

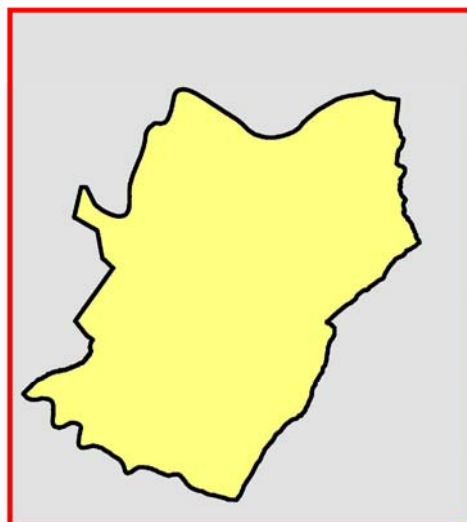


COMUNE DI LASTRA A SIGNA

Provincia di Firenze

SUPPORTO GEOLOGICO TECNICO ALLA
VARIANTE AL PIANO STRUTTURALE AI SENSI
DEL D.P.G.R. N.53/R DEL 25 OTTOBRE 2011

ELABORATO G.D



RACCOLTA INDAGINI E DATI DI BASE:
Indagini Sismiche

Professionista incaricato:
Prof. Geol. Eros Aiello

ottobre 2013



Via Andrea del Castagno, 8 - 50132 FIRENZE
Tel. e Fax 055.571393-575954
C.F. e P.IVA 02287880484

INDAGINI SISMICHE

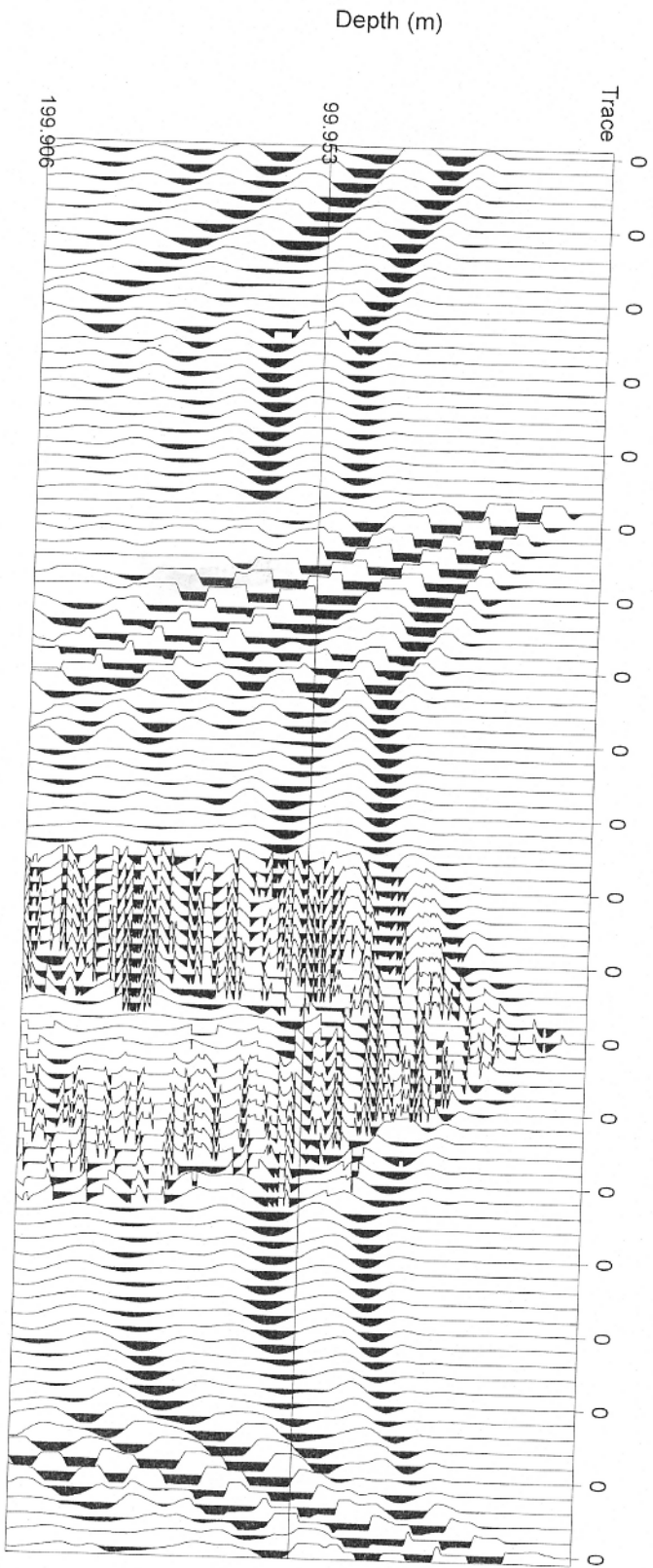
- Prove sismiche a rifrazione in onde P e Sh (*SR*)
- Prove sismiche in foro di tipo down-hole (*DH*)
 - Prove sismiche di tipo MASW (*MASW*)
 - Prove sismiche di tipo ReMi (*REMI*)
- Prove sismiche passive mediante tecnica HVSR (*HVSR*)

LASTRA A SIGNA – CAPOLUOGO

SE

SISMOGRAMMA

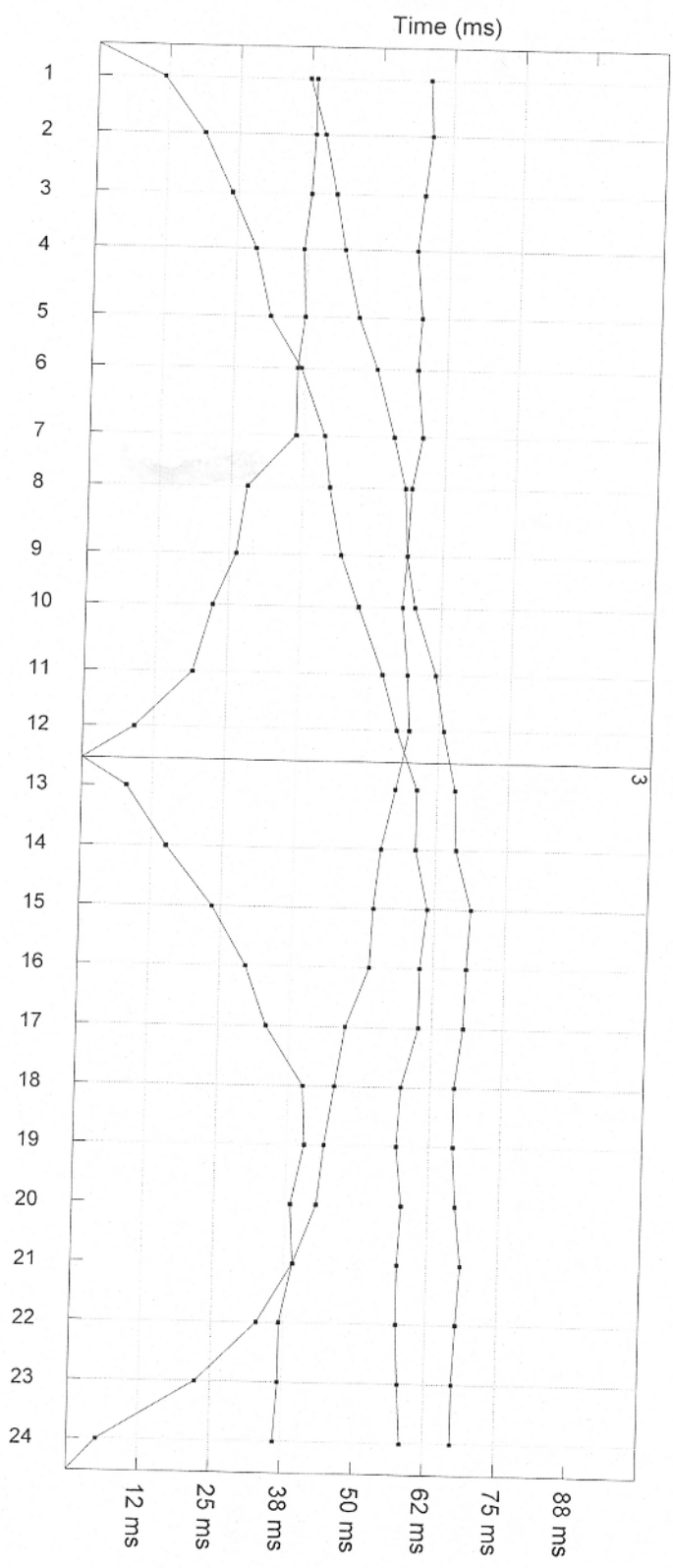
NW



SE

DROMOCRONE

NW



C:\signalonde_Sh.WS4

WINSISM 8

09/05/2009 10.23.24

TABELLA RIASSUNTIVA STESA SISMICA - 5 SHOTS - 3 STRATI

Località: tipologia di prosp.: data: riferimento:

first break picking (ms)

	shot5	shot4	shot3	shot2	shot1
g1	N.E	58.4	38.4	11.8	37.3
g2	N.E	58.9	38.4	19.0	40.1
g3	N.E	57.8	37.9	24.0	42.3
g4	N.E	56.7	36.8	28.4	44.0
g5	N.E	57.8	37.3	31.2	46.7
g6	N.E	57.3	36.2	36.8	50.1
g7	N.E	58.4	36.2	41.2	53.4
g8	N.E	56.7	27.9	42.3	55.6
g9	N.E	56.2	26.2	44.5	56.2
g10	N.E	55.6	22.3	47.8	57.8
g11	N.E	56.7	19.0	52.3	61.7
g12	N.E	57.3	9.0	55.1	63.4
g13	N.E	55.1	7.9	58.9	65.6
g14	N.E	52.8	15.1	58.9	66.0
g15	N.E	51.7	23.4	61.2	68.9
g16	N.E	51.2	29.5	60.1	68.3
g17	N.E	47.2	33.4	60.1	68.0
g18	N.E	45.6	40.1	57.3	66.7
g19	N.E	44.0	40.6	56.7	66.7
g20	N.E	42.9	38.4	57.8	67.3
g21	N.E	39.0	39.0	57.3	68.4
g22	N.E	32.9	36.8	57.3	67.8
g23	N.E	22.3	36.8	57.8	67.3
g24	N.E	5.1	36.2	58.4	67.3

array geofoni

	distanze [m]	quote [m]
g1	0.0	0.75
g2	-0.2	2.25
g3	-0.3	3.75
g4	-0.5	5.25
g5	-0.6	6.75
g6	-0.6	8.25
g7	-0.9	9.75
g8	-0.8	11.25
g9	-0.9	12.75
g10	-1.0	14.25
g11	-1.1	15.75
g12	-1.2	17.25
g13	-1.2	18.75
g14	-1.2	20.25
g15	-1.2	21.75
g16	-1.2	23.25
g17	-1.1	24.75
g18	-1.2	26.25
g19	-1.2	27.75
g20	-1.2	29.25
g21	-1.1	30.75
g22	-1.1	32.25
g23	-1.0	33.75
g24	-0.8	35.25

shots array

shot	dist.	quote	array
shot1	-24.0	1.0	///
shot2	0.0	0.5	///
shot3	24.0	-1.2	///
shot4	48.0	-0.7	///
shot5			N.E

calcolo profondità con metodo IT

prof.	spess.	spess.
4.7	3.1	1.6
5.3	4.3	0.9
4.4	2.6	1.9

[m] [m] [m]

N.E. = non eseguito

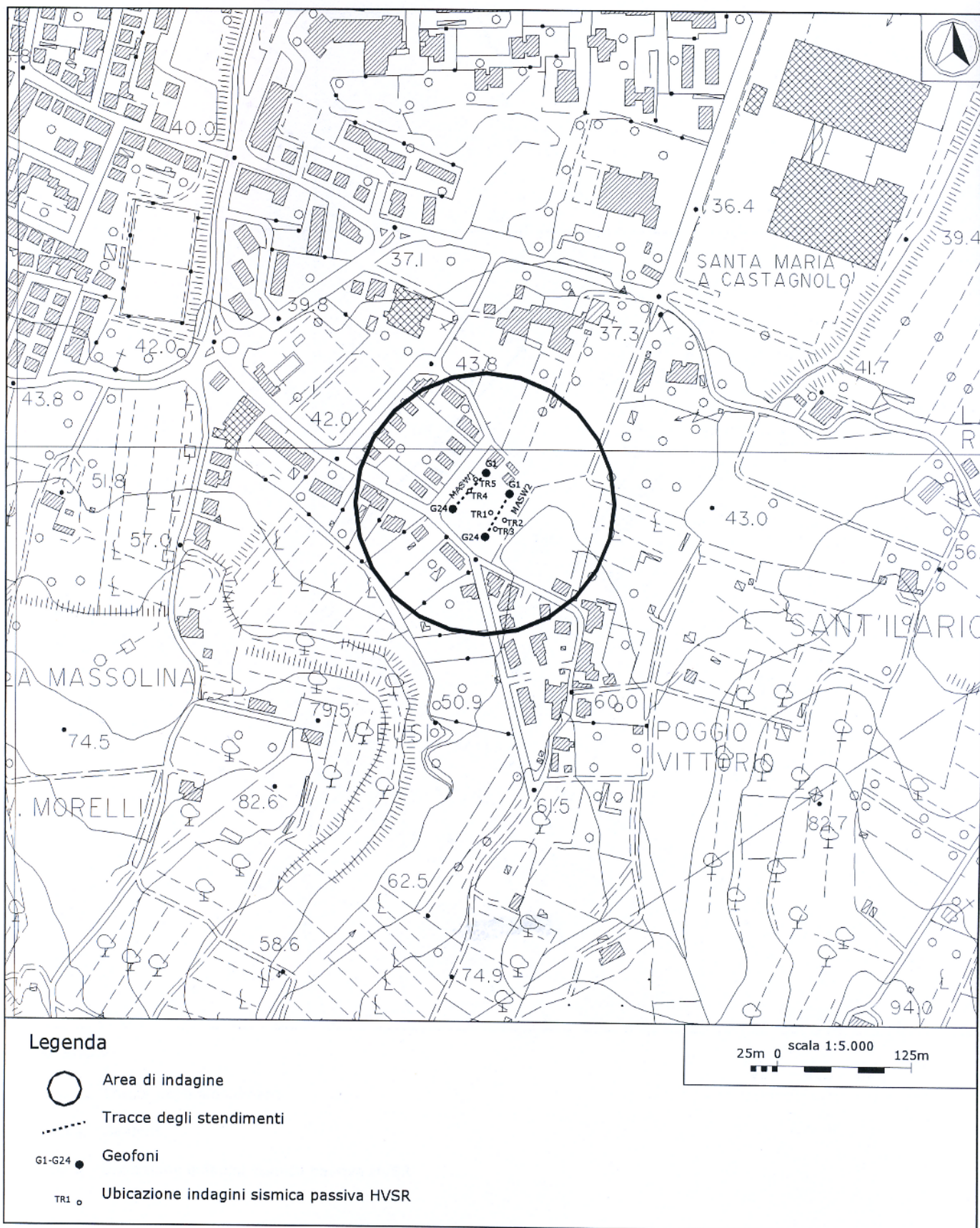


Figura1. Ubicazione indagini

#1: uploading & processing (MASW analyse)

dataset: miastg2.dat
 minimum offset: 5 m
 geophone spacing: 2 m
 sampling: 1 ms

normalized traces

time (s)

offset (m)

utilities

flip traces
 spectrum
 movie ?

data selection

activate
 select 20
 cancel
 save

refraction

quick refraction
 upload
 save
 clear refraction

Attenuation analysis

ver. 4.1 Pro

#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & ReMI analyses)

calculate spectrum τ Tau - v

upload ReMI spectrum

visualize curves
 input curve ?

velocity spectrum

phase velocity (m/s)

frequency (Hz)

Rayleigh Dispersion

Vs (m/s): 120 250 300 525 700 850; VS30: 447

thickness (m): 0.7 4.5 5.0 5.5 11.0

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35

Vp (m/s): 250 520 791 1053 1487 1769

explore spectrum

modelling

parameters

save model

upload model 3

Rayleigh

refresh ?

eigen period

picking

select mode ?

use the right button to select the last point of the considered mode

save picking ?

cancel picking

inversion

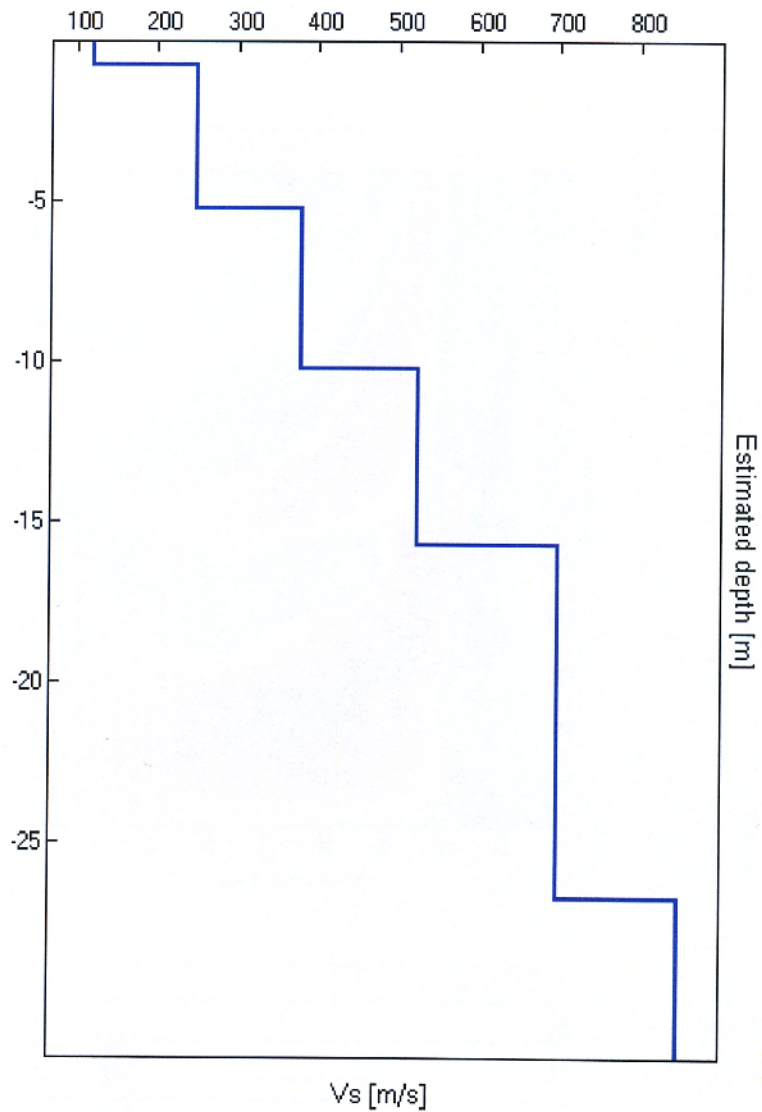
exit

Indagine MASW1. Sismogramma, spettro di velocità e modello di dispersione.

Via delle Sette Volte, 21
 56126 PISA
 P. IVA 01923910507

tel: 349 42 01 486 (dott. Benvenuti)
 tel: 349 59 42 280 (dott. Carnicelli)
 e.mail: posta@p3online.eu
 pec: posta@pec.p3online.eu

P3 s.n.c



Indagine MASW1. Profilo verticale delle Vs.

winMASW 4.1 Pro - Velocity Spectra, Modeling, Picking

#1: uploading & processing (MASW analyses)

dataset: m2las24g2.dat
 minimum offset: 2 m
 geophone spacing: 2 m
 sampling: 1 ms

utilities: flip traces, spectrum, movie ?

data selection: activate, select, cancel, save

refraction: quick refraction, upload, clear refraction, save

Attenuation analysis

ver. 4.1 Pro

#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & ReMi analyses)

calculate spectrum, Tau - v, visualize curves, input curves ?

upload ReMi spectrum

modelling: parameters, save model, upload model, eigen period, refresh ?

picking: select mode, save picking, cancel picking

explore spectrum

inversion, exit

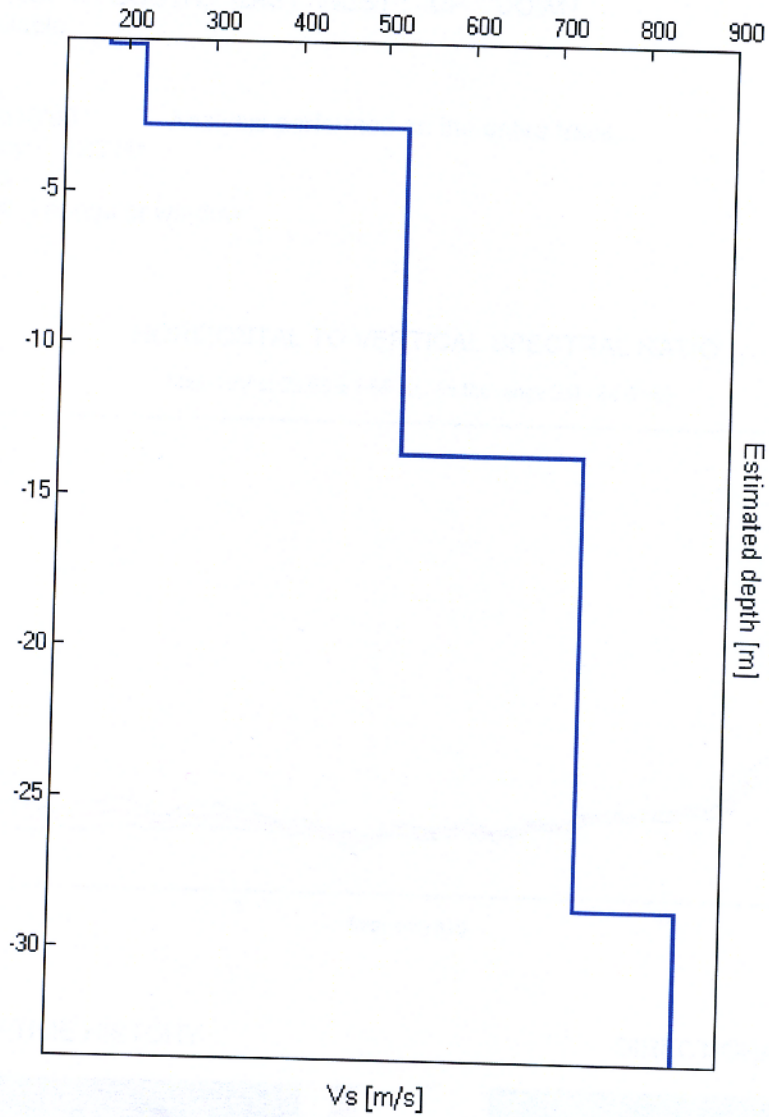
winMASW

Indagine MASW2. Sismogramma, spettro di velocità e modello di dispersione.

P3 s.n.c

Via delle Sette Volte, 21
 56126 PISA
 P. IVA 01923910507

tel: 349 42 01 486 (dott. Benvenuti)
 tel: 349 59 42 280 (dott. Caricelli)
 e-mail: posta@p3online.eu
 pec: posta@pec.p3online.eu



Indagine MASW2. Profilo verticale delle Vs.

Seguono: Schede indagini HVSR

PARAMETRI CONFIGURAZIONALI INDAGINE HVSR		
TR1	Coordinate GB	1670443; 4847941
TR2	Coordinate GB	1670456; 4847934
TR3	Coordinate GB	1670448; 4847926
TR4	Coordinate GB	1670423; 4847961
TR5	Coordinate GB	1670429; 4847972
	Durata acquisizione	16 min
	Frequenza di campionamento	128 Hz

Tutte le misure di microtremore ambientale, della durata minima di 16 minuti ciascuna, sono state effettuate con il tromografo digitale Tromino e sono state orientate secondo il Nord. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

3 ANALISI DEI RISULTATI

Nel complesso la prospezione geofisica eseguita, per mezzo delle analisi delle prove MASW, ha permesso di ricavare sia il modello medio di distribuzione della velocità delle onde "S" che il parametro Vs30 relativi al sottosuolo del sito indagato.

Il profilo verticale delle Onde S ricavato mediante elaborazione dei dati di campagna relativi alla MASW 1 è risultato il seguente:

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
0.70	0.70	120
5.20	4.50	250
10.20	5.00	380
15.70	5.50	525
26.70	11.00	700
inf.	inf.	850

La velocità media di propagazione delle Onde di taglio entro i 30 metri di profondità (Vs30) è calcolata con la seguente espressione:

$$Vs30 = 30 / (\sum h_i / V_i)$$

Il profilo MASW 1 indica una **Vs30** pari a **447 m/s**.

Il profilo verticale delle Onde S ricavato mediante elaborazione dei dati di campagna relativi alla MASW 2 è risultato il seguente:

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
0.20	0.20	180
2.80	2.60	220
13.60	10.80	525
28.60	15.00	735
inf.	inf.	850

Il profilo MASW 2 indica una **Vs30** pari a **540 m/s**.

Le 5 registrazioni HVSR a stazione singola eseguite nell'area d'interesse, indicano una variabilità laterale del sottosuolo in direzione NW - SE (con picchi del rapporto H/V che migrano verso frequenze più basse man mano che ci spostiamo sui punti di misura verso NW). Le registrazioni mostrano ampi picchi del rapporto H/V in un range di frequenze molto variabile e compreso tra **5 e 25 Hz** tale da non poter definire una singola frequenza fondamentale di sito.

Ai fini della definizione delle azioni sismiche secondo le nuove "Norme Tecniche per le Costruzioni" (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008) i risultati dell'indagine geofisica concorrono ad ascrivere il sito come appartenente alla **Categoria B** di sottosuolo.

Pisa, 28 Ottobre 2009

P3 s.n.c.
P3 s.n.c.
Via delle Sette Volte, 21 - 56126 PISA
C.A.P. IVA 01923910507
Benvenuti

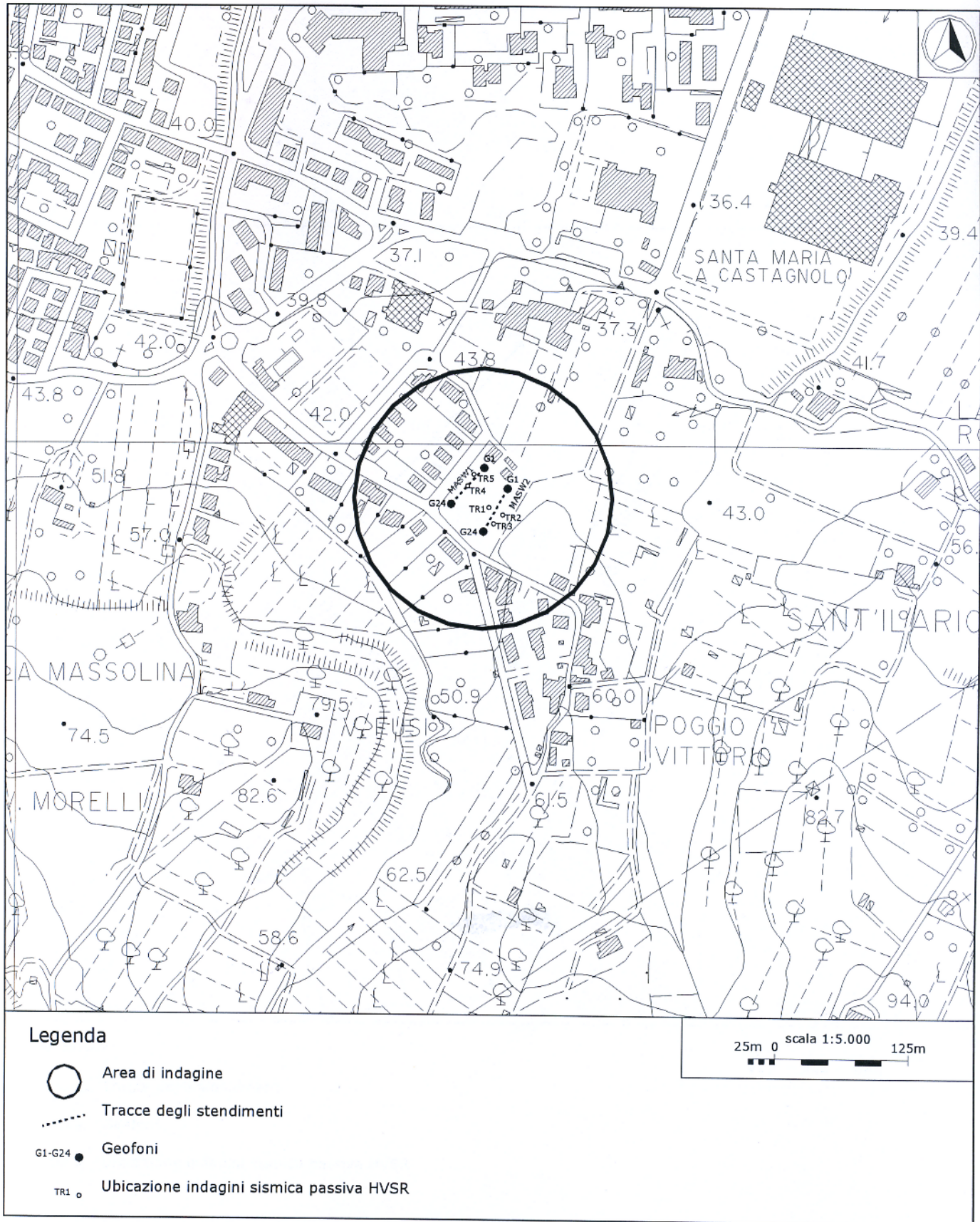


Figura1. Ubicazione indagini

winMASW 4.1 Pro - Velocity Spectrum, Modeling, Picking

#1: uploading & processing (MASW analyse)

dataset: miast1g2.dat
 minimum offset: 5 m
 geophone spacing: 2 m
 sampling: 1 ms

normalized traces

time (s)

offset (m)

utilities: flip traces, spectrum, movie ?

data selection: activate, select, cancel, save

refraction: quick refraction, upload, save, clear refraction

Alteration analysis

ver. 4.1 Pro

#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & ReMI analyses)

MASW

calculate spectrum

Tau - v

upload ReMI spectrum

visualize curves

input curve ?

velocity spectrum

phase velocity (m/s)

frequency (Hz)

Rayleigh Dispersion

V _{sw} (m/s):	120	250	380	525	700	850	VS30: 447
thickness (m):	0.7	4.5	5.0	5.5	11.0		
Poisson:	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35		
V _p (m/s):	250	520	791	1053	1487	1769	

modelling: parameters, save model, Rayleigh, refresh ?

upload model: 3

eigen period

picking: select mode, save picking, cancel picking, inversion, exit

explore spectrum

www.tosoft.it

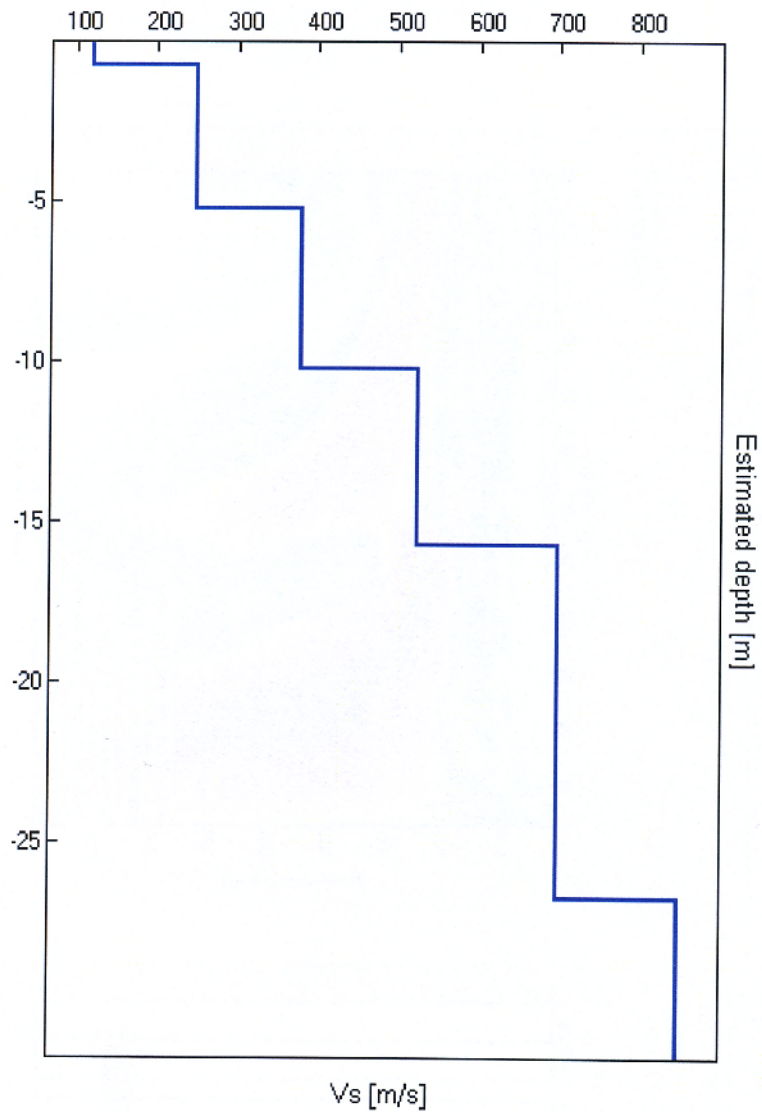
winMASW

Indagine MASW1. Sismogramma, spettro di velocità e modello di dispersione.

Via delle Sette Volte, 21
 56126 PISA
 P. IVA 01923910507

P3 s.n.c

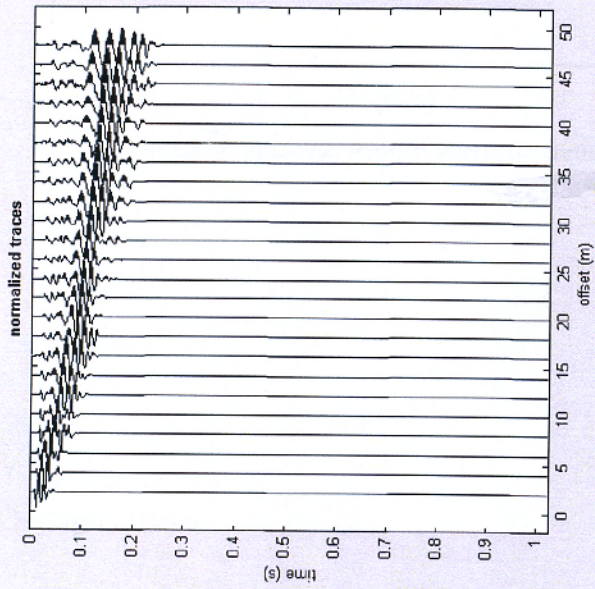
tel: 349 42 01 486 (dott. Benvenuti)
 tel: 349 59 42 280 (dott. Carnicelli)
 e.mail: posta@p3online.eu
 pec: posta@pec.p3online.eu



Indagine MASW1. Profilo verticale delle Vs.

#1: uploading & processing (MASW analyses)

dataset: m2las24g2.dat
 minimum offset: 2 m
 geophone spacing: 2 m
 sampling: 1 ms



utilities: flip traces, spectrum, movie, ?

data selection: activate, select, cancel, save

refraction: quick refraction, upload, save, clear refraction

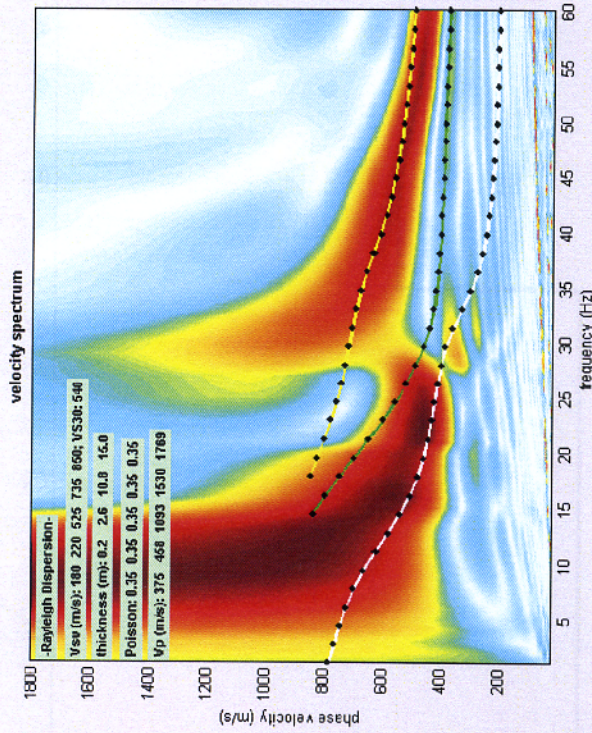
Attenuation analysis



ver. 4.1 Pro

#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & ReMi analyses)

calculate spectrum, Tau - v, upload ReMi spectrum



modelling: parameters, save model, upload model, 3, Rayleigh, refresh, ?

picking: select mode, use the right button to select the last point of the considered mode, save picking, cancel picking, ?

explore spectrum

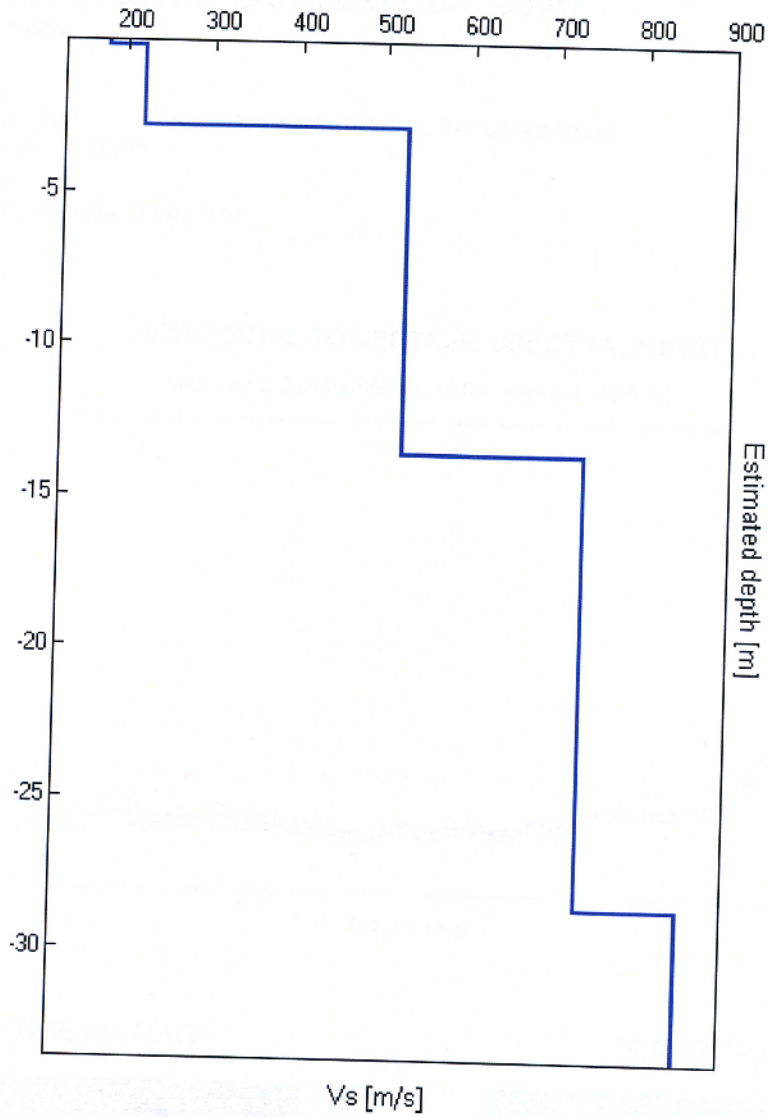
investion, exit

Indagine MASW2. Sismogramma, spettro di velocità e modello di dispersione.

P3 s.n.c

Via delle Sette Volte, 21
 56126 PISA
 P. IVA 01923910507

tel: 349 42 01 486 (dott. Benvenuti)
 tel: 349 59 42 280 (dott. Caricelli)
 e-mail: posta@p3online.eu
 pec: posta@pec.p3online.eu



Indagine MASW2. Profilo verticale delle Vs.

Seguono: Schede indagini HVSR

PARAMETRI CONFIGURAZIONALI INDAGINE HVSR		
TR1	Coordinate GB	1670443; 4847941
TR2	Coordinate GB	1670456; 4847934
TR3	Coordinate GB	1670448; 4847926
TR4	Coordinate GB	1670423; 4847961
TR5	Coordinate GB	1670429; 4847972
	Durata acquisizione	16 min
	Frequenza di campionamento	128 Hz

Tutte le misure di microtremore ambientale, della durata minima di 16 minuti ciascuna, sono state effettuate con il tromografo digitale Tromino e sono state orientate secondo il Nord. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

3 ANALISI DEI RISULTATI

Nel complesso la prospezione geofisica eseguita, per mezzo delle analisi delle prove MASW, ha permesso di ricavare sia il modello medio di distribuzione della velocità delle onde "S" che il parametro Vs30 relativi al sottosuolo del sito indagato.

Il profilo verticale delle Onde S ricavato mediante elaborazione dei dati di campagna relativi alla MASW 1 è risultato il seguente:

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
0.70	0.70	120
5.20	4.50	250
10.20	5.00	380
15.70	5.50	525
26.70	11.00	700
inf.	inf.	850

La velocità media di propagazione delle Onde di taglio entro i 30 metri di profondità (Vs30) è calcolata con la seguente espressione:

$$Vs30 = 30 / (\sum h_i / V_i)$$

Il profilo MASW 1 indica una **Vs30** pari a **447 m/s**.

Il profilo verticale delle Onde S ricavato mediante elaborazione dei dati di campagna relativi alla MASW 2 è risultato il seguente:

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
0.20	0.20	180
2.80	2.60	220
13.60	10.80	525
28.60	15.00	735
inf.	inf.	850

Il profilo MASW 2 indica una **Vs30** pari a **540 m/s**.

Le 5 registrazioni HVSR a stazione singola eseguite nell'area d'interesse, indicano una variabilità laterale del sottosuolo in direzione NW - SE (con picchi del rapporto H/V che migrano verso frequenze più basse man mano che ci spostiamo sui punti di misura verso NW). Le registrazioni mostrano ampi picchi del rapporto H/V in un range di frequenze molto variabile e compreso tra **5 e 25 Hz** tale da non poter definire una singola frequenza fondamentale di sito.

Ai fini della definizione delle azioni sismiche secondo le nuove "Norme Tecniche per le Costruzioni" (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008) i risultati dell'indagine geofisica concorrono ad ascrivere il sito come appartenente alla **Categoria B** di sottosuolo.

Pisa, 28 Ottobre 2009

P3 s.n.c.
P3 s.n.c.
Via delle Sette Volte, 21 - 56126 PISA
C.A./P.IVA 01923910507
Benvenuti



Introduzione

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati dell'indagine sismica eseguita mediante metodologia MASW in data 16 novembre 2009, per conto della committenza, in via Mascagni, nel Comune di Lastra a Signa (FI) – fig. 1.

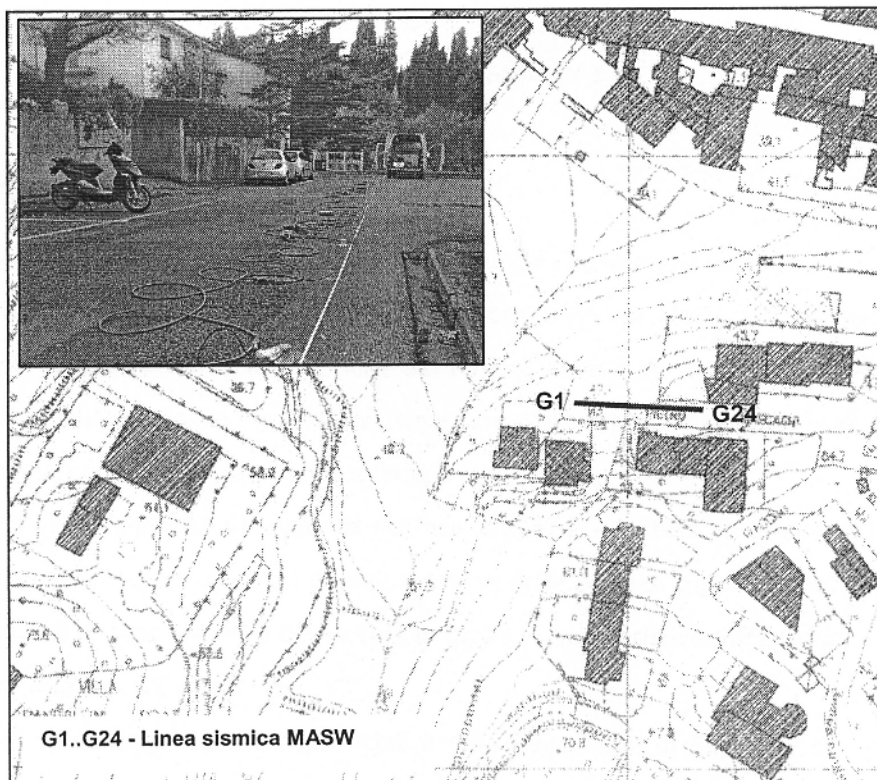


Fig.1: Area d'intervento – Via Mascagni, Lastra a Signa (FI)

E' stata eseguita una campagna geofisica mediante acquisizione MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999) al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame, ed in particolare i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette Vs30), così come previsto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni. La classificazione dei terreni è stata svolta sulla base del valore della Vs30 (il valore medio della Vs nei primi 30 m di profondità) definita dalla relazione:

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

in cui Vs_i e h_i sono rispettivamente la velocità delle onde di taglio e lo spessore dell'i-esimo strato.

Di seguito vengono descritte le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, congiuntamente all'interpretazione scaturita dai dati elaborati.

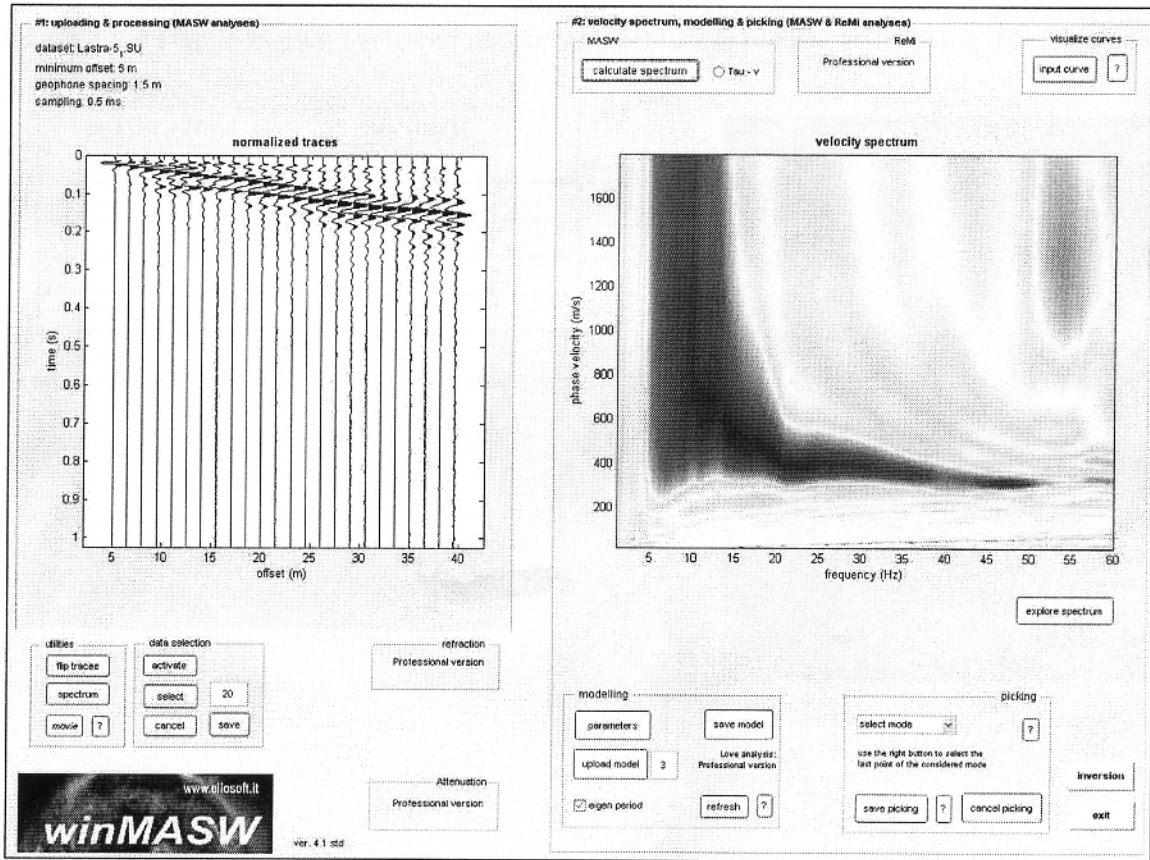


Figura 2: Dati di campagna (a sinistra), spettro di velocità calcolato (a destra).

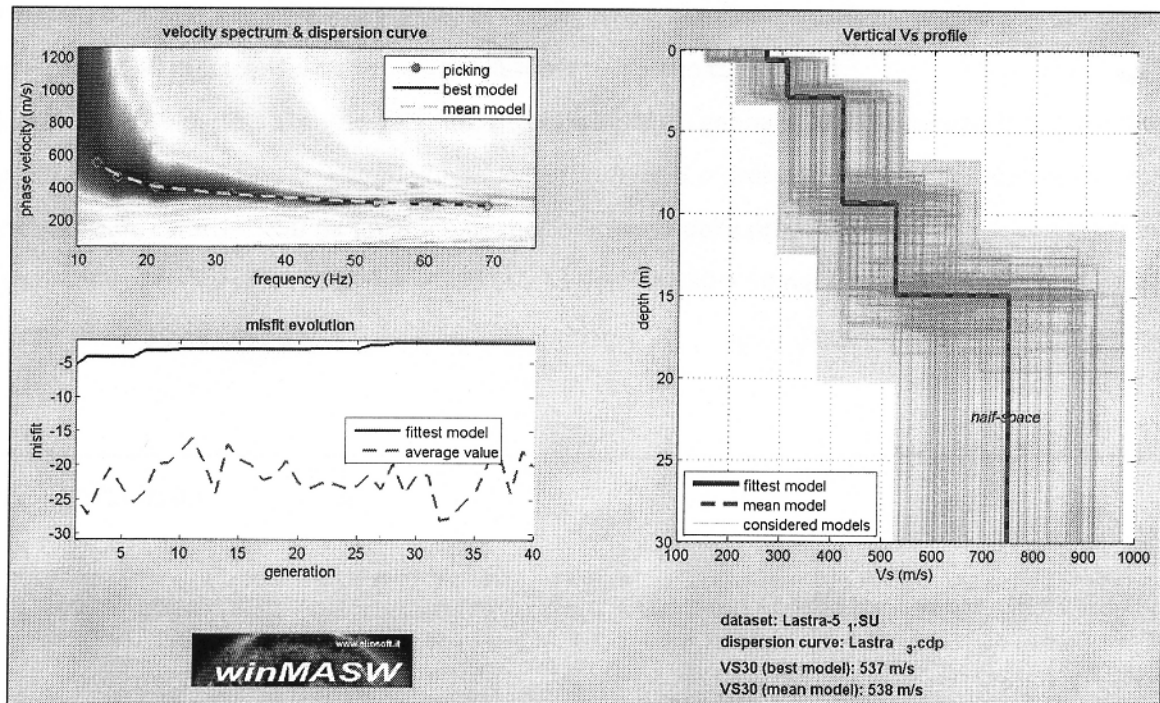
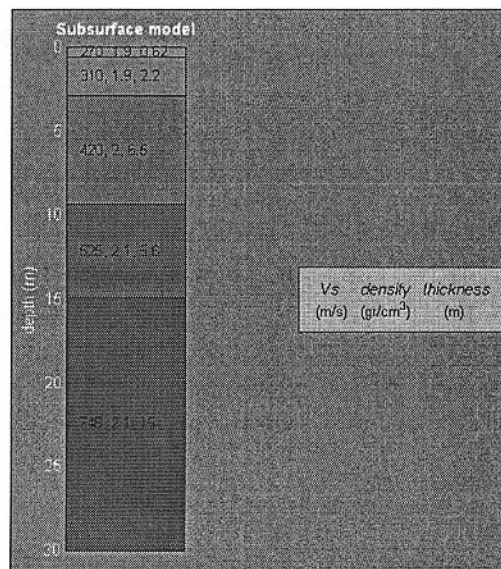


Figura 3: Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione "piccate" e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale V_s identificato (vedi anche Tabella 1). In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).

Nella tabella e nella figura seguenti vengono riportati gli spessori, le relative velocità e la densità, stimati.

Spessore (m)	Vs (m/s)
0.6	270
2.2	310
6.5	420
5.6	525
semi-spazio	746

Modello medio individuato (Vs30 del modello medio dal p.c.: 538 m/s)



Conclusioni

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della Vs e, di conseguenza, il parametro **Vs30**, risultato – per il modello medio – pari a **538 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna).

Il Valore della Vs 30 porta a classificare il sito, secondo il DM 14 gennaio 2008, in **categoria 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 $N_{SPT30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $C_u > 250$ kPa nei terreni a grana fina)")



Introduzione

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati dell'indagine sismica eseguita mediante metodologia MASW in data 15 Luglio 2010, per conto della committenza, su indicazione del dott. geol. Alberto Scotti, all'interno di un'area in via San Martino - Comune di Lastra a Signa (FI) – Fig. 1.

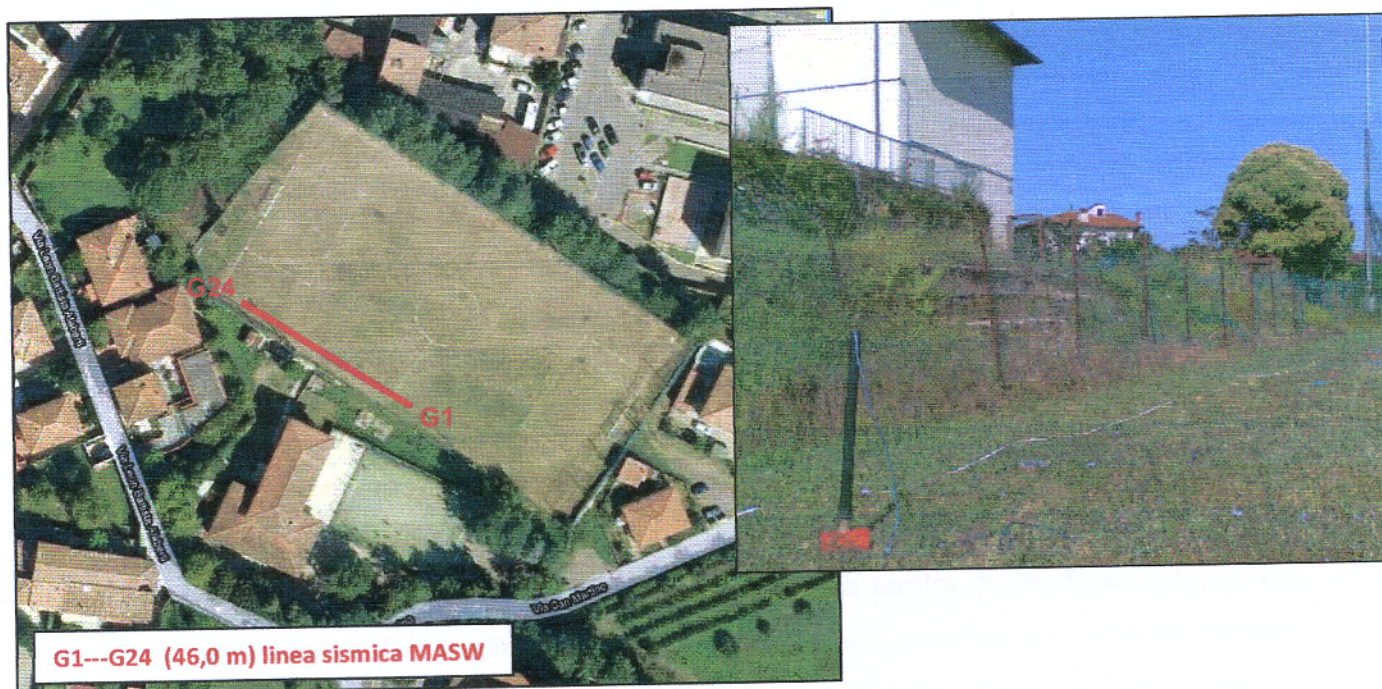


Fig.1: Ubicazione linea sismica masw

E' stata eseguita una campagna geofisica mediante acquisizione MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999) al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame, ed in particolare i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette Vs30), così come previsto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni. La classificazione dei terreni è stata svolta sulla base del valore della Vs30 (il valore medio della Vs nei primi 30 m di profondità) definita dalla relazione:

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

in cui Vs_i e h_i sono rispettivamente la velocità delle onde di taglio e lo spessore dell'i-esimo strato.

