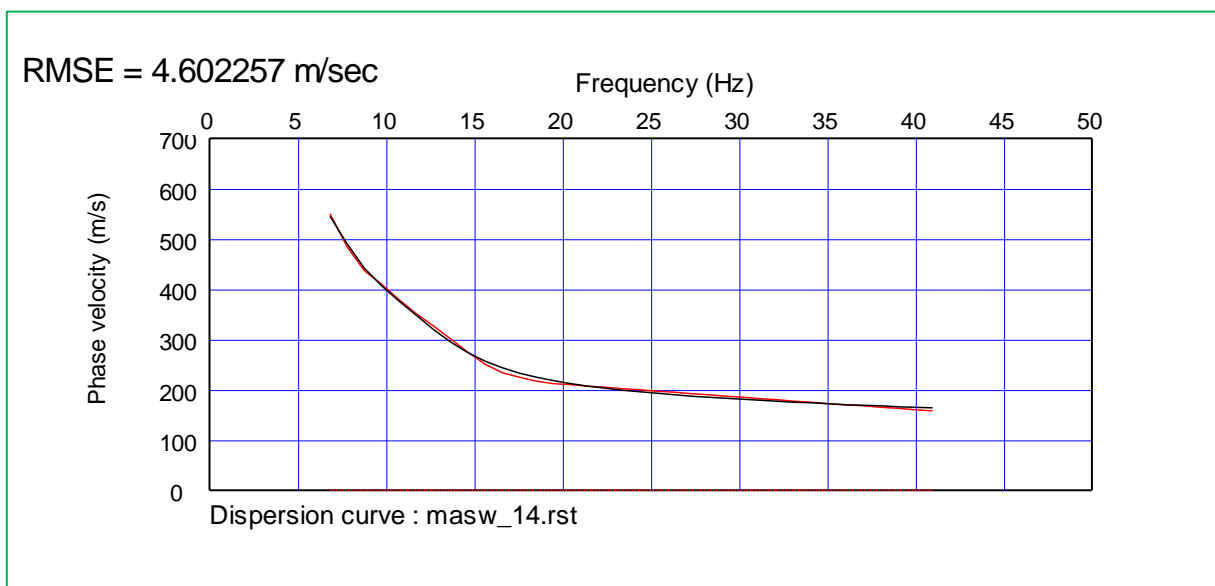
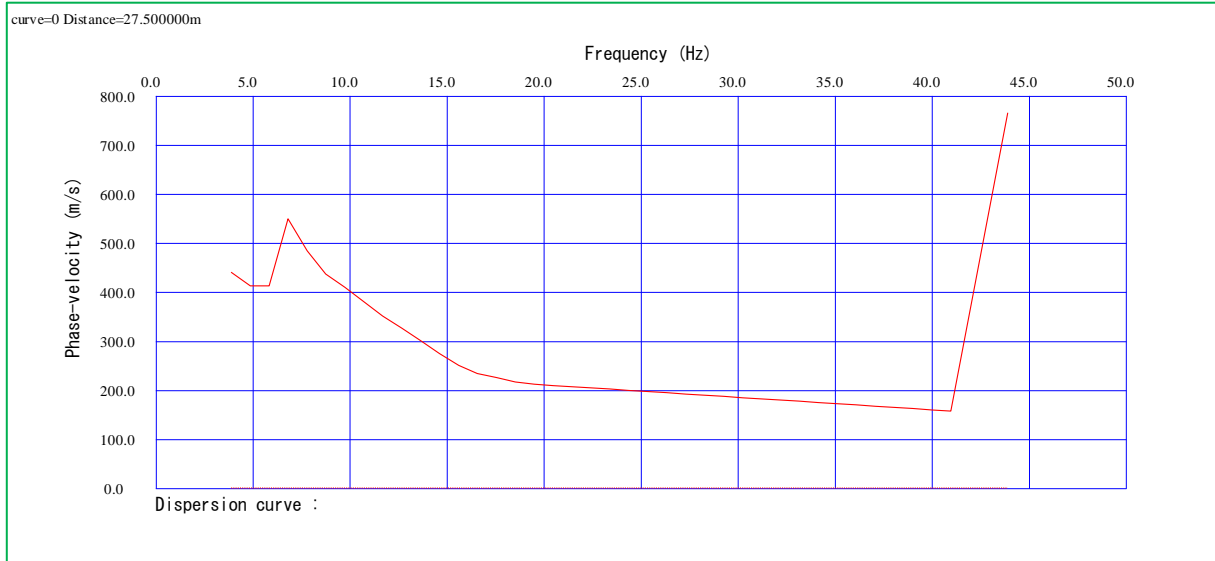


## SISMOGRAMMI ACQUISITI – MWpe 14

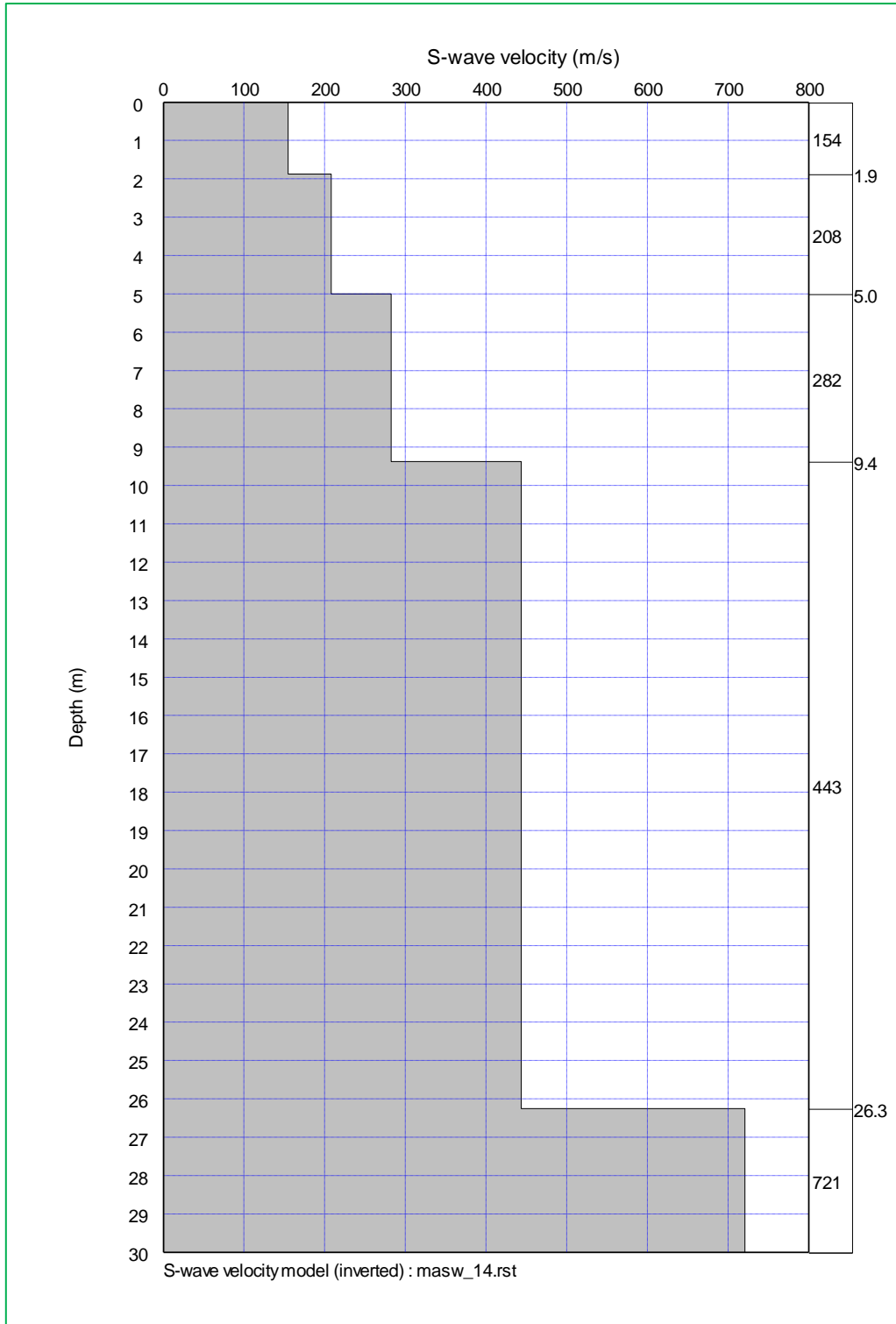


CURVE DI DISPERSIONE – MWpe 14





## MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI

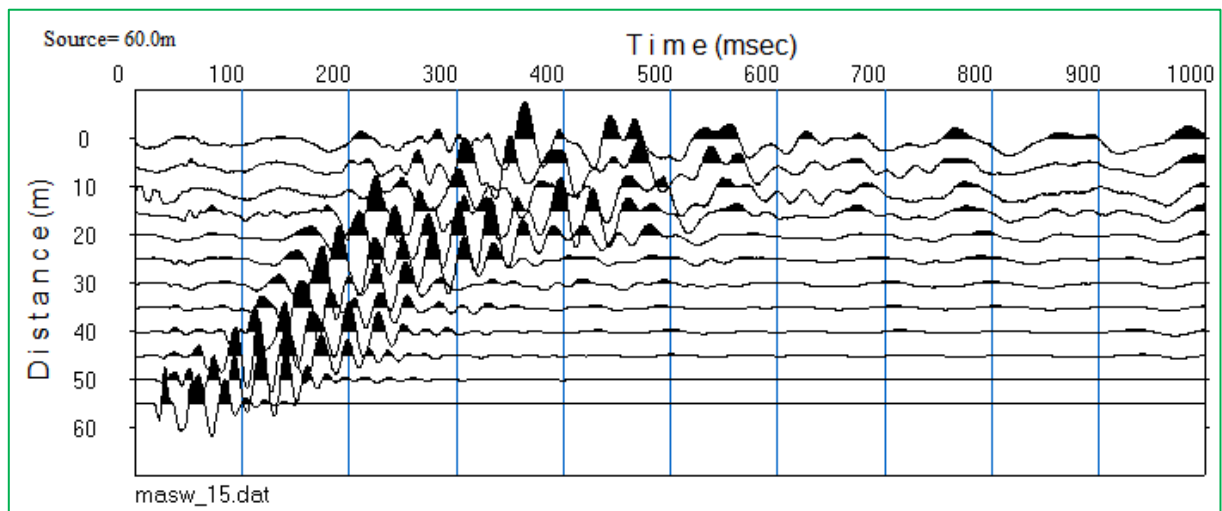




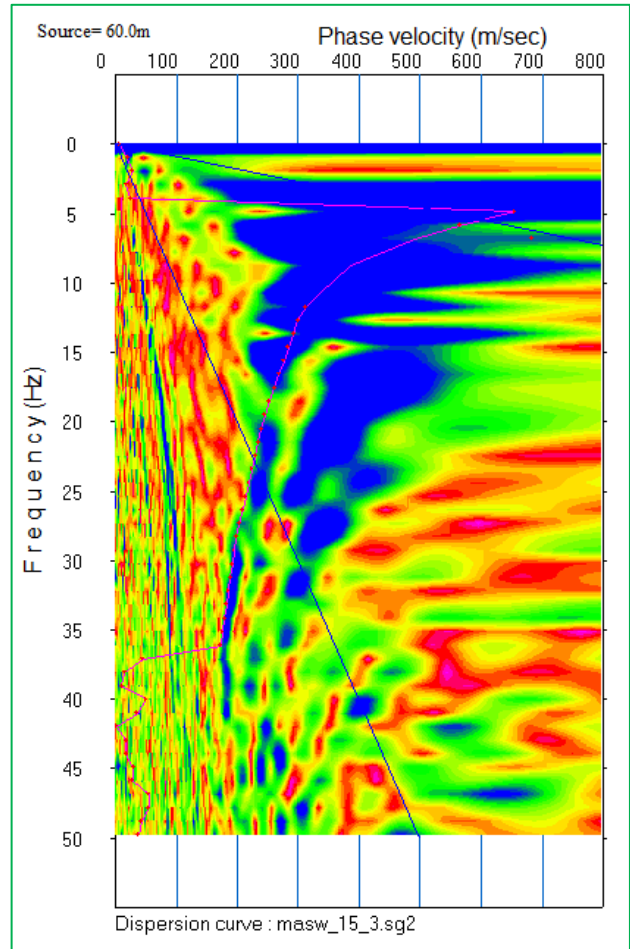
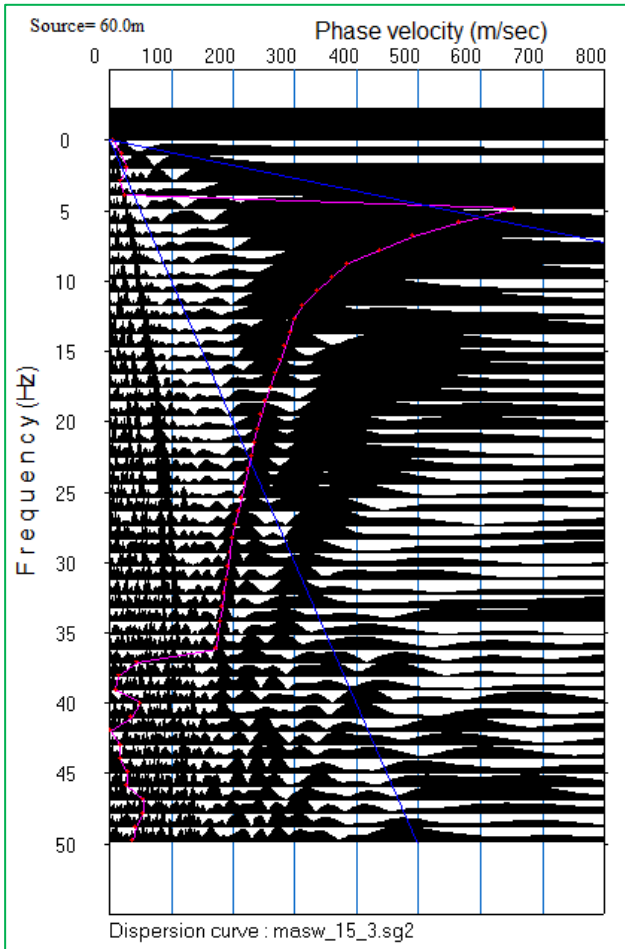
## MWpe 15

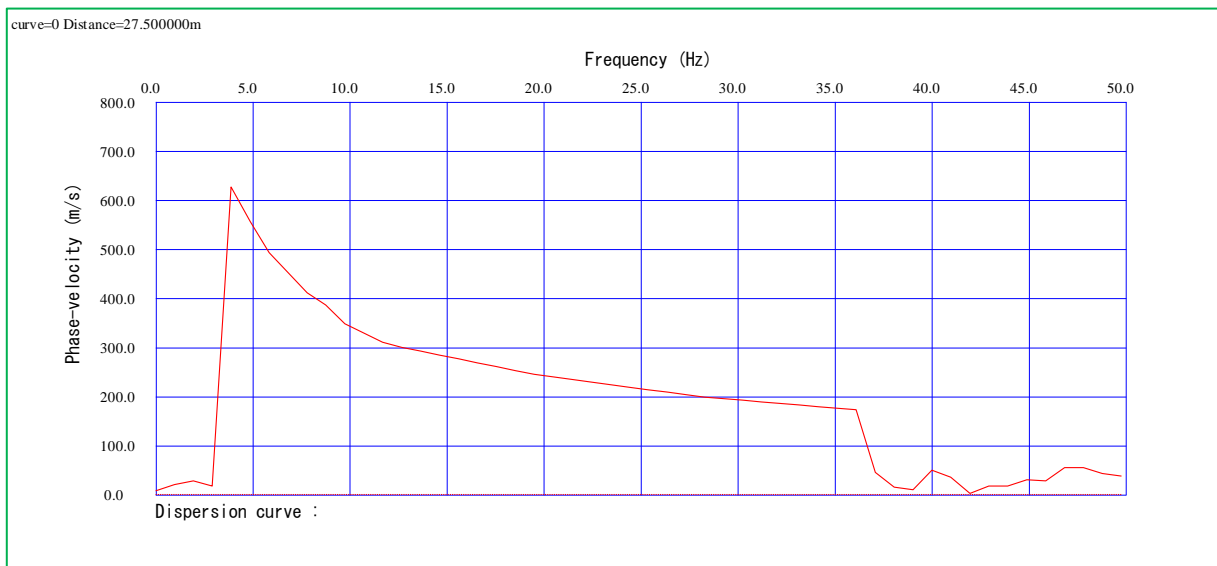
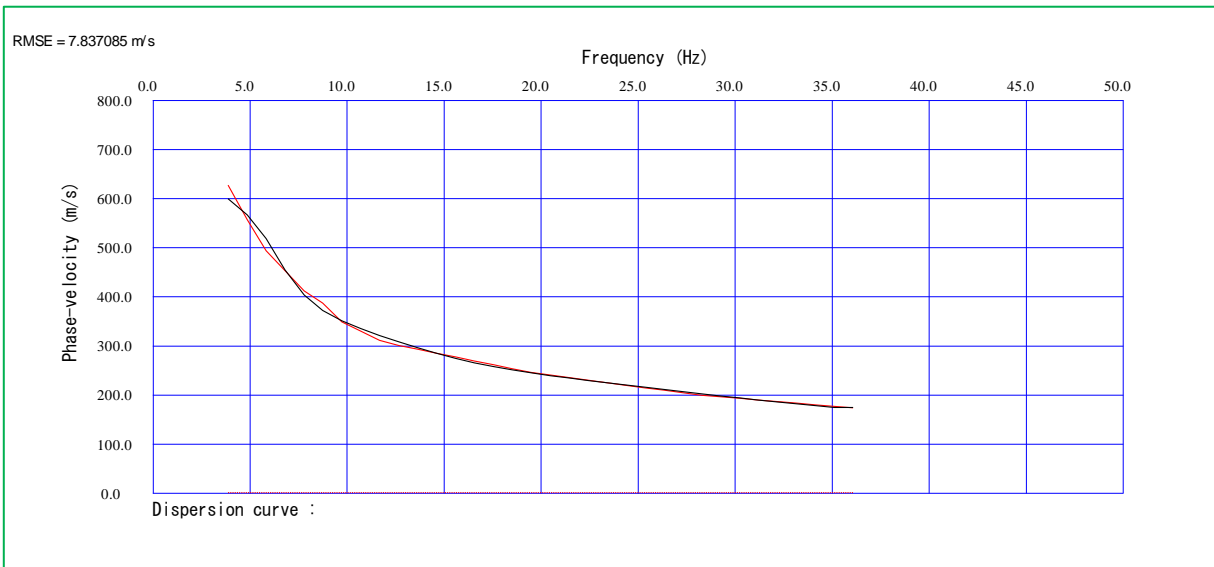


### SISMOGRAMMI ACQUISITI – MWpe 15

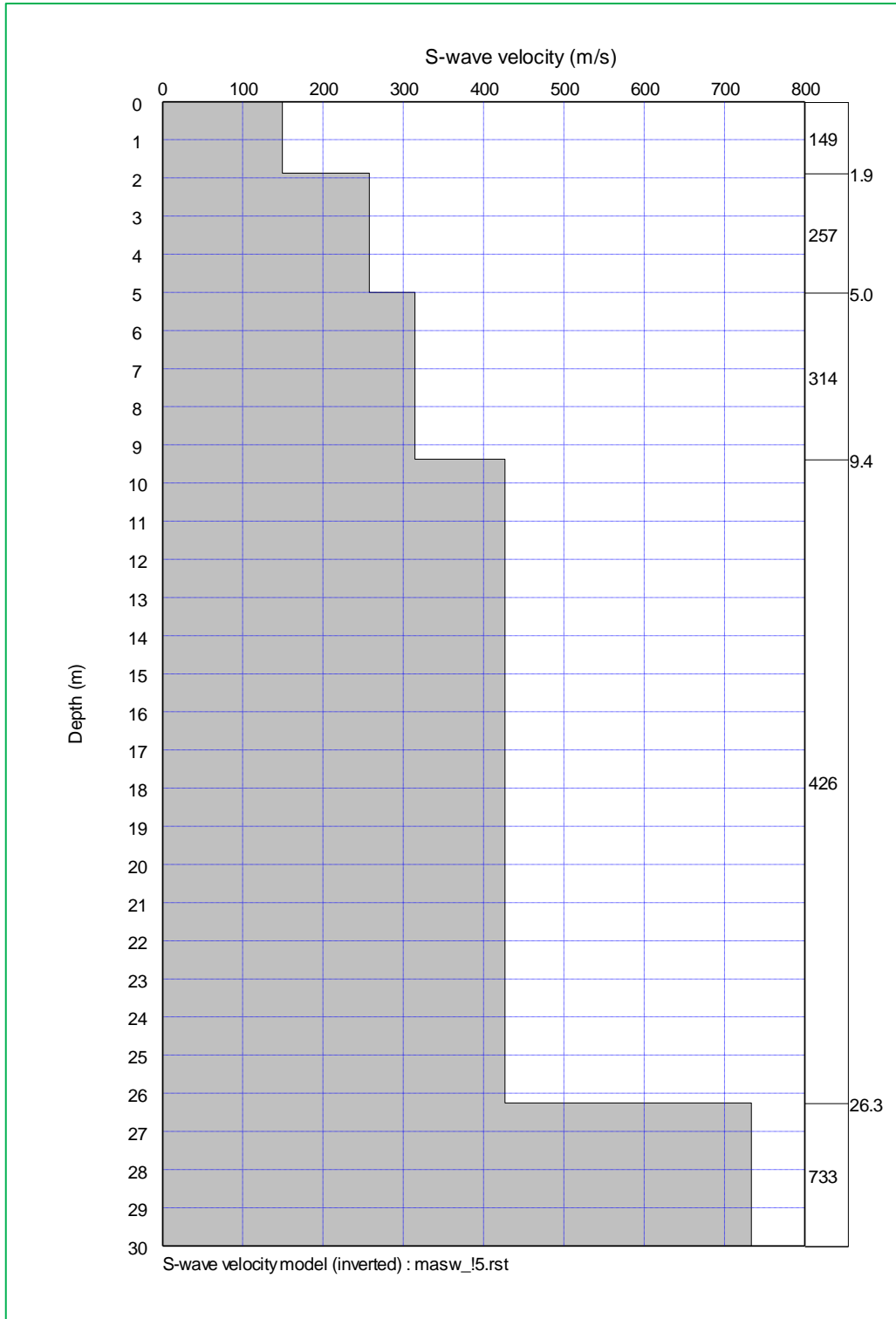


CURVE DI DISPERSIONE – MWpe 15





MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI

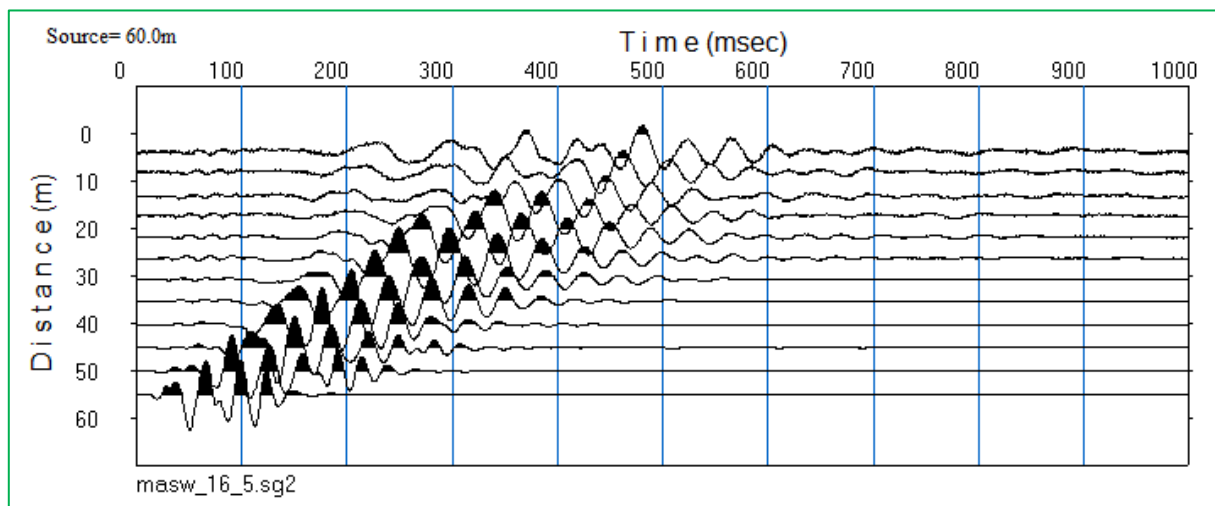




## MWpe 16

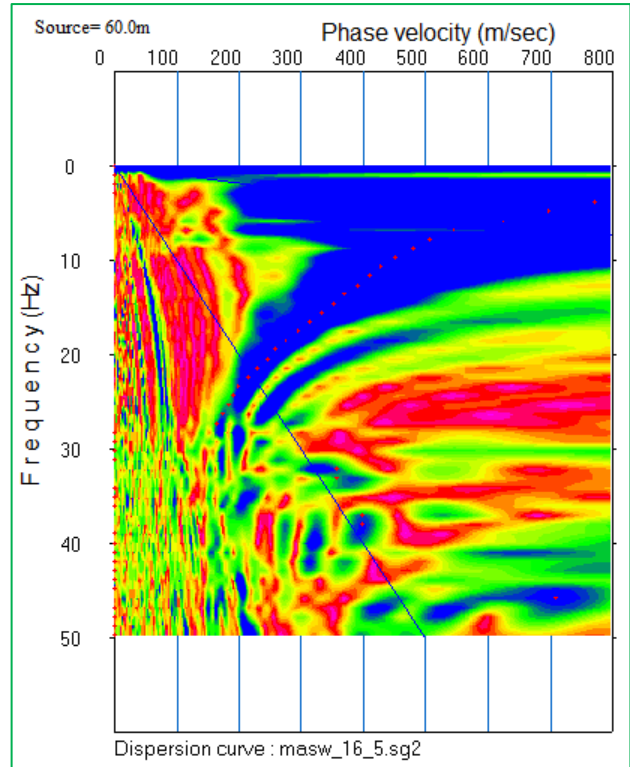
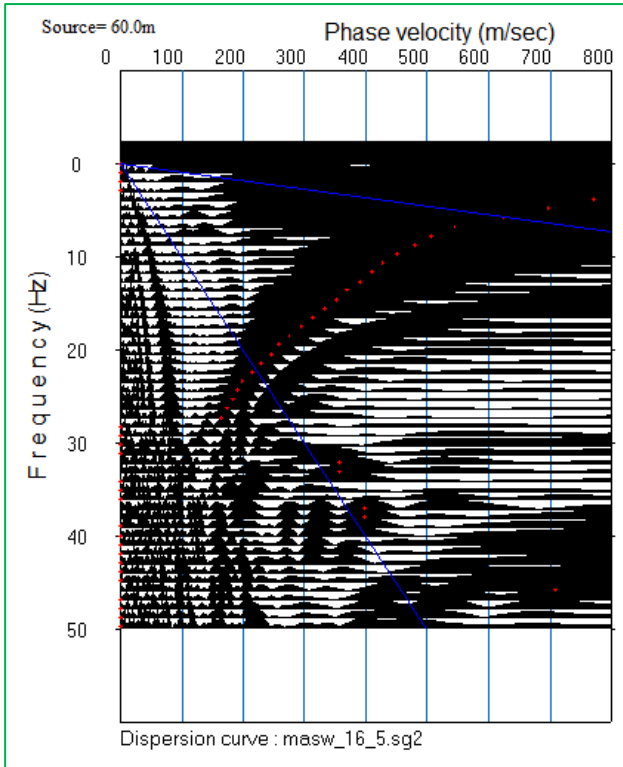


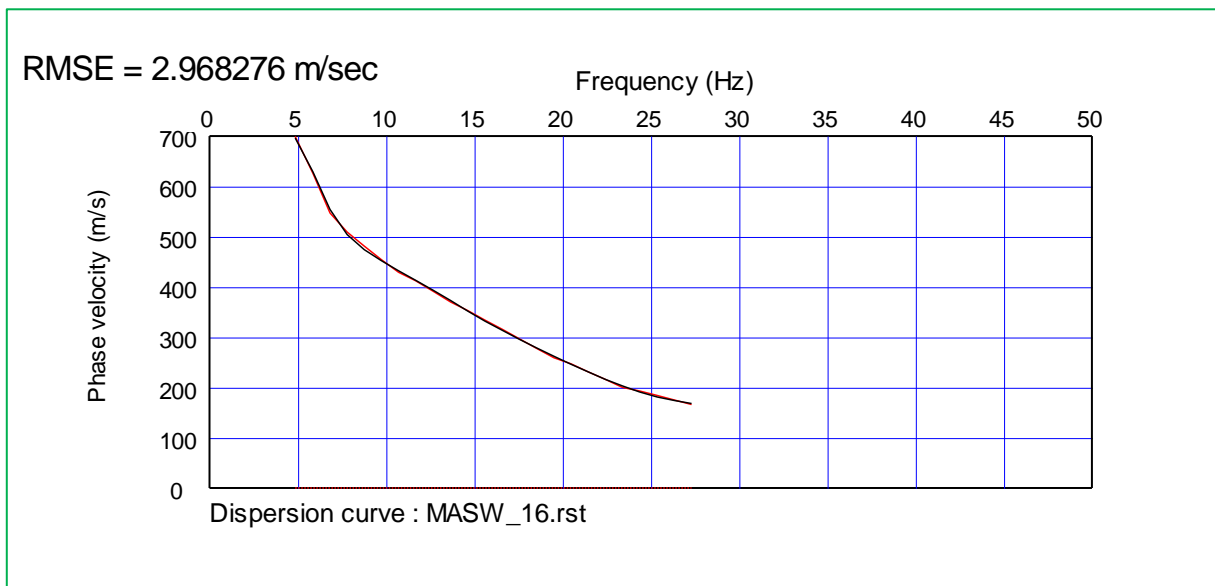
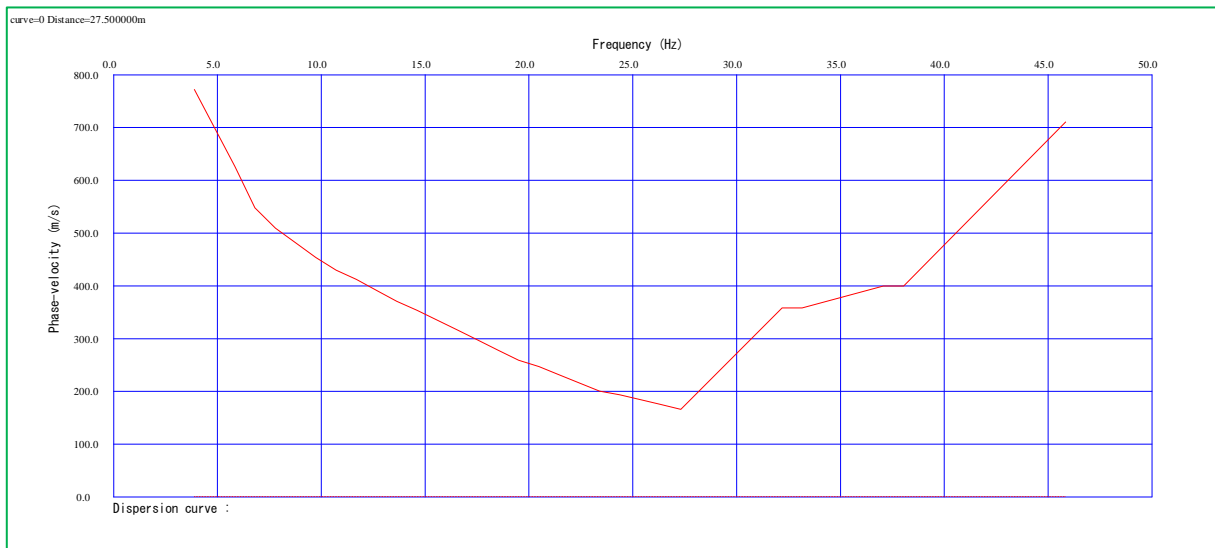
## SISMOGRAMMI ACQUISITI – MWpe 16



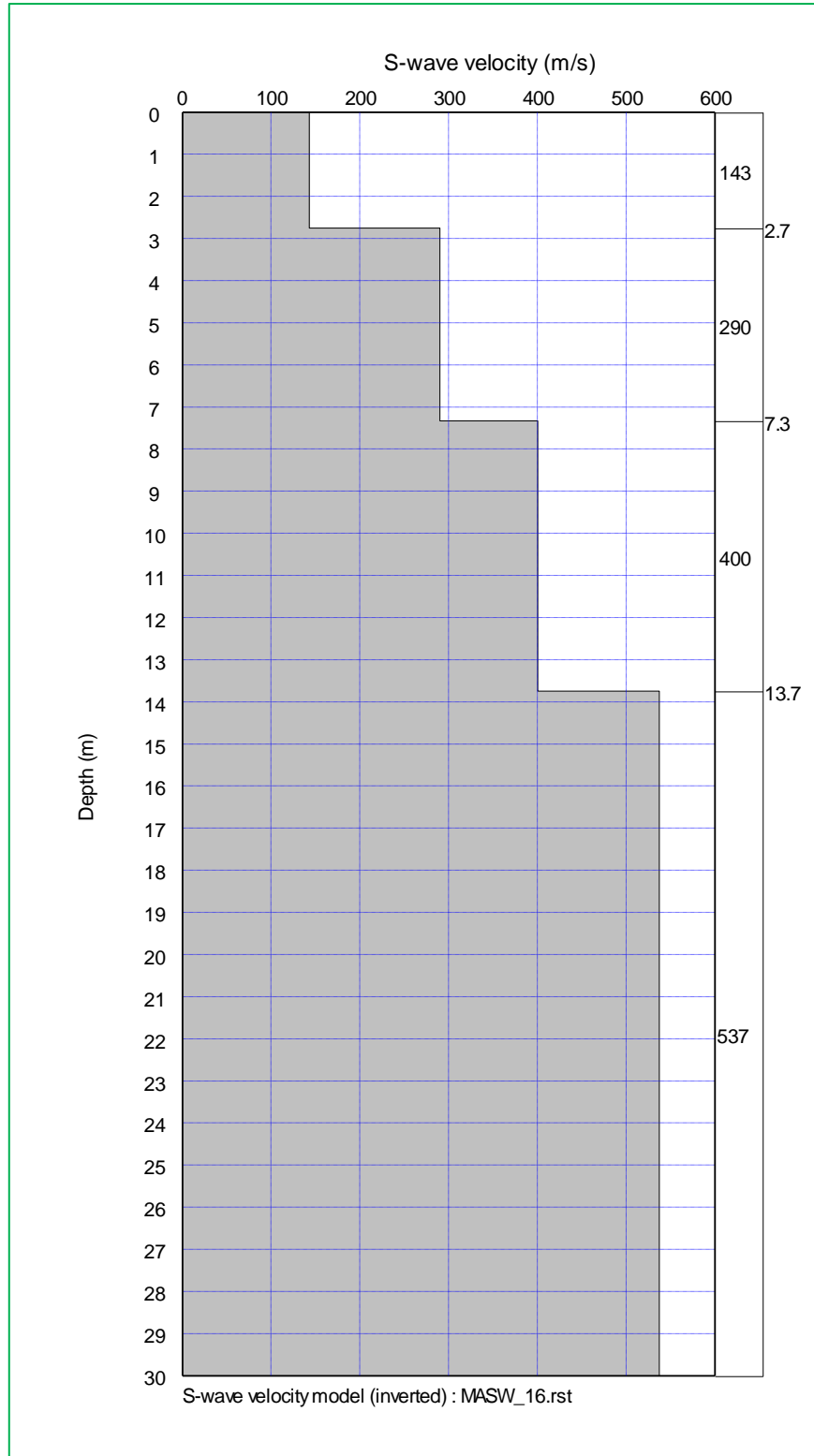


CURVE DI DISPERSIONE – MWpe 16





## MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO E MODULI ELASTICI



---

## CATEGORIE DI SUOLO

---

### **Categoria A**

Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

### **Categoria B**

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

### **Categoria C**

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

### **Categoria D**

Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.

### **Categoria E**

Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30m.

Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione, secondo la relazione:

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

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

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

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

MWpe 1				MWpe 2				MWpe 4				MWpe 5			
Depth (m)	S-velocity (m/s)	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Modulus Shear (MN/m <sup>2</sup> )	Depth (m)	S-velocity (m/s)	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Modulus Shear (MN/m <sup>2</sup> )	Depth (m)	S-velocity (m/s)	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Modulus Shear (MN/m <sup>2</sup> )	Depth (m)	S-velocity (m/s)	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Modulus Shear (MN/m <sup>2</sup> )
0,00	98	17,78	171	0,00	172	17,02	506	0,00	163	18,02	478	0,00	197	18,14	702
3,00	103	17,80	190	1,88	149	16,94	377	1,88	226	18,25	935	1,88	207	18,18	782
8,00	134	17,91	320	5,00	283	17,39	1390	5,00	336	18,64	2104	5,00	366	18,74	2516
15,00	173	18,06	538	9,37	275	17,37	1311	9,37	313	18,56	1820	9,37	411	18,90	3198
30,00	342	18,66	2184	30,00	560	18,31	5732	30,00	415	18,91	3259	30,00	719	19,94	10308
<b>V<sub>seq</sub> = 137 m/s</b>				<b>V<sub>seq</sub> = 245 m/s</b>				<b>V<sub>seq</sub> = 288 m/s</b>				<b>V<sub>seq</sub> = 346 m/s</b>			
<b>Categoria di suolo: D</b>				<b>Categoria di suolo: C</b>				<b>Categoria di suolo: C</b>				<b>Categoria di suolo: C</b>			

MWpe 6				MWpe 7				MWpe 8				MWpe 9			
Depth (m)	S-velocity (m/s)	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Modulus Shear (MN/m <sup>2</sup> )	Depth (m)	S-velocity (m/s)	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Modulus Shear (MN/m <sup>2</sup> )	Depth (m)	S-velocity (m/s)	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Modulus Shear (MN/m <sup>2</sup> )	Depth (m)	S-velocity (m/s)	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Modulus Shear (MN/m <sup>2</sup> )
0,00	346	17,61	2103	0,00	443	19,05	3733	0,00	180	18,08	587	0,00	669	19,92	8918
2,25	351	17,62	2170	1,88	522	19,26	5241	1,88	255	18,35	1194	1,94	670	20,36	9130
6,00	421	17,86	3163	5,00	509	19,23	4975	5,00	391	18,83	2886	5,05	679	19,26	8894
11,25	584	18,39	6270	9,38	575	19,46	6427	9,37	454	19,05	3932	9,42	728	20,10	10663
30,00	742	18,89	10405	30,00	844	20,34	14492	30,00	627	19,63	7706				
<b>V<sub>seq</sub> = 486 m/s</b>				<b>V<sub>seq</sub> = 548 m/s</b>				<b>V<sub>seq</sub> = 379 m/s</b>				<b>V<sub>seq</sub> = 693 m/s</b>			
<b>Categoria di suolo: B</b>				<b>Categoria di suolo: B</b>				<b>Categoria di suolo: B</b>				<b>Categoria di suolo: B</b>			

MWpe 10				MWpe 11				MWpe 12				MWpe 13			
Depth (m)	S-velocity (m/s)	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Modulus Shear (MN/m <sup>2</sup> )	Depth (m)	S-velocity (m/s)	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Modulus Shear (MN/m <sup>2</sup> )	Depth (m)	S-velocity (m/s)	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Modulus Shear (MN/m <sup>2</sup> )	Depth (m)	S-velocity (m/s)	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Modulus Shear (MN/m <sup>2</sup> )
0,00	44	16,58	32	0,00	115	17,84	235	0,00	338	17,60	2006	0,00	154	16,98	401
1,25	63	16,64	66	1,88	152	17,98	417	2,00	179	17,05	548	1,88	255	17,40	1135
3,33	210	17,15	758	5,00	212	18,20	818	5,33	233	17,27	941	5,00	292	17,50	1488
6,25	285	17,40	1415	9,38	275	18,42	1391	10,00	387	17,87	2676	9,38	449	18,16	3661
30,00	352	17,63	2189	30,00	368	18,75	2534	30,00	663	18,90	8297	26,25	943	19,81	17603
<b>V<sub>seq</sub> = 189 m/s</b>				<b>V<sub>seq</sub> = 226 m/s</b>				<b>V<sub>seq</sub> = 312 m/s</b>				<b>V<sub>seq</sub> = 341 m/s</b>			
<b>Categoria di suolo: C</b>				<b>Categoria di suolo: C</b>				<b>Categoria di suolo: C</b>				<b>Categoria di suolo: E</b>			



<b>MWpe 14</b>			
Depth (m)	S-velocity (m/s)	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Modulus Shear (MN/m <sup>2</sup> )
0,00	155	1,67	40
1,88	208	1,70	73
5,00	282	1,72	137
9,38	444	1,79	353
30,00	721	1,88	978
<b>V<sub>seq</sub> = 337 m/s</b>			
<b>Categoria di suolo: C</b>			

<b>MWpe 15</b>			
Depth (m)	S-velocity (m/s)	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Modulus Shear (MN/m <sup>2</sup> )
0,00	150	1,77	40
1,88	261	1,81	123
5,00	319	1,83	187
9,38	432	1,87	350
30,00	744	1,97	1091
<b>V<sub>seq</sub> = 349 m/s</b>			
<b>Categoria di suolo: C</b>			

<b>MWpe 16</b>			
Depth (m)	S-velocity (m/s)	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Modulus Shear (MN/m <sup>2</sup> )
0,00	143	1,67	34
2,75	290	1,73	146
7,33	401	1,78	286
13,75	538	1,81	524
30,00	871	1,92	1454
<b>V<sub>seq</sub> = 369 m/s</b>			
<b>Categoria di suolo: B</b>			

---

## CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI AI SENSI DEL DM 14/01/2008

---

**A** – Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

**B** – Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).

**C** – Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT_{,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

**D** – Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  inferiori a 180 m/s (ovvero  $NSPT_{,30} < 15$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u,30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina).

**E** – Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con  $V_s > 800$  m/s).

MWpe 1				MWpe 2				MWpe 4				MWpe 5			
Depth (m)	S-velocity (m/s)	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Modulus Shear (MN/m <sup>2</sup> )	Depth (m)	S-velocity (m/s)	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Modulus Shear (MN/m <sup>2</sup> )	Depth (m)	S-velocity (m/s)	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Modulus Shear (MN/m <sup>2</sup> )	Depth (m)	S-velocity (m/s)	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Modulus Shear (MN/m <sup>2</sup> )
0,00	98	17,78	171	0,00	172	17,02	506	0,00	163	18,02	478	0,00	197	18,14	702
3,00	103	17,80	190	1,88	149	16,94	377	1,88	226	18,25	935	1,88	207	18,18	782
8,00	134	17,91	320	5,00	283	17,39	1390	5,00	336	18,64	2104	5,00	366	18,74	2516
15,00	173	18,06	538	9,37	275	17,37	1311	9,37	313	18,56	1820	9,37	411	18,90	3198
30,00	342	18,06	2113	15,00	560	18,31	5732	15,00	415	18,91	3259	15,00	719	19,94	10308
<b>V<sub>s30</sub> = 137 m/s</b>				<b>V<sub>s30</sub> = 317 m/s</b>				<b>V<sub>s30</sub> = 325 m/s</b>				<b>V<sub>s30</sub> = 422 m/s</b>			
<b>Categoria di suolo: D</b>				<b>Categoria di suolo: C</b>				<b>Categoria di suolo: C</b>				<b>Categoria di suolo: B</b>			

MWpe 6				MWpe 7				MWpe 8				MWpe 9			
Depth (m)	S-velocity (m/s)	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Modulus Shear (MN/m <sup>2</sup> )	Depth (m)	S-velocity (m/s)	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Modulus Shear (MN/m <sup>2</sup> )	Depth (m)	S-velocity (m/s)	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Modulus Shear (MN/m <sup>2</sup> )	Depth (m)	S-velocity (m/s)	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Modulus Shear (MN/m <sup>2</sup> )
0,00	346	17,61	2103	0,00	443	19,05	3733	0,00	180	18,08	587	0,00	669	19,92	8918
2,25	351	17,62	2170	1,88	522	19,26	5241	1,88	255	18,35	1194	1,94	670	20,36	9130
6,00	421	17,86	3163	5,00	509	19,23	4975	5,00	391	18,83	2886	5,05	679	19,26	8894
11,25	584	18,39	6270	9,38	575	19,46	6427	9,37	454	19,05	3932	9,42	728	20,10	10663
18,00	742	18,89	10405	30,00	844	20,34	14492	15,00	627	19,63	7706	14,96	846	21,86	15625
<b>V<sub>s30</sub> = 523 m/s</b>				<b>V<sub>s30</sub> = 548 m/s</b>				<b>V<sub>s30</sub> = 428 m/s</b>				<b>V<sub>s30</sub> = 762 m/s</b>			
<b>Categoria di suolo: B</b>				<b>Categoria di suolo: B</b>				<b>Categoria di suolo: B</b>				<b>Categoria di suolo: B</b>			

MWpe 12				MWpe 11				MWpe 12				MWpe 13			
Depth (m)	S-velocity (m/s)	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Modulus Shear (MN/m <sup>2</sup> )	Depth (m)	S-velocity (m/s)	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Modulus Shear (MN/m <sup>2</sup> )	Depth (m)	S-velocity (m/s)	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Modulus Shear (MN/m <sup>2</sup> )	Depth (m)	S-velocity (m/s)	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Modulus Shear (MN/m <sup>2</sup> )
0,00	44	16,58	32	0,00	115	17,84	235	0,00	338	17,60	2006	0,00	154	16,98	401
1,25	63	16,64	66	1,88	152	17,98	417	2,00	179	17,05	548	1,88	255	17,40	1135
3,33	210	17,15	758	5,00	212	18,20	818	5,33	233	17,27	941	5,00	292	17,50	1488
6,25	285	17,40	1415	9,38	275	18,42	1391	10,00	387	17,87	2676	9,38	449	18,16	3661
10,00	352	17,63	2189	26,25	368	18,75	2534	28,00	663	18,90	8297	26,25	943	19,81	17603
<b>V<sub>s30</sub> = 207 m/s</b>				<b>V<sub>s30</sub> = 232 m/s</b>				<b>V<sub>s30</sub> = 319 m/s</b>				<b>V<sub>s30</sub> = 370 m/s</b>			
<b>Categoria di suolo: C</b>				<b>Categoria di suolo: C</b>				<b>Categoria di suolo: C</b>				<b>Categoria di suolo: B</b>			

<b>MWpe 14</b>			
Depth (m)	S-velocity (m/s)	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Modulus Shear (MN/m <sup>2</sup> )
0,00	155	1,67	40
1,88	208	1,70	73
5,00	282	1,72	137
9,38	444	1,79	353
26,25	721	1,88	978
<b>V<sub>s30</sub> = 349 m/s</b>			
<b>Categoria di suolo: C</b>			

<b>MWpe 15</b>			
Depth (m)	S-velocity (m/s)	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Modulus Shear (MN/m <sup>2</sup> )
0,00	150	1,77	40
1,88	261	1,81	123
5,00	319	1,83	187
9,38	432	1,87	350
26,25	744	1,97	1091
<b>V<sub>s30</sub> = 365 m/s</b>			
<b>Categoria di suolo: B</b>			

<b>MWpe 16</b>			
Depth (m)	S-velocity (m/s)	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Modulus Shear (MN/m <sup>2</sup> )
0,00	143	1,67	34
2,75	290	1,73	146
7,33	401	1,78	286
13,75	538	1,81	524
0,00	0	1,92	0
<b>V<sub>s30</sub> = 281 m/s</b>			
<b>Categoria di suolo: C</b>			

## SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDA P

---

Per l'esecuzione delle prospezioni sono stati usati 24 geofoni da 14 Hz VERTICALI, equidistanziati di 5 metri e disposti. Per generare onde di compressione ci si è avvalsi, per ogni punto di scoppio, di una sorgente costituita da una mazza di 10 Kg.

Allo scopo sono stati eseguiti 5 scoppi.

### APPARECCHIATURE IMPIEGATE

---

- sismografo MAE mod. A2000S a 24 canali ad incremento di segnale;
- n. 2 accumulatori per sismografo (12 V C.C.);
- n. 24 geofoni verticali Geospace 14 Hz;
- n. 1 starter piezoelettrico costituito da "Hammer Switch" della Geometrics Inc.;
- mazza da 10 Kg.

### METOLOGIA INTERPRETATIVA

---

Per la interpretazione delle velocità e degli spessori dei sismostrati non è stata condotta la correzione degli errori indotti sui tempi di arrivo dall'andamento discontinuo della topografia, in quanto i geofoni ed i relativi scoppi risultavano disposti su una morfologia da ritenersi pianeggiante. L'elaborazione dei dati sperimentali è stata eseguita su un calcolatore IBM compatibile utilizzando un programma di calcolo della suite di Seisimager basato sul metodo della modellazione del sottosuolo su base anisotropica previa elaborazione mediante metodologie iterative R.T.C. (Ray Tracing Curvilineo) ed algoritmi di ricostruzione tomografica ad elevata densità di informazioni del campo delle velocità.



## PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO SISpe 1

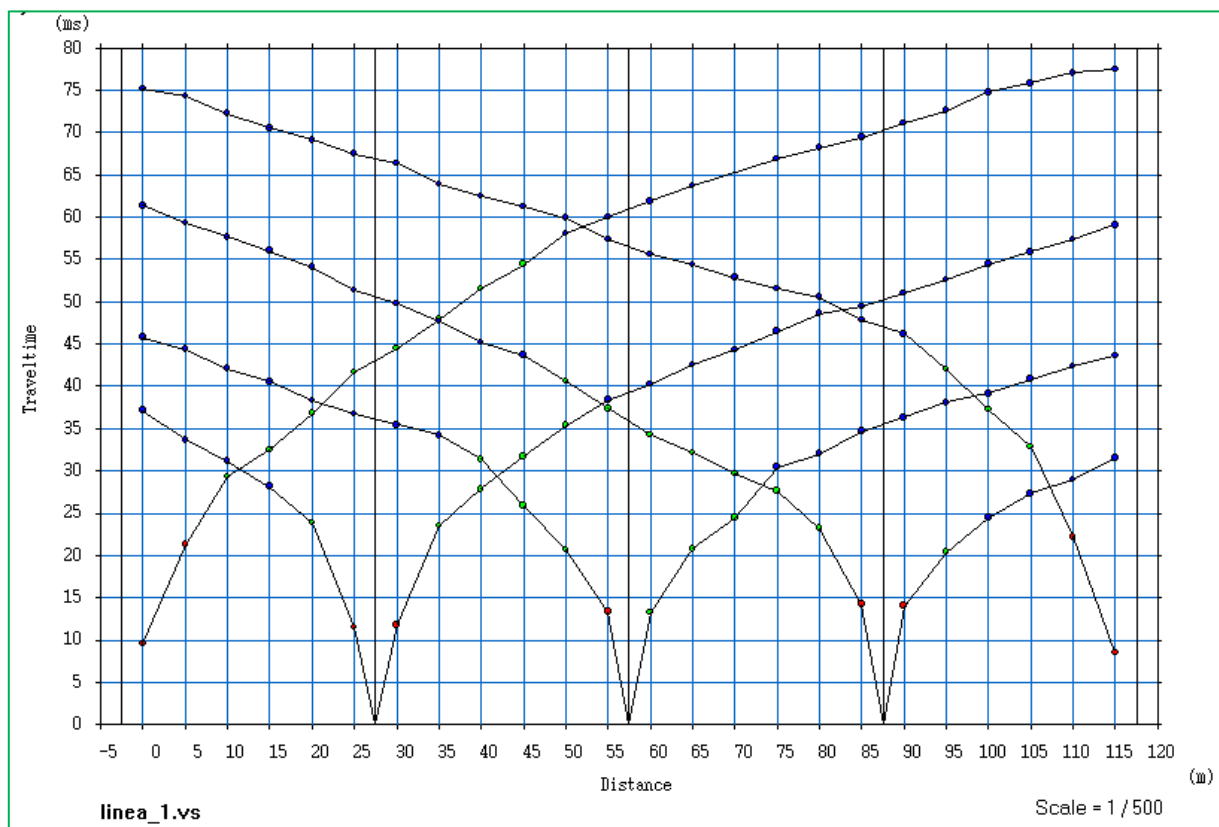


### DATI DI INPUT

The spread contains 5 shotpoints and 24 geophones

SP	Elev	X-loc	Y-Loc	Depth					
1	0.00	-2.50	0.00	0.00					
2	0.00	27.50	0.00	0.00					
3	0.00	57.50	0.00	0.00					
4	0.00	87.50	0.00	0.00					
5	0.00	117.50	0.00	0.00					
Geo	Elev	X-loc	Y-Loc	SP 1	SP 2	SP 3	SP 4	SP 5	
1	0.00	0.00	0.00	9.61 1	37.17 1	45.83 1	61.38 1	75.19 1	
2	0.00	5.00	0.00	21.33 1	33.70 1	44.42 1	59.30 1	74.31 1	
3	0.00	10.00	0.00	29.33 1	31.20 1	42.13 1	57.66 1	72.29 1	
4	0.00	15.00	0.00	32.53 1	28.18 1	40.58 1	56.08 1	70.58 1	
5	0.00	20.00	0.00	36.83 1	23.94 1	38.39 1	54.12 1	69.18 1	
6	0.00	25.00	0.00	41.74 1	11.54 1	36.76 1	51.43 1	67.54 1	
7	0.00	30.00	0.00	44.51 1	11.83 1	35.48 1	49.75 1	66.45 1	
8	0.00	35.00	0.00	47.91 1	23.53 1	34.20 1	47.71 1	63.93 1	
9	0.00	40.00	0.00	51.57 1	27.86 1	31.42 1	45.22 1	62.47 1	

10	0.00	45.00	0.00	54.49 1	31.78 1	25.89 1	43.74 1	61.30 1
11	0.00	50.00	0.00	58.10 1	35.42 1	20.70 1	40.67 1	59.94 1
12	0.00	55.00	0.00	60.05 1	38.43 1	13.39 1	37.43 1	57.38 1
13	0.00	60.00	0.00	61.92 1	40.31 1	13.25 1	34.34 1	55.65 1
14	0.00	65.00	0.00	63.73 1	42.56 1	20.82 1	32.16 1	54.44 1
15	0.00	70.00	0.00	0.00 -1	44.37 1	24.46 1	29.74 1	52.85 1
16	0.00	75.00	0.00	66.92 1	46.54 1	30.47 1	27.69 1	51.58 1
17	0.00	80.00	0.00	68.21 1	48.64 1	32.09 1	23.23 1	50.57 1
18	0.00	85.00	0.00	69.49 1	49.47 1	34.71 1	14.22 1	47.88 1
19	0.00	90.00	0.00	71.17 1	51.07 1	36.33 1	14.09 1	46.24 1
20	0.00	95.00	0.00	72.61 1	52.67 1	38.13 1	20.43 1	42.08 1
21	0.00	100.00	0.00	74.80 1	54.46 1	39.18 1	24.46 1	37.34 1
22	0.00	105.00	0.00	75.89 1	55.94 1	40.87 1	27.31 1	32.85 1
23	0.00	110.00	0.00	77.07 1	57.42 1	42.37 1	28.99 1	22.20 1
24	0.00	115.00	0.00	77.48 1	59.10 1	43.65 1	31.51 1	8.57 1

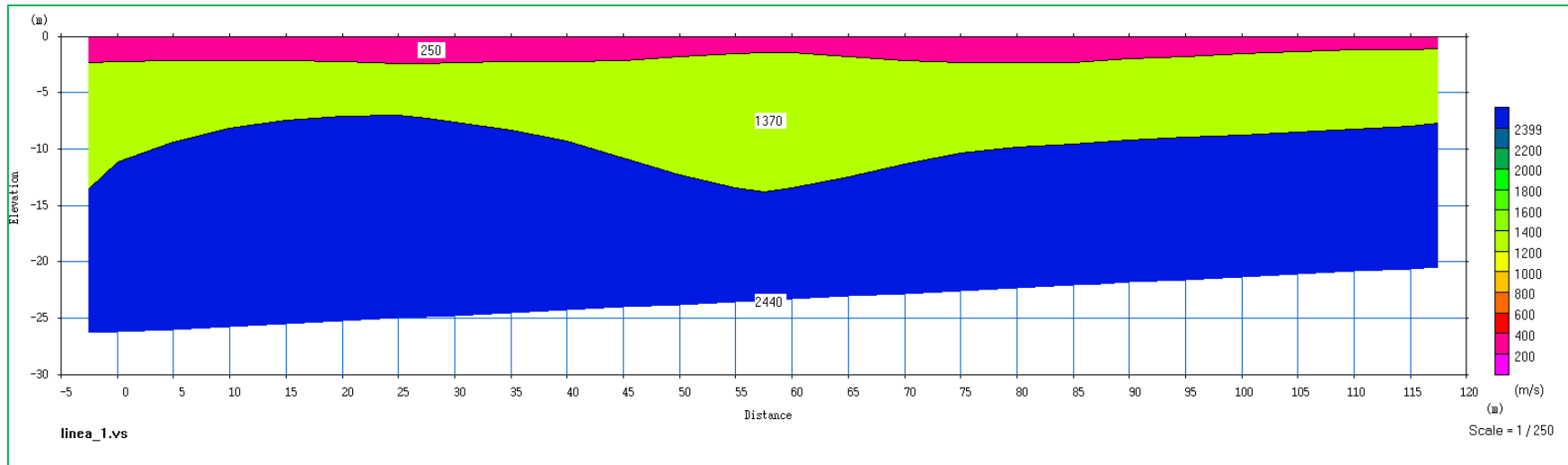


---

## DATI DI OUTPUT

---

SP	X-loc	Layer 2	Layer 3
1	-2.50	2.30	13.51
2	27.50	2.41	7.28
3	57.50	1.41	13.84
4	87.50	2.19	9.40
5	117.50	1.11	7.68
Geo			
1	0.00	2.21	11.14
2	5.00	2.12	9.36
3	10.00	2.12	8.19
4	15.00	2.12	7.46
5	20.00	2.24	7.08
6	25.00	2.39	7.04
7	30.00	2.31	7.67
8	35.00	2.27	8.30
9	40.00	2.27	9.35
10	45.00	2.13	10.79
11	50.00	1.83	12.28
12	55.00	1.57	13.41
13	60.00	1.49	13.47
14	65.00	1.77	12.50
15	70.00	2.10	11.34
16	75.00	2.35	10.40
17	80.00	2.37	9.83
18	85.00	2.29	9.56
19	90.00	2.02	9.21
20	95.00	1.77	8.99
21	100.00	1.53	8.74
22	105.00	1.34	8.48
23	110.00	1.22	8.21
24	115.00	1.15	7.94





## PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO SISpe 2



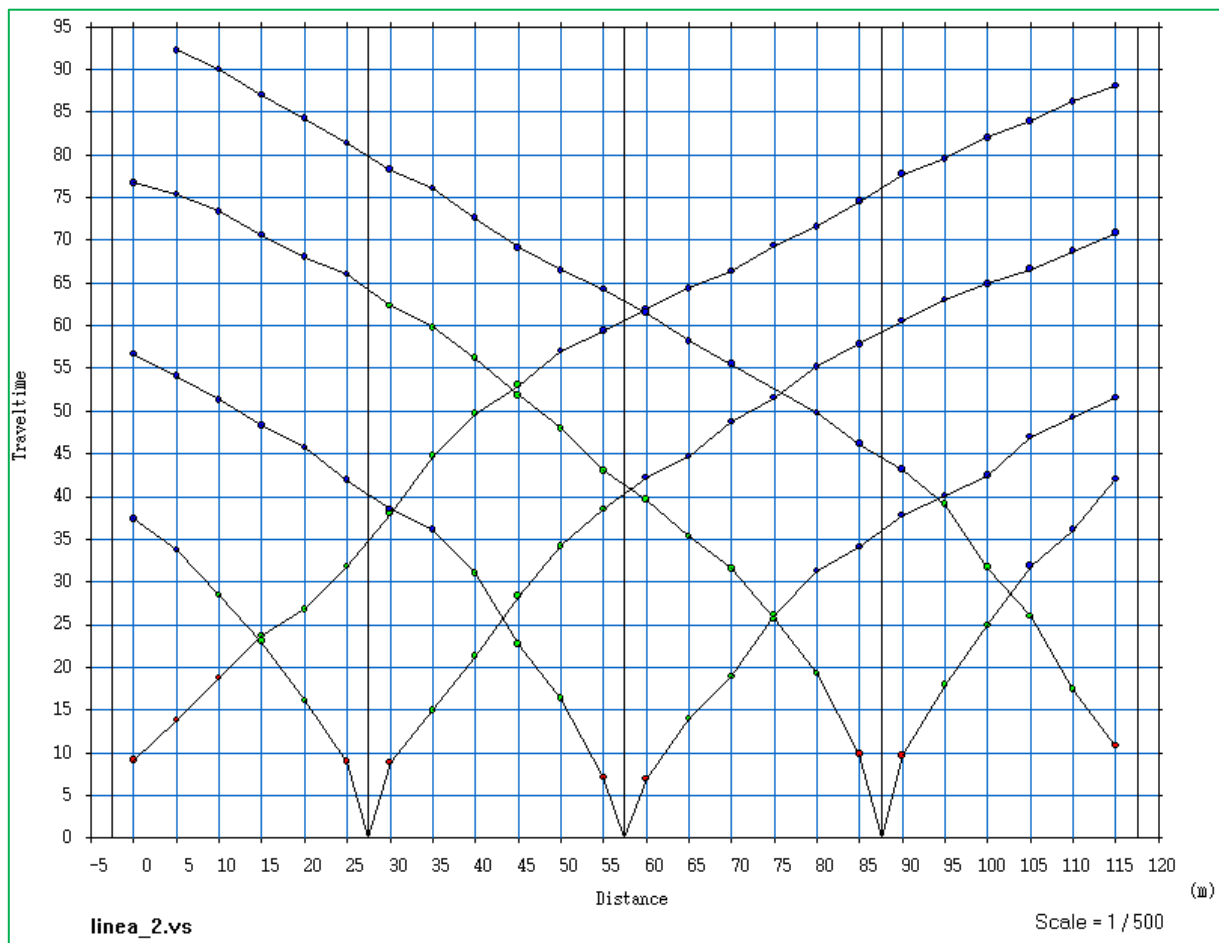
### DATI DI INPUT

The spread contains 5 shotpoints and 24 geophones

SP	Elev	X-loc	Y-Loc	Depth					
1	0.00	-2.50	0.00	0.00					
2	0.00	27.50	0.00	0.00					
3	0.00	57.50	0.00	0.00					
4	0.00	87.50	0.00	0.00					
5	0.00	117.50	0.00	0.00					
Geo	Elev	X-loc	Y-Loc	SP 1	SP 2	SP 3	SP 4	SP 5	
1	0.00	0.00	0.00	9.11 1	37.41 1	56.74 1	76.75 1	0.00 -1	
2	0.00	5.00	0.00	13.88 1	33.76 1	54.15 1	75.42 1	92.26 1	
3	0.00	10.00	0.00	18.75 1	28.47 1	51.30 1	73.37 1	90.08 1	
4	0.00	15.00	0.00	23.70 1	23.07 1	48.32 1	70.69 1	87.02 1	
5	0.00	20.00	0.00	26.84 1	16.11 1	45.74 1	68.06 1	84.26 1	
6	0.00	25.00	0.00	31.84 1	8.97 1	41.91 1	66.05 1	81.39 1	
7	0.00	30.00	0.00	38.08 1	8.90 1	38.53 1	62.30 1	78.30 1	
8	0.00	35.00	0.00	44.77 1	15.01 1	36.10 1	59.82 1	76.06 1	



9	0.00	40.00	0.00	49.75	1	21.35	1	31.08	1	56.23	1	72.63	1
10	0.00	45.00	0.00	53.06	1	28.39	1	22.72	1	51.86	1	69.15	1
11	0.00	50.00	0.00	57.09	1	34.24	1	16.39	1	47.97	1	66.53	1
12	0.00	55.00	0.00	59.40	1	38.54	1	7.20	1	43.06	1	64.32	1
13	0.00	60.00	0.00	61.95	1	42.22	1	6.91	1	39.67	1	61.50	1
14	0.00	65.00	0.00	64.35	1	44.72	1	13.98	1	35.36	1	58.22	1
15	0.00	70.00	0.00	66.42	1	48.78	1	18.95	1	31.55	1	55.55	1
16	0.00	75.00	0.00	69.40	1	51.58	1	26.21	1	25.60	1	0.00	-1
17	0.00	80.00	0.00	71.61	1	55.21	1	31.29	1	19.31	1	49.80	1
18	0.00	85.00	0.00	74.56	1	57.86	1	34.12	1	9.85	1	46.20	1
19	0.00	90.00	0.00	77.76	1	60.59	1	37.84	1	9.71	1	43.19	1
20	0.00	95.00	0.00	79.59	1	63.02	1	40.13	1	17.98	1	39.14	1
21	0.00	100.00	0.00	82.01	1	64.91	1	42.49	1	24.99	1	31.74	1
22	0.00	105.00	0.00	83.95	1	66.63	1	46.98	1	31.85	1	26.02	1
23	0.00	110.00	0.00	86.28	1	68.76	1	49.33	1	36.11	1	17.41	1
24	0.00	115.00	0.00	88.11	1	70.86	1	51.64	1	42.01	1	10.84	1

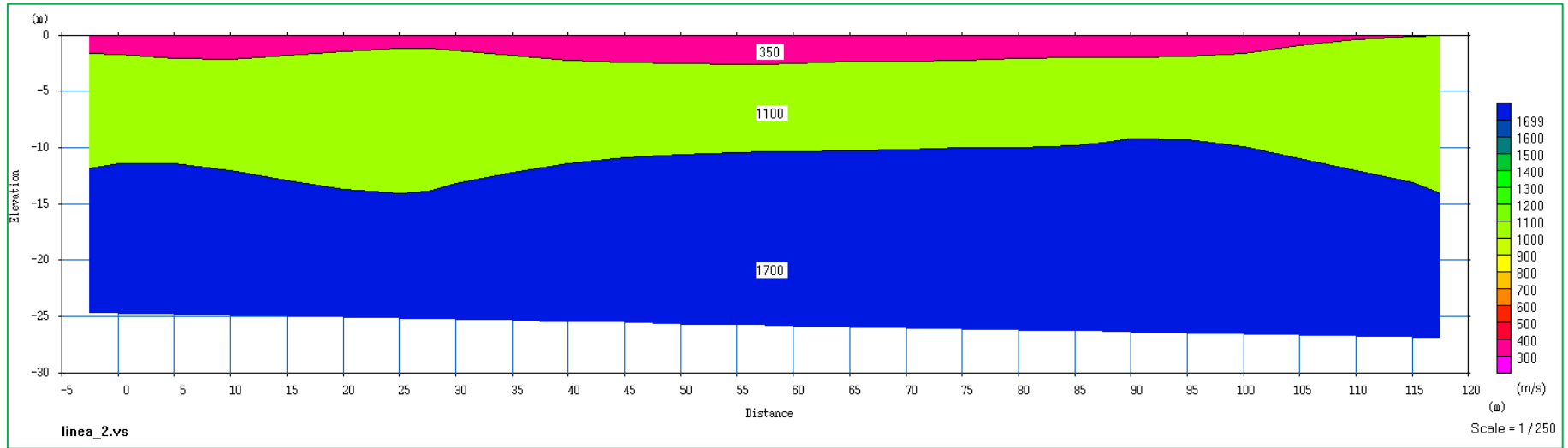


---

## DATI DI OUTPUT

---

SP	X-loc	Layer 2	Layer 3
1	-2.50	1.61	11.83
2	27.50	1.22	13.86
3	57.50	2.64	10.37
4	87.50	1.99	9.53
5	117.50	0.00	14.06
Geo			
1	0.00	1.74	11.38
2	5.00	2.08	11.43
3	10.00	2.19	12.03
4	15.00	1.83	12.93
5	20.00	1.41	13.70
6	25.00	1.22	14.06
7	30.00	1.39	13.15
8	35.00	1.84	12.20
9	40.00	2.26	11.41
10	45.00	2.42	10.91
11	50.00	2.52	10.62
12	55.00	2.59	10.45
13	60.00	2.50	10.33
14	65.00	2.29	10.25
15	70.00	2.31	10.14
16	75.00	2.26	10.05
17	80.00	2.07	9.95
18	85.00	1.99	9.80
19	90.00	1.99	9.25
20	95.00	1.92	9.29
21	100.00	1.62	9.90
22	105.00	0.97	10.94
23	110.00	0.38	12.06
24	115.00	0.13	13.09



## PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO SISpe 3

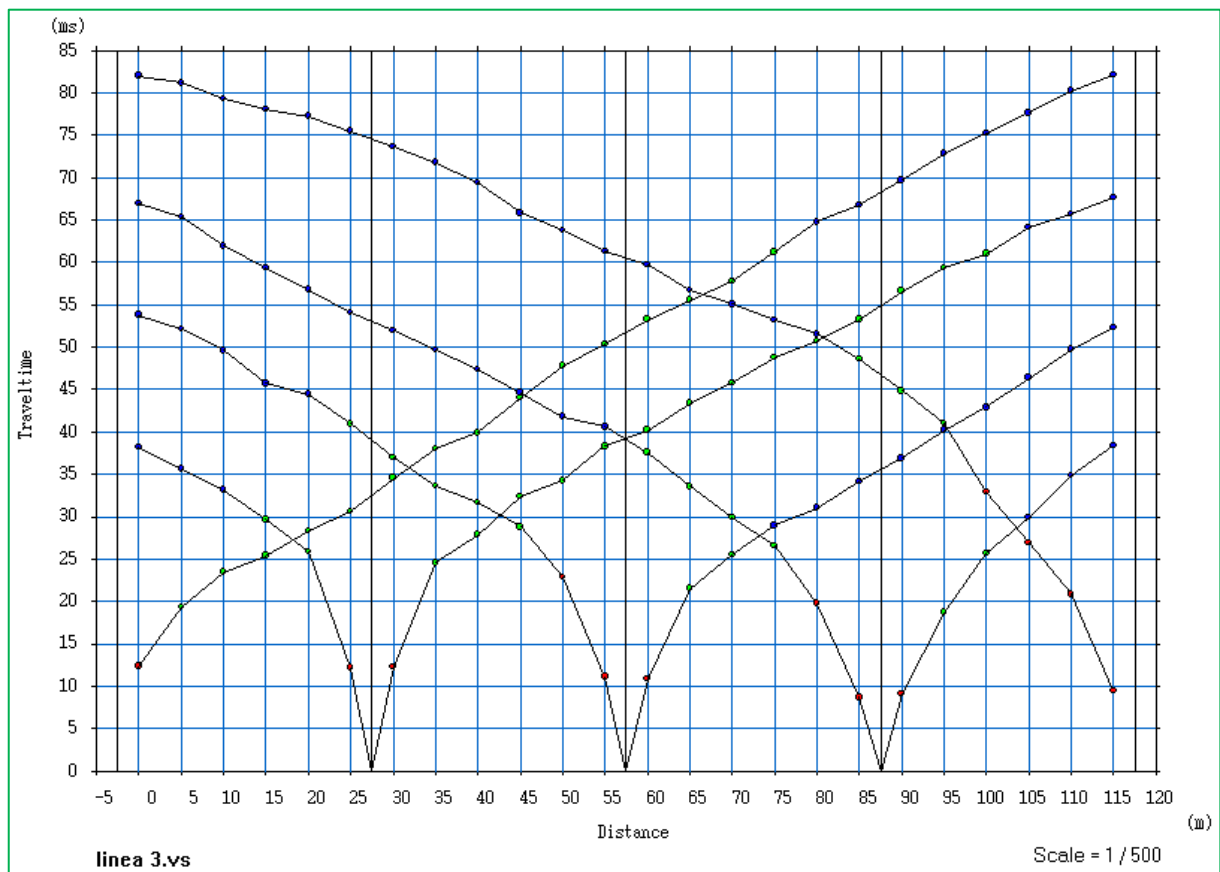


### DATI DI INPUT

The spread contains 5 shotpoints and 24 geophones

SP	Elev	X-loc	Y-Loc	Depth					
1	0.00	-2.50	0.00	0.00					
2	0.00	27.50	0.00	0.00					
3	0.00	57.50	0.00	0.00					
4	0.00	87.50	0.00	0.00					
5	0.00	117.50	0.00	0.00					
Geo	Elev	X-loc	Y-Loc	SP 1	SP 2	SP 3	SP 4	SP 5	
1	0.00	0.00	0.00	12.39 1	38.23 1	53.82 1	67.01 1	82.02 1	
2	0.00	5.00	0.00	19.37 1	35.69 1	52.18 1	65.37 1	81.23 1	
3	0.00	10.00	0.00	23.47 1	33.15 1	49.63 1	61.97 1	79.34 1	
4	0.00	15.00	0.00	25.42 1	29.72 1	45.76 1	59.41 1	78.07 1	
5	0.00	20.00	0.00	28.31 1	25.88 1	44.49 1	56.82 1	77.25 1	
6	0.00	25.00	0.00	30.68 1	12.17 1	40.95 1	54.12 1	75.52 1	
7	0.00	30.00	0.00	34.59 1	12.35 1	36.97 1	51.96 1	73.69 1	
8	0.00	35.00	0.00	38.01 1	24.59 1	33.69 1	49.70 1	71.81 1	
9	0.00	40.00	0.00	39.92 1	27.88 1	31.70 1	47.41 1	69.46 1	

10	0.00	45.00	0.00	44.06 1	32.39 1	28.80 1	44.61 1	65.88 1
11	0.00	50.00	0.00	47.81 1	34.27 1	22.91 1	41.82 1	63.75 1
12	0.00	55.00	0.00	50.44 1	38.31 1	11.14 1	40.63 1	61.32 1
13	0.00	60.00	0.00	53.26 1	40.24 1	10.91 1	37.60 1	59.70 1
14	0.00	65.00	0.00	55.59 1	43.44 1	21.52 1	33.57 1	56.75 1
15	0.00	70.00	0.00	57.83 1	45.80 1	25.52 1	29.99 1	55.11 1
16	0.00	75.00	0.00	61.28 1	48.80 1	28.95 1	26.55 1	53.24 1
17	0.00	80.00	0.00	64.85 1	50.74 1	31.10 1	19.78 1	51.56 1
18	0.00	85.00	0.00	66.76 1	53.26 1	34.16 1	8.74 1	48.61 1
19	0.00	90.00	0.00	69.72 1	56.63 1	36.92 1	9.14 1	44.86 1
20	0.00	95.00	0.00	72.87 1	59.43 1	40.22 1	18.74 1	41.06 1
21	0.00	100.00	0.00	75.26 1	61.10 1	42.94 1	25.69 1	32.99 1
22	0.00	105.00	0.00	77.68 1	64.18 1	46.44 1	29.98 1	26.90 1
23	0.00	110.00	0.00	80.27 1	65.77 1	49.78 1	34.89 1	20.86 1
24	0.00	115.00	0.00	82.10 1	67.66 1	52.35 1	38.38 1	9.46 1



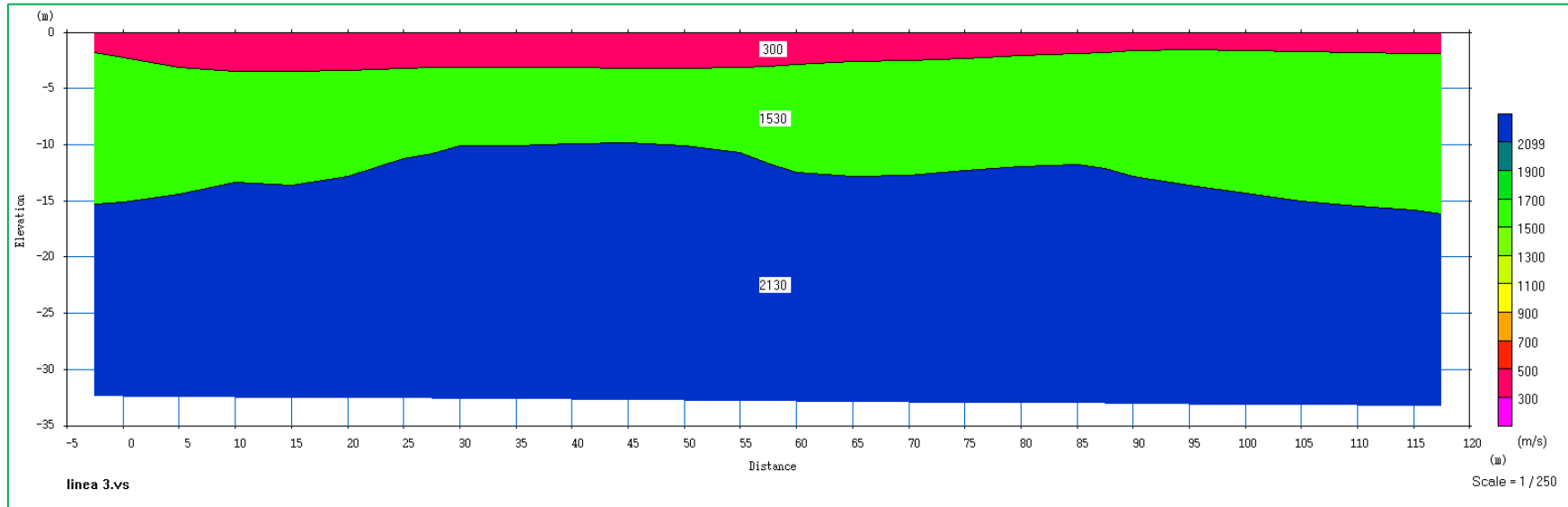


---

## DATI DI OUTPUT

---

SP	X-loc	Layer 2	Layer 3
1	-2.50	1.76	15.25
2	27.50	3.16	10.77
3	57.50	3.03	11.63
4	87.50	1.79	12.15
5	117.50	1.87	16.15
Geo			
1	0.00	2.27	15.14
2	5.00	3.13	14.38
3	10.00	3.50	13.33
4	15.00	3.49	13.66
5	20.00	3.35	12.80
6	25.00	3.22	11.26
7	30.00	3.12	10.10
8	35.00	3.11	10.09
9	40.00	3.16	9.89
10	45.00	3.21	9.80
11	50.00	3.18	10.06
12	55.00	3.13	10.72
13	60.00	2.85	12.46
14	65.00	2.65	12.86
15	70.00	2.51	12.76
16	75.00	2.34	12.35
17	80.00	2.08	11.91
18	85.00	1.88	11.79
19	90.00	1.65	12.84
20	95.00	1.56	13.63
21	100.00	1.63	14.36
22	105.00	1.73	14.98
23	110.00	1.82	15.46
24	115.00	1.85	15.83



## PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO SISpe 4

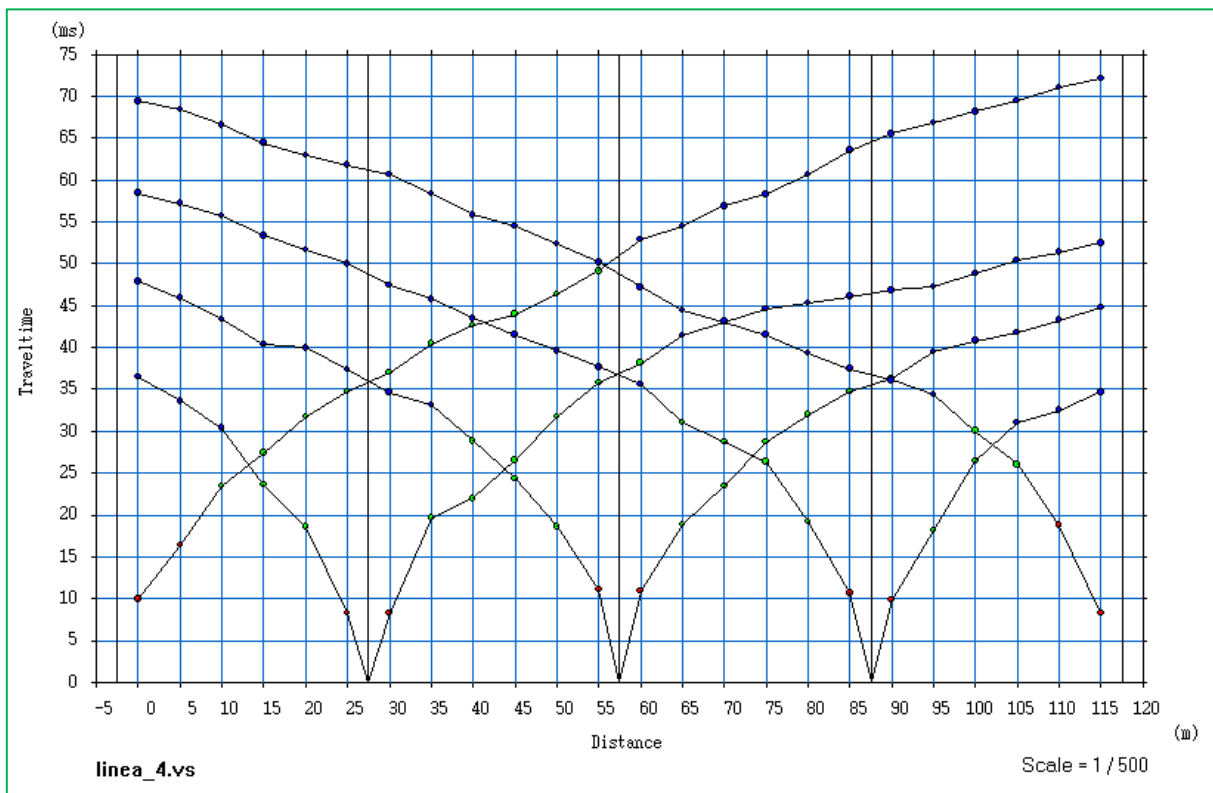


### DATI DI INPUT

The spread contains 5 shotpoints and 24 geophones

SP	Elev	X-loc	Y-Loc	Depth					
1	0.00	-2.50	0.00	0.00					
2	0.00	27.50	0.00	0.00					
3	0.00	57.50	0.00	0.00					
4	0.00	87.50	0.00	0.00					
5	0.00	117.50	0.00	0.00					
Geo	Elev	X-loc	Y-Loc	SP 1	SP 2	SP 3	SP 4	SP 5	
1	0.00	0.00	0.00	10.00 1	36.52 1	47.91 1	58.46 1	69.44 1	
2	0.00	5.00	0.00	16.43 1	33.62 1	45.91 1	57.24 1	68.41 1	
3	0.00	10.00	0.00	23.45 1	30.44 1	43.36 1	55.75 1	66.61 1	
4	0.00	15.00	0.00	27.41 1	23.68 1	40.39 1	53.35 1	64.48 1	
5	0.00	20.00	0.00	31.75 1	18.57 1	39.97 1	51.74 1	62.99 1	
6	0.00	25.00	0.00	34.70 1	8.34 1	37.41 1	50.03 1	61.83 1	
7	0.00	30.00	0.00	37.07 1	8.34 1	34.61 1	47.47 1	60.74 1	
8	0.00	35.00	0.00	40.47 1	19.65 1	33.15 1	45.84 1	58.41 1	
9	0.00	40.00	0.00	42.74 1	22.00 1	28.88 1	43.53 1	55.87 1	
10	0.00	45.00	0.00	43.99 1	26.60 1	24.35 1	41.52 1	54.49 1	

11	0.00	50.00	0.00	46.43	31.71	18.61	39.64	52.36
12	0.00	55.00	0.00	49.16	35.83	11.14	37.67	50.22
13	0.00	60.00	0.00	52.94	38.18	10.91	35.62	47.23
14	0.00	65.00	0.00	54.52	41.41	18.91	31.09	44.47
15	0.00	70.00	0.00	56.93	43.07	23.48	28.74	43.12
16	0.00	75.00	0.00	58.33	44.61	28.74	26.39	41.50
17	0.00	80.00	0.00	60.66	45.37	32.04	19.23	39.39
18	0.00	85.00	0.00	63.55	46.15	34.74	10.73	37.49
19	0.00	90.00	0.00	65.58	46.89	36.26	9.92	36.13
20	0.00	95.00	0.00	66.89	47.30	39.50	18.16	34.42
21	0.00	100.00	0.00	68.22	48.85	40.81	26.48	30.07
22	0.00	105.00	0.00	69.47	50.41	41.82	31.02	26.06
23	0.00	110.00	0.00	71.08	51.43	43.30	32.51	18.79
24	0.00	115.00	0.00	72.15	52.50	44.77	34.68	8.25



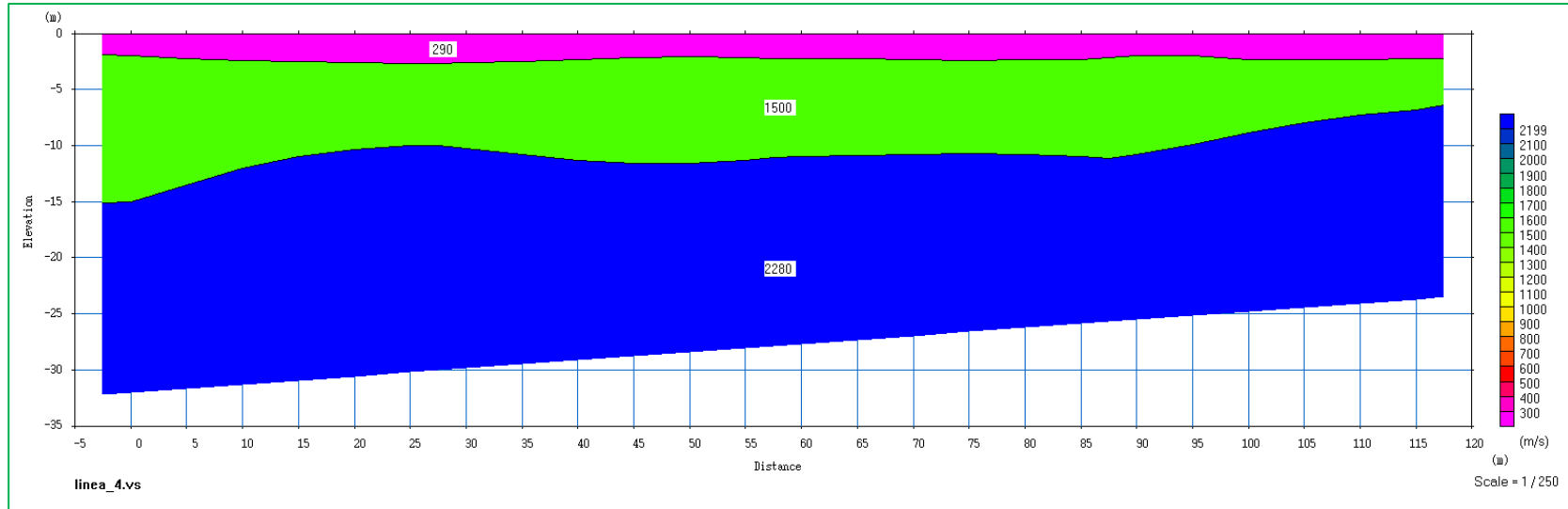
---

## DATI DI OUTPUT

---

SP	X-loc	Layer 2	Layer 3
1	-2.50	1.89	15.09
2	27.50	2.71	9.96
3	57.50	2.25	11.10
4	87.50	2.16	11.11
5	117.50	2.22	6.41
Geo			
1	0.00	1.99	15.00
2	5.00	2.21	13.52
3	10.00	2.40	11.99
4	15.00	2.46	10.97
5	20.00	2.56	10.31
6	25.00	2.69	9.96
7	30.00	2.61	10.28
8	35.00	2.45	10.79
9	40.00	2.30	11.32
10	45.00	2.15	11.62
11	50.00	2.08	11.58
12	55.00	2.13	11.32
13	60.00	2.26	10.99
14	65.00	2.21	10.89
15	70.00	2.35	10.77
16	75.00	2.41	10.71
17	80.00	2.34	10.78
18	85.00	2.29	10.99
19	90.00	1.93	10.77
20	95.00	2.00	9.92
21	100.00	2.30	8.88
22	105.00	2.37	7.97
23	110.00	2.32	7.30
24	115.00	2.26	6.82





## PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO SISpe 5

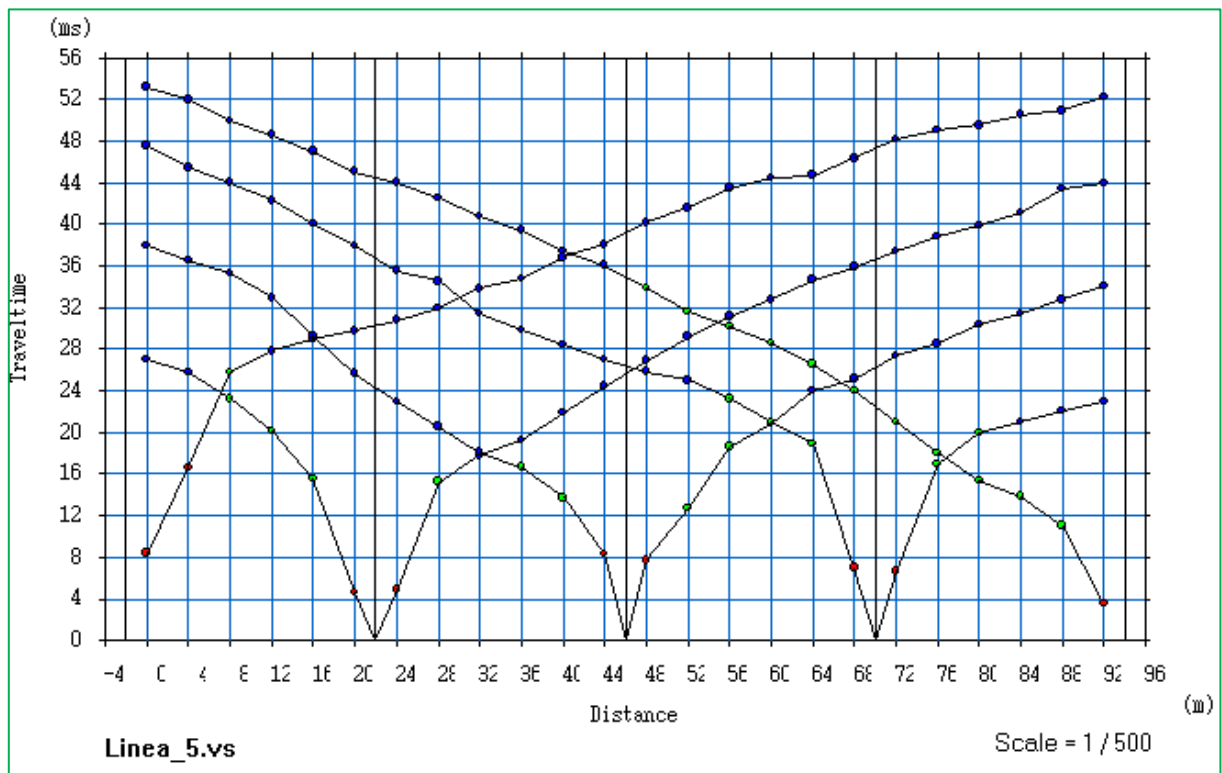


### DATI DI INPUT

The spread contains 5 shotpoints and 24 geophones

SP	Elev	X-loc	Y-Loc	Depth					
1	0.00	-2.00	0.00	0.00					
2	0.00	22.00	0.00	0.00					
3	0.00	46.00	0.00	0.00					
4	0.00	70.00	0.00	0.00					
5	0.00	94.00	0.00	0.00					
Geo	Elev	X-loc	Y-Loc	SP 1	SP 2	SP 3	SP 4	SP 5	
1	0.00	0.00	0.00	8.40 1	27.04 1	37.98 1	47.56 1	53.23 1	
2	0.00	4.00	0.00	16.70 1	25.81 1	36.60 1	45.52 1	52.04 1	
3	0.00	8.00	0.00	25.81 1	23.29 1	35.34 1	44.04 1	49.98 1	
4	0.00	12.00	0.00	27.90 1	20.19 1	32.97 1	42.32 1	48.65 1	
5	0.00	16.00	0.00	29.06 1	15.58 1	29.32 1	40.14 1	47.01 1	
6	0.00	20.00	0.00	29.85 1	4.65 1	25.71 1	38.01 1	45.13 1	
7	0.00	24.00	0.00	30.81 1	4.89 1	23.04 1	35.56 1	44.04 1	
8	0.00	28.00	0.00	32.02 1	15.29 1	20.60 1	34.59 1	42.57 1	
9	0.00	32.00	0.00	33.86 1	17.82 1	18.14 1	31.41 1	40.81 1	
10	0.00	36.00	0.00	34.83 1	19.28 1	16.71 1	29.86 1	39.48 1	

11	0.00	40.00	0.00	36.87 1	21.95 1	13.79 1	28.44 1	37.45 1
12	0.00	44.00	0.00	38.05 1	24.49 1	8.39 1	27.04 1	36.11 1
13	0.00	48.00	0.00	40.23 1	26.92 1	7.75 1	25.85 1	33.90 1
14	0.00	52.00	0.00	41.62 1	29.25 1	12.78 1	25.03 1	31.65 1
15	0.00	56.00	0.00	43.52 1	31.19 1	18.61 1	23.29 1	30.20 1
16	0.00	60.00	0.00	44.54 1	32.83 1	20.94 1	21.07 1	28.66 1
17	0.00	64.00	0.00	44.80 1	34.68 1	24.09 1	18.96 1	26.58 1
18	0.00	68.00	0.00	46.38 1	35.91 1	25.19 1	7.02 1	24.06 1
19	0.00	72.00	0.00	48.22 1	37.49 1	27.39 1	6.70 1	21.01 1
20	0.00	76.00	0.00	49.09 1	38.85 1	28.59 1	17.03 1	18.07 1
21	0.00	80.00	0.00	49.57 1	39.93 1	30.40 1	19.95 1	15.38 1
22	0.00	84.00	0.00	50.57 1	41.17 1	31.41 1	21.02 1	13.86 1
23	0.00	88.00	0.00	50.99 1	43.49 1	32.81 1	22.08 1	11.06 1
24	0.00	92.00	0.00	52.30 1	43.98 1	34.08 1	23.05 1	3.60 1

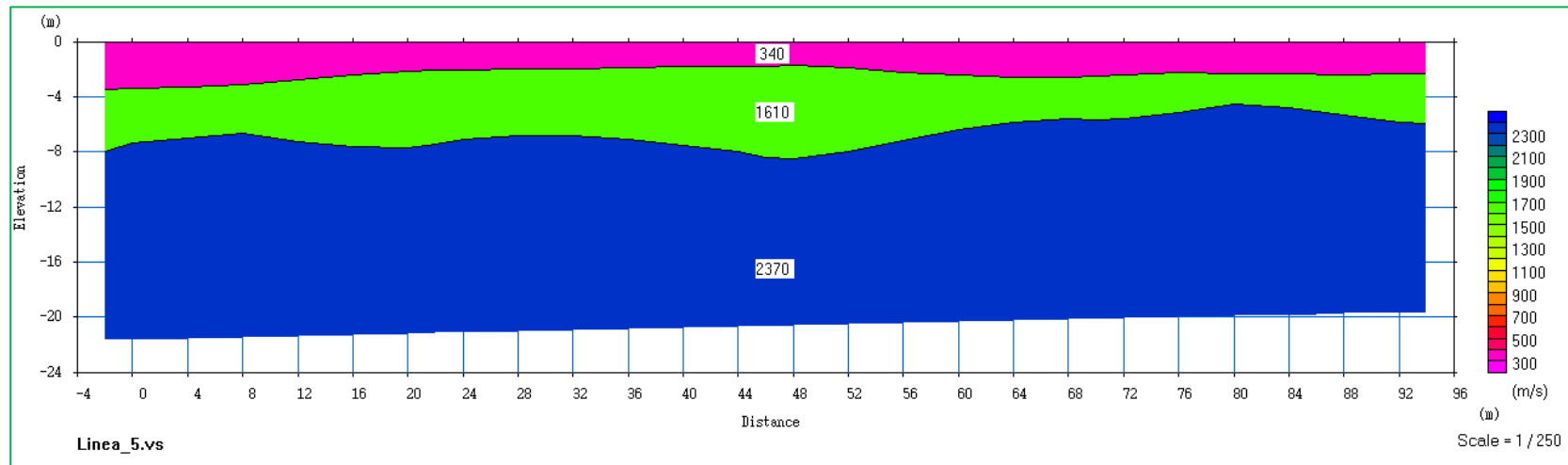


---

## DATI DI OUTPUT

---

SP	X-loc	Layer 2	Layer 3
1	-2.00	3.49	7.94
2	22.00	2.10	7.45
3	46.00	1.75	8.43
4	70.00	2.52	5.64
5	94.00	2.35	5.90
Geo			
1	0.00	3.42	7.38
2	4.00	3.28	6.95
3	8.00	3.13	6.64
4	12.00	2.81	7.26
5	16.00	2.42	7.63
6	20.00	2.19	7.68
7	24.00	2.07	7.10
8	28.00	2.02	6.83
9	32.00	1.94	6.81
10	36.00	1.89	7.07
11	40.00	1.82	7.50
12	44.00	1.78	8.02
13	48.00	1.72	8.46
14	52.00	1.88	7.99
15	56.00	2.20	7.18
16	60.00	2.44	6.37
17	64.00	2.56	5.83
18	68.00	2.57	5.62
19	72.00	2.39	5.57
20	76.00	2.26	5.18
21	80.00	2.29	4.53
22	84.00	2.37	4.84
23	88.00	2.38	5.28
24	92.00	2.36	5.87





## PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO SISpe 6

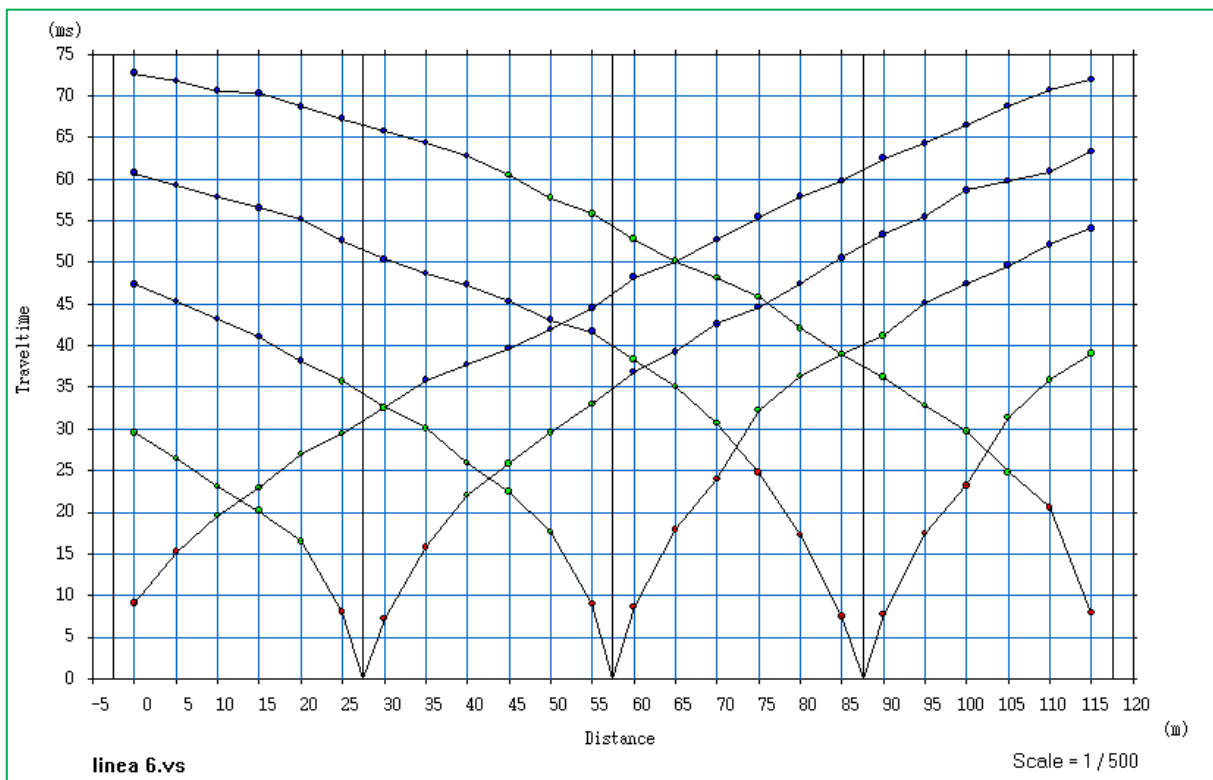


### DATI DI INPUT

The spread contains 5 shotpoints and 24 geophones

SP	Elev	X-loc	Y-Loc	Depth					
1	0.00	-2.50	0.00	0.00					
2	0.00	27.50	0.00	0.00					
3	0.00	57.50	0.00	0.00					
4	0.00	87.50	0.00	0.00					
5	0.00	117.50	0.00	0.00					
Geo	Elev	X-loc	Y-Loc	SP 1	SP 2	SP 3	SP 4	SP 5	
1	0.00	0.00	0.00	9.09 1	29.56 1	47.39 1	60.77 1	72.73 1	
2	0.00	5.00	0.00	15.21 1	26.49 1	45.32 1	59.30 1	71.83 1	
3	0.00	10.00	0.00	19.56 1	23.12 1	43.23 1	57.90 1	70.62 1	
4	0.00	15.00	0.00	22.95 1	20.19 1	41.14 1	56.57 1	70.31 1	
5	0.00	20.00	0.00	27.04 1	16.51 1	38.19 1	55.25 1	68.74 1	
6	0.00	25.00	0.00	29.50 1	8.02 1	35.77 1	52.64 1	67.26 1	
7	0.00	30.00	0.00	32.60 1	7.26 1	32.58 1	50.37 1	65.81 1	
8	0.00	35.00	0.00	35.89 1	15.85 1	30.12 1	48.66 1	64.38 1	
9	0.00	40.00	0.00	37.74 1	22.03 1	25.94 1	47.34 1	62.80 1	
10	0.00	45.00	0.00	39.66 1	25.90 1	22.49 1	45.39 1	60.52 1	

11	0.00	50.00	0.00	42.02 1	29.57 1	17.61 1	43.14 1	57.76 1
12	0.00	55.00	0.00	44.53 1	33.00 1	9.04 1	41.72 1	55.87 1
13	0.00	60.00	0.00	48.21 1	36.90 1	8.63 1	38.38 1	52.83 1
14	0.00	65.00	0.00	50.16 1	39.25 1	17.92 1	35.11 1	50.19 1
15	0.00	70.00	0.00	52.78 1	42.61 1	23.96 1	30.71 1	48.17 1
16	0.00	75.00	0.00	55.46 1	44.66 1	32.27 1	24.79 1	45.88 1
17	0.00	80.00	0.00	57.92 1	47.47 1	36.33 1	17.33 1	42.14 1
18	0.00	85.00	0.00	59.77 1	50.57 1	39.04 1	7.51 1	38.98 1
19	0.00	90.00	0.00	62.55 1	53.39 1	41.22 1	7.76 1	36.22 1
20	0.00	95.00	0.00	64.33 1	55.50 1	45.17 1	17.49 1	32.83 1
21	0.00	100.00	0.00	66.51 1	58.67 1	47.48 1	23.21 1	29.78 1
22	0.00	105.00	0.00	68.84 1	59.81 1	49.62 1	31.38 1	24.81 1
23	0.00	110.00	0.00	70.76 1	60.94 1	52.18 1	35.93 1	20.57 1
24	0.00	115.00	0.00	72.00 1	63.31 1	54.10 1	39.09 1	7.98 1

