



# COMUNE DI PELAGO

## Provincia di Firenze

SUPPORTO GEOLOGICO TECNICO ALLA VARIANTE  
GENERALE PER REITERAZIONE DEI VINCOLI DEL  
REGOLAMENTO URBANISTICO CON VARIANTI  
PUNTUALI AL PIANO STRUTTURALE



ALLEGATO G.D

DATI DI BASE: Indagini sismiche

*Professionista incaricato:*  
*Dott. Geol. Eros Aiello*

novembre 2013

**GEOECO**  
**PROGETTI**

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*)
  - Prove geoelettriche (*ERT*)



PELAGO-CAPOLUOGO - DIACCETO



## 6. INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE

### *TOMOGRAFIA AA'*

#### **Dati tecnici di campagna:**

Giorno del rilievo:	24/08/09
Nome del file:	AA_Rifr.su
Metodo di acquisizione:	Rifrazione
Lunghezza dello stendimento:	115 m
N° di geofoni:	24
Tipo di geofoni:	14 Hz
Spaziatura dei geofoni:	5 m
Profondità massima di investigazione:	circa 30 m
N° di energizzazioni:	9
Tempo di campionamento:	0.500 ms
Tempo di registrazione:	2 s

#### **Parametri utilizzati per l'elaborazione tomografica:**

Spaziatura della griglia:

- $n_x$  (Numero celle asse x) = 78;
- $n_z$  (Numero celle asse z) = 27;

Risoluzione: High,

- $h_x = h_z$  (dim. cella) =  $0.375 * \text{spaziatura geofonica (m)}$ ;

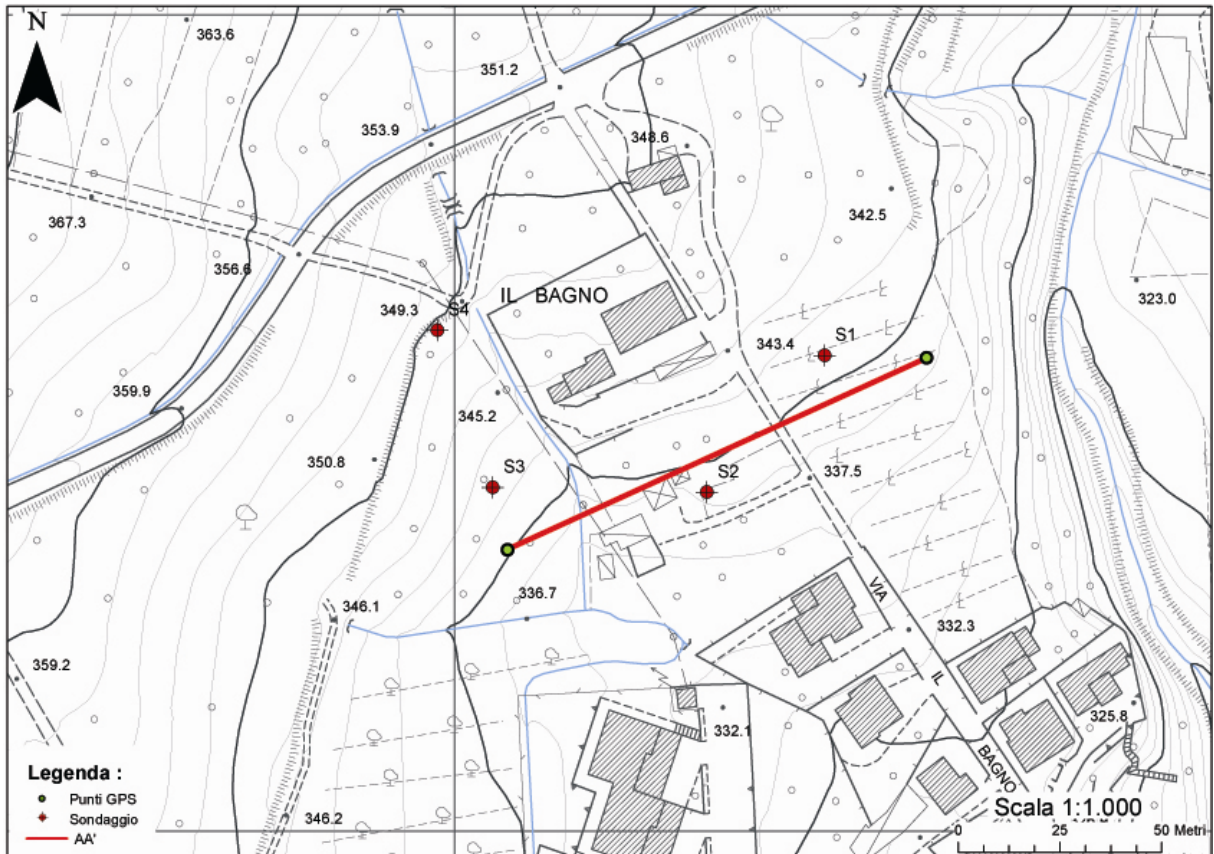
Numero di iterazioni:

- 41470

Velocità nel modello:

- minima: 199.370 m/s
- massima: 4776.396 m/s

## Posizione dello stendimento



## Schema rappresentativo dell'array sismico

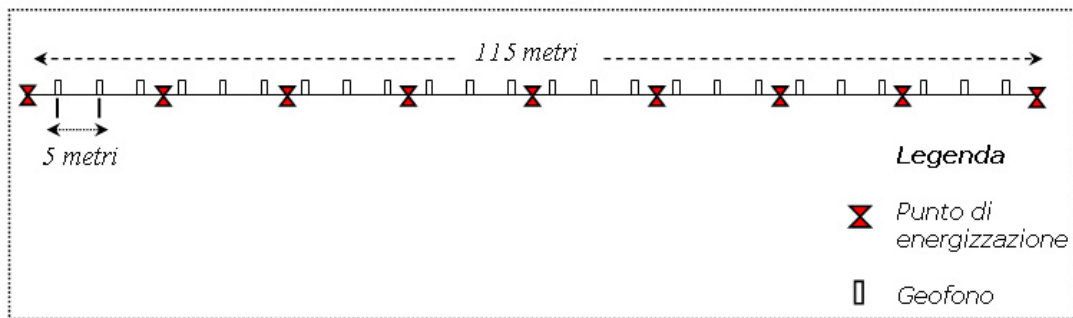


Figura 12 – Rappresentazione schematica dell'array sismico e posizionamento su base cartografica alla scala 1:1000 relativi al rilievo AA'.



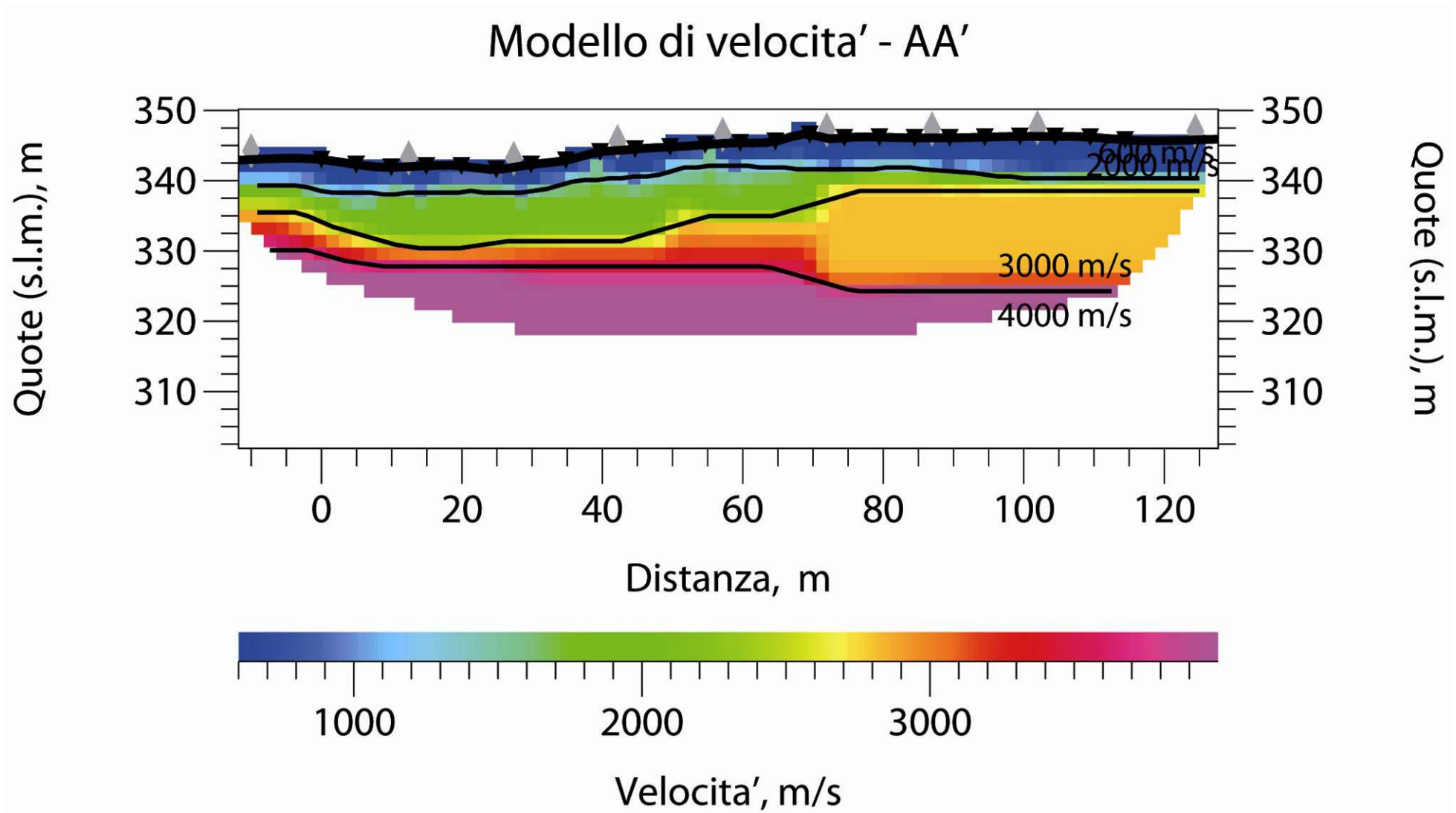


Figura 13 – Modello di velocità relativo al rilievo AA' con le isolinee rappresentative per l'interpretazione

## Commenti:

Il profilo sismico a rifrazione AA' ha orientazione SW-NE ed è stato eseguito in corrispondenza del lotto n.1, nell'area dove sono stati eseguiti i sondaggi meccanici S1, S2 ed S3 (Figura 12). Il sondaggio più proiettabile al profilo sismico risulta S2 mentre il sondaggio S1 ed S3 sono proiettabili rispettivamente in corrispondenza degli estremi NE e SW del rilievo.

Il sondaggio S1 si trova a circa 11 m dallo stendimento ed è proiettabile in corrispondenza del m 90 rispetto al primo geofono. La stratigrafia evidenzia uno spessore superficiale di 4.6 m caratterizzato da terreno di riporto e limo sabbioso con presenza di elementi arenacei. Lo strato sottostante mostra, rispetto al sondaggio S2, un livello di argilliti a spessore ridotto fino a 5 m di profondità dal p.d.c.. Infine si rileva uno spessore di argilloscisti fino alla massima profondità indagata (12 m dal p.d.c.).

Il sondaggio S2 si trova a 7.5 m dallo stendimento ed è proiettabile in corrispondenza del m 50 rispetto al primo geofono. La stratigrafia mostra un primo livello di circa 2 m caratterizzato da terreno di riporto e deposito a carattere limoso-sabbioso. Lo strato sottostante si sviluppa per 10 m fino a 12 m dal p.d.c. e evidenzia una litologia argillitica grigio-azzurra con trovanti marnosi.

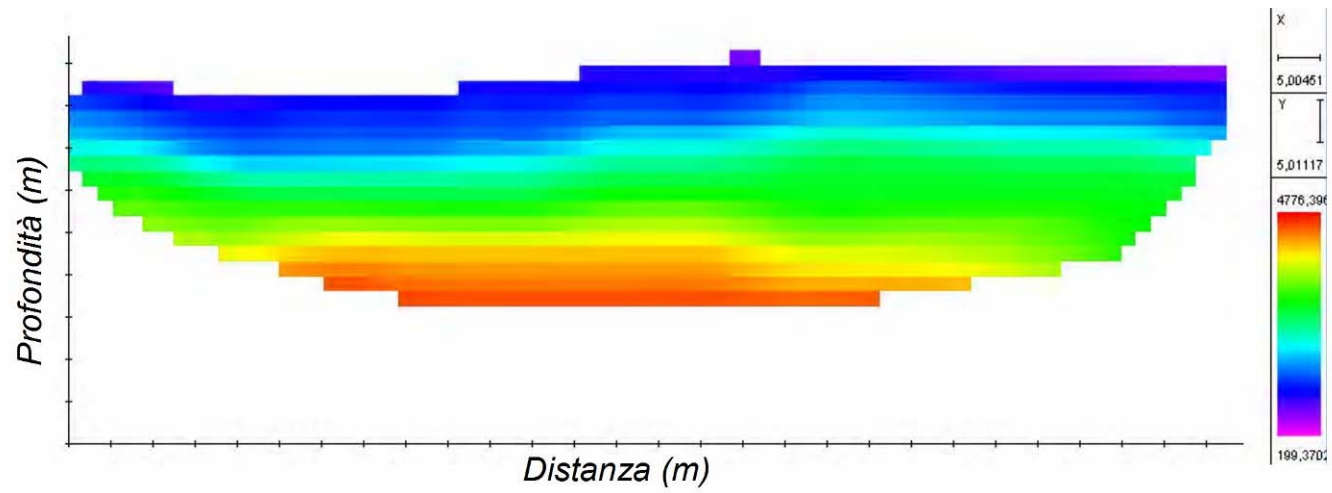
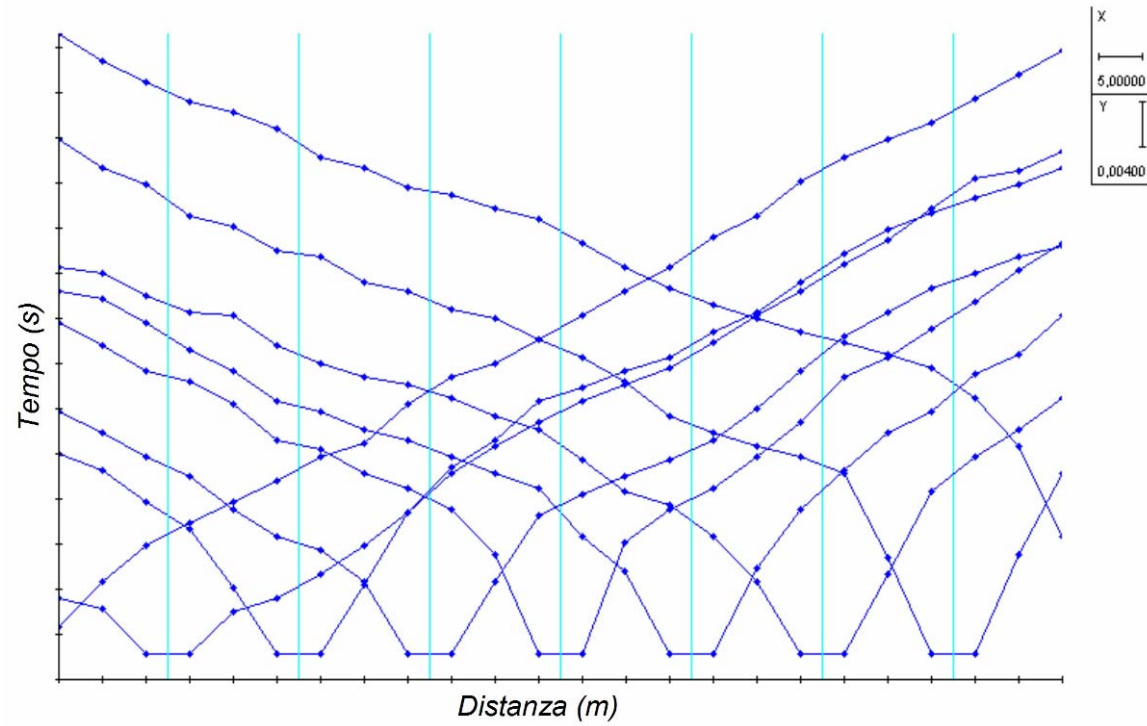
Il modello di velocità (Figura 13), in accordo con i dati stratigrafici in nostro possesso, permette di individuare quattro principali sismostrati sintetizzabili in termini litologici e geomeccanici:

- *Primo sismostrato* – si rileva un livello di spessore variabile tra 3 e 5 m con velocità inferiori a circa 600 m/s. Queste caratteristiche sono attribuibili al terreno vegetale di copertura ed al sottostante livello di limo sabbioso e argilloso.
- *Secondo sismostrato* – si rileva uno spessore variabile tra 1 e 10 m con velocità comprese tra 600 e 2000 m/s. Queste caratteristiche sono attribuibili a litologie prevalentemente argillitiche con possibili intercalazioni arenacee o marnose.

Questa conformazione può essere attribuita ad accumuli per frana sottomarina.

- *Terzo sismostrato* – al di sotto del precedente sismostrato si sviluppa un livello con spessore variabile tra 2 e 15 m con velocità comprese tra 2000 e 3000 m/s associabile a litologie fortemente eterogenee con prevalenza di calcari marnosi e/o arenarie in matrice argillosa. Anche in questo caso la litologia è da attribuire ad accumuli per frana sottomarina.
- *Quarto sismostrato* – si rileva la presenza, fino alla massima profondità di indagine, di un livello con velocità sempre superiori a 3000 m/s fino ad un massimo di circa 4800 m/s. Tali caratteristiche sono associabili al substrato arenaceo compatto.

### Dromocrone e Profilo sismico - Tomografia AA'



## **TOMOGRAFIA DD'**

### **Dati tecnici di campagna:**

Dati tecnici di campagna:

Giorno del rilievo:	25/08/09
Nome del file:	DD_RIFR.su
Metodo di acquisizione:	RIFRAZIONE
Lunghezza dello stendimento:	115 m
N° di geofoni:	24
Tipo di geofoni:	14 Hz
Spaziatura dei geofoni:	5 m
Profondità massima di investigazione:	circa 50 m
N° di energizzazioni:	9
Tempo di campionamento:	0.500 ms
Tempo di registrazione:	2 s

### **Parametri utilizzati per l'elaborazione tomografica:**

Spaziatura della griglia:

- $n_x$  (Numero celle asse x) = 78;
- $n_y$  (Numero celle asse z) = 27;

Risoluzione: High,

- $h_x = h_z$  (dim. cella) =  $0.375 * \text{spaziatura geofonica (m)}$ ;

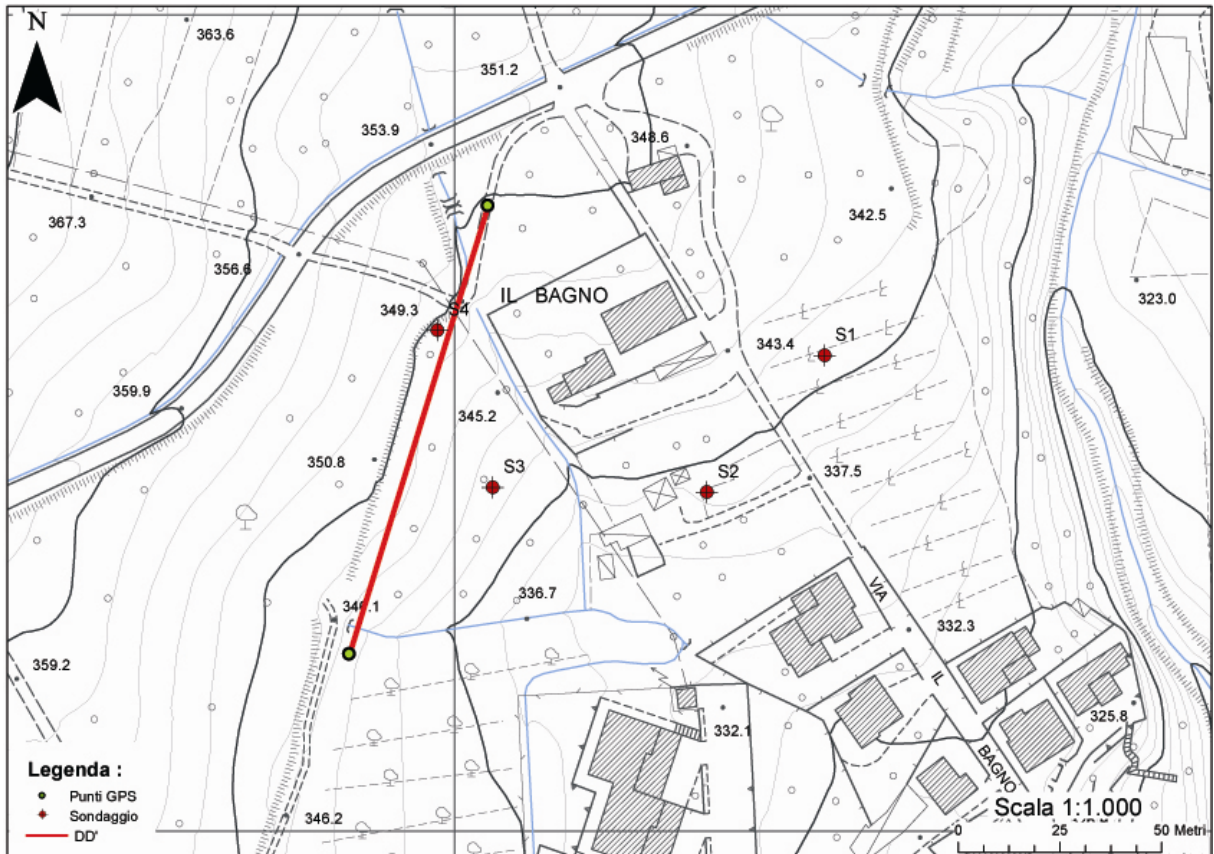
Numero di iterazioni:

- 61582

Velocità nel modello:

- minima: 333.550 m/s
- massima: 4770.316 m/s

## Posizione dello stendimento



## Schema rappresentativo dell'array sismico

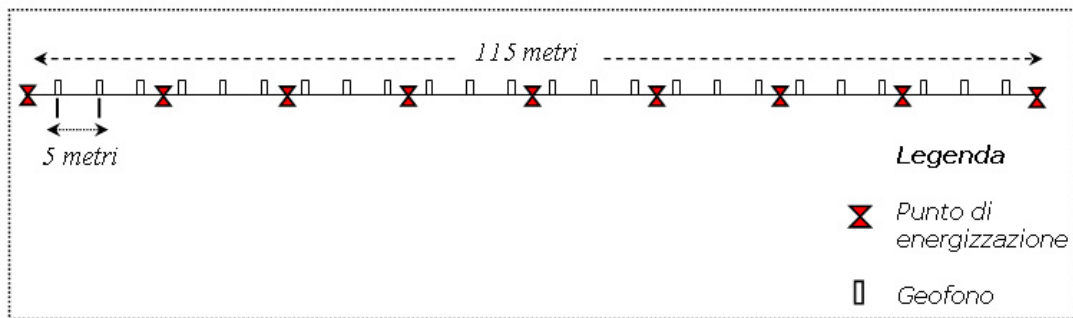


Figura 14 - Rappresentazione schematica dell'array sismico e posizionamento su base cartografica alla scala 1:1000 relativi al rilievo DD'.

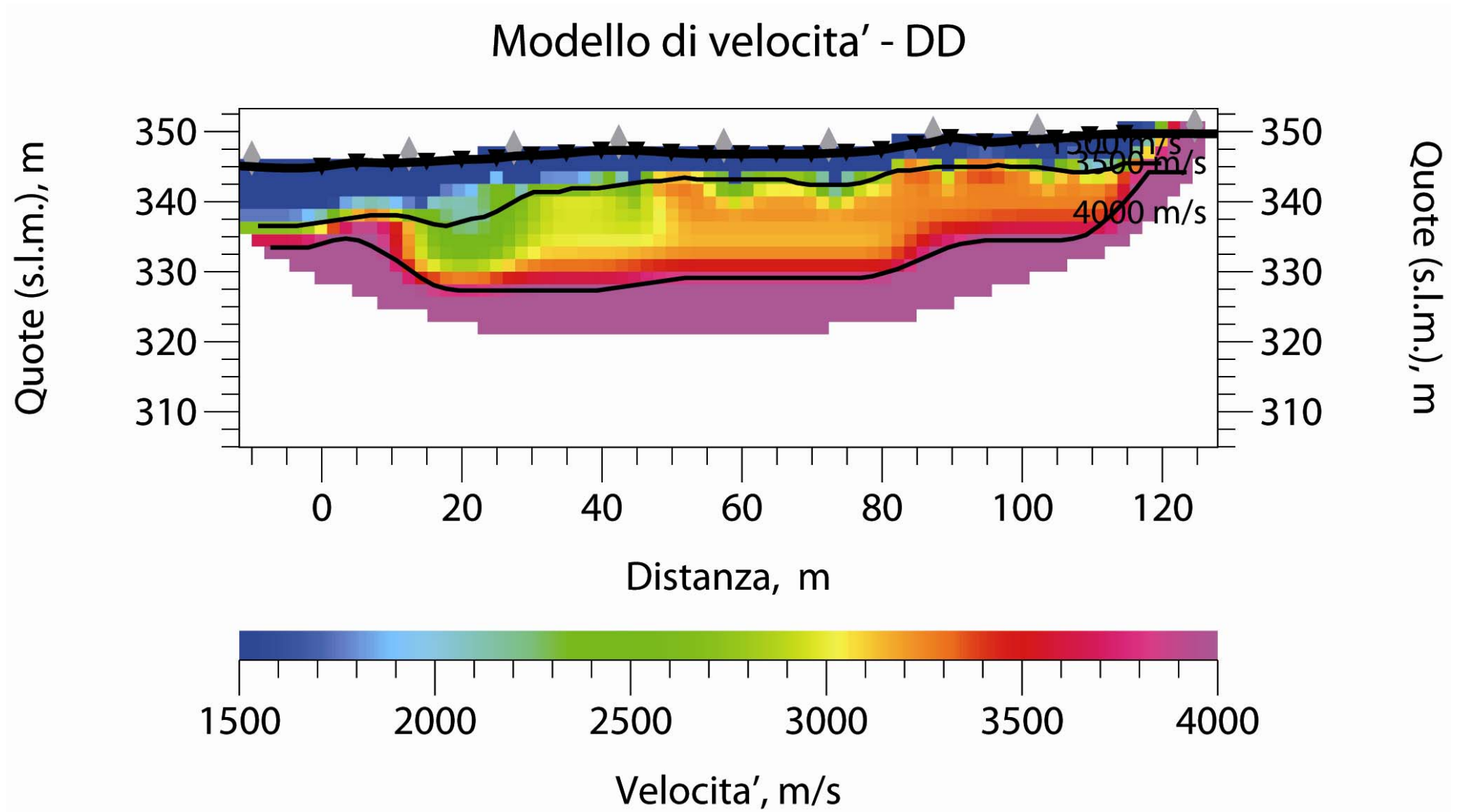


Figura 15 - Modello di velocità relativo al rilievo DD' con le isolinee rappresentative per l'interpretazione.

### **Commenti:**

Il rilievo DD' ha orientazione SSW-NNE ed è stato eseguito in corrispondenza del lotto n.2 nell'area dove sono stati eseguiti i sondaggi meccanici S3 ed S4 (Figura 14). Il sondaggio più proiettabile al profilo sismico risulta S4 mentre il sondaggio S3 risulta più distante dal profilo sismico.

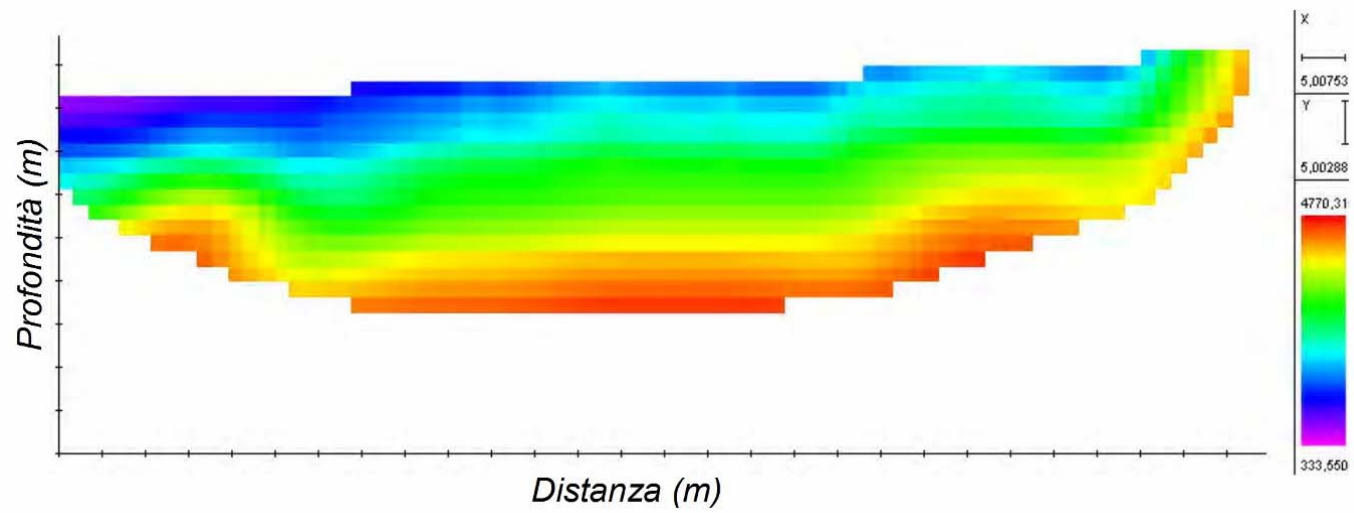
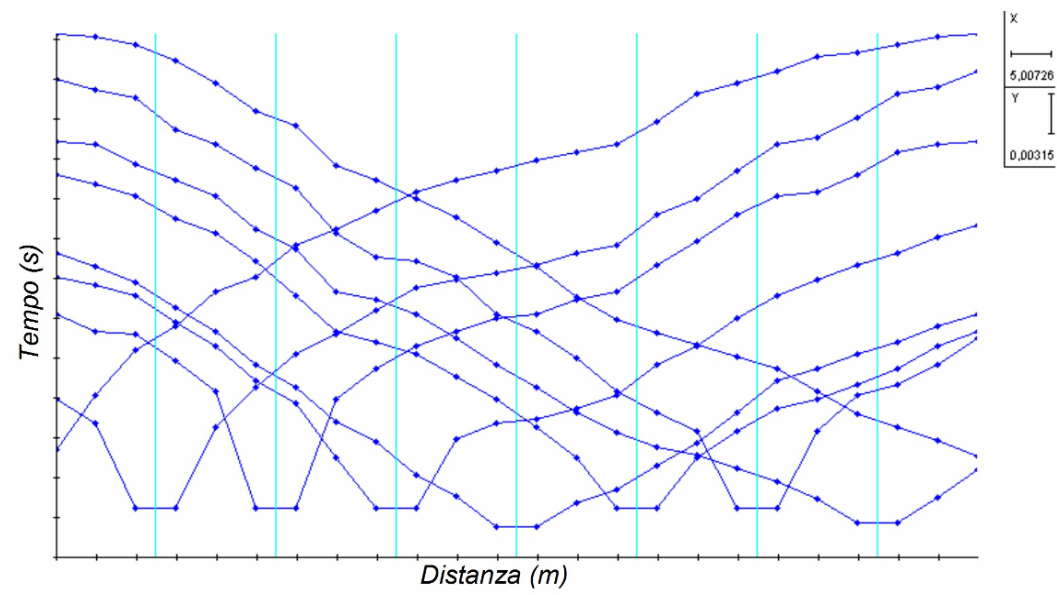
Il sondaggio S4 si trova a circa 3 m dallo stendimento ed è proiettabile in corrispondenza del m 82 rispetto al primo geofono. La stratigrafia mostra un primo livello di circa 70 cm m caratterizzato da terreno di riporto e deposito a carattere limoso-sabbioso. Gli strati sottostanti si sviluppano fino a 5.80 m dal p.d.c. e mostrano alternanze di livelli arenacei più o meno fratturati e calcari marnosi. Al di sotto, fino alla massima profondità di indagine (10 m dal p.d.c.) si rilevano calcari marnosi con scarse intercalazioni argilliti che.

La modellazione sismica del sottosuolo permette di individuare tre principali sismostrati sintetizzabili in termini litologici e geomeccanici (Figura 15):

- *Primo sismostrato* – si rileva un livello di spessore variabile tra 1 e 8-10 m con velocità inferiori a circa 1500 m/s. Queste caratteristiche sono attribuibili al terreno vegetale di copertura ed al sottostante livello arenaceo alterato.
- *Secondo sismostrato* – al di sotto del precedente sismostrato si sviluppa un livello con spessore variabile tra 2 e 15 m con velocità comprese tra 1500 e 3500 m/s associabile a litologie fortemente eterogenee con prevalenza di calcari marnosi e/o arenarie con intercalazioni argillitiche. Anche in questo caso la litologia è da attribuire ad accumuli per frana sottomarina.
- *Terzo sismostrato* – si rileva la presenza, fino alla massima profondità di indagine, di un livello con velocità sempre superiori a 3000 m/s fino ad un massimo di circa 4800 m/s. Tali caratteristiche sono associabili al substrato arenaceo compatto.



# Dromocrone e Profilo sismico - Tomografia DD'

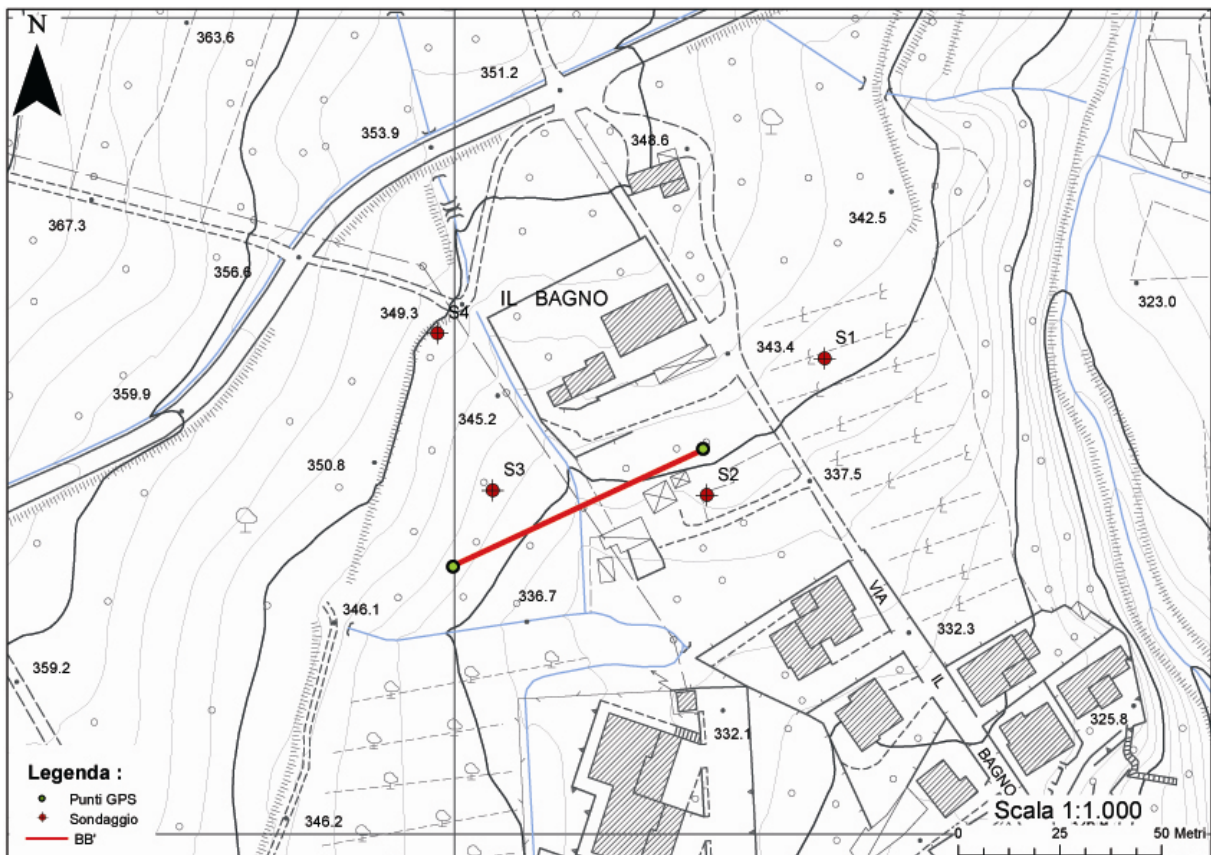


## PROVA MASW LINEA BB'

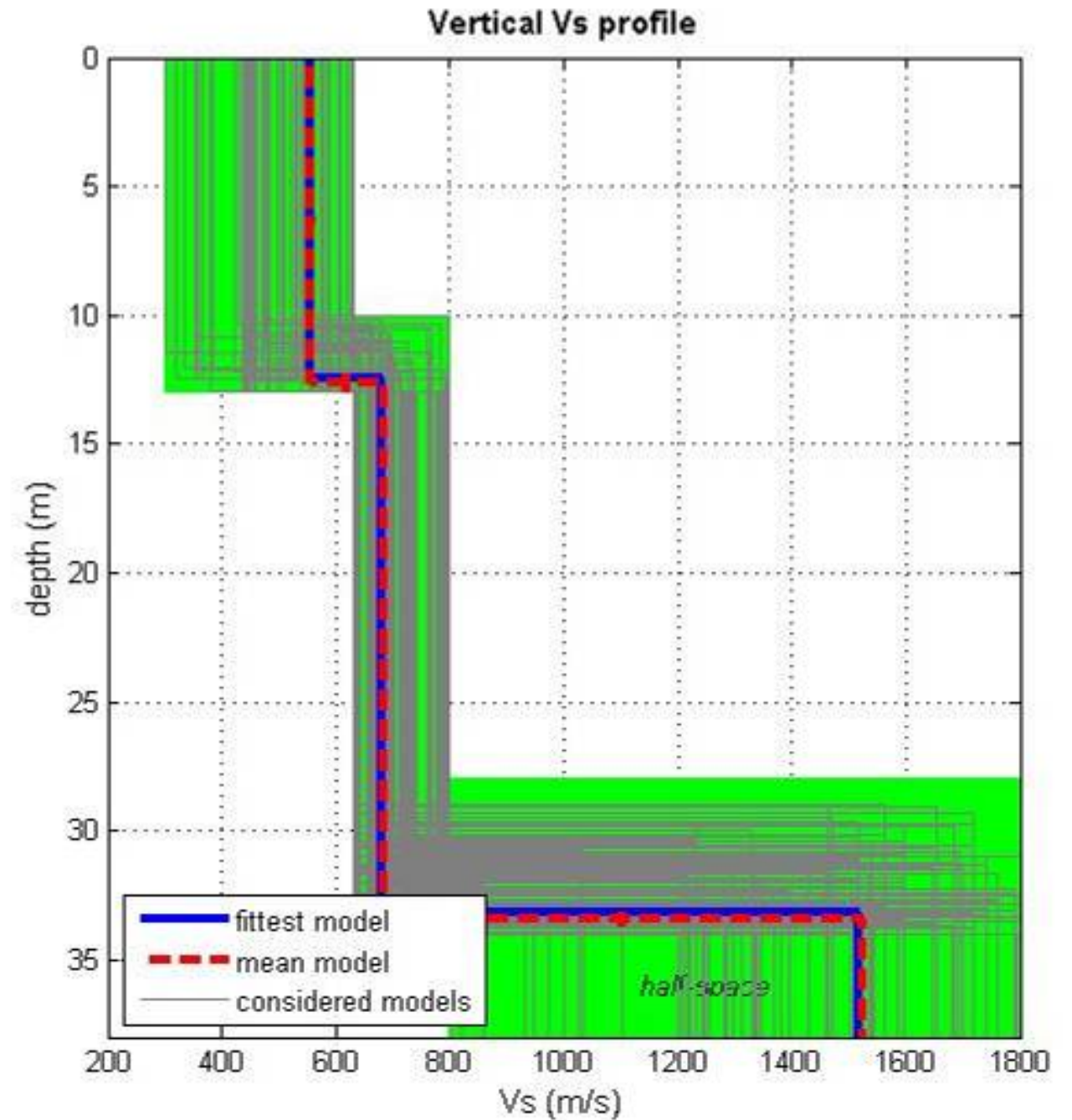
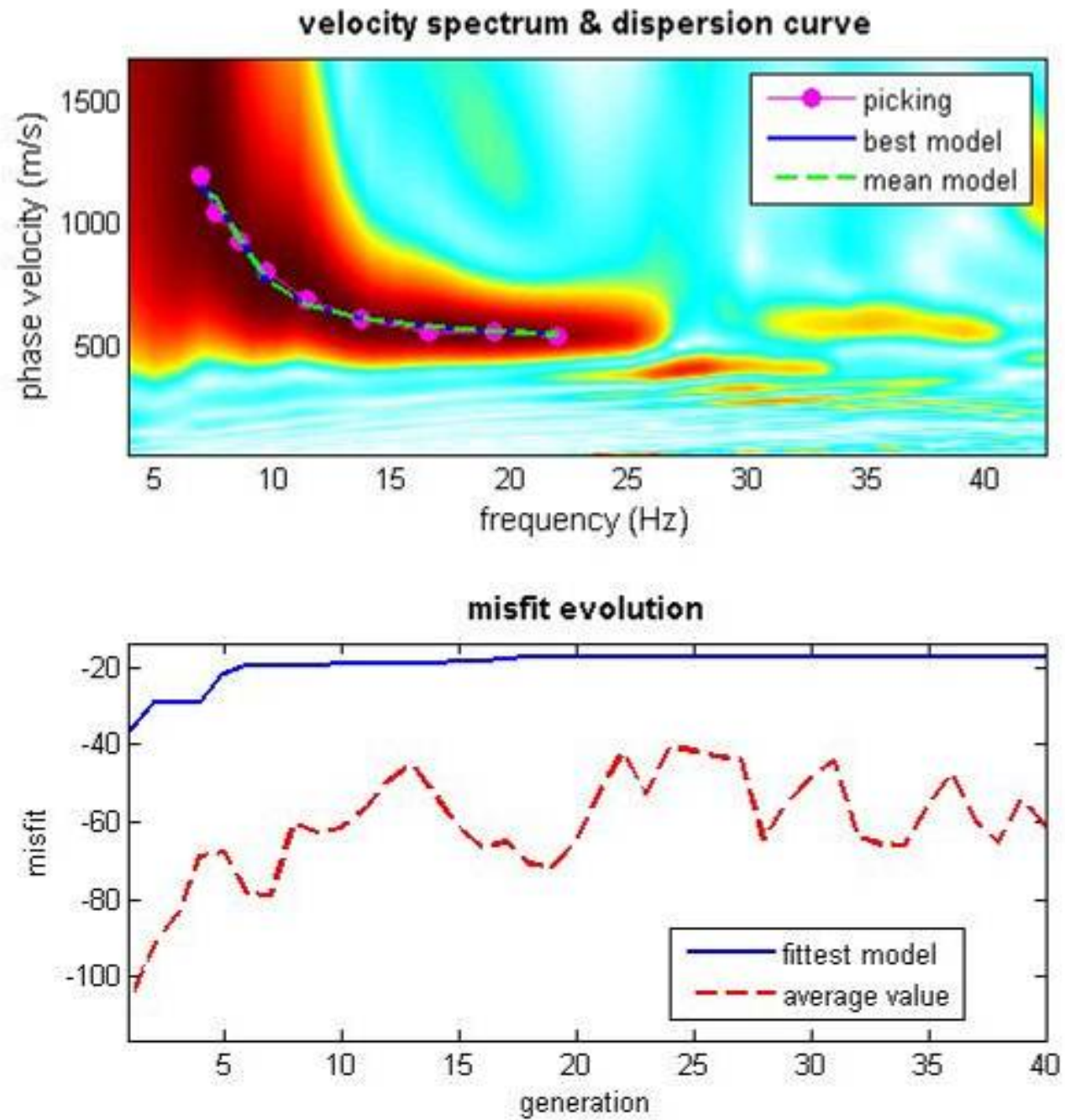
### Dati tecnici di campagna:

Giorno del rilievo:	24/08/09
Nome del file:	BB'_156.dat
Metodo di acquisizione:	MASW
Lunghezza dello stendimento:	69 m
N° di geofoni:	24
Tipo di geofoni:	4,5 Hz
Spaziatura dei geofoni:	3 m
N° di energizzazioni:	4
Tempo di campionamento:	1 ms
Tempo di registrazione:	6 s

### Posizione dello stendimento



**PROVA MASW LINEA BB'**



dataset: 156.dat  
 dispersion curve: 156new.cdp  
 VS30 (best model): 622 m/s  
 VS30 (mean model): 624 m/s

## Commenti

I risultati delle indagini MASW indicano che l'area in esame può essere collocata, secondo la normativa italiana (D.M. 14/01/2008), in categoria B (Tabella 2), in particolare per le varie indagini si sono ottenuti i seguenti valori:

- Prova MASW (Multichannel analysis of surface waves) linea BB' – Vs30 (velocità delle onde S nei primi 30 metri) = 622 m/s.
- Prova MASW (Multichannel analysis of surface waves) linea CC' – Vs30 (velocità delle onde S nei primi 30 metri) = 657 m/s.
- Prova MASW (Multichannel analysis of surface waves) linea EE' – Vs30 (velocità delle onde S nei primi 30 metri) = 777 m/s.
- Prova MASW (Multichannel analysis of surface waves) linea FF' – Vs30 (velocità delle onde S nei primi 30 metri) = 773 m/s.

### **Dati Indagine MASW BB'**

**Dati relativi alla curva di dispersione Picking:**

Frequenze (Hz)	Velocità (m/s)
6,96	1150,28
7,58	1099,46
8,56	941,22
9,67	779,49
11,39	671,64
13,72	615,60
16,55	584,20
19,25	566,20
21,96	553,64

### **Dati Indagine MASW CC'**

**Dati relativi alla curva di dispersione Picking:**

Frequenze (Hz)	Velocità (m/s)
9,67	995,58
9,79	980,25
10,03	945,89
10,65	850,76
11,39	755,41
12,49	671,21
13,84	619,77
15,32	590,47
16,79	573,59

### **Dati Indagine MASW EE'**

**Dati relativi alla curva di dispersione Picking:**

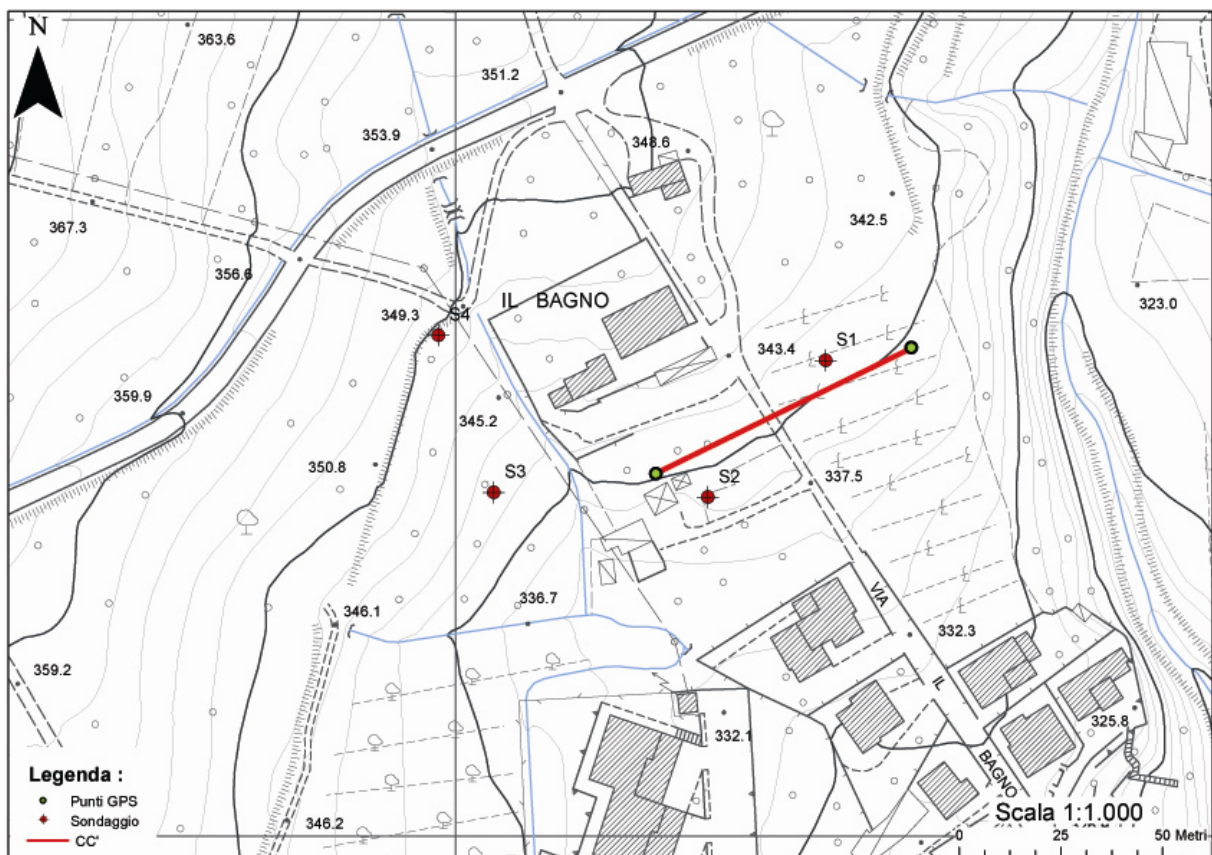
Frequenze (Hz)	Velocità (m/s)
6,88	1628,98
7,33	1602,44
7,83	1568,47
8,43	1520,43
9,18	1449,48
9,98	1366,86
10,93	1274,66
11,78	1205,62
12,83	1137,73
13,98	1078,93
14,83	1038,71
15,43	1000,22

## PROVA MASW LINEA CC'

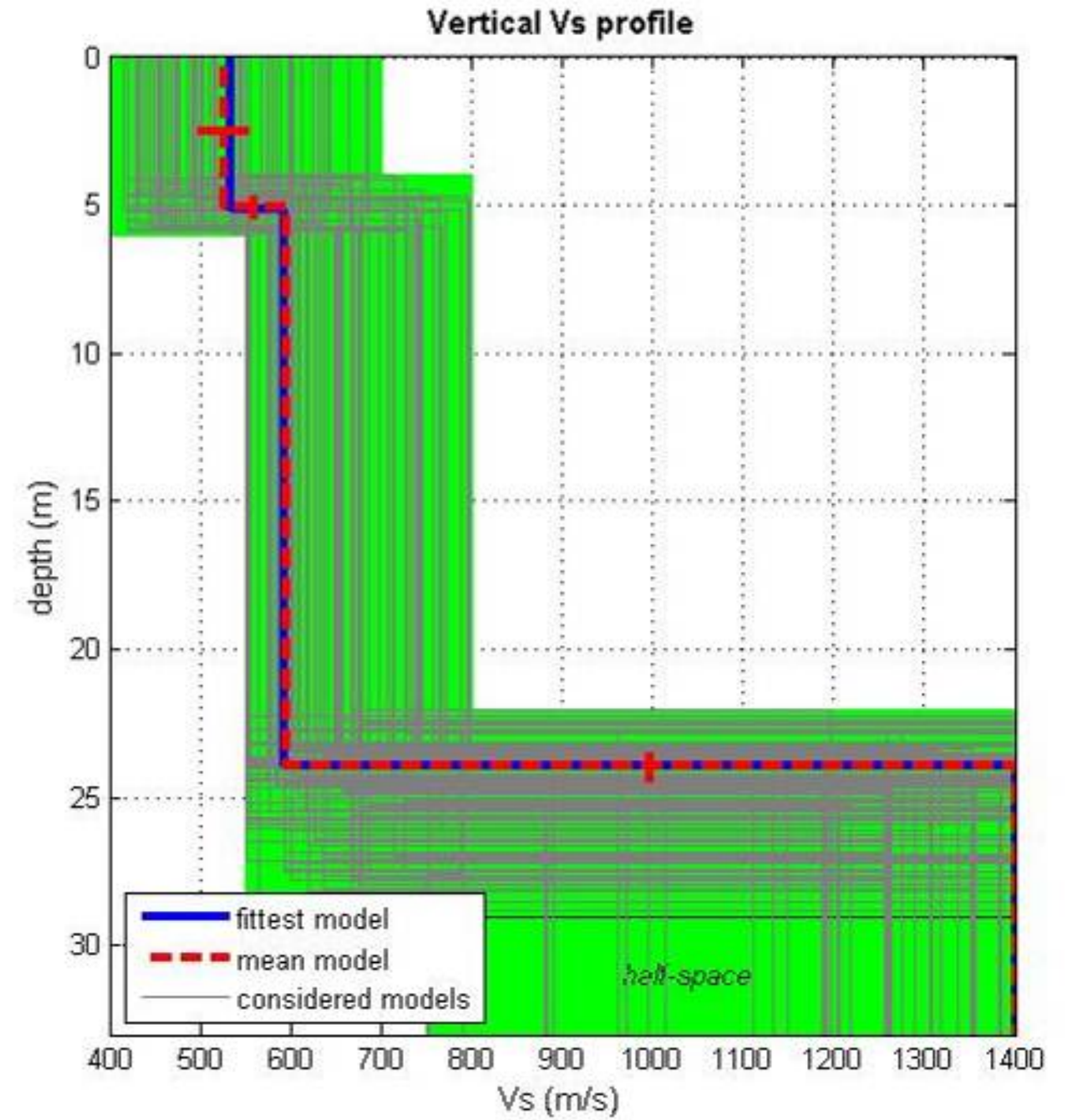
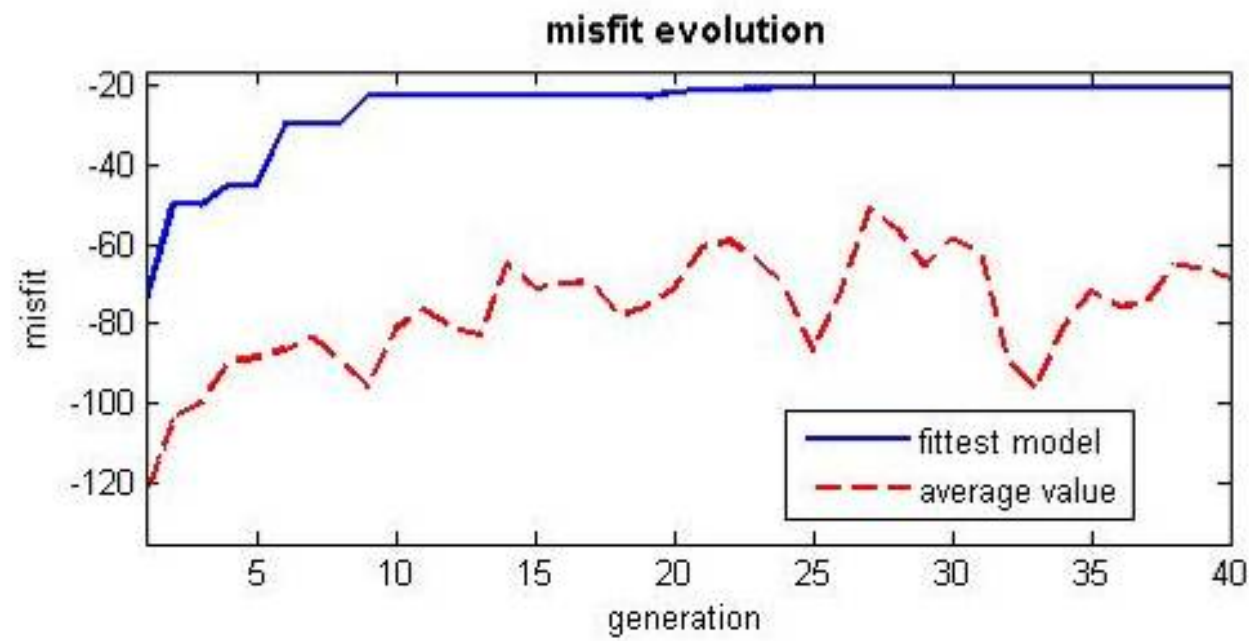
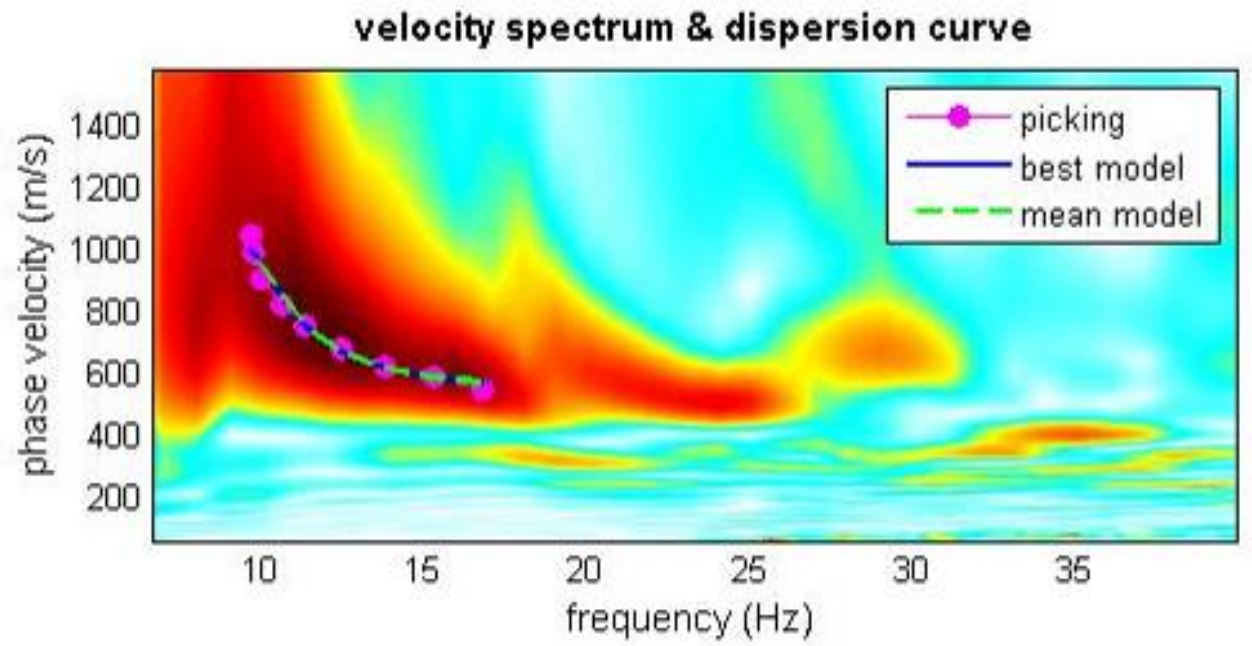
### Dati tecnici di campagna:

Giorno del rilievo:	24/08/09
Nome del file:	CC'_147.dat
Metodo di acquisizione:	MASW
Lunghezza dello stendimento:	69 m
N° di geofoni:	24
Tipo di geofoni:	4,5 Hz
Spaziatura dei geofoni:	3 m
N° di energizzazioni:	4
Tempo di campionamento:	1 ms
Tempo di registrazione:	6 s

### Posizione dello stendimento



PROVA MASW LINEA CC'



dataset: 147.dat  
dispersion curve: 151<sub>n</sub>.cdp  
VS30 (best model): 657 m/s  
VS30 (mean model): 656 m/s

## Commenti

I risultati delle indagini MASW indicano che l'area in esame può essere collocata, secondo la normativa italiana (D.M. 14/01/2008), in categoria B (Tabella 2), in particolare per le varie indagini si sono ottenuti i seguenti valori:

- Prova MASW (Multichannel analysis of surface waves) linea BB' – Vs30 (velocità delle onde S nei primi 30 metri) = 622 m/s.
- Prova MASW (Multichannel analysis of surface waves) linea CC' – Vs30 (velocità delle onde S nei primi 30 metri) = 657 m/s.
- Prova MASW (Multichannel analysis of surface waves) linea EE' – Vs30 (velocità delle onde S nei primi 30 metri) = 777 m/s.
- Prova MASW (Multichannel analysis of surface waves) linea FF' – Vs30 (velocità delle onde S nei primi 30 metri) = 773 m/s.



### **Dati Indagine MASW BB'**

**Dati relativi alla curva di dispersione Picking:**

Frequenze (Hz)	Velocità (m/s)
6,96	1150,28
7,58	1099,46
8,56	941,22
9,67	779,49
11,39	671,64
13,72	615,60
16,55	584,20
19,25	566,20
21,96	553,64

### **Dati Indagine MASW CC'**

**Dati relativi alla curva di dispersione Picking:**

Frequenze (Hz)	Velocità (m/s)
9,67	995,58
9,79	980,25
10,03	945,89
10,65	850,76
11,39	755,41
12,49	671,21
13,84	619,77
15,32	590,47
16,79	573,59

### **Dati Indagine MASW EE'**

**Dati relativi alla curva di dispersione Picking:**

Frequenze (Hz)	Velocità (m/s)
6,88	1628,98
7,33	1602,44
7,83	1568,47
8,43	1520,43
9,18	1449,48
9,98	1366,86
10,93	1274,66
11,78	1205,62
12,83	1137,73
13,98	1078,93
14,83	1038,71
15,43	1000,22

**IGEA S.A.S.**

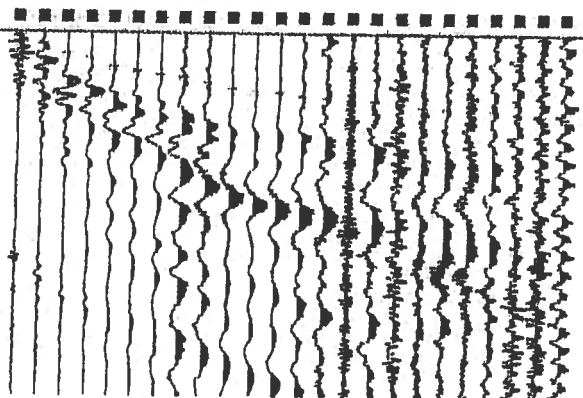
INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBIENTALI

CODIFICA DOCUMENTO						REV.	FOGLIO	
C	DOCUMENTI	2008	SAS2008	01	08	001	1	5

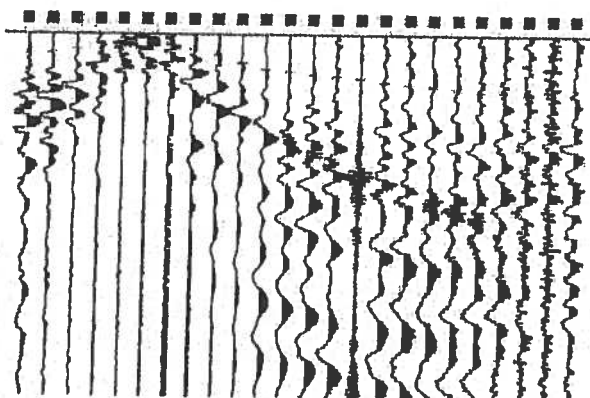
LINEA SISMICA 1

ONDE Sh: STAMPA ISTANTANEA DELLE REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA

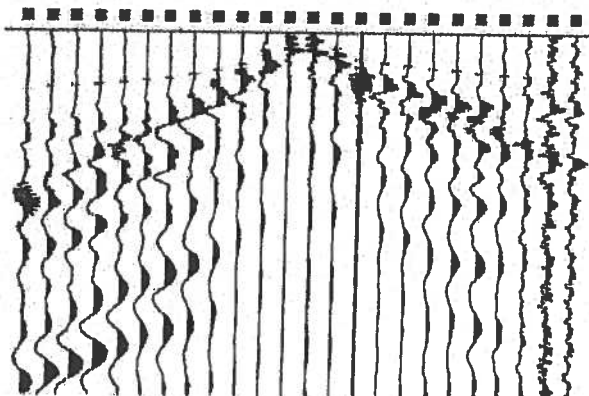
TIRO ESTREMO SX A



TIRO INTERMEDIO SX D1

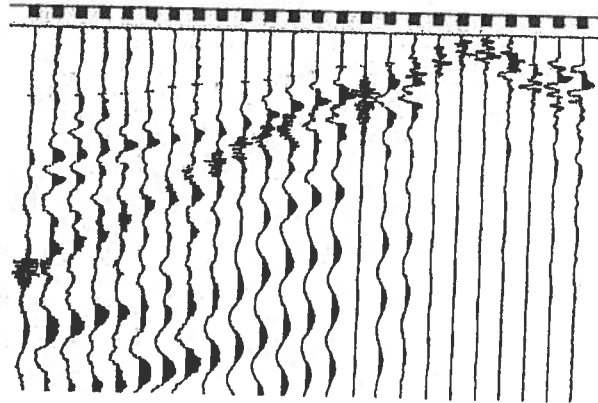


TIRO CENTRALE C

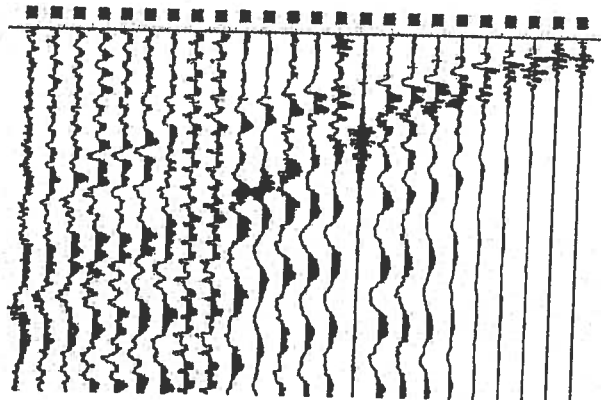


LINEA SISMICA 1  
ONDE Sh: STAMPA ISTANTANEA DELLE REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA

TIRO INTERMEDIO DX D2



TIRO ESTREMO DX B



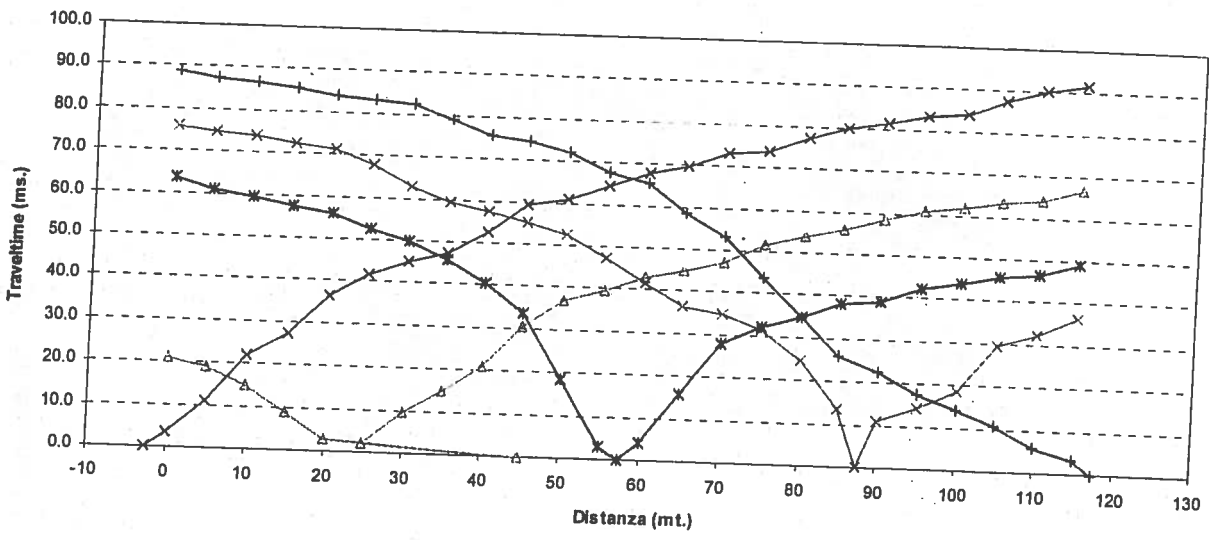
LINEA SISMICA 1

TEMPI DI PROPAGAZIONE ONDE SH

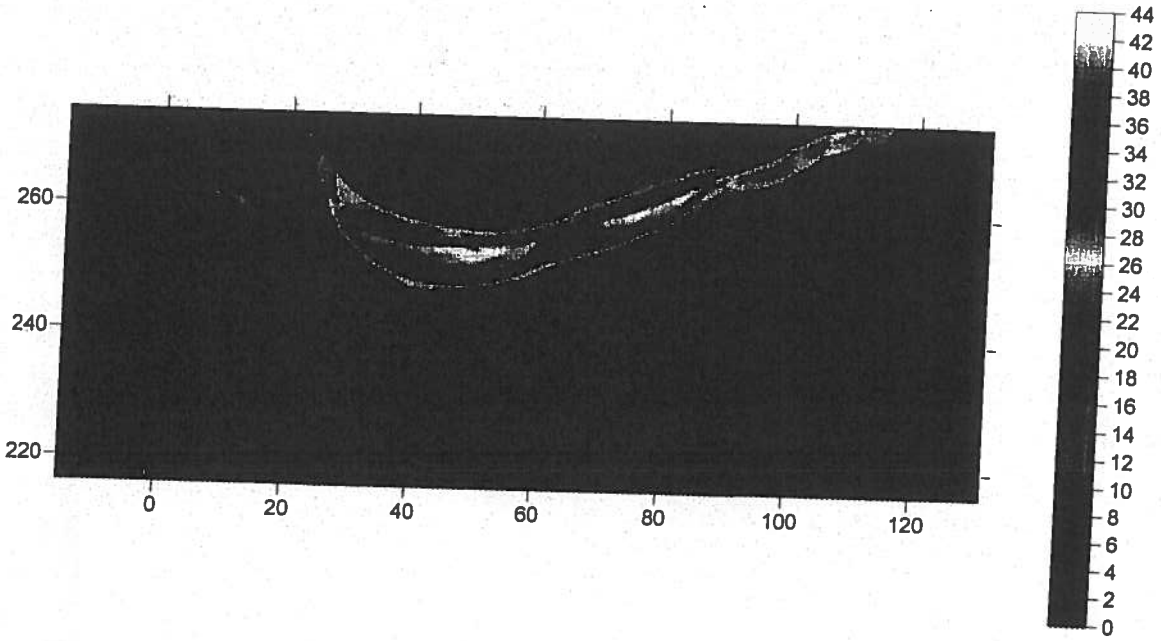
geofono	Tempo di arrivo				
	A	D1	C	D2	B
1	3.30	21.10	63.70	75.60	89.00
2	10.90	19.40	61.10	74.70	87.40
3	21.90	15.10	59.40	73.90	86.60
4	27.10	9.10	57.70	72.20	85.70
5	36.50	3.20	56.00	71.30	84.10
6	41.60	0.00	52.60	67.90	83.20
7	45.00	10.00	50.10	62.80	82.40
8	47.50	15.20	45.80	59.40	79.00
9	52.60	21.20	40.70	57.70	75.60
10	59.40	30.50	33.90	55.20	74.70
11	61.10	37.30	18.50	52.60	72.20
12	64.50	39.90	3.20	47.50	67.90
13	67.90	43.30	4.10	41.60	65.40
14	69.60	45.00	16.00	36.50	58.60
15	73.00	47.50	27.90	34.80	53.50
16	73.90	51.80	32.20	31.40	44.10
17	77.30	54.30	34.80	24.60	34.80
18	79.80	56.00	38.20	13.50	26.30
19	81.50	58.60	39.00	11.00	22.90
20	83.20	61.10	42.40	14.40	17.80
21	84.10	62.00	44.10	18.60	14.40
22	87.40	63.70	45.80	29.70	11.00
23	90.00	64.50	46.70	32.20	5.90
24	91.70	67.10	49.20	36.50	3.30

LINEA SISMICA 1

DROMOCRONE ONDE Sh

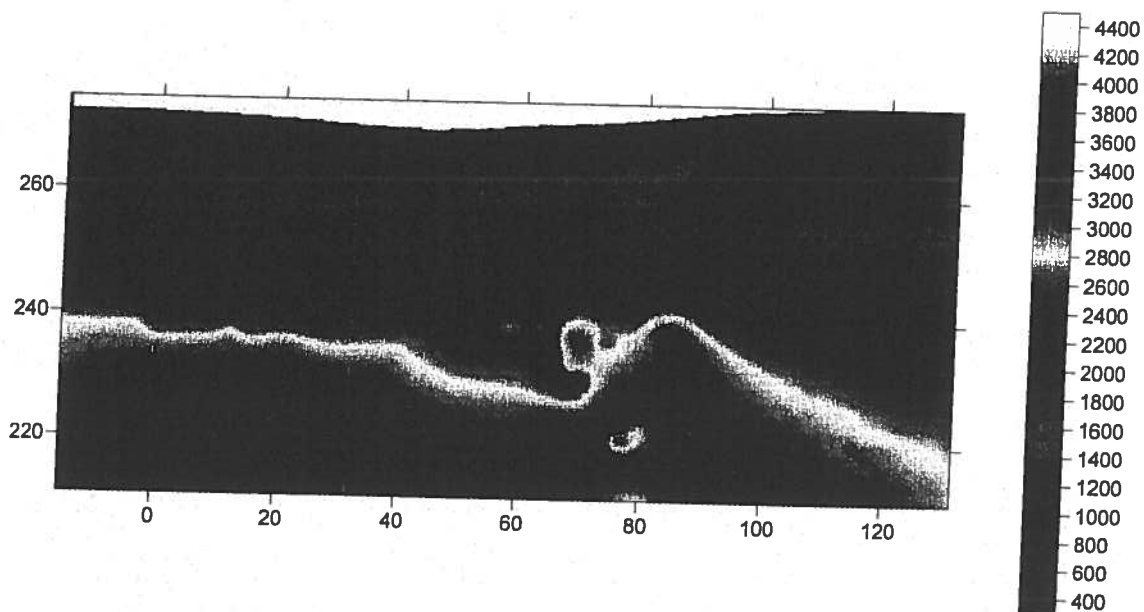


COPERTURA ONDE Sh



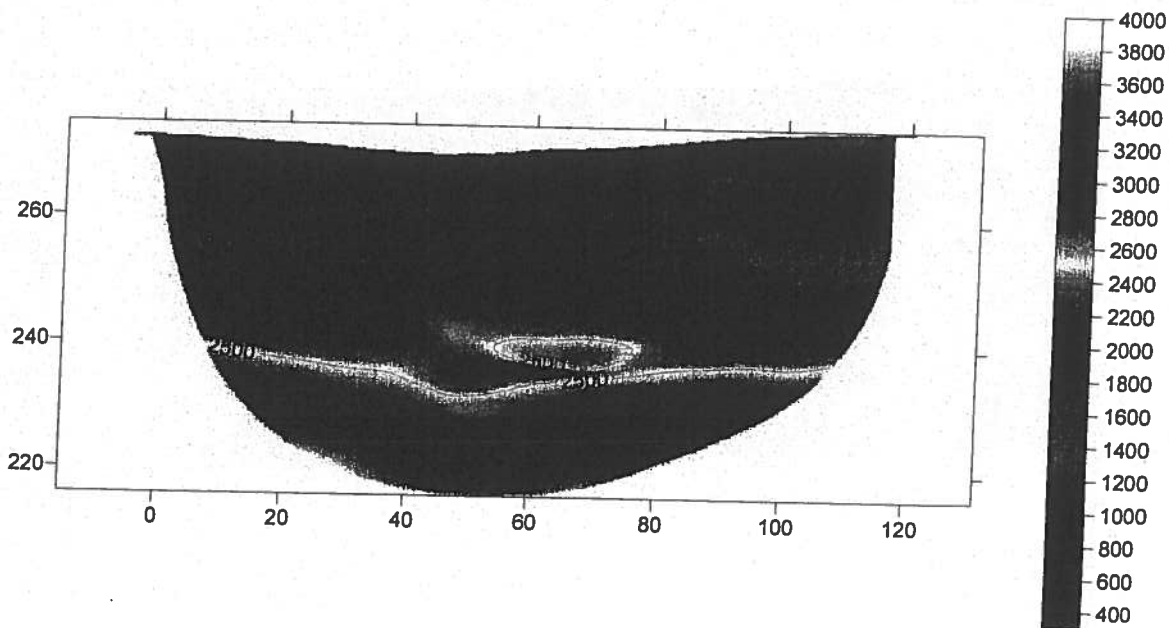
LINEA SISMICA 1 - TOMOGRAFIA ONDE SH

**Elaborazione 1**



LINEA SISMICA 1 - TOMOGRAFIA ONDE SH

**Elaborazione 2**



In generale il fenomeno dell'amplificazione sismica diventa più accentuato passando dalla classe A alla classe E.