Di seguito vengono descritte le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, congiuntamente all'interpretazione scaturita dai dati elaborati.

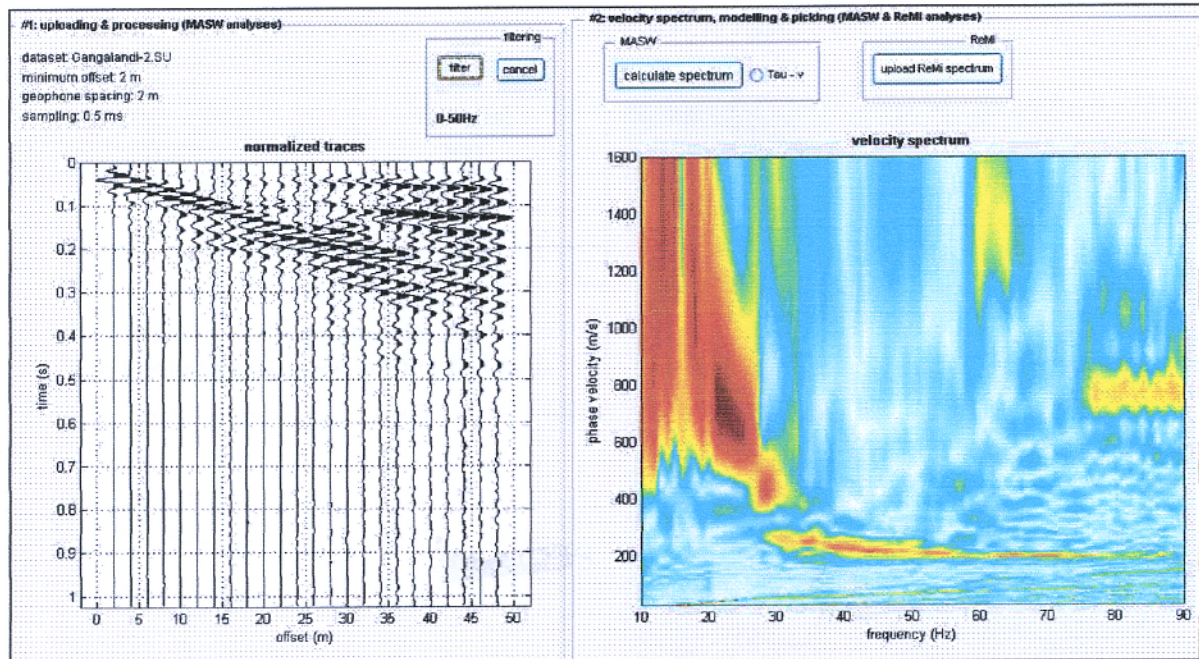


Fig. 2: Dati di campagna (a sinistra), spettro di velocità calcolato (a destra).

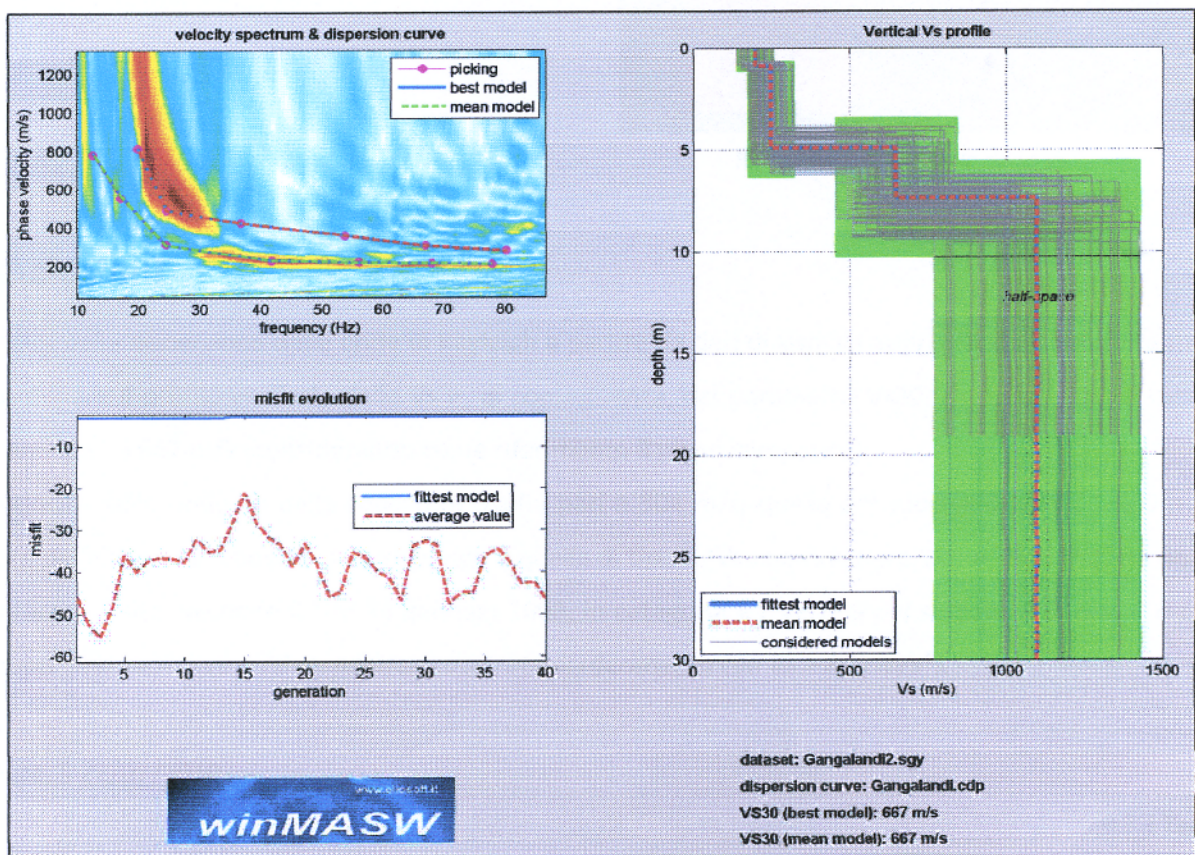


Fig. 3: Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione "piccate" e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale Vs identificato (vedi anche Tabella 1). In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).

Nella **Tabella 1** e nella **Figura 4** vengono riportati gli spessori, le relative velocità e la densità, stimati.

Spessore (m)	Vs (m/s)
0.9	200
4.0	250
2.5	650
semi-spazio	1100

**Tab. 1: Modello medio individuato
(Vs30 del modello medio dal p.c.: 667 m/s)**

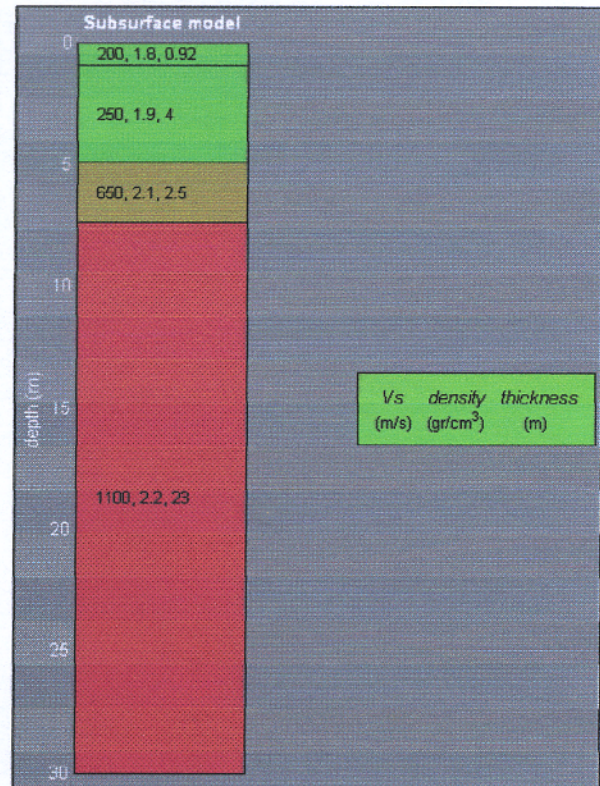


Fig. 4: Profilo verticale dalla Vs

Conclusioni

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della Vs e, di conseguenza, del parametro **Vs30**, risultato – per il modello medio – pari a **667 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna).

La velocità delle onde Sh della copertura risulta pari a 304 m/s, quella del substrato pari a 1.100 m/s. Il valore della Vs per la copertura corrisponde a quella di tipo C (Vs compresa tra 180 e 360 m/s), ciò porta a classificare il sito, secondo il DM 14 gennaio 2008, in **categoria E** (*“Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti su substrato di riferimento con Vs > 800 m/s”*).

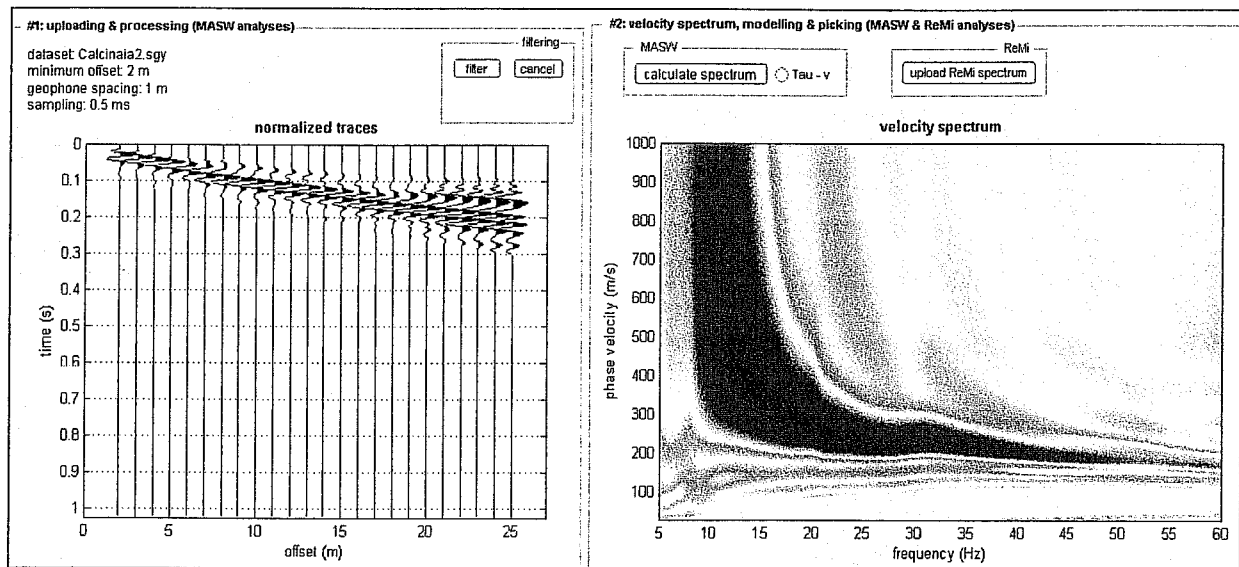


Fig. 2: Dati di campagna (a sinistra), spettro di velocità calcolato (a destra).

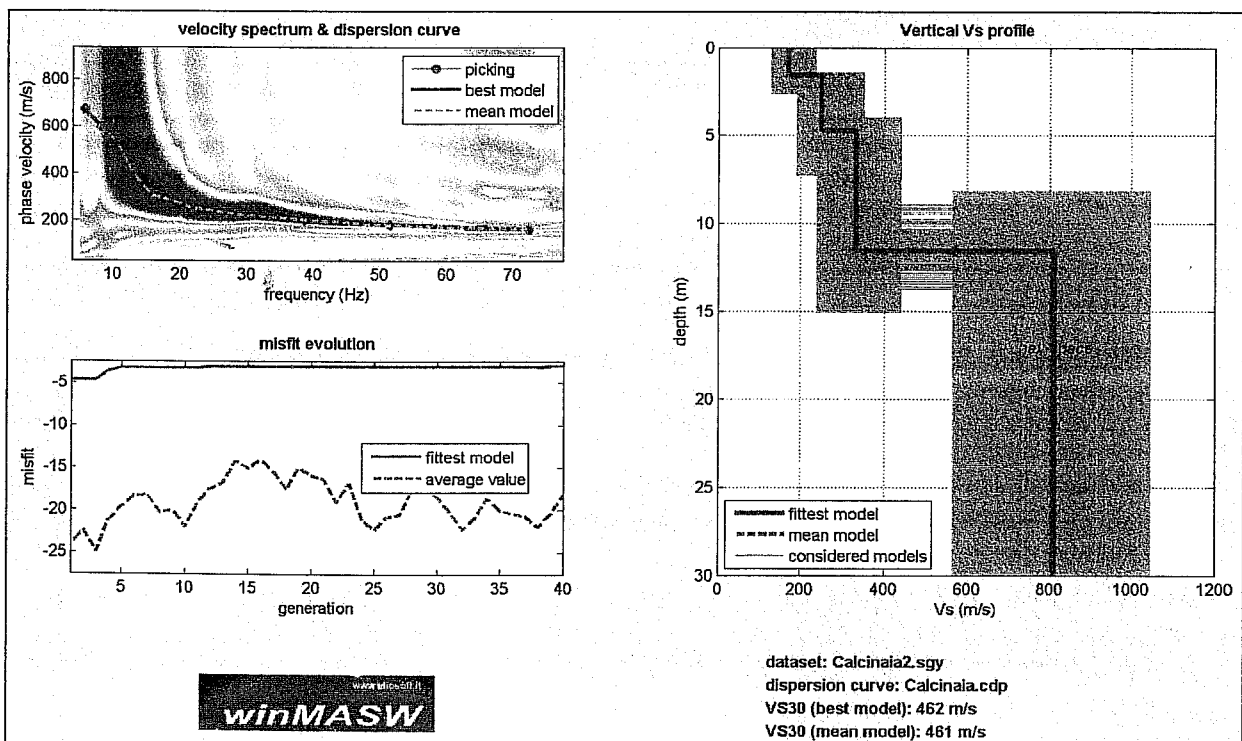


Fig. 3: Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione "piccate" e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale Vs identificato (vedi anche Tabella 1). In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).



Comune di Lastra a Signa (FI)
Archivio Dati di Base

Numero Archivio
16_MASW

Nella foto seguente si riporta l'ubicazione della prospezione MASW eseguita.



traccia del profilo sismico MASW effettuato

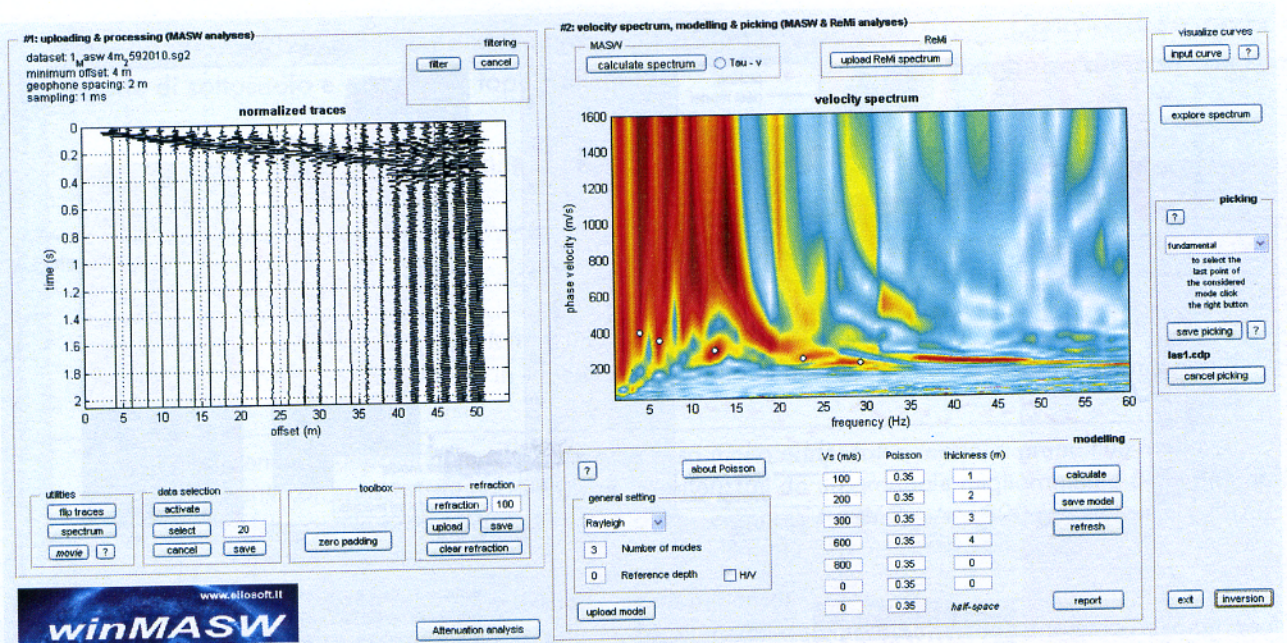


Fig. 1

- Terza fase: calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando in maniera opportuna lo spessore h , le velocità delle onde V_s e V_p , e la densità di massa ρ degli strati costituenti il modello del suolo fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato. (Fig. 2 e 3);

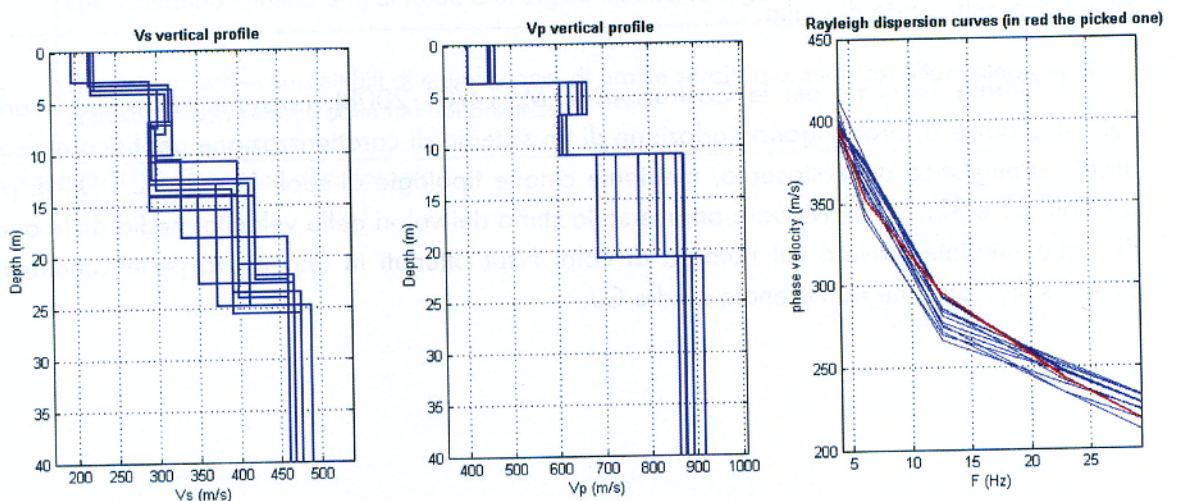


Fig. 2

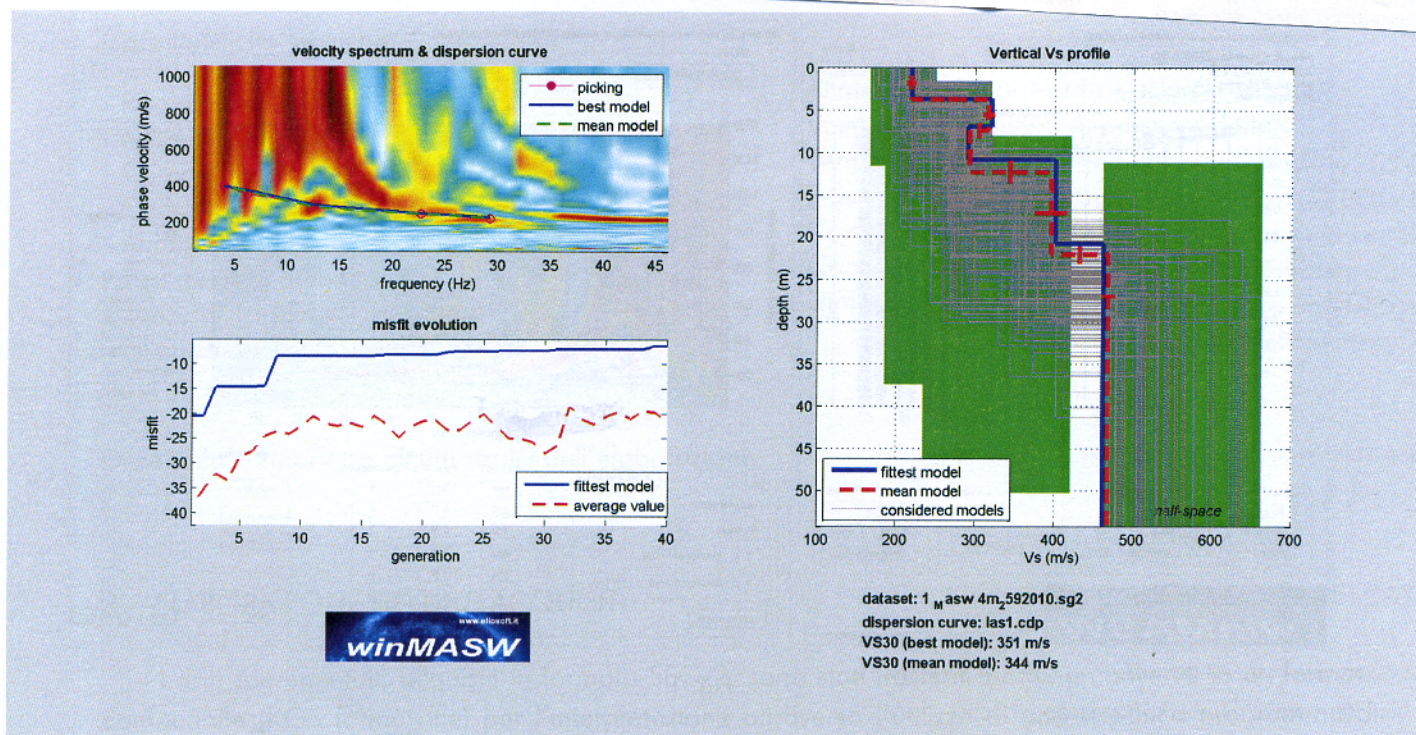


Fig. 3

4 - CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE (D.M. 14/01/2008)

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato nel capitolo precedente, è possibile calcolare il valore delle V_{s30} , che rappresenta la "velocità equivalente" di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008), coerentemente con quanto indicato nell'Eurocodice 8, propongono l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del sottosuolo, mediante cinque tipologie di suoli (A - B - C - D - E più altri due speciali: S1 e S2), da individuare attraverso la stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio mediate, ovvero sul numero di colpi N_{spt} ottenuti in una prova penetrometrica dinamica, ovvero sulla coesione non drenata media C_u .

Dal punto di vista strettamente normativo si fa riferimento al punto 3.2.2 del D.M. 14/01/2008 (Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche).

In base alle grandezze sopra definite si identificano le seguenti Categorie di Sottosuolo:

categoria	descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> 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 $N_{spt,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $C_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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 $15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 \text{ kPa} < C_{u,30} < 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina)
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti</i> , 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 $N_{spt,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $C_{u,30} < 70 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fine)
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s).
S1	Depositati di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} inferiori a 100 m/s (ovvero $10 \text{ kPa} < C_{u,30} < 20 \text{ kPa}$), 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	Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella 3.2.II (NTC) – Categorie di sottosuolo

In base ai risultati dell'indagine sismica eseguita, è stato calcolato il parametro Vs30 attraverso la seguente formula (D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008: "Norme Tecniche per le Costruzioni"):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

Il valore medio di Vs30 calcolato è di 344 m/sec.

In riferimento al D.M. 14/01/2008, il terreno indagato rispetto ai valori della normativa risulta un sottosuolo di **categoria C**, ovvero si tratta di "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 Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

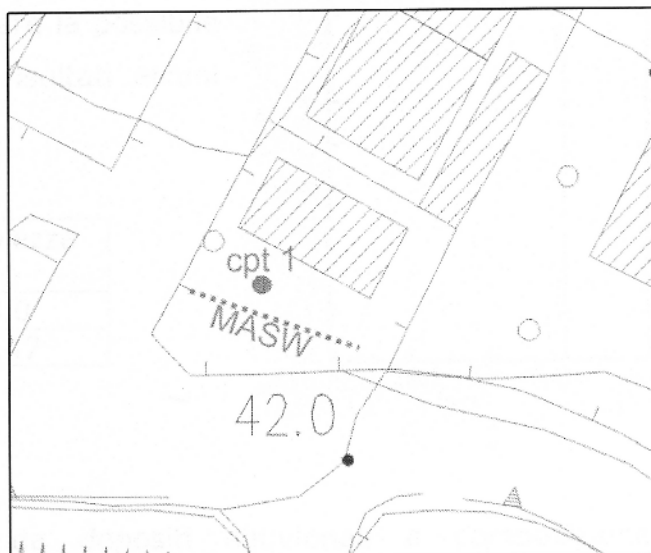
Si precisa che il valore di Vs30 è stato valutato con riferimento al piano campagna. Tale parametro dovrà essere accuratamente definito oltre che sulla base dei dati contenuti nel presente rapporto, sulla scorta di ulteriori informazioni, ed in particolare delle caratteristiche geometriche delle opere di fondazione in progetto, così da potere determinare l'effettiva categoria di suolo

Pisa, Ottobre 2010

Da quanto sopra non risultano pertanto particolari controindicazioni di natura idraulica e non si dovranno pertanto prevedere misure di salvaguardia.

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

Per la caratterizzazione litotecnica e sismica del luogo è stata eseguita una campagna d'indagini con la realizzazione di una prova penetrometrica di tipo dinamico ed un'indagine sismica mediante metodo MASW. L'ubicazione dei punti d'indagine è riportata nella figura a lato.



5.1 LA PENETROMETRIA

La prospezione è stata eseguita dal Geol. Alberto Iotti in data 26/10/2011, utilizzando un penetrometro del tipo Pagani da 10 t di spinta in modalità statica.

In appendice si riporta il certificato di restituzione dei valori, completo dei diagrammi di variazione delle resistenze con la profondità e la determinazione dei parametri geotecnici.

La prova è stata realizzata in prossimità dell'edificio, sul resede pertinenziale ed è stata spinta fino alla profondità di 7.8 metri dove è giunta al rifiuto all'avanzamento.

Dai diagrammi di resistenza risulta la presenza di una coltre superficiale di spessore circa 1 metro caratterizzata da resistenze piuttosto elevate e relativa presumibilmente a terreno di riporto.

Inferiormente e fino a circa 7.5 metri vi sono litotipi a composizione limoso argillosa mediamente consistenti.

Per profondità superiori le resistenze aumentano repentinamente giungendo al rifiuto.

5.2 L'INDAGINE GEOFISICA

Per la valutazione della velocità di propagazione delle onde Vs di taglio finalizzata alla definizione del tipo di suolo presente nell'area, è stata condotta un'indagine sismica mediante metodo MASW.

Dall'indagine sono risultati dei valori delle velocità Vs crescenti con la profondità con

In letteratura si ritengono significativi picchi con ampiezza maggiore di 2. Dall'analisi dei dati relativi nell'area in esame appare che sono presenti picchi statisticamente significativi rispettivamente alle frequenze riassunte in tabella.

ID	Frequenza (Hz)	Ampiezza
1	6.7	3.0
2	25.0	2.47

1.2.1 Riconoscimento della Vs 30 e del profilo di appartenenza

La velocità Vs 30 per il terreno in esame è pari a 310 m/s; per quanto concerne la velocità di propagazione delle onde di taglio il terreno in esame è possibile classificare il terreno in esame come **un suolo di categoria C** che prevede velocità delle onde Vs comprese tra 180 e 360 m/s.



Introduzione

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati dell'indagine sismica eseguita mediante metodologia MASW in data 7 gennaio 2011, per conto della committenza, all'interno di un'area in via 25 Aprile - Comune di Lastra a Signa (FI) – Fig. 1.

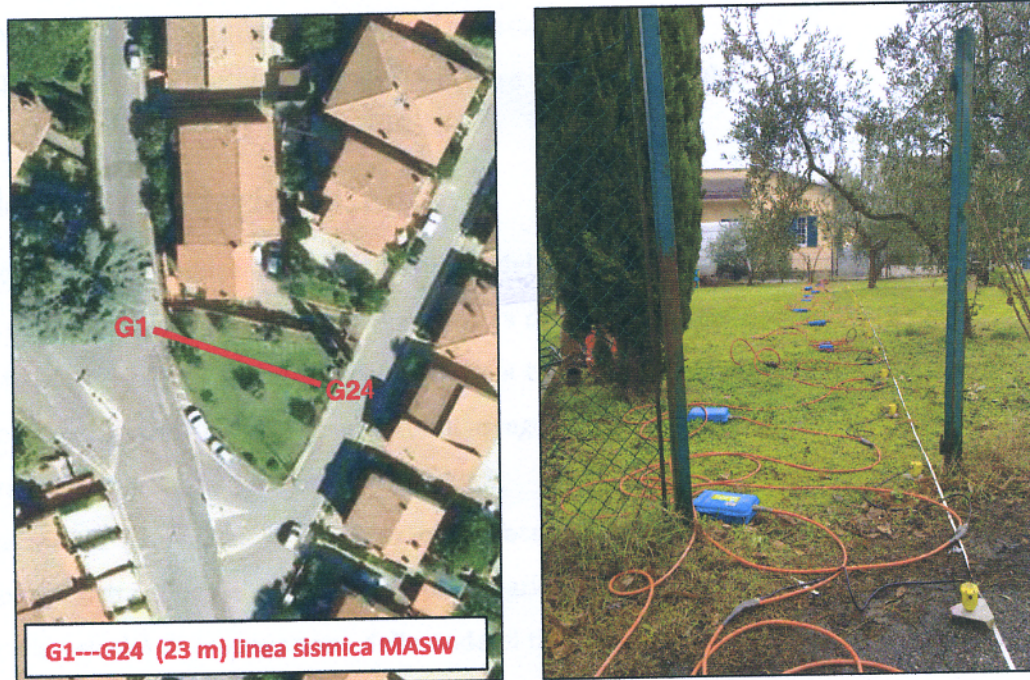


Fig.1: Ubicazione linea sismica masw

E' stata eseguita una campagna geofisica mediante acquisizione MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999) al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame, ed in particolare i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette Vs30), così come previsto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni. La classificazione dei terreni è stata svolta sulla base del valore della Vs30 (il valore medio della Vs nei primi 30 m di profondità) definita dalla relazione:

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

in cui Vs_i e h_i sono rispettivamente la velocità delle onde di taglio e lo spessore dell'i-esimo strato. Di seguito vengono descritte le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, congiuntamente all'interpretazione scaturita dai dati elaborati.

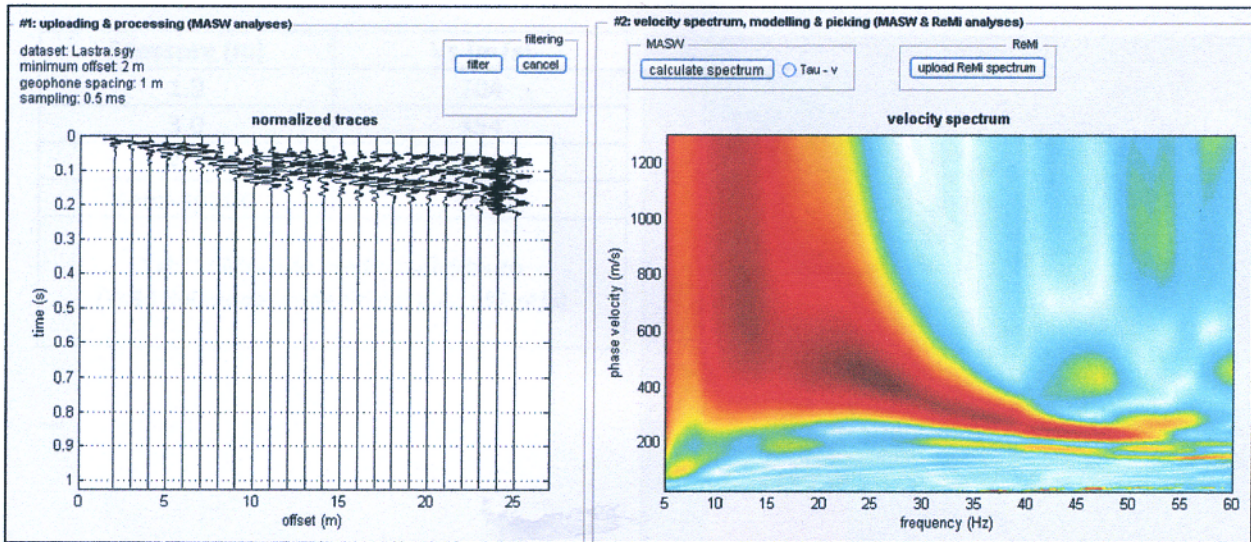


Fig. 2: Dati di campagna (a sinistra), spettro di velocità calcolato (a destra).

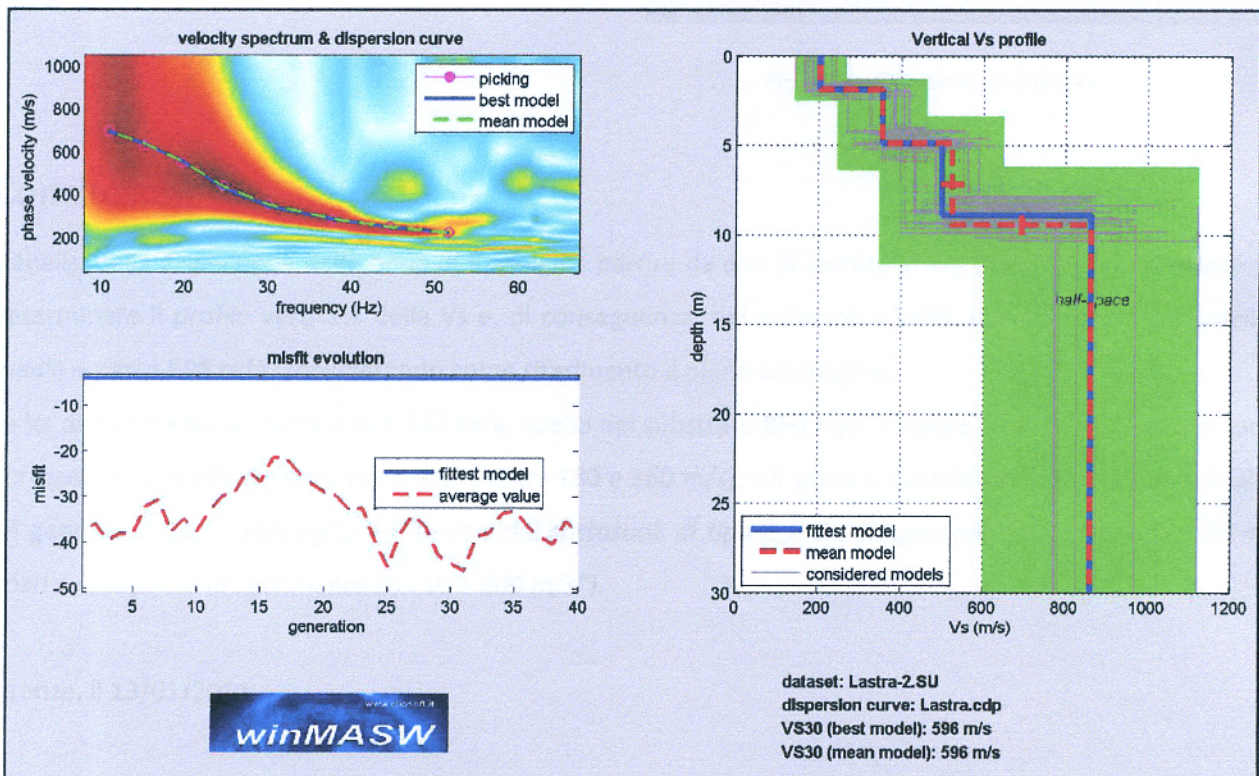


Fig. 3: Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione "piccate" e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale Vs identificato (vedi anche Tabella 1). In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).

Nella **Tabella 1** e nella **Figura 4** vengono riportati gli spessori, le relative velocità e la densità, stimati.

Spessore (m)	Vs (m/s)
1.9	204
3.0	354
4.5	524
semi-spazio	860

**Tab. 1: Modello medio individuato
(Vs30 del modello medio dal p.c.: 596 m/s)**

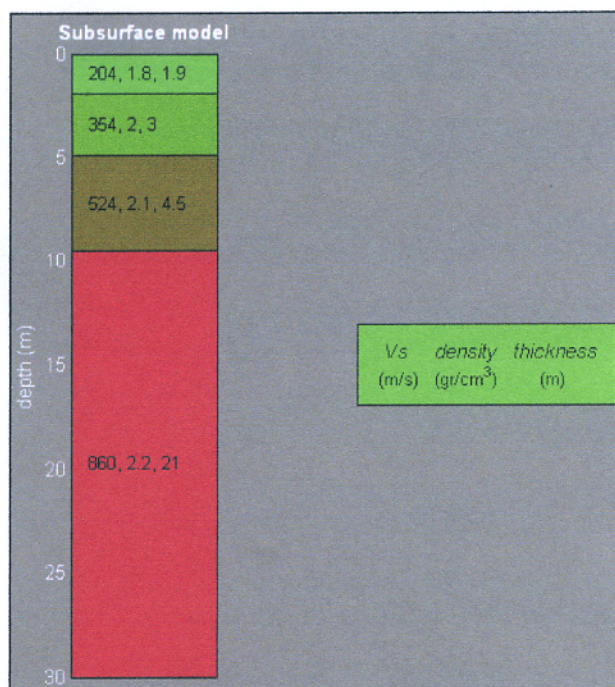


Fig. 4: Profilo verticale dalla Vs

Conclusioni

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della Vs e, di conseguenza, del parametro **Vs30**, risultato – per il modello medio – pari a **596 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna).

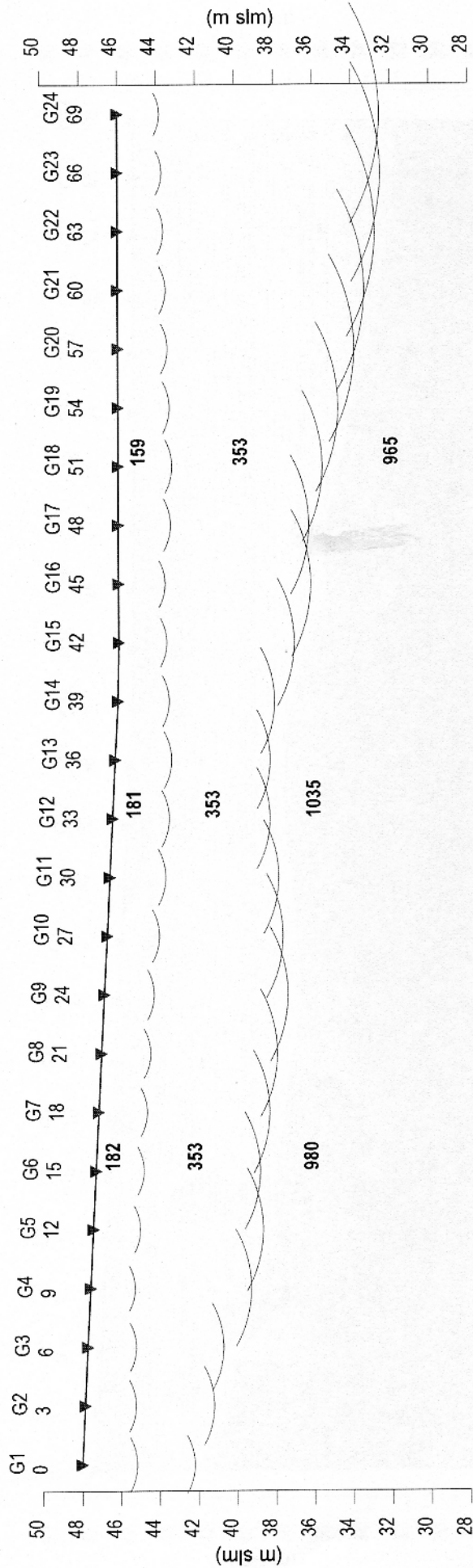
La Vs della copertura risulta pari a **356 m/s**, quella del substrato **860 m/s**. Il valore della Vs per la copertura corrisponde a quella di tipo C (Vs compresa tra 180 e 360 m/s), ciò porta a classificare il sito, secondo il DM 14 gennaio 2008, in **categoria E** ("Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti su substrato di riferimento con Vs > 800 m/s").



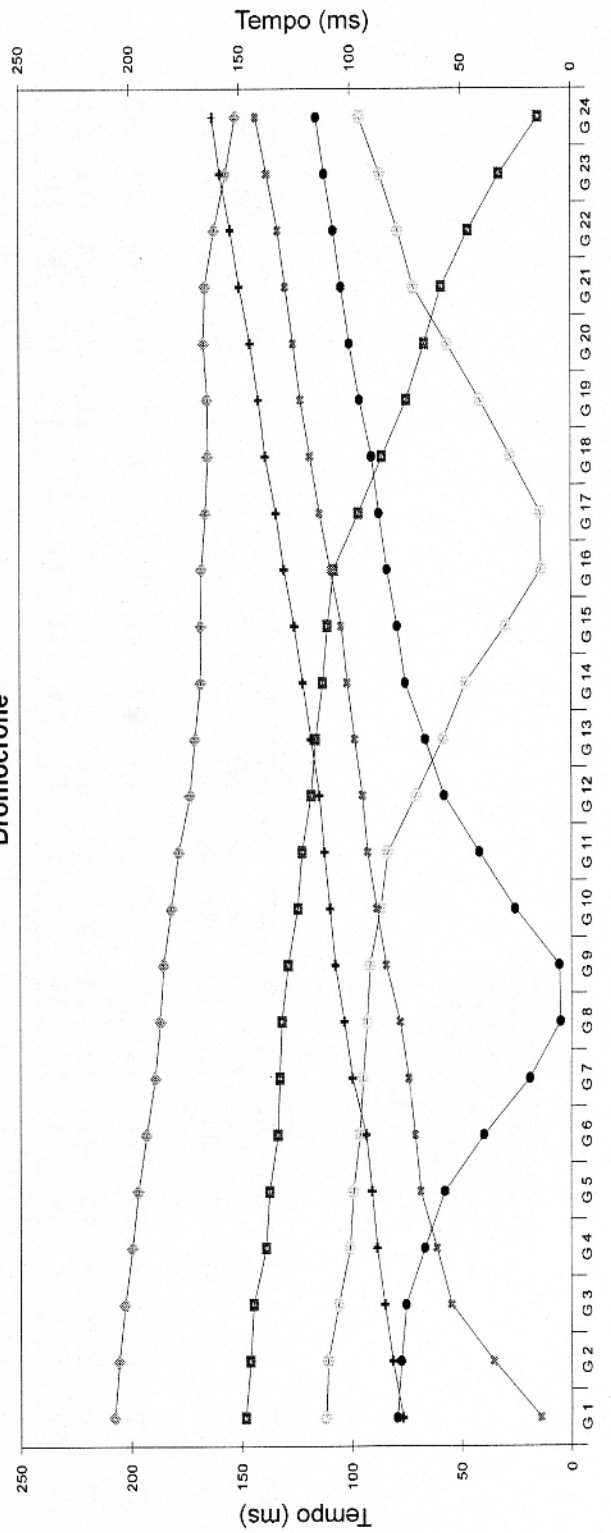
Ubicazione delle indagini



Profilo di sismica a Rifrazione Ps1 - onde SH



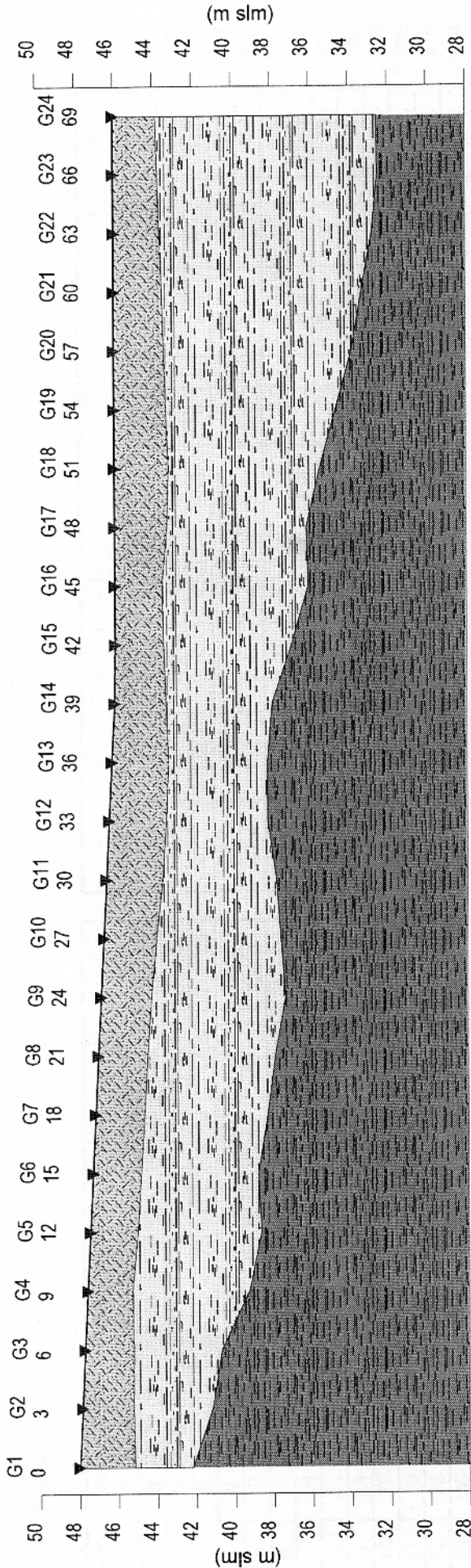
Dromocrone



Legenda

- ▼ Geofono
- () Distanza dalla superficie topografica del limite di strato
- 1326 Velocità in m/sec.
- Contatti tettonici
- - - - - Faglie presunte
- Scala 1:300
- ▲ A Esterno sinistro
- ▲ B Esterno sinistro
- C Centrale
- ▲ D Centrale
- E Esterno destro
- ▲ F Esterno destro

Ps1 - onde SH- Interpretazione sismostratigrafica



Z1 (m)	2.8	2.6	2.5	2.4	2.5	2.5	2.5	2.6	2.9	2.9	2.9	2.7	2.7	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.7	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2
Z2 (m)	3.0	4.0	6.0	6.3	6.0	6.3	6.0	6.3	6.9	6.4	5.8	5.2	5.1	5.4	6.6	7.5	7.1	7.7	8.7	9.6	10.2	10.9	11.2	11.3	11.3
H2 (m)	5.8	6.7	7.0	8.3	8.8	8.8	8.5	8.8	9.1	9.4	8.7	8.1	8.0	8.1	9.0	9.9	9.8	10.5	11.3	12.1	12.7	13.2	13.5	13.5	13.5
V1 (m/s)	137	137	137	160	182	182	182	182	181	181	181	169	157	158	158	158	158	159	160	160	160	160	161	161	161
V2 (m/s)	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353	353
V3 (m/s)	980	980	980	980	980	980	980	1035	1035	1035	1035	1035	1035	1035	1035	1035	1035	965	965	965	965	965	965	965	965

Legenda:

-  Materiali di copertura
-  Detrito ed alterazione del substrato
-  Substrato litoid: argilliti e calcari

Scala 1:300

- Z1 = Spessore del primo orizzonte
- Z2 = Spessore del secondo orizzonte
- H2 = Profondità del secondo orizzonte
- V1 = Velocità del primo orizzonte sismico
- V2 = Velocità del secondo orizzonte sismico
- V3 = Velocità del terzo orizzonte sismico

1. velocità V_{sh} delle onde di taglio SH variabile tra 137 m/s e 182 m/s di spessore compreso tra 2,2 m e 2,9 m; in corrispondenza della zona di imposta del fabbricato lo spessore è compreso tra 2,6 m e 2,9 m.
2. velocità V_{sh} delle onde SH uguale a 353 m/s e spessore compreso tra 3,0 m e 11,3 m; in corrispondenza del fabbricato lo spessore di questo orizzonte sismico 5,1 m a 6,9 m.
3. il terzo orizzonte sismico, riconducibile al substrato litoide, è caratterizzato da velocità V_{sh} comprese tra 965 m/s e 1035 m/s; in corrispondenza del fabbricato la profondità del substrato risulta posta ad una profondità variabile tra 8,0 m e 9,1 m.

Calcolo del parametro V_{s30}

L'N.T.C. istituisce diverse categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto. Tali categorie vengono definite in base al calcolo del parametro V_{s30} che è dato da:

$$V_{s30} = 30 / \sum_{i=1,N} (h_i / V_i)$$

Dove h_i e V_i indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio SH in m/s dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Dall'indagine geofisica risulta che il substrato litoide, caratterizzato da una velocità media di 1001 m/s (superiore a 800 m/s come da normativa – Cat. Suolo di Fond. A), è ricoperto da terreni con una velocità media V_{sh} di 267 m/s (minore di 360 m/s – Cat. Suolo di Fond. C o D) avente uno spessore massimo di 13,5 m (nella zona di imposta del fabbricato 8-9 m e, quindi, ben inferiori ai 20 m previsti dalla normativa); in base a questo profilo sismico/stratigrafico, l'area indagata appartiene alla **Categoria E** dei Suoli di Fondazione così come quanto definito dal D.M. 14/01/2008 (Tab.3.2.II – categorie di sottosuolo).

Dati Ps1 - onde SH

Tempi di arrivo

Geo. N°	Dist. m	ShotA ms	ShotB ms	ShotC ms	ShotD ms	ShotE ms	ShotF ms
1	0	77.00	13.75	79.62	111.60	148.30	207.50
2	3	81.62	35.37	77.75	110.80	146.10	205.60
3	6	85.00	54.50	75.37	105.80	144.60	202.80
4	9	88.37	61.25	66.75	100.70	138.80	199.50
5	12	90.75	68.62	57.50	99.12	137.20	196.80
6	15	93.25	71.00	39.62	96.25	133.50	193.00
7	18	99.50	74.12	18.75	94.75	132.60	189.00
8	21	103.30	78.12	4.88	93.00	131.70	186.70
9	24	107.30	84.37	5.50	91.75	128.80	185.20
10	27	109.60	88.50	25.50	86.75	124.30	181.50
11	30	112.00	92.62	41.75	83.50	122.30	178.20
12	33	114.30	94.87	57.75	70.75	118.10	173.00
13	36	118.00	98.25	66.25	58.12	116.00	170.70
14	39	121.80	101.50	75.37	47.75	112.70	168.10
15	42	125.60	104.20	79.00	29.62	110.50	168.10
16	45	130.20	109.10	83.50	13.37	107.60	167.60
17	48	133.70	113.80	87.00	13.75	96.25	165.60
18	51	138.50	118.10	90.25	27.37	85.50	164.50
19	54	141.60	122.50	95.62	41.12	74.50	164.70
20	57	145.20	125.70	100.10	55.87	66.25	166.30
21	60	150.10	129.20	103.80	71.37	58.50	165.60
22	63	154.10	132.60	107.30	78.37	46.37	161.50
23	66	158.70	137.50	111.30	86.50	32.25	156.20
24	69	162.20	142.60	115.10	95.75	14.62	151.80

Q m slm	V1 m/sec.	Z1 m	Q1 m slm	V2 m/sec.	Z2 m	H2 m	Q2 m slm	V3 m/sec.	Vs30
48.0	137	2.8	45.2	353	3.0	5.8	42.2	980	559
47.9	137	2.6	45.2	353	4.0	6.7	41.1	980	555
47.7	137	2.5	45.2	353	4.5	7.0	40.7	980	551
47.6	160	2.3	45.2	353	6.0	8.3	39.2	980	561
47.4	182	2.4	45.0	353	6.3	8.8	38.6	980	570
47.3	182	2.5	44.8	353	6.0	8.5	38.7	980	570
47.1	182	2.5	44.6	353	6.3	8.8	38.3	1035	576
47.0	182	2.5	44.4	353	6.5	9.1	37.9	1035	573
46.8	181	2.6	44.2	353	6.9	9.4	37.4	1035	557
46.7	181	2.7	44.0	353	6.4	9.1	37.6	1035	563
46.5	181	2.9	43.6	353	5.8	8.7	37.8	1035	566
46.4	181	2.9	43.4	353	5.2	8.1	38.2	1035	578
46.2	169	2.9	43.3	353	5.1	8.0	38.2	1035	568
46.1	157	2.6	43.4	353	5.4	8.1	37.9	1035	566
46.0	158	2.5	43.5	353	6.6	9.0	37.0	1035	547
46.0	158	2.4	43.6	353	7.5	9.9	36.1	1035	537
46.0	158	2.7	43.3	353	7.1	9.8	36.2	1035	529
46.0	159	2.8	43.2	353	7.7	10.5	35.5	965	503
46.0	160	2.7	43.3	353	8.7	11.3	34.7	965	493
46.0	160	2.5	43.5	353	9.6	12.1	33.9	965	489
46.0	160	2.5	43.5	353	10.2	12.7	33.3	965	480
46.0	161	2.4	43.6	353	10.9	13.2	32.8	965	475
46.0	161	2.3	43.7	353	11.2	13.5	32.5	965	475
46.0	161	2.2	43.8	353	11.3	13.5	32.5	965	478
Vs 30 medio									538

Legenda:

- Z1 = Spessore del primo orizzonte sismico
- Z2 = Spessore del secondo orizzonte sismico
- H2 = Profondità del secondo orizzonte sismico
- V1 = Velocità del primo orizzonte sismico
- V2 = Velocità del secondo orizzonte sismico
- V3 = Velocità del terzo orizzonte sismico
- Q = Quota del geofono in m p.q.
- Q1 = Quota della profondità del primo orizzonte sismico
- Q2 = Quota della profondità del secondo orizzonte sismico

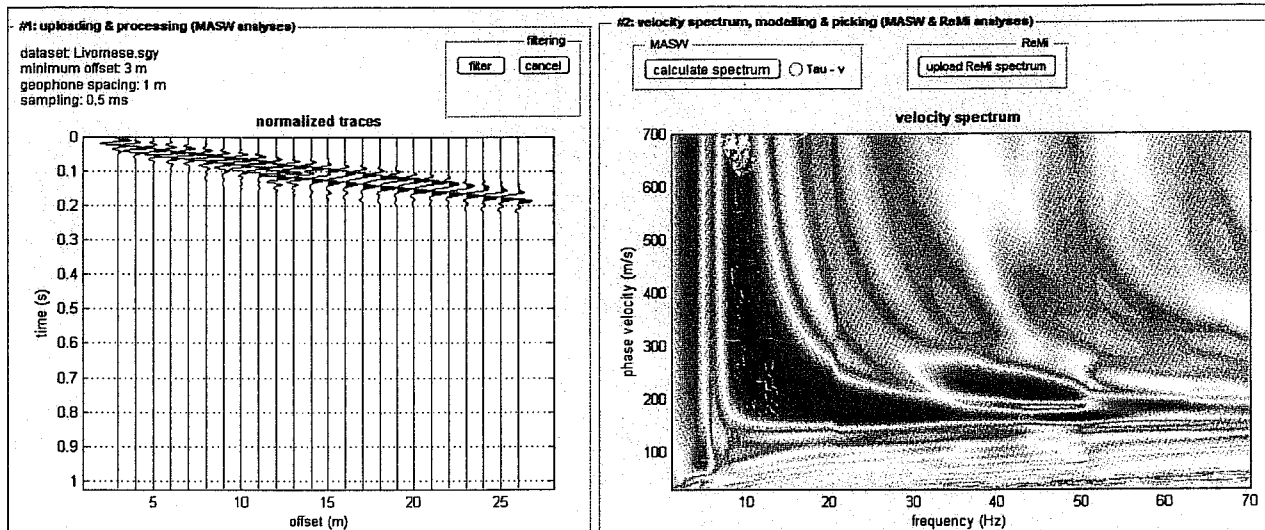


Fig. 2: Dati di campagna (a sinistra), spettro di velocità calcolato (a destra).