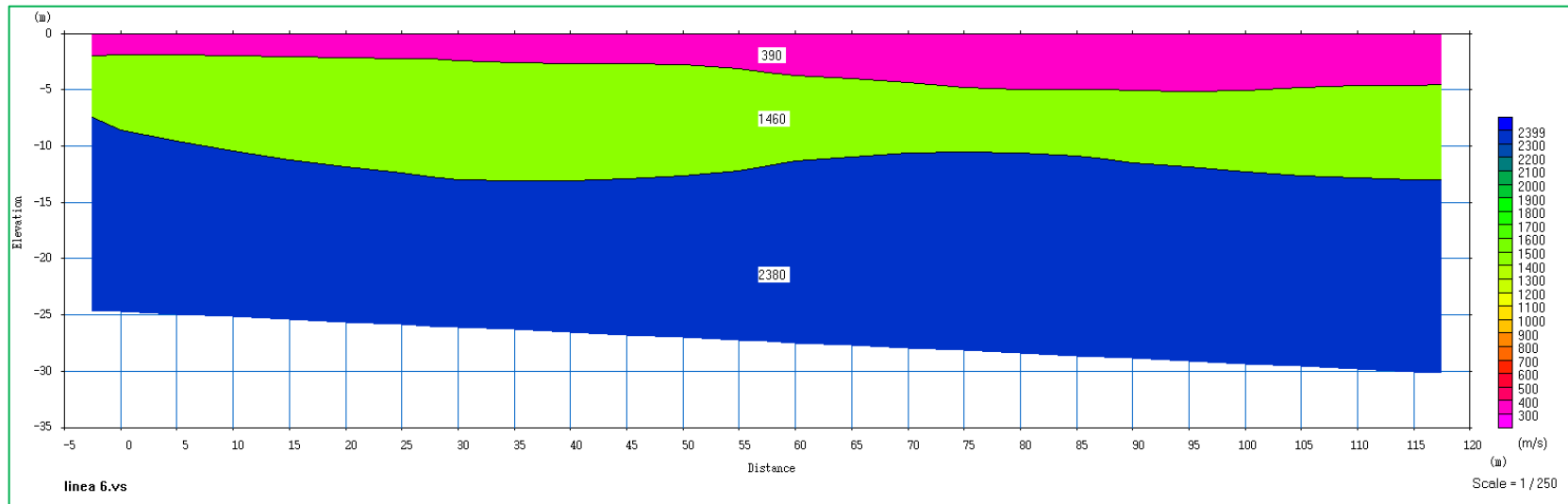


---

## DATI DI OUTPUT

---

SP	X-loc	Layer 2	Layer 3
1	-2.50	1.93	7.47
2	27.50	2.24	12.76
3	57.50	3.46	11.76
4	87.50	4.99	11.19
5	117.50	4.54	13.05
Geo			
1	0.00	1.89	8.60
2	5.00	1.88	9.59
3	10.00	1.98	10.45
4	15.00	2.08	11.22
5	20.00	2.17	11.89
6	25.00	2.22	12.42
7	30.00	2.42	12.95
8	35.00	2.65	13.06
9	40.00	2.70	13.08
10	45.00	2.69	12.94
11	50.00	2.82	12.62
12	55.00	3.13	12.19
13	60.00	3.77	11.37
14	65.00	4.01	10.99
15	70.00	4.36	10.65
16	75.00	4.78	10.50
17	80.00	4.99	10.63
18	85.00	5.02	10.91
19	90.00	5.03	11.47
20	95.00	5.17	11.84
21	100.00	5.04	12.28
22	105.00	4.77	12.64
23	110.00	4.64	12.86
24	115.00	4.58	12.98





## PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO SISpe 7



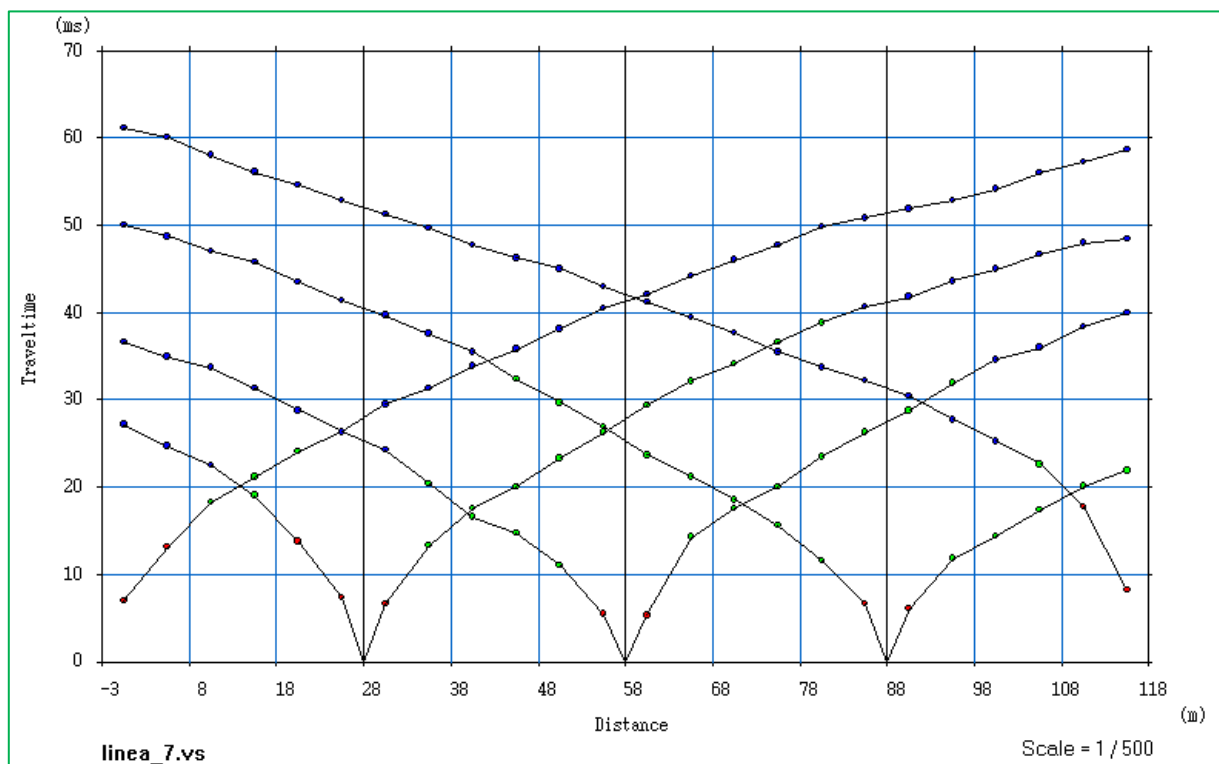
### DATI DI INPUT

The spread contains 6 shotpoints and 24 geophones

SP	Elev	X-loc	Y-Loc	Depth						
1	0.00	-2.50	0.00	0.00						
2	0.00	27.50	0.00	0.00						
3	0.00	57.50	0.00	0.00						
4	0.00	87.50	0.00	0.00						
5	0.00	117.50	0.00	0.00						
Geo	Elev	X-loc	Y-Loc	SP 1	SP 2	SP 3	SP 4	SP 5	SP 6	
1	0.00	0.00	0.00	6.99 1	0.00 -1	27.19 1	36.66 1	50.09 1	61.11 1	
2	0.00	5.00	0.00	13.15 1	0.00 -1	24.72 1	34.91 1	48.73 1	60.09 1	
3	0.00	10.00	0.00	18.26 1	0.00 -1	22.54 1	33.70 1	47.10 1	58.01 1	
4	0.00	15.00	0.00	21.16 1	0.00 -1	19.07 1	31.31 1	45.76 1	56.12 1	
5	0.00	20.00	0.00	24.05 1	0.00 -1	13.79 1	28.84 1	43.51 1	54.63 1	
6	0.00	25.00	0.00	26.32 1	0.00 -1	7.32 1	26.31 1	41.41 1	52.86 1	
7	0.00	30.00	0.00	29.55 1	0.00 -1	6.61 1	24.27 1	39.73 1	51.26 1	
8	0.00	35.00	0.00	31.40 1	0.00 -1	13.38 1	20.41 1	37.57 1	49.65 1	
9	0.00	40.00	0.00	33.87 1	0.00 -1	17.58 1	16.58 1	35.52 1	47.70 1	



10	0.00	45.00	0.00	35.81	1	0.00	-1	20.07	1	14.75	1	32.41	1	46.30	1
11	0.00	50.00	0.00	38.18	1	0.00	-1	23.31	1	11.05	1	29.68	1	45.05	1
12	0.00	55.00	0.00	40.52	1	0.00	-1	26.25	1	5.48	1	26.96	1	42.95	1
13	0.00	60.00	0.00	42.14	1	0.00	-1	29.37	1	5.38	1	23.66	1	41.20	1
14	0.00	65.00	0.00	44.25	1	0.00	-1	32.20	1	14.32	1	21.22	1	39.45	1
15	0.00	70.00	0.00	46.09	1	0.00	-1	34.19	1	17.56	1	18.57	1	37.65	1
16	0.00	75.00	0.00	47.75	1	0.00	-1	36.62	1	20.03	1	15.61	1	35.55	1
17	0.00	80.00	0.00	49.87	1	0.00	-1	38.87	1	23.53	1	11.62	1	33.80	1
18	0.00	85.00	0.00	50.89	1	0.00	-1	40.71	1	26.25	1	6.65	1	32.20	1
19	0.00	90.00	0.00	51.92	1	0.00	-1	41.83	1	28.81	1	6.15	1	30.45	1
20	0.00	95.00	0.00	52.89	1	0.00	-1	43.62	1	31.91	1	11.85	1	27.80	1
21	0.00	100.00	0.00	54.18	1	0.00	-1	44.99	1	34.62	1	14.40	1	25.30	1
22	0.00	105.00	0.00	56.01	1	0.00	-1	46.65	1	35.98	1	17.43	1	22.65	1
23	0.00	110.00	0.00	57.28	1	0.00	-1	47.97	1	38.43	1	20.10	1	17.80	1
24	0.00	115.00	0.00	58.65	1	0.00	-1	48.44	1	39.97	1	21.95	1	8.22	1

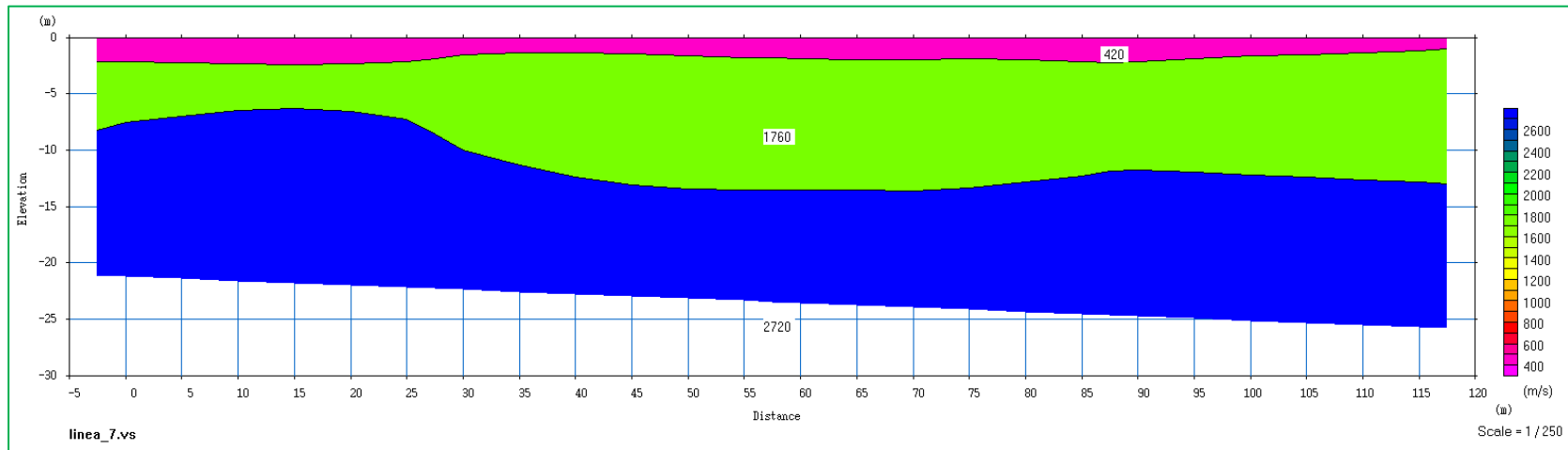


---

## DATI DI OUTPUT

---

SP	X-loc	Layer 2	Layer 3
1	-2.50	2.11	8.26
2	0.00	2.13	7.56
3	27.50	1.88	8.56
4	57.50	1.83	13.48
5	87.50	2.23	11.88
6	117.50	1.03	12.95
Geo			
1	0.00	2.13	7.56
2	5.00	2.22	6.95
3	10.00	2.34	6.51
4	15.00	2.41	6.32
5	20.00	2.36	6.54
6	25.00	2.17	7.31
7	30.00	1.56	10.00
8	35.00	1.35	11.34
9	40.00	1.36	12.40
10	45.00	1.46	13.09
11	50.00	1.61	13.41
12	55.00	1.77	13.48
13	60.00	1.90	13.49
14	65.00	1.97	13.56
15	70.00	1.95	13.58
16	75.00	1.86	13.36
17	80.00	1.95	12.87
18	85.00	2.16	12.29
19	90.00	2.17	11.79
20	95.00	1.92	11.95
21	100.00	1.67	12.19
22	105.00	1.55	12.42
23	110.00	1.38	12.62
24	115.00	1.17	12.79



## PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO SISpe 8

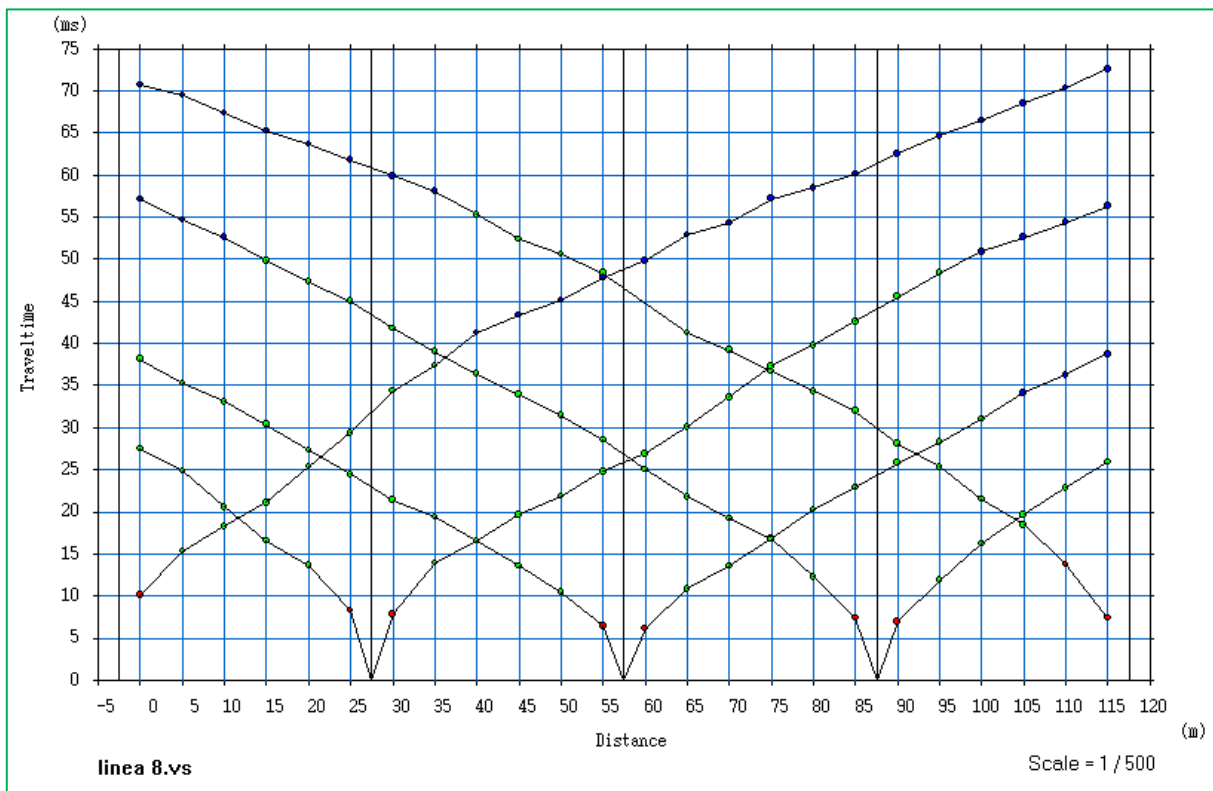


### DATI DI INPUT

The spread contains 5 shotpoints and 24 geophones

SP	Elev	X-loc	Y-Loc	Depth					
1	0.00	-2.50	0.00	0.00					
2	0.00	27.50	0.00	0.00					
3	0.00	57.50	0.00	0.00					
4	0.00	87.50	0.00	0.00					
5	0.00	117.50	0.00	0.00					
Geo	Elev	X-loc	Y-Loc	SP 1	SP 2	SP 3	SP 4	SP 5	
1	0.00	0.00	0.00	10.10 1	27.50 1	38.18 1	57.20 1	70.74 1	
2	0.00	5.00	0.00	15.37 1	24.88 1	35.26 1	54.67 1	69.46 1	
3	0.00	10.00	0.00	18.26 1	20.59 1	33.12 1	52.62 1	67.45 1	
4	0.00	15.00	0.00	21.13 1	16.62 1	30.42 1	49.86 1	65.26 1	
5	0.00	20.00	0.00	25.43 1	13.66 1	27.32 1	47.31 1	63.66 1	
6	0.00	25.00	0.00	29.41 1	8.27 1	24.49 1	45.07 1	61.80 1	
7	0.00	30.00	0.00	34.44 1	7.87 1	21.41 1	41.83 1	59.90 1	
8	0.00	35.00	0.00	37.42 1	13.96 1	19.42 1	39.07 1	58.11 1	
9	0.00	40.00	0.00	41.26 1	16.59 1	16.58 1	36.44 1	55.31 1	
10	0.00	45.00	0.00	43.37 1	19.73 1	13.61 1	33.92 1	52.44 1	

11	0.00	50.00	0.00	45.15 1	21.87 1	10.49 1	31.46 1	50.64 1
12	0.00	55.00	0.00	47.89 1	24.80 1	6.48 1	28.58 1	48.40 1
13	0.00	60.00	0.00	49.89 1	26.93 1	6.25 1	25.08 1	0.00 -1
14	0.00	65.00	0.00	52.94 1	30.13 1	10.89 1	21.82 1	41.27 1
15	0.00	70.00	0.00	54.35 1	33.60 1	13.59 1	19.27 1	39.22 1
16	0.00	75.00	0.00	57.22 1	37.33 1	17.00 1	16.79 1	36.69 1
17	0.00	80.00	0.00	58.52 1	39.83 1	20.26 1	12.27 1	34.32 1
18	0.00	85.00	0.00	60.14 1	42.62 1	22.92 1	7.42 1	32.01 1
19	0.00	90.00	0.00	62.60 1	45.57 1	25.84 1	7.02 1	28.14 1
20	0.00	95.00	0.00	64.65 1	48.42 1	28.29 1	11.87 1	25.33 1
21	0.00	100.00	0.00	66.55 1	50.93 1	31.03 1	16.23 1	21.51 1
22	0.00	105.00	0.00	68.55 1	52.60 1	34.18 1	19.72 1	18.49 1
23	0.00	110.00	0.00	70.37 1	54.43 1	36.28 1	22.88 1	13.78 1
24	0.00	115.00	0.00	72.63 1	56.34 1	38.78 1	25.96 1	7.41 1



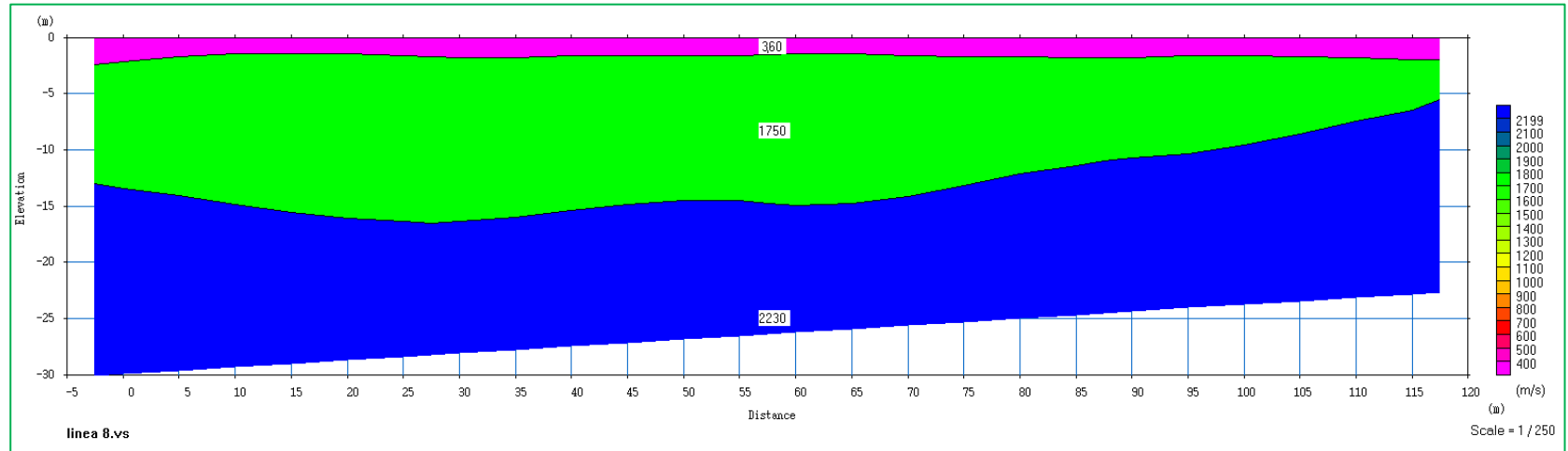


---

## DATI DI OUTPUT

---

SP	X-loc	Layer 2	Layer 3
1	-2.50	2.42	12.97
2	27.50	1.71	16.51
3	57.50	1.57	14.77
4	87.50	1.83	10.97
5	117.50	2.01	5.54
Geo			
1	0.00	2.15	13.41
2	5.00	1.71	14.08
3	10.00	1.49	14.87
4	15.00	1.41	15.58
5	20.00	1.48	16.08
6	25.00	1.60	16.39
7	30.00	1.79	16.39
8	35.00	1.75	16.00
9	40.00	1.64	15.40
10	45.00	1.60	14.83
11	50.00	1.64	14.51
12	55.00	1.65	14.54
13	60.00	1.49	14.91
14	65.00	1.50	14.74
15	70.00	1.61	14.14
16	75.00	1.69	13.18
17	80.00	1.75	12.16
18	85.00	1.82	11.38
19	90.00	1.75	10.75
20	95.00	1.65	10.35
21	100.00	1.61	9.59
22	105.00	1.69	8.56
23	110.00	1.84	7.48
24	115.00	1.95	6.48



## PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO SISpe 9

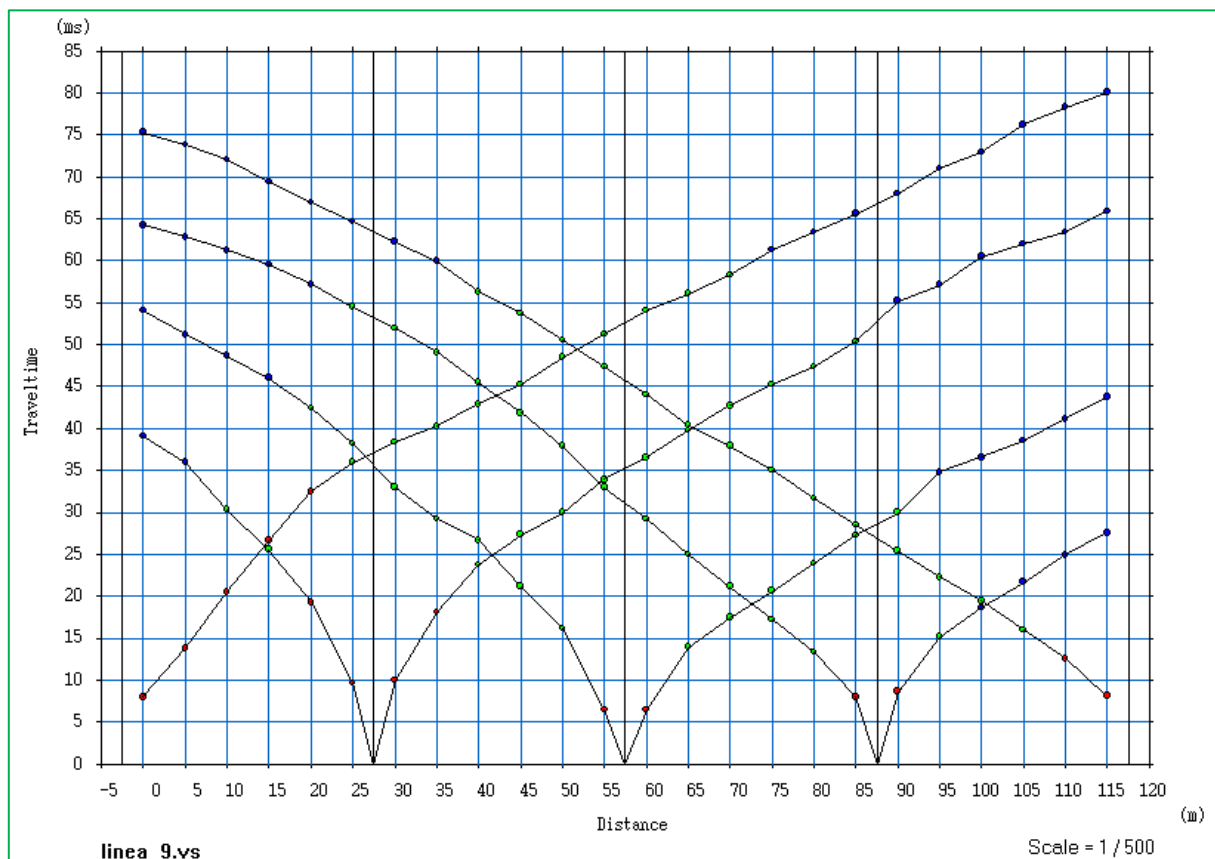


### DATI DI INPUT

The spread contains 5 shotpoints and 24 geophones

SP	Elev	X-loc	Y-Loc	Depth					
1	0.00	-2.50	0.00	0.00					
2	0.00	27.50	0.00	0.00					
3	0.00	57.50	0.00	0.00					
4	0.00	87.50	0.00	0.00					
5	0.00	117.50	0.00	0.00					
Geo	Elev	X-loc	Y-Loc	SP 1	SP 2	SP 3	SP 4	SP 5	
1	0.00	0.00	0.00	8.00 1	39.12 1	54.09 1	64.27 1	75.31 1	
2	0.00	5.00	0.00	13.83 1	36.04 1	51.22 1	62.90 1	73.88 1	
3	0.00	10.00	0.00	20.53 1	30.36 1	48.71 1	61.27 1	72.05 1	
4	0.00	15.00	0.00	26.67 1	25.58 1	46.07 1	59.57 1	69.49 1	
5	0.00	20.00	0.00	32.53 1	19.26 1	42.50 1	57.24 1	67.03 1	
6	0.00	25.00	0.00	36.00 1	9.65 1	38.20 1	54.51 1	64.65 1	
7	0.00	30.00	0.00	38.40 1	10.03 1	33.02 1	52.00 1	62.30 1	
8	0.00	35.00	0.00	40.27 1	18.13 1	29.27 1	49.12 1	59.95 1	
9	0.00	40.00	0.00	42.93 1	23.78 1	26.73 1	45.53 1	56.34 1	
10	0.00	45.00	0.00	45.33 1	27.40 1	21.16 1	41.87 1	53.71 1	
11	0.00	50.00	0.00	48.53 1	30.02 1	16.19 1	37.94 1	50.56 1	

12	0.00	55.00	0.00	51.35 1	33.91 1	6.50 1	33.01 1	47.42 1
13	0.00	60.00	0.00	54.08 1	36.58 1	6.50 1	29.24 1	44.04 1
14	0.00	65.00	0.00	56.15 1	39.83 1	13.96 1	25.05 1	40.43 1
15	0.00	70.00	0.00	58.37 1	42.77 1	17.45 1	21.19 1	37.94 1
16	0.00	75.00	0.00	61.33 1	45.26 1	20.68 1	17.29 1	35.02 1
17	0.00	80.00	0.00	63.44 1	47.41 1	23.91 1	13.34 1	31.65 1
18	0.00	85.00	0.00	65.60 1	50.38 1	27.32 1	8.04 1	28.53 1
19	0.00	90.00	0.00	68.00 1	55.24 1	30.03 1	8.69 1	25.44 1
20	0.00	95.00	0.00	71.07 1	57.18 1	34.82 1	15.19 1	22.28 1
21	0.00	100.00	0.00	72.98 1	60.53 1	36.57 1	18.67 1	19.45 1
22	0.00	105.00	0.00	76.30 1	62.10 1	38.59 1	21.75 1	15.97 1
23	0.00	110.00	0.00	78.32 1	63.40 1	41.16 1	24.93 1	12.56 1
24	0.00	115.00	0.00	80.12 1	65.93 1	43.79 1	27.57 1	8.12 1



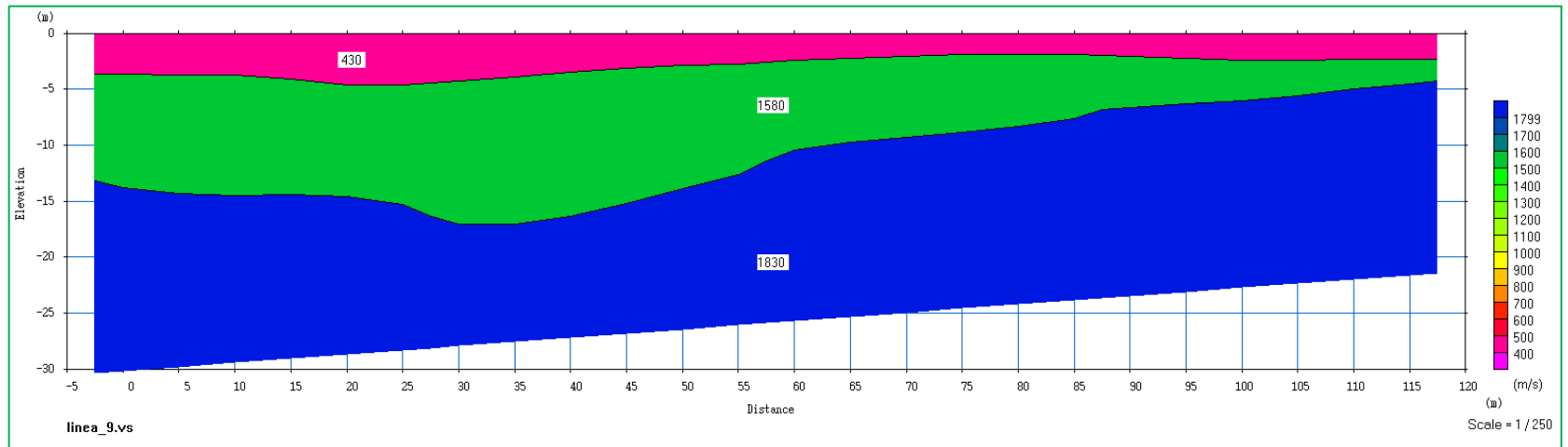
---

## DATI DI OUTPUT

---

SP	X-loc	Layer 2	Layer 3
1	-2.50	3.65	13.22
2	27.50	4.43	16.34
3	57.50	2.63	11.44
4	87.50	1.97	6.86
5	117.50	2.29	4.28
Geo			
1	0.00	3.66	13.76
2	5.00	3.77	14.32
3	10.00	3.75	14.49
4	15.00	4.14	14.40
5	20.00	4.67	14.60
6	25.00	4.61	15.34
7	30.00	4.23	17.05
8	35.00	3.88	17.04
9	40.00	3.46	16.32
10	45.00	3.12	15.18
11	50.00	2.88	13.91
12	55.00	2.74	12.65
13	60.00	2.44	10.43
14	65.00	2.20	9.75
15	70.00	2.05	9.31
16	75.00	1.92	8.86
17	80.00	1.87	8.29
18	85.00	1.92	7.64
19	90.00	2.03	6.60
20	95.00	2.22	6.29
21	100.00	2.41	6.02
22	105.00	2.43	5.58
23	110.00	2.37	4.97
24	115.00	2.32	4.50





## PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO SISpe 10

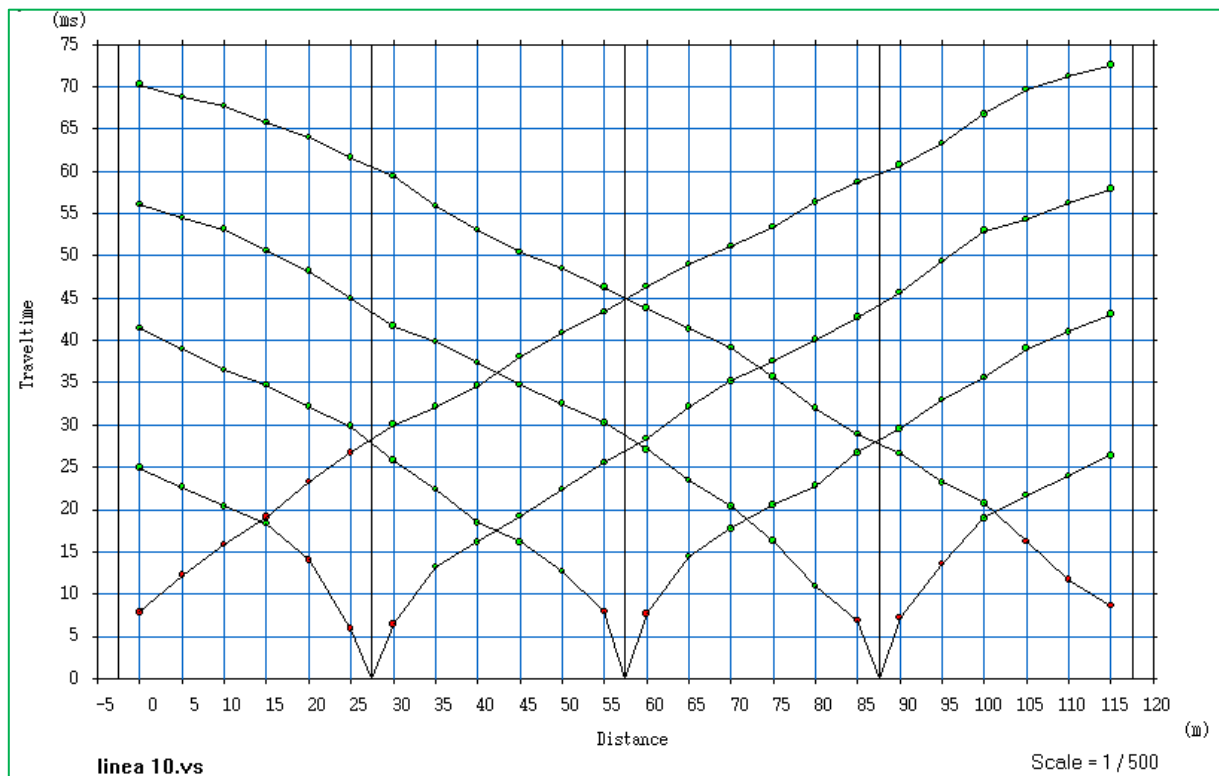


### DATI DI INPUT

The spread contains 5 shotpoints and 24 geophones

SP	Elev	X-loc	Y-Loc	Depth					
1	0.00	-2.50	0.00	0.00					
2	0.00	27.50	0.00	0.00					
3	0.00	57.50	0.00	0.00					
4	0.00	87.50	0.00	0.00					
5	0.00	117.50	0.00	0.00					
Geo	Elev	X-loc	Y-Loc	SP 1	SP 2	SP 3	SP 4	SP 5	
1	0.00	0.00	0.00	7.89 1	24.95 1	41.41 1	56.06 1	70.25 1	
2	0.00	5.00	0.00	12.22 1	22.66 1	39.05 1	54.48 1	68.85 1	
3	0.00	10.00	0.00	15.93 1	20.40 1	36.52 1	53.15 1	67.78 1	
4	0.00	15.00	0.00	19.11 1	18.35 1	34.80 1	50.65 1	65.76 1	
5	0.00	20.00	0.00	23.28 1	14.05 1	32.15 1	48.20 1	64.09 1	
6	0.00	25.00	0.00	26.79 1	5.88 1	29.85 1	44.99 1	61.63 1	
7	0.00	30.00	0.00	30.05 1	6.46 1	25.81 1	41.72 1	59.43 1	
8	0.00	35.00	0.00	32.16 1	13.28 1	22.41 1	39.88 1	55.94 1	
9	0.00	40.00	0.00	34.65 1	16.19 1	18.49 1	37.36 1	53.05 1	

10	0.00	45.00	0.00	38.06 1	19.26 1	16.15 1	34.77 1	50.47 1
11	0.00	50.00	0.00	40.92 1	22.39 1	12.67 1	32.51 1	48.54 1
12	0.00	55.00	0.00	43.37 1	25.58 1	7.90 1	30.29 1	46.28 1
13	0.00	60.00	0.00	46.37 1	28.41 1	7.71 1	27.13 1	43.80 1
14	0.00	65.00	0.00	49.03 1	32.19 1	14.49 1	23.48 1	41.36 1
15	0.00	70.00	0.00	51.14 1	35.22 1	17.79 1	20.43 1	39.15 1
16	0.00	75.00	0.00	53.47 1	37.57 1	20.59 1	16.34 1	35.70 1
17	0.00	80.00	0.00	56.37 1	40.13 1	22.83 1	10.93 1	32.01 1
18	0.00	85.00	0.00	58.73 1	42.75 1	26.80 1	6.87 1	28.98 1
19	0.00	90.00	0.00	60.80 1	45.68 1	29.57 1	7.20 1	26.66 1
20	0.00	95.00	0.00	63.34 1	49.35 1	33.04 1	13.60 1	23.20 1
21	0.00	100.00	0.00	66.78 1	52.95 1	35.64 1	18.96 1	20.79 1
22	0.00	105.00	0.00	69.70 1	54.31 1	39.08 1	21.68 1	16.24 1
23	0.00	110.00	0.00	71.28 1	56.29 1	41.02 1	24.03 1	11.74 1
24	0.00	115.00	0.00	72.59 1	57.92 1	43.13 1	26.42 1	8.67 1

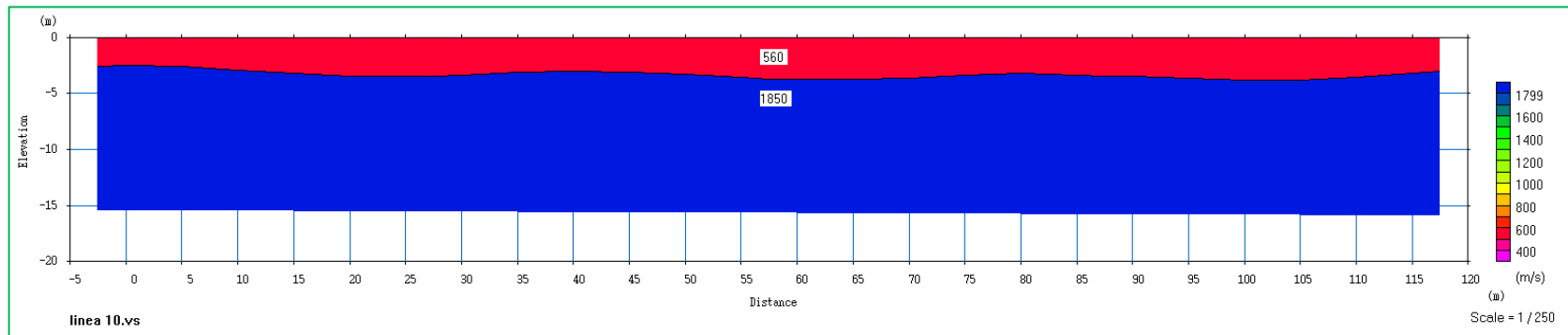


---

## DATI DI OUTPUT

---

SP	X-loc	Layer 2
1	-2.50	2.59
2	27.50	3.52
3	57.50	3.72
4	87.50	3.45
5	117.50	3.05
Geo		
1	0.00	2.53
2	5.00	2.58
3	10.00	2.91
4	15.00	3.23
5	20.00	3.44
6	25.00	3.52
7	30.00	3.39
8	35.00	3.16
9	40.00	3.06
10	45.00	3.12
11	50.00	3.33
12	55.00	3.59
13	60.00	3.73
14	65.00	3.70
15	70.00	3.61
16	75.00	3.35
17	80.00	3.24
18	85.00	3.37
19	90.00	3.52
20	95.00	3.65
21	100.00	3.82
22	105.00	3.81
23	110.00	3.53
24	115.00	3.25





## PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO SISpe 11

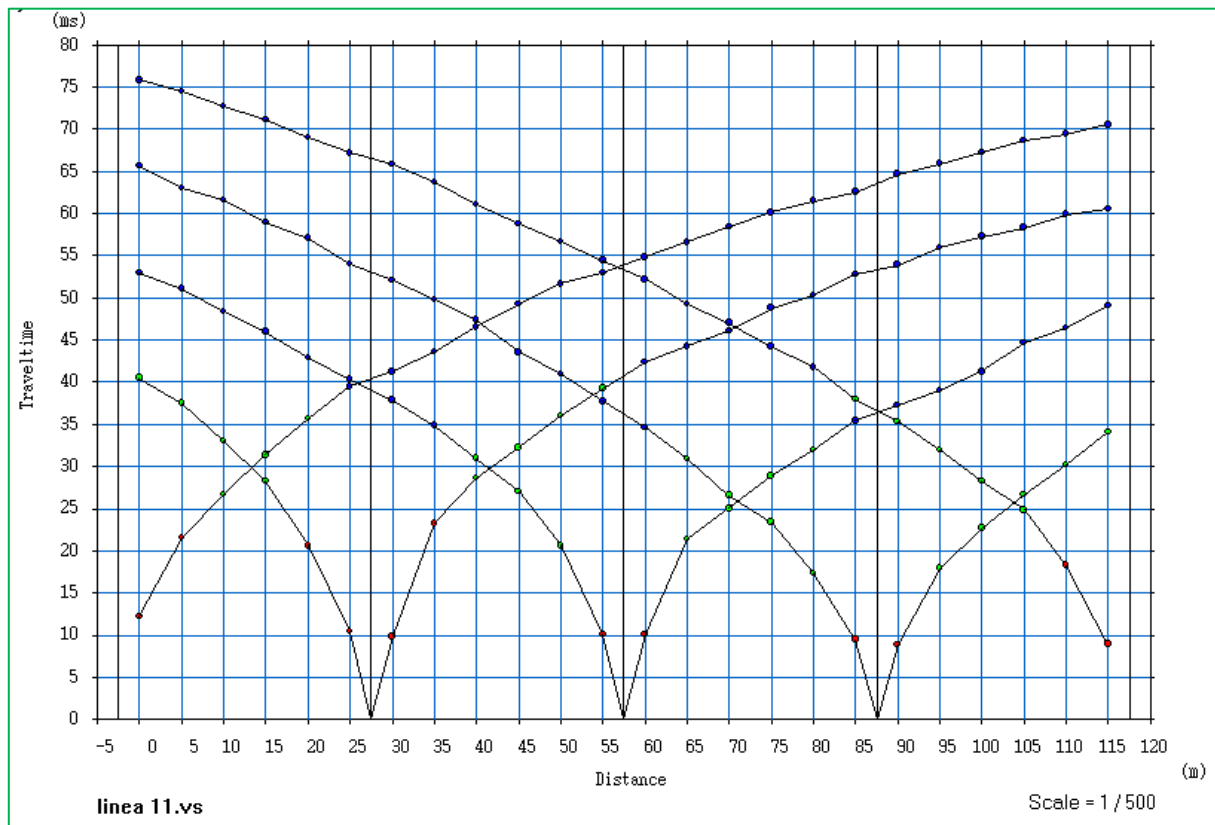


### DATI DI INPUT

The spread contains 5 shotpoints and 24 geophones

SP	Elev	X-loc	Y-Loc	Depth					
1	0.00	-2.50	0.00	0.00					
2	0.00	27.50	0.00	0.00					
3	0.00	57.50	0.00	0.00					
4	0.00	87.50	0.00	0.00					
5	0.00	117.50	0.00	0.00					
Geo	Elev	X-loc	Y-Loc	SP 1	SP 2	SP 3	SP 4	SP 5	
1	0.00	0.00	0.00	12.27 1	40.54 1	53.00 1	65.66 1	75.88 1	
2	0.00	5.00	0.00	21.60 1	37.52 1	51.14 1	63.08 1	74.52 1	
3	0.00	10.00	0.00	26.67 1	33.01 1	48.39 1	61.60 1	72.72 1	
4	0.00	15.00	0.00	31.41 1	28.27 1	45.99 1	58.95 1	71.12 1	
5	0.00	20.00	0.00	35.69 1	20.61 1	42.95 1	57.11 1	69.00 1	
6	0.00	25.00	0.00	39.51 1	10.49 1	40.40 1	54.01 1	67.22 1	
7	0.00	30.00	0.00	41.29 1	9.88 1	37.88 1	52.07 1	65.84 1	

8	0.00	35.00	0.00	43.68 1	23.28 1	34.87 1	49.77 1	63.75 1
9	0.00	40.00	0.00	46.59 1	28.62 1	31.04 1	47.40 1	61.08 1
10	0.00	45.00	0.00	49.30 1	32.27 1	27.09 1	43.56 1	58.78 1
11	0.00	50.00	0.00	51.66 1	36.09 1	20.62 1	41.04 1	56.70 1
12	0.00	55.00	0.00	53.04 1	39.29 1	10.13 1	37.77 1	54.49 1
13	0.00	60.00	0.00	54.90 1	42.39 1	10.13 1	34.69 1	52.22 1
14	0.00	65.00	0.00	56.63 1	44.27 1	21.36 1	30.93 1	49.32 1
15	0.00	70.00	0.00	58.47 1	46.14 1	25.07 1	26.57 1	47.06 1
16	0.00	75.00	0.00	60.20 1	48.84 1	28.94 1	23.40 1	44.21 1
17	0.00	80.00	0.00	61.51 1	50.40 1	31.98 1	17.32 1	41.81 1
18	0.00	85.00	0.00	62.60 1	52.79 1	35.45 1	9.45 1	37.98 1
19	0.00	90.00	0.00	64.66 1	53.93 1	37.25 1	8.90 1	35.33 1
20	0.00	95.00	0.00	65.91 1	56.04 1	39.04 1	17.95 1	31.97 1
21	0.00	100.00	0.00	67.29 1	57.26 1	41.26 1	22.72 1	28.27 1
22	0.00	105.00	0.00	68.72 1	58.33 1	44.66 1	26.70 1	24.85 1
23	0.00	110.00	0.00	69.46 1	59.94 1	46.47 1	30.28 1	18.34 1
24	0.00	115.00	0.00	70.58 1	60.58 1	49.10 1	34.06 1	8.98 1

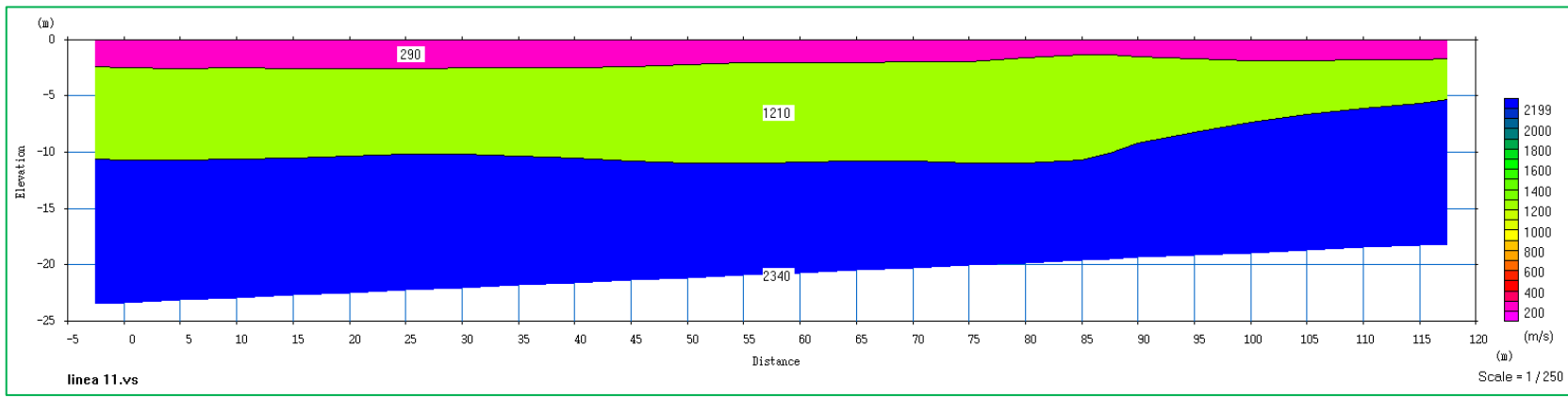


---

## DATI DI OUTPUT

---

SP	X-loc	Layer 2	Layer 3
1	-2.50	2.41	10.64
2	27.50	2.59	10.15
3	57.50	2.03	10.98
4	87.50	1.37	10.11
5	117.50	1.70	5.32
Geo			
1	0.00	2.49	10.68
2	5.00	2.55	10.70
3	10.00	2.53	10.65
4	15.00	2.55	10.51
5	20.00	2.59	10.33
6	25.00	2.60	10.19
7	30.00	2.55	10.20
8	35.00	2.53	10.34
9	40.00	2.52	10.57
10	45.00	2.41	10.81
11	50.00	2.21	10.97
12	55.00	2.08	11.01
13	60.00	2.03	10.90
14	65.00	2.03	10.83
15	70.00	2.02	10.85
16	75.00	1.93	10.94
17	80.00	1.63	10.96
18	85.00	1.38	10.72
19	90.00	1.53	9.22
20	95.00	1.73	8.25
21	100.00	1.89	7.36
22	105.00	1.92	6.65
23	110.00	1.83	6.11
24	115.00	1.75	5.69



---

## MICROTREMORI

---

### LA RISPOSTA DI SITO

---

Le modificazioni che l'onda sismica subisce nell'attraversare terreni a diverse proprietà elastiche, sono generalmente le maggiori responsabili dei principali effetti che un terremoto produce in superficie.

Durante l'attraversamento delle coperture poco rigide, difatti, le componenti del moto sismico vengono alterate in ampiezza e frequenza in funzione della geometria del substrato rigido (bedrock) e dello stato fisico – meccanico dei terreni ad esso sovrastanti.

L'attenuazione del segnale sismico con la distanza per effetti dissipativi (legge di attenuazione) di fatto non è sufficiente ad assicurare un indebolimento del segnale in tutte le sue componenti in quanto, gli stessi terreni di copertura, possono esaltare alcune frequenze e smorzarne altre (effetti di sito). Gli effetti di sito sono quindi da considerarsi come l'azione combinata tra la legge di attenuazione e la "funzione di trasferimento" tra basamento roccioso e superficie del suolo.

La determinazione di tali effetti è stimabile dal rapporto tra segnale prodotto sul bedrock e quello modificato al suolo, mediante un rapporto di funzioni complesse espresse nel dominio delle frequenze, secondo la relazione di seguito richiamata:

$$w_s(u) = A(u) \cdot \psi_b(u)$$

dove

$w_s(u)$  = spettro di Fourier del moto al suolo

$A(u)$  = funzione di trasferimento

$\psi_b(u)$  = spettro di Fourier del moto al bedrock

Il metodo di Nakamura parte dall'assunto che le componenti verticali del moto non subiscono modificazioni significative in frequenza, cosa che invece accade in maniera sostanziale per le onde di taglio. Misurando quindi segnali sismici spontanei (microtremori) che dal basamento raggiungono la superficie, è possibile stimare quali componenti del moto sono state amplificate durante il percorso, quali smorzate ed in quale rapporto.

Oltre tale assunzione la tecnica di Nakamura si basa su ulteriori due ipotesi:

- le sorgenti dei microtremori sono locali, trascurando qualsiasi contributo dovuto a sorgenti profonde;
- le sorgenti dei microtremori in superficie non influenzano i microtremori alla base.



La “frequenza di risonanza” di uno strato coincide pertanto, con la frequenza per la quale assume il valore massimo il rapporto  $R_{HV} = H_1/V_1$  tra gli spettri delle componenti orizzontale e verticale del moto del suolo nello stesso sito. Resta inteso che al tetto del bedrock le componenti spettrali orizzontali e verticali sono uguali, pertanto il rapporto di Nakamura è pari all’unità.