Alle cinque categorie descritte se ne aggiungono altre due per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare.

Classe	Descrizione
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $IP > 40$ ) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s ( $10 < c_u < 20$ kPa).
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria non rientrante nelle classi precedenti.

Le velocità sono riportate nelle tabelle seguenti e si riferiscono a tre progressive lungo le sezioni tomografiche ottenute con l'elaborazione 1.

**Linea 1**

Progressiva 0	Progressiva 70	Progressiva 120
$V_{s30} = 1441.21$ m/s	$V_{s30} = 1788.88$ m/s	$V_{s30} = 1418.59$ m/s

**Linea 2**

Progressiva 0	Progressiva 25	Progressiva 55
$V_{s30} = 1503.65$ m/s	$V_{s30} = 1413.72$ m/s	$V_{s30} = 1405.52$ m/s

La classe risultante è la A.

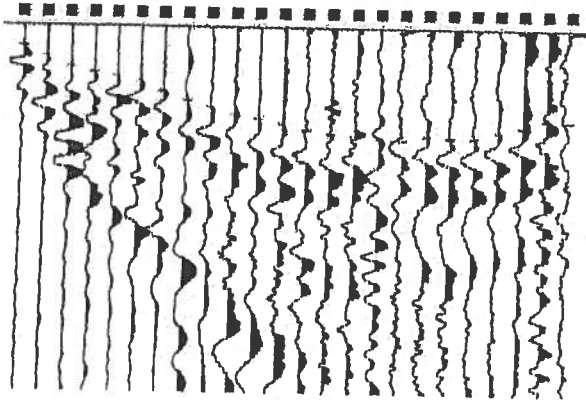
 IGEA S.A.S.

INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBIENTALI

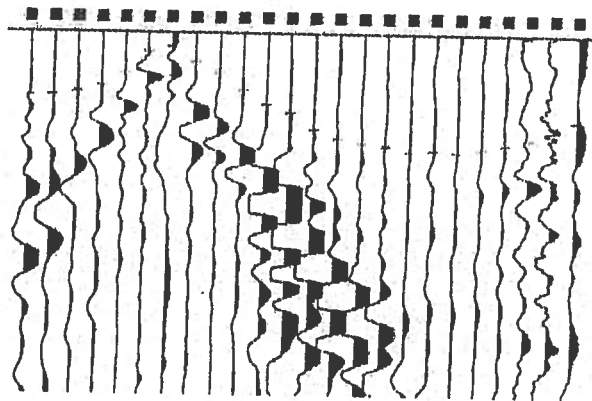
CODIFICA DOCUMENTO						REV.	FOGLIO	
C	DOCUMENTI	2008	SAS2008	01	08	001	1	Z

LINEA SISMICA 2  
ONDE Sh: STAMPA ISTANTANEA DELLE REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA

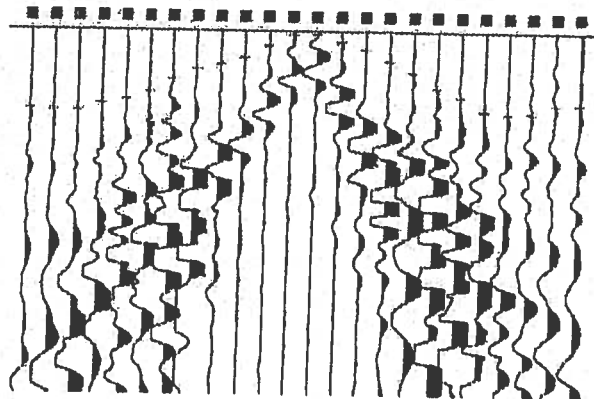
TIRO ESTREMO SX A



TIRO INTERMEDIO SX D1



TIRO CENTRALE C

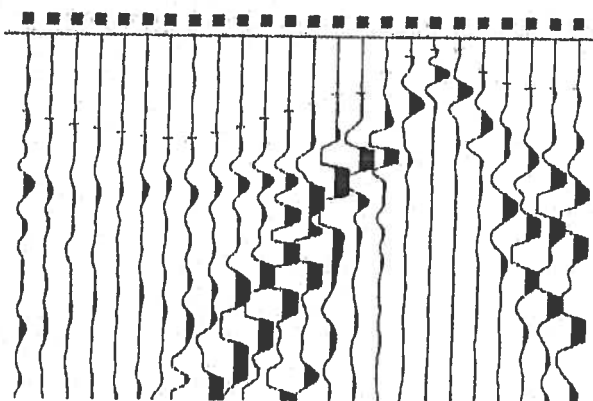




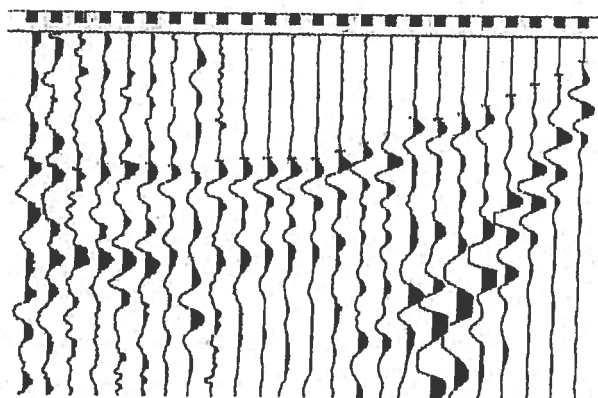
LINEA SISMICA 2

ONDE Sh: STAMPA ISTANTANEA DELLE REGISTRAZIONI DI CAMPAGNA

TIRO INTERMEDIO DX D2

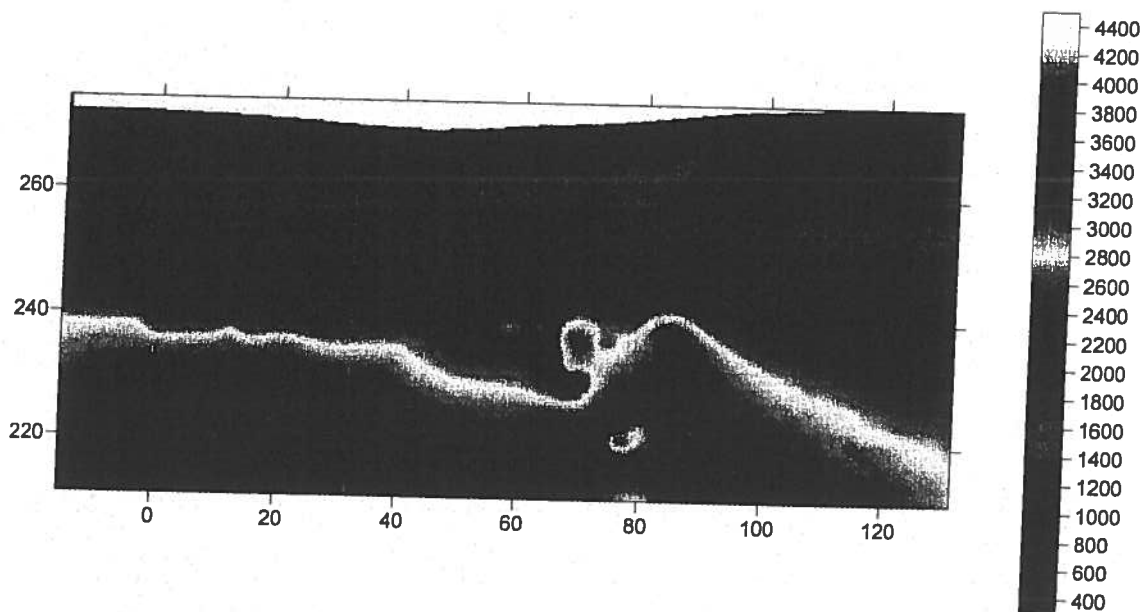


TIRO ESTREMO DX B



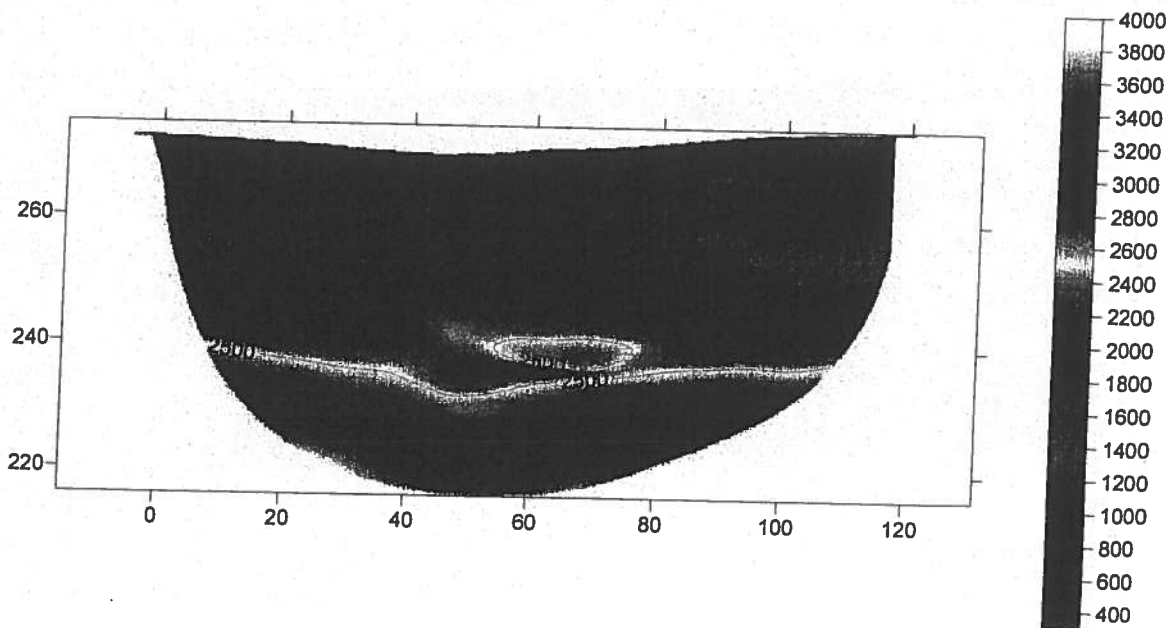
LINEA SISMICA 1 - TOMOGRAFIA ONDE SH

**Elaborazione 1**



LINEA SISMICA 1 - TOMOGRAFIA ONDE SH

**Elaborazione 2**



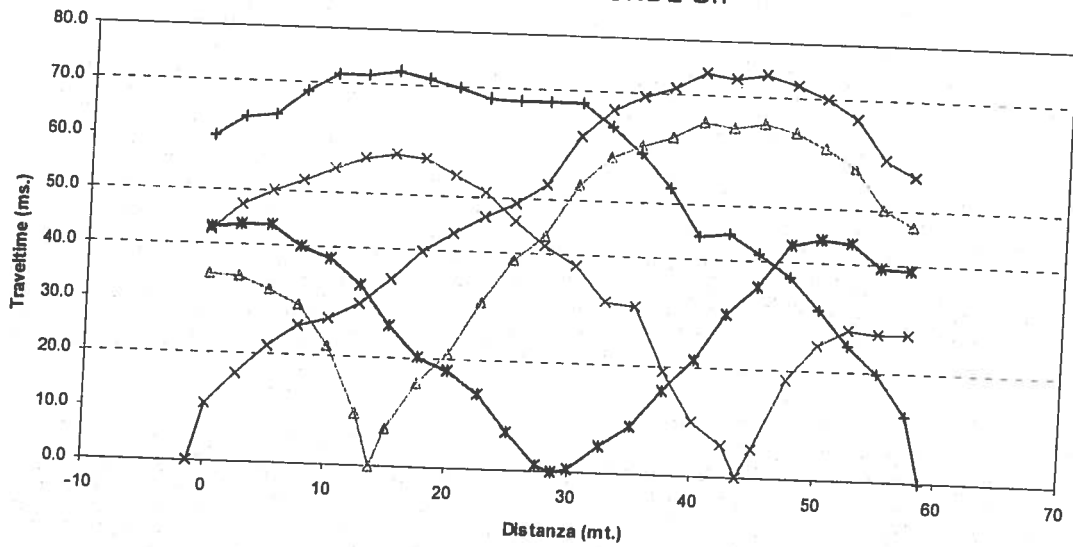
LINEA SISMICA 2

TEMPI DI PROPAGAZIONE ONDE SH

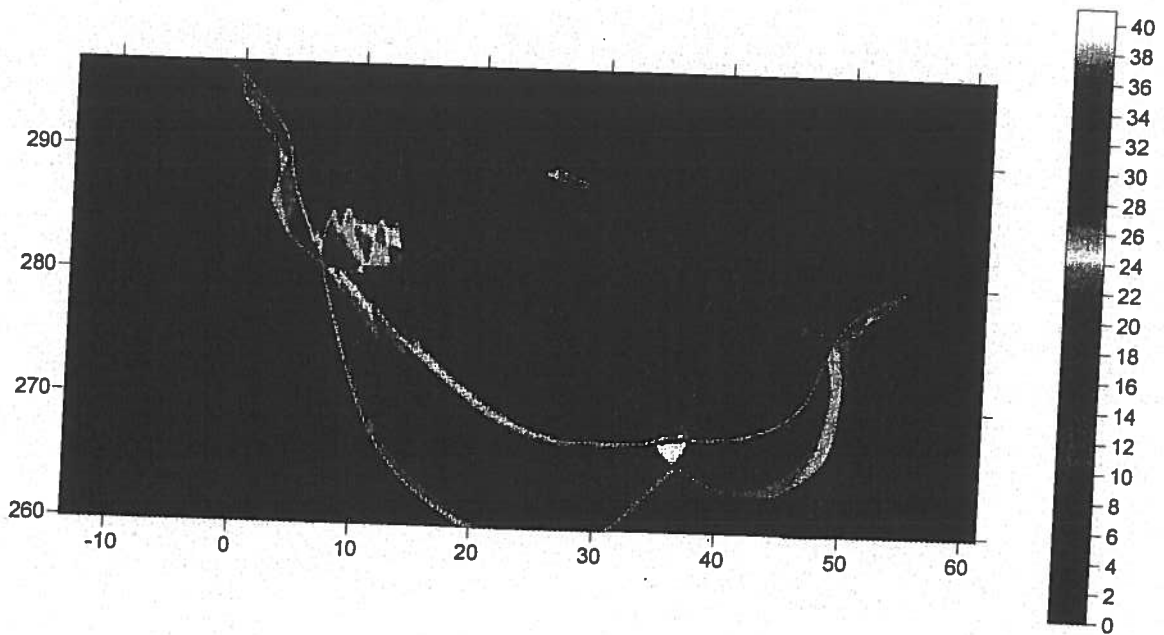
geofono	Tempo di arrivo				
	A	D1	C	D2	B
1	10.50	34.80	43.30	42.70	60.00
2	16.10	34.40	43.70	47.50	63.40
3	21.60	32.10	43.70	50.10	64.10
4	25.20	29.30	39.90	52.20	68.40
5	26.70	22.00	37.80	54.30	71.70
6	29.70	9.70	33.10	56.40	71.70
7	34.40	7.10	25.90	57.30	72.60
8	39.80	15.60	20.30	56.90	71.40
9	43.20	21.20	17.80	53.90	70.00
10	46.60	31.00	13.90	50.90	68.30
11	49.10	38.90	7.10	45.80	67.90
12	52.60	43.60	1.20	41.60	67.90
13	61.80	53.00	0.70	37.80	67.90
14	66.90	58.10	5.00	31.40	63.70
15	69.50	60.70	8.90	31.00	59.00
16	71.20	62.40	15.70	19.10	53.00
17	74.20	65.40	21.60	10.10	44.50
18	73.30	64.50	30.10	5.80	45.00
19	74.20	65.40	35.20	5.40	41.60
20	72.50	63.70	43.30	18.20	37.30
21	69.90	61.10	44.50	24.60	31.40
22	66.50	57.70	43.70	27.60	25.00
23	59.20	50.40	39.50	27.10	19.90
24	56.30	47.50	39.00	27.10	12.30

LINEA SISMICA 2

DROMOCRONE ONDE Sh



COPERTURA ONDE Sh



In generale il fenomeno dell'amplificazione sismica diventa più accentuato passando dalla classe A alla classe E.

Alle cinque categorie descritte se ne aggiungono altre due per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare.

Classe	Descrizione
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $IP > 40$ ) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s ( $10 < c_u < 20$ kPa).
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria non rientrante nelle classi precedenti.

Le velocità sono riportate nelle tabelle seguenti e si riferiscono a tre progressive lungo le sezioni tomografiche ottenute con l'elaborazione 1.

**Linea 1**

Progressiva 0	Progressiva 70	Progressiva 120
$V_{s30} = 1441.21$ m/s	$V_{s30} = 1788.88$ m/s	$V_{s30} = 1418.59$ m/s

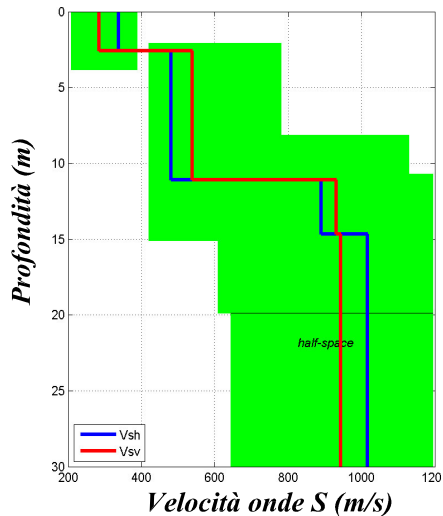
**Linea 2**

Progressiva 0	Progressiva 25	Progressiva 55
$V_{s30} = 1503.65$ m/s	$V_{s30} = 1413.72$ m/s	$V_{s30} = 1405.52$ m/s

La classe risultante è la A.

Prova Masw

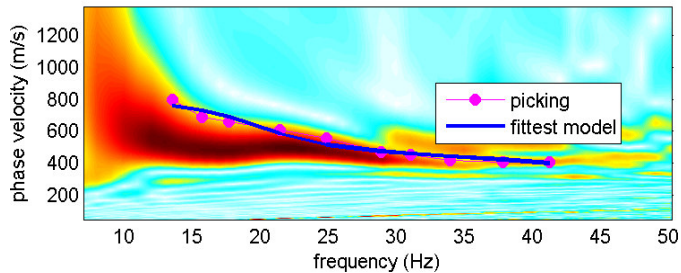
Shear-Wave Velocity Profile



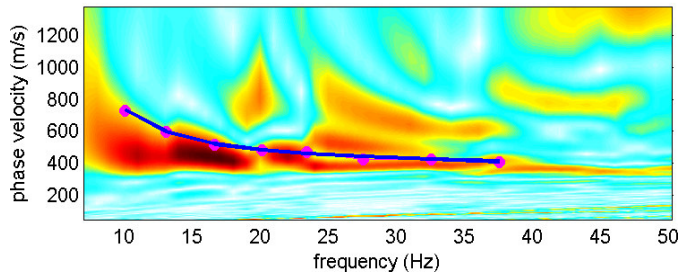
$V_{S30}$  667 m/s

Sito Classe B

Rayleigh waves: velocity spectrum & dispersion curve



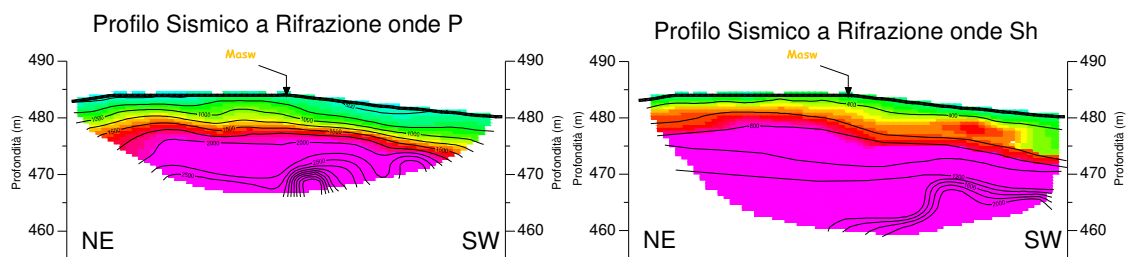
Love waves: velocity spectrum & dispersion curve



## 9 – ANALISI DEI RISULTATI

Nel complesso, l'indagine geofisica ha permesso di caratterizzare il sottosuolo sia con il modello di distribuzione della velocità delle onde di volume (onde P), sia con il modello di distribuzione della velocità delle onde di taglio polarizzate (onde  $S_H$ ) e superficiali (onde di Rayleigh e di Love).

L'indagine di sismica a rifrazione, relativamente al comportamento del terreno in merito alle onde di volume (onde P ed  $S_H$ ), ha permesso di evidenziare una geometria circa parallela alla superficie topografica nei primi 8 metri di profondità in entrambi i profili, mentre più in profondità sono riconoscibili variazioni laterali con valori delle velocità sismiche maggiori alle estremità meridionali dei profili.



**Figura 7 Profili sismici ad onde P e  $S_H$**

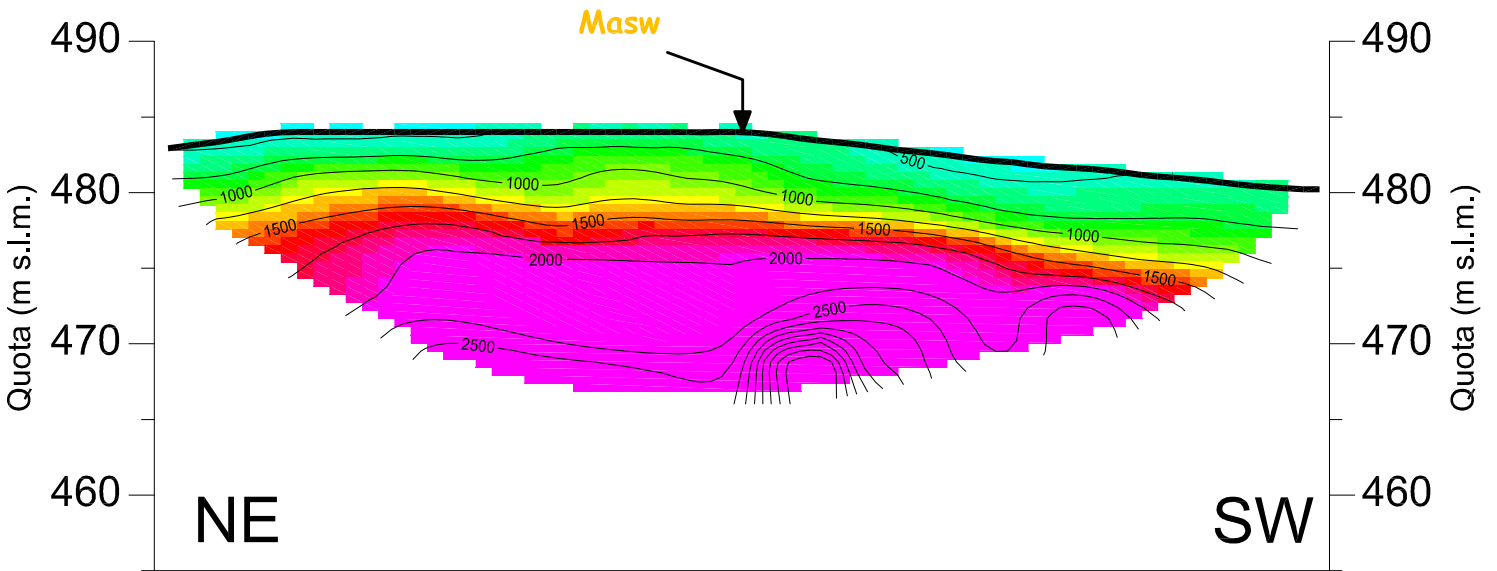
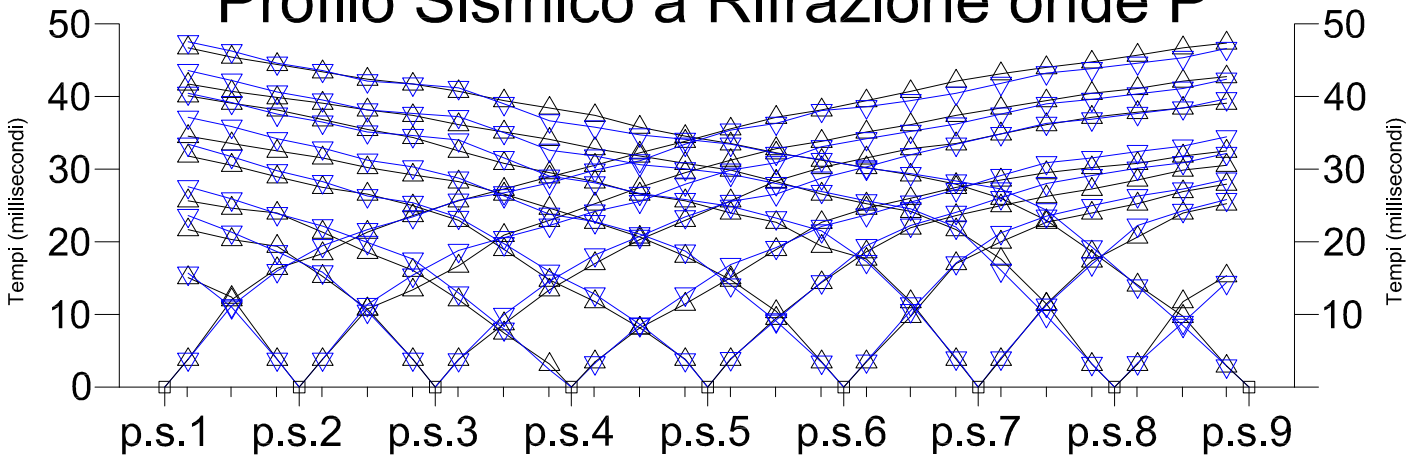
In riferimento alle onde P, il bedrock sismico è identificabile ad una profondità di circa 7 metri dal piano campagna, in corrispondenza della isolinea di velocità di 1750 m/s, mentre per quanto riguarda le onde  $S_H$  tale sismostrato è caratterizzato da velocità superiori a 800 m/s.

Il valore di  $V_{s30}$ , stimato tramite la tecnica MASW, risulta pari a 667 m/s, collocando l'area oggetto dell'indagine geofisica, secondo la normativa italiana, in **classe B**.

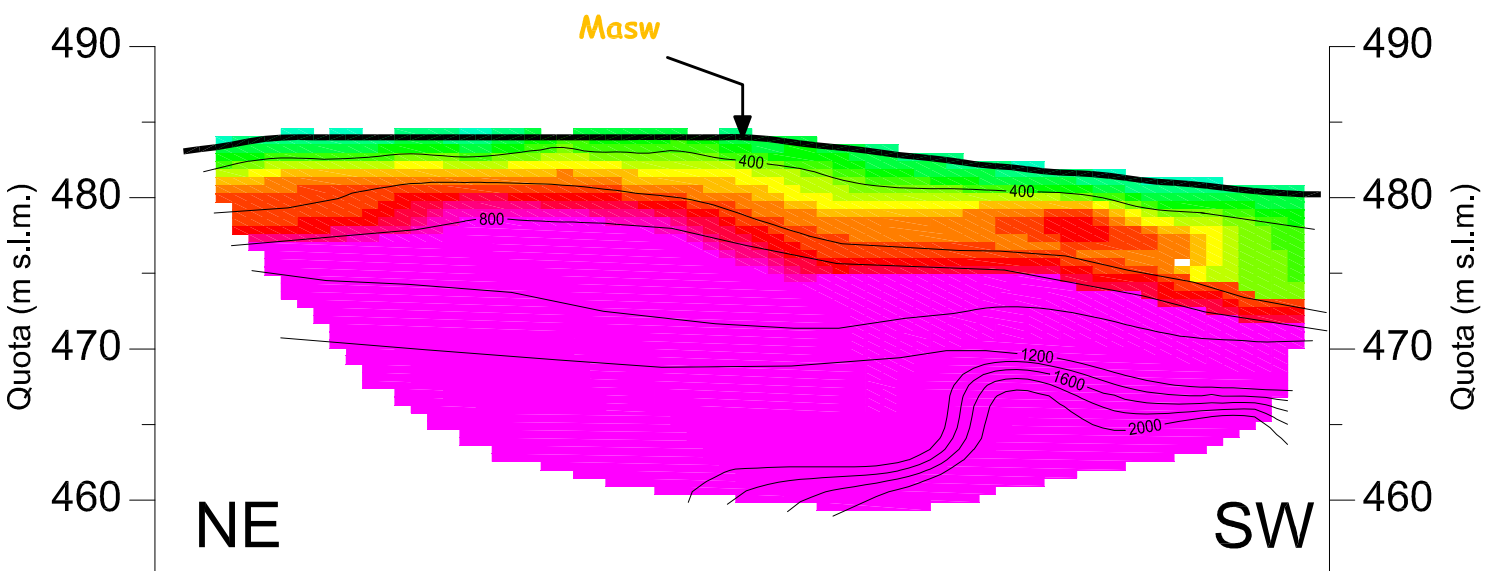
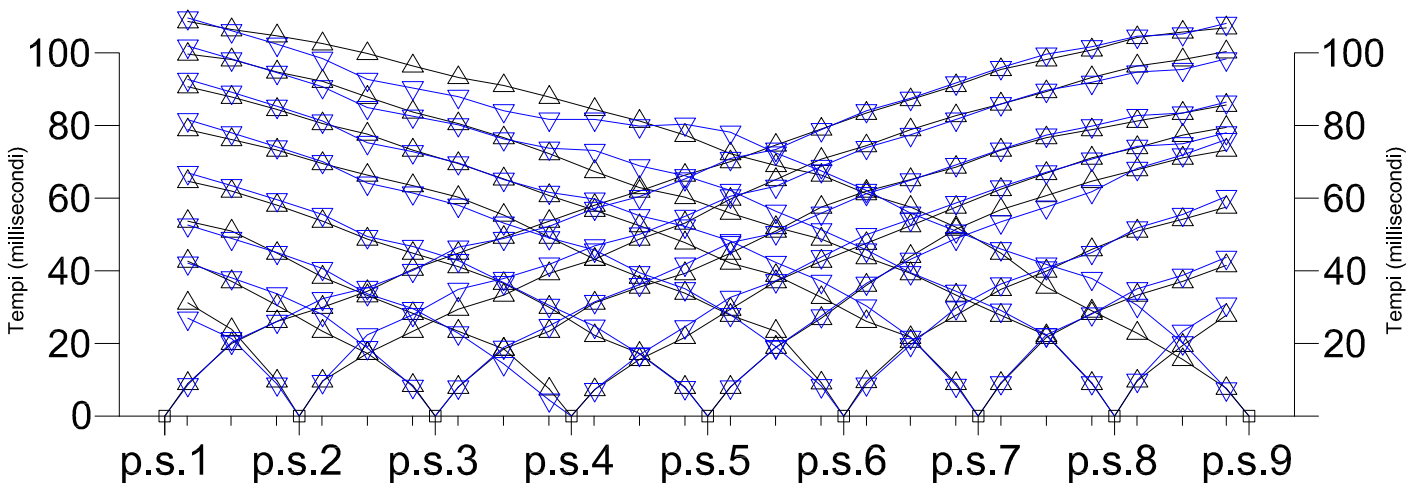
Siena, Dicembre 2009

Dr. Geol. Claudio Rossi

# Profilo Sismico a Rifrazione onde P



# Profilo Sismico a Rifrazione onde Sh

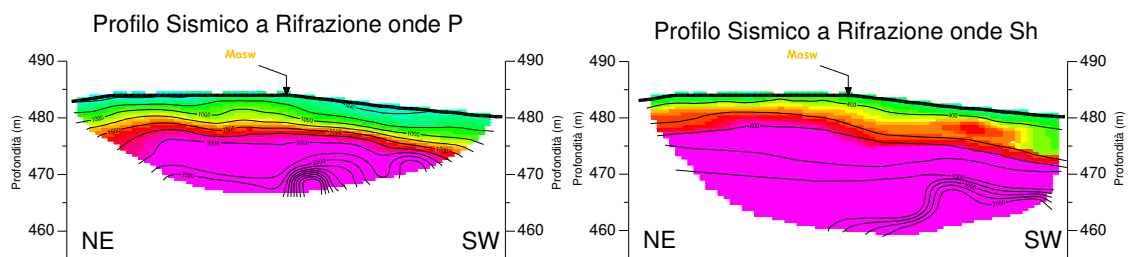




## 9 – ANALISI DEI RISULTATI

Nel complesso, l'indagine geofisica ha permesso di caratterizzare il sottosuolo sia con il modello di distribuzione della velocità delle onde di volume (onde P), sia con il modello di distribuzione della velocità delle onde di taglio polarizzate (onde  $S_H$ ) e superficiali (onde di Rayleigh e di Love).

L'indagine di sismica a rifrazione, relativamente al comportamento del terreno in merito alle onde di volume (onde P ed  $S_H$ ), ha permesso di evidenziare una geometria circa parallela alla superficie topografica nei primi 8 metri di profondità in entrambi i profili, mentre più in profondità sono riconoscibili variazioni laterali con valori delle velocità sismiche maggiori alle estremità meridionali dei profili.



**Figura 7 Profili sismici ad onde P e  $S_H$**

In riferimento alle onde P, il bedrock sismico è identificabile ad una profondità di circa 7 metri dal piano campagna, in corrispondenza della isolinea di velocità di 1750 m/s, mentre per quanto riguarda le onde  $S_H$  tale sismostrato è caratterizzato da velocità superiori a 800 m/s.

Il valore di  $V_{s30}$ , stimato tramite la tecnica MASW, risulta pari a 667 m/s, collocando l'area oggetto dell'indagine geofisica, secondo la normativa italiana, in **classe B**.

Siena, Dicembre 2009

Dr. Geol. Claudio Rossi

2. La seconda fase, che consiste nell'elaborazione dei dati acquisiti in campagna, è stata eseguita mediante il software winMASW 4.3 STANDARD della Eliosoft.

Il programma, dopo il calcolo dello spettro di velocità, richiede il picking della curva di dispersione che poi mediante inversioni e modellizzazioni permetterà di ricostruire il profilo delle velocità del terreno.

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 .

Qui di seguito vengono riportati i più importanti passaggi dell'elaborazione (Illustrazione 5 Illustrazione 6):

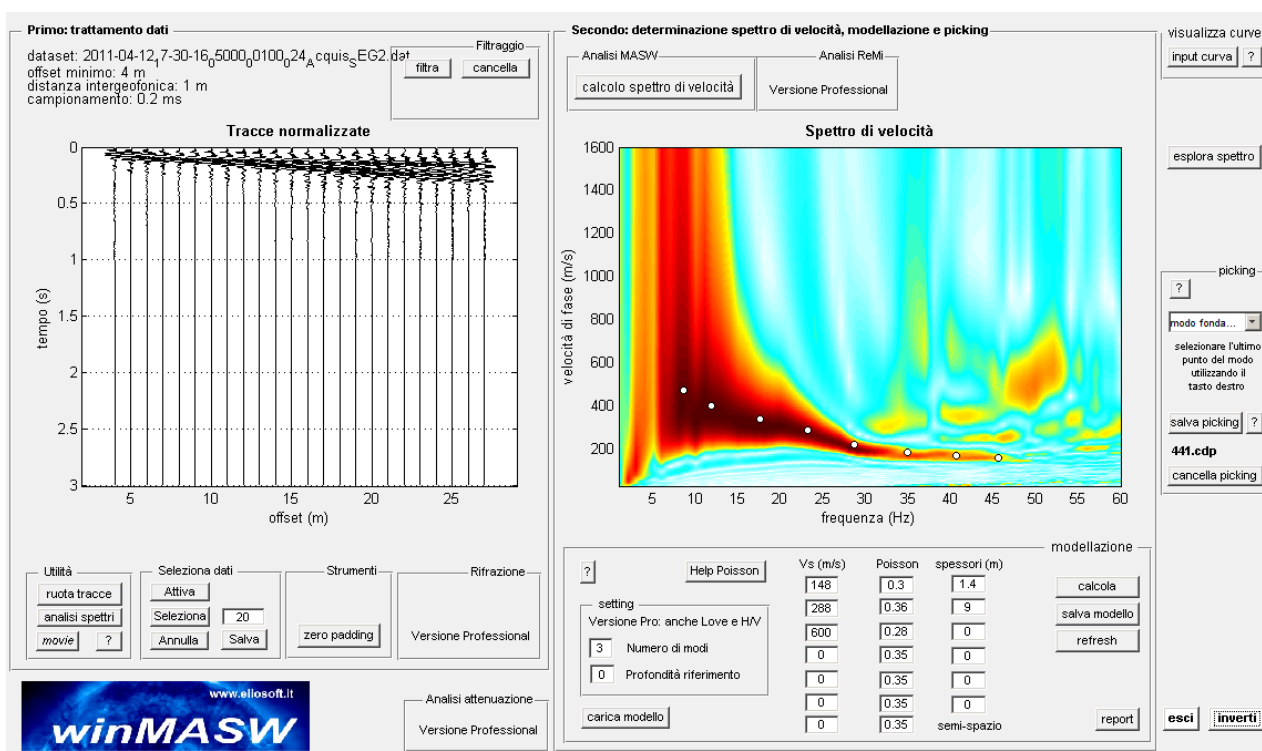
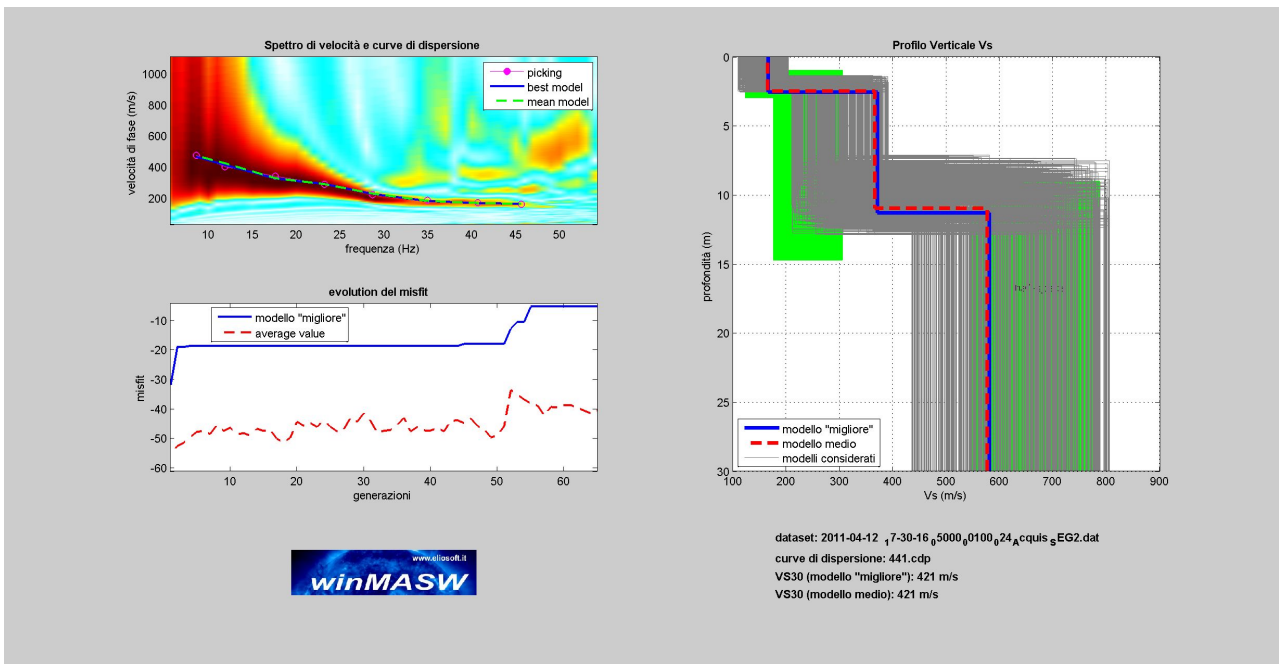


Illustrazione 5: A sinistra sismogramma e a destra picking della curva di dispersione



*Illustrazione 6: Inversione della curva di dispersione*

## CONCLUSIONI

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (M.A.S.W.) ha consentito di determinare il profilo sismico verticale della VS (dal livello di fondazione -1 m)

- La sezione ottenuta mostra un primo sismostrato con una velocità delle onde S di circa 166 m/s fino alla profondità di circa 1,5 m
- Un secondo con velocità 751 m/s di spessore di 8,5 m
- La sezione sismostratigrafica evidenzia, al di sotto dei 10 m di profondità, velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) che aumentano fino a circa 576 m/s alla profondità di 30 m.

Qui di seguito vengono riportati in tabella i risultati ottenuti e un sismo-stratigrammi (Illustrazione 7 e Illustrazione 8):

Tabella 1: PROFILO SISMICO E DATI

VS30 e PARAMETRI ELASTICI							
Profondità livello fondazione		0	Profondità livello campagna		0	Profondità (m) dal liv fond	
Strato	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Rapporto (Vp/Vs)	Spessore (m)	da	a	
1	166	361	2,17	2,5	0	-1,5	
2	366	767	2,1	8,5	-1,5	-10	
3	576	1221	2,12	19	-10	-30	

Strato	Poisson v	Densità (g/cm <sup>3</sup> )	Shear G (kPa)	Bulk Ev (kPa)	Young E (kPa)
1	0,37	1,81	49876,36	169379,2	136254,95
2	0,35	1,99	266572,44	815265,19	721120,83
3	0,36	2,1	696729,6	2201793,3	1890753,77

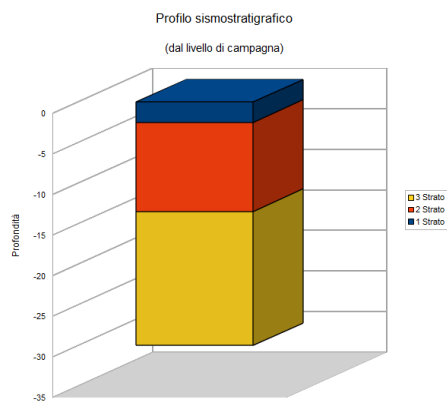
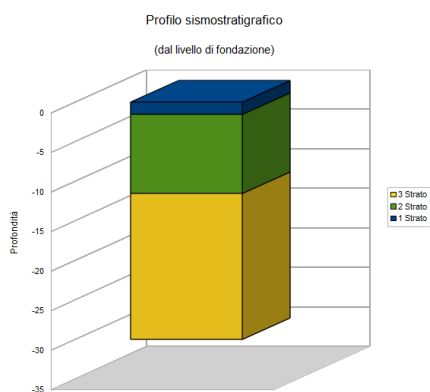
1	0,009			
2	0,023			
3	0,035			
	0,07			

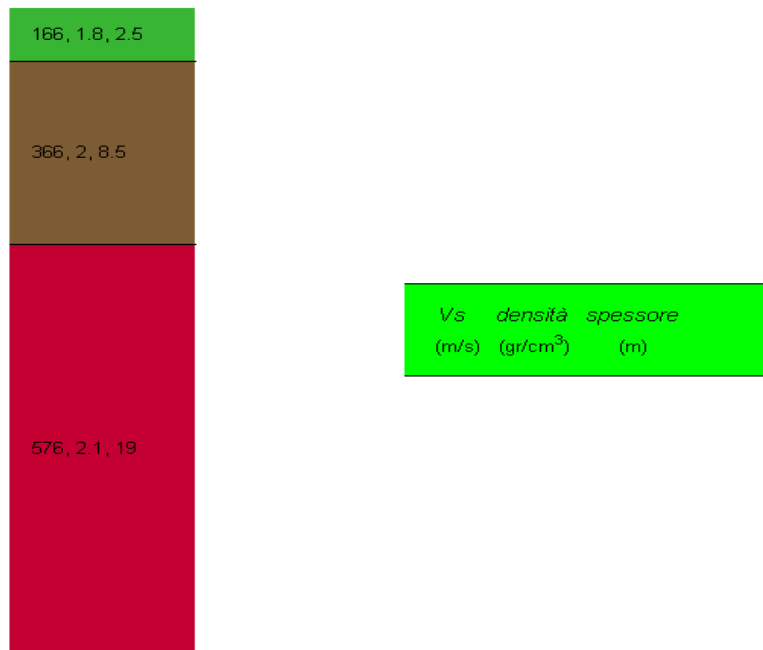
  

1	0,009		
1	0,023		
	0,032		

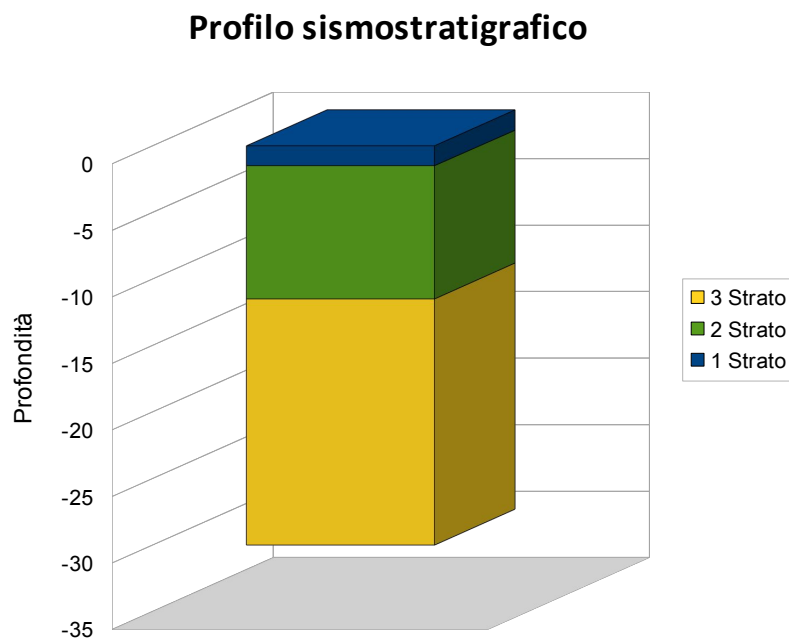
  

<b>VS 30</b>	<b>447,88</b>		
<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>





*Illustrazione 7: Sismostratigramma rispetto livello di campagna*



*Illustrazione 8: Sismostratigramma rispetto livello di fondazione*

Il valore della velocità media equivalente delle onde di taglio dei primi 30 metri ( $V_{s30}$ ) è risultato :

# 447,88 m/s

che comporta una classificazione del suolo in categoria:

## B

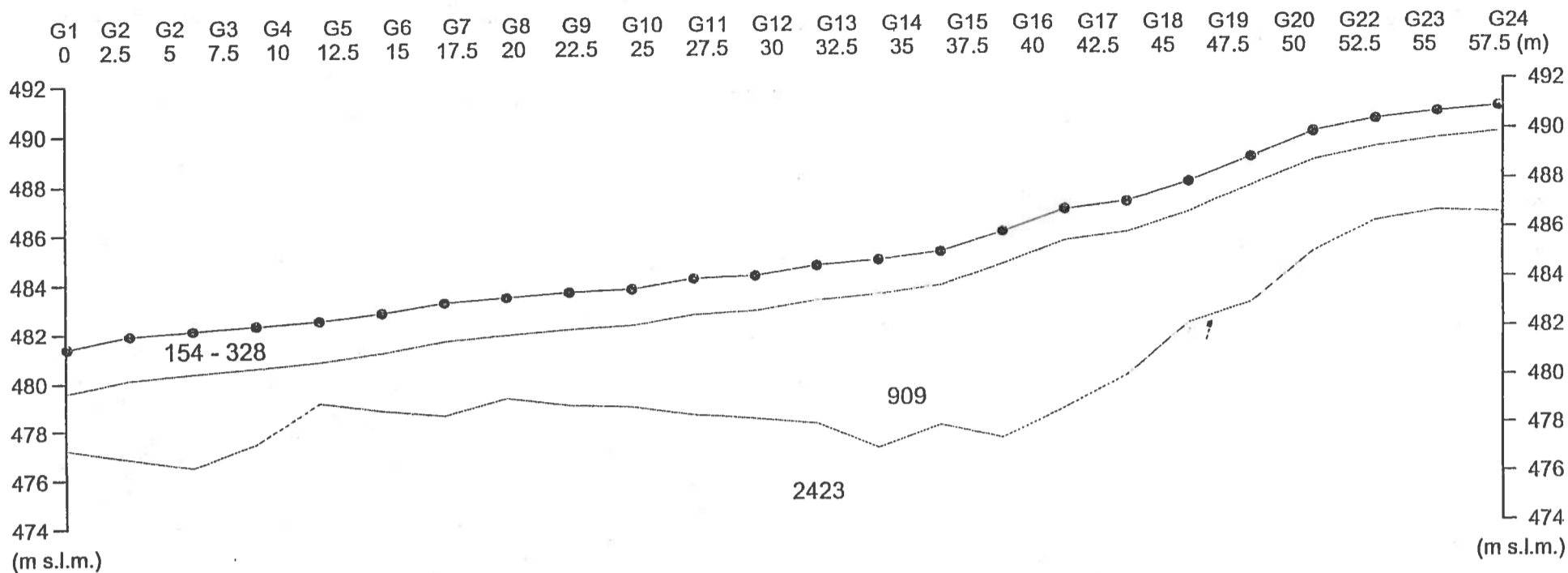
**B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del  $V_{S30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u30} > 250$  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 (PER ULTERIORI APPROFONDIMENTI CONSULTARE Tabella 1)*

### Profilo di sismica a Rifrazione Ps1

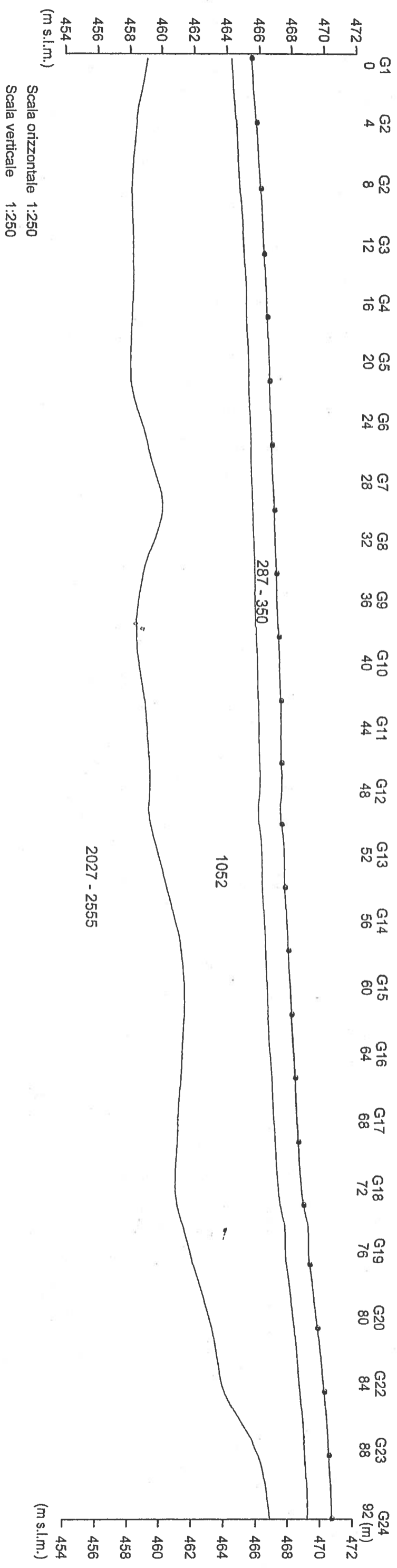


Scala orizzontale 1:250  
Scala verticale 1:250



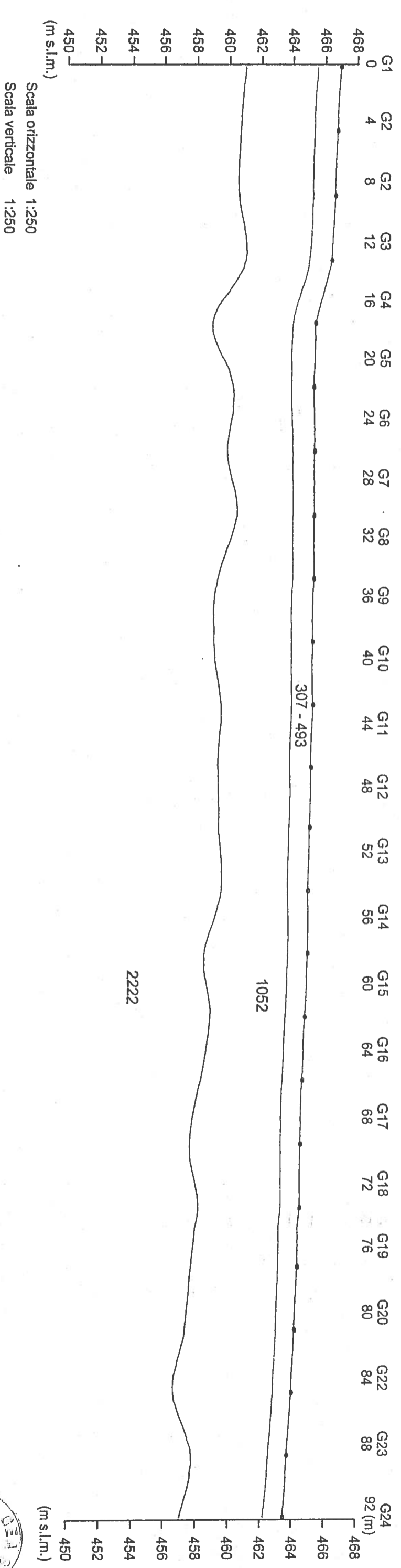


### Profilo di sismica a Rifrazione Ps2

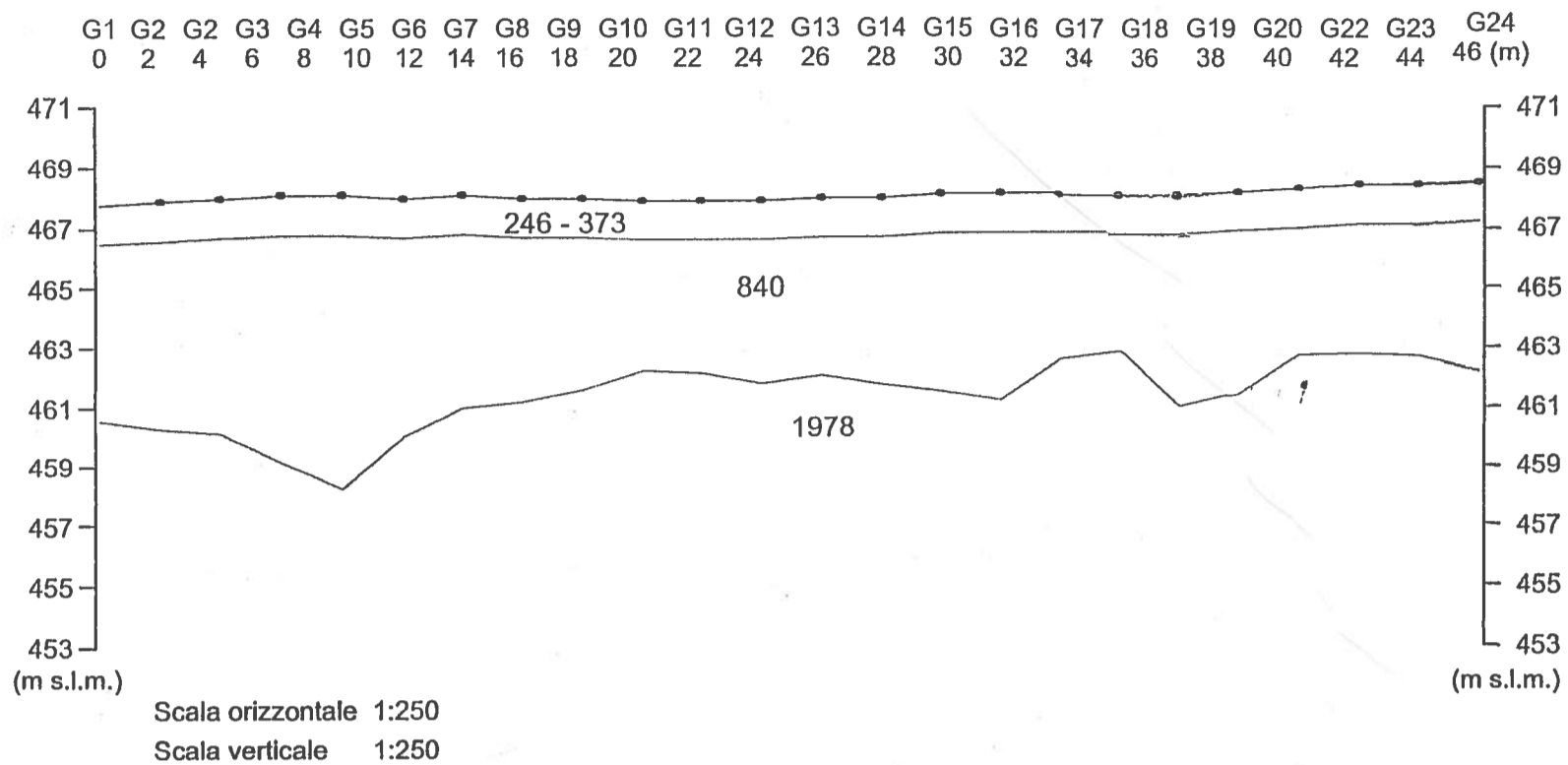


Numero Archivio  
21\_SR

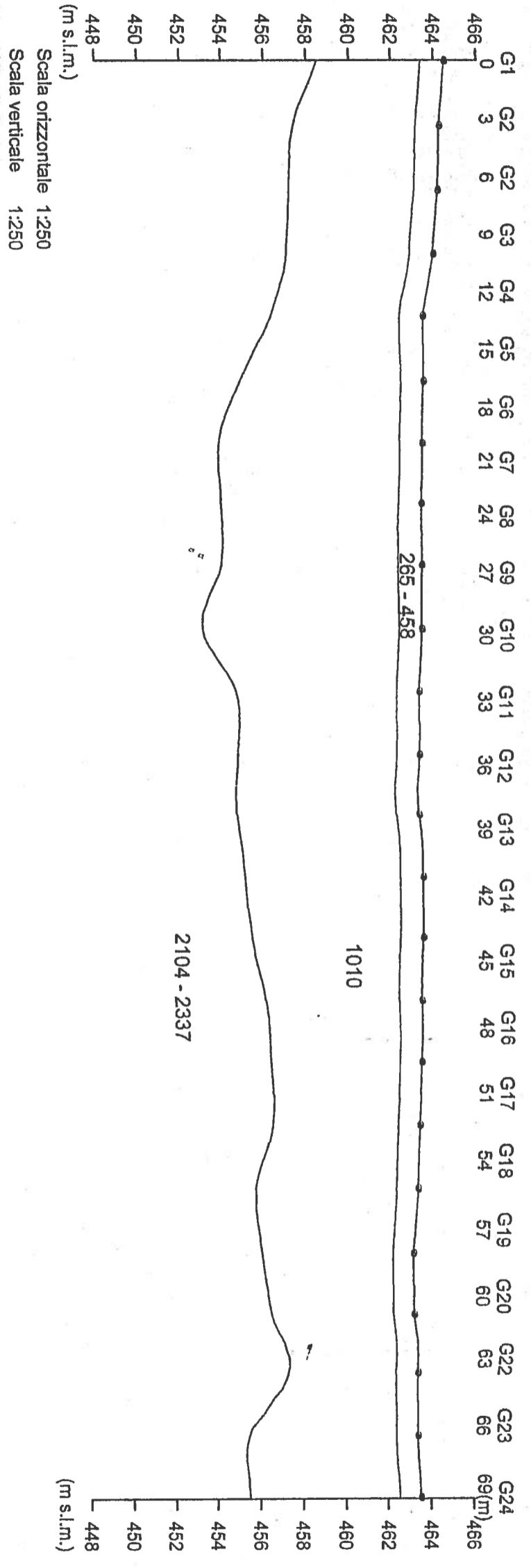
### Profilo di sismica a Rifrazione Ps3



### Profilo di sismica a Rifrazione Ps4

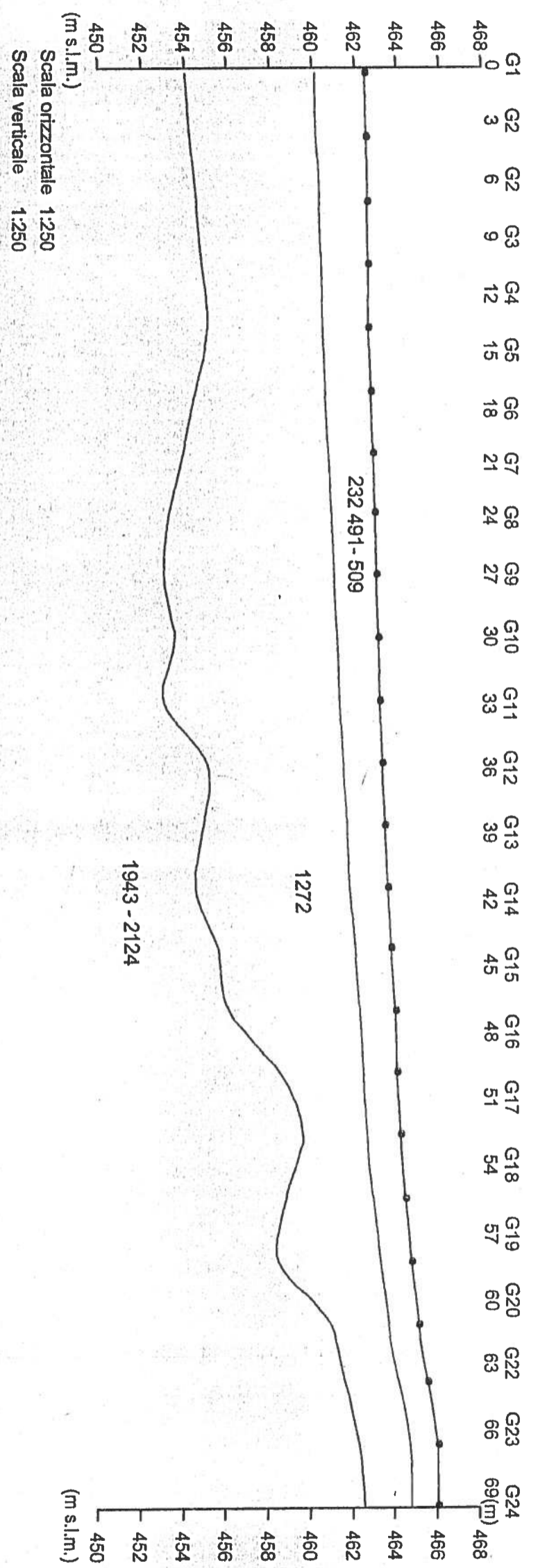


### Profilo di sismica a Rifrazione Ps5

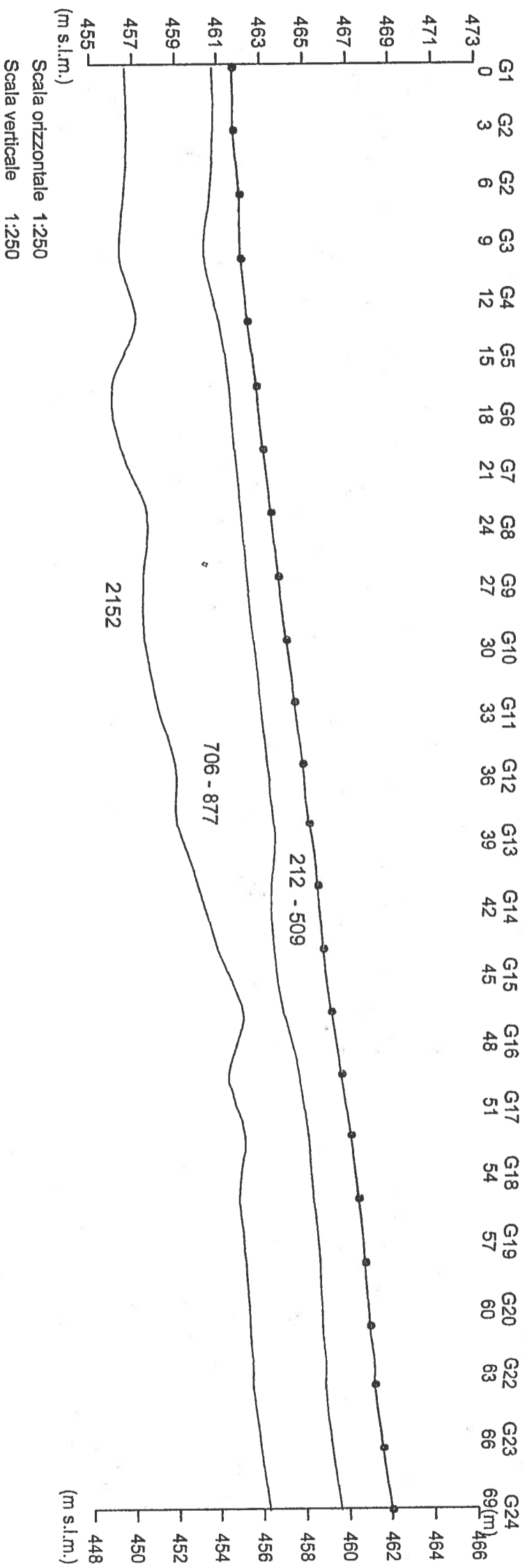


Numero Archivio  
24\_SR

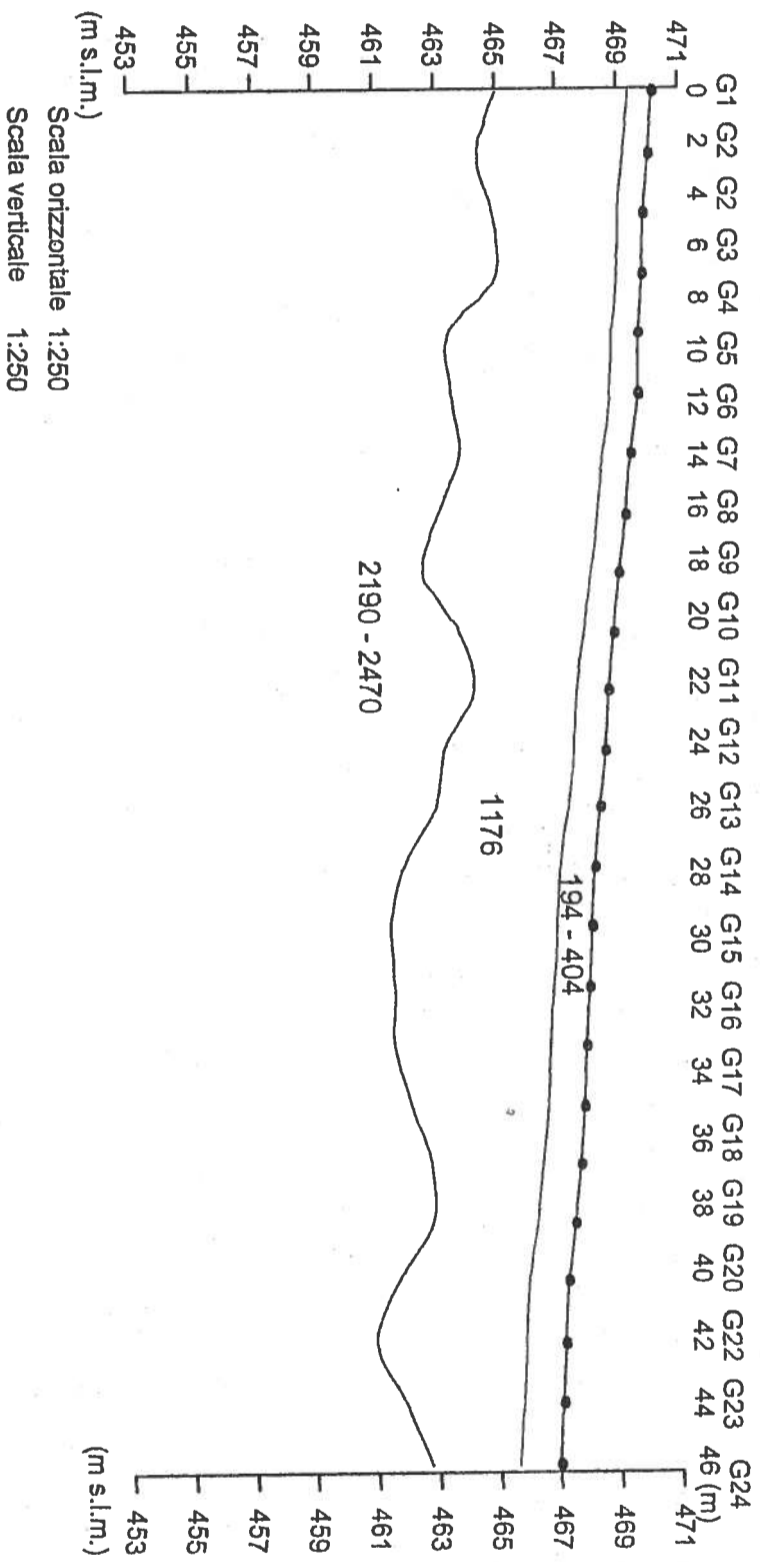
### Profilo di sismica a Rifrazione Ps6



### Profilo di sismica a Rifrazione Ps7



### Profilo di sismica a Rifrazione Ps8



Numero Archivio  
26\_SR

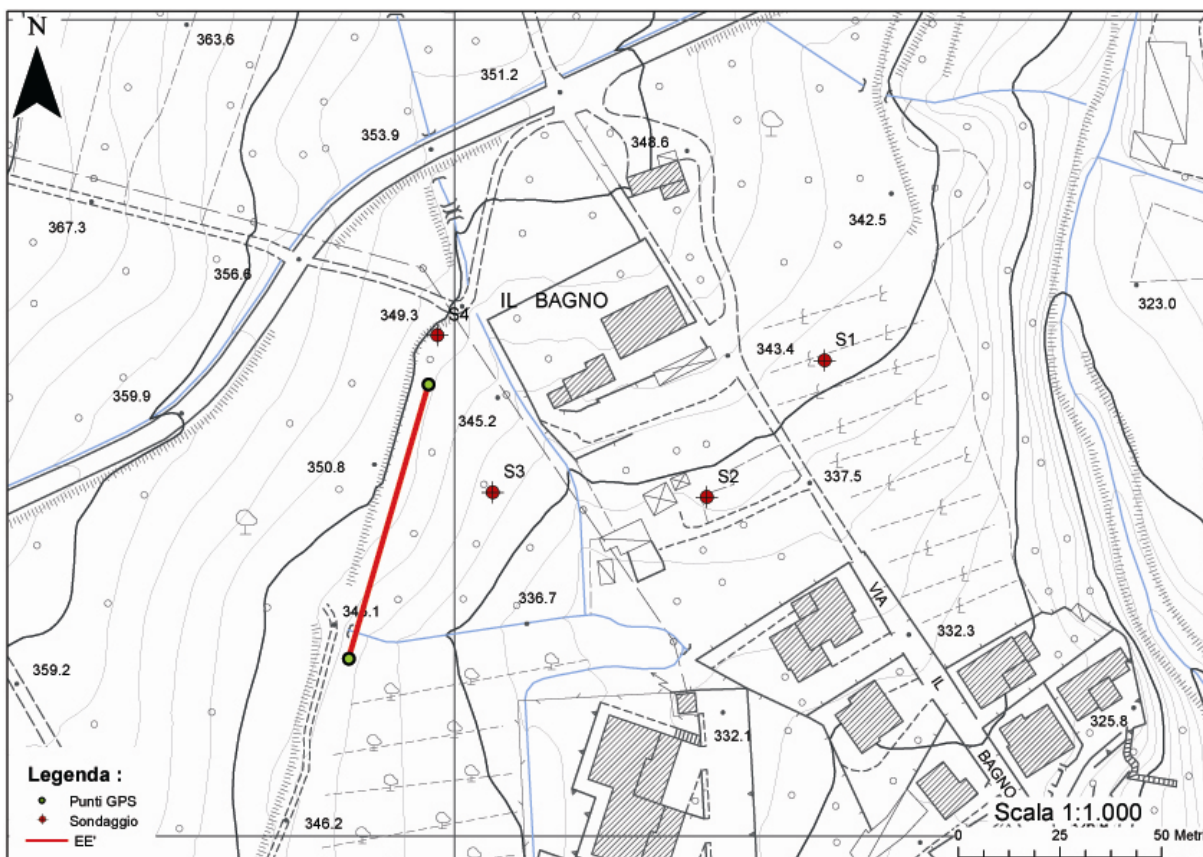


## PROVA MASW LINEA EE'

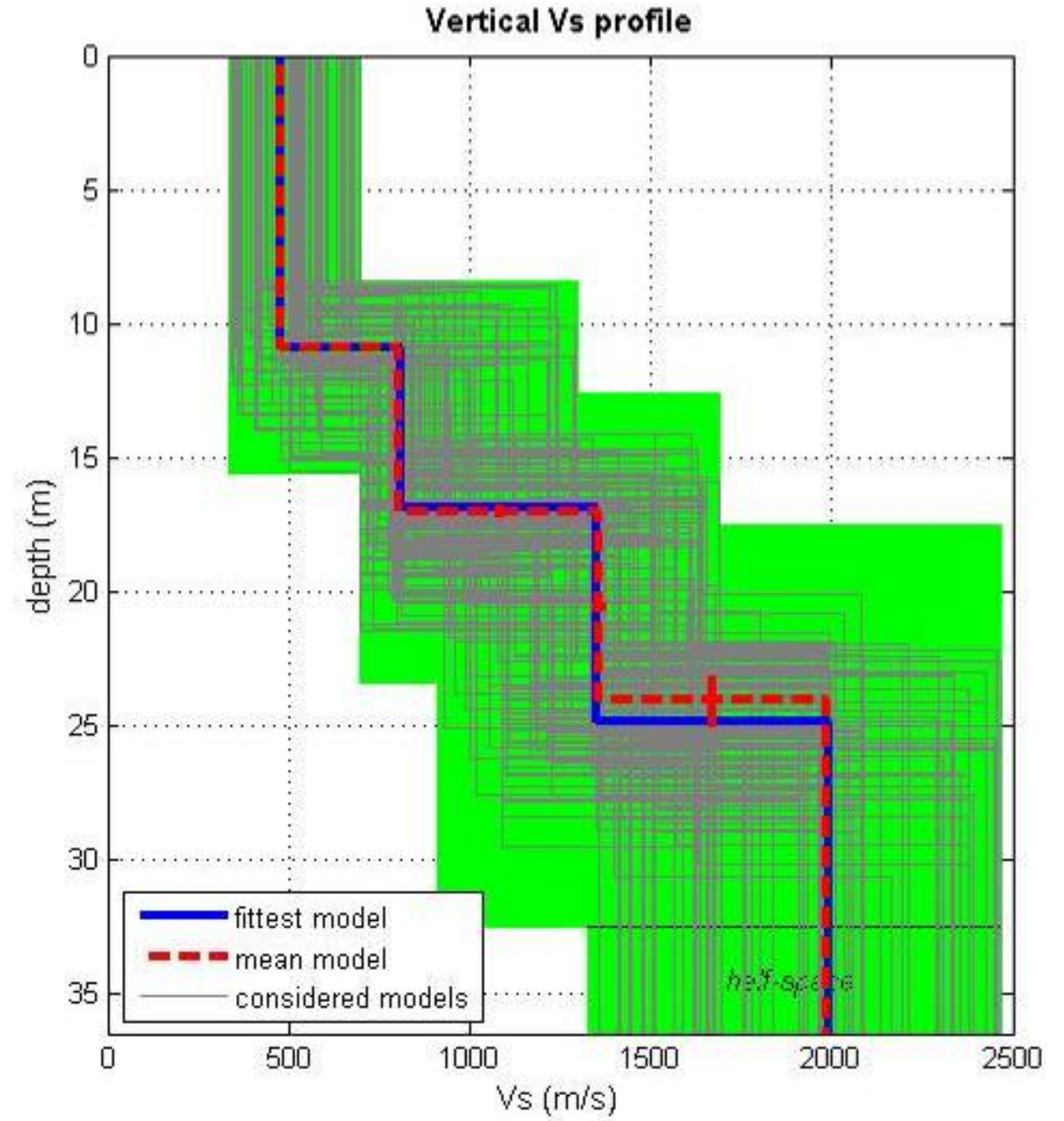
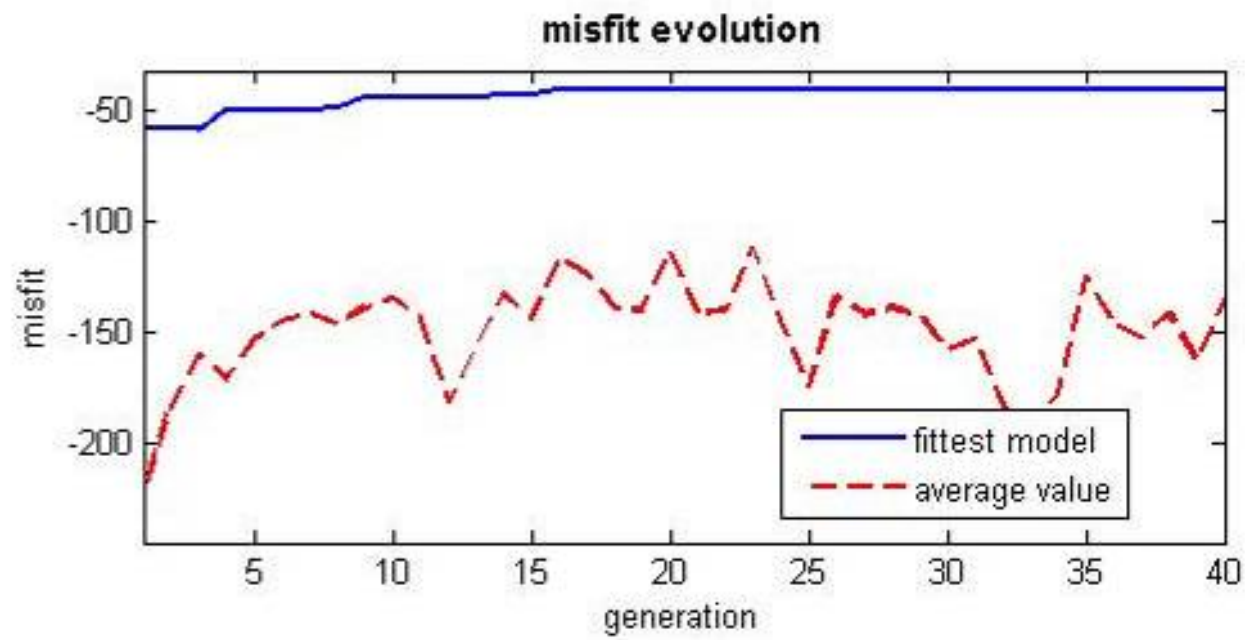
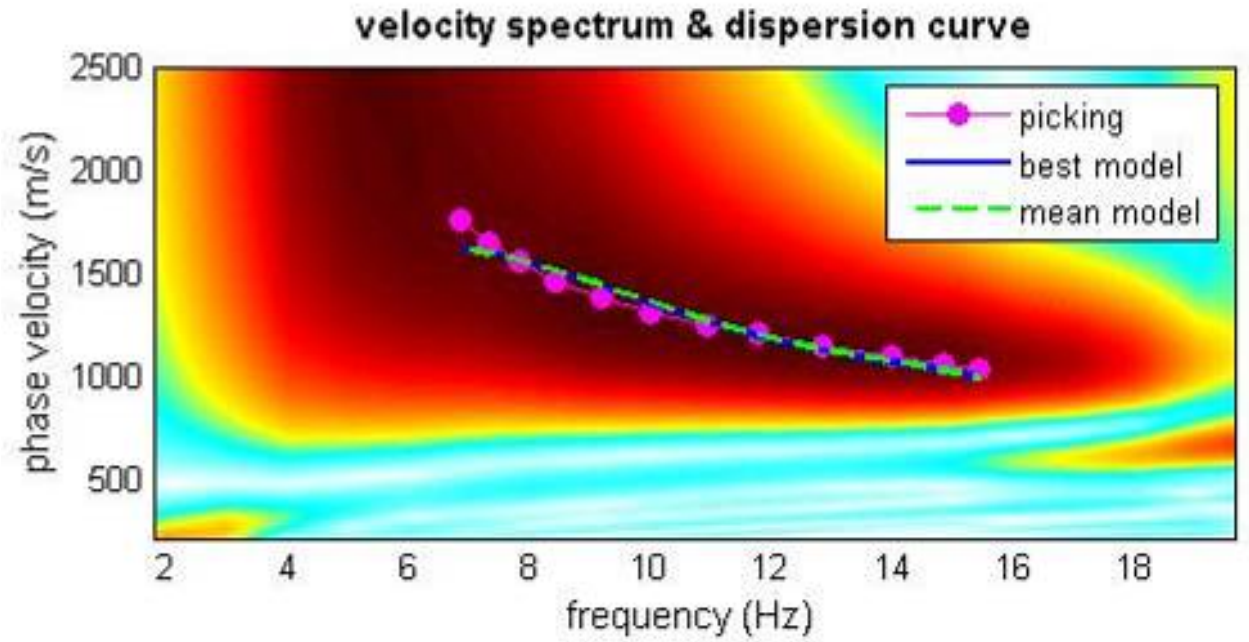
### Dati tecnici di campagna:

Giorno del rilievo:	24/08/09
Nome del file:	EE'_183.dat
Metodo di acquisizione:	MASW
Lunghezza dello stendimento:	69 m
N° di geofoni:	24
Tipo di geofoni:	4,5 Hz
Spaziatura dei geofoni:	3 m
N° di energizzazioni:	4
Tempo di campionamento:	1 ms
Tempo di registrazione:	6 s

### Posizione dello stendimento



PROVA MASW LINEA EE'



dataset: 183<sub>o</sub>.sgy  
 dispersion curve: 183pick<sub>ok</sub>.cdp  
 VS30 (best model): 777 m/s  
 VS30 (mean model): 780 m/s

## Commenti

I risultati delle indagini MASW indicano che l'area in esame può essere collocata, secondo la normativa italiana (D.M. 14/01/2008), in categoria B (Tabella 2), in particolare per le varie indagini si sono ottenuti i seguenti valori:

- Prova MASW (Multichannel analysis of surface waves) linea BB' – Vs30 (velocità delle onde S nei primi 30 metri) = 622 m/s.
- Prova MASW (Multichannel analysis of surface waves) linea CC' – Vs30 (velocità delle onde S nei primi 30 metri) = 657 m/s.
- Prova MASW (Multichannel analysis of surface waves) linea EE' – Vs30 (velocità delle onde S nei primi 30 metri) = 777 m/s.
- Prova MASW (Multichannel analysis of surface waves) linea FF' – Vs30 (velocità delle onde S nei primi 30 metri) = 773 m/s.

