



DIREZIONE DELLE POLITICHE MOBILITA'  
INFRASTRUTTURE E TRASPORTO  
PUBBLICO LOCALE

## S.R. n° 69 "Di Val d'Arno" Variante in riva destra d'Arno LOTTO 5

Provincia di Firenze e Arezzo  
Comune di Figline e Incisa Valdarno, Castelfranco  
Piandiscò e San Giovanni Valdarno

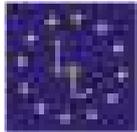


### PROGETTO DEFINITIVO

**ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA:  
INDAGINI GEOFISICHE**

C.U.P. D31B1800053002		EL. N.	
R.U.P.: Ing. Antonio De Crescenzo		DB0104Sb_0	Data revisione elaborato: 29/07/2021
PROGETTISTA: Ing. Alessio Gensini	COLLABORATORI:	 <b>GEOTecno</b> Geologia Tecnica e Ambientale Firenze, via Nino Bixio 9  Dott. Geol. Marco Vanacore	

SETTORE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE VIABILITA' REGIONALE  
FIRENZE - PRATO - PISTOIA



**IGETECMA s.n.c. Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali**

Laboratorio autorizzato con D.M. n. 54143 del 07/11/2005 ai sensi della Circolare 08/09/10 n. 7618/STC

Esecuzione e certificazione prove geotecniche – settore A

Laboratorio autorizzato con D.M. n. 162 del 19/04/2011 ai sensi dell'art. 20 della L. n. 1086/71

Prove e controlli su strutture e materiali da costruzione – settore A

## Rapporto di Prova n°191-21-S

Montelupo Fiorentino 12/05/2021

**SETTORE:** Geofisica - sismica a rifrazione con onde P e SH, HVSR, MASW  
**COMMITTENTE:** REGIONE TOSCANA  
**CANTIERE:** SR 69 – Lotto 5 – Variante Urbinese - FP4  
**RICHIEDENTE:** Geol. Marco Vanancore  
**RIFERIMENTO:** R.P.E. n°9-10-40/21

Indice:

- 1 Scopo dell'indagine 1
- 2 Sismica a rifrazione con onde P e SH 2
  - 2.1 Velocità delle onde sismiche e parametri elastico-dinamici 2
  - 2.2 Procedure di campagna 4
  - 2.3 Metodo di elaborazione dei dati 4
- 3 Normativa sismica e calcolo del parametro VSeq 5
- 4 Risultati dell'indagine 6
- 5 Presentazione dei dati 7
- 6 Caratteristiche della strumentazione 7

Il Direttore del Laboratorio

Ing. F. Politi

Il Tecnico

Geol. A. Farolfi

## 1 Scopo dell'indagine

Su incarico della REGIONE TOSCANA, è stata eseguita una indagine geofisica mediante sismica a rifrazione con registrazione di onde P e SH, nell'ambito delle indagini per la SR 69 – Lotto 5 – Variante Urbinese - FP4. Scopo delle indagini è stata la caratterizzazione sismostratigrafica dei terreni presenti, il calcolo dei parametri elastico-dinamici ed il calcolo del parametro  $V_sEQ$ .

## 2 Sismica a rifrazione con onde P e SH

### 2.1 Velocità delle onde sismiche e parametri elastico-dinamici

Secondo i principi dell'elasticità dei materiali e le leggi che associano le deformazioni subite da un corpo agli sforzi ad esso applicati, è possibile stabilire relazione che forniscono i parametri elastici di un materiale conoscendo i valori di velocità delle onde sismiche di compressione P e di taglio S. Poiché le tensioni e le deformazioni che si generano sotto l'azione del campo d'onda sismico sono di modesta entità, anche il terreno e le rocce sollecitate in questo ambito possono essere considerati in prima approssimazione come materiali omogenei, isotropi ed elastici, ed è quindi applicabile la legge di Hook (proporzionalità tra lo sforzo applicato  $\sigma_{ij}$  e la deformazione prodotta  $\epsilon_{kl}$ ) espressa come:

$$\sigma_{ij} = C_{ijkl} \epsilon_{kl}$$

nella quale le costanti di proporzionalità  $C_{ijkl}$  sono dette Moduli Elastici. Tali costanti definiscono le proprietà dei materiali, ed assumendo materiali isotropi ed elastici, diminuiscono da 81 a 5, di cui quattro hanno un preciso significato fisico ( $G$ ,  $E$ ,  $K$ ,  $\nu$ ), mentre  $\lambda$  rappresenta una semplificazione nelle formule.

In senso più generale possono essere definite le costanti di Lamè  $\lambda$  e  $\mu$  come caratteristiche elastiche indipendenti dalle direzioni lungo cui vengono applicate le tensioni o lungo cui vengono registrate le deformazioni. Queste due costanti sono definite dalle relazioni:

$$\lambda = (\nu E) / ((1 + \nu)(1 - 2\nu)) \quad \mu = E / 2(1 + \nu)$$

Analogamente i due moduli  $E$  e  $\nu$  possono essere espressi in funzione delle costanti di Lamè:

$$E = \mu(3\lambda + 2\nu) / (\lambda + \mu) \quad \nu = \lambda / 2(\lambda + \mu)$$

Dimensionalmente i moduli elastici  $G$ ,  $E$ ,  $K$  e le due costanti di Lamè esprimono il rapporto tra una forza ed una superficie e sono quindi delle pressioni, mentre il rapporto di Poisson è adimensionale.

La costante  $E$  viene definita come rapporto tra sollecitazione e conseguente deformazione longitudinale rappresenta il modulo elastico del materiale (Modulo di Young). È importante sottolineare che in campo dinamico si parla di modulo elastico dinamico, non statico, proprio perché tale modulo è ricavato dalle velocità delle onde sismiche.

La misura della resistenza del materiale al taglio viene definita come il rapporto tra deformazione e sforzo applicato, ed è chiamata Modulo di Taglio, **G**.

Il rapporto tra la tensione idrostatica e la deformazione cubica definisce il Modulo di compressione volumetrica o Bulk, **k**. Il Modulo di Poisson **v** è definito come rapporto tra la deformazione trasversale e quella longitudinale. Un'ultima costante entra a far parte delle relazioni tra caratteristiche elastiche e velocità, la densità **ρ** del materiale. Le velocità sismiche possono essere espresse tramite le costanti elastiche con le seguenti relazioni:

$$V_p = ( ( K + 4/3 G ) / \rho )^{1/2}$$

$$V_s = ( G / \rho )^{1/2}$$

Pertanto avendo determinato i valori di **V<sub>p</sub>** e **V<sub>s</sub>** ed il valore **ρ** della densità del materiale attraversato, è possibile calcolare i valori delle costanti elastiche dinamiche che caratterizzano i terreni esaminati con le seguenti relazioni.

$$v = ( V_p^2 - 2 V_s^2 ) / ( 2 ( V_p^2 - V_s^2 ) )$$

$$G = \rho V_s^2$$

$$E = 2 \rho V_s^2 ( 1 + v )$$

$$K = ( 2 \rho V_s^2 ( 1 + v ) ) / ( 3 ( 1 - 2 v ) )$$

Merita di essere ricordato infine che i parametri ricavati da misure dinamiche, cioè mediante l'utilizzo delle velocità delle onde sismiche, hanno in genere valori superiori a quelli ricavati da prove statiche di laboratorio proprio per il diverso campo di sforzo applicato e deformazione raggiunta: le intense ma brevi sollecitazioni provocate dalla propagazione delle onde sismiche si mantengono, infatti, nel campo elastico delle deformazioni del materiale, per cui sebbene in teoria il modulo di Poisson sia considerato stress-indipendente ed i suoi valori risultino compresi tra 0.25 e 0.33, nei porous-media esso risulta stress-dipendente, e presenta un campo di variabilità più esteso e può addirittura arrivare, secondo Gregory (1976), a valori negativi.

I valori più bassi, in natura, si registrano per litotipi ad alta porosità, sottoposti a bassa pressione litostatica e gas saturati, in alcuni sedimenti incoerenti e saturi i valori possono risultare uguali o superiori a 0.49; nelle sospensioni assume il valore di 0.5.

Il rapporto fra **V<sub>p</sub>** e **V<sub>s</sub>** non è costante e dipende dallo stato di saturazione e dalla pressione interstiziale dei pori, in Tabella I sono riportati valori medi delle **V<sub>p</sub>** per i principali litotipi e il range di **V<sub>s</sub>** relative comprese fra i rapporti di **V<sub>p</sub>/V<sub>s</sub>** di 1.9 e 3.5; questi valori sono da ritenere indicativi in quanto in particolari condizioni il rapporto **V<sub>p</sub>/V<sub>s</sub>** può aumentare.

Materiale	V P m/s	V SH m/s	
		VP/VSH 1.9 - 3.5	VP/VSH 1.9 - 3.5

Detrito superficiale alterato	300 - 600	86 - 158	171 – 316
Ghiaia, pietrisco, sabbia asciutta	500 - 900	143 - 263	257 – 474
Sabbia bagnata	600 - 1800	171 - 316	514 – 947
Argilla	900 - 2700	257 - 474	771 – 1421
Acqua	1430 - 1680	-	-
Arenaria	1800 - 4000	514 - 947	1143 – 2105
Scisti argillosi	2500 - 4200	714 - 1316	1200 – 2211
Calcere	2000 - 6000	571 - 1053	1714 – 3158
Sale	4200 - 5200	1200 - 2211	1486 – 2737
Granito	4000 - 6000	1143 - 2105	1714 - 3158
Rocce metamorfiche	3000 - 7000	857 - 1579	2000 - 3684

Tabella I – Velocità nei principali materiali.

## 2.2 Procedure di campagna

Vengono stesi i cavi sismici lungo la zona di interesse e ad essi vengono collegati i geofoni precedentemente infissi nel terreno alle equidistanze prestabilite. L'energizzazione del terreno per generare onde elastiche di compressione può essere effettuata sia mediante massa battente da 5-60 Kg che tramite l'utilizzo del cannone sismico (minibang): l'impatto rende operativo, tramite un accelerometro reso solidale con la fonte di energizzazione (*trigger*), il sistema di acquisizione dati, permettendo così la registrazione ai geofoni della forma d'onda rappresentativa della velocità di spostamento del suolo.

La produzione di onde di taglio viene effettuata ponendo una trave di legno a diretto contatto con il terreno in senso trasversale al profilo ed energizzando su entrambi i lati dopo averla adeguatamente caricata. Le energizzazioni vengono effettuate, mediante massa battente, alternativamente su entrambi i lati e sommate con polarità scambiata in modo da migliorare l'individuazione dell'onda di taglio polarizzata orizzontalmente che viene generata.

Al fine di ottenere una migliore risoluzione della sismo-stratigrafia, i punti di energizzazione, detti punti di scoppio (*shot points*), vengono disposti simmetricamente rispetto al profilo: ai suoi estremi (*end*), esternamente (*offset*) ed a distanze variabili entro il profilo stesso (punti di scoppio centrali).

La profondità di investigazione è, in linea teorica direttamente correlata alla lunghezza del profilo, alla distanza degli offset e soprattutto al contrasto di velocità dei mezzi attraversati.

I tempi di arrivo delle onde sismiche nel terreno sono funzione della distanza tra i geofoni, delle caratteristiche meccaniche dei litotipi attraversati e della loro profondità.

### 2.3 Metodo di elaborazione dei dati

La procedura d'elaborazione dati consiste di due fasi: la lettura dei tempi d'arrivo ai vari geofoni dello stendimento per ciascuna energizzazione effettuata e la loro successiva elaborazione mediante metodi di calcolo.

I tempi di primo arrivo delle onde sismiche vengono riportati su diagrammi spazio-tempo (*dromocrone*) nei quali l'asse dei tempi ha l'origine coincidente con l'istante in cui viene prodotta l'onda sismica ( $t_0$ ), mentre nelle ascisse si hanno le distanze relative fra i geofoni dello stendimento.

Inversione Tomografica: Per elaborazione tomografica si intende la ricostruzione della distribuzione di un parametro (in questo caso la velocità delle onde di compressione) che caratterizza un mezzo (il terreno) attraversato da una funzione dipendente dal parametro scelto per l'analisi (onda sismica). La ricerca del modello di distribuzione di velocità del terreno che ottimizza i tempi di arrivo individuati sui sismogrammi delle registrazioni di campagna viene effettuato in modo iterativo fino al raggiungimento della soluzione che minimizza l'errore fra i tempi misurati e quelli calcolati sulla soluzione ottenuta. Viene utilizzato un modello di partenza privo di condizioni iniziali al fine di eliminare qualsiasi valutazione preliminare sull'assetto geologico che, in caso di imprecisioni, potrebbe dirottare verso una soluzione che non minimizzi l'errore oppure che lo minimizzi verso un minimo relativo della funzione di convergenza. Il software utilizzato per la ricostruzione dei tempi di arrivo e dei percorsi d'onda si basa sulla soluzione del cammino più breve (Algoritmo di Dijkstra), che consente di tener conto sia di onde dirette, rifratte e difratte che generano i primi arrivi sui sismogrammi. Il modello iniziale e la soluzione finale sono costituiti da una serie di celle all'interno delle quali il valore di velocità rimane costante: tale valore viene aggiornato ad ogni iterazione del procedimento di calcolo (S.I.R.T.) per raggiungere il miglior risultato. Le dimensioni delle celle utilizzate e quindi il dettaglio finale ottenuto sono fortemente dipendenti dalla spaziatura dei geofoni e dal numero degli shot effettuati: aumentando la spaziatura dei geofoni si deve aumentare il numero degli shot per mantenere costante il dettaglio. Infine i valori del risultato vengono interpolati fra loro per ottenere una distribuzione continua di velocità. Per l'interpolazione è stato utilizzato il metodo del *Kriging* che è ideale per distribuzioni regolari di dati.

### 3 Normativa sismica e calcolo del parametro $V_{seq}$

Le norme NTC 2018 definiscono i criteri di classificazione del sottosuolo, che devono essere effettuati sulla base delle condizioni stratigrafiche (spessori e caratteristiche dei materiali) ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{seq} = H / S_{i=1,N} (h_i/Vs_i)$$

$h_i$  spessore dell'i-esimo strato;

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

$N$  numero di strati;

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

Le categorie di suolo sono riportate in tabella II.

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

Tabella IV – Categorie di suolo di fondazione

“Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche” (NTC 2018).

#### 4 Risultati dell'indagine

Sezione Tomografica Ps1 – Onde P: 48 canali a spaziatura 3 m, 10 punti di energizzazione per un totale di 480 tempi di arrivo e una lunghezza complessiva di 144 m. L'inversione dei dati è stata eseguita su un modello con 95 x 40 celle quadrate di 1.5 m di lato. La convergenza del metodo è stata raggiunta dopo 13 iterazioni e uno scarto medio (differenza in valore assoluto fra tempo

misurato e ricalcolato per ciascun tempo) di 3.3 ms pari al 3.8 %. I valori di velocità delle onde di compressione variano fra 388 m/s e 1857 m/s.

Sezione Tomografica Ps1 – Onde SH: 48 canali a spaziatura 3 m, 10 punti di energizzazione per un totale di 480 tempi di arrivo e una lunghezza complessiva di 144 m. L'inversione dei dati è stata eseguita su un modello con 95 x 40 celle quadrate di 1.5 m di lato. La convergenza del metodo è stata raggiunta dopo 13 iterazioni e uno scarto medio (differenza in valore assoluto fra tempo misurato e ricalcolato per ciascun tempo) di 2.1 ms pari al 7.1 %. I valori di velocità delle onde di taglio variano fra 162 m/s e 428 m/s.

Sezione Tomografica Ps2 – Onde P: 48 canali a spaziatura 3 m, 9 punti di energizzazione per un totale di 432 tempi di arrivo e una lunghezza complessiva di 144 m. L'inversione dei dati è stata eseguita su un modello con 97 x 40 celle quadrate di 1.5 m di lato. La convergenza del metodo è stata raggiunta dopo 18 iterazioni e uno scarto medio (differenza in valore assoluto fra tempo misurato e ricalcolato per ciascun tempo) di 1.4 ms pari al 4.3 %. I valori di velocità delle onde di compressione variano fra 411 m/s e 2008 m/s.

Sezione Tomografica Ps2 – Onde SH: 48 canali a spaziatura 3 m, 8 punti di energizzazione per un totale di 384 tempi di arrivo e una lunghezza complessiva di 144 m. L'inversione dei dati è stata eseguita su un modello con 97 x 39 celle quadrate di 1.5 m di lato. La convergenza del metodo è stata raggiunta dopo 16 iterazioni e uno scarto medio (differenza in valore assoluto fra tempo misurato e ricalcolato per ciascun tempo) di 3.4 ms pari al 3.9 %. I valori di velocità delle onde di taglio variano fra 148 m/s e 455 m/s.

Sezione Tomografica Ps3 – Onde P: 48 canali a spaziatura 3 m, 9 punti di energizzazione per un totale di 432 tempi di arrivo e una lunghezza complessiva di 144 m. L'inversione dei dati è stata eseguita su un modello con 96 x 37 celle quadrate di 1.5 m di lato. La convergenza del metodo è stata raggiunta dopo 12 iterazioni e uno scarto medio (differenza in valore assoluto fra tempo misurato e ricalcolato per ciascun tempo) di 2.1 ms pari al 7.1 %. I valori di velocità delle onde di compressione variano fra 419 m/s e 1965 m/s.

Sezione Tomografica Ps3 – Onde SH: 48 canali a spaziatura 3 m, 8 punti di energizzazione per un totale di 384 tempi di arrivo e una lunghezza complessiva di 144 m. L'inversione dei dati è stata eseguita su un modello con 96 x 37 celle quadrate di 1.5 m di lato. La convergenza del metodo è stata raggiunta dopo 25 iterazioni e uno scarto medio (differenza in valore assoluto fra tempo misurato e ricalcolato per ciascun tempo) di 2.8 ms pari al 3.9 %. I valori di velocità delle onde di taglio variano fra 170 m/s e 436 m/s.

Sezione Tomografica Ps4 – Onde SH: 48 canali a spaziatura 3 m, 9 punti di energizzazione per un totale di 432 tempi di arrivo e una lunghezza complessiva di 144 m. L'inversione dei dati è stata eseguita su un modello con 97 x 16 celle quadrate di 1.5 m di lato. La convergenza del metodo è stata raggiunta dopo 49 iterazioni e uno scarto medio (differenza in valore assoluto fra tempo misurato e ricalcolato per ciascun tempo) di 1.8 ms pari al 1.9 %. I valori di velocità delle onde di taglio variano fra 96 m/s e 460 m/s.

I valori di VsEQ calcolati lungo tutte le sezioni tomografiche sono stati interpolati ricostruendo la variazione areale del parametro in oggetto. Il metodo utilizzato per la ricostruzione è stato il Kriging. Nelle zone di intersezione fra il tracciato di progetto e le linee sismiche sono state estratte le colonne di valori delle velocità delle onde di taglio con la profondità:

VsEQ 1		VsEQ 2		VsEQ 3	
Profondità (m)	VSH m/s	Profondità (m)	VSH m/s	Profondità (m)	VSH m/s
1.5	221	1.5	190	1.5	237
3.0	232	3.0	204	3.0	244
4.5	248	4.5	228	4.5	253
6.0	265	6.0	257	6.0	262
7.5	280	7.5	278	7.5	270
9.0	294	9.0	293	9.0	282
10.5	307	10.5	307	10.5	298
12.0	316	12.0	318	12.0	320
13.5	324	13.5	328	13.5	343
15.0	338	15.0	338	15.0	363
16.5	360	16.5	353	16.5	380
18.0	384	18.0	368	18.0	393
19.5	403	19.5	382	19.5	402
21.0	414	21.0	390	21.0	408
22.5	421	22.5	397	22.5	413
24.0	426	24.0	400	24.0	416
25.5	429	25.5	403	25.5	418
27.0	430	27.0	405	27.0	419
28.5	432	28.5	407	28.5	420
30.0	432	30.0	408	30.0	421
VsEQ 1	331	VsEQ 21	315	VsEQ 3	334

## 5 Presentazione dei dati

Nella presente relazione vengono forniti i seguenti elaborati:

- ubicazione delle indagini
- mappa delle curve della variazione di VsEQ
- sezioni tomografiche Onde P e SH e copertura effettiva
- dromocrone e tempi misurati e ricalcolati
- registrazioni di campagna

- documentazione fotografica

## 6 Caratteristiche della strumentazione

Il sistema di acquisizione usato nella presente campagna d'indagine è composto da un sistema modulare della Geometrics così configurato:

Sismografo GEODE 48 canali (2 moduli a 24 canali) con Controller Stratavisor NZC:

- risoluzione segnale A/D 24 bit;
- escursione dinamica 144 dB, 110 dB istantanea a 2 ms;
- passo di campionamento da 0.02 a 16 ms indipendente dal tempo d'acquisizione;
- fino a 64.000 campioni per traccia;
- distorsione 0.0005% a 2ms, 1.75–208 Hz;
- amplificazione del segnale da 0 a 36 dB;
- filtri analogici anti-aliasing -3dB all'83% della frequenza di Nyquist;
- filtri digitali low-cut, high-cut, notch a 24-48 dB/oct;
- precisione trigger in sommatoria 1/32 del passo di campionamento;
- pre-trigger fino a 4096 campioni, delay da 0 a 9999 ms;
- salvataggio dati in formato SEG-2 su hard-disk incorporato;
- 24 geofoni verticali con frequenza propria di 14 Hz;
- 24 geofoni orizzontali con frequenza propria di 8 Hz;
- 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4.5 Hz;
- sistema di starter (trigger) mediante sensore accoppiato alla sorgente di energia;
- energizzazione mediante mazza da 5 Kg / minibang calibro 8 / grave da 30/60 kg.

Rapporto di prova n° 191-21

**IGETECMA s.n.c**

Committente: REGIONE TOSCANA

Cantiere:  
SR6 Lotto 5 - Variante Urbinese  
PF4

Tomografia sismica Onde P

Ubicazione indagini

Scala 1:1000



Rapporto di prova n° 191-21

IGETECMA s.n.c

Committente: REGIONE TOSCANA

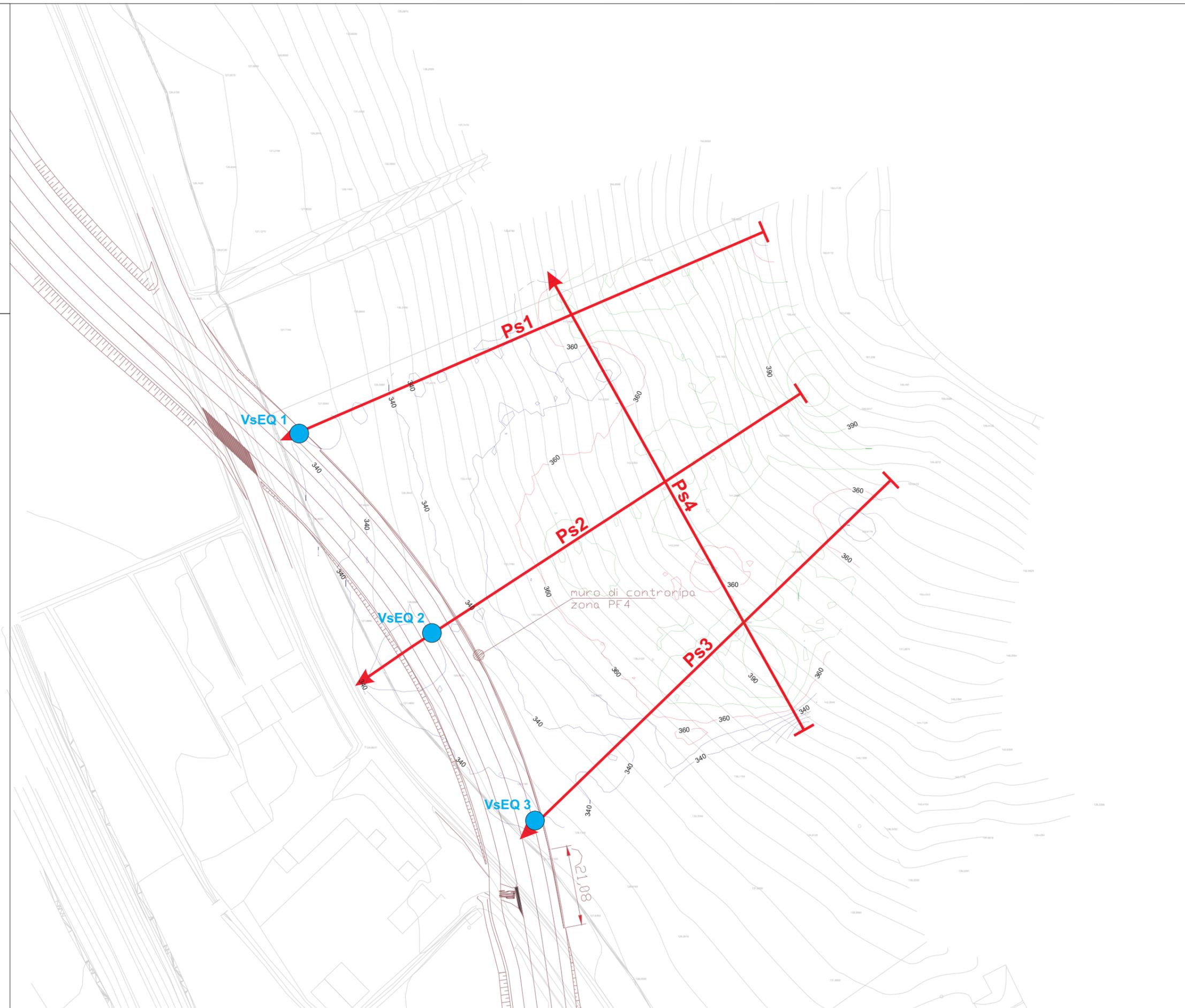
Cantiere:  
SR6 Lotto 5 - Variante Urbinese  
PF4

Tomografia sismica Onde SH

Curve VsEQ

Scala 1:1000

Colonna di estrazione puntuale  
velocità onde SH profondità  
per calcolo VsEQ



Rapporto di prova n° 191-21

**IGETECMA s.n.c.**

Committente:  
REGIONE TOSCANA

Cantiere:  
SR6 Lotto 5  
Variante Urbinese  
PF4

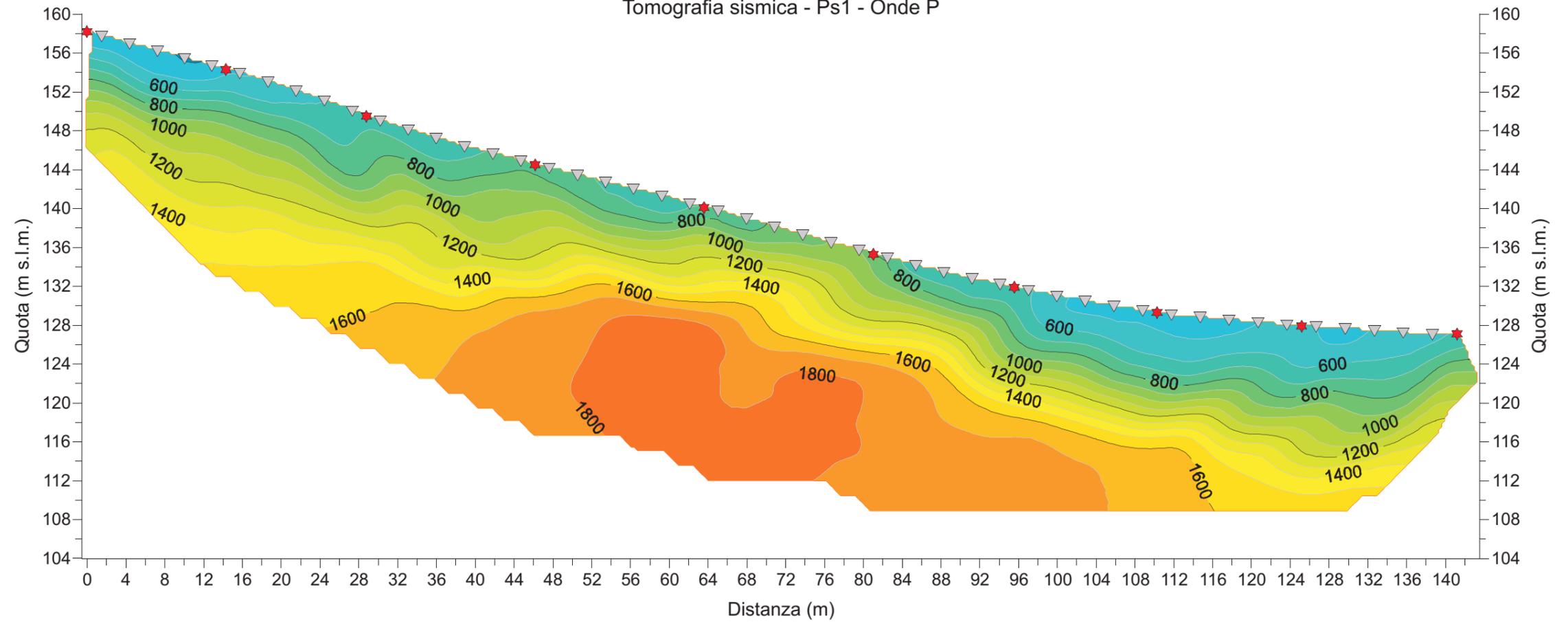
Tomografia sismica  
Onde P

Scala 1:500

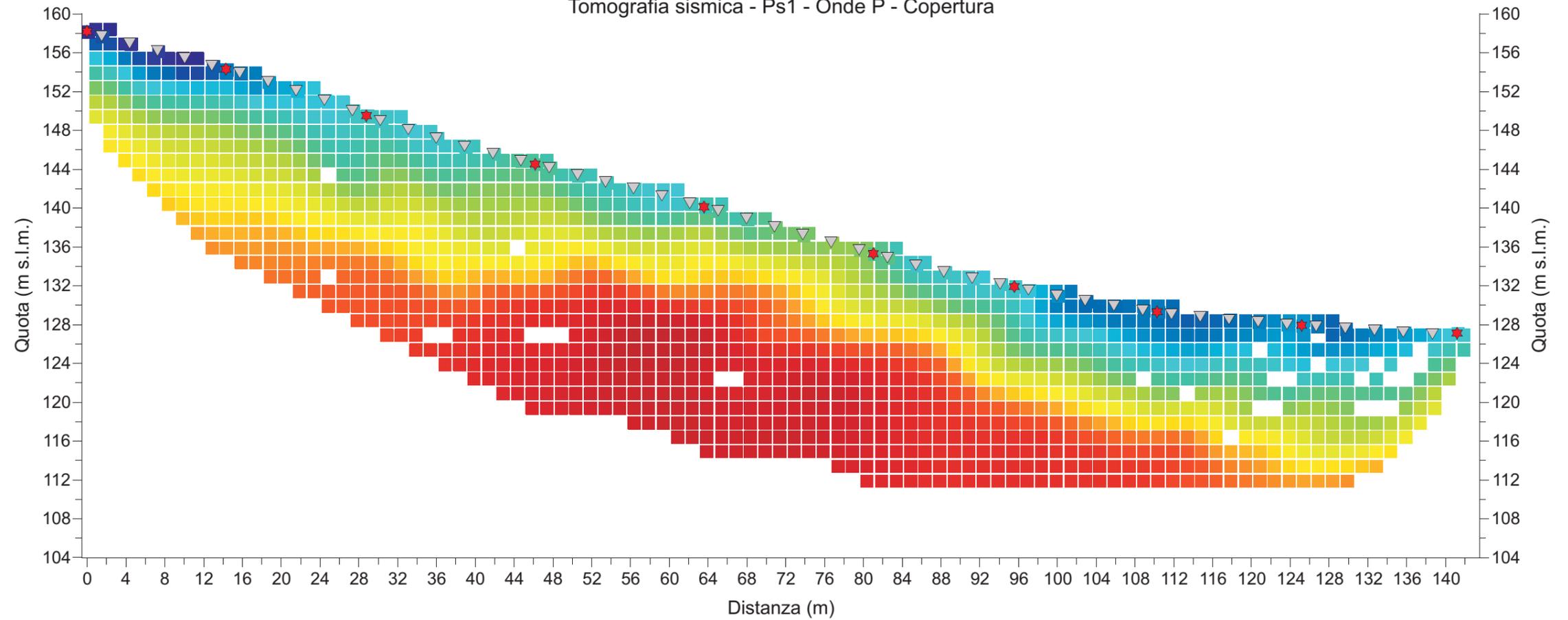
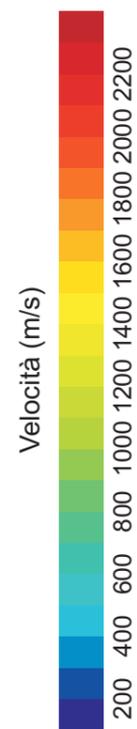
Geofono ▼

Energizzazione \*

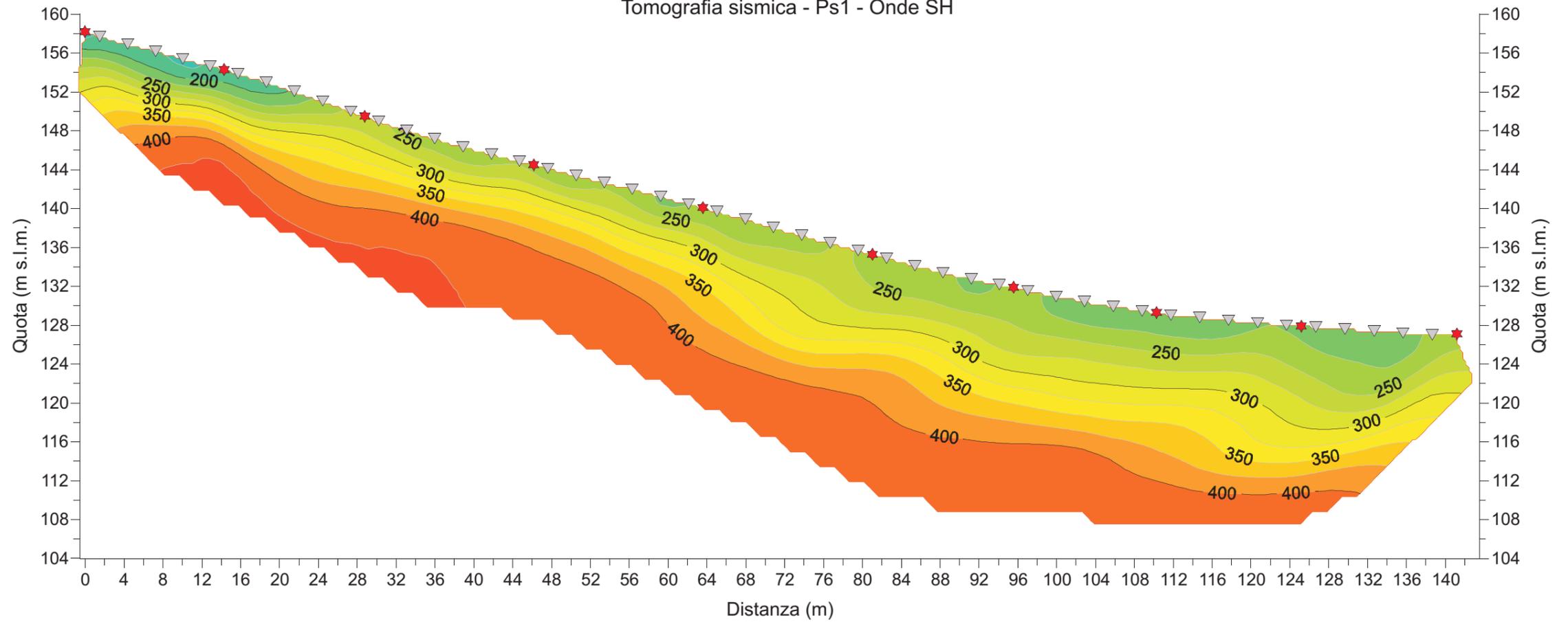
Tomografia sismica - Ps1 - Onde P



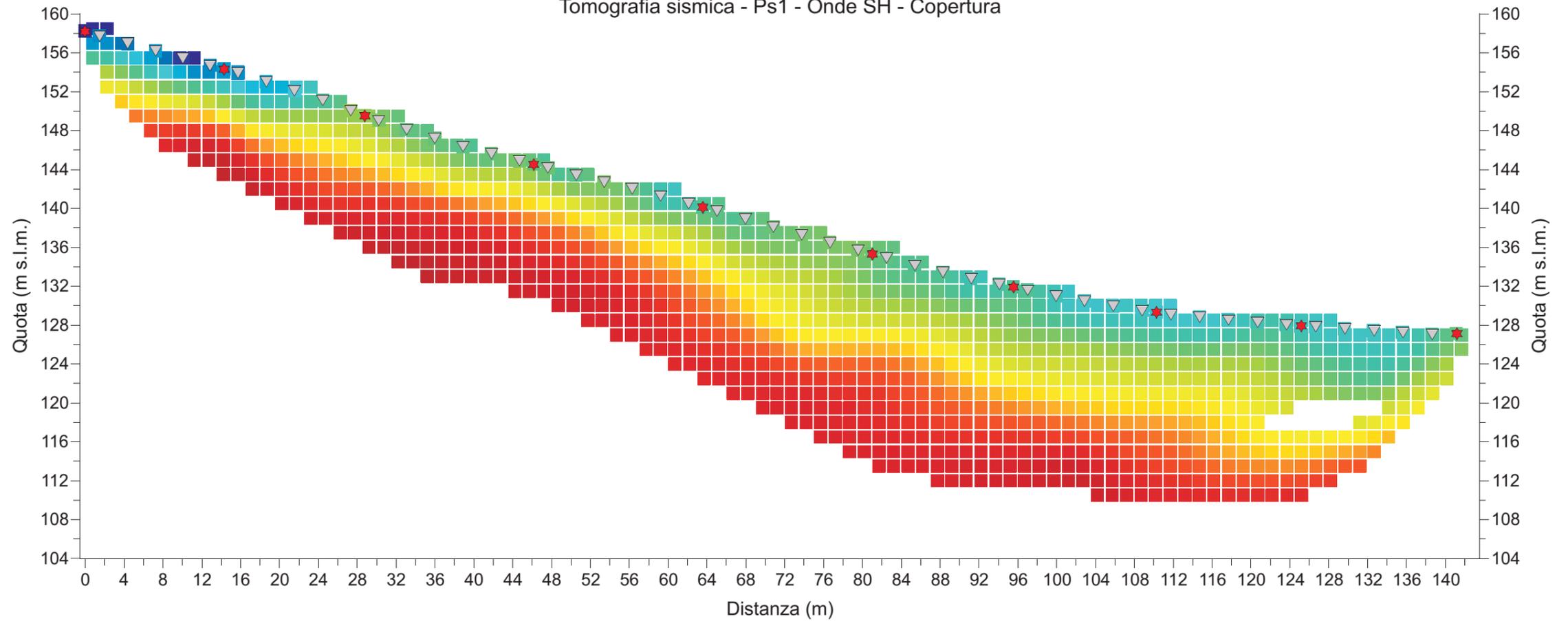
Tomografia sismica - Ps1 - Onde P - Copertura