## TRATTAMENTO DEL SEGNALE

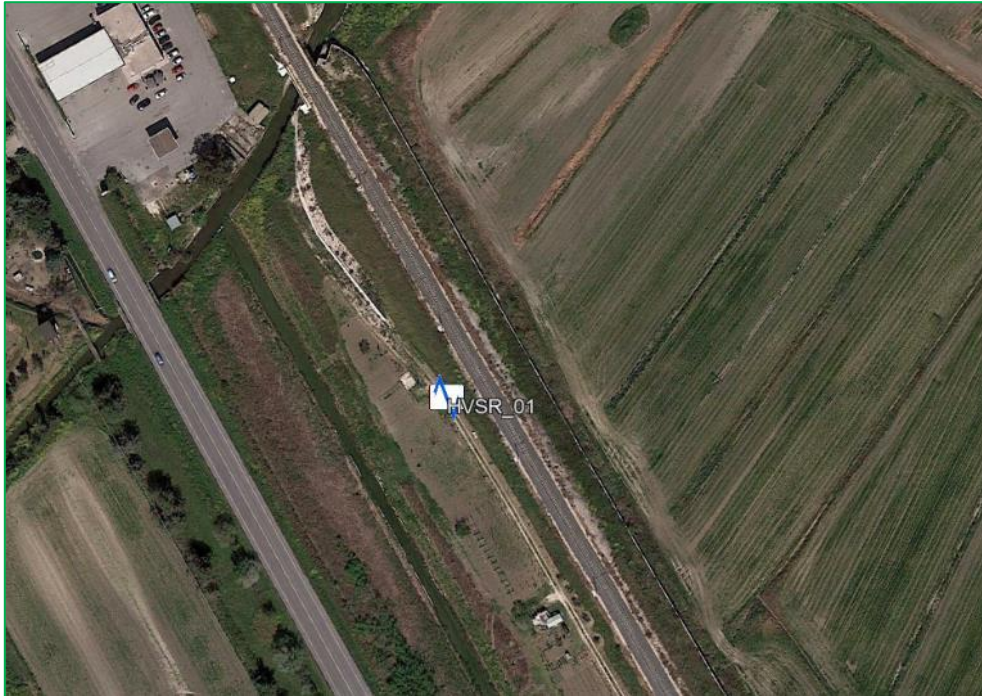
---

Per ogni punto di misura sono stati acquisiti segnale del noise per la durata minima di 15 minuti primi, campionati a 250 Hz (passo di campionamento 4 ms); questi sono stati verificati in tempo reale dopo opportuna conversione da codice binario (SG2) in codice ascii, scartando le misure ritenute poco significative per effetto di rumori accidentali polarizzati. Successivamente si è proceduti ad una ulteriore selezione delle serie temporali, eliminando quelle affette da disturbi. Purtroppo alcune di esse sono risultate alterate dal rumore antropico e quindi non utilizzabili. Si è proceduti così al trattamento dei segnali ritenuti affidabili secondo le seguenti procedure:

- BPF nella finestra 0.01÷20 Hz;
- Correzione per la linea di base;
- Correzione da andamenti anomali per sottrazione segnale – la retta della regressione lineare;
- Tapering mediante una finestra di tipo coseno per l’eliminazione di effetti di bordo;
- Analisi spettrale su finestre temporali di 120 s;
- Rapporti spettrali HV, per ogni punto di misura;
- Test statistico di tipo binomiale, calcolo del valore medio di ogni rapporto spettrale e della deviazione standard;
- Restituzione delle curve di amplificazione.

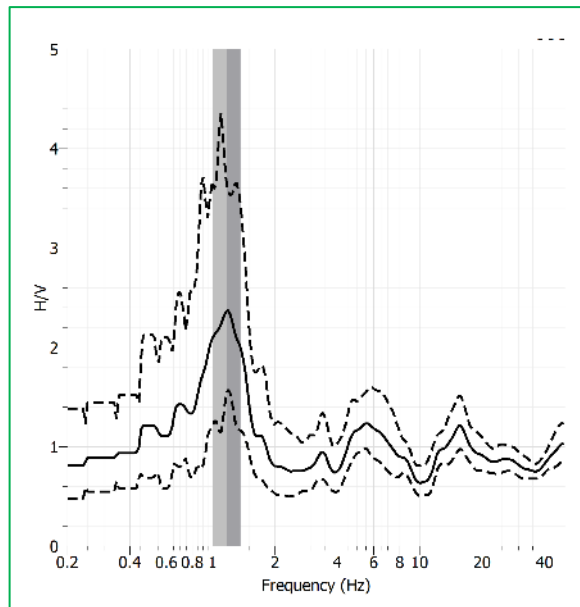
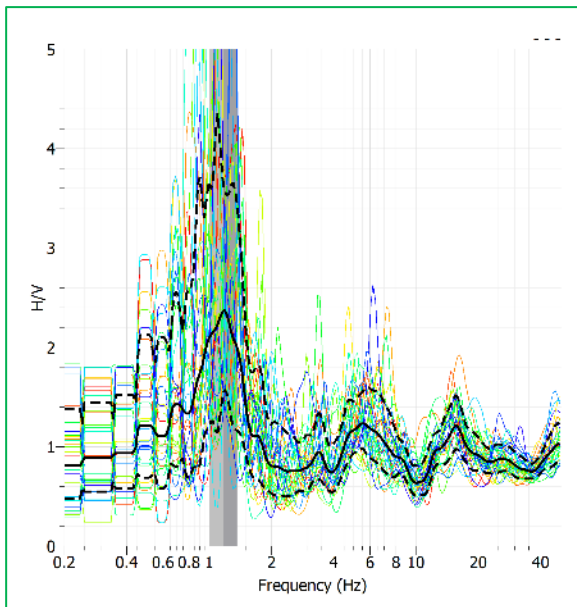
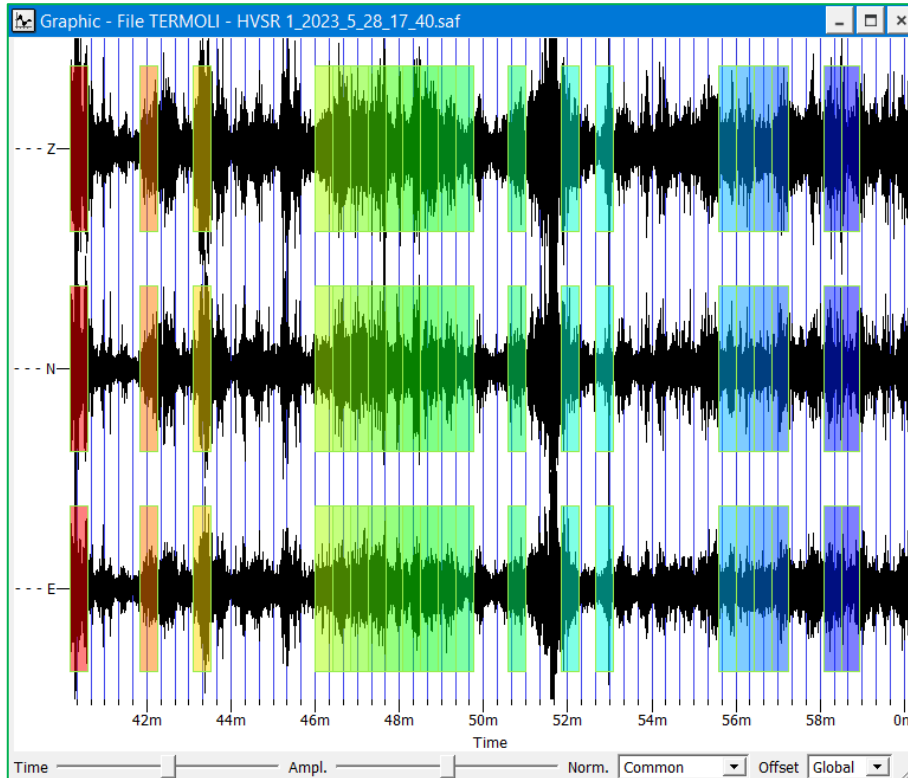
L’elaborazione di cui ai punti citati è stata eseguita mediante il software SESAME (Site EffectS assessment using AMient Excitations – European Commission – Rresearch General Directorate Project No. EVG1-CT-2000-00026 SESAME, Dicembre 2004).

## HVSRpe 1



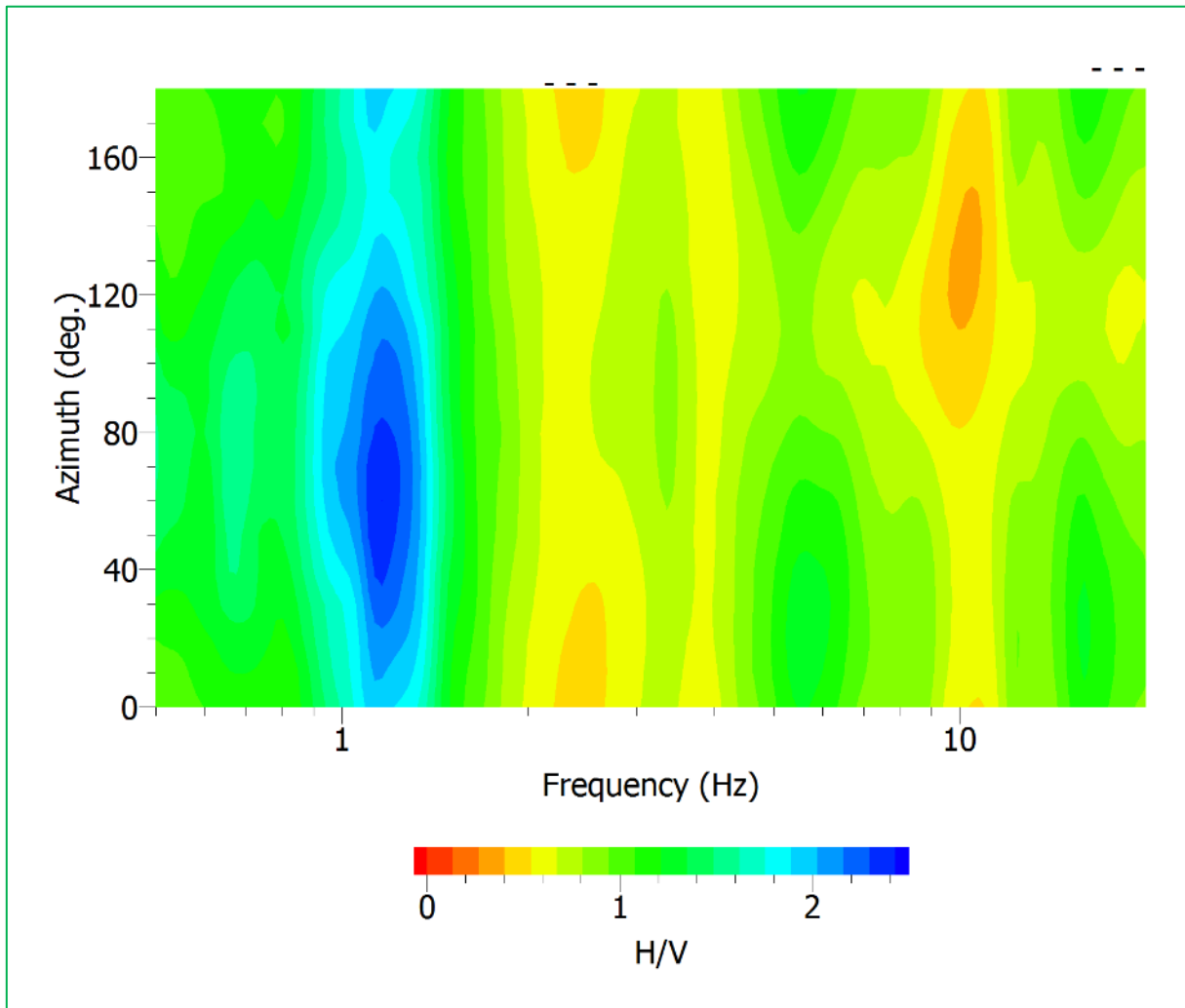
LAT: 41°58'4.40" - LONG: 15° 0'56.35"





Rapporto HVSR

Frequenza di picco: 1.11 Hz



*Direzionalità del rapporto H/V*



---

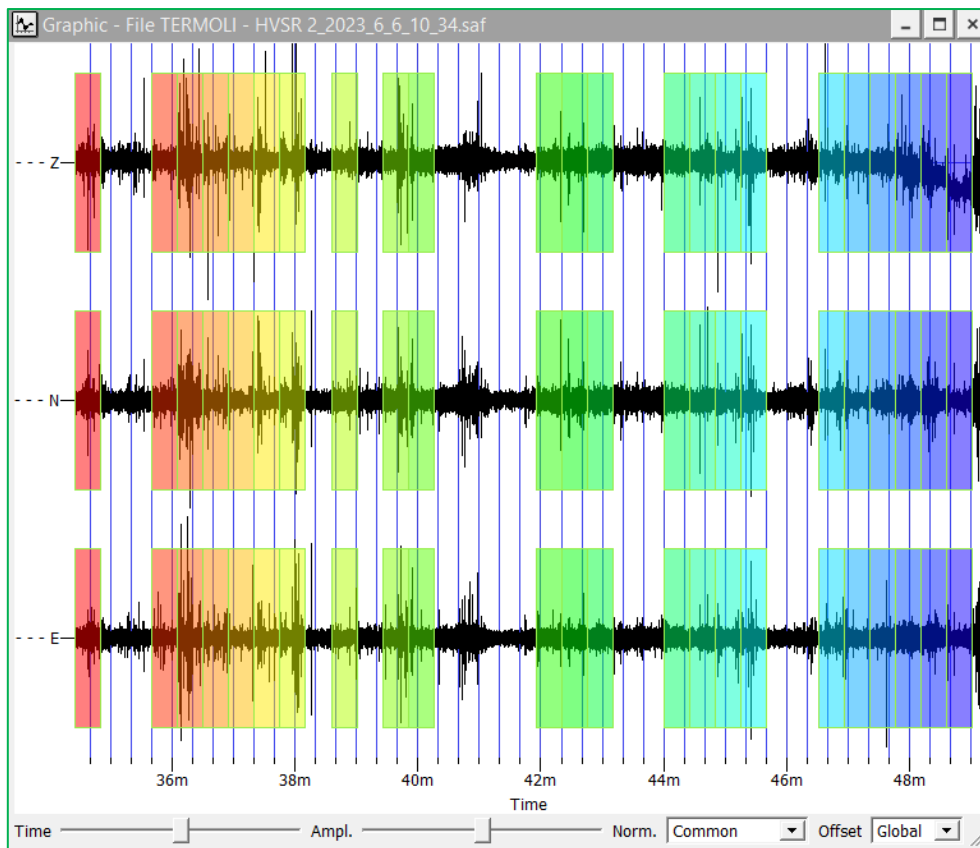
## HVSRpe 2

---

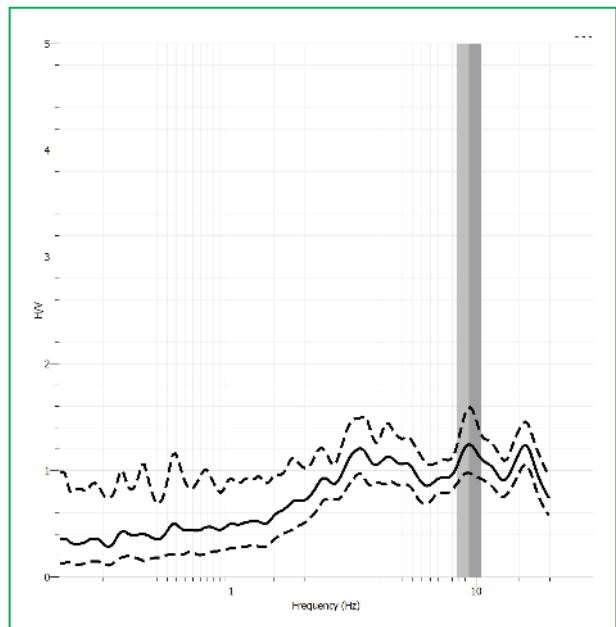
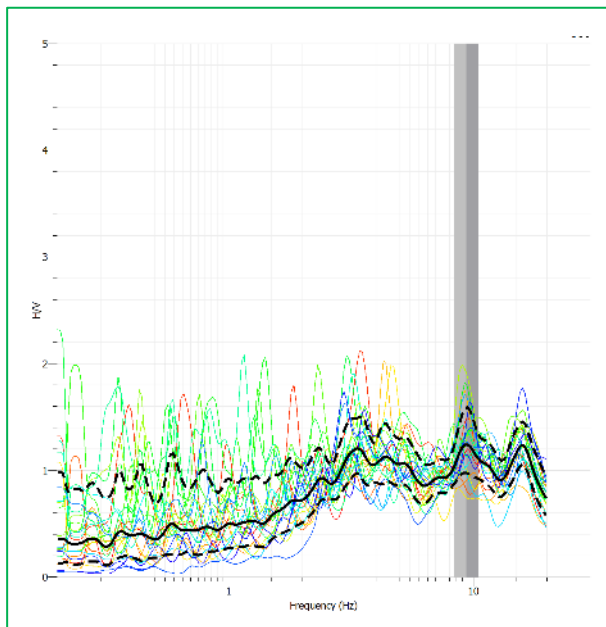


LAT: 41°57'7.78" - LONG: 15° 1'30.39"





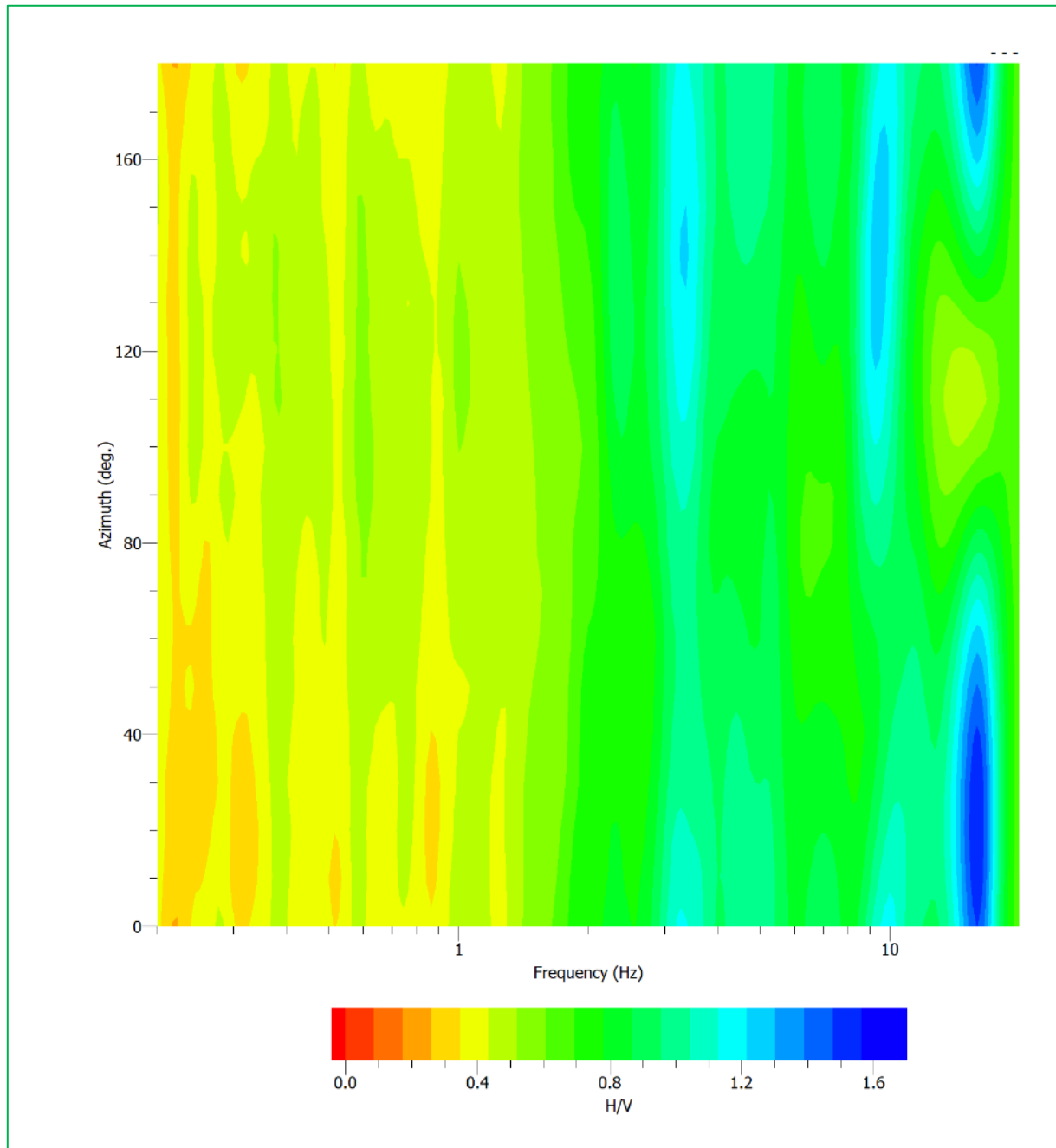
*sismogrammi acquisiti*



*Rapporto HVSR*

**Frequenza di picco: 8.70 Hz**





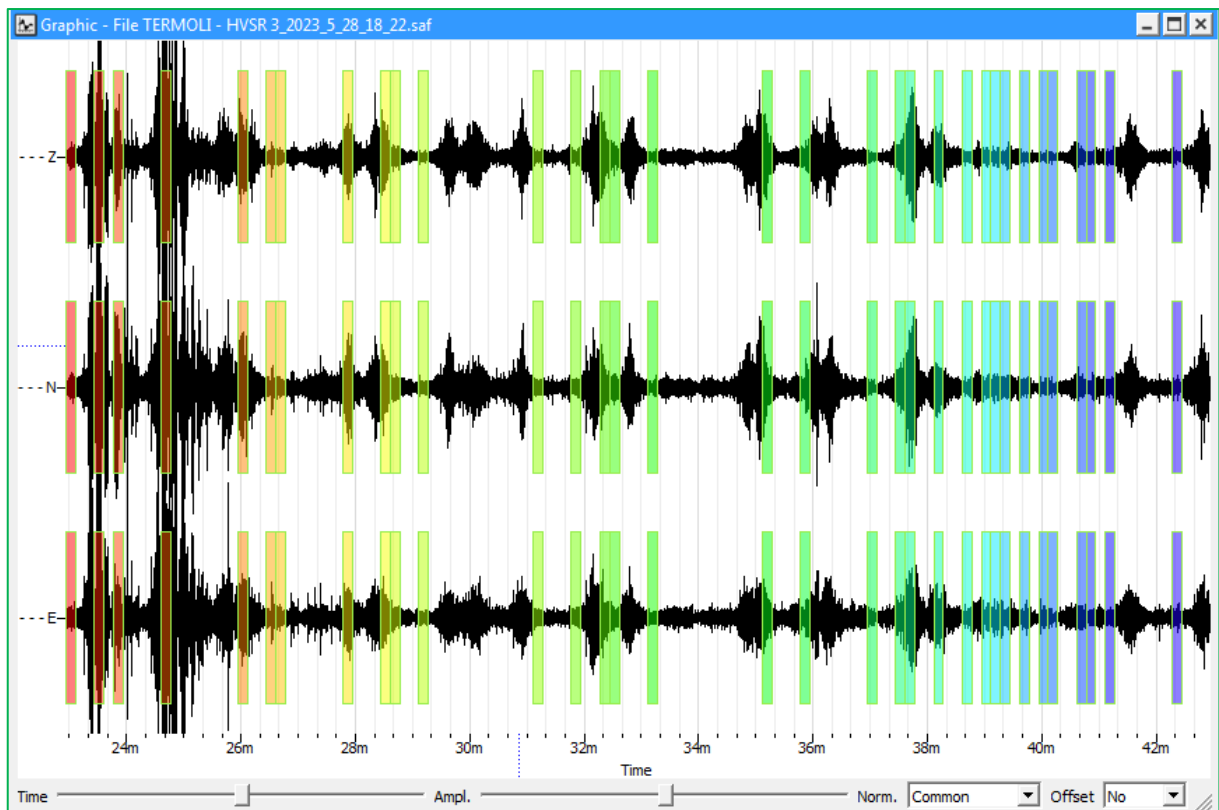
*Direzionalità del rapporto H/V*

## HVSRpe 3

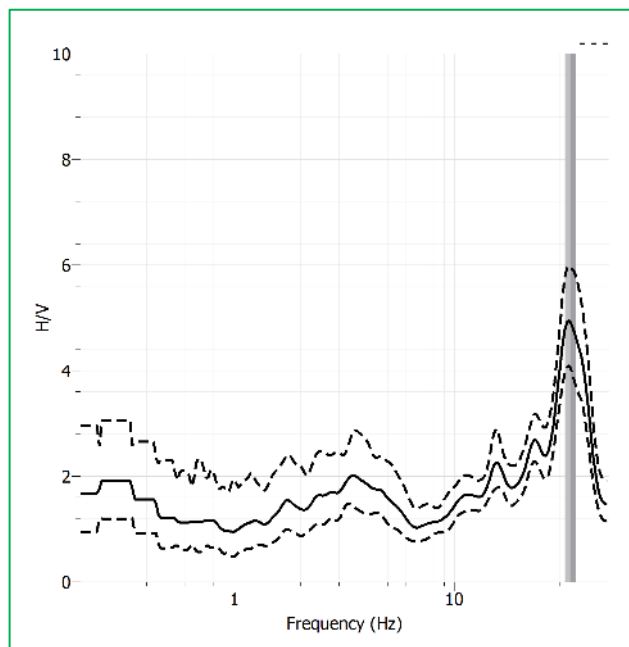
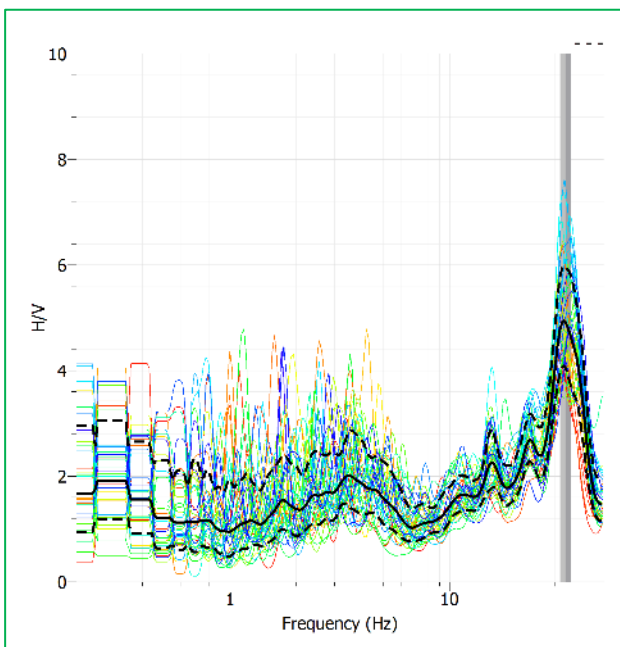


LAT: 41°56'27.57" - LONG: 15° 3'4.10"



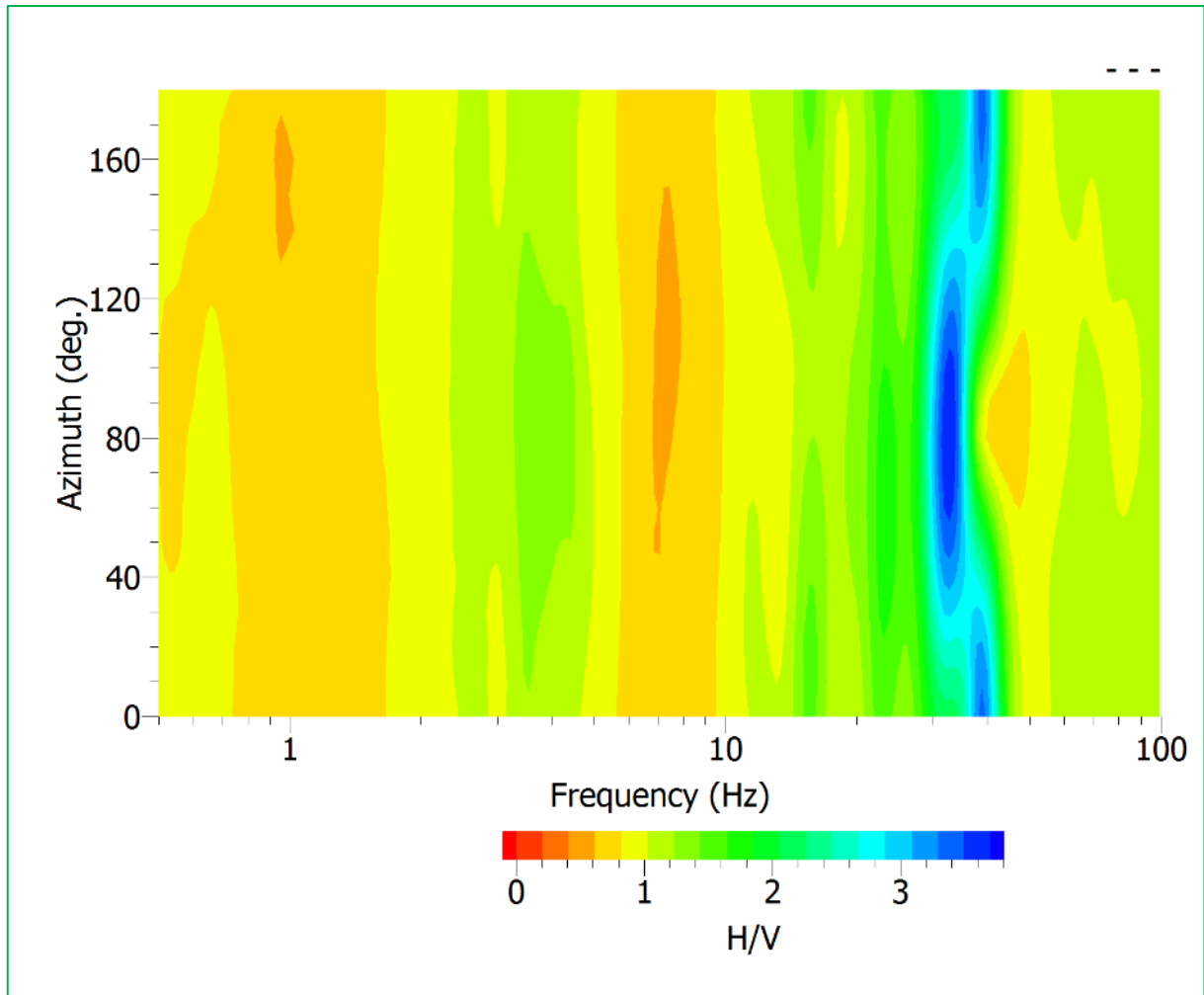


*sismogrammi acquisiti*



*Rapporto HVSR*

**Frequenza di picco: 33.32 Hz**

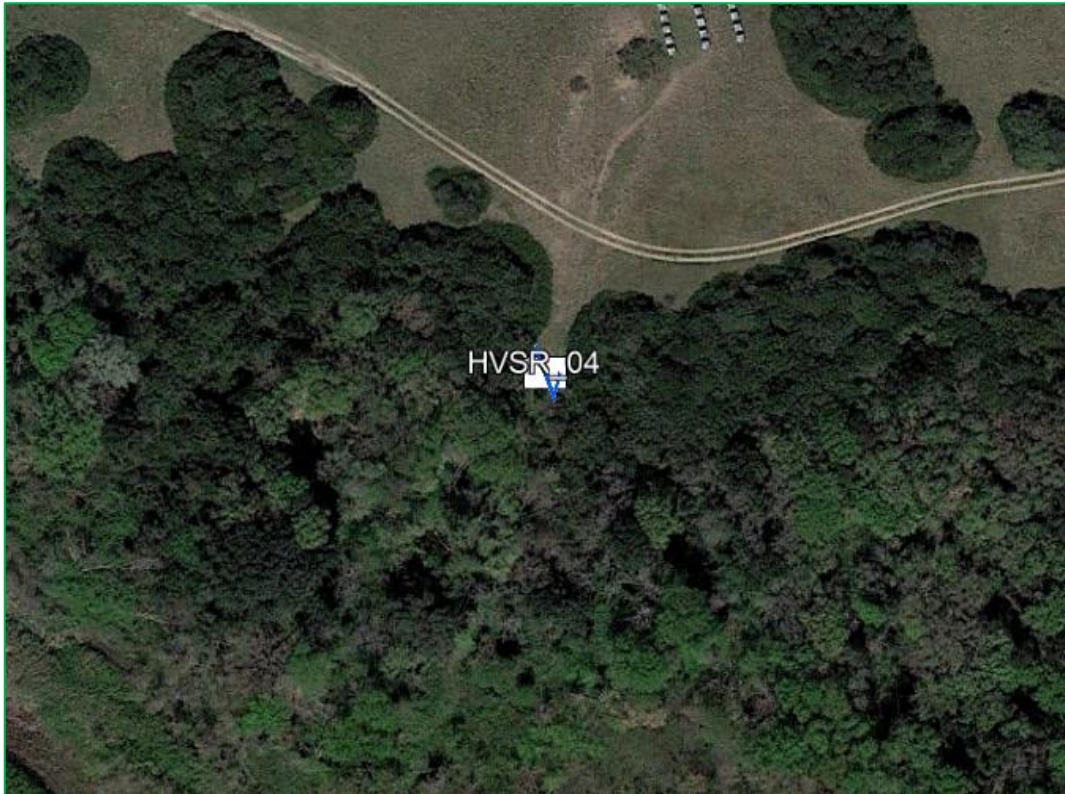


*Direzionalità del rapporto H/V*



## HVSRpe 4

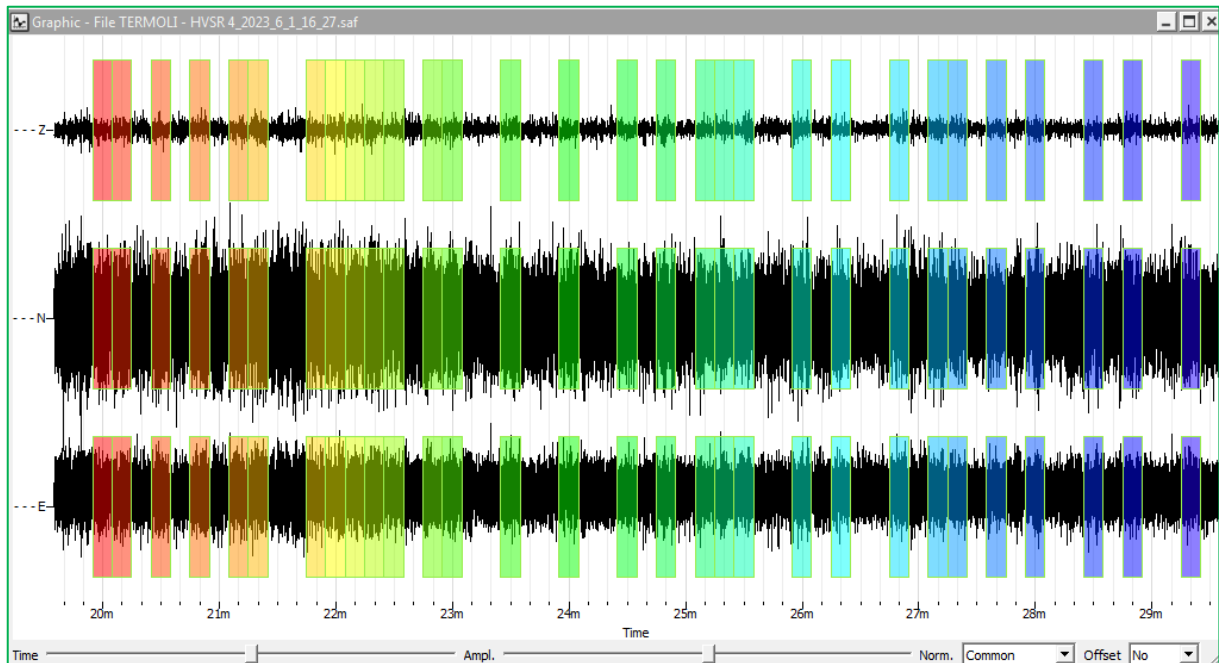
---



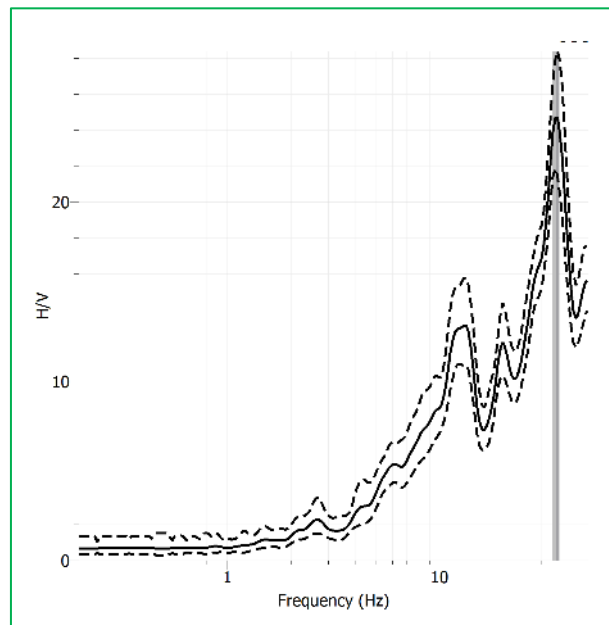
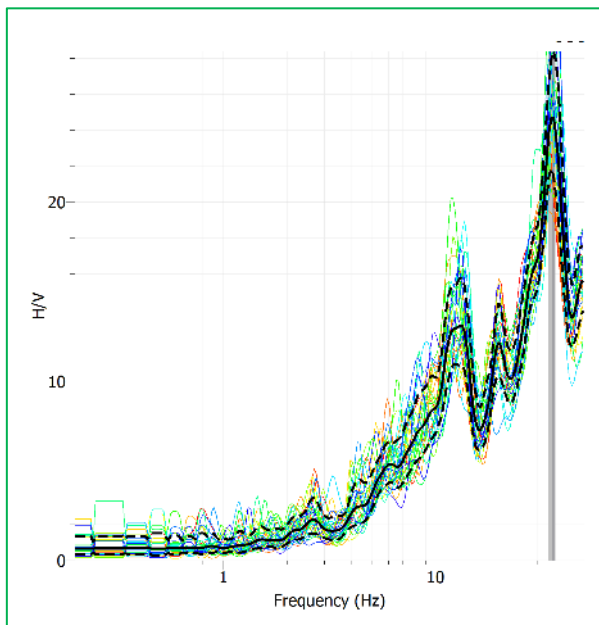
LAT: 41°54'59.25" - LONG: 15° 8'15.51"





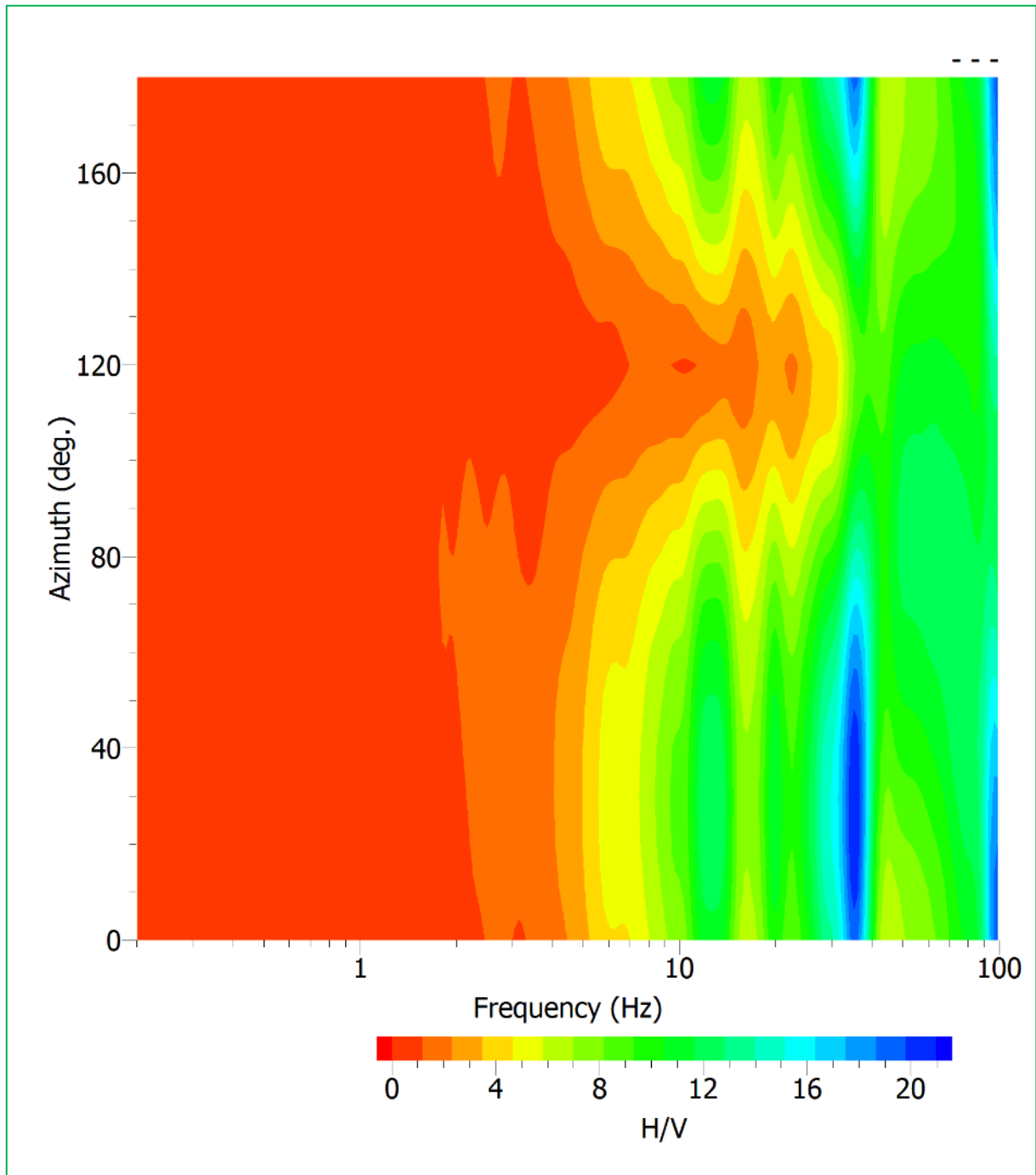


*sismogrammi acquisiti*



*Rapporto HVSR*

***Frequenza di picco: 35.18 Hz***



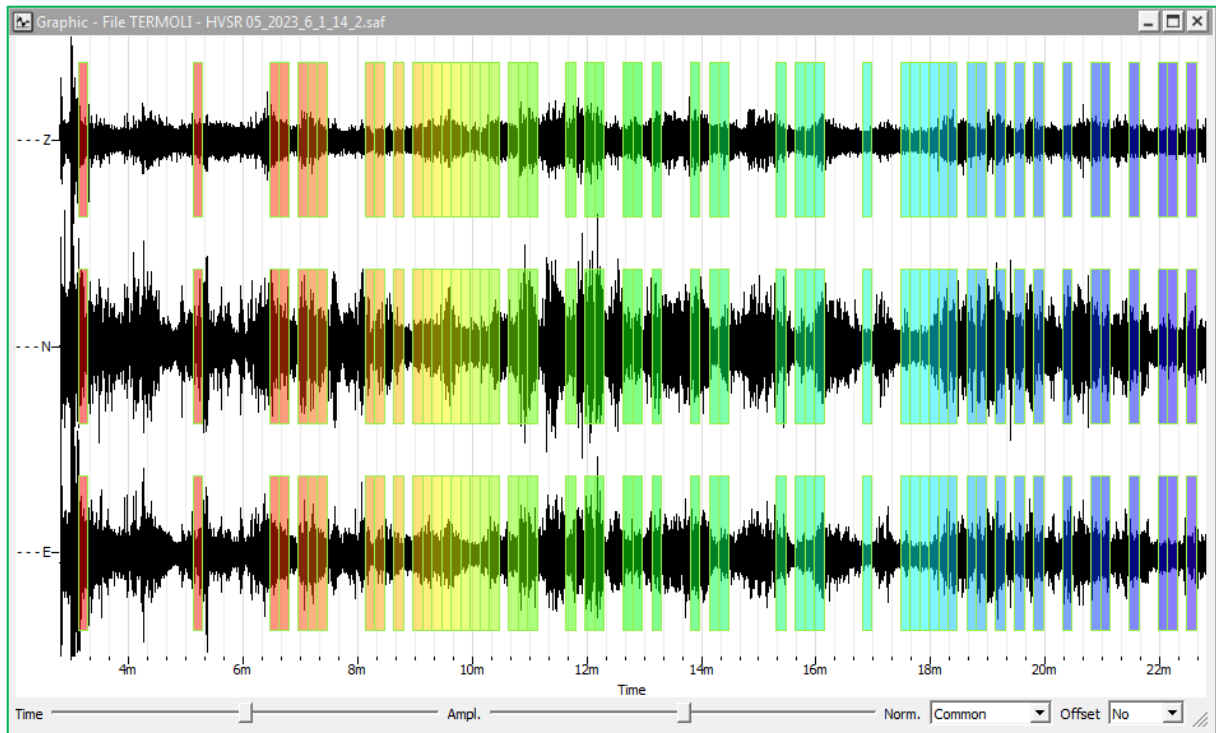
*Direzionalità del rapporto H/V*

## HVSRpe 5

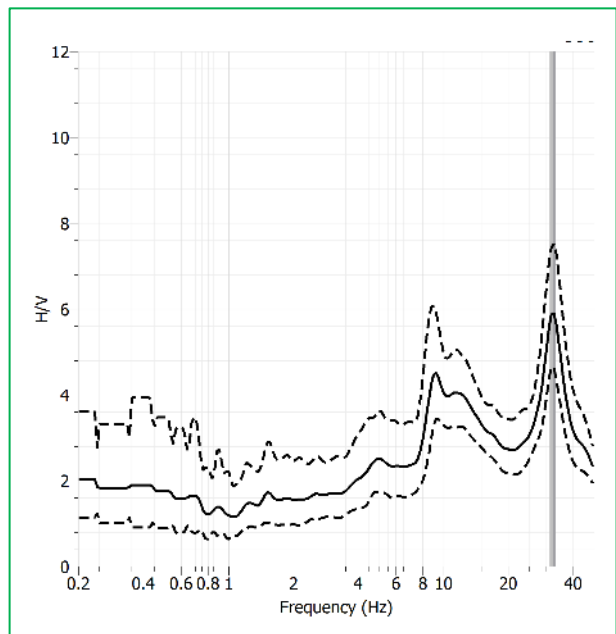
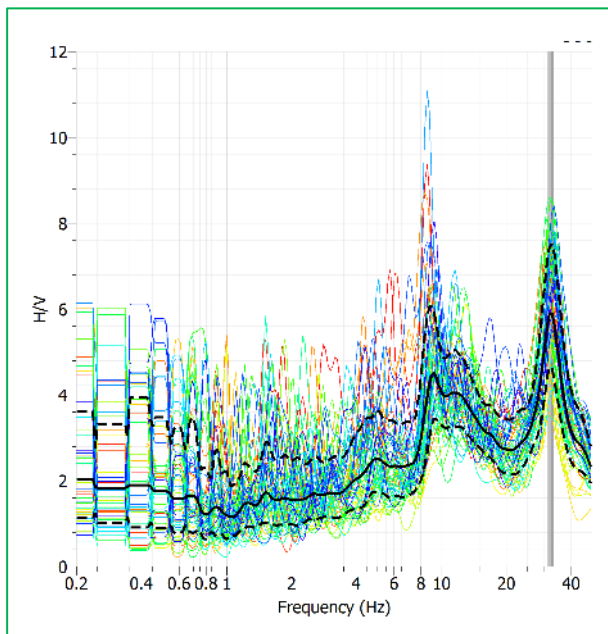


LAT: 41°54'52.69" - LONG: 15° 8'49.27"