### **Dati Indagine MASW BB'**

**Dati relativi alla curva di dispersione Picking:**

Frequenze (Hz)	Velocità (m/s)
6,96	1150,28
7,58	1099,46
8,56	941,22
9,67	779,49
11,39	671,64
13,72	615,60
16,55	584,20
19,25	566,20
21,96	553,64

### **Dati Indagine MASW CC'**

**Dati relativi alla curva di dispersione Picking:**

Frequenze (Hz)	Velocità (m/s)
9,67	995,58
9,79	980,25
10,03	945,89
10,65	850,76
11,39	755,41
12,49	671,21
13,84	619,77
15,32	590,47
16,79	573,59

### **Dati Indagine MASW EE'**

**Dati relativi alla curva di dispersione Picking:**

Frequenze (Hz)	Velocità (m/s)
6,88	1628,98
7,33	1602,44
7,83	1568,47
8,43	1520,43
9,18	1449,48
9,98	1366,86
10,93	1274,66
11,78	1205,62
12,83	1137,73
13,98	1078,93
14,83	1038,71
15,43	1000,22

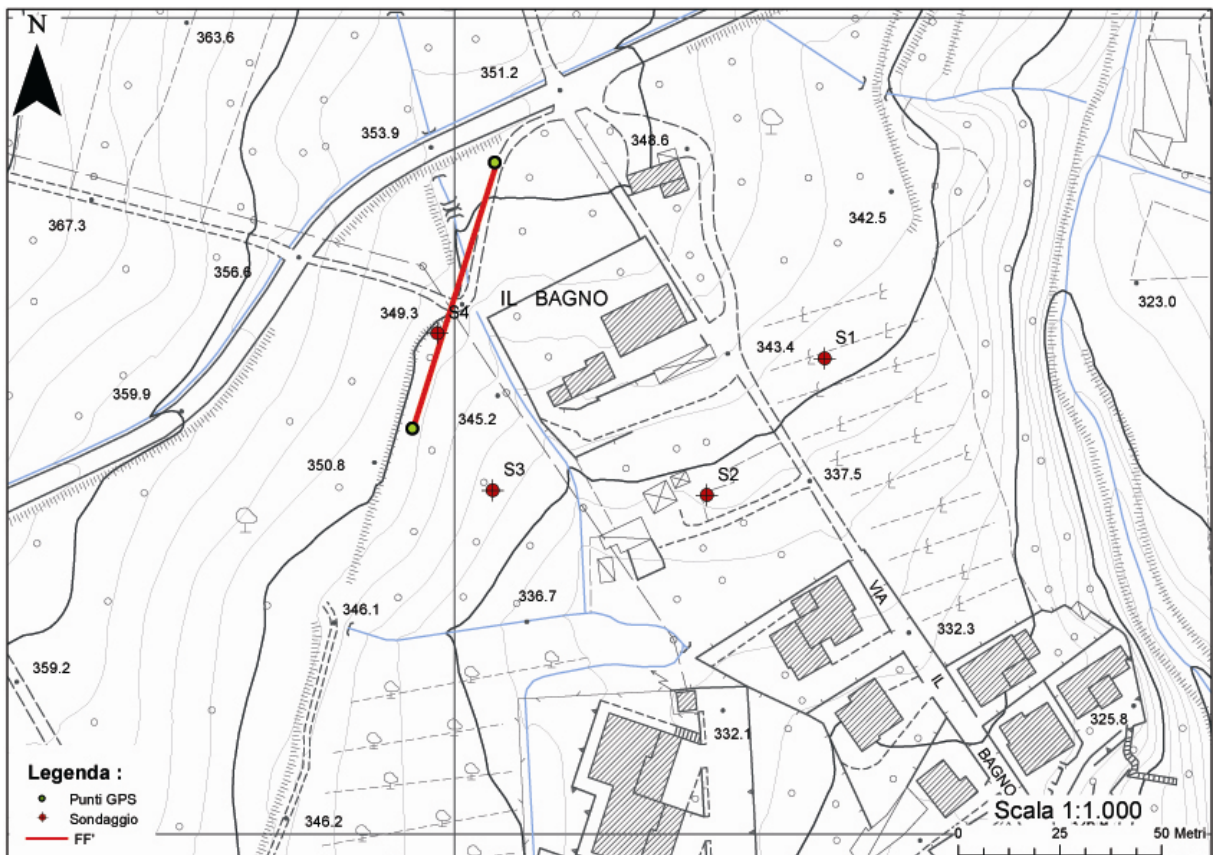


## PROVA MASW LINEA FF'

### Dati tecnici di campagna:

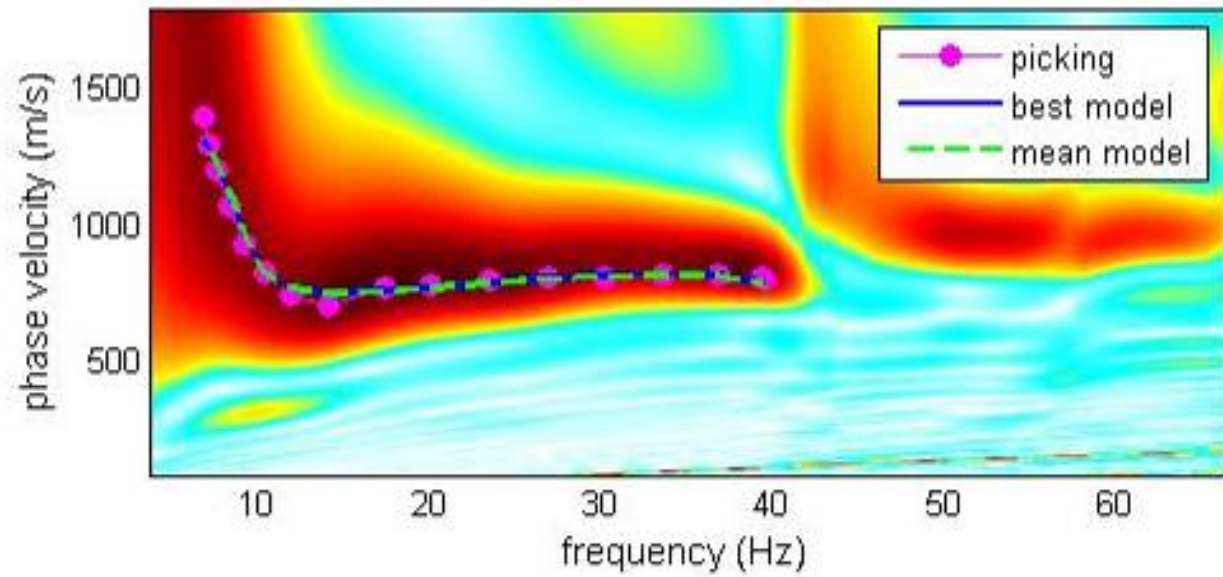
Giorno del rilievo:	24/08/09
Nome del file:	FF'_186.dat
Metodo di acquisizione:	MASW
Lunghezza dello stendimento:	69 m
N° di geofoni:	24
Tipo di geofoni:	4,5 Hz
Spaziatura dei geofoni:	3 m
N° di energizzazioni:	4
Tempo di campionamento:	1 ms
Tempo di registrazione:	6 s

### Posizione dello stendimento

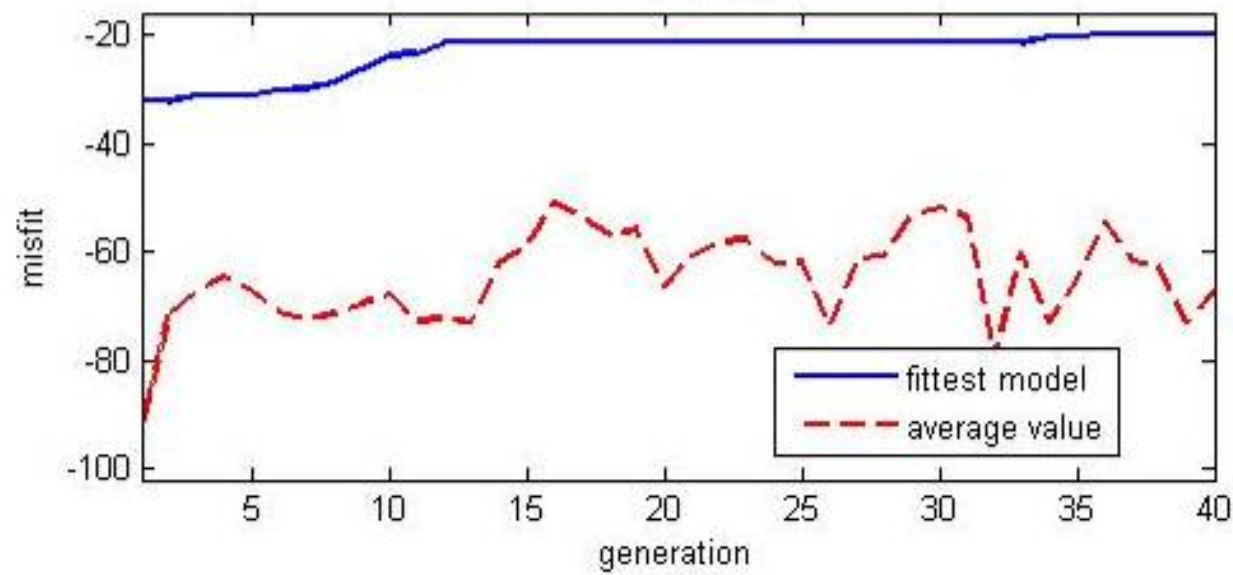


PROVA MASW LINEA FF'

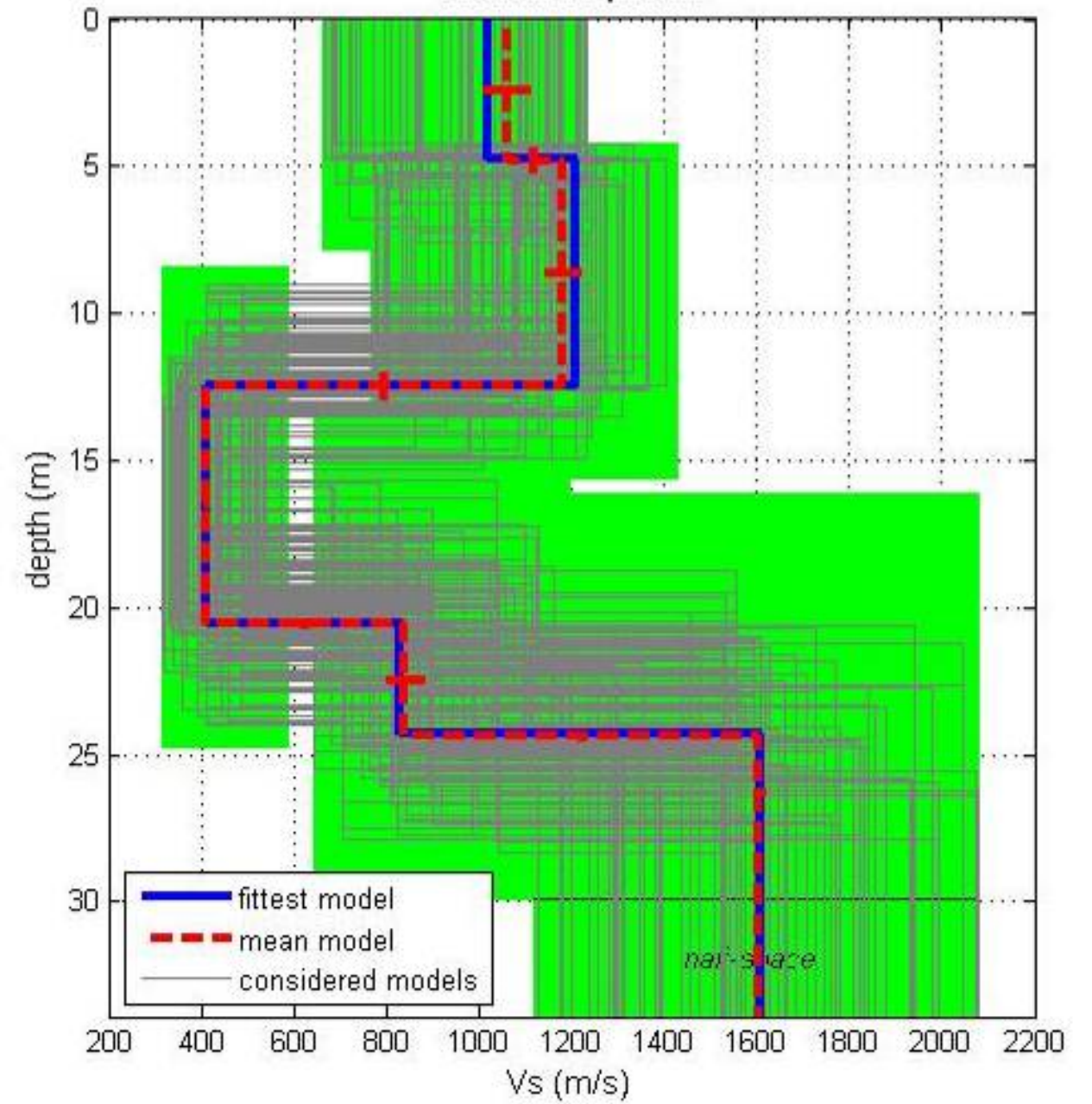
velocity spectrum & dispersion curve



misfit evolution



Vertical Vs profile



dataset: 186.sgy  
dispersion curve: 186new.cdp  
VS30 (best model): 773 m/s  
VS30 (mean model): 774 m/s

## Commenti

I risultati delle indagini MASW indicano che l'area in esame può essere collocata, secondo la normativa italiana (D.M. 14/01/2008), in categoria B (Tabella 2), in particolare per le varie indagini si sono ottenuti i seguenti valori:

- Prova MASW (Multichannel analysis of surface waves) linea BB' – Vs30 (velocità delle onde S nei primi 30 metri) = 622 m/s.
- Prova MASW (Multichannel analysis of surface waves) linea CC' – Vs30 (velocità delle onde S nei primi 30 metri) = 657 m/s.
- Prova MASW (Multichannel analysis of surface waves) linea EE' – Vs30 (velocità delle onde S nei primi 30 metri) = 777 m/s.
- Prova MASW (Multichannel analysis of surface waves) linea FF' – Vs30 (velocità delle onde S nei primi 30 metri) = 773 m/s.

## Dati Indagine MASW FF'

Dati relativi alla curva di dispersione Picking:

Frequenze (Hz)	Velocità (m/s)
6,84	1306,29
7,21	1276,70
7,58	1239,19
8,32	1131,14
9,25	954,32
10,36	826,01
11,85	767,17
14,07	747,84
17,41	756,19
20,01	769,61
23,53	788,00
26,87	802,56
30,20	812,77
33,54	817,30
36,88	813,13
39,29	785,19
39,47	779,66

normativa sismica.

A tal scopo è stato realizzato un profilo sismico tomografico a rifrazione per determinare le variazioni della velocità delle onde di volume "P" nel sottosuolo. Per la misura delle velocità delle onde S di taglio ai fini della valutazione della  $V_{s30}$  è stata realizzata una prova MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) ed una prova Re.Mi (Refraction Microtremor). Tramite queste prove vengono misurate le velocità sismiche delle onde superficiali a diverse frequenze. La variazione di velocità a diverse frequenze (dispersione) è imputabile prevalentemente alla stratificazione delle velocità S i cui valori sono ricavabili da una procedura di inversione numerica.

La relazione sulla campagna geofisica, realizzata dall'Impresa SGG s.r.l. di Siena, sui metodi adottati e sui risultati ottenuti viene allegata come fascicolo a parte alla presente relazione.

### **Vs30 e categoria di sottosuolo**

La tomografia sismica in onde P ha evidenziato una discreta profondità del substrato sismico, con una tendenza all'approfondimento verso ENE, dove effettivamente alla base dell'alto muro di contenimento del giardino dell'edificio comunale si riscontrano affioramenti arenacei.

Le prove MASW e Re.Mi hanno confermato tale quadro. Esse sono state interpretate come una successione di tre sismostrati, con un primo sismostrato di spessore di circa 3-4,5 metri e con  $V_s$  bassa, intorno a 300 m/s, corrispondente al materiale di riporto e/o al terreno vegetale riscontrato anche nel sondaggio. Un secondo sismostrato che raggiunge profondità di oltre 8 metri e caratterizzato da  $V_s$  comprese tra 500 e 630 m/s, corrispondente a roccia alterata. Infine un terzo sismostrato, caratterizzato da velocità delle onde di taglio piuttosto alte, poco superiori a 700 m/s, corrispondente al substrato arenaceo.

Le  $V_s$  misurate per i primi 30 metri portano alla classificazione del terreno in esame in categoria B.



## 7 – ANALISI DEI RISULTATI

L'elaborazione delle misure geofisiche ha permesso di ricostruire la porzione di terreno immediatamente adiacente il sondaggio Sdh per una profondità, da piano campagna, di 34 metri.

Di seguito si riportano le tabelle con indicazioni dei tempi d'arrivo originali e quelli corretti in funzione della profondità di misura; le dromocrone sismiche in onde P ed S<sub>H</sub> sono riportate in appendice.

prof, m pc	onde P tempo, ms	onde P tempo corretto, ms	onde S tempo, ms	onde S tempo corretto, ms
0	7.3	0.0	16.2	0.0
1	9.4	3.5	18.7	6.9
2	6.6	4.1	19.6	12.2
3	6.8	5.2	21.3	16.4
4	7.0	5.9	23.0	19.5
5	7.2	6.4	23.7	21.2
6	7.6	7.0	24.6	22.7
7	7.9	7.4	25.6	24.1
8	8.2	7.8	26.7	25.5
9	8.6	8.3	28.5	27.5
10	8.9	8.6	29.9	29.0
11	9.4	9.2	30.7	29.9
12	10.1	9.9	32.5	31.8
13	10.4	10.2	34.1	33.5
14	10.8	10.6	35.0	34.5
15	11.3	11.1	36.6	36.1
16	12.0	11.9	38.1	37.6
17	12.4	12.3	39.1	38.7
18	12.5	12.4	40.3	39.9
19	13.0	12.9	42.4	42.0
20	13.5	13.4	43.5	43.2
21	14.1	14.0	44.6	44.3
22	14.7	14.6	46.4	46.1
23	15.0	14.9	47.4	47.2
24	15.4	15.3	48.4	48.1

---

*GEO-ECO PROGETTI*  
Località Il Bagno - Comune di Pelago (FI)  
Prova sismica down-hole

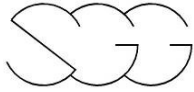


25	15.8	15.7	49.5	49.2
26	16.1	16.0	50.5	50.3
27	16.5	16.4	51.8	51.6
28	16.6	16.5	53.3	53.0
29	17.2	17.1	54.7	54.5
30	17.3	17.2	55.7	55.5
31	17.7	17.6	56.5	56.3
32	17.9	17.8	57.8	57.6
33	18.2	18.1	58.4	58.2
34	18.5	18.5	59.2	59.0

I valori dei tempi di transito, sia delle onde P che delle  $S_H$ , risultano buoni in quanto è stato possibile eseguire un buon picking; a dimostrazione di questo si può notare come i relativi punti siano sostanzialmente ben allineati su delle rette, con scarsa o assente dispersione.

Sulla base delle velocità sismiche ( $V_P$  e  $V_{SH}$ ) è stato possibile calcolare i *moduli elastici dinamici* dei terreni attraversati secondo lo schema riportato nella stratigrafia del sondaggio Sdh. I valori di densità attribuiti a ciascuno strato sono stati desunti da dati reperibili in bibliografia. I risultati sono riportati nella tabella sottostante:

profondità m p.c.	$V_p$ m/sec	$V_s$ m/sec	densità ( $kN/m^3$ )	Coefficiente Poisson	Modulo Taglio Dinamico	Modulo Young	Modulo bulk
0-4	1172	240	19.0	0.48	1.12E+05	3.30E+05	2.51E+06
4-22	2113	683	20.0	0.44	9.51E+05	2.74E+06	7.83E+06
22-30	2958	731	21.0	0.47	1.14E+06	3.36E+06	1.72E+07
30-34	3287	1104	22.0	0.44	2.73E+06	7.85E+06	2.06E+07



Sulla base delle velocità delle onde di taglio ( $V_{SH}$ ), viene inoltre fornito il valore  $V_{s30}$ , utile per la classificazione dei suoli di fondazione nelle categorie previste dalla normativa antisismica.

In quest'area il valore di  $V_{s30}$ , riferito al piano campagna, risulta pari a 556 m/s. Si evidenzia, quindi, che l'area in esame può essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in **classe B**.

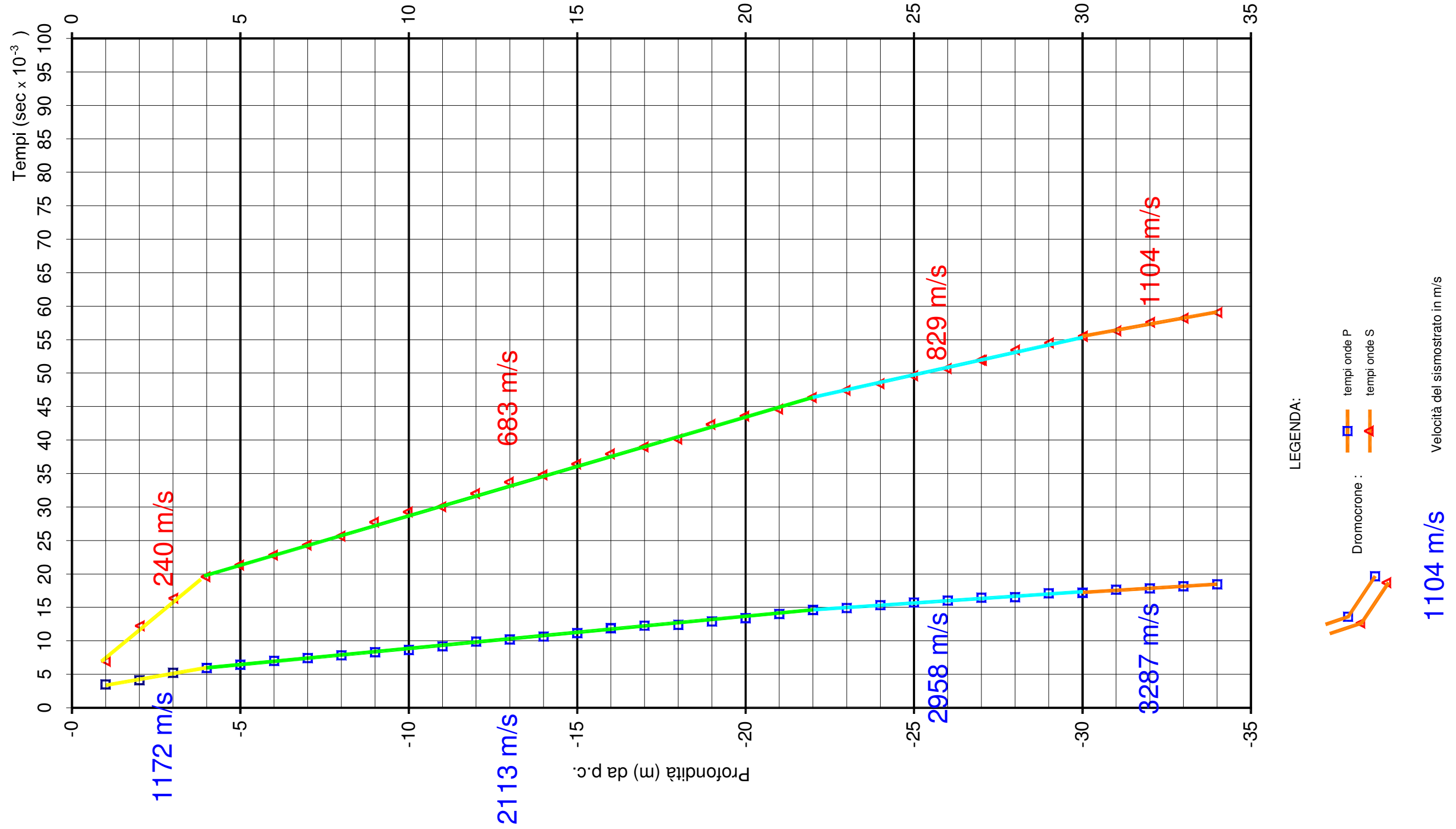
Siena, Aprile 2010

Dr. Geol. Claudio Rossi





### DROMOCRONE SISMICHE IN ONDE P ED S<sub>H</sub>



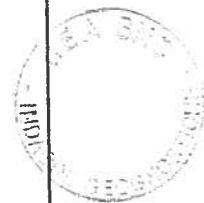
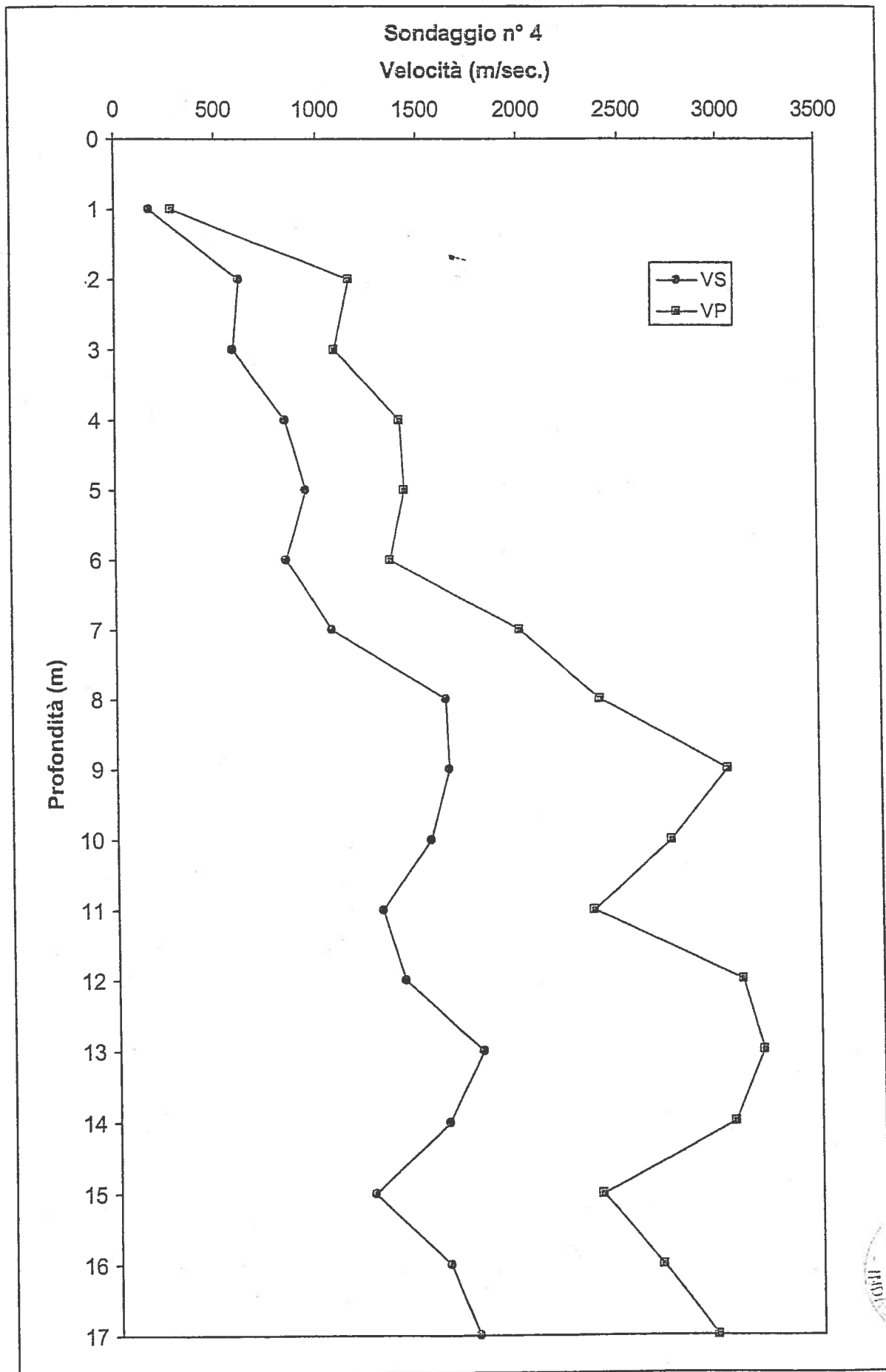
GEO-ECO PROGETTI  
Località Il Bagno - Comune di Pelago (FI)  
Prova sismica down-hole

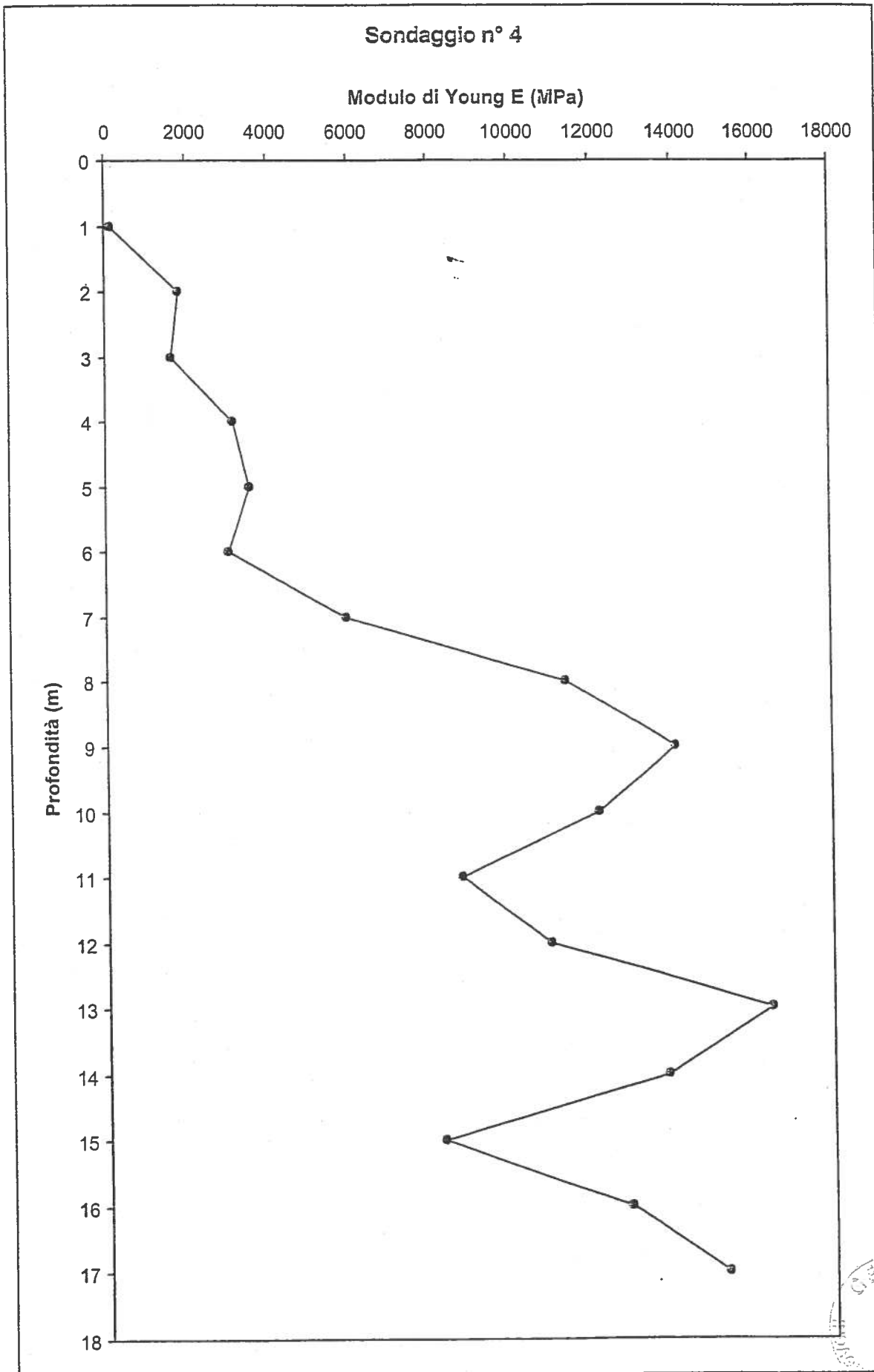
Sondaggio n° 4

Z m	Tp ms	Ts ms	Vp m/sec.	Vs m/sec.	$\rho$ t / m <sup>3</sup>	$\nu$	G MPa	E MPa	K MPa
1	6.22	10.02	290	180	1.8	0.19	58	138	74
2	6.82	11.14	1157	620	1.8	0.30	692	1797	1488
3	7.60	12.59	1088	589	1.8	0.29	625	1614	1296
4	8.26	13.68	1409	843	1.8	0.22	1281	3127	1867
5	8.92	14.69	1430	941	1.8	0.12	1595	3565	1555
6	9.63	15.83	1358	843	1.8	0.19	1279	3035	1614
7	10.12	16.74	1999	1066	2.0	0.30	2271	5912	4961
8	10.53	17.34	2397	1634	2.0	0.07	5341	11382	4367
9	10.85	17.94	3035	1650	2.0	0.29	5445	14051	11166
10	11.21	18.58	2747	1550	2.0	0.27	4805	12172	8690
11	11.63	19.33	2365	1310	2.0	0.28	3432	8778	6613
12	11.95	20.03	3100	1417	2.0	0.37	4013	10981	13869
13	12.26	20.59	3203	1800	2.0	0.27	6480	16450	11883
14	12.58	21.20	3059	1630	2.0	0.30	5314	13835	11634
15	13.00	21.99	2391	1258	2.0	0.31	3166	8286	7209
16	13.37	22.60	2690	1630	2.0	0.21	5314	12858	7387
17	13.71	23.16	2960	1770	2.0	0.22	6266	15310	9169

Z	Profondità	$\rho$	Densità
Tp	Tempo di arrivo onde di compressione	$\nu$	Modulo di Poisson
Ts	Tempo di arrivo onde di taglio	G	Modulo taglio
Vp	Velocità onde di compressione	E	Modulo di Young
Vs	Velocità onde di taglio	K	Modulo di rigidità volumetrica





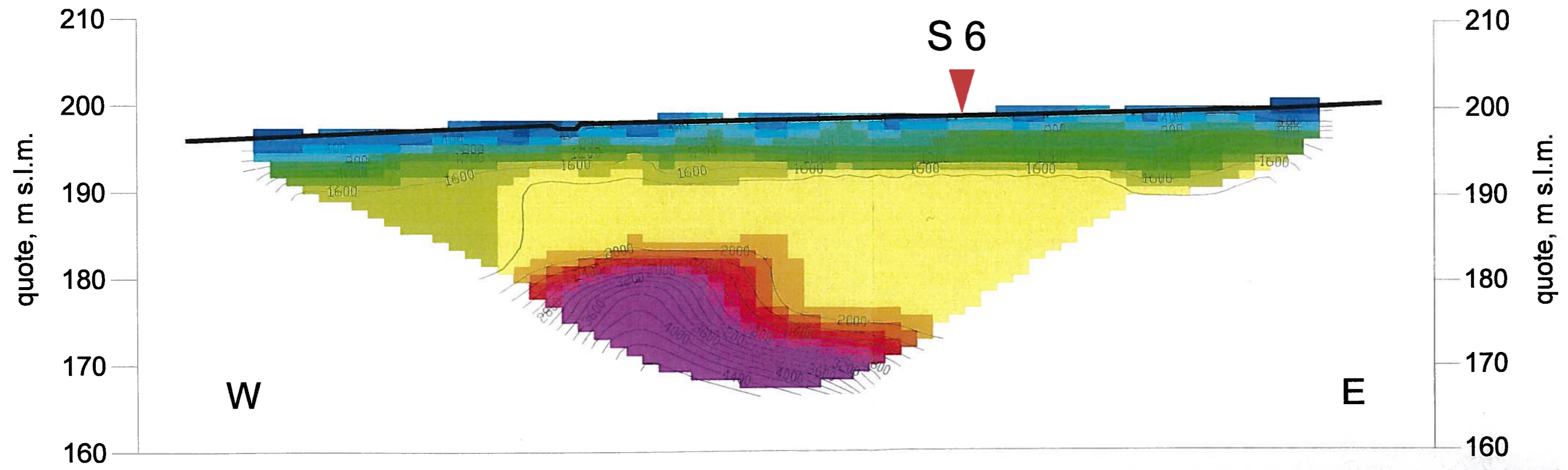
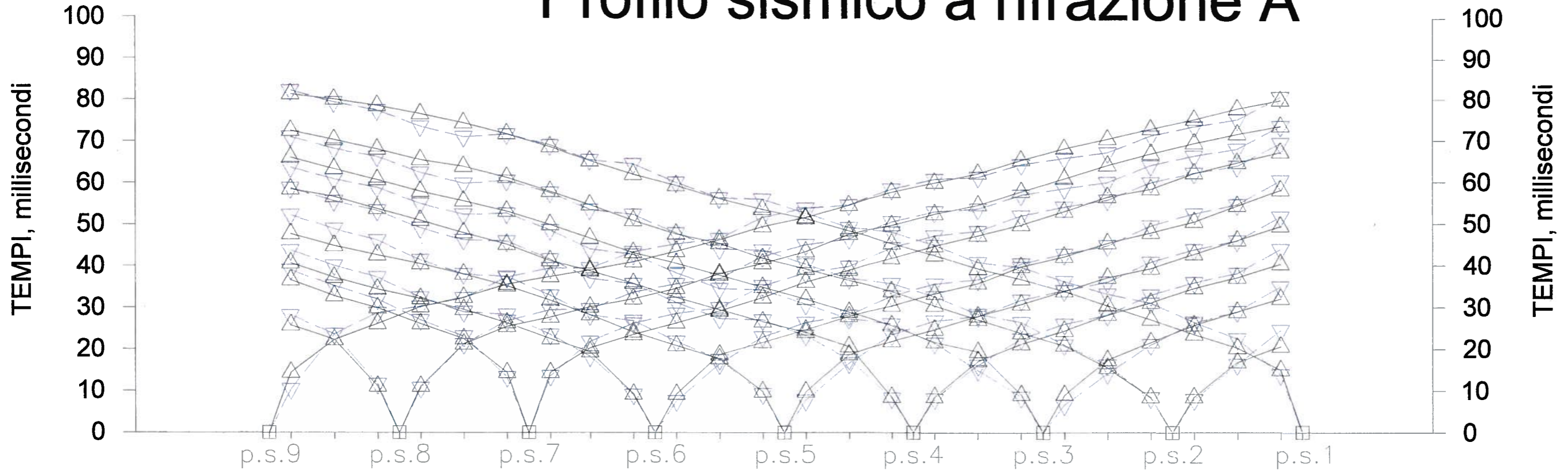


*SAN FRANCESCO - PALAIE*



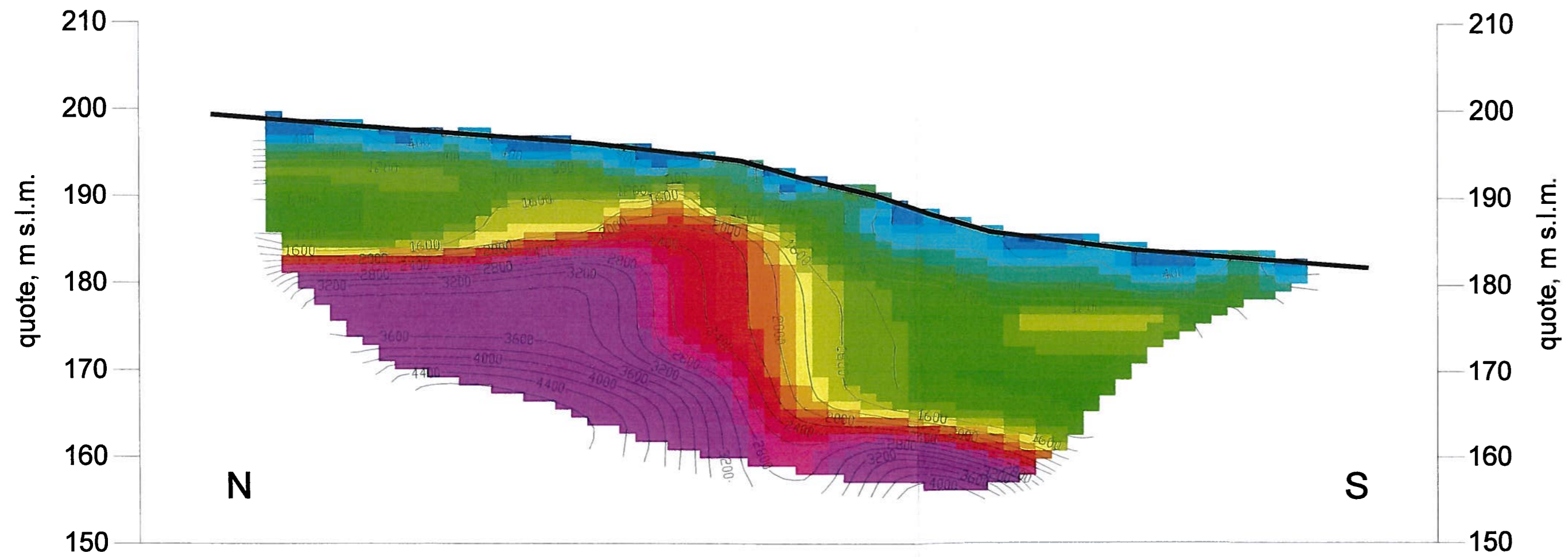
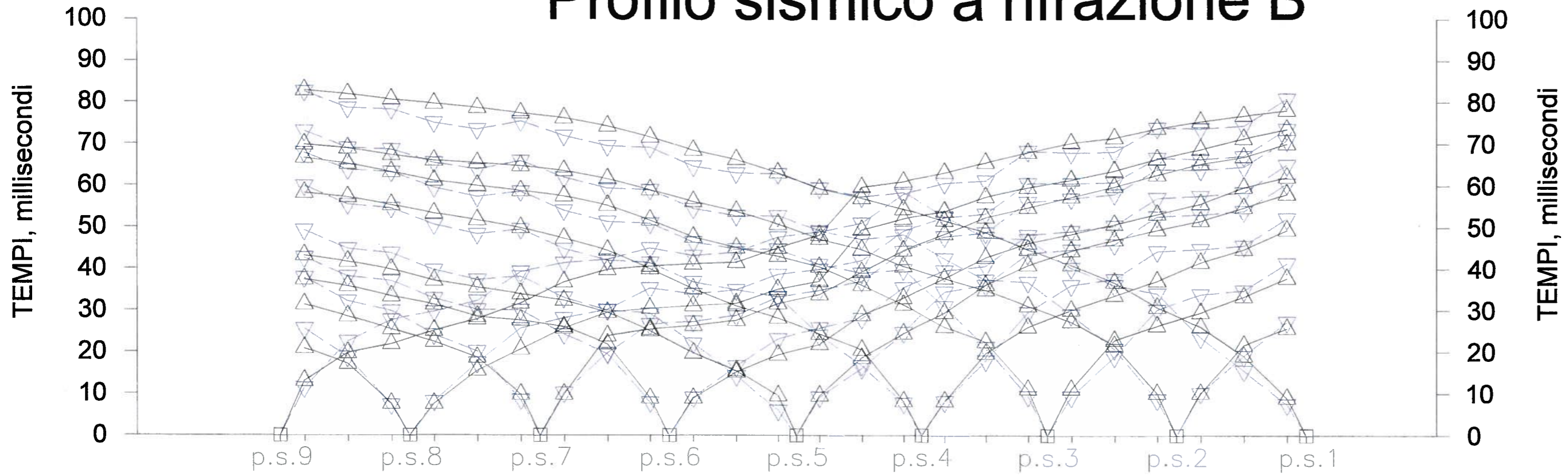
# Profilo sismico a rifrazione A

Numero Archivio  
31\_SR



# Profilo sismico a rifrazione B

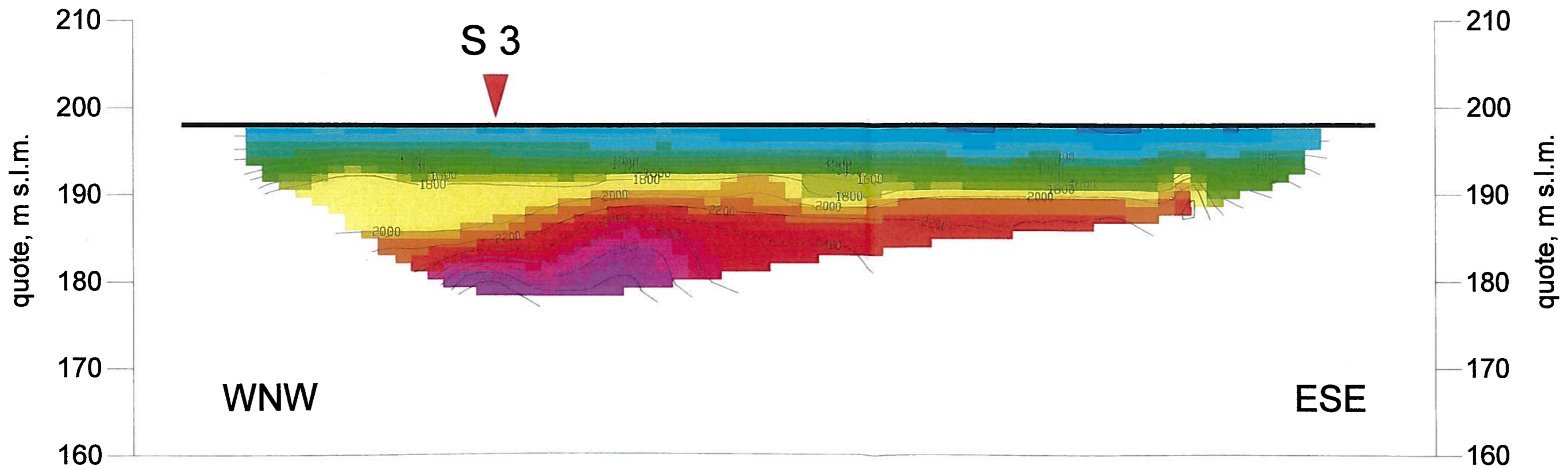
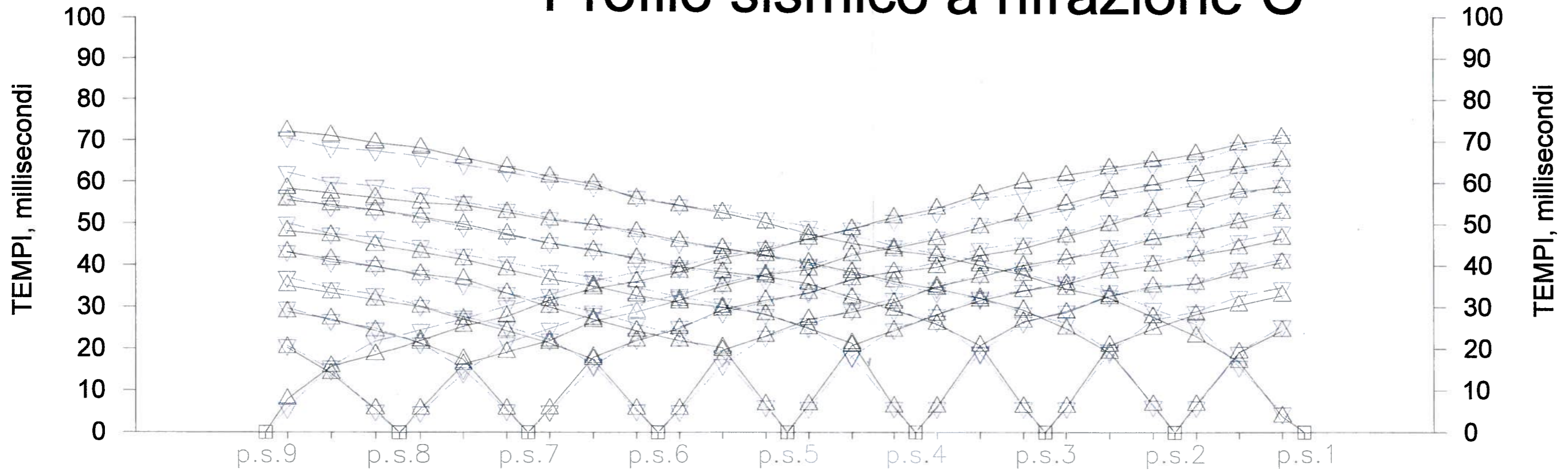
Numero Archivio  
32\_SR



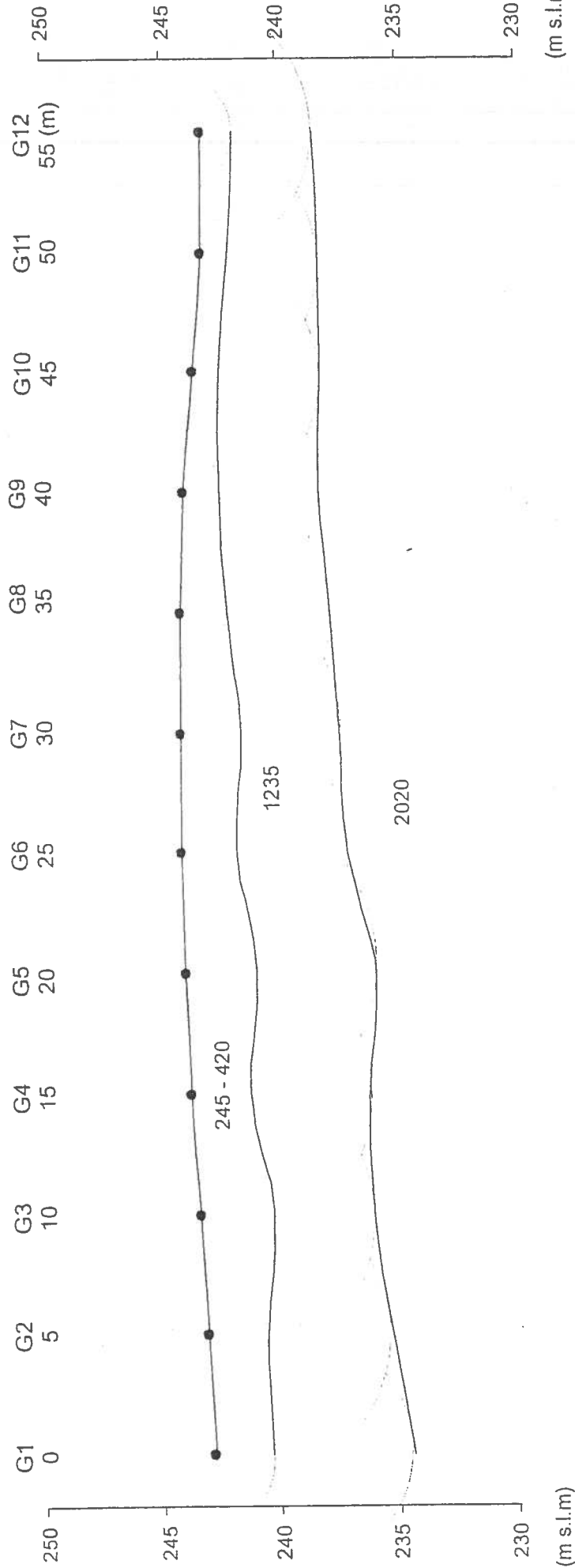
LEGENDA



# Profilo sismico a rifrazione C



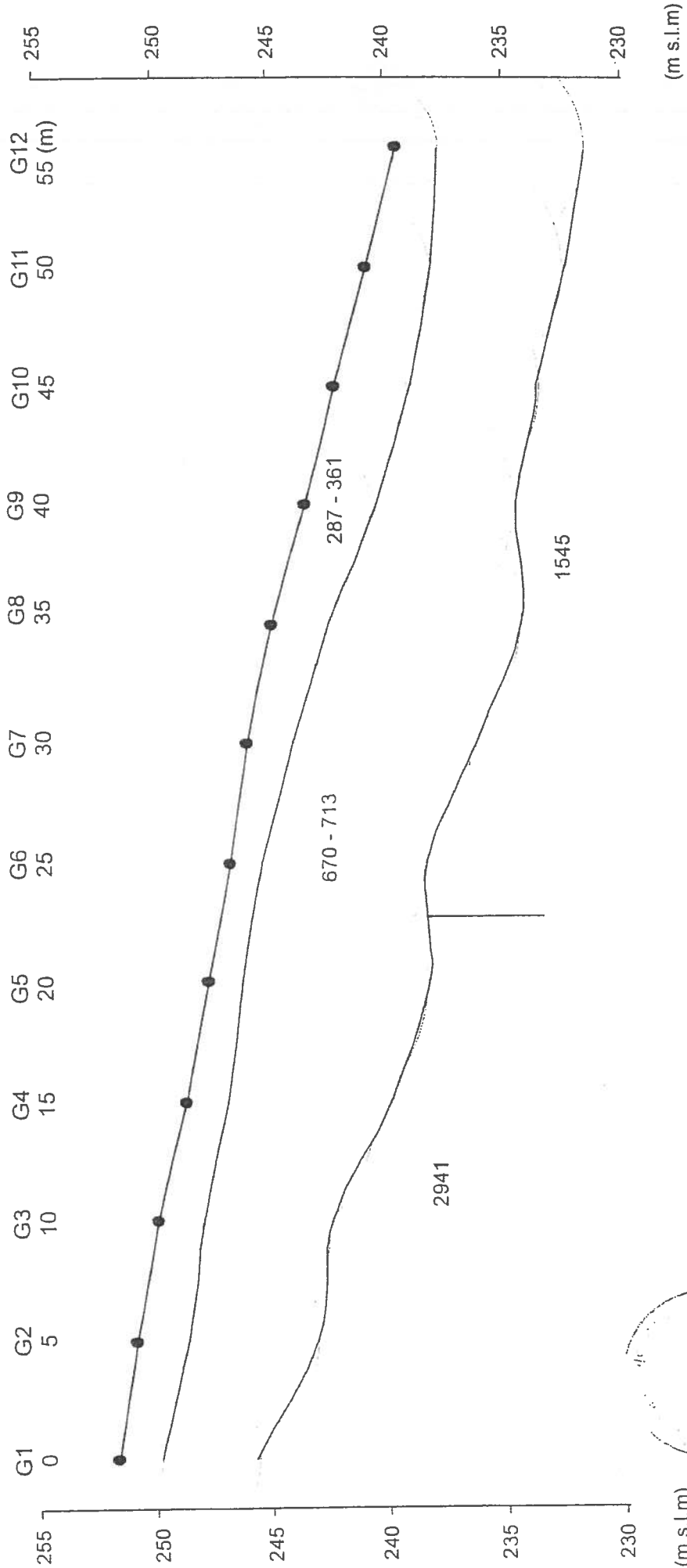
Profilo di sismica a Rifrazione Ps2



Scala orizzontale 1:250  
Scala verticale 1:250

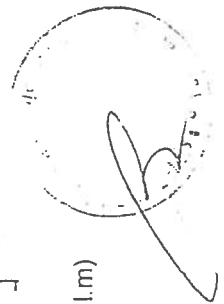
Numero Archivio  
35\_SR

Profilo di sismica a Rifrazione Ps5

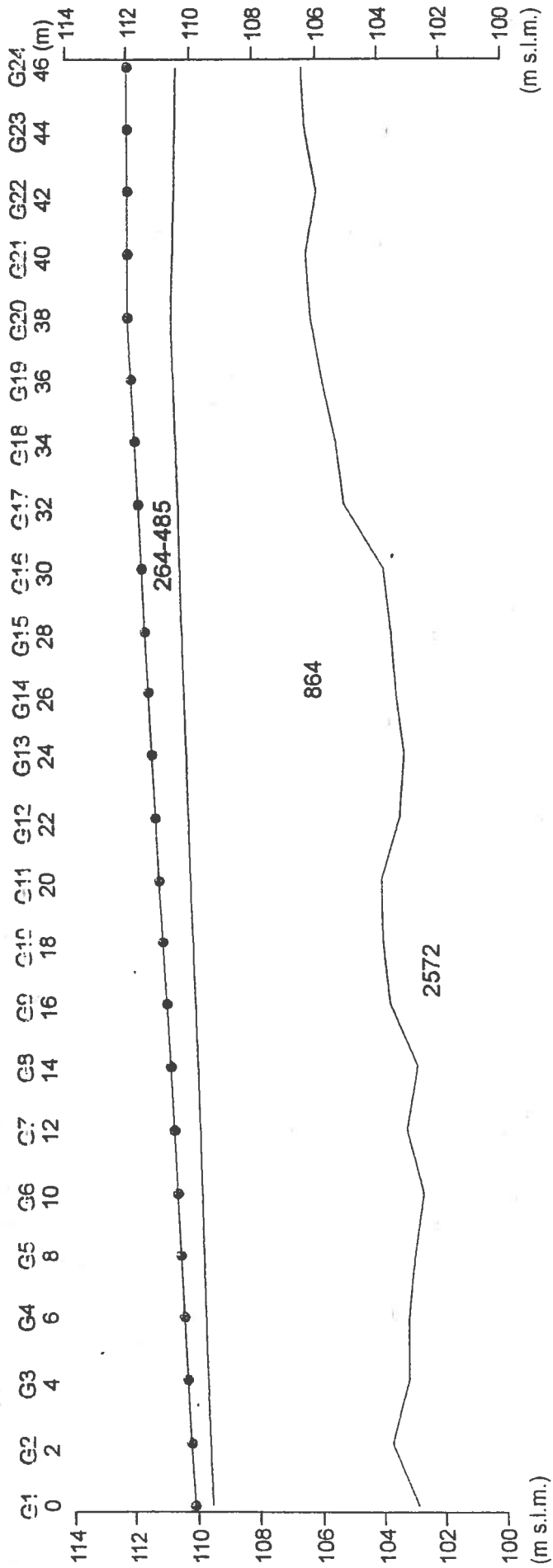


(m s.l.m)

Scala orizzontale 1:250  
Scala verticale 1:250



### Profilo di sismica a Rifrazione Ps1



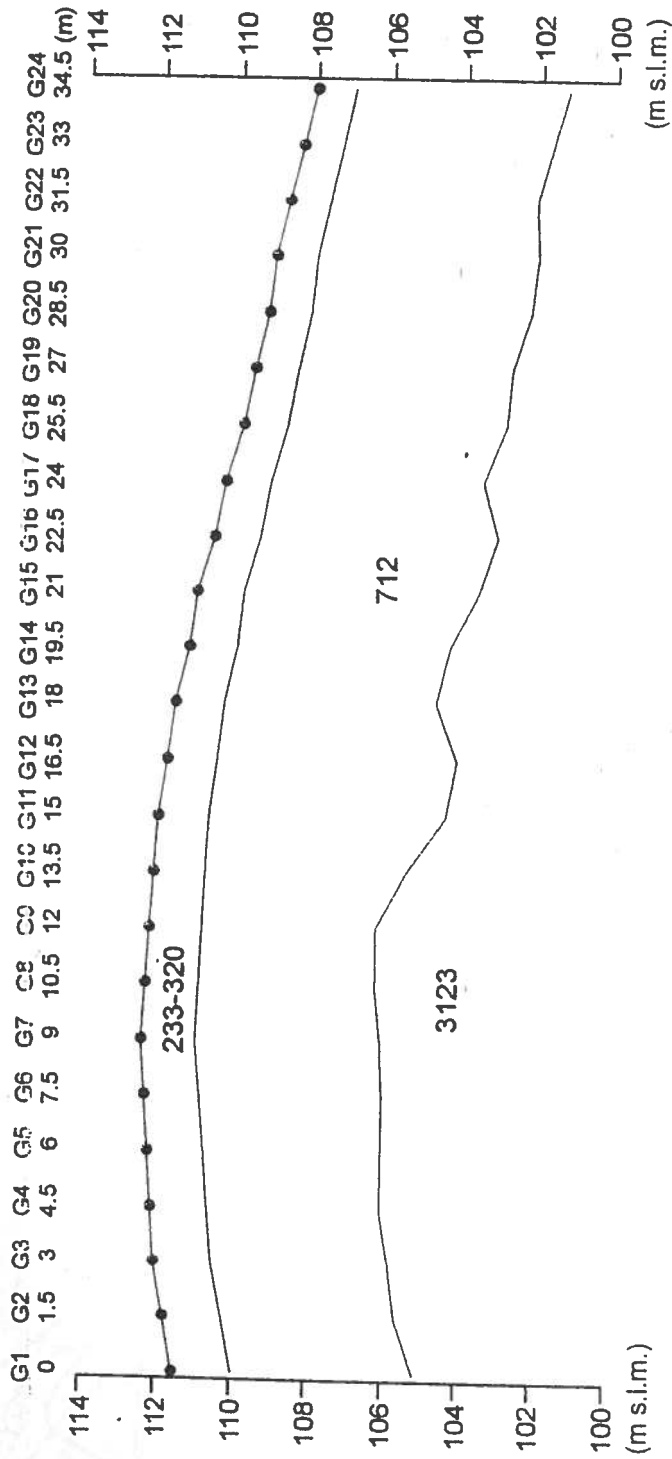
Scala orizzontale 1:200

Scala verticale 1:200

Numero Archivio  
40\_SR

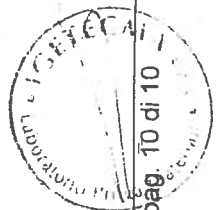
IGETECMA s.a.