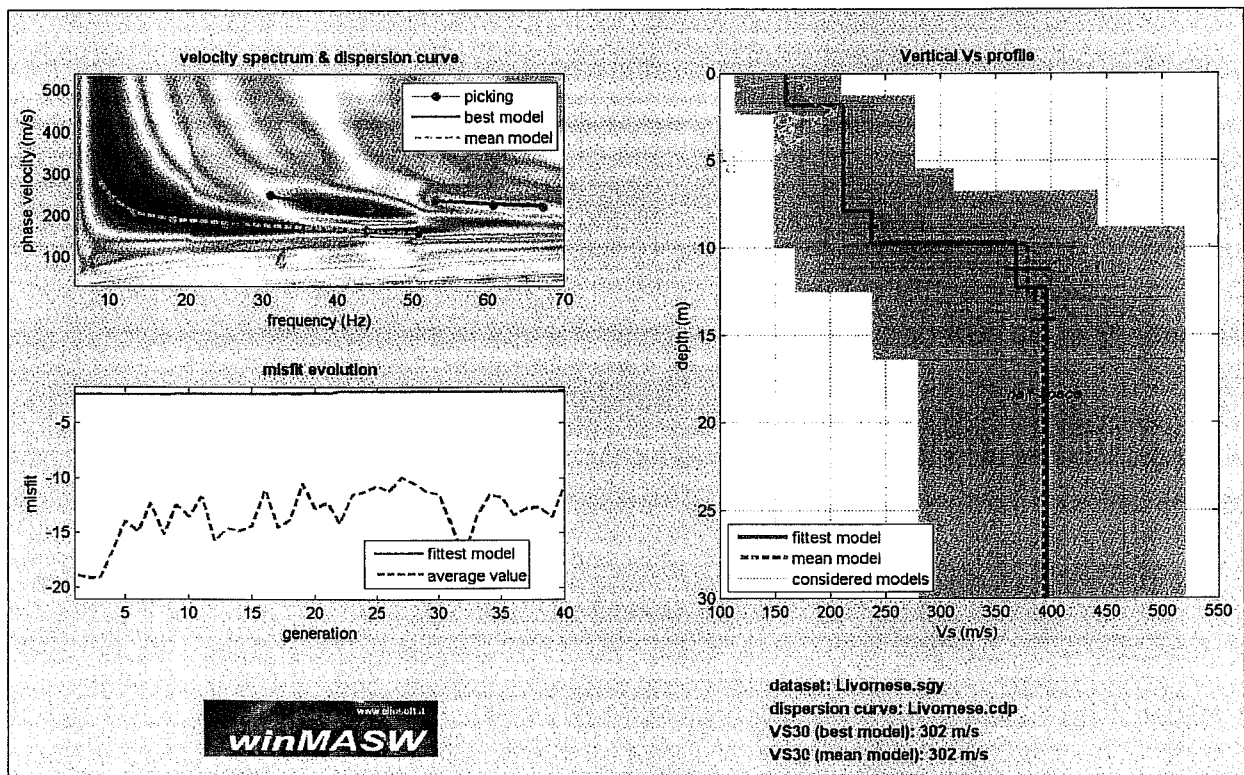


Fig. 3: Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinato tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione "piccate" e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale Vs identificato (vedi anche Tabella 1). In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).

Nella **Tabella 1** e nella **Figura 4** vengono riportati gli spessori, le relative velocità e la densità, stimati.

Spessore (m)	Vs (m/s)
1.8	161
6.1	213
1.9	239
2.9	379
semi-spazio	393

Tab. 1: Modello medio individuato
(Vs30 del modello medio dal p.c.: 302 m/s)

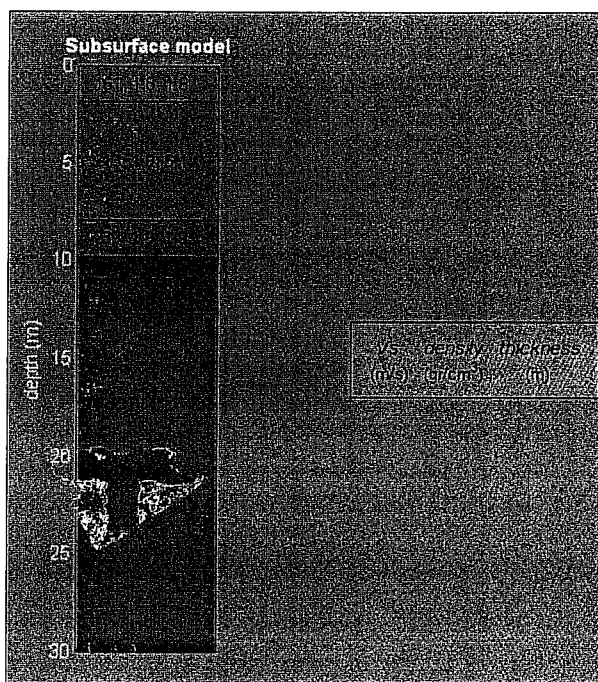


Fig. 4: Profilo verticale dalla Vs

Conclusioni

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della Vs e, di conseguenza, del parametro **Vs30**, risultato – per il modello medio – pari a **302 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna).

Il Valore della Vs 30 porta a classificare il sito, secondo il DM 14 gennaio 2008, in **categoria C** (“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina”).

Firenze, li 17/02/2010

I Tecnici

Dott. Santi Accetta

Santi Accetta

Dott. Silvio Brenna

Silvio Brenna

Ps 1

Geofono n°	Distanza m	Quota m s.l.m.	V 0 m/sec.	V 1 m/sec.	Z 1 m
1	0	82	334	2307	3.70
2	3	82	334	2307	4.00
3	6	82	387	2307	4.20
4	9	82	432	2307	4.30
5	12	82	462	2307	4.90
6	15	82	462	2758	5.00
7	18	82	423	2758	5.00
8	21	82	366	2172	4.00
9	24	82	363	2172	4.10
10	27	82	363	2172	4.60
11	30	82	357	2172	4.50
12	33	82	357	2172	4.40

Ps 2

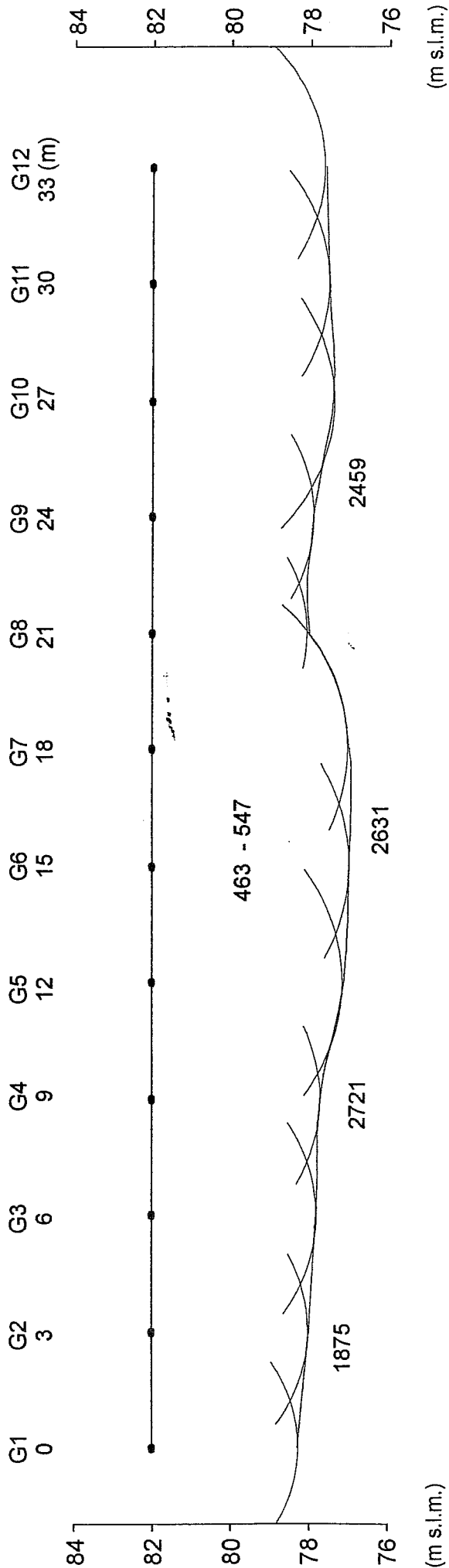
Geofono n°	Distanza m	Quota m s.l.m.	V 0 m/sec.	V 1 m/sec.	Z 1 m
1	0	78.5	463	1875	2.80
2	3	78.5	463	1875	3.20
3	6	78.5	463	2721	2.50
4	9	78.4	526	2721	3.10
5	12	78.4	526	2721	3.30
6	15	78.4	533	2631	2.90
7	18	78.3	540	2631	3.20
8	21	78.3	540	2631	3.00
9	24	78.3	543	2459	2.60
10	27	78.3	547	2459	2.70
11	30	78.3	547	2459	2.40
12	33	78.2	547	2459	2.40

V = Velocità dell'orizzonte sismico
Z = Spessore dell'orizzonte sismico



Lastra a Signa, via L. Da Vinci, 21

Profilo di sismica a Rifrazione Ps1



Ps 1

Geofono n°	Distanza m	Quota m s.l.m.	V 0 m/sec.	V 1 m/sec.	Z 1 m
1	0	82	334	2307	3.70
2	3	82	334	2307	4.00
3	6	82	387	2307	4.20
4	9	82	432	2307	4.30
5	12	82	462	2307	4.90
6	15	82	462	2758	5.00
7	18	82	423	2758	5.00
8	21	82	366	2172	4.00
9	24	82	363	2172	4.10
10	27	82	363	2172	4.60
11	30	82	357	2172	4.50
12	33	82	357	2172	4.40

Ps 2

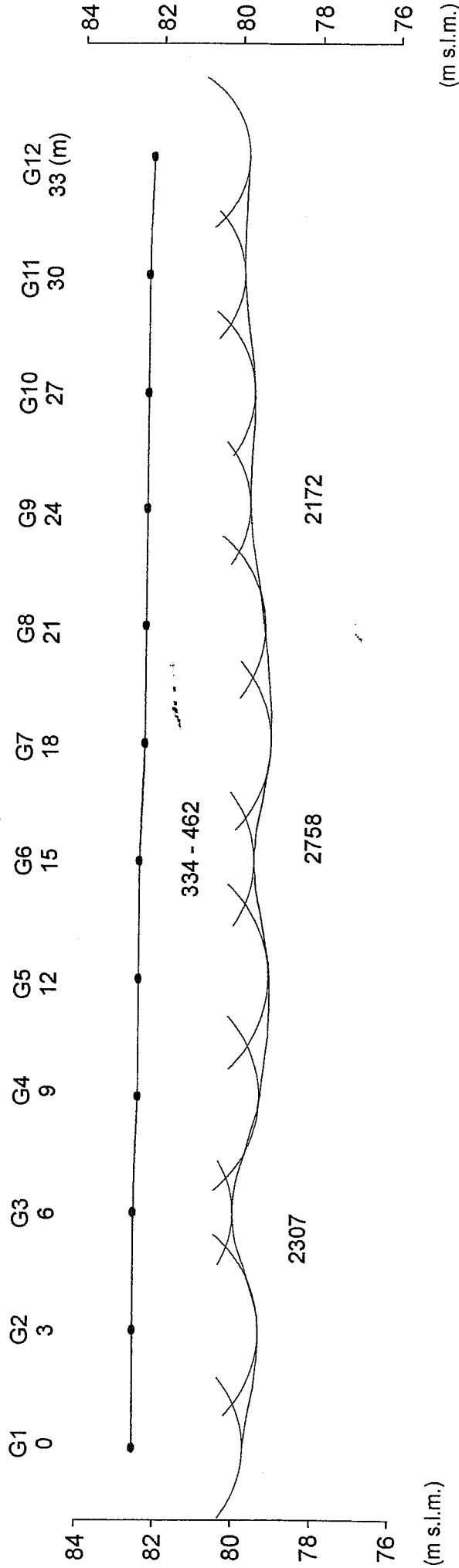
Geofono n°	Distanza m	Quota m s.l.m.	V 0 m/sec.	V 1 m/sec.	Z 1 m
1	0	78.5	463	1875	2.80
2	3	78.5	463	1875	3.20
3	6	78.5	463	2721	2.50
4	9	78.4	526	2721	3.10
5	12	78.4	526	2721	3.30
6	15	78.4	533	2631	2.90
7	18	78.3	540	2631	3.20
8	21	78.3	540	2631	3.00
9	24	78.3	543	2459	2.60
10	27	78.3	547	2459	2.70
11	30	78.3	547	2459	2.40
12	33	78.2	547	2459	2.40

V = Velocità dell'orizzonte sismico
Z = Spessore dell'orizzonte sismico



Lastra a Signa, via L. Da Vinci, 21

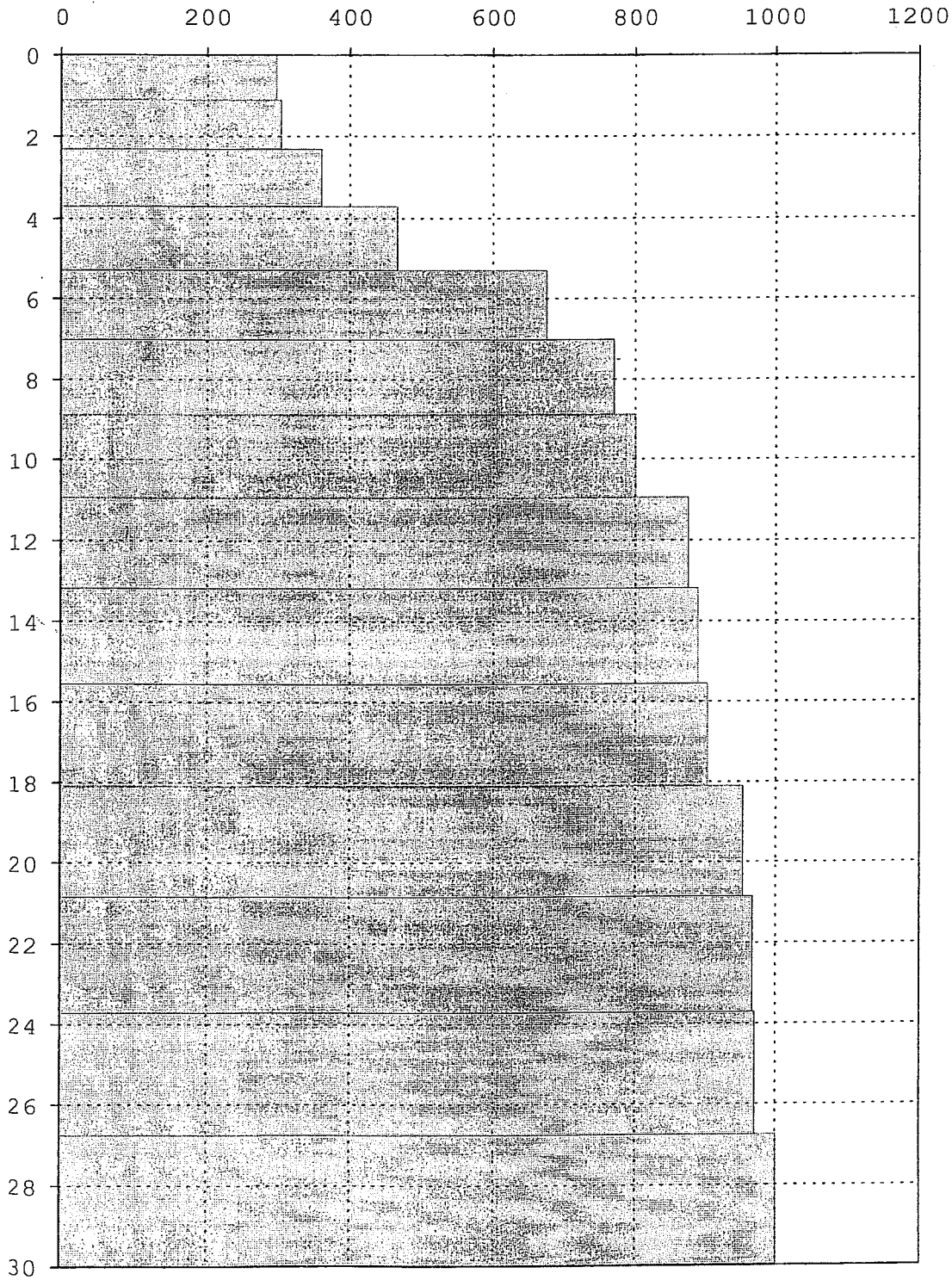
Profilo di sismica a Rifrazione Ps2



(m s.l.m.)

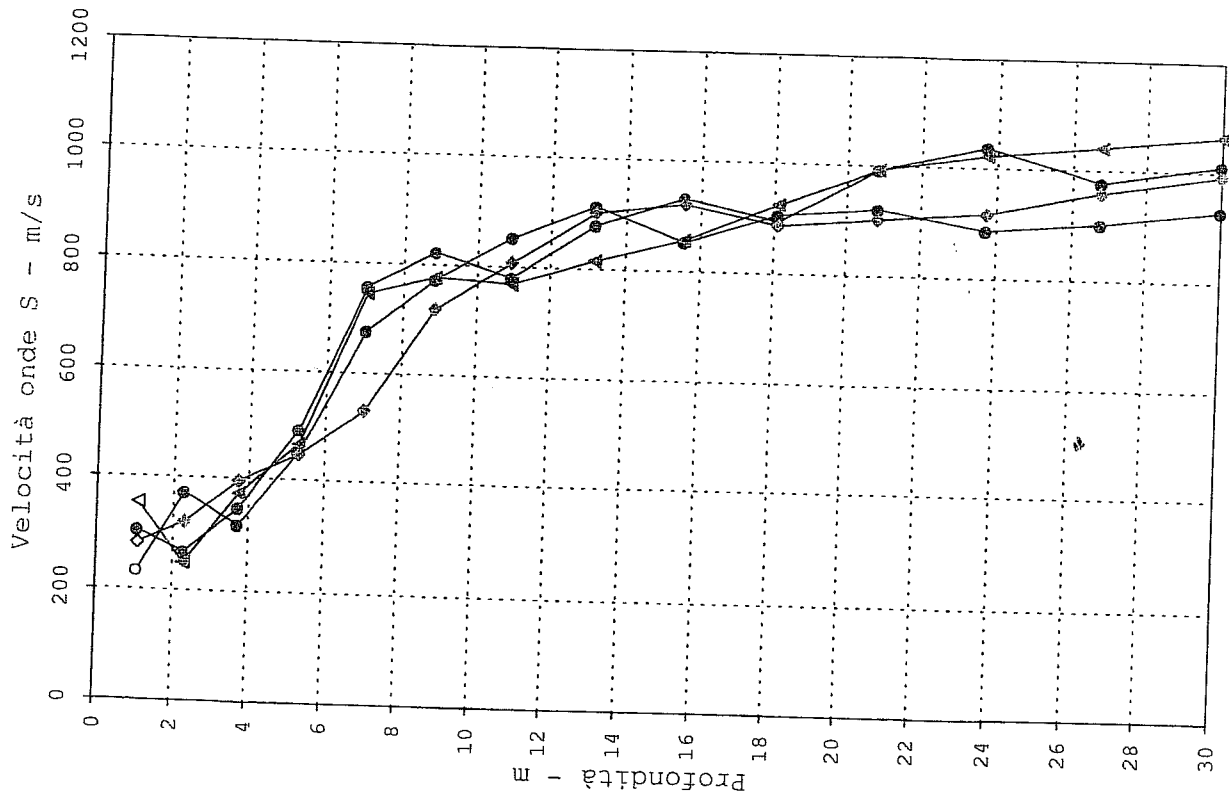


Velocità onde S - m/s



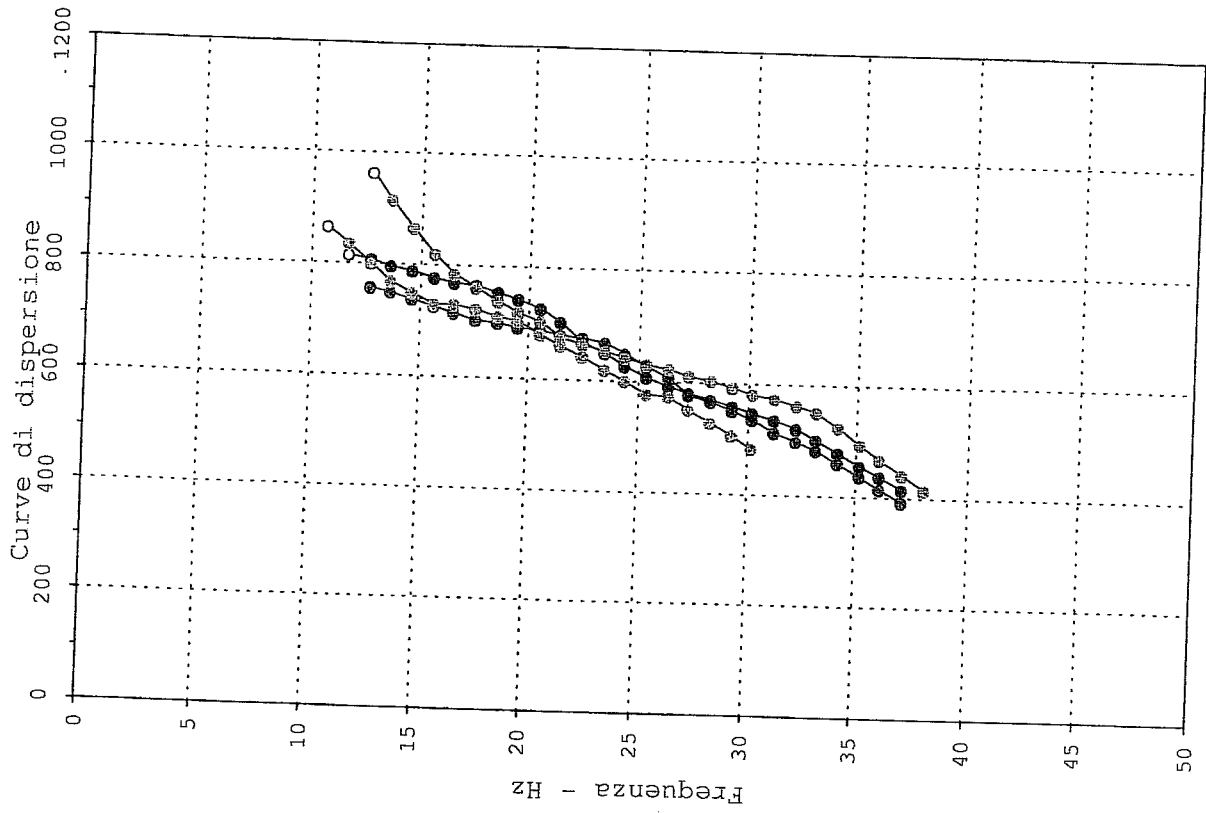
Z m	Vsmedia m/s
0.0	294
1.1	302
2.3	359
3.7	465
5.3	678
7.0	772
8.9	801
10.9	876
13.2	891
15.6	902
18.1	952
20.8	967
23.7	971
26.8	971
30.0	1001

$V_{s30} = 700 \text{ m/s} - \text{Categoria E}$

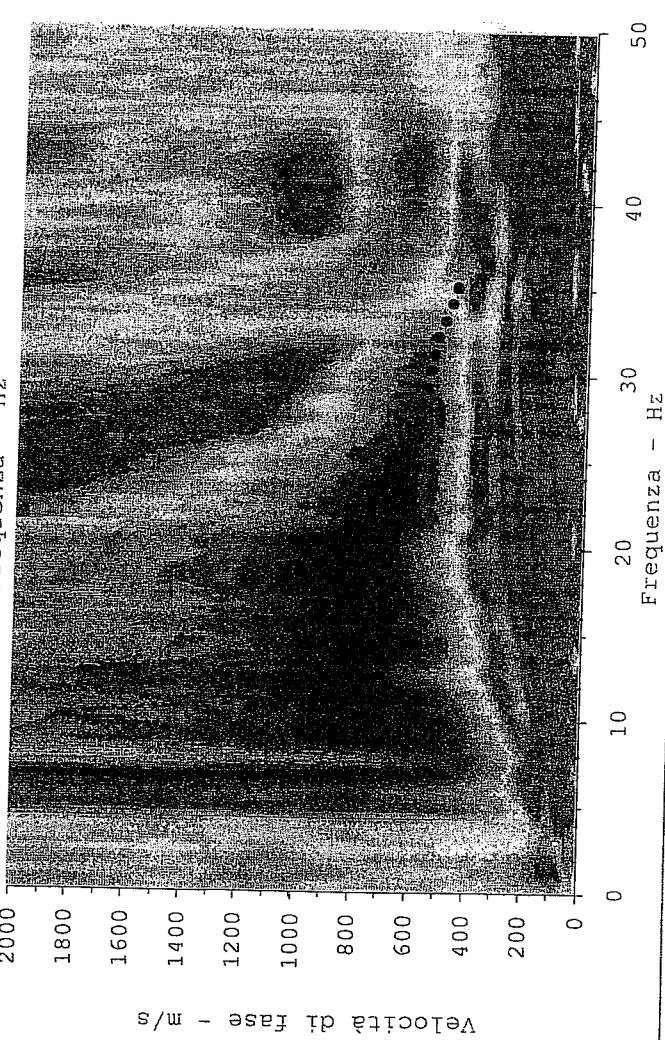
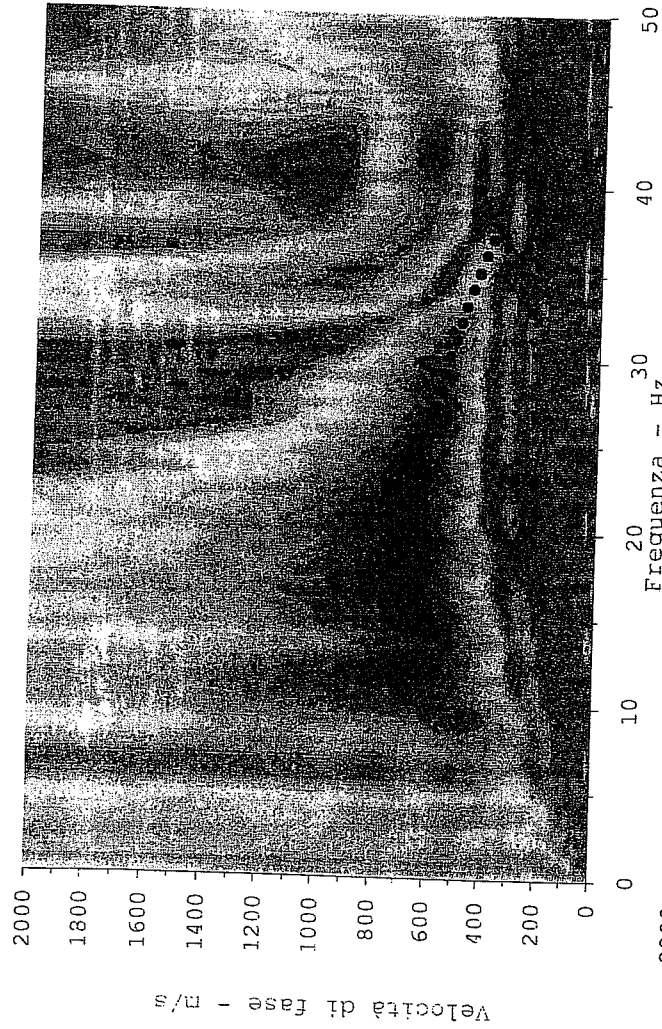


File	2302	2304	2306	2309
Shot m	37.5	40.5	46.5	-6
Z	VS	VS	VS	VS
m	m/s	m/s	m/s	m/s
1.1	231	306	356	282
2.3	374	267	247	319
3.7	316	348	374	397
5.3	451	495	466	448
7.0	677	757	747	530
8.9	773	823	774	719
11.0	851	781	768	804
13.2	912	877	812	902
15.6	852	931	857	922
18.1	905	894	923	886
20.9	920	994	992	901
23.7	885	1038	1026	918
26.8	903	979	1043	957
30.0	927	1014	1068	995

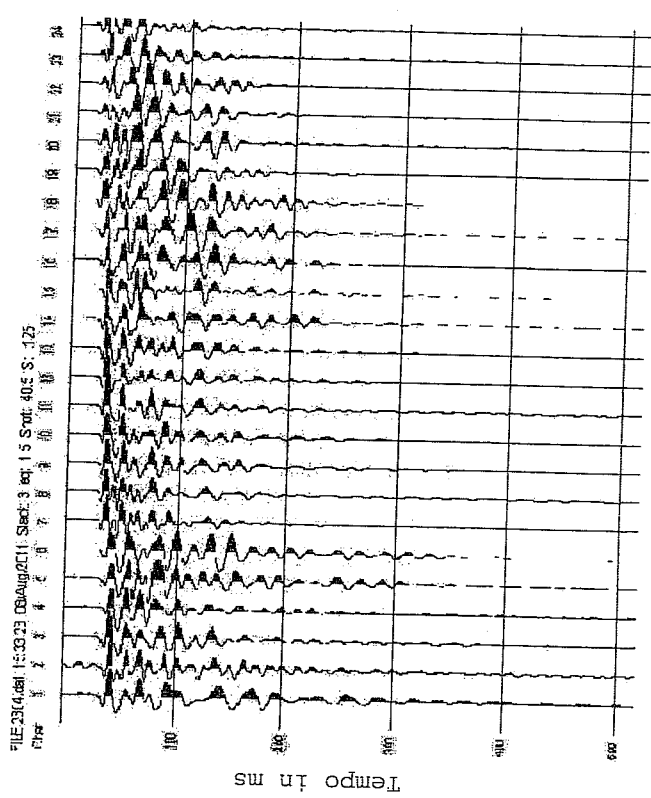
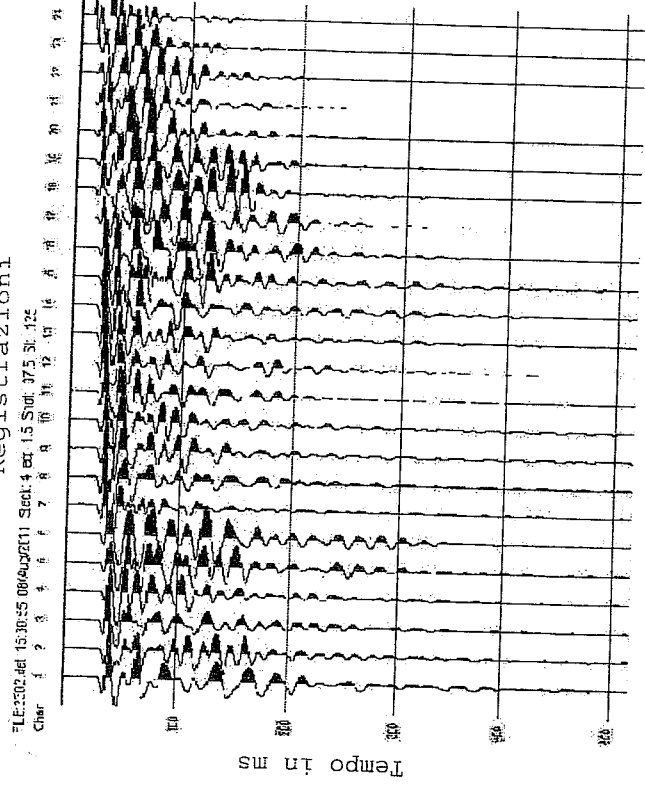
Vs30	676	709	708	687
------	-----	-----	-----	-----

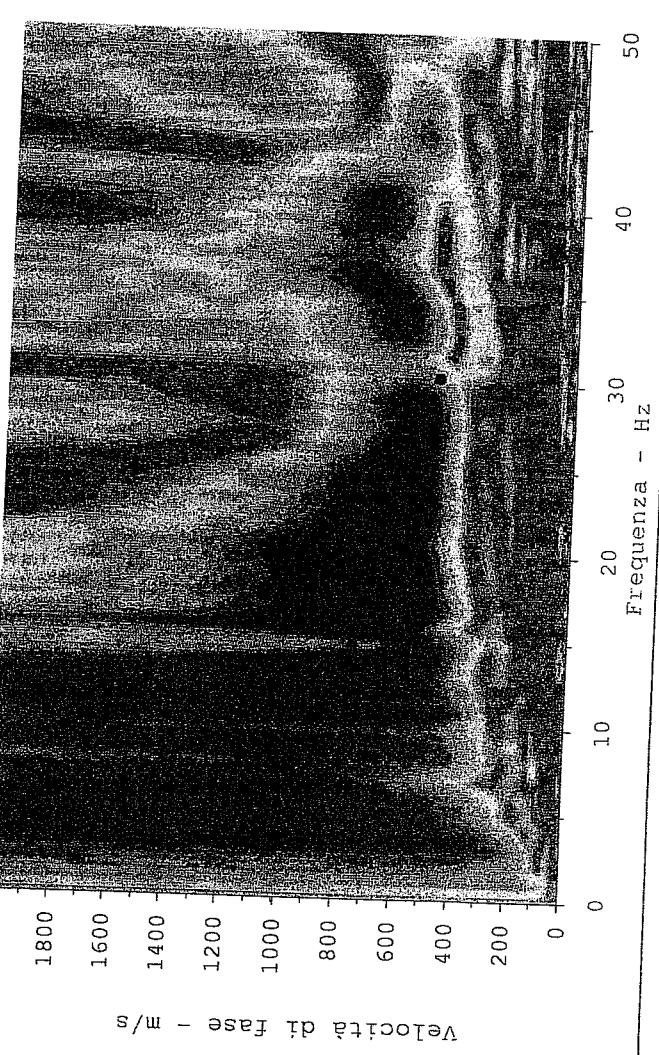
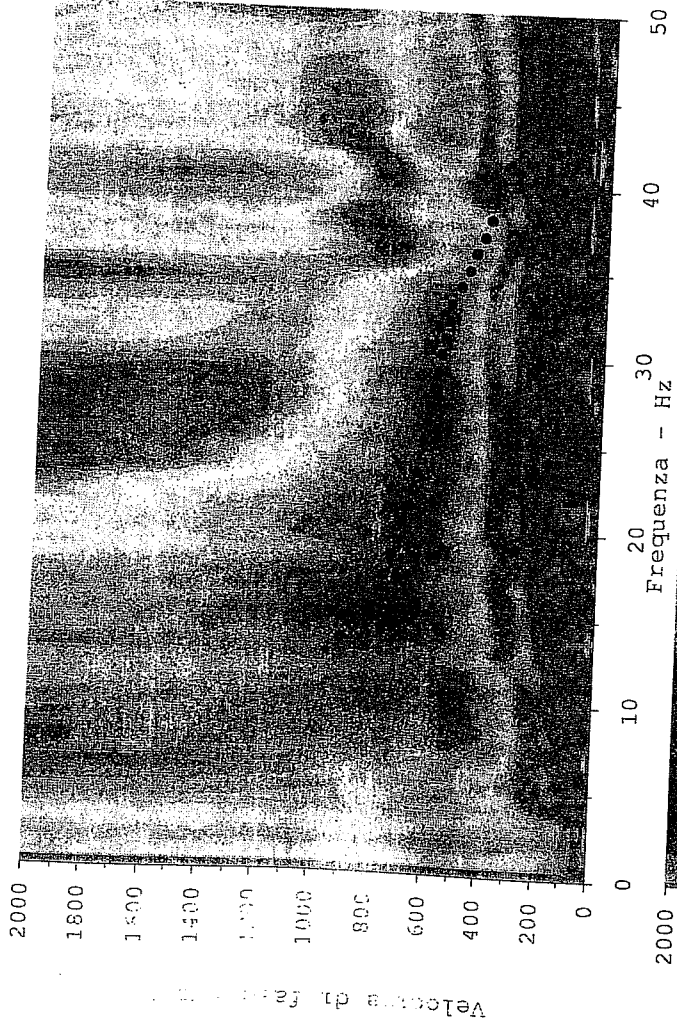


Curve di dispersione

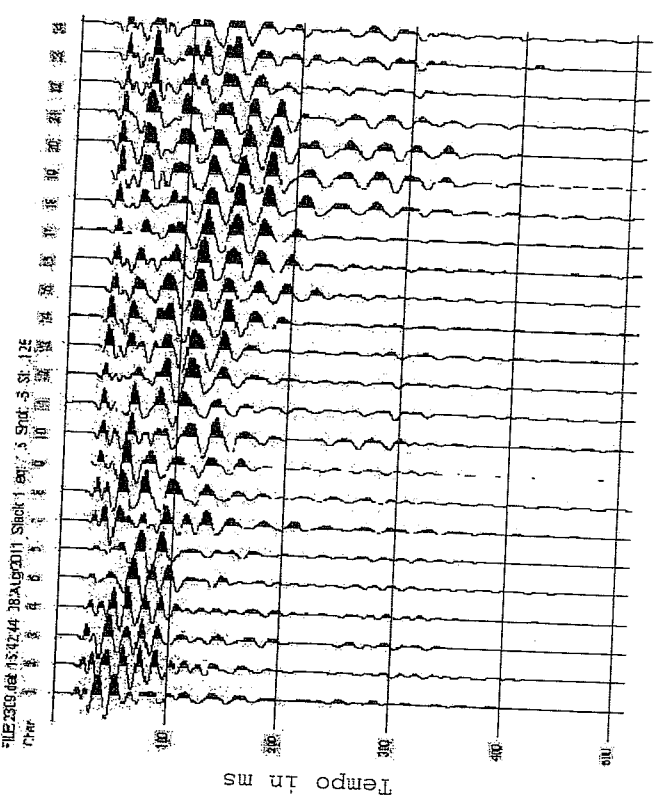
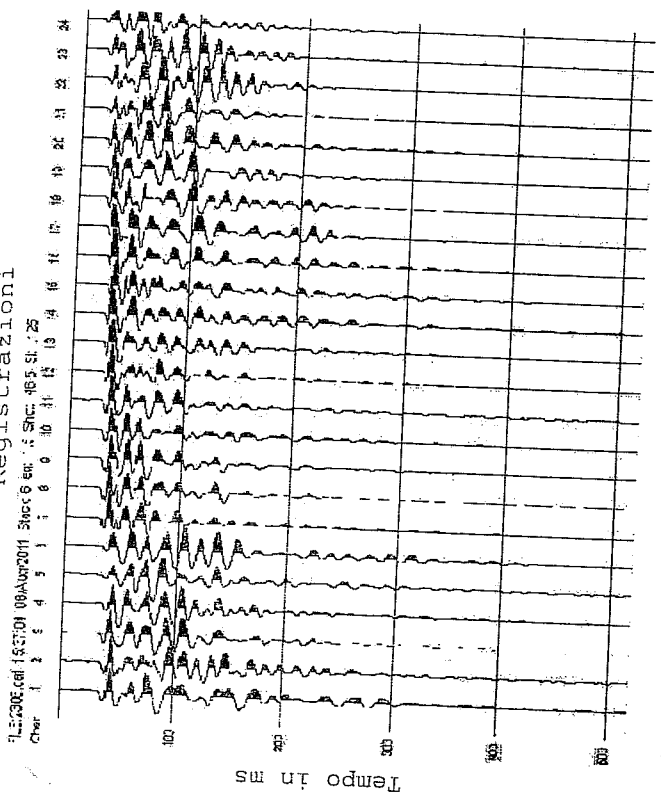


Registrazioni

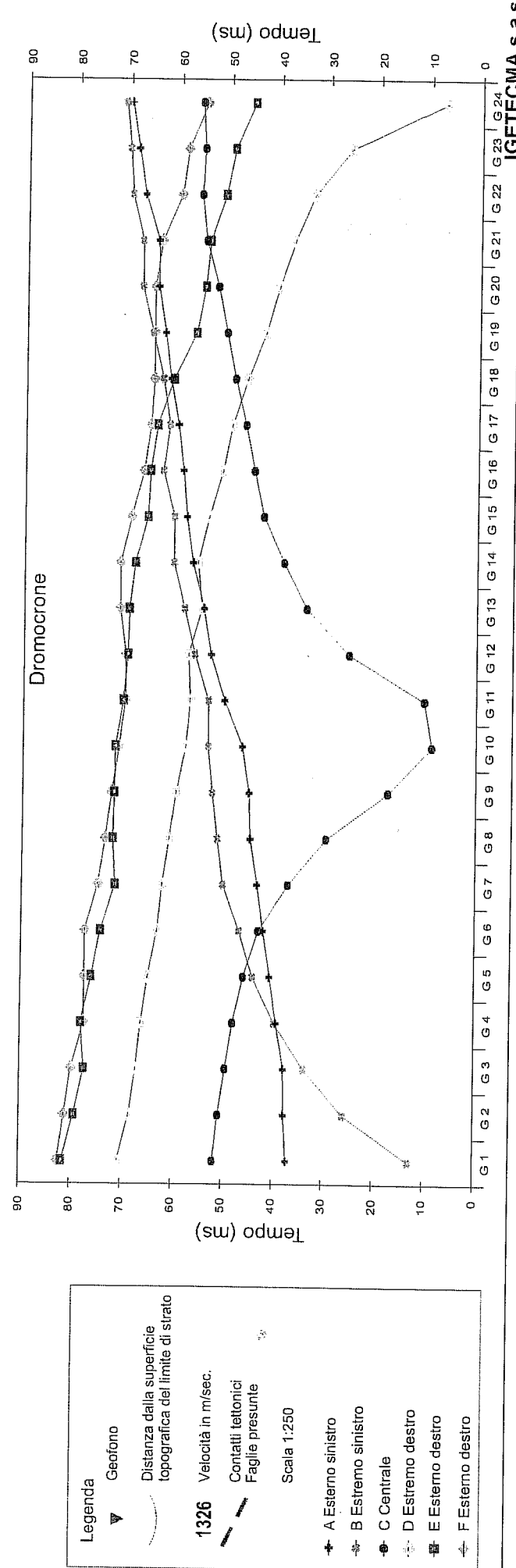
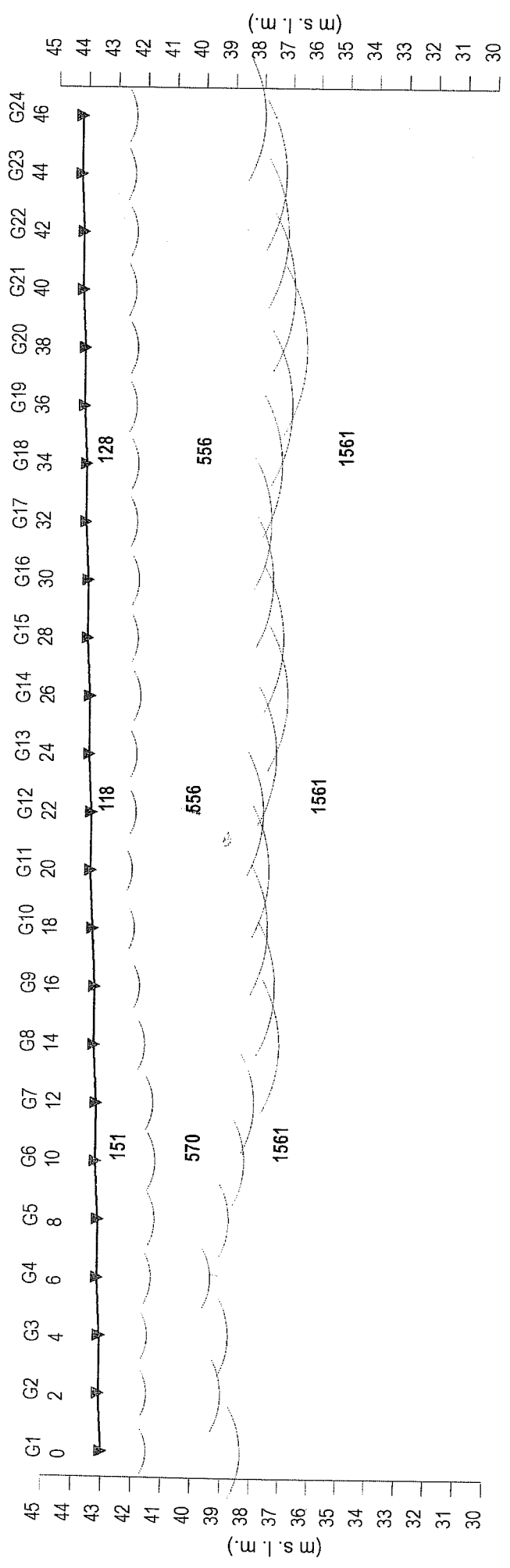




Registrazioni



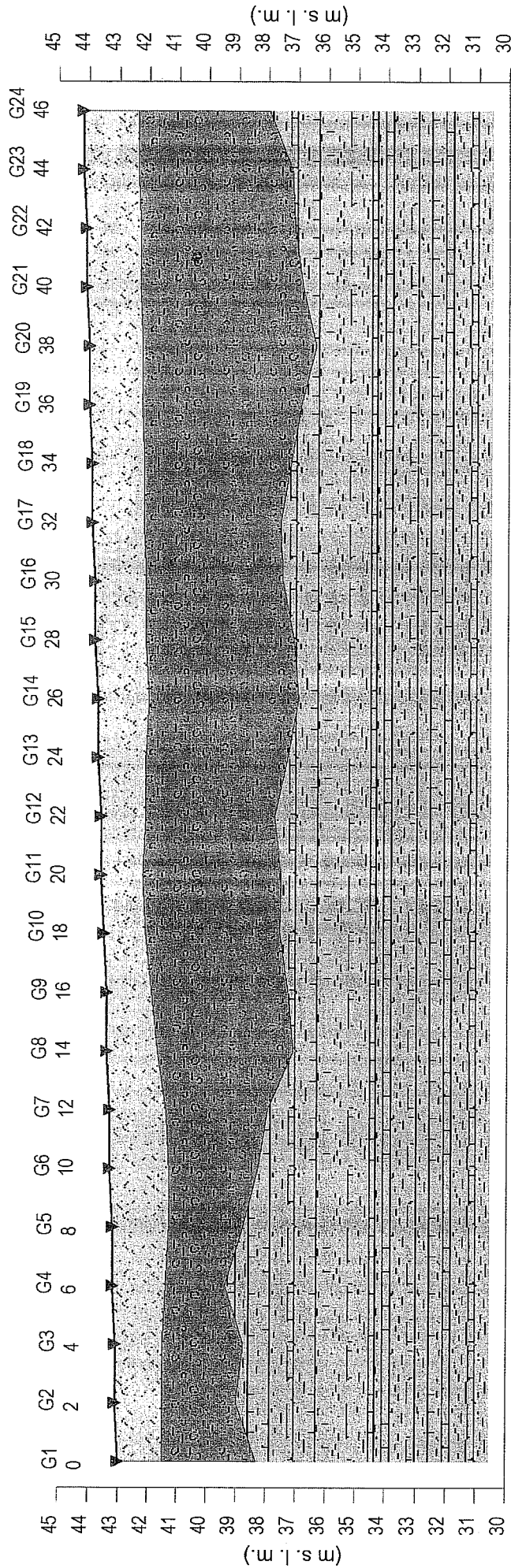
Profilo di sismica a Rifrazione Ps1 - onde SH



Legenda

- ▼ Geofono
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato
- 1326 Velocità in m/sec.
- Contatti tettonici
- Faglie presunte
- Scala 1:250
- ▲ A Esterno sinistro
- ▲ B Estremo sinistro
- ▲ C Centrale
- ▲ D Estremo destro
- ▲ E Esterno destro
- ▲ F Esterno destro

Ps1 - onde SH- Interpretazione sismostratigrafica



Z1 (m)	1.5	1.6	1.6	1.8	1.8	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	
Z2 (m)	3.2	2.5	2.7	2.0	2.5	3.0	3.4	4.6	4.6	4.5	4.7	4.3	4.8	4.8	5.0	4.6	4.6	4.9	5.3	5.8	5.5	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	4.4
H2 (m)	4.7	4.1	4.3	3.8	4.4	5.0	5.3	6.3	6.1	5.9	6.1	5.8	6.4	6.4	6.7	6.3	6.3	6.7	7.1	7.6	7.2	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	6.2	
V1 (m/s)	116	116	125	133	142	151	159	168	156	143	130	118	120	121	123	125	127	128	130	132	133	135	135	135	135	135	135	
V2 (m/s)	570	570	570	570	570	570	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556	
V3 (m/s)	1582	1582	1582	1582	1582	1561	1561	1561	1561	1561	1561	1561	1561	1561	1561	1561	1561	1561	1561	1561	1561	1561	1561	1561	1561	1561	1561	

Legenda:

- Materiali di riporto
- Materiali di alterazione del substrato
- Substrato litoidi

Scala 1:250

Z = Spessore dell'orizzonte
H = Profondità dell'orizzonte
V = Velocità dell'orizzonte
Q = Quota del geofono in m s. l. m.

Dati Ps1 - onde SH

Tempi di arrivo

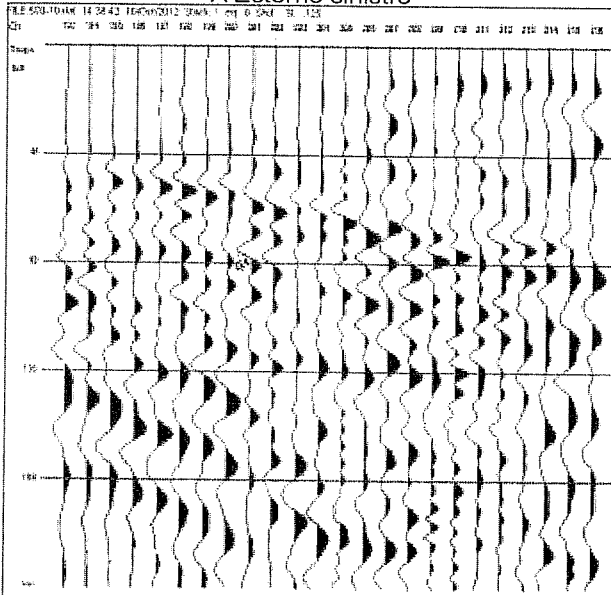
Geo. N°	Dist. m	ShotA ms	ShotB ms	ShotC ms	ShotD ms	ShotE ms	ShotF ms	Q m slm	V1 m/sec.	Z1 m	Q1 m slm	V2 m/sec.	Z2 m	H2 m	Q2 m slm	V3 m/sec.	Vs30
1	0.0	37.10	12.80	51.70	70.60	81.60	82.40	43.0	116	1.5	41.5	570	3.2	4.7	38.3	1582	869
2	2.0	37.70	25.80	50.70	68.40	79.30	81.20	43.1	116	1.6	41.5	570	2.5	4.1	39.0	1582	868
3	4.0	37.80	33.70	49.40	67.10	77.30	79.90	43.1	125	1.6	41.5	570	2.7	4.3	38.8	1582	888
4	6.0	39.30	39.70	48.00	66.20	78.00	77.40	43.2	133	1.8	41.4	570	2.0	3.8	39.4	1582	893
5	8.0	40.70	44.10	46.00	64.90	76.00	77.40	43.2	142	1.9	41.3	570	2.5	4.4	38.8	1582	884
6	10.0	42.10	46.90	43.10	63.20	74.30	77.40	43.3	151	2.0	41.3	570	3.0	5.0	38.3	1561	869
7	12.0	43.40	50.20	37.30	62.30	71.60	74.90	43.3	159	1.9	41.4	556	3.4	5.3	38.0	1561	885
8	14.0	44.90	51.40	29.70	61.00	72.10	73.60	43.4	168	1.7	41.7	556	4.6	6.3	37.1	1561	894
9	16.0	45.20	52.50	17.50	59.70	71.90	72.40	43.4	156	1.5	41.9	556	4.6	6.1	37.3	1561	904
10	18.0	46.60	53.40	8.90	57.90	71.80	71.10	43.5	143	1.4	42.1	556	4.5	5.9	37.6	1561	900
11	20.0	50.20	53.40	10.40	57.10	70.30	69.90	43.6	130	1.4	42.2	556	4.7	6.1	37.5	1561	869
12	22.0	53.00	56.20	25.30	57.50	69.50	69.90	43.6	118	1.5	42.1	556	4.3	5.8	37.8	1561	835
13	24.0	54.50	58.40	33.90	54.90	69.30	71.10	43.7	120	1.6	42.1	556	4.8	6.4	37.3	1561	809
14	26.0	56.80	60.60	38.60	55.80	68.20	71.10	43.7	121	1.7	42.0	556	5.0	6.7	37.0	1561	790
15	28.0	58.10	60.60	42.70	53.60	65.80	69.00	43.8	123	1.7	42.1	556	5.0	6.7	37.1	1561	795
16	30.0	58.90	62.90	44.70	51.00	65.40	66.70	43.8	125	1.7	42.1	556	4.6	6.3	37.5	1561	810
17	32.0	60.00	61.70	46.50	49.20	64.10	65.40	43.9	127	1.7	42.2	556	4.6	6.3	37.6	1561	814
18	34.0	61.60	63.10	48.70	46.20	61.00	64.90	43.9	128	1.7	42.2	556	4.9	6.7	37.2	1561	810
19	36.0	62.80	65.20	50.50	42.70	56.60	64.90	44.0	130	1.7	42.3	556	5.3	7.1	36.9	1561	805
20	38.0	64.20	67.40	52.30	40.10	54.90	64.90	44.0	132	1.8	42.2	556	5.8	7.6	36.4	1561	781
21	40.0	64.30	67.40	54.80	37.00	54.00	63.60	44.1	133	1.8	42.3	556	5.5	7.2	36.9	1561	789
22	42.0	67.00	69.50	55.80	33.10	51.00	59.80	44.1	135	1.8	42.3	556	5.2	7.0	37.1	1561	802
23	44.0	68.40	70.10	55.30	25.70	49.20	58.60	44.2	135	1.8	42.4	556	5.2	7.0	37.2	1561	802
24	46.0	69.80	71.00	55.80	6.90	45.30	54.80	44.2	135	1.8	42.4	556	4.4	6.2	38.0	1561	822
Vs 30 medio																841	

Legenda:

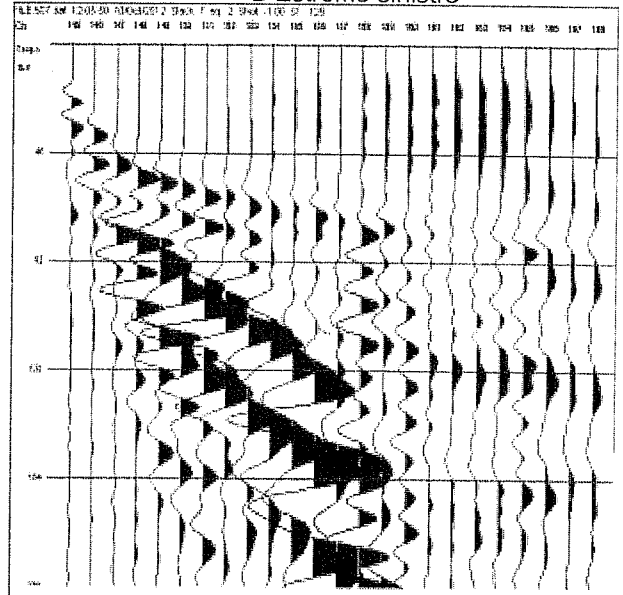
Z = Spessore dell'orizzonte
H = profondità dell'orizzonte
V = Velocità dell'orizzonte
Q = Quota del geofono in m. s. l. m.