Tomografia sismica - Ps1 - Onde SH



Tomografia sismica - Ps1 - Onde SH - Copertura



**IGETECMA s.n.c.**

Committente:  
REGIONE TOSCANA

Cantiere:  
SR6 Lotto 5  
Variante Urbinese  
PF4

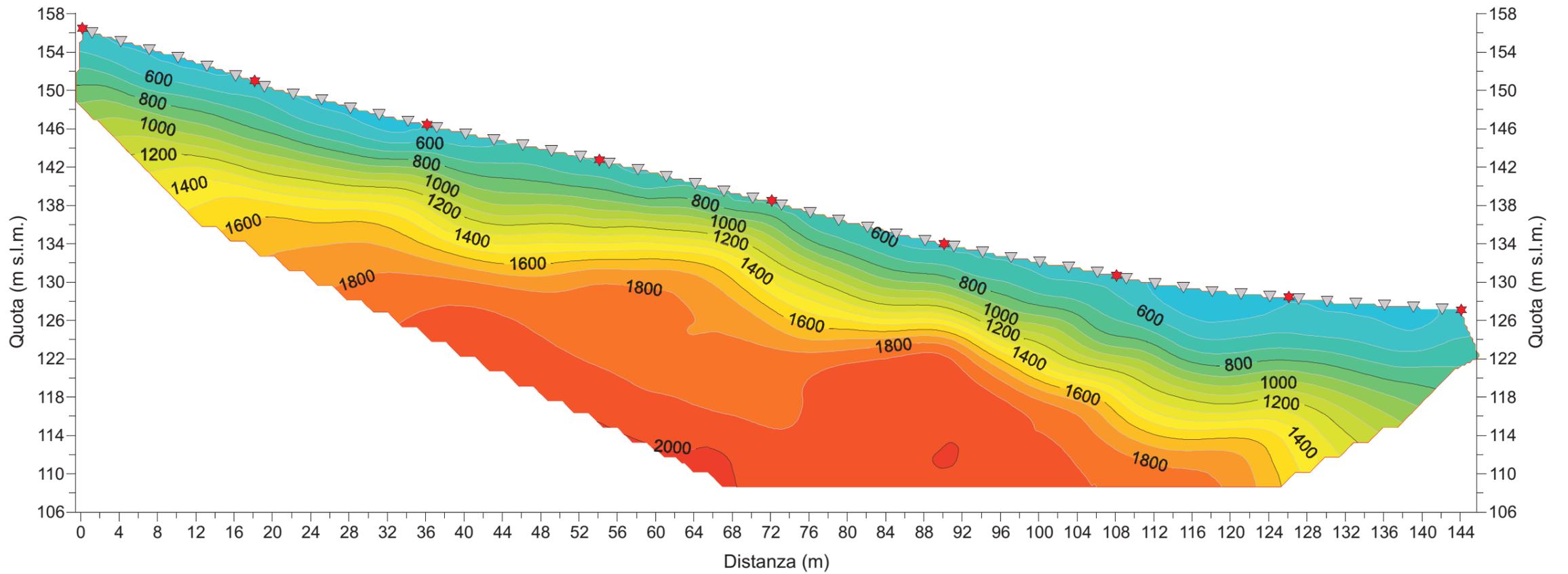
Tomografia sismica  
Onde P

Scala 1:500

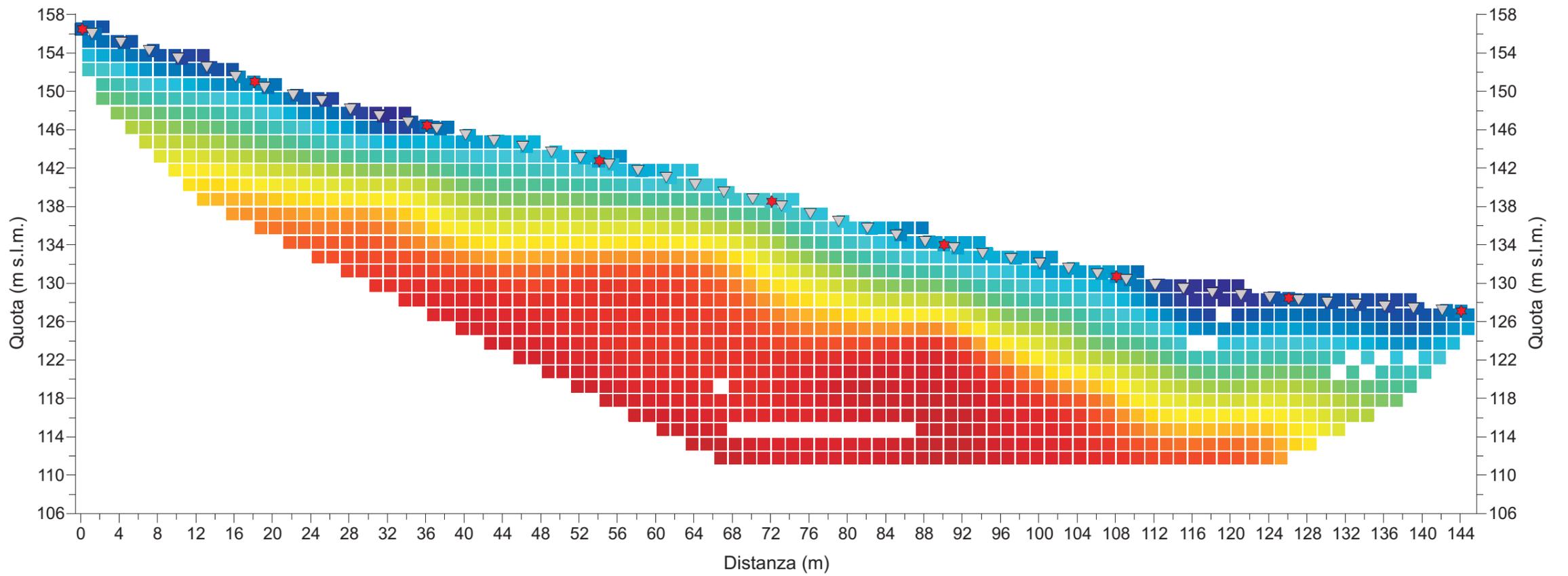
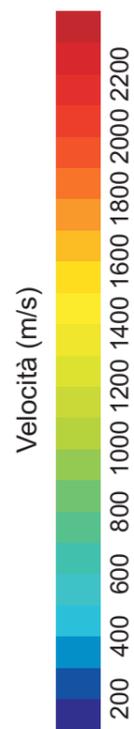
Geofono 

Energizzazione 

### Tomografia sismica - Ps2 - Onde P



### Tomografia sismica - Ps2 - Onde P - Copertura



**IGETECMA s.n.c.**

Committente:  
REGIONE TOSCANA

Cantiere:  
SR6 Lotto 5  
Variante Urbinese  
PF4

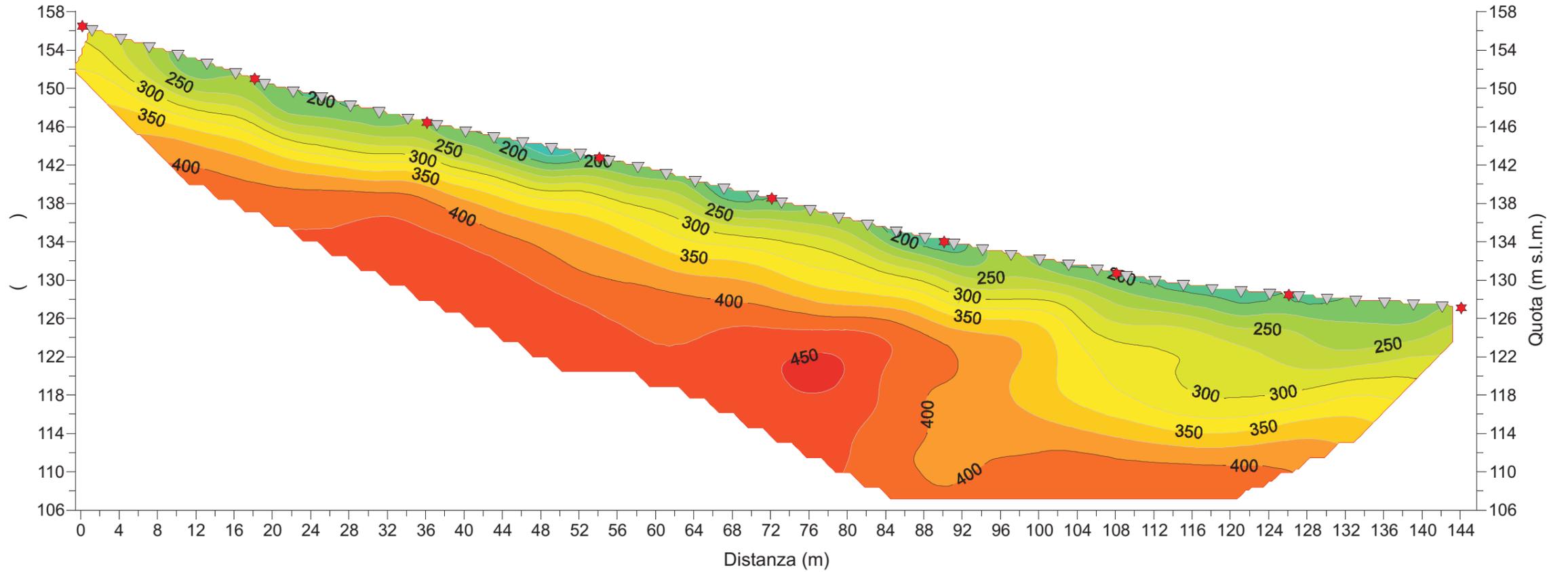
Tomografia sismica  
Onde SH

Scala 1:500

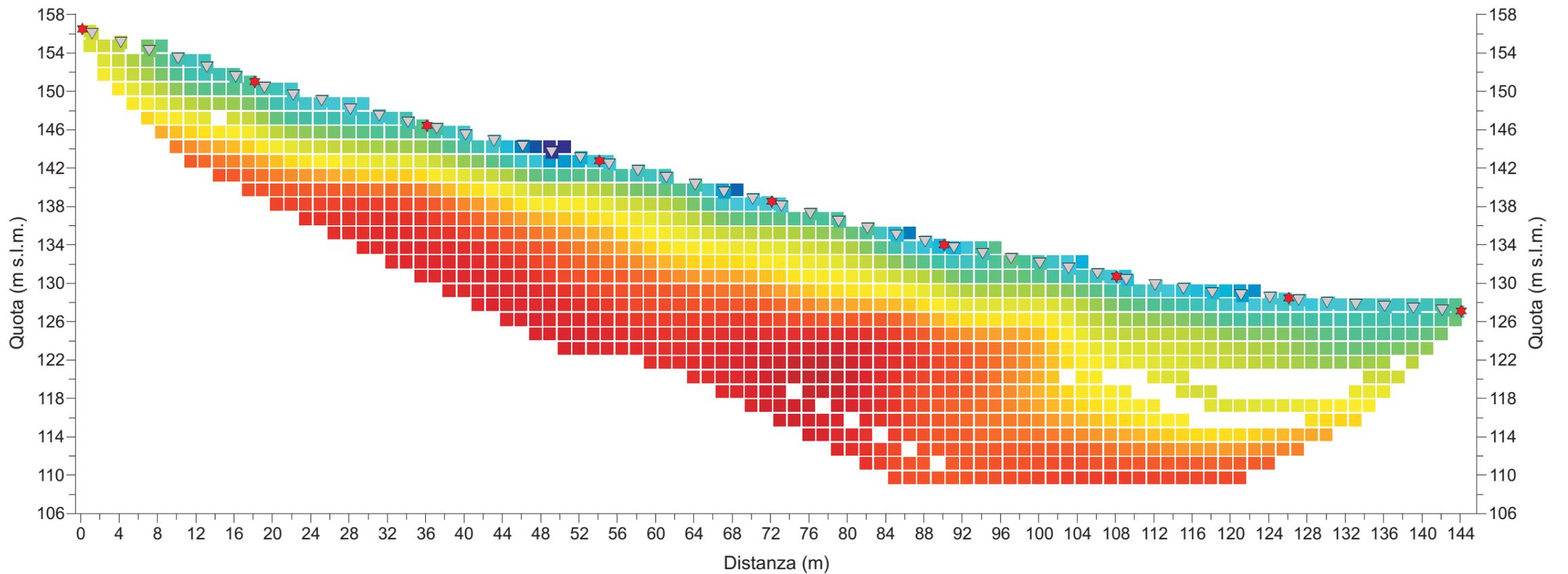
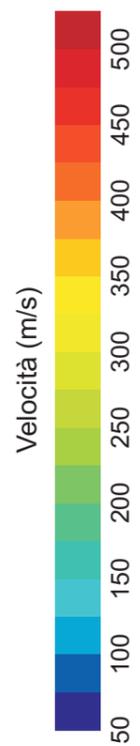
Geofono 

Energizzazione 

### Tomografia sismica - Ps2 - Onde SH



### Tomografia sismica - Ps2 - Onde SH - Copertura



**IGETECMA s.n.c.**

Committente:  
REGIONE TOSCANA

Cantiere:  
SR6 Lotto 5  
Variante Urbinese  
PF4

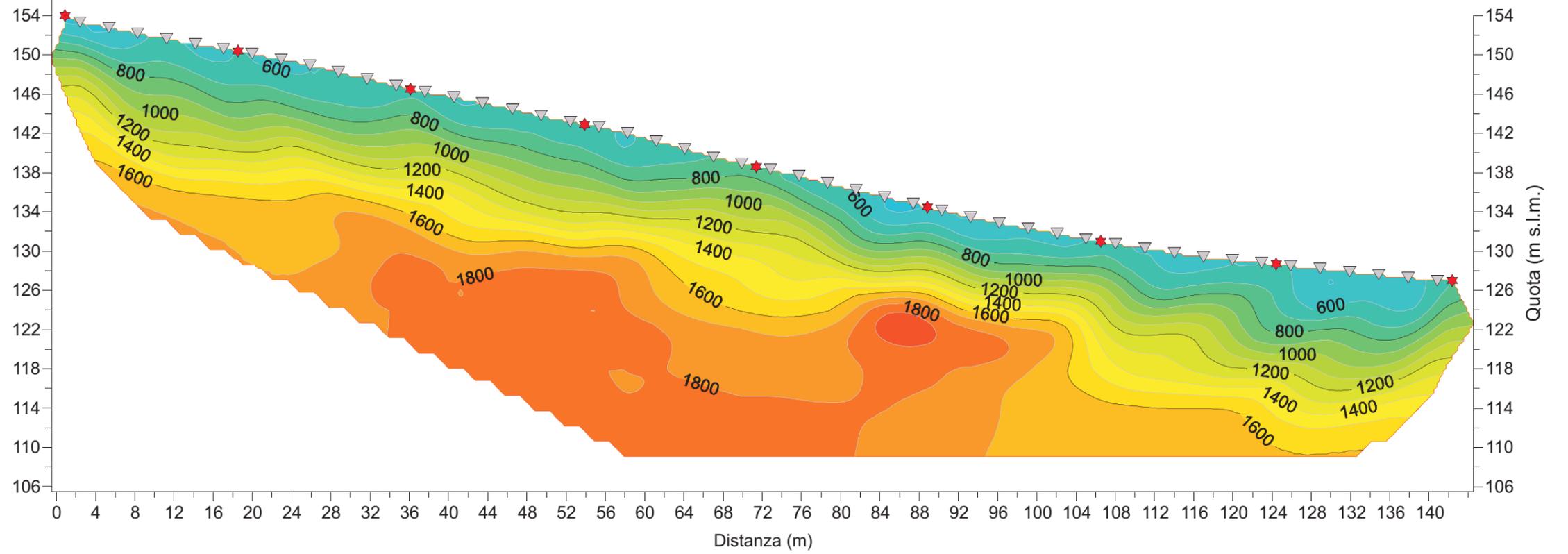
Tomografia sismica  
Onde P

Scala 1:500

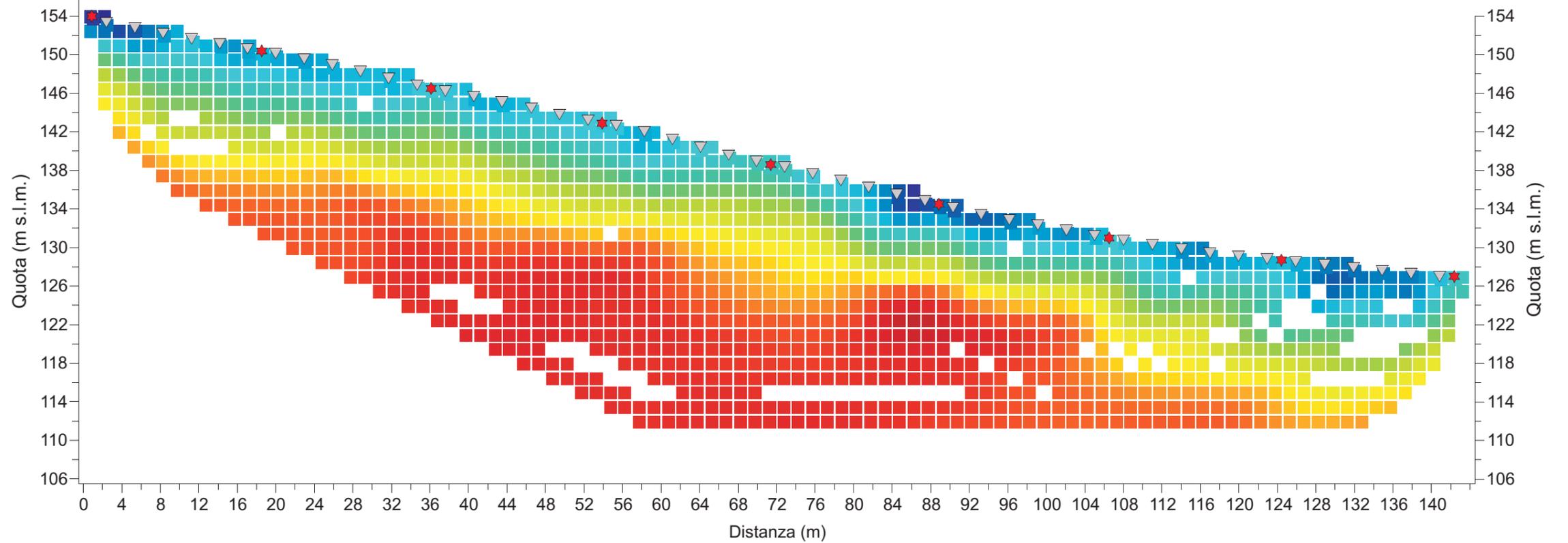
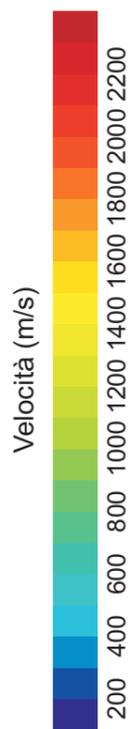
Geofono 

Energizzazione 

### Tomografia sismica - Ps3 - Onde P



### Tomografia sismica - Ps3 - Onde P - Copertura



**IGETECMA s.n.c.**

Committente:  
REGIONE TOSCANA

Cantiere:  
SR6 Lotto 5  
Variante Urbinese  
PF4

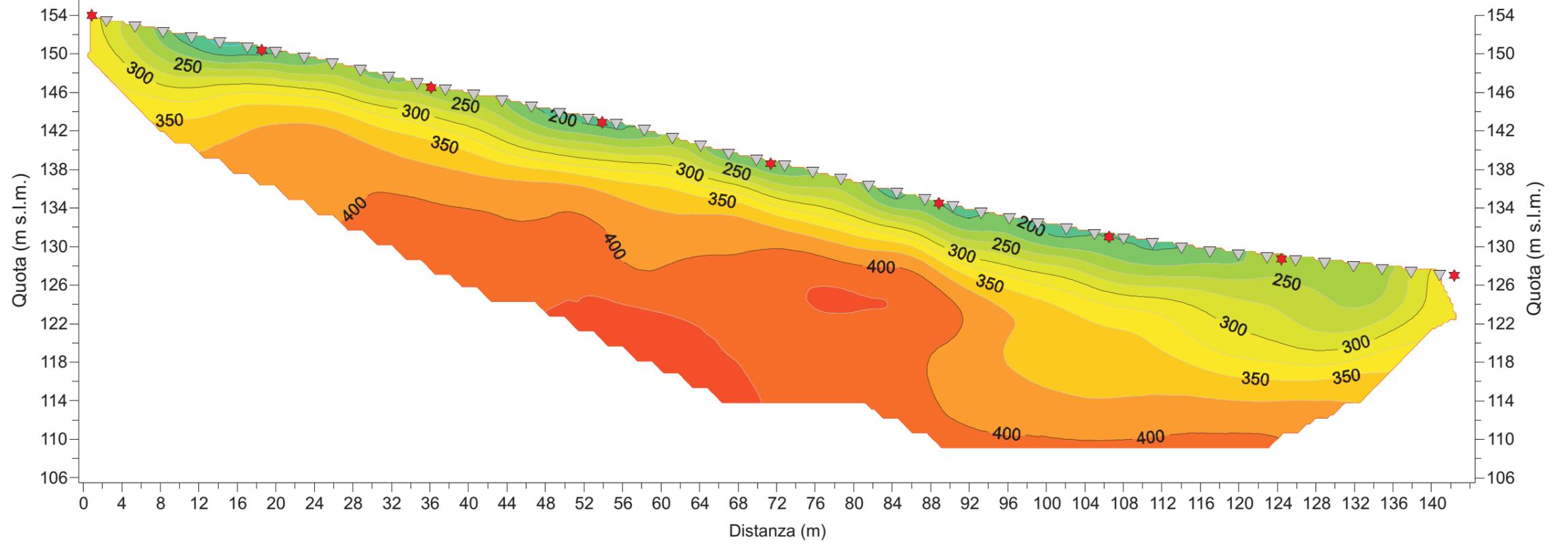
Tomografia sismica  
Onde SH

Scala 1:500

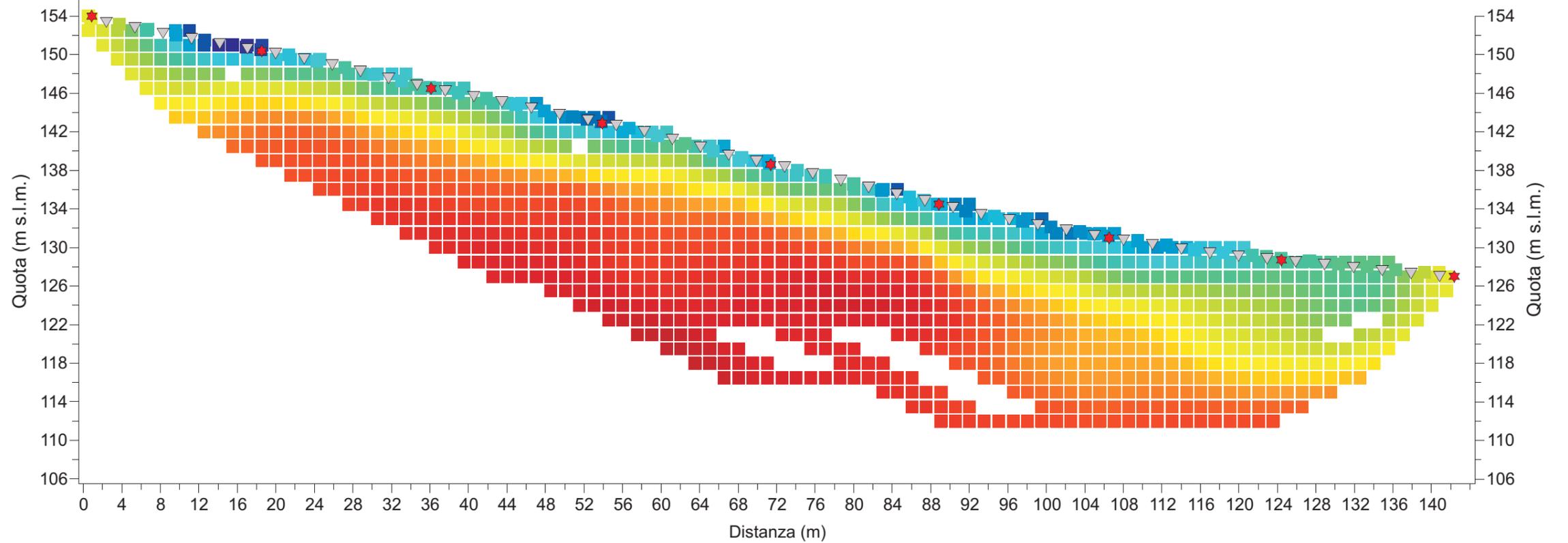
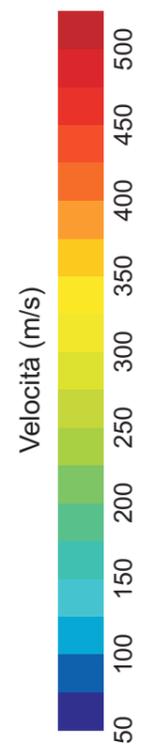
Geofono 

Energizzazione 

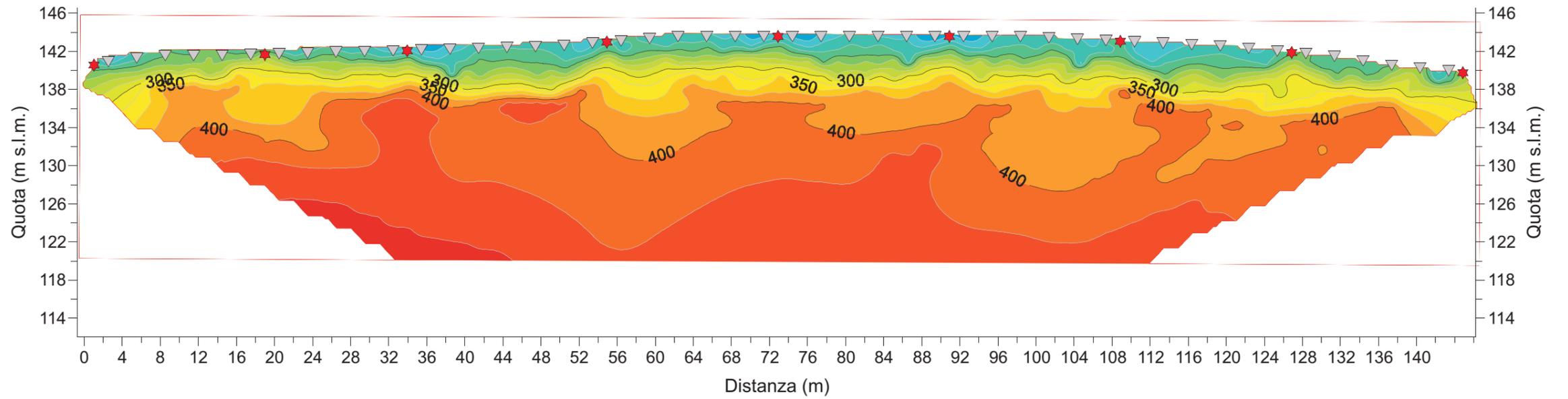
Tomografia sismica - Ps3 - Onde SH



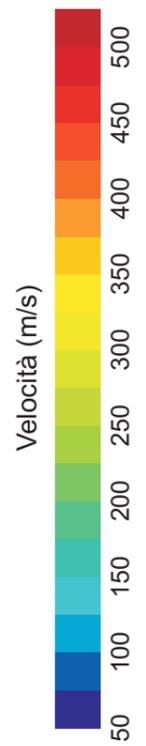
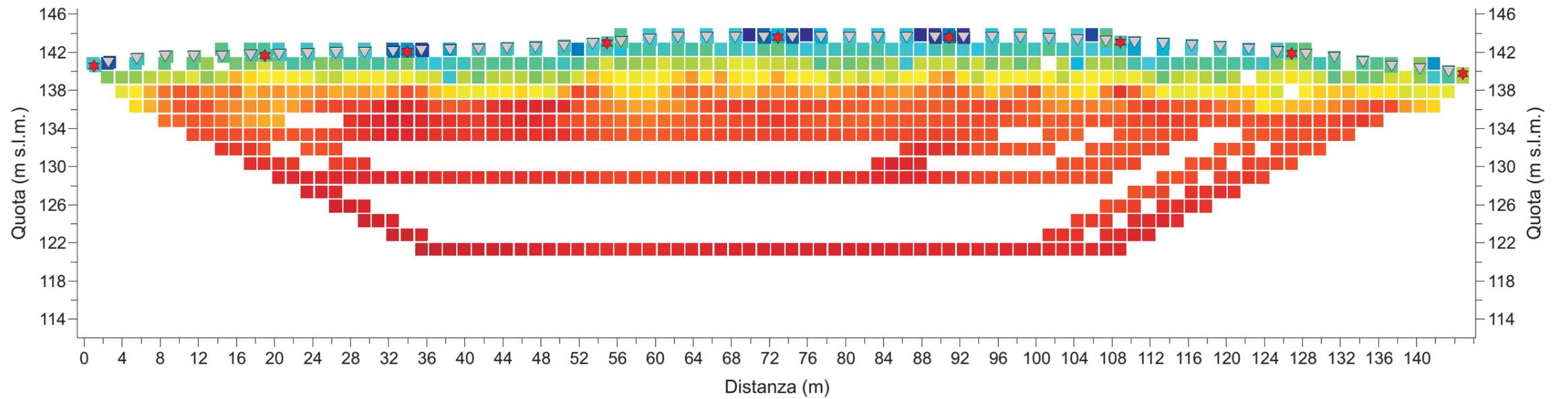
Tomografia sismica - Ps3 - Onde SH



### Tomografia sismica - Ps4 - Onde SH



### Tomografia sismica - Ps4 - Onde SH - Copertura





VSH < 180 m/s  
Terreno naturale, limi argillosi  
allentati.



180 m/s < VSH < 260 m/s  
Alternanze di limi argillosi  
e argille con limo poco  
addensate.



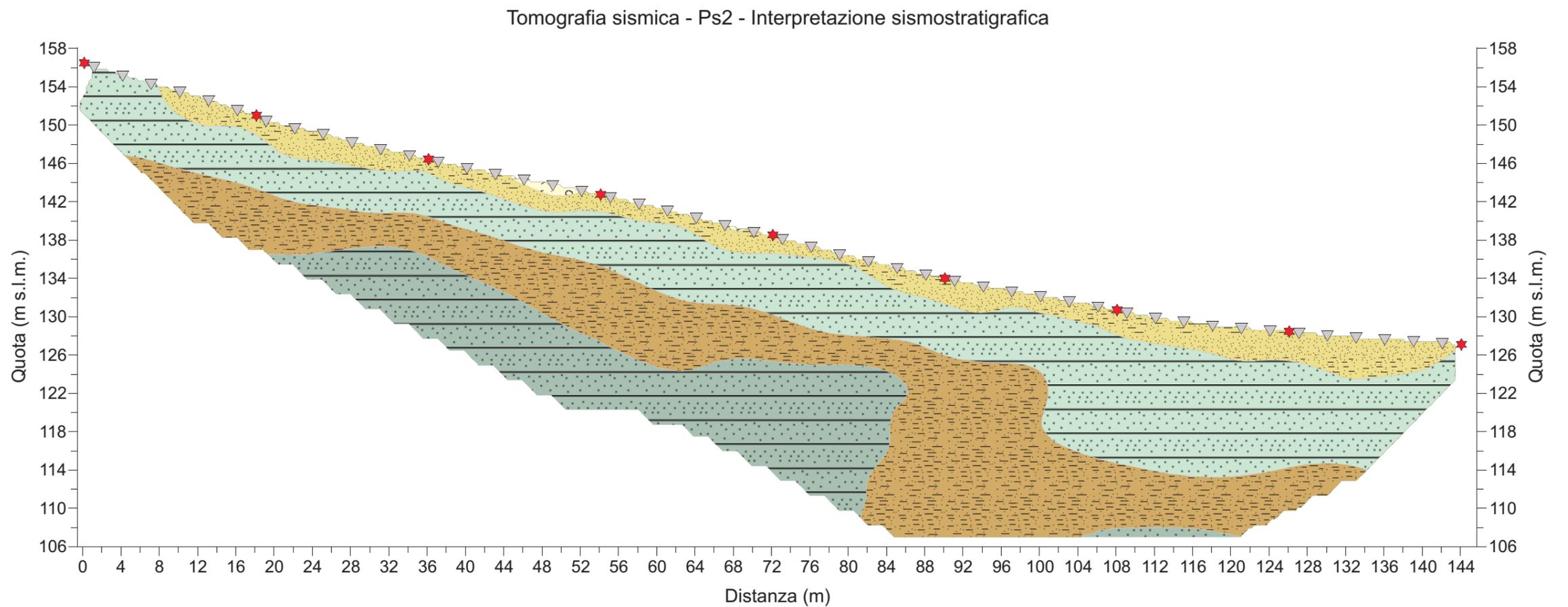
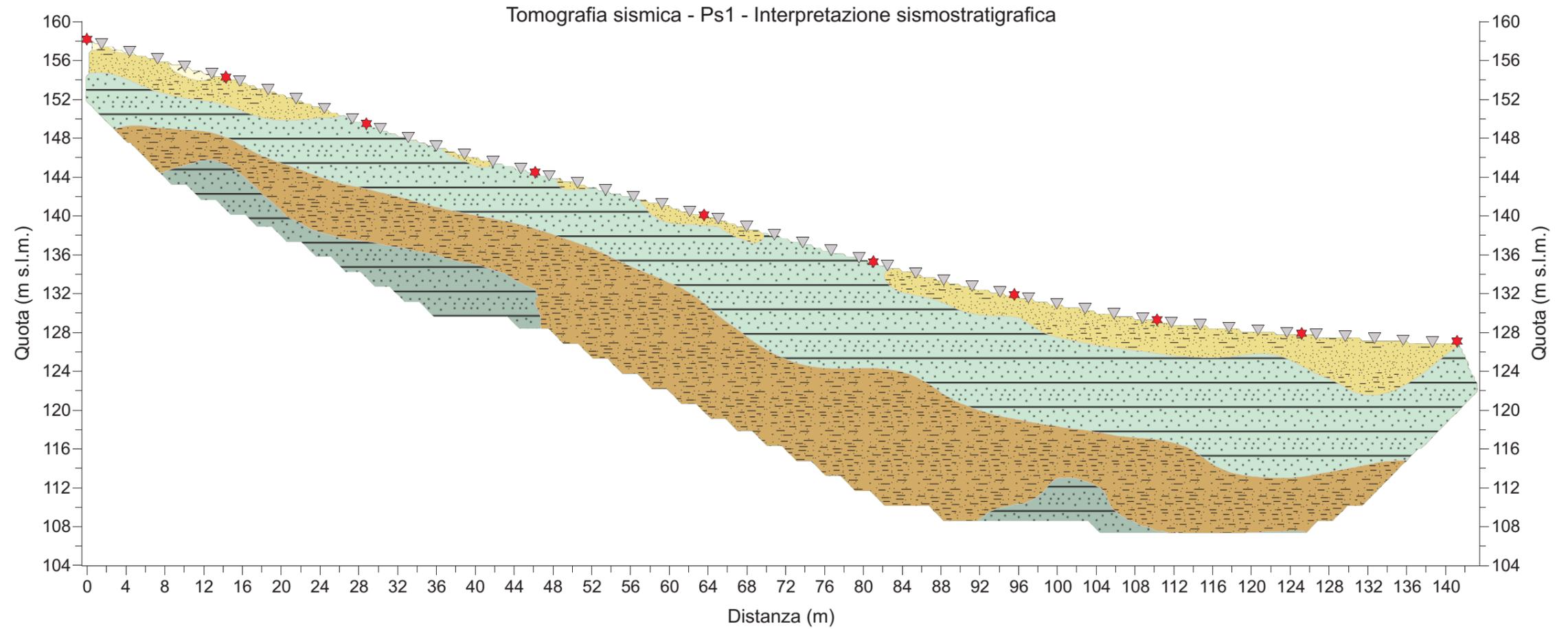
260 m/s < VSH < 340 m/s  
Argilla con limo verdastra



340 m/s < VSH < 420 m/s  
Alternanze di sabbie e limi



VSH > 420 m/s  
Argille limose



**IGETECMA s.n.c.**

Committente:  
REGIONE TOSCANA

Cantiere:  
SR6 Lotto 5  
Variante Urbinese  
PF4

Tomografia sismica  
Sismostratigrafia

Scala 1:500

Geofono ▼

Energizzazione \*



VSH < 180 m/s  
Terreno naturale, limi argillosi  
allentati.



180 m/s < VSH < 260 m/s  
Alternanze di limi argillosi  
e argille con limo poco  
addensate.