### Profilo di sismica a Rifrazione Ps2



Scala orizzontale 1:200

Scala verticale 1:200

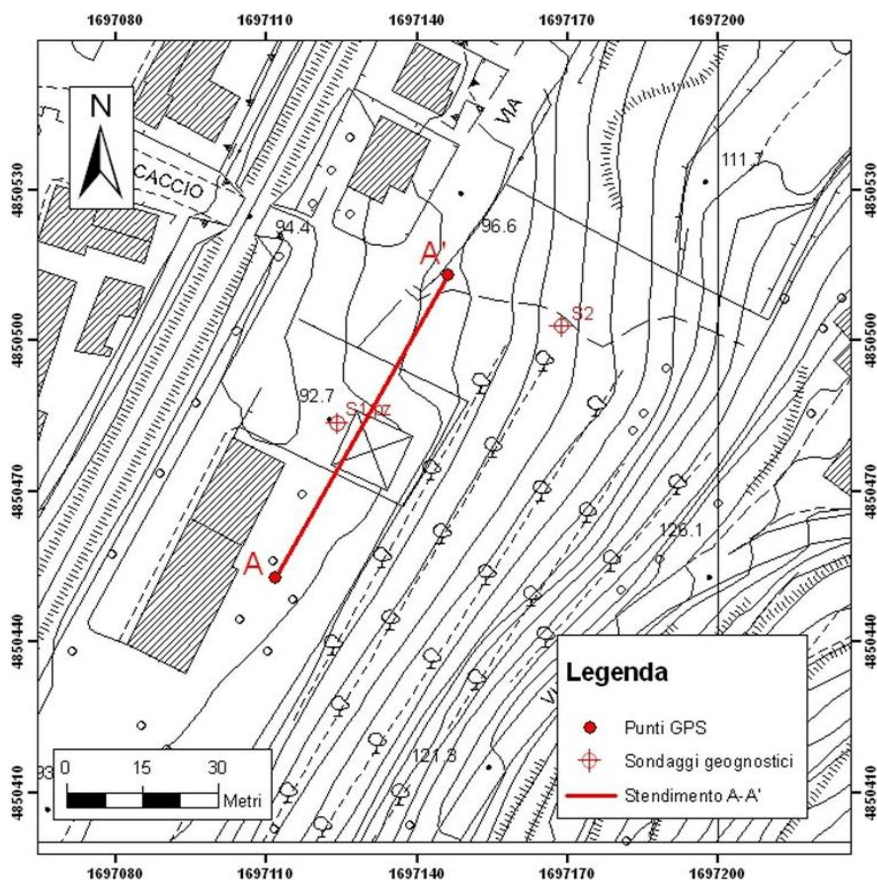


## 5.1. DATI TECNICI PROFILO AA'

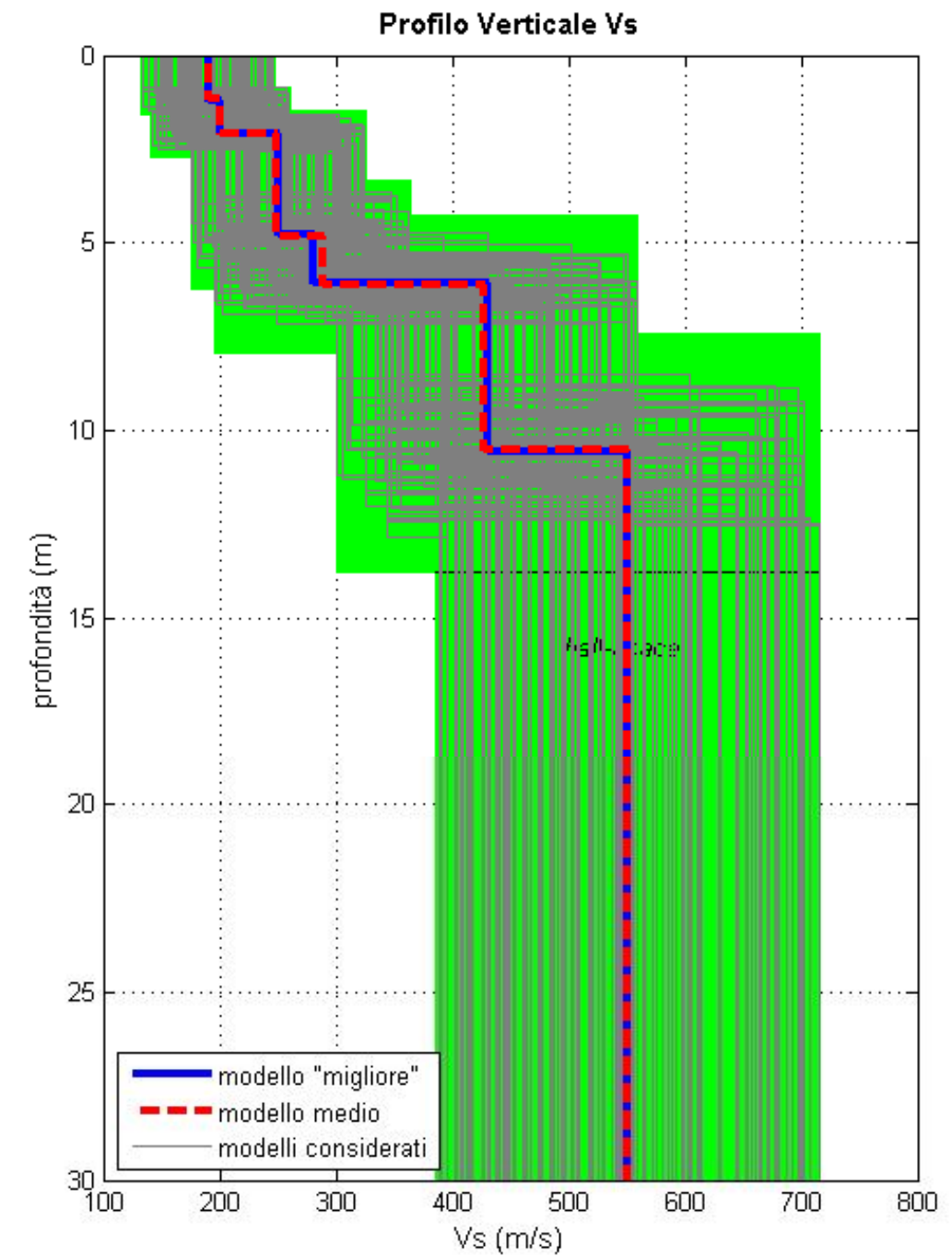
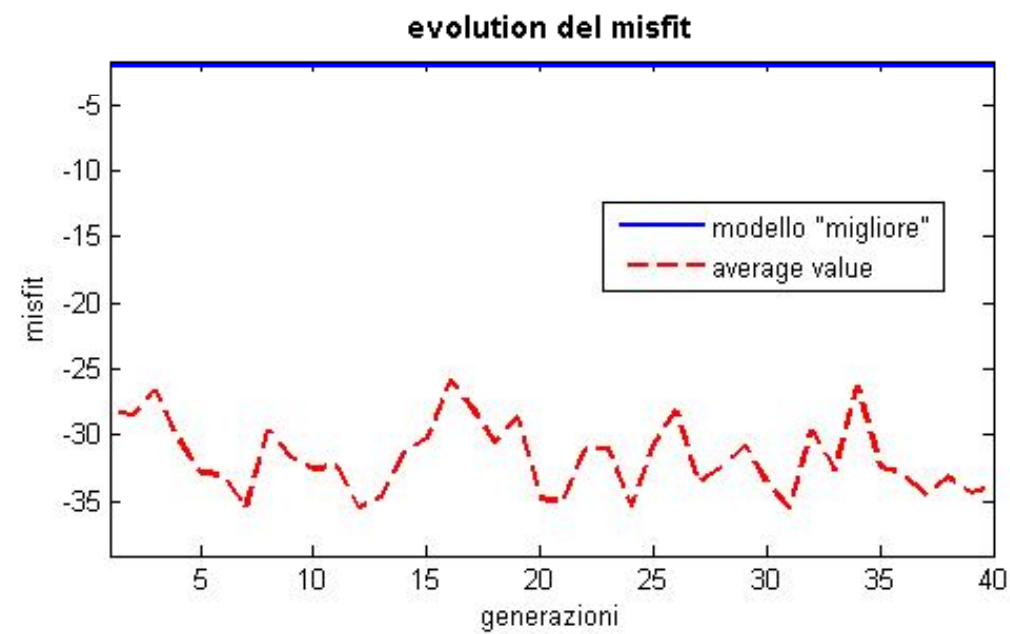
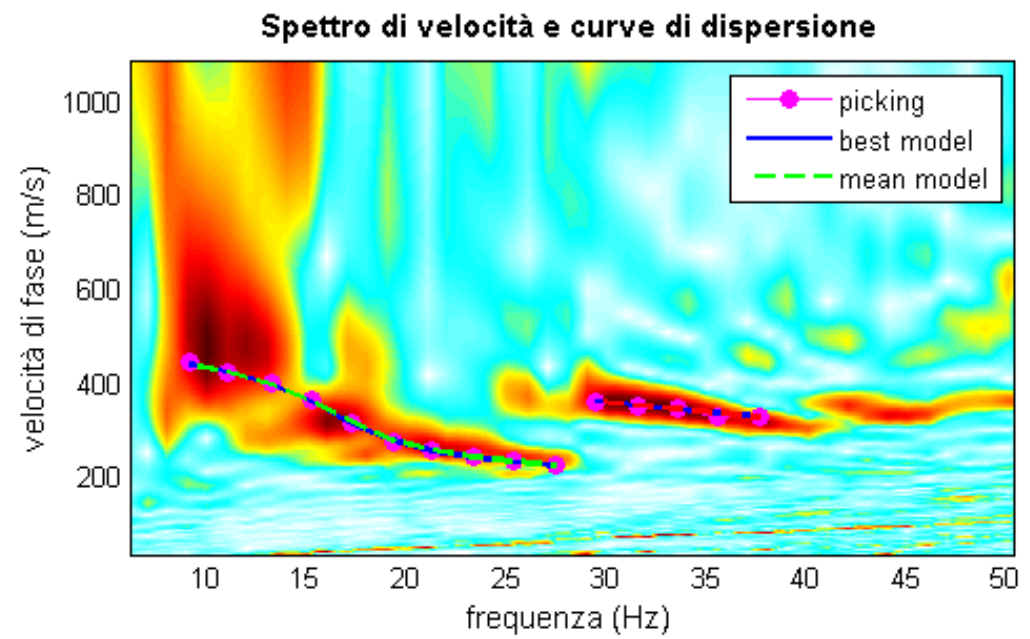
### Dati tecnici di campagna:

Giorno del rilievo:	13/05/10
Nome del file:	cut_01_01.sgy
Metodo di acquisizione:	MASW
Lunghezza dello stendimento:	69 m
N° di geofoni:	24
Tipo di geofoni:	4,5 Hz
Spaziatura dei geofoni:	3 m
N° di energizzazioni:	2
Tempo di campionamento:	1 ms
Tempo di registrazione:	4 s

### Posizione dello stendimento



## 5.2. RISULTATI ACQUISIZIONE MASW PROFILO AA'



dataset: cut<sub>0</sub>1<sub>0</sub>1.sgy  
 curve di dispersione: pick<sub>0</sub>1<sub>0</sub>1\_rond<sub>1</sub>sup<sub>3</sub>.cdp  
 VS30 (modello "migliore"): 417 m/s  
 VS30 (modello medio): 417 m/s

## Commenti

I risultati delle indagini MASW indicano che l'area in esame può essere collocata, secondo la normativa italiana (D.M. 14/01/2008), in categoria B (Tabella 1), in particolare per l'indagine è stato ottenuto il seguente valore:

- Prova MASW (Multichannel analysis of surface waves) linea AA' – Vs30 (velocità delle onde S nei primi 30 metri) = 417 m/s.



## **ALLEGATI**

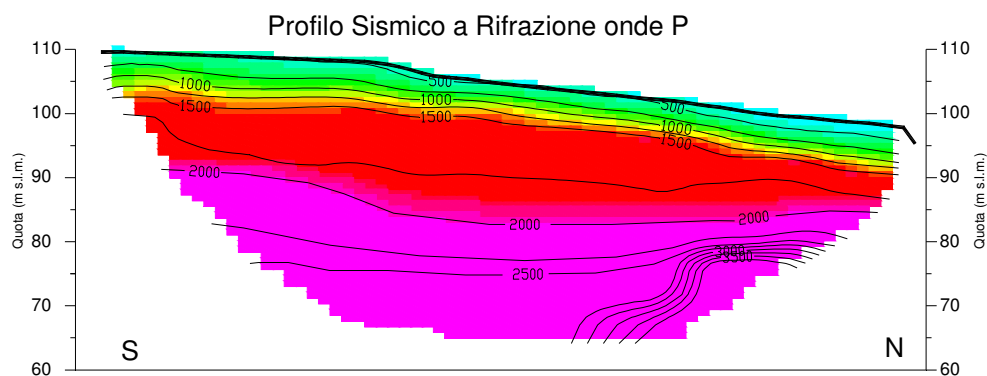
### **Dati Indagine MASW AA'**

Dati relativi alla curva di dispersione, Picking:

Frequenze (Hz)	Velocità (m/s)
9.19	446.34
11.05	424.33
13.25	402.33
15.23	365.64
17.32	317.96
19.41	277.61
21.27	259.26
23.36	244.59
25.33	237.26
27.42	226.25
29.51	361.97
31.60	354.64
33.58	347.30
35.55	332.63
37.64	328.96

## 7 – ANALISI DEI RISULTATI

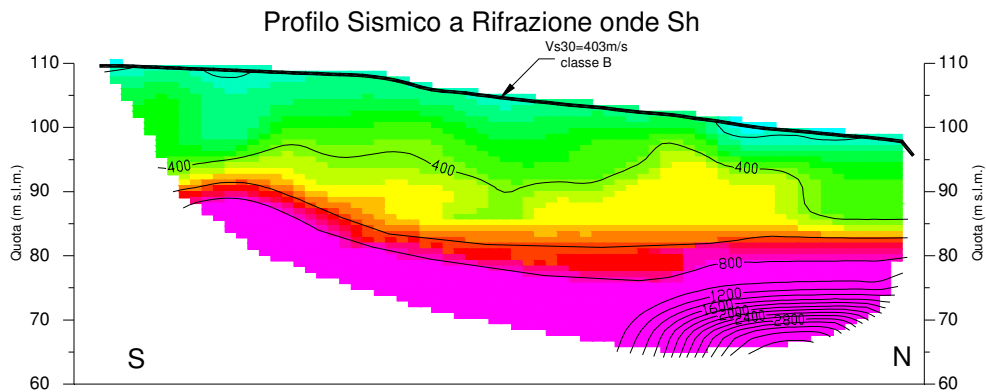
Nel complesso, l'indagine geofisica ha permesso di caratterizzare il sottosuolo sia con il modello di distribuzione della velocità delle onde di volume (onde P), sia con il modello di distribuzione della velocità delle onde di taglio polarizzate (onde S<sub>H</sub>).



**Figura 5 Profilo sismico ad onde P**

In riferimento alle onde P (Fig.5), si può riconoscere come le isolinee di velocità si dispongano circa parallele alla superficie topografica e con un alto gradiente per i primi 6 metri di profondità, mentre a quote minori si riscontri un'aumentare delle variazioni laterali di velocità e una diminuzione del gradiente fino alla quota di circa 80 m s.l.m., dove si evidenzia un notevole aumento nelle velocità sismiche all'estremità Nord del profilo.

Diversamente da quanto si riscontra nel profilo ad onde P, il profilo ad onde S (Fig. 6) è caratterizzato da un basso gradiente di velocità sismiche fino alla quota di circa 80 m s.l.m.; la geometria della parte inferiore della sezione risulta molto simile a quella ricostruita con le onde P, mentre nella parte più superficiale si riconosce una discreta variazione laterale nella distribuzione delle velocità delle onde di taglio e velocità mediamente superiori nella porzione settentrionale.



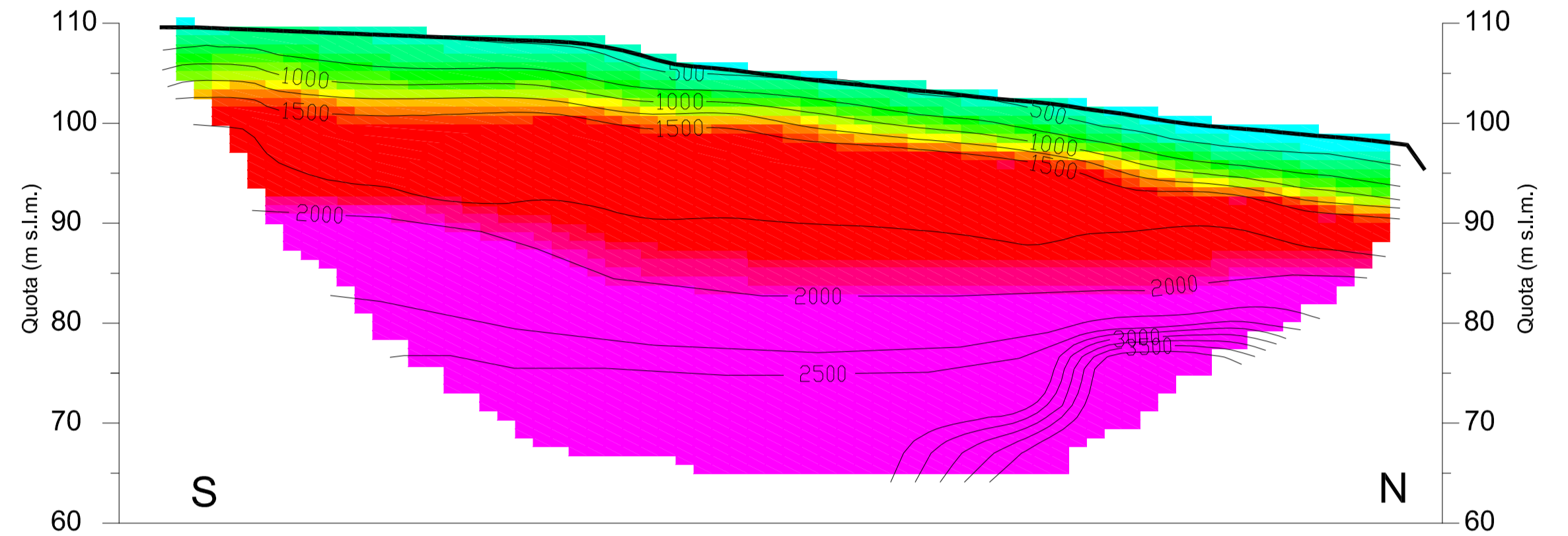
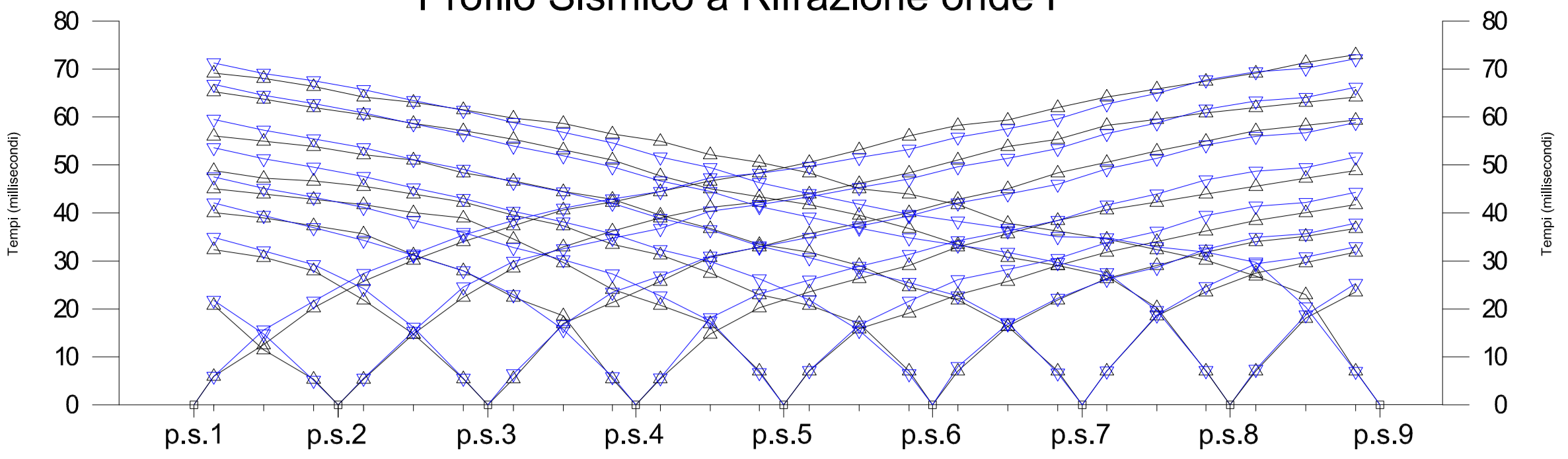
**Figura 6 Profilo sismico ad onde S<sub>H</sub>**

Il valore di  $V_{s30}$ , calcolato da sezione sismica ad onde S<sub>H</sub>, risulta pari a 403 m/s, collocando l'area oggetto dell'indagine geofisica, secondo la normativa italiana, in **classe B**.

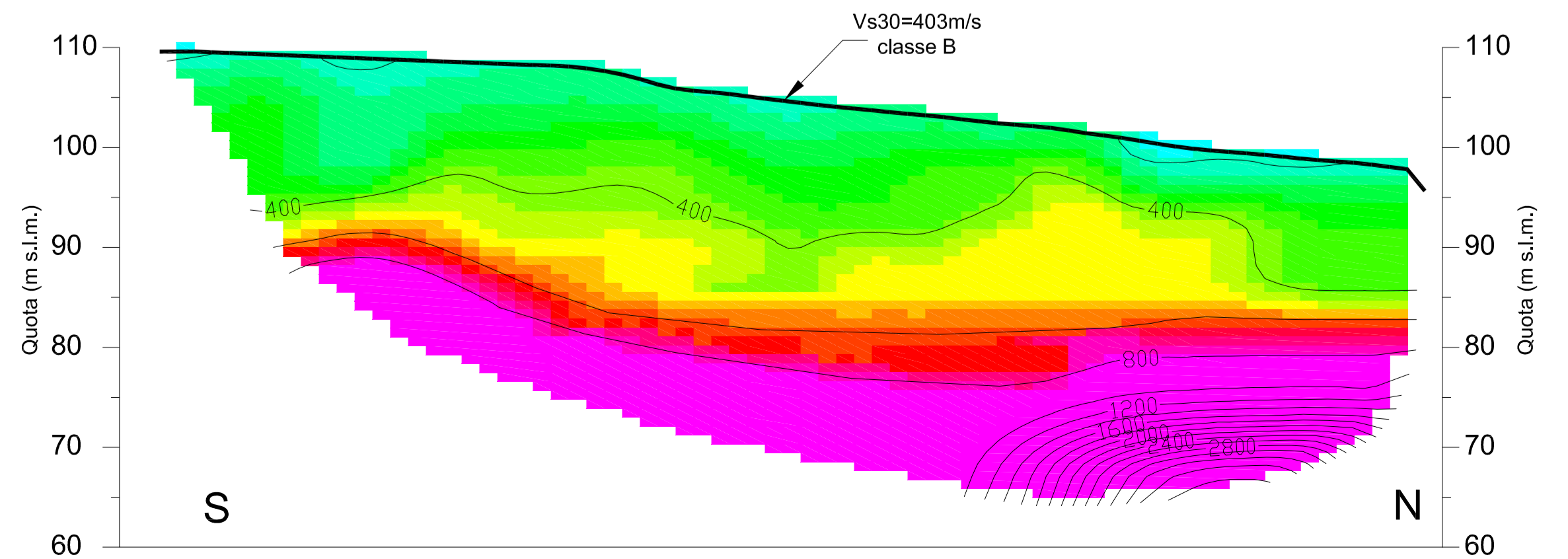
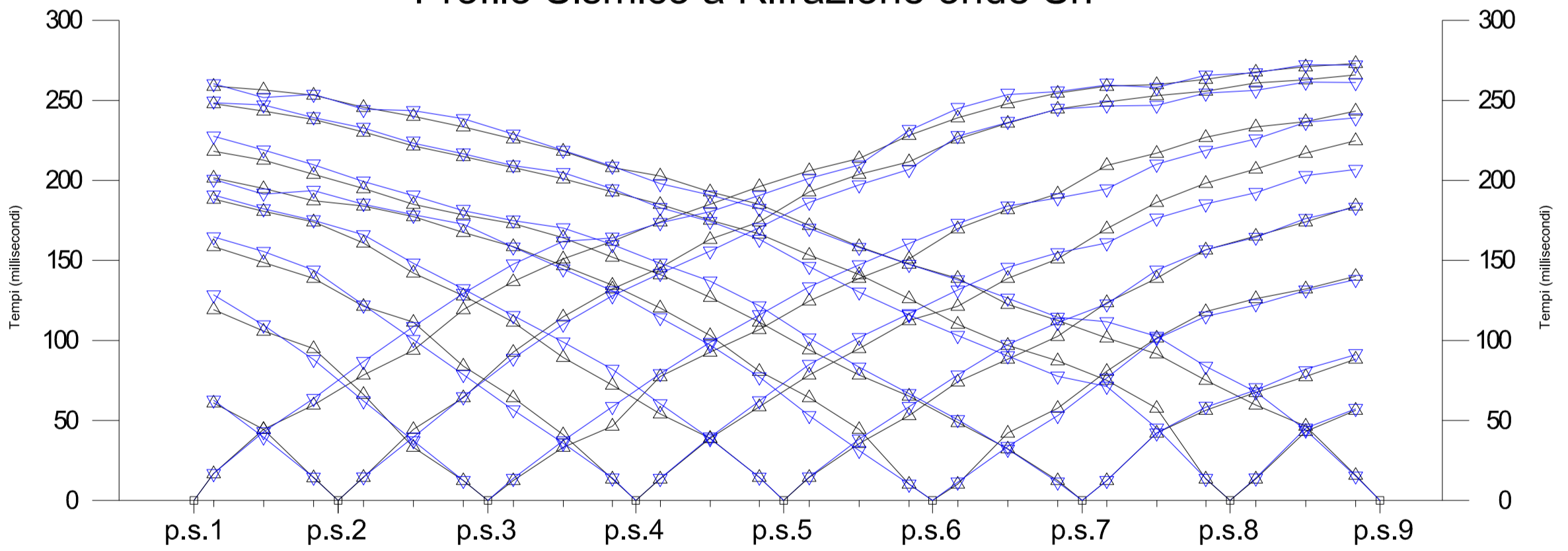
Siena, Dicembre 2009

Dr. Geol. Claudio Rossi

# Profilo Sismico a Rifrazione onde P

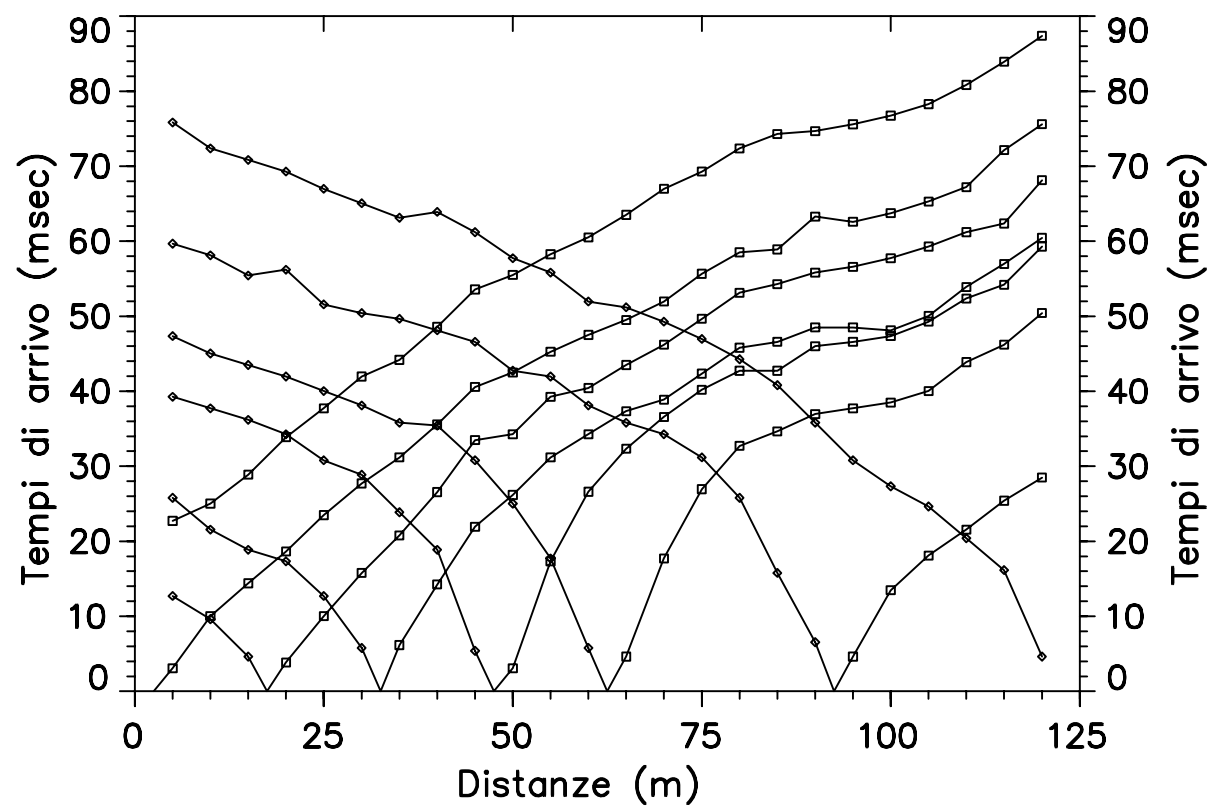


# Profilo Sismico a Rifrazione onde Sh



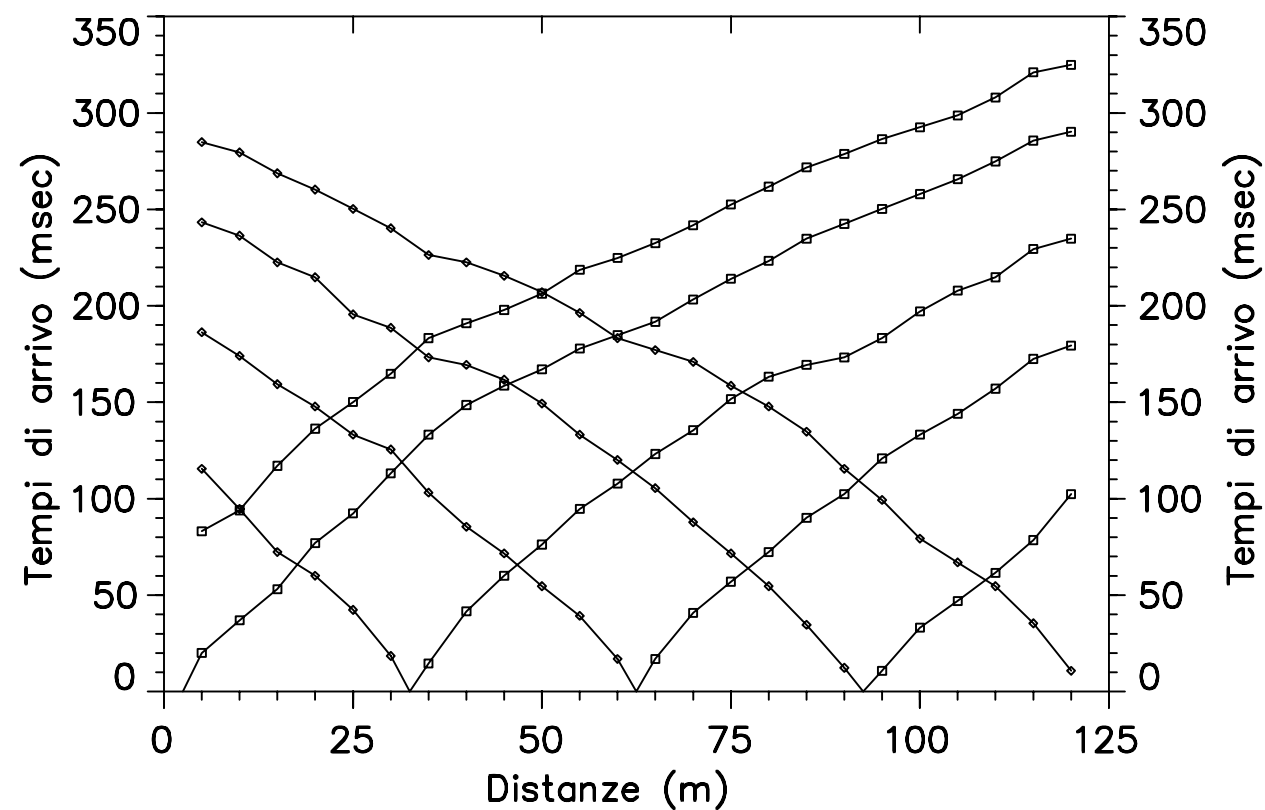
PR1\_P

P1P shots: 1 2 3 4 5 6 7 8



PR1\_S

P1S shots: 1 2 3 4 5 6



Ubicazione:

COMUNE DI PELAGO - LOCALITA' SAN FRANCESCO

archivio:

1346/08

data:

Marzo 2008

Da:



Società per l'esplorazione geofisica del sottosuolo  
Via E. Fermi, 8 53048 SINALUNGA (SI)  
Tel 0577.67.99.73 - Fax 0577.63.23.42  
<http://www.georisorse.it>

tavola:

02

Indagine:

INDAGINE GEOFISICA MULTIMETODOLOGICA PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI DI FONDAZIONE AI SENSI DELLE NUOVE NORMATIVE SISMICHE

Per:

"COOP MEZZANA SECONDA"

scala:

1:500

Titolo:

DROMOCRONE PR-1

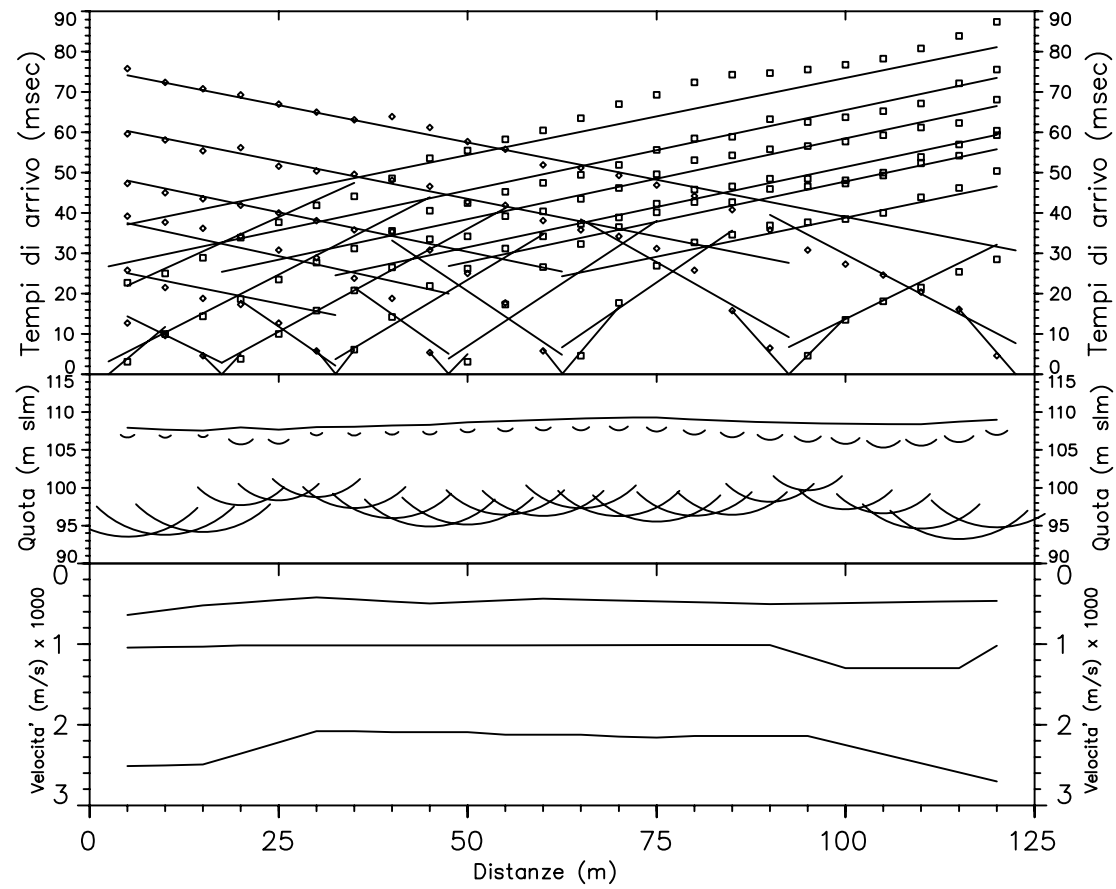
Direzione indagine geofisica:

Dott. Geol. GIANFRANCO CENSINI

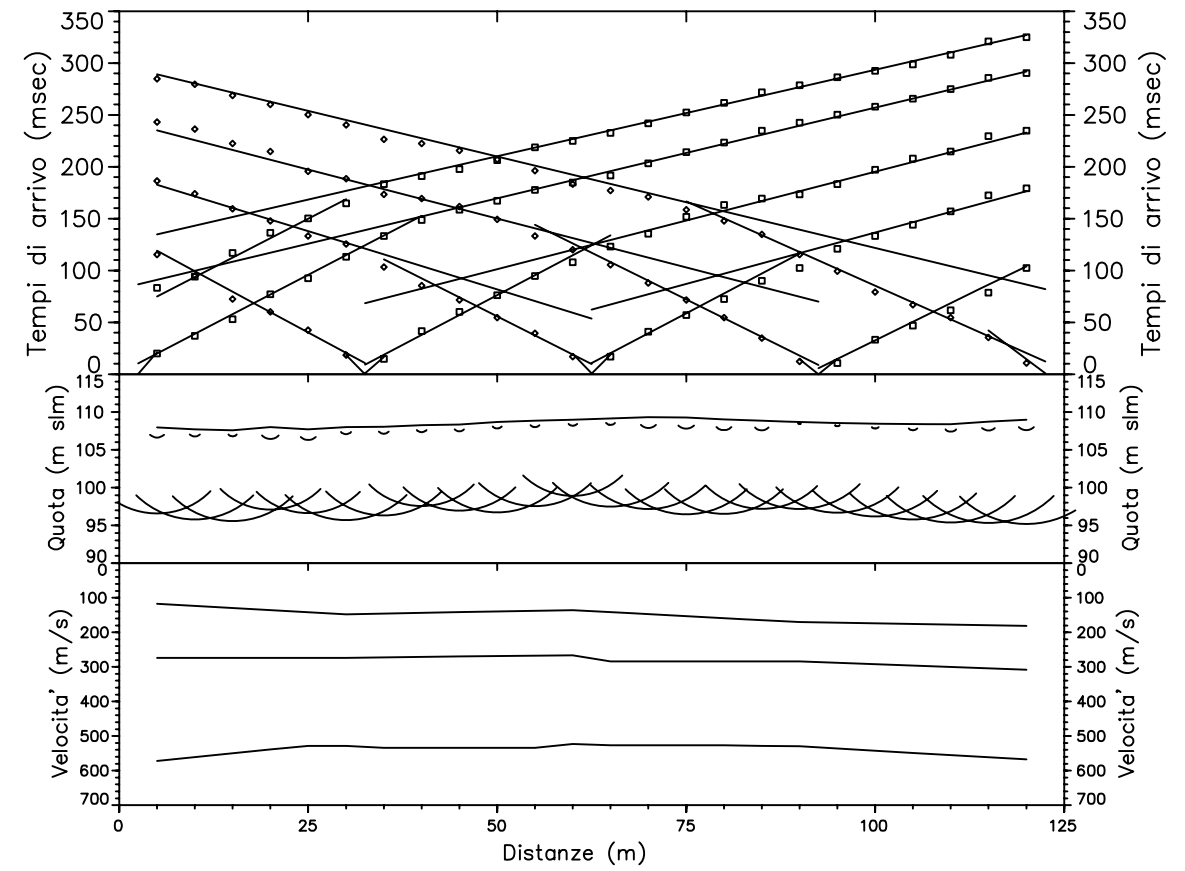
Direzione indagine geologica:

Dott. Geol. MARCELLO PALAZZI

PR1\_P



PR1\_S



Ubicazione:

COMUNE DI PELAGO - LOCALITA' SAN FRANCESCO

archivio:

1346/08

data:

Marzo 2008

Da:



Società per l'esplorazione geofisica del sottosuolo  
Via E. Fermi, 8 53048 SINALUNGA (SI)  
Tel 0577.67.99.73 - Fax 0577.63.23.42  
<http://www.georisorse.it>

tavola:

03

Indagine:

INDAGINE GEOFISICA MULTIMETODOLOGICA PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI DI FONDAZIONE AI SENSI DELLE NUOVE NORMATIVE SISMICHE

Per:

"COOP MEZZANA SECONDA"

scala:

1:500

Titolo:

ELABORAZIONE GRM PR-1

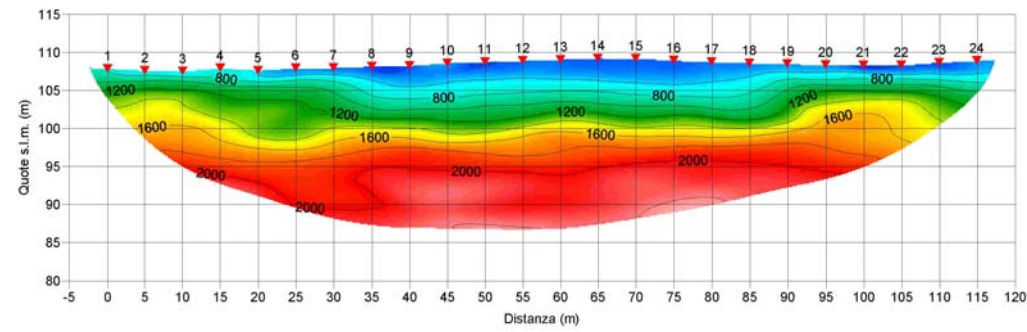
Direzione indagine geofisica:

Dott. Geol. GIANFRANCO CENSINI

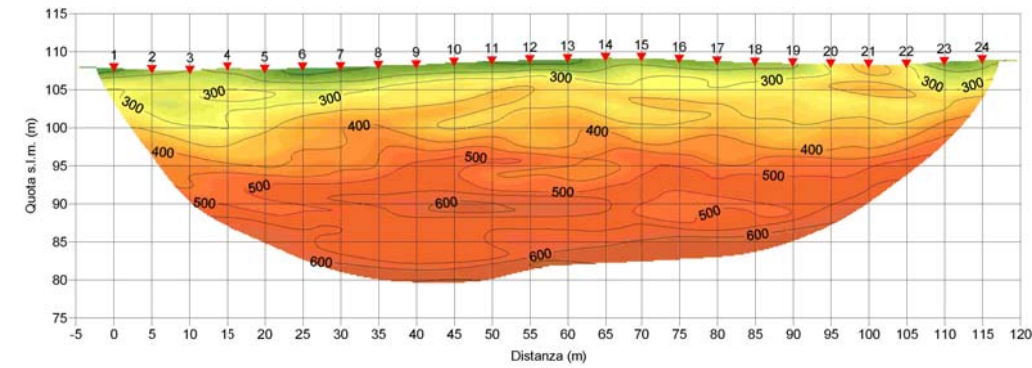
Direzione indagine geologica:

Dott. Geol. MARCELLO PALAZZI

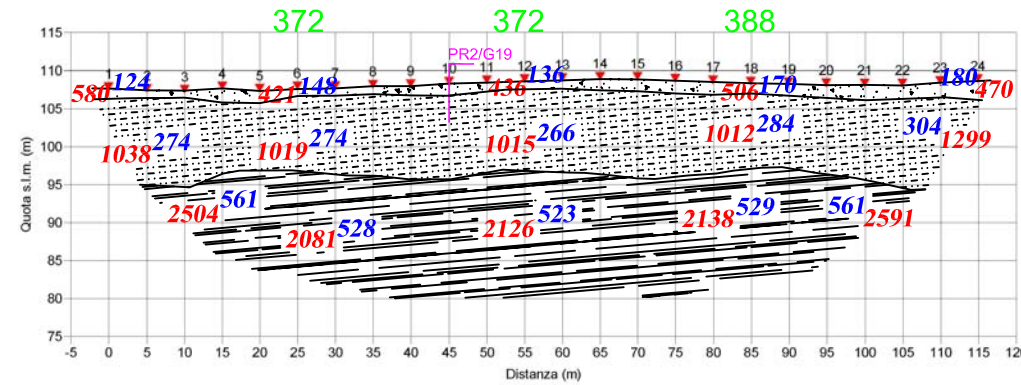
TOMOGRAFIA SISMICA\_ONDE P\_PR-1



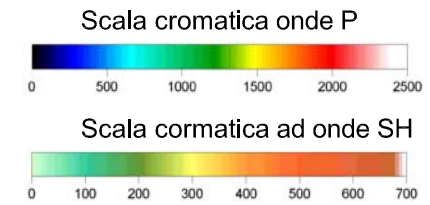
TOMOGRAFIA SISMICA\_ONDE SH\_PR-1



SEZIONE INTERPRETATIVA\_PR-1



LEGENDA:



SEZIONE INTERPRETATIVA

-  Suolo e terreno di riporto
-  Sismostrato intermedio
-  Substrato sismico  
(Argilliti della Formazione di Sillano)

- 2081** Velocità sismiche delle onde P
- 528** Velocità sismiche delle onde SH
- 372** Valore del parametro Vs30

Ubicazione:

COMUNE DI PELAGO - LOCALITA' SAN FRANCESCO

archivio:

1346/08

data:

Marzo 2008

Da:



Società per l'esplorazione geofisica del sottosuolo  
Via E. Fermi, 8 53048 SINALUNGA (SI)  
Tel 0577.67.99.73 - Fax 0577.63.23.42  
<http://www.georisorse.it>

tavola:

04

Indagine:

INDAGINE GEOFISICA MULTIMETODOLOGICA PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI DI FONDAZIONE AI SENSI DELLE NUOVE NORMATIVE SISMICHE

Per:

"COOP MEZZANA SECONDA"

scala:

1:1000

Titolo:

TOMOGRAFIA SISMICA E SEZIONE INTERPRETATIVA DEL PR-1

Direzione indagine geofisica:

Dott. Geol. GIANFRANCO CENSINI

Direzione indagine geologica:

Dott. Geol. MARCELLO PALAZZI



#### 4 CONCLUSIONI

Nel presente rapporto sono state illustrate le elaborazioni dei dati ottenuti dalle indagini mediante la prospezione Sismica a Rifrazione con elaborazione Tomografica ed elaborazione GRM e mediante misure sismiche in foro con la tecnica Down-Hole.

La modellazione sismica del sottosuolo ottenuta dall'elaborazione tomografica è sintetizzabile in termini litologici e geomeccanici in tre principali sismostrati:

- PRIMO SISMOSTRATO - I terreni attribuibili a questo sismostrato sono riconducibili al suolo e alle coperture allentate, caratterizzati da velocità sismiche inferiori a 800 m/sec circa. Lo spessore di tale strato varia tra circa 0.8 e 2 metri.
- SISMOSTRATO INTERMEDIO - Questo sismostrato è attribuibile alla formazione presente in situ, in condizioni di parziale allentamento o comunque con caratteristiche di medio-basso addensamento. In profondità le velocità sismiche tendono ad aumentare in modo regolare lasciando ipotizzare una progressiva diminuzione dell'allentamento. Per quanto riguarda il valore degli spessori, vanno da un minimo di circa 6,5 fino ad un massimo di circa 12 metri.
- SUBSTRATO SISMICO – E' stato considerato substrato sismico il terreno caratterizzato da velocità delle onde di pressione superiore a 1800-2000 m/sec e costituito dalle litologie appartenenti alla Formazione di Sillano alla quale può essere associato un elevato grado di compattezza.

Le tomografie ricavate dagli stendimento sismici eseguiti, risultano concordanti nell'andamento dei tre sismostrati ipotizzati e non hanno evidenziato la presenza di particolari anomalie sismiche profonde.

Anche dall'elaborazione GRM è stata ottenuta una modellazione sismica sostanzialmente analoga a quella evidenziata dalle tomografie sismiche. I risultati ottenuti hanno evidenziato la presenza del bedrock (substrato sismico) lungo entrambi i profili indagati, ad una profondità variabile tra circa 7 e 12 metri. Per





quanto riguarda tale elaborazione la successione degli intervalli delle velocità sismiche per i tre strati è la seguente:

STRATO	PR1		PR2	
	Vp (m/sec) da-a	Vsh (m/sec) da-a	Vp (m/sec) da-a	Vsh (m/sec) da-a
SUPERFICIALE	421-638	117-182	400-668	145-169
INTERMEDIO	1012-1299	266-308	1033-1228	273-338
SUBSTRATO SISMICO	2081-2704	523-572	2013-2056	475-519

Con tali dati è stato effettuato il calcolo del parametro VS30 per entrambi i profili, in corrispondenza di tre punti sulla verticale dei geofoni 6, 12, 18 sia per quanto riguarda il PR-1 che per il PR-2. I risultati del calcolo dei valori medi delle Vs30 lungo ogni profilo vengono di seguito riassunti:

<b>PR_1 : Vs30_377 m/sec</b>	<b>PR_2 : Vs30_386 m/sec</b>
------------------------------	------------------------------

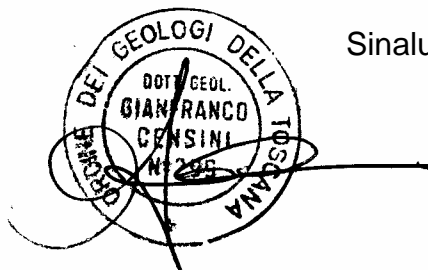
Alla luce dei valori ottenuti, i terreni di fondazione per gli interventi edilizi previsti risultano essere associabili al limite inferiore della **Categoria B**.

Per quanto riguarda la misura sismica in foro Down-Hole, i risultati ottenuti hanno portato alla restituzione dei diagrammi delle velocità sismiche delle onde P ed SH nel sito in questione, in totale accordo con l'elaborazione tomografica. In aggiunta, anche per questa indagine è stato calcolato il valore del VS30 in base ai valori delle velocità rilevate nei vari strati il cui valore ottenuto è il seguente:

<b>“Località San Francesco (Pelago)”</b>	<b>DHS3</b>	<b>VS30 = 367 m/sec</b>
--	-------------	-------------------------

Tale valore ottenuto permette di confermare i terreni di fondazione in questione al limite inferiore della **Categoria B** in totale accordo con l'indagine tomografica eseguita.

Dr Geol. Gianfranco Censini



Sinalunga – Marzo 2008



---

L'interpretazione della prova MASW, relativamente alle onde S, ha reso evidente la seguente successione:

Profondità da P.C		Velocità Onde S (m/s)
0.0	1.2	228
1.2	3.5	356
3.5	33.5	411
33.5	35.0	942

Per questo terreno il valore di Vs30 (calcolato da p.c.) risulta pari a 394 m/s.

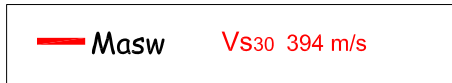
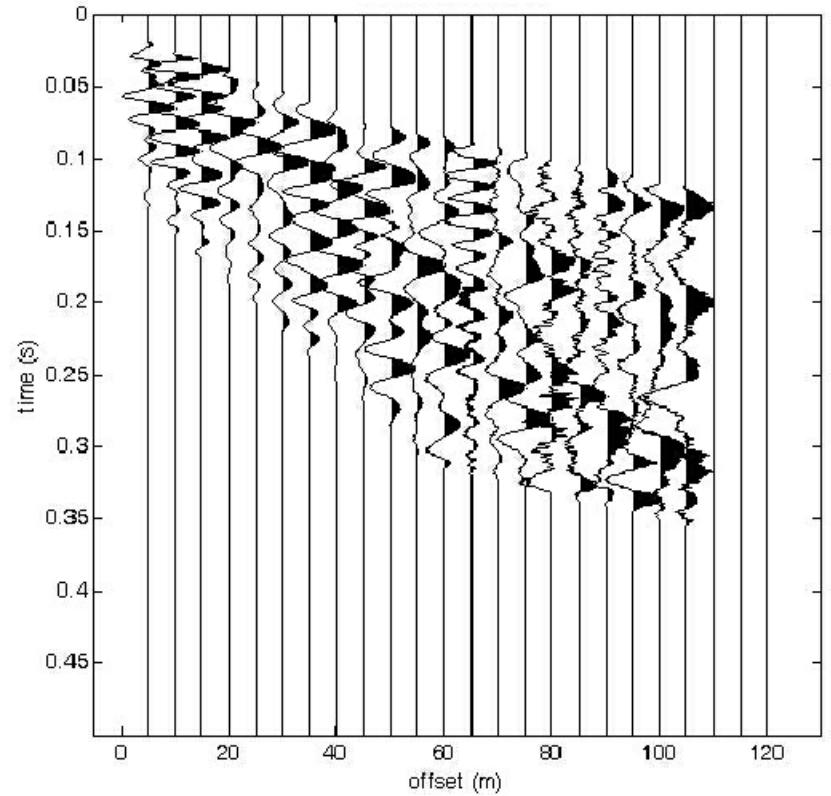
In definitiva, la prova MASW realizzata evidenzia che l'area in esame può essere collocata, secondo la normativa italiana, in **classe B**.

Siena, Maggio 2010

Dr. Geol. Claudio Rossi

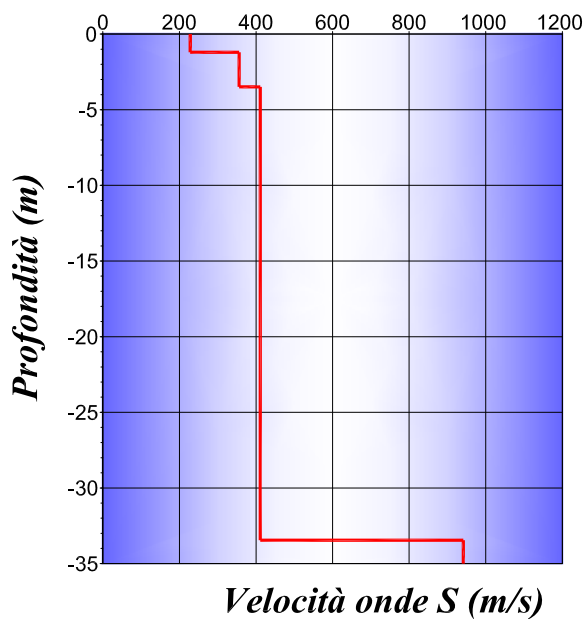
# Tecnica Masw

## Normalized traces

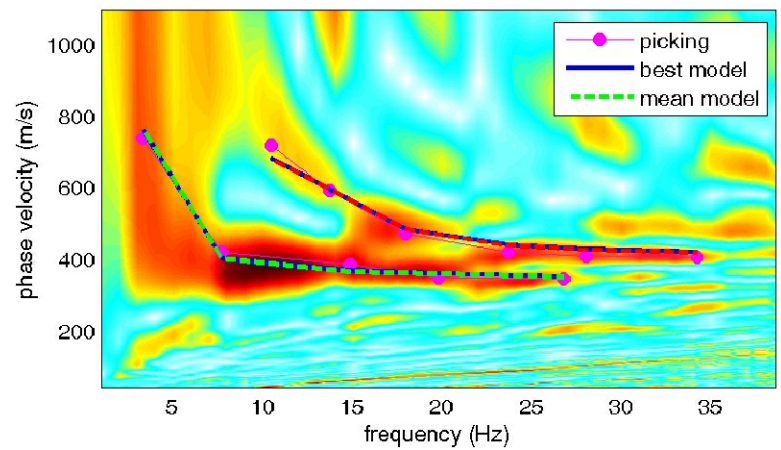


Sito Classe B

## Shear-Wave Velocity Profiles

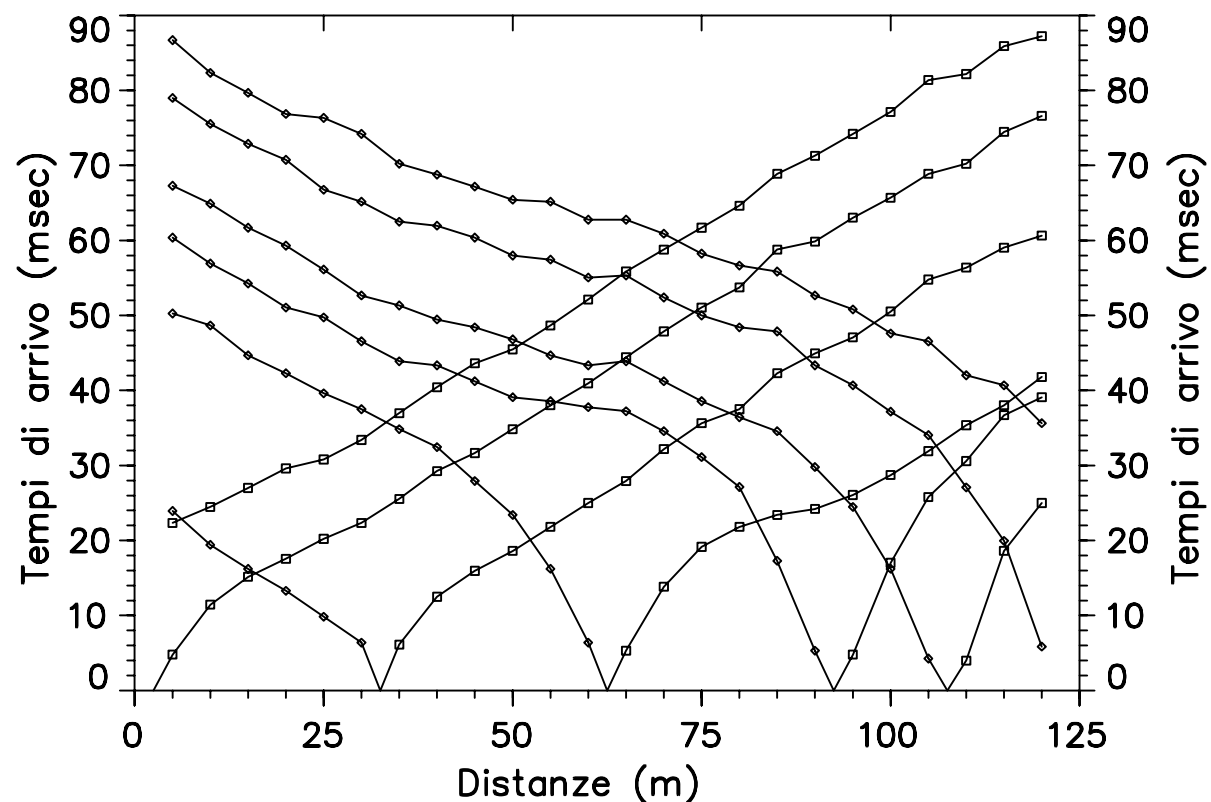


## Velocity spectrum & dispersion curve



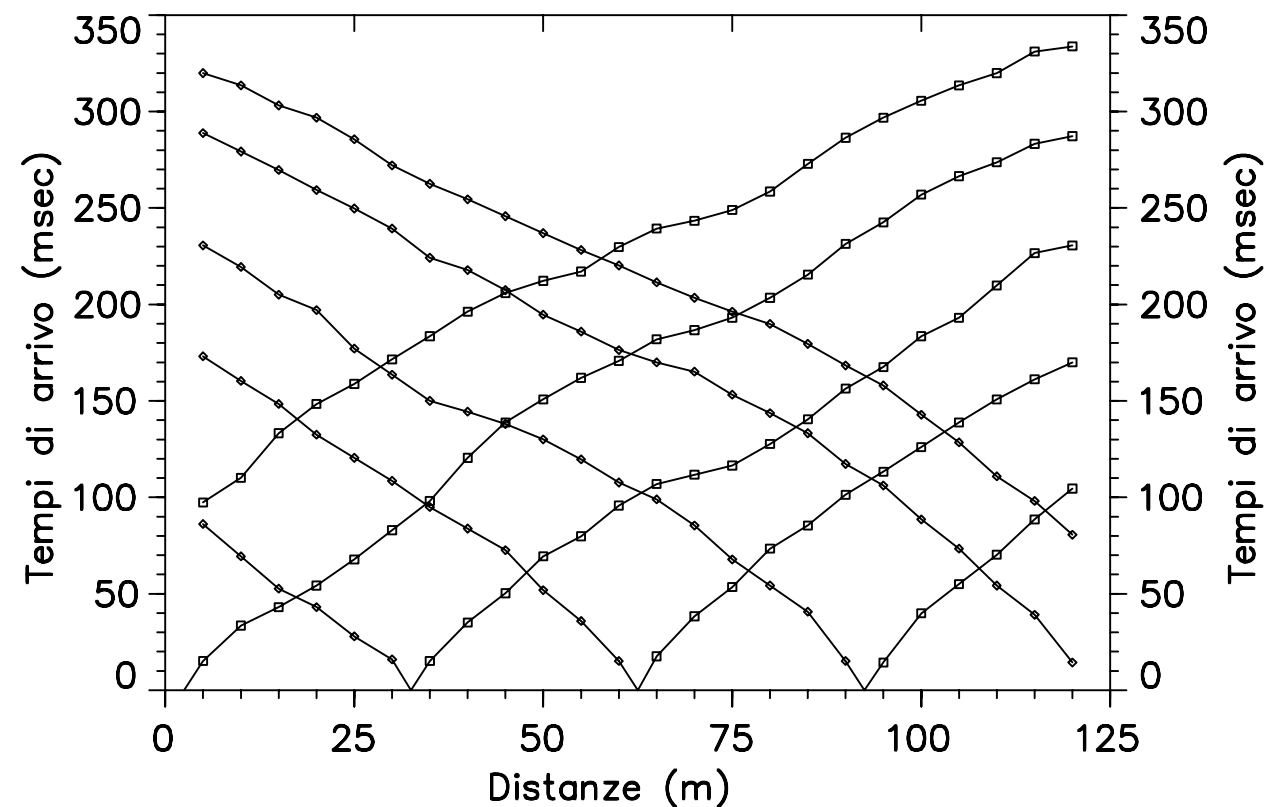
PR2\_P

P2P shots: 1 2 3 4 5 6 7 8



PR2\_S

P2S shots: 1 2 3 4 5 6 7



Ubicazione:

COMUNE DI PELAGO - LOCALITA' SAN FRANCESCO

archivio:

1346/08

data:

Marzo 2008

Da:



Società per l'esplorazione geofisica del sottosuolo  
Via E. Fermi, 8 53048 SINALUNGA (SI)  
Tel 0577.67.99.73 - Fax 0577.63.23.42  
<http://www.georisorse.it>

tavola:

05

Indagine:

INDAGINE GEOFISICA MULTIMETODOLOGICA PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI DI FONDAZIONE AI SENSI DELLE NUOVE NORMATIVE SISMICHE

Per:

"COOP MEZZANA SECONDA"

scala:

1:500

Titolo:

DROMOCRONE\_PROFIL0 2

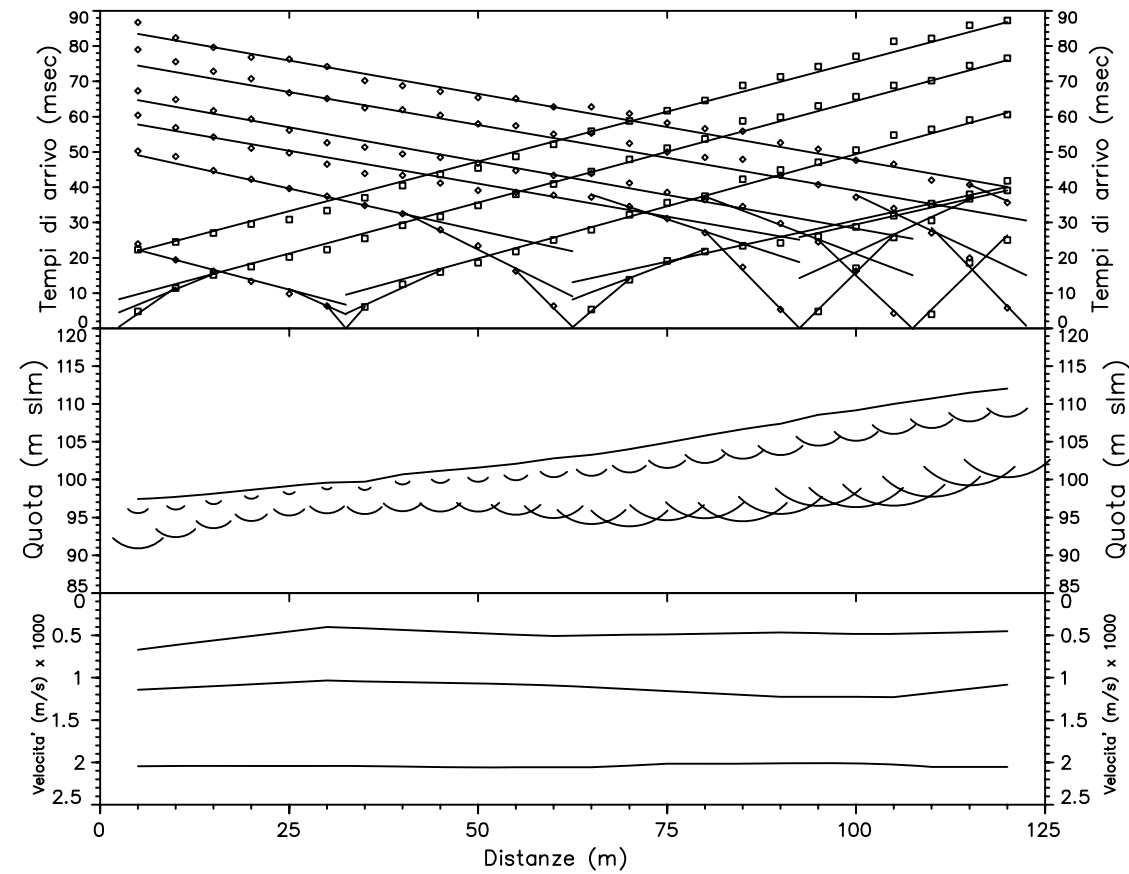
Direzione indagine geofisica:

Dott. Geol. GIANFRANCO CENSINI

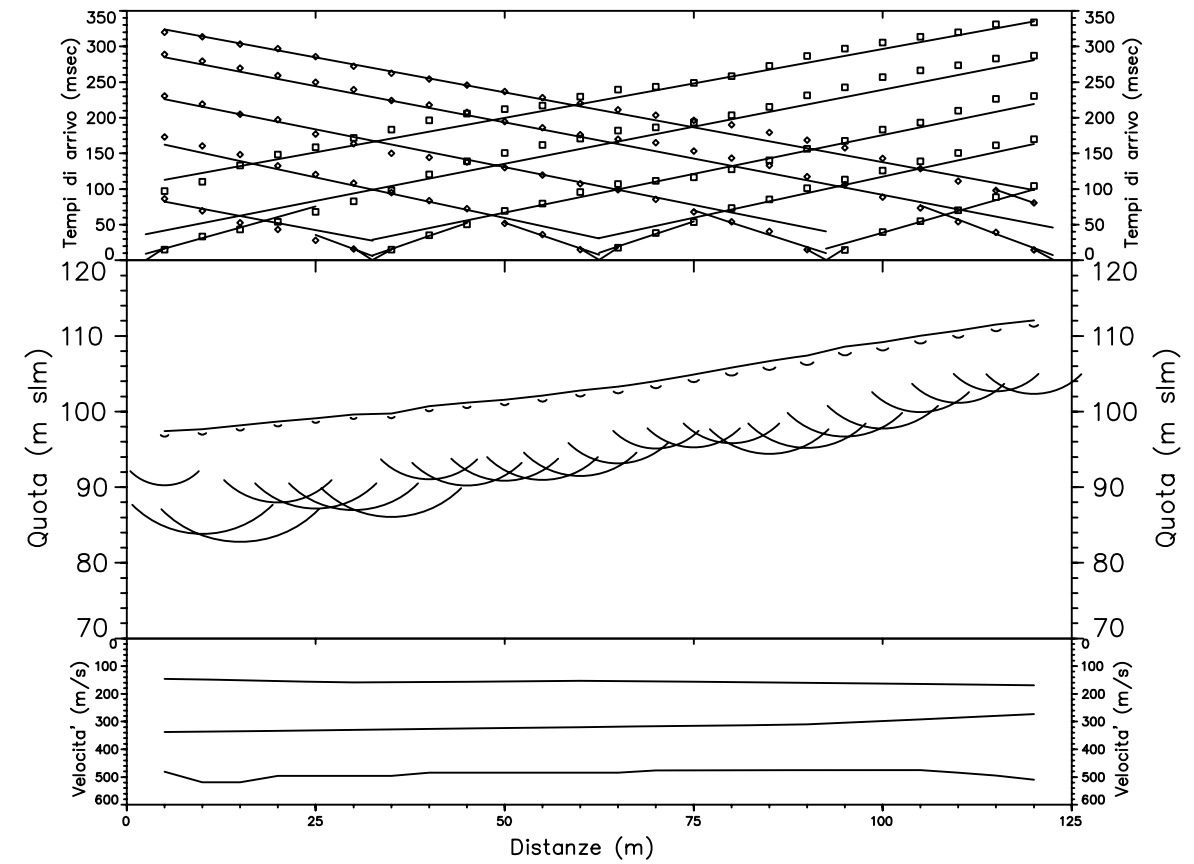
Direzione indagine geologica:

Dott. Geol. MARCELLO PALAZZI

PR1\_P



PR1\_S



Ubicazione:

COMUNE DI PELAGO - LOCALITA' SAN FRANCESCO

archivio:

1346/08

data:

Marzo 2008

Da:



Società per l'esplorazione geofisica del sottosuolo  
 Via E. Fermi, 8 53048 SINALUNGA (SI)  
 Tel 0577.67.99.73 - Fax 0577.63.23.42  
<http://www.georisorse.it>

tavola:

06

Indagine:

INDAGINE GEOFISICA MULTIMETODOLOGICA PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI DI FONDAZIONE AI SENSI DELLE NUOVE NORMATIVE SISMICHE

Per:

"COOP MEZZANA SECONDA"

scala:

1:500

Titolo:

ELABORAZIONE GRM\_ PROFILO 2

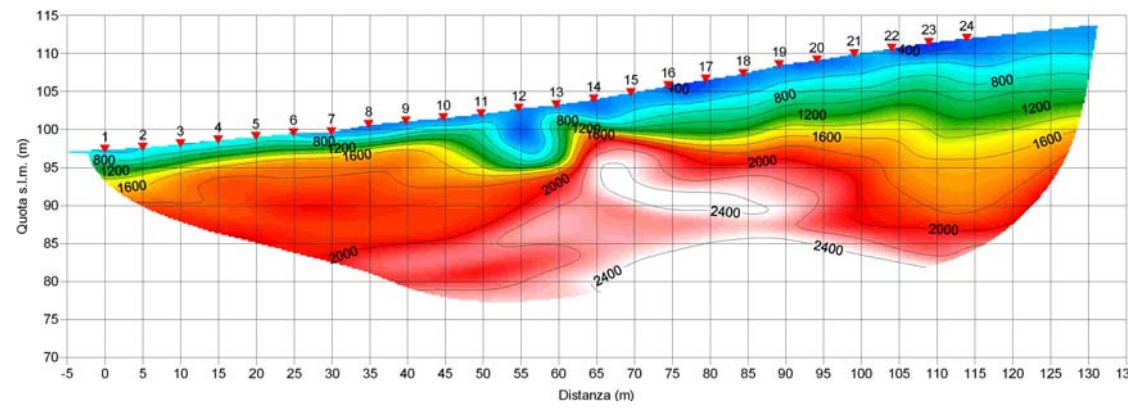
Direzione indagine geofisica:

Dott. Geol. GIANFRANCO CENSINI

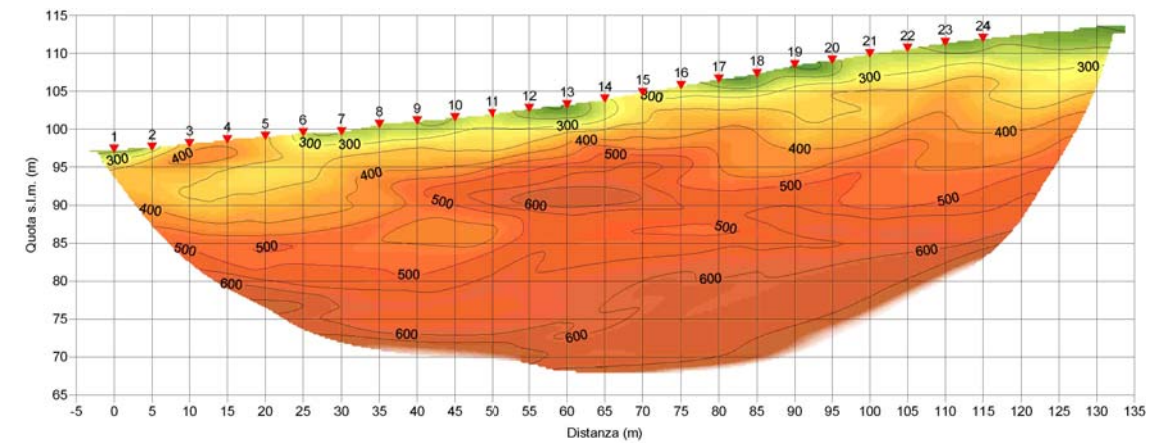
Direzione indagine geologica:

Dott. Geol. MARCELLO PALAZZI

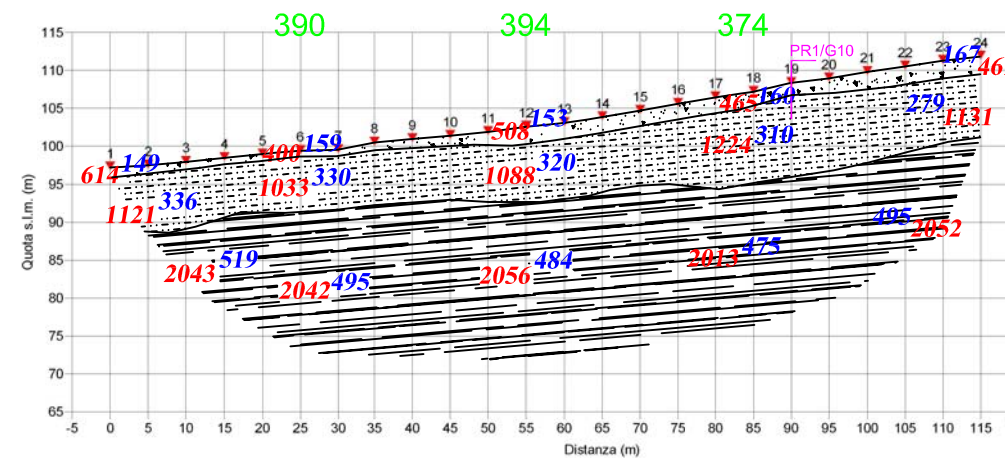
TOMOGRAFIA SISMICA\_ONDE P\_PR-2



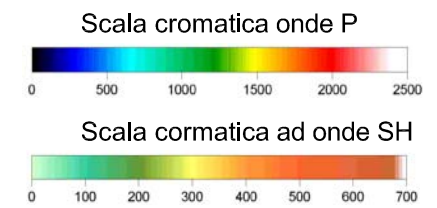
TOMOGRAFIA SISMICA\_ONDE SH\_PR-2



SEZIONE INTERPRETATIVA\_PR-2



LEGENDA:



SEZIONE INTERPRETATIVA

- Suolo e terreno di riporto
- Sismostrato intermedio
- Substarto sismico  
(Argilliti della Formazione di Sillano)

- 2081** Velocità sismiche delle onde P
- 528** Velocità sismiche delle onde SH
- 374** Valore del parametro Vs30

Ubicazione: COMUNE DI PELAGO - LOCALITA' SAN FRANCESCO

Indagine: INDAGINE GEOFISICA MULTIMETODOLOGICA PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI DI FONDAZIONE AI SENSI DELLE NUOVE NORMATIVE SISMICHE

Titolo: TOMOGRAFIA SISMICA E SEZIONE INTERPRETATIVA PROFILO 2

archivio: 1346/08

data: Marzo 2008

Per: "COOP MEZZANA SECONDA"

Direzione indagine geofisica: Dott. Geol. GIANFRANCO CENSINI

Da:   
Società per l'esplorazione geofisica del sottosuolo  
Via E. Fermi, 8 53048 SINALUNGA (SI)  
Tel 0577.67.99.73 - Fax 0577.63.23.42  
<http://www.georisorse.it>

tavola: 07

scala: 1:1000

Direzione indagine geologica: Dott. Geol. MARCELLO PALAZZI



#### 4 CONCLUSIONI

Nel presente rapporto sono state illustrate le elaborazioni dei dati ottenuti dalle indagini mediante la prospezione Sismica a Rifrazione con elaborazione Tomografica ed elaborazione GRM e mediante misure sismiche in foro con la tecnica Down-Hole.

La modellazione sismica del sottosuolo ottenuta dall'elaborazione tomografica è sintetizzabile in termini litologici e geomeccanici in tre principali sismostrati:

- PRIMO SISMOSTRATO - I terreni attribuibili a questo sismostrato sono riconducibili al suolo e alle coperture allentate, caratterizzati da velocità sismiche inferiori a 800 m/sec circa. Lo spessore di tale strato varia tra circa 0.8 e 2 metri.
- SISMOSTRATO INTERMEDIO - Questo sismostrato è attribuibile alla formazione presente in situ, in condizioni di parziale allentamento o comunque con caratteristiche di medio-basso addensamento. In profondità le velocità sismiche tendono ad aumentare in modo regolare lasciando ipotizzare una progressiva diminuzione dell'allentamento. Per quanto riguarda il valore degli spessori, vanno da un minimo di circa 6,5 fino ad un massimo di circa 12 metri.
- SUBSTRATO SISMICO – E' stato considerato substrato sismico il terreno caratterizzato da velocità delle onde di pressione superiore a 1800-2000 m/sec e costituito dalle litologie appartenenti alla Formazione di Sillano alla quale può essere associato un elevato grado di compattezza.

Le tomografie ricavate dagli stendimento sismici eseguiti, risultano concordanti nell'andamento dei tre sismostrati ipotizzati e non hanno evidenziato la presenza di particolari anomalie sismiche profonde.

Anche dall'elaborazione GRM è stata ottenuta una modellazione sismica sostanzialmente analoga a quella evidenziata dalle tomografie sismiche. I risultati ottenuti hanno evidenziato la presenza del bedrock (substrato sismico) lungo entrambi i profili indagati, ad una profondità variabile tra circa 7 e 12 metri. Per



quanto riguarda tale elaborazione la successione degli intervalli delle velocità sismiche per i tre strati è la seguente:

STRATO	PR1		PR2	
	Vp (m/sec) da-a	Vsh (m/sec) da-a	Vp (m/sec) da-a	Vsh (m/sec) da-a
SUPERFICIALE	421-638	117-182	400-668	145-169
INTERMEDIO	1012-1299	266-308	1033-1228	273-338
SUBSTRATO SISMICO	2081-2704	523-572	2013-2056	475-519

Con tali dati è stato effettuato il calcolo del parametro VS30 per entrambi i profili, in corrispondenza di tre punti sulla verticale dei geofoni 6, 12, 18 sia per quanto riguarda il PR-1 che per il PR-2. I risultati del calcolo dei valori medi delle Vs30 lungo ogni profilo vengono di seguito riassunti:

<b>PR_1 : Vs30_377 m/sec</b>	<b>PR_2 : Vs30_386 m/sec</b>
------------------------------	------------------------------

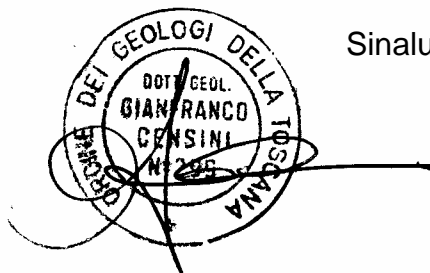
Alla luce dei valori ottenuti, i terreni di fondazione per gli interventi edilizi previsti risultano essere associabili al limite inferiore della **Categoria B**.