Registrazioni Ps1 - onde SH

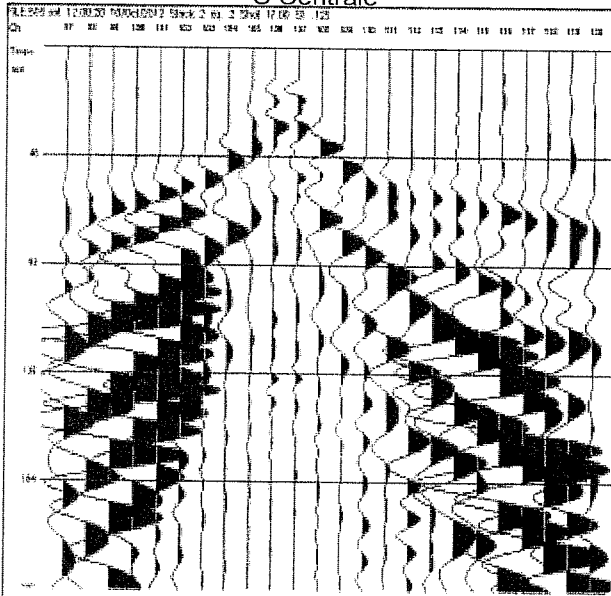
A Esterno sinistro



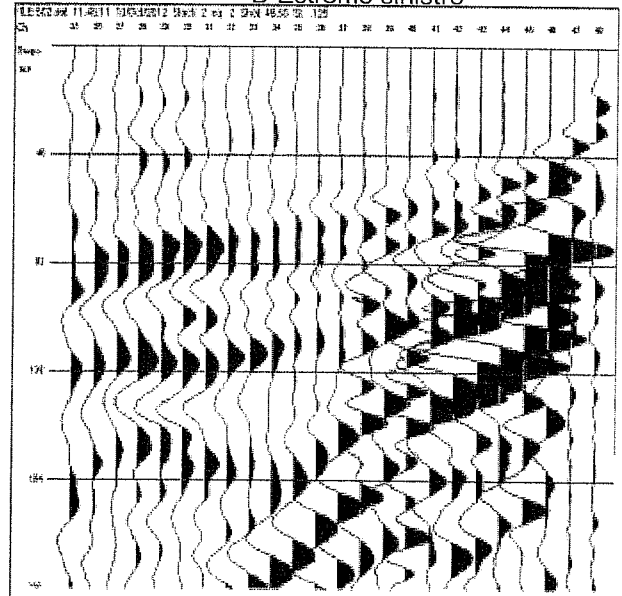
B Estremo sinistro



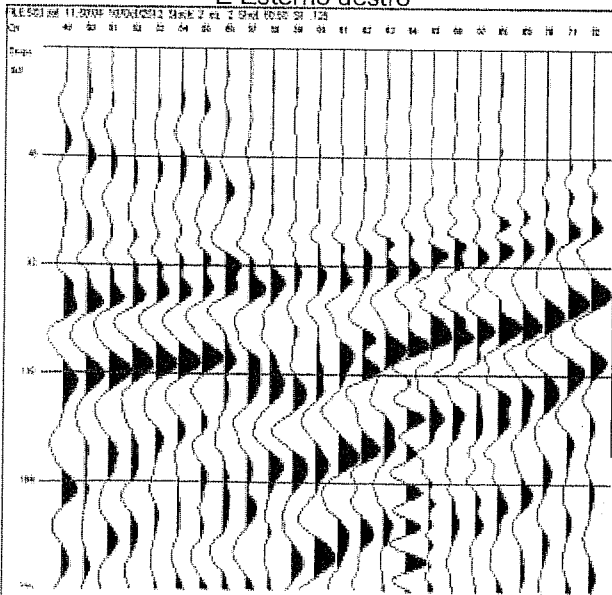
C Centrale



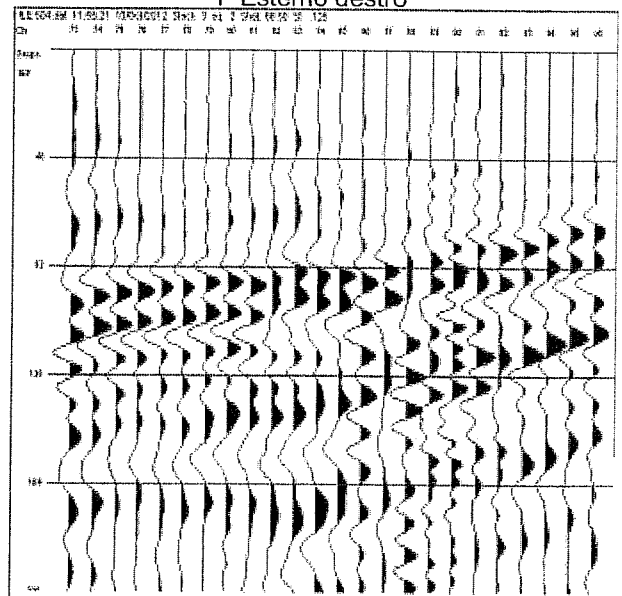
D Estremo sinistro



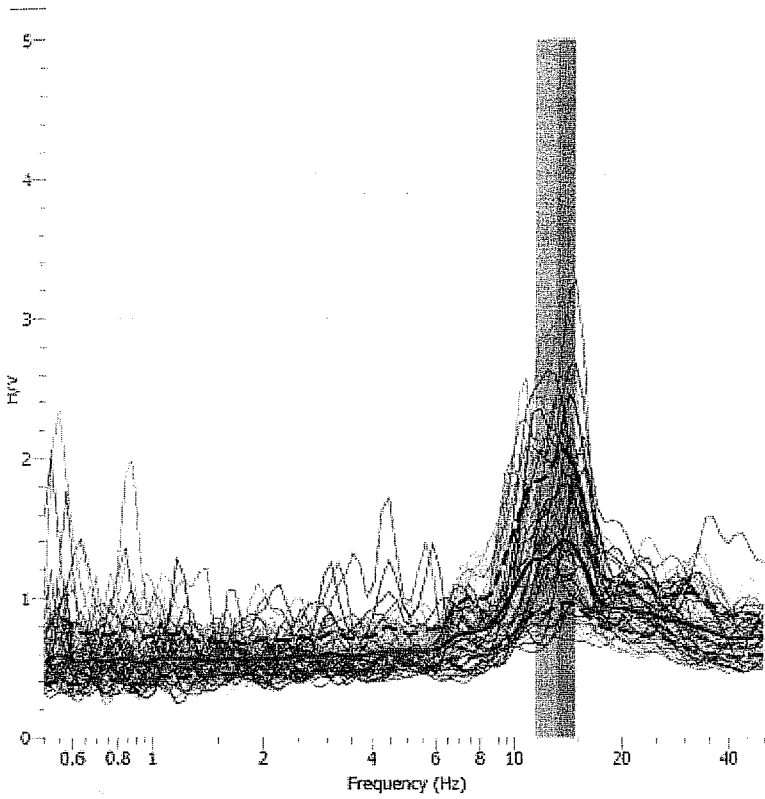
E Esterno destro



F Esterno destro



Misura a stazione singola - HVSR



Tempo di registrazione: 55 m 47.2 s

Lunghezza finestra - lw: 40 s

Numero finestre - nw: 72 -

Frequenza Campionamento - Smp: 500 Hz

f0	Massimo del rapporto H/V a	13.20	1.71	Hz
	(tra 0.25 e 250 Hz)			

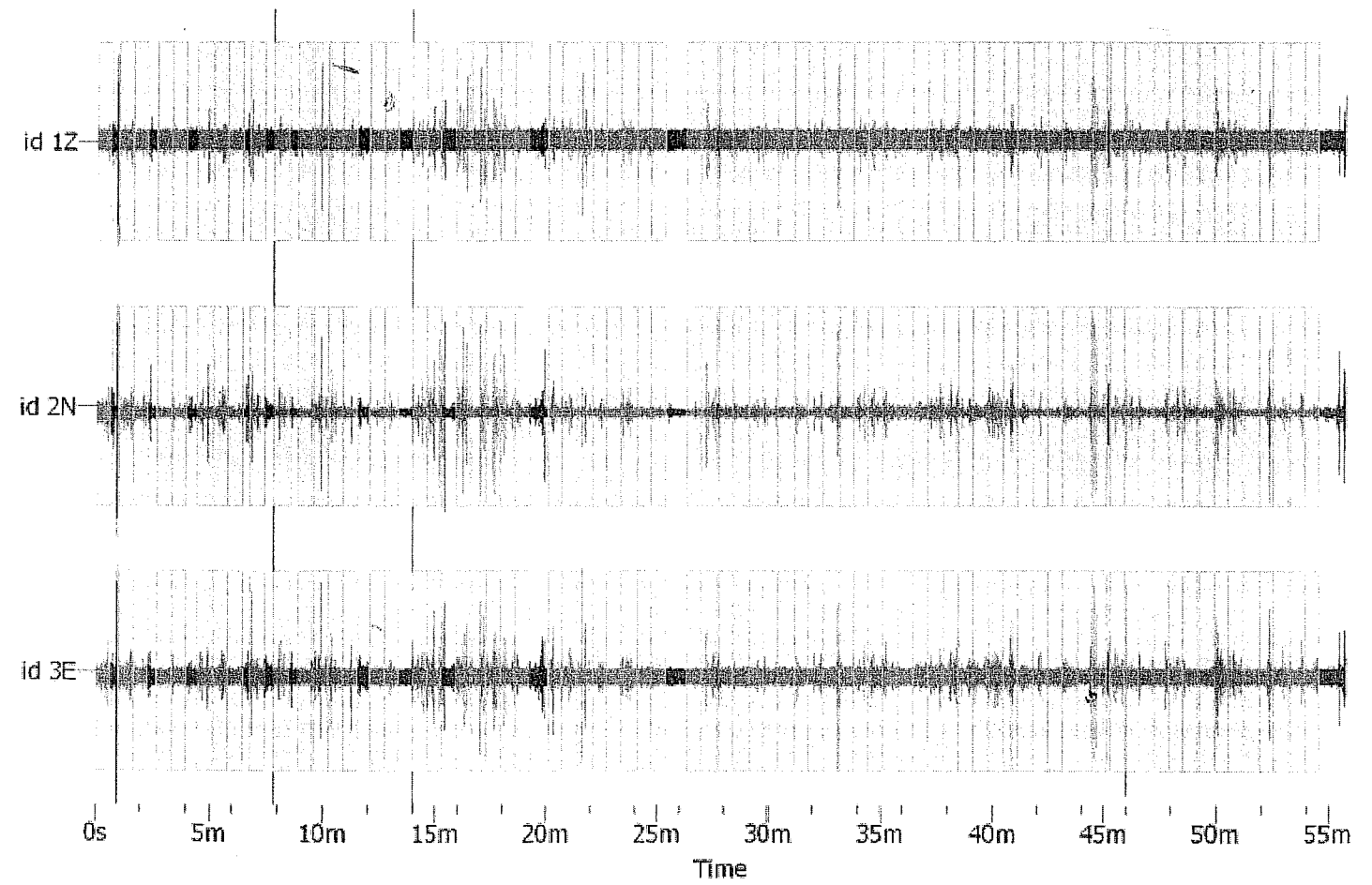
Criteria di Ammissibilit

Affidabilita' (3 condizioni verificate)

1	f0 > 20/lw	13.20	>	0.50	OK
2	lw * nw * f0 > 200	38002	>	200	OK
3	Massimo[A(f)] < 3 (per f0 < 0.5)				
	Massimo[A(f)] < 2 (per f0 > 0.5)	1.46	<	2	OK
	intervallo: 0.5*f0 < f < 2*f0	6.60	-	26.39	

Chiari

1	Esiste f- tale che A(f-) < A(f0)/2	6.46			OK
	intervallo: f0/4 < f < f0	3.30	-	13.20	
2	Esiste f+ tale che A(f+) < A(f0)/2	0.00			NO
	intervallo: f0 < f < f0*4	13.20	-	52.78	
3	A(f0) > 2	1.38	>	2	NO
4	Fpicco[A(f) (f0)] = f0%	0.324	<	0.660	OK
5	(f) < (f0)	1.705	<	0.66	NO
6	(f) < (f0)	1.46	<	1.58	OK



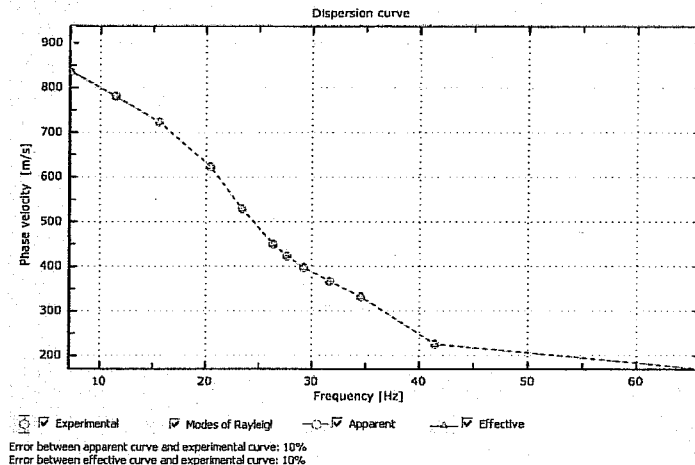


Figura 4 - Confronto tra la curva sperimentale e quella calcolata

È a questo punto possibile passare a definire un profilo di velocità del substrato sul quale calcolare la V_{s30} (Figura 5).

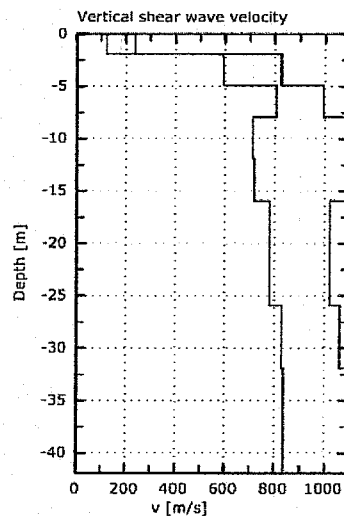


Figura 5 – Andamento della velocità V_s con la profondità

Riconoscimento della V_{s30}

La velocità V_{s30} per il terreno in esame è pari a 706 m/s per quanto concerne la velocità di propagazione delle onde di taglio il suolo in esame ricade in categoria **B** che prevede velocità delle onde V_s comprese tra 360 e 800 m/s prossimo al limite superiore.

Di seguito si riassumono le caratteristiche delle varie categorie di suolo:

- Distorsione 0,01%
- Campionamento 130 ms
- Filtro passa basso da 50 a 950 Hz, passo 1 Hz
- Alimentazione 12V

Software

Per la registrazione in campagna del segnale sismico è stato utilizzato il software Ambrogeo v 7.1.1 Segy mentre, per le analisi dei dati acquisiti, è stato adottato il software *winMASW* 4.1.1 Std.

3. Elaborazione

I dati *MASW* sono stati elaborati (determinazione spettro di velocità, identificazione curve di dispersione, inversione/modellazione di queste ultime) per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio (V_s) e stimare quindi il valore del parametro V_{s30} utile alla classificazione del terreno (determinazione della categoria di sottosuolo).

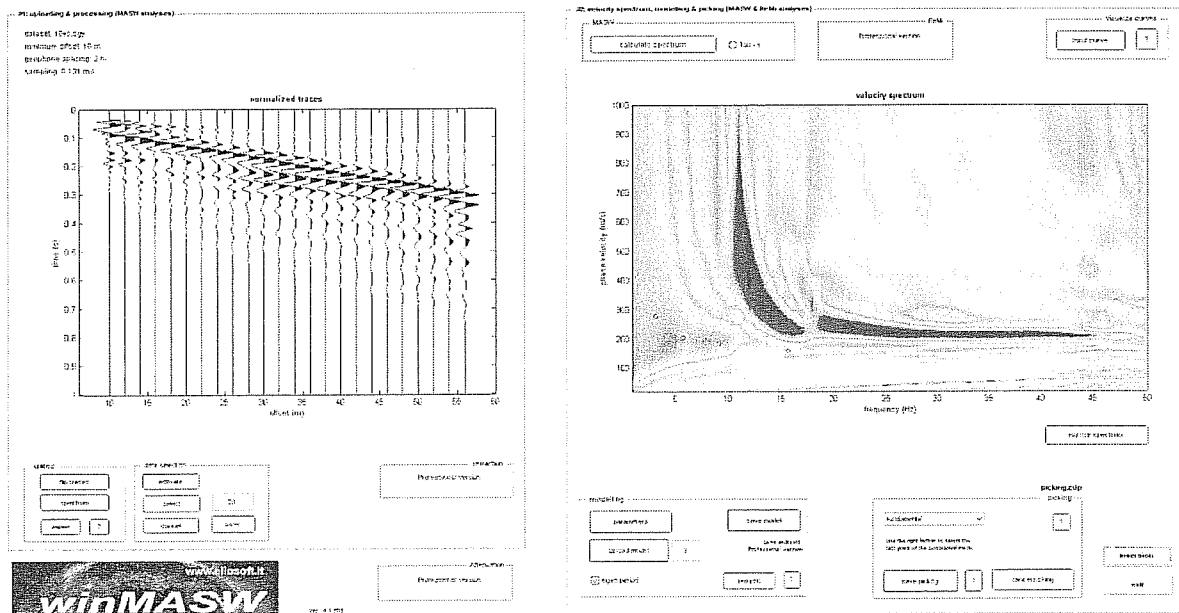


Fig. 2. Sulla sinistra i dati di campagna e, sulla destra, lo spettro di velocità calcolato.

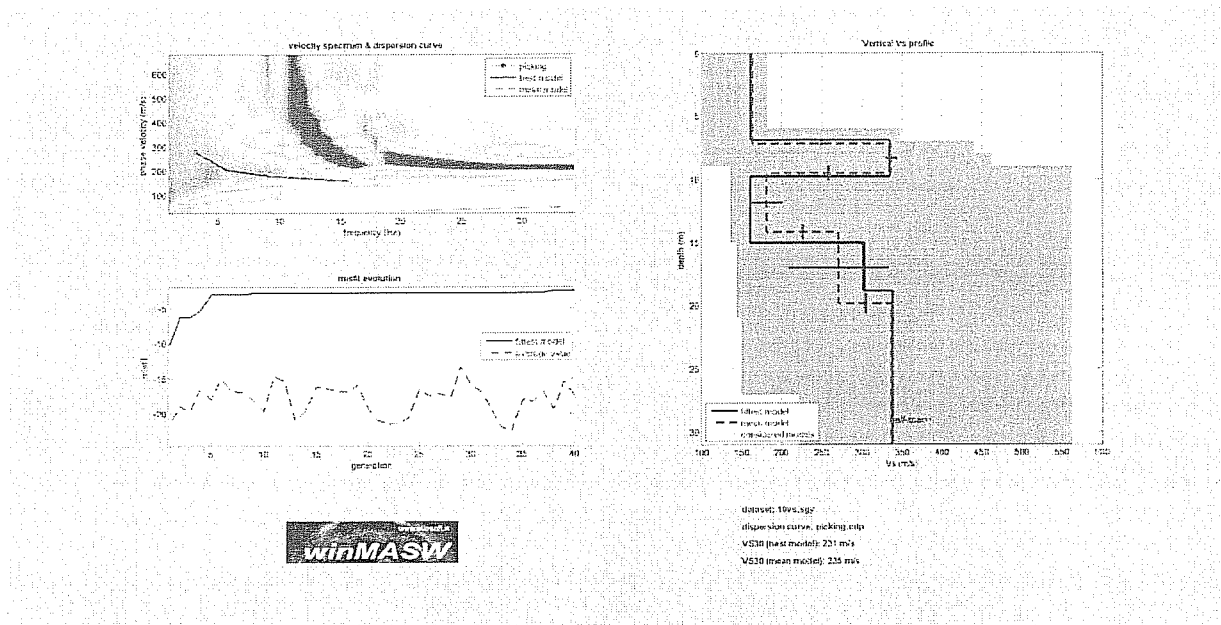


Fig. 3. Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi dei dati *MASW*. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione "piccate" e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale V_s identificato. In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli *Algoritmi Genetici* – Dal Moro et al., 2007).

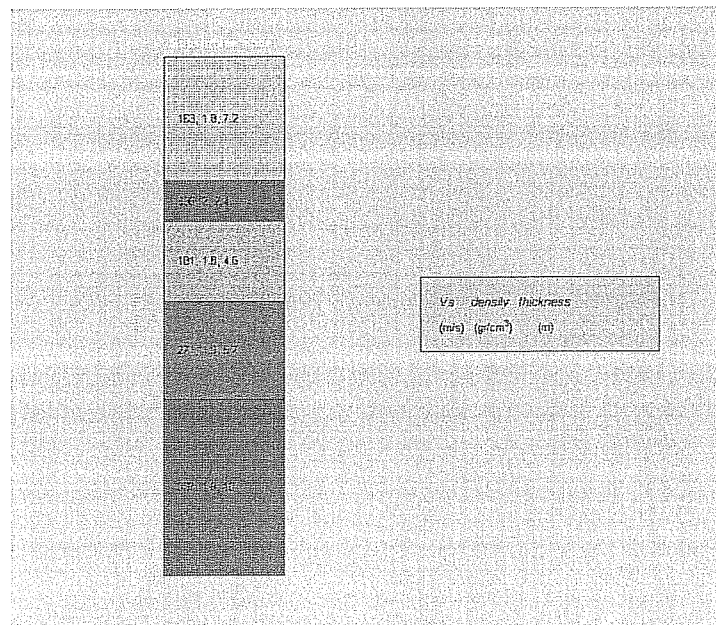


Fig. 4. Colonnina sismo-stratigrafica di massima del sito. Per ciascun strato indicate V_s , densità (stimate) e spessori.

4. Conclusioni

Dall'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh, a partire da dati di sismica attiva (MASW) e in riferimento alla ricostruzione stratigrafica (modello di partenza) ricavabile dalle indagini puntuali a taratura messe a disposizione dalla Committenza, è stato elaborato un profilo sismostratigrafico della V_s monodimensionale al di sotto del centro dello stendimento effettuato.

Sulla base dei dati disponibili viene pertanto fornito il calcolo della $V_{s,30}$ - a partire dal piano campagna attuale - secondo le modalità di calcolo indicate nella Normativa vigente (D.M. 14/1/2008) "Norme Tecniche per le costruzioni":

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ [m/s]}.$$

dove:

h_i = spessore (in metri) dell' i -esimo strato compreso nei primi 30m di profondità;

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

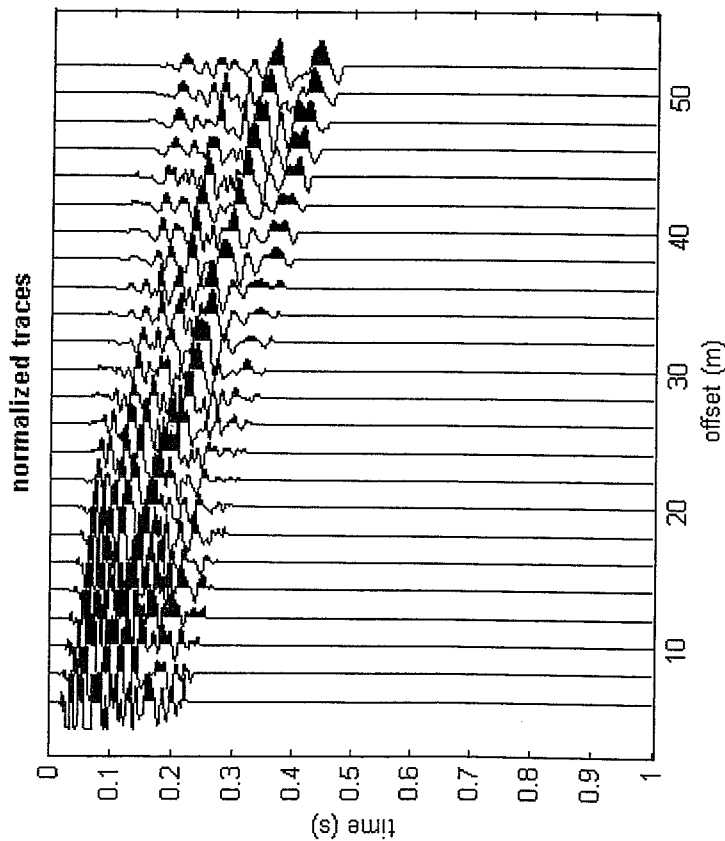
N = numero di strati compresi nei 30m di profondità.

$$V_{s,30} = 235 \text{ m/s}$$

Tuttavia si ricorda che, sempre in ottemperanza alla Normativa, per la determinazione della $V_{s,30}$ si deve far riferimento alla profondità di imposta delle fondazioni previste nel progetto: per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

#1: uploading & processing (MASW analyses)

dataset: 6.sgy
minimum offset: 6 m
geophone spacing: 2 m
sampling: 0.131 ms



utilities

flip traces

spectrum

Professional version

Attenuation

Professional version

ver. 4.1 std

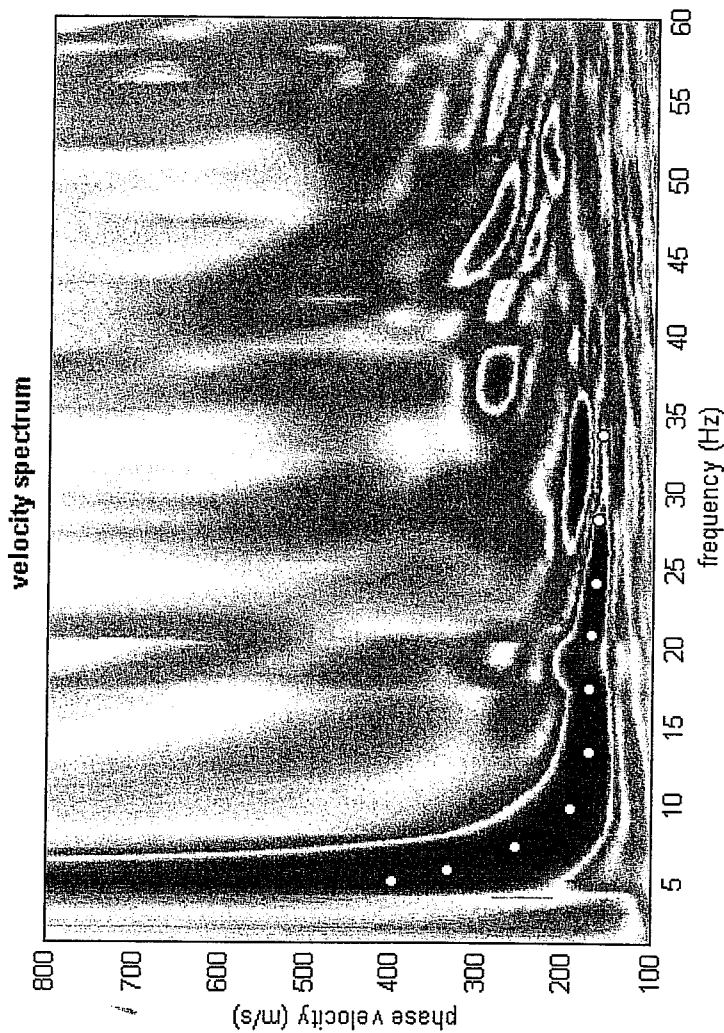


#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & ReMi analyses)

MASW Tau - v

ReMi

visualize curves



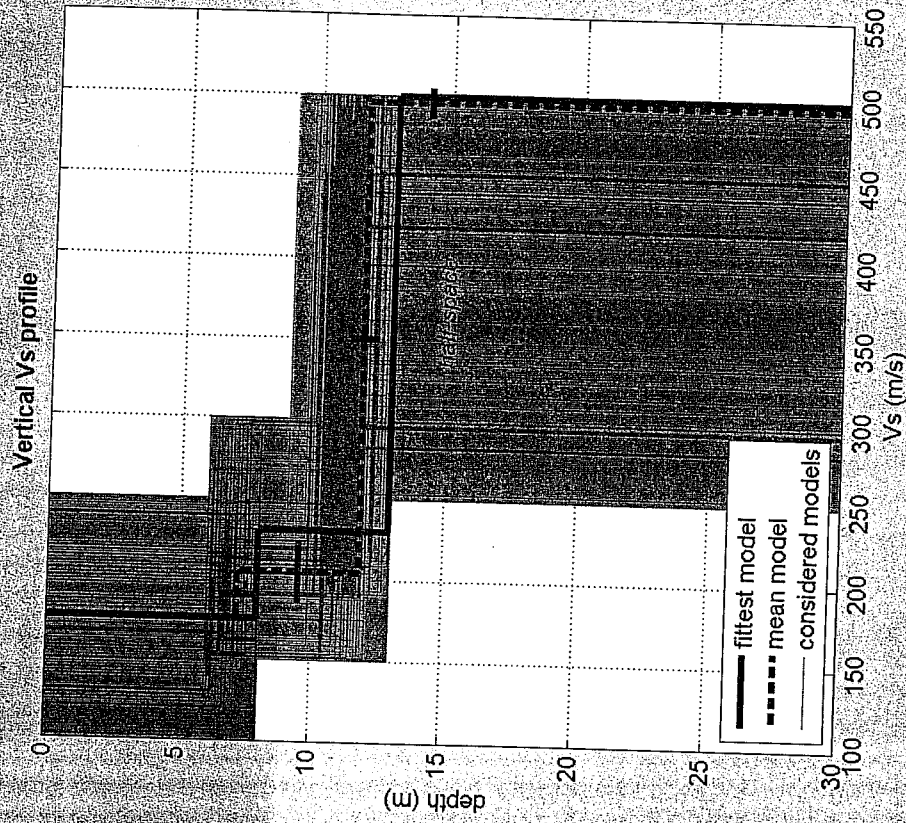
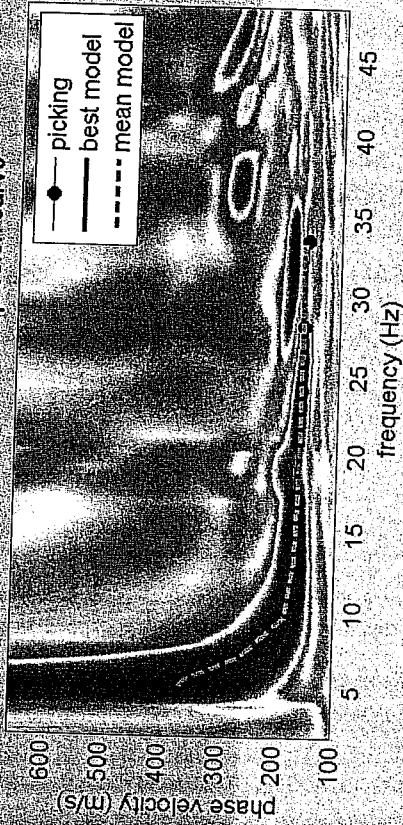
modelling

parameters

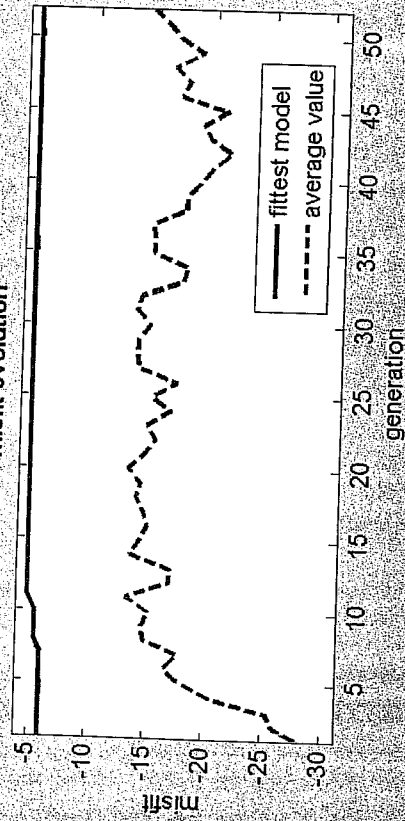
eigen period

6pick.cdp picking

velocity spectrum & dispersion curve



misfit evolution



dataset: 6.sgy
dispersion curve: 6pick.cdp
VS30 (best model): 298 m/s
VS30 (mean model): 300 m/s

www.ellipssoft.it
winMASW

Dir. Lavori: Dr. Carmignani Silvano

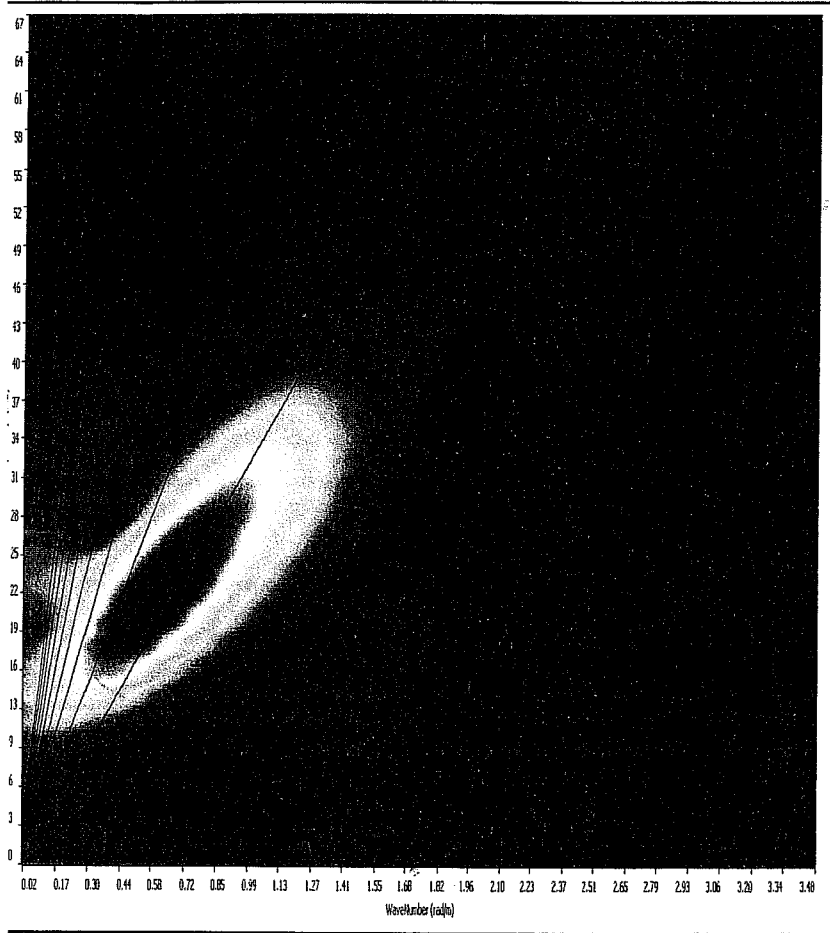
Nome File: Lastra

Località: Lastra a Signa (FI)

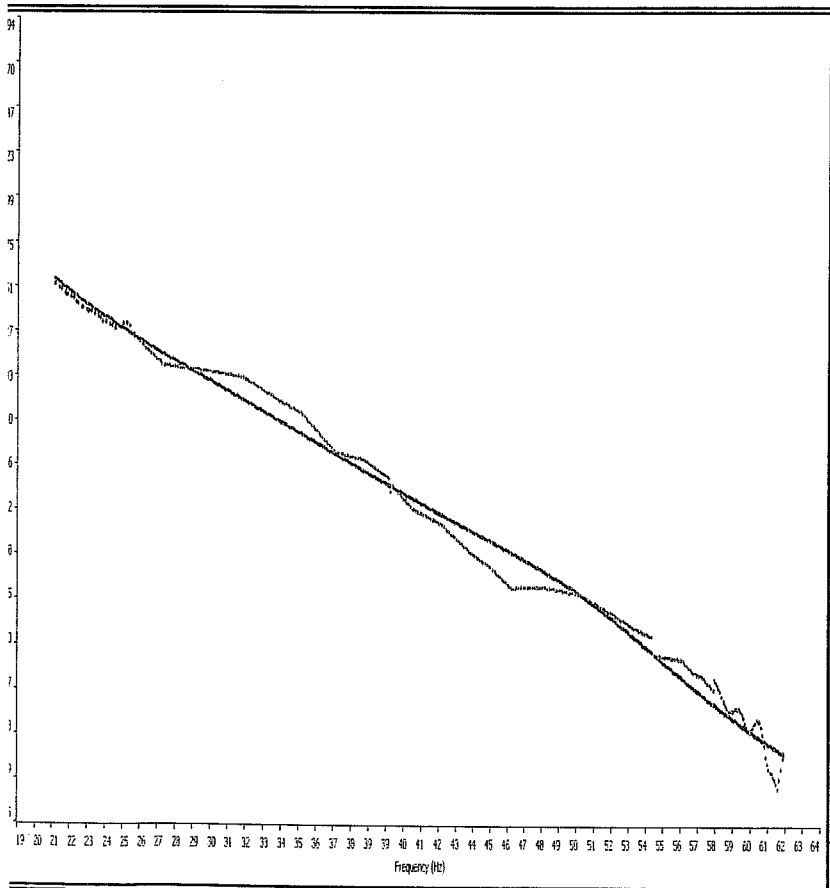
Data: Giugno 2010

Strumentazione: PASI SG 24

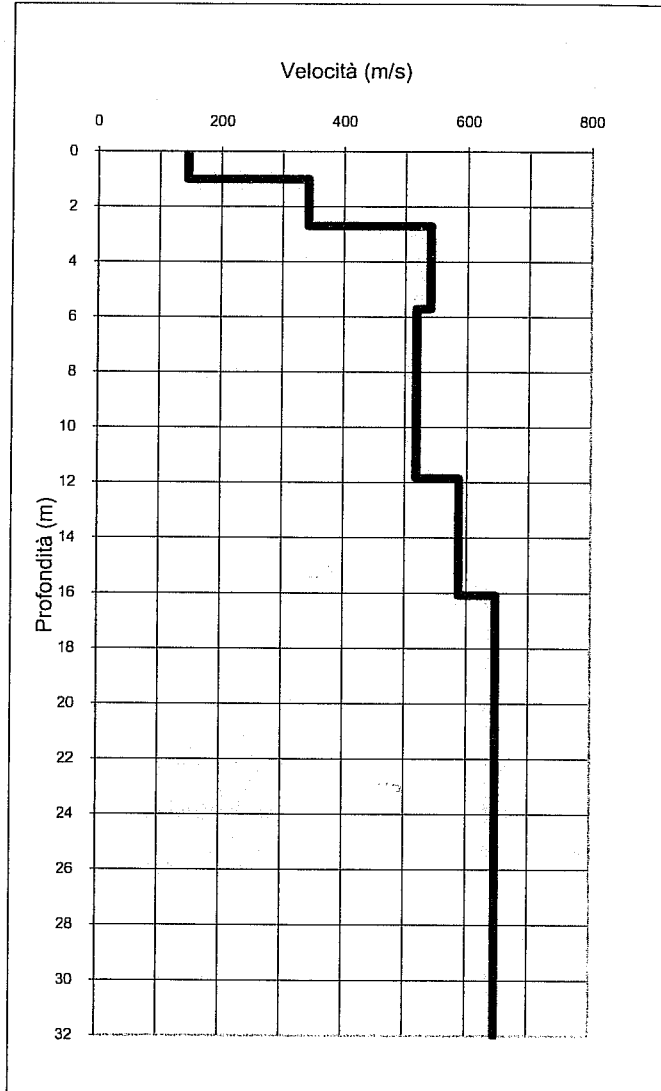
Cantiere:



Spettro Ampiezza/Frequenza



sovrapposizione Curva teorica /Curva di calcolo



Profilo velocità/profondità

	Profondità		Spessore m	Vel. Medi m/sec
	da	a		
Strato1	0,00	1,00	1,00	145
Strato2	1,00	2,70	1,70	342
Strato3	2,70	5,70	3,00	541
Strato4	5,70	11,83	6,13	519
Strato5	11,83	16,07	4,24	587
Strato6	16,07	30,00	13,93	647

$V_{s30} = 517 \text{ m/sec}$

Caratteristiche indagine

N° geofoni a 4,5Hz	24
Spaziatura geofoni	1,0 m
Lunghezza base	23 m
Energizzazione	15 m

Illustrazione 5: Inversione della curva di dispersione

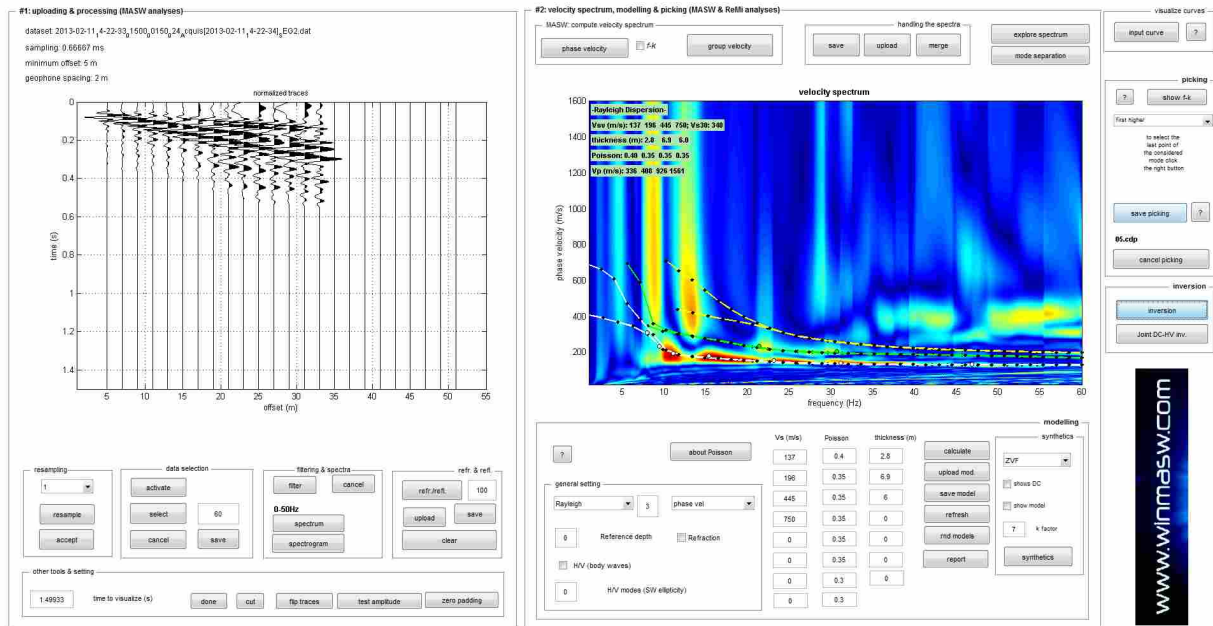
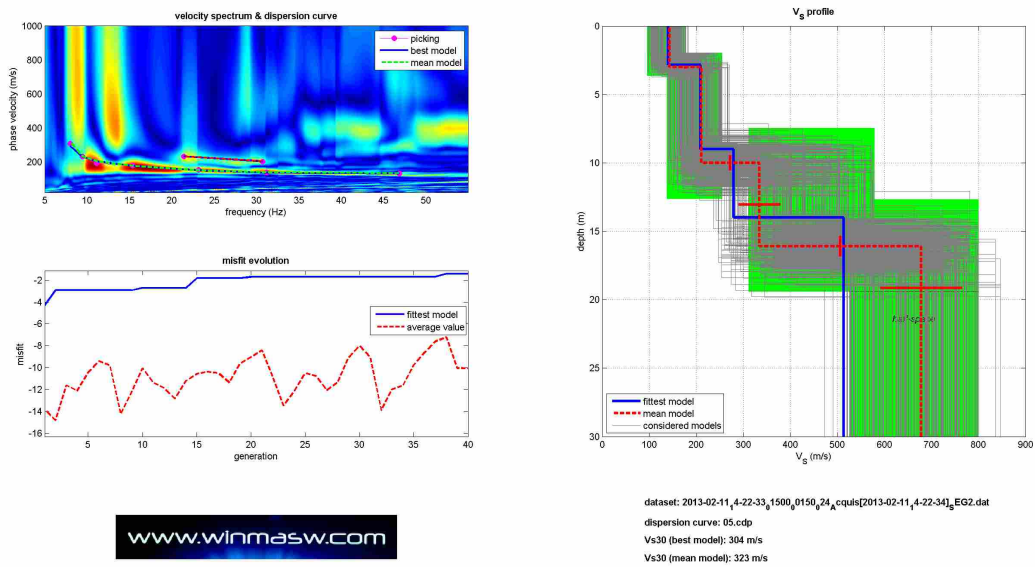


Illustrazione 6: A sinistra sismogramma e a destra picking della curva di dispersione



CONCLUSIONI MASW

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire dai dati di sismica attiva (M.A.S.W.) ha consentito di determinare il profilo sismico verticale della VS

- La sezione ottenuta mostra un primo sismo-strato con una velocità delle onde S di circa 143 m/s fino alla profondità di circa 2 m
- Un secondo sismo strato con velocità 211 m/s e spessore 7 m
- Un terzo sismo strato con velocità 334 m/s e spessore 6,1 m
- La sezione sismo-stratigrafica evidenzia, al di sotto dei 15,1 m di profondità, velocità delle onde di taglio (Vs) che aumentano fino a circa 678 m/s alla profondità di 30 m.

Qui di seguito vengono riportati in tabella i risultati ottenuti e sismo-stratigrammi

Tabella 1: PROFILO SISMICO E DATI

VS30 e PARAMETRI ELASTICI							
Profondità livello fondazione		1	Profondità livello campagna		0	Profondità (m) dal liv fond	
Strato	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Rapporto (Vp/Vs)		Spessore (m)	da	a
1	143	351	2,45		3	0	-2
2	211	439	2,08		7	-2	-9
3	334	695	2,08		6,1	-9	-15,1
4	678	1411	2,08		13,9	-15,1	-30
Strato	Poisson v	Densità (g/cm ³)	Shear G (kPa)	Bulk Ev (kPa)	Young E (kPa)		
1	0,40	1,89	38648,61	181318,41	108254,25		
2	0,35	1,88	83699,48	250716,17	225954,14		
3	0,35	1,91	213071,96	638481,8	575228,16		
4	0,35	1,97	905577,48	2714677,73	2444874,15		
1	0,014				1	0,014	
2	0,033				2	0,021	
3	0,018				3	0,009	
4	0,022						
	0,09					0,044	
VS 30		343,24		Vs copertura del substrato (attenzione quando inferiore 360 m/s)		VS 30	Rapporto Vs substrato / Vs copertura (attenzione quando > 2.2)
				0		0	0

Illustrazione 9: Sismo-stratigramma dal livello campagna

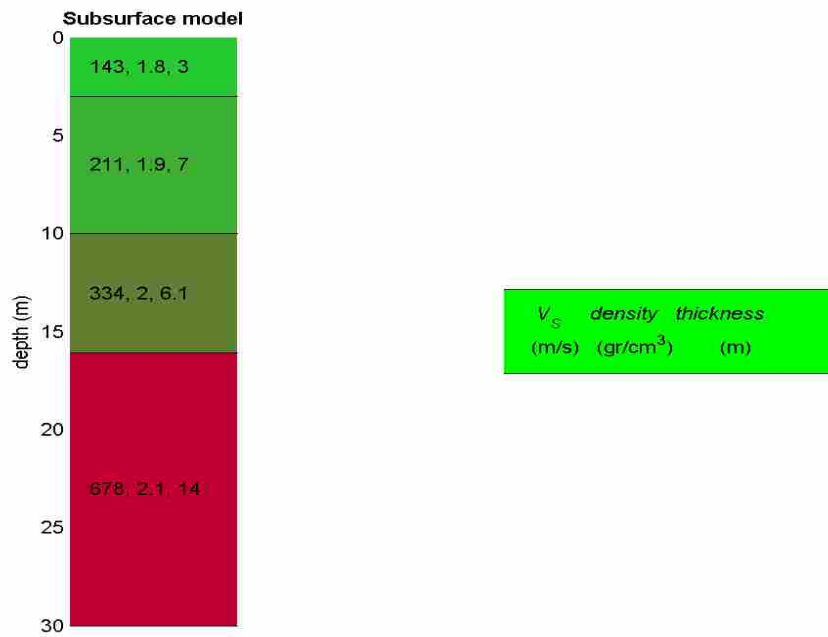
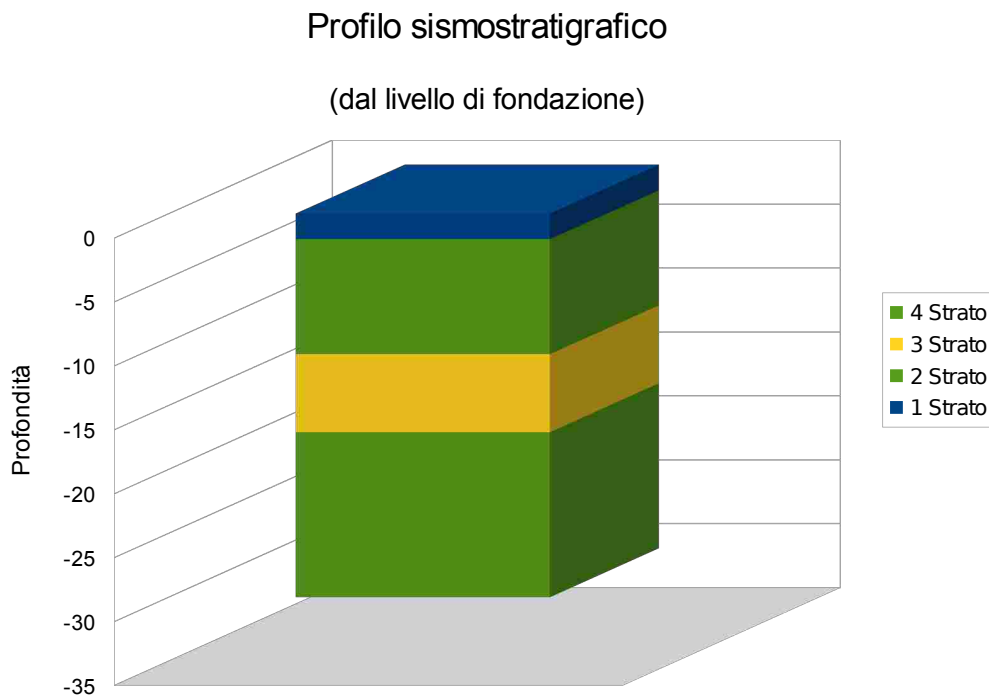


Illustrazione 10: Sismo-stratigramma rispetto livello di fondazione



Il valore della velocità media equivalente delle onde di taglio dei primi 30 metri (Vs30) dal livello delle fondazioni è risultato :

$$\mathbf{VS30 = 343 \text{ m/s}}$$

che comporta una classificazione del suolo in categoria:

C

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < \text{NSPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < \text{cu30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Nota

La suddetta classificazione del suolo è determinata mediante l'elaborazione di dati acquisiti in campagna. A causa delle semplificazioni intrinseche della modellizzazione matematica adottata, si rimanda al geologo, grazie all'esperienza maturata e alle conoscenze del sito, dare la classificazione che ritiene più idonea

11/02/2013

Dott. Marco Marzupini

Id

17376110213533H23

ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DELLE INDAGINI HVSR

L'analisi HVSR viene condotta in due fasi principali:

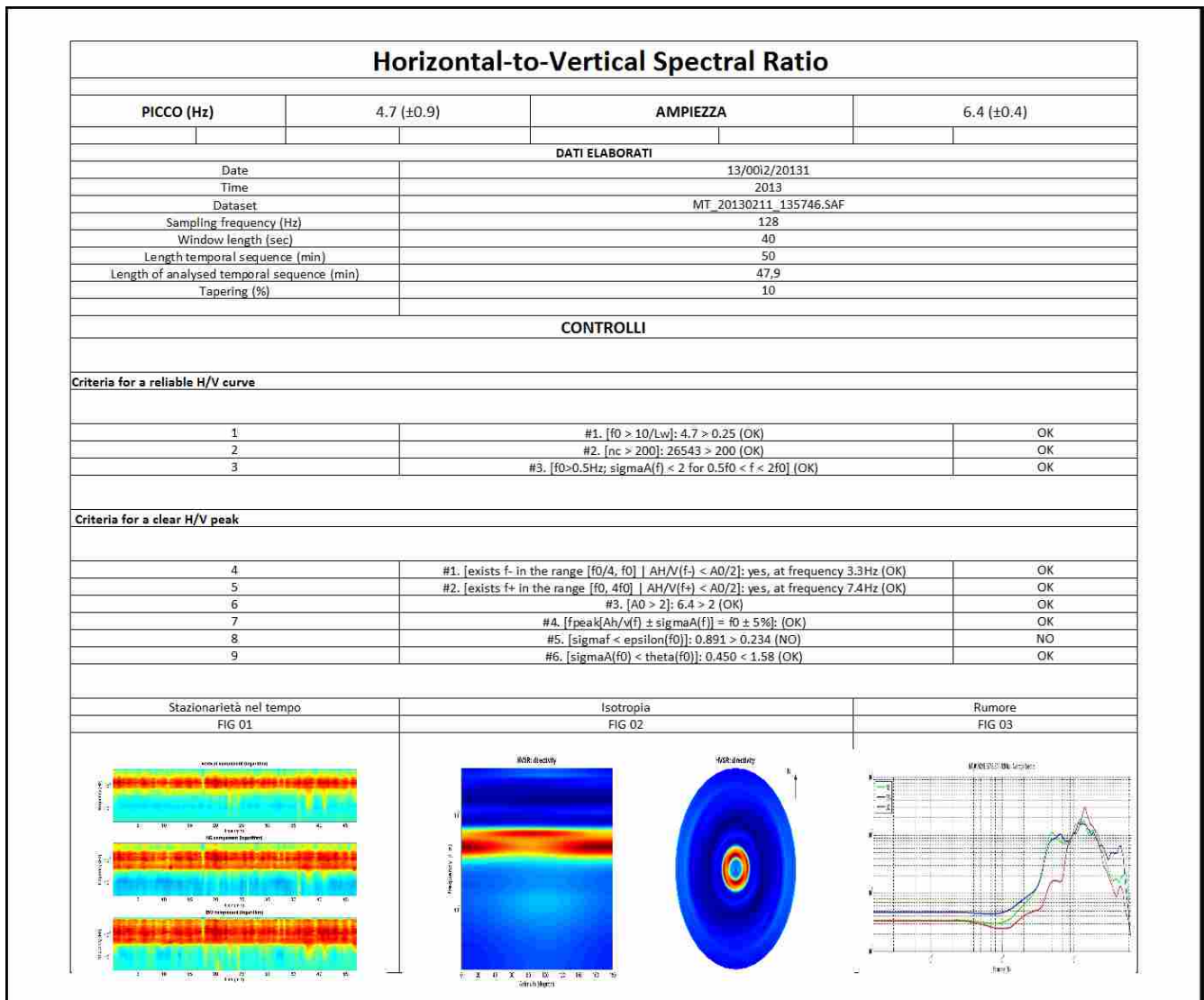
1. La prima fase è avvenuta in campagna con l'acquisizione dei segnali sismici, mediante le misure del microtremore ambientale della durata variabile ma mai minore ai 50 minuti con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento, il tromografo digitale GeoBox 24 bit della SARA electronic instruments s.r.l., è dotato di una terna di sensori ortogonali da 2 Hz orientati N-S , E O e verticale. Il segnale viene campionato a 300 Hz per evitare eventuale aliasing. Tutte le analisi sono state disposte in direzione NS magnetico mediante bussola Brunton
2. La seconda fase, che consiste nell'elaborazione dei dati acquisiti in campagna, è stata eseguita mediante il software winMASW5,0 ACADEMY della Elisoft e Geopsy. Il programma, basato sulle linee guida del progetto europeo SESAME, divide l'elaborazione nei seguenti passaggi:
 1. Ricampionamento a 128 Hz del segnale
 2. Rimozione manuale di eventuali transienti
 3. Larghezza delle finestre d'analisi 40 s e lisciamiento con ampiezza pari al 10%
 4. Calcolo dello spettro mediante metodo di Nakamura
 5. Controllo della persistenza del segnale cioè della continuità nella registrazione e quindi coerenza
 6. Analisi della direttività del segnale (in caso di sorgente di rumore con direzione predominante questa viene eliminata nella fase 2)

Illustrazione 7: Posizionamento



Tutte queste fasi devono essere seguite accuratamente dall'operatore mediante la verifica, attraverso l'utilizzo di modelli, della qualità dei dati ma soprattutto della loro possibile congruità con i dati geologici del sito .