260 m/s < VSH < 340 m/s  
Argilla con limo verdastra

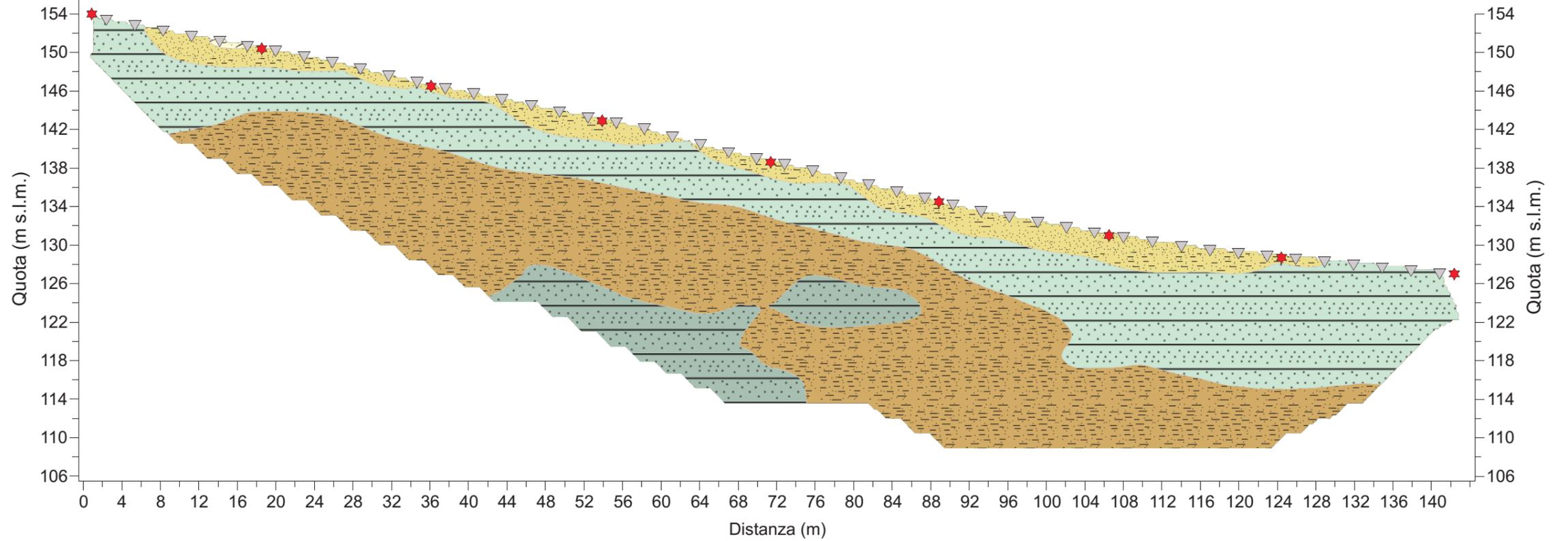


340 m/s < VSH < 420 m/s  
Alternanze di sabbie e limi

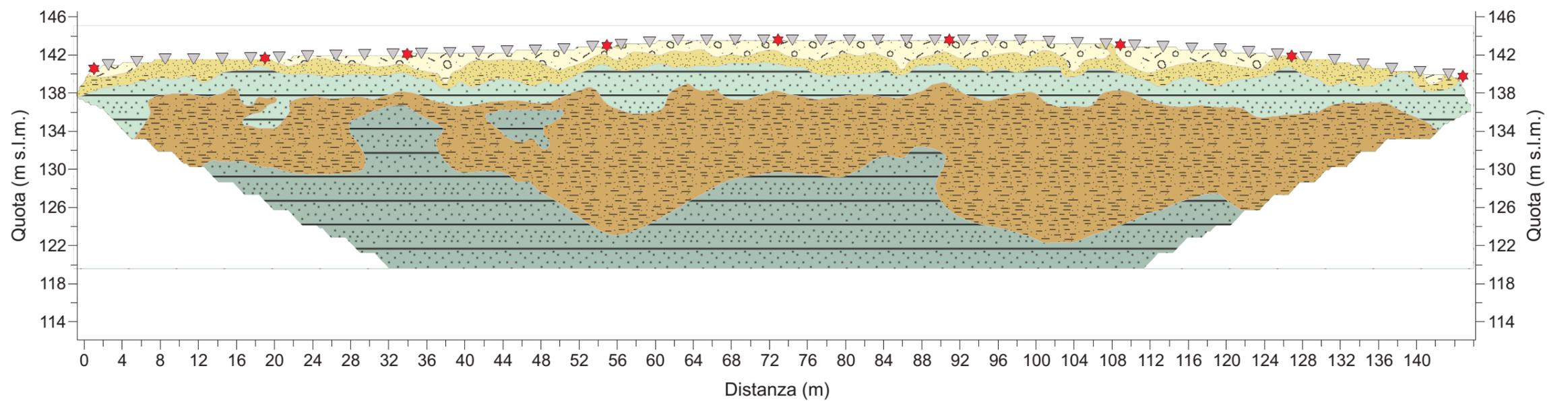


VSH > 420 m/s  
Argille limose

### Tomografia sismica - Ps3 - Interpretazione sismostratigrafica

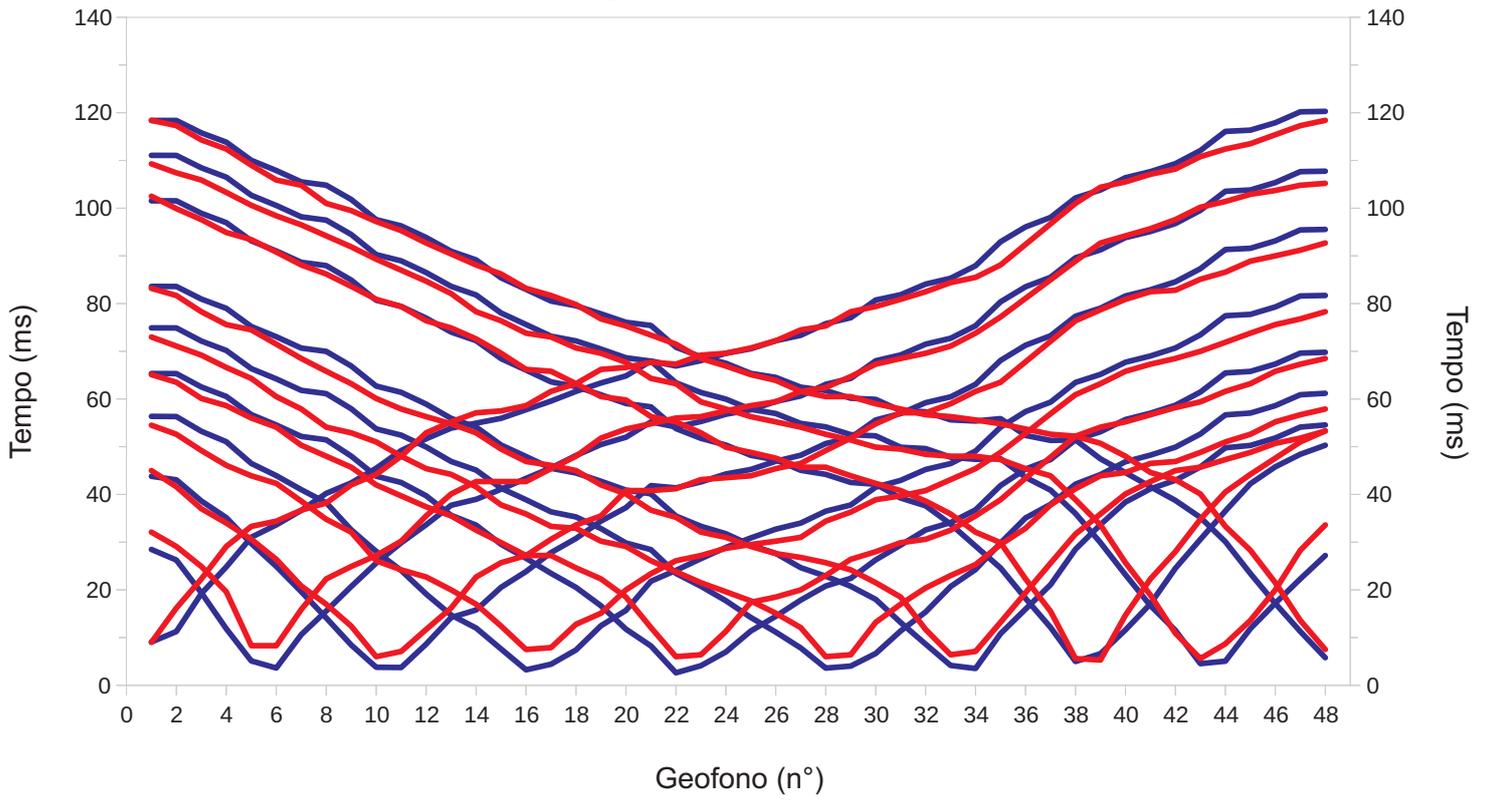


### Tomografia sismica - Ps4 - Interpretazione sismostratigrafica

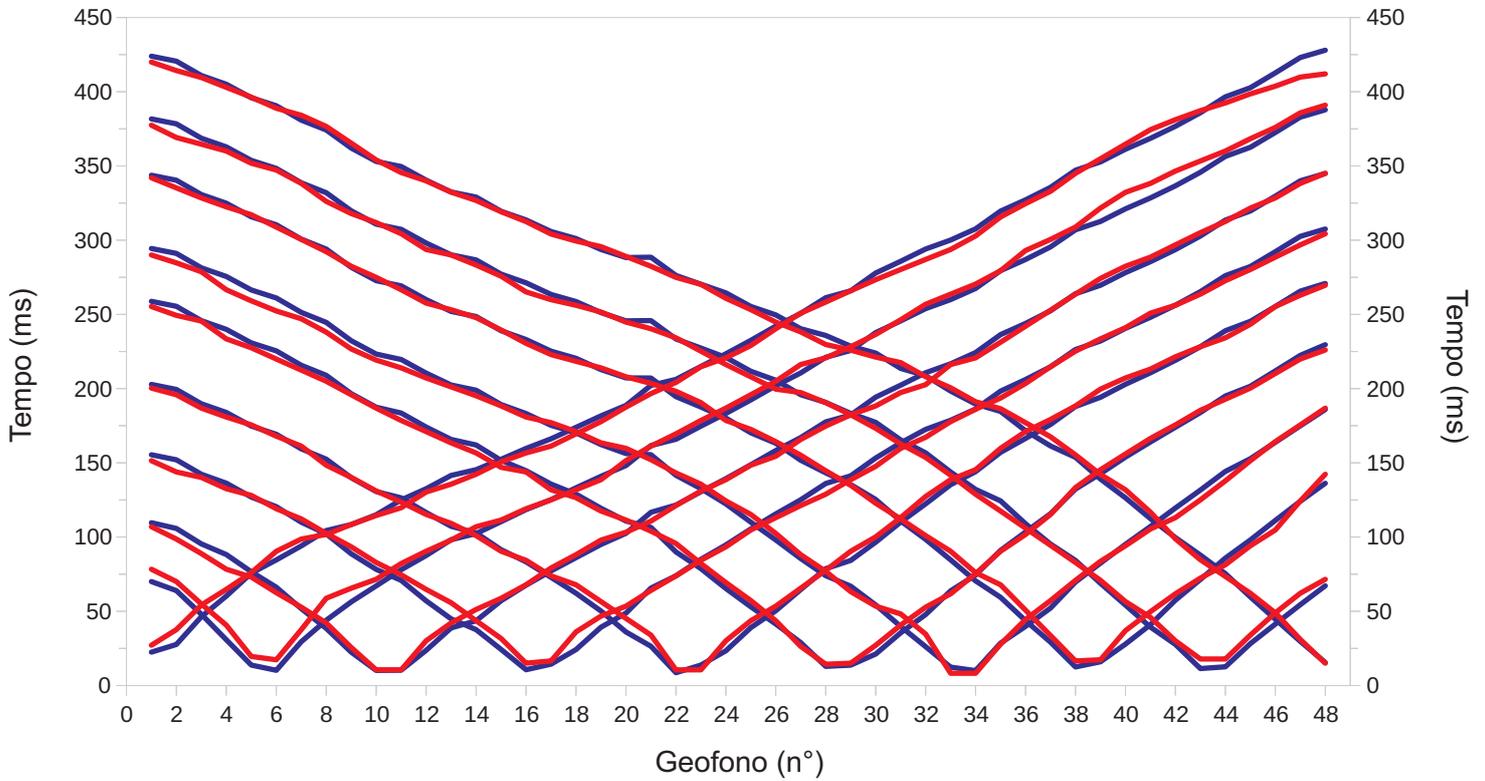


Profilo Ps1

Dromocrone Onde P



Dromocrone Onde SH



Tempi misurati — (red line)  
Tempi ricalcolati — (blue line)

## Profilo Ps1 - Onde P - Tempi misurati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms	Shot 10 ms
1	9.00	32.10	45.00	54.50	65.10	73.00	83.20	102.50	109.30	118.40
2	16.20	29.10	41.60	52.60	63.50	71.10	81.70	99.90	107.40	117.30
3	22.30	24.90	37.00	49.20	60.10	69.20	78.30	97.60	105.90	114.30
4	29.10	19.60	34.00	46.10	58.60	66.60	75.60	94.90	103.30	112.40
5	33.30	8.30	30.60	43.90	56.00	64.30	74.50	93.40	100.60	109.00
6	34.40	8.30	26.40	42.30	54.10	60.50	71.50	90.80	98.40	105.90
7	36.70	15.90	20.80	38.60	50.30	57.90	68.50	88.10	96.50	104.80
8	38.20	22.30	17.00	34.80	48.00	54.10	65.80	86.20	94.20	101.00
9	42.00	24.90	12.40	32.10	45.70	52.90	63.20	83.60	91.90	99.50
10	44.20	27.20	6.00	26.10	42.00	51.00	60.10	80.90	89.30	97.20
11	48.00	30.20	7.10	24.20	39.70	48.00	57.90	79.40	87.00	95.30
12	52.90	35.50	11.70	22.70	37.40	45.40	56.30	76.40	84.70	92.70
13	55.20	40.10	16.20	20.00	35.50	44.20	54.80	74.90	82.10	90.40
14	57.10	42.70	22.70	17.00	32.50	41.60	52.90	72.60	78.30	88.10
15	57.50	42.70	25.70	12.40	29.90	37.80	49.50	69.60	76.40	86.20
16	58.60	42.70	27.20	7.50	27.20	35.90	46.90	66.20	73.80	83.20
17	61.60	45.40	30.60	7.90	27.20	33.30	46.10	65.80	73.00	81.70
18	63.20	48.00	33.60	12.80	24.60	32.90	45.00	63.20	70.70	79.80
19	66.20	51.80	35.50	15.10	22.30	30.20	42.00	60.50	69.60	76.80
20	66.60	53.70	40.80	20.00	18.50	29.10	40.10	59.80	67.70	75.30
21	67.70	54.80	40.80	23.40	12.10	26.10	36.70	56.30	64.30	73.40
22	67.30	56.00	41.20	26.10	6.00	23.80	35.20	55.20	63.20	71.50
23	69.20	56.30	43.10	27.20	6.40	21.50	32.10	52.90	59.40	68.50
24	69.60	57.50	43.50	28.70	11.30	19.60	31.00	49.90	57.90	66.90
25	70.70	58.60	43.90	29.50	17.40	17.70	29.10	48.80	56.30	65.10
26	72.20	59.40	45.40	30.20	18.50	15.10	27.60	47.60	55.20	63.90
27	74.50	61.60	46.50	31.00	20.00	12.10	26.80	45.70	54.10	61.60
28	75.30	62.40	49.20	34.40	23.00	6.00	25.70	45.70	52.60	60.50
29	78.30	64.70	51.80	36.30	26.40	6.40	24.20	43.90	51.40	60.50
30	79.40	67.30	54.80	38.90	28.00	13.20	21.50	42.30	49.90	59.00
31	80.90	68.50	57.10	39.70	29.90	17.00	18.50	40.80	49.50	57.90
32	82.50	69.60	57.10	40.80	30.60	20.40	11.70	38.60	48.40	56.70
33	84.40	71.10	59.00	43.10	32.50	23.00	6.40	35.90	48.00	56.30
34	85.50	73.80	61.60	45.40	35.50	25.30	7.10	32.10	48.00	55.60
35	88.10	77.20	63.50	48.80	38.90	29.50	13.20	29.90	47.30	54.80
36	92.40	81.10	67.80	52.80	43.40	32.90	19.40	22.30	45.40	53.70
37	96.70	85.00	72.10	56.90	47.80	37.80	25.60	15.50	43.90	52.60
38	101.00	88.90	76.40	60.90	52.20	41.20	31.70	5.60	38.90	52.20
39	104.40	92.70	78.70	63.20	54.10	43.90	35.90	5.30	33.60	50.70
40	105.50	94.20	80.90	65.80	55.20	44.60	40.10	14.70	25.70	48.00
41	107.10	95.70	82.50	67.30	56.70	46.50	42.70	22.30	18.90	44.60
42	108.20	97.60	82.80	68.50	58.20	46.90	45.00	28.00	10.90	43.10
43	110.80	100.20	85.10	70.00	59.40	48.80	45.70	34.80	5.60	40.10
44	112.40	101.40	86.60	71.90	61.60	51.00	47.30	40.50	8.70	33.30
45	113.50	102.90	88.90	73.80	63.20	52.60	48.80	44.20	13.60	28.30
46	115.40	103.70	90.00	75.60	65.80	55.20	50.70	47.60	20.00	21.50
47	117.30	104.80	91.20	76.80	67.30	56.70	51.80	51.00	28.30	13.60
48	118.40	105.20	92.70	78.30	68.50	57.90	53.30	53.30	33.60	7.50

## Profilo Ps1 - Onde P - Tempi calcolati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms	Shot 10 ms
1	9.1	28.5	43.8	56.4	65.3	74.9	83.6	101.5	111.1	118.4
2	11.3	26.3	43.1	56.3	65.3	74.9	83.6	101.5	111.1	118.4
3	19.2	19.4	38.6	53.2	62.5	72.1	81.0	98.9	108.5	115.8
4	24.8	11.9	35.1	51.0	60.5	70.2	79.0	97.0	106.5	113.8
5	31.0	5.1	29.7	46.5	56.7	66.4	75.2	93.2	102.7	110.0
6	33.6	3.6	24.9	43.9	54.5	64.2	73.1	91.0	100.6	107.9
7	36.7	10.6	19.6	41.0	52.1	61.8	70.7	88.6	98.2	105.5
8	40.2	15.6	14.1	38.3	51.4	61.1	70.0	88.0	97.5	104.8
9	42.4	20.7	8.4	32.6	48.0	57.9	66.9	84.9	94.5	101.8
10	45.5	25.6	3.8	28.1	43.8	53.7	62.7	80.7	90.3	97.6
11	49.2	29.9	3.7	24.1	42.5	52.4	61.4	79.4	89.0	96.3
12	51.7	33.6	8.6	19.1	39.7	49.9	58.9	77.0	86.5	93.8
13	53.9	37.7	14.2	14.7	35.6	46.9	55.9	74.0	83.6	91.0
14	54.9	39.0	15.8	12.0	33.6	45.1	54.1	72.2	81.8	89.2
15	56.0	41.1	20.5	7.6	29.5	41.3	50.3	68.5	78.0	85.4
16	57.7	43.4	23.8	3.2	26.6	38.9	47.9	66.0	75.6	83.0
17	59.6	45.6	27.8	4.4	23.5	36.3	45.5	63.6	73.2	80.5
18	61.6	48.2	30.8	7.4	20.5	35.3	44.5	62.6	72.2	79.5
19	63.4	50.4	34.4	12.5	16.7	32.8	42.8	60.9	70.5	77.9
20	64.8	52.0	37.2	15.7	11.8	29.8	40.9	59.0	68.6	76.1
21	68.0	55.2	41.9	21.8	8.2	28.4	40.1	58.4	67.9	75.4
22	66.9	54.1	41.4	24.1	2.6	23.5	35.5	53.8	63.4	70.9
23	68.1	55.3	42.6	26.5	4.1	20.8	33.3	51.8	61.4	68.9
24	69.6	56.8	44.3	28.9	7.0	17.7	31.8	50.4	60.0	67.5
25	70.5	57.7	45.2	30.9	11.4	14.2	29.4	48.2	57.8	65.4
26	72.2	59.5	46.9	32.7	14.5	11.1	27.7	47.3	56.9	64.5
27	73.4	60.6	48.2	34.0	17.9	7.8	24.7	45.1	54.9	62.5
28	75.8	63.1	50.7	36.5	20.8	3.6	22.9	44.2	54.2	61.8
29	77.0	64.3	51.9	37.8	22.4	4.0	20.8	42.5	52.5	60.2
30	80.8	68.0	55.6	41.5	26.3	6.7	18.0	42.1	52.3	59.9
31	81.9	69.2	57.0	42.9	29.4	11.4	13.2	39.3	49.9	57.5
32	84.1	71.5	59.2	45.2	32.6	15.4	8.6	37.6	49.6	57.3
33	85.3	72.7	60.4	46.5	34.1	20.7	4.2	33.8	47.8	55.6
34	87.9	75.4	63.1	49.1	36.8	24.3	3.5	29.2	47.4	55.4
35	93.0	80.4	68.1	54.1	41.9	29.8	10.8	24.6	47.5	55.9
36	96.1	83.5	71.3	57.4	45.3	35.1	16.0	18.2	43.6	52.4
37	98.1	85.5	73.3	59.3	47.3	37.9	21.1	12.1	40.9	51.3
38	102.1	89.6	77.4	63.5	51.4	42.2	28.5	5.0	36.0	51.4
39	103.8	91.3	79.0	65.2	53.1	44.2	33.7	6.6	29.9	47.4
40	106.4	93.8	81.6	67.7	55.7	46.8	38.4	11.6	23.2	44.6
41	107.7	95.1	82.9	69.0	57.0	48.2	41.2	17.1	16.7	41.6
42	109.3	96.8	84.6	70.7	58.7	49.9	43.0	24.5	11.5	38.8
43	112.1	99.5	87.3	73.5	61.4	52.7	45.8	30.6	4.5	35.2
44	116.1	103.5	91.3	77.5	65.5	56.7	49.8	36.5	5.1	30.1
45	116.3	103.8	91.6	77.7	65.8	57.0	50.3	42.2	11.9	23.4
46	117.9	105.4	93.2	79.3	67.3	58.6	51.8	45.8	17.2	17.1
47	120.2	107.7	95.4	81.6	69.6	60.9	54.1	48.4	22.3	11.3
48	120.3	107.8	95.5	81.7	69.8	61.2	54.6	50.3	27.2	5.8

## Profilo Ps1 - Onde SH - Tempi misurati

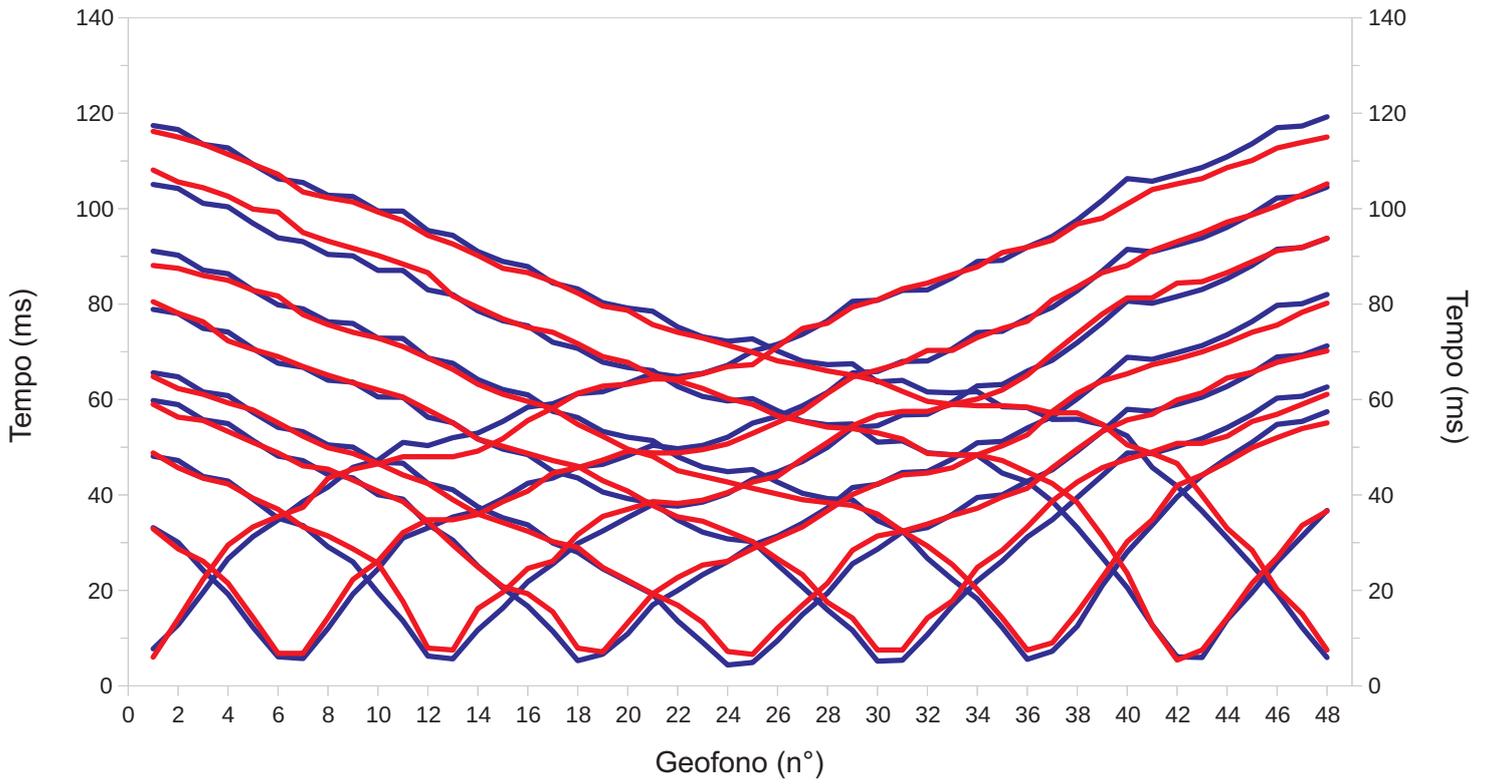
Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms	Shot 10 ms
1	27.10	78.30	106.90	151.40	200.30	255.30	290.00	342.00	377.40	419.90
2	37.60	70.00	98.60	143.80	195.80	249.30	284.70	335.20	369.10	414.20
3	54.20	54.90	88.80	140.10	186.80	245.50	278.70	328.40	364.60	409.50
4	64.70	40.60	78.30	132.50	180.80	233.50	266.60	322.40	360.00	402.90
5	76.00	19.50	73.00	128.00	175.50	227.50	259.10	317.10	351.80	396.30
6	90.40	17.30	62.50	119.00	167.90	219.90	252.30	308.80	347.20	388.80
7	98.60	37.60	52.70	112.20	161.20	212.40	247.00	300.50	338.20	384.10
8	101.70	58.70	42.10	102.40	148.40	204.90	238.00	292.20	326.10	376.60
9	108.40	65.50	25.60	93.40	140.10	195.80	226.70	282.40	317.90	365.30
10	114.50	71.50	10.50	82.80	131.00	186.80	219.20	274.90	311.80	354.00
11	119.70	82.10	10.50	74.50	123.50	178.50	213.90	266.60	304.30	345.50
12	130.30	90.40	30.10	64.70	115.20	171.00	207.10	257.60	293.70	339.90
13	135.60	97.90	42.10	55.70	109.20	163.40	201.10	253.10	290.00	332.30
14	142.30	106.90	51.20	43.60	100.90	156.60	195.10	247.80	283.20	326.70
15	150.60	111.40	58.70	31.60	90.40	146.90	188.30	239.50	275.70	319.10
16	156.60	119.00	67.80	15.00	84.30	143.80	180.80	230.50	265.10	312.50
17	161.20	125.00	79.10	16.50	73.80	131.80	177.00	222.90	259.90	304.10
18	169.50	131.80	88.10	36.10	67.80	126.50	171.00	218.40	256.10	299.40
19	177.70	138.60	97.90	46.70	56.50	117.50	163.40	213.90	251.60	295.60
20	187.50	151.40	103.20	53.40	45.20	111.40	159.70	207.90	244.80	289.00
21	196.60	161.20	110.70	64.00	33.90	103.90	152.10	203.40	240.30	282.40
22	204.10	169.50	121.20	73.80	10.50	95.60	143.10	198.10	234.20	274.90
23	214.70	178.50	131.00	84.30	10.50	82.10	135.60	190.50	225.20	270.20
24	220.70	186.80	138.60	93.40	30.10	69.30	124.30	178.50	216.20	260.80
25	229.00	195.80	148.40	104.70	43.60	57.20	115.20	172.50	207.90	253.20
26	240.30	204.90	154.40	113.00	53.40	43.60	102.40	164.20	199.60	244.80
27	250.80	216.20	165.70	121.20	65.50	26.30	88.10	155.10	197.30	238.20
28	258.30	220.70	174.70	128.80	77.50	14.30	76.80	144.60	190.50	229.70
29	265.90	228.20	182.30	138.60	90.40	15.00	63.20	134.80	182.30	225.90
30	273.40	236.50	188.30	147.60	100.10	27.10	53.40	122.70	173.20	221.20
31	280.20	246.30	197.30	159.70	113.00	40.60	48.20	112.20	162.70	217.50
32	287.00	256.80	202.60	167.20	127.30	52.70	34.60	100.90	153.60	208.00
33	293.70	263.60	216.20	177.70	138.60	61.70	8.20	90.40	141.60	200.50
34	302.80	270.40	220.70	186.00	145.30	75.30	8.20	76.00	128.80	191.10
35	315.60	279.40	231.20	193.60	159.70	90.40	27.80	67.80	117.50	186.40
36	324.60	293.00	242.00	203.40	171.00	101.70	44.40	50.70	105.90	177.00
37	332.90	300.50	252.80	214.70	179.20	115.20	57.20	33.60	94.40	167.50
38	345.00	308.80	263.60	225.20	188.30	133.30	70.80	16.50	82.80	155.30
39	354.80	321.60	274.20	233.50	199.60	145.30	83.60	17.30	70.80	142.10
40	364.60	332.20	282.40	241.00	207.10	155.90	94.10	36.90	56.50	131.80
41	374.40	338.20	288.50	250.80	213.10	166.40	105.40	49.70	45.90	116.70
42	381.10	346.50	296.80	256.10	221.40	175.50	113.00	61.70	30.10	98.80
43	387.20	353.30	305.00	263.60	228.20	185.30	125.00	72.30	17.80	84.70
44	392.40	360.00	312.60	272.70	234.20	192.80	137.80	81.30	17.80	73.40
45	398.50	368.30	321.60	280.20	243.30	200.30	151.40	94.10	33.90	62.10
46	403.70	375.90	328.40	288.50	255.30	210.10	164.20	104.70	48.90	48.90
47	409.80	385.70	338.20	296.80	262.90	219.90	175.50	124.30	62.10	31.00
48	412.00	390.90	345.00	304.30	269.60	226.00	186.80	142.30	71.50	15.00

## Profilo Ps1 - Onde SH - Tempi calcolati

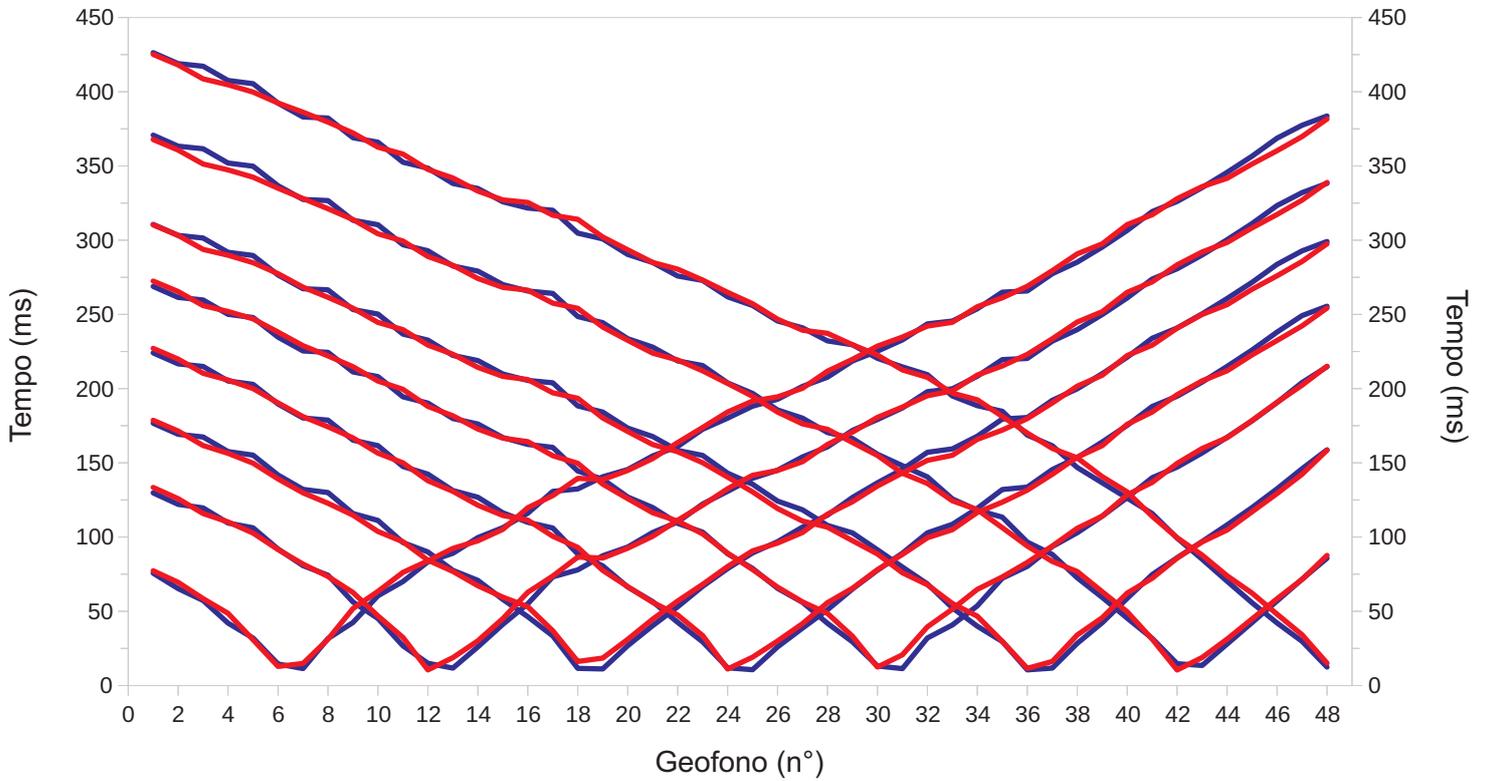
Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms	Shot 10 ms
1	22.5	70.0	109.6	155.4	202.8	258.8	294.4	343.7	381.7	423.9
2	27.6	63.9	105.8	152.0	199.4	255.5	291.1	340.4	378.4	420.6
3	46.3	47.9	95.4	142.3	189.8	245.8	281.4	330.7	368.7	410.9
4	60.3	30.8	88.2	136.3	183.9	239.9	275.6	324.9	362.8	405.1
5	75.7	13.8	76.6	126.9	174.7	230.8	266.5	315.8	353.7	396.0
6	84.6	10.2	66.2	120.4	169.2	225.4	261.1	310.4	348.3	390.6
7	94.0	29.5	51.7	110.0	159.4	215.7	251.3	300.7	338.6	380.9
8	104.4	44.0	38.5	102.2	152.5	208.9	244.6	294.0	332.0	374.2
9	108.4	56.3	22.5	88.7	140.0	196.6	232.3	281.8	319.8	362.1
10	115.0	67.1	10.2	78.2	130.6	187.5	223.3	272.7	310.8	353.1
11	125.0	78.0	10.3	70.8	126.4	183.6	219.7	269.3	307.3	349.6
12	132.6	87.6	23.7	57.1	116.5	174.1	210.4	260.0	298.1	340.4
13	141.5	98.2	38.8	44.9	107.2	165.7	202.4	252.0	290.1	332.5
14	145.4	102.4	43.6	37.6	102.8	162.0	198.9	248.6	286.7	329.0
15	152.4	110.4	57.1	24.3	91.5	151.6	189.2	239.0	277.1	319.4
16	159.7	118.5	67.6	10.6	83.3	144.7	183.2	233.1	271.3	313.6
17	166.2	125.2	77.2	14.4	72.9	135.7	175.3	225.2	263.5	305.9
18	173.9	133.2	86.1	24.2	62.2	128.9	170.2	220.4	258.7	301.1
19	181.6	140.9	95.0	39.3	50.2	119.4	162.3	212.8	251.3	293.7
20	188.7	148.2	102.5	48.8	36.1	110.8	156.3	207.2	245.7	288.3
21	202.2	161.6	116.7	65.6	26.4	106.5	155.5	207.1	245.9	288.5
22	206.2	165.9	121.5	73.9	8.6	90.0	141.6	194.6	233.5	276.3
23	214.9	174.7	130.5	85.0	13.8	78.7	132.6	187.6	227.4	270.3
24	223.5	183.3	139.3	94.7	23.4	65.3	122.3	180.1	221.0	264.5
25	232.5	192.4	148.7	105.4	38.9	53.1	110.0	170.2	211.7	255.4
26	242.1	201.9	158.3	115.6	50.4	41.4	98.1	163.2	205.6	249.7
27	250.7	210.5	167.0	125.1	64.6	28.9	85.5	151.8	195.9	240.4
28	261.3	221.1	177.6	136.1	78.7	12.9	74.0	143.3	190.7	235.8
29	265.9	225.8	182.2	141.2	84.2	13.7	66.9	135.3	183.3	228.6
30	277.9	237.8	194.2	153.2	96.5	21.2	54.2	125.3	177.2	223.9
31	285.8	245.6	202.3	163.4	110.0	35.5	39.8	110.8	165.4	213.6
32	294.0	253.9	210.7	172.5	122.4	47.8	26.2	98.4	156.7	208.7
33	300.1	260.0	216.8	178.7	135.3	63.8	12.4	84.7	143.8	198.3
34	307.6	267.5	224.3	186.2	144.0	74.4	10.0	70.5	132.1	189.6
35	319.6	279.5	236.4	198.3	157.1	91.0	28.5	59.4	124.4	184.6
36	327.1	287.0	243.9	206.1	166.4	103.4	39.8	43.7	109.0	171.6
37	335.6	295.5	252.4	214.7	175.8	115.7	52.2	29.2	95.3	161.4
38	347.1	307.0	264.0	226.3	187.9	132.3	69.7	12.5	84.3	153.7
39	352.8	312.6	269.6	232.1	194.2	142.7	82.4	16.0	68.8	139.1
40	361.3	321.1	278.2	240.6	202.9	153.9	95.1	27.9	54.1	126.4
41	368.6	328.5	285.5	248.1	210.6	164.0	107.1	41.0	39.4	112.4
42	376.7	336.6	293.6	256.2	219.1	174.0	119.5	57.5	27.7	99.7
43	385.9	345.7	302.8	265.3	228.2	183.9	131.6	71.4	11.4	87.9
44	396.6	356.4	313.5	276.1	239.0	195.0	144.2	85.8	12.6	75.4
45	402.7	362.6	319.7	282.3	245.4	201.6	152.8	98.0	28.2	59.7
46	412.7	372.5	329.6	292.2	255.3	211.9	163.8	111.2	41.4	44.7
47	423.0	382.9	340.0	302.6	265.7	222.4	174.9	124.1	54.4	29.8
48	428.0	387.8	344.9	307.6	270.9	229.6	185.9	136.2	67.2	15.5

Profilo Ps2

Dromocrone Onde P



Dromocrone Onde SH



Tempi misurati — (red line)  
Tempi ricalcolati — (blue line)

## Profilo Ps1 - Onde P - Tempi misurati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	6.00	32.90	48.80	59.00	64.80	80.50	88.10	108.10	116.20
2	14.00	28.70	45.70	56.30	62.30	78.10	87.50	105.60	115.00
3	22.30	26.10	43.50	55.60	61.10	76.30	86.00	104.40	113.50
4	29.50	21.50	42.30	53.30	59.30	72.30	85.00	102.60	111.40
5	33.30	14.30	39.30	51.00	57.80	70.50	82.90	99.90	109.30
6	35.50	6.80	37.00	48.80	55.10	69.00	81.70	99.30	107.20
7	37.40	6.80	33.30	46.10	52.30	66.90	77.80	95.00	103.50
8	43.50	14.30	31.40	45.40	49.90	65.10	75.70	93.20	102.30
9	45.40	22.30	28.70	43.10	48.70	63.50	74.10	91.70	101.40
10	46.50	26.10	25.70	40.80	46.60	62.00	72.90	90.20	99.30
11	48.00	32.10	17.70	38.60	44.20	60.50	71.10	88.40	97.50
12	48.00	34.80	7.90	34.40	42.40	57.80	68.70	86.60	94.40
13	48.00	34.80	7.50	29.50	39.00	55.10	66.30	81.70	92.60
14	49.20	35.90	16.20	24.90	36.00	51.70	63.20	79.30	90.20
15	51.80	38.60	19.60	20.80	34.20	50.20	61.10	76.90	87.50
16	55.60	40.80	24.60	19.30	32.40	48.70	59.60	75.10	86.60
17	58.20	44.60	26.10	15.50	30.20	47.20	58.10	74.10	84.70
18	61.30	45.70	31.70	7.90	29.00	46.00	54.80	71.70	82.30
19	62.80	47.30	35.50	7.10	24.80	43.00	52.30	69.00	79.60
20	63.20	49.20	37.00	13.20	22.10	40.80	49.60	67.80	78.70
21	64.30	48.80	38.60	19.30	19.30	37.80	48.10	65.10	75.70
22	64.30	48.80	38.20	22.70	16.90	35.40	45.10	63.90	74.10
23	65.40	49.50	38.90	25.30	13.30	34.50	43.90	62.30	72.90
24	66.90	50.70	40.50	26.10	7.20	32.40	42.70	60.20	71.40
25	67.30	52.90	42.70	28.70	6.60	30.20	41.40	59.00	69.90
26	71.10	55.20	43.90	31.00	12.10	26.60	40.20	56.60	68.10
27	74.90	57.50	47.60	33.30	16.90	23.30	39.00	55.40	67.20
28	76.00	61.30	51.00	36.70	21.50	17.50	38.40	54.20	66.00
29	79.40	64.70	54.50	40.10	28.40	14.20	37.80	53.90	65.10
30	80.90	66.20	56.70	42.30	31.40	7.50	36.00	53.00	63.90
31	83.20	67.70	57.50	44.20	32.40	7.50	32.40	51.70	61.70
32	84.40	70.30	57.50	44.60	33.90	14.20	29.30	48.70	59.60
33	86.20	70.30	59.00	45.70	35.70	17.80	25.40	48.40	59.00
34	87.80	73.00	60.10	48.40	37.20	24.80	20.20	48.40	58.70
35	90.80	74.90	62.00	50.30	39.60	28.40	14.20	47.20	58.70
36	91.90	76.40	65.10	52.60	41.40	33.30	7.50	44.80	58.40
37	93.40	80.90	69.60	57.50	45.70	38.70	9.00	42.40	57.20
38	96.80	83.60	73.80	61.30	49.60	42.70	15.40	38.40	57.20
39	98.00	86.60	77.90	63.90	53.30	45.70	22.70	31.40	54.80
40	101.00	88.10	81.30	65.40	55.70	47.50	30.20	23.60	50.50
41	104.00	91.20	81.30	67.30	56.90	49.00	34.80	12.70	48.70
42	105.20	93.10	84.40	68.50	59.90	50.80	42.00	5.40	46.60
43	106.30	94.90	84.70	70.00	61.40	50.80	44.20	7.50	39.90
44	108.60	97.20	86.60	71.90	64.50	52.30	46.90	14.20	33.00
45	110.10	98.70	88.90	74.10	65.70	55.40	49.90	21.50	28.40
46	112.70	100.60	91.20	75.60	67.80	56.90	52.00	26.90	20.20
47	113.90	102.90	91.90	78.30	69.00	59.00	53.90	33.60	15.10
48	115.00	105.20	93.80	80.20	70.20	61.10	55.10	36.60	7.50