Per quanto riguarda la misura sismica in foro Down-Hole, i risultati ottenuti hanno portato alla restituzione dei diagrammi delle velocità sismiche delle onde P ed SH nel sito in questione, in totale accordo con l'elaborazione tomografica. In aggiunta, anche per questa indagine è stato calcolato il valore del VS30 in base ai valori delle velocità rilevate nei vari strati il cui valore ottenuto è il seguente:

<b>“Località San Francesco (Pelago)”</b>	<b>DHS3</b>	<b>VS30 = 367 m/sec</b>
--	-------------	-------------------------

Tale valore ottenuto permette di confermare i terreni di fondazione in questione al limite inferiore della **Categoria B** in totale accordo con l'indagine tomografica eseguita.

Dr Geol. Gianfranco Censini

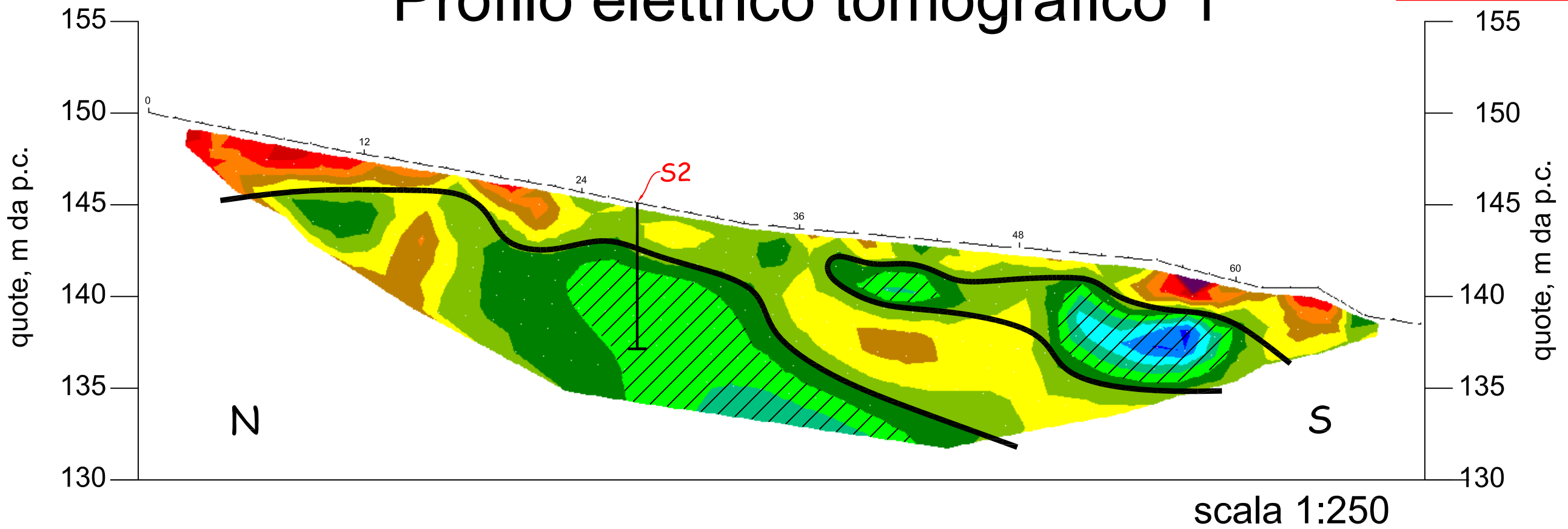


Sinalunga – Marzo 2008



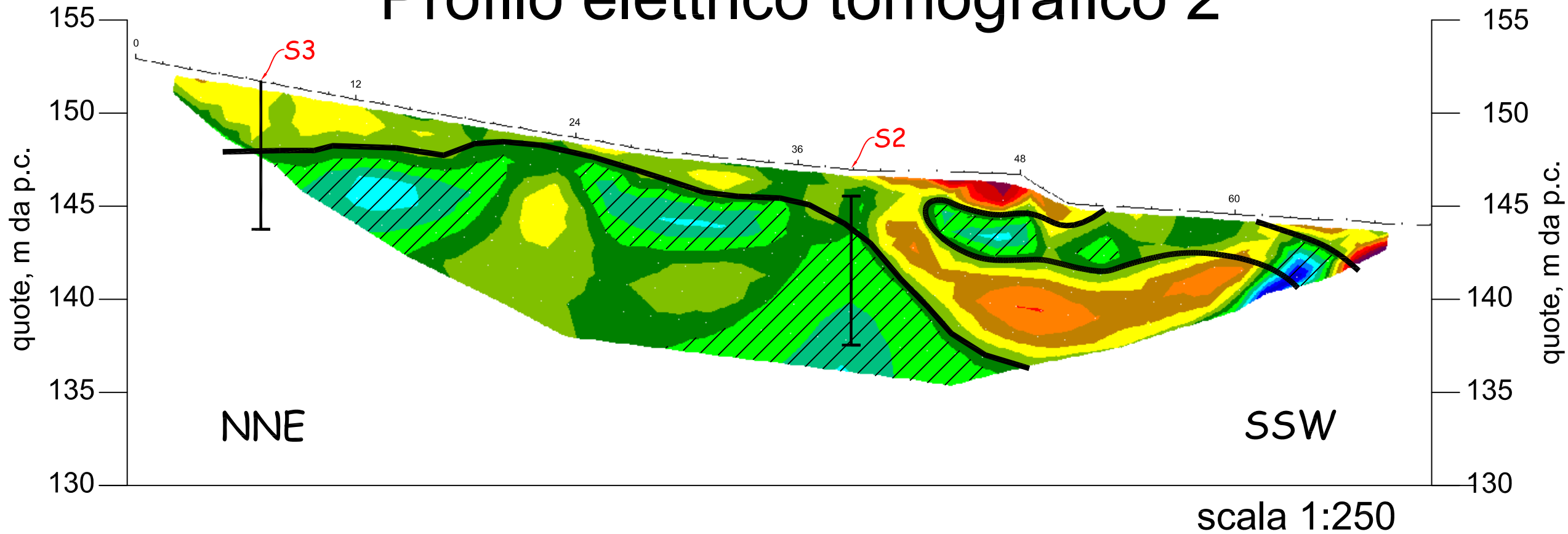
# Profilo elettrico tomografico 1

Numero Archivio  
46\_ERT



# Profilo elettrico tomografico 2

Numero Archivio  
47\_ERT



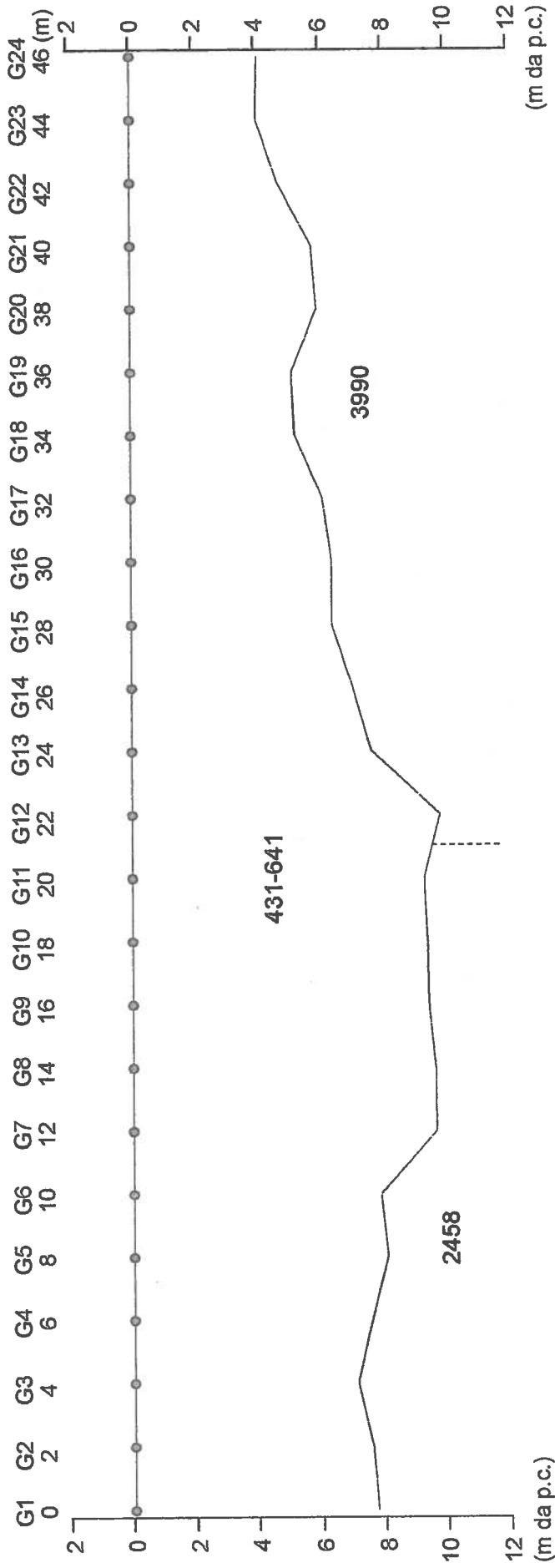
## Profilo Ps1

Geofono n°	Distanza m	Quota m da p.c.	V1 m/sec	Z1 m	V2 m/sec
1	0	0.0	518	7.1	2458
2	2	0.0	518	6.9	2458
3	4	0.0	518	6.5	2458
4	6	0.0	518	6.9	2458
5	8	0.0	518	7.4	2458
6	10	0.0	518	7.2	2458
7	12	0.0	641	8.8	2458
8	14	0.0	641	8.8	2458
9	16	0.0	641	8.6	2458
10	18	0.0	641	8.6	2458
11	20	0.0	641	8.5	2458
12	22	0.0	641	9.0	3990
13	24	0.0	490	7.0	3990
14	26	0.0	490	6.4	3990
15	28	0.0	490	5.8	3990
16	30	0.0	490	5.8	3990
17	32	0.0	490	5.6	3990
18	34	0.0	461	4.8	3990
19	36	0.0	461	4.7	3990
20	38	0.0	461	5.4	3990
21	40	0.0	461	5.3	3990
22	42	0.0	445	4.3	3990
23	44	0.0	431	3.7	3990
24	46	0.0	431	3.7	3990

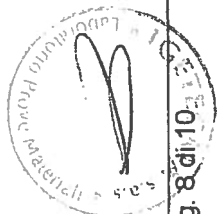
V = Velocità dell'orizzonte sismico  
Z = Spessore dell'orizzonte sismico



### Profilo di sismica a Rifrazione Ps1



Scala orizzontale 1:200  
Scala verticale 1:200

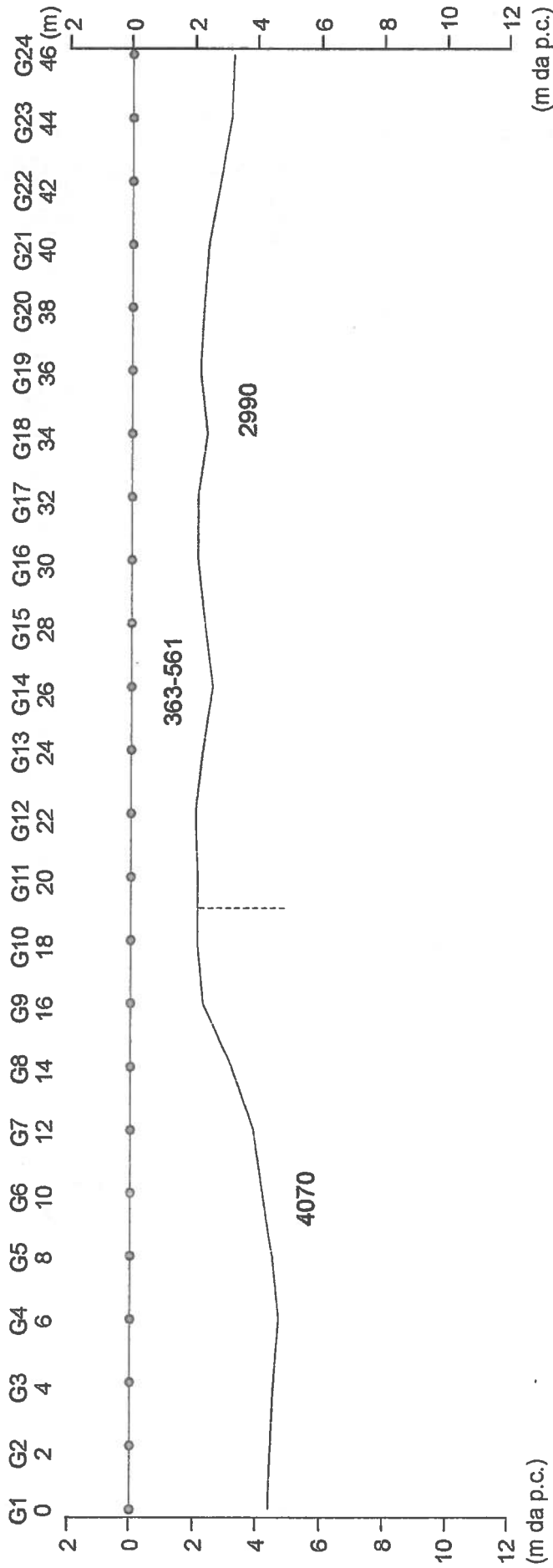


Profilo Ps2

Geofono n°	Distanza m	Quota m da p.c.	V1 m/sec	Z1 m	V2 m/sec
1	0	0.0	521	4.4	4070
2	2	0.0	521	4.5	4070
3	4	0.0	521	4.6	4070
4	6	0.0	521	4.7	4070
5	8	0.0	521	4.5	4070
6	10	0.0	521	4.2	4070
7	12	0.0	521	3.9	4070
8	14	0.0	442	3.2	4070
9	16	0.0	363	2.3	4070
10	18	0.0	363	2.1	4070
11	20	0.0	363	2.1	2990
12	22	0.0	363	2.1	2990
13	24	0.0	403	2.3	2990
14	26	0.0	403	2.6	2990
15	28	0.0	403	2.3	2990
16	30	0.0	403	2.1	2990
17	32	0.0	435	2.1	2990
18	34	0.0	466	2.4	2990
19	36	0.0	498	2.2	2990
20	38	0.0	529	2.3	2990
21	40	0.0	561	2.4	2990
22	42	0.0	561	2.8	2990
23	44	0.0	561	3.1	2990
24	46	0.0	561	3.2	2990

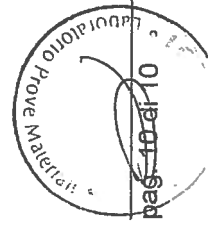
V = Velocità dell'orizzonte sismico  
Z = Spessore dell'orizzonte sismico

### Profilo di sismica a Rifrazione Ps2



Scala orizzontale 1:200

Scala verticale 1:200





L'elaborazione è stata eseguita tramite il software MASW (Vitantonio Roma). Le acquisizioni sono state eseguite secondo le seguenti configurazioni spaziali e temporali

PARAMETRI CONFIGURAZIONALI DELLO STENDIMENTO MASW		
CARATTERISTICHE SPAZIALI DELLO STENDIMENTO		
DISLIVELLO ATIMETRICO TRA GLI ESTREMI	0	
LUNGHEZZA STENDIMENTO	36 m	
OFFSET INTERGEOFONICO	1.5 m	
OFFSET PUNTI ENERGIZZAZIONE	3 m	
IMPOSTAZIONI DI CAMPIONAMENTO		
	MASW	REMI
DURATA CAMPIONAMENTO	0.5 sec	60 sec
FREQUENZA	1000 Hz	500 Hz
PERIODO	200usec	2msec

Durante il processo di elaborazione, al fine di minimizzare le possibili soluzioni e cercare la più sensata coerenza tra lo spettro di velocità sperimentale e le curve di dispersione teoriche che possono generare tale spettro, ci si è avvalsi sia dei dati derivanti informazioni litostratigrafiche fornite dalla committenza, che dei dati acquisiti con i sondaggi in sismica passiva.

#### ANALISI DEI RISULTATI

Nel complesso la prospezione geofisica eseguita, per mezzo delle analisi della prova 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. Nella tabella seguente si riporta il profilo verticale delle Onde S ricavato mediante elaborazione dei dati di campagna:

PROFONDITA' DELLA BASE DELLO STRATO [m]	SPESSORE DELLO STRATO [m]	Vs [m/sec]
2	2	201
5	3	230
12	7	350
16	4	440
21	5	500
26	5	590
32	6	630

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

I profili MASW indicano una Vs30 pari a 390 m/s.

Pistoia, 05/11/13

**GEOLOGIA & AMBIENTE snc**  
di Naselli Gino & C.  
Via Panciatichi 11 - 51100 PISTOIA  
Tel. e Fax 0573-366497  
P.IVA 01427880479  
e-mail: geologiaeambiente@tiscalinet.it

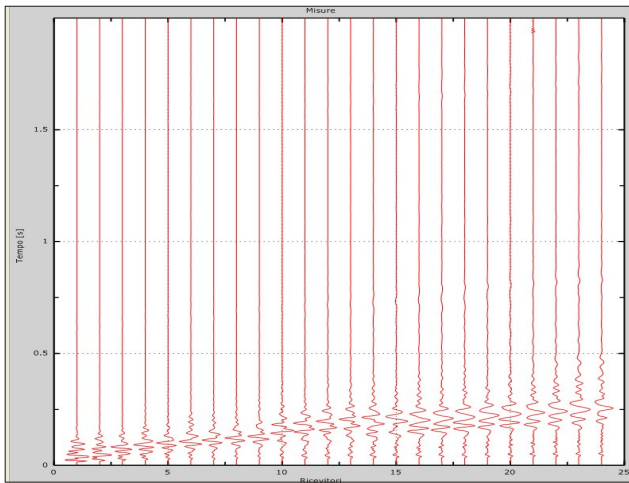


Figura 1: Tracce sperimentali tecnica attiva MASW

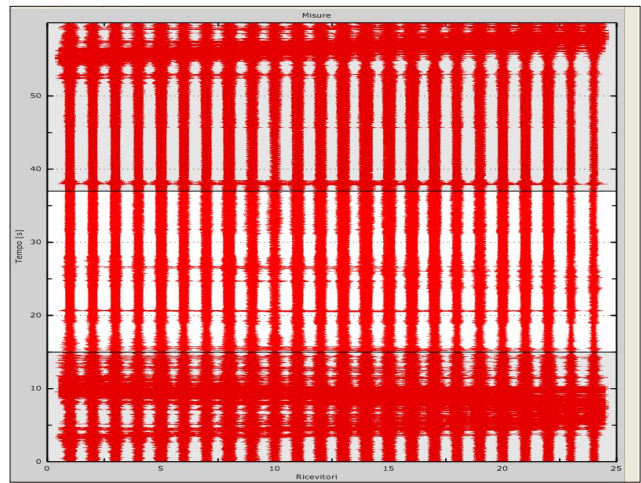


Figura 2: Tracce sperimentali tecnica passiva REMI

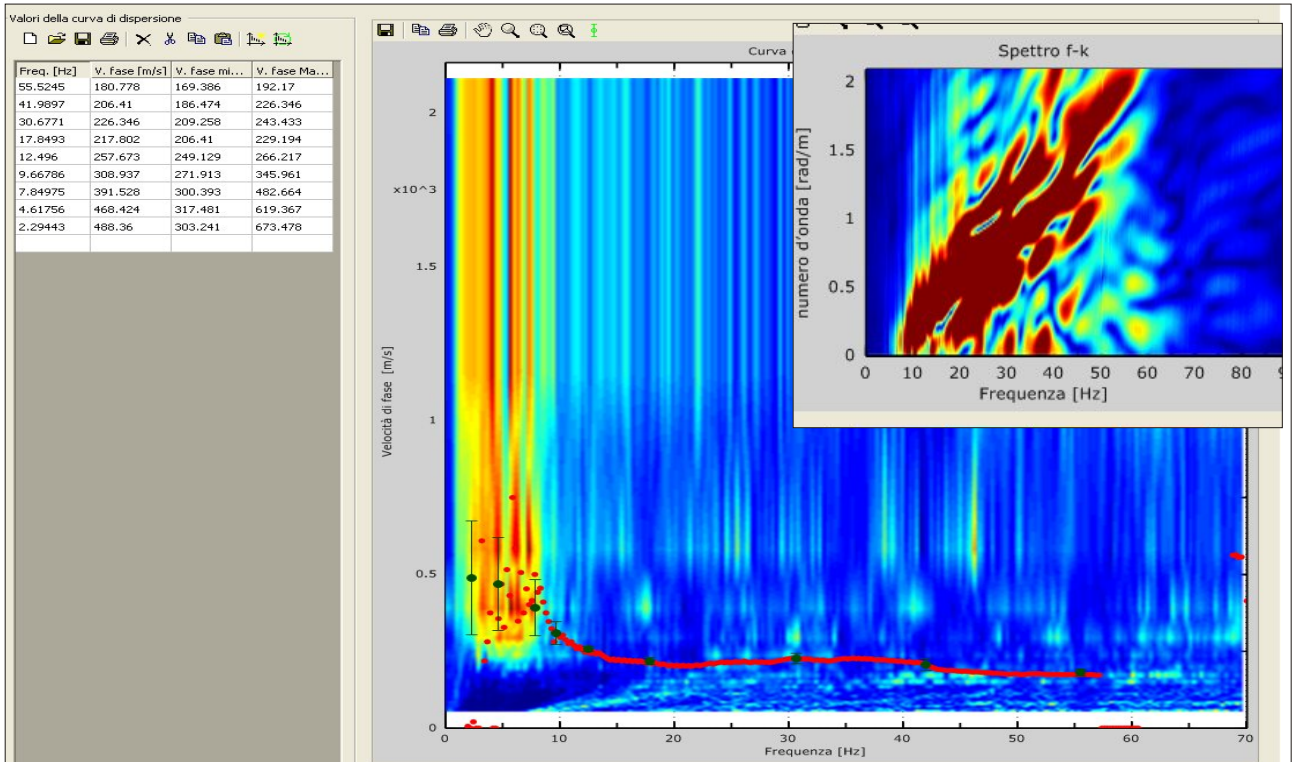


Figura 3: Curva di dispersione e spettro f-k

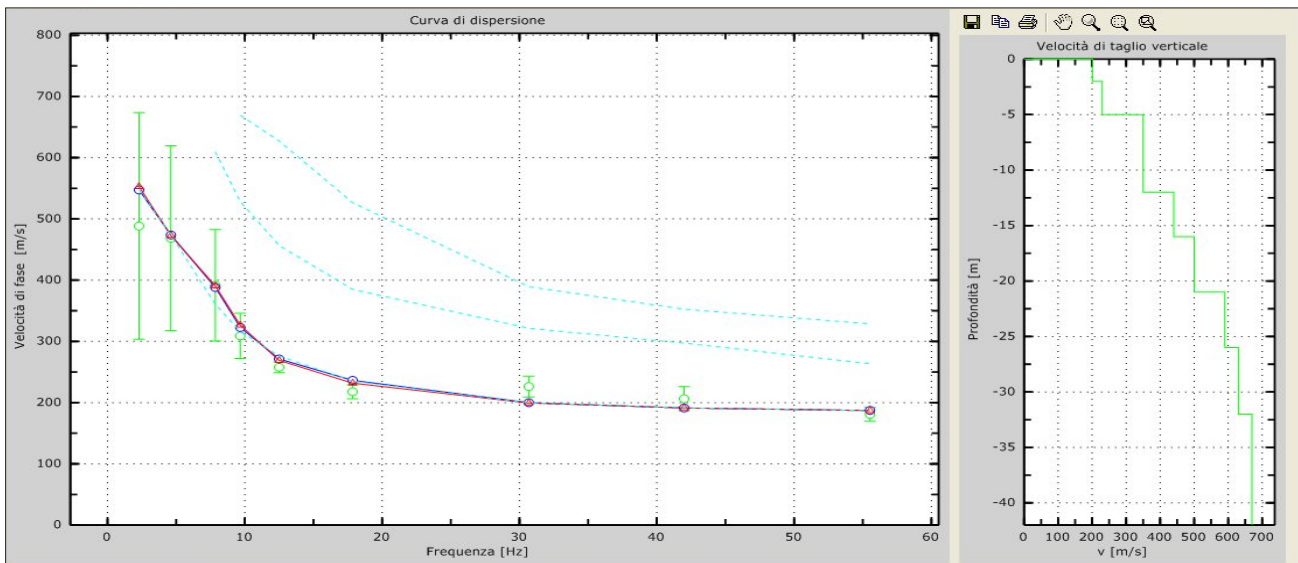


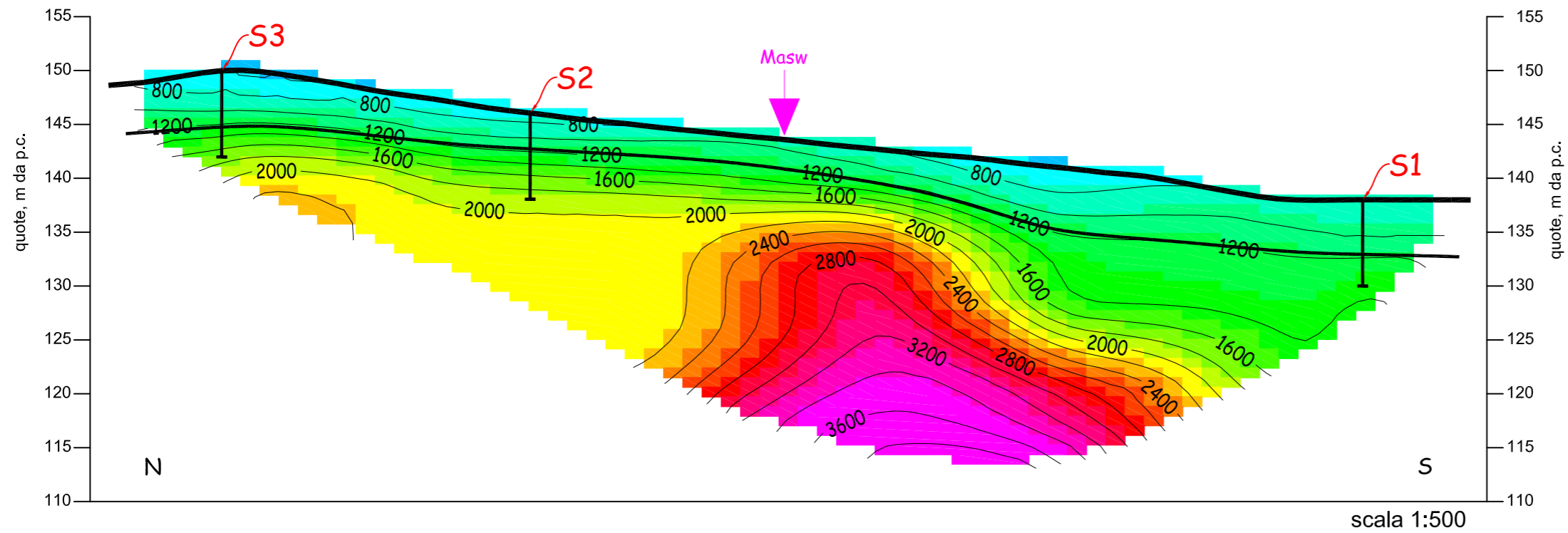
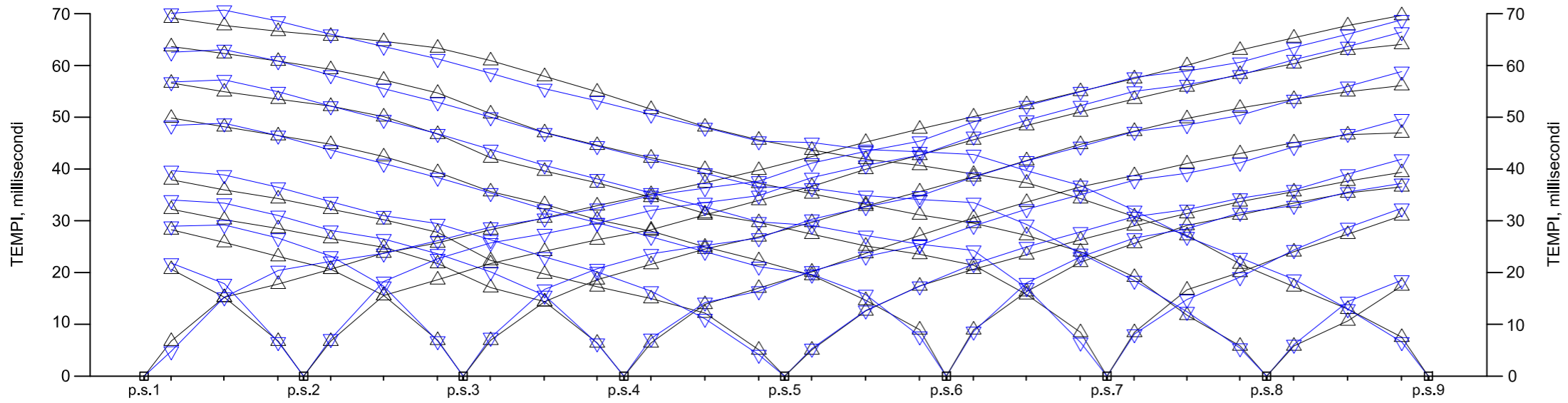
Figura 5: Velocità numeriche punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(ble), curva numerica (rosso)

Figura 6: Profilo Vs numerico

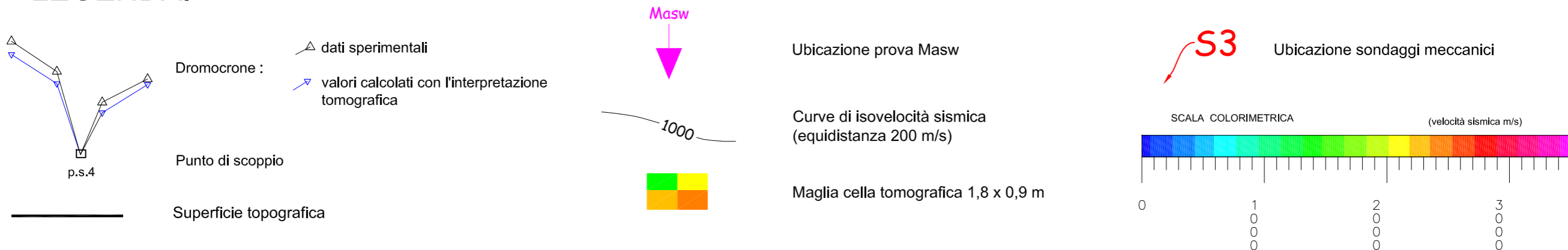


# Profilo sismico a rifrazione

Numero Archivio  
57\_SR



## LEGENDA:

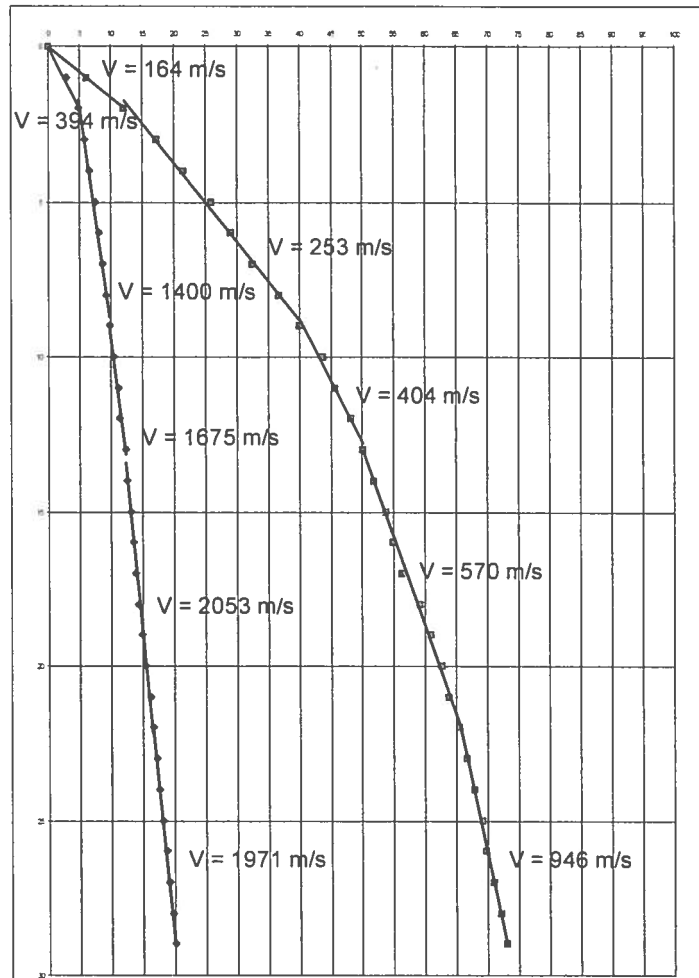




prof, m pc	onde P tempo, ms	onde P tempo corretto, ms	onde S <sub>H</sub> tempo, ms	onde S <sub>H</sub> tempo corretto, ms
0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	9.0	2.8	19.5	6.2
2	8.8	4.9	21.8	12.1
3	8.3	5.9	24.6	17.4
4	8.1	6.5	26.9	21.5
5	8.8	7.5	30.3	26.0
6	9.0	8.0	32.6	29.2
7	9.5	8.7	35.4	32.5
8	9.9	9.3	39.4	36.9
9	10.4	9.9	42.3	40.1
10	10.8	10.3	45.7	43.8
11	11.5	11.1	47.4	45.7
12	11.7	11.4	49.7	48.2
13	12.6	12.3	51.4	50.1
14	12.9	12.6	53.1	51.9
15	13.3	13.0	54.8	53.7
16	13.8	13.6	55.9	54.9
17	14.0	13.8	57.1	56.2
18	14.5	14.3	59.9	59.1
19	15.1	14.9	61.6	60.8
20	15.6	15.4	63.3	62.6
21	16.3	16.1	64.5	63.9
22	16.7	16.5	66.2	65.6
23	17.2	17.1	67.3	66.7
24	17.7	17.6	68.4	67.9
25	18.3	18.2	69.6	69.1
26	18.8	18.7	70.2	69.7
27	19.2	19.1	71.3	70.9
28	19.7	19.6	72.4	72.0
29	20.2	20.1	73.5	73.1

Nonostante le difficoltà di registrazione dei dati sperimentali connesso con il rumore di fondo presente nell'area, i valori dei tempi di transito, sia delle onde P che delle S<sub>H</sub>, risultano buoni in quanto sono sostanzialmente ben allineati su delle rette, con scarsa o assente dispersione dei punti

### Dromocrone sismiche in onde P ed S<sub>H</sub>



In riferimento all'elaborazione tomografica delle misure geofisiche l'interpretazione effettuata, riportata nella allegata Tavola 2, mostra la buona correlazione esistente tra i valori delle velocità intervallari ricavate dai tempi dei primi arrivi corretti rispetto alla verticale e quelli derivati dall'elaborazione tomografica stessa.

Sulla base delle velocità sismiche ( $V_P$  e  $V_{SH}$ ) è stato possibile calcolare i *moduli elastici dinamici* dei terreni attraversati secondo lo schema riportato nella stratigrafia del sondaggio S3. I valori di densità attribuiti a ciascuno strato

sono stati desunti da dati reperibili in bibliografia. I risultati sono riportati nella tabella sottostante:

Litotipo	Profondità m	densità ( $\text{kN/m}^3$ )	$V_P$ m/s	$V_{SH}$ m/s	coeff. Poisson	modulo taglio dinamico ( $\text{kN/m}^2$ )	modulo Young ( $\text{kN/m}^2$ )	modulo bulk ( $\text{kN/m}^2$ )
Limo argilloso	0m-2m	19.0	394	164	0.40	5.21E+04	1.45E+05	2.31E+05
Limo con argilla	2m-9m	19.0	1400	253	0.48	1.24E+05	3.68E+05	3.63E+06
Argilla con limo	9m-13m	20.5	1675	404	0.47	3.41E+05	1.00E+06	5.41E+06
Argilliti	13m-22m	20.5	2053	570	0.46	6.79E+05	1.98E+06	7.90E+06
Argilliti, marne e calcari marnosi	22m-29m	20.5	1971	946	0.35	1.87E+06	5.05E+06	5.62E+06

Sulla base delle velocità ricavate dalle dromocrone delle onde di taglio ( $V_{SH}$ ), sono inoltre forniti il profilo di velocità delle onde di taglio ed il valore  $V_{S30}$ , quest'ultimo utile per la classificazione dei suoli di fondazione nelle categorie previste dalla normativa antisismica.

### Profilo di velocità onde SH Carotaggio sismico S3

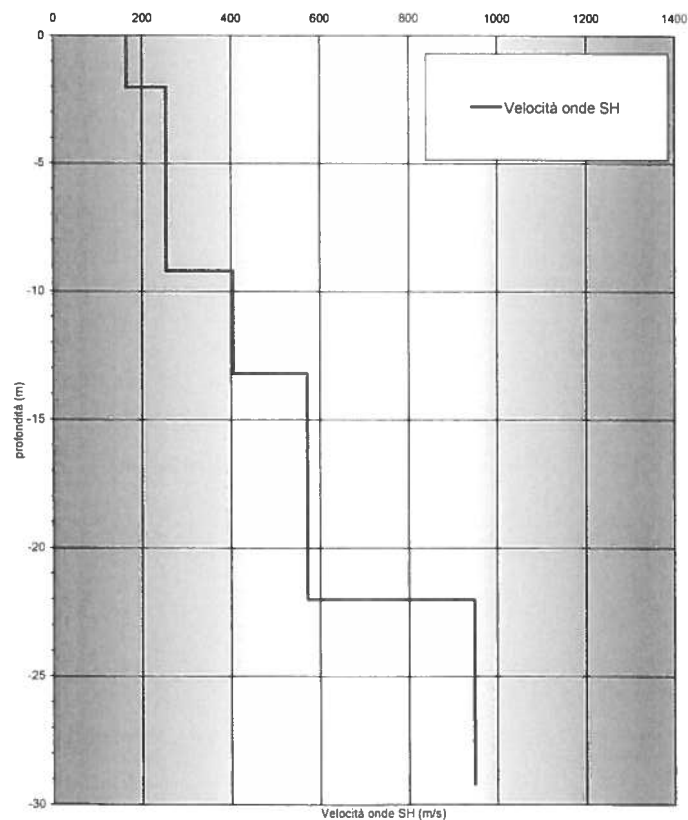




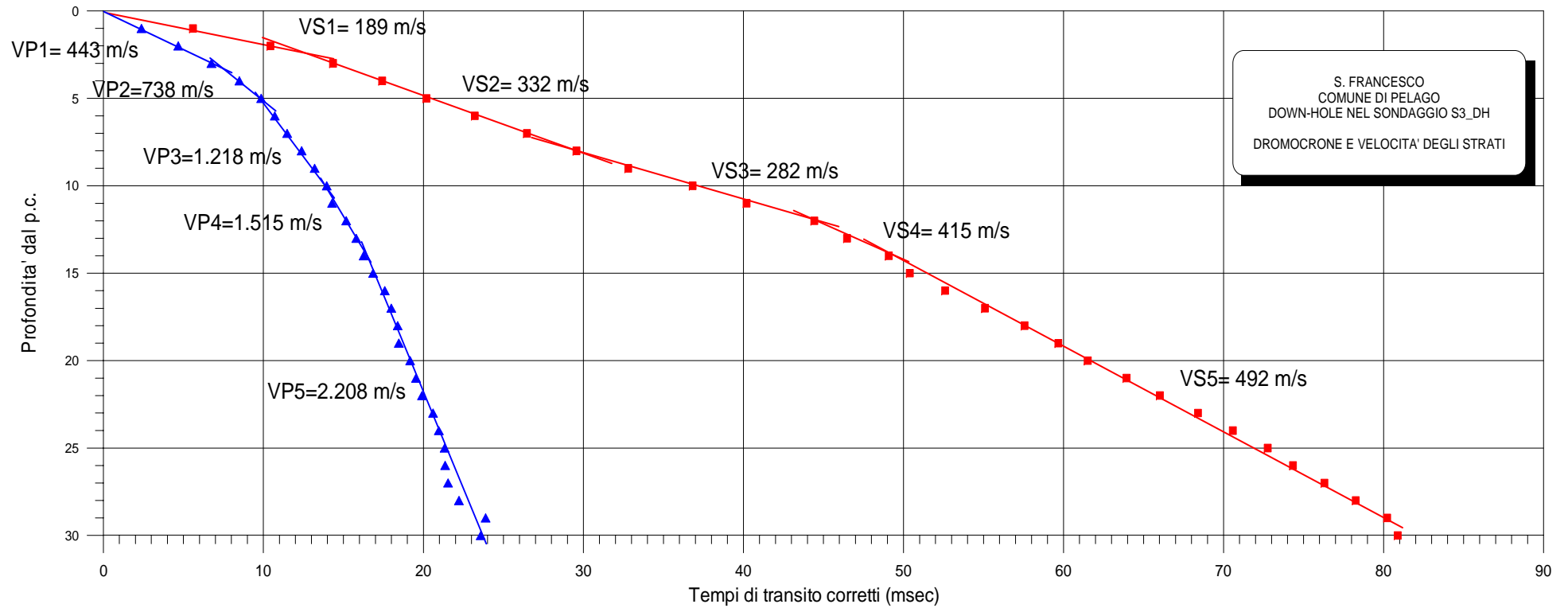
TABELLE DEI TEMPI DI ARRIVO MISURATI E CORRETTI  
DELLE ONDE P E DELLE ONDE SH;

PB	DbatM	FC	TVPM	TVPC	TVSM	TVSC
1	5	0.20	12.12	2.38	28.55	5.60
2	5	0.37	12.61	4.68	28.10	10.44
3	5	0.51	13.11	6.75	27.88	14.35
4	5	0.62	13.61	8.50	27.88	17.42
5	5	0.71	13.94	9.86	28.55	20.19
6	5	0.77	13.94	10.71	30.21	23.21
7	5	0.81	14.11	11.48	32.53	26.47
8	5	0.85	14.61	12.39	34.85	29.56
9	5	0.87	15.10	13.20	37.51	32.79
10	5	0.89	15.60	13.95	41.16	36.82
11	5	0.91	15.70	14.29	44.15	40.19
12	5	0.92	16.43	15.17	48.13	44.43
13	5	0.93	16.93	15.80	49.79	46.47
14	5	0.94	17.26	16.26	52.12	49.08
15	5	0.95	17.76	16.85	53.11	50.39
16	5	0.95	18.42	17.58	55.10	52.60
17	5	0.96	18.76	17.99	57.43	55.09
18	5	0.96	19.09	18.39	59.75	57.57
19	5	0.97	19.09	18.46	61.70	59.67
20	5	0.97	19.75	19.16	63.40	61.51
21	5	0.97	20.08	19.54	65.73	63.94
22	5	0.98	20.41	19.91	67.70	66.02
23	5	0.98	21.08	20.60	70.00	68.40
24	5	0.98	21.41	20.96	72.10	70.58
25	5	0.98	21.74	21.32	74.20	72.76
26	5	0.98	21.74	21.35	75.70	74.34
27	5	0.98	21.91	21.54	77.60	76.30
28	5	0.98	22.57	22.22	79.50	78.26
29	5	0.99	24.23	23.88	81.40	80.22
30	5	0.99	23.90	23.58	81.99	80.88

PB	Profondità da boccapozzo (m)
DbatM	Distanza tra punto di battuta e boccapozzo (m)
FC	Fattore di Correzione tra distanza obliqua e verticale
TVPM	Tempo di transito misurato delle onde P
TVPC	Tempo di transito corretto delle onde P
TVSM	Tempo di transito misurato delle onde SH
TVSC	Tempo di transito corretto delle onde SH

B2 - RISULTATI OTTENUTI

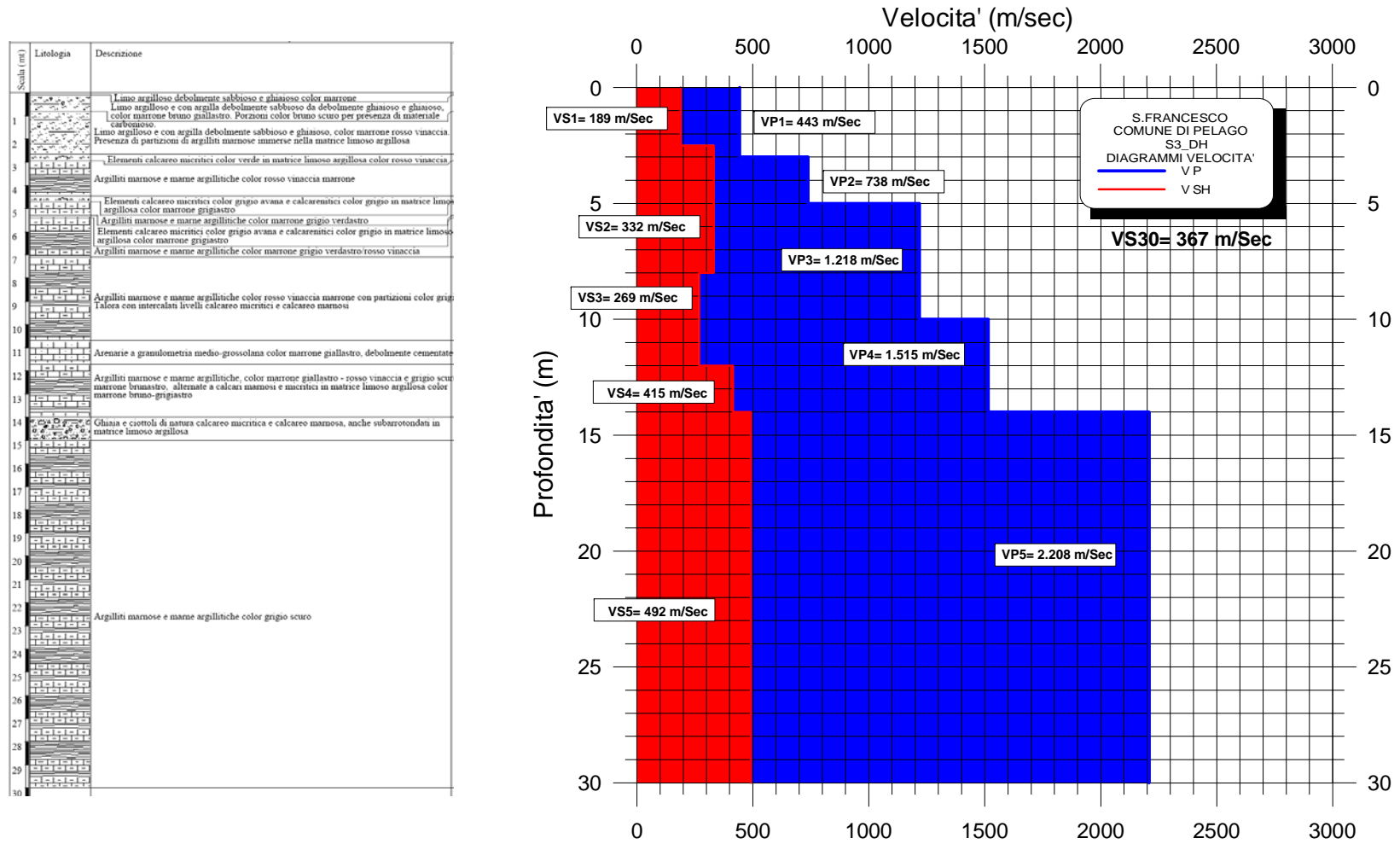
DROMOCRONE E CALCOLO DELLE VELOCITA' DI STRATO



S. FRANCESCO  
 COMUNE DI PELAGO  
 DOWN-HOLE NEL SONDAGGIO S3\_DH  
 DROMOCRONE E VELOCITA' DEGLI STRATI



## DIAGRAMMA DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE P ED SH E VALORE DI VS30





#### 4 CONCLUSIONI

Nel presente rapporto sono state illustrate le elaborazioni dei dati ottenuti dalle indagini mediante la prospezione Sismica a Rifrazione con elaborazione Tomografica ed elaborazione GRM e mediante misure sismiche in foro con la tecnica Down-Hole.

La modellazione sismica del sottosuolo ottenuta dall'elaborazione tomografica è sintetizzabile in termini litologici e geomeccanici in tre principali sismostrati:

- PRIMO SISMOSTRATO - I terreni attribuibili a questo sismostrato sono riconducibili al suolo e alle coperture allentate, caratterizzati da velocità sismiche inferiori a 800 m/sec circa. Lo spessore di tale strato varia tra circa 0.8 e 2 metri.
- SISMOSTRATO INTERMEDIO - Questo sismostrato è attribuibile alla formazione presente in situ, in condizioni di parziale allentamento o comunque con caratteristiche di medio-basso addensamento. In profondità le velocità sismiche tendono ad aumentare in modo regolare lasciando ipotizzare una progressiva diminuzione dell'allentamento. Per quanto riguarda il valore degli spessori, vanno da un minimo di circa 6,5 fino ad un massimo di circa 12 metri.
- SUBSTRATO SISMICO – E' stato considerato substrato sismico il terreno caratterizzato da velocità delle onde di pressione superiore a 1800-2000 m/sec e costituito dalle litologie appartenenti alla Formazione di Sillano alla quale può essere associato un elevato grado di compattezza.

Le tomografie ricavate dagli stendimento sismici eseguiti, risultano concordanti nell'andamento dei tre sismostrati ipotizzati e non hanno evidenziato la presenza di particolari anomalie sismiche profonde.

Anche dall'elaborazione GRM è stata ottenuta una modellazione sismica sostanzialmente analoga a quella evidenziata dalle tomografie sismiche. I risultati ottenuti hanno evidenziato la presenza del bedrock (substrato sismico) lungo entrambi i profili indagati, ad una profondità variabile tra circa 7 e 12 metri. Per





quanto riguarda tale elaborazione la successione degli intervalli delle velocità sismiche per i tre strati è la seguente:

STRATO	PR1		PR2	
	Vp (m/sec) da-a	Vsh (m/sec) da-a	Vp (m/sec) da-a	Vsh (m/sec) da-a
SUPERFICIALE	421-638	117-182	400-668	145-169
INTERMEDIO	1012-1299	266-308	1033-1228	273-338
SUBSTRATO SISMICO	2081-2704	523-572	2013-2056	475-519

Con tali dati è stato effettuato il calcolo del parametro VS30 per entrambi i profili, in corrispondenza di tre punti sulla verticale dei geofoni 6, 12, 18 sia per quanto riguarda il PR-1 che per il PR-2. I risultati del calcolo dei valori medi delle Vs30 lungo ogni profilo vengono di seguito riassunti:

<b>PR_1 : Vs30_377 m/sec</b>	<b>PR_2 : Vs30_386 m/sec</b>
------------------------------	------------------------------

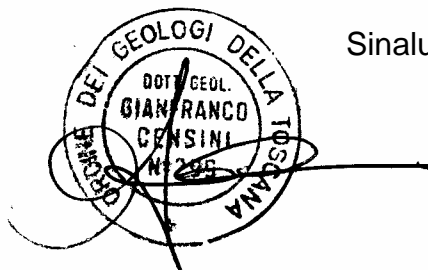
Alla luce dei valori ottenuti, i terreni di fondazione per gli interventi edilizi previsti risultano essere associabili al limite inferiore della **Categoria B**.

Per quanto riguarda la misura sismica in foro Down-Hole, i risultati ottenuti hanno portato alla restituzione dei diagrammi delle velocità sismiche delle onde P ed SH nel sito in questione, in totale accordo con l'elaborazione tomografica. In aggiunta, anche per questa indagine è stato calcolato il valore del VS30 in base ai valori delle velocità rilevate nei vari strati il cui valore ottenuto è il seguente:

<b>“Località San Francesco (Pelago)”</b>	<b>DHS3</b>	<b>VS30 = 367 m/sec</b>
--	-------------	-------------------------

Tale valore ottenuto permette di confermare i terreni di fondazione in questione al limite inferiore della **Categoria B** in totale accordo con l'indagine tomografica eseguita.

Dr Geol. Gianfranco Censini



Sinalunga – Marzo 2008



BORSELLI - CONSUMA



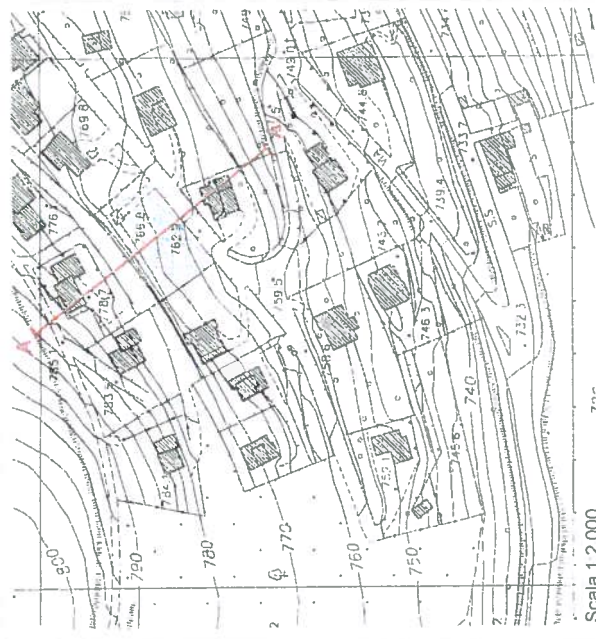
# CARTA DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Scala 1:1.000

## Legenda

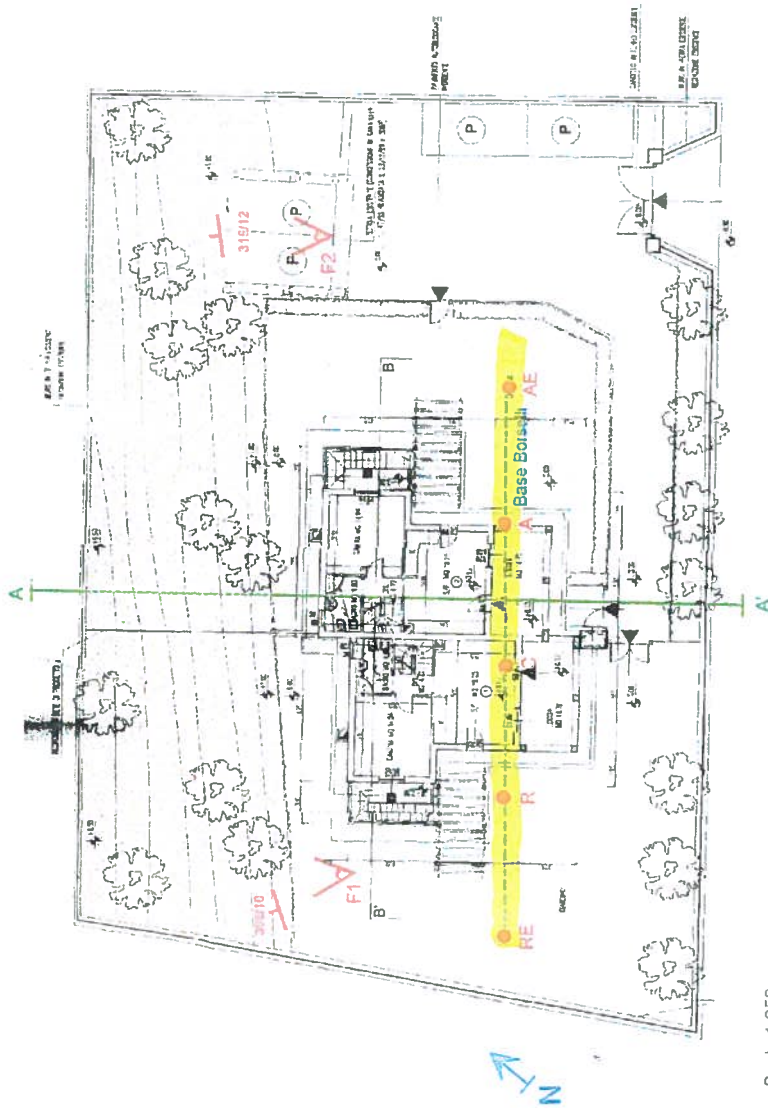
- Edificio bifamiliare in progetto
  - Area con substrato litoidi affiorante e subaffiorante
  - Area d'interesse riportata nella cartografia di dettaglio a fianco in scala 1:250
  - Traccia utilizzata per le verifiche di stabilità del versante
- Base Borselli**
- punti di scoppio
  - Base Sismica a rifrazione
- nomenclatura punti di scoppio**
- AE Andata esterna
  - A Andata
  - C Centrale
  - R Ritorno
  - RE Ritorno esterno
- Misure di strato**
- 302/10
  - F1
  - F2
- Punti di ripresa fotografici**
- F1
  - F2
- Traccia sezione litotecnica**
- A-A'

## Inquadramento generale



Scala 1:2.000

## Cartografia di dettaglio



Scala 1:250

# SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA "BORSELLI"

## Legenda

- A Rifratore A Velocità onde p 0.35-0.58 Km/sec: suolo e/o detrito fine
- B Rifratore B Velocità onde p 0.64-0.82 Km/sec: detrito medio e grossolano
- C Rifratore C Velocità onde p 2.86-3.45 Km/sec: substrato litoide compatto

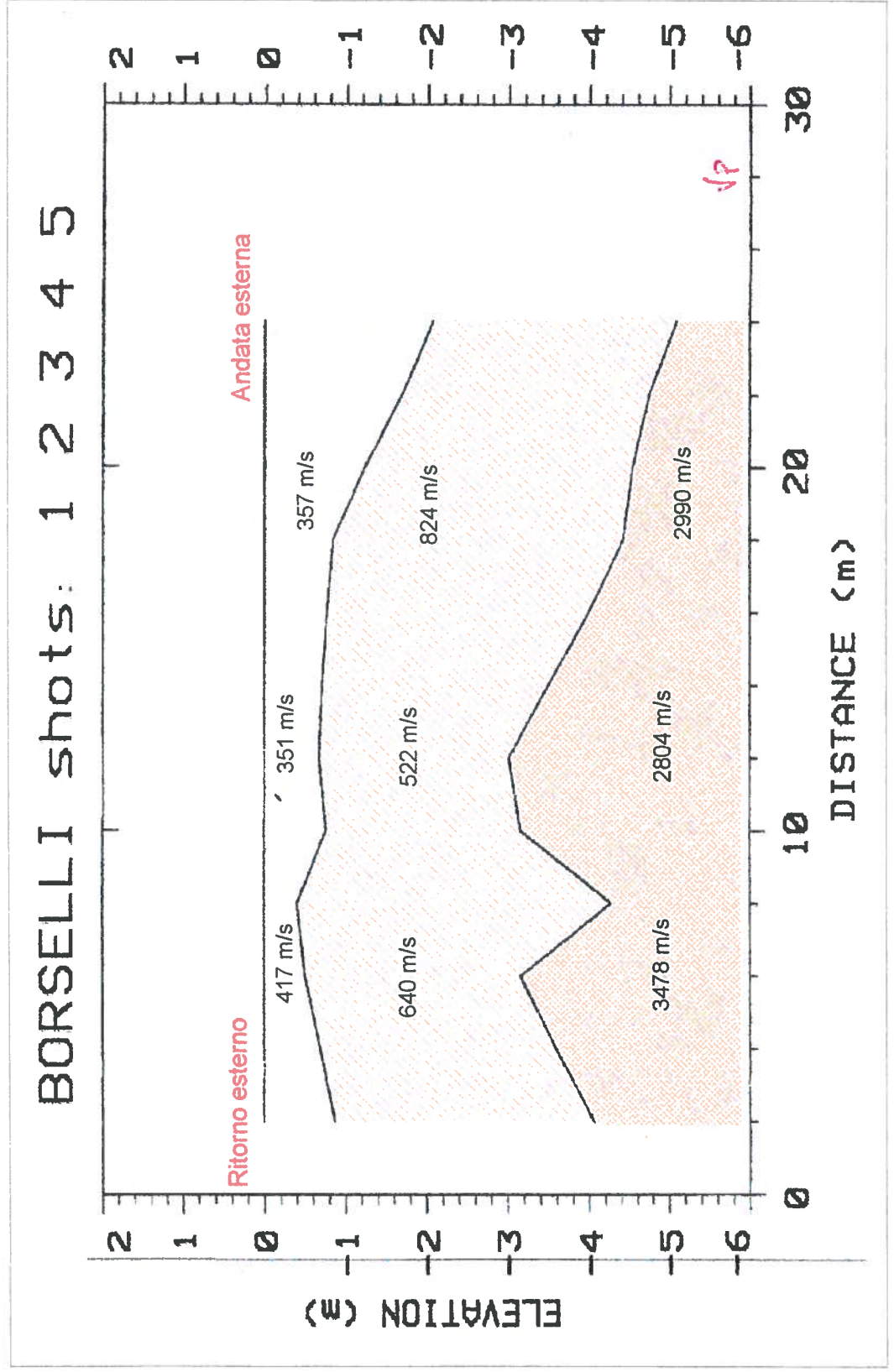


Fig. 6

## Relazione Tecnica

### 1 - Premessa

In data 09/12/2010 su incarico della Tecna s.n.c e per conto del Dott. Geol. Francalanci dello Studio Geoco Progetti, è stata eseguita un'indagine geofisica di sismica a rifrazione. L'indagine è stata svolta in loc. Borselli nel Comune di Pelago (FI). Nella fig. 1 è riportata l'ubicazione della linea.



**Fig. 1: ubicazione della linea in foto aerea.**

L'obiettivo è stato determinare l'andamento delle velocità delle onde sismiche, desumendo il grado di consistenza dei terreni costituenti il sito in esame e possibilmente individuare eventuali superfici di separazione tra "materiale" con diverse caratteristiche fisico-meccaniche.

#### 4 - Interpretazione dei profili sismici

I tempi di arrivo delle onde letti in corrispondenza di ciascun geofono hanno permesso di ricostruire i diagrammi spazio-tempo, detti dromocrone. L'interpretazione delle dromocrone fatta attraverso il software Rayfract, ha permesso di definire un modello della stratigrafia del terreno basato sulle variazioni della velocità delle onde di volume e di taglio.

#### Risultati

L'indagine geofisica di sismica a rifrazione ha permesso di caratterizzare dinamicamente le unità litologiche presenti nella zona fino alla profondità di circa 30 metri dal p.c. Dall'elaborazione dei dati acquisiti è stato ottenuto un elaborato tomografico dell'andamento delle velocità delle onde di taglio  $v_s$ , oltre alla relativa sezione sismostratigrafica che schematizza gli spessori individuati.

#### LINEA ST01

Nel profilo ST01 in base alla distribuzione delle velocità delle onde sismiche SH, sono stati schematizzati due sismostrati:

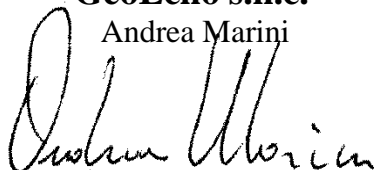
- un primo livello, con spessore medio di circa 2,50 m. e velocità di 298 m/s che rappresenta l'alterazione superficiale;
- un secondo livello con velocità media delle onde SH di 1525 m/s rappresentante il substrato roccioso.

La  $V_{s30}$  calcolata è risultata pari a 1160 m/s che classifica il terreno di fondazione in **CATEGORIA A** (Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m).

Il Tecnico:

**GeoEcho s.n.c.**

Andrea Marini





## LINEA 1

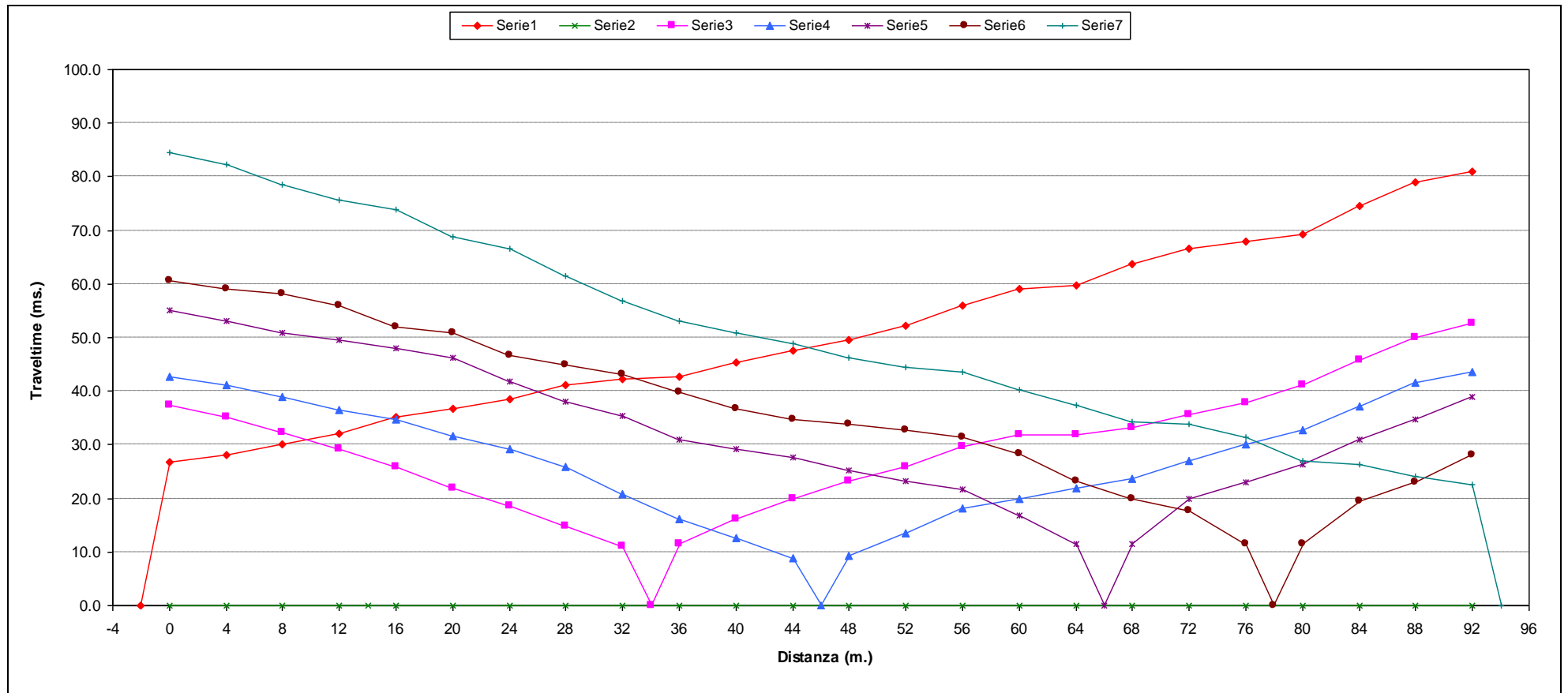
### INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE SH SCHEMA DETTAGLIATO DELLA LINEA DI ACQUISIZIONE

<b>GEOFONI N.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
<b>DISTANZA PROGRESSIVA (m)</b>	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92
<b>DISTANZA PARZIALE (m)</b>	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
<b>QUOTA (metri s.l.m.)</b>	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730

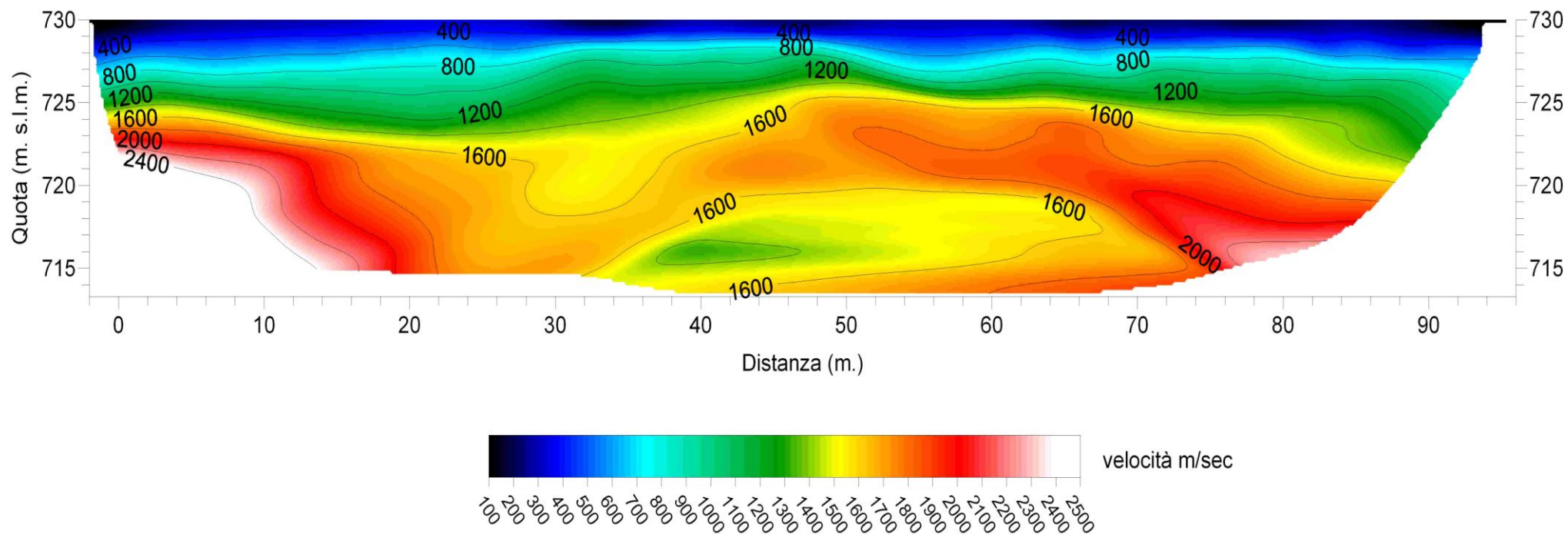
### PUNTI DI ENERGIZZAZIONE ONDE SH

	<b>SCOPPIO 1</b>	<b>SCOPPIO 2</b>	<b>SCOPPIO 3</b>	<b>SCOPPIO 4</b>	<b>SCOPPIO 5</b>	<b>SCOPPIO 6</b>
<b>POSIZ. DAL GEOF. N 1 (m)</b>	-2.0	34.0	46.0	66.0	78.0	94.0
<b>QUOTA (metri s.l.m.)</b>	730	730	730	730	730	730

### ST01 - DROMOCRONE - ONDE SH



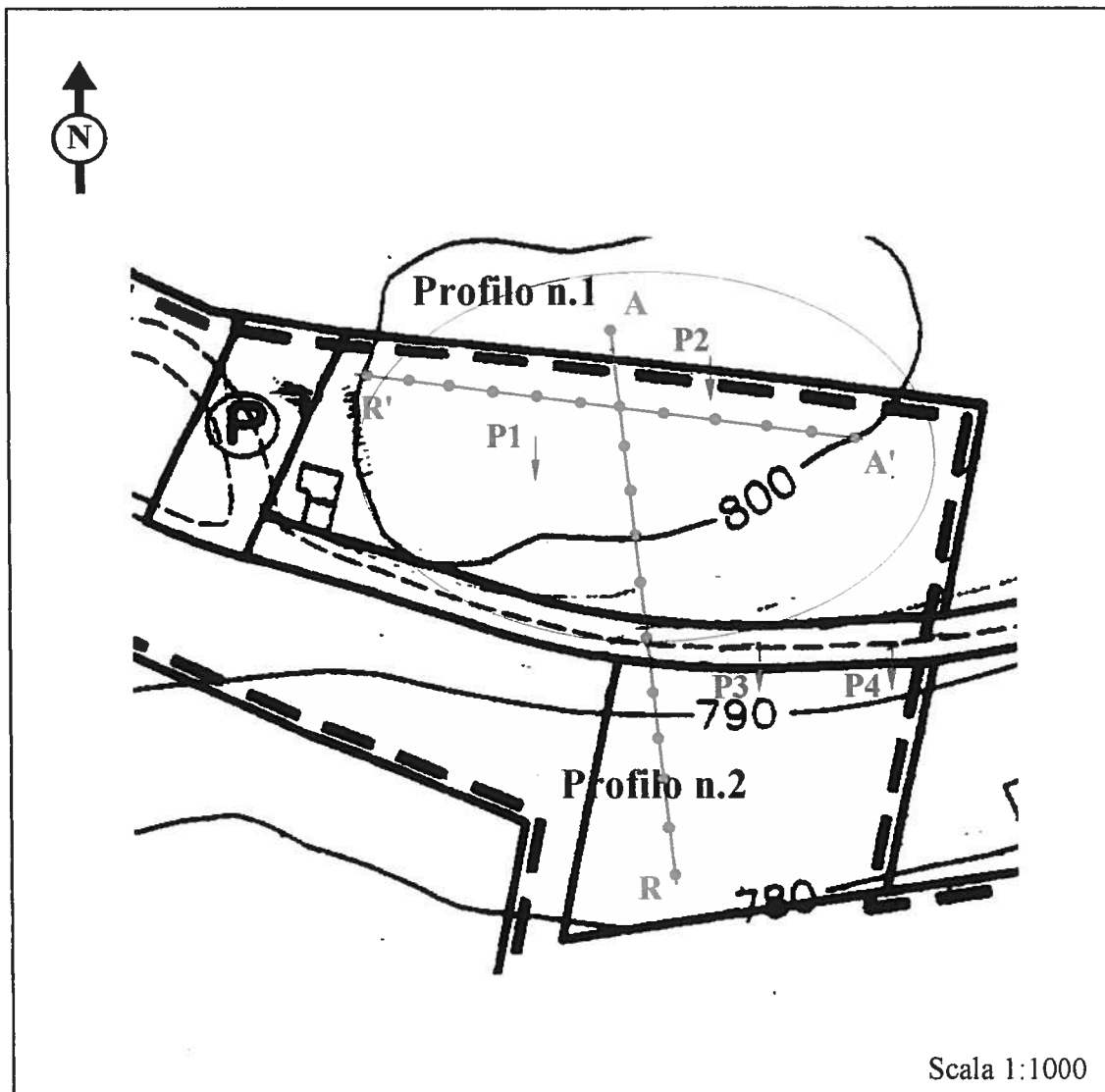
### ST01 - Tomografia sismica onde SH








<b>Tabella velocità e spessori - Onde SH - Linea ST01</b>						
<b>Distanza dal geof.1</b>	<b>Quota</b>	<b>V1 m/sec</b>	<b>Profondità 1 m.</b>	<b>V2 m/sec</b>	<b>Profondità 2 m.</b>	<b>V3 m/sec</b>
0	730.0	275	2.8	1725		
2	730.0	278	2.8	1719		
4	730.0	282	2.8	1708		
6	730.0	286	2.7	1696		
8	730.0	290	2.7	1686		
10	730.0	293	2.7	1674		
12	730.0	295	2.6	1660		
14	730.0	293	2.6	1644		
16	730.0	291	2.6	1628		
18	730.0	294	2.5	1612		
20	730.0	297	2.5	1594		
22	730.0	299	2.4	1576		
24	730.0	301	2.4	1560		
26	730.0	301	2.3	1540		
28	730.0	301	2.3	1519		
30	730.0	301	2.2	1497		
32	730.0	301	2.2	1474		
34	730.0	301	2.1	1455		
36	730.0	301	2.1	1437		
38	730.0	301	2.1	1422		
40	730.0	301	2.0	1409		
42	730.0	301	2.0	1399		
44	730.0	301	2.0	1393		
46	730.0	301	2.0	1392		
48	730.0	301	1.9	1393		
50	730.0	301	1.9	1394		
52	730.0	301	1.9	1398		
54	730.0	301	1.9	1404		
56	730.0	301	2.0	1409		
58	730.0	301	2.0	1415		
60	730.0	301	2.0	1422		
62	730.0	301	2.0	1432		
64	730.0	301	2.1	1443		
66	730.0	301	2.1	1455		
68	730.0	301	2.1	1467		
70	730.0	301	2.2	1482		
72	730.0	301	2.2	1499		
74	730.0	301	2.3	1515		
76	730.0	301	2.3	1530		
78	730.0	301	2.3	1543		
80	730.0	301	2.4	1556		
82	730.0	301	2.4	1567		
84	730.0	301	2.4	1577		
86	730.0	301	2.5	1585		
88	730.0	301	2.5	1593		
90	730.0	301	2.5	1598		
92	730.0	301	2.5	1602		

Tav.7 - Ubicazione delle prove

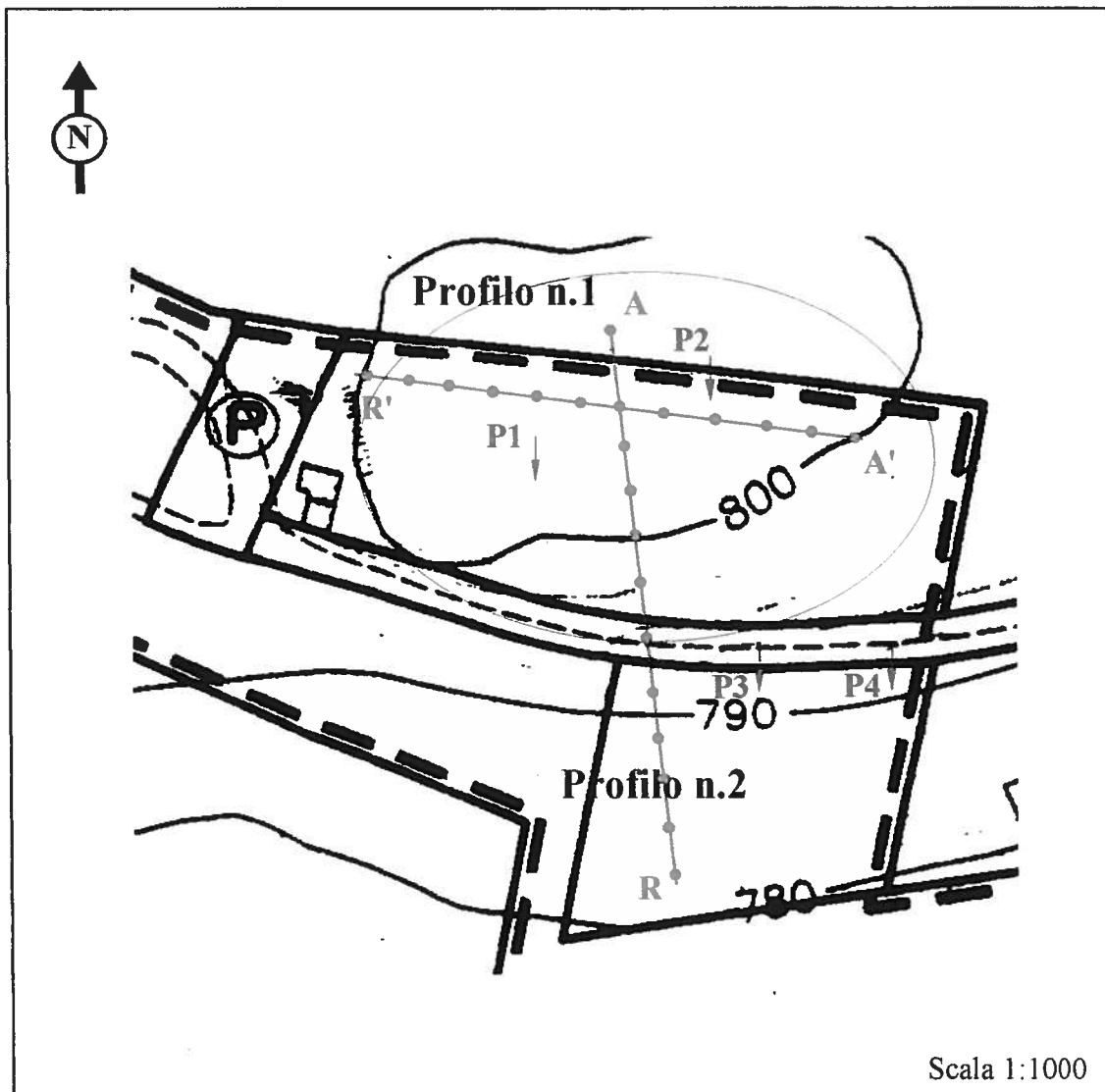


Legenda




-  Ubicazione prove penetrometriche dinamiche
-  Profilo sismico
-  Area di progetto



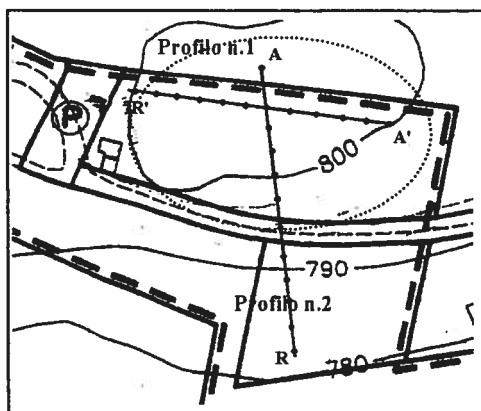
Tav.7 - Ubicazione delle prove



Legenda

-  Ubicazione prove penetrometriche dinamiche
-  Profilo sismico
-  Area di progetto



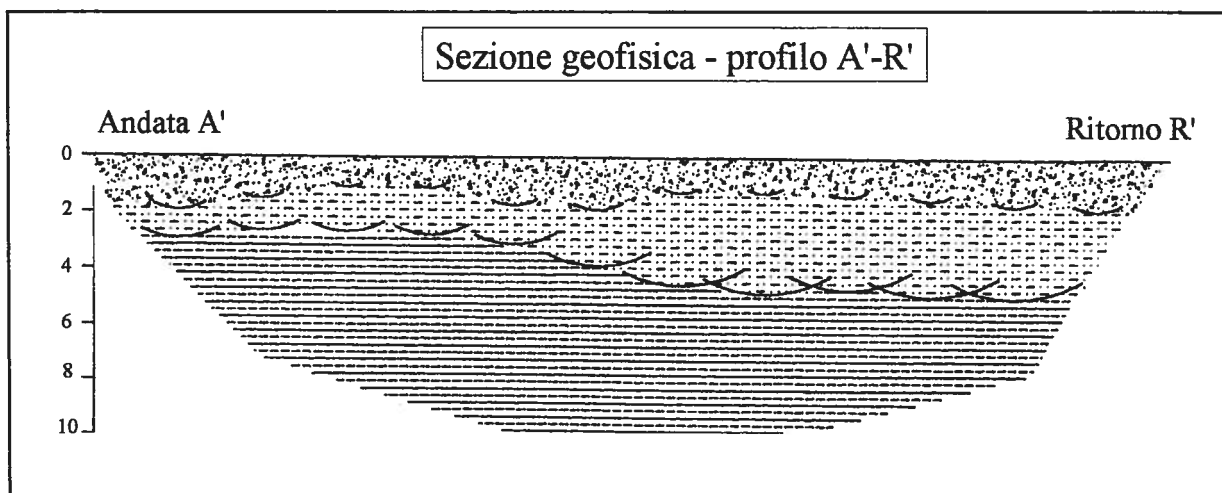


Loc. Poggio Boscone I - Borselli  
Comune di Pelago (FI)

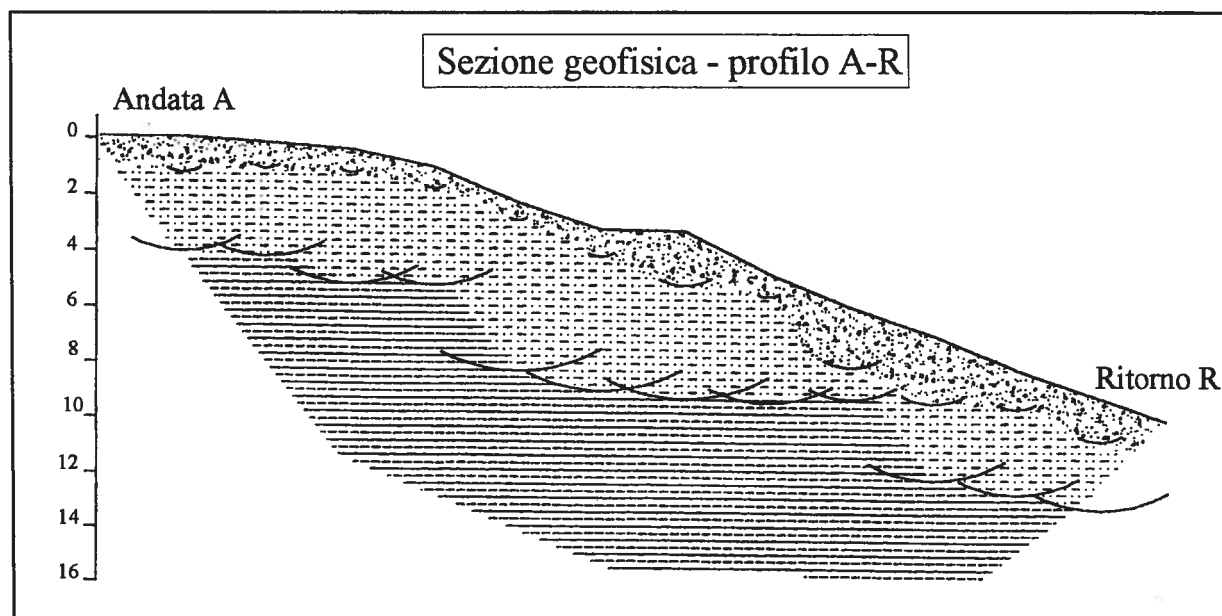
R A Profilo sismico

○ Area di progetto

Sezione geofisica - profilo A'-R'



Sezione geofisica - profilo A-R



Legenda



I Orizzonte  
 $V_p = 340-460$  m/sec.