Un ulteriore controllo della qualità dell'acquisizione HVSR viene basato sulla classificazione proposta nelle attività di MS dell'Abruzzo (Albarello-Mucciarelli, 2010):



Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio

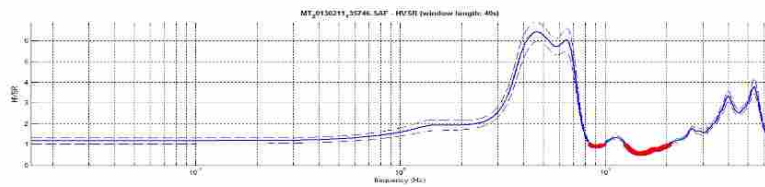
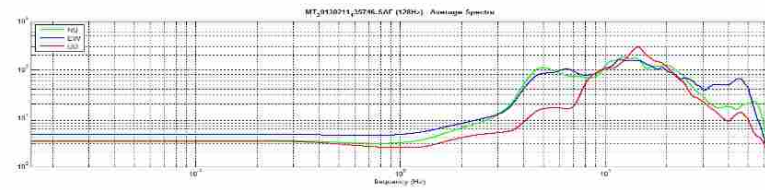
CHECK

1	Durata: la misura deve essere almeno di 20 minuti.	OK
2	Isotropia: le variazioni azimutali d'ampiezza non superano il 30% del massimo (FIG 02)	OK
3	Robustezza statistica: sono soddisfatti i primi 3 criteri di SESAME	OK
4	Stazionarietà nel tempo (FIG 01)	OK
5	Rumore elettromagnetico all'interno dell'intervallo di interesse (FIG 03)	NO
6	Rumore elettromagnetico all'esterno dell'intervallo di interesse (FIG 03)	NO
7	Criteri Sesame	OK

Per ulteriori informazioni : Microzonazione Sismica e Programma VEL

CATEGORIA	A	TIPO	TIPO 1
------------------	---	-------------	--------

PICCO (Hz)	4.7 (±0.9)
-------------------	------------



*The plot of the HV SR (peak-to-peak length) is calculated only for the frequency range of the HV SR. The HV SR is calculated only for the frequency range of the HV SR.

L'incrocio dei dati derivanti dalle altre indagini (MASW, sismica a Rifrazione, CPT ecc), mediante il software Geopsy, ha permesso di modellare una possibile sismostratigrafia derivante dall'analisi HVSR:

Illustrazione 8: Sismostratigrafia HVSR

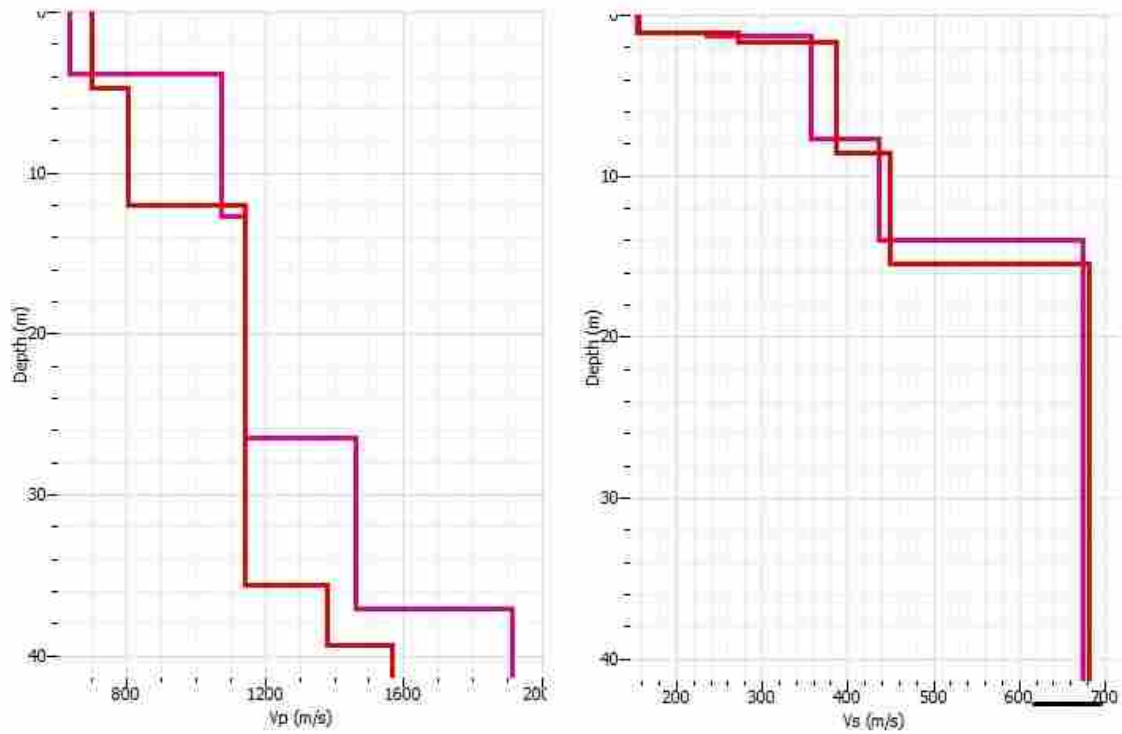


Illustrazione 5: Inversione della curva di dispersione

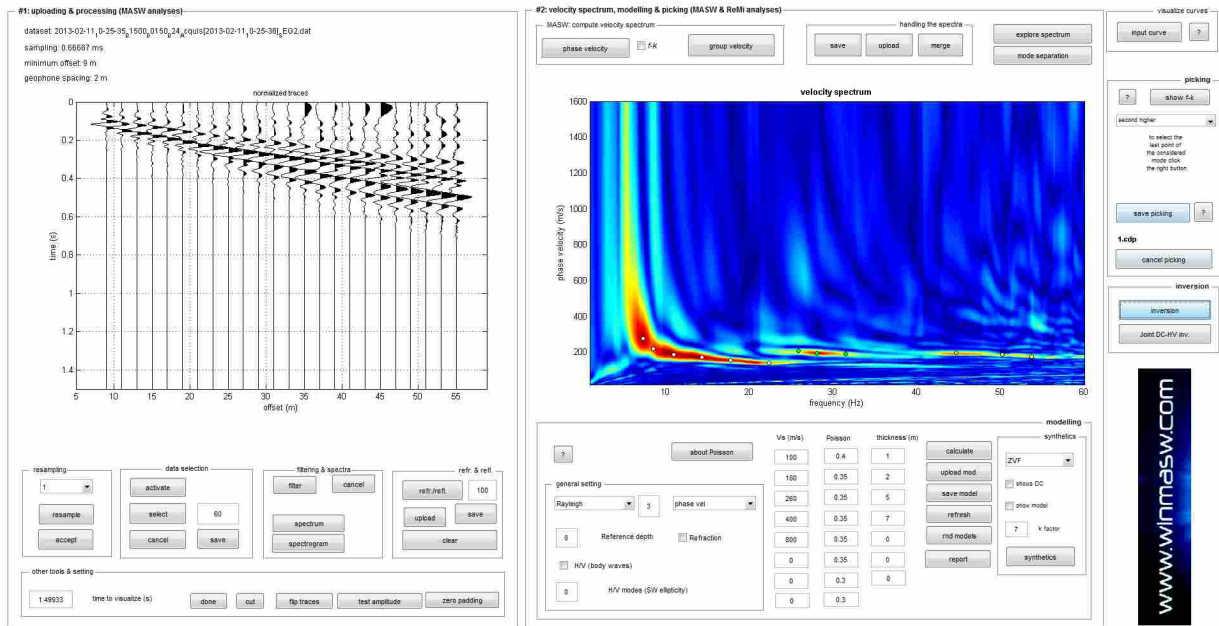
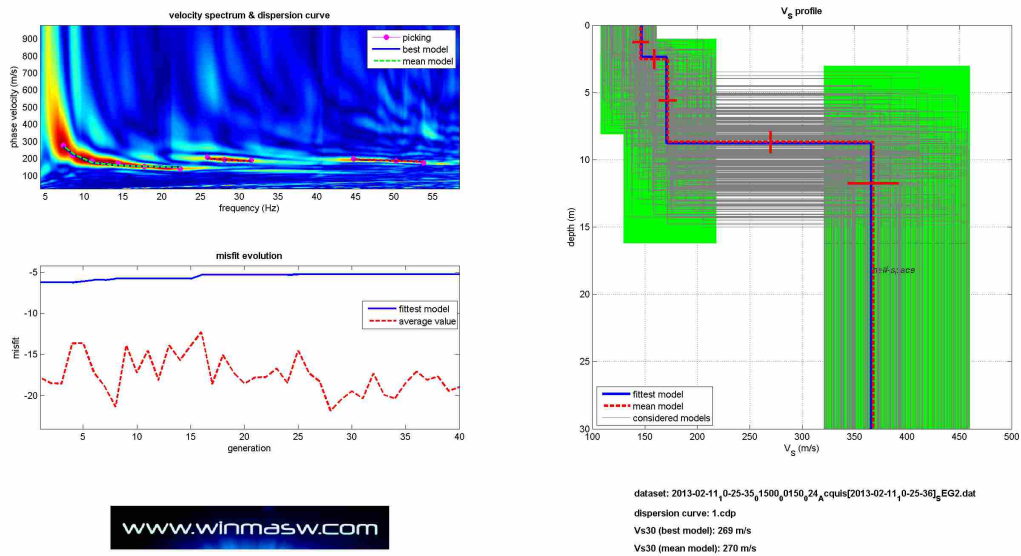


Illustrazione 6: A sinistra sismogramma e a destra picking della curva di dispersione



CONCLUSIONI MASW

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire dai dati di sismica attiva (M.A.S.W.) ha consentito di determinare il profilo sismico verticale della VS

- La sezione ottenuta mostra un primo sismo-strato con una velocità delle onde S di circa 146 m/s fino alla profondità di circa 1,5 m
- Un secondo sismo strato con velocità 172 m/s e spessore 6,2 m
- La sezione sismo-stratigrafica evidenzia, al di sotto dei 7,7 m di profondità, velocità delle onde di taglio (Vs) che aumentano fino a circa 368 m/s alla profondità di 30 m.

Qui di seguito vengono riportati in tabella i risultati ottenuti e sismo-stratigrammi

Tabella 1: PROFILO SISMICO E DATI

VS30 e PARAMETRI ELASTICI						
Profondità livello fondazione		1	Profondità livello campagna	0	Profondità (m) liv fond	
Strato	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Rapporto (Vp/Vs)	Spessore (m)	da	a
1	146	358	2,45	2,5	0	-1,5
2	172	358	2,08	6,2	-1,5	-7,7
3	368	766	2,08	21,3	-7,7	-30
Strato	Poisson v	Densità (g/cm ³)	Shear G (kPa)	Bulk Ev (kPa)	Young E (kPa)	
1	0,4	1,82	38795,12	181531,65	108645,8	
2	0,35	1,84	54434,56	163242,35	146967,79	
3	0,35	2,03	274910,72	824567,05	742244,08	
1	0,01			1	0,01	
2	0,04			2	0,04	
3	0,06				0,05	
	0,11					
VS 30		280,59		0	0	

Illustrazione 9: Sismo-stratigrama dal livello campagna

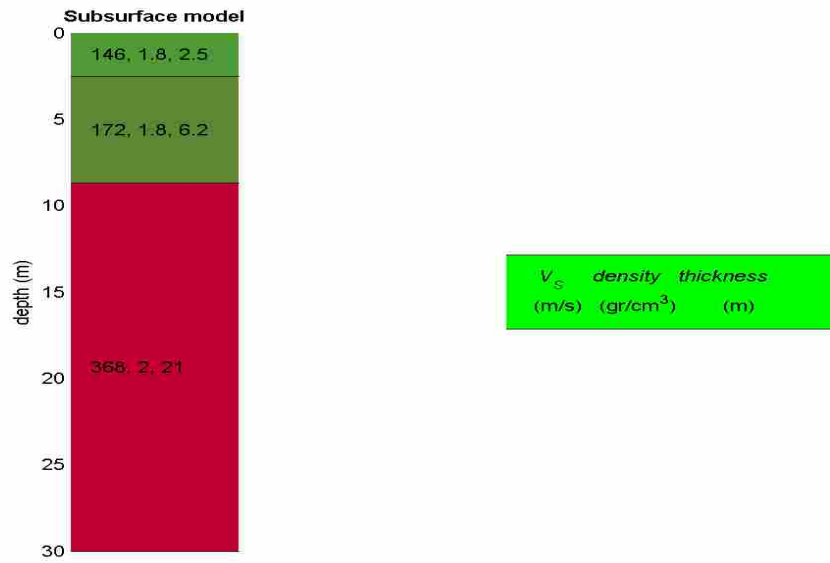
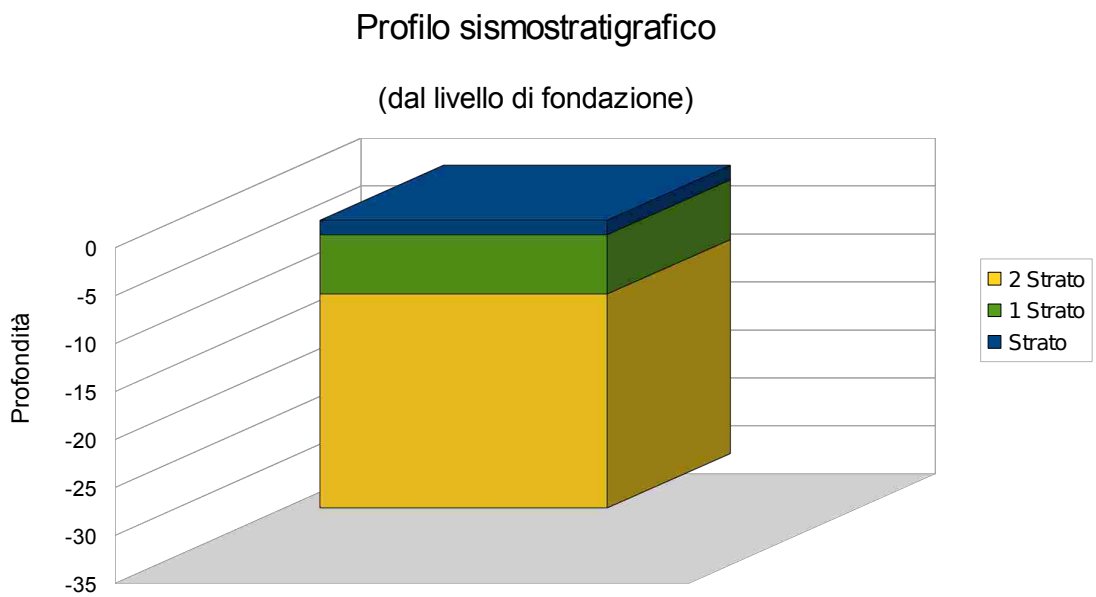


Illustrazione 10: Sismo-stratigrama rispetto livello di fondazione



Il valore della velocità media equivalente delle onde di taglio dei primi 30 metri (Vs30) dal livello delle fondazioni è risultato :

$$\mathbf{VS30 = 280 \text{ m/s}}$$

che comporta una classificazione del suolo in categoria:

C

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < \text{NSPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < \text{cu30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Nota

La suddetta classificazione del suolo è determinata mediante l'elaborazione di dati acquisiti in campagna. A causa delle semplificazioni intrinseche della modellizzazione matematica adottata, si rimanda al geologo, grazie all'esperienza maturata e alle conoscenze del sito, dare la classificazione che ritiene più idonea

11/02/2013

Dott. Marco Marzupini

Id

17375110213533H23

ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DELLE INDAGINI HVSR

L'analisi HVSR viene condotta in due fasi principali:

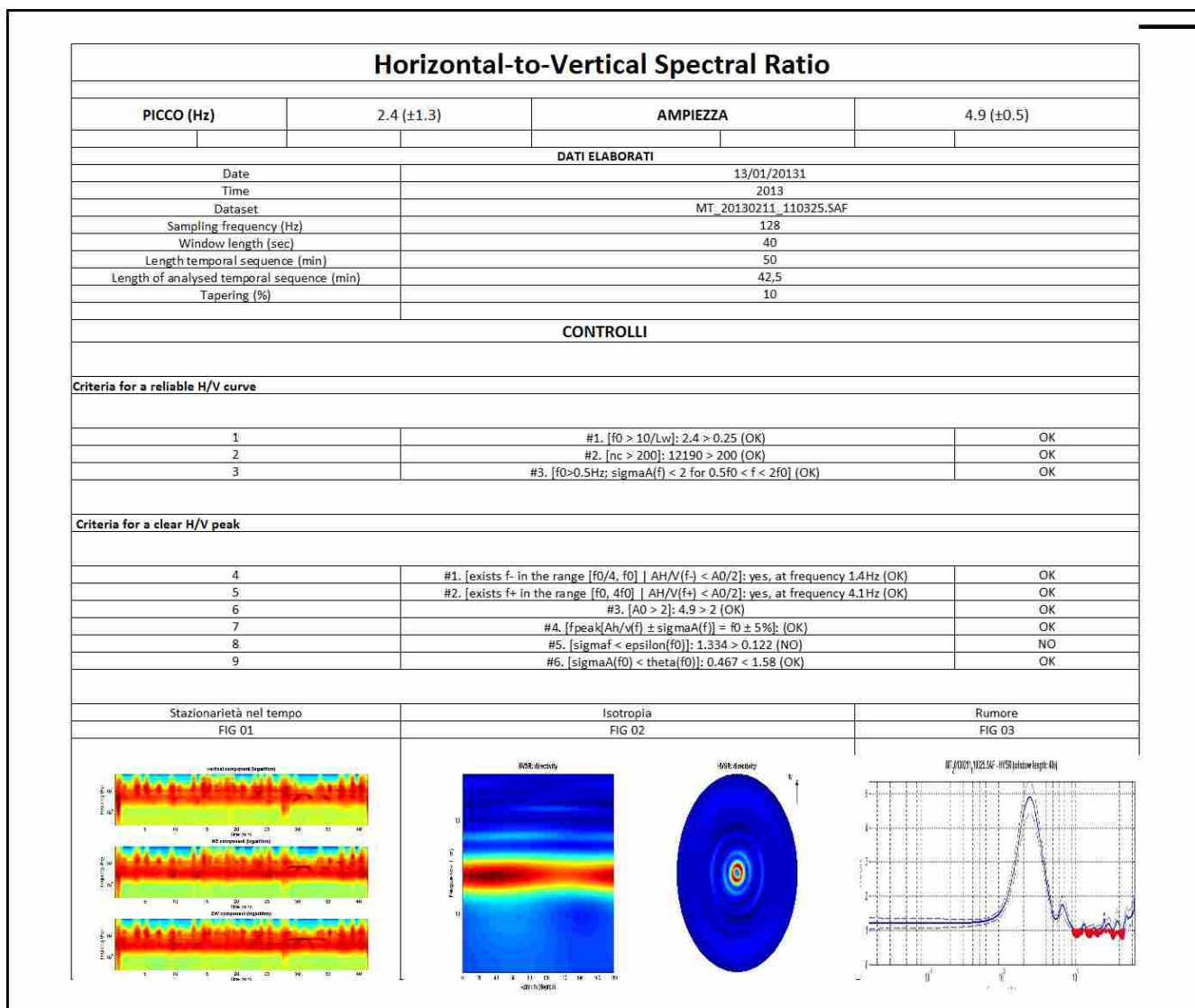
1. La prima fase è avvenuta in campagna con l'acquisizione dei segnali sismici, mediante le misure del microtremore ambientale della durata variabile ma mai minore ai 50 minuti con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento, il tromografo digitale GeoBox 24 bit della SARA electronic instruments s.r.l., è dotato di una terna di sensori ortogonali da 2 Hz orientati N-S , E O e verticale. Il segnale viene campionato a 300 Hz per evitare eventuale aliasing. Tutte le analisi sono state disposte in direzione NS magnetico mediante bussola Brunton
2. La seconda fase, che consiste nell'elaborazione dei dati acquisiti in campagna, è stata eseguita mediante il software winMASW5,0 ACADEMY della EliaSoft e Geopsy. Il programma, basato sulle linee guida del progetto europeo SESAME, divide l'elaborazione nei seguenti passaggi:
 1. Ricampionamento a 128 Hz del segnale
 2. Rimozione manuale di eventuali transienti
 3. Larghezza delle finestre d'analisi 40 s e lisciamiento con ampiezza pari al 10%
 4. Calcolo dello spettro mediante metodo di Nakamura
 5. Controllo della persistenza del segnale cioè della continuità nella registrazione e quindi coerenza
 6. Analisi della direttività del segnale (in caso di sorgente di rumore con direzione predominante questa viene eliminata nella fase 2)

Illustrazione 7: Posizionamento



Tutte queste fasi devono essere seguite accuratamente dall'operatore mediante la verifica, attraverso l'utilizzo di modelli, della qualità dei dati ma soprattutto della loro possibile congruità con i dati geologici del sito .

Un ulteriore controllo della qualità dell'acquisizione HVSR viene basato sulla classificazione proposta nelle attività di MS dell'Abruzzo (Albarello-Mucciarelli, 2010):



Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio

CHECK

1	Durata: la misura deve essere almeno di 20 minuti.	OK
2	Isotropia: le variazioni azimutali d'ampiezza non superano il 30% del massimo (FIG 02)	OK
3	Robustezza statistica: sono soddisfatti i primi 3 criteri di SESAME	OK
4	Stazionarietà nel tempo (FIG 01)	OK
5	Rumore elettromagnetico all'interno dell'intervallo di interesse (FIG 03)	NO
6	Rumore elettromagnetico all'esterno dell'intervallo di interesse (FIG 03)	NO
7	Criteri Sesame	OK

Per ulteriori informazioni : Microzonazione Sismica e Programma VEI.

CATEGORIA	A	TIPO	TIPO 1
------------------	---	-------------	--------

PICCO (Hz)	2.4 (±1.3)
-------------------	------------

show data **reset**

step#1 (optional) - declimate
 128Hz

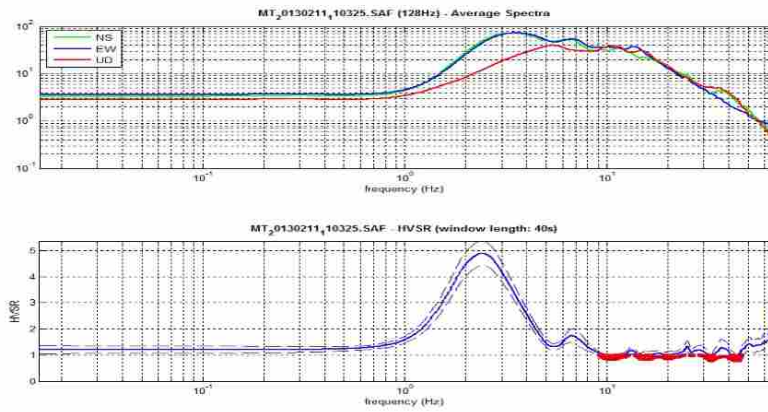
step#2 - HV computation

 40 window length (s)
 10 tapering (%)
 10% spectral smoothing (triangular window)
 show particle motion (raw data)
 full output

step#3a (optional) - directivity analysis
 max freq: 32 Hz

step#3b (optional) - directivity over time
 time step: 00 s
 save - option#1: save HVSR as it is
 Save HV from 0.25 to 64 Hz
 save - option#2: picking HV curve

quick analysis (f-Vs/4H)
 100 average Vs (m/s)
 20 (from surface to bedrock)
 20 depth of the bedrock (m)
 100% Vs of the bedrock



To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMPEAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrum, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

L'incrocio dei dati derivanti dalle altre indagini (MASW, sismica a Rifrazione, CPT ecc), mediante il software Geopsy, ha permesso di modellare una possibile sismostratigrafia derivante dall'analisi HVSR:

Illustrazione 8: Sismostratigrafia HVSR

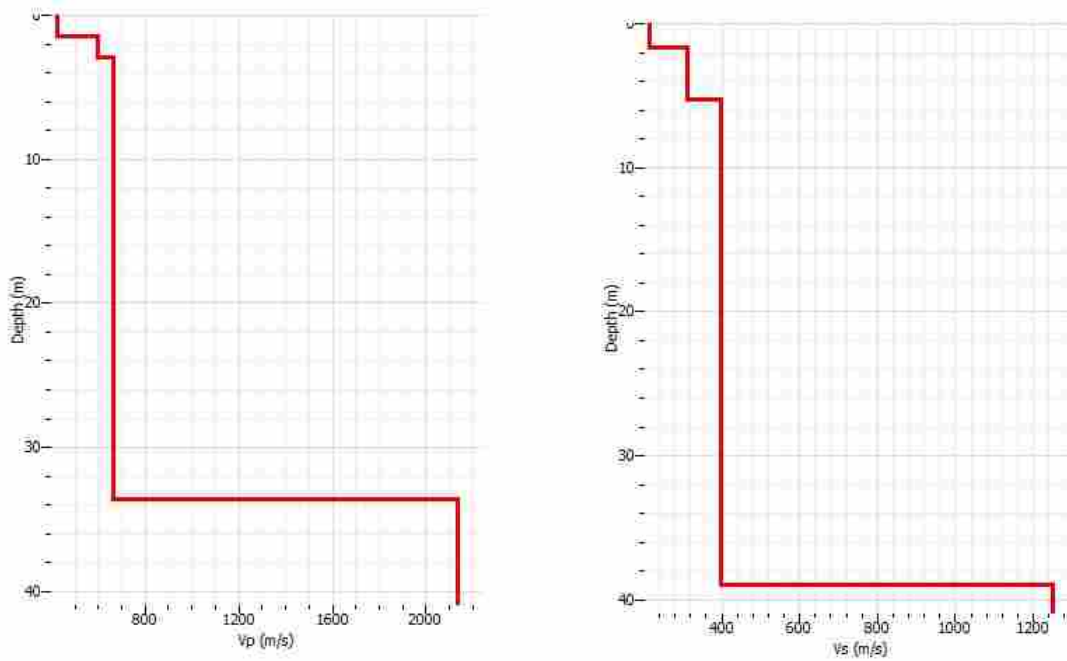


Illustrazione 5: Inversione della curva di dispersione

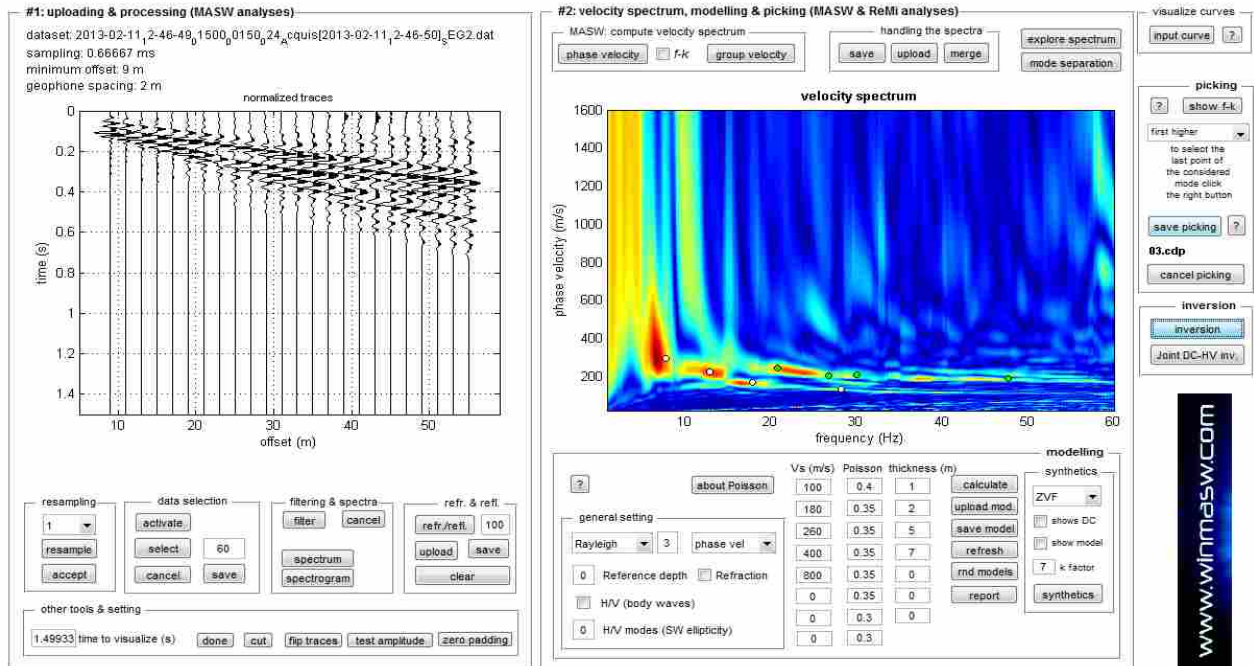
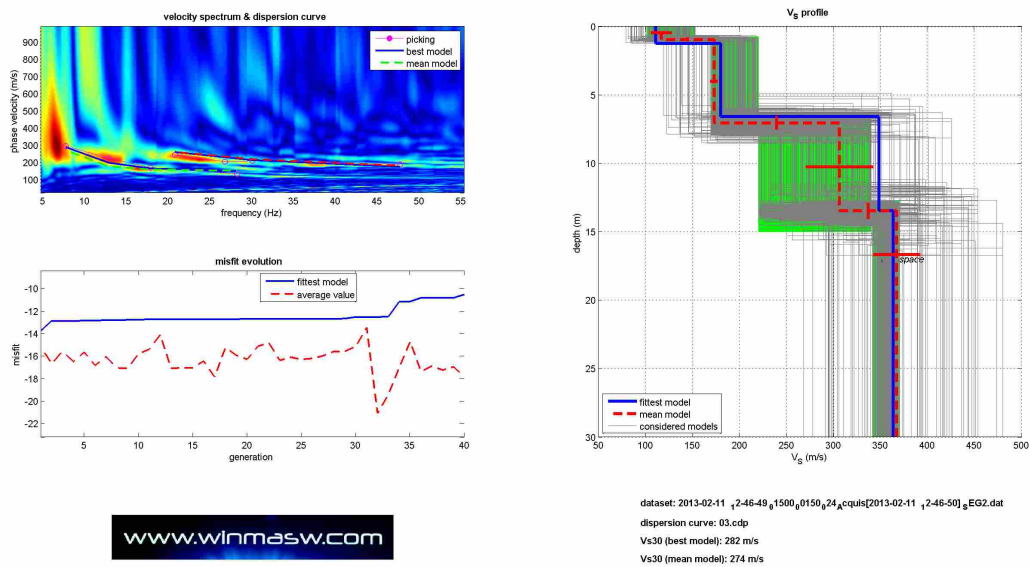


Illustrazione 6: A sinistra sismogramma e a destra picking della curva di dispersione



CONCLUSIONI MASW

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire dai dati di sismica attiva (M.A.S.W.) ha consentito di determinare il profilo sismico verticale della VS

- La sezione ottenuta mostra un primo sismo-strato con una velocità delle onde S di circa 173 m/s fino alla profondità di circa 6,1 m
- Un secondo sismo strato con velocità 306 m/s e spessore 6,4 m
- La sezione sismo-stratigrafica evidenzia, al di sotto dei 12,5 m di profondità, velocità delle onde di taglio (Vs) che aumentano fino a circa 367 m/s alla profondità di 30 m.

Qui di seguito vengono riportati in tabella i risultati ottenuti e sismo-stratigrammi

Tabella 1: PROFILO SISMICO E DATI

VS30 e PARAMETRI ELASTICI							
Profondità livello fondazione		1	Profondità livello campagna		0	Profondità (m) dal liv fond	
Strato	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Rapporto (Vp/Vs)	Spessore (m)	da	a	
1	117	287	2,45	1	0	0	
2	173	360	2,08	6,1	0	-6,1	
3	306	637	2,08	6,4	-6,1	-12,5	
4	367	764	2,08	16,5	-12,5	-30	
Strato	Poisson v	Densità (g/cm ³)	Shear G (kPa)	Bulk Ev (kPa)	Young E (kPa)		
1	0,40	1,75	23955,75	112204,75	67092,49		
2	0,35	1,81	54171,49	162347,35	146247,97		
3	0,35	1,94	181653,84	544986,74	490467,64		
4	0,35	1,99	268031,11	804180,23	723691,82		
1	0,000				1	0,000	
2	0,035				2	0,020	
3	0,021				3	0,017	
4	0,048						
	0,1					0,037	
VS 30		288,85		Vs copertura del substrato (attenzione quando inferiore 360 m/s)	VS 30	Rapporto Vs substrato / Vs copertura (attenzione quando > 2.2)	
				0	0	0	

Illustrazione 9: Sismo-stratigrama dal livello campagna

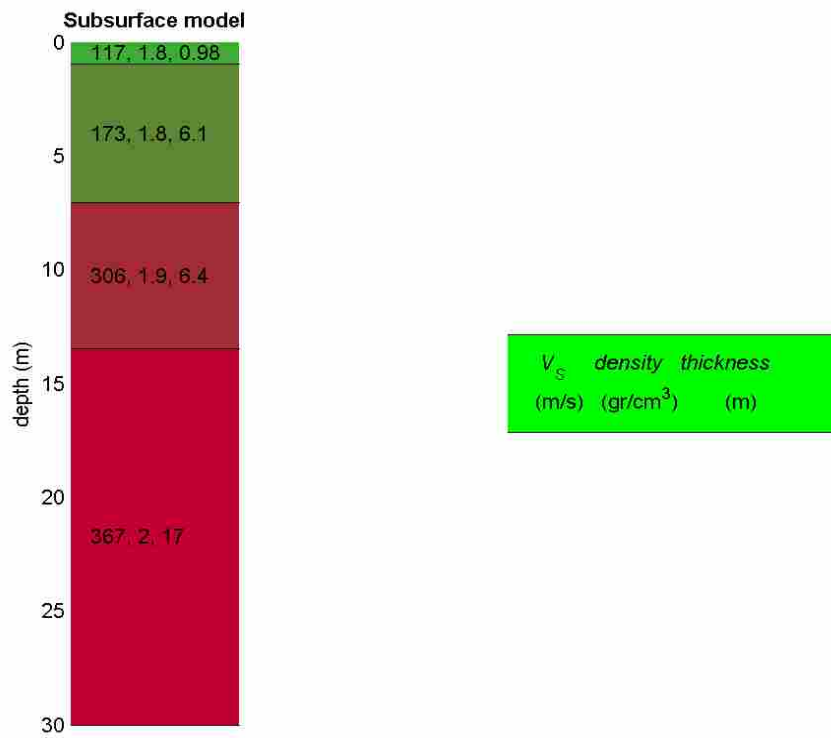
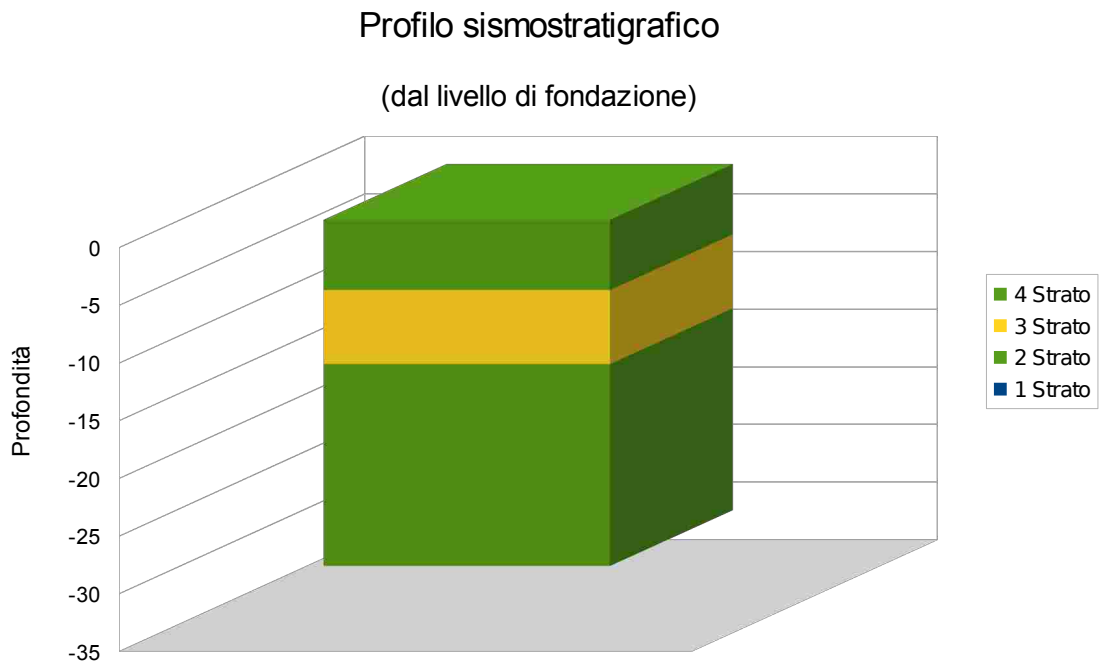


Illustrazione 10: Sismo-stratigrama rispetto livello di fondazione



Il valore della velocità media equivalente delle onde di taglio dei primi 30 metri (Vs30) dal livello delle fondazioni è risultato :

$$\mathbf{VS30 = 288 \text{ m/s}}$$

che comporta una classificazione del suolo in categoria:

C

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Nota

La suddetta classificazione del suolo è determinata mediante l'elaborazione di dati acquisiti in campagna. A causa delle semplificazioni intrinseche della modellizzazione matematica adottata, si rimanda al geologo, grazie all'esperienza maturata e alle conoscenze del sito, dare la classificazione che ritiene più idonea

11/02/2013

Dott. Marco Marzupini

Id 17377110213533H23

ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DELLE INDAGINI HVSR

L'analisi HVSR viene condotta in due fasi principali:

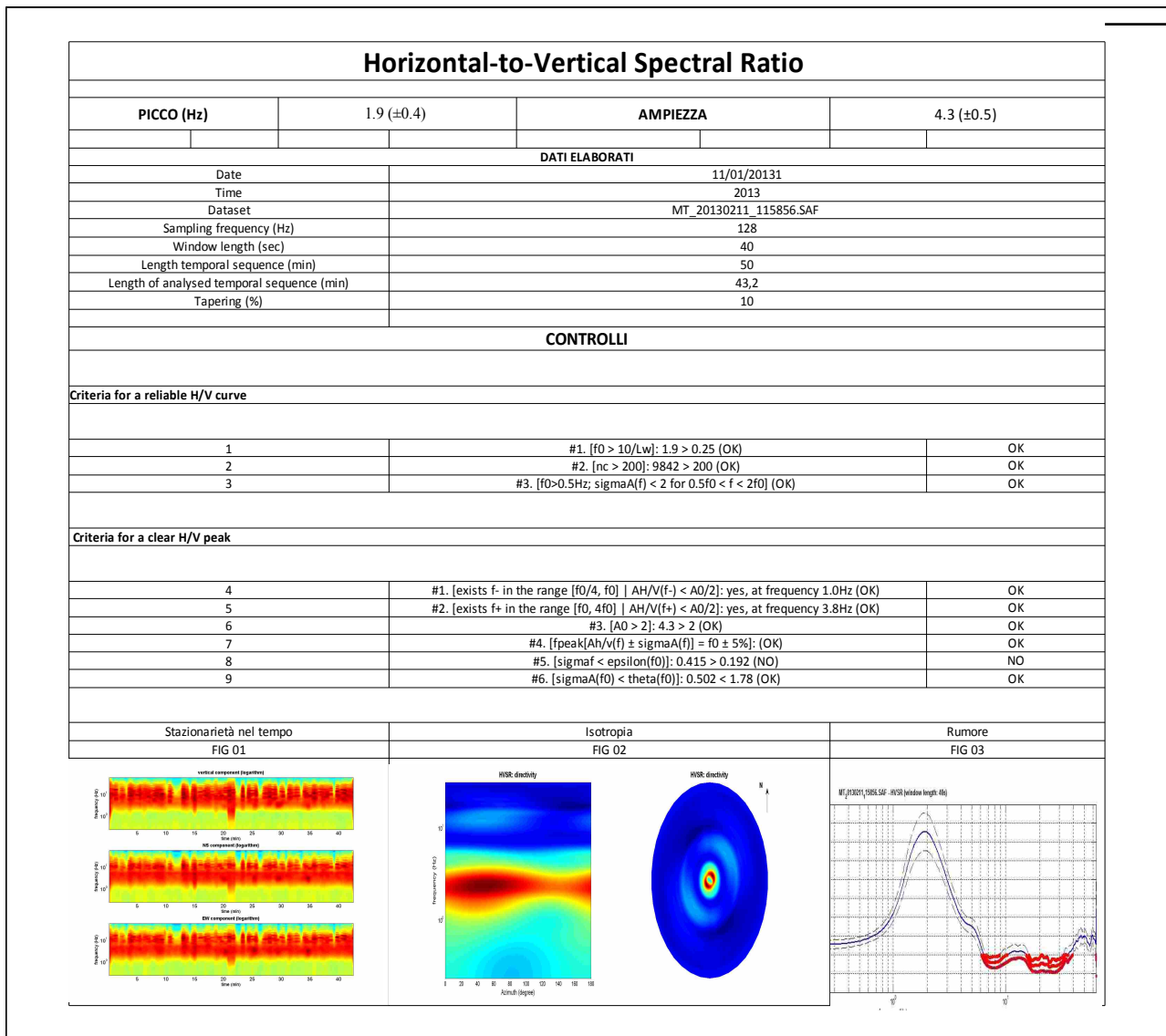
1. La prima fase è avvenuta in campagna con l'acquisizione dei segnali sismici, mediante le misure del microtremore ambientale della durata variabile ma mai minore ai 50 minuti con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento, il tromografo digitale GeoBox 24 bit della SARA electronic instruments s.r.l., è dotato di una terna di sensori ortogonali da 2 Hz orientati N-S , E O e verticale. Il segnale viene campionato a 300 Hz per evitare eventuale aliasing. Tutte le analisi sono state disposte in direzione NS magnetico mediante bussola Brunton
2. La seconda fase, che consiste nell'elaborazione dei dati acquisiti in campagna, è stata eseguita mediante il software winMASW5,0 ACADEMY della EliaSoft e Geopsy. Il programma, basato sulle linee guida del progetto europeo SESAME, divide l'elaborazione nei seguenti passaggi:
 1. Ricampionamento a 128 Hz del segnale
 2. Rimozione manuale di eventuali transienti
 3. Larghezza delle finestre d'analisi 40 s e lisciamiento con ampiezza pari al 10%
 4. Calcolo dello spettro mediante metodo di Nakamura
 5. Controllo della persistenza del segnale cioè della continuità nella registrazione e quindi coerenza
 6. Analisi della direttività del segnale (in caso di sorgente di rumore con direzione predominante questa viene eliminata nella fase 2)

Illustrazione 7: Posizionamento



Tutte queste fasi devono essere seguite accuratamente dall'operatore mediante la verifica, attraverso l'utilizzo di modelli, della qualità dei dati ma soprattutto della loro possibile congruità con i dati geologici del sito .

Un ulteriore controllo della qualità dell'acquisizione HVSR viene basato sulla classificazione proposta nelle attività di MS dell'Abruzzo (Albarello-Mucciarelli, 2010):



Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio

CHECK

1	Durata: la misura deve essere almeno di 20 minuti.	OK
2	Isotropia: le variazioni azimutali d'ampiezza non superano il 30% del massimo (FIG 02)	OK
3	Robustezza statistica: sono soddisfatti i primi 3 criteri di SESAME	OK
4	Stazionarietà nel tempo (FIG 01)	OK
5	Rumore elettromagnetico all'interno dell'intervallo di interesse (FIG 03)	NO
6	Rumore elettromagnetico all'esterno dell'intervallo di interesse (FIG 03)	NO
7	Criteri Sesame	OK

Per ulteriori informazioni : Microzonazione Sismica e Programma VEL

CATEGORIA	A	TIPO	TIPO 1
------------------	----------	-------------	---------------

PICCO (Hz)	1.9 (±0.4)
-------------------	-------------------

show data **reset**

step#1 (optional) - decimate

125Hz new frequency **resample**

step#2 - HV computation

remove events last Mod. & Tr. **clean area**

40 window length (s)

10 tapering (%)

15% spectral smoothing (3rd order window)

show quartile median (raw data)

full output **compute**

step#3a (optional) - directivity analysis

compute max freq: 32 Hz

step#3b (optional) - directivity over time

directivity in time time step: 60 s

save - option#1: save HVSR as it is

Save HV from 0.25 to 94 Hz

save HV curve (as it is)

save - option#2: picking HV curve

pick HV curve **save picked HV**

quick analysis (HV-MV)

average HV curve (from surface to bedrock)

20 depth of the bedrock (m)

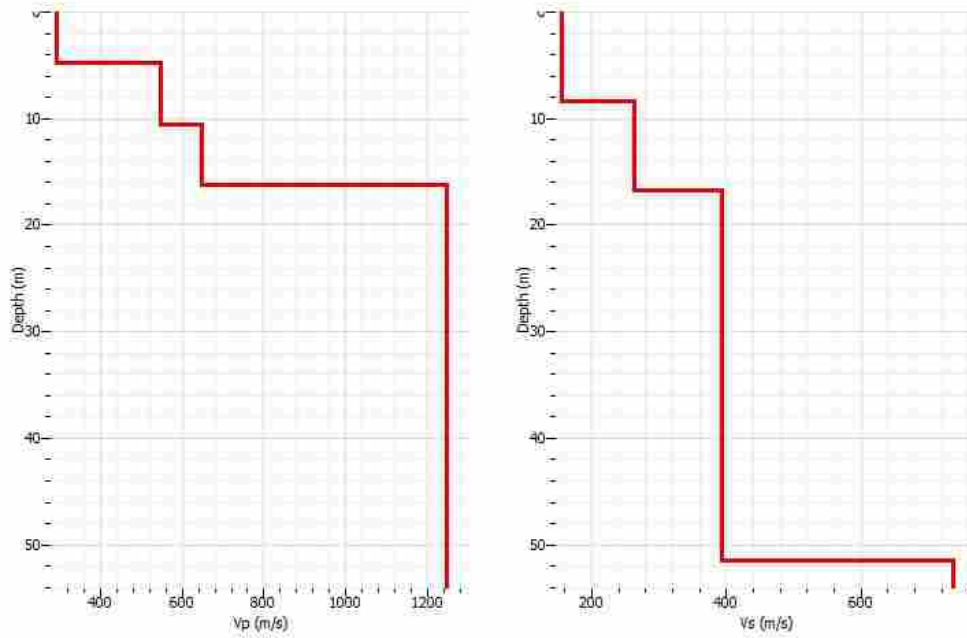
1000 Vs of the bedrock

clean **compute**

To model the HVSR (also jointly with MASW or Reflected SAC data), save the HV curve; go to the "Velocity Spectrums, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

L'incrocio dei dati derivanti dalle altre indagini (MASW, sismica a Rifrazione, CPT ecc), mediante il software Geopsy, ha permesso di modellare una possibile sismostratigrafia derivante dall'analisi HVSR:

Illustrazione 8: Sismostratigrafia HVSR



Numero Archivio
129_SDH



**INDAGINI GEOFISICHE
DI SISMICA IN FORO CON ONDE P ED SH
(DOWN-HOLE)**

Committente: TECNA s.n.c.

Direttore lavori: Dott. Geol. Grandini Gabriele

**Località: Campo Sportivo di Via Enrico Fermi
Comune di Lastra a Signa (FI)**

RELAZIONE GENERALE

DATA

Aprile 2010

INDAGINI GEOFISICHE DI SISMICA IN FORO (DOWN-HOLE) CON ONDE P ED SH

PREMESSA

In data 28/04/2010 su incarico della ditta Tecna s.n.c. e per conto Dott. Geol. Grandini Gabriele, è stata eseguita un'indagine geofisica di sismica in foro mediante il metodo down-hole in corrispondenza di un sondaggio predisposto presso il vecchio campo di calcio di Via Enrico Fermi nel Comune di Lastra a Signa (FI).

Il foro utilizzato è risultato accessibile fino alla profondità di 30 m. dal piano campagna.

Nel corrente rapporto oltre ad una breve descrizione tecnica della metodologia, sono presenti le seguenti informazioni e documenti:

- Sismogrammi integrali in onde P ed SH ricavati dalle singole acquisizioni;
- tabelle dei tempi di arrivo misurati e corretti delle onde P e delle onde SH;
- tavola delle dromocrone relative ai tempi di arrivo corretti
- diagramma delle velocità intervallari onde P e onde SH / profondità.
- diagramma del coefficiente di Poisson calcolato dalle velocità riscontrate
- indicazione della categoria di suolo di fondazione



Ubicazione indagine

METODOLOGIA UTILIZZATA

INDAGINE SISMICA IN FORO – DOWN HOLE

Le prove sismiche in foro di tipo down-hole vengono realizzate, in fori di sondaggio appositamente attrezzati con tubo in PVC cementato all'esterno, con l'uso di geofoni da pozzo di tipo tridimensionale ed opportuni sistemi di energizzazione.

La prova consiste nel produrre, sulla superficie del terreno, sollecitazioni verticali per la generazione di onde di compressione (P) ed orizzontali per onde di taglio polarizzate orizzontalmente (SH) mediante una sorgente meccanica, e nel registrare l'istante di primo arrivo del treno d'onde ad un sistema composto da una coppia di geofoni tridimensionali, alloggiati a profondità note nel foro di sondaggio. Conosciuta la distanza tra sorgente e ricevitori e determinato il tempo di propagazione, è possibile stimare in maniera accurata la distribuzione delle velocità sismiche (P ed SH) in corrispondenza della verticale di misura.

L'apparecchiatura utilizzata per questo tipo di prove si compone delle seguenti parti:

- sistema energizzante;
- sistema di ricezione;
- trigger;
- sistema di acquisizione dati.

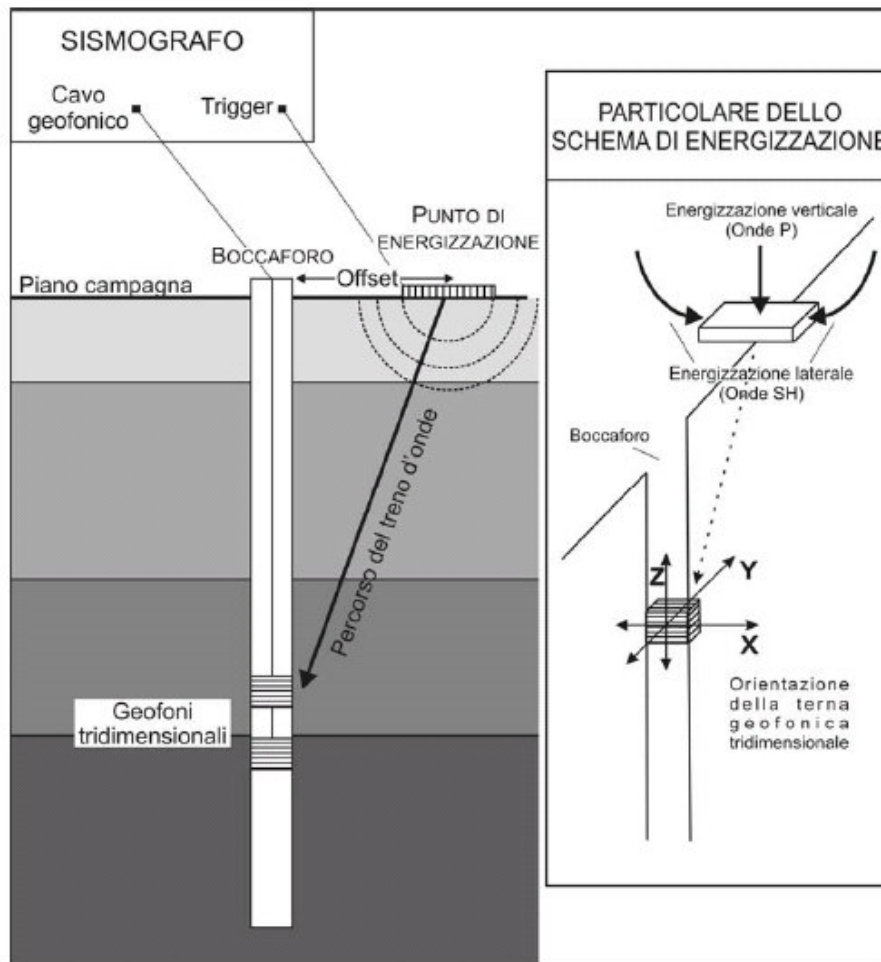
I sistemi energizzanti (sia per la generazione delle onde P sia delle onde SH) sono in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali, ovvero con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione e/o di taglio polarizzate su piani orizzontali (o verticali).

Come sorgente per le onde P è stata utilizzata una mazza del peso di 5 Kg usata per colpire una piastra metallica poggiata sul terreno.

Come sorgente per le onde SH è stato utilizzato un parallelepipedo (trave in legno) di forma tale da poter essere colpito lateralmente con una mazza del peso di circa 5 Kg.

Il parallelepipedo è stato gravato di un carico statico addizionale in modo che potesse rimanere aderente al terreno sia al momento in cui veniva colpito, sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venisse in parte dispersa.

Con questo dispositivo è stato possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità sia nella direzione di propagazione che nella polarizzazione e con una generazione di onde P trascurabile.



Schema semplificato indagine down-hole (Istruzioni Tecniche Regione Toscana)

Il sistema di ricezione si compone di due ricevitori tridimensionali, ciascuno dei quali è costituito da tre trasduttori di velocità orientati secondo le componenti di una terna cartesiana ortogonale e collocati all'interno di un unico contenitore.

I ricevitori tridimensionali sono collegati tra loro e posizionati a distanza di due metri l'uno dall'altro con orientamento parallelo tra i vari sensori.

Il sistema previsto per mantenere costante la distanza e per garantire l'isorientazione dei geofoni è dotato di un giunto centrale in gomma che funge da smorzatore, in modo da evitare qualunque interazione sismica tra i due sensori.

Quattro pistoni pneumatici azionati dalla superficie con aria in pressione a 10 bar garantiscono un ottimo accoppiamento in foro tra i ricevitori e le pareti di rivestimento. Per l'orientazione del sistema è stata usata una batteria di aste in p.v.c. calata nel foro insieme al geofono a cui era collegata solidalmente.

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la sorgente viene attivata, producendo un impulso che viene inviato ad un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

Il sistema di acquisizione dati è un sismografo marca AMBROGEO, modello ECHO 12/24, sistema multicanale (24 canali) in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica a 16 bit.

Esso è collegato a ciascuno dei geofoni tridimensionali in foro ed al sensore del trigger e consente quindi di registrare in forma numerica e visualizzare come tracce su un apposito monitor le oscillazioni a partire dall'impulso inviato dal trigger.

La strumentazione prevede la funzione "inversione di polarità", poiché nella prova è necessario eseguire la differenza tra traccia relativa alla battuta destra e quella alla battuta sinistra.

La prova down-hole si è sviluppata secondo le seguenti fasi:

1. Dopo avere predisposto un opportuno piano d'appoggio la sorgente per onde SH , è stata collocata sulla superficie in prossimità del foro ad una distanza di 3.80 m, orientata perpendicolarmente al raggio uscente dal foro e gravata con un carico statico addizionale (automezzo). Per la produzione di onde P abbiamo energizzato con massa battente ad impatto verticale mentre per la produzione di onde SH la sorgente (parallelepipedo, trave) è stata percossa lateralmente, generando onde di taglio polarizzate orizzontalmente.

2. Il sistema, costituito dai due ricevitori (geofoni tridimensionali) equidistanti e con costante orientamento relativo viene calato alla profondità desiderata collegandolo alla superficie mediante un sistema di aste che ne consente l'orientamento assoluto dalla superficie;

3. Il sistema dei ricevitori viene orientato dalla superficie in modo tale che uno dei trasduttori orizzontali di ciascun ricevitore sia orientato parallelamente all'asse della sorgente e quindi alla direzione di polarizzazione delle onde SH in modo da massimizzarne l'ampiezza di ricezione ai ricevitori; Quindi i ricevitori vengono fissati alle pareti del tubo.

4. Viene attivata la sorgente, producendo una sollecitazione che, innescando il trigger fa partire la registrazione, l'onda generata si propaga dalla sorgente verso i ricevitori con oscillazioni di tipo P; in seguito (con energizzazione separata e distinta) si generano oscillazioni di tipo SH, dirette perpendicolarmente alla direzione di percussione e polarizzate sul piano orizzontale. Per ottenere una buona qualità dei dati, sono state prodotte alla sorgente due onde di polarità opposta e sommate le registrazioni di ogni singolo ricevitore, in modo da individuare meglio l'istante di primo arrivo (metodo cross-over). Detta operazione è stata eseguita in campagna, in fase di acquisizione, grazie alla funzione inversione di polarità che lo strumento prevede.