## Profilo Ps2 - Onde P - Tempi calcolati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	7.7	33.1	48.1	59.8	65.6	78.9	91.1	105.1	117.4
2	12.8	30.1	47.2	58.9	64.7	78.0	90.2	104.2	116.6
3	19.6	24.2	43.9	55.7	61.6	74.9	87.1	101.1	113.5
4	26.6	19.2	42.9	54.9	60.8	74.1	86.4	100.4	112.7
5	31.3	12.2	39.1	51.4	57.3	70.7	82.9	96.9	109.3
6	34.7	6.1	35.1	48.2	54.2	67.6	79.8	93.9	106.3
7	38.6	5.7	33.6	47.2	53.2	66.8	79.0	93.1	105.5
8	41.7	12.0	29.1	44.3	50.5	64.0	76.3	90.4	102.8
9	45.8	19.2	26.0	43.6	50.0	63.6	75.9	90.1	102.5
10	47.3	24.5	19.5	40.1	46.8	60.5	72.9	87.1	99.5
11	51.0	31.0	13.6	39.1	46.7	60.5	72.8	87.1	99.5
12	50.3	33.1	6.2	33.8	42.4	56.3	68.7	83.0	95.4
13	52.0	35.4	5.6	30.5	41.1	55.1	67.6	82.0	94.4
14	53.0	36.6	11.7	25.1	37.5	51.7	64.2	78.6	91.0
15	55.4	39.2	16.3	20.5	35.2	49.6	62.1	76.5	88.9
16	58.4	42.4	21.8	16.7	33.7	48.5	61.0	75.4	87.9
17	59.1	43.5	25.5	11.4	29.9	44.9	57.5	72.0	84.4
18	61.2	45.8	29.8	5.3	28.0	43.6	56.2	70.7	83.2
19	61.6	46.4	32.4	6.6	24.5	40.6	53.3	67.9	80.3
20	63.4	48.3	35.3	10.9	21.8	39.2	52.1	66.7	79.2
21	65.5	50.4	38.0	17.0	19.2	38.3	51.4	66.0	78.5
22	64.8	49.7	37.7	20.0	13.6	34.8	48.0	62.7	75.2
23	65.5	50.4	38.5	23.3	9.1	32.2	45.8	60.6	73.1
24	67.2	52.1	40.3	26.0	4.4	30.8	44.9	59.7	72.2
25	70.1	55.0	43.3	29.5	4.9	30.2	45.3	60.2	72.7
26	71.6	56.5	44.8	31.4	9.5	25.4	42.7	57.6	70.2
27	73.7	58.7	47.0	34.1	14.9	20.7	40.3	55.5	68.0
28	76.5	61.5	50.0	37.3	19.4	15.9	39.2	54.7	67.3
29	80.6	65.6	54.1	41.6	25.6	11.6	39.0	54.9	67.5
30	80.8	65.9	54.5	42.2	28.6	5.2	34.6	51.1	63.7
31	82.9	68.0	56.8	44.7	32.2	5.4	32.5	51.3	64.0
32	83.0	68.1	56.9	44.9	33.2	10.7	26.7	48.8	61.6
33	85.5	70.6	59.5	47.5	35.9	16.8	22.3	48.4	61.4
34	88.9	74.0	62.9	50.9	39.5	22.0	18.2	48.3	61.6
35	89.2	74.3	63.1	51.2	40.0	26.2	12.2	44.6	58.5
36	92.0	77.1	66.0	54.0	42.8	31.2	5.6	42.8	58.3
37	94.2	79.3	68.2	56.4	45.3	34.8	7.3	38.6	55.8
38	97.6	82.8	71.9	60.2	49.2	39.5	12.5	33.1	55.9
39	101.7	86.9	76.1	64.3	53.3	44.0	21.0	26.9	54.7
40	106.3	91.5	80.6	68.9	57.9	48.8	28.0	20.6	52.4
41	105.7	91.0	80.2	68.4	57.5	48.7	33.7	12.7	45.8
42	107.2	92.4	81.6	69.8	59.0	50.2	39.6	6.1	41.8
43	108.6	93.9	83.1	71.3	60.5	51.8	44.1	5.9	36.6
44	110.9	96.1	85.3	73.6	62.7	54.1	47.7	13.8	31.0
45	113.6	98.9	88.1	76.3	65.5	56.9	51.0	19.6	25.3
46	117.0	102.2	91.5	79.7	68.9	60.3	54.8	25.9	19.3
47	117.3	102.6	91.8	80.1	69.3	60.7	55.4	31.3	12.2
48	119.3	104.5	93.8	82.0	71.2	62.6	57.4	36.8	5.9

## Profilo Ps2 - Onde SH - Tempi misurati

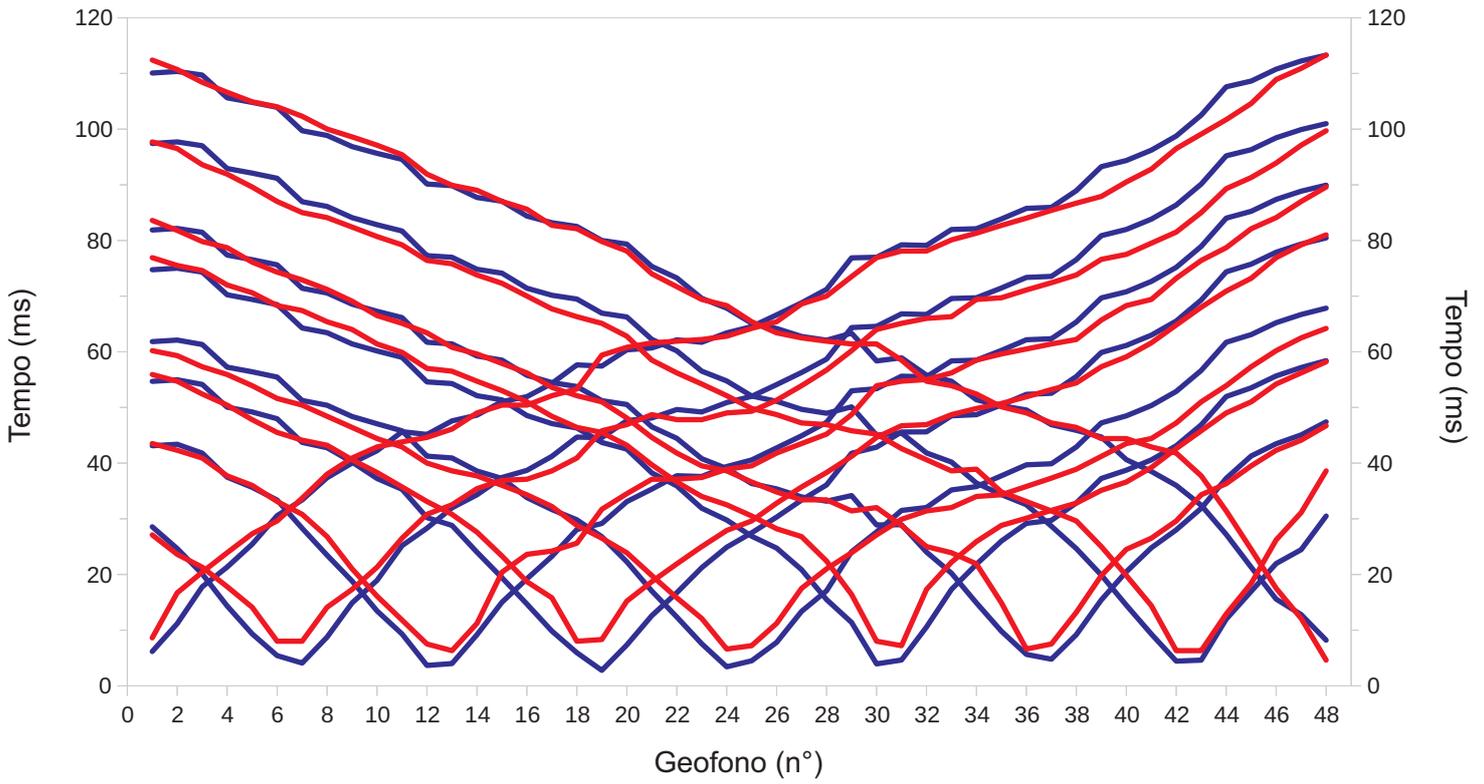
Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms
1	77.26	133.37	178.64	227.11	272.44	310.29	367.76	425.08
2	69.45	125.82	171.34	219.87	265.36	303.20	360.67	418.00
3	58.44	115.79	161.63	210.25	255.89	293.75	351.25	408.59
4	48.57	110.15	156.35	205.72	251.95	289.81	347.31	404.66
5	30.78	102.65	149.75	199.94	246.96	284.82	342.38	399.73
6	12.81	91.51	139.11	190.34	238.07	277.40	334.96	392.31
7	14.80	81.73	129.71	181.05	228.85	268.29	327.98	386.16
8	31.14	73.43	122.72	174.22	222.04	261.47	321.17	379.51
9	51.81	62.63	114.71	166.73	214.68	254.16	313.85	372.19
10	63.36	46.85	103.70	156.49	205.05	244.56	304.26	362.60
11	76.14	32.34	96.78	149.93	199.46	239.70	299.41	357.94
12	83.90	10.47	84.38	137.89	187.98	229.29	289.00	347.59
13	92.32	18.74	76.81	130.75	181.63	223.12	283.03	341.87
14	97.45	30.08	67.14	121.42	172.71	214.25	274.16	333.02
15	105.12	45.03	59.44	114.49	166.59	208.18	268.15	327.05
16	119.73	62.77	53.06	111.36	164.21	206.03	266.29	325.36
17	127.89	73.70	36.82	100.50	154.73	197.11	257.55	316.76
18	139.51	86.49	16.15	92.98	149.64	193.41	254.05	314.03
19	138.62	85.81	18.42	77.53	135.58	180.19	241.45	302.12
20	144.82	92.41	31.04	66.56	125.85	171.09	232.53	293.47
21	152.83	100.47	44.67	55.98	116.31	162.24	223.88	284.94
22	163.61	111.26	56.91	47.44	110.71	157.44	219.25	280.44
23	173.76	121.41	68.08	33.60	102.09	150.05	211.90	273.09
24	184.19	132.48	80.10	11.05	89.12	140.35	203.42	264.82
25	191.56	141.54	90.66	19.01	78.06	130.44	194.76	257.14
26	194.36	144.83	95.89	29.90	66.22	119.17	184.13	246.75
27	200.18	150.67	103.01	41.61	56.28	110.75	176.20	239.32
28	211.69	162.32	115.36	55.74	48.53	106.61	172.52	237.24
29	219.69	170.63	123.76	65.46	33.14	97.50	163.67	229.52
30	228.63	180.58	134.31	77.98	12.40	88.56	154.91	222.57
31	234.69	187.49	143.10	88.25	20.64	75.91	142.93	212.51
32	242.08	195.14	151.61	99.47	39.50	67.81	136.08	207.54
33	244.66	198.43	155.03	104.91	51.39	55.20	124.36	196.87
34	255.13	209.09	165.80	116.54	64.72	46.66	118.37	192.40
35	261.14	215.27	172.00	123.46	73.07	29.70	106.25	181.20
36	268.89	223.03	179.75	131.55	82.86	11.51	93.92	170.02
37	279.41	233.54	190.26	142.27	93.93	16.18	83.49	159.64
38	290.72	244.85	201.58	153.77	105.86	34.02	76.73	153.30
39	297.50	251.81	208.95	161.51	114.00	45.60	63.13	140.64
40	310.47	264.87	222.25	175.93	128.42	62.22	49.62	130.31
41	317.09	271.87	229.25	184.18	136.78	72.20	31.16	113.92
42	327.89	283.33	240.72	195.85	149.55	85.78	10.42	99.47
43	336.04	292.00	249.92	205.16	159.62	96.69	18.84	87.83
44	341.65	298.44	256.54	211.96	166.86	104.72	31.20	73.85
45	351.31	308.28	266.93	222.73	178.51	116.99	44.82	62.13
46	360.24	317.28	275.94	232.39	190.70	129.28	58.43	47.99
47	369.73	326.92	285.59	242.22	202.26	142.27	71.41	34.14
48	381.59	338.85	297.51	254.23	215.02	158.47	87.62	15.04

## Profilo Ps2 - Onde SH - Tempi calcolati

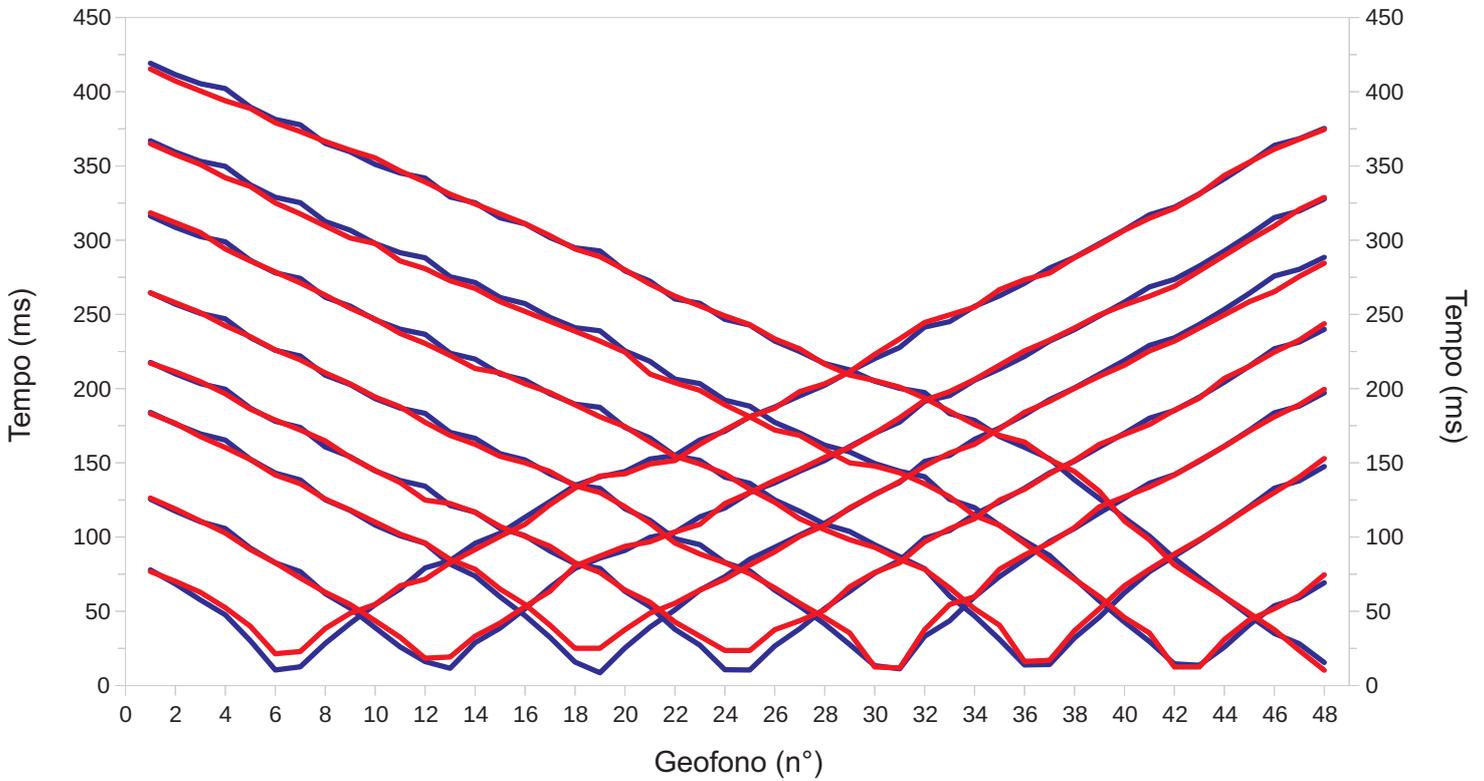
Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms
1	75.7	129.8	176.7	224.1	268.9	310.6	370.7	426.3
2	65.3	122.0	169.2	216.7	261.5	303.2	363.3	418.9
3	57.3	119.6	167.4	214.9	259.7	301.5	361.6	417.2
4	42.0	109.4	157.6	205.1	250.1	291.8	352.0	407.6
5	32.0	106.2	155.2	202.9	247.9	289.7	349.8	405.4
6	14.5	91.9	141.8	189.6	234.7	276.6	336.7	392.3
7	11.4	80.7	132.1	180.2	225.4	267.3	327.4	383.0
8	31.6	74.3	130.0	178.8	224.5	266.5	326.7	382.3
9	42.4	56.3	115.8	165.2	211.2	253.3	313.4	369.0
10	60.4	45.1	111.2	161.5	208.1	250.2	310.4	366.0
11	70.0	26.7	96.3	147.5	194.5	236.8	296.9	352.5
12	83.3	15.0	90.0	142.4	190.2	232.7	292.9	348.5
13	89.1	11.7	77.6	131.3	179.8	222.4	282.6	338.2
14	99.7	26.0	70.8	126.8	176.1	218.9	279.2	334.8
15	106.4	41.2	58.0	116.3	167.0	209.8	270.1	325.8
16	116.1	55.0	46.3	109.9	162.4	205.5	265.8	321.6
17	130.8	73.2	33.4	106.1	160.4	203.9	264.1	320.2
18	132.4	77.9	11.6	88.6	144.5	188.3	248.6	304.7
19	140.6	87.4	11.2	80.6	138.9	184.2	244.4	300.9
20	145.5	93.3	26.8	66.4	127.0	173.4	233.7	290.4
21	154.7	103.1	40.3	56.5	119.9	167.7	228.0	285.0
22	161.0	110.1	53.1	42.5	109.2	158.3	218.7	275.8
23	172.6	122.2	66.8	29.4	103.3	155.0	215.6	272.9
24	180.1	130.8	78.8	12.0	88.7	143.0	203.8	261.8
25	188.2	139.6	89.3	10.6	78.9	135.6	196.8	256.0
26	192.8	145.0	96.9	26.0	65.5	124.2	185.6	245.6
27	201.4	154.0	106.7	38.7	56.1	118.4	180.1	241.0
28	207.7	160.7	114.8	51.0	41.9	107.8	170.4	232.2
29	218.6	171.8	126.7	65.0	29.5	102.8	166.4	229.6
30	225.3	179.2	136.6	77.7	13.1	91.4	155.8	220.4
31	232.8	187.0	145.6	89.1	11.4	79.8	148.1	214.6
32	243.6	197.9	157.1	102.8	32.0	68.4	140.5	209.4
33	245.5	199.8	159.4	108.6	40.8	52.3	125.7	195.0
34	253.8	208.3	167.9	119.3	53.7	40.0	118.1	188.5
35	265.0	219.6	179.5	132.0	72.3	29.6	113.4	184.7
36	265.8	220.4	180.5	133.7	80.2	10.6	96.6	168.7
37	277.4	232.0	192.1	145.5	93.6	11.7	88.3	161.5
38	285.2	239.8	199.9	153.5	102.9	28.4	72.5	146.8
39	295.4	249.9	210.0	164.1	114.1	42.3	59.4	136.6
40	306.6	261.1	221.2	175.3	126.6	58.7	45.3	126.3
41	319.3	273.8	233.9	188.0	140.0	74.7	31.7	115.8
42	326.1	280.7	240.8	194.9	147.1	86.0	14.7	99.3
43	335.4	290.0	250.3	204.4	156.6	97.0	13.5	85.1
44	345.7	300.3	260.7	215.0	167.2	108.2	27.9	70.3
45	356.6	311.2	271.6	226.0	178.3	119.9	42.4	55.7
46	368.7	323.3	283.7	238.1	190.6	132.5	57.0	42.1
47	377.4	332.0	292.8	249.2	204.1	146.0	71.6	29.8
48	383.7	338.3	299.1	255.5	214.7	158.8	85.8	12.4

Profilo Ps3

Dromocrone Onde P



Dromocrone Onde SH



Tempi misurati —  
Tempi ricalcolati —

## Profilo Ps3 - Onde P - Tempi misurati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	8.60	27.10	43.50	55.90	60.20	76.90	83.60	97.70	112.40
2	16.70	23.60	42.30	54.70	59.30	75.50	81.80	96.50	110.70
3	20.40	21.30	40.90	52.40	57.30	74.60	79.80	93.60	108.40
4	23.90	17.80	37.70	50.40	55.90	72.00	78.70	91.90	106.60
5	27.30	14.10	36.00	47.80	53.90	70.60	76.10	89.60	104.90
6	29.60	8.00	33.10	45.50	51.60	68.30	74.30	87.00	104.00
7	33.70	8.00	30.80	44.10	50.40	67.40	72.90	85.00	102.30
8	38.00	14.10	26.80	43.20	48.40	65.40	71.20	84.10	100.00
9	40.90	17.30	21.00	40.60	46.40	64.00	69.10	82.40	98.60
10	42.90	21.30	16.10	38.30	44.40	61.40	66.50	80.70	97.10
11	43.80	26.50	11.80	35.70	42.90	59.90	65.10	79.20	95.40
12	44.60	30.80	7.50	33.10	40.00	57.00	63.40	76.40	91.90
13	46.10	32.50	6.30	30.80	38.60	56.50	60.80	75.80	89.90
14	49.00	35.40	11.20	27.60	37.70	54.70	59.60	73.80	89.00
15	50.40	36.90	20.40	23.30	36.00	53.00	57.90	72.30	87.00
16	50.40	37.10	23.60	18.70	34.30	51.00	56.20	70.00	85.60
17	52.10	38.60	24.20	15.80	32.20	48.40	53.60	67.70	82.70
18	53.30	40.90	25.60	8.00	28.80	46.40	52.10	66.30	82.10
19	59.40	45.80	31.70	8.30	26.50	45.50	51.00	65.10	79.80
20	60.80	46.90	34.50	15.20	23.90	43.20	48.10	62.80	78.10
21	61.60	48.70	37.10	18.70	19.80	39.70	44.60	58.50	74.00
22	61.90	47.80	37.10	21.90	15.80	36.60	41.80	56.20	71.70
23	62.20	47.80	37.40	25.00	12.10	34.00	39.50	54.20	69.40
24	62.80	49.00	38.90	27.90	6.60	32.50	38.60	52.10	68.30
25	64.20	49.30	39.50	29.60	7.20	30.50	36.60	49.80	65.40
26	65.40	51.30	41.80	32.80	11.20	28.20	34.80	48.70	63.40
27	68.60	53.90	43.50	35.70	17.50	26.80	33.40	47.20	62.50
28	70.00	56.70	45.20	38.30	21.00	22.40	33.40	46.90	61.90
29	73.50	60.20	48.70	41.20	23.90	16.40	31.40	45.80	61.40
30	76.90	64.00	53.90	44.60	27.10	8.00	32.00	45.20	61.40
31	78.10	65.10	54.70	46.70	29.90	7.20	28.80	42.60	58.50
32	78.10	66.00	55.00	46.90	31.40	17.30	25.00	40.60	54.70
33	80.10	66.30	56.20	48.70	32.00	22.20	23.90	38.60	53.90
34	81.30	69.40	58.50	49.80	34.00	25.90	21.90	38.90	52.40
35	82.70	69.70	59.60	50.70	34.30	28.80	14.90	34.80	50.10
36	84.00	71.10	60.50	51.90	35.80	30.10	6.60	33.10	49.00
37	85.40	72.40	61.40	53.20	37.30	31.50	7.50	31.40	47.20
38	86.70	73.80	62.20	54.40	38.90	32.80	13.20	29.60	46.40
39	87.90	76.60	65.70	57.30	41.20	35.10	19.80	25.00	44.40
40	90.50	77.50	68.30	59.10	43.50	36.60	24.50	19.80	44.40
41	92.80	79.50	69.40	61.60	44.40	39.20	26.50	14.40	42.90
42	96.50	81.50	73.20	64.80	47.20	42.60	29.60	6.30	41.80
43	99.10	85.00	76.40	68.00	51.00	45.80	34.30	6.30	37.70
44	101.70	89.30	78.70	70.90	53.90	49.00	36.30	12.90	31.40
45	104.60	91.30	82.10	73.20	57.30	51.00	39.50	18.40	24.50
46	108.90	93.90	84.10	76.90	60.20	54.20	42.30	26.20	17.50
47	110.90	97.10	87.00	79.20	62.50	56.20	44.10	31.10	12.10
48	113.30	99.70	89.60	81.00	64.20	58.20	46.70	38.60	4.60

## Profilo Ps3 - Onde P - Tempi calcolati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	6.2	28.6	43.1	54.7	61.8	74.7	81.9	97.4	110.1
2	11.2	24.6	43.4	55.0	62.1	75.0	82.2	97.7	110.4
3	17.8	20.1	41.8	54.1	61.3	74.3	81.5	97.0	109.7
4	21.3	14.3	37.5	50.0	57.2	70.2	77.4	92.9	105.6
5	25.4	9.3	35.6	49.2	56.4	69.4	76.6	92.1	104.8
6	30.6	5.4	33.4	48.0	55.5	68.5	75.6	91.2	103.9
7	33.4	4.1	28.3	43.7	51.2	64.3	71.4	87.0	99.7
8	37.4	8.8	23.5	42.8	50.4	63.4	70.6	86.1	98.9
9	40.0	14.9	18.8	40.2	48.4	61.4	68.6	84.1	96.9
10	42.2	18.9	13.5	37.2	47.1	60.2	67.3	82.8	95.7
11	45.6	25.2	9.3	35.3	45.8	59.0	66.2	81.7	94.6
12	45.1	28.3	3.7	30.2	41.2	54.6	61.7	77.3	90.1
13	47.6	32.0	4.0	28.8	40.9	54.3	61.4	77.0	89.9
14	48.6	34.3	9.2	24.0	38.6	52.1	59.2	74.8	87.7
15	51.1	37.4	15.0	19.4	37.2	51.4	58.5	74.1	87.1
16	51.9	38.7	19.2	14.7	33.8	48.5	55.8	71.4	84.4
17	54.3	41.2	23.3	9.8	31.7	47.1	54.5	70.2	83.2
18	57.7	44.7	28.1	5.9	29.8	46.3	53.8	69.5	82.5
19	57.4	44.6	29.1	2.8	26.8	43.7	51.2	66.9	80.0
20	60.4	47.6	33.1	7.3	22.3	42.5	50.5	66.3	79.3
21	60.7	48.1	35.3	12.6	17.0	38.2	46.5	62.2	75.3
22	62.2	49.6	37.7	16.7	12.4	35.9	44.5	60.2	73.3
23	61.7	49.2	37.6	21.2	7.6	31.9	40.8	56.5	69.6
24	63.4	50.9	39.4	24.9	3.4	29.8	39.0	54.8	67.8
25	64.5	52.0	40.6	27.5	4.5	26.9	36.3	52.1	65.1
26	66.6	54.1	42.7	30.3	7.8	24.7	35.4	51.1	64.2
27	68.8	56.3	44.9	33.4	13.4	20.9	33.9	49.7	62.8
28	71.2	58.7	47.3	36.1	17.1	15.5	33.2	49.0	62.1
29	76.9	64.4	53.0	41.8	24.1	11.4	34.2	50.1	63.4
30	77.0	64.6	53.4	42.9	27.6	3.9	28.9	45.0	58.4
31	79.2	66.8	55.6	45.6	31.5	4.6	28.9	45.4	58.9
32	79.1	66.7	55.5	45.6	32.0	10.6	24.0	41.8	55.8
33	82.0	69.6	58.4	48.5	35.2	17.3	20.2	40.2	54.7
34	82.1	69.7	58.5	48.7	35.8	21.8	14.9	36.4	51.4
35	83.9	71.5	60.3	50.4	37.7	26.0	9.8	34.3	50.3
36	85.8	73.4	62.2	52.4	39.7	29.2	5.6	32.5	49.5
37	86.0	73.6	62.4	52.5	39.9	29.7	4.8	28.7	46.9
38	88.9	76.6	65.4	55.6	42.9	32.9	9.2	24.7	45.9
39	93.3	80.9	69.7	59.9	47.2	37.2	15.4	19.9	44.7
40	94.4	82.0	70.8	61.1	48.5	38.7	20.5	14.5	40.6
41	96.2	83.8	72.6	63.0	50.3	40.6	24.8	9.3	38.5
42	98.8	86.4	75.2	65.5	52.9	43.1	28.0	4.4	36.0
43	102.5	90.1	78.9	69.3	56.6	46.9	31.9	4.6	32.4
44	107.6	95.2	84.0	74.4	61.7	52.0	37.3	12.0	27.2
45	108.6	96.3	85.2	75.8	63.1	53.5	41.3	17.0	21.3
46	110.8	98.4	87.4	77.9	65.2	55.7	43.5	22.0	15.6
47	112.2	99.9	88.8	79.4	66.7	57.2	45.1	24.4	12.8
48	113.3	101.0	89.9	80.5	67.8	58.4	47.4	30.5	8.2

## Profilo Ps3 - Onde SH - Tempi MISURATI

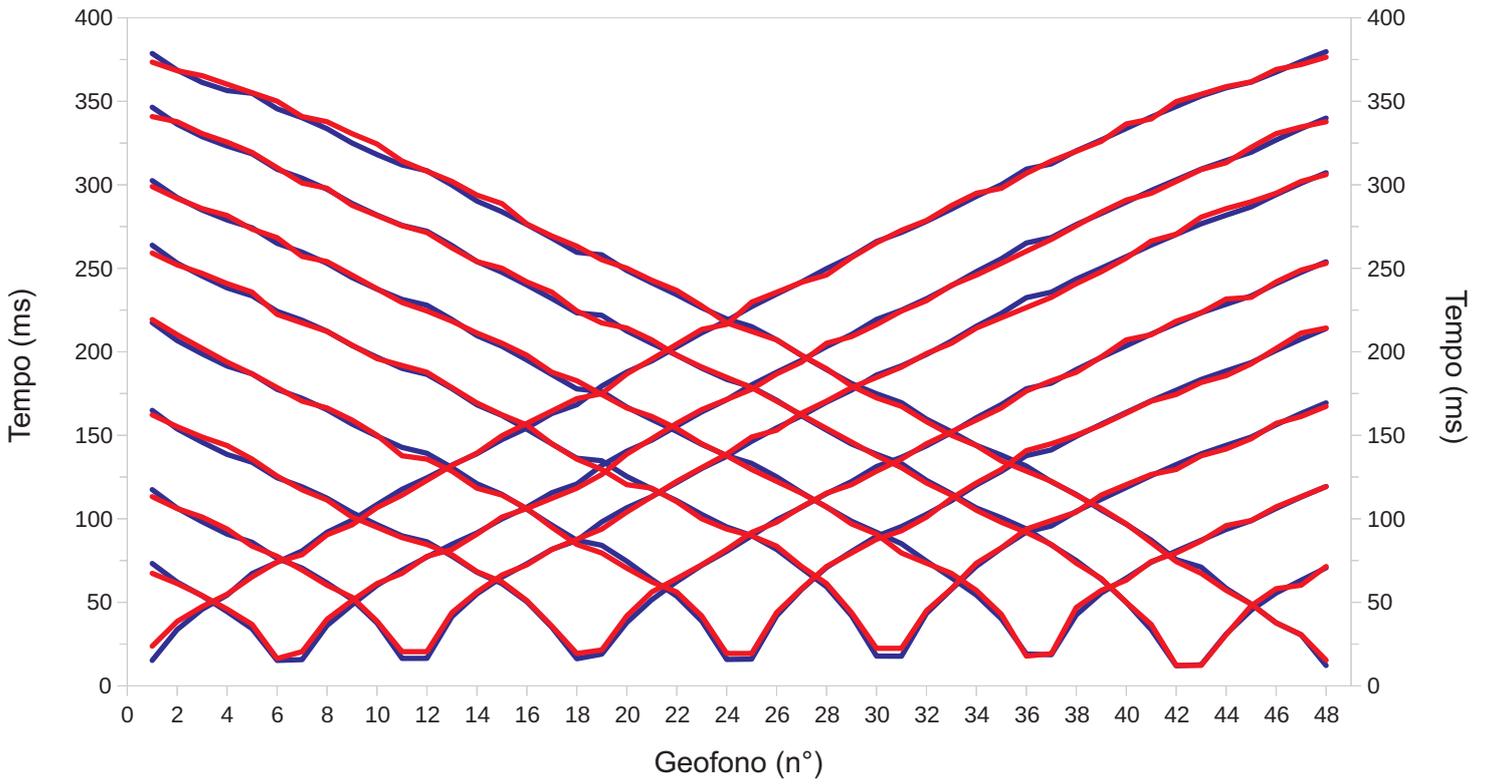
Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms
1	76.80	126.30	183.20	217.20	264.50	318.40	365.00	415.30
2	70.20	118.90	176.60	211.30	257.90	311.80	357.60	407.20
3	62.80	110.80	167.70	204.70	251.20	305.20	351.00	400.50
4	52.40	102.70	160.30	196.50	242.40	294.10	342.10	393.90
5	39.90	91.60	152.20	186.20	235.00	286.00	336.20	388.70
6	21.40	82.70	141.80	178.80	226.10	278.60	325.10	379.10
7	22.90	72.40	135.90	172.10	219.40	271.20	317.70	373.20
8	38.40	62.80	125.60	164.80	210.60	263.00	309.60	366.50
9	48.70	54.60	118.20	153.70	203.20	254.20	301.50	360.60
10	54.60	43.60	110.10	144.80	194.30	246.80	297.80	355.40
11	67.20	32.50	101.90	136.70	187.70	237.20	286.00	346.60
12	71.60	18.40	96.00	124.90	177.30	230.50	280.80	339.20
13	82.70	19.20	84.90	122.60	168.50	222.40	272.70	331.00
14	91.60	33.20	78.30	116.70	162.50	213.50	267.50	324.40
15	100.50	42.10	65.00	107.10	154.40	210.60	258.60	317.70
16	108.60	53.20	54.60	100.50	150.00	203.20	252.00	311.10
17	121.90	63.50	40.60	93.80	144.10	197.30	245.30	303.00
18	133.00	80.50	25.10	82.70	134.50	189.10	238.70	294.10
19	141.10	87.20	25.10	76.10	130.00	181.00	232.00	288.90
20	142.60	93.80	37.60	64.30	120.40	174.40	224.60	280.00
21	149.20	96.80	48.70	56.10	109.30	164.00	209.80	270.40
22	151.50	103.40	55.40	42.80	96.00	154.40	203.90	262.30
23	162.50	108.60	64.30	33.20	88.60	149.20	198.80	255.70
24	172.10	122.60	71.60	23.60	82.70	142.60	189.10	249.00
25	181.00	130.00	81.20	23.60	75.30	132.20	181.00	243.10
26	186.90	138.20	90.10	37.60	65.70	123.40	172.10	233.50
27	198.00	145.50	100.50	43.60	55.40	112.30	168.50	226.80
28	203.20	153.70	107.90	50.90	45.80	104.90	158.80	216.50
29	211.30	160.30	119.70	66.50	35.40	98.20	150.00	209.10
30	223.10	169.90	128.50	76.10	12.50	93.10	147.80	205.40
31	233.50	180.30	137.40	82.70	11.80	84.90	143.30	201.00
32	244.60	192.10	147.80	96.80	37.60	78.30	135.90	193.60
33	249.70	198.00	156.60	105.60	54.60	65.70	127.10	184.70
34	254.90	206.10	162.50	112.30	59.80	51.70	114.50	175.80
35	266.70	215.80	172.90	124.90	78.30	40.60	107.90	168.50
36	273.40	225.40	184.00	132.20	87.90	16.20	95.80	164.00
37	277.80	232.70	191.40	142.60	96.00	17.00	83.70	152.20
38	288.20	240.90	200.20	151.50	106.40	36.90	71.60	144.10
39	297.00	249.70	208.40	162.50	120.40	51.70	59.80	130.80
40	306.70	256.40	215.80	169.20	127.10	67.20	45.80	110.80
41	314.80	262.30	225.40	175.80	133.70	78.30	35.40	98.20
42	321.40	269.00	232.00	185.50	141.80	88.60	12.50	81.20
43	331.00	279.30	240.90	193.60	151.50	98.20	12.50	70.20
44	343.60	289.70	249.70	206.90	161.10	108.60	31.00	59.80
45	352.50	300.00	258.60	215.00	171.40	119.70	44.30	48.70
46	361.30	309.60	265.30	224.60	181.00	130.00	51.70	37.60
47	368.00	320.70	275.60	232.70	189.10	140.40	60.60	23.60
48	374.60	328.80	284.50	243.80	199.50	152.90	74.60	10.30

## Profilo Ps3 - Onde SH - Tempi calcolati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms
1	77.9	125.5	184.0	217.7	264.6	316.3	367.0	419.2
2	68.4	117.5	176.2	209.9	256.9	308.7	359.3	411.5
3	57.7	110.3	169.5	203.4	250.7	302.4	353.1	405.4
4	47.6	105.7	165.3	199.6	247.0	298.9	349.8	402.1
5	30.2	92.6	152.4	186.8	234.4	286.4	337.3	389.7
6	10.5	82.6	143.1	178.0	225.9	278.0	328.9	381.4
7	12.6	76.7	138.5	173.8	222.0	274.3	325.2	377.7
8	28.3	61.9	125.1	160.7	209.0	261.5	312.6	365.2
9	41.9	52.0	117.9	154.1	202.7	255.6	306.7	359.5
10	54.5	38.9	108.0	144.6	193.2	246.3	297.7	351.1
11	65.1	26.0	100.9	138.1	186.9	240.1	291.6	345.2
12	79.2	16.1	95.8	134.3	183.3	236.6	288.1	341.9
13	84.1	11.6	81.8	121.2	170.5	223.9	275.4	329.1
14	95.8	28.9	73.8	116.8	166.5	219.9	271.5	325.2
15	102.6	38.7	59.7	105.8	156.1	209.8	261.4	315.1
16	113.3	51.7	47.0	100.9	152.0	205.7	257.3	311.0
17	123.9	66.2	32.4	90.6	142.4	196.5	248.0	301.7
18	134.7	78.9	15.8	82.1	135.1	189.5	241.1	294.8
19	140.6	85.8	8.6	78.8	132.8	187.4	239.0	292.8
20	144.1	91.0	25.3	63.4	119.1	173.8	225.4	279.3
21	152.5	99.8	39.3	53.1	111.3	166.8	218.4	272.4
22	154.9	103.2	51.0	37.8	98.9	154.7	206.4	260.4
23	165.4	113.6	64.2	27.2	94.9	151.6	203.3	257.5
24	171.3	119.6	73.3	10.7	82.8	140.3	192.2	246.7
25	181.1	130.0	85.1	10.5	77.3	136.2	188.2	242.8
26	187.6	136.5	93.1	26.6	64.2	125.0	177.2	232.0
27	195.1	144.3	101.4	38.2	53.4	117.3	170.1	225.0
28	202.3	151.5	109.4	51.9	41.5	108.6	161.9	216.9
29	211.5	160.9	119.2	63.4	27.6	103.7	157.4	212.6
30	220.3	170.0	128.9	75.8	13.4	94.8	149.6	205.0
31	227.7	177.4	136.8	84.3	11.2	86.8	144.4	200.2
32	241.5	191.4	150.9	99.2	33.1	78.7	140.7	197.3
33	245.1	195.3	155.0	104.4	43.6	60.4	125.4	183.2
34	255.4	205.7	165.8	115.3	59.8	46.9	119.8	178.6
35	262.5	213.3	173.4	123.6	73.4	31.0	107.9	167.7
36	271.0	221.7	182.3	132.9	84.9	13.9	97.4	160.4
37	281.2	232.0	192.6	143.2	96.9	14.2	87.6	152.7
38	288.4	239.8	200.4	151.1	105.8	32.0	72.2	138.5
39	297.7	249.1	209.7	160.6	116.3	46.1	56.9	125.9
40	307.0	258.3	219.0	169.9	126.1	62.5	42.7	112.9
41	317.1	268.5	229.1	180.1	136.3	76.7	29.6	100.6
42	322.2	273.6	234.2	185.2	142.1	87.1	14.6	85.6
43	331.3	282.6	243.3	194.3	151.1	97.6	13.6	72.5
44	341.3	292.7	253.4	204.4	161.2	108.7	25.9	59.6
45	352.2	303.5	264.2	215.2	172.0	120.5	40.9	47.0
46	363.8	315.2	275.9	226.9	183.7	132.9	53.7	35.1
47	368.3	319.7	280.4	231.4	188.2	137.9	59.1	28.1
48	375.3	327.8	288.5	240.0	197.2	147.5	69.3	15.5

Profilo Ps4

Dromocrone Onde SH



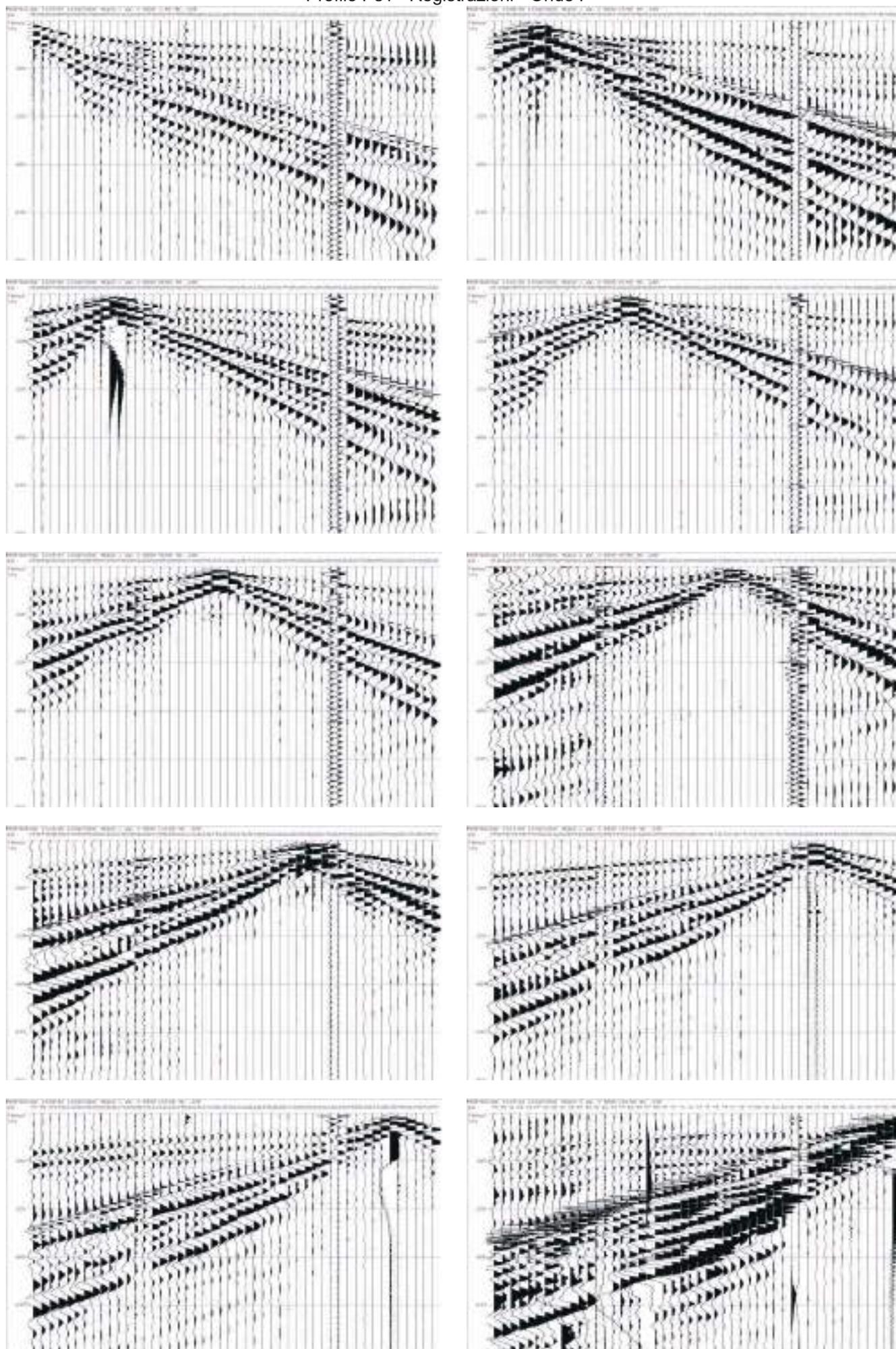
Tempi misurati — (red line)  
Tempi ricalcolati — (blue line)