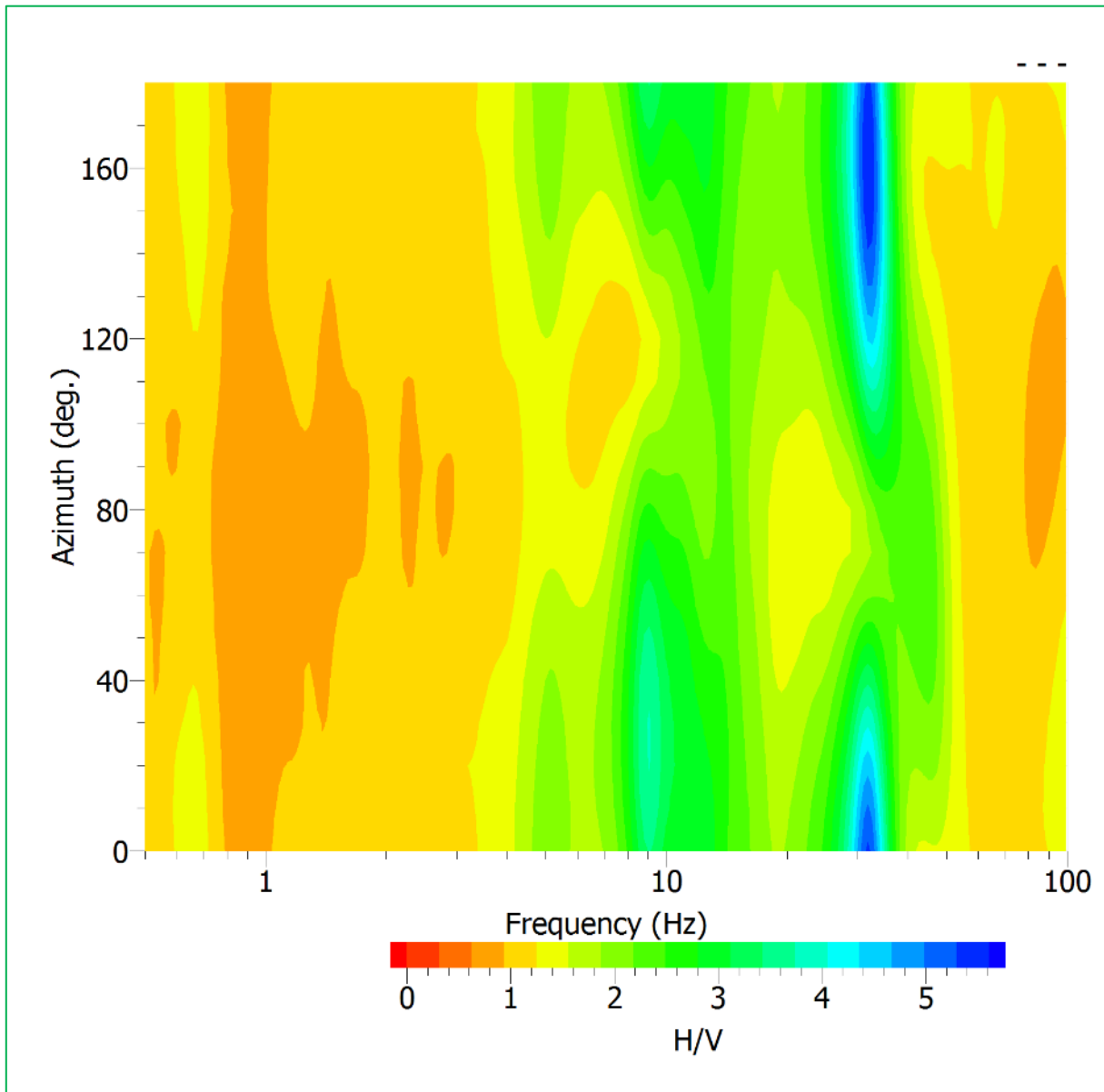


*sismogrammi acquisiti*



*Rapporto HVSR*

**Frequenza di picco: 31.5 Hz**



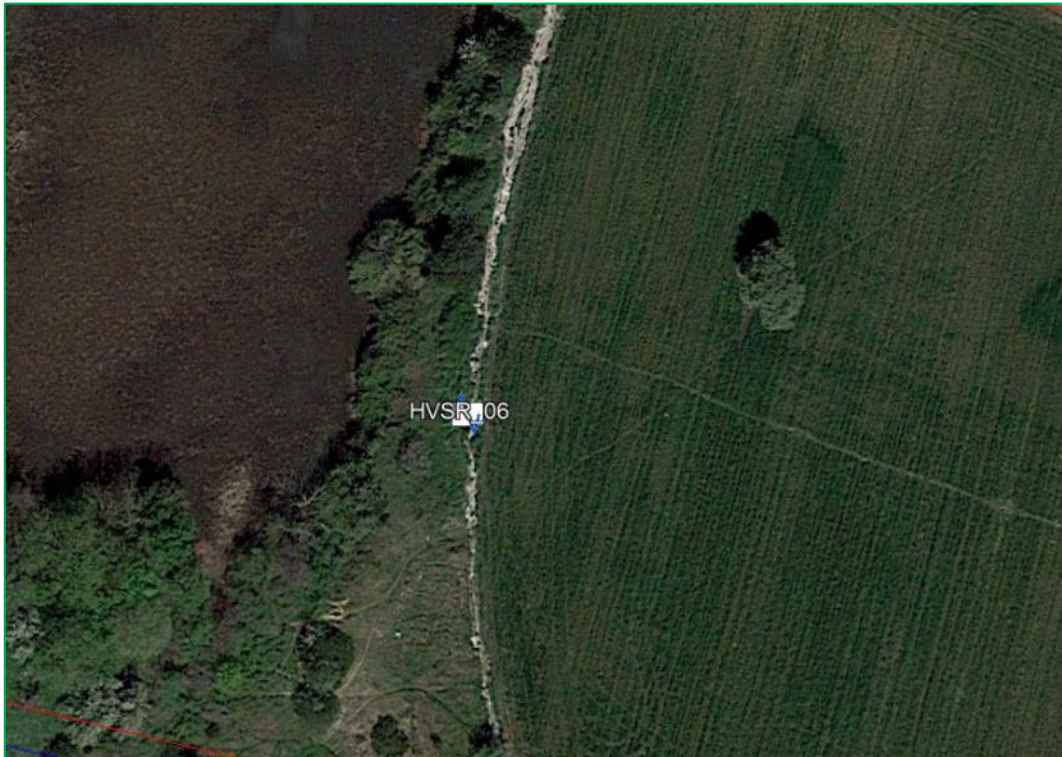
*Direzionalità del rapporto H/V*



---

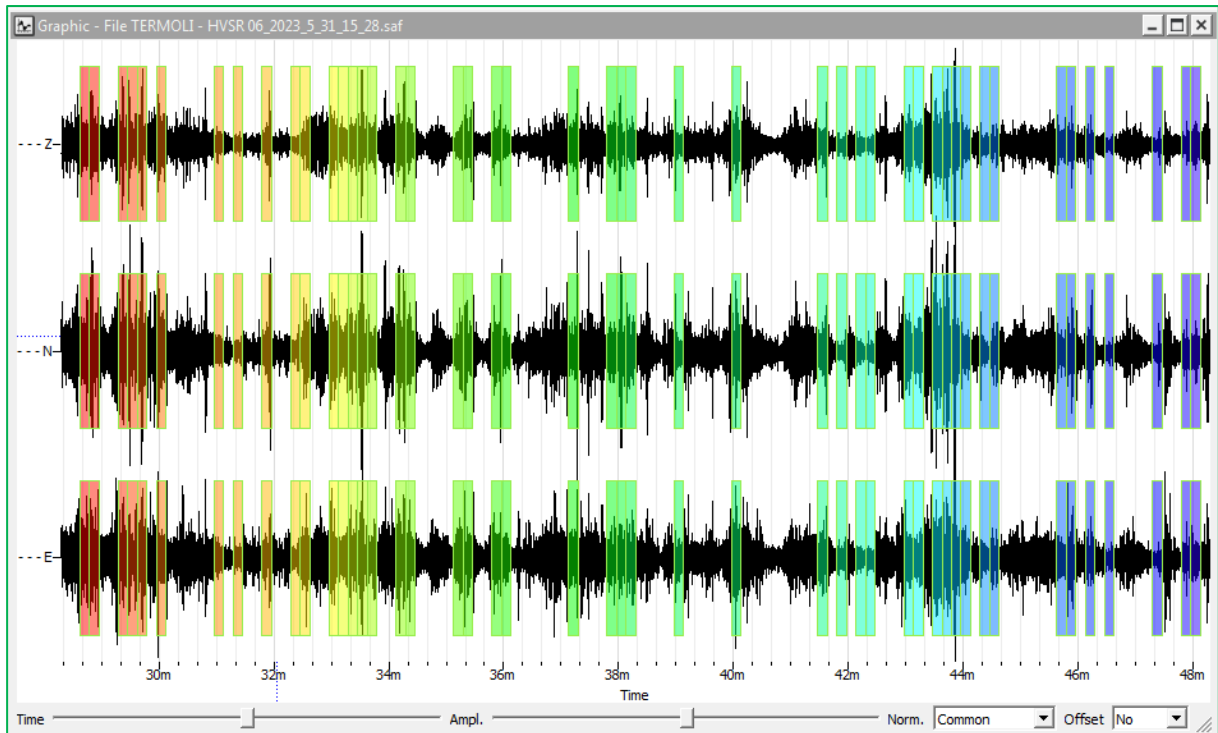
## HVSRpe 6

---

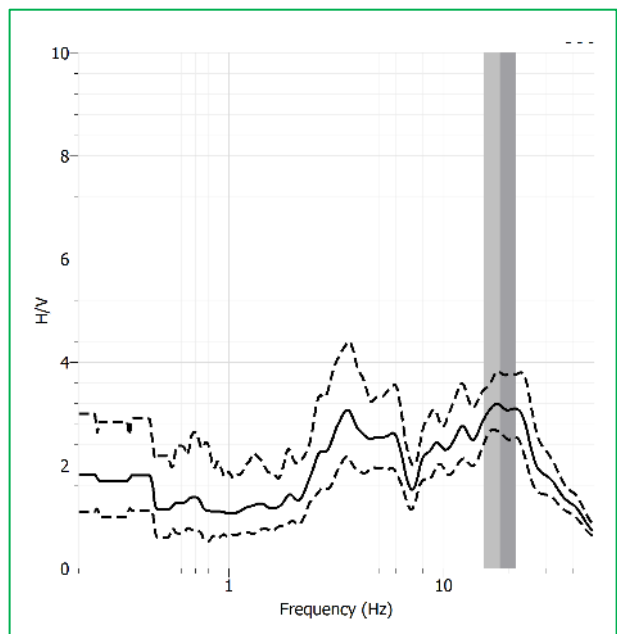
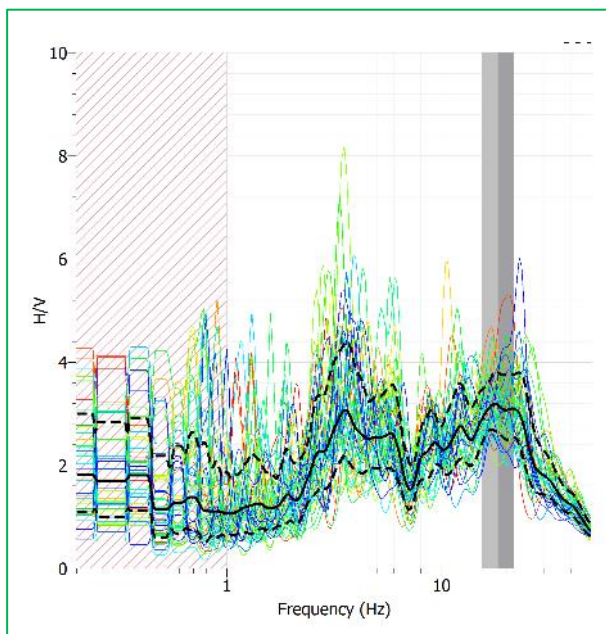


LAT: 41°54'44.01" - LONG: 15° 9'32.27"



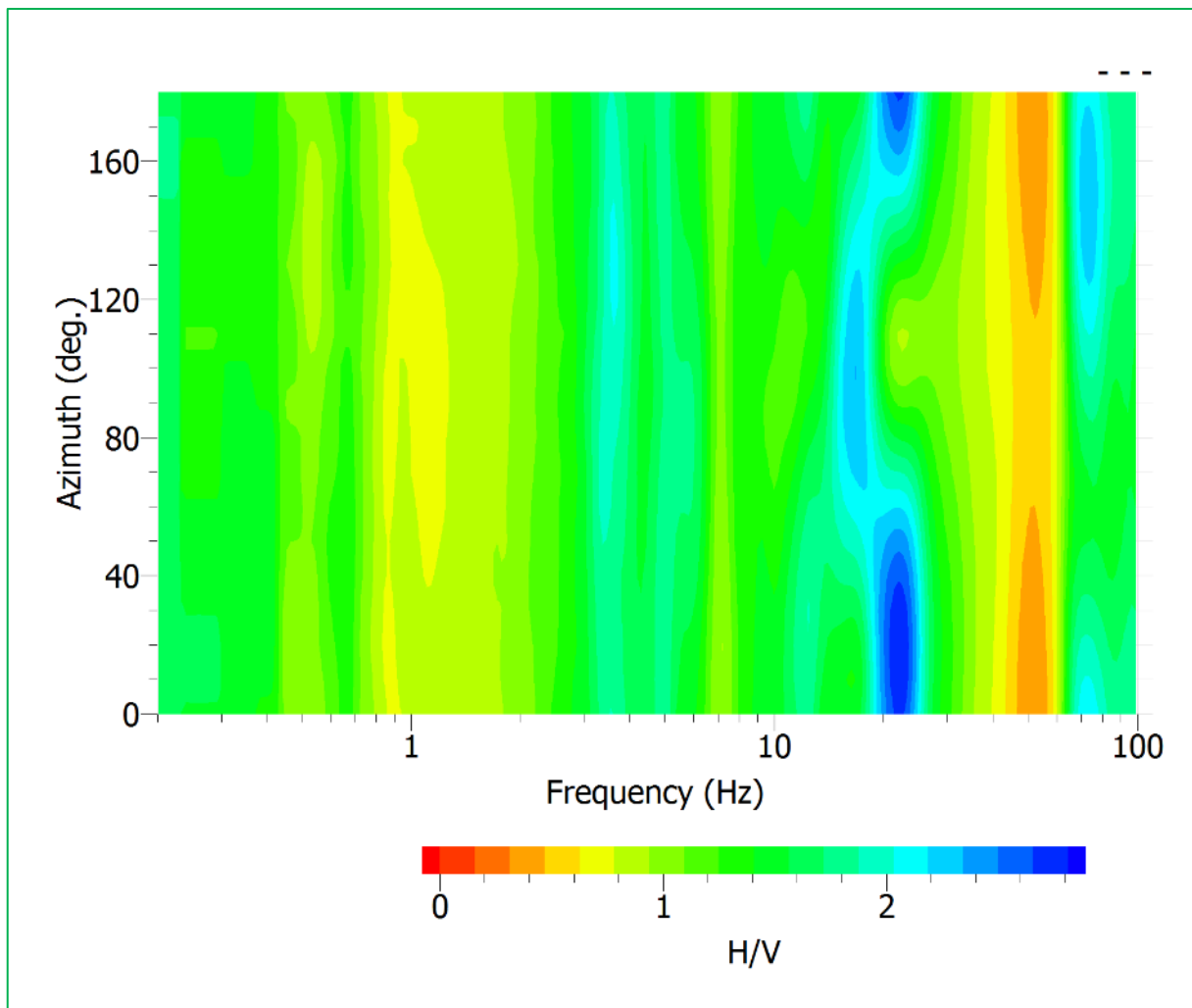


sismogrammi acquisiti



Rapporto HVSR

**Frequenza di picco: 18.5 Hz**



*Direzionalità del rapporto H/V*



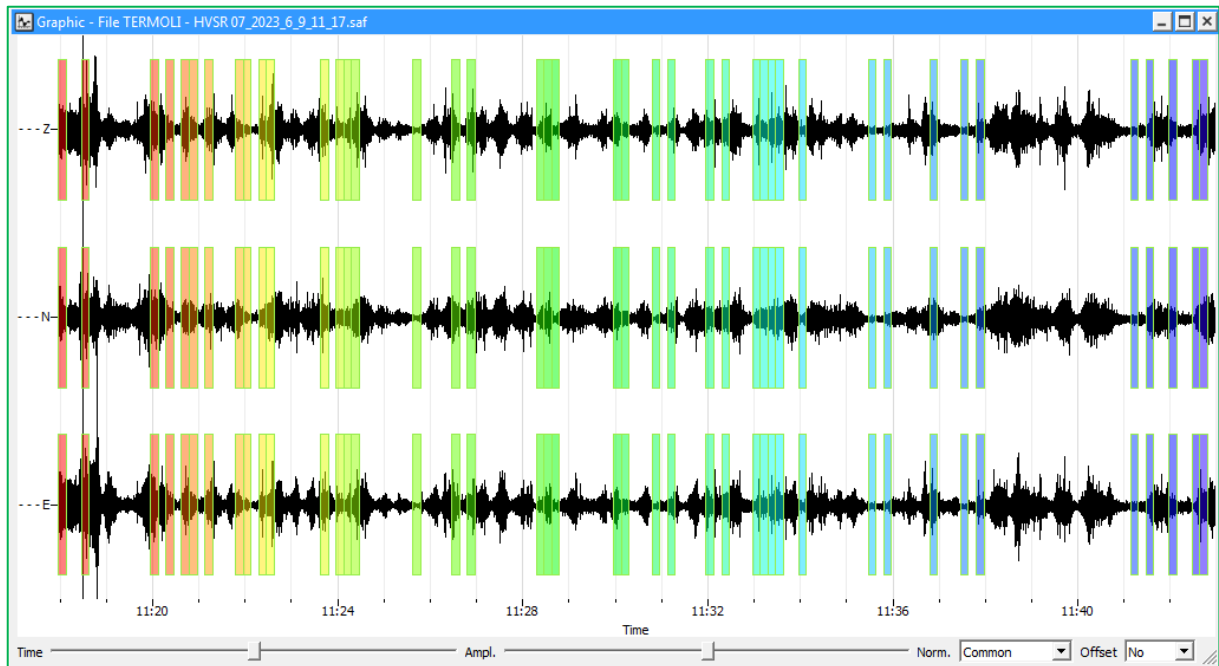
## HVSRpe 7

---

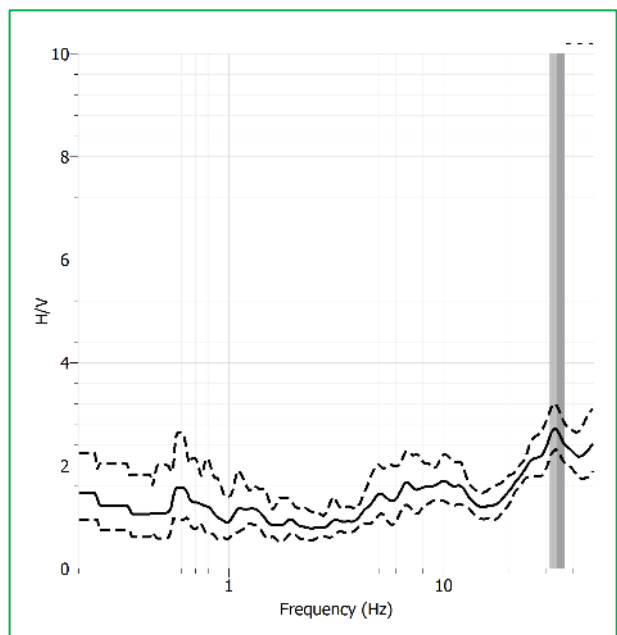
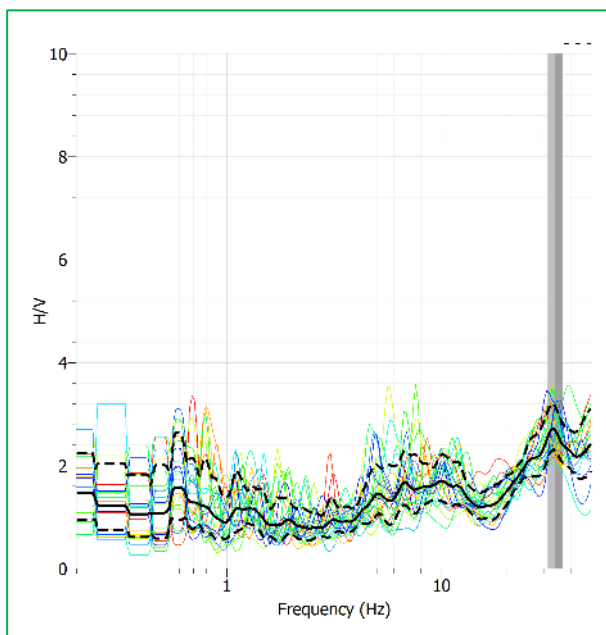


LAT: 41°54'34.04" - LONG: 15° 12'8.46"





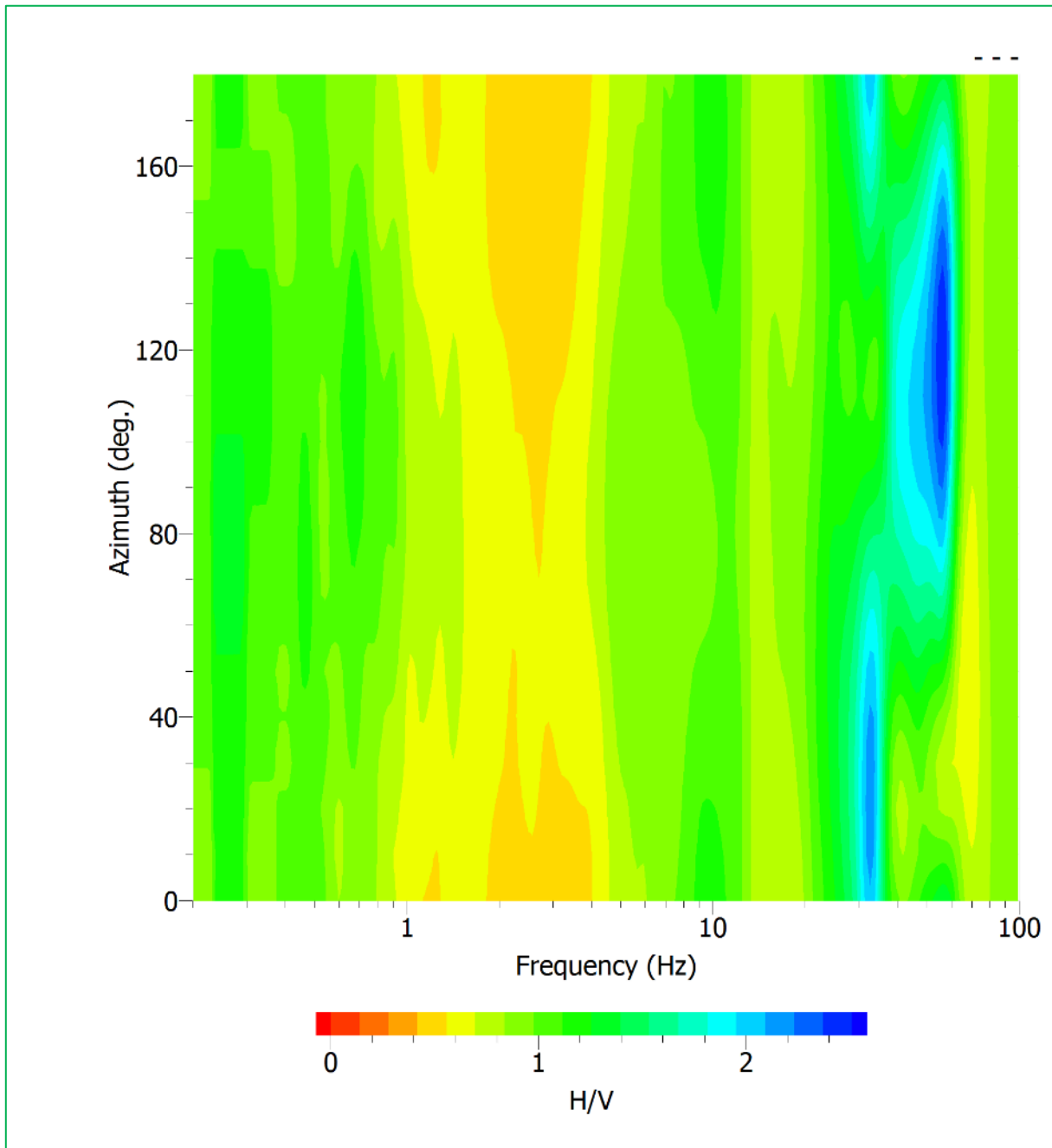
*sismogrammi acquisiti*



*Rapporto HVSR*

**Frequenza di picco: 33.7 Hz**





*Direzionalità del rapporto H/V*

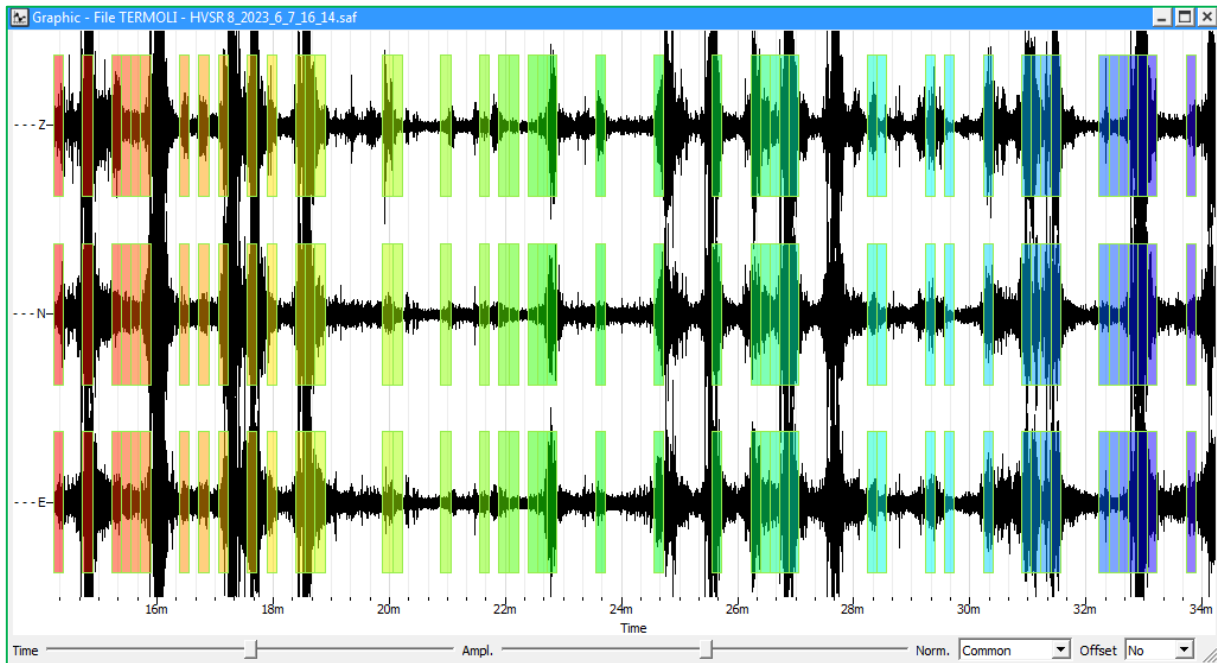
## HVSRpe 8

---

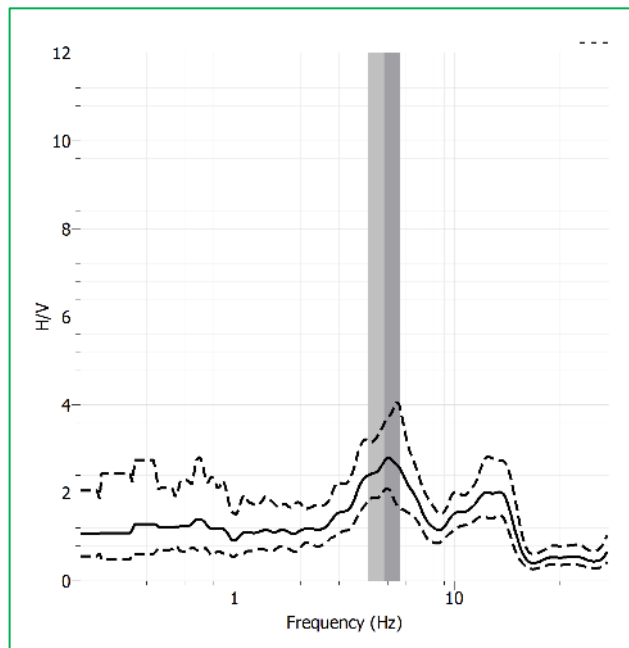
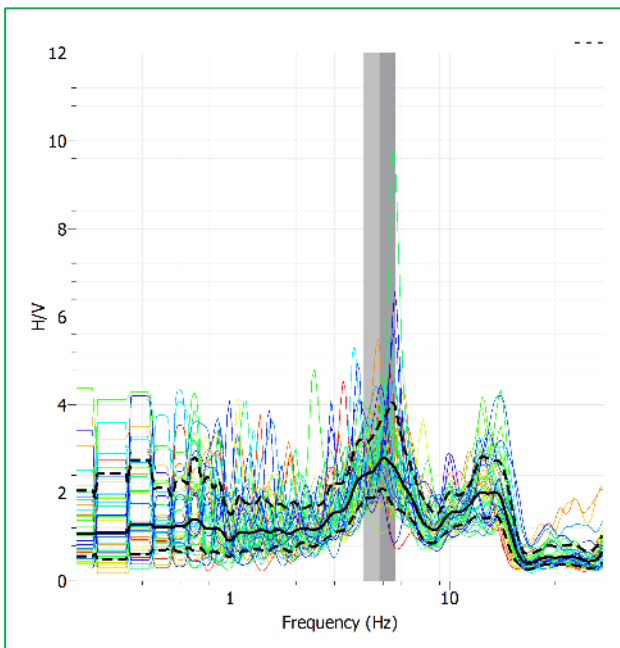


LAT: 41°54'44.16" - LONG: 15° 14'6.22"



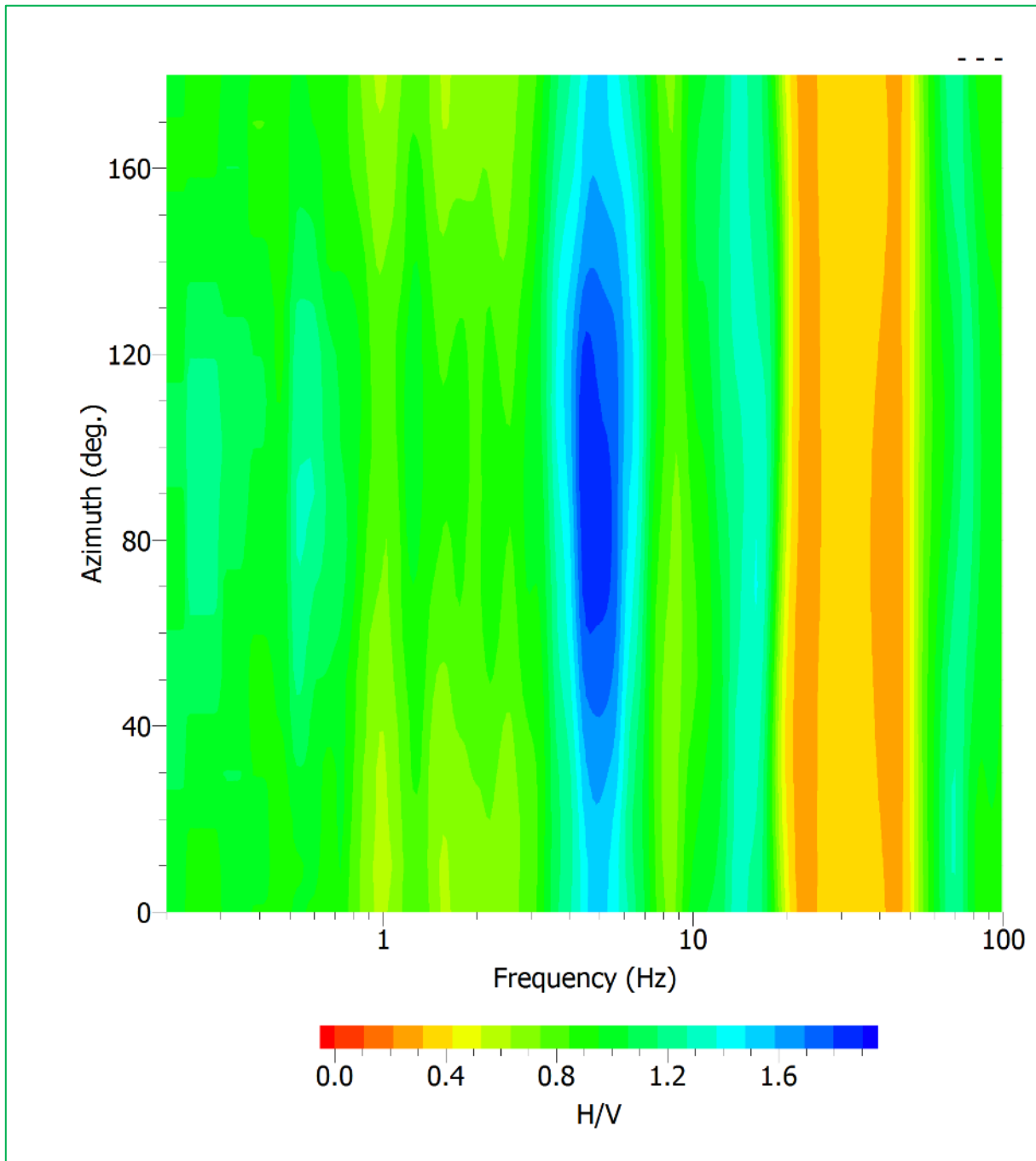


*sismogrammi acquisiti*



*Rapporto HVSR*

**Frequenza di picco: 4.8 Hz**



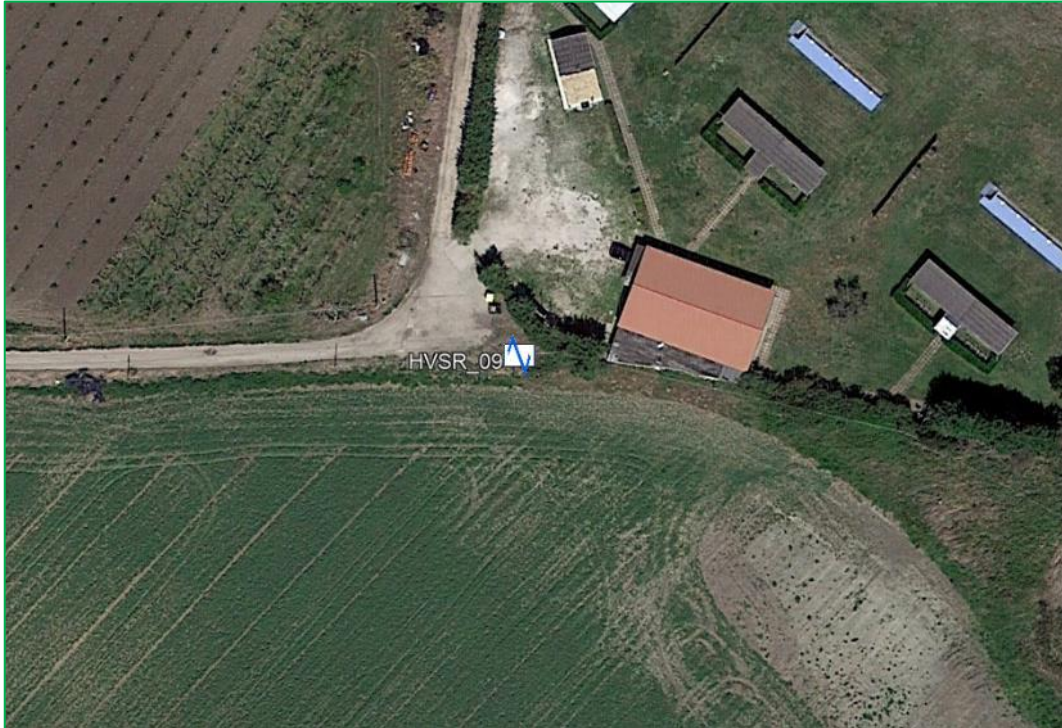
*Direzionalità del rapporto H/V*



---

## HVSRpe 9

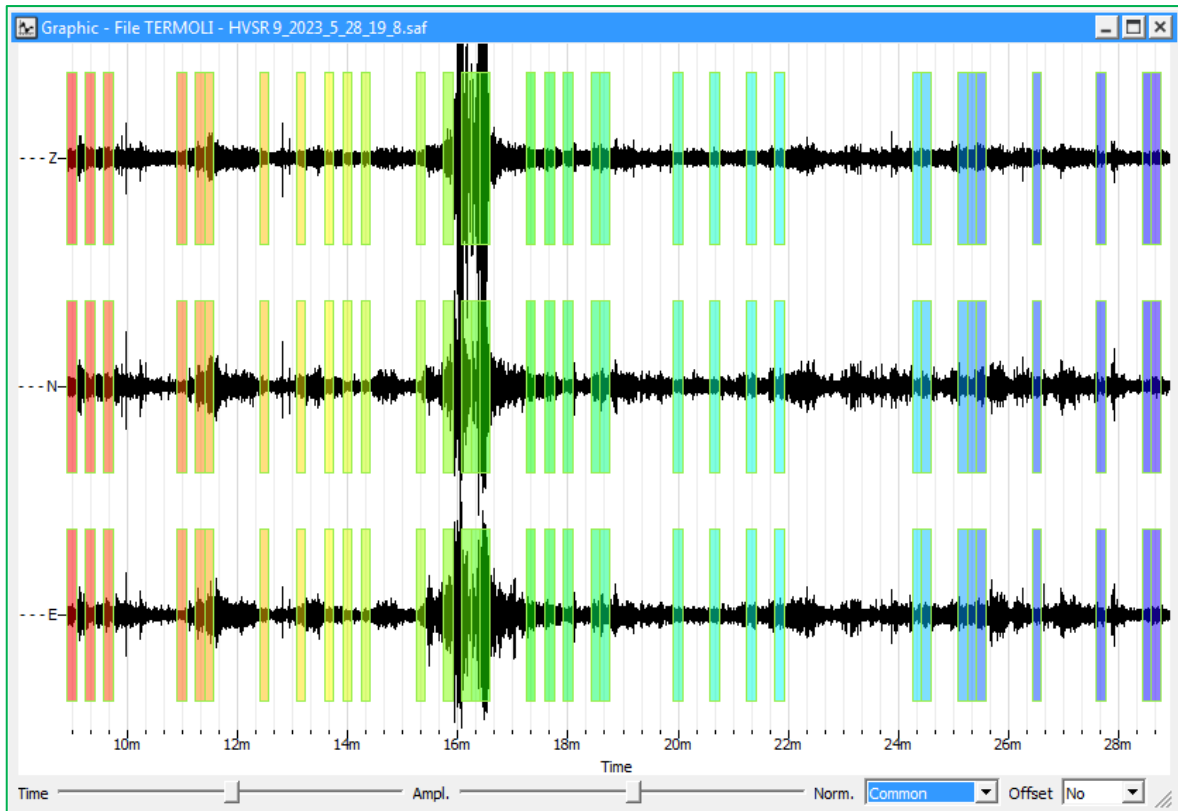
---



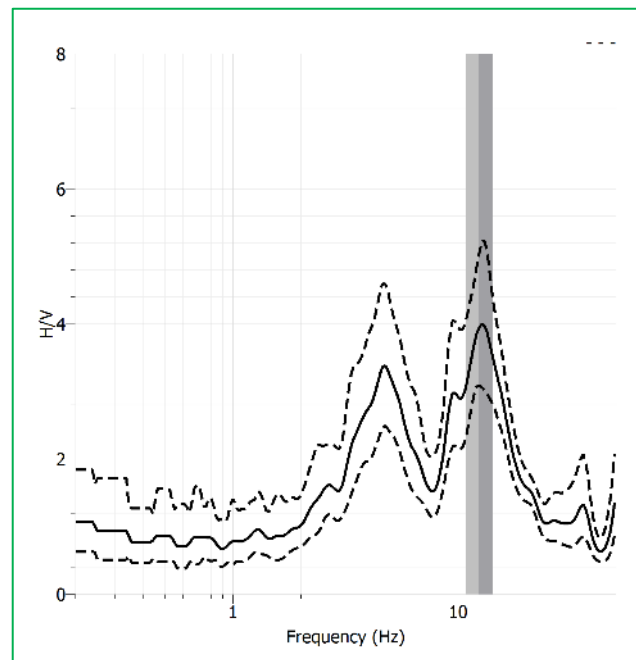
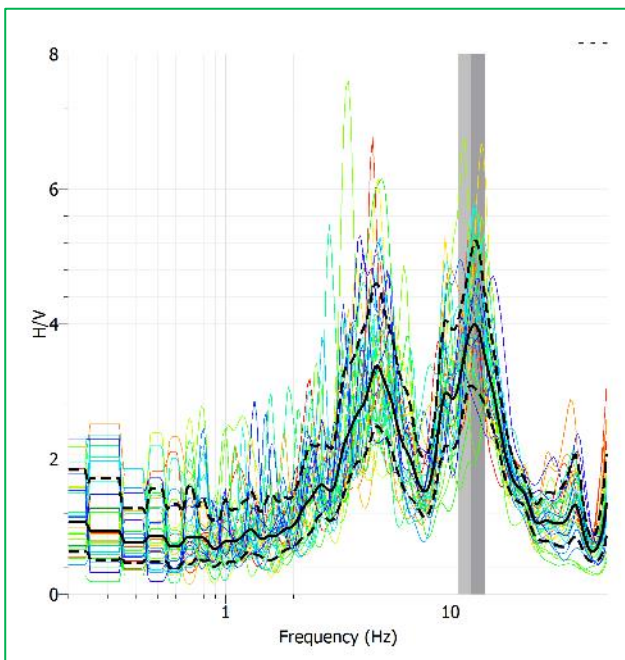
LAT: 41°55'54.73" - LONG: 15° 4'48.54"





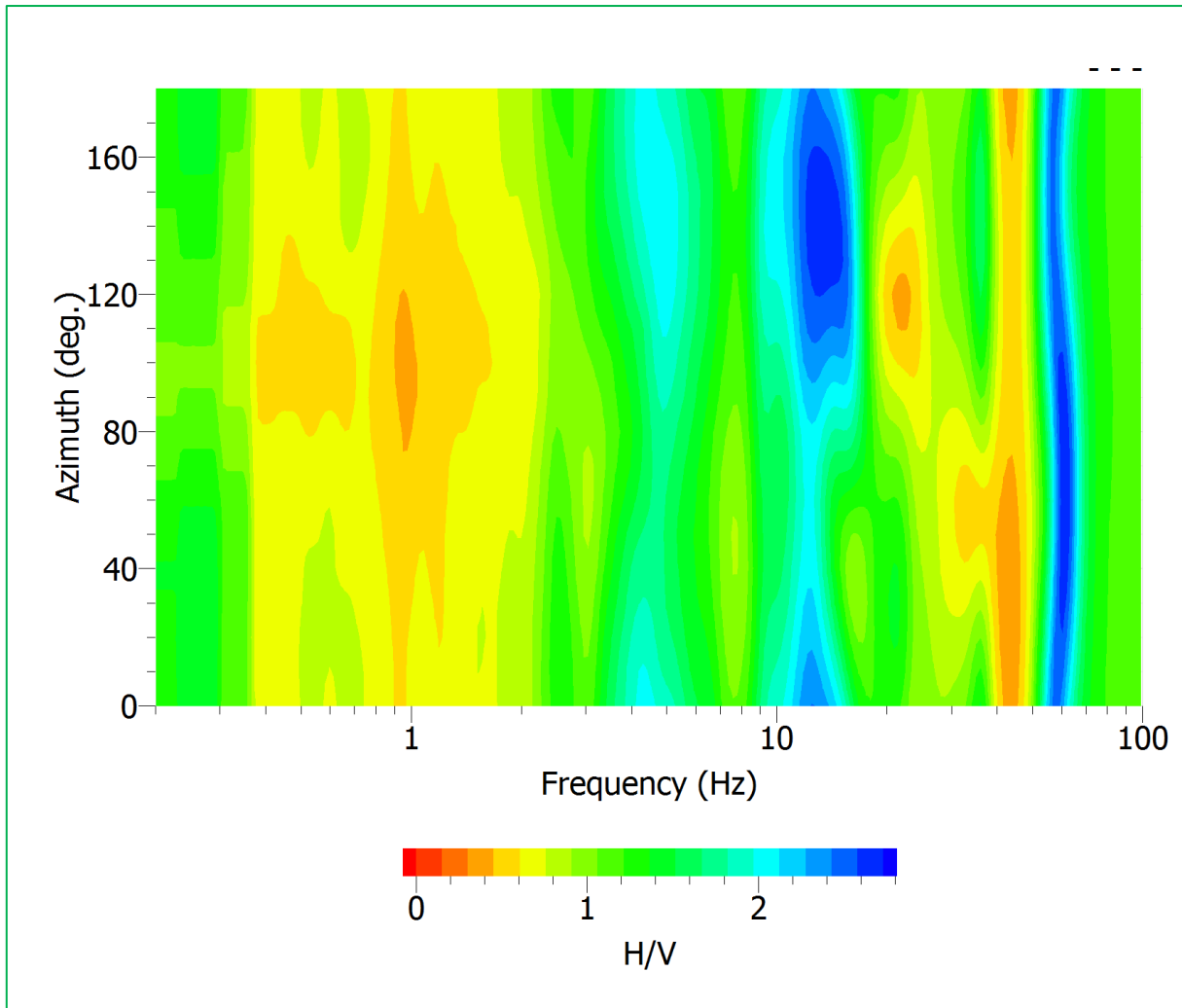


*sismogrammi acquisiti*



*Rapporto HVSR*

**Frequenze di picco: 4.74, 12.72 Hz**



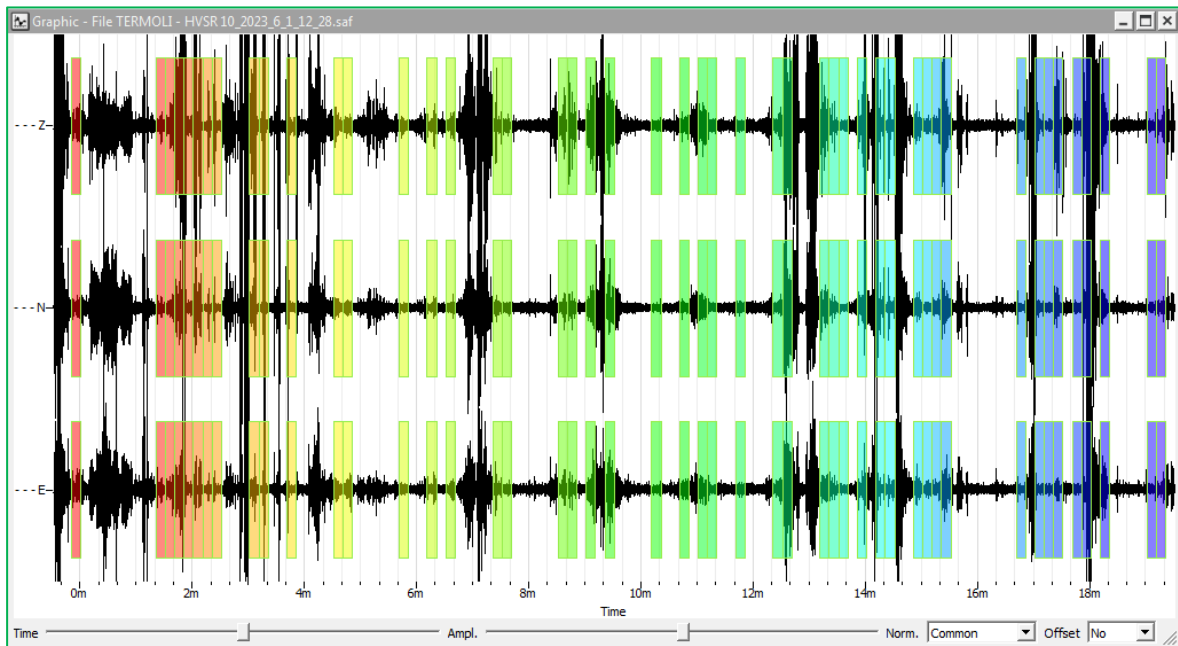
*Direzionalità del rapporto H/V*

## HVSRpe 10

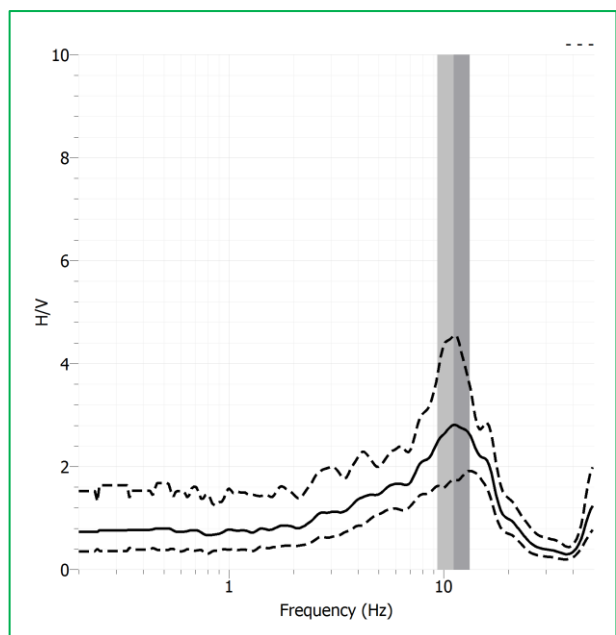
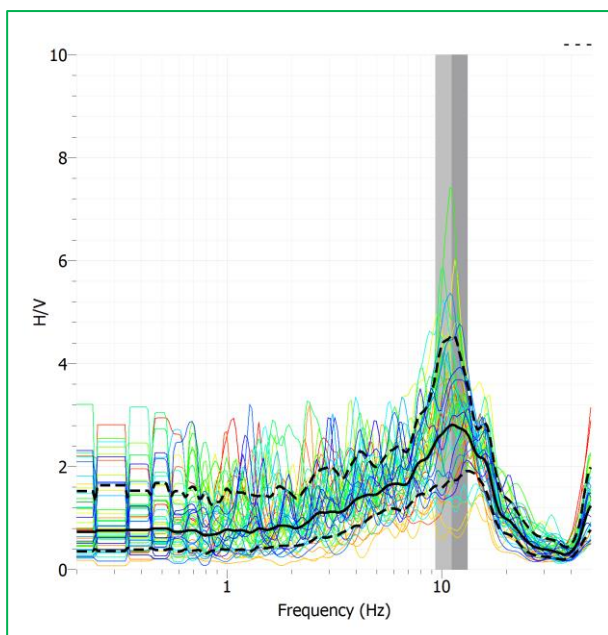


LAT: 41°55'24.78" - LONG: 15° 5'56.71"



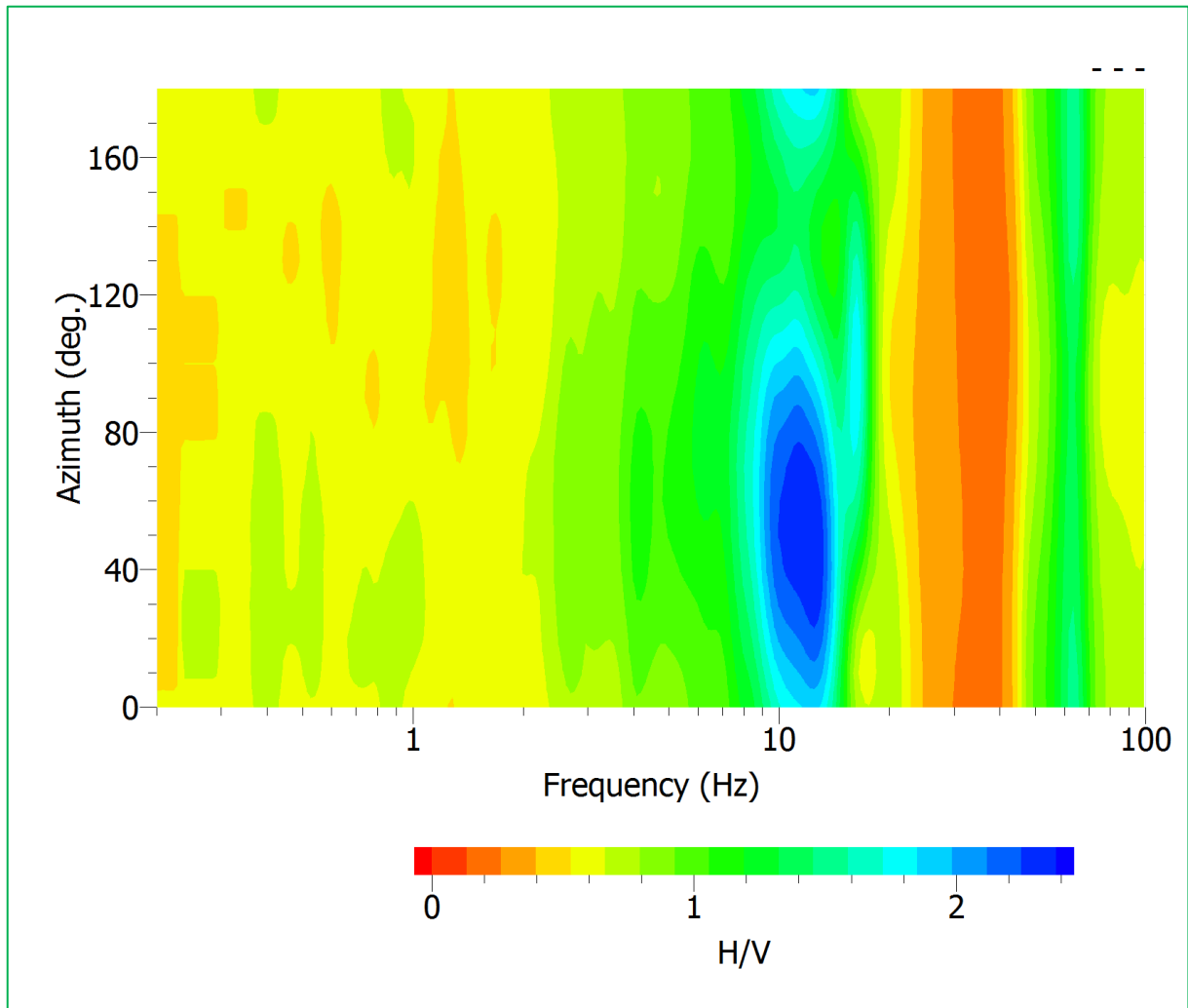


*sismogrammi acquisiti*



*Rapporto HVSr*

**Frequenza di picco: 11.1 Hz**



*Direzionalità del rapporto H/V*



---

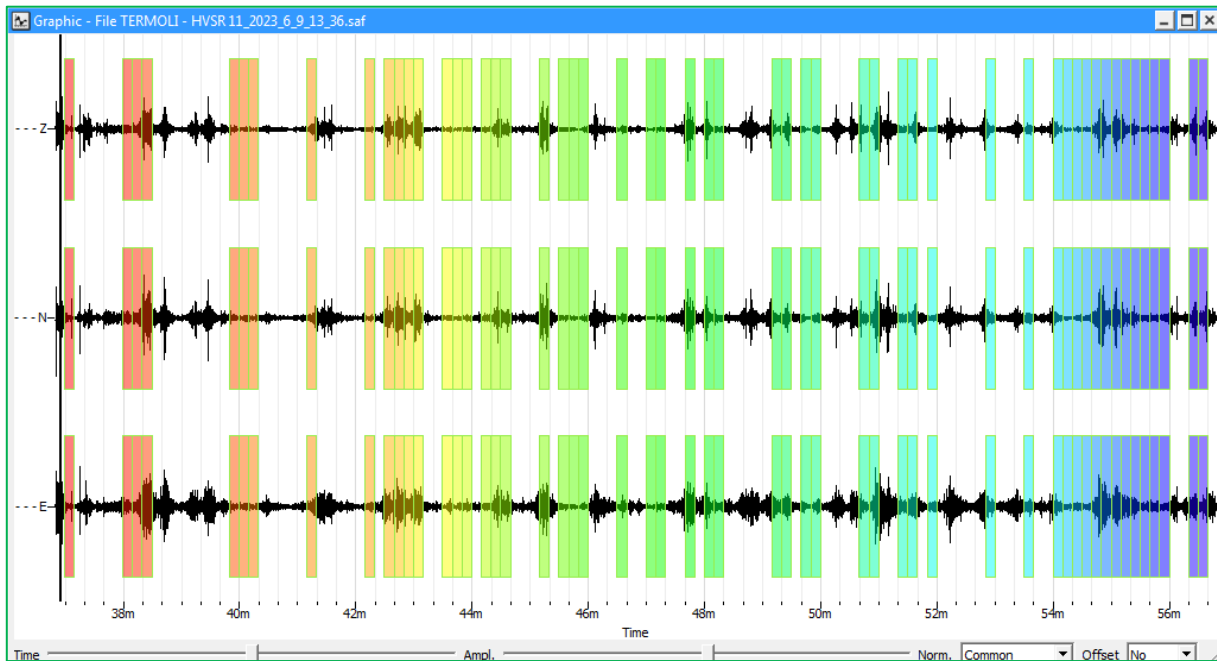
## HVSRpe 11

---

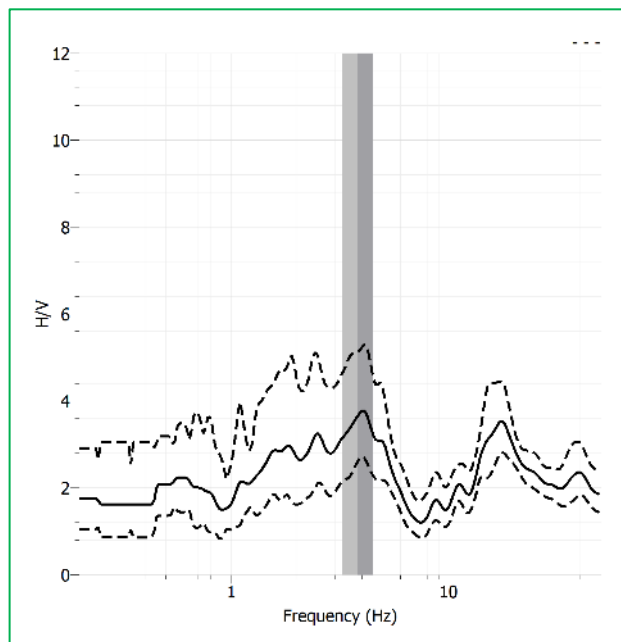
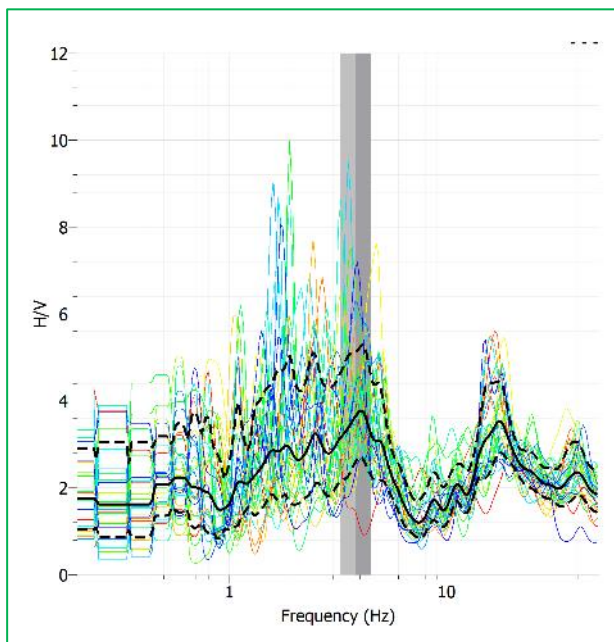