5. E' stata ripetuta la prova ad una profondità inferiore , abbassando di 1 m i ricevitori, e riprodotta la sollecitazione.

Ogni misurazione è stata registrata in forma digitale con il sismografo Ambrogeo ECHO 12/24 con campionamento digitale con dinamica a 16 bit ed intervallo di campionamento di 130 microsecondi per una durata di 200 millisecondi.

Di seguito si riporta lo schema operativo ed i collegamenti attivi con il sismografo per le varie acquisizioni.

Canale n°1: geofono superiore – trasduttore verticale (z)

Canale n°2: geofono inferiore – trasduttore verticale (z)

Canale n°3: geofono superiore – trasduttore orizzontale (y)

Canale n°4: geofono inferiore – trasduttore orizzontale (y)

Canale n°5: geofono superiore – trasduttore orizzontale (x)

Canale n°6: geofono inferiore – trasduttore orizzontale (x)

Canale n°7: geofono spia

Canale n°8-9-10-11-12: nulli

Risultati

L'indagine è stata condotta a partire dal piano campagna, fino ad una profondità di 30 m. La prova si è svolta senza particolari problemi, data la bassa rumorosità di fondo e l'abbondanza di energia utilizzata. I dati misurati sono di buona qualità, e da questi è stato possibile ricavare le velocità intervallari che caratterizzano i primi 30 metri di sottosuolo, nonché la velocità media delle onde di taglio che dal p.c. attuale a -30 m. è risultata uguale a $V_{s30} = 483$ m/sec

Dai valori delle velocità ottenuti sono stati inoltre calcolati i valori del Coefficiente di Poisson attraverso la seguente espressione:

$$\nu = [1/2 (V_p/V_s)^2 - 1] / ((V_p/V_s)^2 - 1)$$

Per il Modulo di Young e il modulo di deformazione a Taglio essendo questi funzione della densità del materiale, per noi non nota, sono state riportate di seguito le formule per poterli calcolare.

$$\text{Modulo di Taglio } (\text{kg/cm}^2) \quad G = \gamma V_s^2$$

$$\text{Modulo di Young } (\text{kg/cm}^2) \quad E = 2 \gamma V_s^2 (1 + \nu)$$

dove:

γ : densità del materiale (kg/dm^3)

V_p : velocità onde compressionali (m/sec)

V_s : velocità onde di taglio (m/sec)

GeoEcho s.n.c.
Simone Taddei

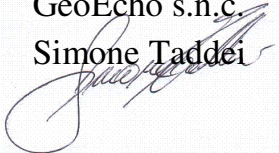


Tabella Tempi di arrivo

Località: **Via Enrico Fermi - Lastra a Signa (FI)**

DOWN-HOLE **indagine eseguita nel foro del sondaggio S1**

	Dist. Shot-foro m:	3.80	Dist. Shot-foro m:	3.80
	ONDE P		ONDE SH	
m dal p.c.	Tempi obliqui	Tempi verticali	Tempi obliqui	Tempi verticali
	(m/sec.)	(m/sec.)	(m/sec.)	(m/sec.)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	11.34	2.89	22.01	5.60
2.00	9.99	4.65	20.81	9.70
3.00	9.99	6.19	22.59	14.00
4.00	10.15	7.36	25.59	18.55
5.00	10.41	8.29	28.24	22.48
6.00	10.54	8.90	30.00	25.35
7.00	10.79	9.48	31.08	27.31
8.00	11.16	10.09	32.33	29.20
9.00	11.56	10.65	34.08	31.39
10.00	12.02	11.24	36.35	33.98
11.00	12.36	11.68	38.33	36.23
12.00	12.71	12.11	40.02	38.15
13.00	13.29	12.76	41.73	40.06
14.00	13.89	13.40	43.52	42.00
15.00	14.38	13.94	45.69	44.29
16.00	14.95	14.54	47.50	46.21
17.00	15.47	15.10	49.09	47.91
18.00	15.98	15.64	50.19	49.11
19.00	16.49	16.17	51.37	50.37
20.00	17.05	16.75	52.70	51.77
21.00	17.58	17.30	53.67	52.82
22.00	18.01	17.74	54.76	53.96
23.00	18.38	18.14	55.81	55.06
24.00	18.78	18.55	56.84	56.14
25.00	19.20	18.98	57.73	57.08
26.00	19.59	19.39	58.69	58.07
27.00	20.06	19.86	59.72	59.14
28.00	20.55	20.37	60.73	60.18
29.00	20.99	20.81	61.72	61.20
30.00	21.44	21.27	62.66	62.17

GRAFICO DROMOCRONE

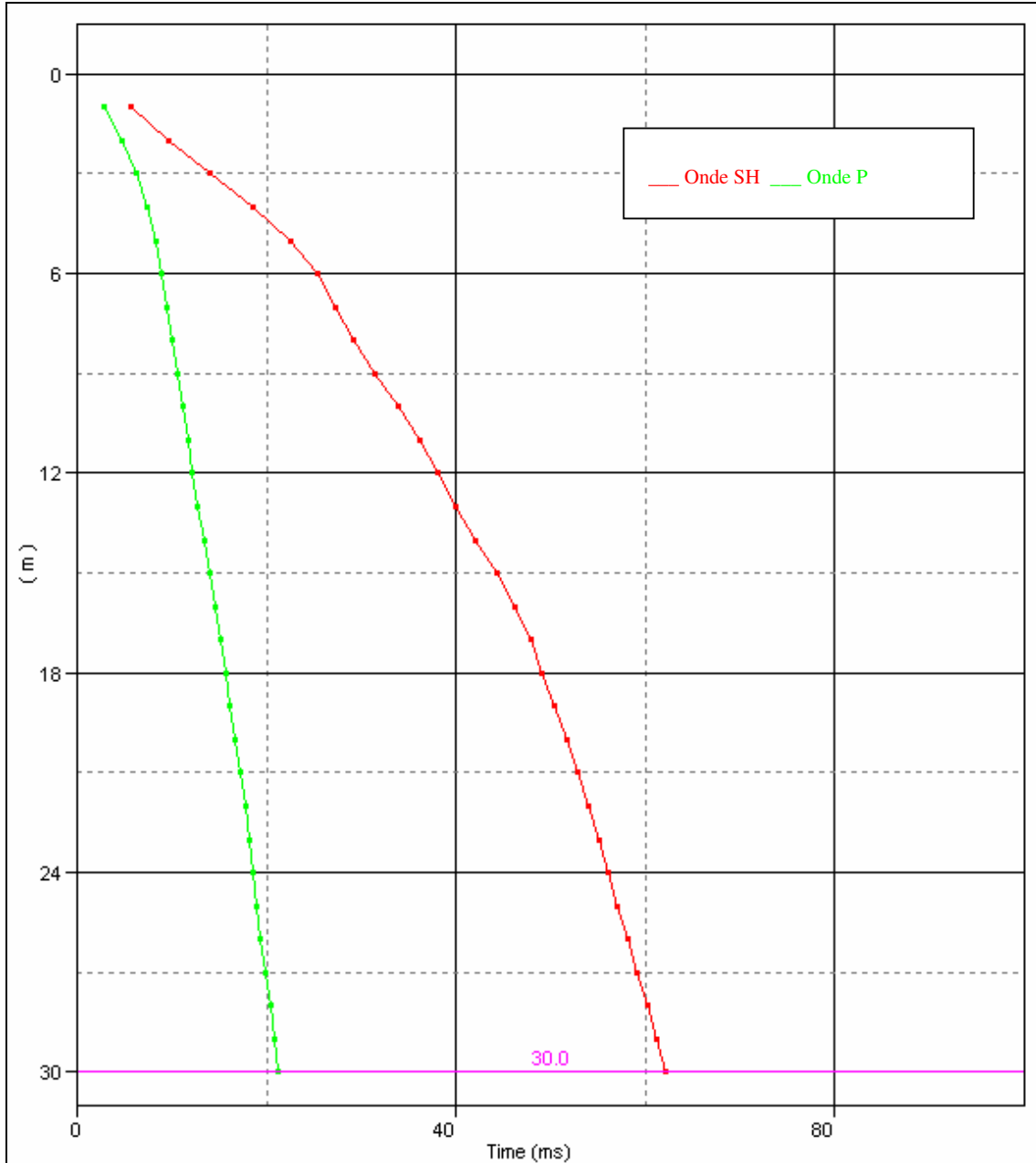
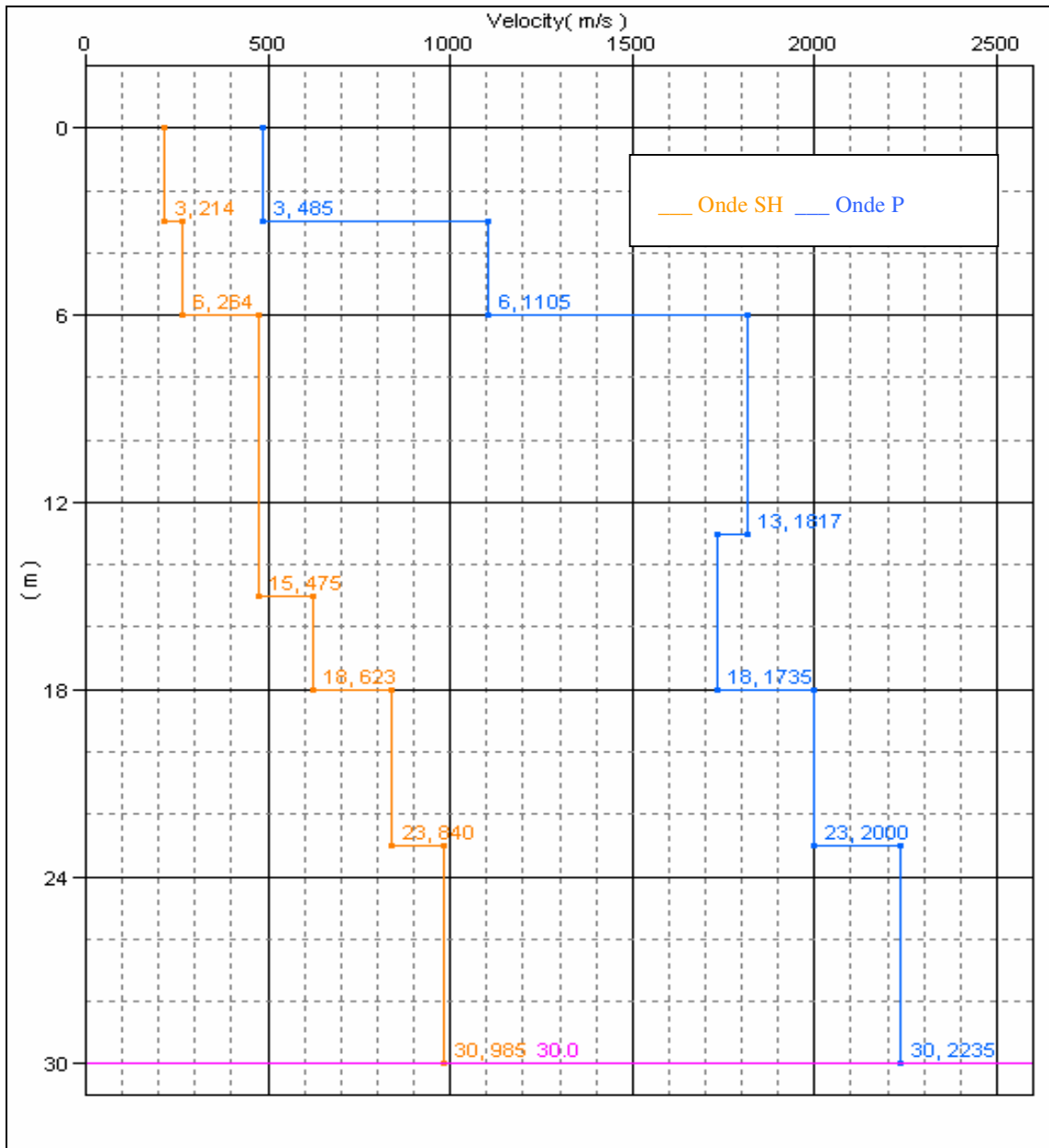
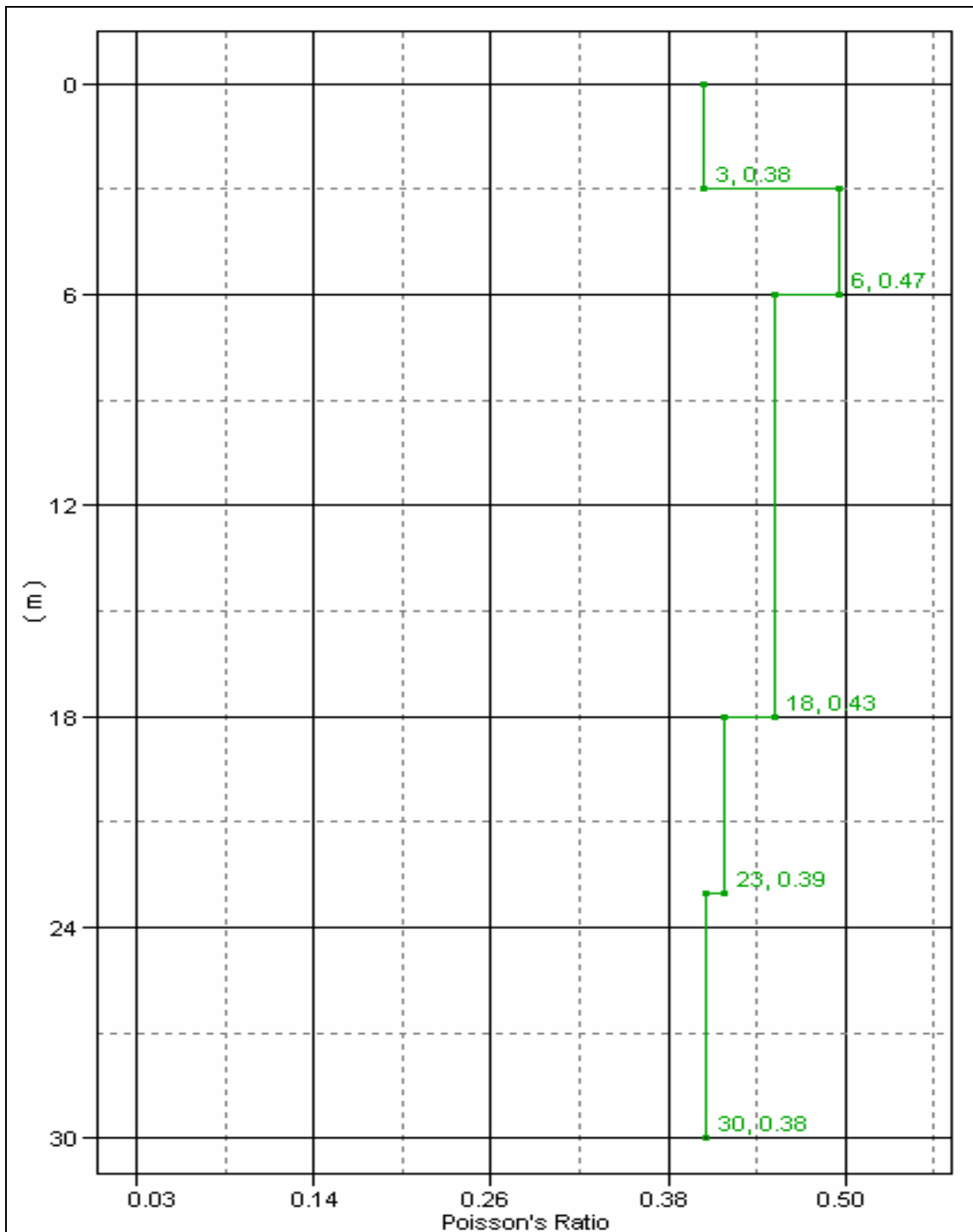


GRAFICO VELOCITA' INTERVALLARI



Da: m	a: m	Vs m/sec.	Da: m	a: m	Vp m/sec.
0	3	214.30	0	3	484.80
3	6	264.40	3	6	1104.80
6	15	475.00	6	13	1817.20
15	18	622.60	13	18	1735.00
18	23	840.30	18	23	1999.70
23	30	985.20	23	30	2234.60

GRAFICO COEFFICIENTE DI POISSON



CALCOLO DELLE VS30

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la velocità di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Utilizzando la formula sopra riportata si ottiene il seguente valore (quota iniziale = piano campagna attuale): **Vs30 = 483 m/s** a cui corrisponde la categoria di suolo di fondazione di tipo **C** (si veda la tabella seguente).

Tabella : Categorie di suolo di fondazione(D.M. 14-09-2005; D.M. 14-01-2008)

CAT.	DESCRIZIONE PROFILO STRATIGRAFICO	PARAMETRI		
		Vs 30 m/sec.	N spt	Cu (Kpa)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.	> 800	-	-
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	360-800	>50	>250
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	180-360	<50	70-250
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	<180	<15	<70
E	E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s).			

Documentazione Fotografica



**INDAGINI GEOFISICHE
SISMICA IN FORO CON ONDE P ED SH
(DOWN-HOLE)**

Committente: TECNA s.n.c. / AL.CO.S S. Cons. R.L.

Direzione lavori: Geoeco Progetti s.n.c.

**Località: Via dei Ceramisti - Lastra a Signa
Comune di Lastra a Signa (FI)**

RELAZIONE GENERALE

09/11/2012

PREMESSA

In data 07/11/2012 su incarico della ditta Tecna s.n.c. e AL.CO.S S. Cons. R.L., è stata eseguita un'indagine geofisica di sismica in foro mediante il metodo down-hole in corrispondenza di un sondaggio predisposto in via Dei Ceramisti – Lastra a Signa , nel Comune di Lastra a Signa (FI).

Il foro utilizzato è risultato accessibile fino alla profondità di 34 m. dal piano campagna.

Di seguito vengono esposte le basi teoriche delle metodologie adottate, i risultati ottenuti e le seguenti informazioni e documenti:

- sismogrammi integrali in onde P ed SH ricavati dalle singole acquisizioni;
- tabelle dei tempi di arrivo misurati e corretti delle onde P e delle onde SH;
- tavola delle dromocrone relative ai tempi di arrivo corretti
- diagramma delle velocità intervallari onde P e onde SH / profondità.
- diagramma del coefficiente di Poisson calcolato dalle velocità riscontrate
- indicazione della categoria di suolo di fondazione
- tabella riepilogativa dati down-hole
- elaborati misura HVSR



Ubicazione Indagine

METODOLOGIA UTILIZZATA

INDAGINE SISMICA IN FORO – DOWN HOLE

Le prove sismiche in foro di tipo down-hole vengono realizzate, in fori di sondaggio appositamente attrezzati con tubo in PVC cementato all'esterno, con l'uso di geofoni da foro di tipo tridimensionale ed opportuni sistemi di energizzazione.

La prova consiste nel produrre, sulla superficie del terreno, sollecitazioni verticali per la generazione di onde di compressione (P) ed orizzontali per onde di taglio polarizzate orizzontalmente (SH) mediante una sorgente meccanica, e nel registrare l'istante di primo arrivo del treno d'onde ad un sistema composto da una coppia di geofoni tridimensionali, alloggiati a profondità note nel foro di sondaggio. Conosciuta la distanza tra sorgente e ricevitori e determinato il tempo di propagazione, è possibile stimare in maniera accurata la distribuzione delle velocità sismiche (P ed SH) in corrispondenza della verticale di misura.

L'apparecchiatura utilizzata per questo tipo di prove si compone delle seguenti parti:

- sistema energizzante;
- sistema di ricezione;
- trigger;
- sistema di acquisizione dati.

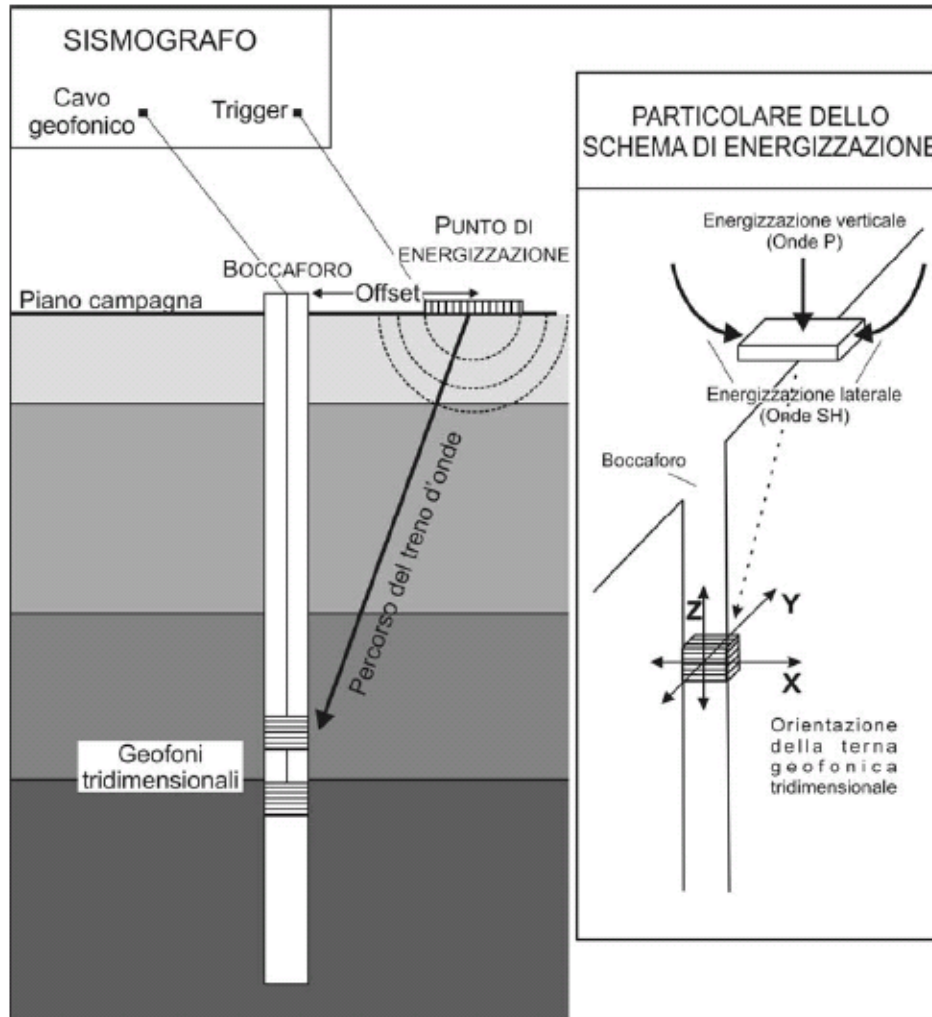
I sistemi energizzanti (sia per la generazione delle onde P sia delle onde SH) sono in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali, ovvero con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione e/o di taglio polarizzate su piani orizzontali (o verticali).

Come sorgente per le onde P è stata utilizzata una mazza del peso di 5 Kg usata per colpire una piastra metallica poggiata sul terreno.

Come sorgente per le onde SH è stato utilizzato un parallelepipedo (trave in legno) di forma tale da poter essere colpito lateralmente con una mazza del peso di circa 5 Kg.

Il parallelepipedo è stato gravato di un carico statico addizionale in modo che potesse rimanere aderente al terreno sia al momento in cui veniva colpito, sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venisse in parte dispersa.

Con questo dispositivo è stato possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità sia nella direzione di propagazione che nella polarizzazione e con una generazione di onde P trascurabile.



Schema semplificato indagine down-hole (Istruzioni Tecniche Regione Toscana)

Il sistema di ricezione si compone di due ricevitori tridimensionali, ciascuno dei quali è costituito da tre trasduttori di velocità orientati secondo le componenti di una terna cartesiana ortogonale e collocati all'interno di un unico contenitore.

I ricevitori tridimensionali sono collegati tra loro e posizionati a distanza di un metro l'uno dall'altro con orientamento parallelo tra i vari sensori.

Il sistema previsto per mantenere costante la distanza e per garantire l'isorientazione dei geofoni è dotato di un giunto centrale in gomma che funge da smorzatore, in modo da evitare qualunque interazione sismica tra i due sensori.

Quattro pistoni pneumatici azionati dalla superficie con aria in pressione a 8 bar garantiscono un ottimo accoppiamento in foro tra i ricevitori e le pareti di rivestimento. Per l'orientazione del sistema è stata usata una batteria di aste in p.v.c. calata nel foro insieme al geofono a cui era collegata solidalmente.

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la sorgente viene attivata, producendo un impulso che viene inviato ad un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

Il sistema di acquisizione dati è un sismografo marca AMBROGEO, modello ECHO 12/24, sistema multicanale (24 canali) in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica a 16 bit.

Esso è collegato a ciascuno dei geofoni tridimensionali in foro ed al sensore del trigger e consente quindi di registrare in forma numerica e visualizzare come tracce su un apposito monitor le oscillazioni a partire dall'impulso inviato dal trigger.

La strumentazione prevede la funzione "inversione di polarità", poiché nella prova è necessario eseguire la differenza tra traccia relativa alla battuta destra e quella alla battuta sinistra.

La prova down-hole si è sviluppata secondo le seguenti fasi:

1. Dopo avere predisposto un opportuno piano d'appoggio la sorgente per onde SH, è stata collocata sulla superficie in prossimità del foro ad una distanza di 4.50 m, orientata perpendicolarmente al raggio uscente dal foro e gravata con un carico statico addizionale (automezzo). Per la produzione di onde P abbiamo energizzato con massa battente ad impatto verticale mentre per la produzione di onde SH la sorgente (parallelepipedo, trave) è stata percossa lateralmente, generando onde di taglio polarizzate orizzontalmente.

2. Il sistema, costituito dai due ricevitori (geofoni tridimensionali) equidistanti e con costante orientamento relativo viene calato alla profondità desiderata collegandolo alla superficie mediante un sistema di aste che ne consente l'orientamento assoluto dalla superficie;

3. Il sistema dei ricevitori viene orientato dalla superficie in modo tale che uno dei trasduttori orizzontali di ciascun ricevitore sia orientato parallelamente all'asse della sorgente e quindi alla direzione di polarizzazione delle onde SH in modo da massimizzarne l'ampiezza di ricezione ai ricevitori; Quindi i ricevitori vengono fissati alle pareti del tubo.

4. Viene attivata la sorgente, producendo una sollecitazione che, innescando il trigger fa partire la registrazione, l'onda generata si propaga dalla sorgente verso i ricevitori con oscillazioni di tipo P; in seguito (con energizzazione separata e distinta) si generano oscillazioni di tipo SH, dirette perpendicolarmente alla direzione di percussione e polarizzate sul piano orizzontale. Per ottenere una buona qualità dei dati, sono state prodotte alla sorgente due onde di polarità opposta e sommate le registrazioni di ogni singolo ricevitore, in modo da individuare meglio l'istante di primo arrivo (metodo cross-over). Detta operazione è stata eseguita in campagna, in fase di acquisizione, grazie alla funzione inversione di polarità che lo strumento prevede.

5. E' stata ripetuta la prova ad una profondità inferiore, abbassando di 1 m i ricevitori, e riprodotta la sollecitazione.

Ogni misurazione è stata registrata in forma digitale con il sismografo Ambrogeo ECHO 12/24 con campionamento digitale con dinamica a 16 bit ed intervallo di campionamento di 130 microsecondi per una durata di 200 millisecondi.

Di seguito si riporta lo schema operativo ed i collegamenti attivi con il sismografo per le varie acquisizioni.

- Canale n°1: geofono superiore – trasduttore verticale (z)
- Canale n°2: geofono inferiore – trasduttore verticale (z)
- Canale n°3: geofono superiore – trasduttore orizzontale (y)
- Canale n°4: geofono inferiore – trasduttore orizzontale (y)
- Canale n°5: geofono superiore – trasduttore orizzontale (x)
- Canale n°6: geofono inferiore – trasduttore orizzontale (x)
- Canale n°7: geofono spia
- Canale n°8-9-10-11-12: nulli

Risultati

L'indagine è stata condotta a partire dal piano campagna, fino ad una profondità di 34 m. La prova si è svolta senza particolari problemi, data la bassa rumorosità di fondo e l'abbondanza di energia utilizzata. I dati misurati sono di buona qualità, e da questi è stato possibile ricavare le velocità intervallari che caratterizzano i primi 34 metri di sottosuolo, nonché la velocità media delle onde di taglio che dal p.c. attuale a -30 m. è risultata uguale a $V_{s30} = 253$ m/sec.

Dai valori delle velocità ottenuti sono stati inoltre calcolati i valori del Coefficiente di Poisson attraverso la seguente espressione:

$$\nu = [1/2 (V_p/V_s)^2 - 1] / ((V_p/V_s)^2 - 1)$$

Per il Modulo di Young e il modulo di deformazione a Taglio essendo questi funzione della densità del materiale, per noi non nota, sono state riportate di seguito le formule per poterli calcolare.

$$\text{Modulo di Taglio } (\text{kg/cm}^2) \quad G = \gamma V^2 s$$

$$\text{Modulo di Young } (\text{kg/cm}^2) \quad E = 2 \gamma V^2 s (1 + \nu)$$

dove:

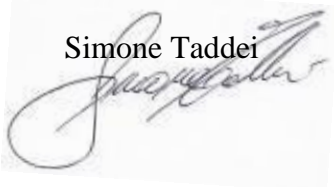
γ : densità del materiale (kg/dm^3)

V_p : velocità onde compressionali (m/sec)

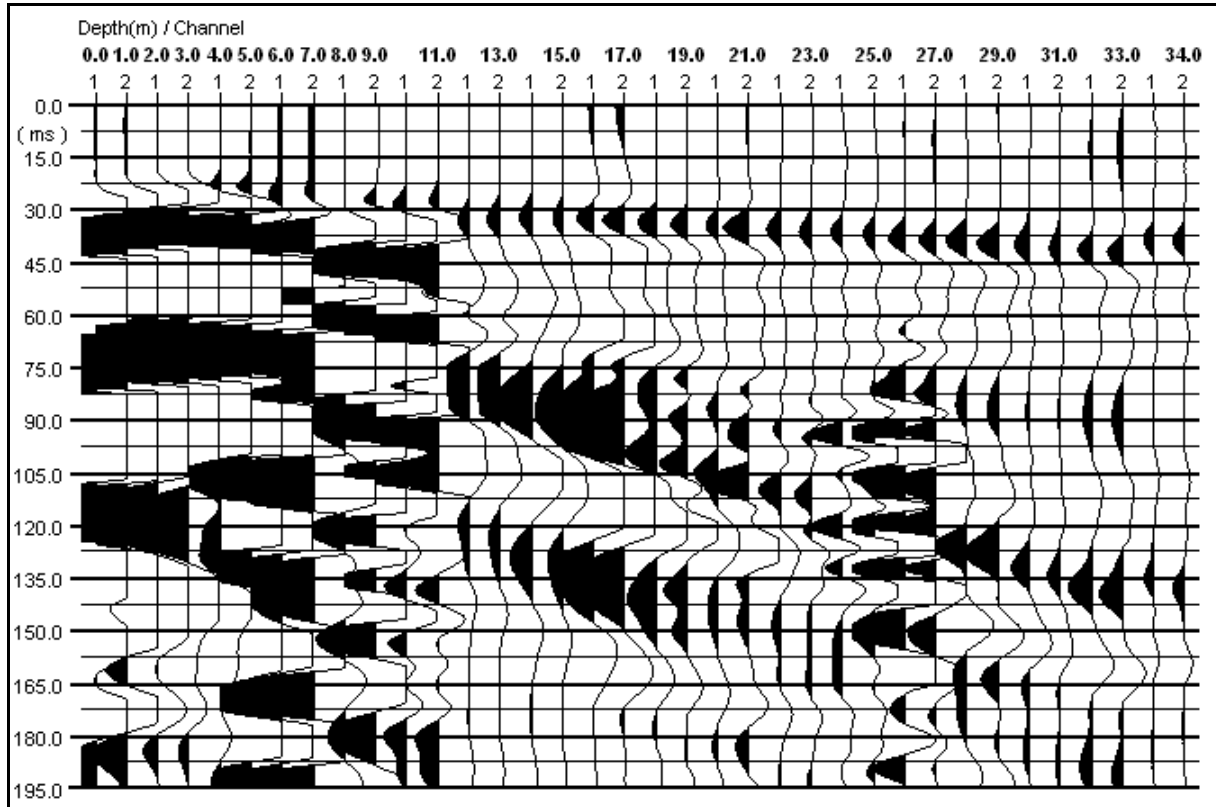
V_s : velocità onde di taglio (m/sec)

GeoEcho s.n.c.

Simone Taddei



Sismogramma onde P



Sismogramma onde SH

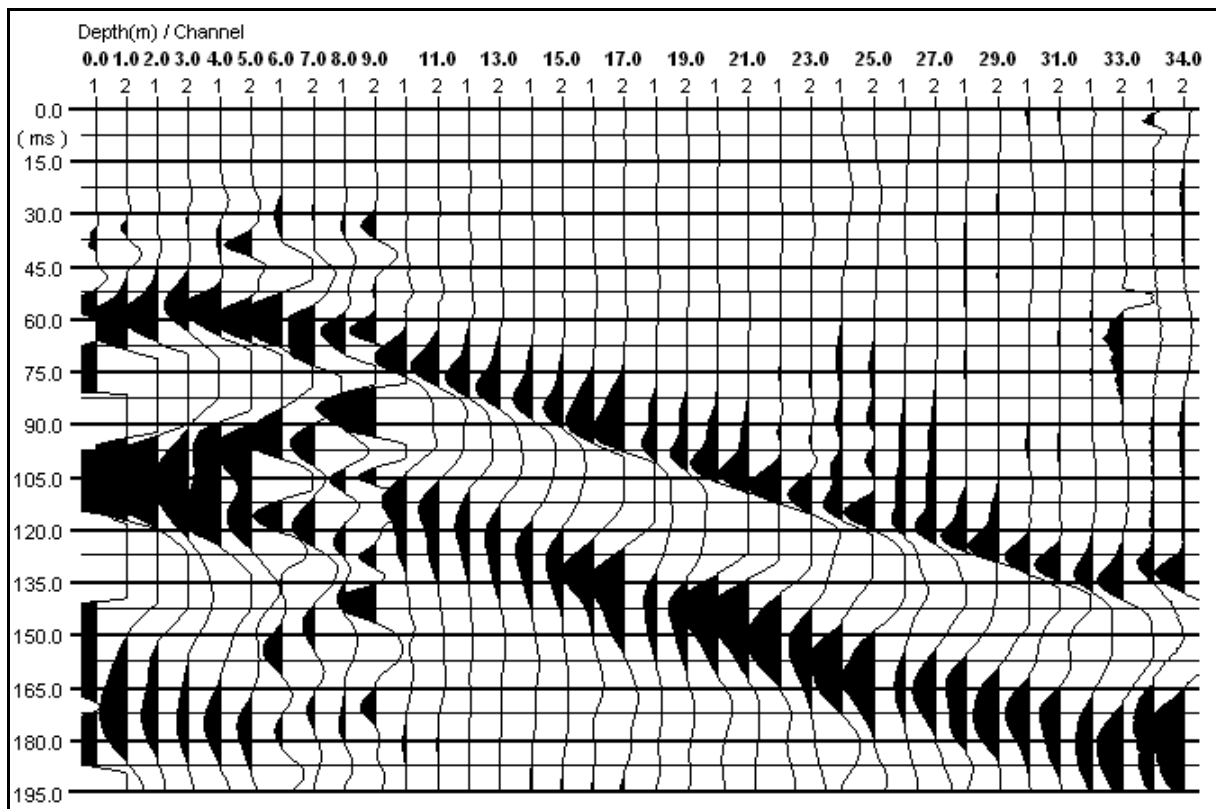
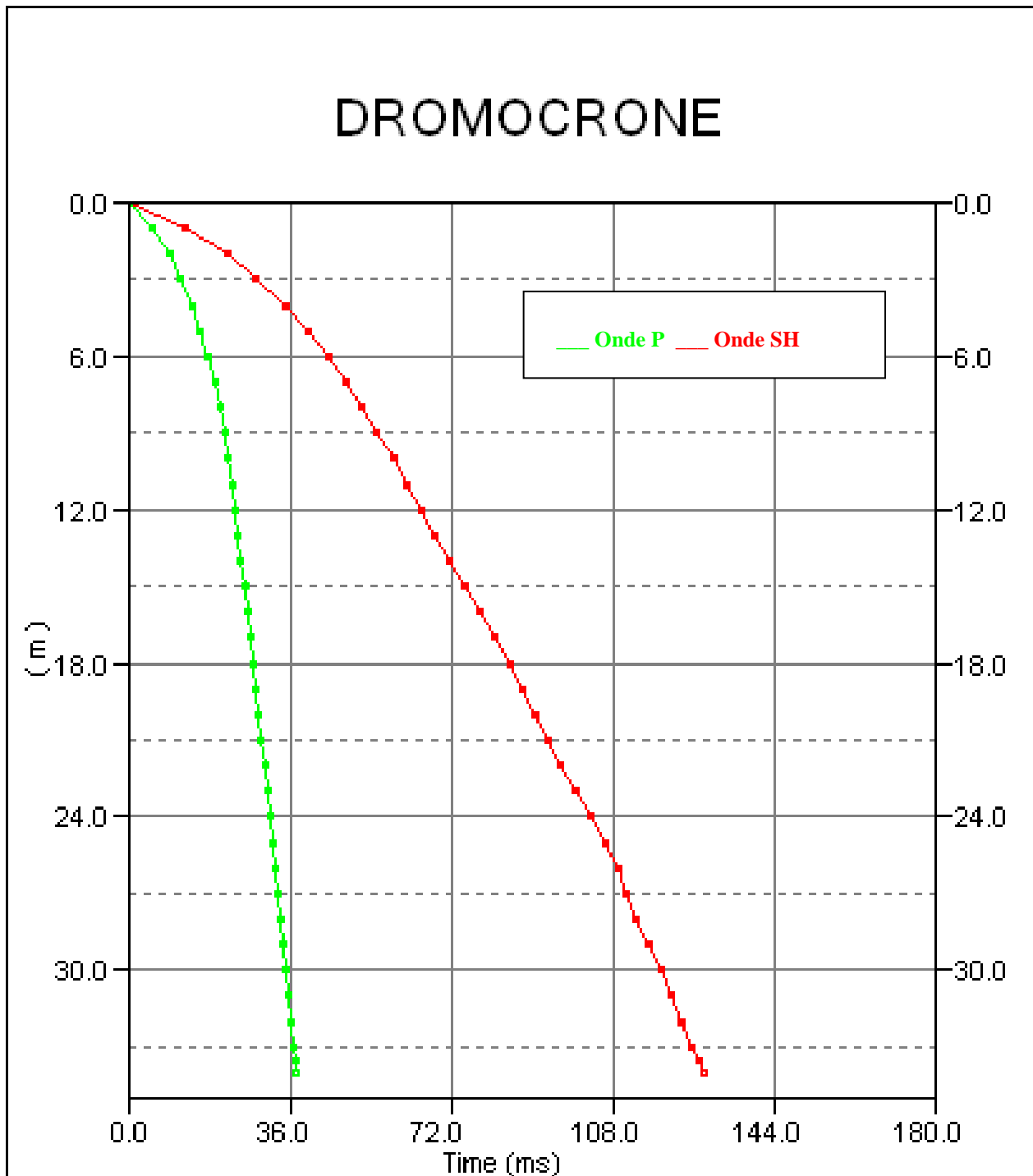
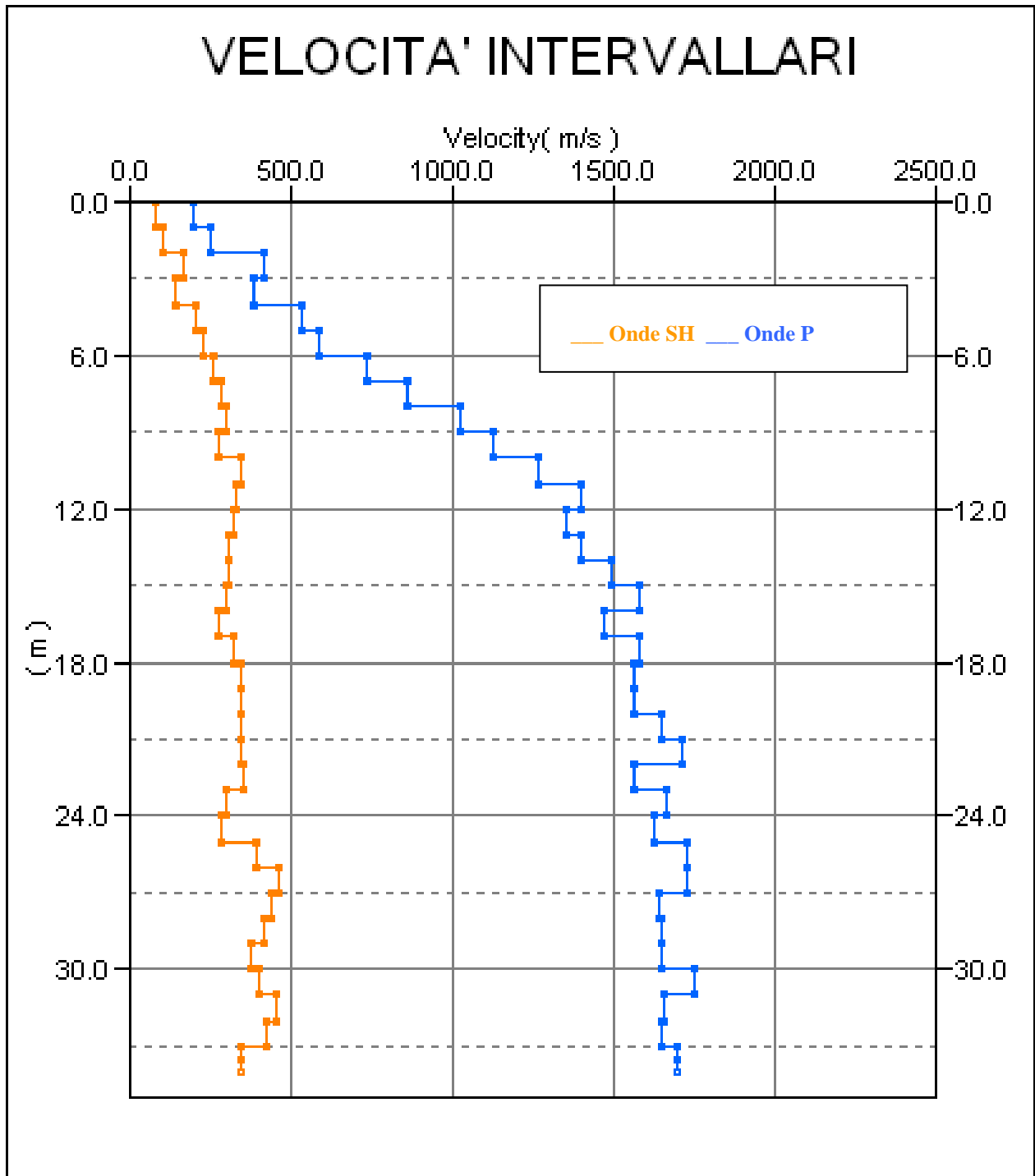


Tabella Tempi di arrivo					
Località:	Via Dei Ceramisti – Lastra a Signa, Firenze				
DOWN-HOLE	indagine eseguita nel foro del sondaggio				
	Dist. Shot-foro m:	4.50	Dist. Shot-foro m:	4.50	
		ONDE P		ONDE SH	
m dal p.c.	Tempi obliqui (ms)	Tempi verticali (ms.)	Tempi obliqui (ms)	Tempi verticali (ms)	
0	21.35	0.00	52.14	0.00	
1.00	20.83	5.05	51.09	12.39	
2.00	20.17	9.02	49.39	22.09	
3.00	19.09	11.46	46.94	28.16	
4.00	19.91	14.08	49.65	35.11	
5.00	20.44	15.96	51.22	40.00	
6.00	21.22	17.66	53.45	44.47	
7.00	21.91	19.02	55.68	48.34	
8.00	22.57	20.18	58.07	51.94	
9.00	23.15	21.16	60.52	55.31	
10.00	23.74	22.05	63.54	58.99	
11.00	24.30	22.84	65.89	61.93	
12.00	24.82	23.55	68.51	65.00	
13.00	25.41	24.29	71.26	68.11	
14.00	26.00	25.00	74.28	71.42	
15.00	26.57	25.67	77.29	74.68	
16.00	27.12	26.31	80.43	78.03	
17.00	27.73	26.99	83.97	81.74	
18.00	28.30	27.62	86.91	84.84	
19.00	28.88	28.26	89.69	87.77	
20.00	29.48	28.90	92.48	90.68	
21.00	30.04	29.51	95.26	93.58	
22.00	30.59	30.10	98.04	96.46	
23.00	31.20	30.74	100.83	99.33	
24.00	31.77	31.34	104.15	102.73	
25.00	32.36	31.95	107.68	106.33	
26.00	32.91	32.53	110.17	108.89	
27.00	33.47	33.11	112.27	111.06	
28.00	34.06	33.72	114.49	113.34	
29.00	34.65	34.33	116.85	115.76	
30.00	35.24	34.93	119.47	118.42	
31.00	35.80	35.50	121.96	120.96	
32.00	36.39	36.10	124.14	123.18	
33.00	36.98	36.71	126.45	125.53	
33.50	37.27	37.01	127.90	126.99	
34.00	37.56	37.30	129.34	128.46	





COEFF. DI POISSON

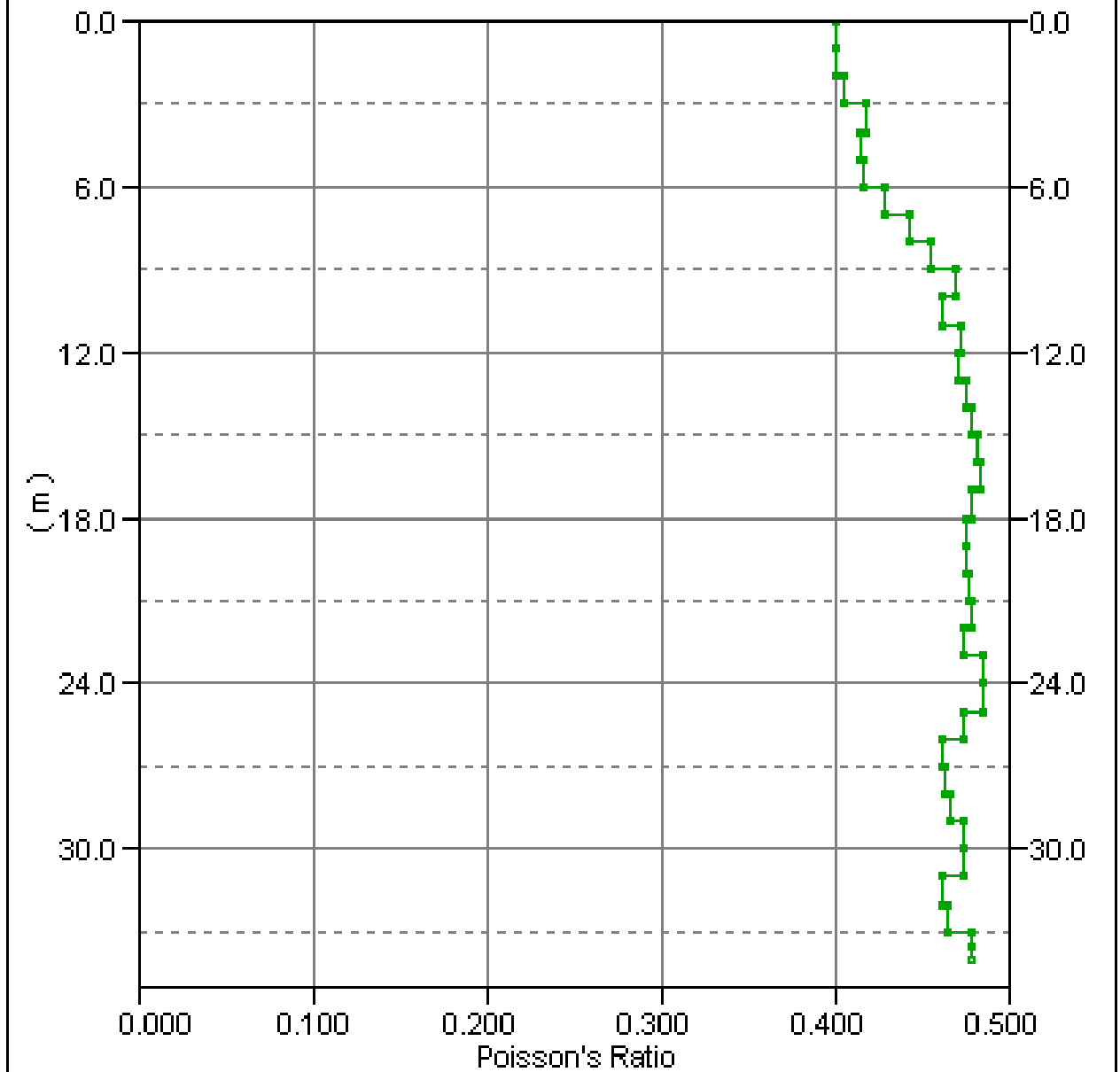


TABELLA RIEPILOGATIVA

Depth	Ts Pick	Ts Vertical	Vs Interval	Vs Average	Tp Pick	Tp Vertical	Vp Interval	Vp Average	Poisson's Ratio
0.00	52.14	0.00	---	---	21.35	0.00	---	---	---
1.00	51.09	12.39	80.70	80.70	20.83	5.05	198.00	198.00	0.40
2.00	49.39	22.09	103.10	90.60	20.17	9.02	251.90	221.70	0.40
3.00	46.94	28.16	164.60	106.50	19.09	11.46	410.90	261.90	0.40
4.00	49.65	35.11	144.00	113.90	19.91	14.08	381.10	284.10	0.42
5.00	51.22	40.00	204.50	125.00	20.44	15.96	532.50	313.30	0.41
6.00	53.45	44.47	223.50	134.90	21.22	17.66	588.30	339.80	0.42
7.00	55.68	48.34	258.50	144.80	21.91	19.02	732.50	368.00	0.43
8.00	58.07	51.94	278.10	154.00	22.57	20.18	862.40	396.40	0.44
9.00	60.52	55.31	296.70	162.70	23.15	21.16	1024.50	425.40	0.45
10.00	63.54	58.99	271.40	169.50	23.74	22.05	1127.50	453.60	0.47
11.00	65.89	61.93	340.70	177.60	24.30	22.84	1262.70	481.70	0.46
12.00	68.51	65.00	325.60	184.60	24.82	23.55	1402.30	509.50	0.47
13.00	71.26	68.11	321.00	190.90	25.41	24.29	1354.30	535.20	0.47
14.00	74.28	71.42	302.40	196.00	26.00	25.00	1400.50	559.90	0.48
15.00	77.29	74.68	306.60	200.90	26.57	25.67	1493.80	584.30	0.48
16.00	80.43	78.03	298.30	205.00	27.12	26.31	1574.90	608.20	0.48
17.00	83.97	81.74	269.80	208.00	27.73	26.99	1466.40	629.90	0.48
18.00	86.91	84.84	322.30	212.20	28.30	27.62	1580.00	651.70	0.48
19.00	89.69	87.77	341.50	216.50	28.88	28.26	1559.10	672.20	0.48
20.00	92.48	90.68	343.50	220.60	29.48	28.90	1564.90	692.00	0.48
21.00	95.26	93.58	345.30	224.40	30.04	29.51	1648.00	711.60	0.48
22.00	98.04	96.46	346.80	228.10	30.59	30.10	1707.40	731.00	0.48
23.00	100.83	99.33	348.00	231.50	31.20	30.74	1561.70	748.30	0.47
24.00	104.15	102.73	294.70	233.60	31.77	31.34	1667.10	765.90	0.48
25.00	107.68	106.33	277.70	235.10	32.36	31.95	1625.10	782.50	0.49
26.00	110.17	108.89	390.60	238.80	32.91	32.53	1722.90	799.20	0.47
27.00	112.27	111.06	461.90	243.10	33.47	33.11	1729.80	815.50	0.46
28.00	114.49	113.34	437.00	247.00	34.06	33.72	1643.30	830.40	0.46
29.00	116.85	115.76	414.50	250.50	34.65	34.33	1647.90	844.90	0.47
30.00	119.47	118.42	374.80	253.30	35.24	34.93	1651.90	858.90	0.47
31.00	121.96	120.96	394.60	256.30	35.80	35.50	1749.60	873.20	0.47
32.00	124.14	123.18	450.50	259.80	36.39	36.10	1658.80	886.30	0.46
33.00	126.45	125.53	425.00	262.90	36.98	36.71	1645.30	898.90	0.46
33.50	127.90	126.99	341.90	263.80	37.27	37.01	1694.70	905.20	0.48
34.00	129.34	128.46	342.00	264.70	37.56	37.30	1696.00	911.50	0.48

CALCOLO DELLE VS30

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la velocità di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Utilizzando la formula sopra riportata si ottiene il seguente valore (quota iniziale = piano campagna attuale): **Vs30 = 253 m/s** a cui corrisponde la categoria di suolo di fondazione di tipo **C**

Tabella : Categorie di suolo di fondazione(D.M. 14-09-2005; D.M. 14-01-2008)

CAT.	DESCRIZIONE PROFILO STRATIGRAFICO	PARAMETRI		
		Vs 30 m/sec.	N spt	Cu (Kpa)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.	> 800	-	-
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	360-800	>50	>250
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	180-360	<50	70-250
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	<180	<15	<70
E	E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s).			

Documentazione Fotografica



MALMANTILE



Introduzione

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati dell'indagine sismica eseguita mediante metodologia MASW in data 20 aprile 2010, per conto della committenza, all'interno di un'area in via Vecchia Pisana, 47/D località Malmantile - Comune di Lastra a Signa (FI) – **Fig. 1.**

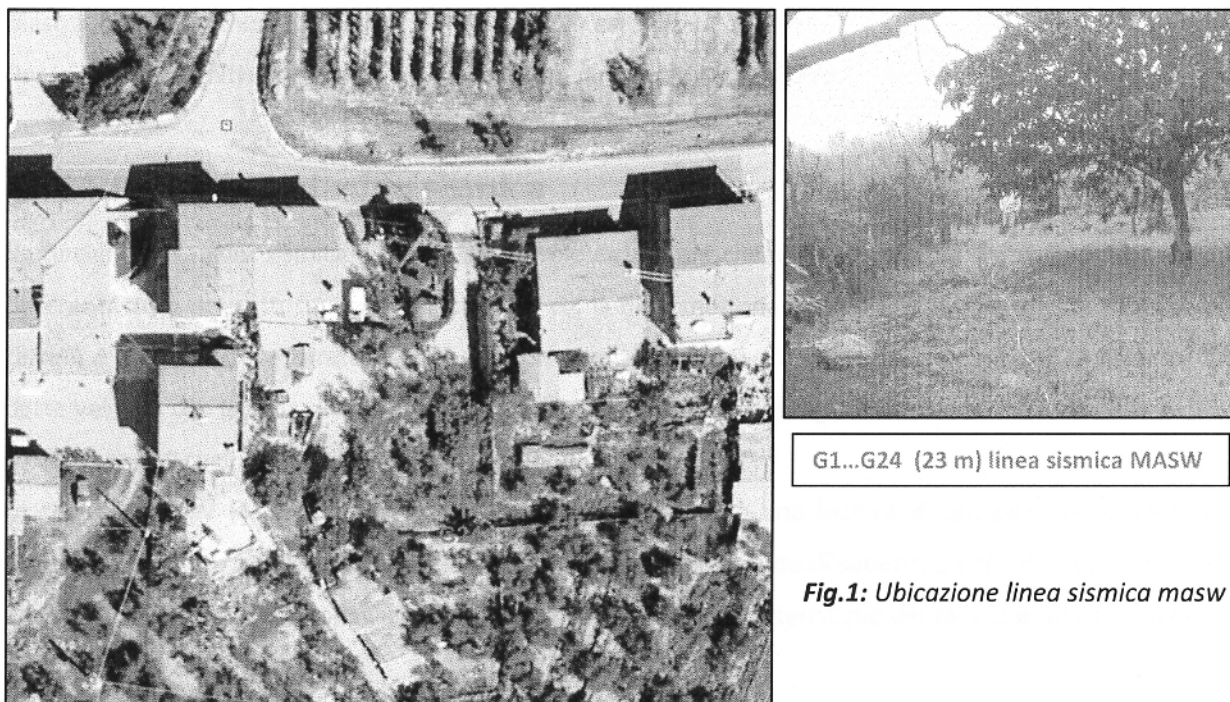


Fig.1: Ubicazione linea sismica masw

E' stata eseguita una campagna geofisica mediante acquisizione MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999) al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame, ed in particolare i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette Vs30), così come previsto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni. La classificazione dei terreni è stata svolta sulla base del valore della Vs30 (il valore medio della Vs nei primi 30 m di profondità) definita dalla relazione:

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

in cui V_s_i e h_i sono rispettivamente la velocità delle onde di taglio e lo spessore dell'i-esimo strato.