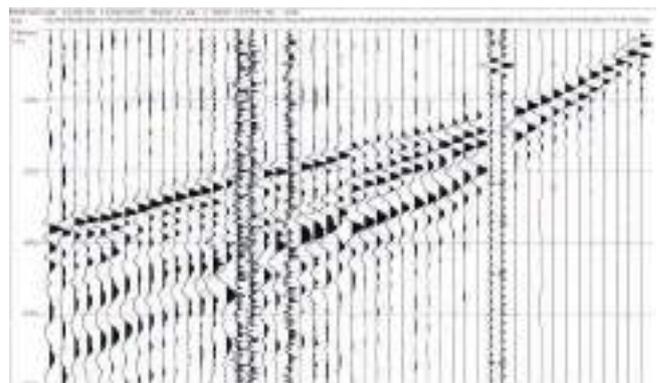
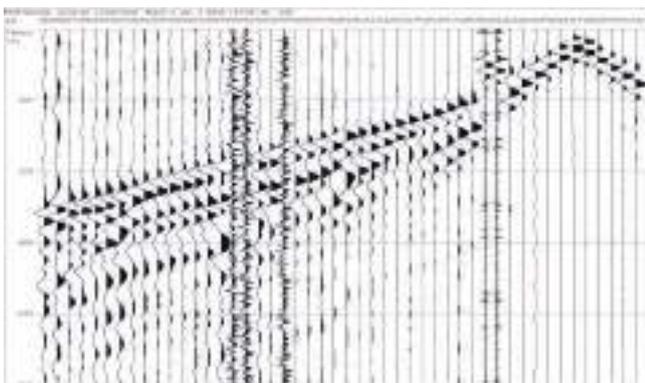
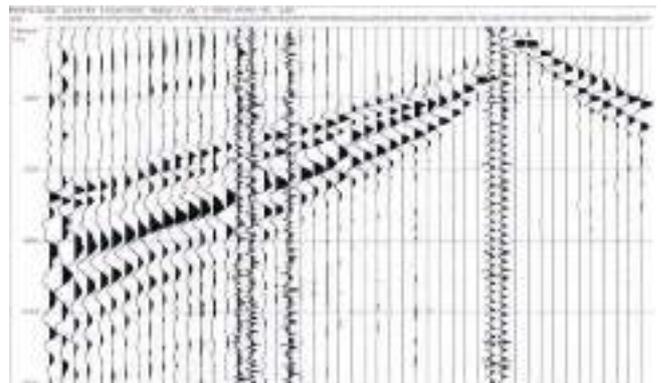
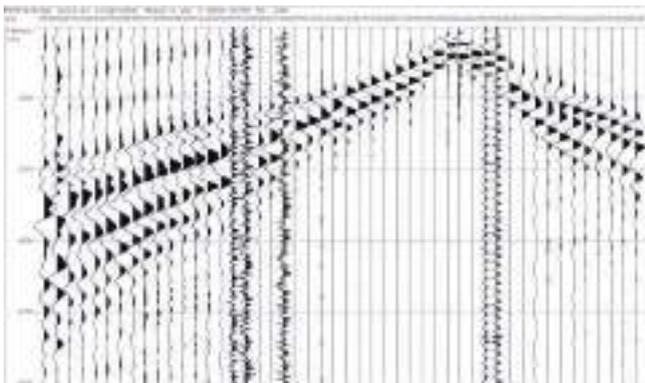
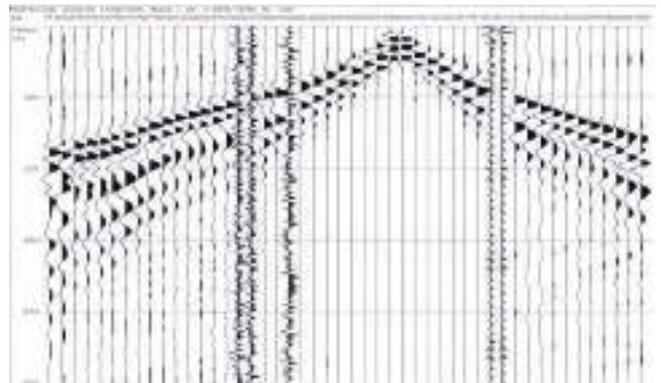
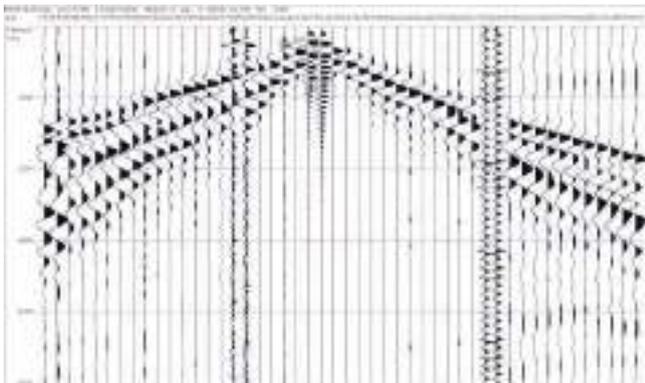
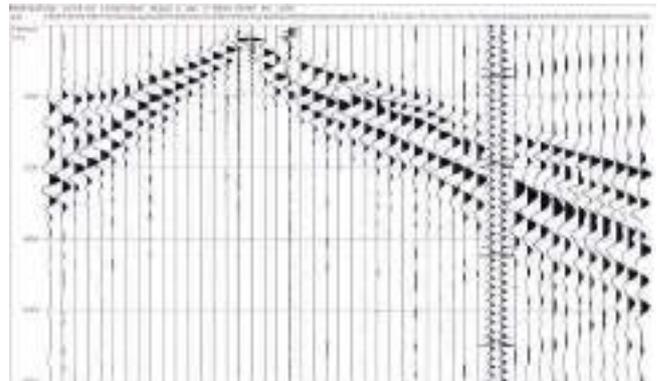
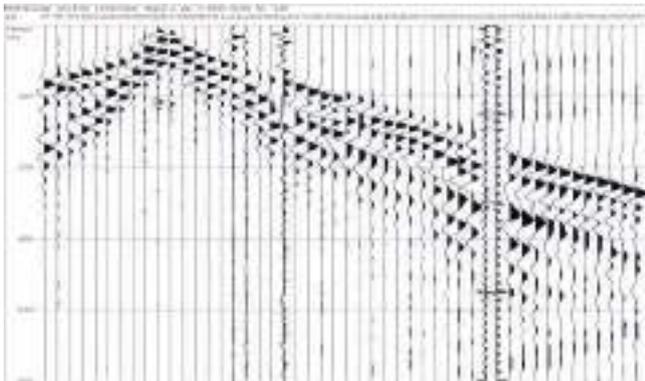
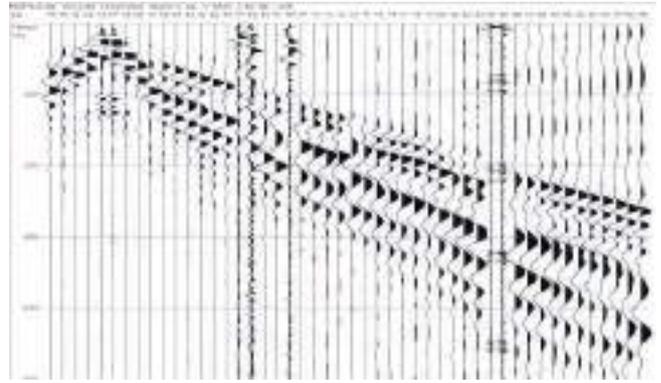
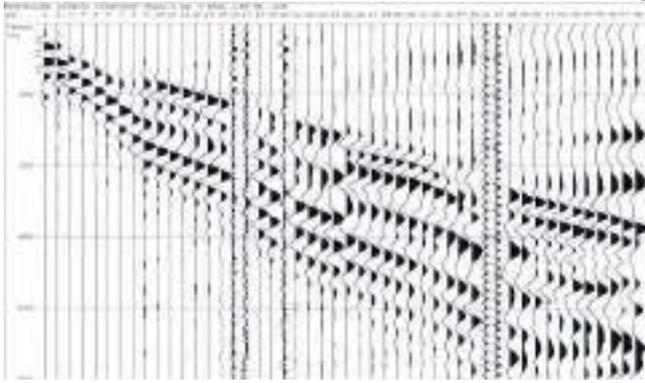
## Profilo Ps4 - Onde SH - Tempi misurati

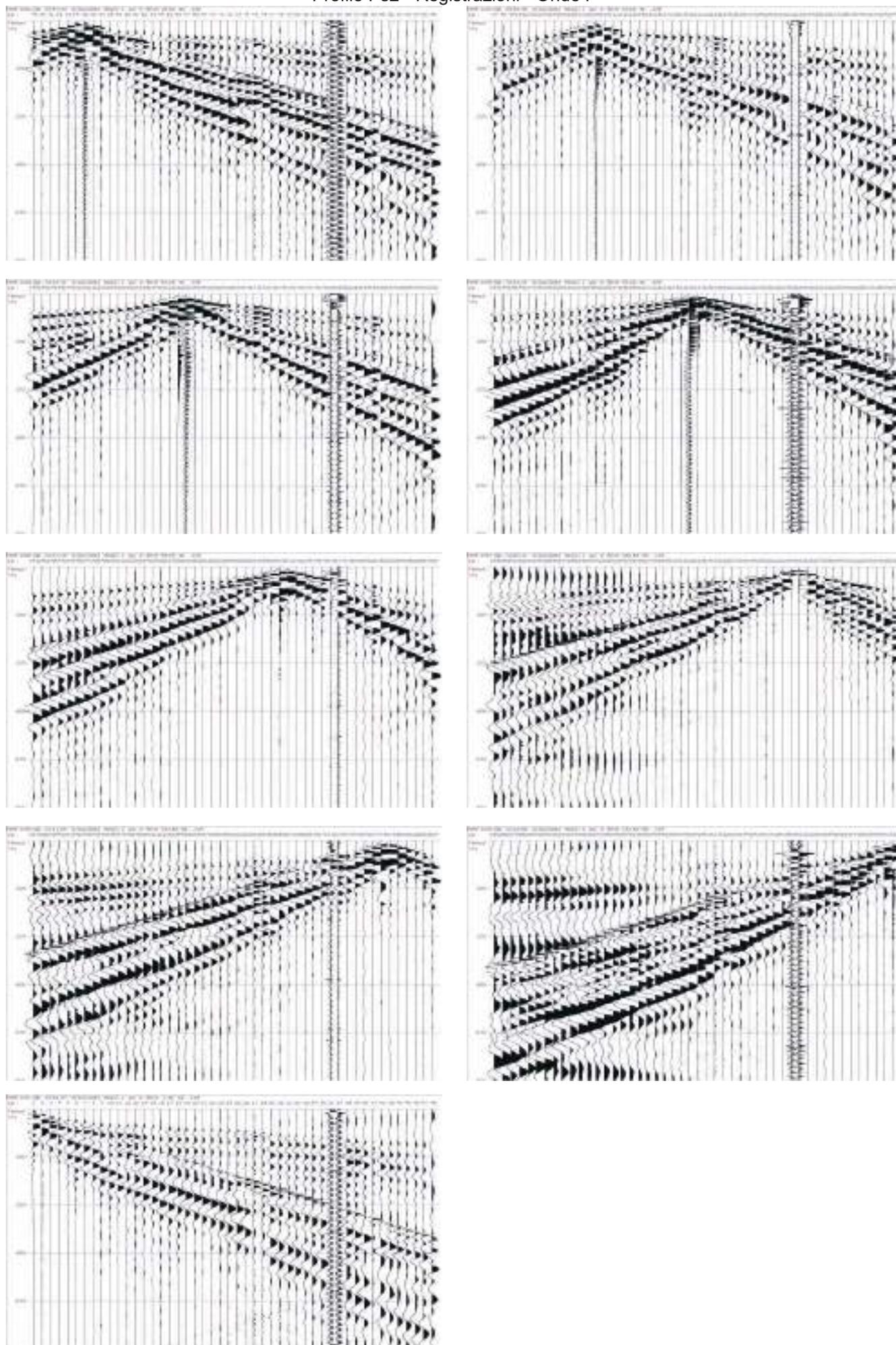
Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	23.70	67.30	113.20	162.20	219.30	259.10	298.90	340.80	373.40
2	38.50	61.20	106.10	155.10	210.20	252.00	291.80	337.70	368.30
3	47.40	54.00	101.00	148.90	202.00	246.90	285.70	330.60	365.30
4	54.80	45.90	93.80	143.80	193.80	240.80	281.60	325.50	360.20
5	65.20	36.70	83.60	135.70	186.70	235.70	273.40	319.30	355.10
6	74.10	16.30	77.50	125.50	178.50	222.40	268.30	310.20	350.00
7	78.50	20.40	69.30	117.30	170.40	217.30	257.10	301.00	340.80
8	90.40	39.80	60.20	111.20	166.30	212.20	254.00	297.90	337.70
9	96.30	51.00	53.00	101.00	159.10	204.00	245.90	287.70	330.60
10	106.70	61.20	38.70	94.90	150.00	195.90	237.70	281.60	324.40
11	114.10	67.30	20.40	88.70	137.70	191.80	229.50	275.50	314.20
12	123.00	77.50	20.40	84.60	135.70	187.70	224.40	271.40	308.10
13	131.90	81.60	43.80	78.50	128.50	178.50	218.30	262.20	302.00
14	139.30	90.80	56.10	68.30	118.30	169.30	211.20	254.00	293.80
15	149.70	101.00	66.30	62.20	114.20	162.20	205.10	250.00	288.70
16	157.10	106.10	72.40	51.00	106.10	156.10	197.90	241.80	276.50
17	164.50	112.20	81.60	35.70	94.90	144.90	187.70	235.70	269.30
18	171.90	118.30	87.70	19.30	84.60	135.70	182.60	224.40	263.20
19	174.90	126.50	93.80	21.40	79.50	129.50	174.40	217.30	255.10
20	186.70	138.70	104.00	41.80	70.40	120.40	166.30	214.20	250.00
21	195.60	147.90	113.20	56.10	62.20	118.30	161.20	207.10	242.80
22	204.50	157.10	122.40	64.20	56.10	110.20	154.00	197.90	236.70
23	213.40	165.30	130.60	72.40	41.80	100.00	144.90	190.80	227.50
24	216.40	171.40	138.70	81.60	19.30	93.80	137.70	184.60	217.30
25	229.70	177.50	148.90	91.80	19.30	89.80	129.50	178.50	212.20
26	235.60	186.70	153.00	97.90	43.80	83.60	122.40	170.40	207.10
27	241.60	193.80	163.20	107.10	58.10	71.40	115.30	162.20	197.90
28	246.00	205.10	170.40	115.30	71.40	61.20	107.10	154.00	189.80
29	256.40	209.10	178.50	120.40	79.50	43.80	96.90	145.90	179.50
30	265.30	216.30	184.60	128.50	87.70	22.40	90.80	137.70	172.40
31	272.70	224.40	190.80	135.70	92.80	22.40	79.50	130.60	167.30
32	278.60	230.60	198.90	144.90	101.00	44.90	73.40	121.40	158.10
33	287.50	239.80	205.10	152.00	112.20	58.10	67.30	114.20	150.00
34	294.90	245.90	214.20	159.10	121.40	73.40	57.10	105.10	143.80
35	297.90	253.00	220.40	166.30	129.50	82.60	42.80	97.90	134.60
36	306.80	260.20	226.50	176.50	140.80	93.80	17.78	91.80	128.50
37	314.20	267.30	232.60	182.60	144.90	98.90	19.20	84.60	122.40
38	320.10	275.50	240.80	187.70	150.00	104.00	46.90	73.40	114.20
39	326.00	283.60	247.90	196.90	156.10	114.20	57.10	64.20	106.10
40	336.40	290.80	256.10	207.10	163.20	120.40	63.20	50.00	96.90
41	339.40	294.90	266.30	210.20	170.40	126.50	74.40	36.70	85.70
42	349.80	302.00	270.40	218.30	174.40	129.50	79.50	12.20	74.40
43	354.20	309.10	280.60	223.40	181.60	137.70	86.70	12.20	67.30
44	358.70	313.20	285.70	231.60	185.70	141.80	95.90	30.60	57.10
45	361.60	322.40	289.80	232.60	192.80	147.90	98.90	47.90	48.90
46	369.00	330.60	294.90	241.80	202.00	157.10	107.10	58.10	37.70
47	372.00	334.60	302.00	248.90	211.20	161.20	113.20	60.20	30.60
48	376.40	337.70	306.10	253.00	214.20	167.30	119.30	71.40	15.30

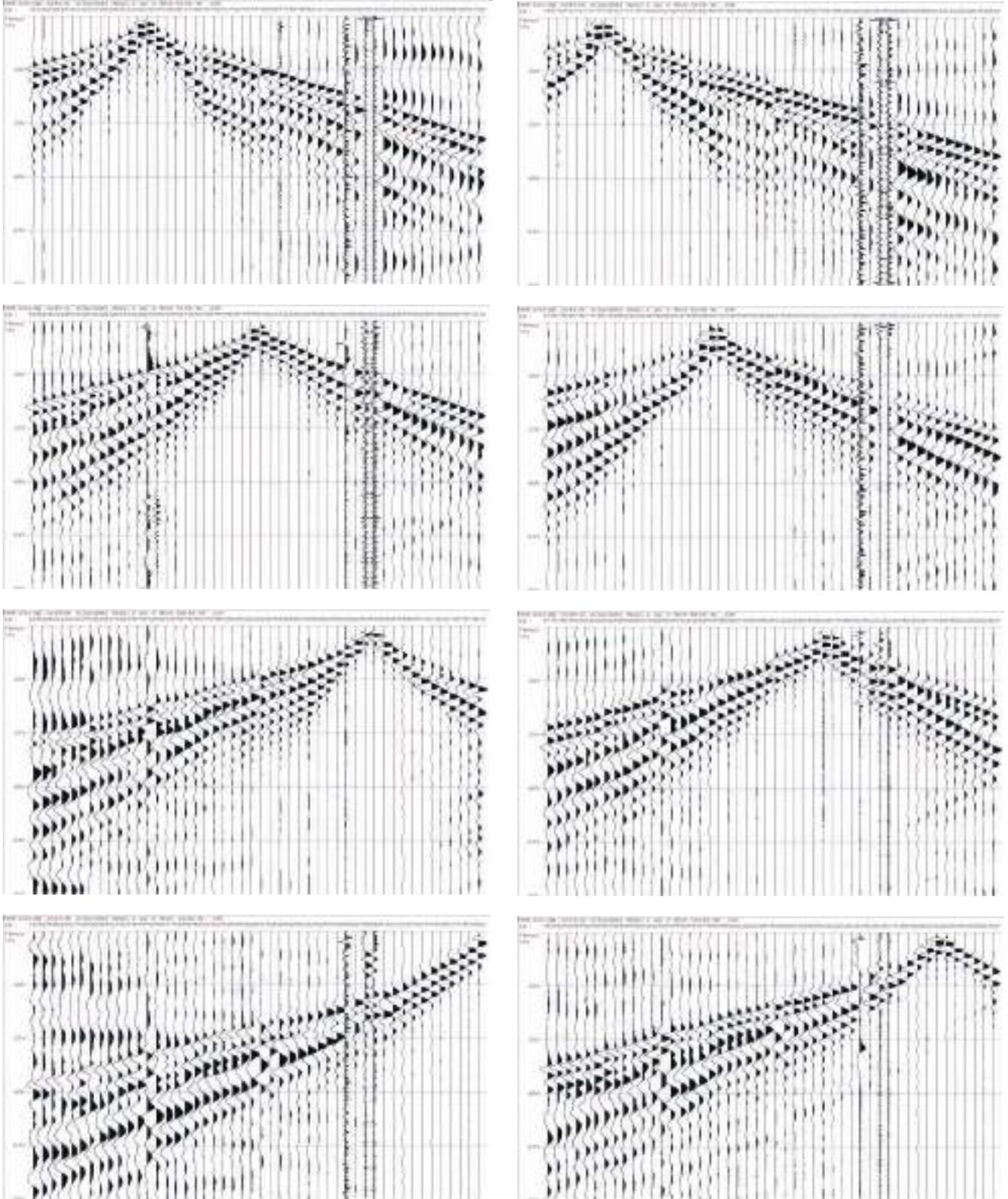
## Profilo Ps4 - Onde SH - Tempi calcolati

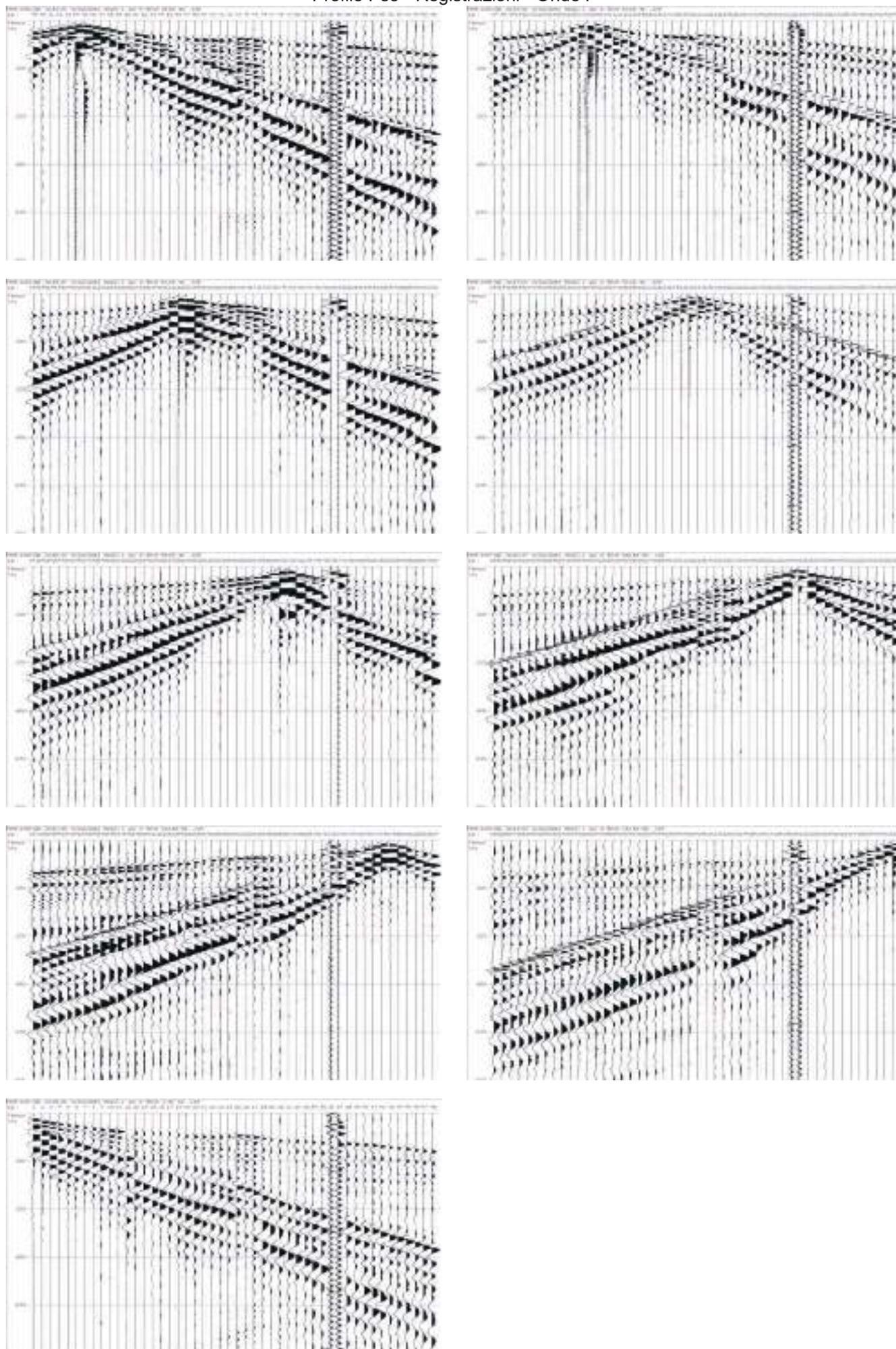
Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	15.2	73.3	117.5	164.9	217.5	263.9	302.5	346.4	378.6
2	33.7	62.1	106.4	153.8	206.7	253.1	292.4	336.3	368.7
3	45.8	53.9	98.2	145.9	198.8	245.3	284.9	328.8	361.3
4	54.3	44.4	90.8	138.6	191.5	238.3	278.9	323.2	356.4
5	67.2	34.2	85.9	133.8	186.8	233.5	274.3	318.6	354.8
6	74.0	15.2	76.3	124.5	177.5	224.3	265.0	309.3	345.5
7	80.8	15.7	70.5	119.1	172.1	218.9	259.6	304.0	340.2
8	91.9	36.1	61.6	112.3	165.3	212.3	253.0	297.4	333.6
9	99.2	48.5	51.8	103.8	156.7	203.8	244.5	288.8	325.0
10	108.6	60.2	37.6	96.5	149.5	196.8	237.6	281.9	318.1
11	117.7	69.3	16.4	89.8	142.8	190.1	231.4	275.7	311.9
12	124.6	77.1	16.5	86.2	139.2	186.5	227.9	272.2	308.4
13	132.2	84.7	41.5	77.7	130.6	177.9	219.3	263.6	299.9
14	139.0	91.6	55.1	68.0	121.0	168.3	209.7	254.0	290.3
15	147.4	100.0	65.1	61.2	114.6	161.9	203.3	247.7	283.9
16	154.4	106.9	73.1	50.4	105.7	153.6	195.1	240.0	276.2
17	163.0	115.6	81.7	35.0	96.2	144.9	186.4	231.9	268.1
18	168.3	120.8	87.0	16.2	87.2	136.3	177.7	223.4	259.6
19	179.4	132.0	98.1	19.0	84.1	134.8	176.2	221.9	258.1
20	187.9	140.5	106.6	37.9	74.6	125.4	166.9	212.5	248.7
21	194.5	147.1	113.2	51.5	63.8	117.9	159.4	205.1	241.3
22	203.0	155.6	121.7	62.4	53.7	110.8	152.3	198.0	234.2
23	211.4	164.0	130.1	72.2	38.8	102.6	144.6	190.2	226.4
24	218.6	171.3	137.4	80.5	15.8	95.1	137.8	183.5	219.7
25	227.1	180.2	146.4	89.8	16.0	90.0	133.2	178.9	215.1
26	234.6	187.7	154.4	99.4	41.9	81.7	125.1	171.0	207.2
27	241.8	195.0	161.7	106.9	57.7	70.4	115.7	161.7	197.9
28	249.8	203.2	169.9	115.1	70.9	59.3	107.1	153.1	189.3
29	257.0	210.4	177.1	122.3	80.4	42.0	98.6	144.8	181.0
30	266.0	219.4	186.1	131.3	89.6	17.8	91.9	138.7	174.9
31	271.5	225.0	191.6	136.8	95.4	17.7	85.1	133.1	169.5
32	278.1	231.8	198.5	143.7	102.7	43.3	74.7	123.0	159.7
33	285.5	239.6	206.4	151.6	110.8	57.7	64.7	115.0	152.1
34	293.1	248.0	215.3	160.5	120.2	71.6	54.4	106.5	144.0
35	300.1	255.7	223.0	168.4	128.4	82.3	40.1	100.6	138.1
36	309.4	265.2	232.5	177.8	137.8	92.1	19.0	93.9	131.6
37	312.5	268.4	235.7	181.3	141.2	95.8	18.6	84.4	122.2
38	320.3	276.2	243.5	189.4	149.4	104.4	42.5	75.0	114.5
39	326.9	282.8	250.1	196.7	156.6	111.7	55.5	63.8	105.3
40	333.8	289.7	257.0	203.7	163.7	118.8	64.5	50.0	96.7
41	340.6	296.7	263.9	210.6	170.7	125.9	74.1	33.6	87.2
42	346.9	303.0	270.3	217.0	177.0	132.4	80.7	12.0	75.6
43	353.2	309.4	276.7	223.4	183.4	138.9	87.2	12.6	71.1
44	358.1	314.5	281.8	228.5	188.6	144.0	93.6	31.0	58.4
45	361.5	319.5	286.8	233.5	193.5	149.0	98.9	45.2	48.9
46	367.5	326.8	294.1	240.8	200.9	156.3	106.2	55.6	37.7
47	373.8	333.6	300.9	247.6	207.7	163.1	113.0	63.2	30.5
48	379.7	340.0	307.2	253.9	214.0	169.4	119.3	70.7	12.1

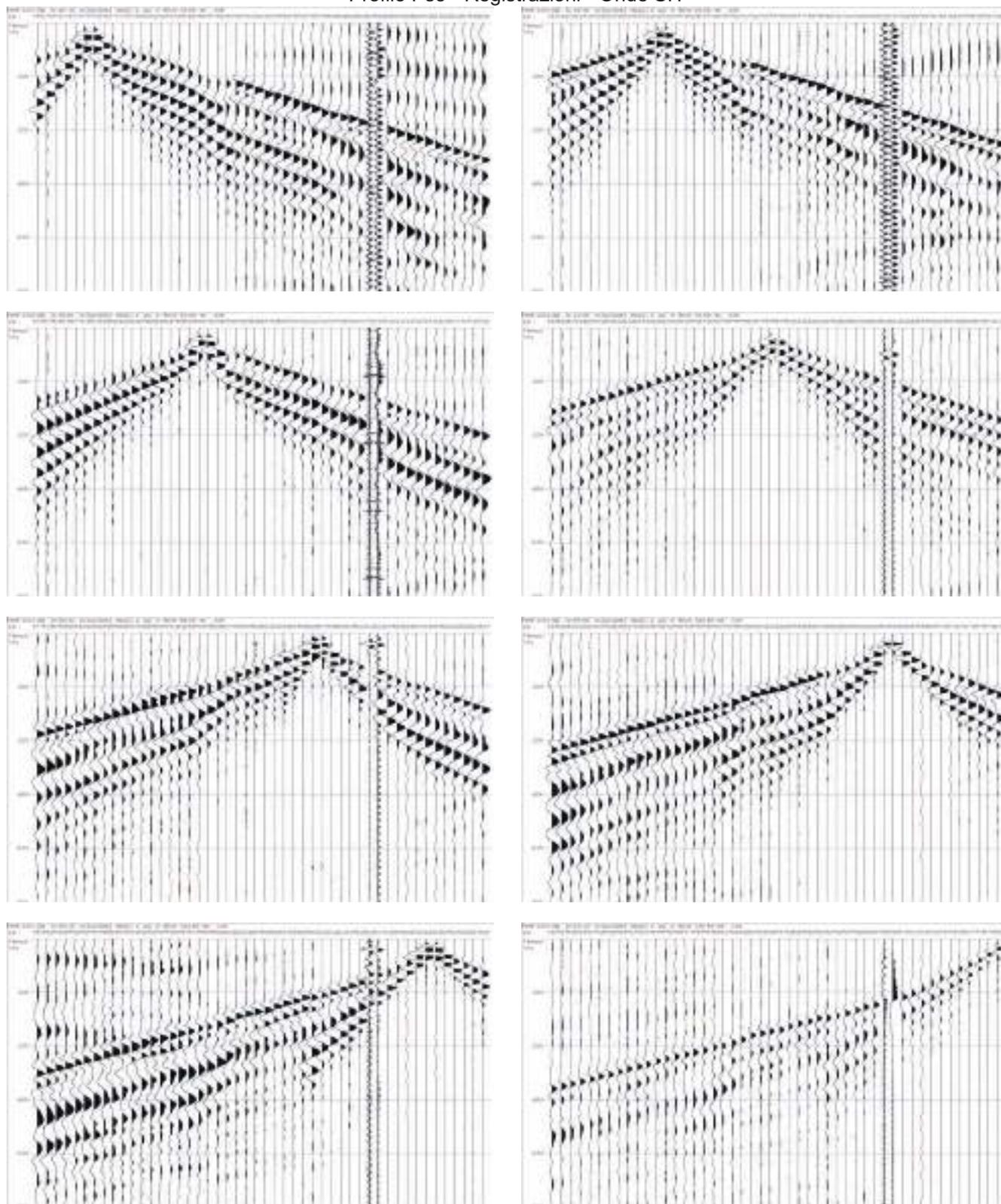


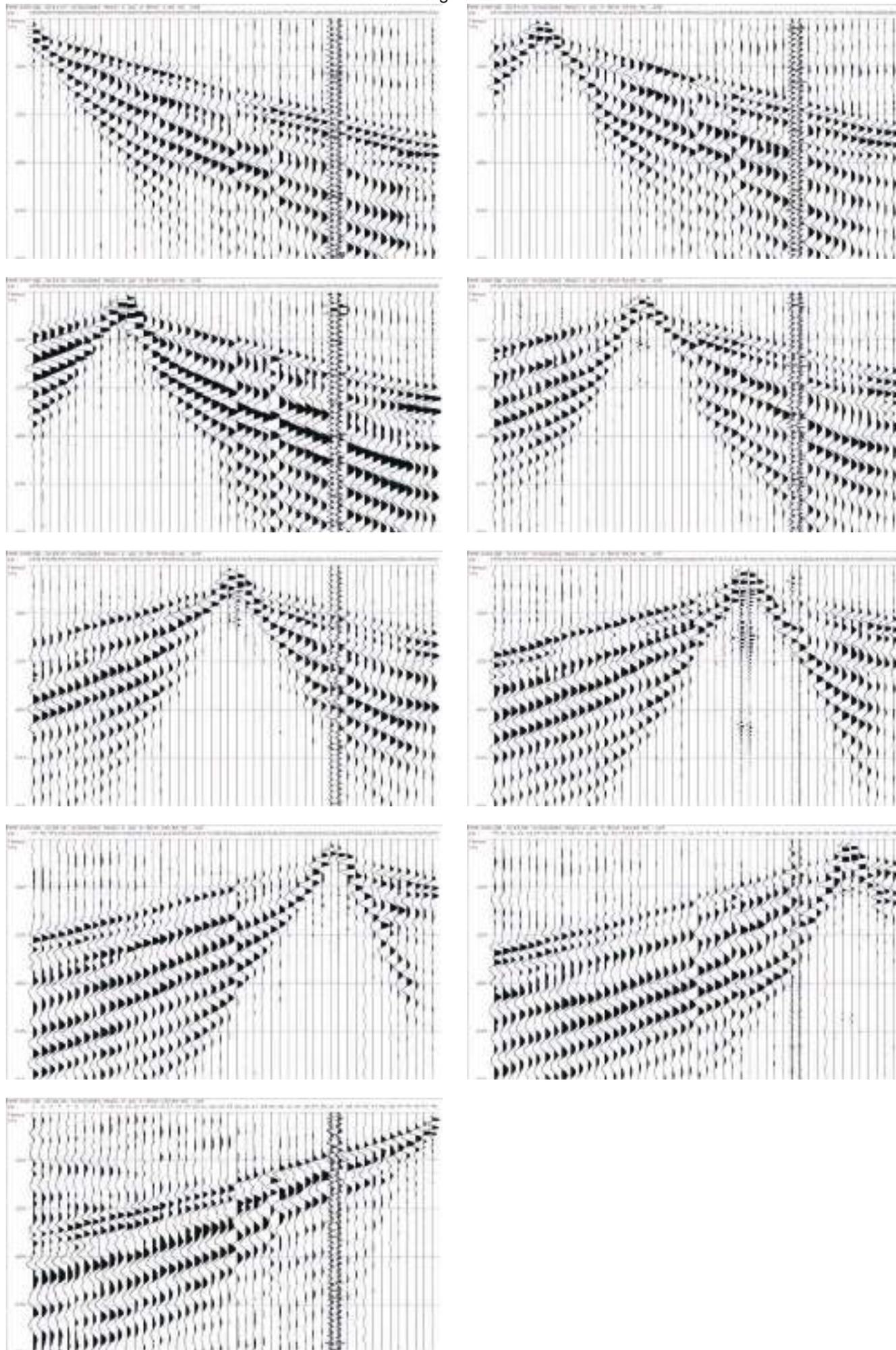












Rapporto di prova n° 191-21

**IGETECMA s.n.c**

Committente: REGIONE TOSCANA

Cantiere:  
SR6 Lotto 5 - Variante Urbinese  
PF4

Tomografia sismica

Documentazione fotografica





**IGETECMA s.n.c. Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali**

Laboratorio autorizzato con D.M. n. 54143 del 07/11/2005 ai sensi della Circolare 08/09/10 n. 7618/STC

Esecuzione e certificazione prove geotecniche – settore A

Laboratorio autorizzato con D.M. n. 162 del 19/04/2011 ai sensi dell'art. 20 della L. n. 1086/71

Prove e controlli su strutture e materiali da costruzione – settore A

## Rapporto di Prova n°191-21-S

Montelupo Fiorentino 12/06/2021

**SETTORE:** Geofisica - sismica a rifrazione con onde P e SH, HVSR, MASW

**COMMITTENTE:** REGIONE TOSCANA

**CANTIERE:** SR 69 – Lotto 5 – Variante Urbinese - PF3

**RICHIEDENTE:** Geol. Marco Vanancore

**RIFERIMENTO:** R.P.E. n°9-10-40/21

Indice:

- 1 Scopo dell'indagine 1
- 2 Sismica a rifrazione con onde P e SH 2
  - 2.1 Velocità delle onde sismiche e parametri elastico-dinamici 2
  - 2.2 Procedure di campagna 4
  - 2.3 Metodo di elaborazione dei dati 4
- 3 Normativa sismica e calcolo del parametro VSeq 5
- 4 Risultati dell'indagine 6
- 5 Presentazione dei dati 7
- 6 Caratteristiche della strumentazione 7

Il Direttore del Laboratorio

Ing. F. Politi

Il Tecnico

Geol. A. Farolfi

## 1 Scopo dell'indagine

Su incarico della REGIONE TOSCANA, è stata eseguita una indagine geofisica mediante sismica a rifrazione con registrazione di onde P e SH, nell'ambito delle indagini per la SR 69 – Lotto 5 – Variante Urbinese - PF3. Scopo delle indagini è stata la caratterizzazione sismostratigrafica dei terreni presenti, il calcolo dei parametri elastico-dinamici ed il calcolo del parametro  $V_sEQ$ .

## 2 Sismica a rifrazione con onde P e SH

### 2.1 Velocità delle onde sismiche e parametri elastico-dinamici

Secondo i principi dell'elasticità dei materiali e le leggi che associano le deformazioni subite da un corpo agli sforzi ad esso applicati, è possibile stabilire relazione che forniscono i parametri elastici di un materiale conoscendo i valori di velocità delle onde sismiche di compressione P e di taglio S. Poiché le tensioni e le deformazioni che si generano sotto l'azione del campo d'onda sismico sono di modesta entità, anche il terreno e le rocce sollecitate in questo ambito possono essere considerati in prima approssimazione come materiali omogenei, isotropi ed elastici, ed è quindi applicabile la legge di Hook (proporzionalità tra lo sforzo applicato  $\sigma_{ij}$  e la deformazione prodotta  $\epsilon_{kl}$ ) espressa come:

$$\sigma_{ij} = C_{ijkl} \epsilon_{kl}$$

nella quale le costanti di proporzionalità  $C_{ijkl}$  sono dette Moduli Elastici. Tali costanti definiscono le proprietà dei materiali, ed assumendo materiali isotropi ed elastici, diminuiscono da 81 a 5, di cui quattro hanno un preciso significato fisico ( $G$ ,  $E$ ,  $K$ ,  $\nu$ ), mentre  $\lambda$  rappresenta una semplificazione nelle formule.