LAT: 41°55'16.82" - LONG: 15° 6' 19.89"



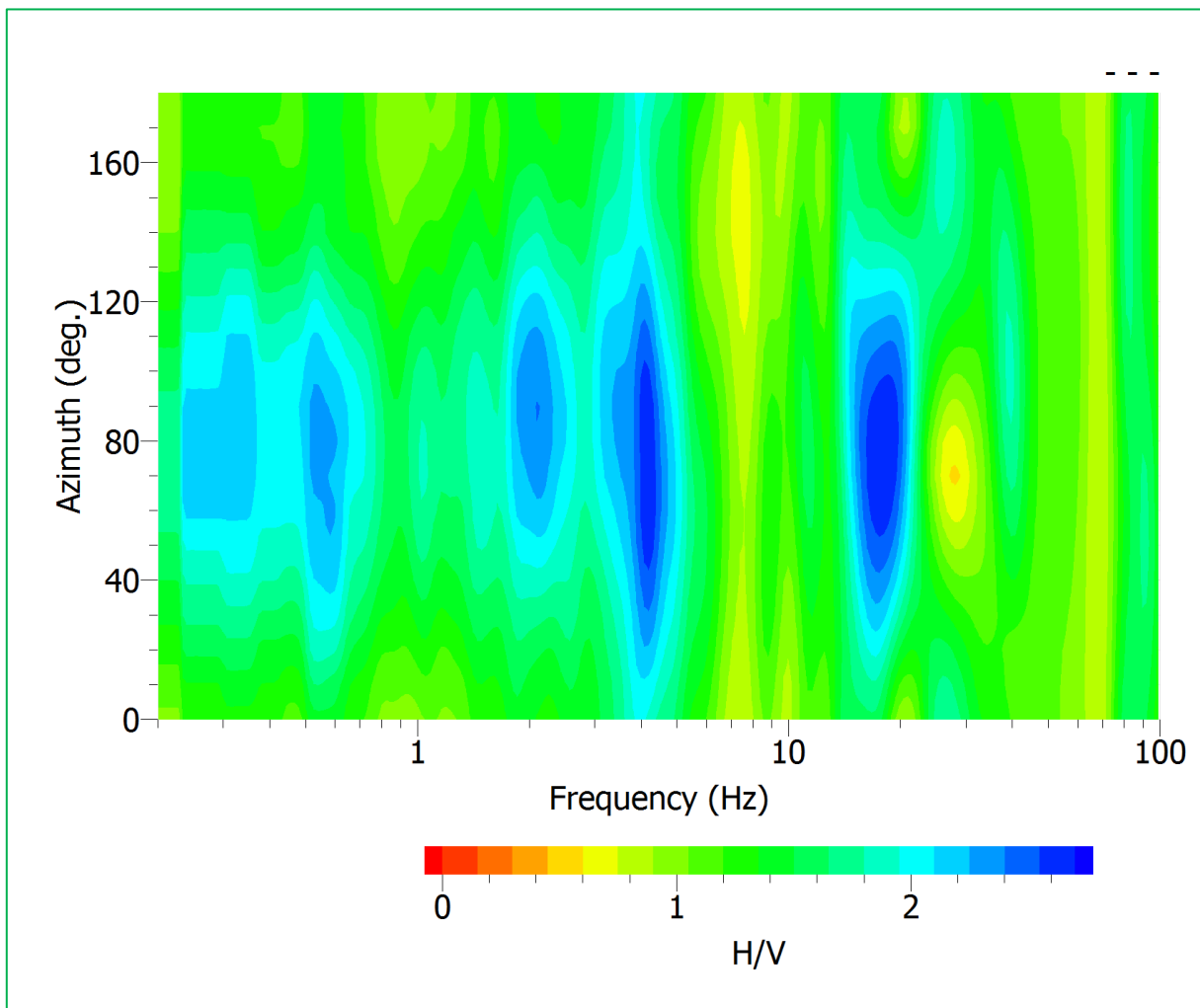


sismogrammi acquisiti



Rapporto HVSR

**Frequenza di picco: 3.80 Hz**



*Direzionalità del rapporto H/V*



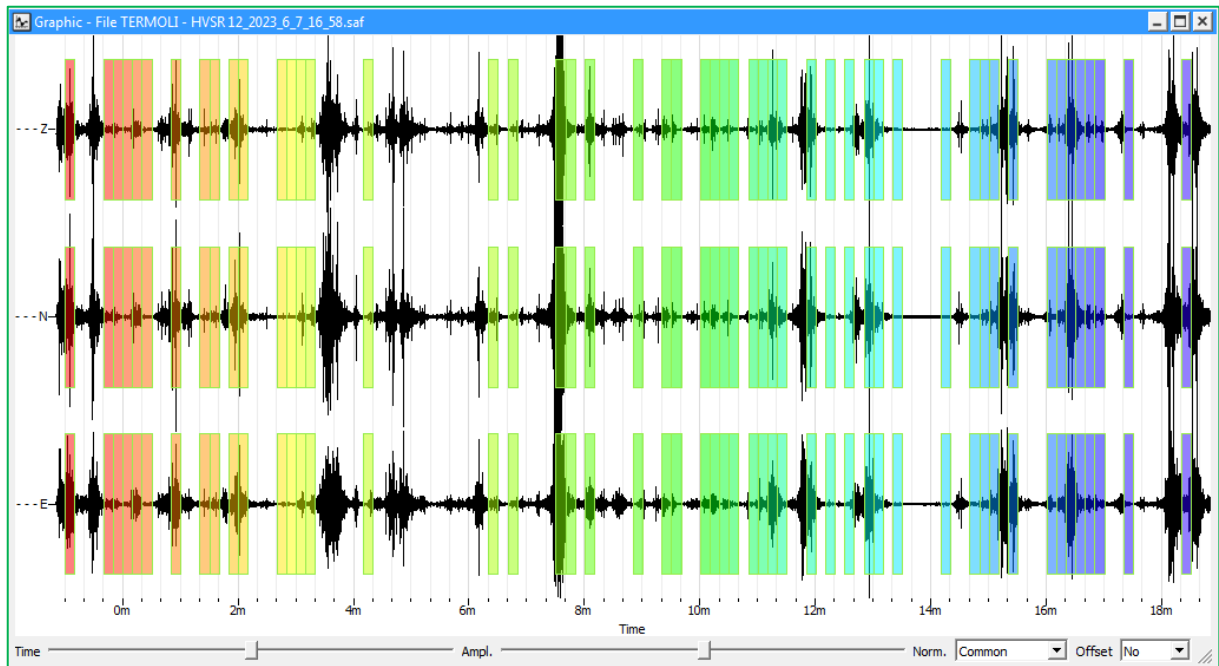
## HVSRpe 12

---

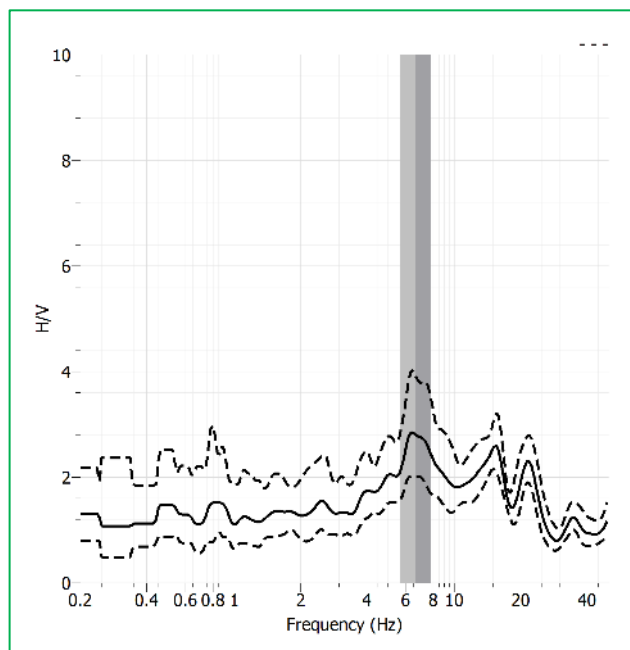
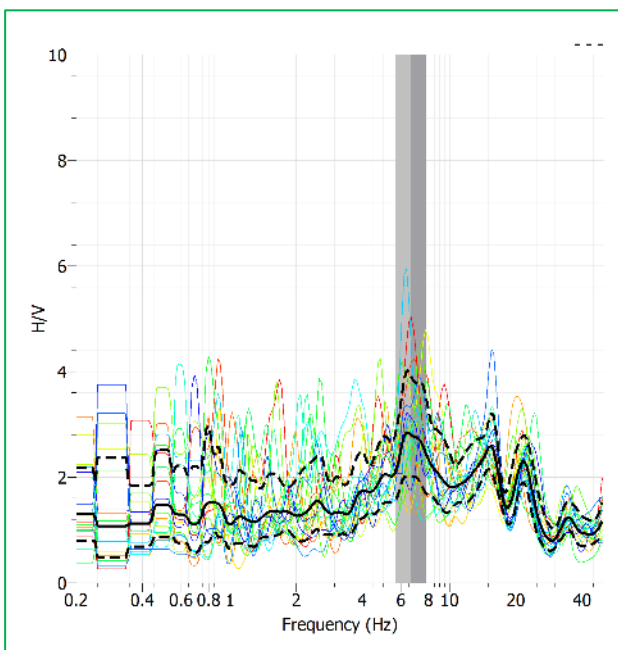


LAT: 41°54'35.72" - LONG: 15° 14' 27.07"





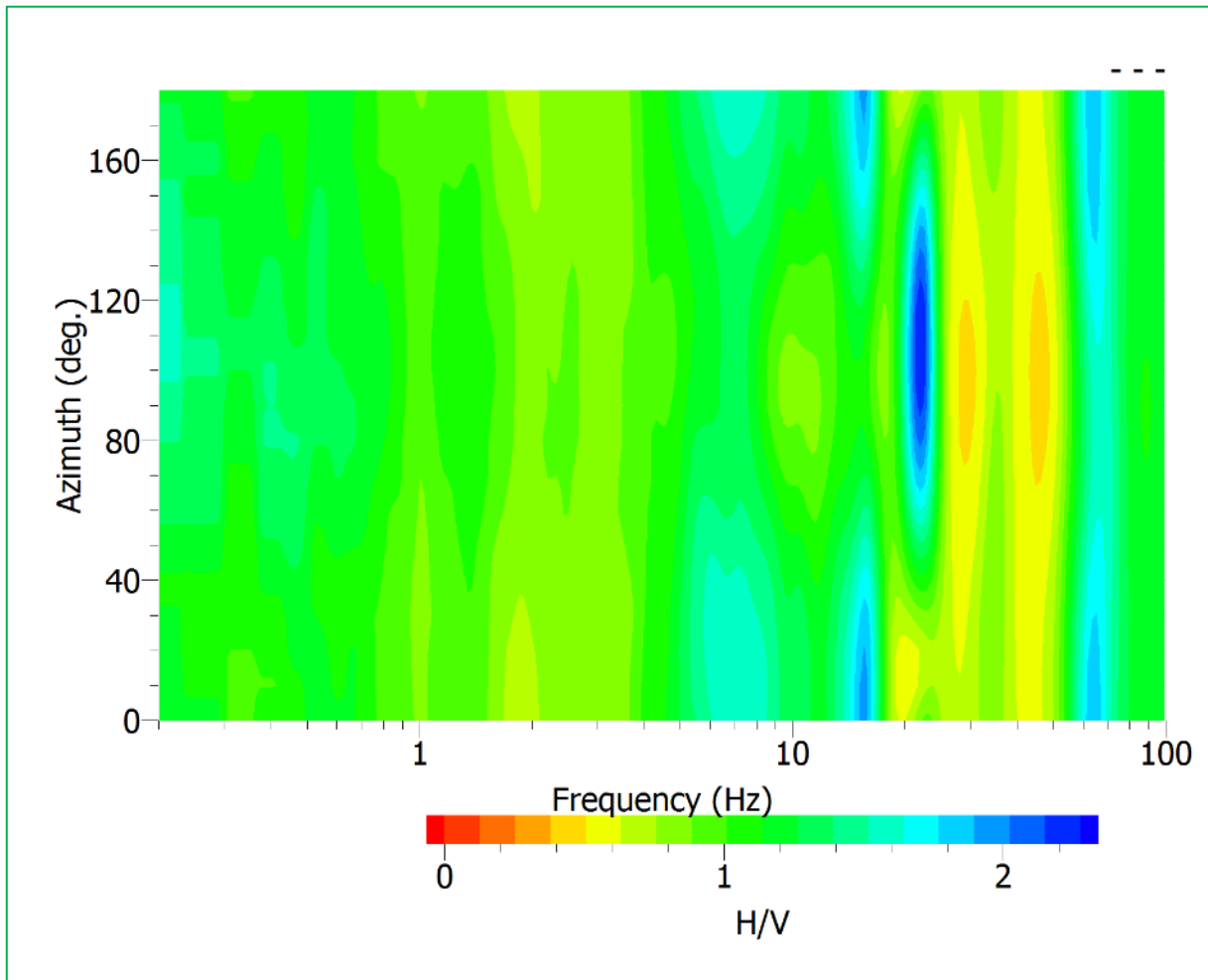
sismogrammi acquisiti



Rapporto HVSR

**Frequenza di picco: 6.67 Hz**





*Direzionalità del rapporto H/V*

Il geologo  
Domenico Angelone



Linea ferroviaria Pescara – Bari,  
 nella tratta Termoli – Lesina, Lotto 2  
 e 3 Termoli – Ripalta

# REPORT INDAGINI GEOFISICHE

REV.	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	DATA	REDATTO PREP'D	CONTR. CHK'D	APPR. APPR'D	N° DOCUMENTO COMMESSA
00	RAPPORTO DI PROVA	GIUGNO 2023	Dott. Geol. Paola Leonardi <i>Paola Leonardi</i>	Dott. Geol. Francesco Amodeo <i>F. Amodeo</i>	Dott. Geol. Benedetto Spanò <i>Benedetto Spanò</i>	1283/CT23/CON IP1580IP03

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' SVOLTE</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>PROVE MASW</b>	<b>3</b>
3.1	Riferimenti normativi	3
3.2	Metodologia	5
3.3	Strumentazione utilizzata	6
3.4	Elaborazioni e risultati MASW	7
3.4.1	MASW 1	7
3.4.2	MASW 2	15
3.4.3	MASW 3	23
<b>4</b>	<b>SISMICA A RIFRAZIONE</b>	<b>31</b>
4.1	Metodologia	31
4.2	Strumentazione utilizzata	36
4.3	Elaborazioni e risultati sismica a rifrazione	37
4.3.1	SIS_A1	37
4.3.2	SIS_A2	48
<b>5</b>	<b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b>	<b>59</b>
5.1	Indagini MASW	59
5.2	Indagini di sismica a rifrazione	61

## 1 PREMESSA

Le indagini, oggetto del presente lavoro, sono state eseguite dal Consorzio LR Laboratori Riuniti, con sede in Via Passo del Fico sn Presso Centro Commerciale all'ingrosso-Capannone 4 Blocco A3, Catania 95121, nell'ambito del progetto di "Linea ferroviaria Pescara – Bari, nella tratta Termoli – Lesina, Lotto 2 e 3 Termoli – Ripalta" ed esattamente nella galleria di Campomarino (CB).

## 2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' SVOLTE

La presente relazione illustra nel dettaglio le attività svolte dalla scrivente, le metodologie applicate, le strumentazioni utilizzate ed i risultati (elaborati finali) corredati da documentazione fotografica.

In particolare, sono state eseguite indagini geofisiche non invasive del tipo MASW e prove di sismica a rifrazione con elaborazione tomografica.

Le ubicazioni sono state definite e comunicate allo scrivente Consorzio LR dai tecnici del Committente nella figura dell'Ing. Leonetti (Hypro) e sono state eseguite in data 01-02 febbraio 2023 dal tecnico geofisico Dott. Geol. Michael Bernunzo.

Di seguito si elencano le attività svolte:

- n. 3 prove geofisiche tipo MASW;
- n. 2 prove geofisiche di sismica a rifrazione.

---

### CONSORZIO L.R. Laboratori Riuniti

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874.  
Iscritta al R.E.A. 270647

[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

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

### Uffici e Sede legale

Via Passo del Fico snc o/o Centro  
Commerciale all'ingrosso Blocco A/3  
95121 Catania (CT)  
Via degli Abeti 208 - 61122 Pesaro (PU)  
[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

Tel. +39 095 336490

### Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona industriale, Capannone n. 5  
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

### Laboratorio Aut. Terre e Rocce

Via C. Colombo n. 89  
94018 Troina (EN)

### 3 PROVE MASW

#### 3.1 Riferimenti normativi

La normativa sismica italiana, come riportato nel DM 14/01/2008 “Norme Tecniche sulle Costruzioni” definisce l’azione sismica di progetto basandosi sulla categoria sismica di suolo su cui realizzare l’opera.

La classificazione del suolo è convenzionalmente eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità ( $V_{s30}$ )

Per  $V_{s30}$  si intende, quindi, la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a 30 m di profondità dal piano di posa della fondazione calcolata secondo la seguente relazione definita al punto 3.2.2 delle citate NTC:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

Sulla base del suddetto valore vengono individuate le seguenti cinque categorie di suolo ed in generale il fenomeno dell’amplificazione diventa più accentuato passando dalla classe A alla classe E :

- A. Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di  $V_{s,30}$  superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m;
- B. Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $cu_{,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina);
- C. Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT_{,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < cu_{,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina);
- D. Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  inferiori a 180 m/s (ovvero  $NSPT_{,30} < 15$  nei terreni a grana grossa e  $cu_{,30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina);
- E. Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con  $V_s > 800$  m/s).



Alle suddette categorie la normativa prevede altre due classi, definite come suoli di tipo S1 e S2 per le quali si impone uno studio specifico per determinare gli effetti di amplificazione sismica locale.

S1. Depositi di terreni caratterizzati da valori di  $V_{s,30}$  inferiori a 100 m/s (ovvero  $10 < c_{u,30} < 20$  kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche;

S2. Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

---

**CONSORZIO L.R.  
Laboratori Riuniti**

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874.  
Iscritta al R.E.A. 270647

[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

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

---

**Uffici e Sede legale**

Via Passo del Fico snc o/o Centro  
Commerciale all'Ingrosso Blocco A/3  
95121 Catania (CT)  
Via degli Abeti 208 - 61122 Pesaro (PU)  
[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

Tel. +39 095 336490

---

**Laboratorio Aut. L. 1086/71**

Zona industriale, Capannone n. 5  
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

---

**Laboratorio Aut. Terre e Rocce**

Via C. Colombo n. 89  
94018 Troina (EN)

## 3.2 Metodologia

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi geofoni posti sulla superficie del suolo. Recenti studi, infatti, hanno consentito di creare un modello matematico basandosi sull'analisi delle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

Il metodo si basa sull'analisi spettrale del sismogramma, mediante trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive in quanto si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo alle varie lunghezze d'onda (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sui primi metri di profondità invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano spessori maggiori di terreno.

---

### CONSORZIO L.R. Laboratori Riuniti

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874.  
Iscritta al R.E.A. 270647

[info@consorzioir.it](mailto:info@consorzioir.it)

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

### Uffici e Sede legale

Via Passo del Fico snc o/o Centro  
Commerciale all'Ingrosso Blocco A/3  
95121 Catania (CT)  
Via degli Abeti 208 - 61122 Pesaro (PU)  
[info@consorzioir.it](mailto:info@consorzioir.it)

Tel. +39 095 336490

### Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona industriale, Capannone n. 5  
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

### Laboratorio Aut. Terre e Rocce

Via C. Colombo n. 89  
94018 Troina (EN)

### 3.3 Strumentazione utilizzata

L'apparecchiatura utilizzata per l'esecuzione delle indagini MASW consiste in un sismografo multicanale portatile **DOREMI** a 16 bit, interfacciato ad un PC portatile per la gestione software del sistema di acquisizione, e di un sistema di rilevazione del segnale costituito da 12 geofoni con frequenza propria di oscillazione pari a 4,5 Hz.

Il sismografo consente l'amplificazione sia statica che dinamica del segnale; quella dinamica (regolazione del guadagno) permette di amplificare il segnale nel suo insieme, compreso il rumore di fondo. La statica può essere utilizzata dopo l'acquisizione del segnale per evidenziare maggiormente l'inizio della perturbazione in quanto opera una variazione di scala delle ordinate esclusivamente in fase di visualizzazione.

Per esaltare il segnale rispetto al rumore di fondo è possibile inoltre sommare in memoria più tracce riferite alla stessa coppia energizzatore geofono (*stacking*). Poiché il rumore è casuale mentre il segnale è costante, tale sommatoria finisce per esaltare quest'ultimo a scapito del disturbo. Inoltre, al fine di ottenere il migliore segnale possibile, lo strumento è dotato di opportuni filtri passa banda.

L'energizzazione del terreno è avvenuta tramite l'utilizzo di una massa battente del peso di 8 Kg.

La disposizione dei geofoni è stata di tipo lineare con punto di scoppio e ricevitori collocati lungo una linea retta. La distanza tra i geofoni è stata di 4,0 m, la sorgente collocata ad una distanza di 4,0 e 8,0 m dal primo geofono (offset), esternamente all'array; l'intervallo di acquisizione è stato di 0,333 ms e la durata di acquisizione pari a 2 sec.

L'interpretazione dei dati di campagna è stata effettuata mediante il programma di interpretazione "*EasyMasw*" della Geostru e si è articolata sinteticamente nelle seguenti tre fasi:

1. Passaggio dal sismogramma al dominio spettrale mediante trasformata  $F - K$ ;
2. Estrazione della curva di dispersione sperimentale mediante interpretazione dello spettro  $F-K$ ;
3. Inversione, ovvero generazione di un modello sintetico a cui si associa una curva di dispersione teorica ben sovrapposta a quella sperimentale.

Nel paragrafo successivo sono riportati i grafici relativi alle suddette fasi compreso il valore del  $V_s 30$  che è risultato pari a 359,92 m/s, a cui corrisponde una categoria di suolo di tipo "**C**". Si allega inoltre una tabella dei parametri elastici del sito desunti.

CONSORZIO L.R.  
Laboratori Riuniti

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874.  
Iscritta al R.E.A. 270647

[info@consorzioir.it](mailto:info@consorzioir.it)

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

Uffici e Sede legale

Via Passo del Fico snc o/o Centro  
Commerciale all'Ingrosso Blocco A/3  
95121 Catania (CT)  
Via degli Abeti 208 - 81122 Pesaro (PU)  
[info@consorzioir.it](mailto:info@consorzioir.it)

Tel. +39 095 336490

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona industriale, Capannone n. 5  
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. Terre e Rocce

Via C. Colombo n. 89  
94018 Troina (EN)

### 3.4 Elaborazioni e risultati MASW

Di seguito si riporta l'elaborazione e i risultati di ciascuna MASW.

#### 3.4.1 MASW 1

<b>Località</b>	Campomarino (CB)
<b>Operatore</b>	Dott. Geol. Michael Bernunzo
<b>Latitudine</b>	41.95356
<b>Longitudine</b>	15.024898
<b>Data</b>	02/02/2023 ore 10:12



Figura 1 – Ubicazione MASW 1

**CONSORZIO L.R.**  
**Laboratori Riuniti**

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874. Iscritta al R.E.A. 270647

[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

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

**Uffici e Sede legale**

Via Passo del Fico snc o/o Centro Commerciale all'ingrosso Blocco A/3 95121 Catania (CT)  
Via degli Abeti 208 - 81122 Pesaro (PU)  
[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

Tel. +39 095 336490

**Laboratorio Aut. L. 1086/71**

Zona industriale, Capannone n. 5 94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

**Laboratorio Aut. Terre e Rocce**

Via C. Colombo n. 89 94018 Troina (EN)

## Tracce

N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	1998,0
Interdistanza geofoni [m]	4,0
Periodo di campionamento [msec]	0,333

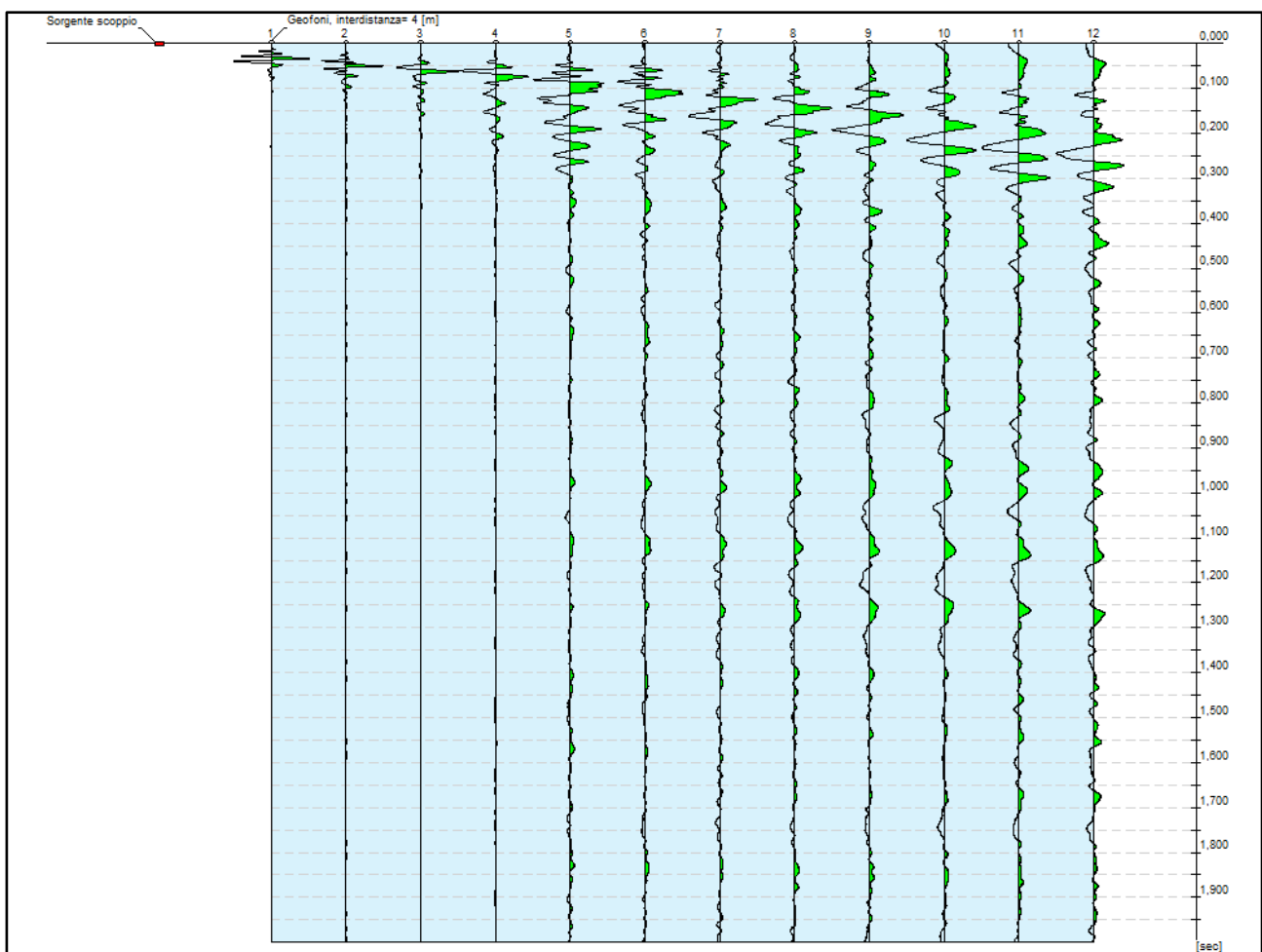


Figura 2 - Serie Temporali

**CONSORZIO L.R.**  
**Laboratori Riuniti**

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874.  
Iscritta al R.E.A. 270647

[info@consorzioir.it](mailto:info@consorzioir.it)

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

**Uffici e Sede legale**

Via Passo del Fico snc o/o Centro  
Commerciale all'ingrosso Blocco A/3  
95121 Catania (CT)  
Via degli Abeti 208 - 81122 Pesaro (PU)  
[info@consorzioir.it](mailto:info@consorzioir.it)

Tel. +39 095 336490

**Laboratorio Aut. L. 1086/71**

Zona industriale, Capannone n. 5  
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

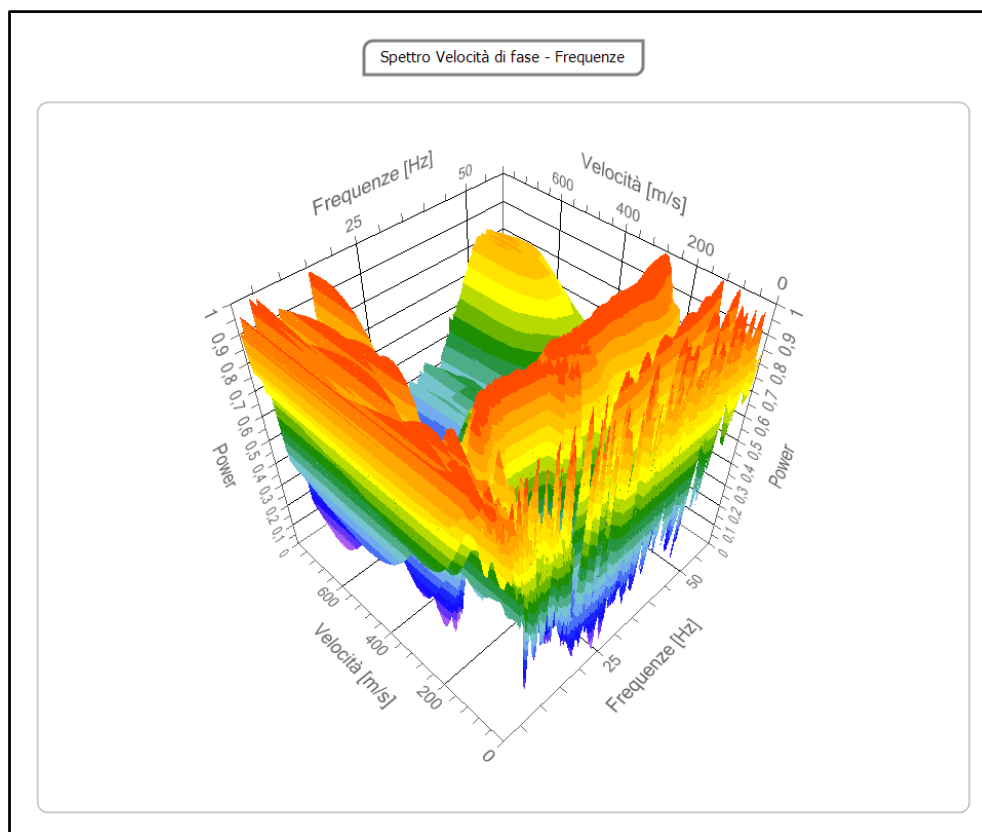
**Laboratorio Aut. Terre e Rocce**

Via C. Colombo n. 89  
94018 Troina (EN)



## Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



**Figura 3. Spettro Velocità di fase-Frequenza**

### Curva di dispersione

N.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	2,3	453,7	0
2	5,1	374,6	0
3	8,3	349,3	0
4	11,9	304,3	0
5	14,5	269,0	0
6	17,5	220,8	0
7	20,5	208,8	0
8	23,4	196,7	0
9	26,6	200,8	0
10	29,8	200,8	0
11	32,6	208,8	0
12	35,9	212,8	0
13	39,0	208,8	0
14	42,1	208,8	0
15	44,6	204,8	0
16	47,7	208,8	0
17	50,8	212,8	0
18	54,2	212,8	0
19	57,0	212,8	0

*Tabella 1 - Picking della curva di dispersione*

**CONSORZIO L.R.  
Laboratori Riuniti**

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg  
delle Imprese di Catania n. 05184000874.  
Iscritta al R.E.A. 270647

[info@consorzioir.it](mailto:info@consorzioir.it)

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

**Uffici e Sede legale**

Via Passo del Fico snc o/o Centro  
Commerciale all'ingrosso Blocco A/3  
95121 Catania (CT)  
Via degli Abeti 208 - 61122 Pesaro (PU)  
[info@consorzioir.it](mailto:info@consorzioir.it)

Tel. +39 095 336490

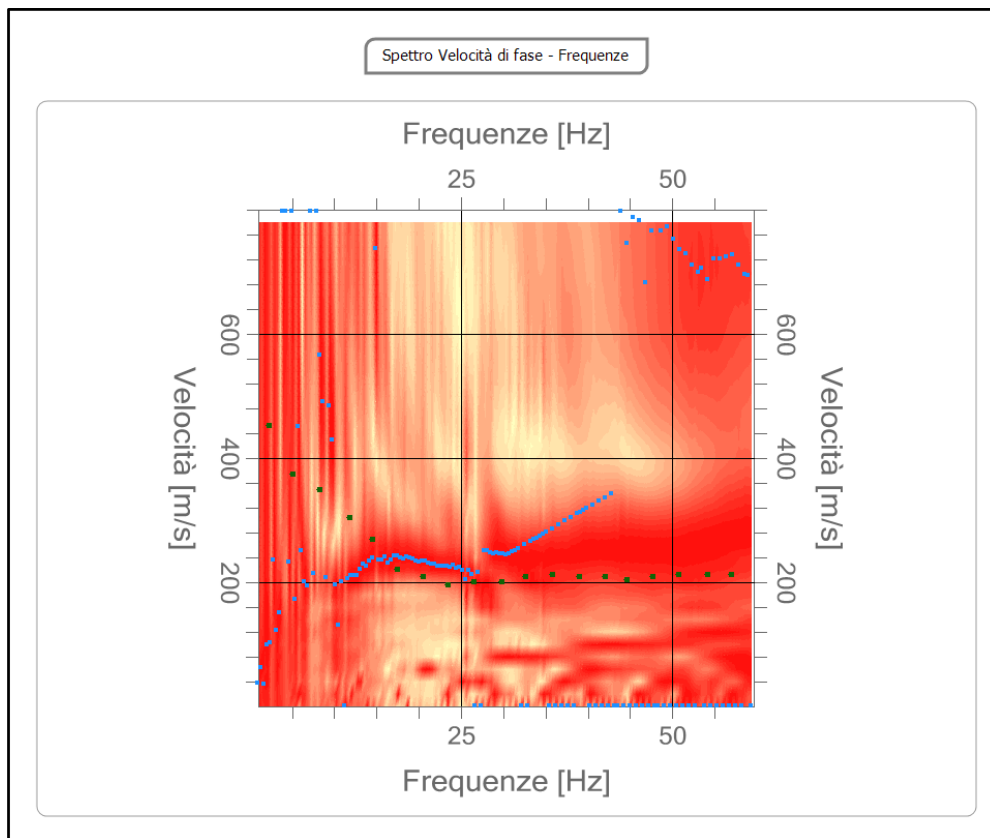
**Laboratorio Aut. L. 1086/71**

Zona industriale, Capannone n. 5  
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

**Laboratorio Aut. Terre e Rocce**

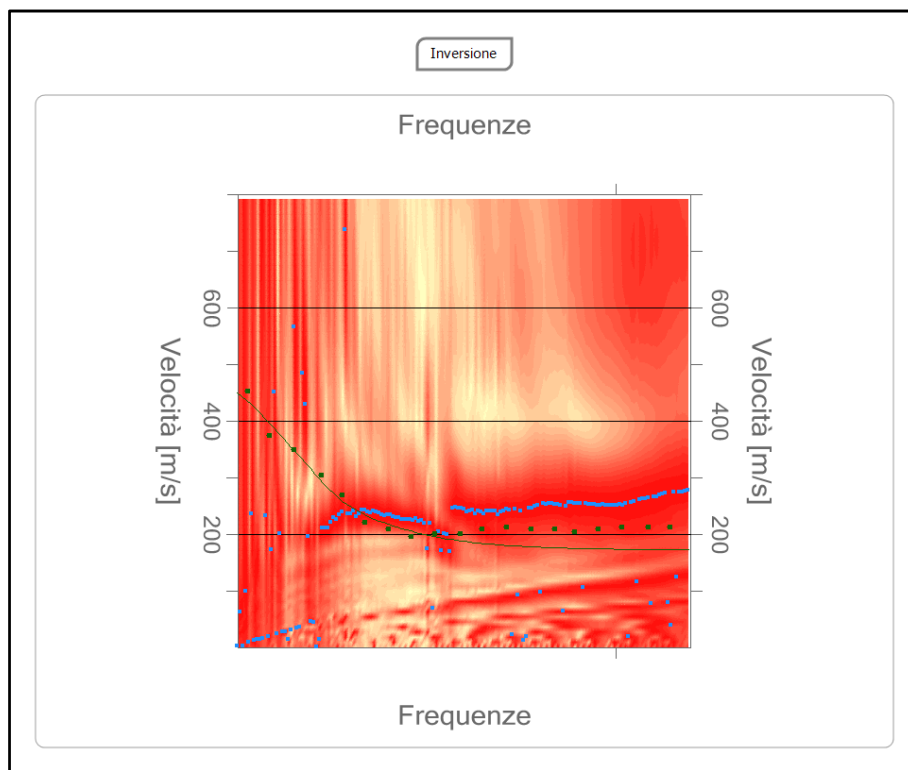
Via C. Colombo n. 89  
94018 Troina (EN)



**Figura 4 - Curva di dispersione**

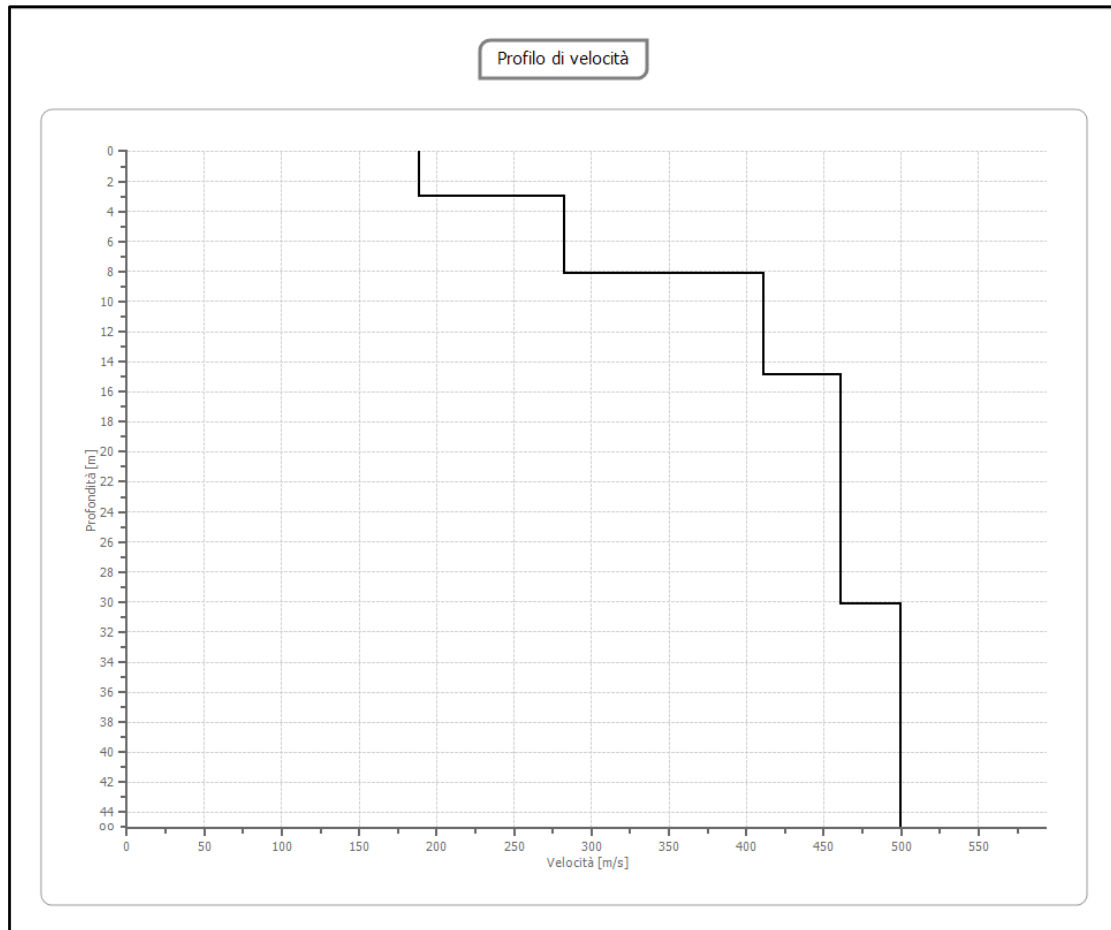
**Modello di inversione**

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3,00	3,00	1800,0	0,2	No	307,3	188,2
2		8,14	5,14	1980,0	0,3	Si	527,9	282,2
3		14,89	6,75	2000,0	0,3	No	769,0	411,0
4		22,73	7,84	2020,0	0,3	No	862,7	461,1
5		30,11	7,38	2020,0	0,3	No	862,7	461,1
6		oo	oo	2020,0	0,3	No	933,8	499,2



**Figura 5 - Confronto tra la curva di dispersione teorica e la curva sperimentale**

**Profondità piano di posa** 0,00  
**[m]**  
**Vs30 [m/sec]** 359,92  
**Categoria del suolo** C



**Figura 6 - Profilo di velocità delle onde Vs del sottosuolo**



## Risultati

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT_{,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

## Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [kPa]	Ed [kPa]	M0 [kPa]	Ey [kPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	3,00	3,00	188,19	307,31	1900,00	0,20	67289,05	179437,42	89718,69	161493,70	N/A	560,08
2	8,14	5,14	282,18	527,92	2000,00	0,30	159254,27	557389,87	345050,85	414061,08	N/A	4288,89
3	14,89	6,75	411,04	768,98	1980,00	0,30	334522,49	1170828,80	724798,81	869758,49	N/A	N/A
4	22,73	7,84	461,13	862,69	2000,00	0,30	425276,53	1488467,87	921432,50	1105718,98	N/A	N/A
5	30,11	7,38	461,14	862,71	2000,00	0,30	425298,82	1488546,01	921480,92	1105776,95	N/A	N/A
6	oo	oo	499,16	933,84	2000,00	0,30	498316,60	1744108,24	1079686,10	1295623,19	0	N/A

$G_0$ : Modulo di deformazione al taglio

$E_d$ : Modulo edometrico

$M_0$ : Modulo di compressibilità volumetrica

$E_y$ : Modulo di Young

### 3.4.2 MASW 2

<b>Località</b>	Campomarino (CB)
<b>Operatore</b>	Dott.Geol.Michael Bernunzo
<b>Latitudine</b>	41.944066
<b>Longitudine</b>	15.036785
<b>Data</b>	01/02/2023 ore 11:27



**Figura 7 – Ubicazione MASW 2**

**CONSORZIO L.R.**  
**Laboratori Riuniti**

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874. Iscritta al R.E.A. 270647

[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

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

**Uffici e Sede legale**

Via Passo del Fico snc o/o Centro Commerciale all'ingrosso Blocco A/3 95121 Catania (CT)  
Via degli Abeti 208 - 61122 Pesaro (PU)  
[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

Tel. +39 095 336490

**Laboratorio Aut. L. 1086/71**

Zona industriale, Capannone n. 5 94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

**Laboratorio Aut. Terre e Rocce**

Via C. Colombo n. 89 94018 Troina (EN)

## Tracce

N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	1998,0
Interdistanza geofoni [m]	4,0
Periodo di campionamento [msec]	0,333

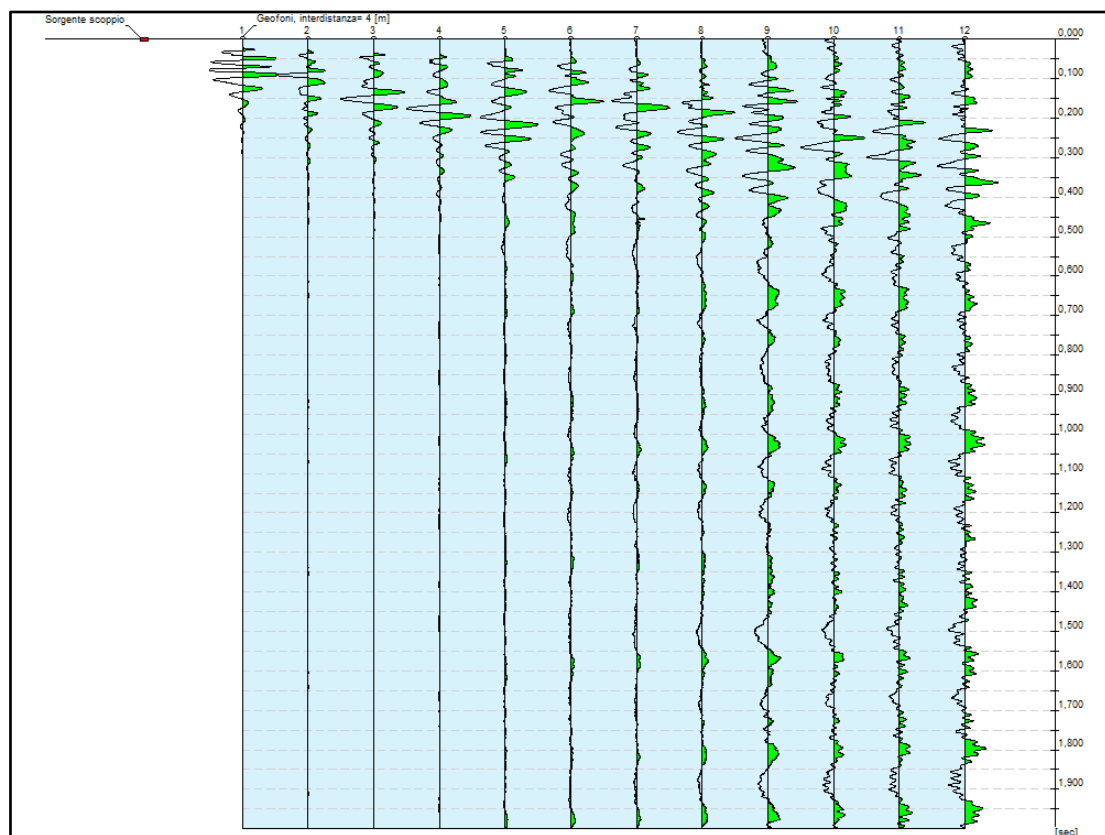


Figura 8 – Serie temporali

**CONSORZIO L.R.**  
**Laboratori Riuniti**

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg  
 delle Imprese di Catania n. 05184000874.  
 Iscritta al R.E.A. 270647

info@consorziolr.it

www.CONSORZIOLR.it

Uffici e Sede legale

Via Passo del Fico snc o/o Centro  
 Commerciale all'ingrosso Blocco A/3  
 95121 Catania (CT)  
 Via degli Abeti 208 - 61122 Pesaro (PU)  
[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

Tel. +39 095 336490

Laboratorio Aut. L. 1086/71

Zona industriale, Capannone n. 5  
 94010 Catenanuova (EN)

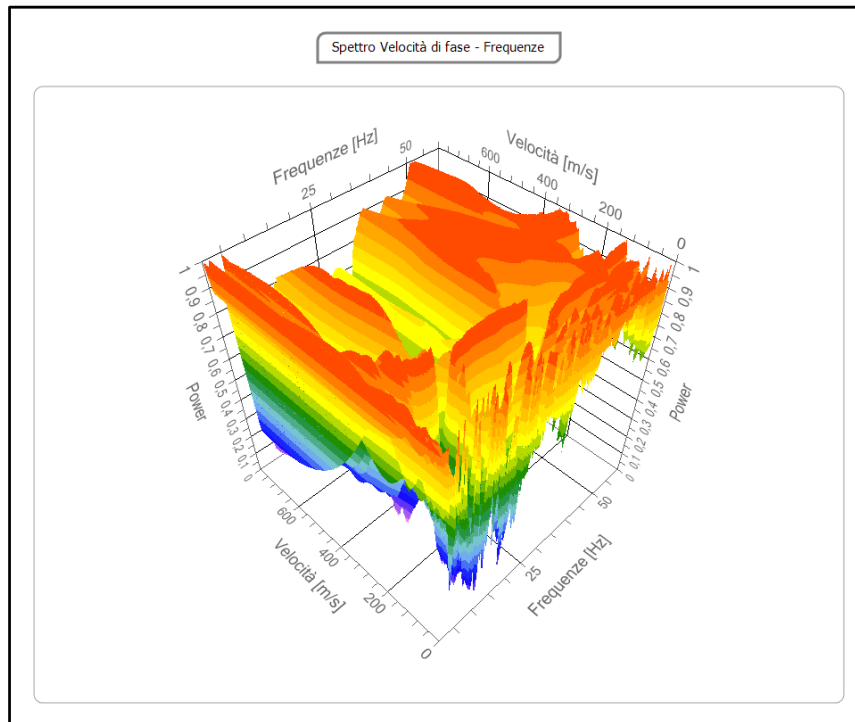
Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. Terre e Rocce