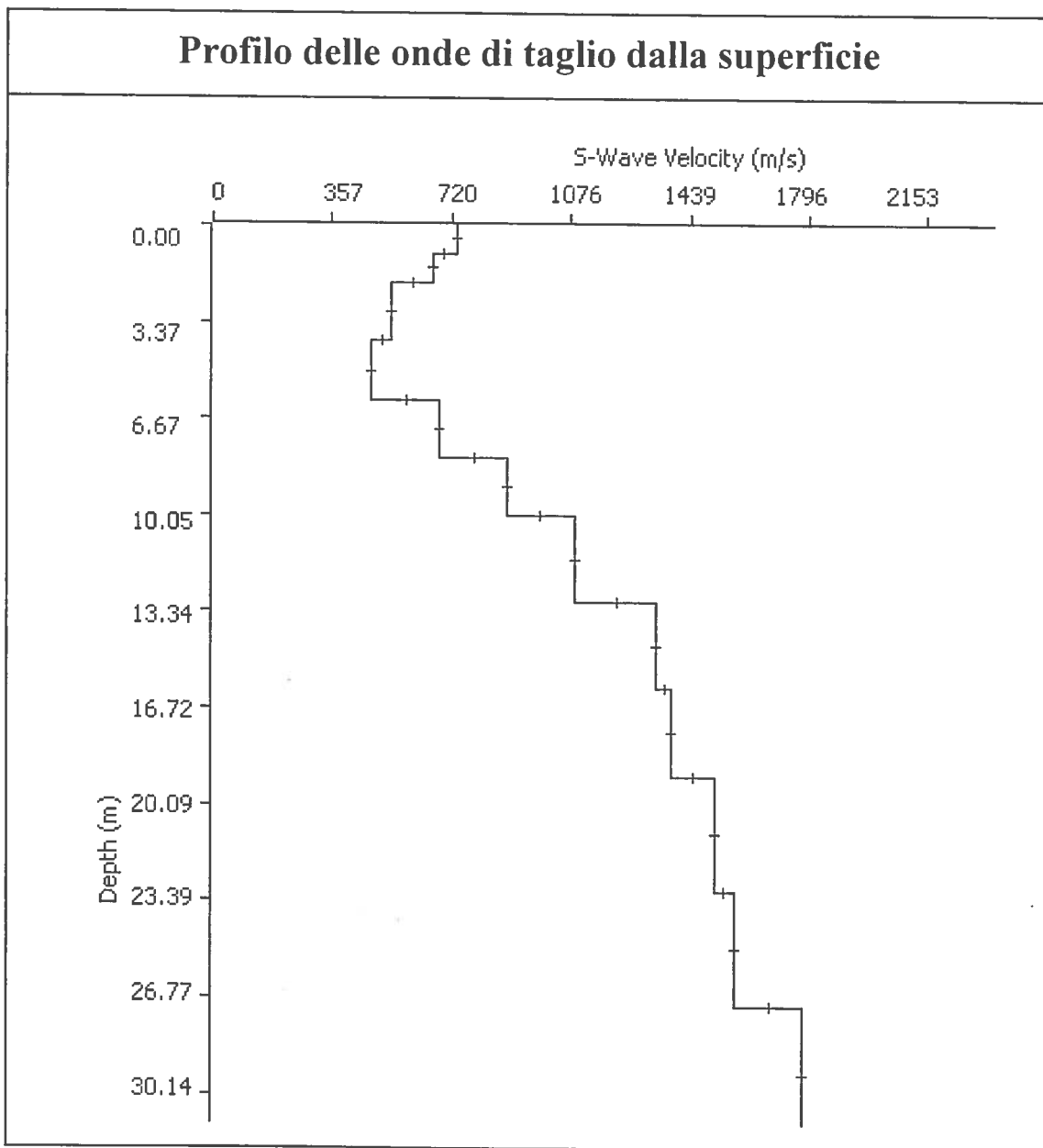
II Orizzonte  
 $V_p = 1200-1400$  m/sec.



III Orizzonte  
 $V_p = 2000-2600$  m/sec.

Thickness	Depth	Vs	Vp	Poisson	Density
1	0	731	1461	0.333	1.8
1	1	662	1323	0.333	1.8
2	2	535	1069	0.333	1.8
2	4	477	953	0.333	1.8
2	6	679	1357	0.333	1.8
2	8	887	1773	0.333	1.8
3	10	1087	2172	0.333	1.8
3	13	1337	2672	0.333	1.8
3	16	1381	2760	0.333	1.8
4	19	1510	3018	0.333	1.8
4	23	1570	3138	0.333	1.8
5	27	1779	3555	0.333	1.8
	32	2127	4252	0.333	1.8

Tabella 1: modello sismico monodimensionale.



## 5. 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.

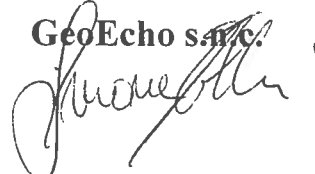
Utilizzando la formula sopra riportata, considerando la quota iniziale = piano campagna attuale, si ottiene il seguente valore **Vs30 = 994 m/s** a cui corrisponde la categoria di suolo di fondazione di tipo **A** ( si veda la tabella seguente).

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)
<b>A</b>	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>B</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
<b>C</b>	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
<b>D</b>	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
<b>E</b>	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).			

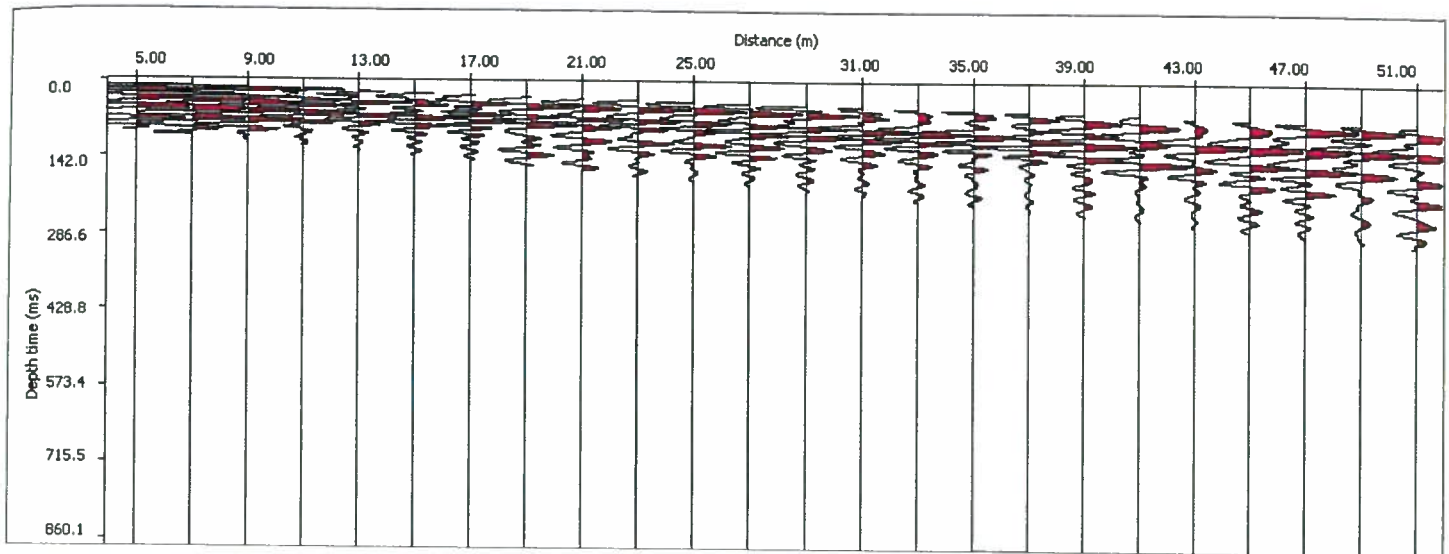
Il Tecnico:.

**GeoEcho s.n.c.**

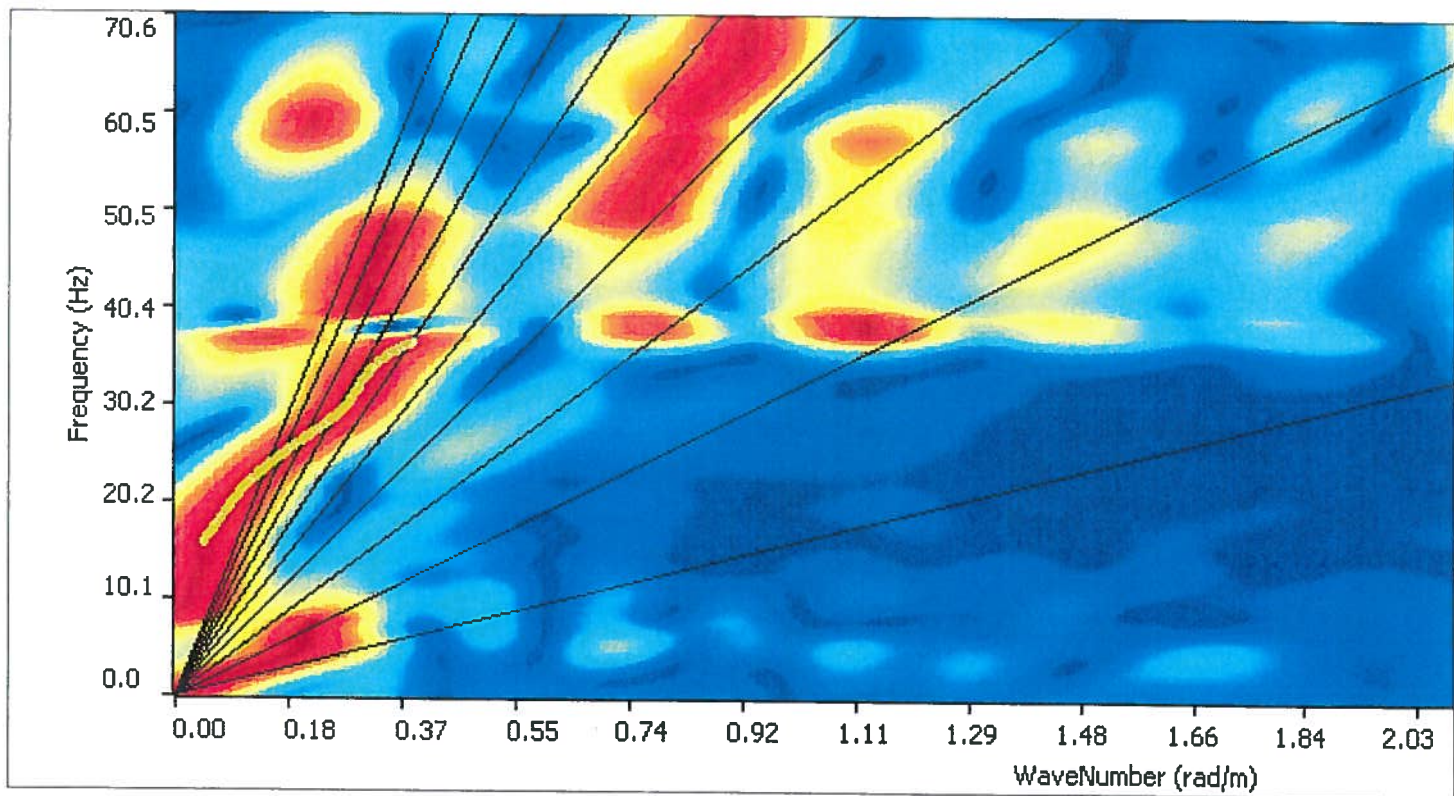


## Allegati

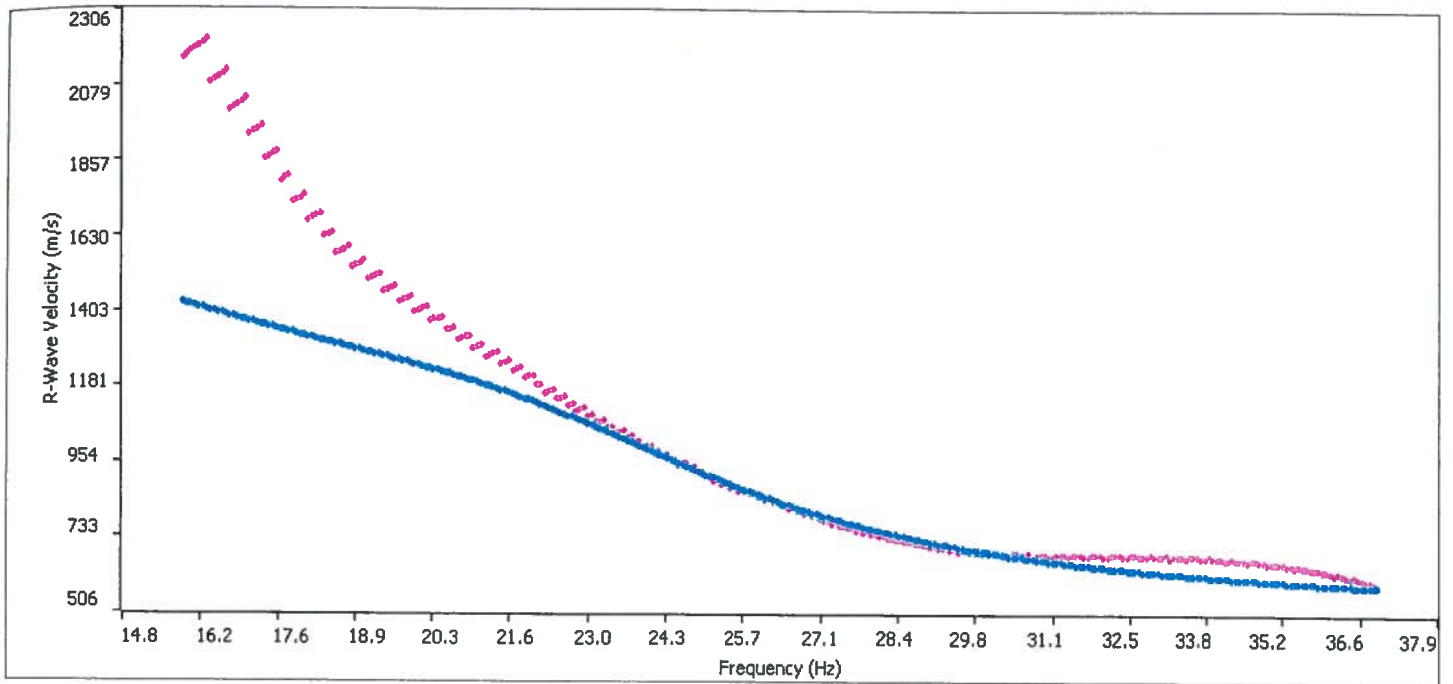
### Sismogramma



### Spettro F-K



## Match Curva di dispersione sperimentale – teorica



## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Illustrazione 5: A sinistra sismogramma e a destra picking della curva di dispersione

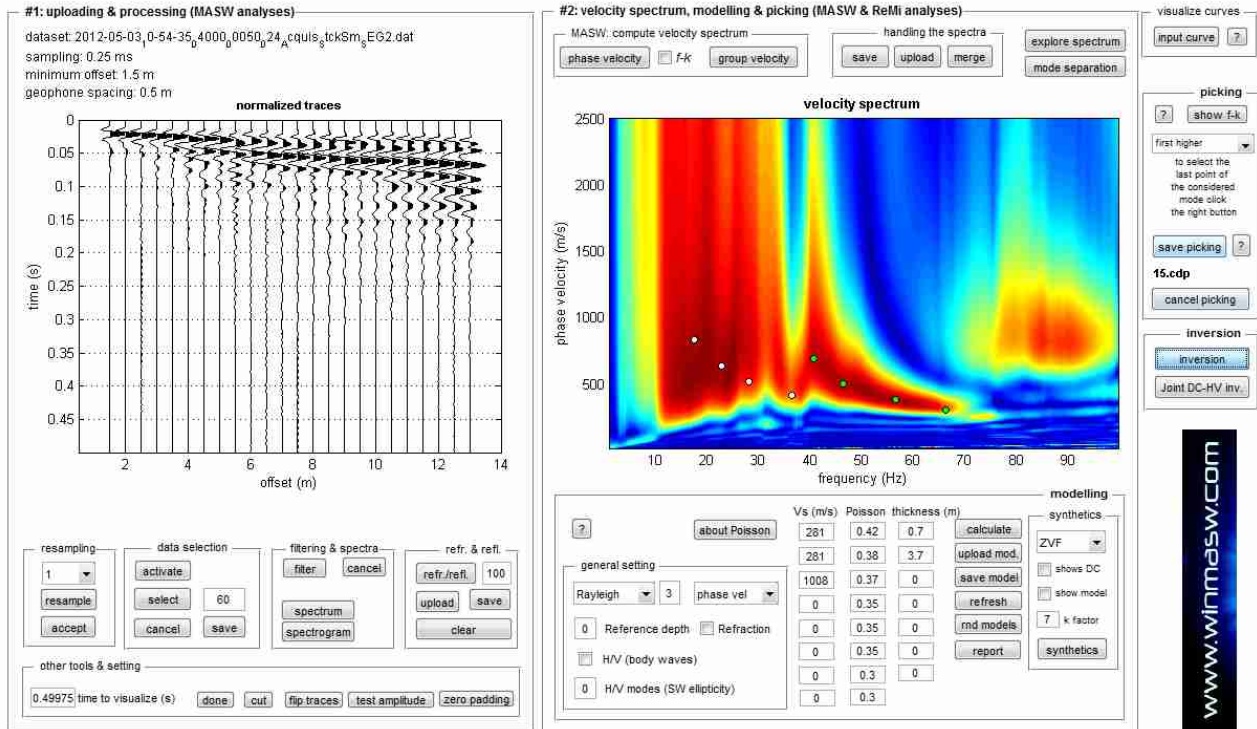
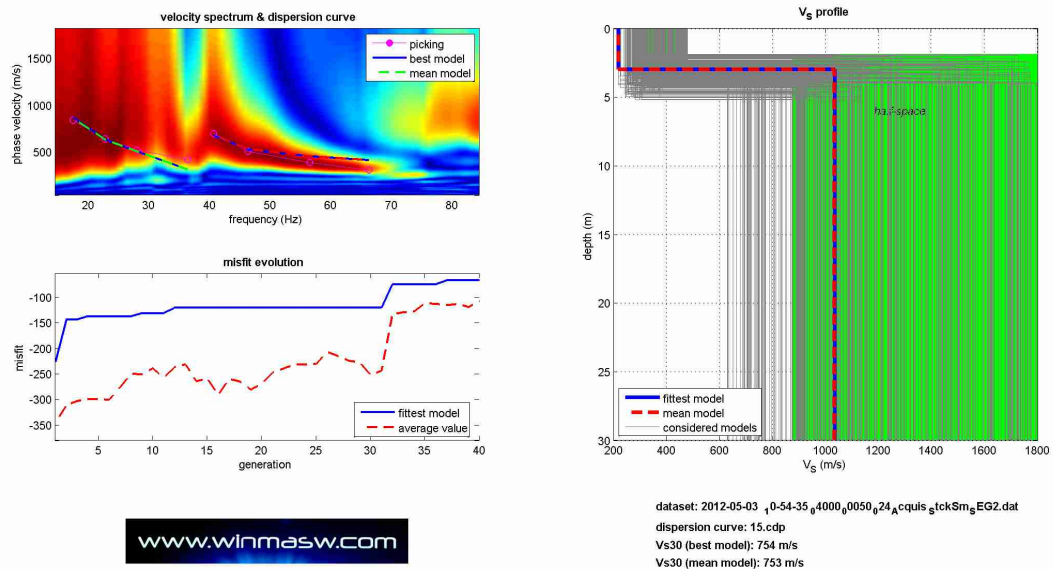


Illustrazione 6: Inversione della curva di dispersione



## CONCLUSIONI

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 219 m/s fino alla profondità di circa 0,5 m
- La sezione sismo-stratigrafica evidenzia, al di sotto dei 0,5 m di profondità, velocità delle onde di taglio (Vs) che aumentano fino a circa 1083 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

<b>VS30 e PARAMETRI ELASTICI</b>							
Profondità livello fondazione		2,5	Profondità livello campagna		0	Profondità (m) liv fond	
Strato	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Rapporto (Vp/Vs)		Spessore (m)	da	a
1	219	637	2,91		3	0	-0,5
2	1033	2159	2,09		27	-0,5	-30
Strato	Poisson v	Densità (g/cm <sup>3</sup> )	Shear G (kPa)		Bulk Ev (kPa)	Young E (kPa)	
1	0,43	1,92	92085,12		656296,32	263912,16	
2	0,35	2,33	2486317,37		7545694,9	6720782,89	
1	0				1	0	
2	0,03					0	
	0,03						
<b>VS 30</b>		<b>972,74</b>			<b>0</b>	<b>0</b>	

Illustrazione 7: Sismo-stratigramma dal livello campagna

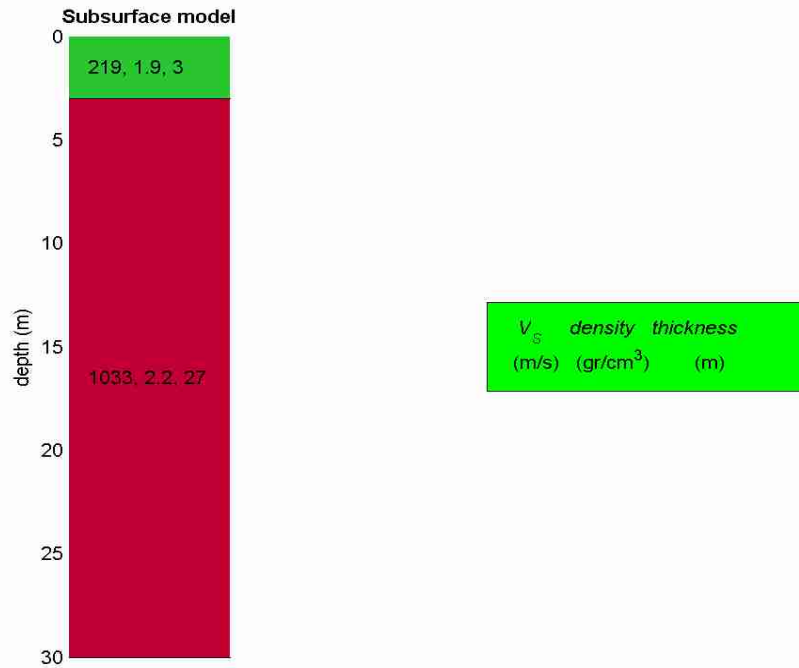
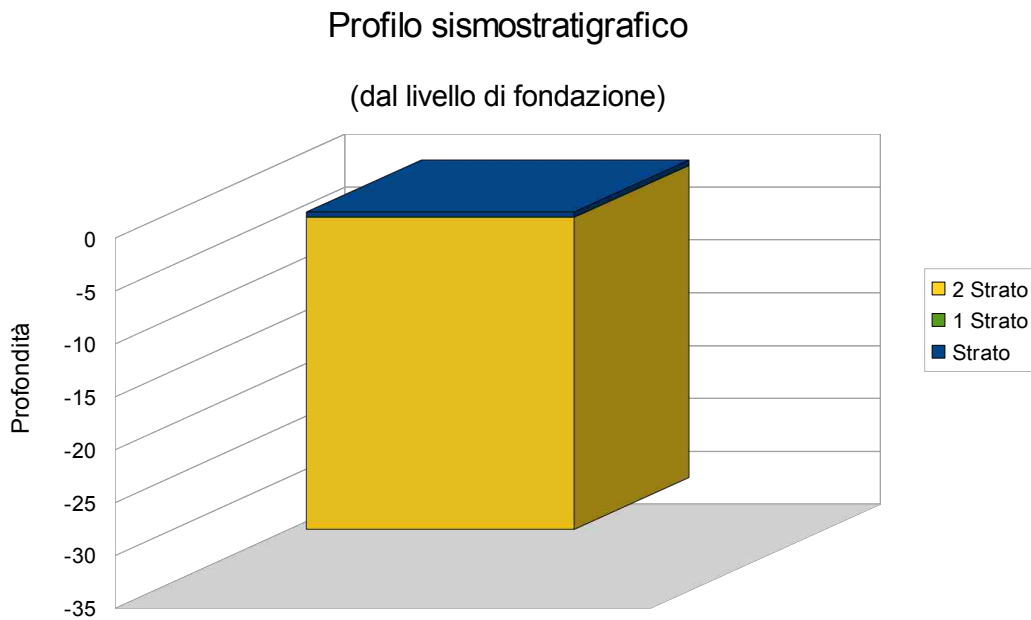


Illustrazione 8: Sismo-stratigramma rispetto livello di fondazione





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

$$\mathbf{VS30 = 972 \text{ m/s}}$$

che comporta una classificazione del suolo in categoria:

**A**

**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.**

***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.*



CARBONILE – MASSOLINA

FONTISTERNI – PATERNO



**ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE ONDE P - Comune di Pelago**

POSIZIONE DEGLI SPARI

Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
8.00	0.00	pb.dat
21.50	0.00	pc.dat
35.00	0.00	pa.dat
40.00	0.00	ped7.dat
43.00	0.00	ped10.dat

POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da 8 [ms]	FBP da 21.5 [ms]	FBP da 35 [ms]	FBP da 40 [ms]	FBP da 43 [ms]
1	10.00	0.00	12.24	27.38	35.63	38.13	40.75
2	11.00	0.00	15.03	26.88	34.88	38.00	40.75
3	12.00	0.00	19.13	26.38	35.88	37.88	40.50
4	13.00	0.00	23.13	25.25	35.38	37.50	40.13
5	14.00	0.00	25.00	24.38	35.13	37.13	39.75
6	15.00	0.00	26.88	22.88	34.50	36.50	39.13
7	16.00	0.00	27.63	21.99	33.88	35.75	38.88
8	17.00	0.00	28.00	18.12	32.63	34.88	37.88
9	18.00	0.00	28.13	13.65	31.00	34.13	36.88
10	19.00	0.00	28.38	11.65	30.00	33.13	35.63
11	20.00	0.00	28.88	8.03	29.38	32.88	34.88
12	21.00	0.00	29.00	1.93	29.00	31.50	34.25
13	22.00	0.00	29.25	2.49	28.88	32.13	34.75
14	23.00	0.00	29.50	6.20	27.50	31.13	33.50
15	24.00	0.00	29.75	10.65	27.25	30.88	33.13
16	25.00	0.00	30.25	14.82	26.27	30.63	33.00
17	26.00	0.00	31.00	16.39	25.01	30.25	32.88
18	27.00	0.00	31.63	18.30	23.58	30.38	33.38
19	28.00	0.00	32.13	19.88	21.25	29.13	32.88
20	29.00	0.00	32.88	21.63	19.13	28.13	32.38
21	30.00	0.00	33.38	22.75	16.75	26.13	31.50
22	31.00	0.00	34.13	24.25	14.75	24.64	30.50
23	32.00	0.00	34.63	25.13	12.00	22.88	28.94
24	33.00	0.00	35.13	26.25	8.50	21.45	27.15

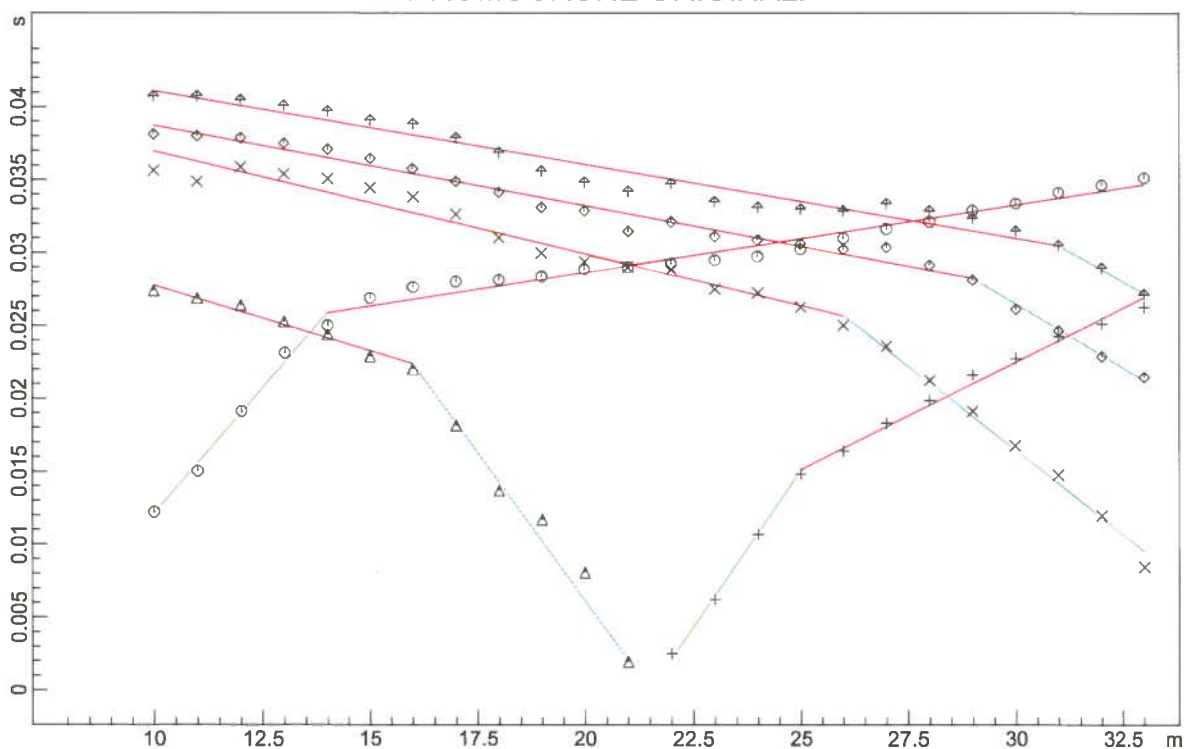
DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

N. Geof.	Dist. Rifr. 1 [m]
1	6.0
2	6.0
3	6.1
4	6.2
5	6.4
6	6.4
7	6.4
8	6.3
9	6.2
10	6.1
11	5.9
12	5.9
13	5.8
14	5.9
15	5.4
16	5.6
17	5.7
18	5.8
19	6.2
20	6.2
21	6.3
22	6.4
23	6.3
24	6.4

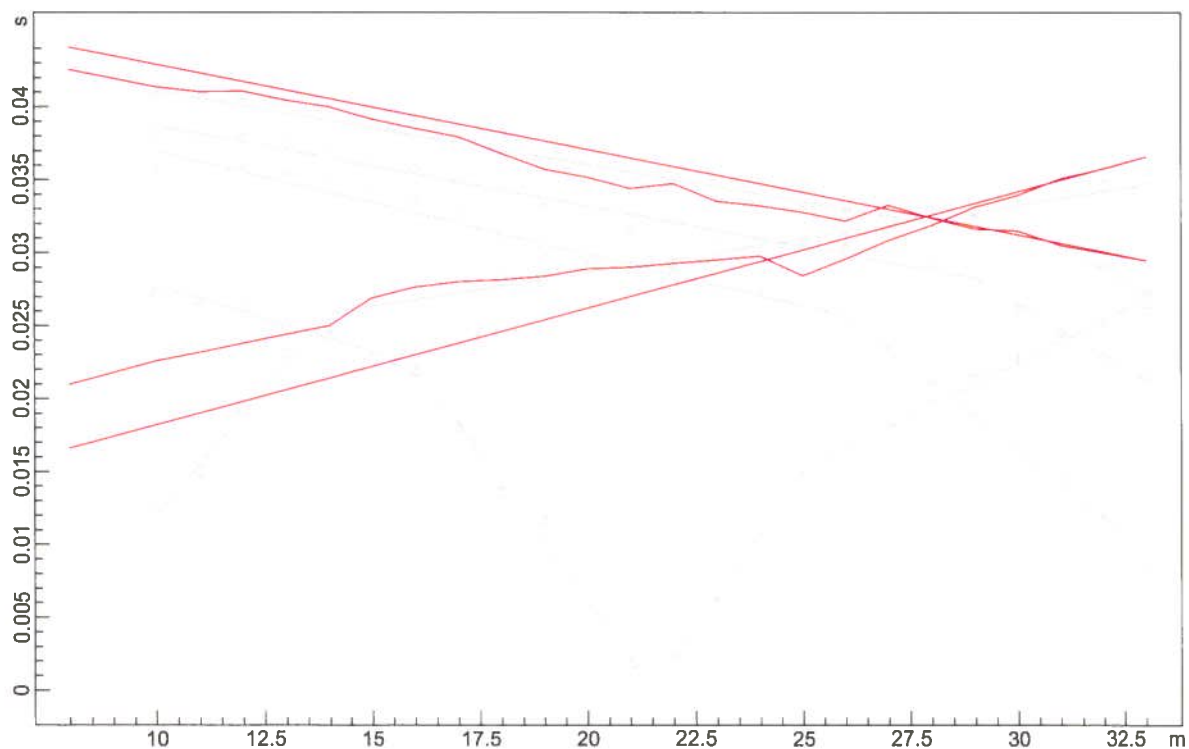
VELOCITA' DEGLI STRATI

N. Strato	Velocità [m/s]
1	342.5
2	1772.3

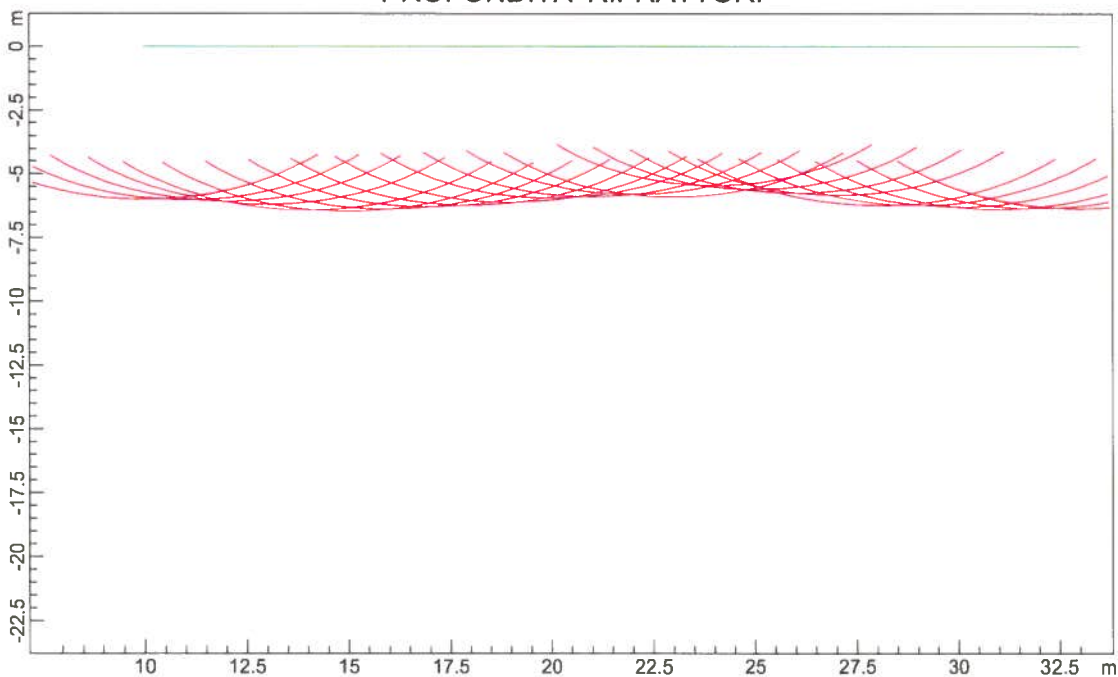
### DROMOCRONE ORIGINALI



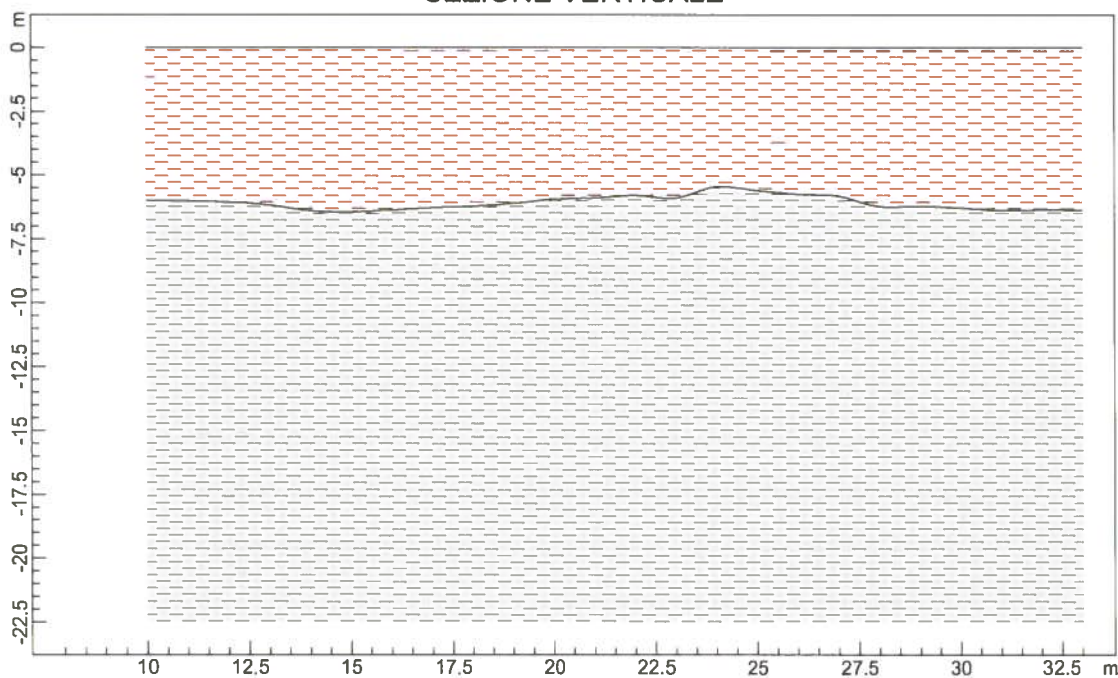
### DROMOCRONE TRASLATE



### PROFONDITA' RIFRATTORI



### SEZIONE VERTICALE



 342.5 m/s     1772.3 m/s



**ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE ONDE S – Comune di Pelago**

## POSIZIONE DEGLI SPARI

Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
8.00	0.00	bs-2.dat
21.50	0.00	cs.dat
35.00	0.00	as2.dat
40.00	0.00	eds7.dat
43.00	0.00	eds10.dat

## POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da 8 [ms]	FBP da 21.5 [ms]	FBP da 35 [ms]	FBP da 40 [ms]	FBP da 43 [ms]
1	10.00	0.00	19.25	67.39	100.75	108.50	112.50
2	11.00	0.00	22.25	62.49	97.75	104.75	109.00
3	12.00	0.00	28.00	57.00	94.50	103.00	106.25
4	13.00	0.00	36.52	52.69	90.75	101.00	103.00
5	14.00	0.00	45.54	49.32	87.25	98.00	101.75
6	15.00	0.00	58.06	45.64	84.50	95.50	100.50
7	16.00	0.00	65.24	41.75	84.50	94.25	99.75
8	17.00	0.00	69.34	39.62	79.56	89.00	92.75
9	18.00	0.00	73.25	32.25	75.78	85.00	91.00
10	19.00	0.00	77.75	26.00	72.90	83.00	89.50
11	20.00	0.00	79.60	22.50	72.25	81.25	88.50
12	21.00	0.00	84.00	18.25	71.12	80.00	83.50
13	22.00	0.00	83.00	15.50	68.50	78.50	84.75
14	23.00	0.00	79.60	21.25	66.25	76.25	83.00
15	24.00	0.00	81.03	25.25	61.25	73.50	82.25
16	25.00	0.00	83.50	36.00	57.50	71.50	78.25
17	26.00	0.00	87.50	42.25	55.00	70.50	77.25
18	27.00	0.00	83.50	45.14	47.75	66.75	73.25
19	28.00	0.00	85.00	47.21	44.00	62.25	67.75
20	29.00	0.00	85.50	50.50	39.00	58.40	65.00
21	30.00	0.00	86.37	54.50	34.00	53.25	61.79
22	31.00	0.00	87.00	59.00	30.00	46.25	55.84
23	32.00	0.00	88.50	62.25	22.25	38.50	43.18
24	33.00	0.00	90.06	65.50	17.25	29.00	39.21

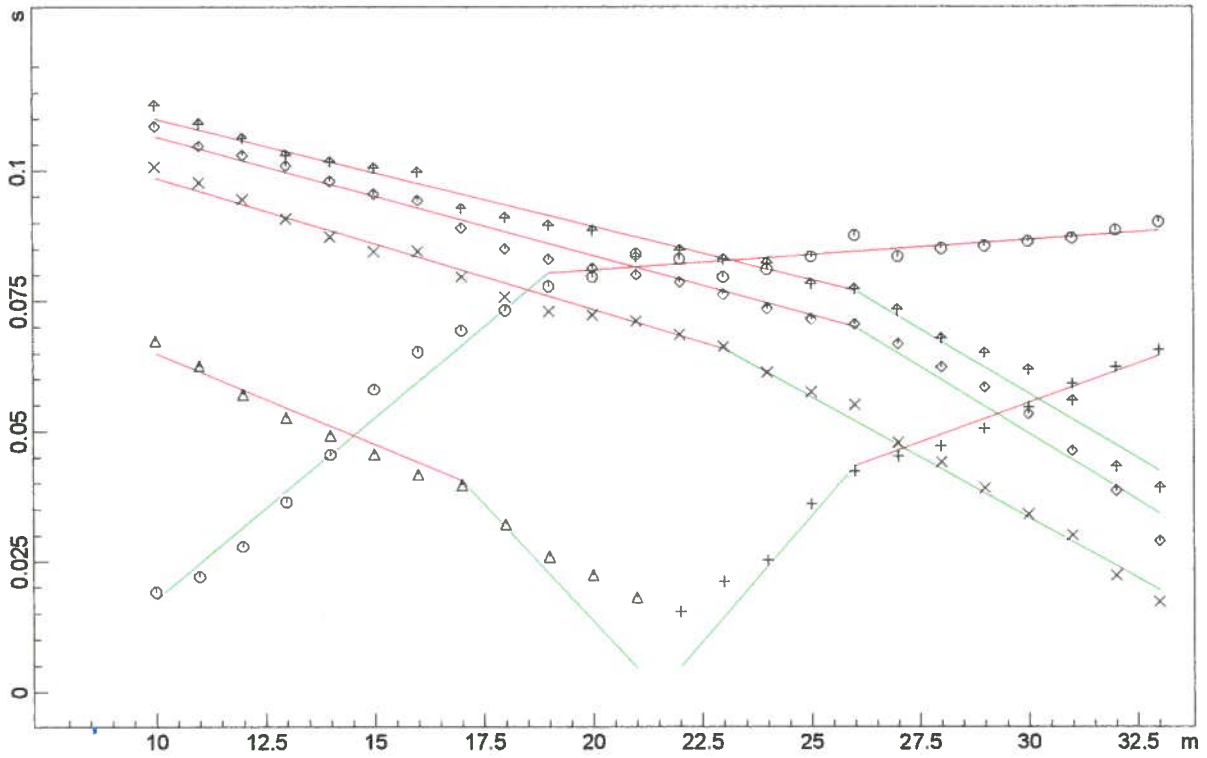
DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

N. Geof.	Dist. Rifr. 1 [m]
1	7.4
2	7.3
3	7.2
4	7.0
5	6.9
6	6.7
7	6.6
8	6.5
9	6.5
10	6.5
11	6.2
12	5.8
13	5.8
14	5.8
15	5.6
16	5.4
17	5.4
18	5.3
19	5.4
20	5.4
21	5.4
22	5.4
23	5.3
24	5.2

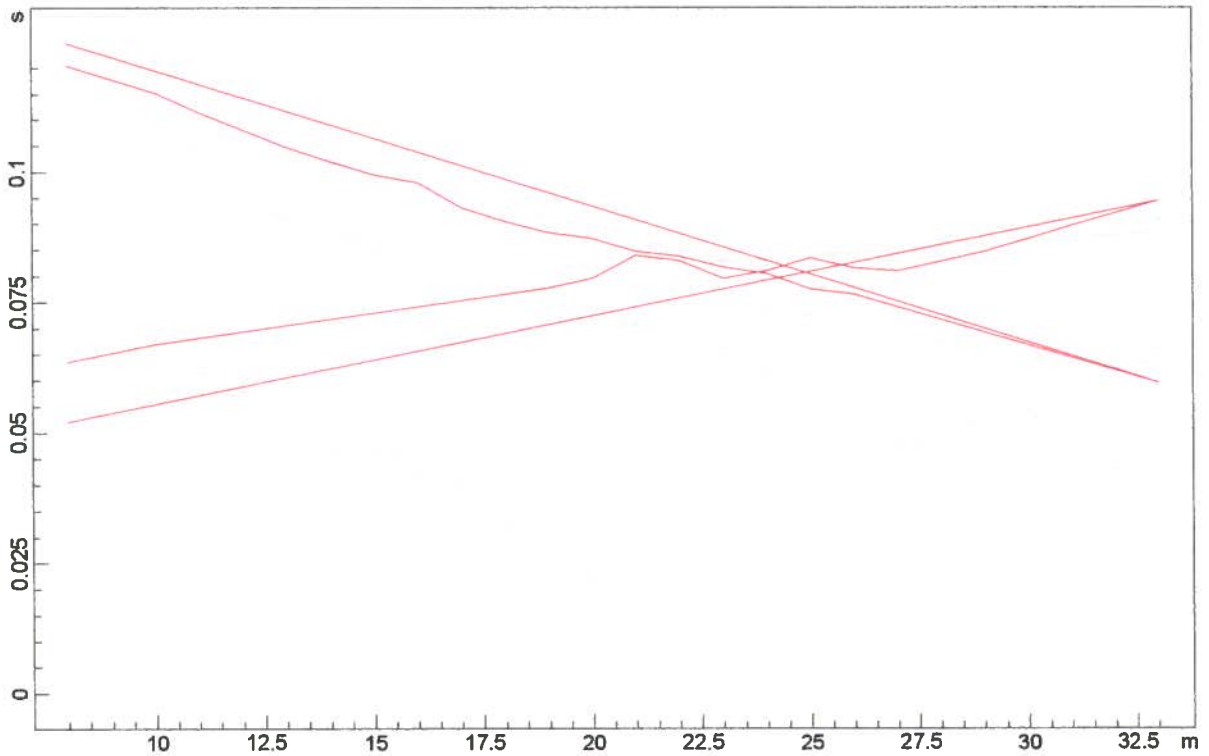
VELOCITA' DEGLI STRATI

N. Strato	Velocità [m/s]
1	148.9
2	572.8

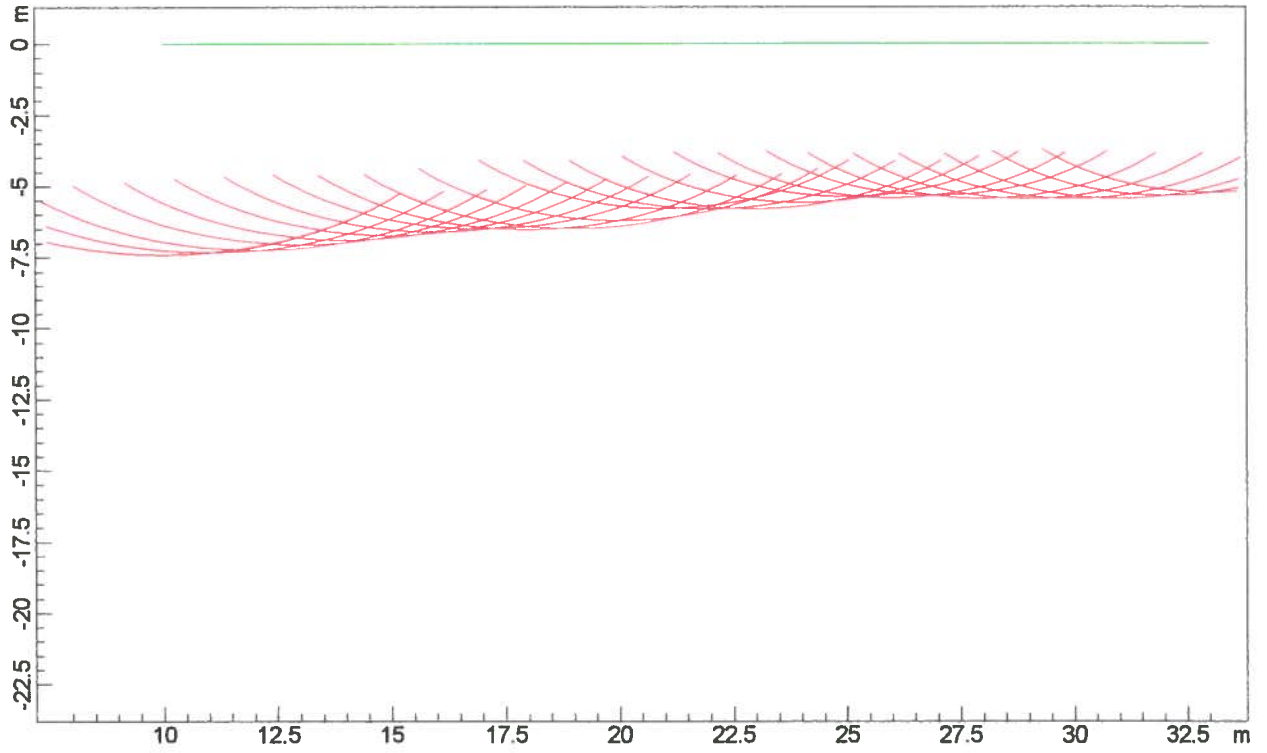
### DROMOCRONE ORIGINALI



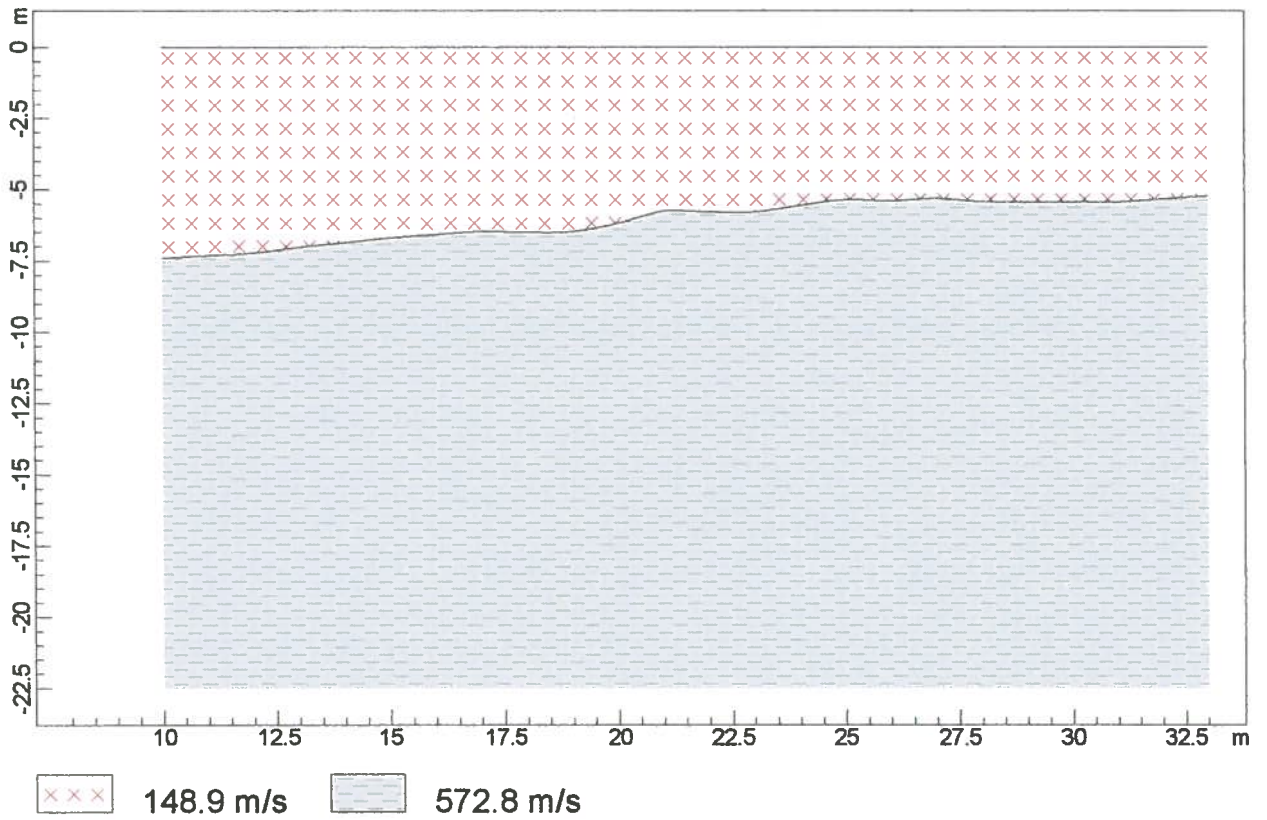
### DROMOCRONE TRASLATE



### PROFONDITA' RIFRATTORI



### SEZIONE VERTICALE



Utilizzando la curva di dispersione si procede ad individuare la velocità di fase apparente tramite metodo manuale.

La fase di inversione prevede una modellazione monodimensionale che consente di determinare un profilo di velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità.

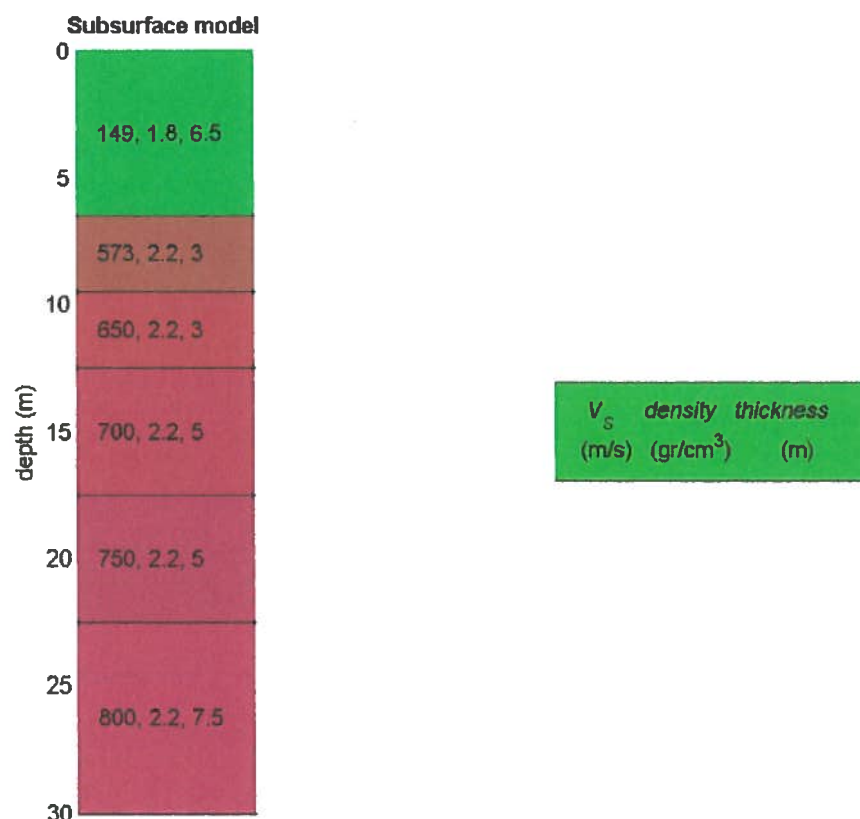
L'elaborazione avviene tramite l'applicazione di un procedimento di calcolo e un algoritmo che gestisce i parametri velocità di taglio (Vs) e spessore degli strati. Altri parametri previsti dal modello sono il coefficiente di poisson e la velocità delle onde di volume (Vp) che, assieme a spessore dei sismostrati e relative Vs, possono venire modificati anche manualmente.

Tramite interazioni successive si ottiene un modello geofisico in grado di far coincidere con la migliore approssimazione possibile (errore quadratico medio inferiore al 5-10%) la curva di dispersione elaborata nella fase precedente e quella proposta come modello.

Il risultato dell'elaborazione è un diagramma (1D) delle velocità delle onde di taglio (Vs) in funzione della profondità, con relativa tabella, valore delle Vs30 e correlazione al tipo di terreno.

### ELABORAZIONE MASW

joint inversion of Rayleigh- & Love-wave dispersion curves

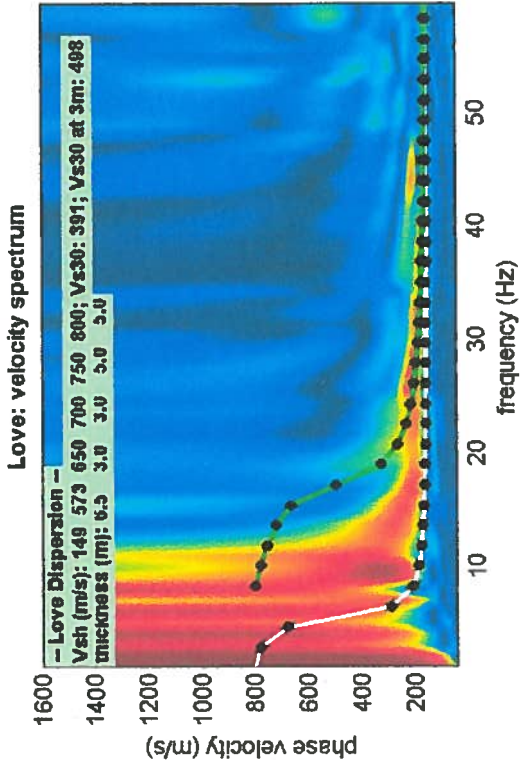
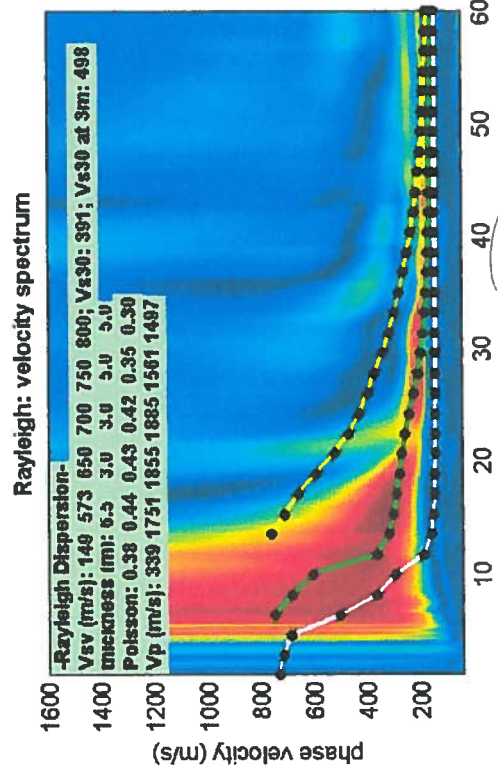
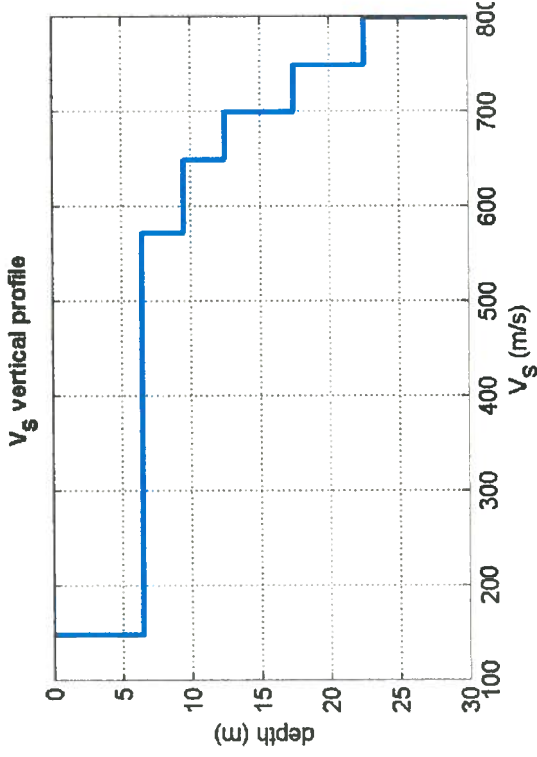


Retrieved model

Strato sismico	1	2	3	4	5	6
Vsv (m/s):	148.9	572.8	650	700	750	800
Vsh (m/s):	148.9	572.8	650	700	750	800
Spessore (m):	6.5	3.0	3.0	5.0	5.0	
Densità (gr/cm³):	1.79	2.19	2.20	2.21	2.16	2.15
Modulo di taglio G (MPa):	40	719	931	1082	1216	1377

Vs30= 391 m/sec dal p.c.

Vs30= 498 m/sec da -3 m dal p.c.



Laura Grassi, geologo




Valentina Picchi, geologo

Lamporecchio, il 08 ottobre 2012

Via G. Di Vittorio n. 41/B - 51035 LAMPORECCHIO (PT)  
 Tel. 0573 81756 Fax 0573 81098 - e-mail: geo.clv@tiscali.it

Certificato di prova n°360/03 \_\_\_\_\_

## 5. Presentazione dei dati

Nella presente relazione vengono forniti i seguenti elaborati:

- ubicazione delle indagini in scala 1:2.000 (pag. 7);
- sezioni sismiche, rappresentazioni bidimensionali delle velocità sismiche e degli spessori degli strati individuati lungo il profilo sismico, in scala orizzontale e verticale 1:250 (pag. 8 e 11);
- tabulati numerici delle velocità delle onde sismiche compressionali e degli spessori relativi ad ogni strato rilevato per ciascuna sezione sismica (pag. 9, 10, 12 e 13).

## 6. Risultati dell'indagine

Nel suo insieme l'indagine ha messo in evidenza la presenza di tre orizzonti sismici con le seguenti classi di velocità delle onde sismiche compressionali:

V1 = 187 - 331 m/sec

V2 = 590 - 777 m/sec.

V3 = 2017 - 2301 m/sec.

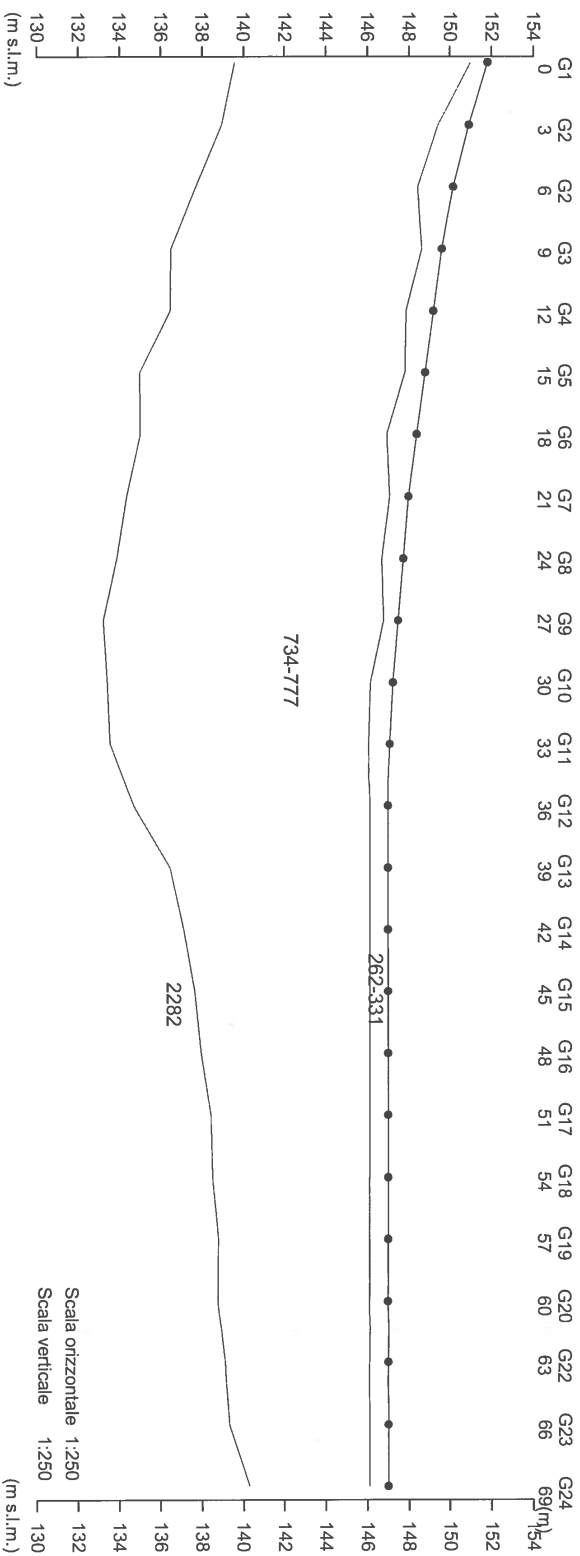
In base alle stratigrafie di sondaggi geognostici eseguiti immediatamente a valle dell'area in esame e forniteci dalla Committenza, si può stabilire che il primo orizzonte sismico corrisponde a materiali detritici e terreno arenato, il secondo orizzonte sismico ad argilliti marnose completamente alterate e degradate, mentre il terzo orizzonte sismico corrisponde ad argilliti localmente alterate.