In senso più generale possono essere definite le costanti di Lamè  $\lambda$  e  $\mu$  come caratteristiche elastiche indipendenti dalle direzioni lungo cui vengono applicate le tensioni o lungo cui vengono registrate le deformazioni. Queste due costanti sono definite dalle relazioni:

$$\lambda = (\nu E) / ((1 + \nu)(1 - 2\nu)) \quad \mu = E / 2(1 + \nu)$$

Analogamente i due moduli  $E$  e  $\nu$  possono essere espressi in funzione delle costanti di Lamè:

$$E = \mu(3\lambda + 2\nu) / (\lambda + \mu) \quad \nu = \lambda / 2(\lambda + \mu)$$

Dimensionalmente i moduli elastici  $G$ ,  $E$ ,  $K$  e le due costanti di Lamè esprimono il rapporto tra una forza ed una superficie e sono quindi delle pressioni, mentre il rapporto di Poisson è adimensionale.

La costante  $E$  viene definita come rapporto tra sollecitazione e conseguente deformazione longitudinale rappresenta il modulo elastico del materiale (Modulo di Young). È importante sottolineare che in campo dinamico si parla di modulo elastico dinamico, non statico, proprio perché tale modulo è ricavato dalle velocità delle onde sismiche.

La misura della resistenza del materiale al taglio viene definita come il rapporto tra deformazione e sforzo applicato, ed è chiamata Modulo di Taglio, **G**.

Il rapporto tra la tensione idrostatica e la deformazione cubica definisce il Modulo di compressione volumetrica o Bulk, **k**. Il Modulo di Poisson **v** è definito come rapporto tra la deformazione trasversale e quella longitudinale. Un'ultima costante entra a far parte delle relazioni tra caratteristiche elastiche e velocità, la densità **ρ** del materiale. Le velocità sismiche possono essere espresse tramite le costanti elastiche con le seguenti relazioni:

$$V_p = ( ( K + 4/3 G ) / \rho )^{1/2}$$

$$V_s = ( G / \rho )^{1/2}$$

Pertanto avendo determinato i valori di **V<sub>p</sub>** e **V<sub>s</sub>** ed il valore **ρ** della densità del materiale attraversato, è possibile calcolare i valori delle costanti elastiche dinamiche che caratterizzano i terreni esaminati con le seguenti relazioni.

$$v = ( V_p^2 - 2 V_s^2 ) / ( 2 ( V_p^2 - V_s^2 ) )$$

$$G = \rho V_s^2$$

$$E = 2 \rho V_s^2 ( 1 + v )$$

$$K = ( 2 \rho V_s^2 ( 1 + v ) ) / ( 3 ( 1 - 2 v ) )$$

Merita di essere ricordato infine che i parametri ricavati da misure dinamiche, cioè mediante l'utilizzo delle velocità delle onde sismiche, hanno in genere valori superiori a quelli ricavati da prove statiche di laboratorio proprio per il diverso campo di sforzo applicato e deformazione raggiunta: le intense ma brevi sollecitazioni provocate dalla propagazione delle onde sismiche si mantengono, infatti, nel campo elastico delle deformazioni del materiale, per cui sebbene in teoria il modulo di Poisson sia considerato stress-indipendente ed i suoi valori risultino compresi tra 0.25 e 0.33, nei porous-media esso risulta stress-dipendente, e presenta un campo di variabilità più esteso e può addirittura arrivare, secondo Gregory (1976), a valori negativi.

I valori più bassi, in natura, si registrano per litotipi ad alta porosità, sottoposti a bassa pressione litostatica e gas saturati, in alcuni sedimenti incoerenti e saturi i valori possono risultare uguali o superiori a 0.49; nelle sospensioni assume il valore di 0.5.

Il rapporto fra **V<sub>p</sub>** e **V<sub>s</sub>** non è costante e dipende dallo stato di saturazione e dalla pressione interstiziale dei pori, in Tabella I sono riportati valori medi delle **V<sub>p</sub>** per i principali litotipi e il range di **V<sub>s</sub>** relative comprese fra i rapporti di **V<sub>p</sub>/V<sub>s</sub>** di 1.9 e 3.5; questi valori sono da ritenere indicativi in quanto in particolari condizioni il rapporto **V<sub>p</sub>/V<sub>s</sub>** può aumentare.

Materiale	V P m/s	V SH m/s	
		VP/VSH 1.9 - 3.5	VP/VSH 1.9 - 3.5

Detrito superficiale alterato	300 - 600	86 - 158	171 – 316
Ghiaia, pietrisco, sabbia asciutta	500 - 900	143 - 263	257 – 474
Sabbia bagnata	600 - 1800	171 - 316	514 – 947
Argilla	900 - 2700	257 - 474	771 – 1421
Acqua	1430 - 1680	-	-
Arenaria	1800 - 4000	514 - 947	1143 – 2105
Scisti argillosi	2500 - 4200	714 - 1316	1200 – 2211
Calcere	2000 - 6000	571 - 1053	1714 – 3158
Sale	4200 - 5200	1200 - 2211	1486 – 2737
Granito	4000 - 6000	1143 - 2105	1714 - 3158
Rocce metamorfiche	3000 - 7000	857 - 1579	2000 - 3684

Tabella I – Velocità nei principali materiali.

## 2.2 Procedure di campagna

Vengono stesi i cavi sismici lungo la zona di interesse e ad essi vengono collegati i geofoni precedentemente infissi nel terreno alle equidistanze prestabilite. L'energizzazione del terreno per generare onde elastiche di compressione può essere effettuata sia mediante massa battente da 5-60 Kg che tramite l'utilizzo del cannone sismico (minibang): l'impatto rende operativo, tramite un accelerometro reso solidale con la fonte di energizzazione (*trigger*), il sistema di acquisizione dati, permettendo così la registrazione ai geofoni della forma d'onda rappresentativa della velocità di spostamento del suolo.

La produzione di onde di taglio viene effettuata ponendo una trave di legno a diretto contatto con il terreno in senso trasversale al profilo ed energizzando su entrambi i lati dopo averla adeguatamente caricata. Le energizzazioni vengono effettuate, mediante massa battente, alternativamente su entrambi i lati e sommate con polarità scambiata in modo da migliorare l'individuazione dell'onda di taglio polarizzata orizzontalmente che viene generata.

Al fine di ottenere una migliore risoluzione della sismo-stratigrafia, i punti di energizzazione, detti punti di scoppio (*shot points*), vengono disposti simmetricamente rispetto al profilo: ai suoi estremi (*end*), esternamente (*offset*) ed a distanze variabili entro il profilo stesso (punti di scoppio centrali).

La profondità di investigazione è, in linea teorica direttamente correlata alla lunghezza del profilo, alla distanza degli offset e soprattutto al contrasto di velocità dei mezzi attraversati.

I tempi di arrivo delle onde sismiche nel terreno sono funzione della distanza tra i geofoni, delle caratteristiche meccaniche dei litotipi attraversati e della loro profondità.

### 2.3 Metodo di elaborazione dei dati

La procedura d'elaborazione dati consiste di due fasi: la lettura dei tempi d'arrivo ai vari geofoni dello stendimento per ciascuna energizzazione effettuata e la loro successiva elaborazione mediante metodi di calcolo.

I tempi di primo arrivo delle onde sismiche vengono riportati su diagrammi spazio-tempo (*dromocrone*) nei quali l'asse dei tempi ha l'origine coincidente con l'istante in cui viene prodotta l'onda sismica ( $t_0$ ), mentre nelle ascisse si hanno le distanze relative fra i geofoni dello stendimento.

Inversione Tomografica: Per elaborazione tomografica si intende la ricostruzione della distribuzione di un parametro (in questo caso la velocità delle onde di compressione) che caratterizza un mezzo (il terreno) attraversato da una funzione dipendente dal parametro scelto per l'analisi (onda sismica). La ricerca del modello di distribuzione di velocità del terreno che ottimizza i tempi di arrivo individuati sui sismogrammi delle registrazioni di campagna viene effettuato in modo iterativo fino al raggiungimento della soluzione che minimizza l'errore fra i tempi misurati e quelli calcolati sulla soluzione ottenuta. Viene utilizzato un modello di partenza privo di condizioni iniziali al fine di eliminare qualsiasi valutazione preliminare sull'assetto geologico che, in caso di imprecisioni, potrebbe dirottare verso una soluzione che non minimizzi l'errore oppure che lo minimizzi verso un minimo relativo della funzione di convergenza. Il software utilizzato per la ricostruzione dei tempi di arrivo e dei percorsi d'onda si basa sulla soluzione del cammino più breve (Algoritmo di Dijkstra), che consente di tener conto sia di onde dirette, rifratte e difratte che generano i primi arrivi sui sismogrammi. Il modello iniziale e la soluzione finale sono costituiti da una serie di celle all'interno delle quali il valore di velocità rimane costante: tale valore viene aggiornato ad ogni iterazione del procedimento di calcolo (S.I.R.T.) per raggiungere il miglior risultato. Le dimensioni delle celle utilizzate e quindi il dettaglio finale ottenuto sono fortemente dipendenti dalla spaziatura dei geofoni e dal numero degli shot effettuati: aumentando la spaziatura dei geofoni si deve aumentare il numero degli shot per mantenere costante il dettaglio. Infine i valori del risultato vengono interpolati fra loro per ottenere una distribuzione continua di velocità. Per l'interpolazione è stato utilizzato il metodo del *Kriging* che è ideale per distribuzioni regolari di dati.

### 3 Normativa sismica e calcolo del parametro $V_{seq}$

Le norme NTC 2018 definiscono i criteri di classificazione del sottosuolo, che devono essere effettuati sulla base delle condizioni stratigrafiche (spessori e caratteristiche dei materiali) ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{seq} = H / S_{i=1,N} (h_i/Vs_i)$$

$h_i$  spessore dell'i-esimo strato;

$Vs_i$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

$N$  numero di strati;

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

Le categorie di suolo sono riportate in tabella II.

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

Tabella IV – Categorie di suolo di fondazione

“Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche” (NTC 2018).

#### **4 Risultati dell'indagine**

Sezione Tomografica Ps6 – Onde SH: 46 canali a spaziatura 2.5 m, 8 punti di energizzazione per un totale di 368 tempi di arrivo e una lunghezza complessiva di 117.5 m. L'inversione dei dati è stata eseguita su un modello con 93 x 19 celle quadrate di 1.25 m di lato. La convergenza del metodo è stata raggiunta dopo 9 iterazioni e uno scarto medio (differenza in valore assoluto fra

tempo misurato e ricalcolato per ciascun tempo) di 3.2 ms pari al 3.1 %. I valori di velocità delle onde di taglio variano fra 139 m/s e 462 m/s.

Sezione Tomografica Ps7 – Onde SH: 46 canali a spaziatura 2.5 m, 9 punti di energizzazione per un totale di 414 tempi di arrivo e una lunghezza complessiva di 117.5 m. L'inversione dei dati è stata eseguita su un modello con 95 x 21 celle quadrate di 1.25 m di lato. La convergenza del metodo è stata raggiunta dopo 31 iterazioni e uno scarto medio (differenza in valore assoluto fra tempo misurato e ricalcolato per ciascun tempo) di 1.5 ms pari al 1.56 %. I valori di velocità delle onde di taglio variano fra 74 m/s e 419 m/s.

Sezione Tomografica Ps8 – Onde P: 46 canali a spaziatura 2 m, 9 punti di energizzazione per un totale di 414 tempi di arrivo e una lunghezza complessiva di 144 m. L'inversione dei dati è stata eseguita su un modello con 90 x 43 celle quadrate di 1 m di lato. La convergenza del metodo è stata raggiunta dopo 41 iterazioni e uno scarto medio (differenza in valore assoluto fra tempo misurato e ricalcolato per ciascun tempo) di 1.35 ms pari al 4.35 %. I valori di velocità delle onde di compressione variano fra 243 m/s e 1913 m/s.

Sezione Tomografica Ps8 – Onde SH: 46 canali a spaziatura 2 m, 8 punti di energizzazione per un totale di 414 tempi di arrivo e una lunghezza complessiva di 94 m. L'inversione dei dati è stata eseguita su un modello con 90 x 42 celle quadrate di 1 m di lato. La convergenza del metodo è stata raggiunta dopo 34 iterazioni e uno scarto medio (differenza in valore assoluto fra tempo misurato e ricalcolato per ciascun tempo) di 3.4 ms pari al 3.9 %. I valori di velocità delle onde di taglio variano fra 91 m/s e 416 m/s.

Sezione Tomografica Ps9 – Onde SH: 46 canali a spaziatura 2 m, 9 punti di energizzazione per un totale di 288 tempi di arrivo e una lunghezza complessiva di 94 m. L'inversione dei dati è stata eseguita su un modello con 90 x 42 celle quadrate di 1 m di lato. La convergenza del metodo è stata raggiunta dopo 12 iterazioni e uno scarto medio (differenza in valore assoluto fra tempo misurato e ricalcolato per ciascun tempo) di 3.5 ms pari al 4.6 %. I valori di velocità delle onde di taglio variano fra 100 m/s e 441 m/s.

Sezione Tomografica Ps10 – Onde P: 36 canali a spaziatura 2 m, 8 punti di energizzazione per un totale di 414 tempi di arrivo e una lunghezza complessiva di 72 m. L'inversione dei dati è stata eseguita su un modello con 70 x 38 celle quadrate di 1 m di lato. La convergenza del metodo è stata raggiunta dopo 22 iterazioni e uno scarto medio (differenza in valore assoluto fra tempo misurato e ricalcolato per ciascun tempo) di 1.8 ms pari al 6.5 %. I valori di velocità delle onde di compressione variano fra 232 m/s e 2168 m/s.

Sezione Tomografica Ps10 – Onde SH: 36 canali a spaziatura 2 m, 8 punti di energizzazione per un totale di 288 tempi di arrivo e una lunghezza complessiva di 72 m. L'inversione dei dati è stata eseguita su un modello con 70 x 38 celle quadrate di 1 m di lato. La convergenza del metodo è stata raggiunta dopo 41 iterazioni e uno scarto medio (differenza in valore assoluto fra tempo misurato e ricalcolato per ciascun tempo) di 3.8 ms pari al 5.4 %. I valori di velocità delle onde di taglio variano fra 92 m/s e 474 m/s.

Sezione Tomografica Ps11 – Onde SH: 24 canali a spaziatura 2 m, 7 punti di energizzazione per un totale di 168 tempi di arrivo e una lunghezza complessiva di 48 m. L'inversione dei dati è stata eseguita su un modello con 49 x 30 celle quadrate di 1 m di lato. La convergenza del metodo è stata raggiunta dopo 23 iterazioni e uno scarto medio (differenza in valore assoluto fra tempo misurato e ricalcolato per ciascun tempo) di 2.8 ms pari al 4.7 %. I valori di velocità delle onde di taglio variano fra 98 m/s e 386 m/s.

I valori di VsEQ calcolati lungo tutte le sezioni tomografiche sono stati interpolati ricostruendo la variazione areale del parametro in oggetto. Il metodo utilizzato per la ricostruzione è stato il Kriging. Nelle zone di intersezione fra il tracciato di progetto e le linee sismiche sono state estratte le colonne di valori delle velocità delle onde di taglio con la profondità:

VsEQ 4		VsEQ 5		VsEQ 6	
Profondità (m)	VSH m/s	Profondità (m)	VSH m/s	Profondità (m)	VSH m/s
1.25	250	1.25	87	1.25	188
2.50	281	2.50	134	2.50	223
3.75	289	3.75	201	3.75	274
5.00	291	5.00	226	5.00	328
6.25	273	6.25	266	6.25	374
7.50	314	7.50	257	7.50	412
8.75	340	8.75	340	8.75	441
10.00	332	10.00	378	10.00	462
11.25	361	11.25	379	11.25	478
12.50	363	12.50	376	12.50	488
13.75	378	13.75	383	13.75	494
15.00	400	15.00	385	15.00	497
16.25	400	16.25	374	16.25	499
17.50	401	17.50	378	17.50	401
18.75	400	18.75	395	18.75	410
20.00	405	20.00	402	20.00	414
21.25	410	21.25	408	21.25	416
22.50	415	22.50	413	22.50	416
23.75	417	23.75	418	23.75	416
30.00	417	25.00	420	30.0	416
VsEQ 21	358	30.00	420	VsEQ 3	382
		VsEQ 21	294		

VsEQ 7		VsEQ 8		VsEQ 9	
Profondità (m)	VSH m/s	Profondità (m)	VSH m/s	Profondità (m)	VSH m/s
1.25	153	1.25	160	1.25	188
2.50	187	2.50	194	2.50	223
3.75	232	3.75	233	3.75	274
5.00	281	5.00	268	5.00	328
6.25	321	6.25	299	6.25	374
7.50	355	7.50	321	7.50	412
8.75	375	8.75	342	8.75	441
10.00	379	10.00	361	10.00	462
11.25	376	11.25	372	11.25	478
12.50	379	12.50	376	12.50	488
13.75	383	13.75	375	13.75	494
15.00	384	15.00	374	15.00	497
16.25	390	16.25	377	16.25	499
17.50	400	17.50	382	17.50	401
18.75	411	18.75	388	18.75	410
20.00	417	20.00	393	20.00	414
21.25	419	21.25	397	21.25	416
22.50	418	22.50	398	22.50	416
23.75	418	23.75	398	23.75	416
30.00	418	30.00	398	30.0	416
VsEQ 21	340	VsEQ 21	330	VsEQ 3	382

## 5 Presentazione dei dati

Nella presente relazione vengono forniti i seguenti elaborati:

- ubicazione delle indagini
- mappa delle curve della variazione di VsEQ
- sezioni tomografiche Onde P e SH e copertura effettiva
- dromocrone e tempi misurati e ricalcolati
- registrazioni di campagna
- documentazione fotografica

## 6 Caratteristiche della strumentazione

Il sistema di acquisizione usato nella presente campagna d'indagine è composto da un sistema modulare della Geometrics così configurato:

Sismografo GEODE 48 canali (2 moduli a 24 canali) con Controller Stratavisor NZC:

- risoluzione segnale A/D 24 bit;
- escursione dinamica 144 dB, 110 dB istantanea a 2 ms;
- passo di campionamento da 0.02 a 16 ms indipendente dal tempo d'acquisizione;
- fino a 64.000 campioni per traccia;
- distorsione 0.0005% a 2ms, 1.75–208 Hz;

- amplificazione del segnale da 0 a 36 dB;
- filtri analogici anti-aliasing -3dB all'83% della frequenza di Nyquist;
- filtri digitali low-cut, high-cut, notch a 24-48 dB/oct;
- precisione trigger in sommatoria 1/32 del passo di campionamento;
- pre-trigger fino a 4096 campioni, delay da 0 a 9999 ms;
- salvataggio dati in formato SEG-2 su hard-disk incorporato;
- 24 geofoni verticali con frequenza propria di 14 Hz;
- 24 geofoni orizzontali con frequenza propria di 8 Hz;
- 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4.5 Hz;
- sistema di starter (trigger) mediante sensore accoppiato alla sorgente di energia;
- energizzazione mediante mazza da 5 Kg / minibang calibro 8 / grave da 30/60 kg.

Rapporto di prova n° 191-21

**IGETECMA s.n.c**

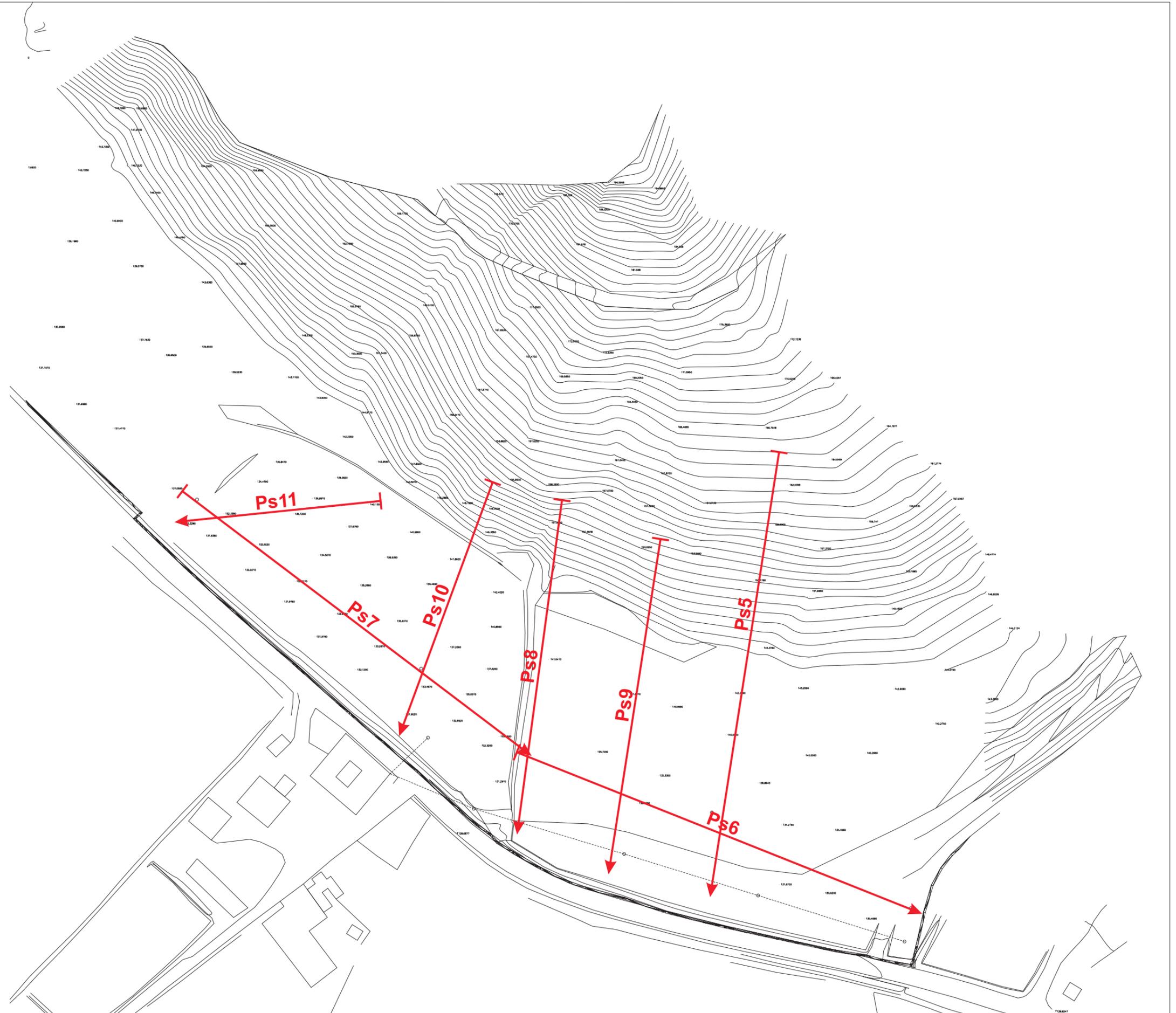
Committente: REGIONE TOSCANA

Cantiere:  
SR6 Lotto 5 - Variante Urbinese  
PF3

Tomografia sismica Onde P

Ubicazione indagini

Scala 1:1000



Rapporto di prova n° 191-21

**IGETECMA s.n.c**

Committente: REGIONE TOSCANA

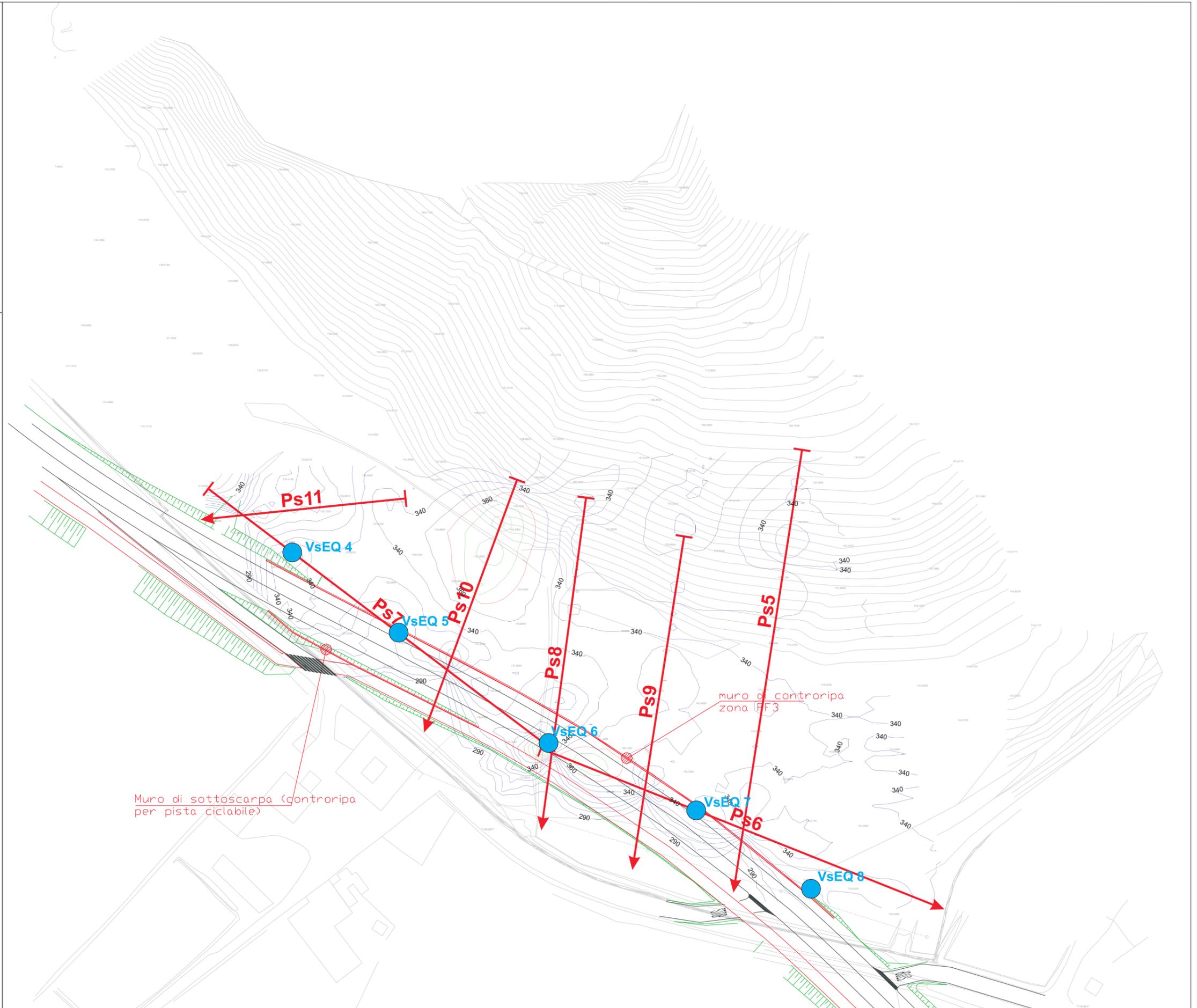
Cantiere:  
SR6 Lotto 5 - Variante Urbinese  
PF3

Tomografia sismica Onde SH

Curve VsEQ

Scala 1:1000

Colonna di estrazione puntuale  
velocità onde SH profondità  
per calcolo VsEQ



Rapporto di prova n° 191-21

**IGETECMA s.n.c.**

Committente:  
REGIONE TOSCANA

Cantiere:  
SR6 Lotto 5  
Variante Urbinese  
PF3

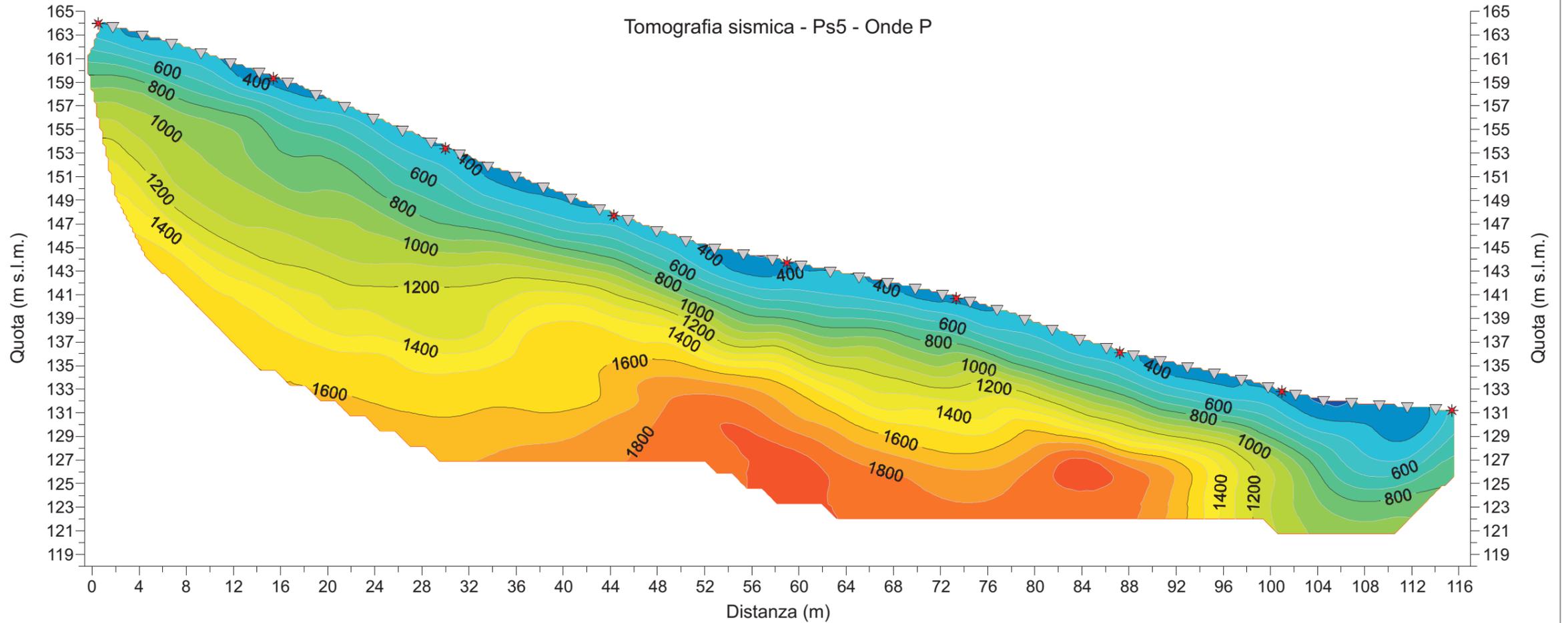
Tomografia sismica  
Onde P

Scala 1:500

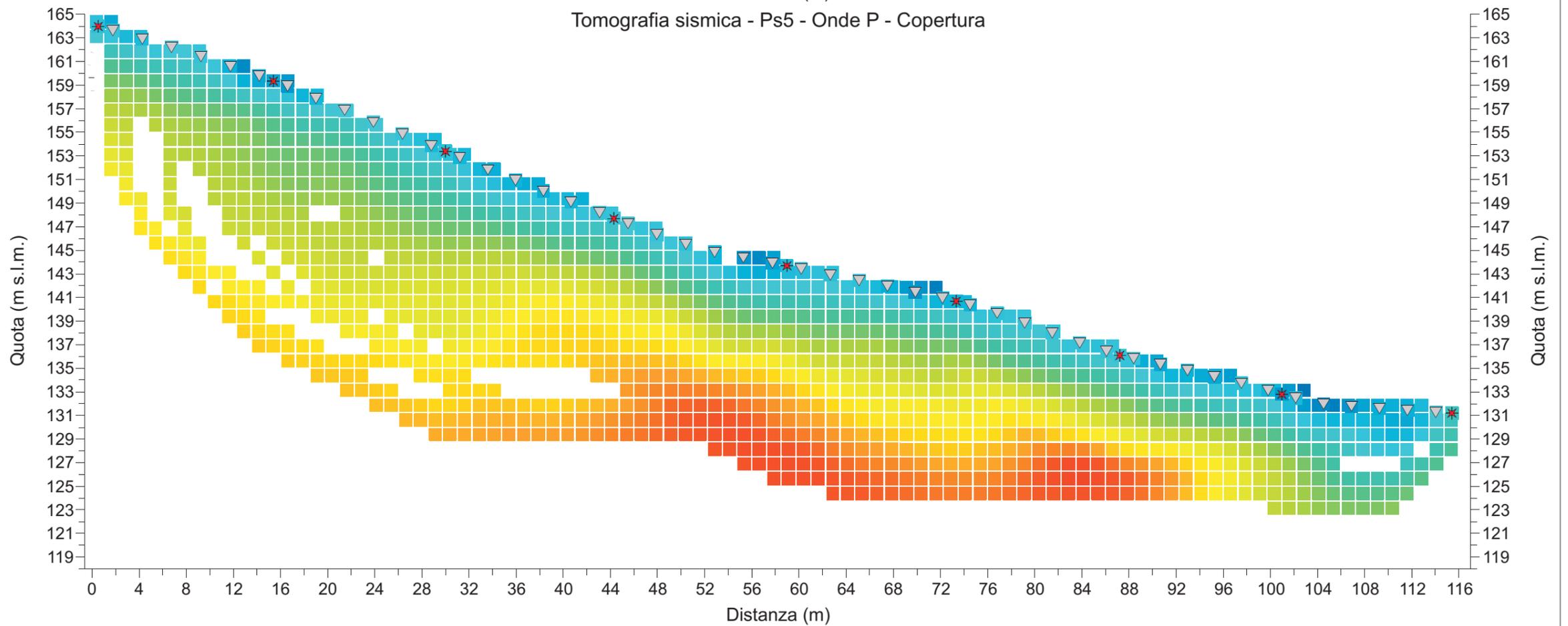
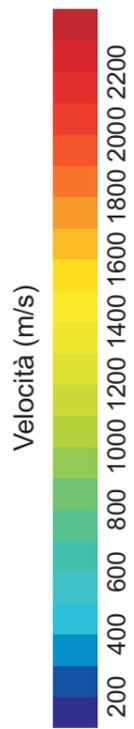
Geofono ▼

Energizzazione \*

Tomografia sismica - Ps5 - Onde P



Tomografia sismica - Ps5 - Onde P - Copertura



Rapporto di prova n° 191-21

**IGETECMA s.n.c.**

Committente:  
REGIONE TOSCANA

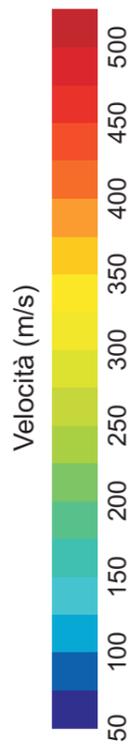
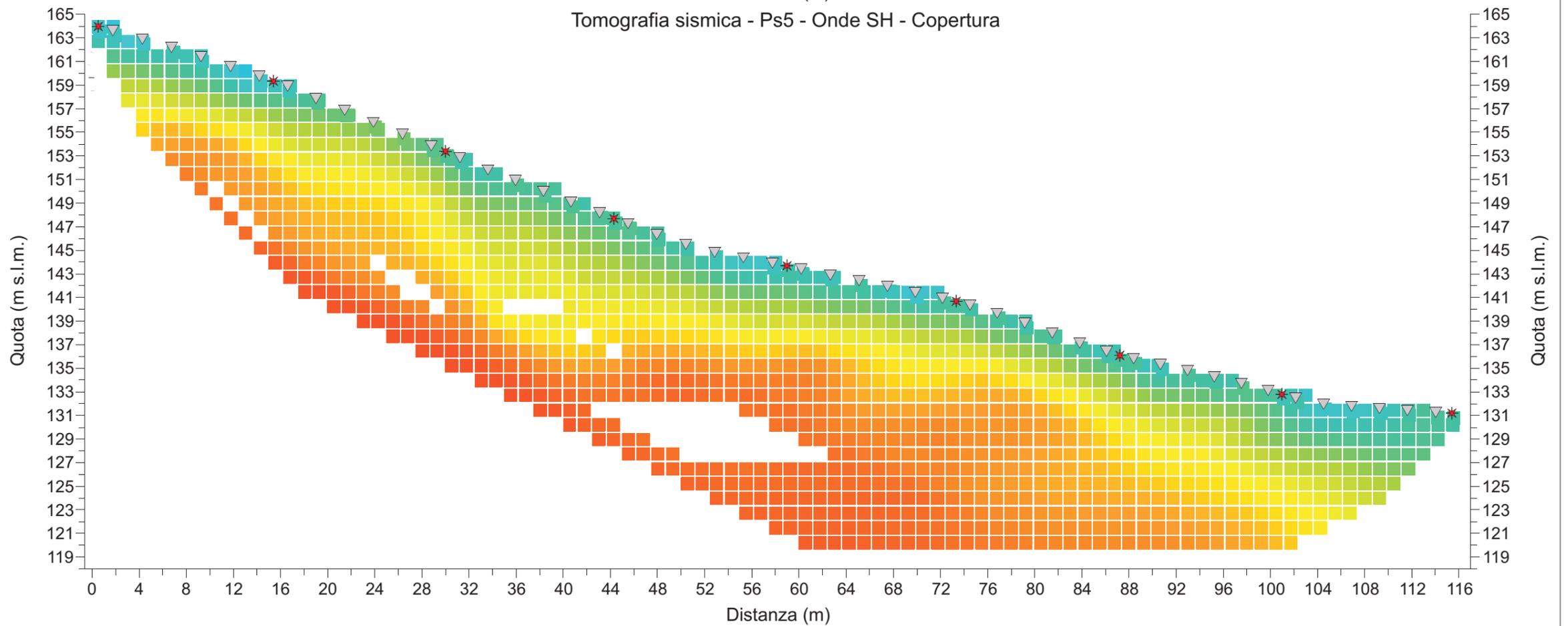
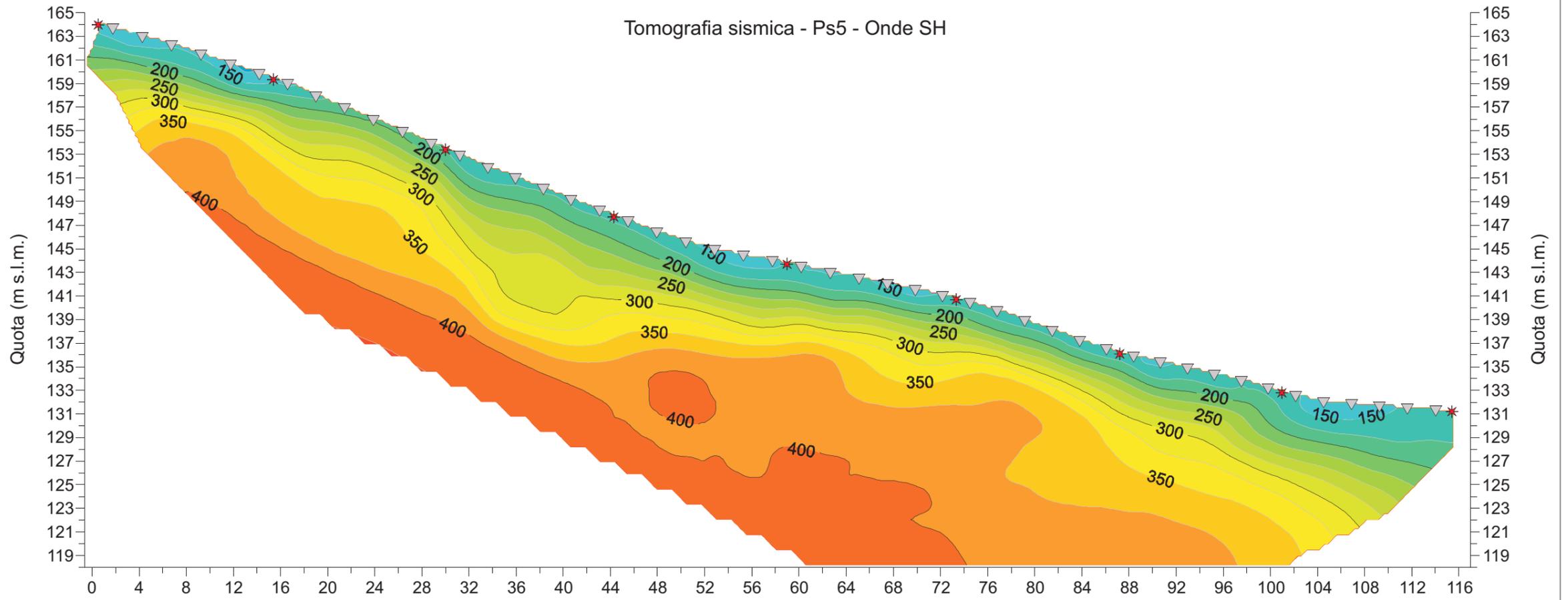
Cantiere:  
SR6 Lotto 5  
Variante Urbinese  
PF3