Via C. Colombo n. 89  
 94018 Troina (EN)

## Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



**Figura 9 - Spettro Velocità di fase-Frequenza**

### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	1,8	422,7	0
2	4,8	322,8	0
3	8,6	282,1	0
4	12,9	263,6	0
5	16,2	256,2	0
6	19,7	248,8	0
7	22,5	248,8	0
8	25,2	248,8	0
9	28,7	263,6	0
10	31,4	271,0	0
11	34,9	278,4	0
12	37,1	282,1	0
13	39,0	285,8	0
14	41,7	293,2	0
15	44,2	300,6	0
16	47,2	308,0	0
17	49,9	319,1	0
18	52,6	322,8	0
19	55,0	337,6	0
20	57,5	356,1	0

**Tabella 2 - Picking della cura di dispersione**

**CONSORZIO L.R.  
Laboratori Riuniti**

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg  
delle Imprese di Catania n. 05184000874.  
Iscritta al R.E.A. 270647

[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

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

**Uffici e Sede legale**

Via Passo del Fico snc o/o Centro  
Commerciale all'ingrosso Blocco A/3  
95121 Catania (CT)  
Via degli Abeti 208 - 61122 Pesaro (PU)  
[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

Tel. +39 095 336490

**Laboratorio Aut. L. 1086/71**

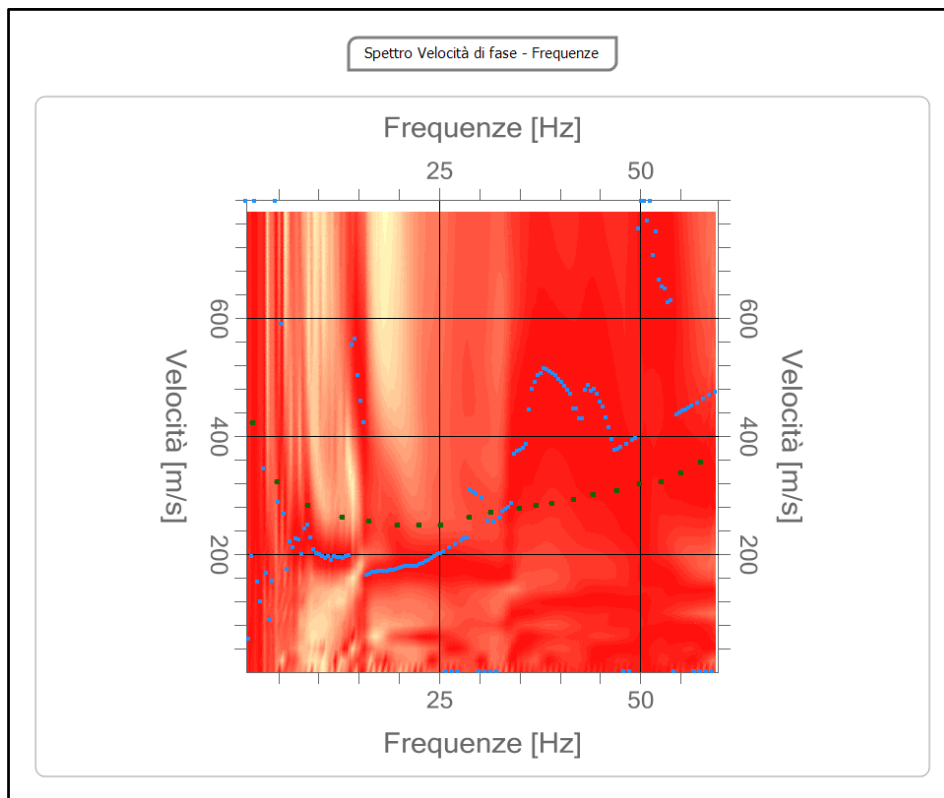
Zona industriale, Capannone n. 5  
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

**Laboratorio Aut. Terre e Rocce**

Via C. Colombo n. 89  
94018 Troina (EN)





**Figura 10. Curva di dispersione**

### Modello di inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		4,92	4,92	2020,0	0,2	No	515,2	315,5
2		9,55	4,63	2000,0	0,2	No	496,8	304,2
3		14,87	5,32	2020,0	0,2	No	518,2	317,4
4		22,68	7,81	2020,0	0,2	No	572,2	350,4
5		31,41	8,73	2020,0	0,2	No	659,7	404,0
6		oo	oo	2040,0	0,2	No	703,6	430,9

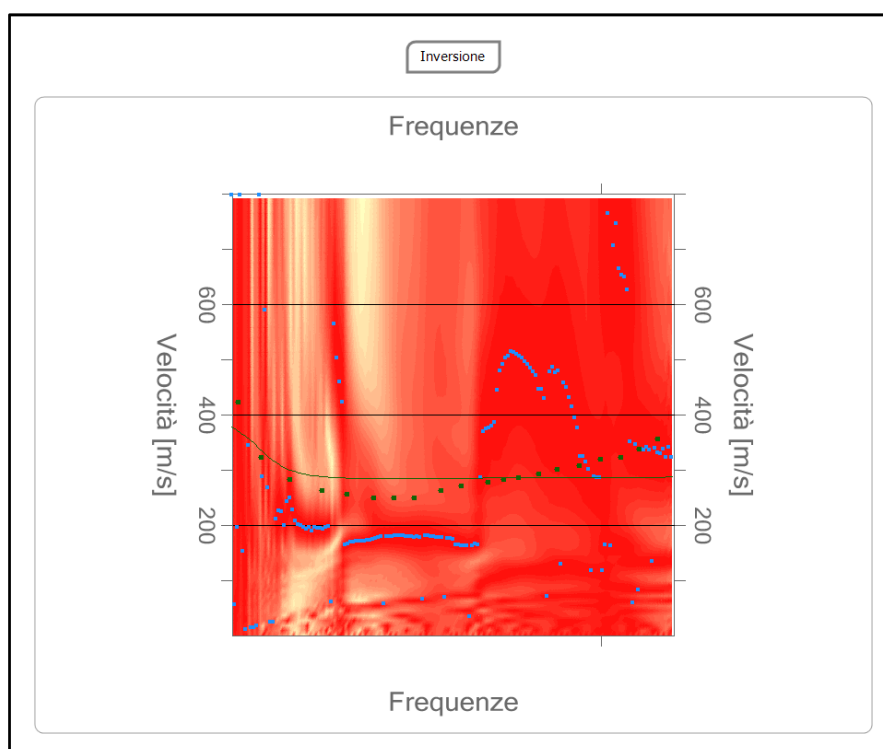


Figura 11 - Confronto tra la curva di dispersione teorica e la curva sperimentale

**CONSORZIO L.R.**  
**Laboratori Riuniti**

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874. Iscritta al R.E.A. 270647

[info@consorzioir.it](mailto:info@consorzioir.it)

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

**Uffici e Sede legale**

Via Passo del Fico snc o/o Centro Commerciale all'Ingrosso Blocco A/3 95121 Catania (CT)  
Via degli Abeti 208 - 61122 Pesaro (PU)  
[info@consorzioir.it](mailto:info@consorzioir.it)

Tel. +39 095 336490

**Laboratorio Aut. L. 1086/71**

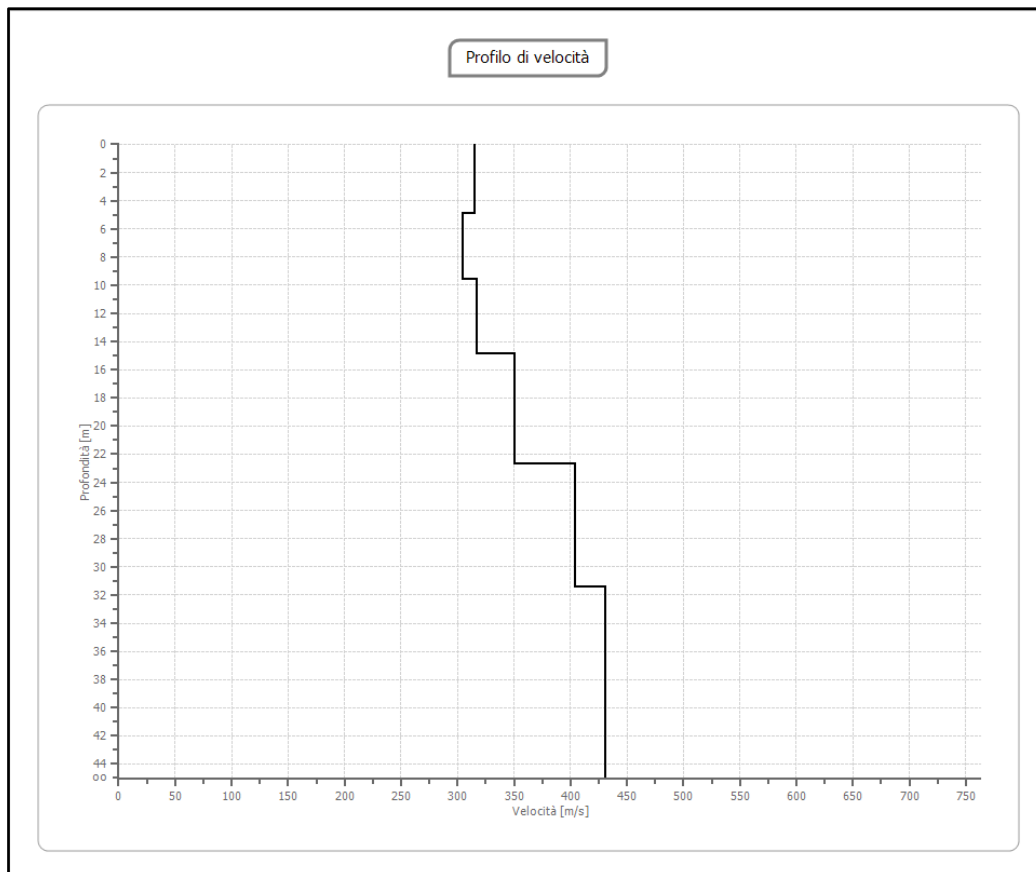
Zona industriale, Capannone n. 5 94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

**Laboratorio Aut. Terre e Rocce**

Via C. Colombo n. 89 94018 Troina (EN)

Profondità piano di posa [m]	0,00
Vs30 [m/sec]	340,97
Categoria del suolo	C



**Figura 12 – Profilo di velocità delle onde Vs del sottosuolo**

**CONSORZIO L.R.**  
**Laboratori Riuniti**

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874. Iscritta al R.E.A. 270647

[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

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

**Uffici e Sede legale**

Via Passo del Fico snc o/o Centro Commerciale all'ingrosso Blocco A/3 95121 Catania (CT)  
Via degli Abeti 208 - 61122 Pesaro (PU)  
[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

Tel. +39 095 336490

**Laboratorio Aut. L. 1086/71**

Zona industriale, Capannone n. 5 94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

**Laboratorio Aut. Terre e Rocce**

Via C. Colombo n. 89 94018 Troina (EN)

## Risultati

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT,30 < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

## Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	$V_s$ [m/s]	$V_p$ [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	$G_0$ [kPa]	$E_d$ [kPa]	$M_0$ [kPa]	$E_y$ [kPa]	NSPT	$Q_c$ [kPa]
1	4,92	4,92	315,52	515,25	2000,00	0,20	199109,69	530959,09	265479,49	477863,23	N/A	N/A
2	9,55	4,63	304,20	496,75	1970,00	0,20	182297,15	486125,71	243062,84	437513,16	N/A	N/A
3	14,87	5,32	317,35	518,24	2000,00	0,20	201425,97	537135,89	268567,93	483422,31	N/A	N/A
4	22,68	7,81	350,39	572,19	2000,00	0,20	245548,98	654797,21	327398,57	589317,52	N/A	N/A
5	31,41	8,73	404,00	659,72	2000,00	0,20	326424,01	870463,94	435231,93	783417,59	N/A	N/A
6	oo	oo	430,85	703,58	2020,00	0,20	374984,75	999959,20	499979,53	899963,35	0	N/A

$G_0$ : Modulo di deformazione al taglio

$E_d$ : Modulo edometrico

$M_0$ : Modulo di compressibilità volumetrica

$E_y$ : Modulo di Young

**CONSORZIO L.R.**  
**Laboratori Riuniti**

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874.  
Iscritta al R.E.A. 270647

[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

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

**Uffici e Sede legale**

Via Passo del Fico snc o/o Centro  
Commerciale all'Ingrosso Blocco A/3  
95121 Catania (CT)  
Via degli Abeti 208 - 61122 Pesaro (PU)  
[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

Tel. +39 095 336490

**Laboratorio Aut. L. 1086/71**

Zona industriale, Capannone n. 5  
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

**Laboratorio Aut. Terre e Rocce**

Via C. Colombo n. 89  
94018 Troina (EN)

### 3.4.3 MASW 3

<b>Località</b>	Campomarino (CB)
<b>Operatore</b>	Dott.Geol.Michael Bernunzo
<b>Latitudine</b>	41.94733
<b>Longitudine</b>	15.03108
<b>Data</b>	01/02/2023 09:10



**Figura 13 – Ubicazione MASW 3**

**CONSORZIO L.R.**  
**Laboratori Riuniti**

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874.  
Iscritta al R.E.A. 270647

[info@consorzioir.it](mailto:info@consorzioir.it)

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

**Uffici e Sede legale**

Via Passo del Fico snc o/o Centro  
Commerciale all'ingrosso Blocco A/3  
95121 Catania (CT)  
Via degli Abeti 208 - 81122 Pesaro (PU)  
[info@consorzioir.it](mailto:info@consorzioir.it)

Tel. +39 095 336490

**Laboratorio Aut. L. 1086/71**

Zona industriale, Capannone n. 5  
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

**Laboratorio Aut. Terre e Rocce**

Via C. Colombo n. 89  
94018 Troina (EN)



## Tracce

N. tracce	12
Durata acquisizione	1998,0
[msec]	
Interdistanza geofoni [m]	4,0
Periodo di campionamento [msec]	0,333

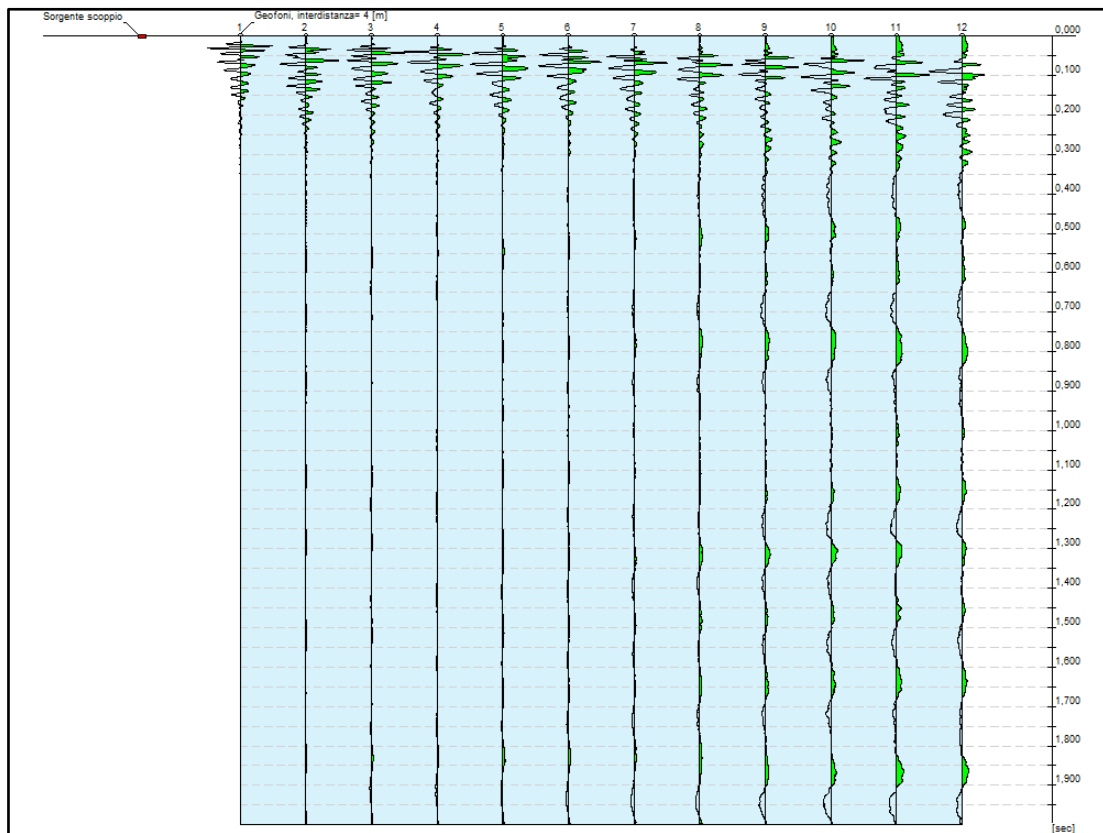


Figura 14 – Serie temporali

**CONSORZIO L.R.**  
**Laboratori Riuniti**

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874.  
Iscritta al R.E.A. 270647

[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

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

**Uffici e Sede legale**

Via Passo del Fico snc o/o Centro Commerciale all'ingrosso Blocco A/3  
95121 Catania (CT)  
Via degli Abeti 208 - 61122 Pesaro (PU)  
[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

Tel. +39 095 336490

**Laboratorio Aut. L. 1086/71**

Zona industriale, Capannone n. 5  
94010 Catenanuova (EN)

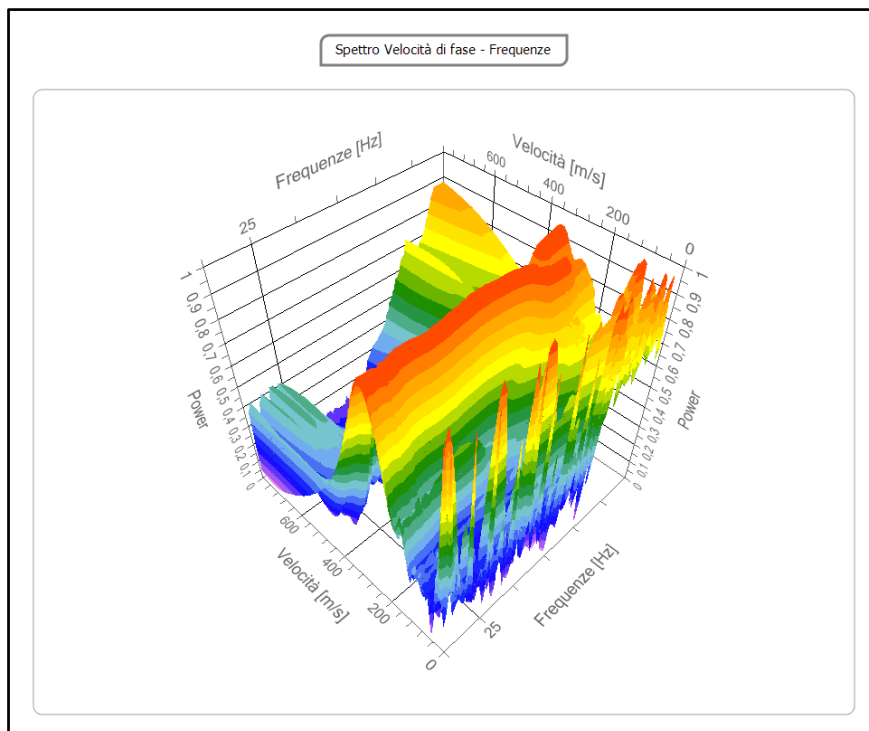
Fax +39 095 7336297

**Laboratorio Aut. Terre e Rocce**

Via C. Colombo n. 89  
94018 Troina (EN)

## Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	20
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	50
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



**Figura 15 - Spettro di velocità di fase - Frequenze**

### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	16,2	274,7	0
2	19,5	271,0	0
3	22,7	271,0	0
4	25,3	266,3	0
5	28,2	269,0	0
6	31,1	265,0	0
7	34,1	256,2	0
8	36,8	252,5	0
9	39,8	248,8	0
10	43,1	245,1	0
11	43,2	322,8	1
12	44,9	319,1	1
13	46,1	241,4	0
14	46,8	315,4	1
15	48,6	311,7	1
16	49,1	234,0	0

*Tabella 3 - Picking della cura di dispersione*

**CONSORZIO L.R.  
Laboratori Riuniti**

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874.  
Iscritta al R.E.A. 270647

[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

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

**Uffici e Sede legale**

Via Passo del Fico snc c/o Centro  
Commerciale all'ingrosso Blocco A/3  
95121 Catania (CT)  
Via degli Abeti 208 - 61122 Pesaro (PU)  
[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

Tel. +39 095 336490

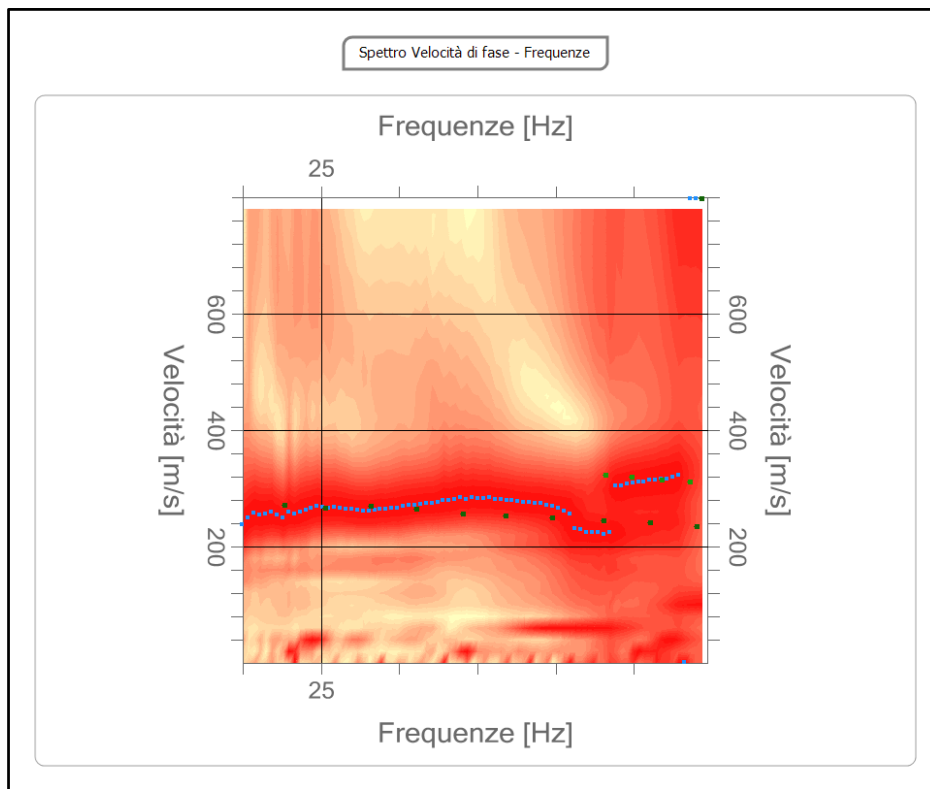
**Laboratorio Aut. L. 1086/71**

Zona industriale, Capannone n. 5  
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

**Laboratorio Aut. Terre e Rocce**

Via C. Colombo n. 89  
94018 Troina (EN)



**Figura 16 - Curva di dispersione**

**CONSORZIO L.R.**  
**Laboratori Riuniti**

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874. Iscritta al R.E.A. 270647

[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

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

**Uffici e Sede legale**

Via Passo del Fico snc c/o Centro Commerciale all'ingrosso Blocco A/3 95121 Catania (CT)  
Via degli Abeti 208 - 61122 Pesaro (PU)  
[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

Tel. +39 095 336490

**Laboratorio Aut. L. 1086/71**

Zona industriale, Capannone n. 5 94010 Catenanuova (EN)

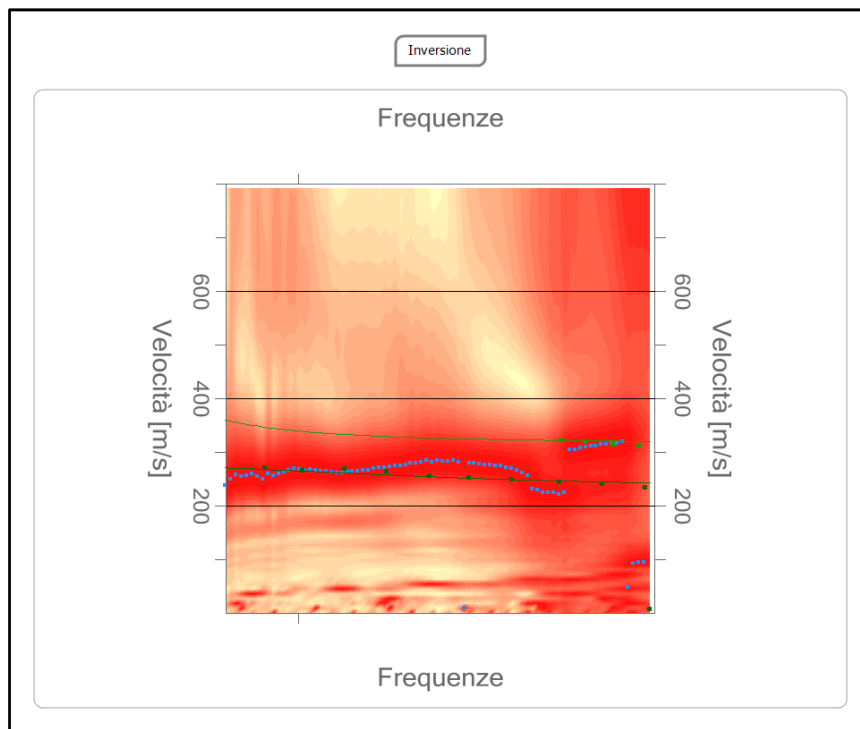
Fax +39 095 7336297

**Laboratorio Aut. Terre e Rocce**

Via C. Colombo n. 89 94018 Troina (EN)

### Modello di inversione

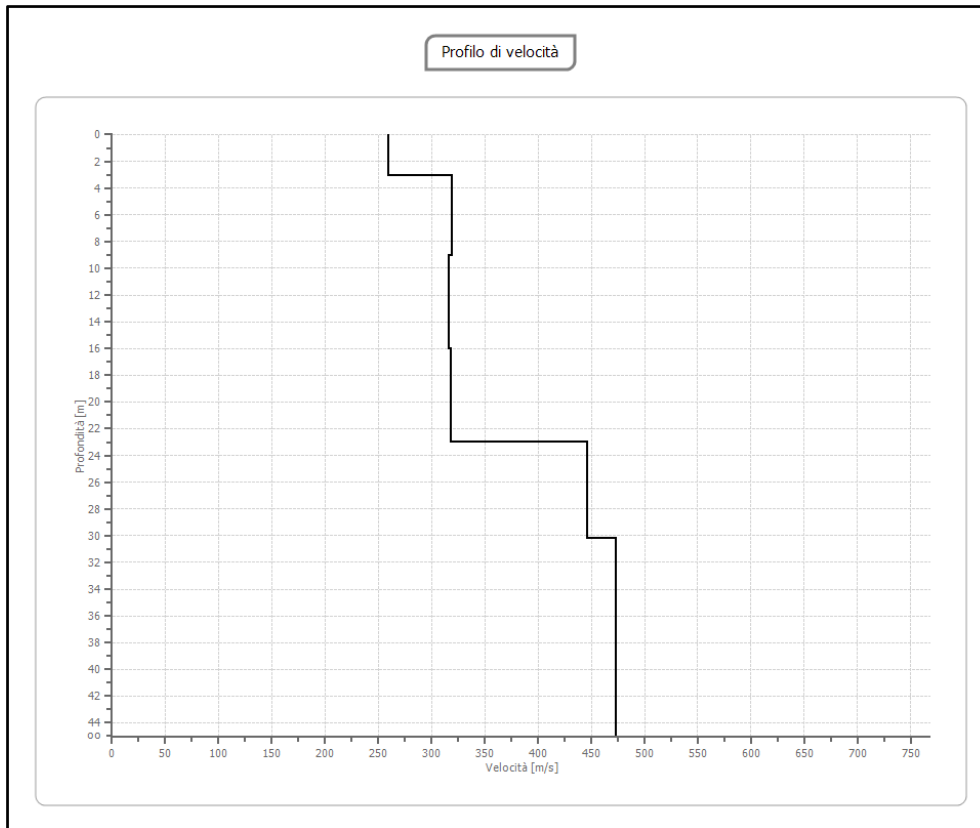
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3,04	3,04	1830,0	0,2	No	423,2	259,2
2		9,02	5,97	1840,0	0,2	Si	521,0	319,1
3		16,00	6,98	1860,0	0,2	No	516,6	316,3
4		23,04	7,04	1870,0	0,2	No	520,2	318,5
5		30,22	7,19	1880,0	0,2	No	728,4	446,1
6		oo	oo	1920,0	0,2	No	773,0	473,4



*Figura 17 - Confronto tra la curva di dispersione teorica e la curva sperimentale*



<b>Profondità piano di posa</b> <b>[m]</b>	<b>0,00</b>
<b>Vs30 [m/sec]</b>	<b>332,44</b>
<b>Categoria del suolo</b>	<b>C</b>



**Figura 18 – Profilo di velocità delle onde Vs del sottosuolo**

## Risultati

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT_{,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

## Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G <sub>0</sub> [kPa]	E <sub>d</sub> [kPa]	M <sub>0</sub> [kPa]	E <sub>y</sub> [kPa]	NSPT	Q <sub>c</sub> [kPa]
1	3,04	3,04	259,15	423,19	1820,00	0,20	122228,87	325943,63	162971,81	293349,28	N/A	2795,88
2	9,02	5,97	319,06	521,02	1850,00	0,20	188325,90	502202,32	251101,13	451982,13	N/A	N/A
3	16,00	6,98	316,34	516,58	1850,00	0,20	185132,84	493687,54	246843,76	444318,80	N/A	N/A
4	23,04	7,04	318,53	520,15	1860,00	0,20	188713,28	503235,31	251617,60	452911,84	N/A	N/A
5	30,22	7,19	446,06	728,42	1870,00	0,20	372077,64	992206,92	496103,40	892986,29	N/A	N/A
6	oo	oo	473,35	772,98	1900,00	0,20	425715,59	1135241,45	567620,67	1021717,37	0	N/A

$G_0$ : Modulo di deformazione al taglio;

$E_d$ : Modulo edometrico;

$M_0$ : Modulo di compressibilità volumetrica;

$E_y$ : Modulo di Young;

## 4 SISMICA A RIFRAZIONE

### 4.1 Metodologia

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio).

La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda, o comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici.

L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell. Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde o, equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza  $\theta_i$  mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione  $\theta_r$ . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove  $v_1$  e  $v_2$  sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per  $v_1 > v_2$  si ha che  $\theta_i > \theta_r$  e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per  $v_1 < v_2$  si ha che  $\theta_i < \theta_r$  ed esiste un angolo limite di incidenza per cui  $\theta_r = 90^\circ$  ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo  $T$  dato dalla relazione

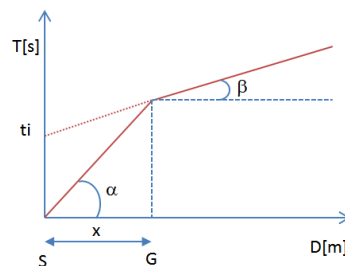
$$T = x_i / V_1$$

dove  $x_i$  è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità  $V_1$  del primo mezzo come

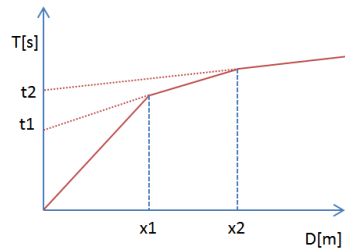
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo  $t_j$  che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.

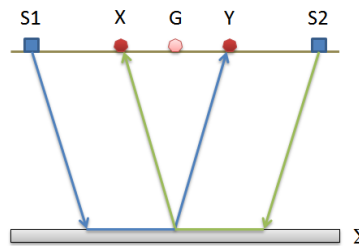


Infine, dalla conoscenza dei tempi  $t_i$  è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left( t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.

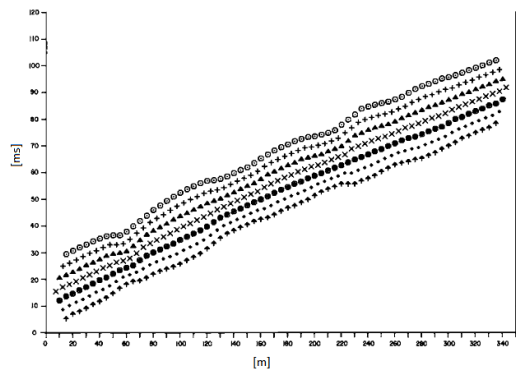


Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori.

Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare **la funzione velocità** secondo l'equazione:

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$





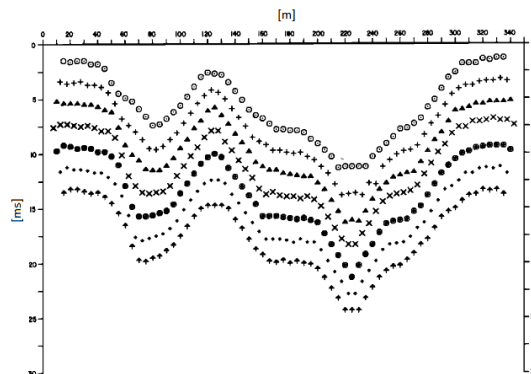
dove  $T_{S_1Y}$  e  $T_{S_2X}$  sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente  $S_1$  ad  $X$  e dalla sorgente  $S_2$  ad  $Y$  mentre  $T_{S_1S_2}$  è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio  $S_1$  ed  $S_2$ , esternamente simmetrici rispetto allo stendimento.  $T_V$  è il tempo calcolato su un geofono  $G$  posto tra  $X$  ed  $Y$ , non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

Il calcolo della funzione  $T_V$  viene eseguito per ogni valore di  $XY$  compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l' $XY$  ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della **funzione tempo-profondità** è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1Y} + T_{S_2X} - \left( T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove  $V_n$  è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G, dunque la morfologia del rifrattore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h.

Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa 20°

---

**CONSORZIO L.R.  
Laboratori Riuniti**

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874.  
Iscritta al R.E.A. 270647

[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

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

---

**Uffici e Sede legale**

Via Passo del Fico snc o/o Centro  
Commerciale all'Ingrosso Blocco A/3  
95121 Catania (CT)  
Via degli Abeti 208 - 61122 Pesaro (PU)  
[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

Tel. +39 095 336490

---

**Laboratorio Aut. L. 1086/71**

Zona industriale, Capannone n. 5  
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

---

**Laboratorio Aut. Terre e Rocce**

Via C. Colombo n. 89  
94018 Troina (EN)

## 4.2 Strumentazione utilizzata

L'apparecchiatura utilizzata per l'esecuzione delle indagini di Sismica a Rifrazione consiste in un sismografo multicanale portatile DOREMI a 16 bit, interfacciato ad un PC portatile per la gestione software del sistema di acquisizione, e di un sistema di rilevazione del segnale costituito da 12 geofoni con frequenza propria di oscillazione pari a 4,5 Hz.

Il sismografo consente l'amplificazione sia statica che dinamica del segnale; quella dinamica (regolazione del guadagno) permette di amplificare il segnale nel suo insieme, compreso il rumore di fondo. La statica può essere utilizzata dopo l'acquisizione del segnale per evidenziare maggiormente l'inizio della perturbazione, in quanto opera una variazione di scala delle ordinate esclusivamente in fase di visualizzazione. Per esaltare il segnale rispetto al rumore di fondo è possibile inoltre sommare in memoria più tracce riferite alla stessa coppia energizzatore geofono (stacking). Poiché il rumore è casuale mentre il segnale è costante, tale sommatoria finisce per esaltare quest'ultimo a scapito del disturbo. Inoltre, al fine di ottenere il migliore segnale possibile, lo strumento è dotato di opportuni filtri passa banda.

L'energizzazione del terreno è avvenuta tramite l'utilizzo di una massa battente del peso di 8 Kg.

La disposizione dei geofoni (Fig. 19) è stata di tipo lineare con n. 5 punti di scoppio e ricevitori collocati lungo una linea retta. La distanza tra i geofoni è stata di 5 m, la sorgente collocata ad una distanza di -5;-10;32;60;65 mt. dal primo geofono, esternamente all'array;

L'interpretazione dei dati di campagna è stata effettuata mediante il programma di interpretazione "EasyRefract" della Geostru.

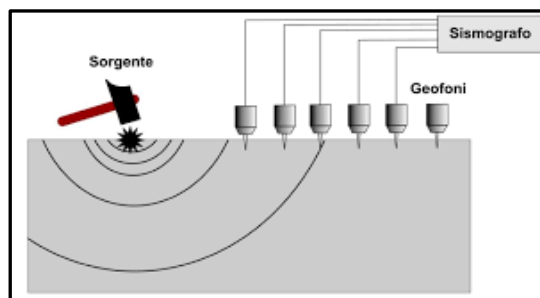


Figura 19 - Stendimento sismica a rifrazione

### 4.3 Elaborazioni e risultati sismica a rifrazione

Di seguito si riporta l'elaborazione e i risultati di ciascuna indagine di sismica a rifrazione.

#### 4.3.1 SIS\_A1

##### Dati generali e ubicazione

Zona Campomarino (CB)  
Operatore Dott.Geol.Michael Bernunzo  
Data 02/02/2023  
Coordinate Latitudine 41.953521  
Longitudine 15.025091



Figura 20 – Ubicazione SIS\_A1

**CONSORZIO L.R.**  
**Laboratori Riuniti**

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874. Iscritta al R.E.A. 270647

[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

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

**Uffici e Sede legale**

Via Passo del Fico snc o/o Centro Commerciale all'Ingrosso Blocco A/3 95121 Catania (CT)  
Via degli Abeti 208 - 61122 Pesaro (PU)  
[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

Tel. +39 095 336490

**Laboratorio Aut. L. 1086/71**

Zona industriale, Capannone n. 5 94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

**Laboratorio Aut. Terre e Rocce**

Via C. Colombo n. 89 94018 Troina (EN)

### Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	5.0	0.0
3	10.0	0.0
4	15.0	0.0
5	20.0	0.0
6	25.0	0.0
7	30.0	0.0
8	35.0	0.0
9	40.0	0.0
10	45.0	0.0
11	50.0	0.0
12	55.0	0.0

### Stendimento



**CONSORZIO L.R.**  
**Laboratori Riuniti**

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874. Iscritta al R.E.A. 270647

[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

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

**Uffici e Sede legale**

Via Passo del Fico snc o/o Centro Commerciale all'ingrosso Blocco A/3 95121 Catania (CT)  
 Via degli Abeti 208 - 61122 Pesaro (PU)  
[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

Tel. +39 095 336490

**Laboratorio Aut. L. 1086/71**

Zona industriale, Capannone n. 5 94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

**Laboratorio Aut. Terre e Rocce**

Via C. Colombo n. 89 94018 Troina (EN)

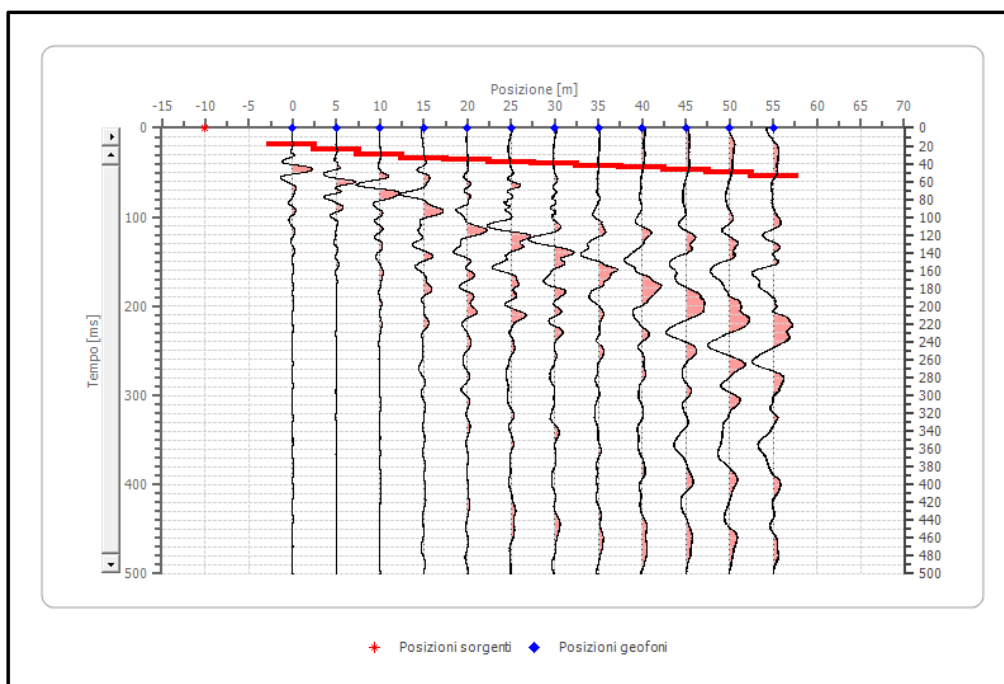


## Dati battute

### Battuta 1

Posizione sorgente X            -10 [m]

Posizione sorgente Z            0 [m]

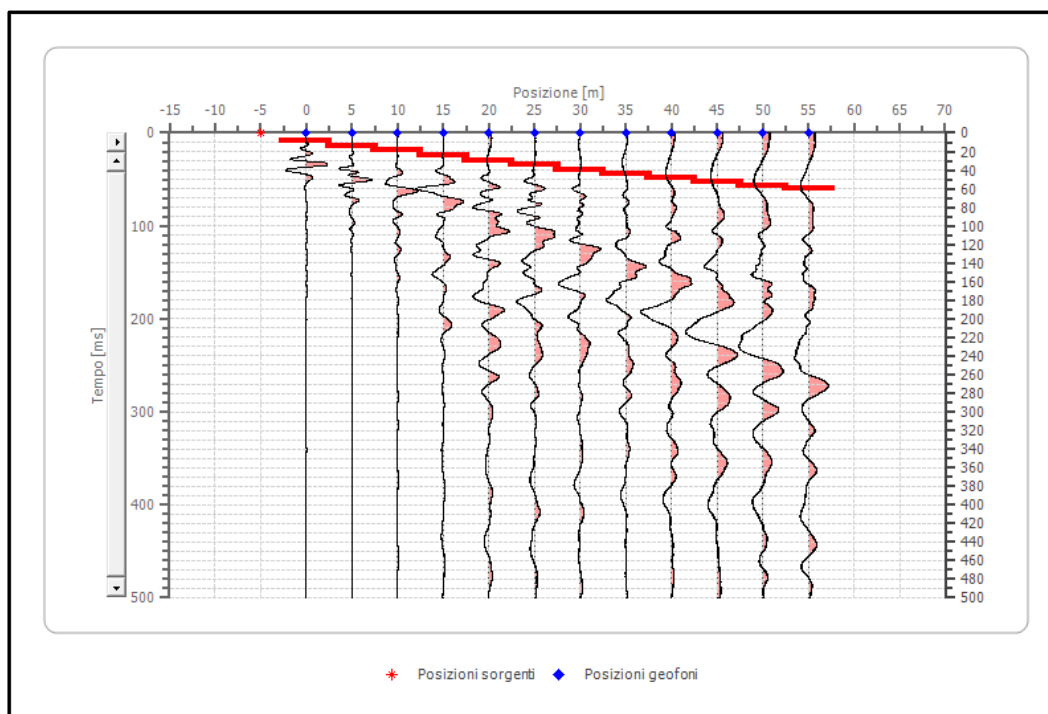


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	18.5222
5.0	24.2214
10.0	29.9205
15.0	34.1949
20.0	35.6197
25.0	38.4692
30.0	39.8940
35.0	42.7436
40.0	44.1684
45.0	47.0180
50.0	49.8675
55.0	54.1419

## Battuta 2

Posizione sorgente X            -5 [m]

Posizione sorgente Z            0 [m]

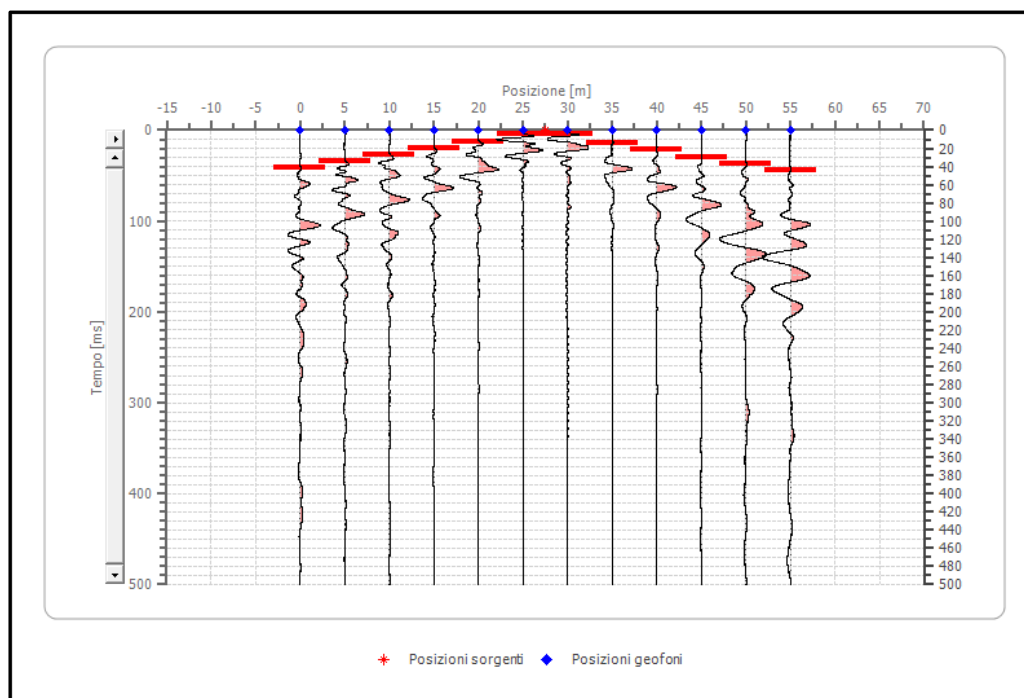


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	8.5487
5.0	14.2479
10.0	18.5222
15.0	24.2214
20.0	29.9205
25.0	34.1949
30.0	39.8940
35.0	44.1684
40.0	48.4427
45.0	52.7171
50.0	56.9915
55.0	59.8410

### Battuta 3

Posizione sorgente X            28 [m]

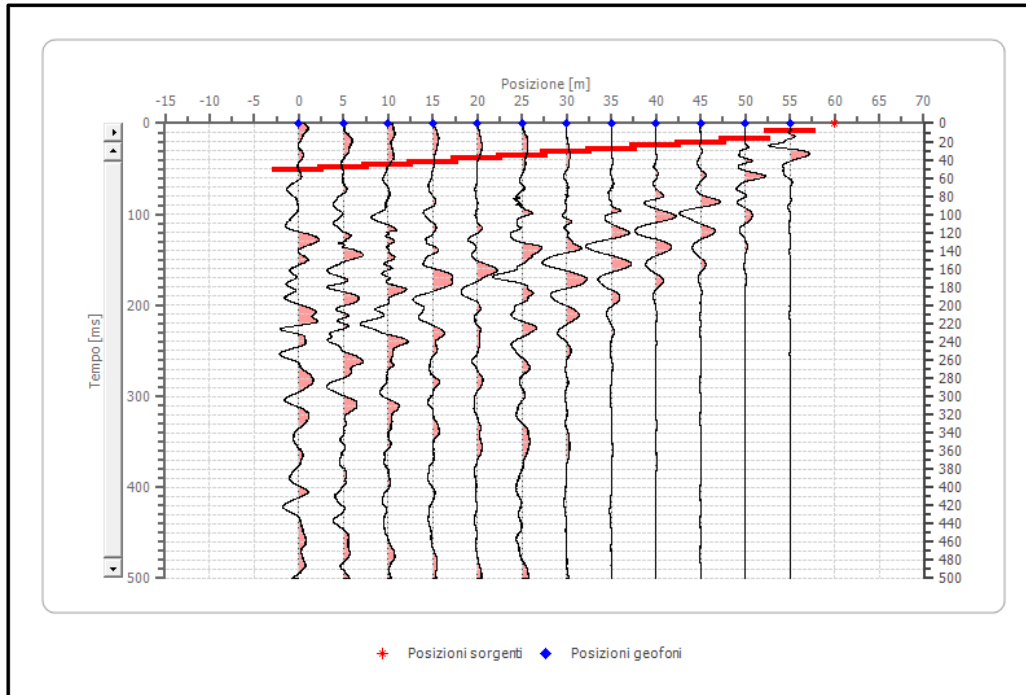
Posizione sorgente Z            0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	41.5000
5.0	34.4000
10.0	26.5000
15.0	20.0000
20.0	12.8231
25.0	4.2744
30.0	4.2744
35.0	14.2479
40.0	21.5000
45.0	29.9205
50.0	37.0444
55.0	44.1684

#### Battuta 4

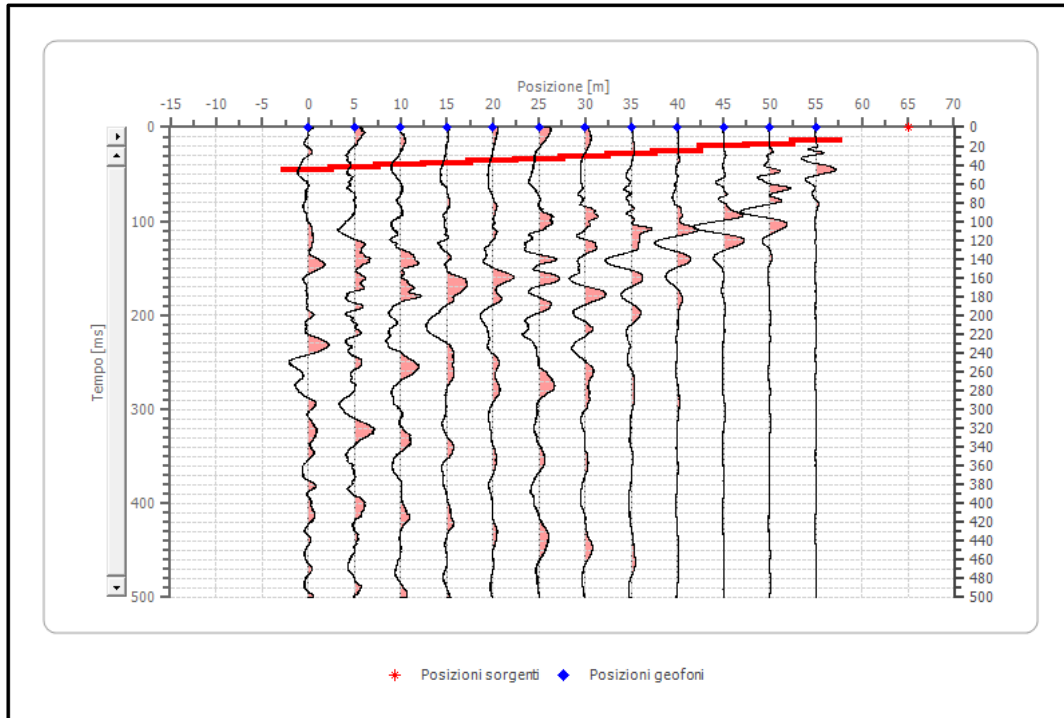
Posizione sorgente X            60 [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	51.2923
5.0	48.4427
10.0	45.5932
15.0	42.7436
20.0	38.4692
25.0	35.6197
30.0	31.3453
35.0	28.4957
40.0	24.2214
45.0	21.3718
50.0	17.0974
55.0	8.5487