Nel profilo Ps1 (69 ml) lo spessore del primo orizzonte è di 0.7-1.7 m con velocità da 262 a 331 m/sec. Lo spessore del secondo orizzonte sismico varia da 5.8 a 13.6 m raggiungendo profondità comprese fra 6.7 e 14.2 m con velocità di 734-777 m/sec., mentre la velocità del terzo orizzonte sismico è di 2282 m/sec.

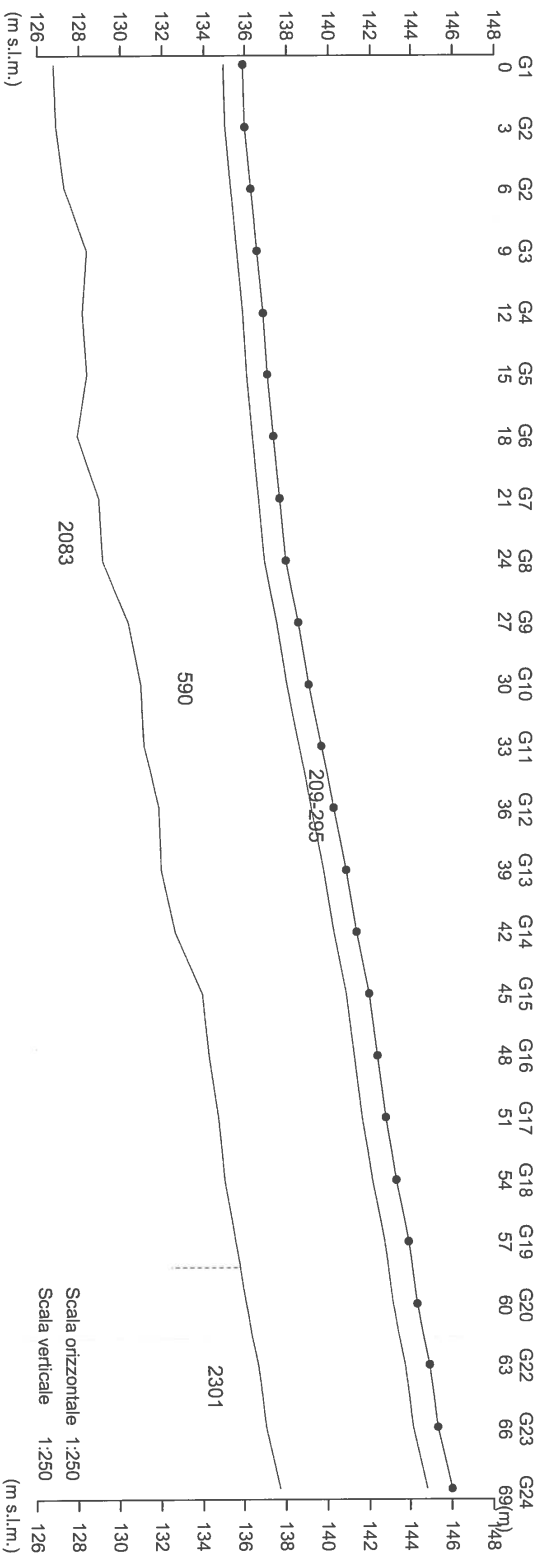
Nel profilo Ps2 (69 ml), eseguito trasversalmente al primo e lungo il pendio, lo spessore del primo orizzonte è di 0.9-1.2 m, con velocità da 209 a 295 m/sec. Lo spessore del secondo orizzonte sismico varia da 6.9 a 8.4 m raggiungendo profondità comprese fra 8.0 e 9.4 m con velocità di 590 m/sec., mentre la velocità del terzo orizzonte sismico è di 2083 m/sec fra i sensori G1-G19 e di 2301 m/sec fra i sensori G20-G24.

IGETECMA s.a.s.

**Profilo di sismica a Rifrazione Ps1**



**Profilo di sismica a Rifrazione Ps2**





## Profilo Ps1

Geofono n°	Distanza m	Quota m s.l.m.	V1 m/sec.	Z1 m	V2 m/sec.	Z2 m	H m	V3 m/sec.
1	0	152	292	0.8	734	11.4	12.2	2282
2	3	151	292	1.5	777	10.5	11.9	2282
3	6	150	296	1.7	777	10.7	12.4	2282
4	9	150	300	1.0	777	12.1	13.1	2282
5	12	149	304	1.3	777	11.4	12.7	2282
6	15	149	308	1.0	777	12.8	13.8	2282
7	18	148	312	1.4	777	11.9	13.3	2282
8	21	148	315	0.9	777	12.7	13.6	2282
9	24	148	319	1.0	777	12.8	13.8	2282
10	27	148	323	0.7	777	13.6	14.2	2282
11	30	147	327	1.1	777	12.7	13.8	2282
12	33	147	331	1.0	777	12.5	13.5	2282
13	36	147	315	0.9	734	11.4	12.3	2282
14	39	147	298	0.9	734	9.7	10.5	2282
15	42	147	294	0.9	734	9.0	9.9	2282
16	45	147	290	0.9	734	8.5	9.3	2282
17	48	147	286	0.9	734	8.1	9.0	2282
18	51	147	282	0.9	734	7.7	8.6	2282
19	54	147	278	0.9	734	7.6	8.5	2282
20	57	147	274	0.9	734	7.3	8.2	2282
21	60	147	270	0.9	734	7.3	8.2	2282
22	63	147	266	0.9	734	7.0	7.9	2282
23	66	147	262	0.9	734	6.8	7.7	2282
24	69	147	262	0.9	734	5.8	6.7	2282

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

Certificato di prova n°360/03 \_\_\_\_\_

## 5. Presentazione dei dati

Nella presente relazione vengono forniti i seguenti elaborati:

- ubicazione delle indagini in scala 1:2.000 (pag. 7);
- sezioni sismiche, rappresentazioni bidimensionali delle velocità sismiche e degli spessori degli strati individuati lungo il profilo sismico, in scala orizzontale e verticale 1:250 (pag. 8 e 11);
- tabulati numerici delle velocità delle onde sismiche compressionali e degli spessori relativi ad ogni strato rilevato per ciascuna sezione sismica (pag. 9, 10, 12 e 13).

## 6. Risultati dell'indagine

Nel suo insieme l'indagine ha messo in evidenza la presenza di tre orizzonti sismici con le seguenti classi di velocità delle onde sismiche compressionali:

V1 = 187 - 331 m/sec

V2 = 590 - 777 m/sec.

V3 = 2017 - 2301 m/sec.

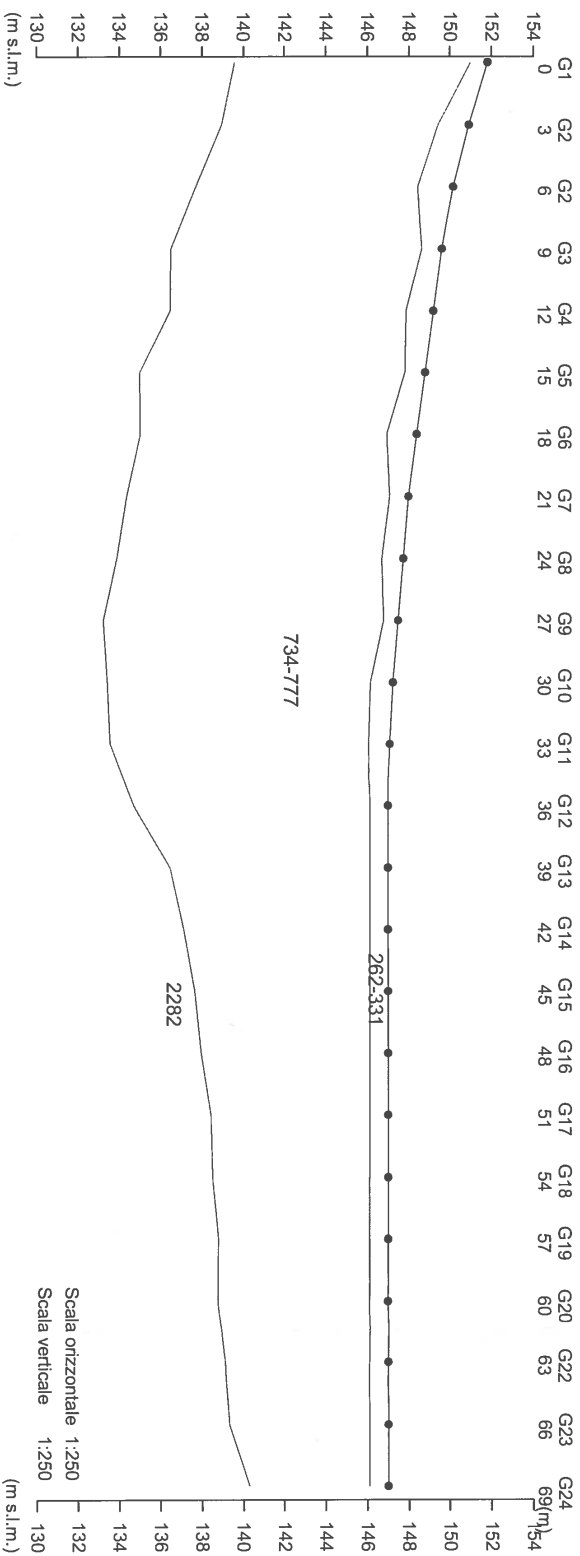
In base alle stratigrafie di sondaggi geognostici eseguiti immediatamente a valle dell'area in esame e forniteci dalla Committenza, si può stabilire che il primo orizzonte sismico corrisponde a materiali detritici e terreno arenato, il secondo orizzonte sismico ad argilliti marnose completamente alterate e degradate, mentre il terzo orizzonte sismico corrisponde ad argilliti localmente alterate.

Nel profilo Ps1 (69 ml) lo spessore del primo orizzonte è di 0.7-1.7 m con velocità da 262 a 331 m/sec. Lo spessore del secondo orizzonte sismico varia da 5.8 a 13.6 m raggiungendo profondità comprese fra 6.7 e 14.2 m con velocità di 734-777 m/sec., mentre la velocità del terzo orizzonte sismico è di 2282 m/sec.

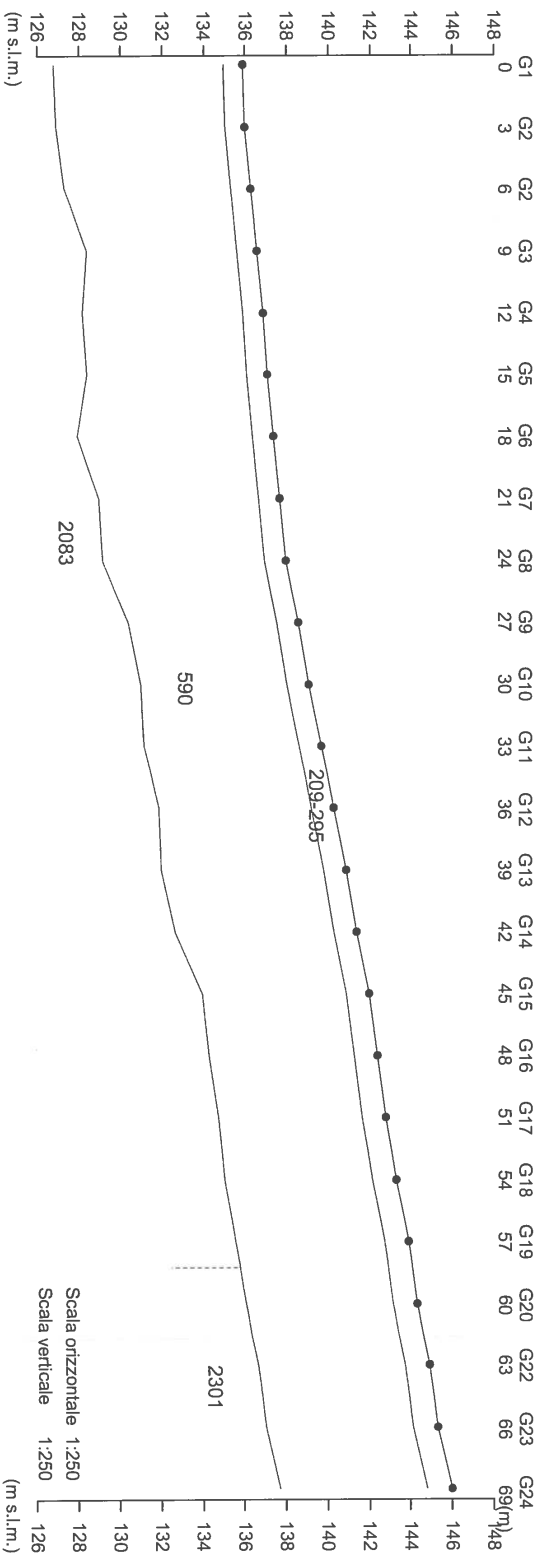
Nel profilo Ps2 (69 ml), eseguito trasversalmente al primo e lungo il pendio, lo spessore del primo orizzonte è di 0.9-1.2 m, con velocità da 209 a 295 m/sec. Lo spessore del secondo orizzonte sismico varia da 6.9 a 8.4 m raggiungendo profondità comprese fra 8.0 e 9.4 m con velocità di 590 m/sec., mentre la velocità del terzo orizzonte sismico è di 2083 m/sec fra i sensori G1-G19 e di 2301 m/sec fra i sensori G20-G24.

IGETECMA s.a.s.

**Profilo di sismica a Rifrazione Ps1**



**Profilo di sismica a Rifrazione Ps2**



## Profilo Ps2

Geofono n°	Distanza m	Quota m s.l.m.	V1 m/sec.	Z1 m	V2 m/sec.	Z2 m	H m	V3 m/sec.
1	0	136	242	0.9	590	8.2	9.1	2083
2	3	136	242	0.9	590	8.1	9.1	2083
3	6	136	249	1.0	590	8.0	9.0	2083
4	9	137	255	1.0	590	7.2	8.2	2083
5	12	137	262	1.0	590	7.7	8.7	2083
6	15	137	269	1.0	590	7.7	8.7	2083
7	18	137	275	1.0	590	8.4	9.4	2083
8	21	138	282	1.0	590	7.7	8.7	2083
9	24	138	288	1.0	590	7.8	8.8	2083
10	27	139	295	1.0	590	7.1	8.2	2083
11	30	139	295	1.1	590	7.0	8.1	2083
12	33	140	275	1.1	590	7.5	8.5	2083
13	36	140	255	1.1	590	7.3	8.4	2083
14	39	141	250	1.1	590	7.8	8.9	2083
15	42	141	246	1.1	590	7.6	8.7	2083
16	45	142	241	1.1	590	6.9	8.0	2083
17	48	142	237	1.1	590	7.0	8.1	2083
18	51	143	232	1.1	590	6.9	8.0	2083
19	54	143	227	1.1	590	7.1	8.3	2083
20	57	144	223	1.2	590	7.2	8.3	2301
21	60	144	218	1.2	590	7.1	8.2	2301
22	63	145	214	1.2	590	7.1	8.2	2301
23	66	145	209	1.2	590	7.1	8.3	2301
24	69	146	209	1.2	590	7.1	8.3	2301

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

Certificato di prova n°360/03 \_\_\_\_\_

Nel profilo Ps3 (69 ml), eseguito lungo il pendio a valle del Ps2, lo spessore del primo orizzonte è di 1.4-2.0 m, con velocità di 236-283 m/sec. Lo spessore del secondo orizzonte sismico varia da 4.6 a 8.5 m raggiungendo profondità comprese fra 6.6 e 9.9 m con velocità di 727 m/sec., mentre la velocità del terzo orizzonte sismico è di 2283 m/sec.

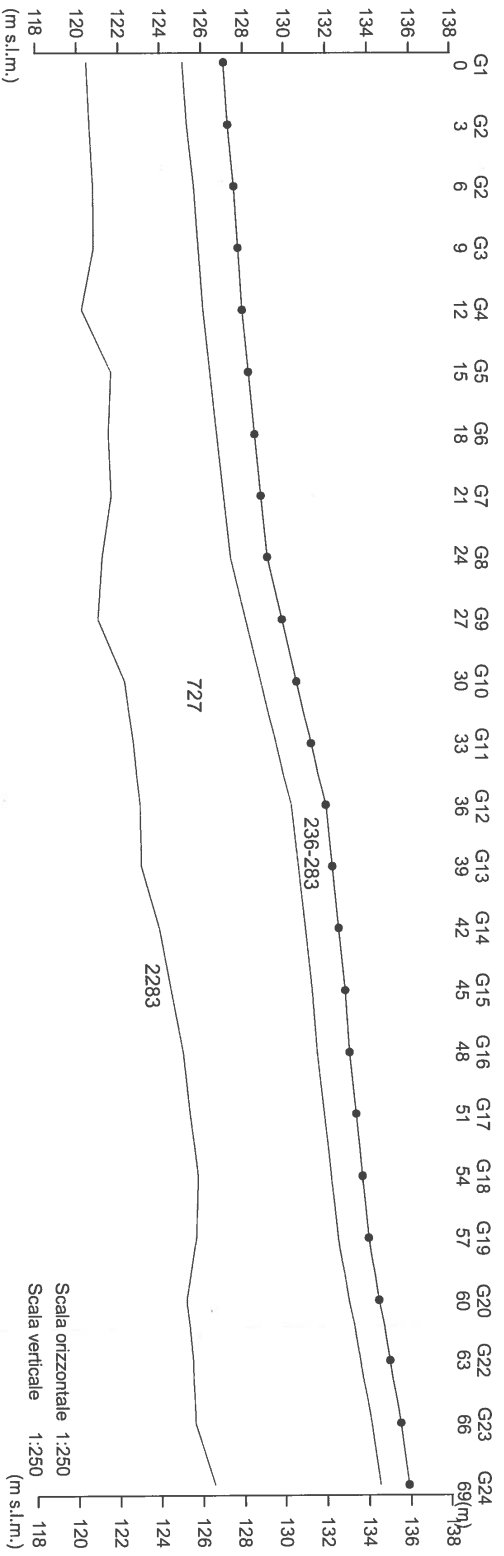
Nel profilo Ps4 (69 ml), eseguito parallelamente ai Ps2-Ps3, lo spessore del primo orizzonte è di 0.9-2.1 m, con velocità da 187 a 309 m/sec. Lo spessore del secondo orizzonte sismico varia da 4.4 a 6.7 m raggiungendo profondità comprese fra 5.3 e 8.5 m con velocità di 670 m/sec., mentre la velocità del terzo orizzonte sismico è di 2017 m/sec.

---

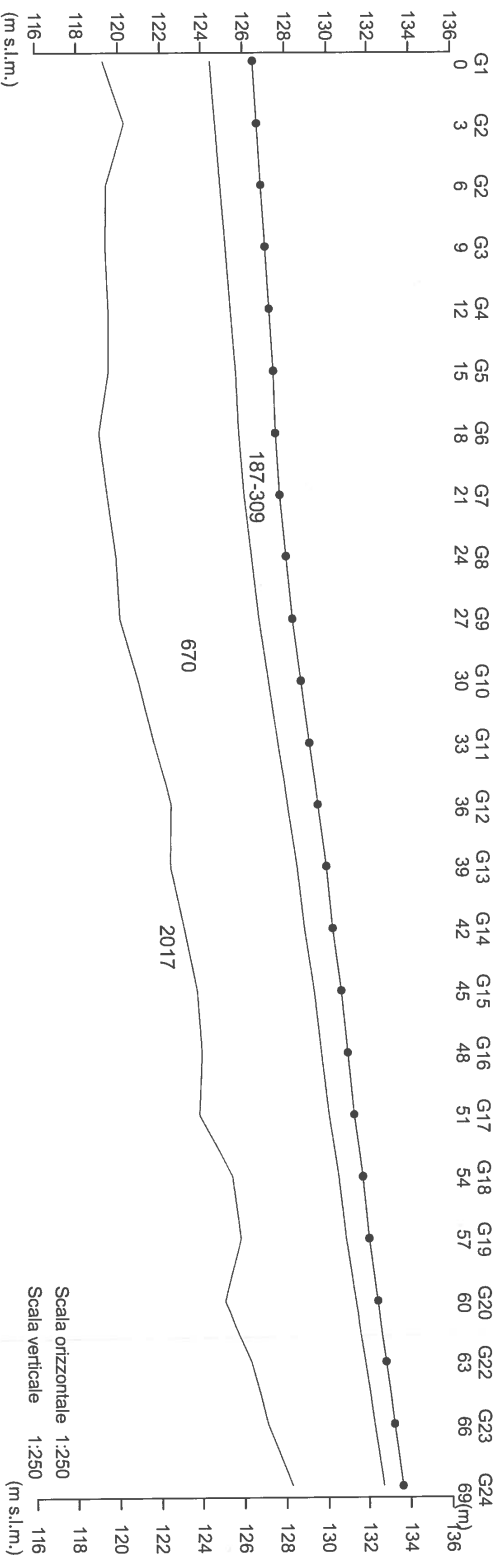
---

---

**Profilo di sismica a Rifrazione Ps3**



**Profilo di sismica a Rifrazione Ps4**



## Profilo Ps3

Geofono n°	Distanza m	Quota m s.l.m.	V1 m/sec.	Z1 m	V2 m/sec.	Z2 m	H m	V3 m/sec.
1	0	127	283	2.0	727	4.6	6.6	2283
2	3	127	283	2.0	727	4.7	6.7	2283
3	6	128	283	1.9	727	4.9	6.8	2283
4	9	128	277	1.9	727	5.1	7.0	2283
5	12	128	271	1.9	727	5.9	7.7	2283
6	15	128	265	1.9	727	4.8	6.6	2283
7	18	129	260	1.8	727	5.2	7.1	2283
8	21	129	254	1.8	727	5.4	7.2	2283
9	24	129	248	1.8	727	6.2	8.0	2283
10	27	130	242	1.7	727	7.1	8.9	2283
11	30	131	236	1.7	727	6.6	8.3	2283
12	33	131	252	1.7	727	6.9	8.6	2283
13	36	132	268	1.7	727	7.3	9.0	2283
14	39	132	268	1.6	727	7.6	9.2	2283
15	42	133	267	1.6	727	7.0	8.6	2283
16	45	133	266	1.6	727	6.8	8.4	2283
17	48	133	265	1.6	727	6.5	8.0	2283
18	51	133	265	1.5	727	6.5	8.0	2283
19	54	134	264	1.5	727	6.4	7.9	2283
20	57	134	263	1.5	727	6.8	8.3	2283
21	60	135	262	1.4	727	7.8	9.3	2283
22	63	135	261	1.4	727	8.1	9.5	2283
23	66	136	261	1.4	727	8.5	9.9	2283
24	69	136	261	1.4	727	8.0	9.3	2283

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

Certificato di prova n°360/03 \_\_\_\_\_

Nel profilo Ps3 (69 ml), eseguito lungo il pendio a valle del Ps2, lo spessore del primo orizzonte è di 1.4-2.0 m, con velocità di 236-283 m/sec. Lo spessore del secondo orizzonte sismico varia da 4.6 a 8.5 m raggiungendo profondità comprese fra 6.6 e 9.9 m con velocità di 727 m/sec., mentre la velocità del terzo orizzonte sismico è di 2283 m/sec.

Nel profilo Ps4 (69 ml), eseguito parallelamente ai Ps2-Ps3, lo spessore del primo orizzonte è di 0.9-2.1 m, con velocità da 187 a 309 m/sec. Lo spessore del secondo orizzonte sismico varia da 4.4 a 6.7 m raggiungendo profondità comprese fra 5.3 e 8.5 m con velocità di 670 m/sec., mentre la velocità del terzo orizzonte sismico è di 2017 m/sec.

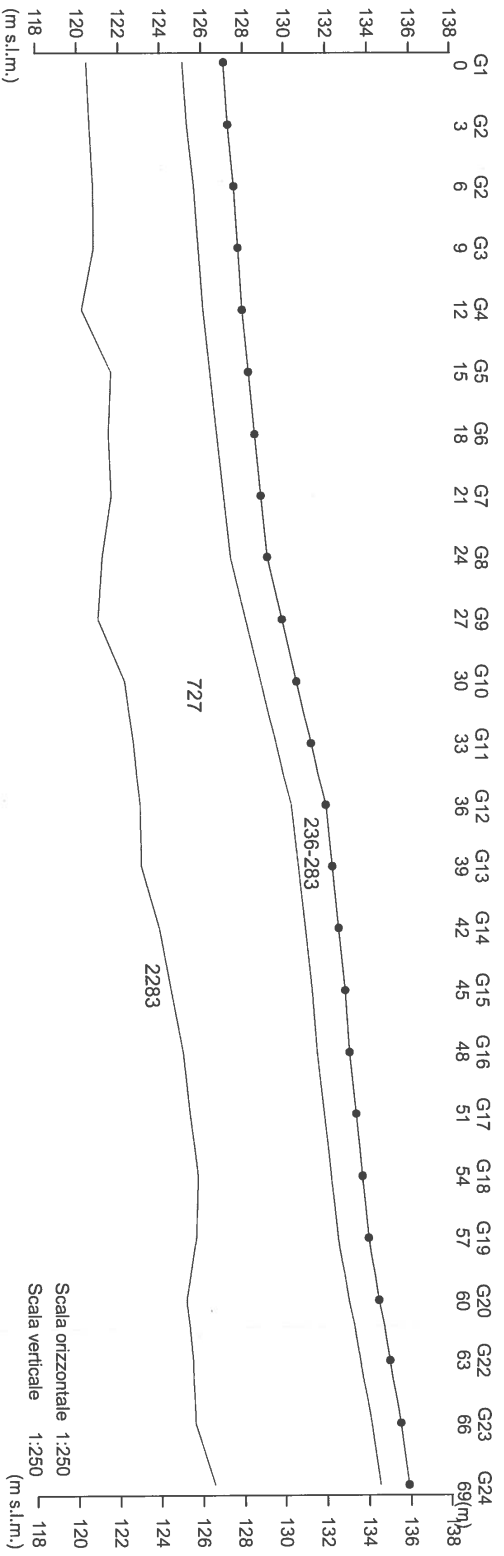
---

---

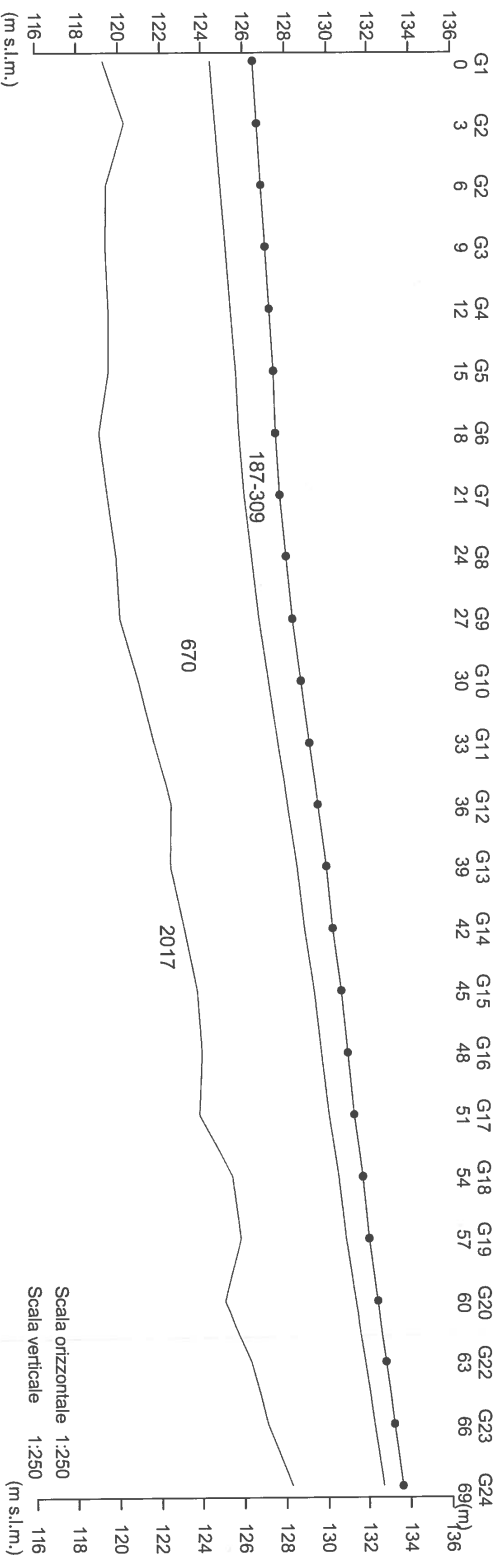
---



**Profilo di sismica a Rifrazione Ps3**



**Profilo di sismica a Rifrazione Ps4**



## Profilo Ps4

Geofono n°	Distanza m	Quota m s.l.m.	V1 m/sec.	Z1 m	V2 m/sec.	Z2 m	H m	V3 m/sec.
1	0	127	276	2.1	670	5.2	7.2	2017
2	3	127	276	2.0	670	4.4	6.4	2017
3	6	127	276	2.0	670	5.5	7.4	2017
4	9	127	281	1.9	670	5.8	7.7	2017
5	12	127	285	1.9	670	5.9	7.7	2017
6	15	128	290	1.8	670	6.1	7.9	2017
7	18	128	295	1.8	670	6.7	8.5	2017
8	21	128	300	1.7	670	6.6	8.3	2017
9	24	128	304	1.7	670	6.5	8.2	2017
10	27	128	309	1.6	670	6.7	8.3	2017
11	30	129	271	1.6	670	6.3	7.8	2017
12	33	129	242	1.5	670	5.9	7.4	2017
13	36	130	224	1.5	670	5.6	7.0	2017
14	39	130	220	1.4	670	6.1	7.5	2017
15	42	130	217	1.4	670	5.8	7.1	2017
16	45	131	213	1.3	670	5.6	6.9	2017
17	48	131	209	1.3	670	5.7	7.0	2017
18	51	131	206	1.2	670	6.2	7.4	2017
19	54	132	202	1.2	670	5.1	6.2	2017
20	57	132	198	1.1	670	5.1	6.2	2017
21	60	132	194	1.1	670	6.3	7.3	2017
22	63	133	191	1.0	670	5.5	6.5	2017
23	66	133	187	1.0	670	5.1	6.1	2017
24	69	134	187	0.9	670	4.4	5.3	2017

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

AA'-P

La sezione, svolta parallelamente agli edifici in progetto , mostra una netta differenza di velocità fra i primi livelli , costituiti da materiali prevalentemente sciolti ed il sottostante livello lapideo

Fig.1

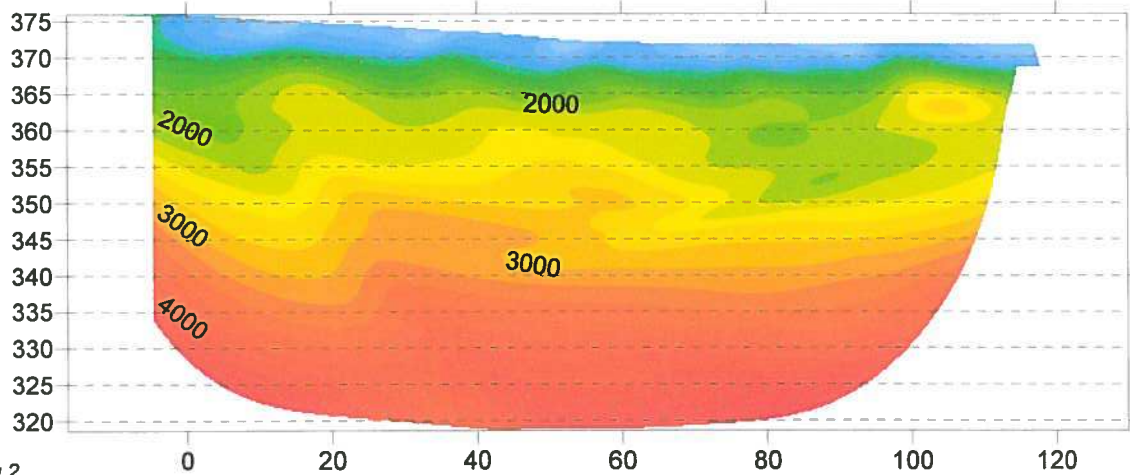
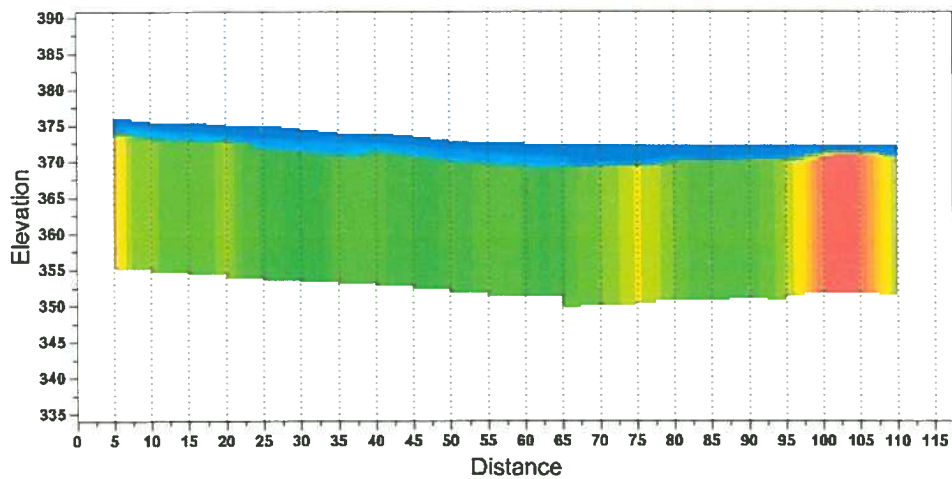


Fig.2



Tale andamento è confermato sia con l'elaborazione ottenuta con il metodo dei G.R.M. (fig.2) che con la tomografia sismica (a cui si è fatto riferimento per l'interpretazione stratigrafica).

Sulla tomografia si nota inoltre un maggior numero di informazioni sul litotipo di base, con la possibile presenza di una lente nella parte terminale della sezione.

### AA'-Sh

L'analisi svolta con le onde Sh mostra molte analogie, ma anche qualche differenza con l'analisi svolta con le onde di volume.

Fig.3

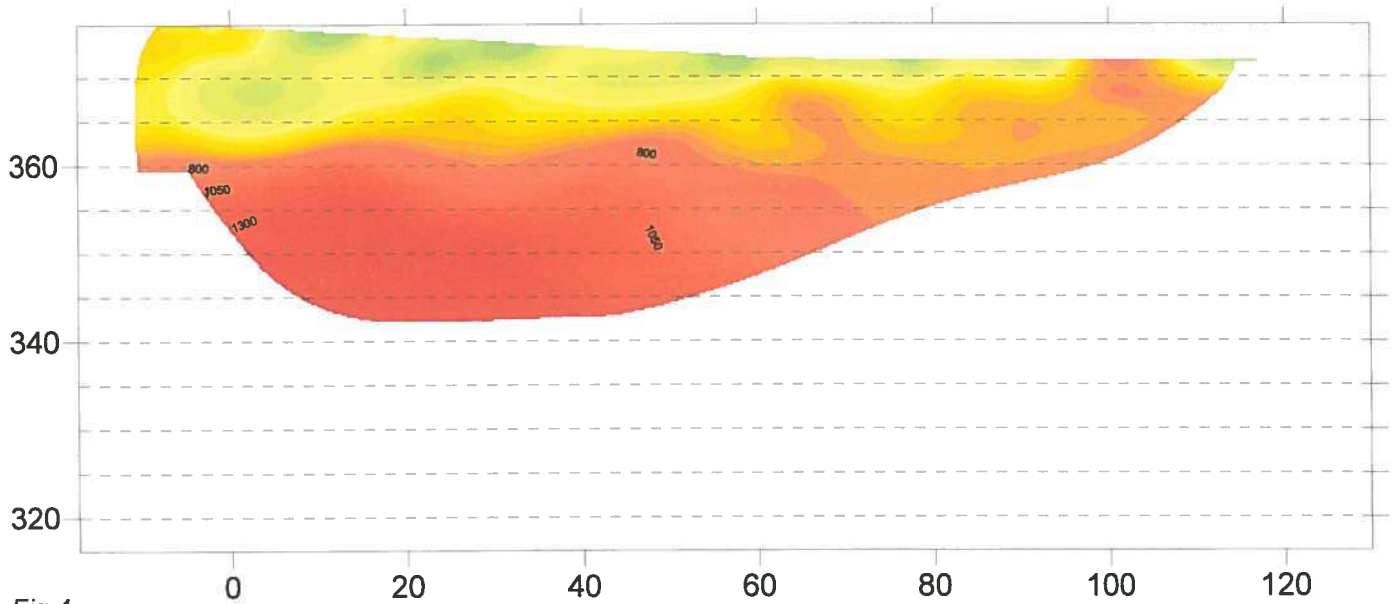
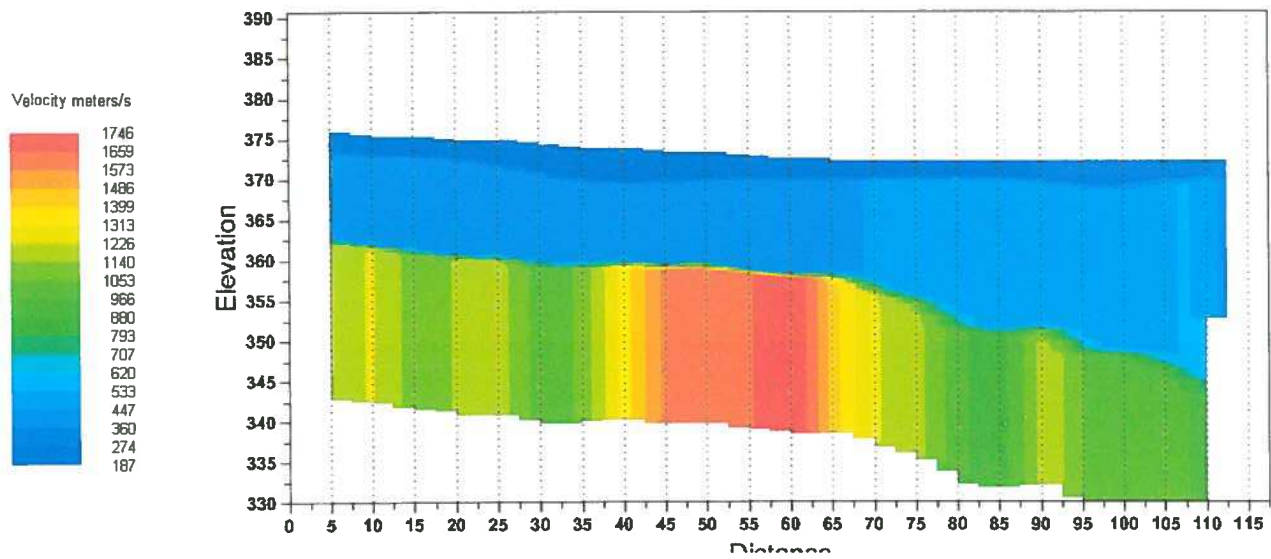


Fig.4



Anche in questo l'interpretazioni con i G.R.M. (fig.3) e con la tecnica tomografica (fig.4) mostrano risultati simili, con i G.R.M. che discretizzano essenzialmente il contatto fra la fascia più superficiale dei materiali sciolti ed i sottostanti materiali litoidi.

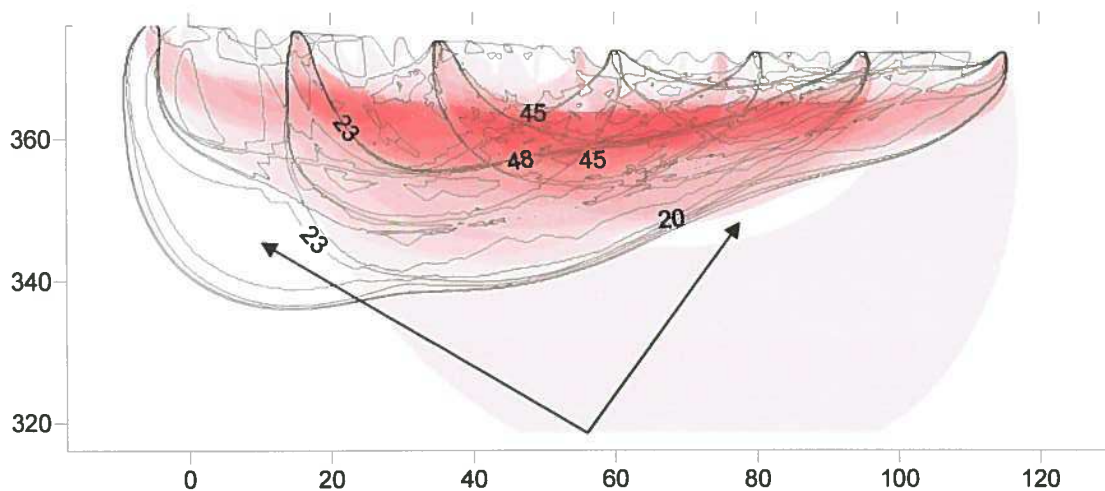
Si notano altresì, in maniera più netta rispetto al rilievo in P, due fasce con velocità intermedia, una all'inizio ed una alla fine del profilo

#### AA'-P+Sh

Da un confronto fra le sezioni in P ed Sh si evince la possibile esistenza di due fasce, probabilmente interne al litoide, caratterizzate da velocità minori rispetto al sottostante bedrock.

Tale informazione ci viene fornita inoltre dal percorso del raggio sismico, che in Sh individua una zona d'ombra nella parte iniziale della sezione, mentre nel rilievo in P si nota tale fenomeno nella parte finale della medesima.

La zona caratterizzata dalla presenza di materiali sciolti ( A ) mostra un aumento di spessore passando dalla parte finale alla parte iniziale della sezione.



*Fig.5-Percorso del raggio sismico in onde P( tonalità di rosso) ed Sh (linee nere), con le frecce vengono indicate le due zone d'ombra del raggio sismico. L'addensamento massimo delle linee si ha al contatto fra roccia e materiali sciolti.*

## CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICO-DINAMICA DEI LITOTIPI INCONTRATI

Per la discretizzazione geotecnica dei materiali incontrati si fa riferimento a valori delle velocità lette sulle dromocrone ( pendenza delle medesime ) , che corrispondono grossomodo ai valori medi delle velocità estrapolate con la tecnica tomografica .

A= trattasi probabilmente di materiali sciolti, presentano velocità in P ed Sh basse, con una velocità media in Sh di 208 m./sec. ed una velocità in P di 486 m./sec.

B=si sono registrate velocità medie in Sh di 353 m./sec. e di 1700 m./sec. in P

C=si sono registrate velocità medie di 500 m./sec. in Sh e di 1900 m./sec. in P

Probabilmente B e C appartengono ad un'unica unità stratigrafica , di cui il sismostrato B rappresenta la fase più alterata.

La notevole differenza fra velocità in P ed Sh potrebbe stare ad indicare la presenza di falda , mentre da un punto di vista stratigrafico tali velocità sono compatibili con sedimenti sciolti da mediamente addensati ad addensati o con livelli lapidei a prevalente natura argilloscitica (che sono caratterizzati da velocità in Sh sui 500 m/sec ed in p prossime ai 2000 m/sec ).

D=substrato lapideo, la velocità del medesimo risulta di circa 1100 m/sec in Sh e di 2500 m/sec in P

Si allega una tabella con i valori dei parametri dinamici ricavati dai dati delle velocità:

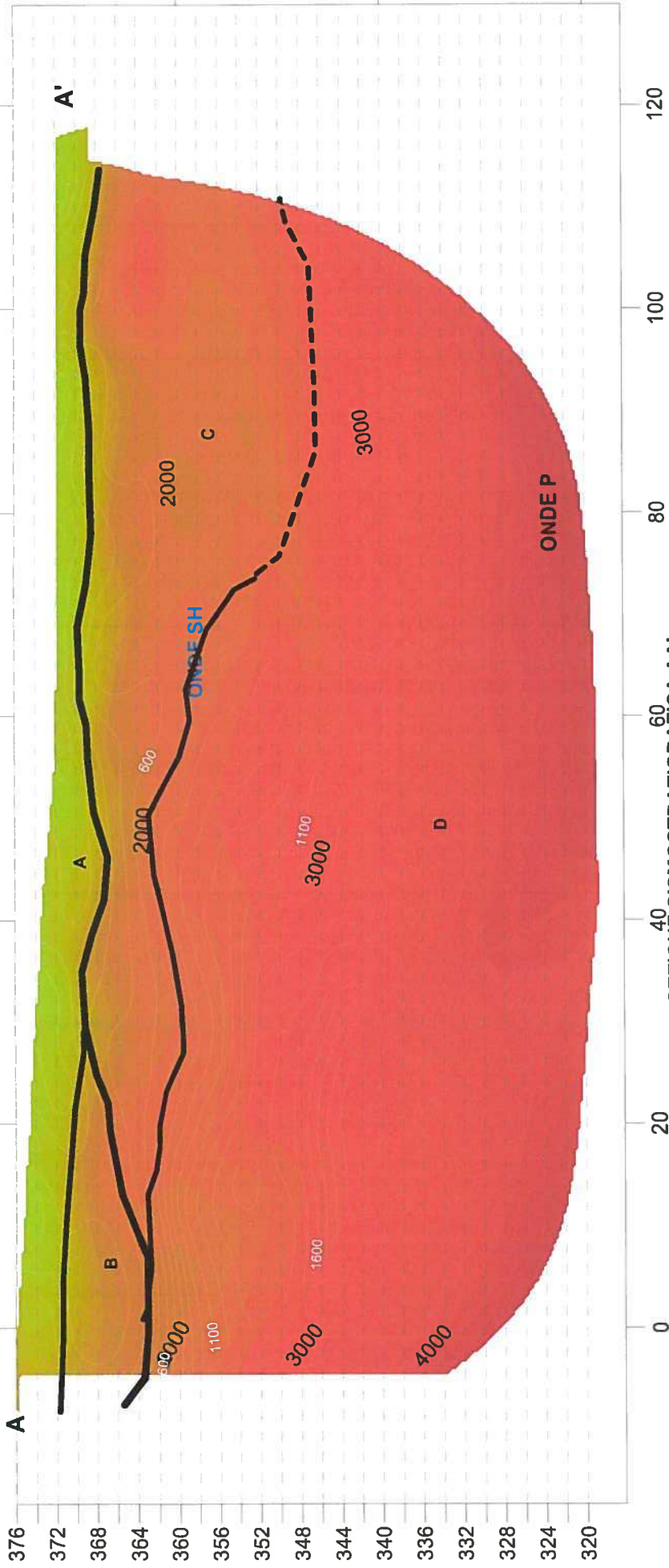
Strati n°	$V_P$ [m/s]	$\gamma$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\nu$	$V_S$ [m/s]	$G_o$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
A	486	1700	0.3878	208	750
B	1700	1800	0.4772	355	2313
C	1900	1800	0.4628	500	4588
D	2500	2000	0.35	1200	29414

$V_P$  Velocità medie onde longitudinali  
 $V_S$  Velocità medie onde di Taglio  
 $\gamma$  Peso di volume della litologia  
 $\nu$  Modulo di Poisson (numero puro)  
 $G_o$  Modulo di taglio dinamico

## CATEGORIA DI SUOLO

Si riscontra la presenza fra 3 e 15 metri di un contatto fra materiali sciolti e roccia  
La classe sismica di riferimento per l'intera lottizzazione sarà **E**

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



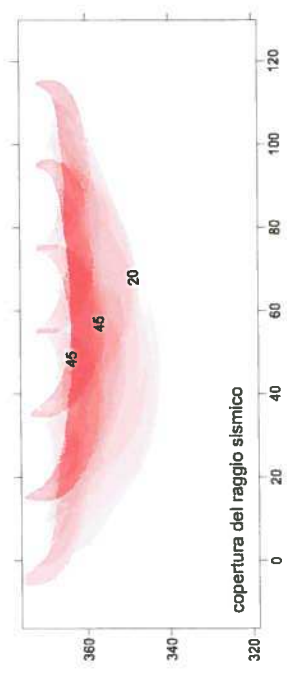
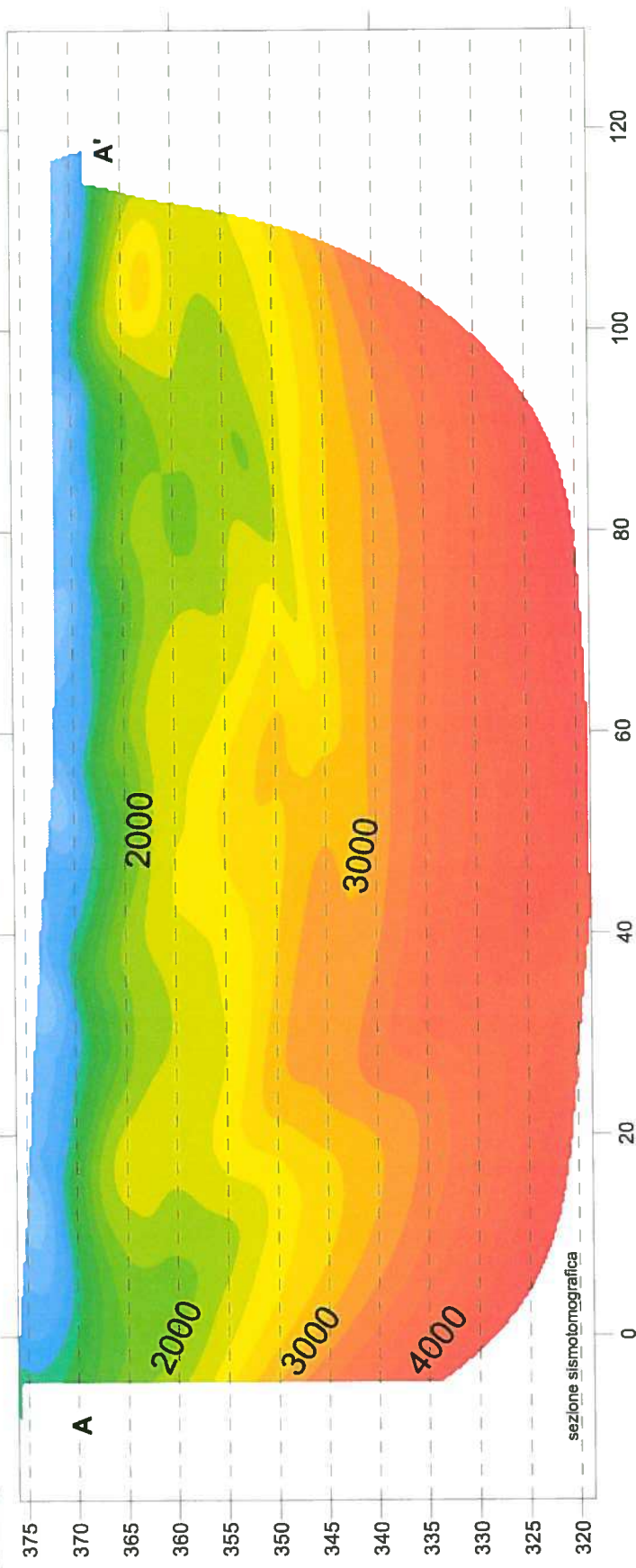
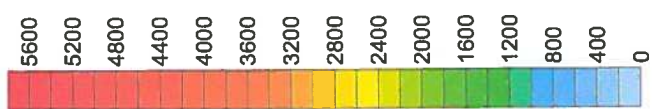
**SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA AA'**  
 Alla sezione sismotomografica in p (grafico colorato) è stato sovrapposto il rilievo in Sh (linee bianche).

Strati n°	V <sub>p</sub> [m/s]	γ [kg/m <sup>3</sup> ]	v	V <sub>s</sub> [m/s]	Go [kg/cm <sup>2</sup> ]
A	486	1700	0.3878	208	750
B	1700	1800	0.4772	355	2313
C	1900	1800	0.4628	500	4588
D	2500	2000	0.35	1200	29414

V<sub>p</sub> Velocità medie onde longitudinali  
 V<sub>s</sub> Velocità medie onde di Taglio  
 γ Peso di volume della litologia  
 v Modulo di Poisson (numero puro)  
 Go Modulo di taglio dinamico

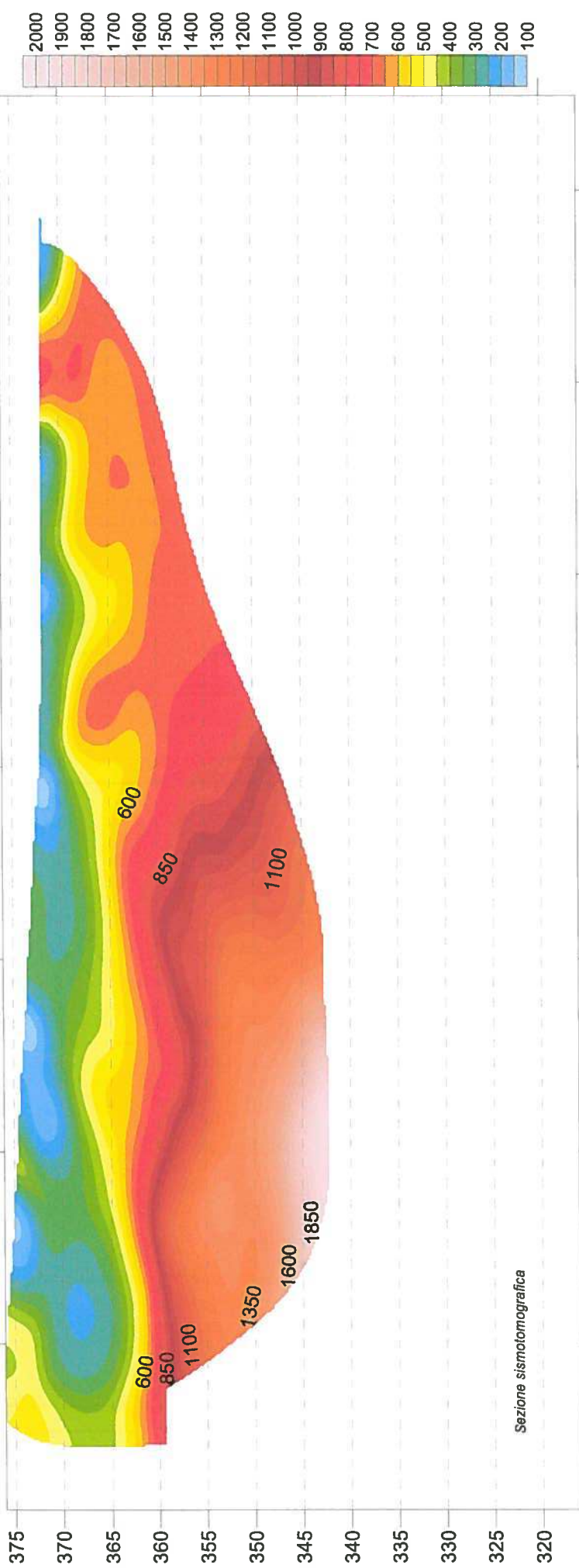
A= trattasi probabilmente di materiali sciolti, presentano velocità in P ed Sh basse, con una velocità media in Sh di 208 m/sec ed una velocità in P di 486 m/sec.  
 B=si sono registrate velocità medie in Sh di 353 m/sec e di 1700 m/sec in P.  
 C=si sono registrate velocità medie di 500 m/sec in Sh e di 1900 m/sec in P.  
 Probabilmente B e C appartengono ad un'unica unità stratigrafica, di cui il sismostrato B rappresenta la fase più alterata.  
 La notevole differenza fra velocità in P ed Sh potrebbe stare ad indicare la presenza di faida, mentre da un punto di vista stratigrafico tali velocità sono compatibili con sedimenti sciolti da mediamente addensati ad addensati o con livelli lapidei a prevalente natura argillosistica (che sono caratterizzati da velocità in Sh sui 500 m/sec ed in p prossime ai 2000 m/sec).  
 D=substrato lapideo, la velocità del medesimo risulta di circa 1100 m/sec in Sh e di 2500 m/sec in P.





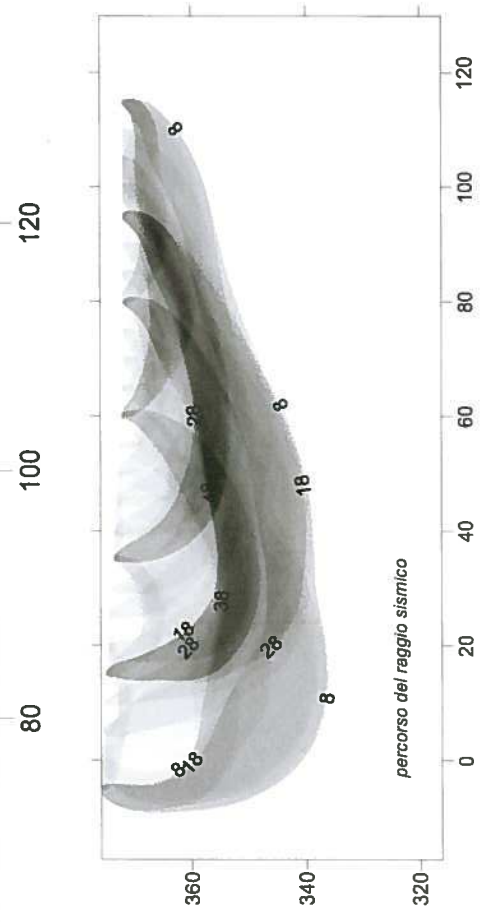
SEZIONE SISMOTOMOGRAFICA - Rappresentazione bidimensionale dove attraverso una scala cromatica viene rappresentata la variazione di velocità all'interno dei terreni indagati  
 COPERTURA DEL RAGGIO SISMICO - Percorso del raggio sismico nel sottosuolo

**SEZIONE SISMOTOMOGRAFICA AA'-ONDE P**



**SEZIONE SIMOSTRATIGRAFICA AA' IN SH**

SEZIONE SIMOTOMOGRAFICA -Rappresentazione bidimensionale dove attraverso una scala cromatica viene rappresentata la variazione di velocità all'interno dei terreni indagati  
 COPERTURA DEL RAGGIO SISMICO-Percorso del raggio sismico nel sottosuolo



BB'

La sezione BB' mostra un modello sismostratigrafico costituito da 2 orizzonti , il primo caratterizzato da sedimenti sciolti, il secondo da substrato litoide. Possibile un aumento di spessore della coltre ed una diminuzione di compattezza del litoide andando verso la parte iniziale della sezione.

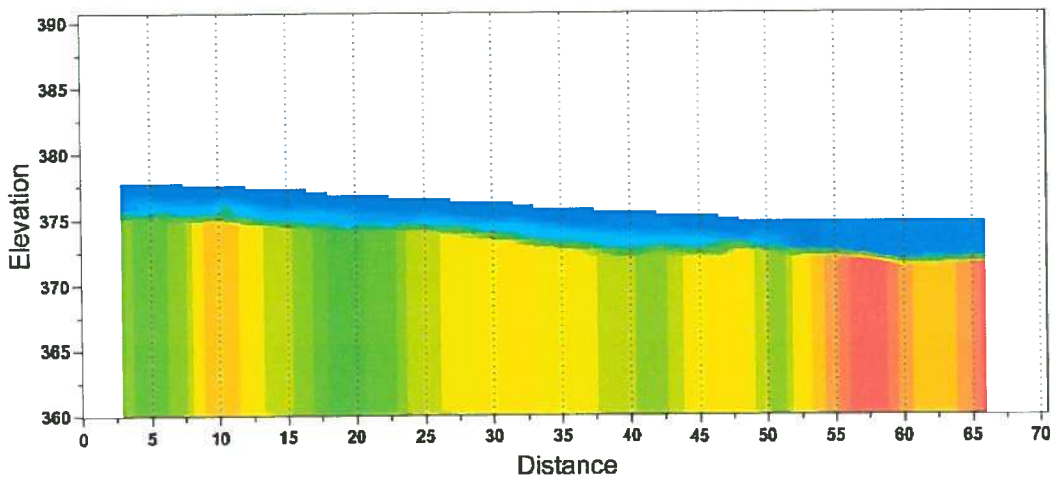


Fig.6

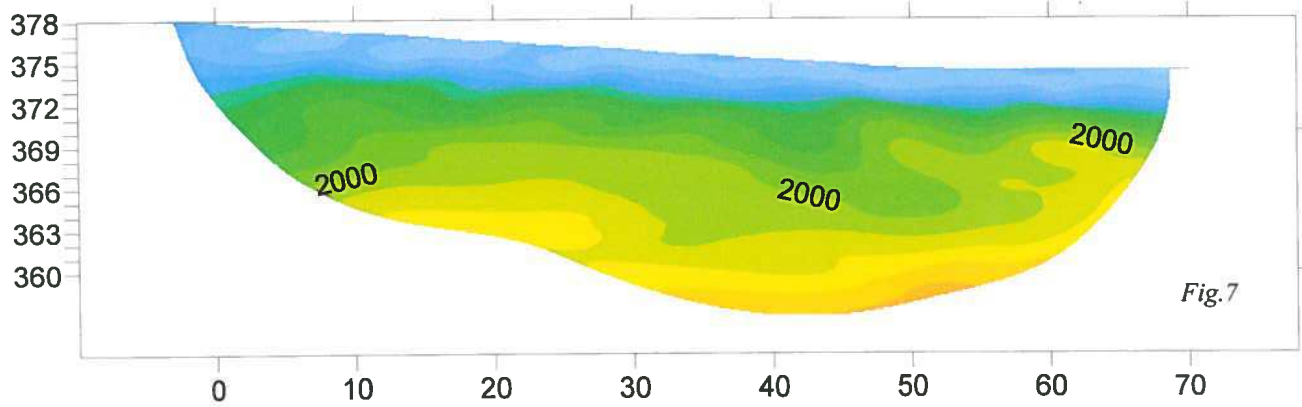


Fig.7

## CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICO-DINAMICA DEI LITOTIPI INCONTRATI

Per la discretizzazione geotecnica dei materiali incontrati si fa riferimento a valori delle velocità lette sulle dromocrone ( pendenza delle medesime ) , che corrispondono grossomodo ai valori medi delle velocità estrapolate con la tecnica tomografica .

A= trattasi probabilmente di materiali sciolti, presentano velocità in P ed Sh basse, con una velocità media in Sh di 208 m./sec. ed una velocità in P di 486 m./sec.

B=si sono registrate velocità medie in Sh di 353 m./sec. e di 1700 m./sec. in P

C=si sono registrate velocità medie di 500 m./sec. in Sh e di 1900 m./sec. in P

Probabilmente B e C appartengono ad un'unica unità stratigrafica , di cui il sismostrato B rappresenta la fase più alterata.

La notevole differenza fra velocità in P ed Sh potrebbe stare ad indicare la presenza di falda , mentre da un punto di vista stratigrafico tali velocità sono compatibili con sedimenti sciolti da mediamente addensati ad addensati o con livelli lapidei a prevalente natura argilloscitica (che sono caratterizzati da velocità in Sh sui 500 m/sec ed in p prossime ai 2000 m/sec ).

D=substrato lapideo, la velocità del medesimo risulta di circa 1100 m/sec in Sh e di 2500 m/sec in P

Si allega una tabella con i valori dei parametri dinamici ricavati dai dati delle velocità:

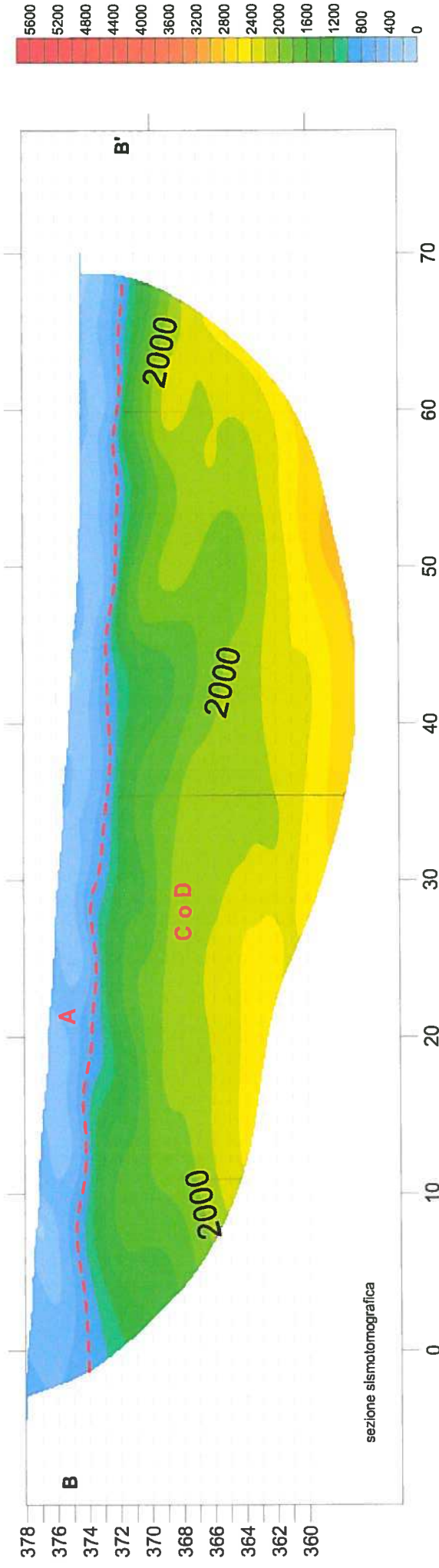
Strati n°	$V_P$ [m/s]	$\gamma$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\nu$	$V_S$ [m/s]	$G_o$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
A	486	1700	0.3878	208	750
B	1700	1800	0.4772	355	2313
C	1900	1800	0.4628	500	4588
D	2500	2000	0.35	1200	29414

$V_P$  Velocità medie onde longitudinali  
 $V_S$  Velocità medie onde di Taglio  
 $\gamma$  Peso di volume della litologia  
 $\nu$  Modulo di Poisson (numero puro)  
 $G_o$  Modulo di taglio dinamico

## CATEGORIA DI SUOLO

Si riscontra la presenza fra 3 e 15 metri di un contatto fra materiali sciolti e roccia  
La classe sismica di riferimento per l'intera lottizzazione sarà **E**

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



SEZIONE SISMOTOMOGRAFICA -Rappresentazione bidimensionale dove attraverso una scala cromatica viene rappresentata la variazione di velocità all'interno dei terreni indagati  
 COPERTURA DEL RAGGIO SISMICO-Percorso del raggio sismico nel sottosuolo

## SEZIONE SISMOTOMOGRAFICA BB'

A= trattasi probabilmente di materiali sciolti, presentano velocità in P ed Sh basse, con una velocità media in Sh di 208 m/sec ed una velocità in P di 486 m/sec.

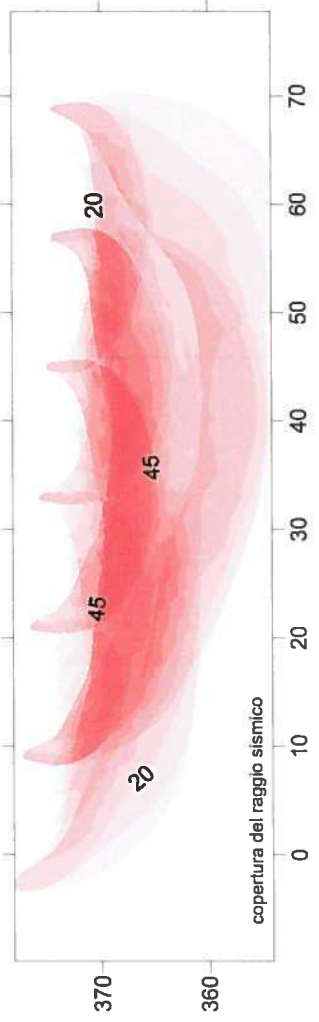
B=si sono registrate velocità medie in Sh di 353 m/sec e di 1700 m/sec in P

C=si sono registrate velocità medie di 500 m/sec in Sh e di 1900 m/sec in P

Probabilmente B e C appartengono ad un'unica unità stratigrafica, di cui il sismostrato B rappresenta la fase più alterata.

La notevole differenza fra velocità in P ed Sh potrebbe stare ad indicare la presenza di falda, mentre da un punto di vista stratigrafico tali velocità sono compatibili con sedimenti sciolti da mediamente addensati ad addensati o con livelli lapidei a prevalente natura argilloscistica (che sono caratterizzati da velocità in Sh sui 500 m/sec ed in P prossime ai 2000 m/sec).

D=substrato lapideo, la velocità del medesimo risulta di circa 1100 m/sec in Sh e di 2500 m/sec in P



CC'

Anche in questo caso si nota un modello costituito da due sismostrati, con una coltre di materiali sciolti giacenti sopra un substrato rigido.

La compattezza di tale substrato sembra variare verso la parte iniziale della sezione, con una diminuzione della compattezza ed una conseguente diminuzione delle velocità

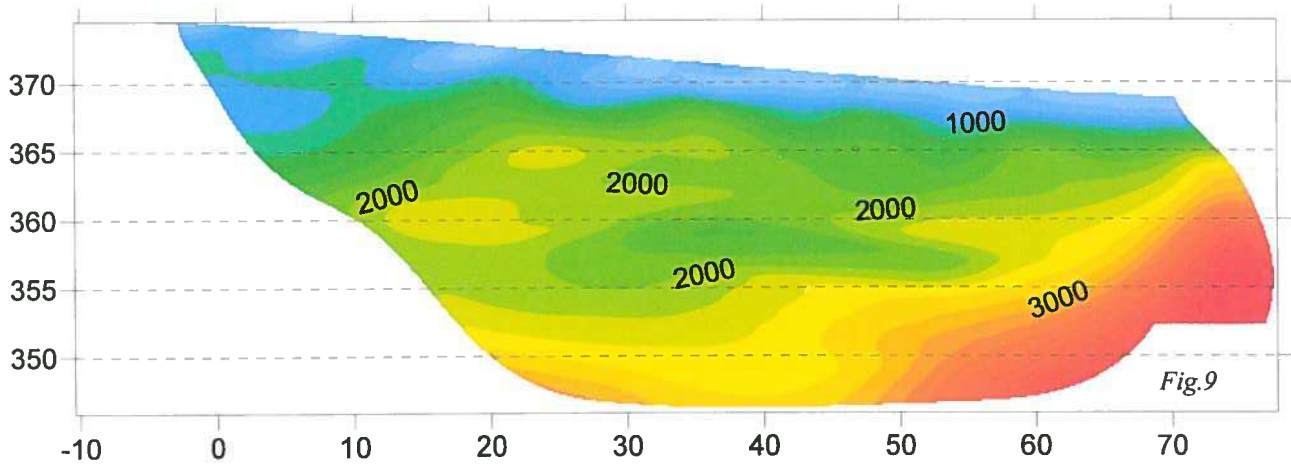
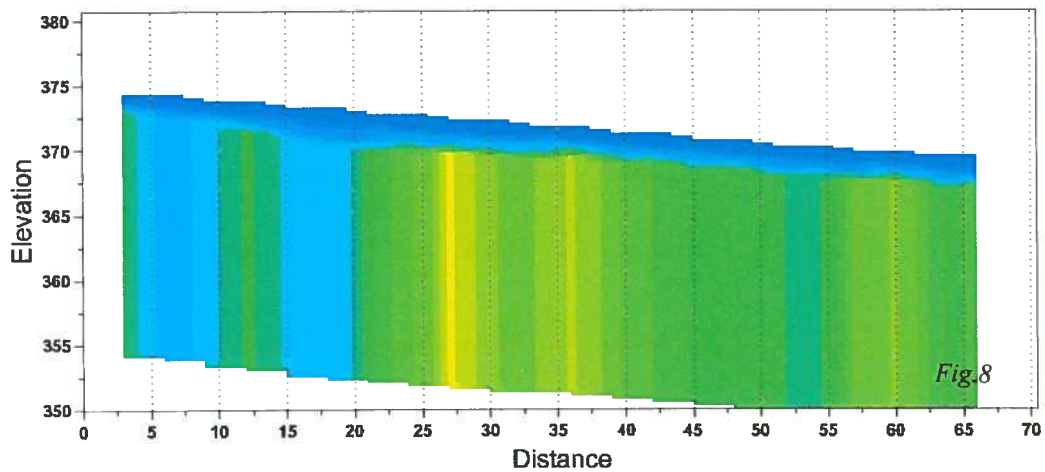


Fig.8 e Fig.9-sismostrazione ottenuta con il metodo dei G.R.M. e con tecnica tomografica

## CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICO-DINAMICA DEI LITOTIPI INCONTRATI

Per la discretizzazione geotecnica dei materiali incontrati si fa riferimento a valori delle velocità lette sulle dromocrone ( pendenza delle medesime ) , che corrispondono grossomodo ai valori medi delle velocità estrapolate con la tecnica tomografica .

A= trattasi probabilmente di materiali sciolti, presentano velocità in P ed Sh basse, con una velocità media in Sh di 208 m./sec. ed una velocità in P di 486 m./sec.

B=si sono registrate velocità medie in Sh di 353 m./sec. e di 1700 m./sec. in P

C=si sono registrate velocità medie di 500 m./sec. in Sh e di 1900 m./sec. in P

Probabilmente B e C appartengono ad un'unica unità stratigrafica , di cui il sismostrato B rappresenta la fase più alterata.

La notevole differenza fra velocità in P ed Sh potrebbe stare ad indicare la presenza di falda , mentre da un punto di vista stratigrafico tali velocità sono compatibili con sedimenti sciolti da mediamente addensati ad addensati o con livelli lapidei a prevalente natura argilloscitica (che sono caratterizzati da velocità in Sh sui 500 m/sec ed in p prossime ai 2000 m/sec ).