Tomografia sismica  
Onde SH

Scala 1:500

Geofono ▼

Energizzazione \*



**IGETECMA s.n.c.**

Committente:  
REGIONE TOSCANA

Cantiere:  
SR6 Lotto 5  
Variante Urbinese  
PF3

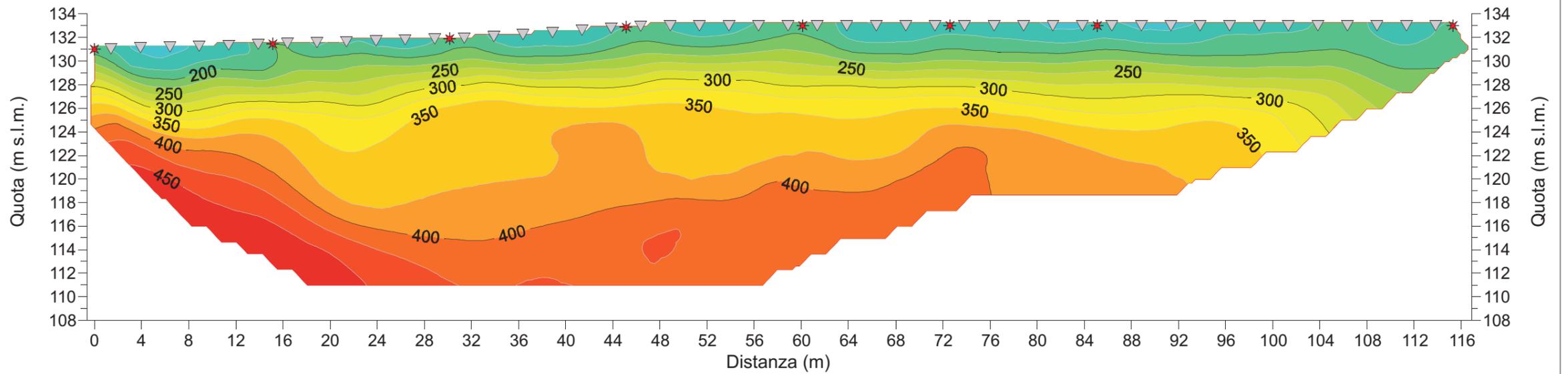
Tomografia sismica  
Onde SH

Scala 1:500

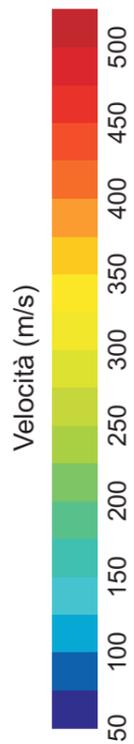
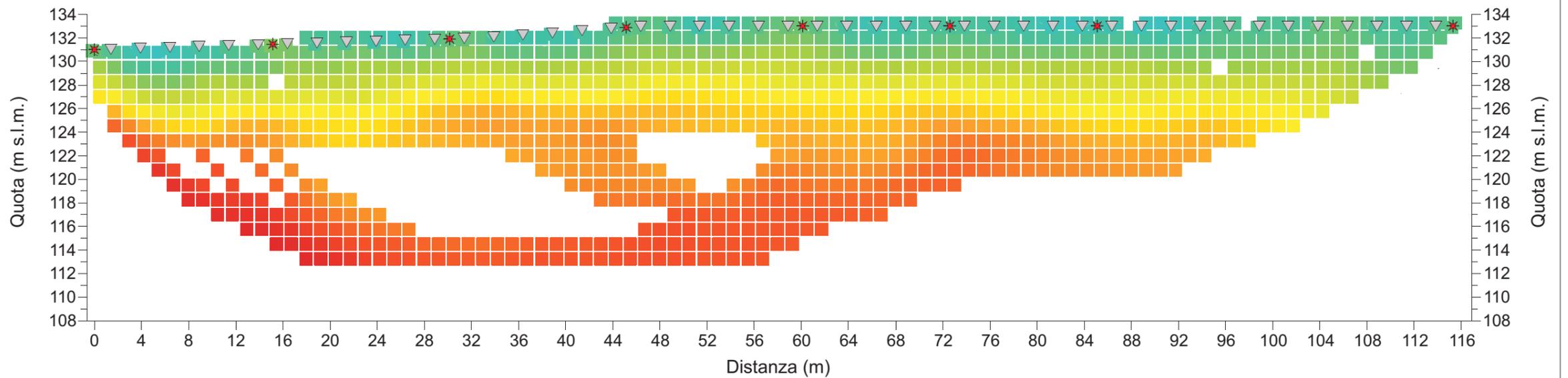
Geofono ▼

Energizzazione \*

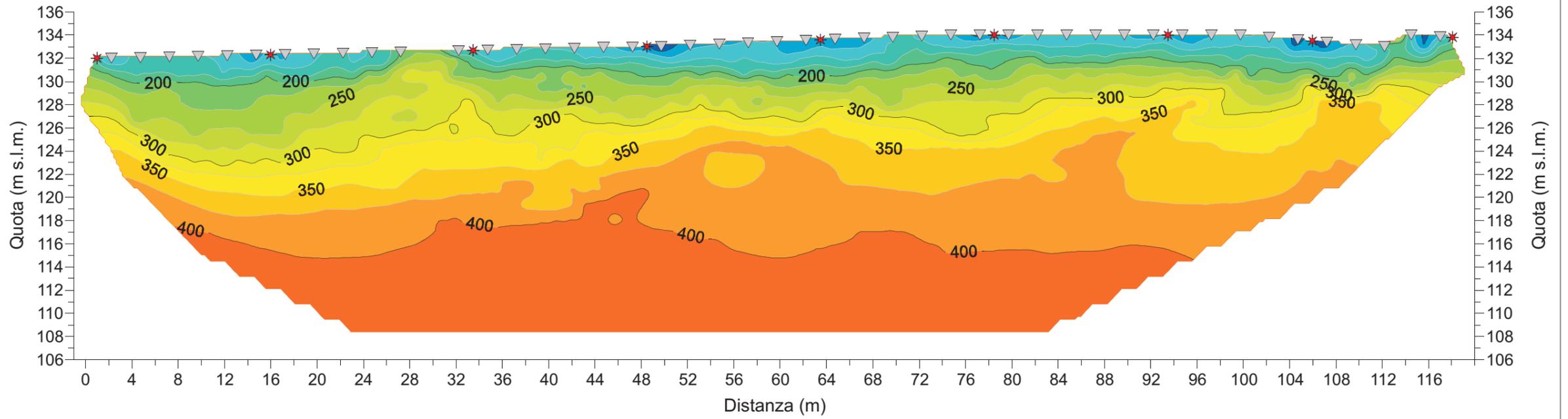
### Tomografia sismica - Ps6 - Onde SH



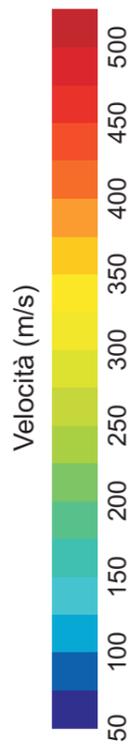
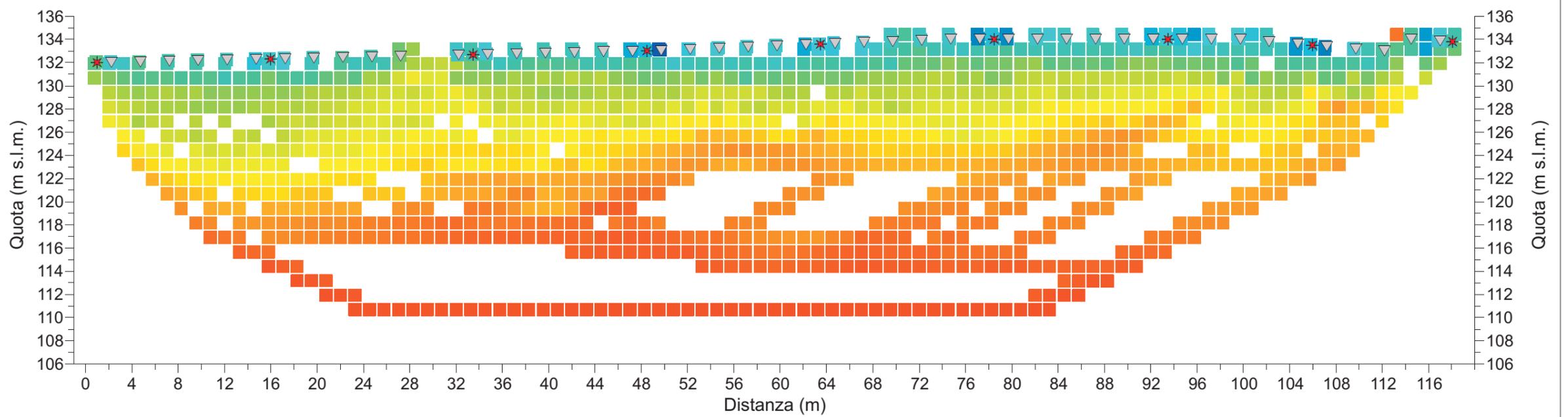
### Tomografia sismica - Ps6 - Onde SH - Copertura



Tomografia sismica - Ps7 - Onde SH



Tomografia sismica - Ps7 - Onde SH - Copertura



**IGETECMA s.n.c.**

Committente:  
REGIONE TOSCANA

Cantiere:  
SR6 Lotto 5  
Variante Urbinese  
PF3

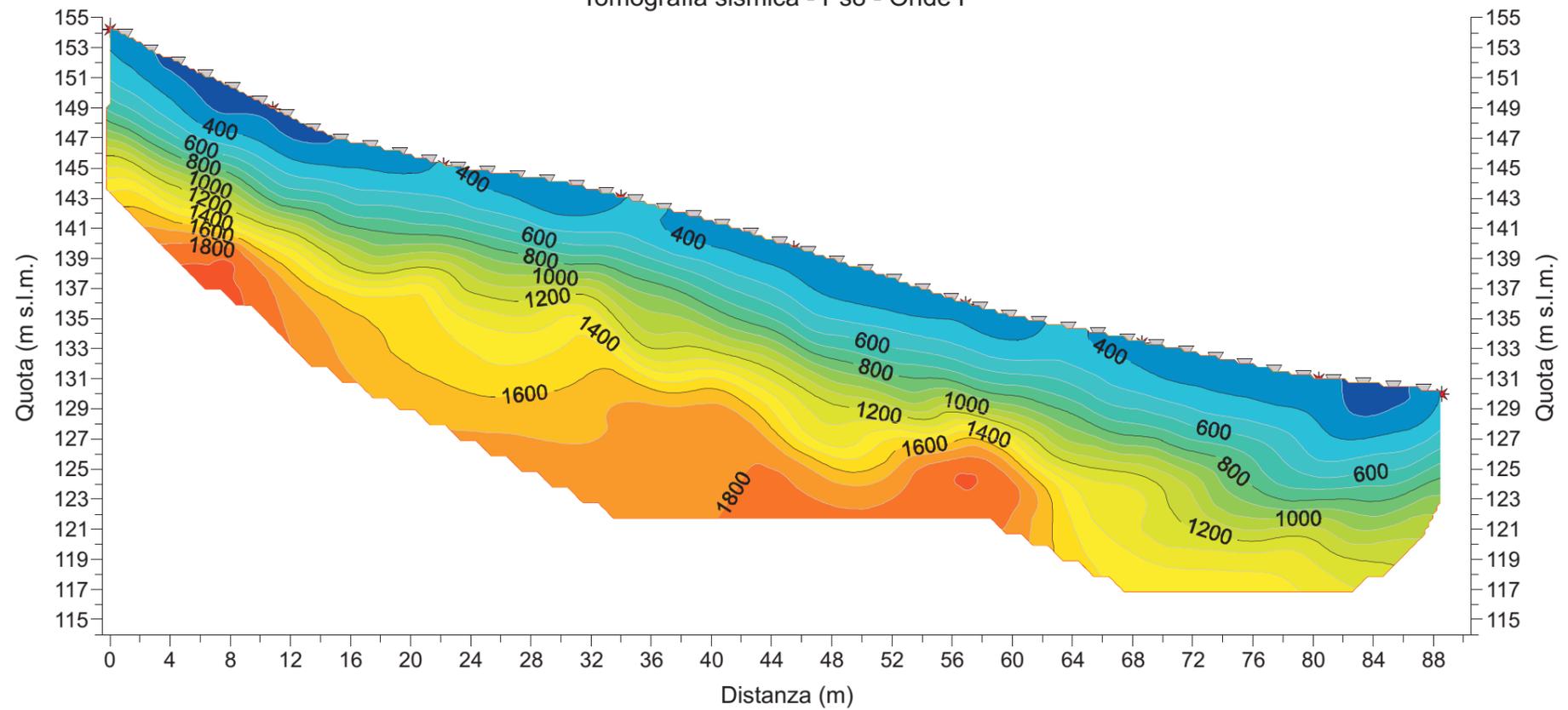
Tomografia sismica  
Onde P

Scala 1:500

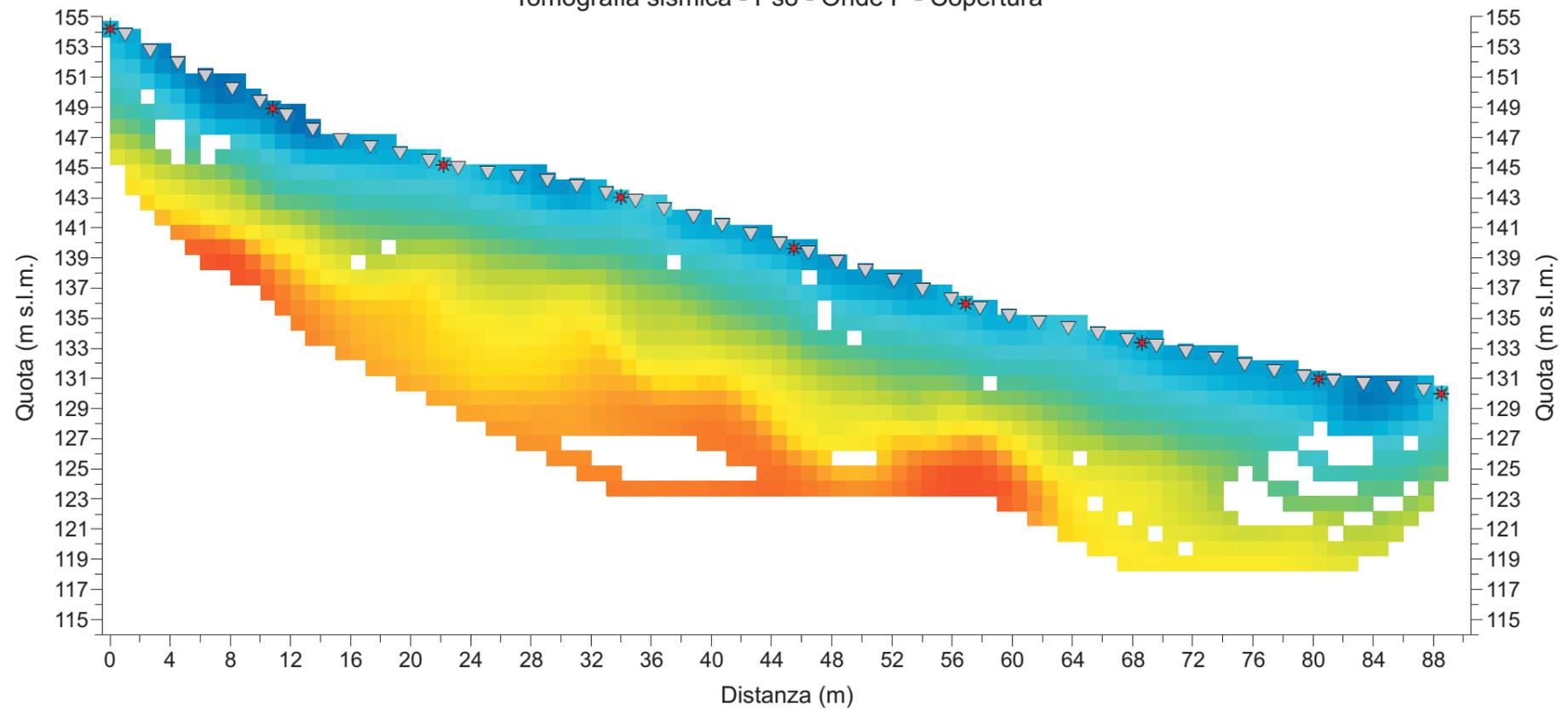
Geofono ▼

Energizzazione \*

Tomografia sismica - Ps8 - Onde P



Tomografia sismica - Ps8 - Onde P - Copertura



**IGETECMA s.n.c.**

Committente:  
REGIONE TOSCANA

Cantiere:  
SR6 Lotto 5  
Variante Urbinese  
PF3

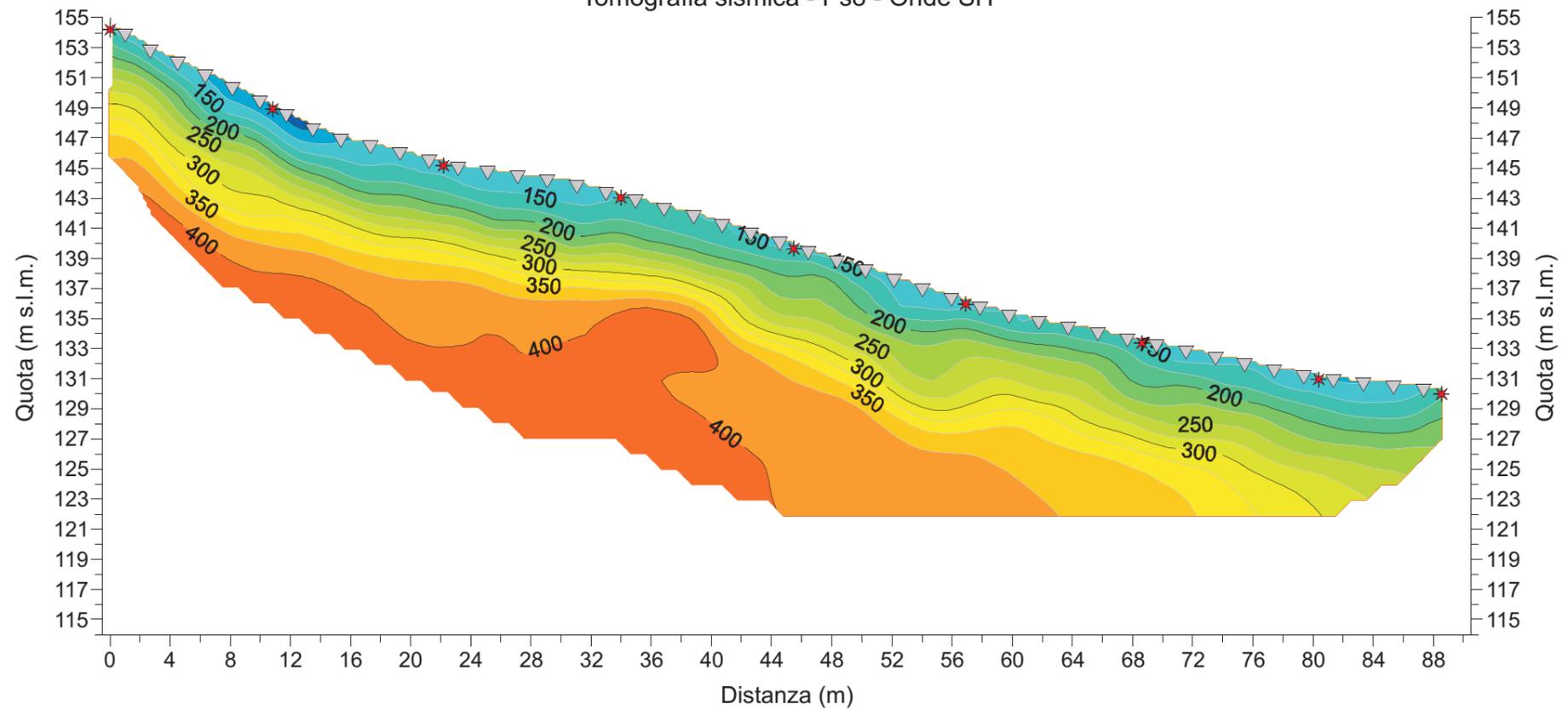
Tomografia sismica  
Onde SH

Scala 1:500

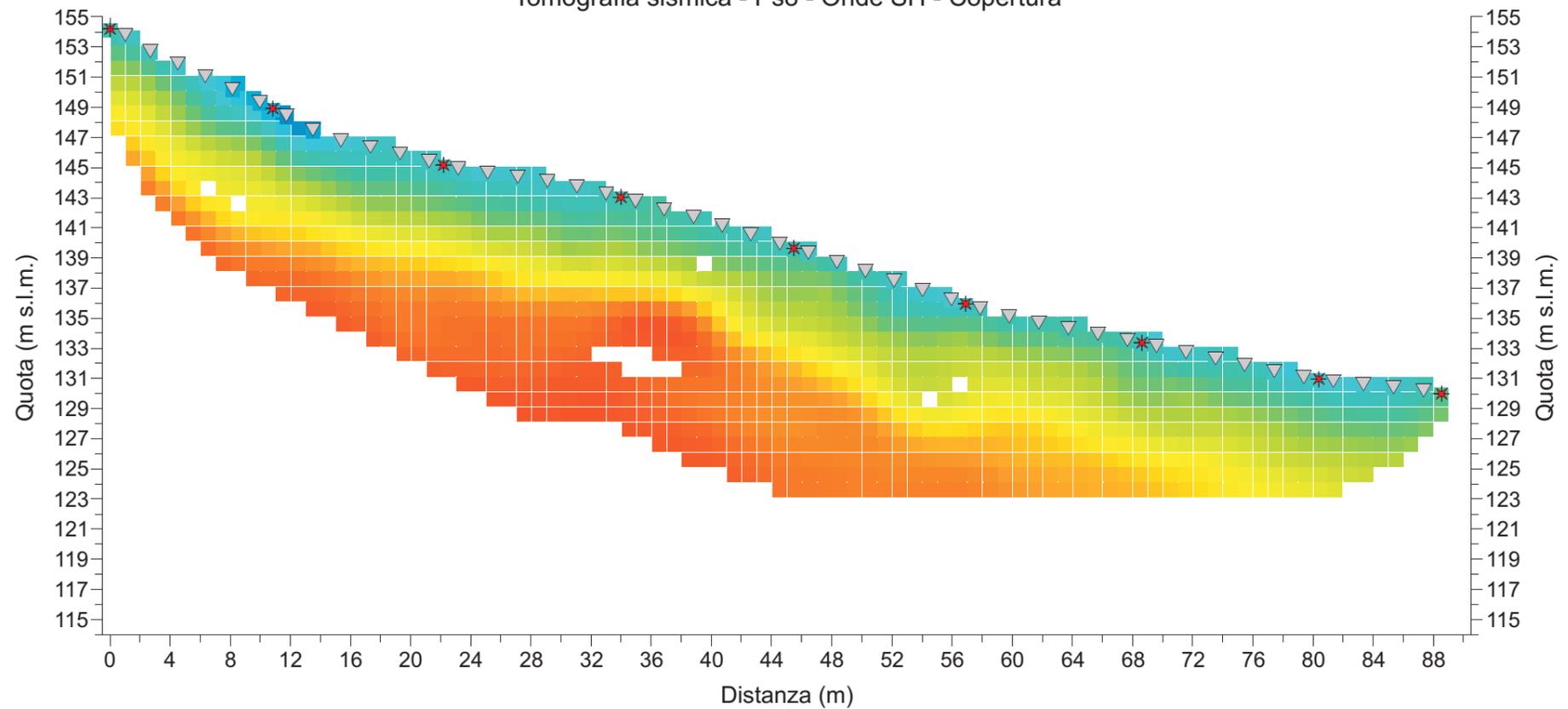
Geofono 

Energizzazione 

Tomografia sismica - Ps8 - Onde SH



Tomografia sismica - Ps8 - Onde SH - Copertura



**IGETECMA s.n.c.**

Committente:  
REGIONE TOSCANA

Cantiere:  
SR6 Lotto 5  
Variante Urbinese  
PF3

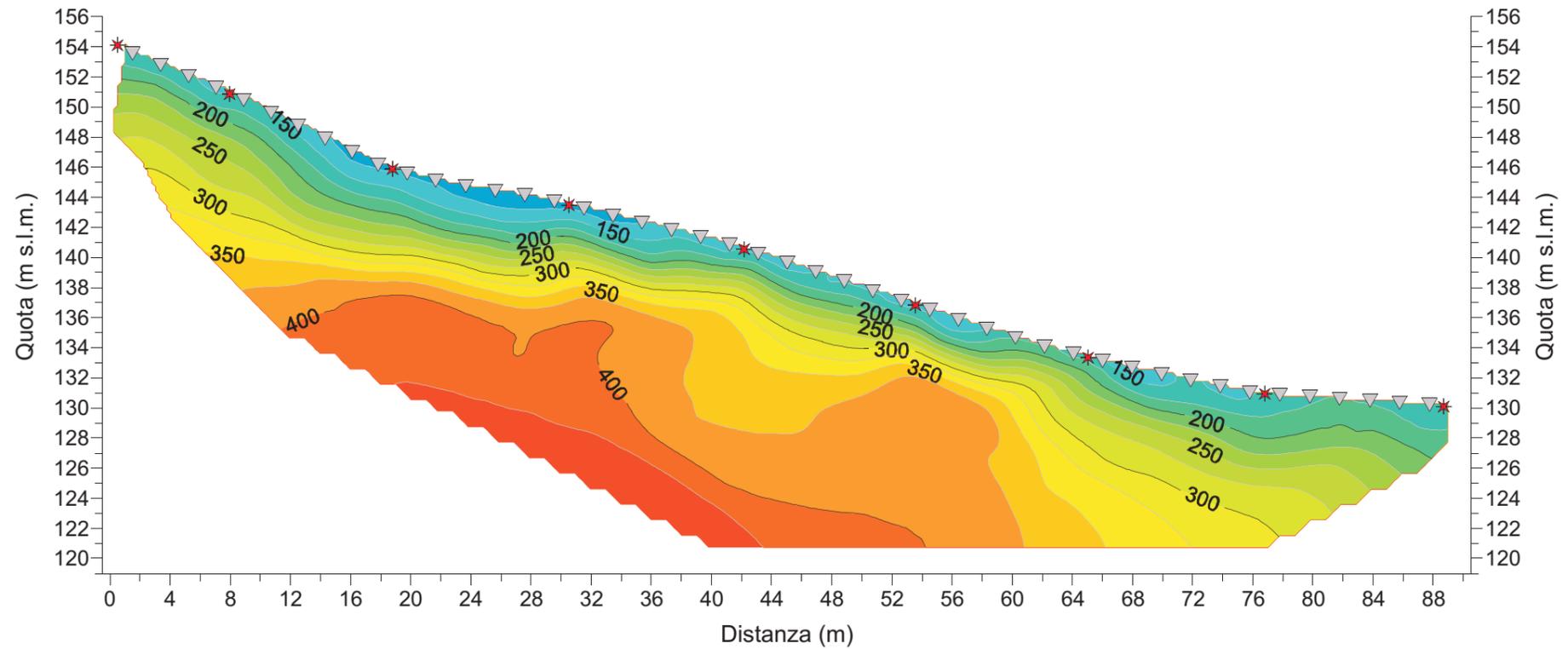
Tomografia sismica  
Onde SH

Scala 1:500

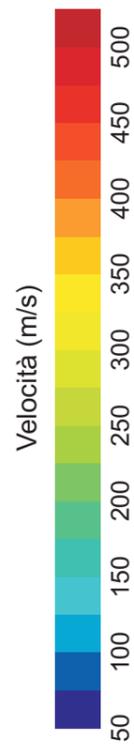
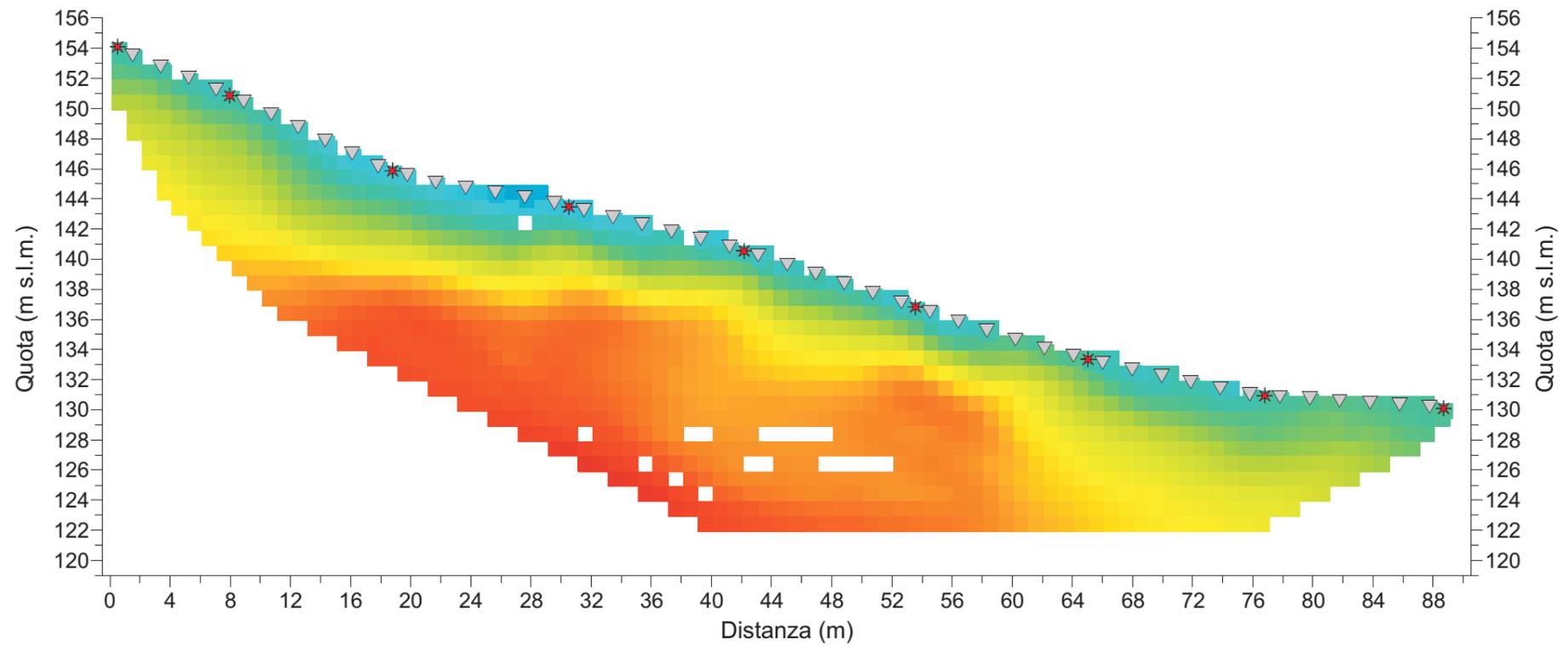
Geofono ▼

Energizzazione \*

### Tomografia sismica - Ps9 - Onde SH



### Tomografia sismica - Ps9 - Onde SH - Copertura



**IGETECMA s.n.c.**

Committente:  
REGIONE TOSCANA

Cantiere:  
SR6 Lotto 5  
Variante Urbinese  
PF3

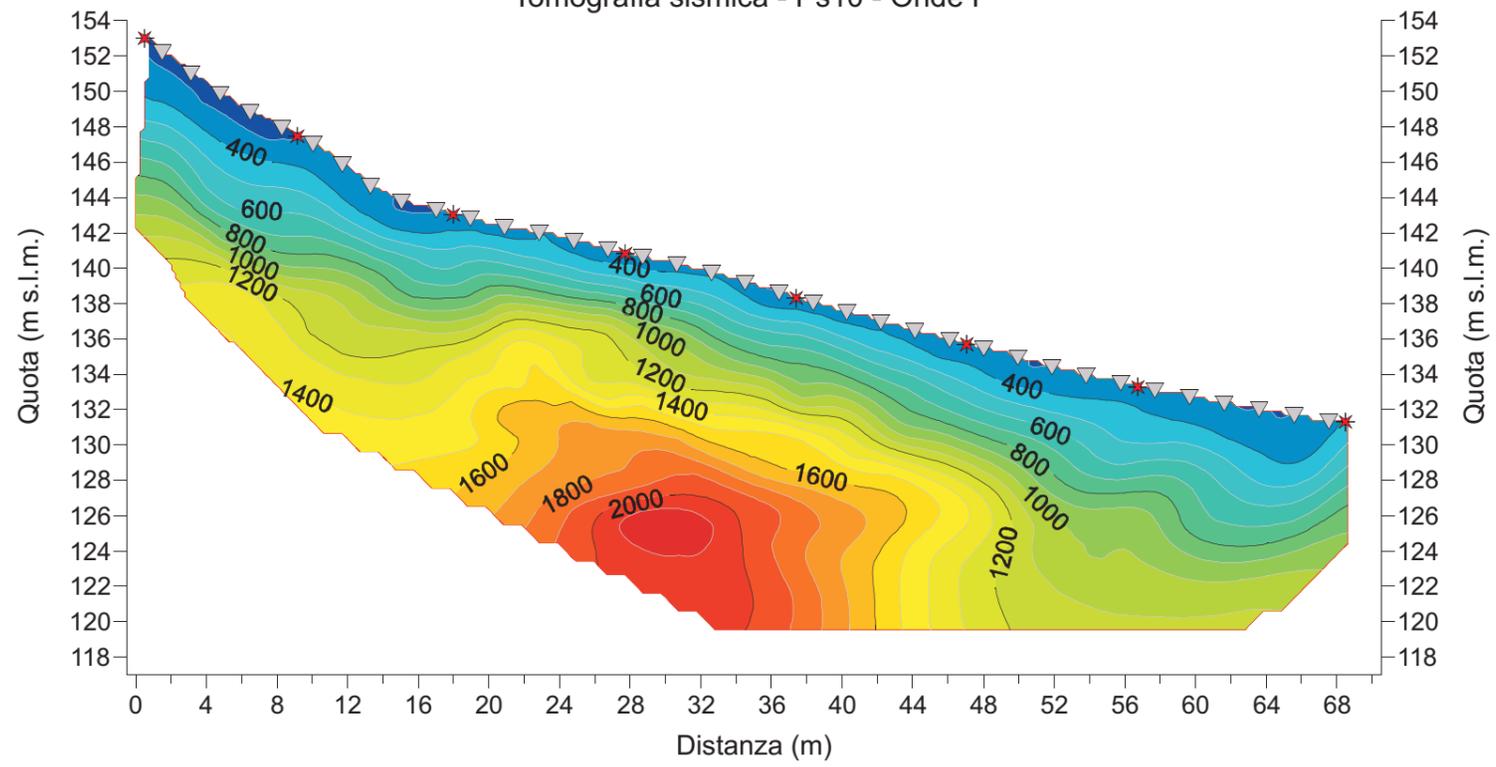
Tomografia sismica  
Onde P

Scala 1:500

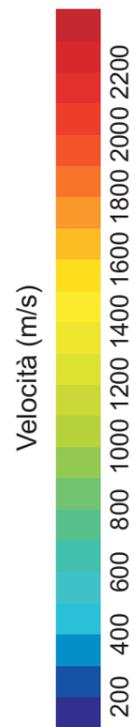
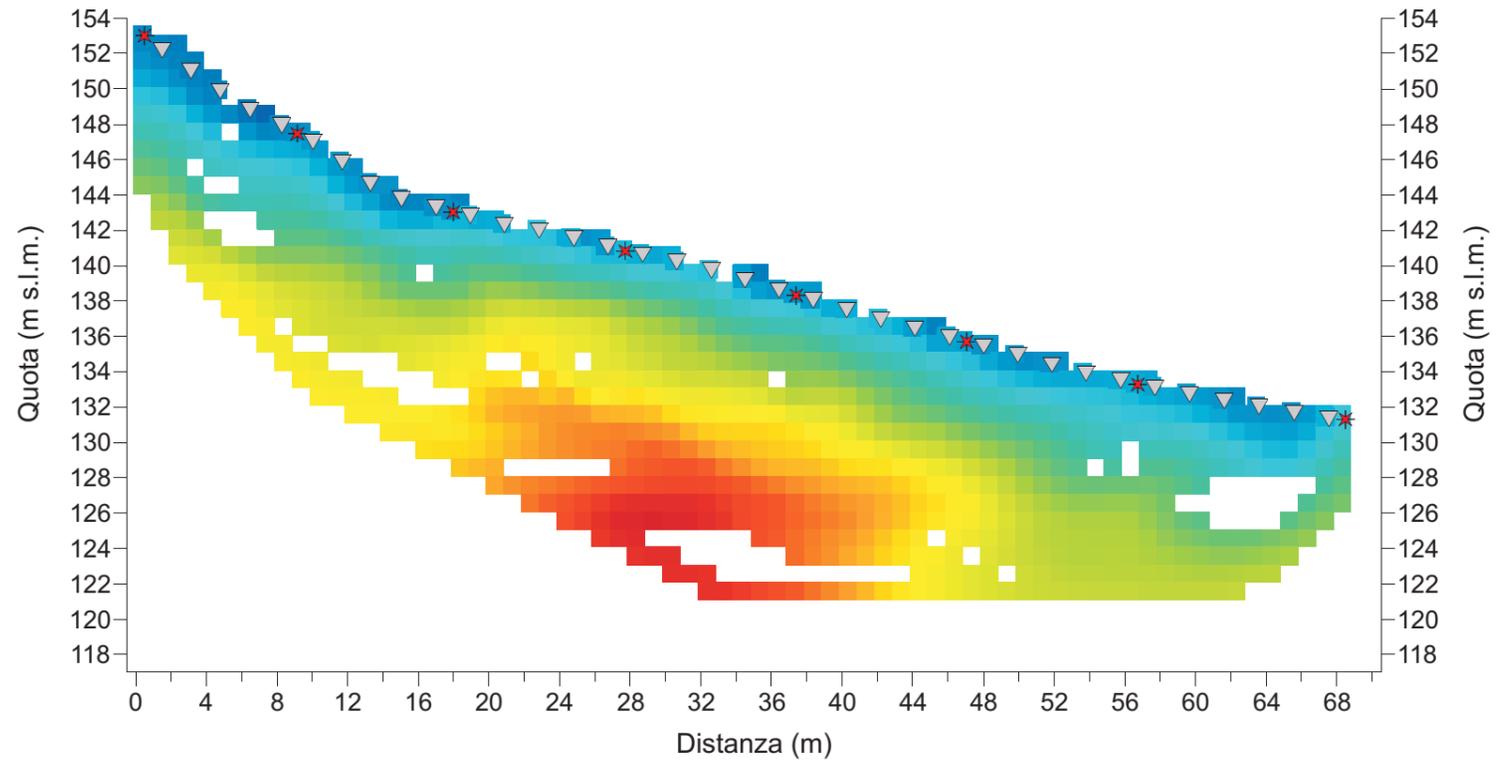
Geofono ▼