**Battuta 5**

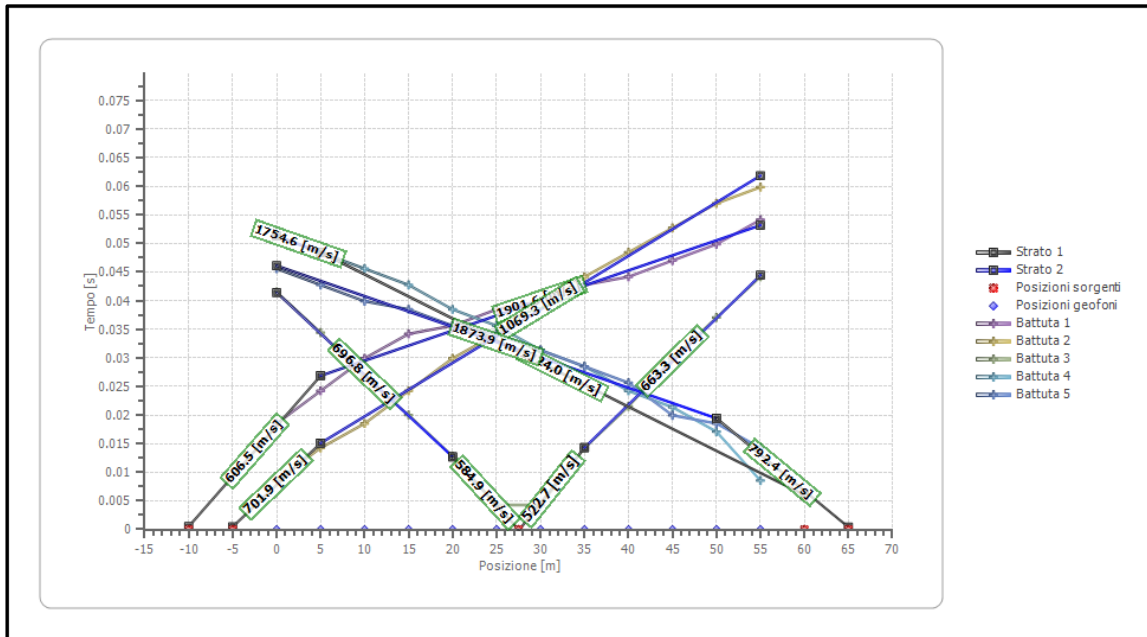
Posizione sorgente X            65 [m]  
 Posizione sorgente Z            0 [m]



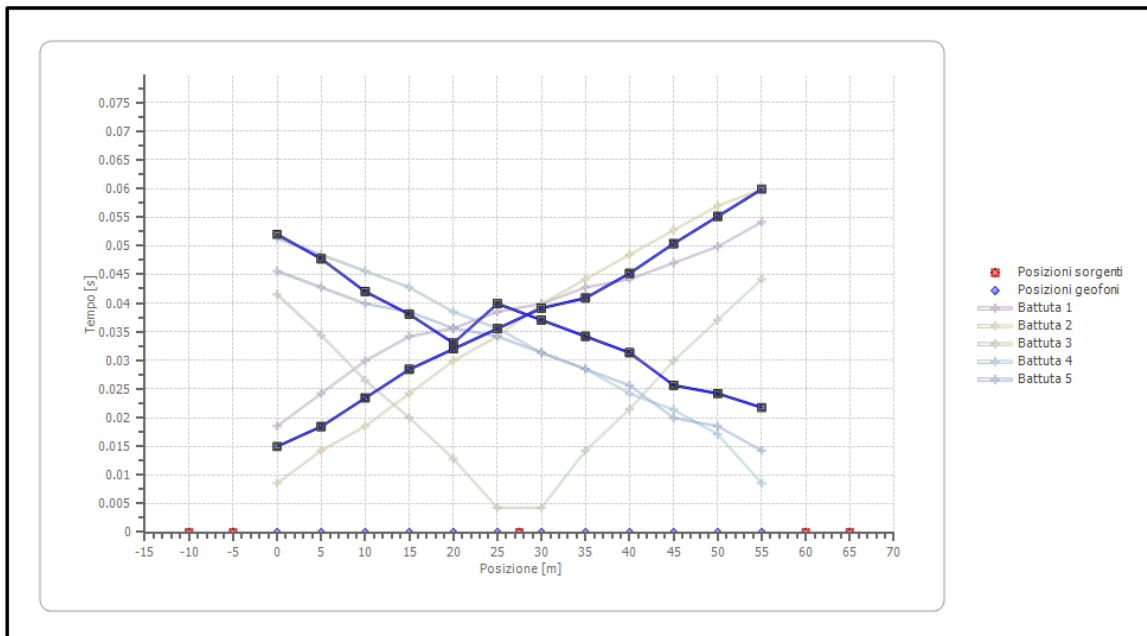
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	45.5932
5.0	42.7436
10.0	39.8940
15.0	38.4692
20.0	35.6197
25.0	34.1949
30.0	31.3453
35.0	28.4957
40.0	25.6462
45.0	19.9470
50.0	18.5222
55.0	14.2479



## Dromocrone



## Dromocrone traslate



### Interpretazione col metodo G.R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 0.0 [m]	4.2	--
G= 5.0 [m]	3.9	--
G= 10.0 [m]	3.6	--
G= 15.0 [m]	4.0	--
G= 20.0 [m]	3.4	--
G= 25.0 [m]	7.8	--
G= 30.0 [m]	8.1	--
G= 35.0 [m]	7.6	--
G= 40.0 [m]	8.2	--
G= 45.0 [m]	8.0	--
G= 50.0 [m]	9.4	--
G= 55.0 [m]	10.4	--
Velocità [m/sec]	738.7	1572.9
Descrizione		

### Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	1800.00	1800.00
Vp [m/s]	738.72	1572.90
Vs [m/s]	354.87	755.60
G <sub>0</sub> [MPa]	226.68	1027.67
E <sub>d</sub> [Mpa]	982.29	4453.25
M <sub>0</sub> [MPa]	755.60	3425.58
E <sub>y</sub> [Mpa]	612.04	2774.72

G<sub>0</sub>: Modulo di deformazione al taglio;

E<sub>d</sub>: Modulo edometrico;

M<sub>0</sub>: Modulo di compressibilità volumetrica;

E<sub>y</sub>: Modulo di Young;

CONSORZIO L.R.  
Laboratori Riuniti

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874. Iscritta al R.E.A. 270647

info@consorziolr.it

www.CONSORZIOLR.it

Uffici e Sede legale

Via Passo del Fico snc o/o Centro Commerciale all'Ingrosso Blocco A/3 95121 Catania (CT)  
Via degli Abeti 208 - 61122 Pesaro (PU)  
info@consorziolr.it

Tel. +39 095 336490

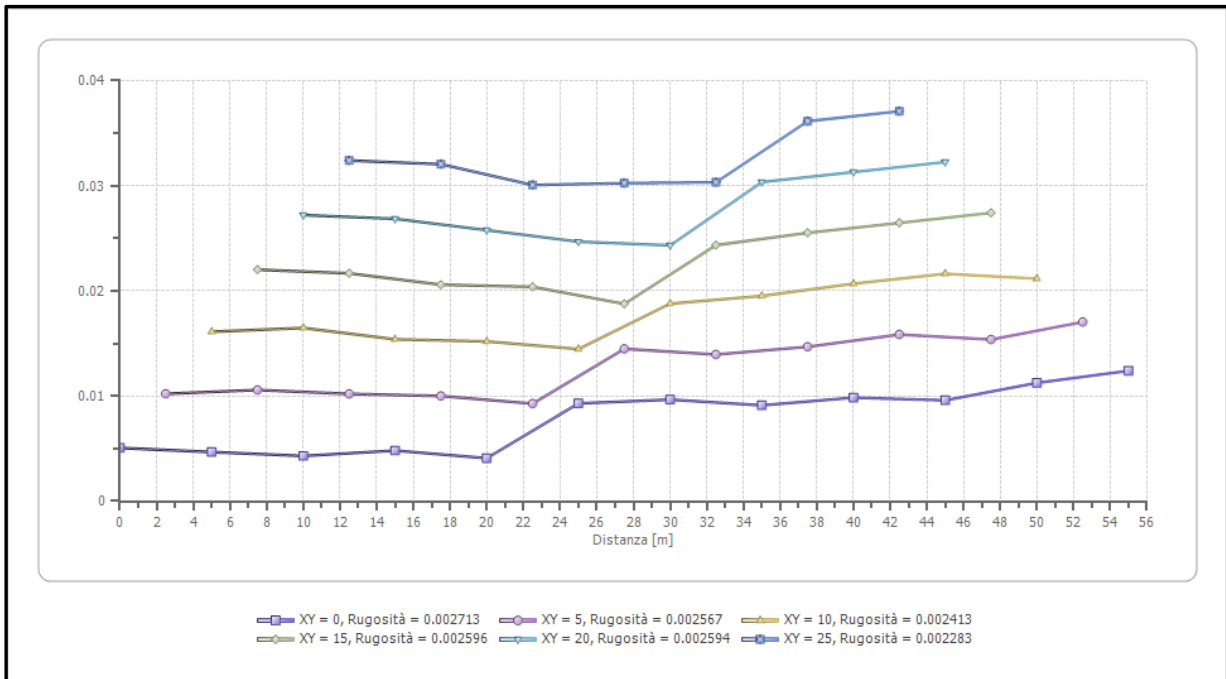
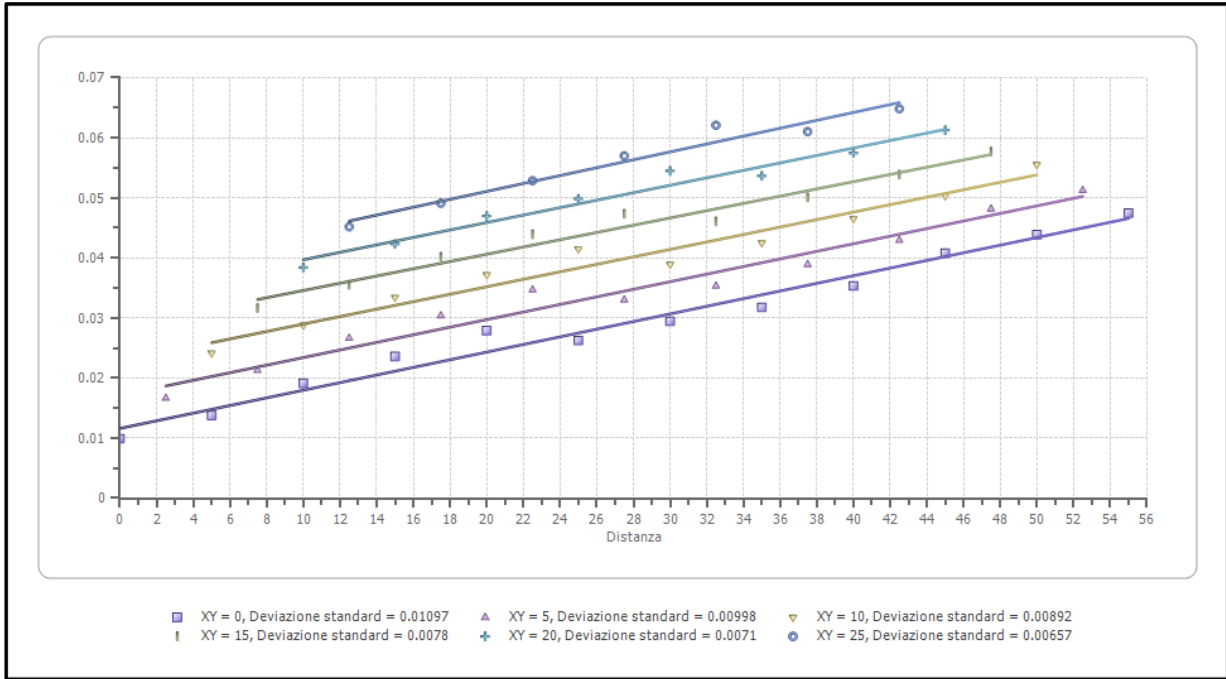
Laboratorio Aut. L. 1086/71

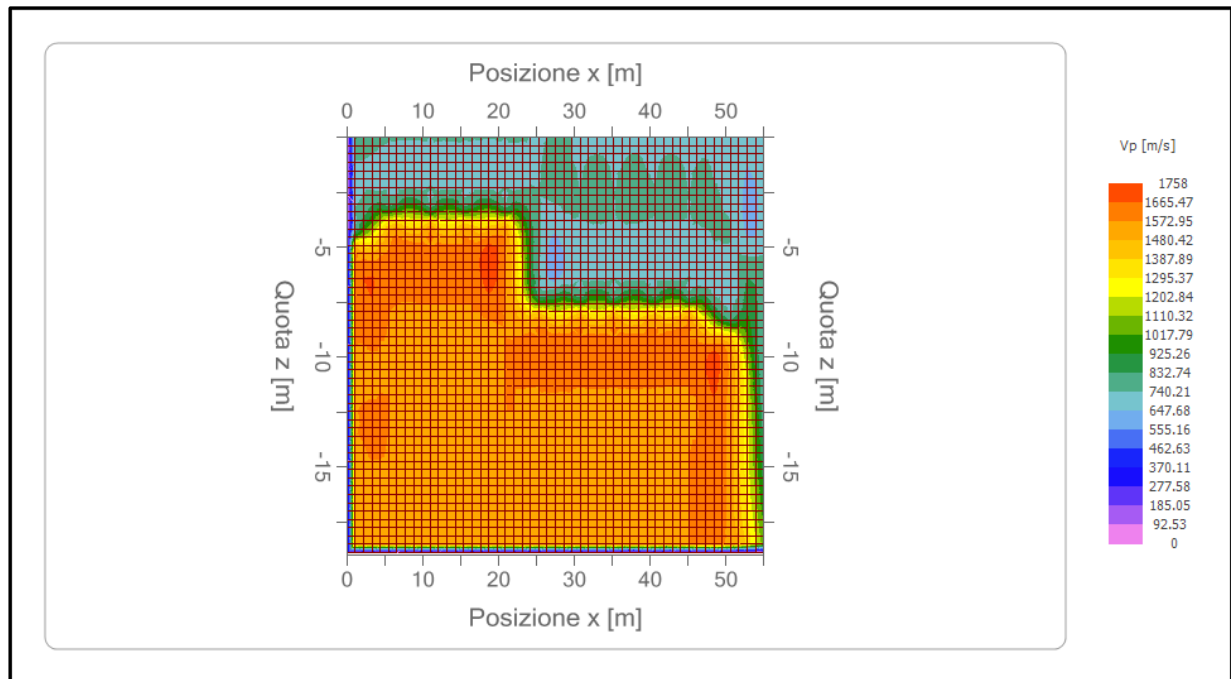
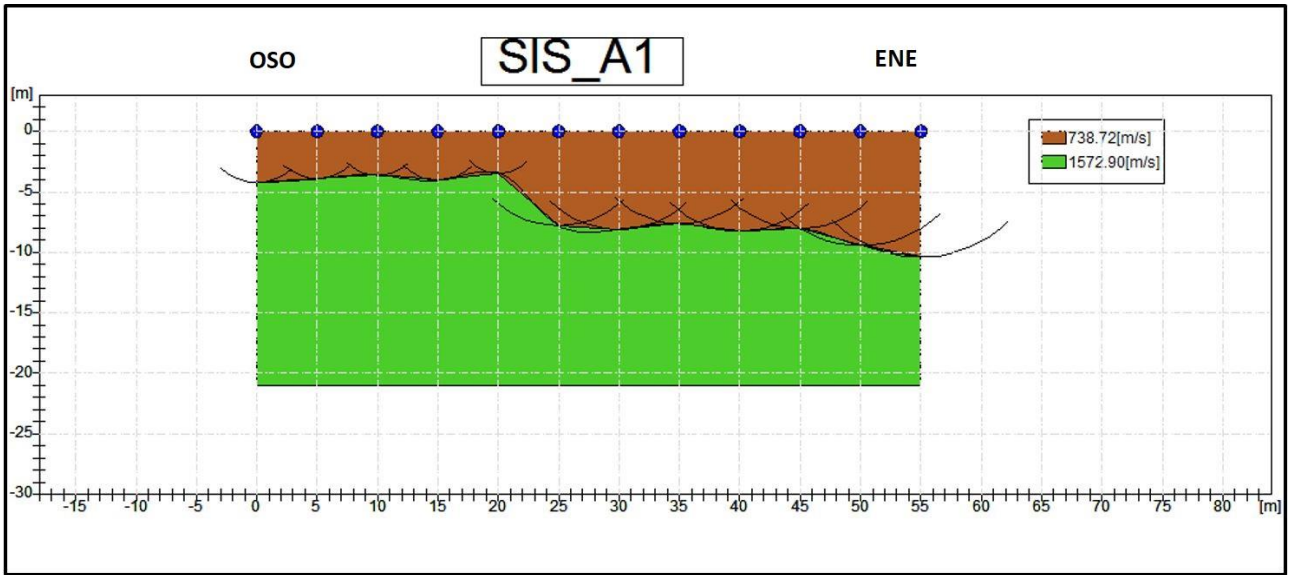
Zona industriale, Capannone n. 5 94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

Laboratorio Aut. Terre e Rocce

Via C. Colombo n. 89 94018 Troina (EN)







#### 4.3.2 SIS\_A2

#### Dati generali e ubicazione

Zona Campomarino (CB)  
Operatore Dott. Geol. Michael Bernunzo  
Data 01/02/2023  
Coordinate Latitudine 41.944066  
Longitudine 15.036785



**Figura 21 – Ubicazione SIS\_A2**

**CONSORZIO L.R.**  
**Laboratori Riuniti**

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874. Iscritta al R.E.A. 270647

[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

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

**Uffici e Sede legale**

Via Passo del Fico snc o/o Centro Commerciale all'ingrosso Blocco A/3 95121 Catania (CT)  
Via degli Abeti 208 - 61122 Pesaro (PU)  
[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

Tel. +39 095 336490

**Laboratorio Aut. L. 1086/71**

Zona industriale, Capannone n. 5 94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

**Laboratorio Aut. Terre e Rocce**

Via C. Colombo n. 89 94018 Troina (EN)



### Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	5.0	0.0
3	10.0	0.0
4	15.0	0.0
5	20.0	0.0
6	25.0	0.0
7	30.0	0.0
8	35.0	0.0
9	40.0	0.0
10	45.0	0.0
11	50.0	0.0
12	55.0	0.0

### Stendimento



**CONSORZIO L.R.**  
**Laboratori Riuniti**

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874.  
Iscritta al R.E.A. 270647

[info@consorzioLR.it](mailto:info@consorzioLR.it)

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

**Uffici e Sede legale**

Via Passo del Fico snc c/o Centro  
Commerciale all'Ingrosso Blocco A/3  
95121 Catania (CT)  
Via degli Abeti 208 - 61122 Pesaro (PU)  
[info@consorzioLR.it](mailto:info@consorzioLR.it)

Tel. +39 095 336490

**Laboratorio Aut. L. 1086/71**

Zona industriale, Capannone n. 5  
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

**Laboratorio Aut. Terre e Rocce**

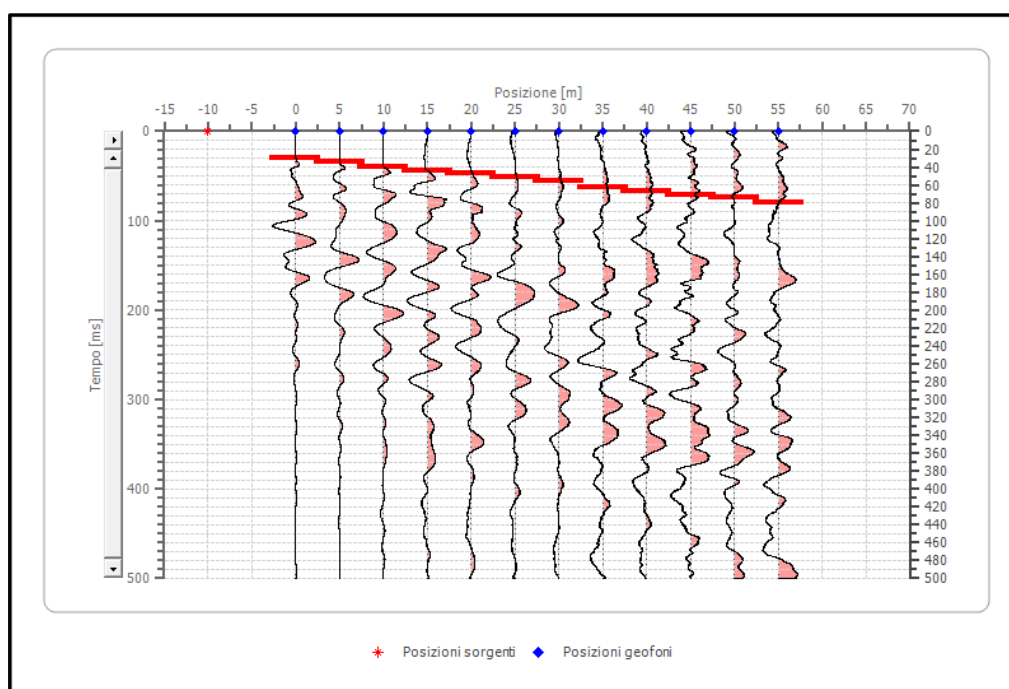
Via C. Colombo n. 89  
94018 Troina (EN)

## Dati battute

### Battuta 1

Posizione sorgente X            -10 [m]

Posizione sorgente Z            0 [m]

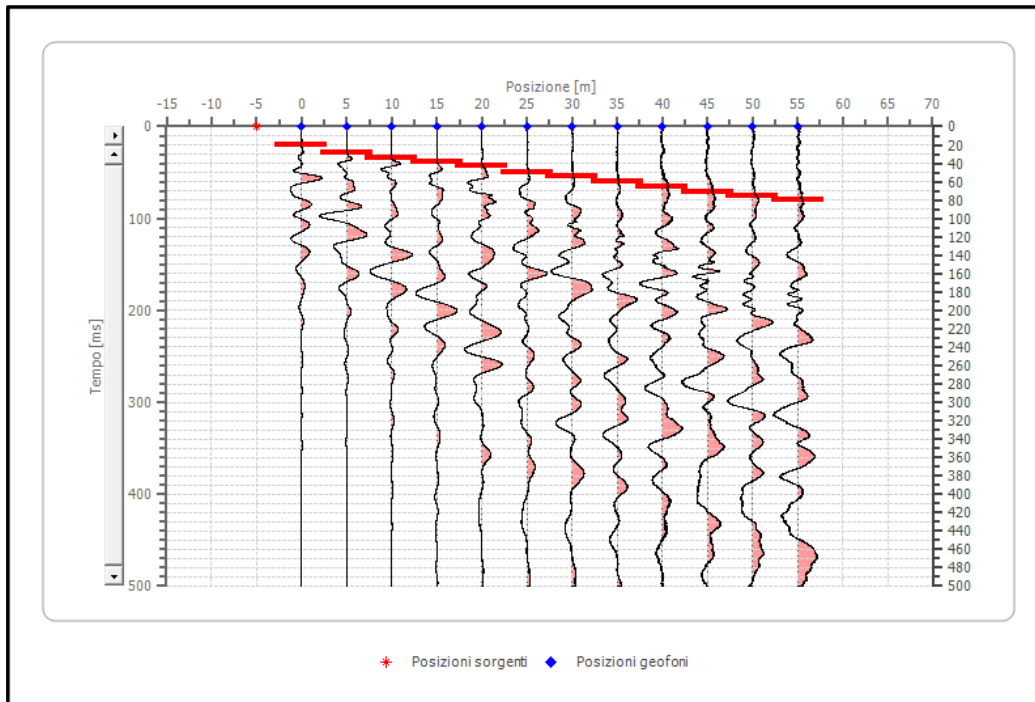


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	29.9205
5.0	34.1949
10.0	40.0000
15.0	44.1684
20.0	47.0180
25.0	51.2923
30.0	55.5667
35.0	62.6906
40.0	66.9650
45.0	71.2393
50.0	74.0889
55.0	79.7880

## Battuta 2

Posizione sorgente X            -5 [m]

Posizione sorgente Z            0 [m]

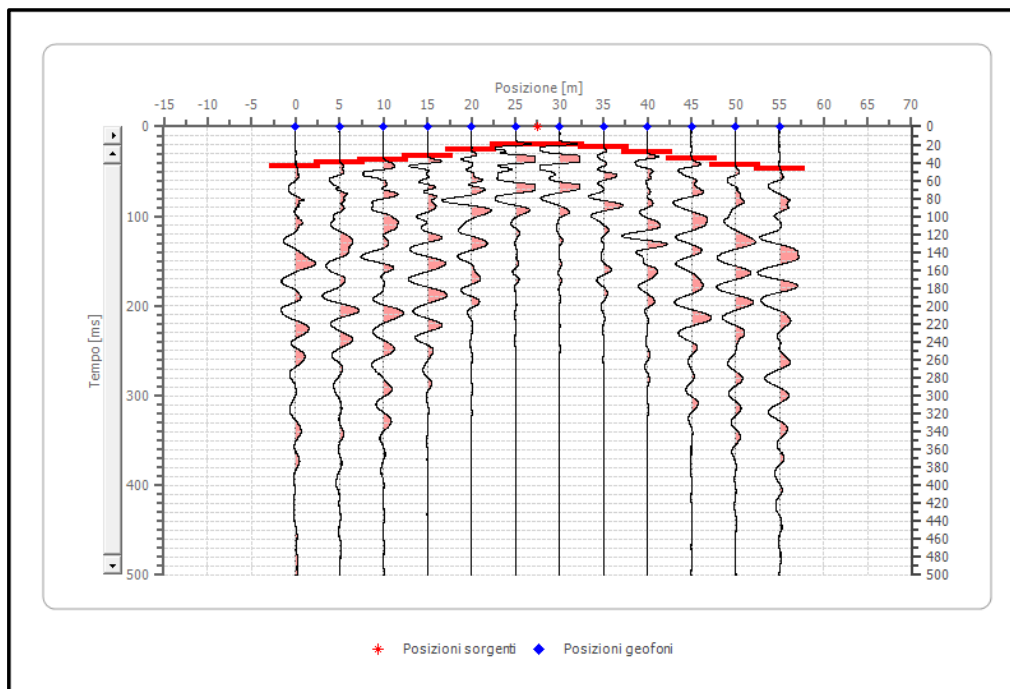


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	20.0000
5.0	28.4957
10.0	34.1949
15.0	38.7000
20.0	43.0000
25.0	49.8675
30.0	54.1419
35.0	59.8410
40.0	65.5402
45.0	71.2393
50.0	75.5137
55.0	79.7880

### Battuta 3

Posizione sorgente X            28 [m]

Posizione sorgente Z            0 [m]

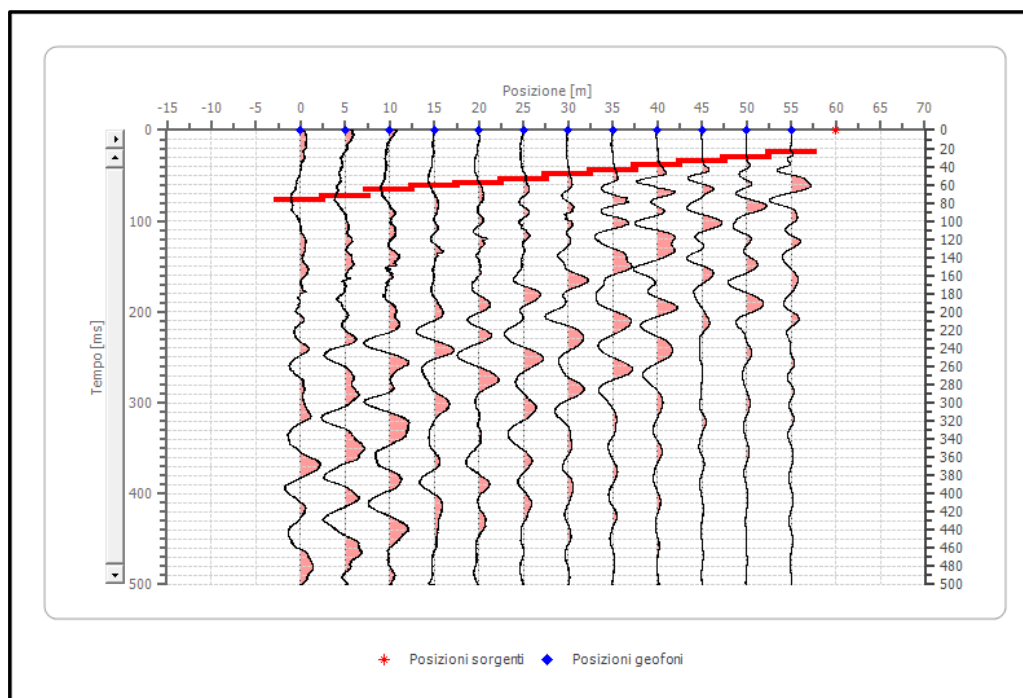


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	44.2000
5.0	40.1000
10.0	36.5000
15.0	32.8000
20.0	25.6462
25.0	20.0000
30.0	20.0000
35.0	22.7966
40.0	29.0000
45.0	36.3000
50.0	43.4000
55.0	47.5000

Battuta 4

Posizione sorgente X            60 [m]

Posizione sorgente Z            0 [m]



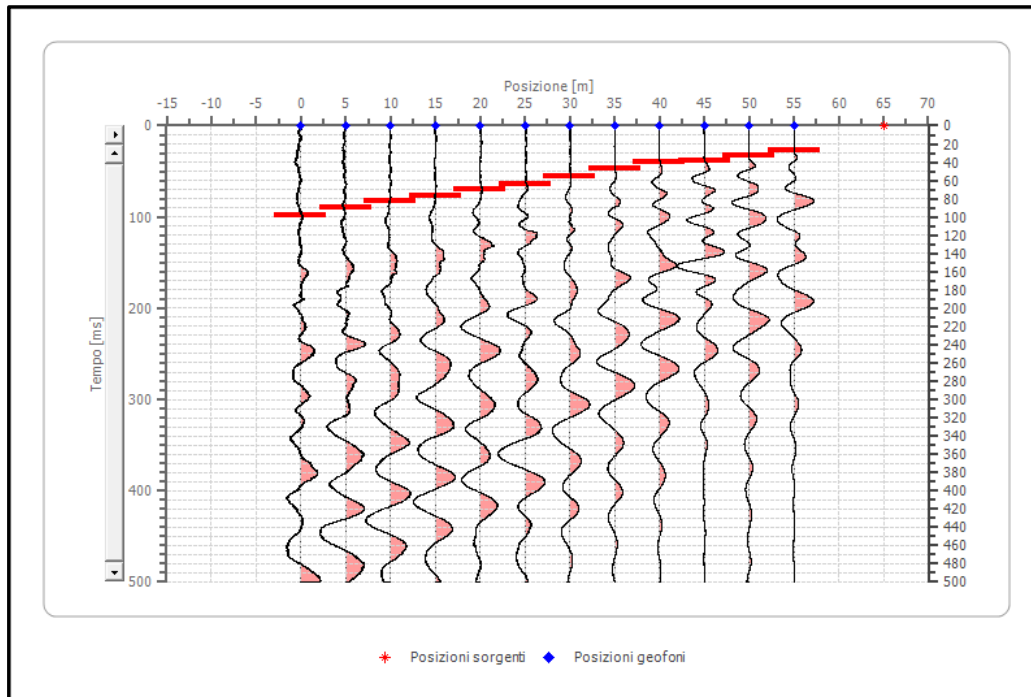
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	76.9385
5.0	72.6641
10.0	65.5402
15.0	61.2658
20.0	58.4162
25.0	54.1419
30.0	48.4427
35.0	44.1684
40.0	37.8000
45.0	34.1949
50.0	29.7000
55.0	24.3000



## Battuta 5

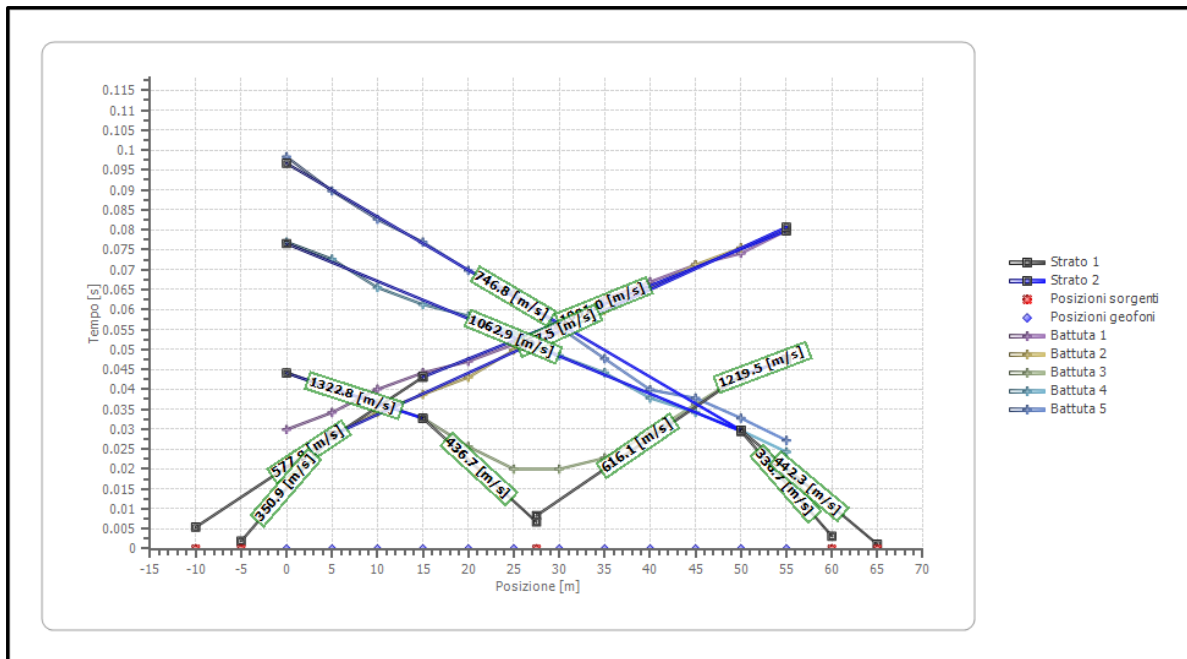
Posizione sorgente X            65 [m]

Posizione sorgente Z            0 [m]

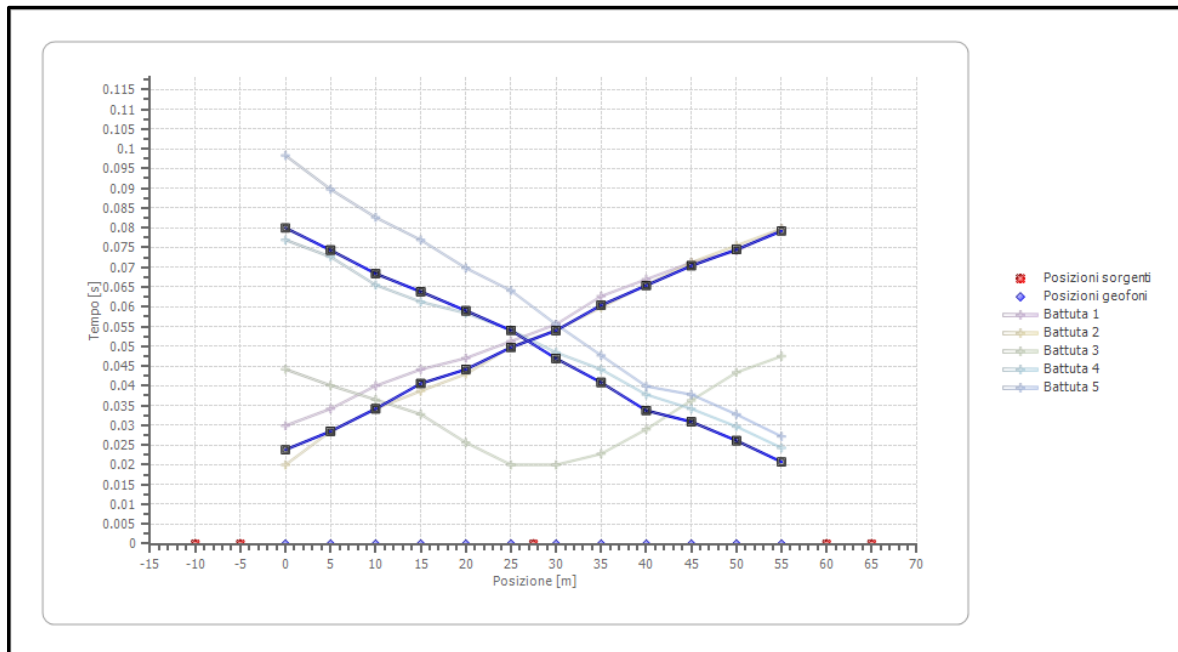


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	98.3103
5.0	89.7615
10.0	82.6376
15.0	76.9385
20.0	69.8145
25.0	64.1154
30.0	55.5667
35.0	47.7000
40.0	39.8940
45.0	37.8000
50.0	32.7701
55.0	27.2000

## Dromocrone



## Dromocrone traslate



**Interpretazione col metodo G.,R.M.**

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 0.0 [m]	4.9	--
G= 5.0 [m]	4.6	--
G= 10.0 [m]	4.5	--
G= 15.0 [m]	5.0	--
G= 20.0 [m]	4.7	--
G= 25.0 [m]	4.9	--
G= 30.0 [m]	4.1	--
G= 35.0 [m]	4.2	--
G= 40.0 [m]	3.6	--
G= 45.0 [m]	4.2	--
G= 50.0 [m]	4.0	--
G= 55.0 [m]	3.8	--
Velocità [m/sec]	460.1	949.0
Descrizione		

**Altri parametri geotecnici**

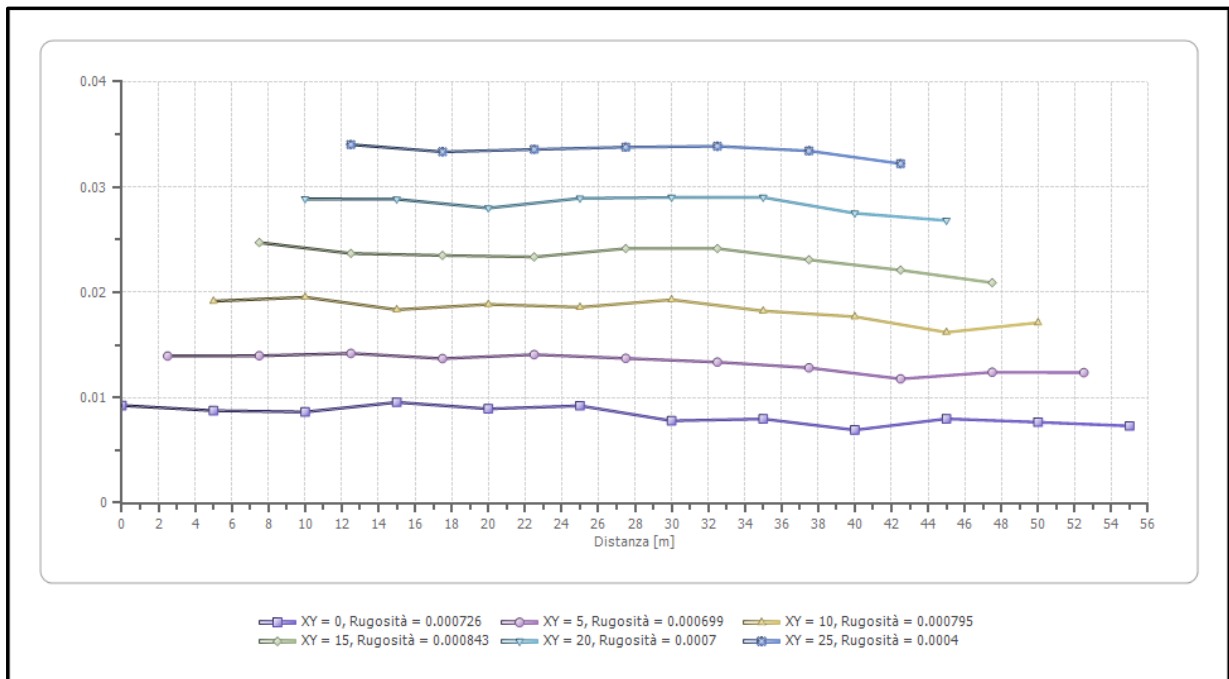
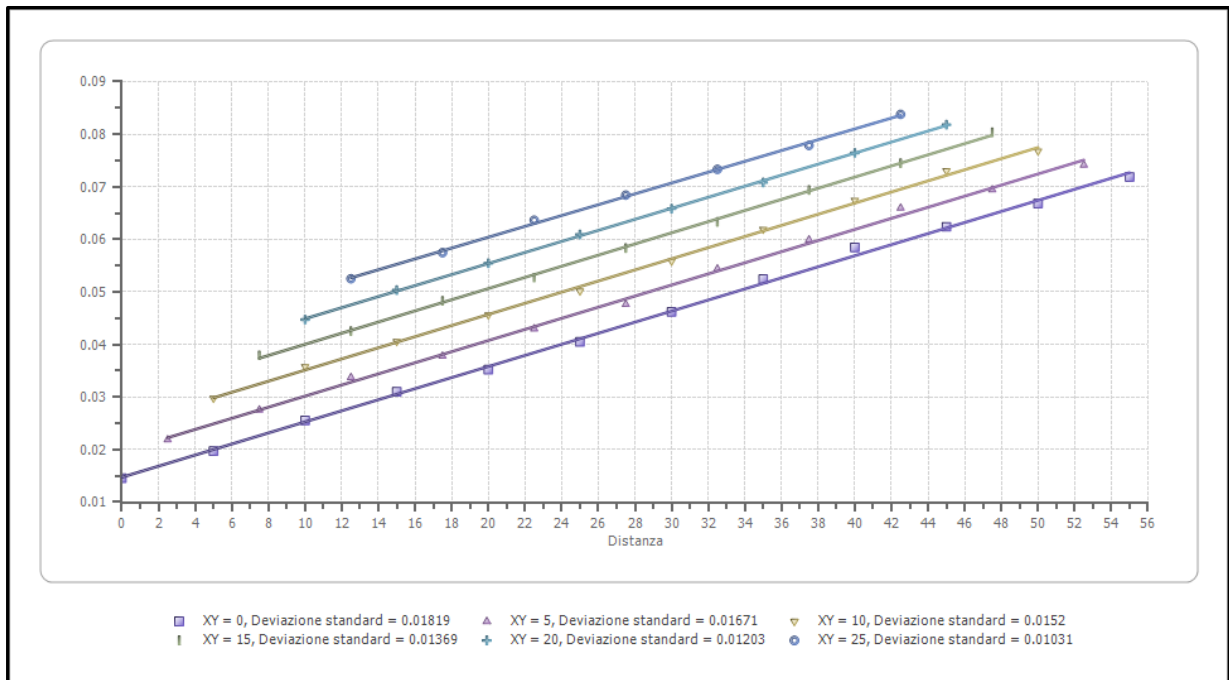
	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	1800.00	1800.00
Vp [m/s]	460.08	949.00
Vs [m/s]	221.02	455.89
G <sub>0</sub> [MPa]	87.93	374.10
E <sub>d</sub> [Mpa]	381.02	1621.08
M <sub>0</sub> [MPa]	293.09	1246.99
E <sub>y</sub> [Mpa]	237.40	1010.06

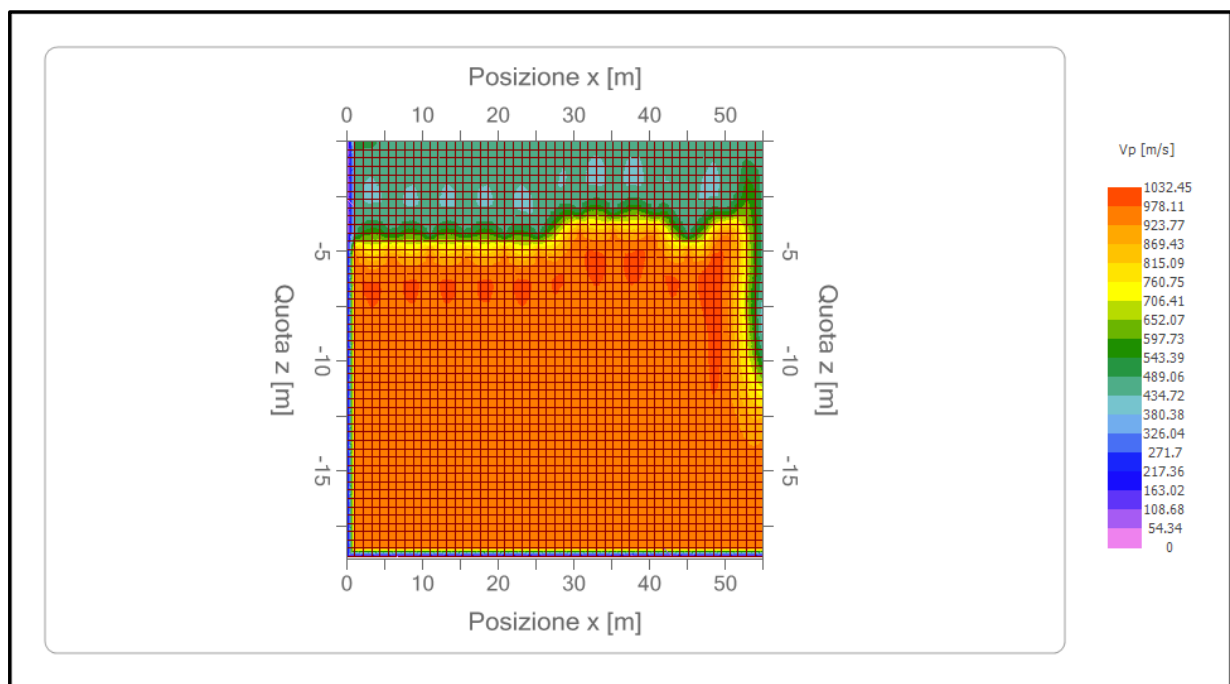
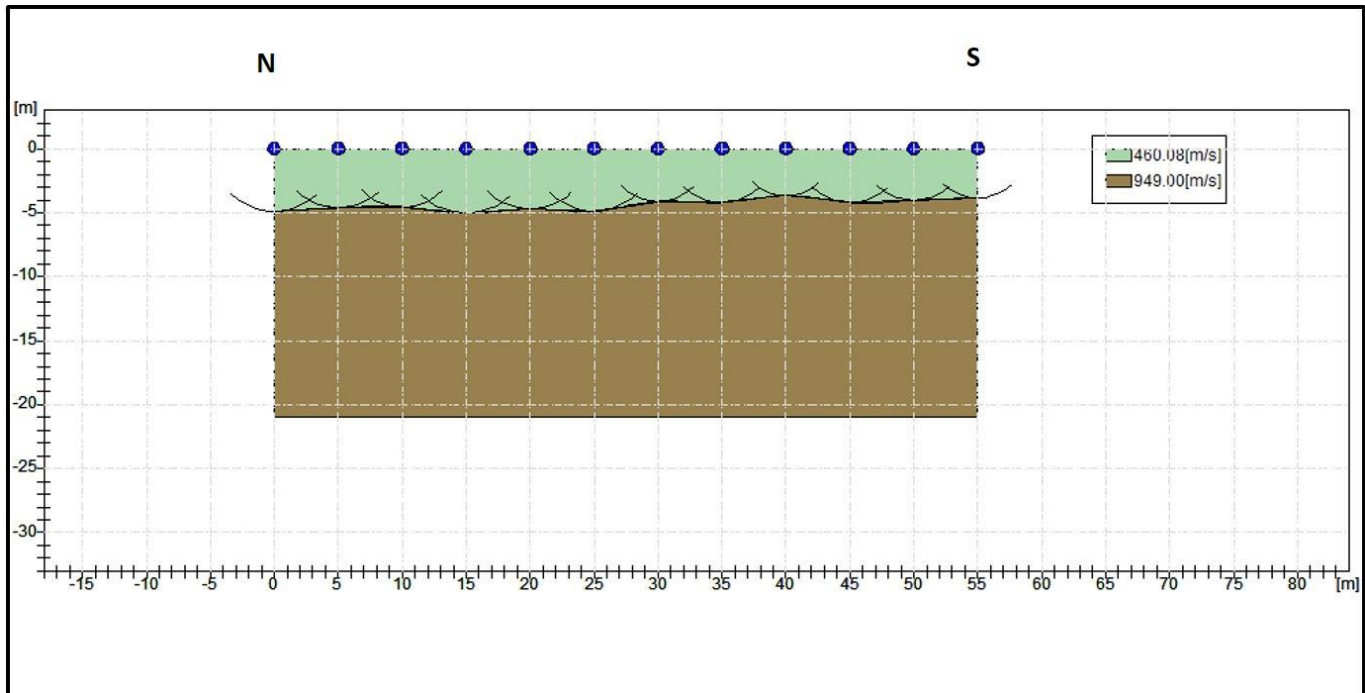
G<sub>0</sub>: Modulo di deformazione al taglio;

E<sub>d</sub>: Modulo edometrico;

M<sub>0</sub>: Modulo di compressibilità volumetrica;

E<sub>y</sub>: Modulo di Young;





**CONSORZIO L.R.**  
**Laboratori Riuniti**

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874. Iscritta al R.E.A. 270647

[info@consorzioir.it](mailto:info@consorzioir.it)

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

**Uffici e Sede legale**

Via Passo del Fico snc c/o Centro Commerciale all'Ingrosso Blocco A/3 95121 Catania (CT)  
 Via degli Abeti 208 - 61122 Pesaro (PU)  
[info@consorzioir.it](mailto:info@consorzioir.it)

Tel. +39 095 336490

**Laboratorio Aut. L. 1086/71**

Zona industriale, Capannone n. 5 94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

**Laboratorio Aut. Terre e Rocce**

Via C. Colombo n. 89 94018 Troina (EN)



## 5 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

### 5.1 Indagini MASW



Foto 1 – MASW1



Foto 2 – MASW2

**CONSORZIO L.R.**  
**Laboratori Riuniti**

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874.  
Iscritta al R.E.A. 270647

[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

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

**Uffici e Sede legale**

Via Passo del Fico snc c/o Centro  
Commerciale all'Ingrosso Blocco A/3  
95121 Catania (CT)  
Via degli Abeti 208 - 61122 Pesaro (PU)  
[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

Tel. +39 095 336490

**Laboratorio Aut. L. 1086/71**

Zona industriale, Capannone n. 5  
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

**Laboratorio Aut. Terre e Rocce**

Via C. Colombo n. 89  
94018 Troina (EN)



Foto 3 – MASW3

**CONSORZIO L.R.**  
**Laboratori Riuniti**

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874. Iscritta al R.E.A. 270647

[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

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

**Uffici e Sede legale**

Via Passo del Fico snc c/o Centro Commerciale all'Ingrosso Blocco A/3 95121 Catania (CT)  
Via degli Abeti 208 - 61122 Pesaro (PU)  
[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

Tel. +39 095 336490

**Laboratorio Aut. L. 1086/71**

Zona industriale, Capannone n. 5 94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

**Laboratorio Aut. Terre e Rocce**

Via C. Colombo n. 89 94018 Troina (EN)



## 5.2 Indagini di sismica a rifrazione



Foto 1 – SIS\_A1



Foto 2 – SIS\_A2

**CONSORZIO L.R.**  
**Laboratori Riuniti**

Codice Fiscale, P. IVA e Iscrizione al Reg delle Imprese di Catania n. 05184000874.  
Iscritta al R.E.A. 270647

[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

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

**Uffici e Sede legale**

Via Passo del Fico snc c/o Centro  
Commerciale all'Ingrosso Blocco A/3  
95121 Catania (CT)  
Via degli Abeti 208 - 61122 Pesaro (PU)  
[info@consorziolr.it](mailto:info@consorziolr.it)

Tel. +39 095 336490

**Laboratorio Aut. L. 1086/71**

Zona industriale, Capannone n. 5  
94010 Catenanuova (EN)

Fax +39 095 7336297

**Laboratorio Aut. Terre e Rocce**

Via C. Colombo n. 89  
94018 Troina (EN)