D=substrato lapideo, la velocità del medesimo risulta di circa 1100 m/sec in Sh e di 2500 m/sec in P

Si allega una tabella con i valori dei parametri dinamici ricavati dai dati delle velocità:

Strati n°	$V_P$ [m/s]	$\gamma$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\nu$	$V_S$ [m/s]	$G_o$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
A	486	1700	0.3878	208	750
B	1700	1800	0.4772	355	2313
C	1900	1800	0.4628	500	4588
D	2500	2000	0.35	1200	29414

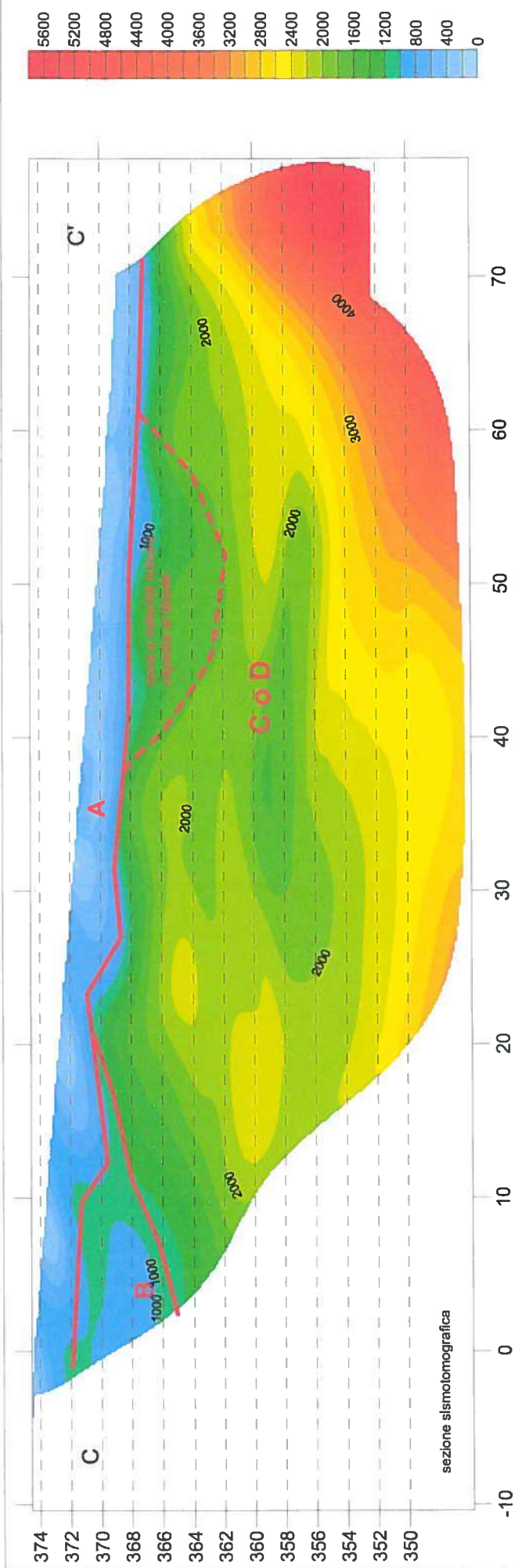
$V_P$  Velocità medie onde longitudinali  
 $V_S$  Velocità medie onde di Taglio  
 $\gamma$  Peso di volume della litologia  
 $\nu$  Modulo di Poisson (numero puro)  
 $G_o$  Modulo di taglio dinamico



## CATEGORIA DI SUOLO

Si riscontra la presenza fra 3 e 15 metri di un contatto fra materiali sciolti e roccia  
La classe sismica di riferimento per l'intera lottizzazione sarà **E**

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



## SEZIONE SISMOTOMOGRAFICA e SIMOSTRATIGRAFICA CC'

A= trattasi probabilmente di materiali sciolti, presentano velocità in P ed Sh basse, con una velocità media in Sh di 208 m/sec ed una velocità in P di 486 m/sec.

B=si sono registrate velocità medie in Sh di 353 m/sec e di 1700 m/se in P

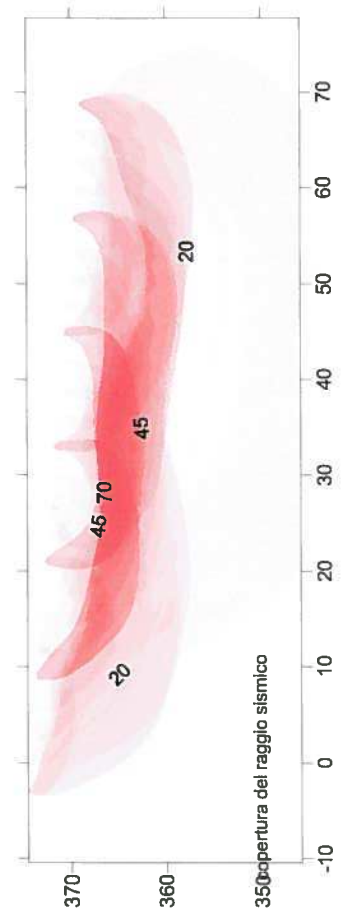
C=si sono registrate velocità medie di 500 m/sec in Sh e di 1900 m/sec in P

Probabilmente B e C appartengono ad un'unica unità stratigrafica , di cui il sismostrato B rappresenta la fase più alterata.

La notevole differenza fra velocità in P ed Sh potrebbe stare ad indicare la presenza di falda , mentre da un punto di vista stratigrafico tali velocità sono compatibili con sedimenti sciolti da mediamente addensati ad addensati o con livelli lapidei a prevalente natura argiloscitica (che sono caratterizzati da velocità in Sh sui 500 m/sec ed in p prossime ai 2000 m/sec ).

D=substrato lapideo, la velocità del medesimo risulta di circa 1100 m/sec in Sh e di 2500 m/sec in P

SEZIONE SISMOTOMOGRAFICA -Rappresentazione bidimensionale dove attraverso una scala cromatica viene rappresentata la variazione di velocità all'interno dei terreni indagati COPERTURA DEL RAGGIO SISMICO-Percorso del raggio sismico nel sottosuolo

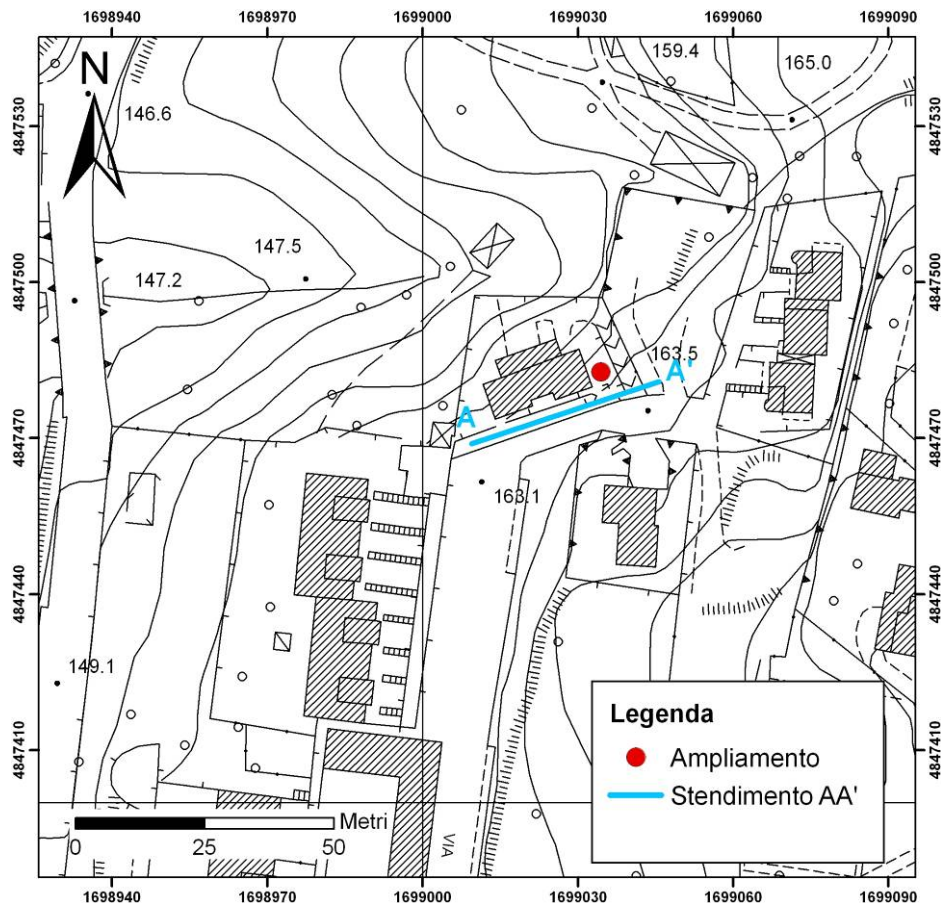


## 5.1. DATI TECNICI PROFILO AA'

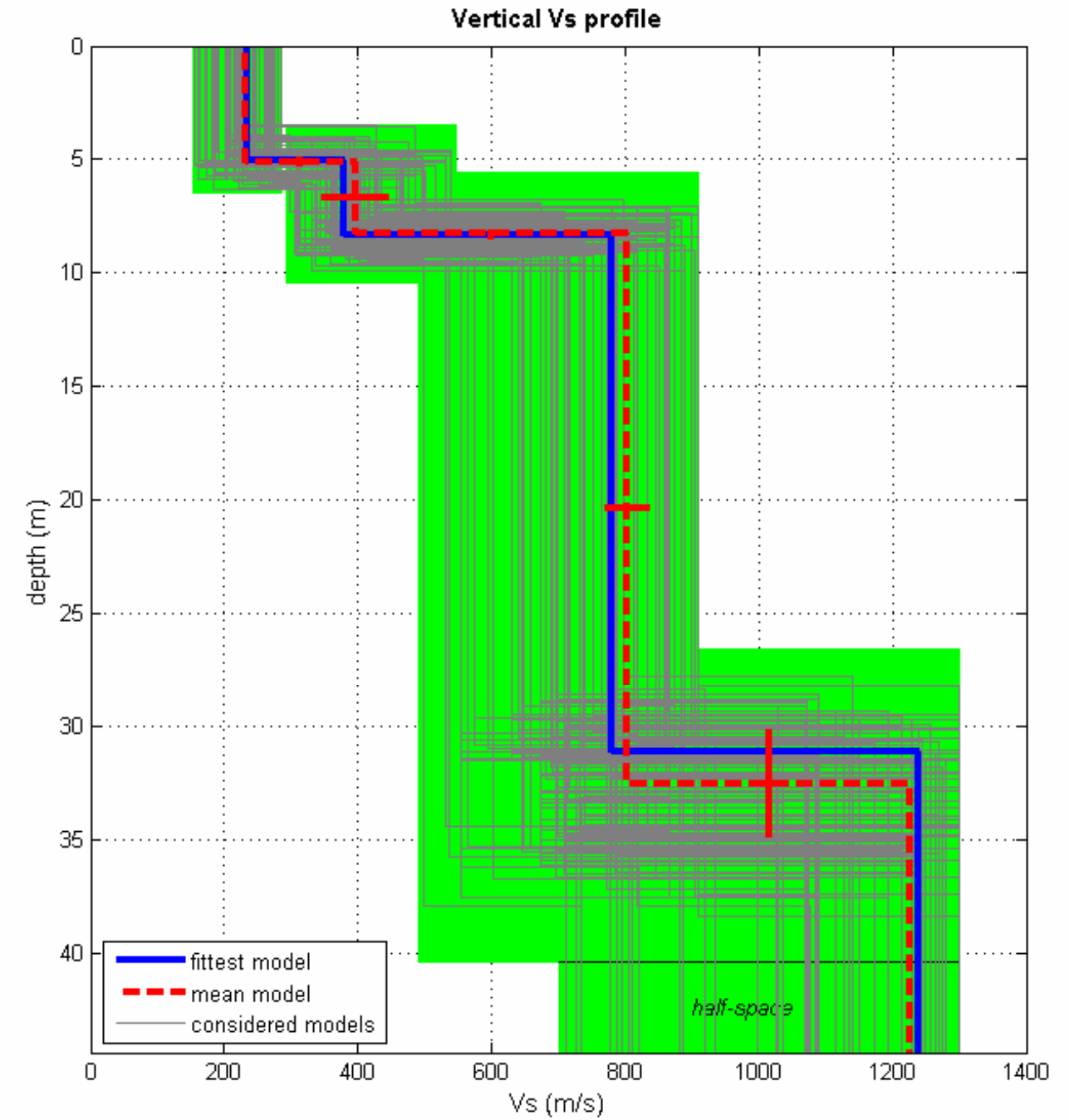
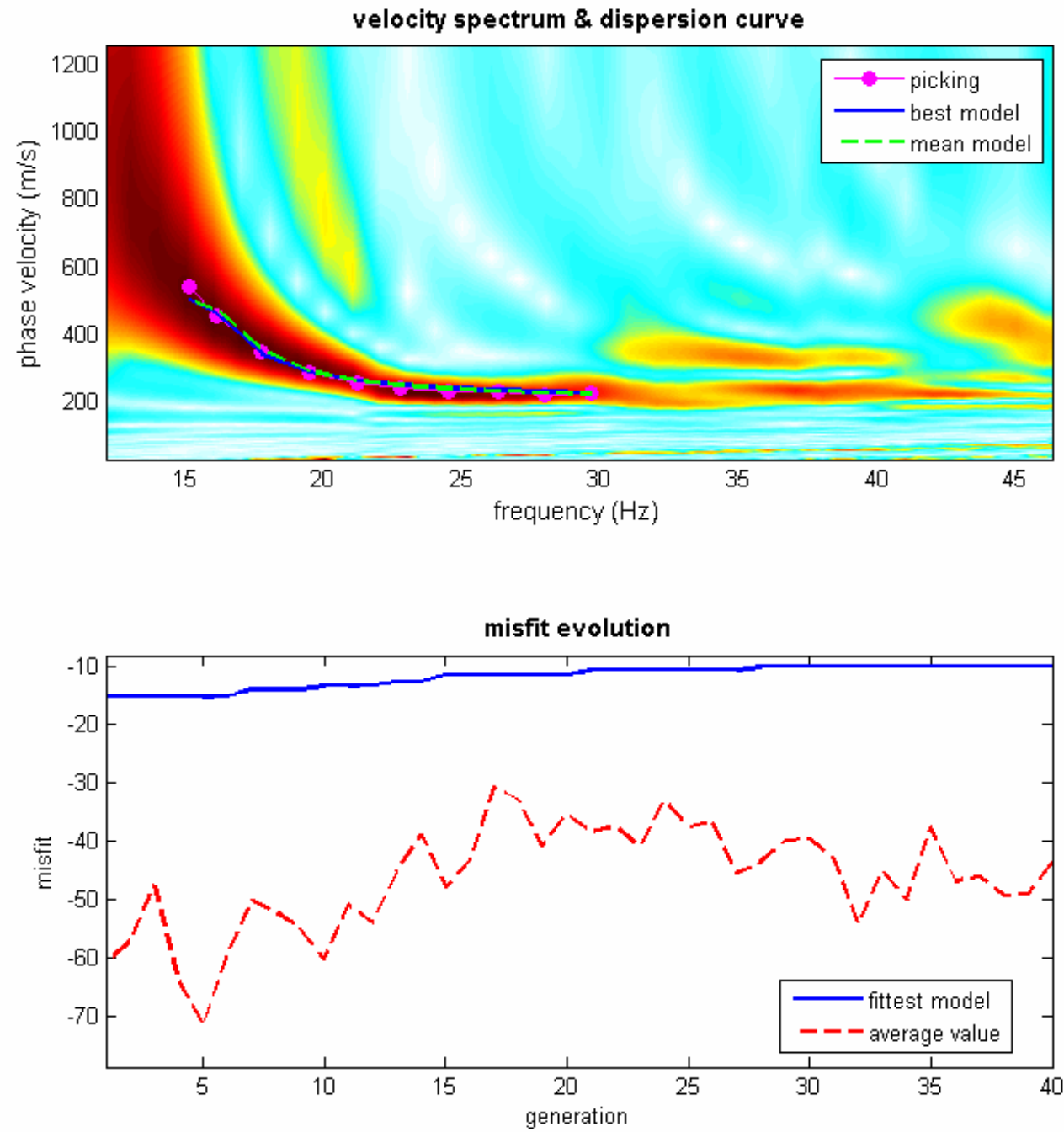
### Dati tecnici di campagna:

Giorno del rilievo:	15/02/10
Nome del file:	AA'_35.sgy
Metodo di acquisizione:	MASW
Lunghezza dello stendimento:	34 m
N° di geofoni:	18
Tipo di geofoni:	4,5 Hz
Spaziatura dei geofoni:	2 m
N° di energizzazioni:	2
Tempo di campionamento:	1 ms
Tempo di registrazione:	6 s

### Posizione dello stendimento



## 5.2. RISULTATI ACQUISIZIONE MASW PROFILO AA'



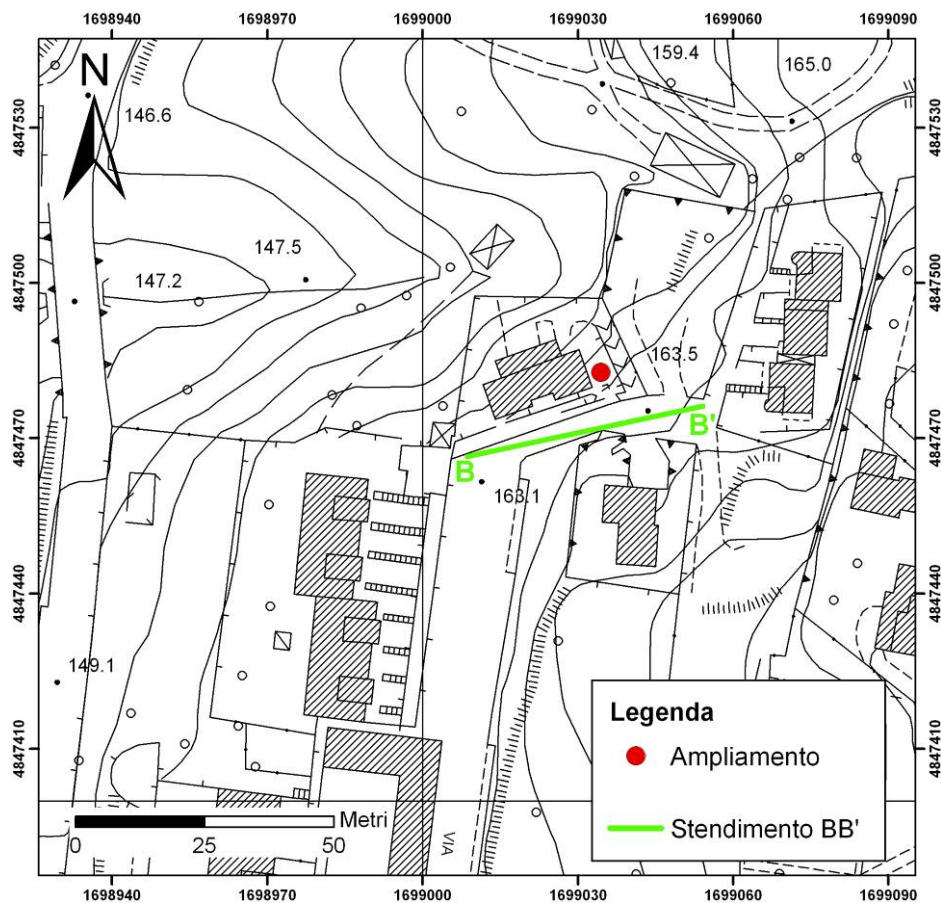
dataset: 35.dat  
 dispersion curve: PICK<sub>0</sub>.1.cdp  
 VS30 (best model): 516 m/s  
 VS30 (mean model): 525 m/s

### 5.3. DATI TECNICI PROFILO BB'

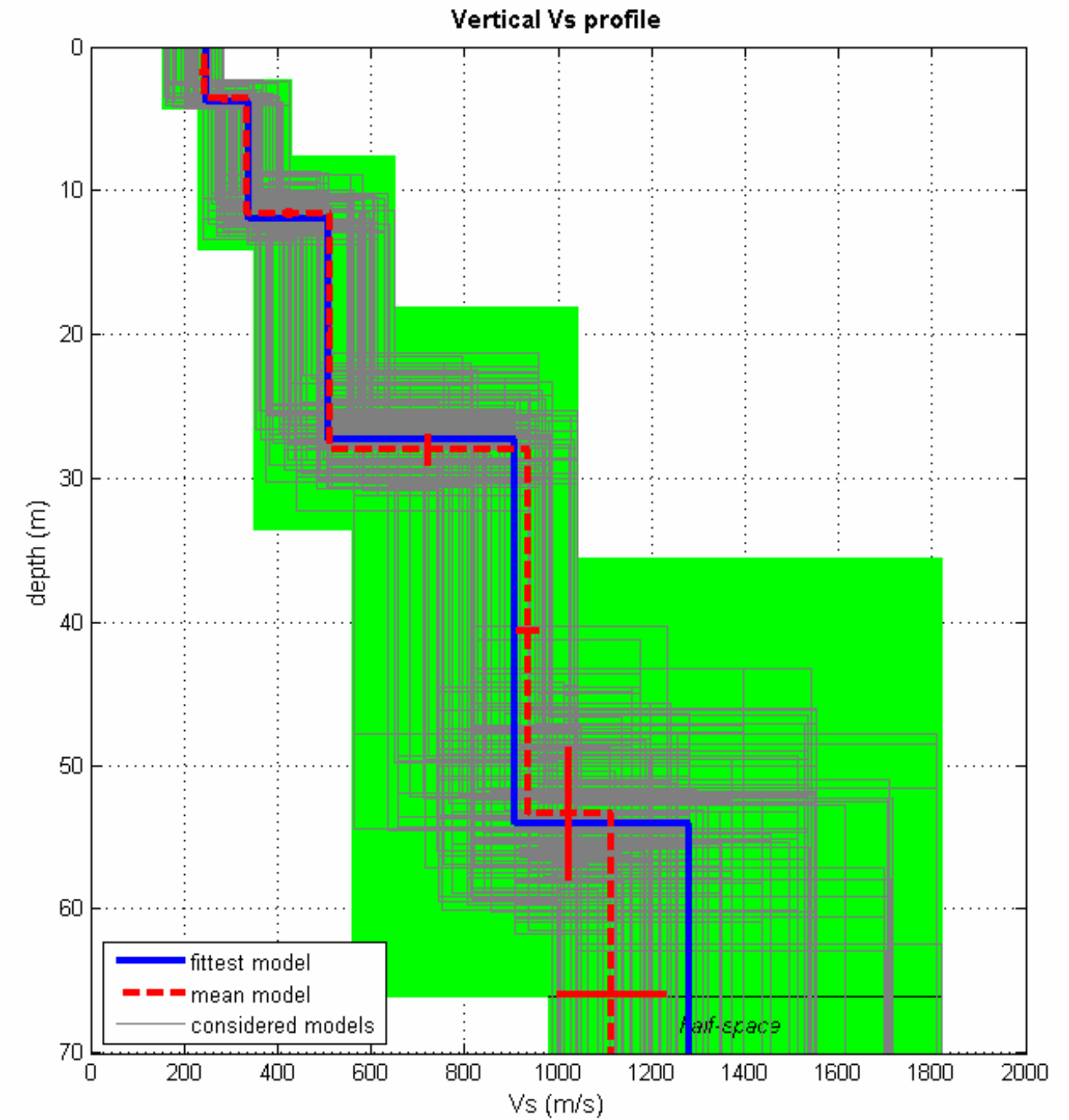
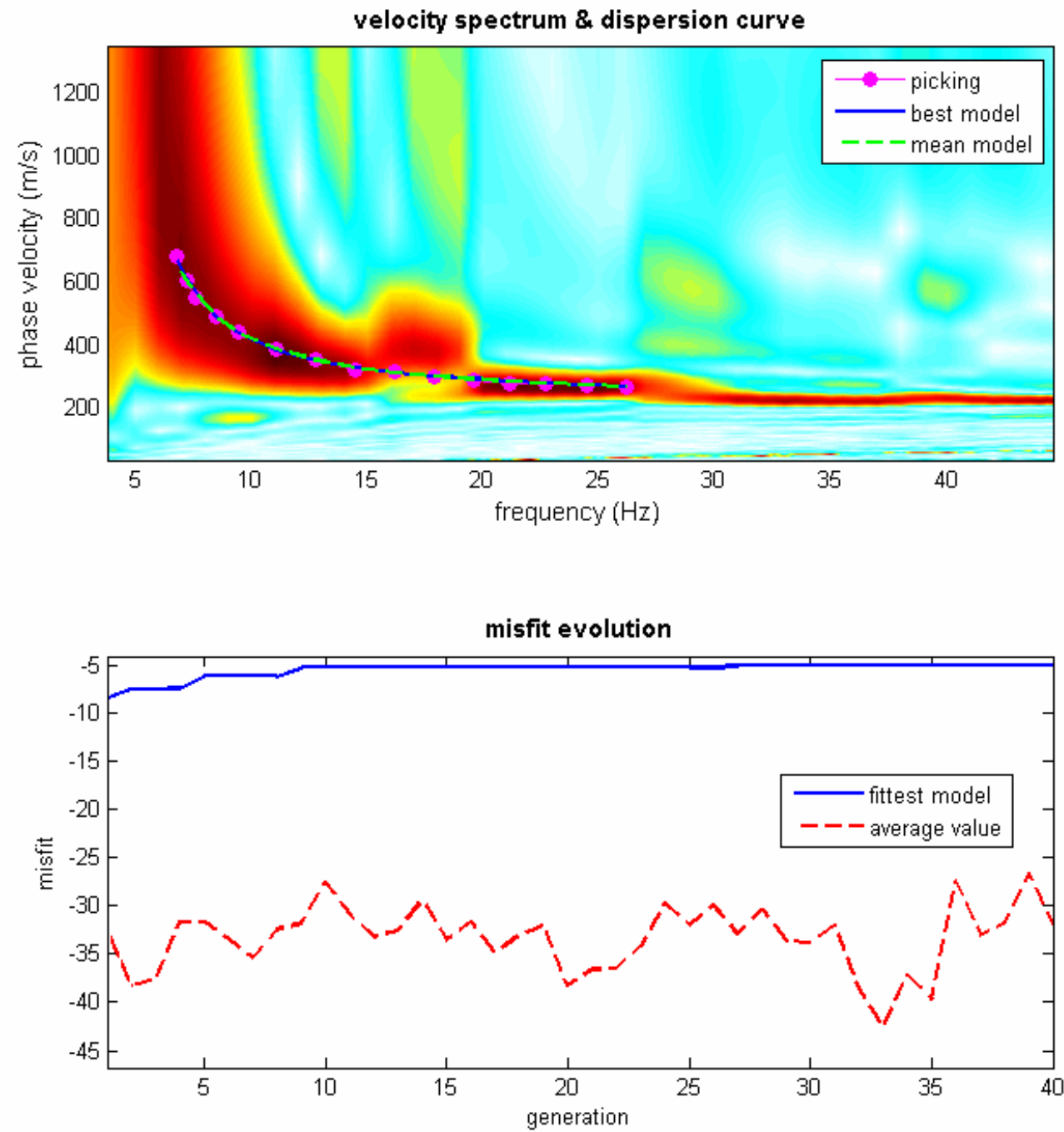
#### Dati tecnici di campagna:

Giorno del rilievo:	15/02/10
Nome del file:	BB'_43.sgy
Metodo di acquisizione:	MASW
Lunghezza dello stendimento:	42 m
N° di geofoni:	22
Tipo di geofoni:	4,5 Hz
Spaziatura dei geofoni:	2 m
N° di energizzazioni:	2
Tempo di campionamento:	1 ms
Tempo di registrazione:	6 s

#### Posizione dello stendimento



## 5.4. RISULTATI ACQUISIZIONE MASW PROFILO BB'



dataset: CUT<sub>4</sub>3-02.sgy

dispersion curve: PICK<sub>4</sub>3-02-01.cdp

VS30 (best model): 415 m/s

VS30 (mean model): 412 m/s

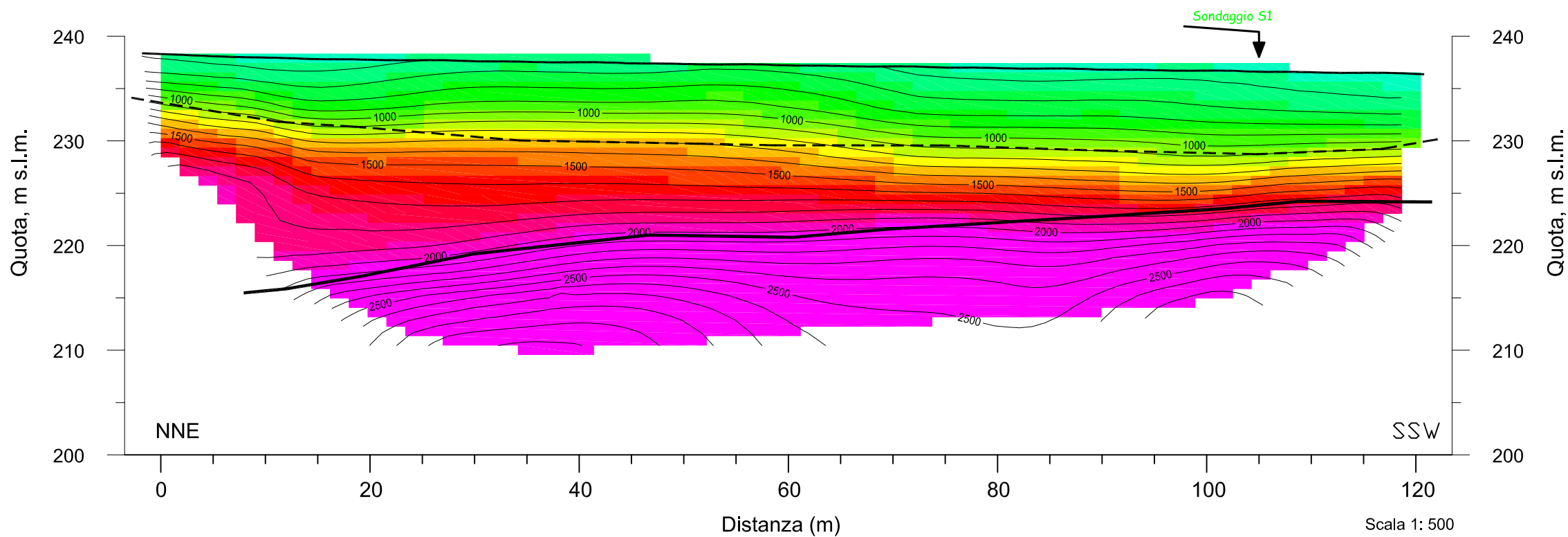
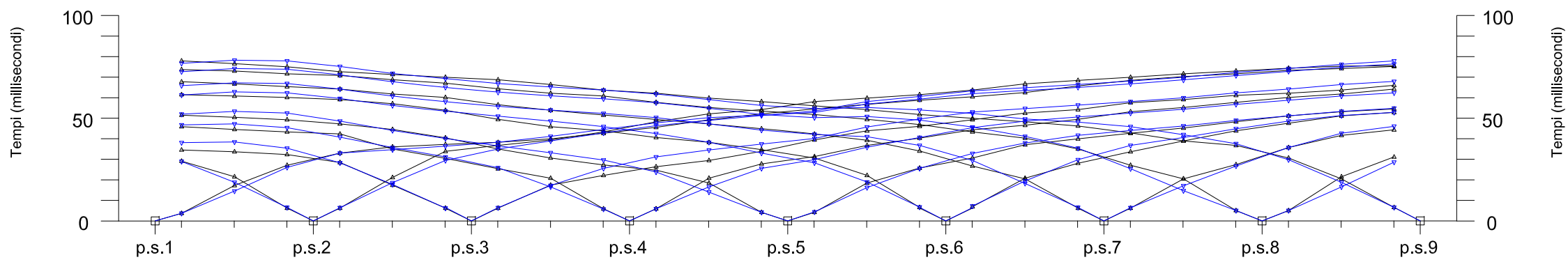
## Commenti

I risultati delle indagini MASW indicano che l'area in esame può essere collocata, secondo la normativa italiana (D.M. 14/01/2008), in categoria B (Tabella 1), in particolare per le varie indagini si sono ottenuti i seguenti valori:

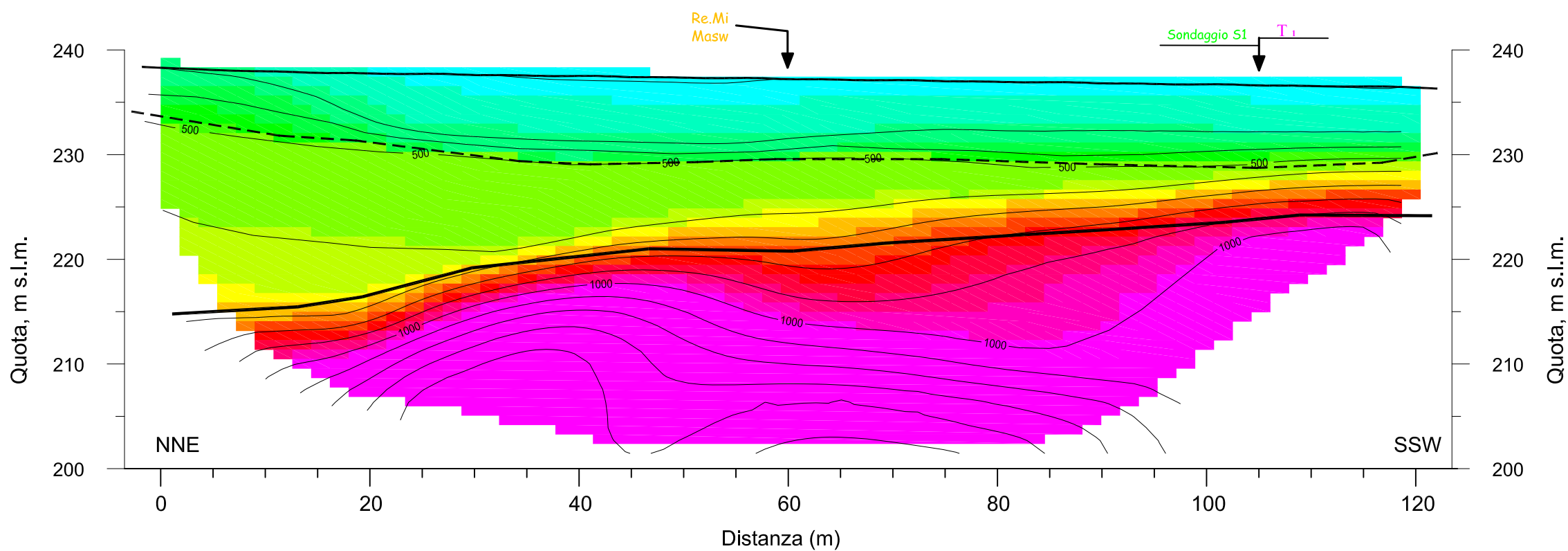
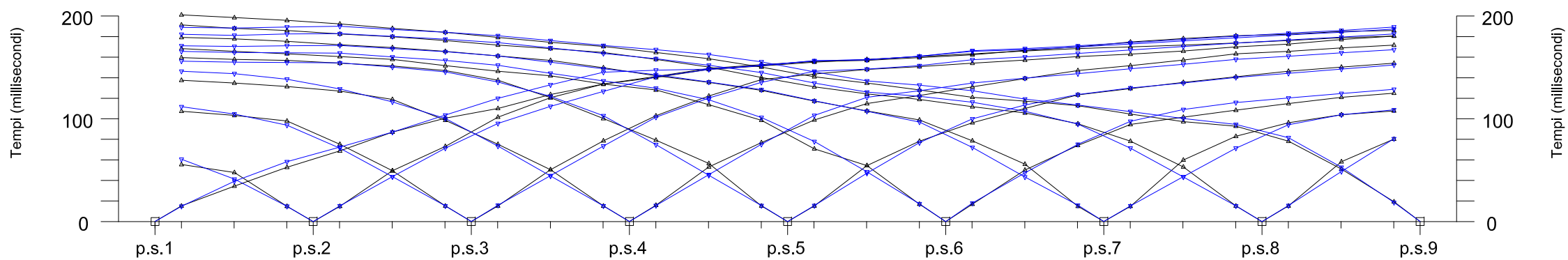
- Prova MASW (Multichannel analysis of surface waves) linea AA' – Vs30 (velocità delle onde S nei primi 30 metri) = 516 m/s.
- Prova MASW (Multichannel analysis of surface waves) linea BB' – Vs30 (velocità delle onde S nei primi 30 metri) = 415 m/s.

# Profilo onde P

Numero Archivio  
49\_SR



# Profilo onde S<sub>H</sub>

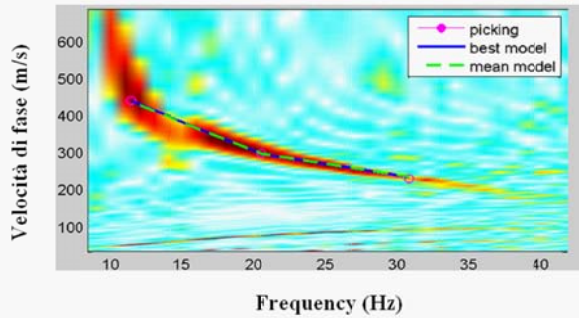




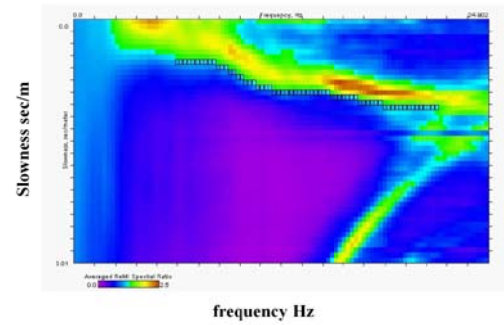
# Masw 1

# Re.Mi. 1

Spettro di velocità (onde Rayleigh) e curve di dispersione

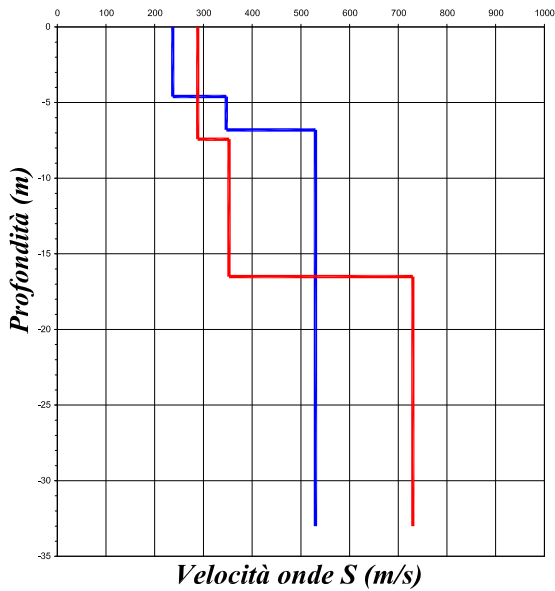


p-f Image (onde Rayleigh) with Dispersion Modeling Picks



Masw 1 - Re.Mi. 1

Shear-Wave Velocity Profile



VS30 431 m/s

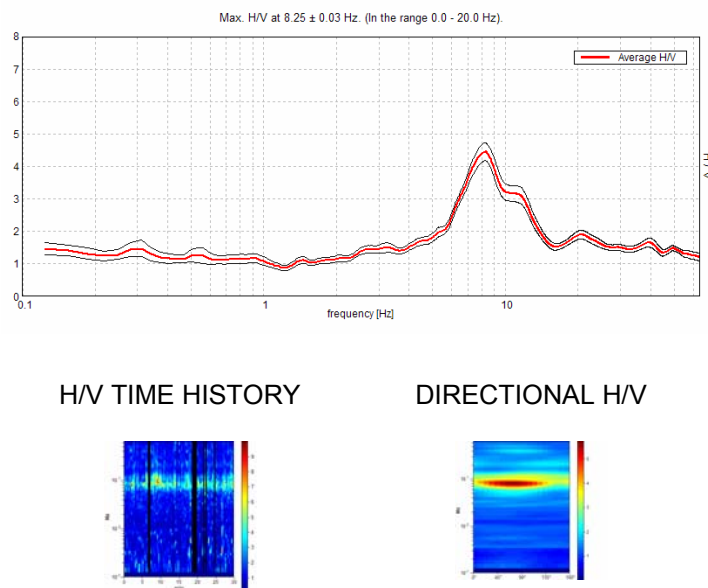
VS30 432 m/s

Sito Classe B

Numero Archivio  
50\_MASW\_REMI

Al contrario, la presenza di sorgenti dominanti o il cattivo posizionamento dello strumento (basculamento) si manifesta come una variazione direzionale e/o temporale dei rapporti H/V.

Sperimentalmente, l'analisi di qualità della misura può essere effettuata confrontando le ampiezze spettrali medie del rumore misurato lungo le due componenti orizzontali, oppure calcolare diversi valori della funzione H/V di volta in volta proiettando lungo direzioni differenti le ampiezze spettrali ottenute sul piano orizzontale (Figura 6). La stazionarietà nel tempo, invece, può essere valutata rappresentando in funzione del tempo le funzioni H/V ottenute nelle diverse finestre temporali considerate (Figura 11).



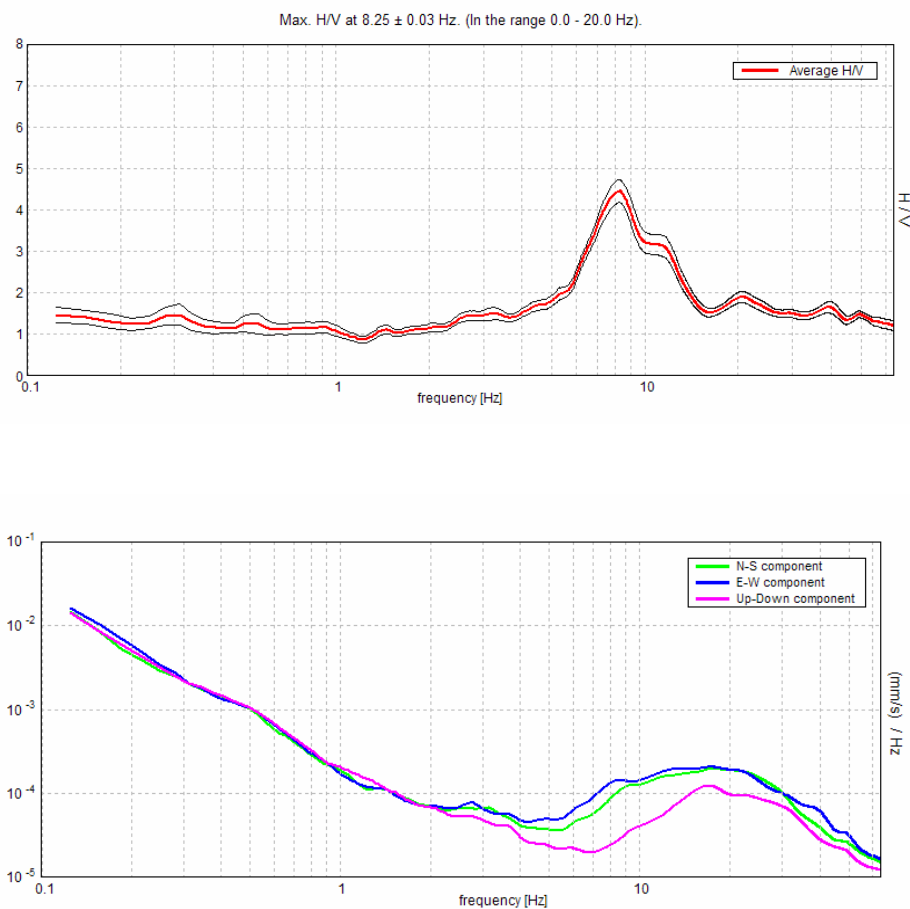
**Figura 11: Risultati delle analisi di rumore sismico relative a una corretta misura H/V. In alto sono riportati i valori del rapporto spettrale H/V in funzione della frequenza con il relativo intervallo di confidenza al 95%. Sono anche indicati i valori delle frequenze corrispondenti ai massimi della funzione H/V. In basso a sinistra è riportato l'andamento nel tempo (ascissa) dei valori H/V (colori) in funzione della frequenza (ordinata): il grafico ha lo scopo di valutare la stabilità nel tempo della curva H/V. In basso a destra sono invece riportati i valori della funzione H/V (colore) in funzione della frequenza (in ordinata) al variare della direzione del segnale (ascissa): il grafico serve a valutare la direzionalità del segnale registrato.**

Ai fini dell'affidabilità e della chiarezza del massimo della funzione H/V, infine è stata effettuata una analisi secondo i criteri determinati nell'ambito del progetto europeo SESAME per l'eliminazione di massimi spuri della funzione H/V, la cui presenza è frutto delle caratteristiche del campo d'onde sismiche e non della struttura locale del sottosuolo (fig. 12).

<b>Max. H/V at 8.25 ± 0.03 Hz. (in the range 0.0 - 20.0 Hz).</b>					
<b>Criteria for a reliable HVSR curve</b>					
<b>[All 3 should be fulfilled]</b>					
$f_0 > 10 / L_w$	8.25 > 0.50				OK
$n_c(f_0) > 200$	13365.0 > 200				OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 397 times				OK
<b>Criteria for a clear HVSR peak</b>					
<b>[At least 5 out of 6 should be fulfilled]</b>					
Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	5.844 Hz				OK
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	13.375 Hz				OK
$A_0 > 2$	4.46 > 2				OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00164  < 0.05$				OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.01356 < 0.4125$				OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1368 < 1.58$				OK
$L_w$	window length				
$n_w$	number of windows used in the analysis				
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles				
$f$	current frequency				
$f_0$	H/V peak frequency				
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency				
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$				
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$				
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$				
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$				
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$				
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided				
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve				
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$				
Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$					
Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

**Figura 12: Criteri da rispettare per l'ottenimento di una realistica curva HVSR.**

Infine, un buon indicatore della qualità del picco H/V può essere ottenuto dall'esame degli spettri singoli. Infatti, massimi fisicamente significativi sono generalmente associati a valori di ampiezza spettrale minima sulla componente verticale. La curva ottenuta nel sito d'indagine può essere considerato come un esempio di picco H/V chiaro e fisicamente significativo (fig: 13).



**Figura 13: Andamento degli spettri relativi a una corretta misura H/V nella quale viene identificato un picco fisicamente significativo. Nella figura superiore è riportato l'andamento della curva H/V (curva rossa) e il relativo intervallo di confidenza (curve nere). Nella figura in basso sono riportati gli andamenti degli spettri di ampiezza del rumore sulla componente verticale (curva magenta) e sulle componenti orizzontali (curve verde e blu).**

### INTERPRETAZIONE SISMOSTRATIGRAFICA

Da un punto di vista sismostratigrafico possiamo suddividere il terreno indagato in tre livelli principali

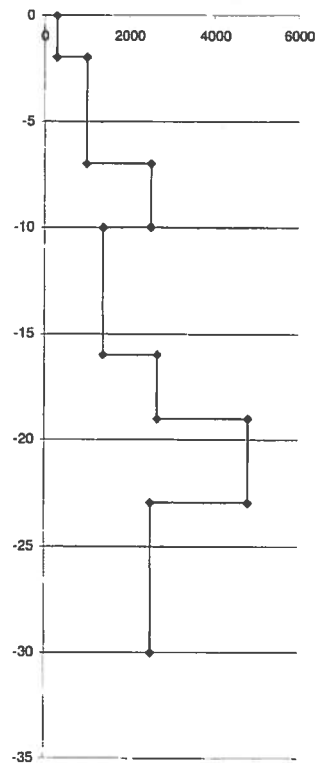
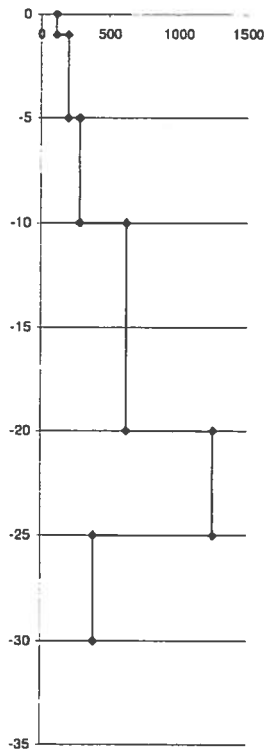
Fino a 10 metri riconosciamo un alternanza di livelli con velocità crescenti (fino a 280 vs m/sec), possibile presenza di strati saturi fra 8 e 10 mt di profondità.

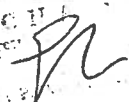
Da 10 a 20 mt si riconosce un livello con vs media di 625 m/sec, con possibili livelli saturi al disotto dei 16 metri.

Al disotto di tale livello troviamo un terzo sismostrato caratterizzato dall'alternanza di livelli a maggior velocità (presenza di una forte componente rocciosa nella matrice) e livelli a velocità minore (circa 400 m/sec-velocità tipica di marne ed argilliti).

vs			
velocità m/sec	tetto strato	base strato	spessore strato
112	0	1	1
198	1	5	4
279	5	10	5
625	10	20	10
1250	20	25	5
385	25	30	5

vp			
velocità m/sec	tetto strato	base strato	spessore strato
263	0	2	2
980	2	7	5
2500	7	10	3
1373	10	16	6
2655	16	19	3
4819	19	23	4
2518	23	30	7



  
 di Merco  
 Via  
 C. 118

## Suoli di fondazione in riferimento alla nuova normativa sismica

La tipologia di suolo è stata ottenuta effettuando una media delle velocità registrate nelle 30 battute, si è così ottenuto:

Vs 30=371

Da cui possiamo ricavare che fra le seguenti tipologie di suolo descritte da tale decreto tale suolo può essere caratterizzato come

<b>SUOLI DI FONDAZIONE</b>	<b>Vs 30(m/sec)</b>
<i>A-Formazioni litoidei o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di Vs 30 superiori a 800 m/sec, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo di 5 metri</i>	800
<i>B-Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e di valori di Vs 30 compresi fra 360 m/sec e 800 m/sec</i>	Tra 800 e 360 m/sec
<i>C-depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensati, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine a centinaia di metri</i>	Tra 360 e 180 m/sec
<i>D-depositi di terreni granulari sciolti o poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da Vs 30 &lt; 180 m/sec</i>	Minore di 180 m/sec
<i>Profilo di terreno costituito da strati superficiali alluvionali, con valori di Vs 30 simili a quelli dei tipi C e D e spessore compreso fra 5 e 20 metri, giacenti su un substrato di materiale più rigido con Vs 30 &gt; 800m/sec</i>	Minore di 360 m/sec.

## CATEGORIA B

Il direttore

Dr. Giuliano Moretti

Il responsabile Tecna per le prove Down-Hole

Dr. Secci Simone

AREZZO 18-06-05

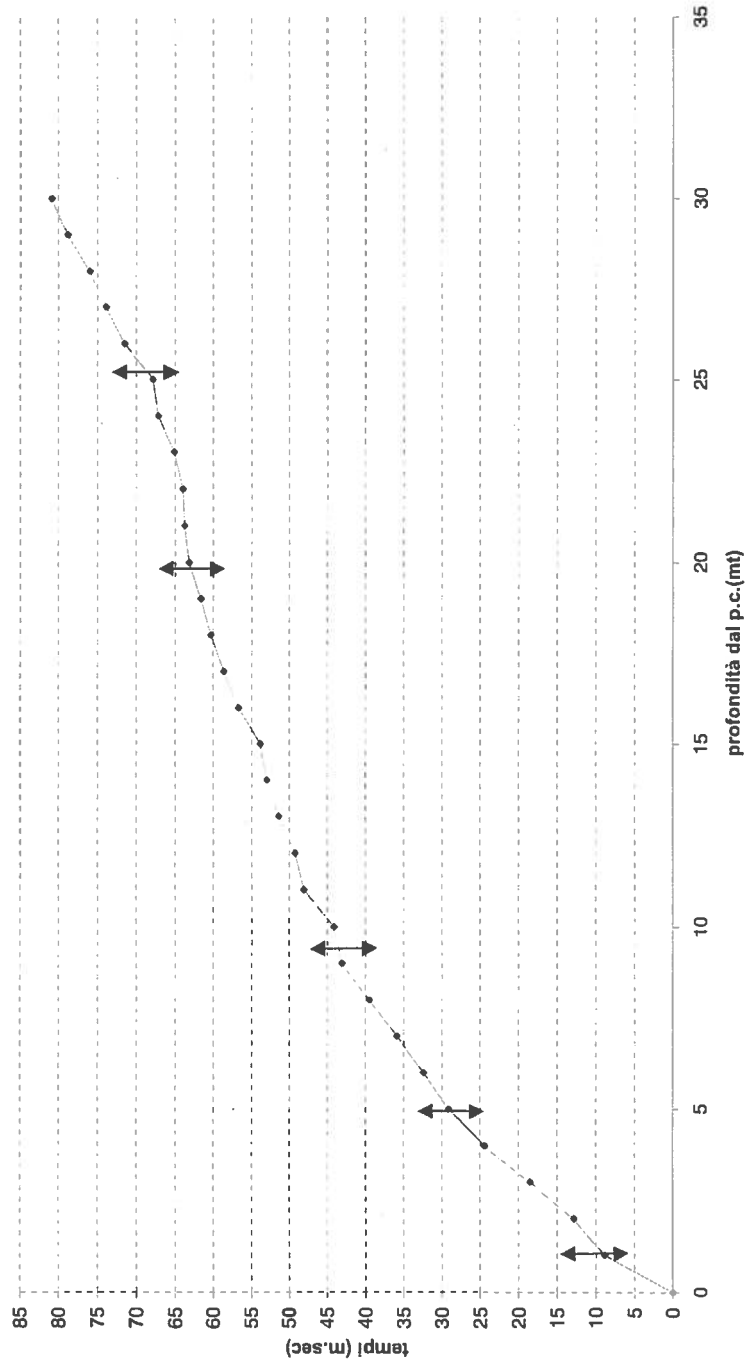


D.H.1

profondità	tempo di arrivo		tempo di arrivo		velocità media		velocità istantanea	
	corretto (s)	corretto (p)	corretto (p)	corretto (p)	S	P	S	P
-1	8.9	4.4	112	227	414	1183		
-2	12.9	7.6	155	262	806	4565		
-3	18.6	8.7	162	345	274	1264		
-4	24.5	10.4	163	385	234	1369		
-5	29.2	10.9	171	468	363	2058		
-6	32.4	11.5	185	522	234	1184		
-7	35.9	12.7	195	551	326	1201		
-8	39.5	13.0	202	615	353	1939		
-9	43.1	13.6	209	663	424	2788		
-10	44.1	13.9	227	717	577	6536		
-11	48.0	15.0	229	735	458	1513		
-12	49.2	14.8	244	810	470	2818		
-13	51.4	15.9	253	819	659	3294		
-14	53.0	16.3	264	859	460	1623		
-15	53.8	17.0	279	882	944	6608		
-16	56.7	18.3	282	876	584	1984		
-17	58.6	18.8	290	905	764	6621		
-18	60.3	18.9	298	952	390	1988		
-19	61.7	19.4	308	979	663	1530		
-20	63.2	19.3	317	1035	948	1658		
-21	63.8	19.9	329	1054	687	1991		
-22	64.0	20.1	344	1095	511	3320		
-23	65.1	20.2	353	1136	486	6642		
-24	67.2	21.5	357	1114	767	2847		
-25	67.9	21.1	368	1185	586	1534		
-26	71.5	21.8	363	1195	363	3324		
-27	73.9	22.4	365	1205	332	3324		
-28	76.0	21.8	368	1287	475	3325		
-29	78.8	23.7	368	1223	363	3325		
-30	80.9	23.0	371	1304	391	3326		

**TECNA s.n.c.**  
 di Morpetti Dr. Giuliano & C.  
 Via E. Serbelloni n. 11-A  
 52100 AREZZO  
 C. F. e P. IVA 01358250510

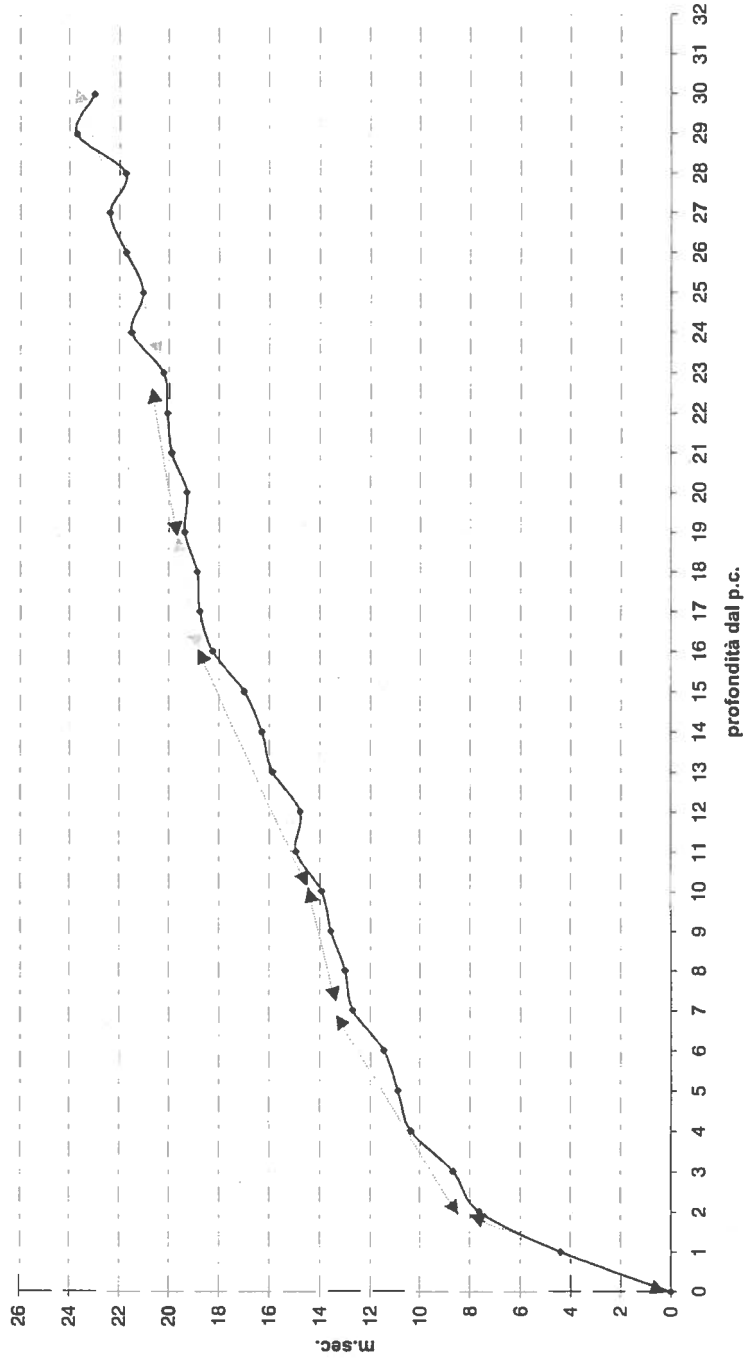
dromocrona vs

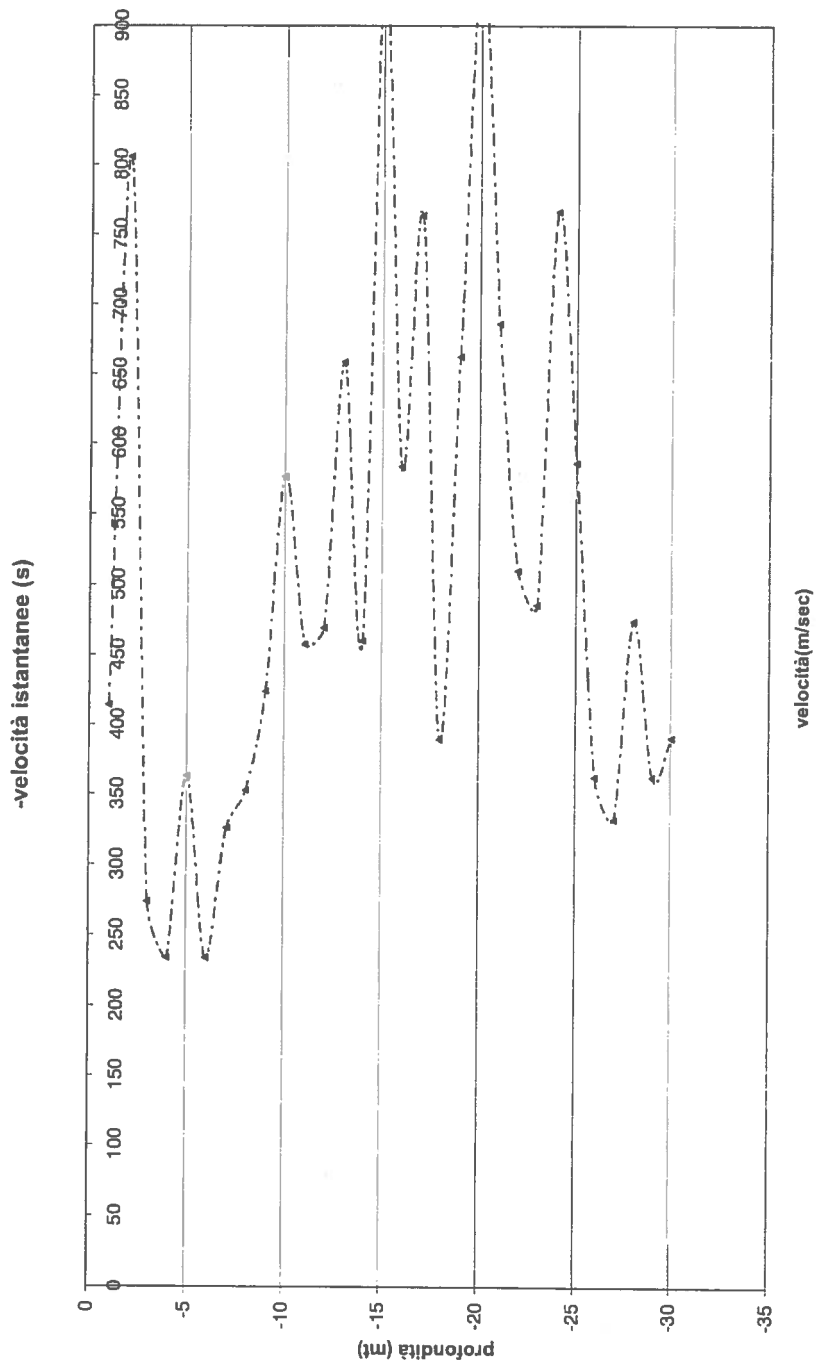


F. E. C.  
di More...  
Via E...  
C. F. e P.



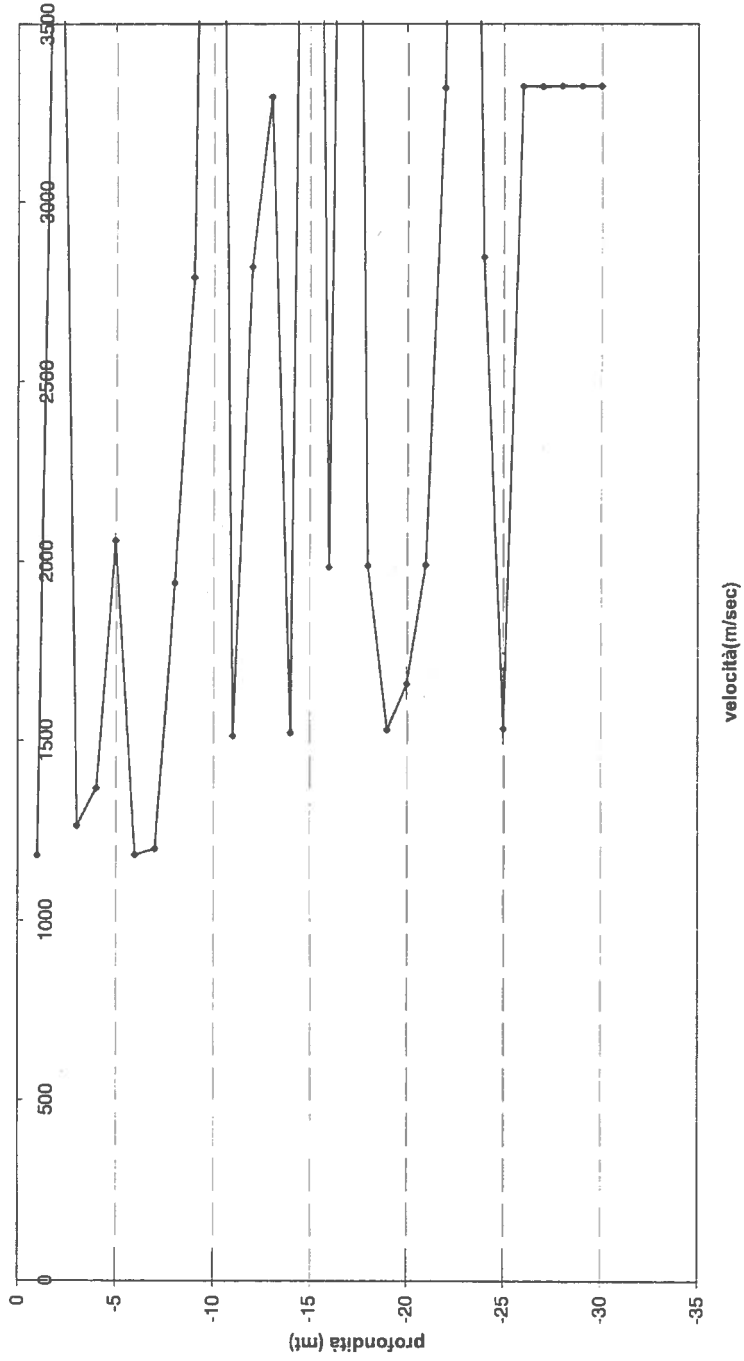
dromocrone in p





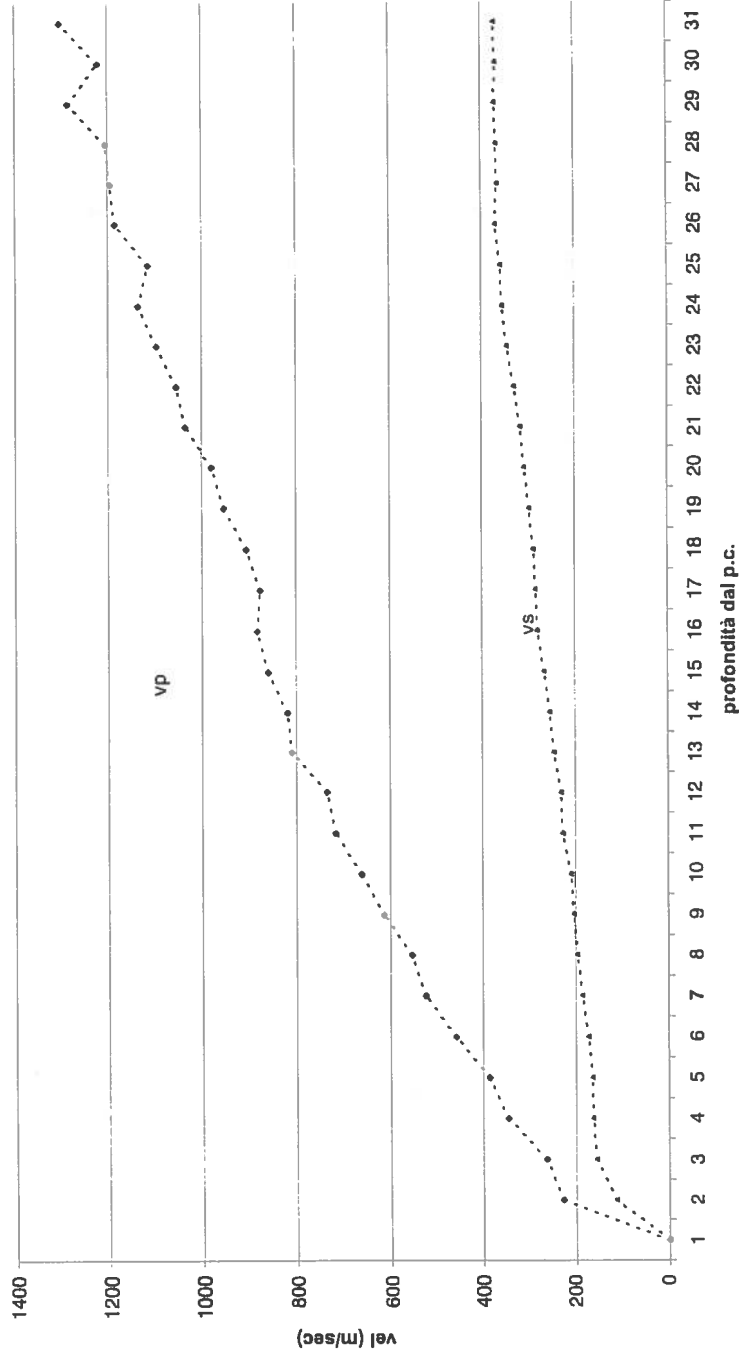
*h*

d.h.  $\bar{z}$ -velocită istancee p



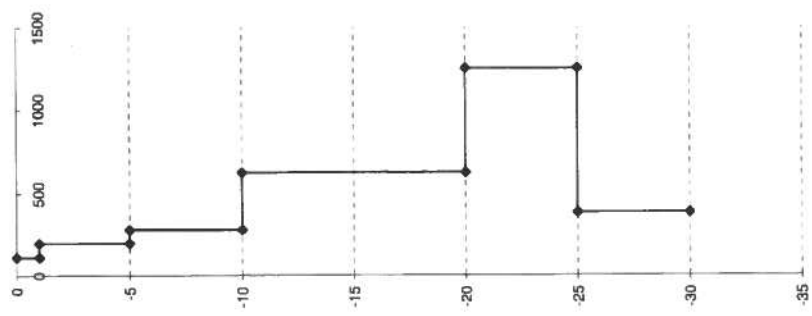
*[Handwritten signature]*

D.H. *A* velocità medie

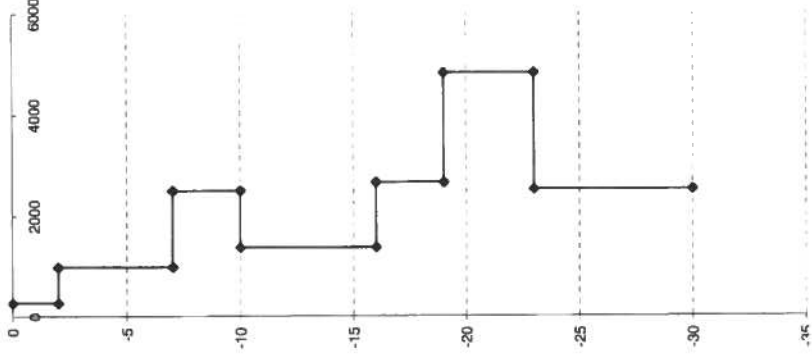


*h*

Stratigrafia vs



Stratigrafia vp



0.00 - 3.20 Riperto costituito da limo sabbioso argilloso con frammenti di laterizi

3.20 - 5.10: limo argilloso decisamente sabbioso con ciassi millimetrici (alcune centimetriche) più o meno sabbiondanti, ciassati, da sub - argillari a arenolodati, di varia natura. Color da grigio scuro a marrone;

5.10 - 8.20 : limo e limo sabbioso a tratti argilloso con immersi numerosi ciassi centimetrici di natura calcarea e marnosa argolari.

8.20 - 9.50 : limi sabbiosi marroni scuri, molto consistenti, con concrezioni biancastre.

9.50 - 10.00 : sabbie argillose con troventi marnosi e calcarei

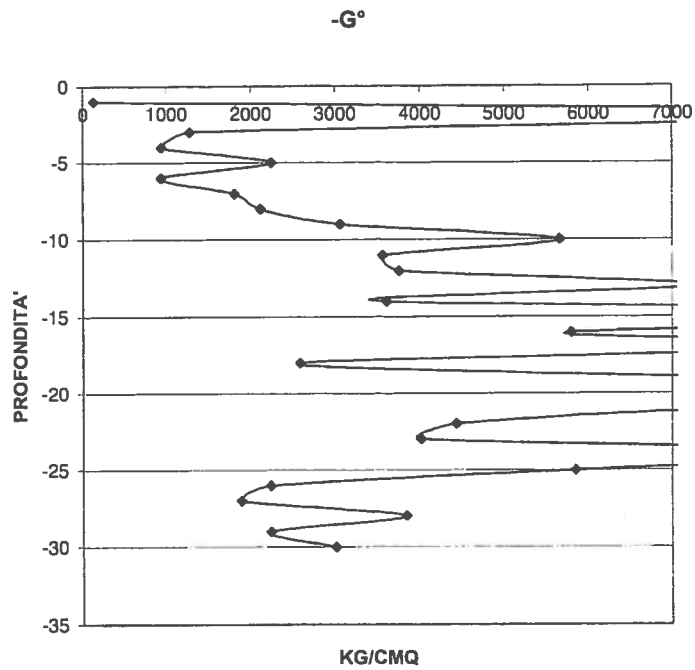
10.00 - 20.50 : Marna di colore scuro e tratti marroni, con livelli calcarei centimetrici. Struttura dolomitica. Argilliti frantumate di colore marrone tra 14 e 15.20, tra 15.50 e 16.10 e tra 18.00 e 20.10 metri di profondità.

20.50 - 28.30 : Alternanza di calcari e marna, di colore grigio-chiari, poliposto fratturati, irregolari tra 20.5 e 22.5 e tra 23.9 e 25.30. Argilliti fratturate tra 23.3 e 24.80.

28.30 : carboni-marna e argilliti dolomitico-grigio scuro, con concrezioni centimetriche

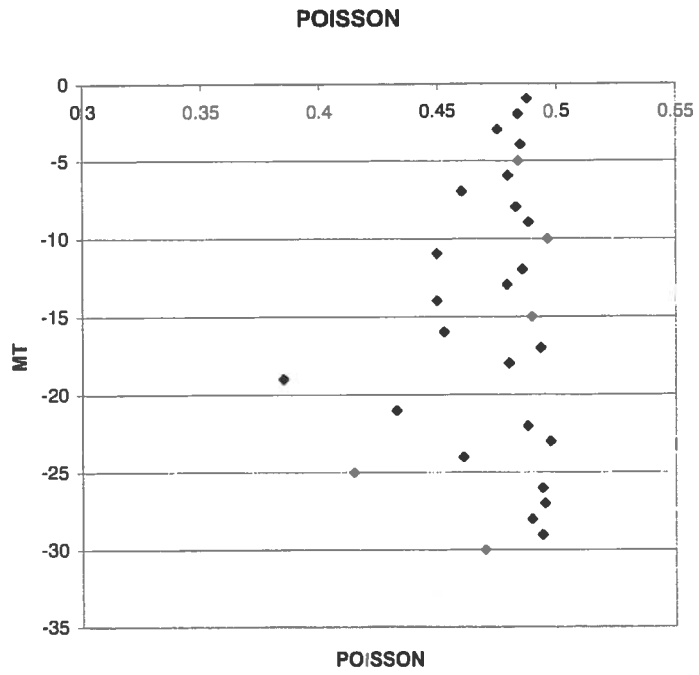
*h*

129	-1
11032	-2
1276	-3
932	-4
2243	-5
930	-6
1803	-7
2114	-8
3061	-9
5654	-10
3559	-11
3750	-12
7380	-13
3604	-14
15149	-15
5792	-16
9921	-17
2582	-18
7473	-19
15266	-20
8013	-21
4434	-22
4015	-23
9990	-24
5845	-25
2235	-26
1879	-27
3835	-28
2237	-29
3005	-30



*h*

0.4875882	-1
0.4839286	-2
0.4753716	-3
0.4849296	-4
0.4839286	-5
0.4796987	-6
0.4603101	-7
0.482906	-8
0.4881471	-9
0.4960767	-10
0.4497024	-11
0.4857143	-12
0.4791667	-13
0.4497024	-14
0.4895833	-15
0.4526515	-16
0.4932534	-17
0.480008	-18
0.3844049	-19
0.2575758	-20
0.4325236	-21
0.4878788	-22
0.4973086	-23
0.460925	-24
0.414387	-25
0.4939779	-26
0.4949495	-27
0.4895833	-28
0.4939779	-29
0.47	-30



*h*

382.82488	-1
	-2
3764.6761	-3
2768.2734	-4
6656.2586	-5
2753.4387	-6
5267.096	-7
6269.2764	-8
9109.4487	-9
16917.63	-10
10319.156	-11
11142.858	-12
21832.112	-13
10448.725	-14
45131.409	-15
16826.095	-16
29630.272	-17
7643.9456	-18
20690.015	-19
38397.454	-20
22956.966	-21
13194.577	-22
12022.779	-23
29188.344	-24
16533.862	-25
6677.1592	-26
5616.7261	-27
11425.946	-28
6684.8945	-29
7717	-30

MODULO DI YOUNG