Di seguito vengono descritte le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, congiuntamente all'interpretazione scaturita dai dati elaborati.

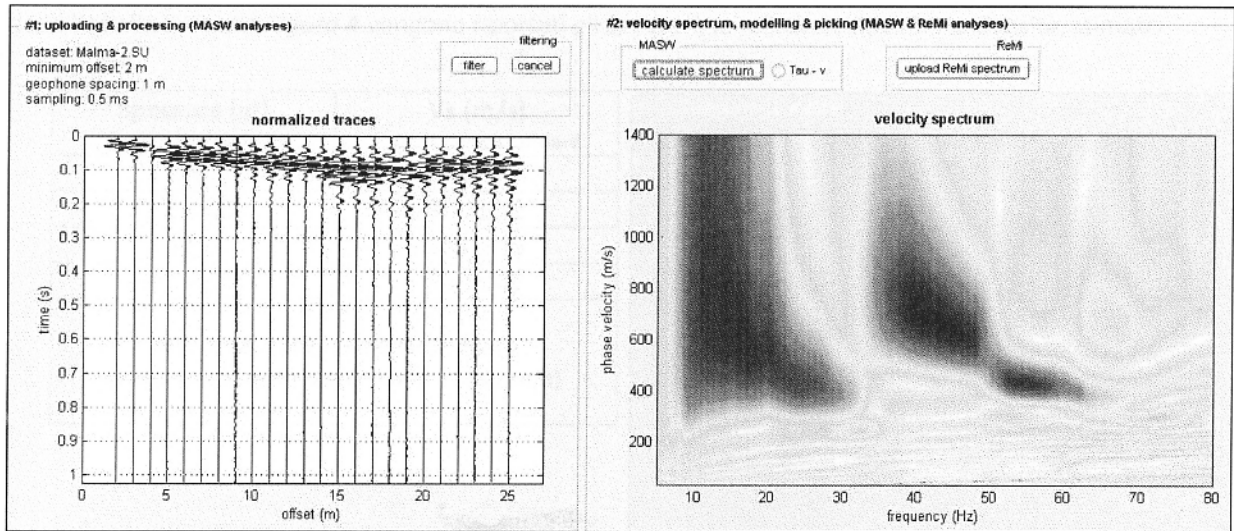


Fig. 2: Dati di campagna (a sinistra), spettro di velocità calcolato (a destra).

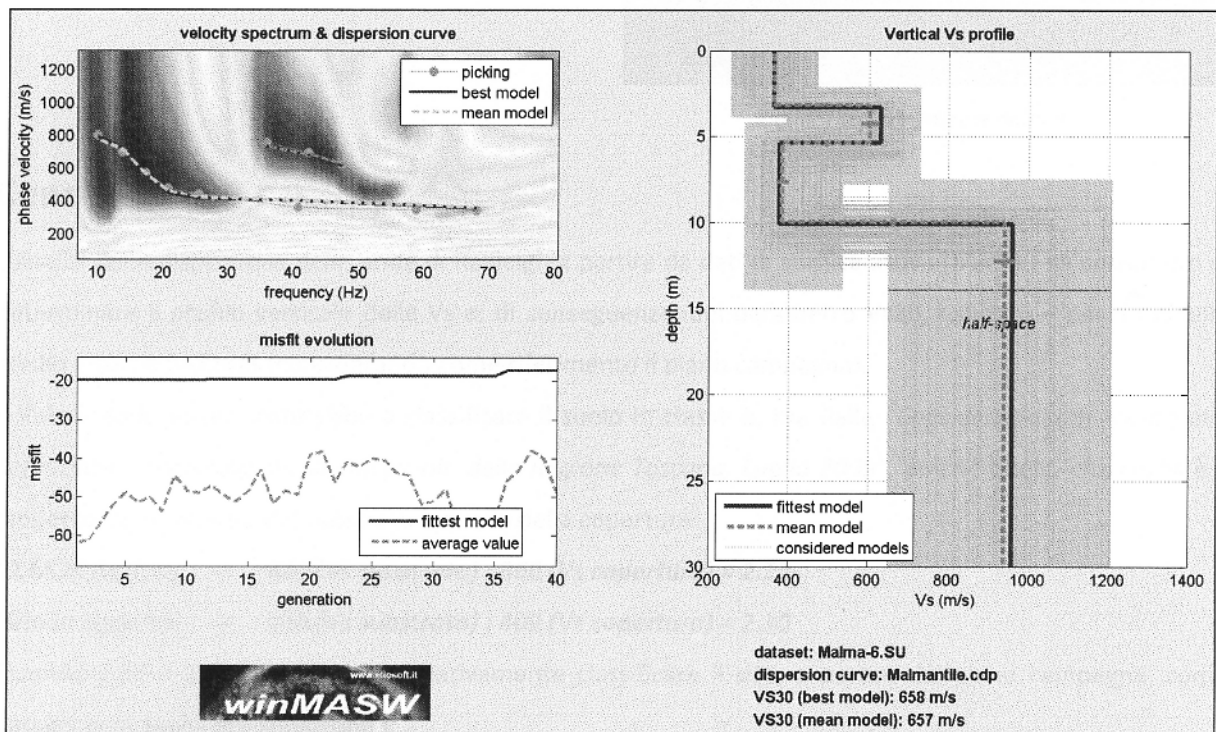


Fig. 3: Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione "piccate" e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale Vs identificato (vedi anche Tabella 1). In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).

Nella **Tabella 1** e nella **Figura 4** vengono riportati gli spessori, le relative velocità e la densità, stimati.

Spessore (m) e deviazione standard	Vs (m/s) e deviazione standard
3.1 ± 0.1	362 ± 4
2.2 ± 0.2	603 ± 22
4.6 ± 0.2	383 ± 15
semi-spazio	940 ± 27

**Tab. 1: Modello medio individuato
(Vs30 del modello medio dal p.c.: 657 m/s)**

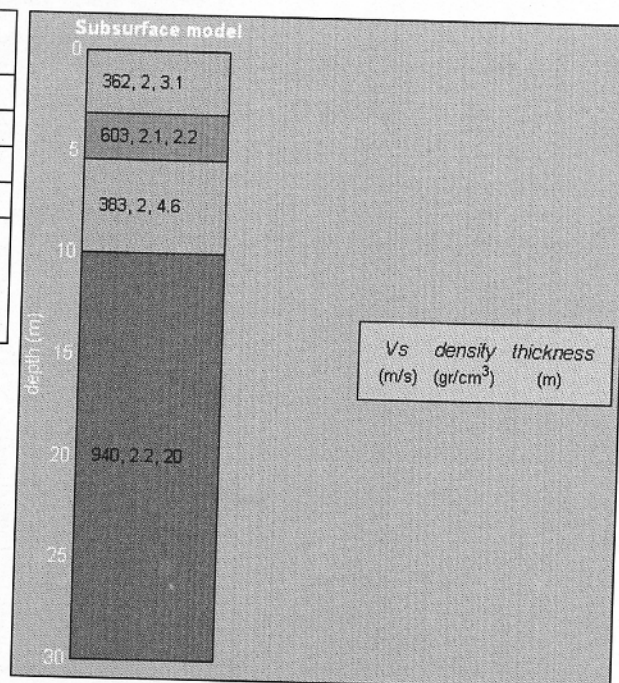


Fig. 4: Profilo verticale dalla Vs

Conclusioni

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della Vs e, di conseguenza, del parametro **Vs30**, risultato – per il modello medio – pari a **657 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna).

Il Valore della Vs 30 porterebbe a classificare il suolo in classe B, ma dalle "Considerazioni in merito alla definizione delle categorie di sottosuolo della Regione Toscana, Luglio 2009", poiché quello che conta è il rapporto tra la velocità del substrato e quella della copertura:

$$(D.M.14/01/08) \rightarrow 800 (Vs \text{ substrato}) : 360 (Vs \text{ copertura}) = 2.22$$

$$(Sito \text{ in oggetto}) \rightarrow 940 (Vs \text{ substrato}) : 409 (Vs \text{ copertura}) = 2.30$$

Essendo $2.30 > 2.22$ possiamo cautelativamente classificare il sito, a partire dal piano campagna, come **Categoria di Suolo di Fondazione E**.



Via Ascari, 6 44019 FERRARA

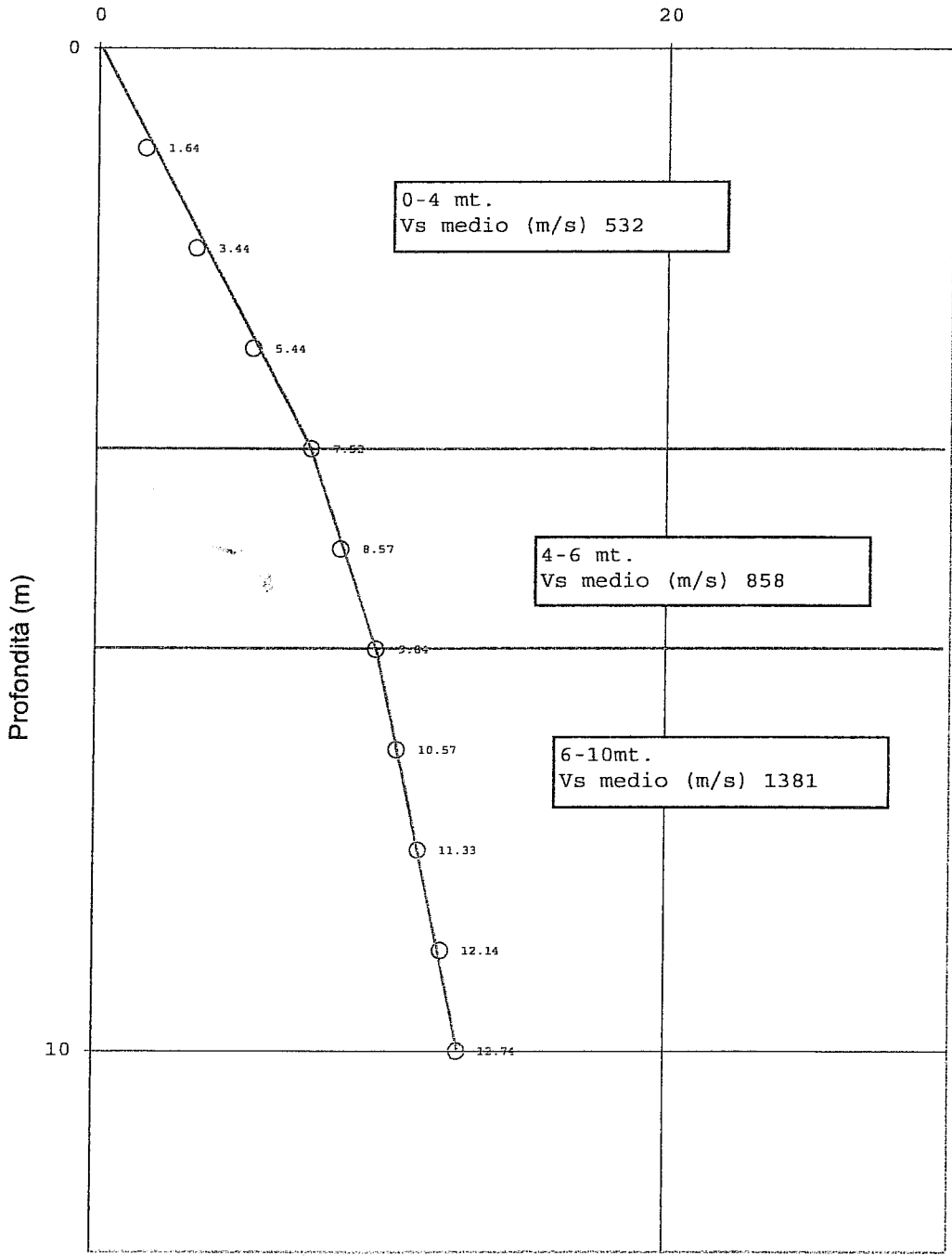
tel. 0532 773136 fax 0532 776455

E mail info@songeo.it Sito www.songeo.it

CONCESSIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI N° 56718 DEL 17.09.2007 SETTORE C: PROVE IN SITO
(CIRCOLARE N° 349/STC DEL 16.12.1999)

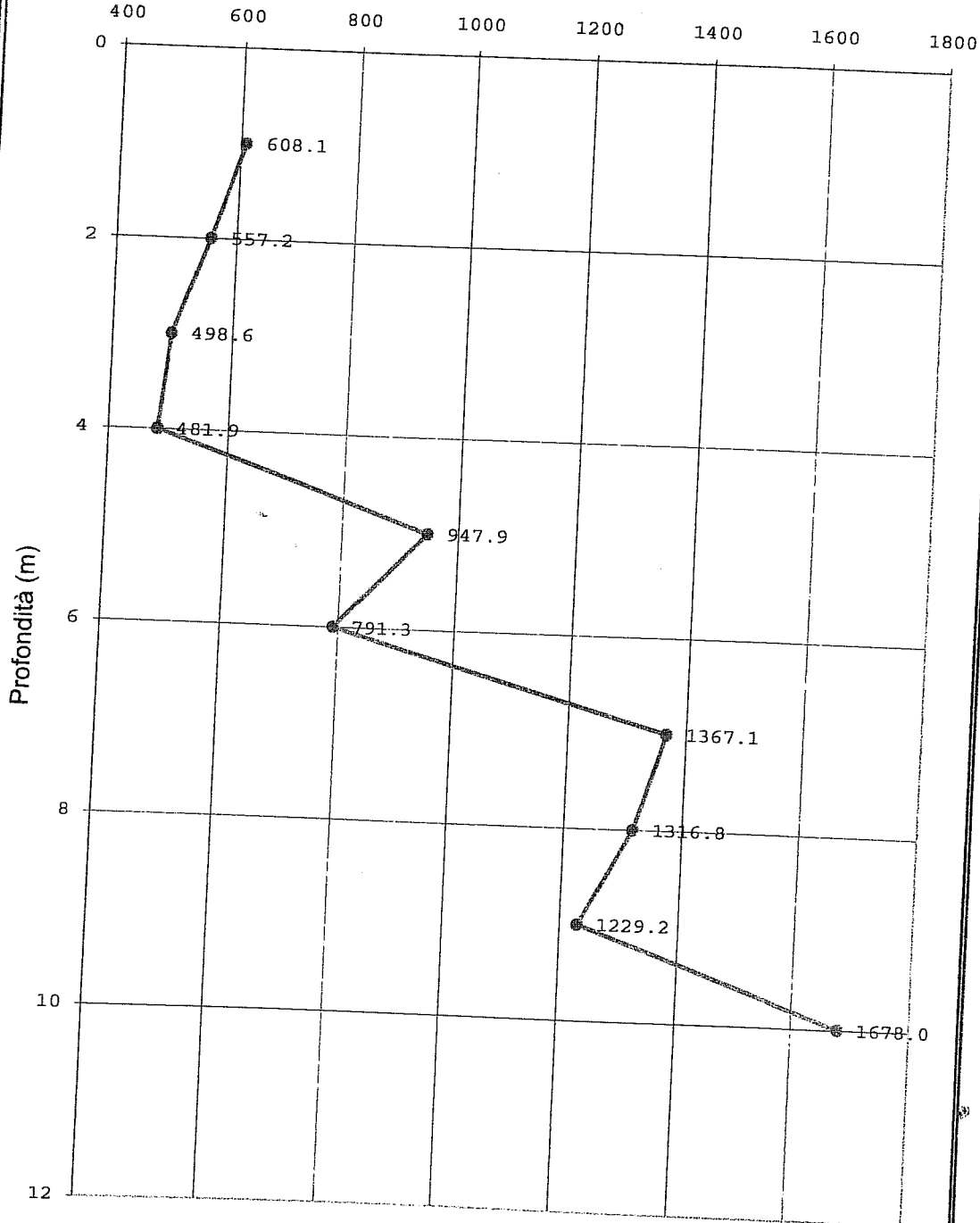
DROMOCRONA RILIEVO SISMICO DOWN HOLE

Tempo (msec)

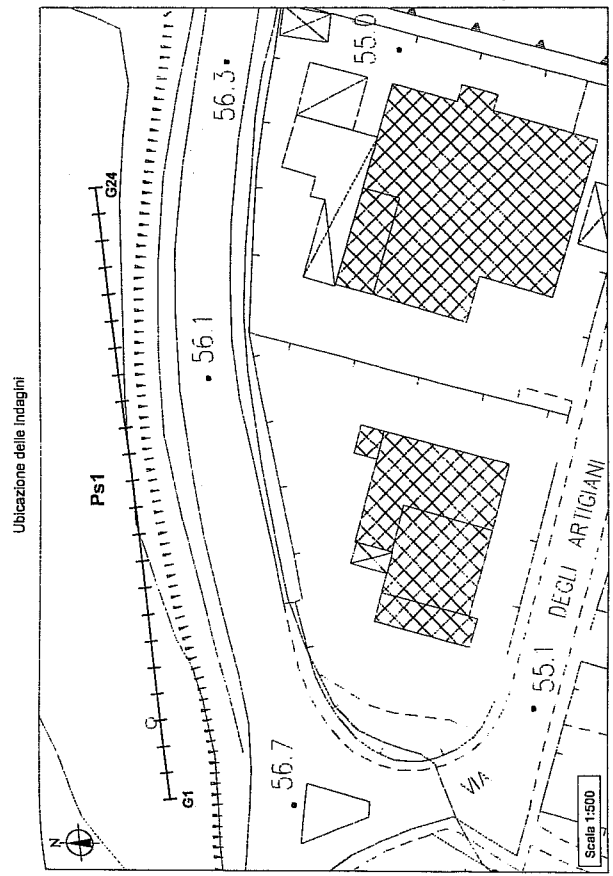


DIAGRAFIA RILIEVO SISMICO DOWN HOLE

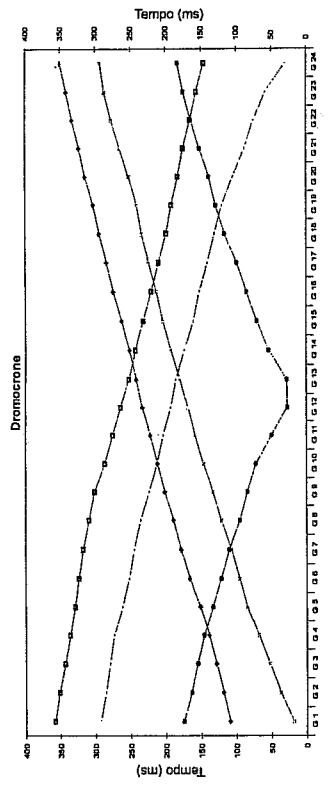
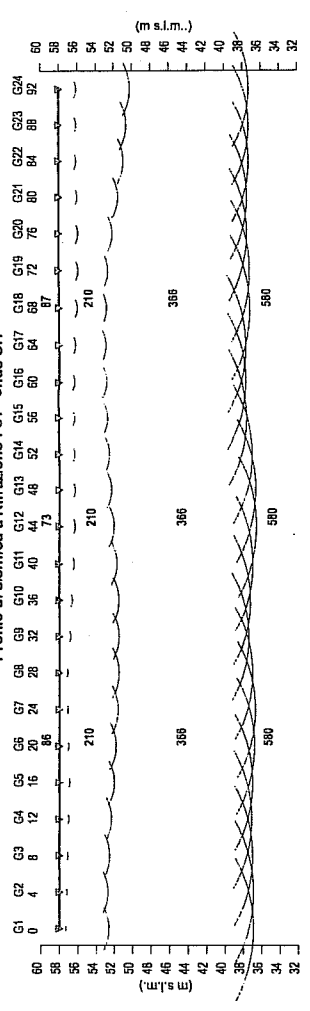
Velocità (m/s)



GINESTRA FIORENTINA



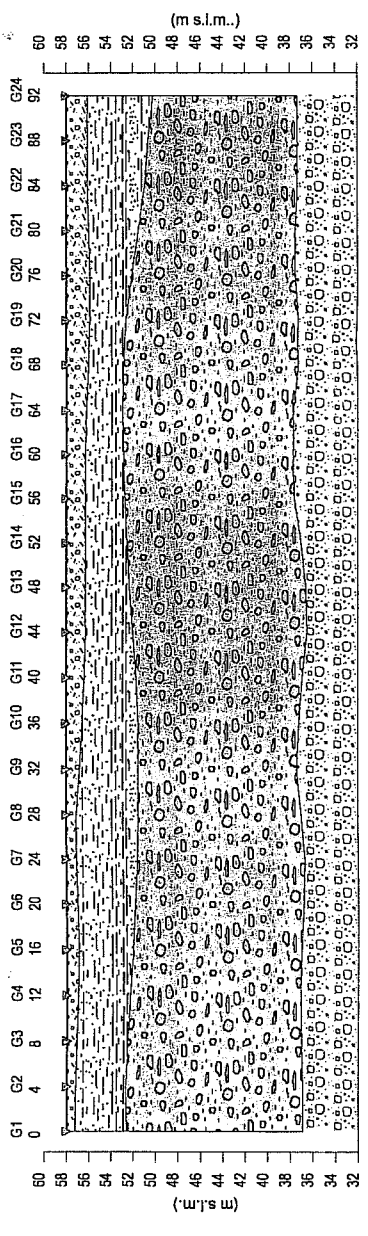
Profilo di sismica a Rifrazione Ps1 - onde SH



Legenda:

- Chiodino
- Distanza della superficie topografica dal limite di strato
- 1:328 Velocità in m/sec.
- Concreti labirinto
- Foglie prunella
- Scala 1:400
- ▲ Alluminio anodato
- ▲ Alluminio anodato
- C. Centrale
- D. Esterno destro
- E. Esterno sinistro

Ps1 - onde SH- interpretazione sismostratigrafica



Z1 (m)	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.0	0.9	1.2	1.4	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8	2.0	2.1	2.1	2.0	1.9	1.9	1.9	
Z2 (m)	4.7	4.5	4.6	4.7	4.9	5.2	5.5	5.6	5.3	5.1	4.7	4.3	4.0	3.8	3.6	3.5	3.3	3.2	3.3	3.8	4.5	5.2	5.5	5.9
Z3 (m)	15.7	15.8	15.5	15.2	15.0	15.0	14.9	14.5	14.1	14.3	14.8	15.5	15.7	15.5	15.1	15.1	15.2	15.6	15.4	14.6	14.0	13.6	13.3	12.9
H2 (m)	5.4	5.3	5.5	5.7	6.0	6.2	6.4	6.5	6.5	6.3	6.0	5.7	5.5	5.3	5.2	5.1	5.2	5.4	5.9	6.5	7.1	7.4	7.8	
H3 (m)	21.1	21.1	21.0	20.9	21.0	21.2	21.3	21.0	20.6	20.8	21.1	21.5	21.4	21.0	20.4	20.3	20.3	20.8	20.5	20.5	20.5	20.7	20.7	20.7
V1 (m/s)	95	94	92	90	88	86	83	81	79	77	75	73	71	74	77	81	84	87	90	93	97	100	103	103
V2 (m/s)	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
V3 (m/s)	366	366	366	366	366	366	366	366	366	366	366	366	366	366	366	366	366	366	366	366	366	366	366	366
V4 (m/s)	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590	590

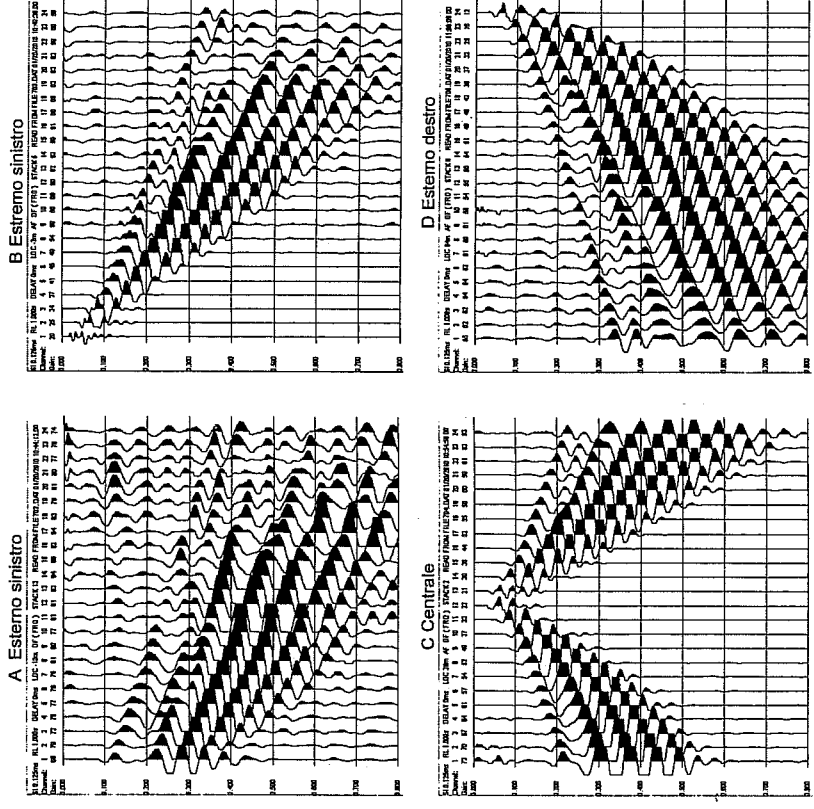
Legenda:

- Materiali di copertura
- Depositi alluvionali:
 - limi, ghiaie ed argille
 - Ghiaie cementate

Scala 1:400

Z1 = Spessore del primo orizzonte
 Z2 = Spessore del secondo orizzonte
 Z3 = Profondità del secondo orizzonte
 H2 = Velocità del primo orizzonte sismico
 H3 = Velocità del secondo orizzonte sismico
 V1 = Velocità del terzo orizzonte sismico
 V2 = Velocità del quarto orizzonte sismico
 V3 = Velocità del quinto orizzonte sismico

Registrazioni Ps1 - onde SH



Dati Ps1 - onde SH

Staz. N°	Dist. m	ShotA ms	ShotB ms	ShotC ms	ShotD ms	ShotE ms	Q m/slim	V1 m/slim	Z1 m	Q1 m/slim	V2 m/slim	Z2 m	H2 m	Q2 m/slim	V3 m/slim	Z3 m	H3 m	Q3 m/slim	V4 m/slim	Vs30
1	0	109.10	19.00	175.20	293.20	358.30	58.0	96	0.7	57.3	210	4.7	5.4	52.6	366	15.7	21.1	36.9	560	341
2	4	118.80	37.12	164.20	285.60	351.60	58.0	94	0.8	57.2	210	4.5	5.3	52.7	366	15.8	21.1	36.9	560	339
3	8	128.70	52.87	155.10	279.80	344.00	58.0	92	0.9	57.1	210	4.6	5.5	52.5	366	15.5	21.0	37.0	560	335
4	12	139.30	66.25	146.50	274.20	336.70	58.0	90	1.0	57.0	210	4.7	5.7	52.3	366	15.2	20.9	37.1	560	331
5	16	151.30	84.50	133.60	267.30	329.50	58.0	88	1.1	56.9	210	4.9	6.0	52.0	366	15.0	21.0	37.0	560	326
6	20	166.50	95.87	122.30	252.60	324.00	58.0	86	1.0	57.0	210	5.2	6.2	51.8	366	15.0	21.2	36.8	560	324
7	24	178.70	107.10	110.30	245.50	317.70	58.0	83	0.9	57.1	210	5.6	6.4	51.6	366	14.9	21.3	36.7	560	323
8	28	188.50	122.00	95.37	236.10	309.70	58.0	81	0.9	57.1	210	5.3	6.5	51.5	366	14.1	20.6	37.4	560	315
9	32	202.10	133.80	84.12	224.30	301.70	58.0	79	1.2	56.8	210	5.3	6.5	51.5	366	14.3	20.8	37.2	560	308
10	36	212.10	147.30	72.37	213.10	297.30	58.0	77	1.4	56.6	210	5.1	6.5	51.5	366	14.8	21.1	36.9	560	302
11	40	222.30	158.50	60.00	204.00	275.80	58.0	75	1.6	56.4	210	4.7	6.3	51.7	366	15.2	21.5	36.5	560	288
12	44	233.10	169.00	47.25	195.00	264.60	58.0	73	1.7	56.3	210	4.3	6.0	52.0	366	15.5	21.4	36.6	560	288
13	48	241.70	180.00	34.80	185.50	252.60	58.0	71	1.7	56.3	210	4.0	5.7	52.3	366	15.7	21.4	36.6	560	288
14	52	252.00	192.00	22.80	174.00	243.00	58.0	74	1.7	56.3	210	3.8	5.5	52.5	366	15.5	21.0	37.0	560	303
15	56	262.80	204.10	10.50	160.70	231.80	58.0	77	1.7	56.3	210	3.6	5.3	52.7	366	15.1	20.4	37.6	560	309
16	60	274.60	213.20	85.12	152.10	220.50	58.0	81	1.7	56.3	210	3.5	5.2	52.8	366	15.1	20.3	37.7	560	314
17	64	284.00	224.20	99.12	141.00	209.80	58.0	84	1.8	56.2	210	3.3	5.1	52.9	366	15.2	20.3	37.7	560	314
18	68	295.50	233.70	117.10	130.80	199.00	58.0	87	2.0	56.0	210	3.2	5.2	52.8	366	15.6	20.8	37.2	560	310
19	72	302.80	241.10	129.10	120.80	192.10	58.0	90	2.1	55.9	210	3.3	5.4	52.6	366	15.4	20.8	37.2	560	308
20	76	314.50	252.70	139.20	104.70	182.80	58.0	93	2.1	55.9	210	3.8	5.9	52.1	366	14.6	20.5	37.5	560	309
21	80	323.00	265.50	152.00	88.00	175.50	58.0	97	2.0	56.0	210	4.5	6.5	51.5	366	14.0	20.5	37.5	560	310
22	84	333.10	277.20	164.70	74.75	165.70	58.0	100	1.9	56.1	210	5.2	7.1	50.9	366	13.6	20.7	37.3	560	309
23	88	341.60	287.00	175.10	58.00	156.30	58.0	103	1.9	56.1	210	5.5	7.4	50.6	366	13.3	20.7	37.3	560	309
24	92	350.20	293.20	183.20	25.62	146.10	58.0	103	1.9	56.1	210	5.9	7.8	50.2	366	12.9	20.7	37.3	560	307

Legenda:

- Z1 = Spessore del primo orizzonte
- H2 = Spessore del secondo orizzonte
- H3 = Profondità del secondo orizzonte
- V2 = Velocità del primo orizzonte sismico
- V3 = Velocità del secondo orizzonte sismico
- Q = Quota del geofono in m s.l.m.
- Q1 = Quota della profondità del primo orizzonte sismico
- Q2 = Quota della profondità del secondo orizzonte sismico

Tempi di arrivo



Introduzione

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati dell'indagine sismica eseguita mediante metodologia MASW in data 13 gennaio 2011, per conto della committenza e su indicazioni del Dott. Geol. Andrea Tonini, all'interno di un'area in via Chiantigiana, 315/A – Loc. Ginestra F.na – Comune di Lastra a Signa (FI) – Fig. 1.



Fig.1: Ubicazione linea sismica masw

E' stata eseguita una campagna geofisica mediante acquisizione MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999) al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame, ed in particolare i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette Vs30), così come previsto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni. La classificazione dei terreni è stata svolta sulla base del valore della Vs30 (il valore medio della Vs nei primi 30 m di profondità) definita dalla relazione:

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

in cui V_{s_i} e h_i sono rispettivamente la velocità delle onde di taglio e lo spessore dell' i -esimo strato.

Di seguito vengono descritte le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, congiuntamente all'interpretazione scaturita dai dati elaborati.

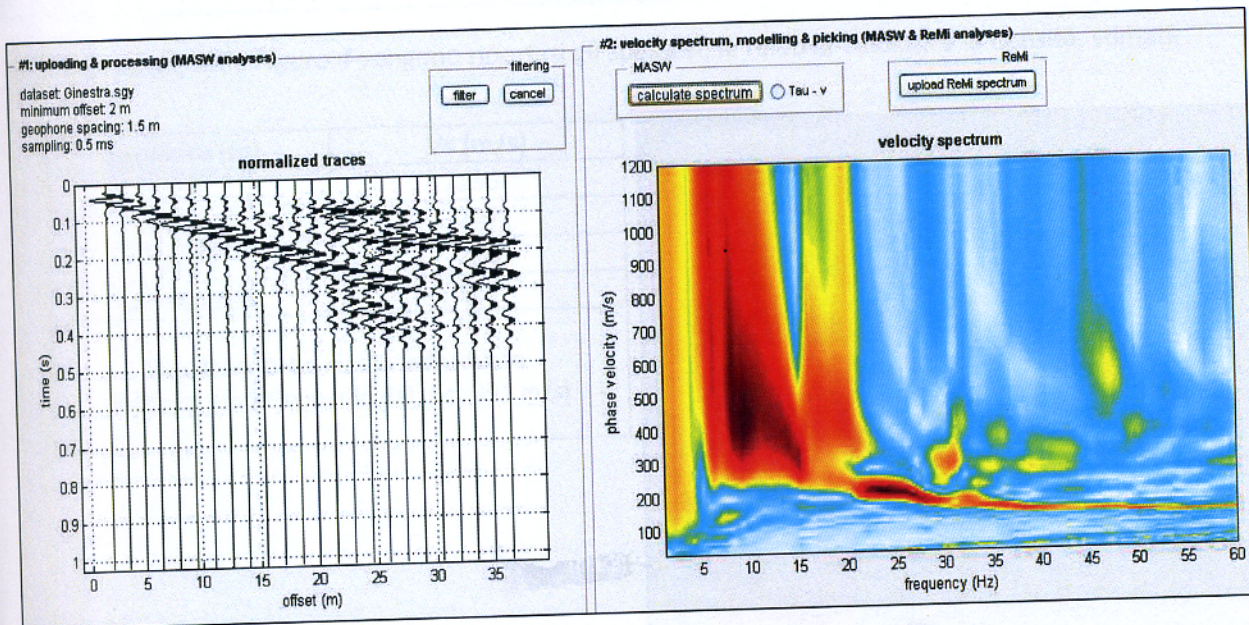


Fig. 2: Dati di campagna (a sinistra), spettro di velocità calcolato (a destra).

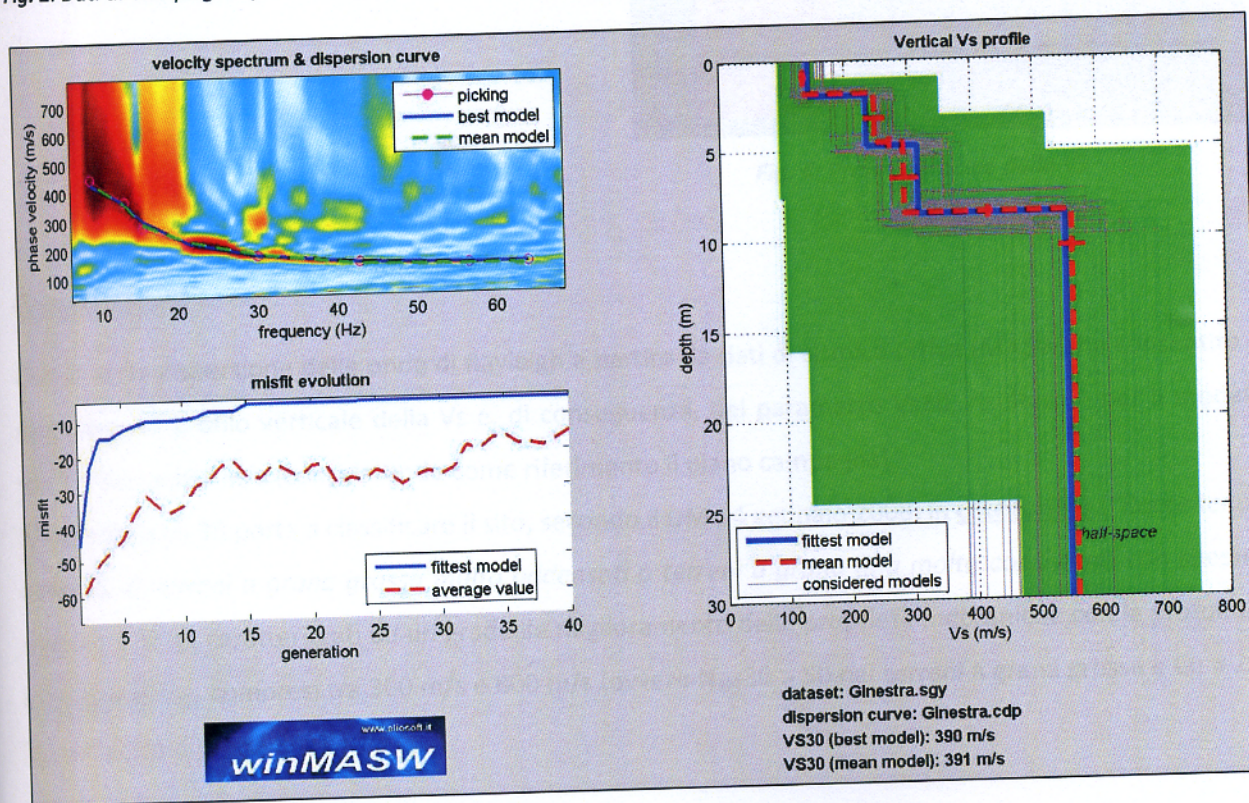


Fig. 3: Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione "piccate" e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale Vs identificato (vedi anche Tabella 1). In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).

Nella **Tabella 1** e nella **Figura 4** vengono riportati gli spessori, le relative velocità e la densità, stimati.

Spessore (m)	Vs (m/s)
1.8	136
2.8	247
3.9	293
semi-spazio	557

**Tab. 1: Modello medio individuato
(Vs30 del modello medio dal p.c.: 391 m/s)**

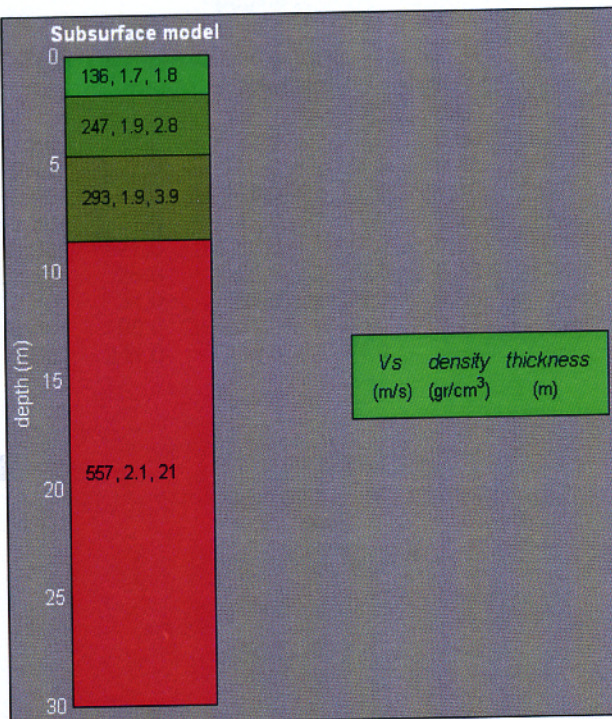


Fig. 4: Profilo verticale dalla Vs

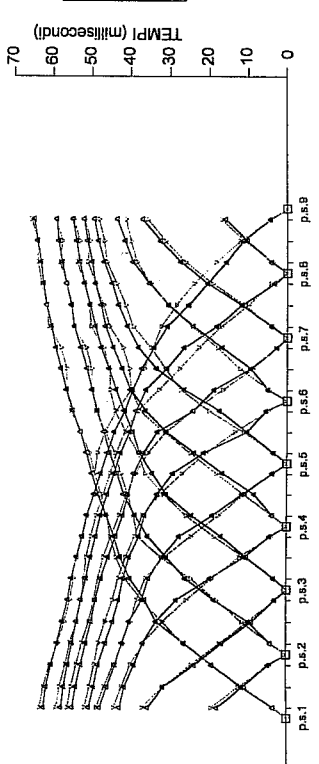
Conclusioni

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della Vs e, di conseguenza, del parametro **Vs30**, risultato – per il modello medio – pari a **391 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna).

Il Valore della Vs 30 porta a classificare il sito, secondo il DM 14 gennaio 2008, in **categoria 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 $N_{SPT30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $Cu > 250$ kPa nei terreni a grana fina)").

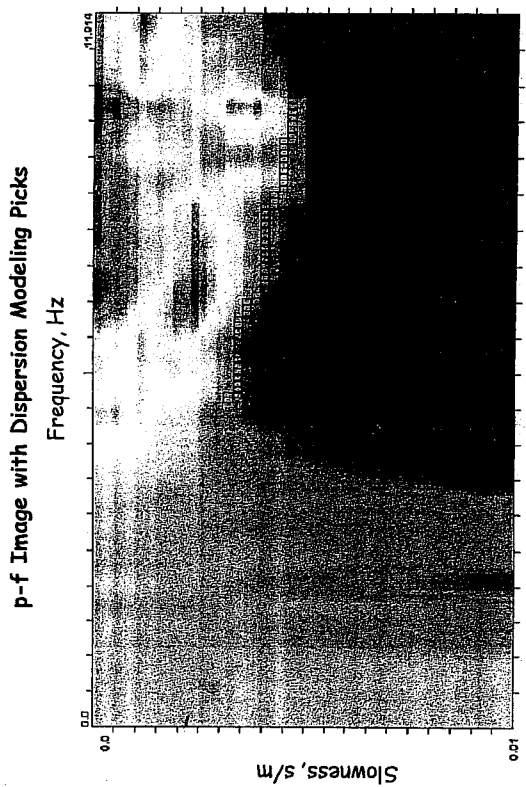
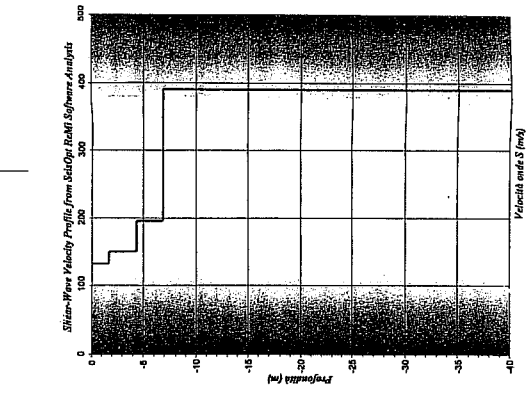
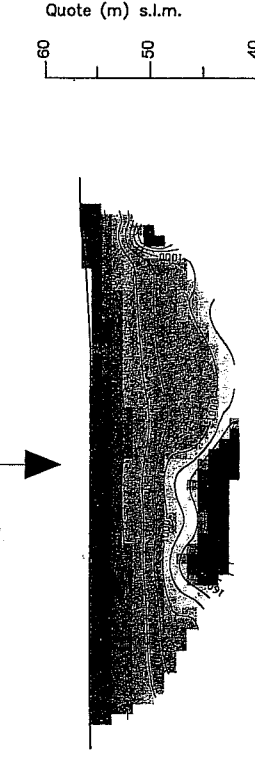
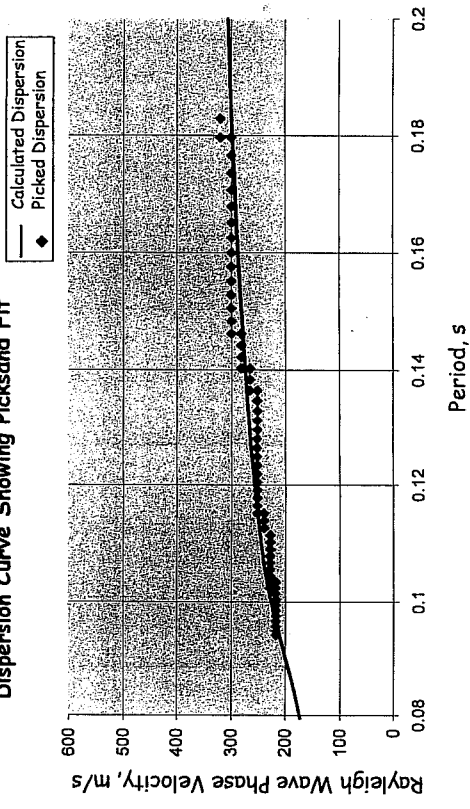
Prova Re.Mi

Numero Archivio
21_MASW_REMI



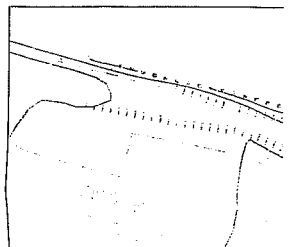
Vs Refraction Microtremor,
Vs30 = 295 m/s
Site Class C

Dispersion Curve Showing Picks and Fit



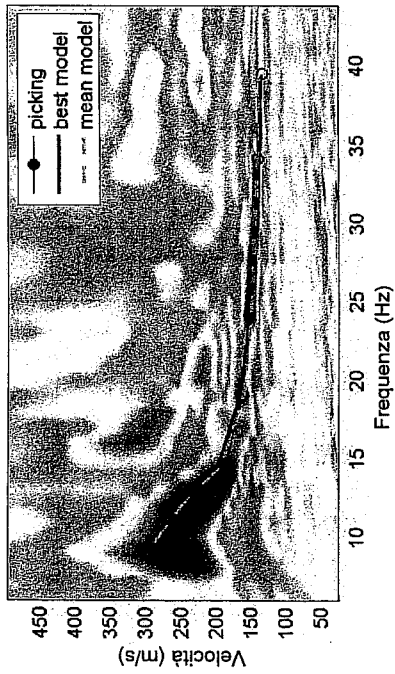
LEGENDA:

- ▲ dati sperimentali
- ▲ valori calcolati con l'interpretazione tomografica
- Dromocrono
- Punto di scoppio
- Superficie topografica



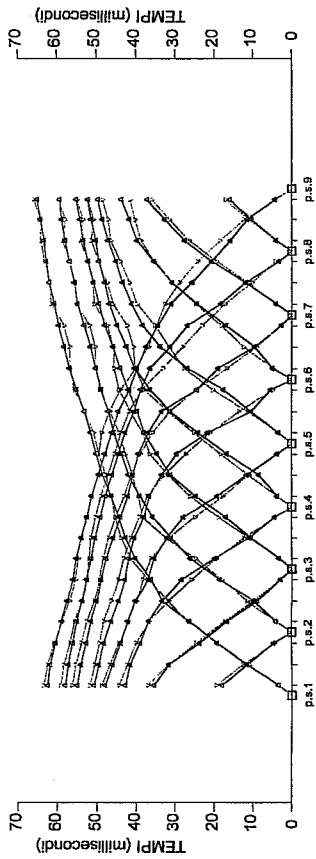
Prova MASW

SPECTRO DI VELOCITA' E CURVE DI DISPERSIONE



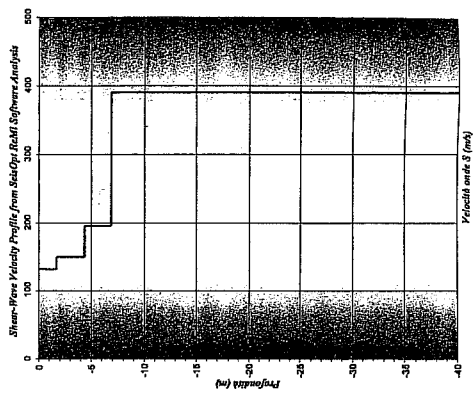
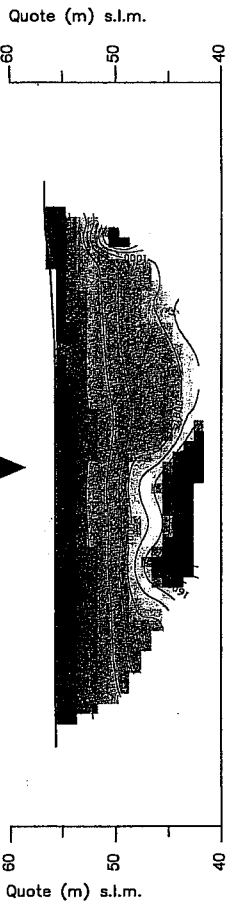
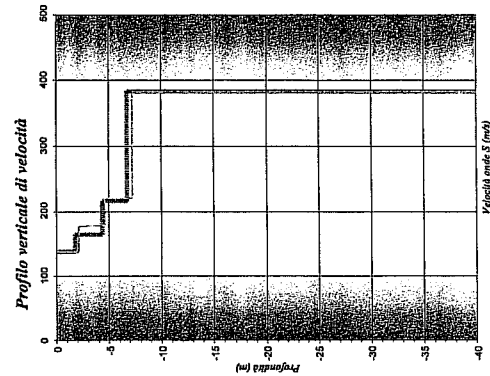
Prova Re.Mi

Vs Refraction Microtremore
 Vs30 = 295 m/s
 Site Class C



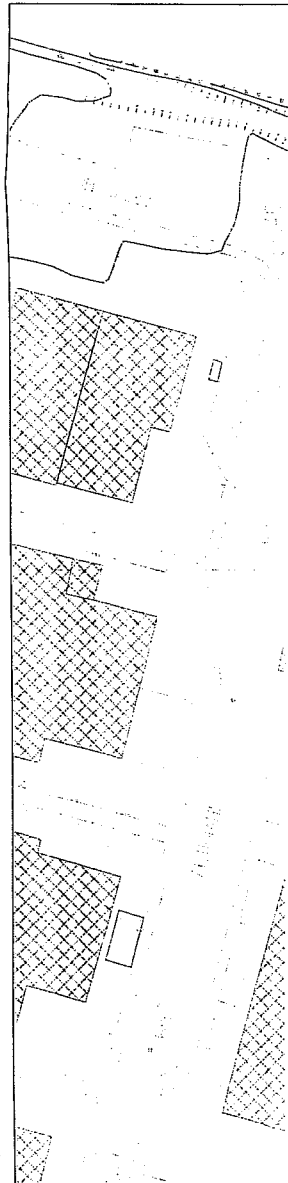
MASW REMI

best model
 Vs30 = 298 m/s
 Site Class C
 mean model
 Vs30 = 299 m/s
 Site Class C



PLANIMETRIA UBICATIVA

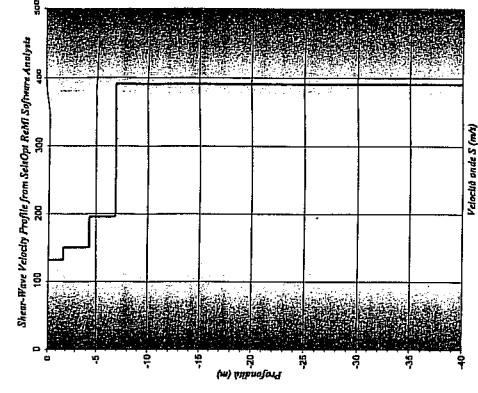
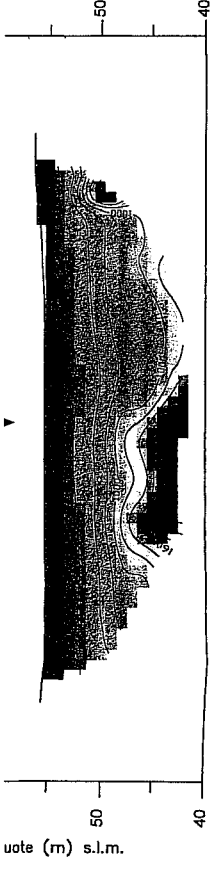
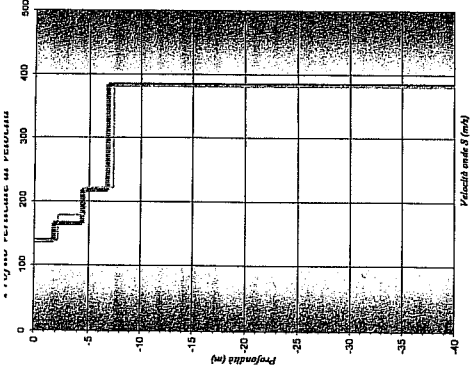
scala 1:1.000



LEGENDA:

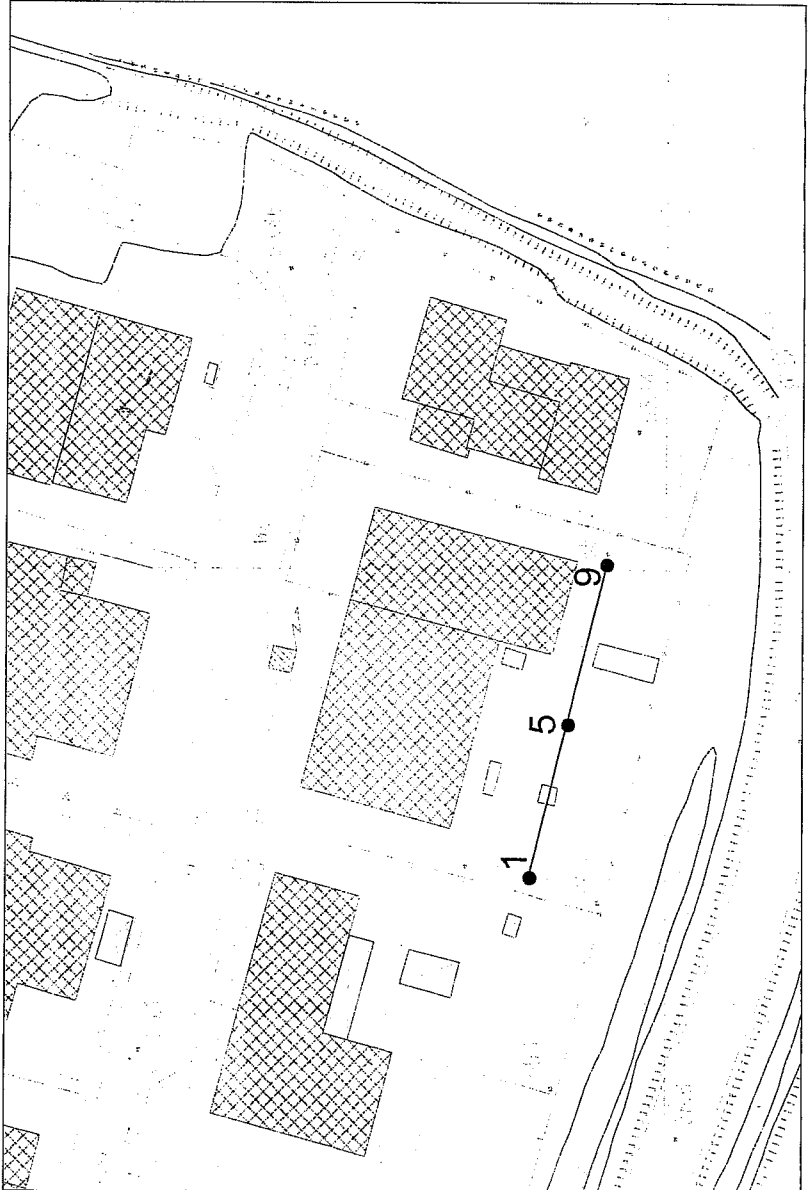
- ▲ dati sperimentali
- valori calcolati con l'interpretazione tomografica
- Dromocrone
- Punto di scoppio
- Superficie topografica

$V_{530} = 298 \text{ m/s}$
Site Class C
 mean model
 $V_{530} = 299 \text{ m/s}$
Site Class C



PLANIMETRIA UBICATIVA

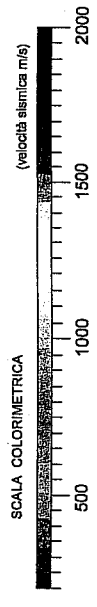
scala 1:1.000

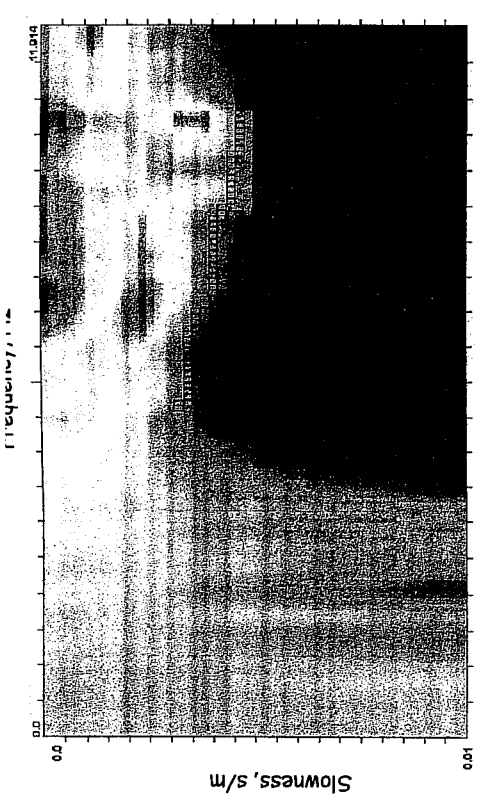
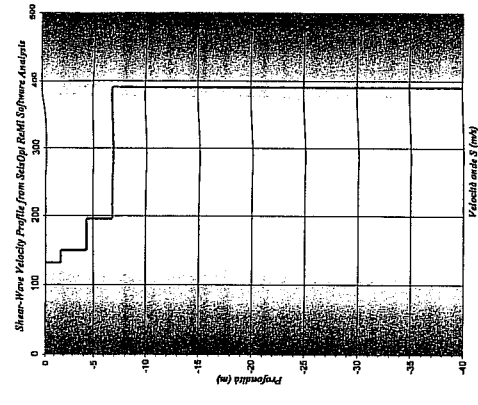
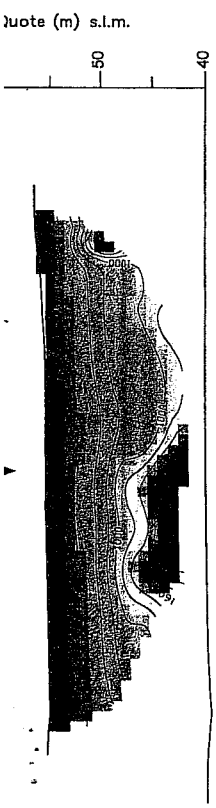


Profilo sismico a rifrazione con ubicazione dei punti di scoppio di riferimento

LEGENDA:

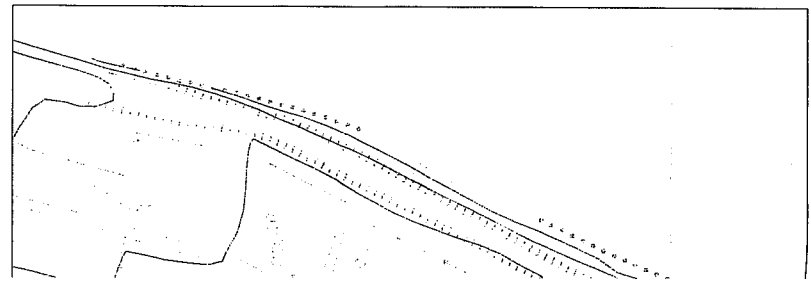
- dati sperimentali
- valori calcolati con l'interpretazione tomografica
- Punto di scoppio
- Superficie topografica
- Curve di isovelocità e relativo valore
- Prove ReMi e Masw
- Maglia della tomografica 1,0 x 1,0 m





LEGENDA:

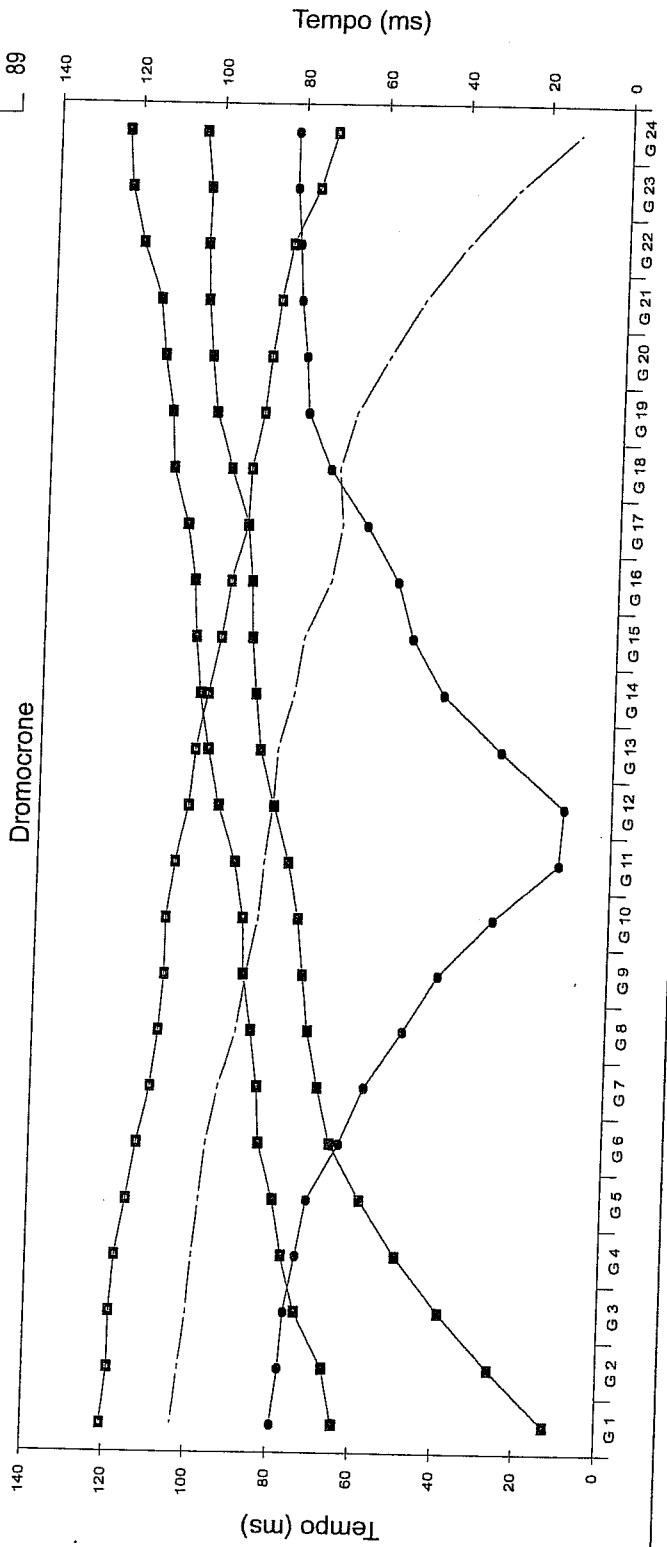
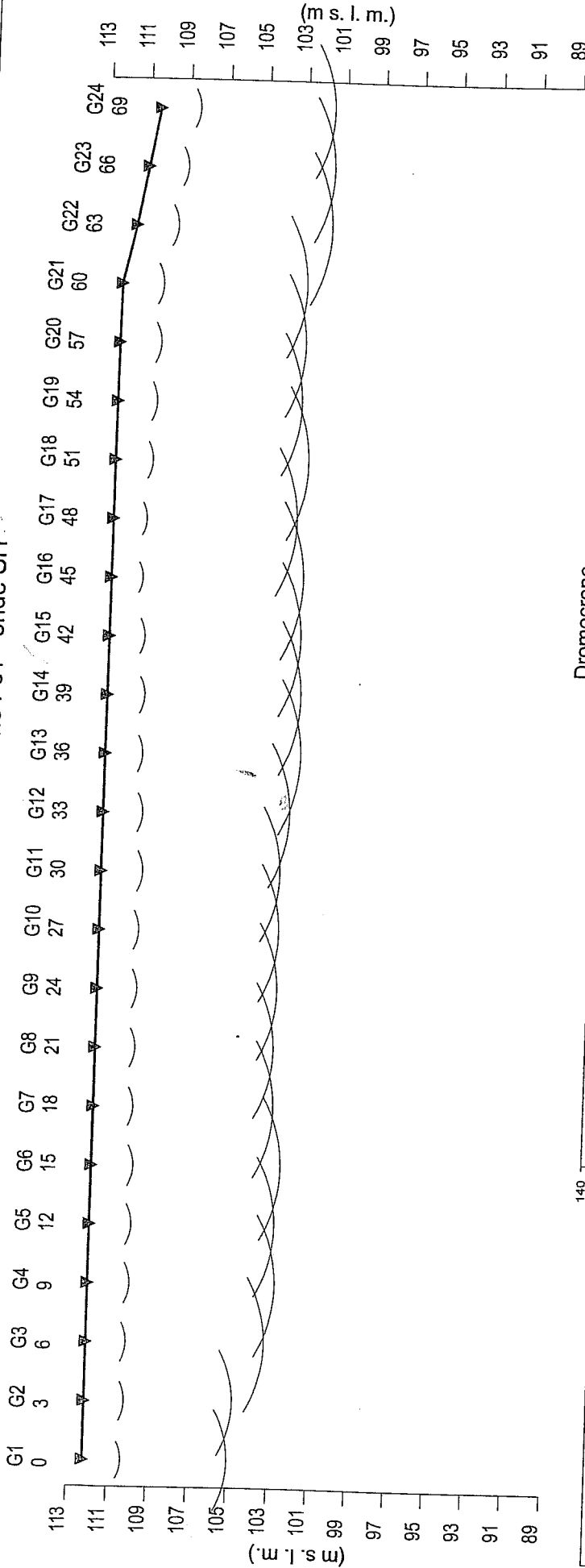
- ▲ dati sperimentali
- valori calcolati con l'interpretazione tomografica
- p.s.4
- Punto di scoppio
- Superficie topografica
- Curves di isovelocità e relativo valore
- MASW
- REMI
- Prove ReMi e Masw
- Maglia cella tomografica 1,0 x 1,0 m
- SCALA COLORIMETRICA (velocità sismica m/s)
- 0 500 1000 1500 2000



AGG.	DESCRIZIONE_AGGIORNAMENTO	DATA	FIRMA
PRECISIONE: COMMITTENTE : Distanze: Linea legno S.r.l. Quote: N. Arch. Profondità: N. Comesso			
LOCALITÀ: Ginesira Fiorentina - Comune di Lastra Signa (FI) INDAGINE: Ricostruzione del sottosuolo			
UNITA': m INDAGINE: Ricostruzione del sottosuolo			
SCALA: OGGETTO: 1:500 1:1.000 Indagine geofisica			
TAVOLA: Planimetria ubicativa profilo sismico a rifrazione con prova Re.Mi. e MASW		N. Tavole: 1 FORMATO: A2 0	
TECNICI: Dr. Geol. Luca PERUZZI			
Subsoil Service S.n.c.		DATA	CONTROLLO

Tutti i diritti sono riservati. La riproduzione e la divulgazione a terzi e' vietata.

Profilo di sismica a Rifrazione Ps1 - onde SH



Legenda

- ▼ Geofono
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato
- 1326 Velocità in m/sec.
- Contatti tettonici
- - - - - Faglie presunte
- Scala 1:300
- A Esterno sinistro
- B Estremo sinistro
- C Centrale
- D Estremo destro
- E Esterno destro

Dati Ps1 - onde SH

Tempi di arrivo

Geo. N°	Dist. m	ShotA ms	ShotB ms	ShotC ms	ShotD ms	ShotE ms
1	0.0	64.00	12.62	79.00	103.30	120.60
2	3.0	66.75	26.37	77.50	101.80	119.20
3	6.0	73.87	39.00	76.50	100.20	119.20
4	9.0	77.50	49.87	74.00	99.25	118.20
5	12.0	80.00	58.87	71.62	98.00	115.80
6	15.0	83.87	66.50	64.25	96.62	113.60
7	18.0	84.62	69.87	58.62	94.12	110.70
8	21.0	86.50	72.62	49.62	90.00	109.10
9	24.0	88.75	74.25	41.37	88.12	108.00
10	27.0	89.25	75.75	28.25	85.50	108.00
11	30.0	91.62	78.50	12.62	84.50	106.10
12	33.0	96.12	82.50	11.62	82.75	103.20
13	36.0	99.00	86.25	27.37	82.00	102.00
14	39.0	101.30	87.75	42.00	78.37	99.37
15	42.0	102.70	89.00	50.00	76.37	96.62
16	45.0	103.50	89.50	54.00	70.37	94.62
17	48.0	105.60	90.87	62.00	68.00	91.00
18	51.0	109.50	95.37	71.37	69.12	90.50
19	54.0	110.30	99.50	77.12	65.37	87.87
20	57.0	112.60	101.00	78.00	57.87	86.50
21	60.0	114.10	102.30	79.62	49.75	84.62
22	63.0	118.80	102.80	80.37	39.37	82.12
23	66.0	122.00	102.60	81.50	27.12	76.12
24	69.0	123.00	104.10	81.62	12.25	72.25

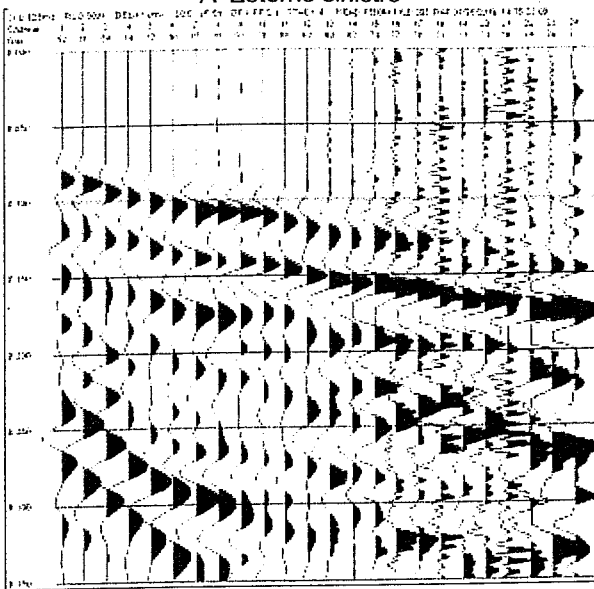
Q	V1	Z1	Q1	V2	Z2	H2	Q2	V3	Vs30
m slm	m/sec.	m	m slm	m/sec.	m	m	m slm	m/sec.	
112.2	210	1.9	110.3	398	5.3	7.2	105.0	1248	738
112.2	210	2.0	110.2	398	5.4	7.4	104.8	1248	728
112.2	210	2.0	110.2	398	6.9	8.9	103.3	1248	685
112.2	210	2.1	110.1	398	7.3	9.4	102.8	1248	669
112.2	204	2.1	110.1	398	7.2	9.3	102.9	1248	667
112.2	198	2.1	110.1	398	7.4	9.5	102.7	1248	658
112.2	193	2.0	110.2	398	7.0	9.0	103.2	1248	670
112.2	187	2.0	110.2	398	6.9	8.9	103.3	1248	668
112.2	181	2.0	110.2	398	7.0	9.0	103.2	1248	660
112.2	180	2.0	110.2	398	7.0	9.0	103.2	1367	681
112.2	180	2.1	110.1	398	6.9	9.0	103.2	1367	676
112.2	179	2.0	110.2	398	7.4	9.4	102.8	1456	683
112.2	179	1.9	110.3	398	8.0	9.9	102.3	1456	674
112.2	178	1.9	110.3	398	7.9	9.8	102.4	1456	676
112.2	180	1.8	110.4	398	7.9	9.7	102.5	1456	685
112.2	181	1.6	110.6	398	8.1	9.7	102.5	1456	696
112.2	182	1.7	110.5	398	7.6	9.3	102.9	1456	703
112.2	184	1.9	110.3	398	7.9	9.8	102.4	1456	681
112.2	186	2.0	110.2	398	7.3	9.3	102.9	1456	693
112.2	187	2.1	110.1	398	7.3	9.4	102.8	1456	686
112.2	188	2.1	110.1	398	7.3	9.4	102.8	1456	687
111.5	190	2.1	109.4	398	7.8	9.9	101.6	1367	661
111.0	190	2.0	109.0	398	7.5	9.5	101.5	1367	676
110.5	190	2.0	108.5	398	6.9	8.9	101.6	1367	693
								Vs 30 medio	683

Legenda:

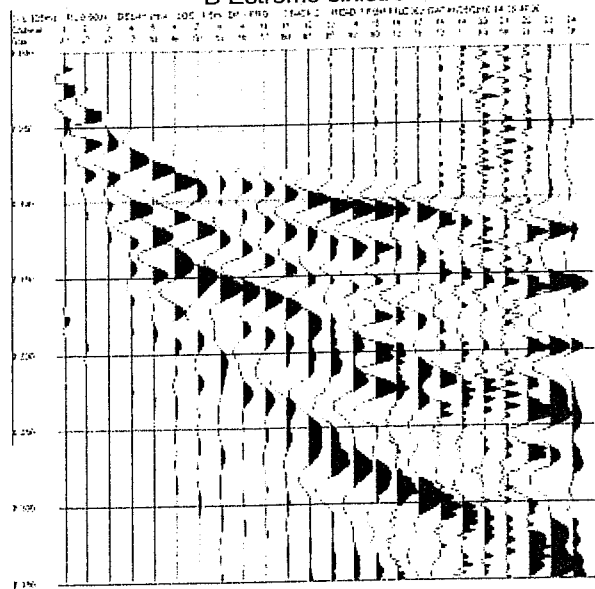
- Z1 = Spessore del primo orizzonte
- Z2 = Spessore del secondo orizzonte
- H2 = Profondità del secondo orizzonte
- V1 = Velocità del primo orizzonte sismico
- V2 = Velocità del secondo orizzonte sismico
- V3 = Velocità del terzo orizzonte sismico
- Q = Quota del geofono in m s.l.m.
- Q1 = Quota della profondità primo orizzonte sismico
- Q2 = Quota della profondità secondo orizzonte sismico

Registrazioni P1 - onde SH

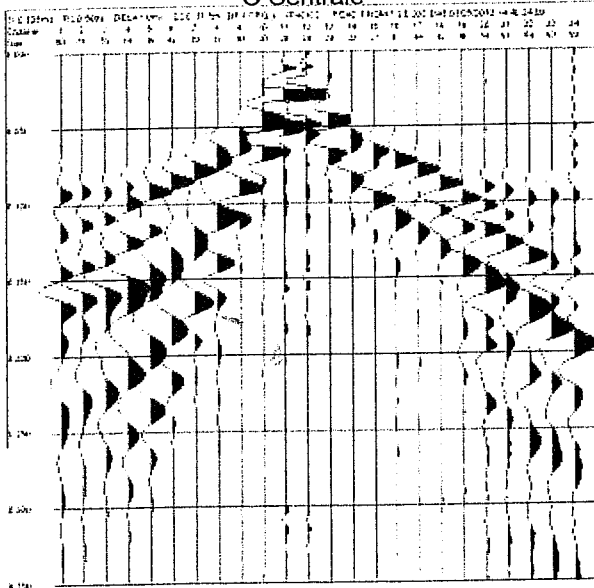
A Esterno sinistro



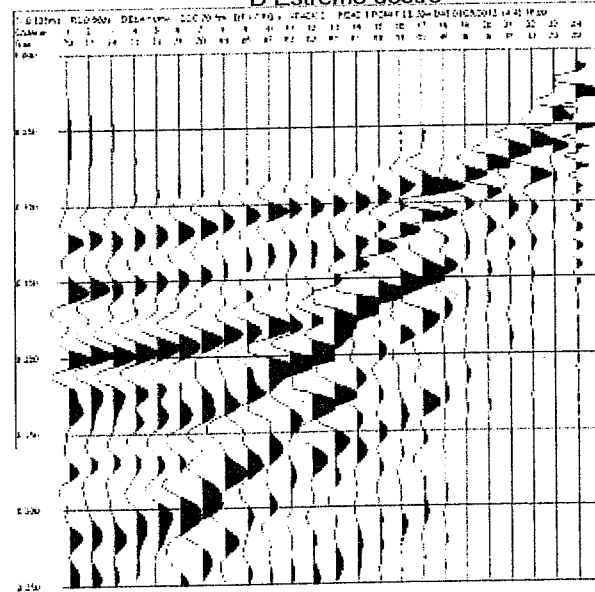
B Estremo sinistro



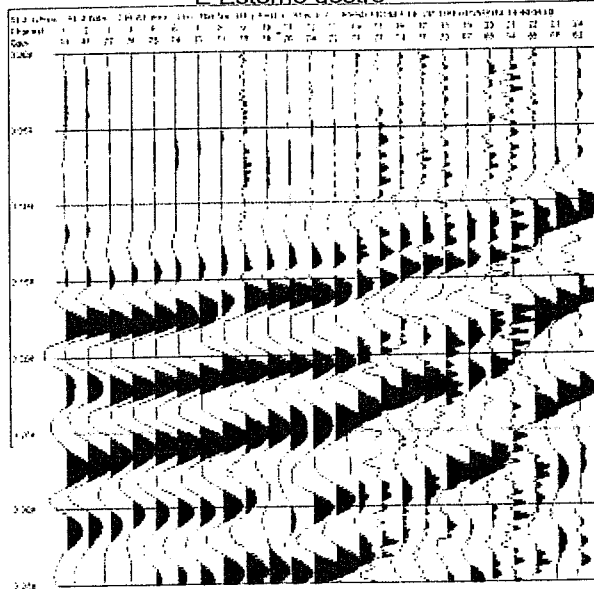
C Centrale



D Estremo destro



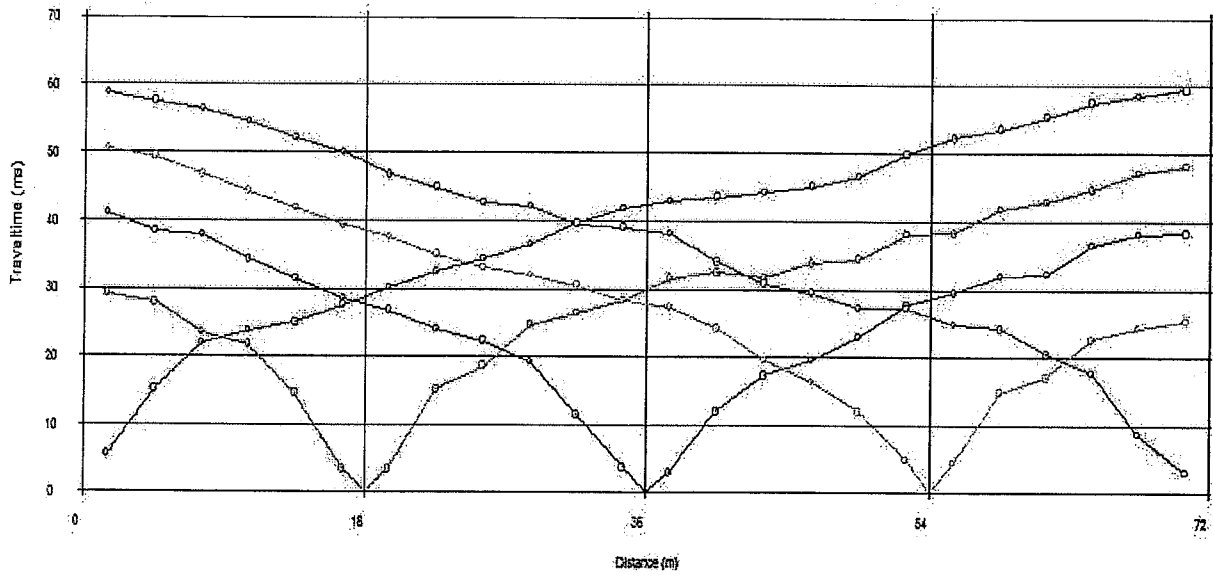
E Esterno destro



Profilo sismico a rifrazione per onde P

Ginestra F.na -Via Maremma - gennaio 2012

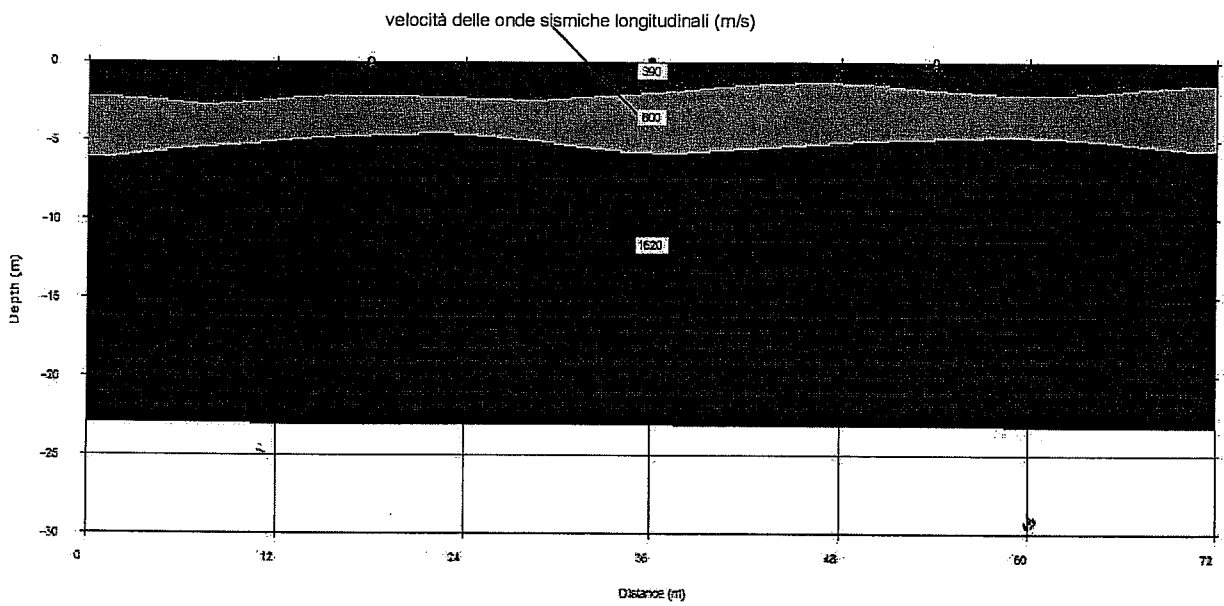
Dromocrone



A

B

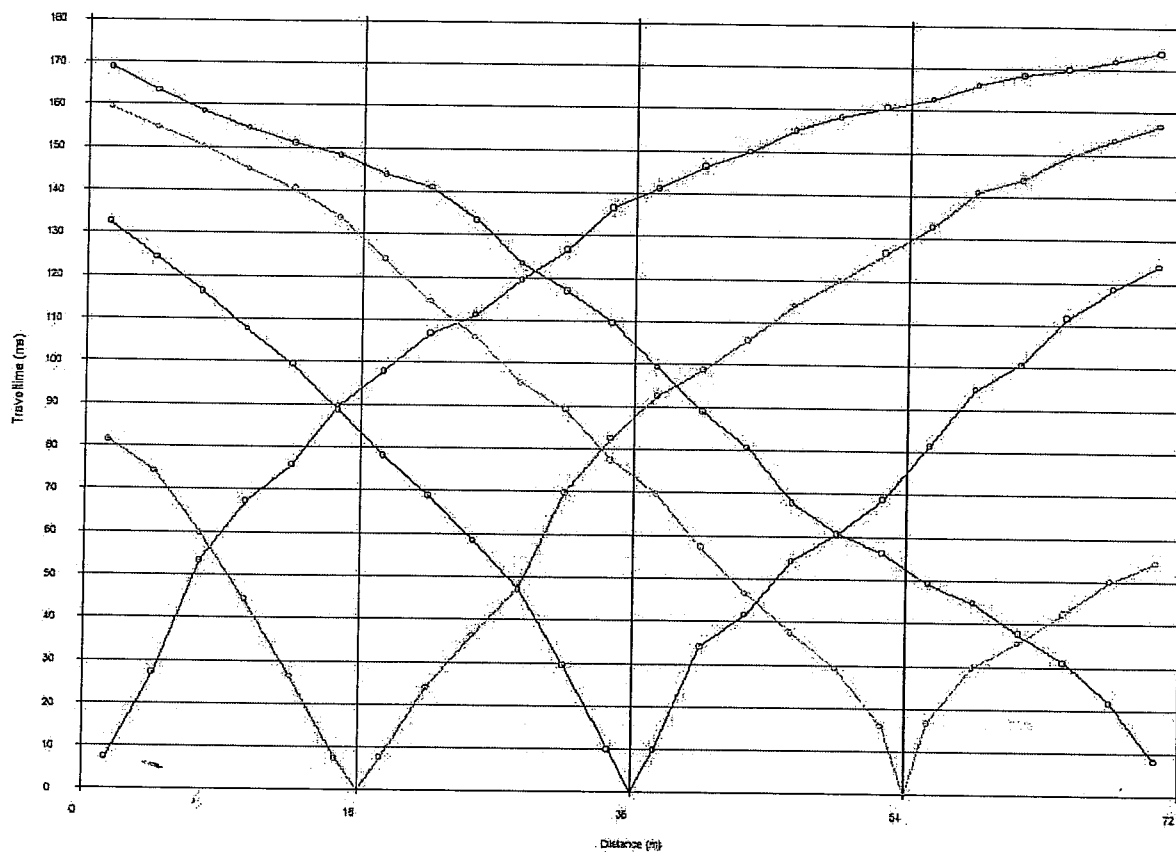
Sezione sismica interpretata



Profilo sismico a rifrazione per onde SH

Ginestra F.na – Via Maremma - gennaio 2012

Dromocrone



A

Sezione sismica interpretata

B

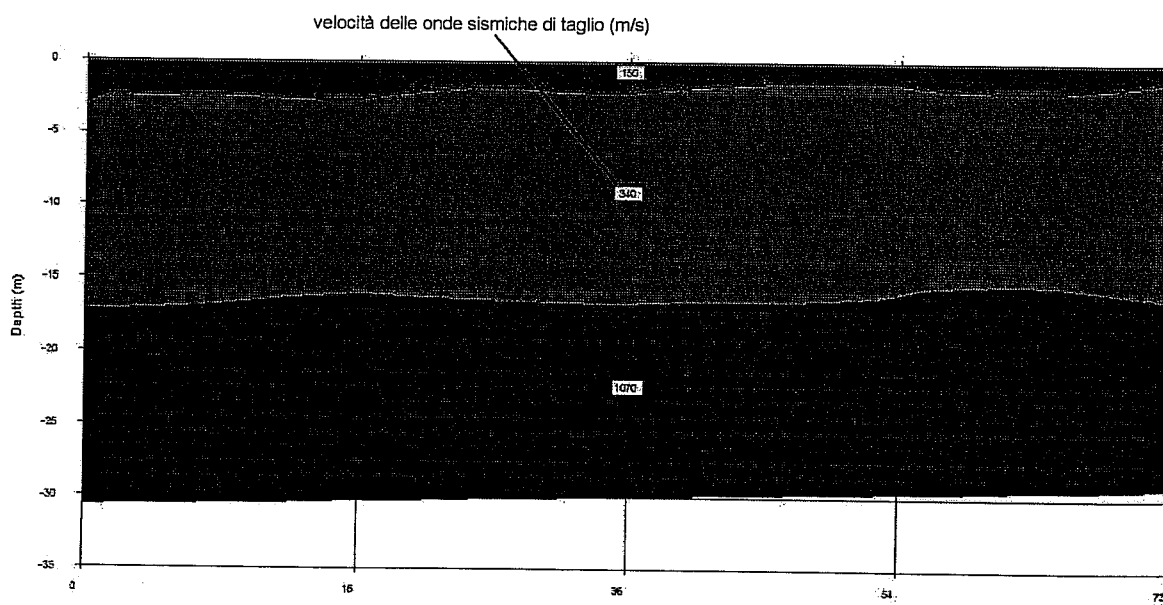


Tabella 1 – Profilo per onde P

SP	Elev	X-loc	Y-Loc	Depth
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	18.00	0.00	0.00
3	0.00	36.00	0.00	0.00
4	0.00	54.00	0.00	0.00
5	0.00	72.00	0.00	0.00

Geo	Elev	X-loc	Y-Loc	SP 1	SP 2	SP 3	SP 4	SP 5
1	0.00	1.50	0.00	5.53 1	29.15 1	40.91 1	50.48 1	58.73 1
2	0.00	4.50	0.00	15.19 1	27.83 1	38.36 1	49.25 1	57.52 1
3	0.00	7.50	0.00	21.95 1	23.50 1	37.75 1	46.75 1	56.36 1
4	0.00	10.50	0.00	23.75 1	21.68 1	34.25 1	44.25 1	54.52 1
5	0.00	13.50	0.00	25.00 1	14.57 1	31.50 1	41.75 1	52.06 1
6	0.00	16.50	0.00	27.56 1	3.50 1	28.50 1	39.25 1	49.96 1
7	0.00	19.50	0.00	30.15 1	3.50 1	26.75 1	37.50 1	46.75 1
8	0.00	22.50	0.00	32.48 1	15.19 1	24.00 1	35.00 1	44.75 1
9	0.00	25.50	0.00	34.41 1	18.50 1	22.25 1	33.00 1	42.50 1
10	0.00	28.50	0.00	36.52 1	24.61 1	19.25 1	32.00 1	42.00 1
11	0.00	31.50	0.00	39.59 1	26.41 1	11.50 1	30.50 1	39.50 1
12	0.00	34.50	0.00	41.79 1	28.21 1	3.75 1	28.25 1	39.00 1
13	0.00	37.50	0.00	42.80 1	31.51 1	3.00 1	27.25 1	38.00 1
14	0.00	40.50	0.00	43.48 1	32.38 1	12.00 1	24.14 1	34.00 1
15	0.00	43.50	0.00	44.15 1	31.60 1	17.25 1	19.50 1	30.75 1
16	0.00	46.50	0.00	45.05 1	33.75 1	19.50 1	16.25 1	29.41 1
17	0.00	49.50	0.00	46.59 1	34.50 1	23.00 1	12.00 1	27.22 1
18	0.00	52.50	0.00	49.87 1	38.00 1	27.75 1	4.92 1	27.22 1
19	0.00	55.50	0.00	52.32 1	38.25 1	29.50 1	4.30 1	24.75 1
20	0.00	58.50	0.00	53.55 1	41.74 1	32.00 1	14.84 1	24.14 1
21	0.00	61.50	0.00	55.40 1	42.79 1	32.22 1	17.00 1	20.46 1
22	0.00	64.50	0.00	57.59 1	44.60 1	36.52 1	22.56 1	17.65 1
23	0.00	67.50	0.00	58.56 1	47.11 1	38.10 1	24.25 1	8.69 1
24	0.00	70.50	0.00	59.43 1	48.05 1	38.25 1	25.37 1	3.07 1

SP	X-loc	Layer 2	Layer 3
1	0.00	0.00	0.00
2	18.00	2.10	4.79
3	36.00	1.91	5.85
4	54.00	1.70	4.95
5	72.00	0.00	0.00

Geo	X-loc	Layer 2	Layer 3
1	1.50	2.17	6.24
2	4.50	2.43	5.86
3	7.50	2.66	5.54
4	10.50	2.50	5.29
5	13.50	2.22	5.08
6	16.50	2.09	4.87
7	19.50	2.12	4.71
8	22.50	2.16	4.68
9	25.50	2.27	4.83
10	28.50	2.34	5.14
11	31.50	2.22	5.52
12	34.50	2.04	5.82
13	37.50	1.77	5.89
14	40.50	1.50	5.76
15	43.50	1.34	5.55
16	46.50	1.20	5.34
17	49.50	1.28	5.16
18	52.50	1.56	5.01
19	55.50	1.84	4.89
20	58.50	1.95	4.86
21	61.50	1.97	4.94
22	64.50	1.90	5.16
23	67.50	1.66	5.45
24	70.50	1.47	5.77

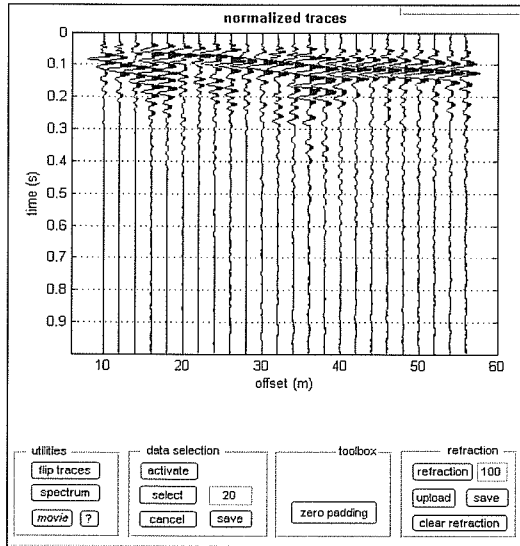
Vp media 1° strato = 390 m/s
Vp media 2° strato = 800 m/s
Vp media 3° strato = 1620 m/s

Tabella 2 – Profilo per onde SH

SP	Elev	X-loc	Y-Loc	Depth				
1	0.00	0.00	0.00	0.00				
2	0.00	18.00	0.00	0.00				
3	0.00	36.00	0.00	0.00				
4	0.00	54.00	0.00	0.00				
5	0.00	72.00	0.00	0.00				
Geo	Elev	X-loc	Y-Loc	SP 1	SP 2	SP 3	SP 4	SP 5
1	0.00	1.50	0.00	7.41 1	81.48 1	132.38 1	159.17 1	168.75 1
2	0.00	4.50	0.00	27.26 1	74.07 1	124.22 1	154.50 1	163.25 1
3	0.00	7.50	0.00	53.29 1	59.79 1	116.41 1	150.25 1	158.29 1
4	0.00	10.50	0.00	67.16 1	44.25 1	107.56 1	144.99 1	154.50 1
5	0.00	13.50	0.00	75.85 1	26.45 1	99.38 1	140.50 1	151.11 1
6	0.00	16.50	0.00	89.50 1	7.46 1	88.58 1	133.73 1	148.25 1
7	0.00	19.50	0.00	97.89 1	7.73 1	78.00 1	124.05 1	144.00 1
8	0.00	22.50	0.00	106.67 1	24.00 1	68.74 1	114.37 1	141.00 1
9	0.00	25.50	0.00	111.25 1	36.44 1	58.25 1	106.00 1	133.50 1
10	0.00	28.50	0.00	119.54 1	47.41 1	47.11 1	95.41 1	123.25 1
11	0.00	31.50	0.00	126.53 1	69.71 1	29.41 1	89.09 1	117.04 1
12	0.00	34.50	0.00	136.56 1	82.54 1	9.92 1	77.43 1	109.63 1
13	0.00	37.50	0.00	141.17 1	92.46 1	9.92 1	69.73 1	99.26 1
14	0.00	40.50	0.00	146.37 1	98.69 1	34.06 1	57.25 1	88.89 1
15	0.00	43.50	0.00	149.96 1	105.90 1	41.75 1	46.62 1	80.59 1
16	0.00	46.50	0.00	155.16 1	113.95 1	54.22 1	37.53 1	67.85 1
17	0.00	49.50	0.00	158.24 1	119.84 1	60.40 1	29.25 1	60.74 1
18	0.00	52.50	0.00	160.59 1	126.52 1	68.74 1	16.00 1	56.30 1
19	0.00	55.50	0.00	162.64 1	132.74 1	81.47 1	16.79 1	49.19 1
20	0.00	58.50	0.00	166.01 1	141.04 1	94.73 1	29.82 1	44.86 1
21	0.00	61.50	0.00	168.35 1	144.00 1	100.70 1	35.50 1	37.75 1
22	0.00	64.50	0.00	169.89 1	149.60 1	111.70 1	42.47 1	30.99 1
23	0.00	67.50	0.00	171.94 1	153.28 1	118.50 1	50.17 1	21.68 1
24	0.00	70.50	0.00	173.99 1	156.71 1	123.87 1	54.32 1	8.30 1
SP	X-loc	Layer 2	Layer 3					
1	0.00	3.05	17.23					
2	18.00	2.73	16.09					
3	36.00	2.20	16.71					
4	54.00	1.46	16.02					
5	72.00	1.25	16.51					
Geo	X-loc	Layer 2	Layer 3					
1	1.50	2.33	17.22					
2	4.50	2.49	17.15					
3	7.50	2.38	16.95					
4	10.50	2.40	16.66					
5	13.50	2.60	16.34					
6	16.50	2.74	16.13					
7	19.50	2.46	16.18					
8	22.50	2.03	16.33					
9	25.50	1.76	16.48					
10	28.50	1.80	16.60					
11	31.50	2.04	16.69					
12	34.50	2.18	16.73					
13	37.50	2.01	16.66					
14	40.50	1.68	16.59					
15	43.50	1.49	16.56					
16	46.50	1.44	16.53					
17	49.50	1.41	16.47					
18	52.50	1.41	16.31					
19	55.50	1.68	15.68					
20	58.50	1.92	15.41					
21	61.50	2.01	15.34					
22	64.50	1.99	15.48					
23	67.50	1.71	15.78					
24	70.50	1.40	16.14					

Vs media 1° strato = 150 m/s
Vs media 2° strato = 340 m/s
Vs media 3° strato = 1070 m/s

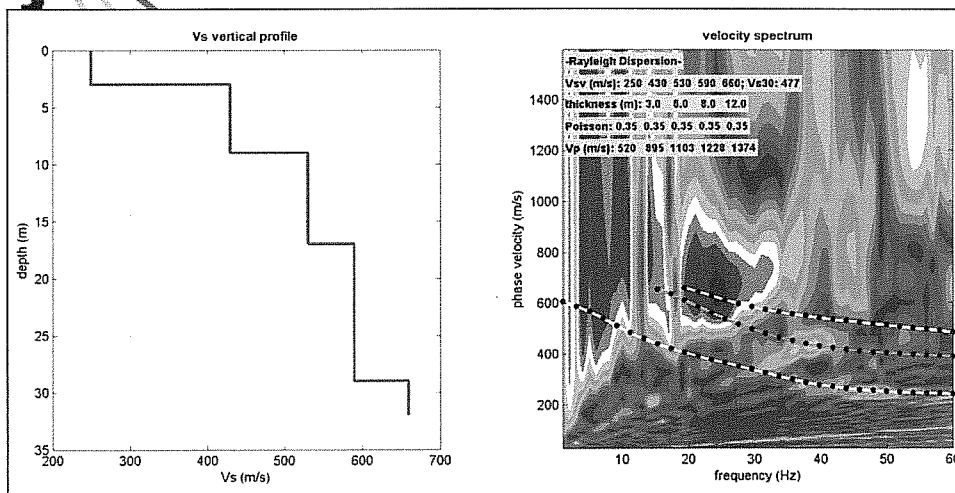
La rappresentazione del file dei dati acquisiti (“common-shot gather” – segnale per i vari geofoni nel tempo di acquisizione di 1000 msec) è la seguente:



Il modello adottato prevede 4 strati a diversa velocità V_s , e precisamente:

strato	1	2	3	4	5
VSh (m/sec)	250	430	530	590	660
spessore (m)	3	6	8	12	-

Quello che segue è lo *spettro di velocità* (velocità di fase in funzione della frequenza), con relativo picking della curva di dispersione delle onde di superficie, cioè la determinazione dei punti che si ritengono appartenere, in questo caso, al *modo fondamentale* di propagazione dell’onda superficiale di Rayleigh ed a due modi superiori:



Con i dati ottenuti, per la zona di indagine (da p.campagna) si ha :

VS30 del modello medio: **477 m/sec**

Il che corrisponde a una possibile categoria di suolo di fondazione "B".

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A _v	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 $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositì 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 $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositì 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 $N_{SPT,30} < 15$ 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).

Altopascio, maggio 2012

Mappo Geognostica
Geol. Andrea Carmignani

MAPPQ GEOGNOSTICA s.r.l.
 Loc. Biagioni, 60 - 55010 SPIANATE (LU)
 Tel. 0583-20799 - 335-7215712
 C.F. e P.IVA 02019570460
 Reg. Imprese di Lecce 02019570460
 Capitale versato € 12.000,00

ALLEGATI :
 - Report riassuntivo

Mappo Geognostica Srl
 Loc. Biagioni, 60
 55010 Spianate (LU)
 Tel. 0583.20799 Fax 0572.930069
 P.IVA 02019570460
 www.mappogeognostica.it

Strumentazione impiegata

Un sistema digitale di acquisizione dati in sismica, è costituito sostanzialmente da sismometri (geofoni o accelerometri), amplificatori, filtri, convertitori A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali. Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo costituito da un sistema a più canali a conversione digitale tra loro in catena, ciascuno con un proprio ID, e pilotati da PC. Il modello è denominato DOREMI (della SARA electronic instruments), con risoluzione di acquisizione pari a 16 bit. Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati 12 geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile (oscillazione verticale), con frequenza caratteristica di 4.5 Hz.

Come sorgente di energia sismica per le onde di Rayleigh si è fatto uso di una mazza con maglio da 10 kg battente su una piastra di alluminio posta sul suolo in linea con lo stendimento. L'inizio della registrazione è stato dato tramite un *trigger* che consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la massa battente colpisce la piastra o la trave (nel nostro caso si è usato quello un geofono starter) e l'impulso generato, inviato al sistema di acquisizione, consente di fissare il tempo zero di riferimento per il calcolo dei tempi di percorso delle onde generate.

Analisi e risultati dell'indagine

L'analisi dei dati acquisiti dalla metodologia avviene attraverso le seguenti fasi:

1. Calcolo dello spettro di velocità; 2. Individuazione del *modo fondamentale* e degli eventuali superiori;
3. Calcolo della curva di dispersione mediante modellazione diretta, cioè attribuzione degli spessori e delle velocità relative, sulla base di dati riguardanti il sito acquisiti precedentemente tramite indagini dirette o bibliografia. In alternativa *picking* della curva di dispersione, cioè selezione dei punti che si ritengono appartenere ad un determinato *modo*;
4. Inversione della curva di dispersione e conseguente individuazione del profilo di velocità V_s .

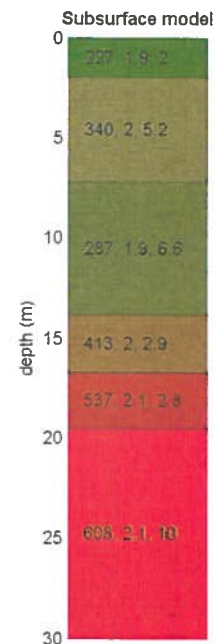
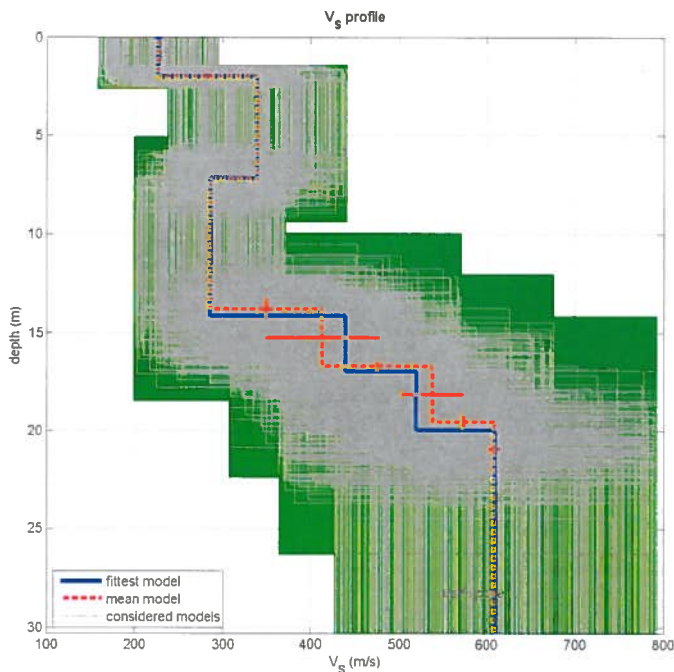
I risultati dell'elaborazione sono riportati in TAVOLA 2.

Nella Tabella e nelle Figure sottostanti vengono riportati: l'andamento del profilo di velocità; gli spessori; le relative velocità V_s (dalle onde di Rayleigh) e la densità stimati, ricordando che, come in tutti i metodi geofisici, può essere ottenuta solo una stima del modello sismostratigrafico a causa del problema della non univocità.

Spessore (m)	Vs (m/s)
2.0	227
5.2	340
6.6	287
2.9	413
2.8	537
semi-spazio	608

**Modello medio individuato
(Vs30 del modello medio dal p.c.: 391 m/s)**

Profilo verticale della Vs
Nella colonna: Vs (m/s),
densità (gr/cm³) e spessore (m).



L'analisi della dispersione delle onde superficiali nelle componenti di Rayleigh ha consentito di stimare il profilo verticale della Vs e di conseguenza del parametro Vs30 che risulta essere pari a **391 m/s**, considerando come riferimento il piano campagna.

In base al valore di Vs30 ottenuto, il sito risulterebbe compatibile con la **categoria B** secondo il DM 14 gennaio 2008, Tabella 3.2.II riportata in TAVOLA 3.

Sarà però cura del progettista, in base alle caratteristiche dell'opera da realizzare, alla profondità di imposta delle fondazioni, al modello sismostratigrafico riportato con il conseguente profilo verticale della Vs, ed a tutte le considerazioni del caso che riterrà opportune, confermare o attribuire il definitivo valore di Vs30 e conseguentemente la categoria di suolo secondo il DM 14 gennaio 2008.

Firenze, li 12/10/2012

I Tecnici

Dott. Santi Accetta
Santi Accetta

Dott. Silvio Brenna
Silvio Brenna

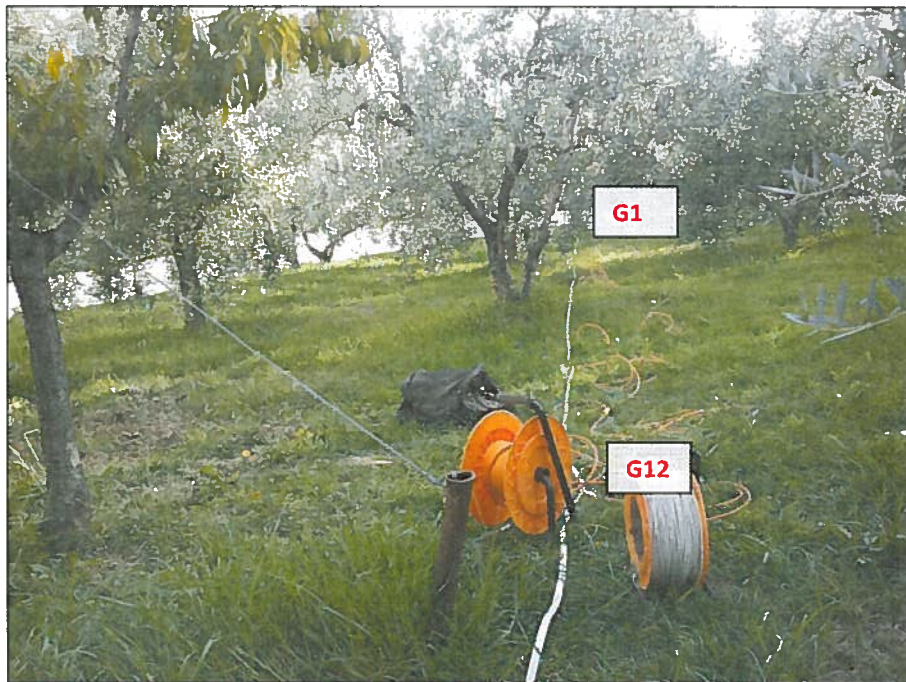
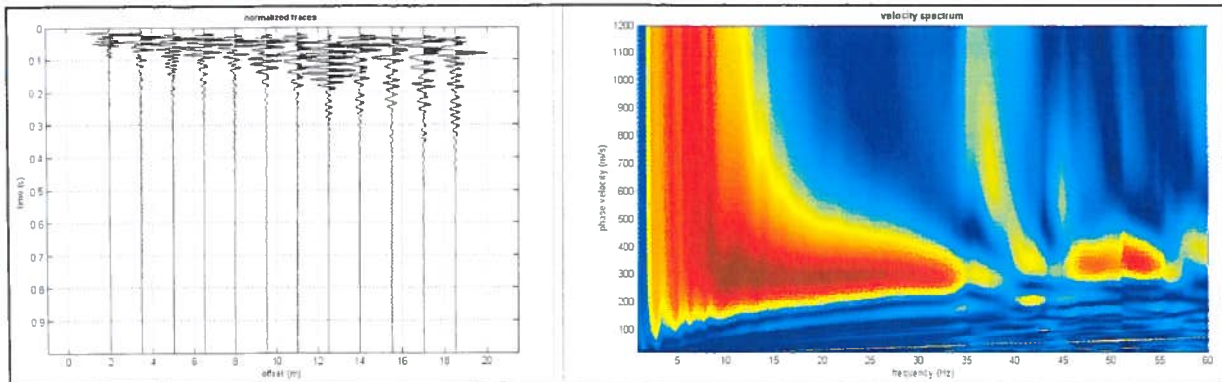
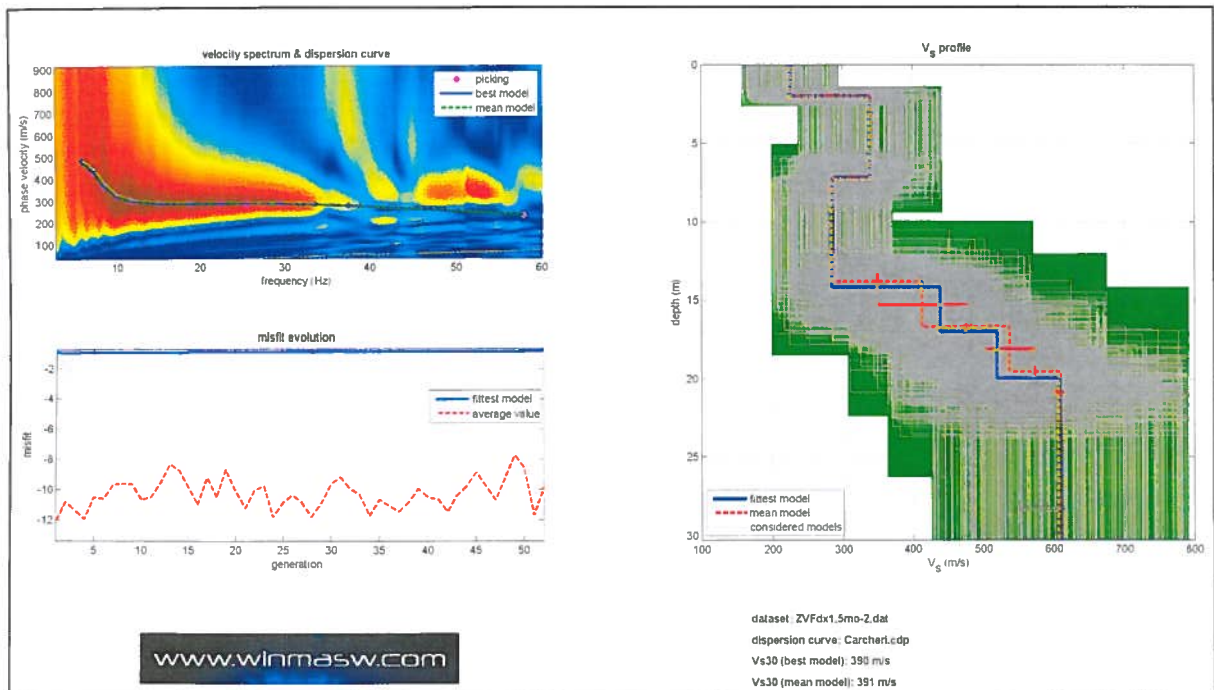


TAVOLA 1



A sinistra: Dati acquisiti (Componente di Rayleigh); A destra: Spettro di velocità calcolato



Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. A sinistra: spettro osservato, curve di dispersione (da picking) in magenta e curve del modello individuato dall'inversione in blu. Sulla destra il profilo verticale V_s identificato. L'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007

TAVOLA 2