Energizzazione \*

Tomografia sismica - Ps10 - Onde P



Tomografia sismica - Ps10 - Onde P - Copertura



**IGETECMA s.n.c.**

Committente:  
REGIONE TOSCANA

Cantiere:  
SR6 Lotto 5  
Variante Urbinese  
PF3

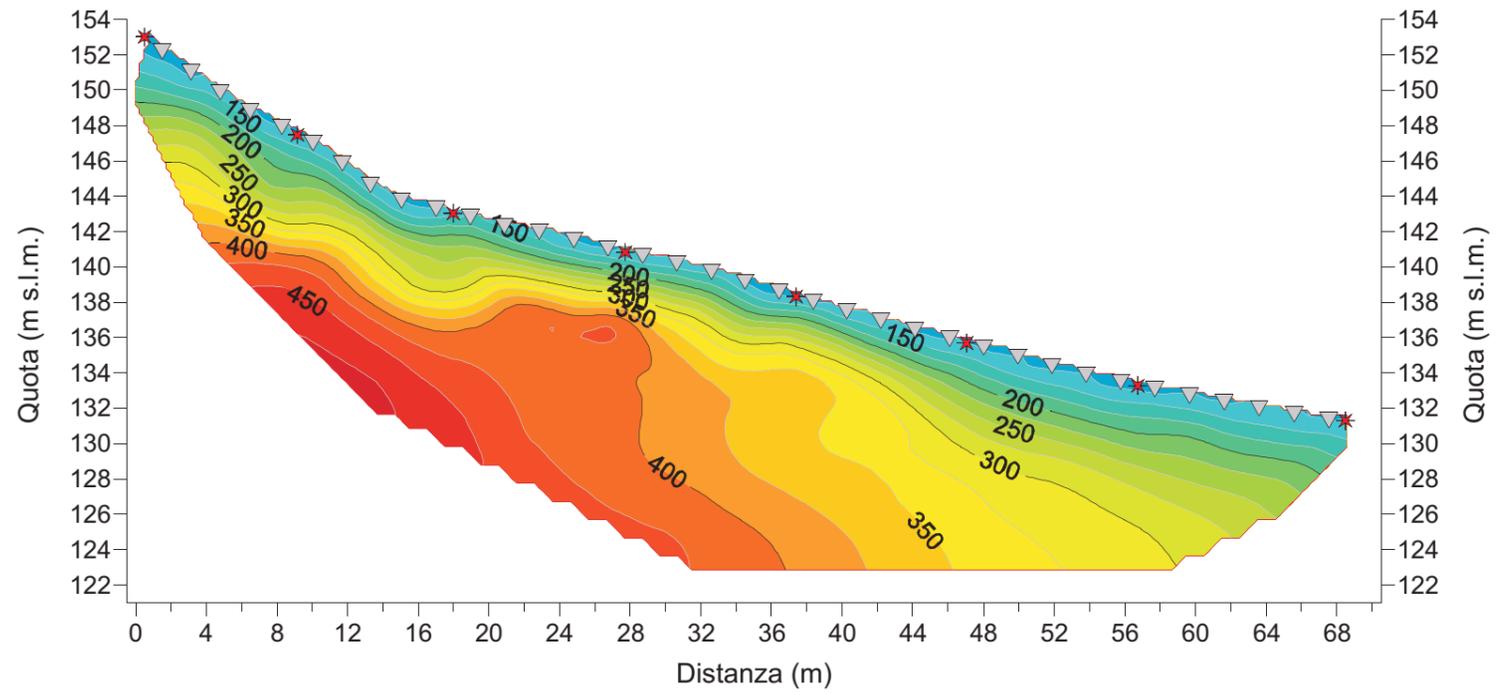
Tomografia sismica  
Onde SH

Scala 1:500

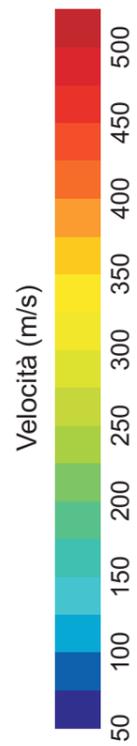
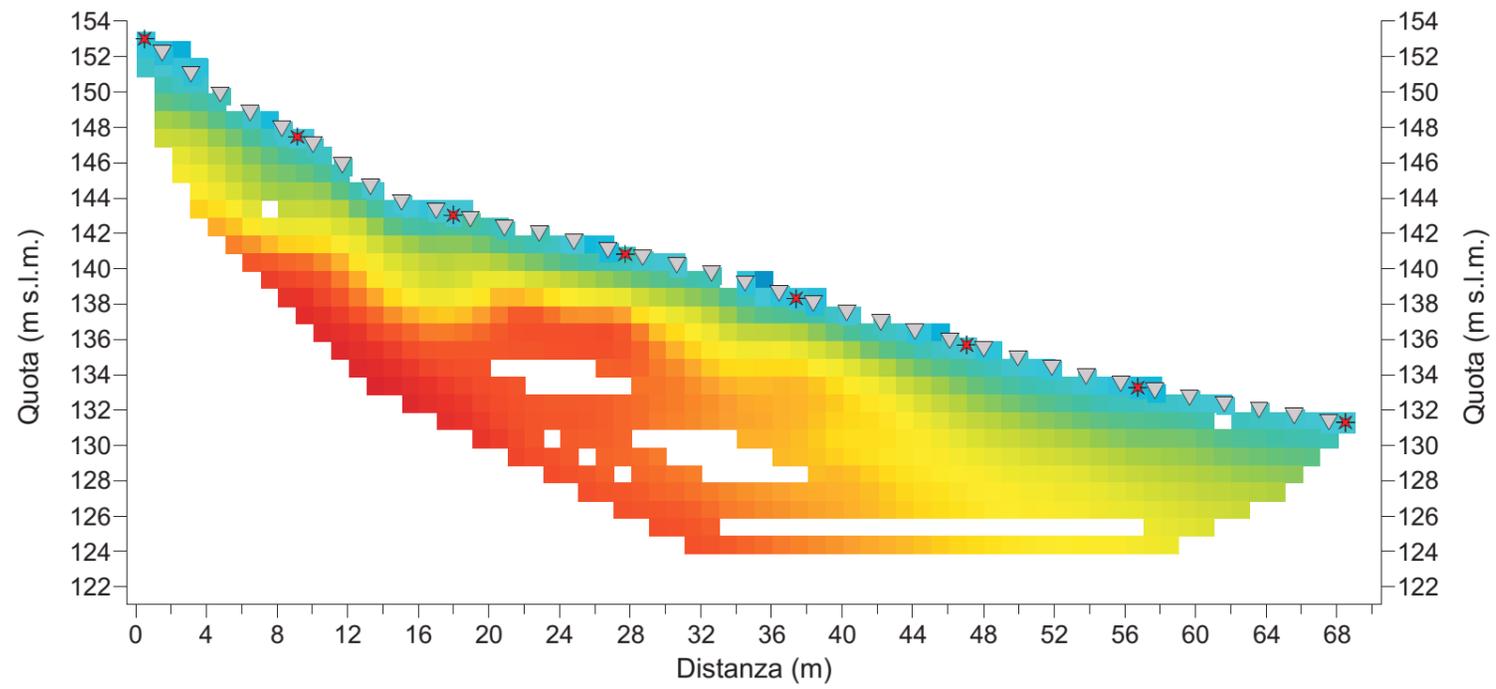
Geofono ▼

Energizzazione \*

Tomografia sismica - Ps10 - Onde SH



Tomografia sismica - Ps10 - Onde SH - Copertura



**IGETECMA s.n.c.**

Committente:  
REGIONE TOSCANA

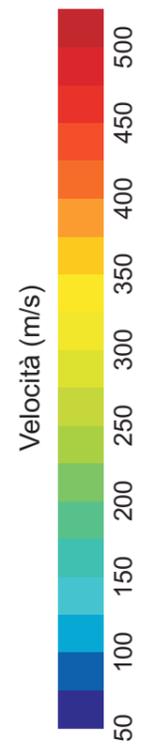
Cantiere:  
SR6 Lotto 5  
Variante Urbinese  
PF3

Tomografia sismica  
Onde SH

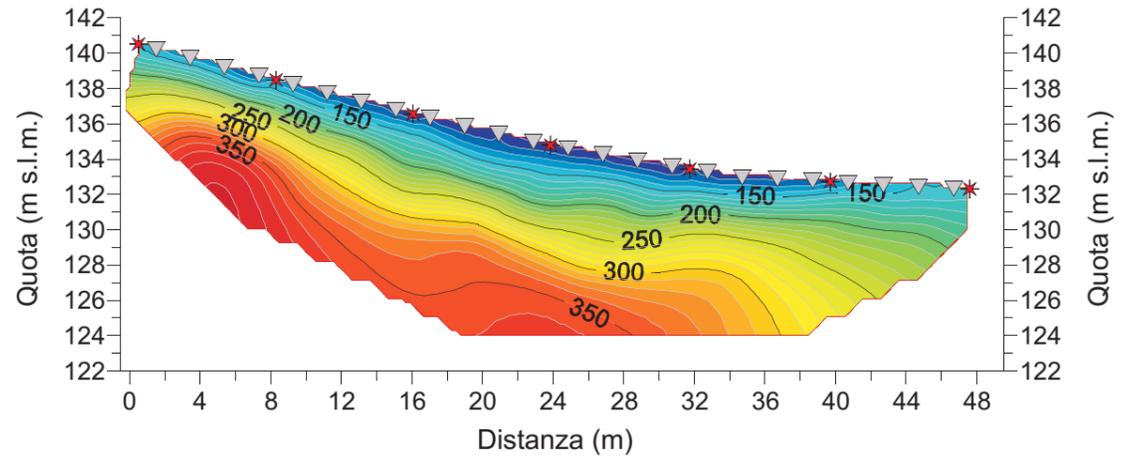
Scala 1:500

Geofono ▼

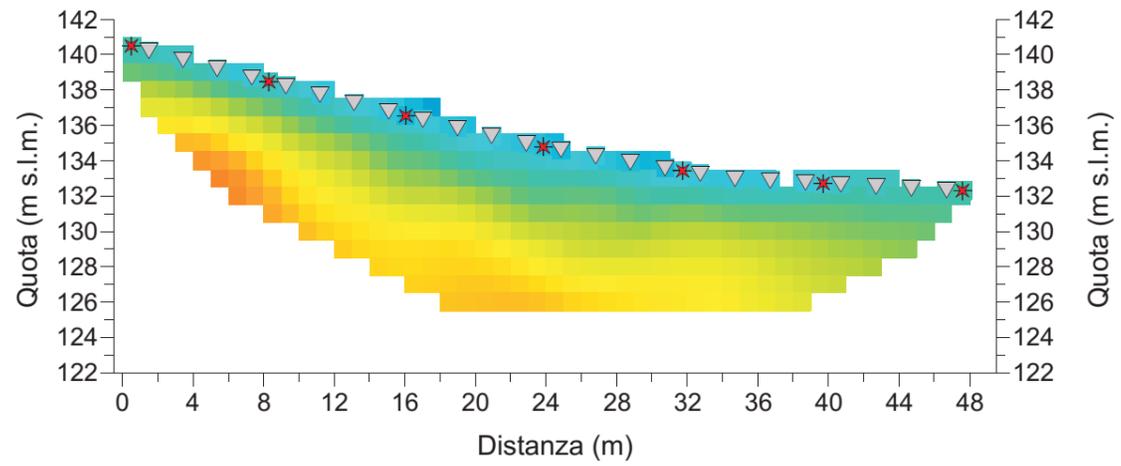
Energizzazione \*



Tomografia sismica - Ps11 - Onde SH



Tomografia sismica - Ps11 - Onde SH



Rapporto di prova n° 191-21

**IGETECMA s.n.c.**

Committente:  
REGIONE TOSCANA

Cantiere:  
SR6 Lotto 5  
Variante Urbinese  
PF3

Tomografia sismica  
Onde SH

Scala 1:500

Geofono ▼

Energizzazione \*



VSH < 180 m/s  
Terreno naturale, limi argillosi  
allentati.



180 m/s < VSH < 260 m/s  
Alternanze di limi argillosi  
e argille con limo poco  
addensate.



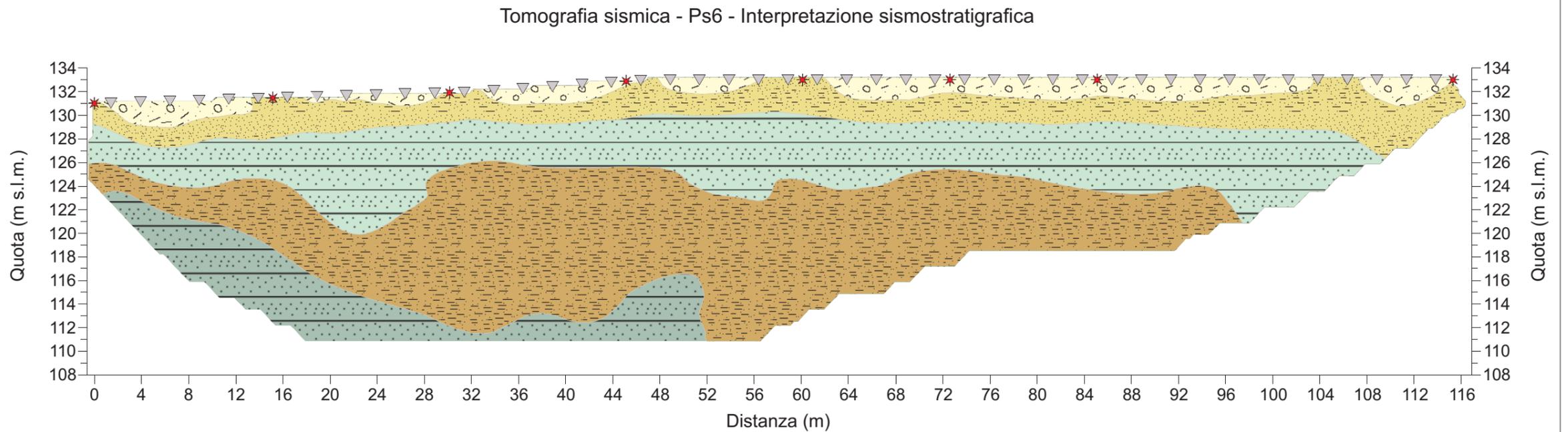
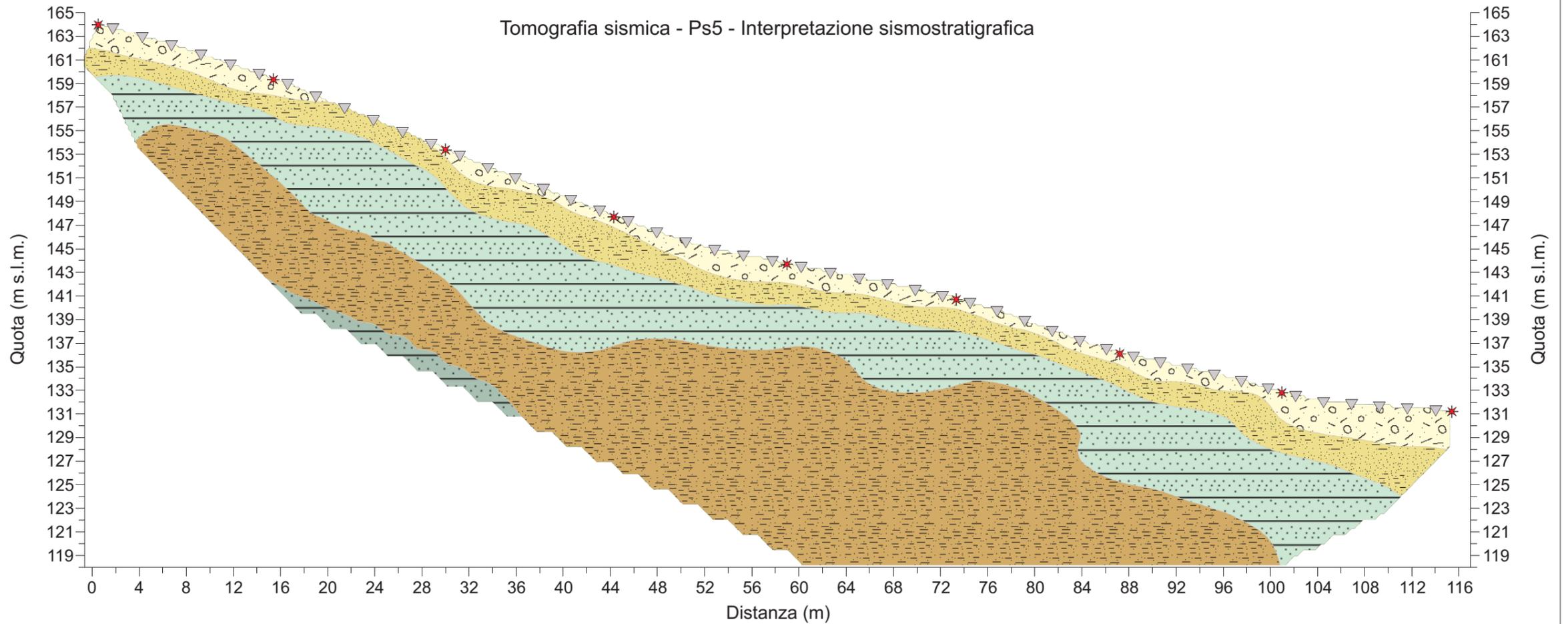
260 m/s < VSH < 340 m/s  
Argilla con limo verdastra



340 m/s < VSH < 420 m/s  
Alternanze di sabbie e limi



VSH > 420 m/s  
Argille limose



**IGETECMA s.n.c.**

Committente:  
REGIONE TOSCANA

Cantiere:  
SR6 Lotto 5  
Variante Urbinese  
PF3

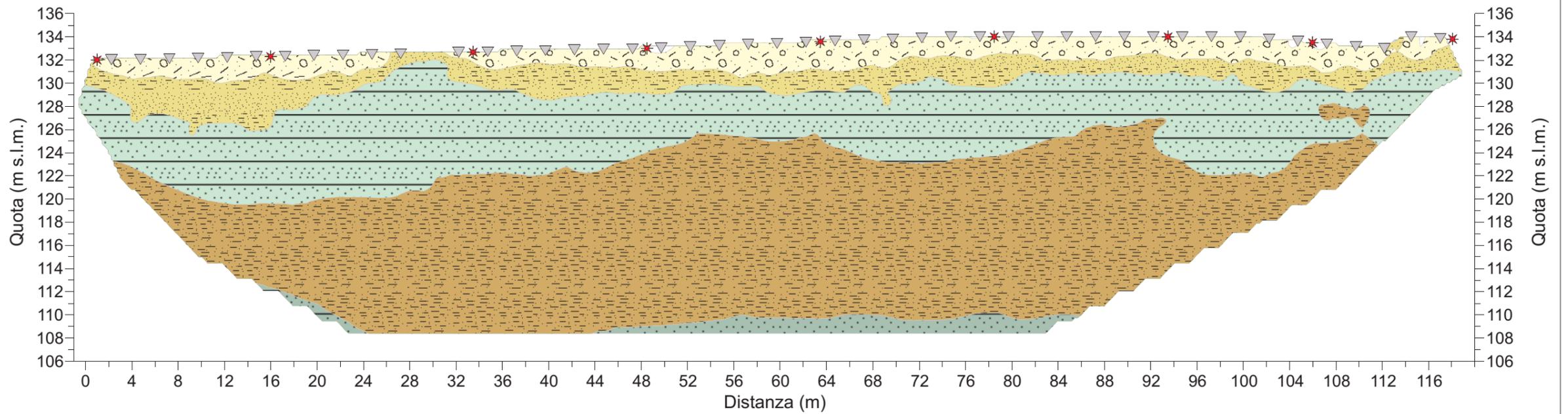
Tomografia sismica  
Onde SH

Scala 1:500

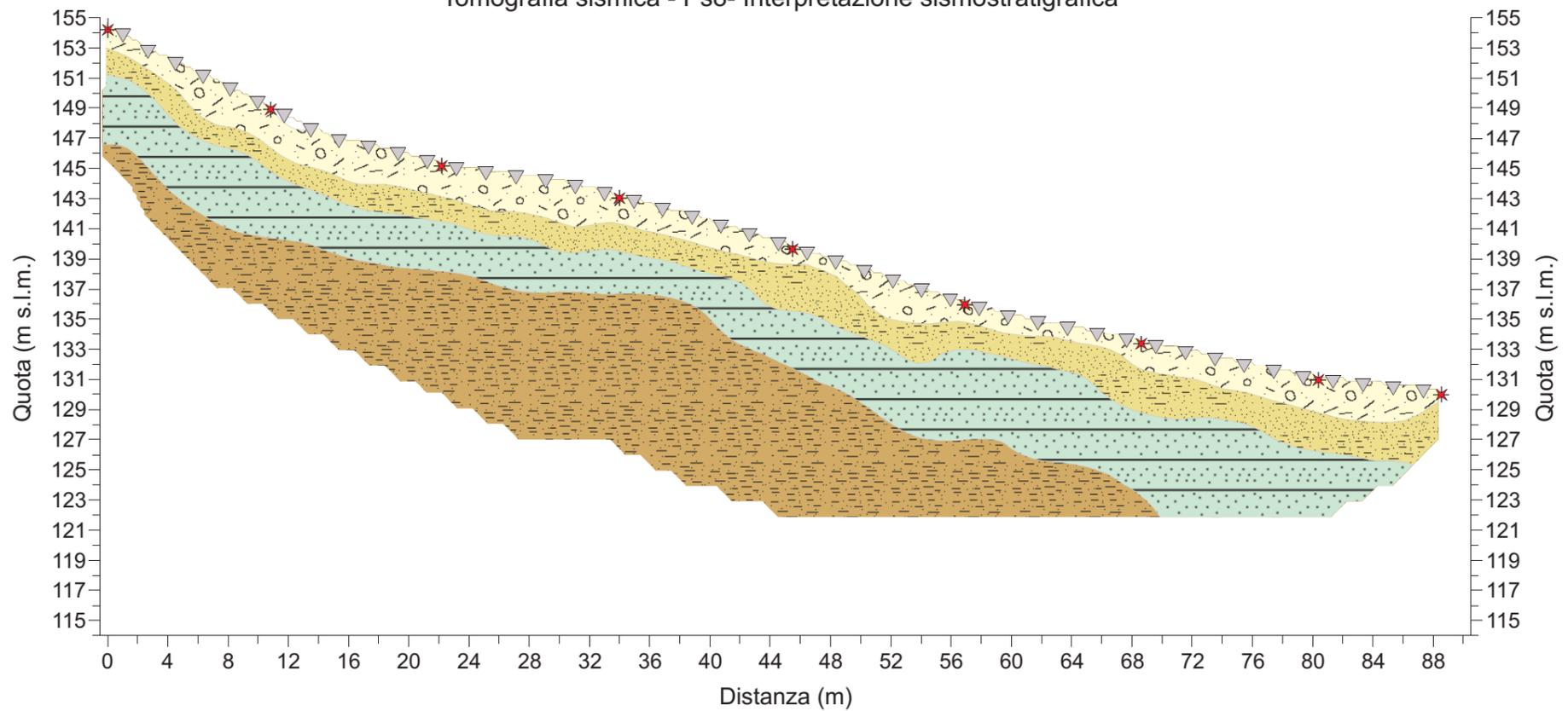
Geofono ▼

Energizzazione \*

Tomografia sismica - Ps7- Interpretazione sismostratigrafica



Tomografia sismica - Ps8- Interpretazione sismostratigrafica



-  VSH < 180 m/s  
Terreno naturale, limi argillosi allentati.
-  180 m/s < VSH < 260 m/s  
Alternanze di limi argillosi e argille con limo poco addensate.
-  260 m/s < VSH < 340 m/s  
Argilla con limo verdastra
-  340 m/s < VSH < 420 m/s  
Alternanze di sabbie e limi
-  VSH > 420 m/s  
Argille limose

**IGETECMA s.n.c.**

Committente:  
REGIONE TOSCANA

Cantiere:  
SR6 Lotto 5  
Variante Urbinese  
PF3

Tomografia sismica  
Onde SH

Scala 1:500

Geofono ▼

Energizzazione \*



VSH < 180 m/s  
Terreno naturale, limi argillosi  
allentati.



180 m/s < VSH < 260 m/s  
Alternanze di limi argillosi  
e argille con limo poco  
addensate.



260 m/s < VSH < 340 m/s  
Argilla con limo verdastra

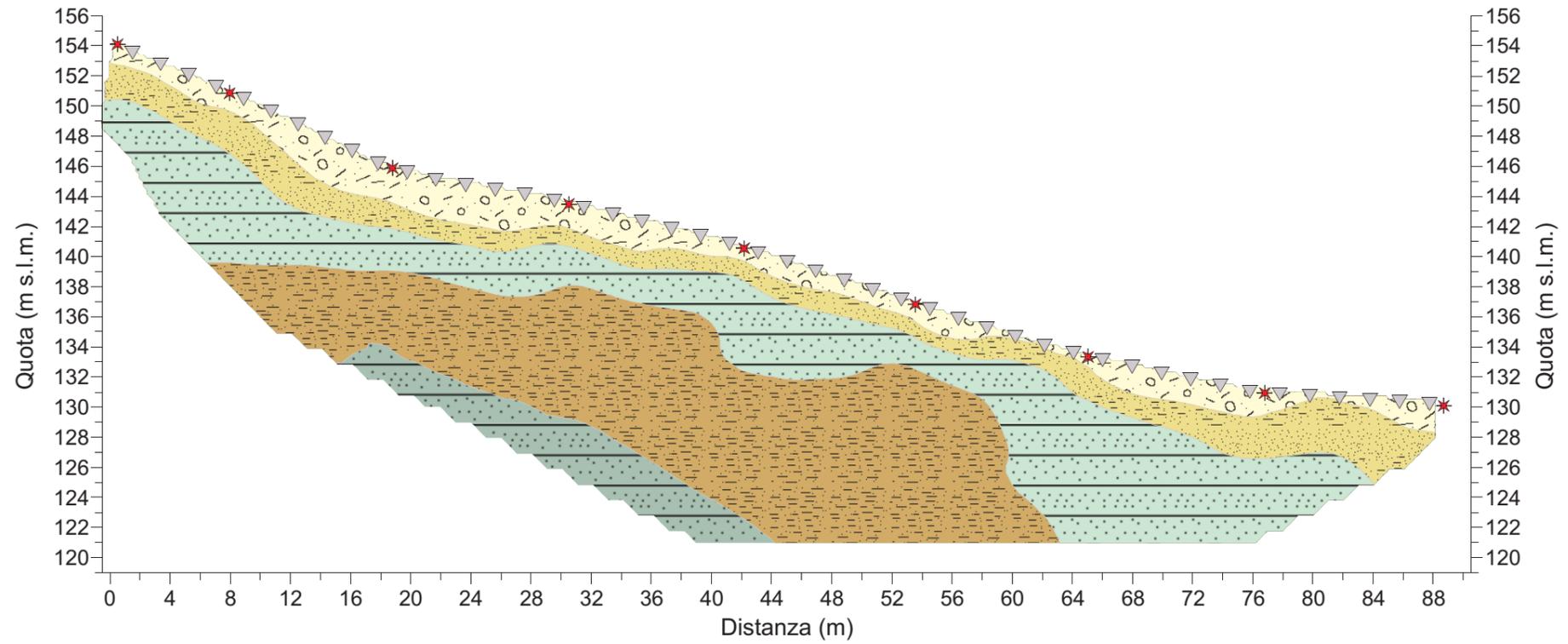


340 m/s < VSH < 420 m/s  
Alternanze di sabbie e limi

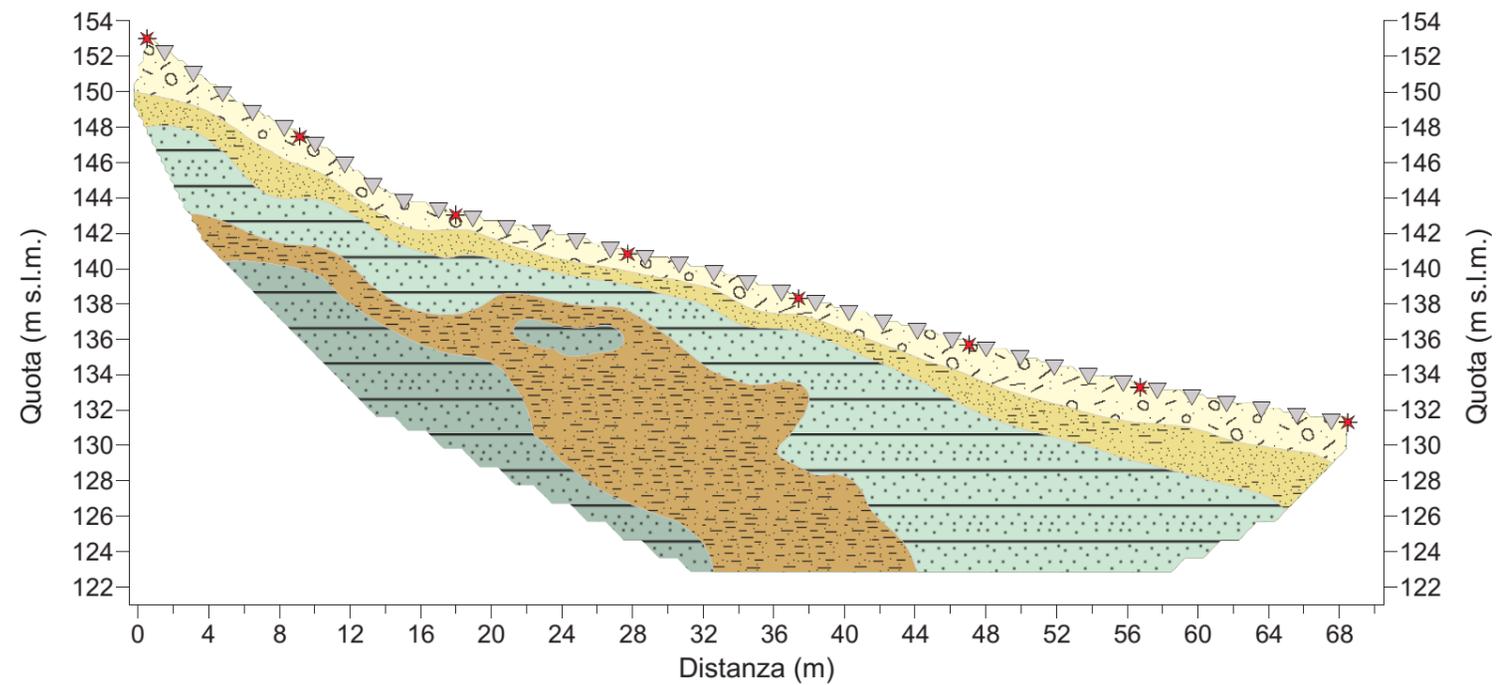


VSH > 420 m/s  
Argille limose

Tomografia sismica - Ps9- Interpretazione sismostratigrafica



Tomografia sismica - Ps10- Interpretazione sismostratigrafica



Rapporto di prova n° 191-21

**IGETECMA s.n.c.**

Committente:  
REGIONE TOSCANA

Cantiere:  
SR6 Lotto 5  
Variante Urbinese  
PF3

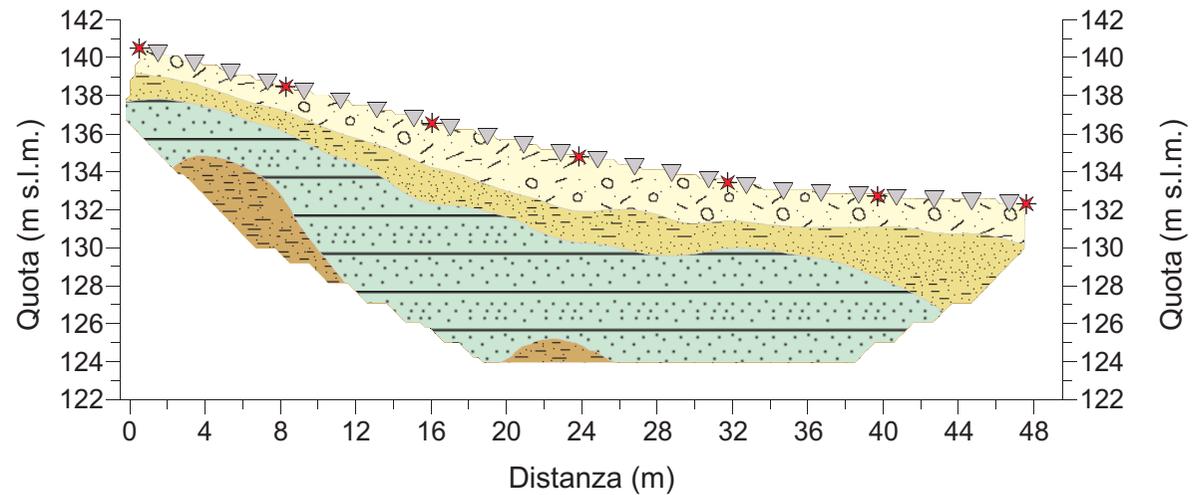
Tomografia sismica  
Onde SH

Scala 1:500

Geofono ▼

Energizzazione \*

### Tomografia sismica - Ps11- Interpretazione sismostratigrafica



VSH < 180 m/s  
Terreno naturale, limi argillosi  
allentati.



180 m/s < VSH < 260 m/s  
Alternanze di limi argillosi  
e argille con limo poco  
addensate.



260 m/s < VSH < 340 m/s  
Argilla con limo verdastra



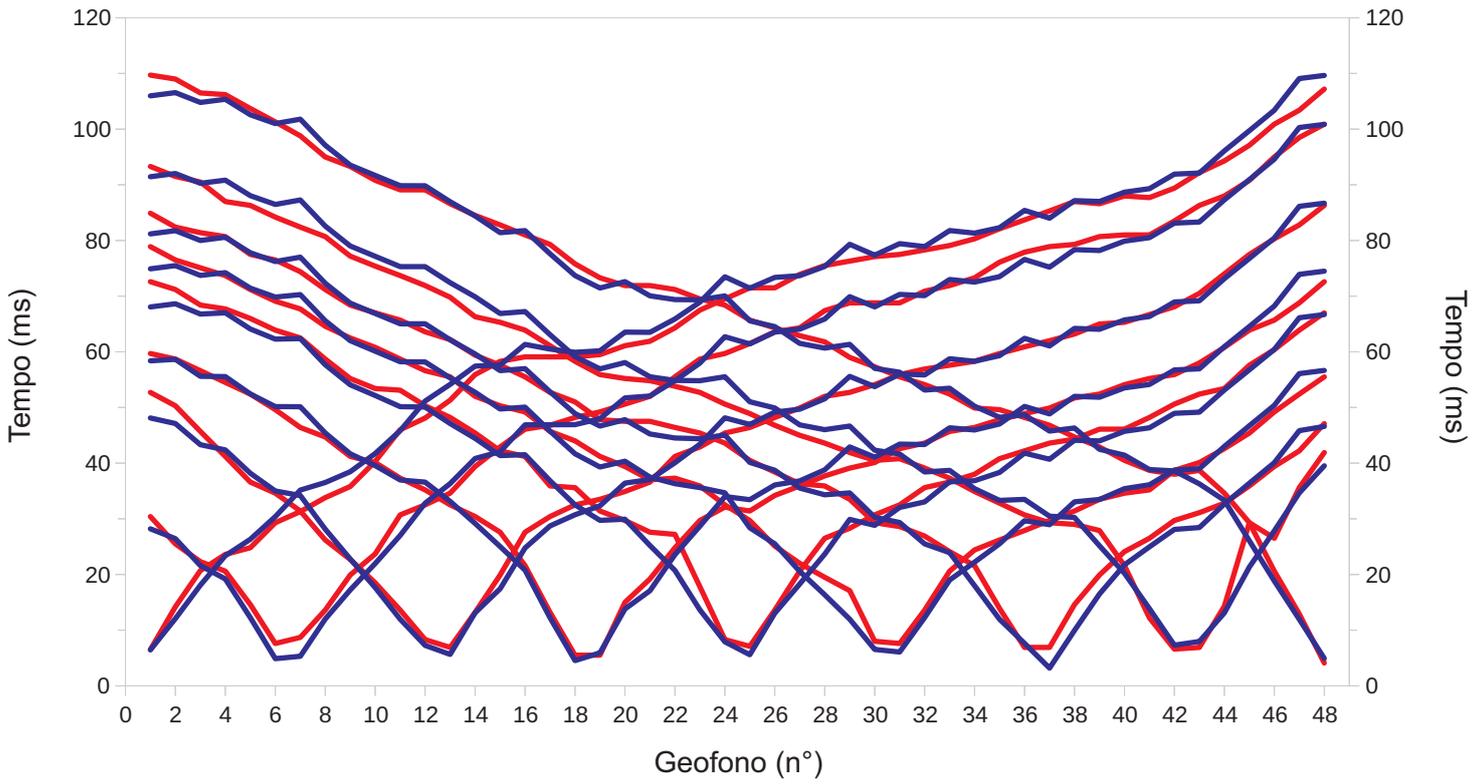
340 m/s < VSH < 420 m/s  
Alternanze di sabbie e limi



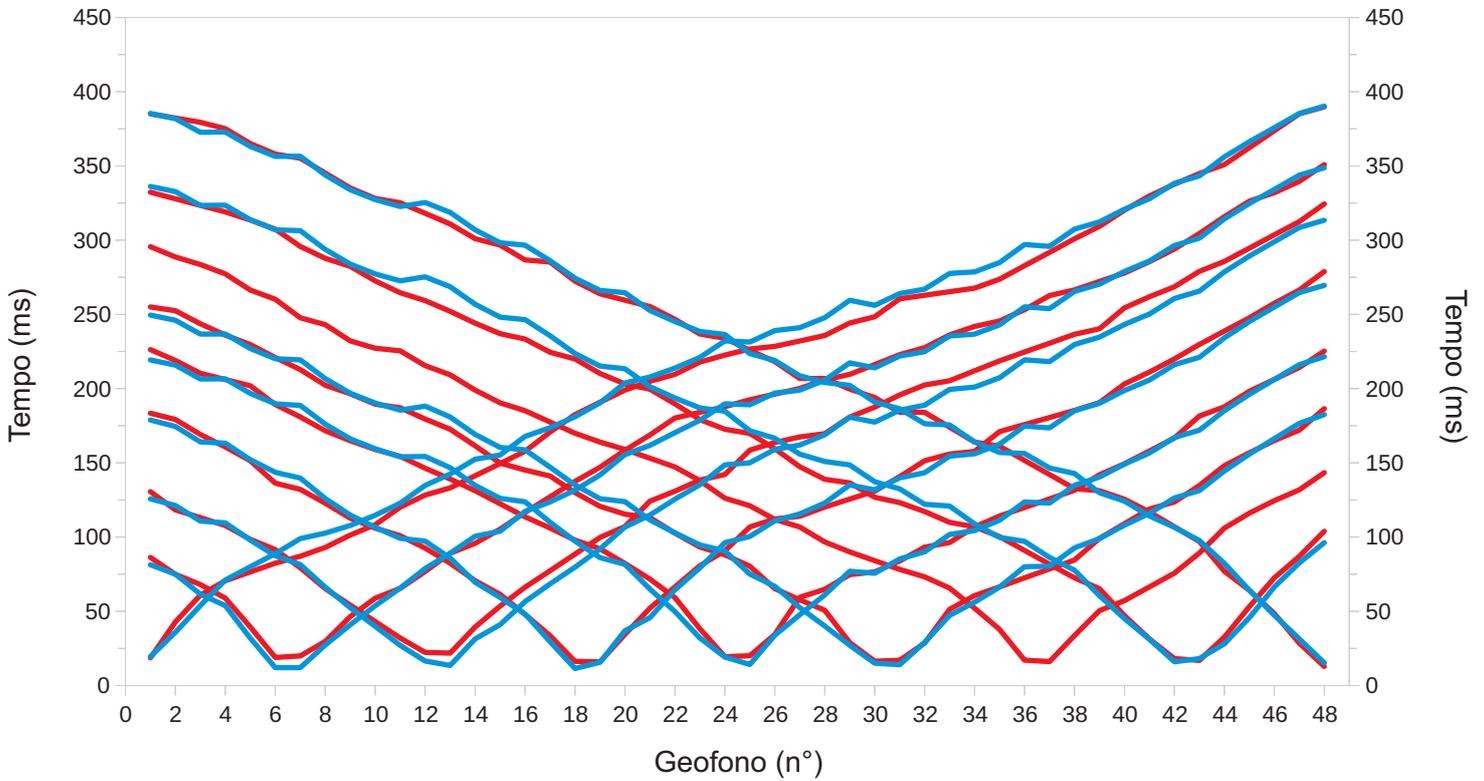
VSH > 420 m/s  
Argille limose

Profilo Ps5

Dromocrone Onde P



Dromocrone Onde SH



Tempi misurati   
Tempi ricalcolati 

## Profilo Ps5 - Onde P - Tempi misurati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	6.5	30.4	52.7	59.7	72.6	78.9	84.9	93.3	109.7
2	14.2	25.5	50.3	58.7	71.2	76.5	82.4	91.5	109.0
3	20.7	22.3	45.7	56.6	68.4	75.1	81.4	90.5	106.5
4	23.6	20.6	41.2	54.5	67.7	73.7	80.7	87.0	106.2
5	24.8	14.6	36.6	52.4	66.0	71.2	77.5	86.3	103.7
6	29.3	7.6	34.6	49.6	63.9	69.1	76.5	84.2	101.3
7	31.3	8.7	31.4	46.4	62.5	67.7	74.4	82.4	98.8
8	33.8	13.6	26.2	44.7	58.7	64.6	71.2	80.7	95.0
9	35.8	19.9	22.7	41.2	55.2	62.5	68.4	77.2	93.3
10	40.3	23.7	18.5	40.1	53.4	60.8	67.0	75.4	90.8
11	46.0	30.7	13.6	37.3	53.1	58.7	65.7	73.7	89.1
12	48.1	32.5	8.3	35.2	50.3	56.6	63.6	71.9	89.1
13	51.3	34.6	6.9	32.5	48.2	55.5	62.2	69.8	86.6
14	55.9	39.4	13.2	30.4	45.4	52.0	59.4	66.3	84.5
15	58.3	42.9	19.9	27.6	42.2	50.3	57.6	65.3	82.8
16	59.1	46.1	27.6	21.6	41.2	49.2	55.5	63.9	81.0
17	59.1	46.8	30.4	13.2	35.9	45.7	52.7	61.1	79.3
18	59.1	48.2	32.5	5.5	35.6	44.0	51.0	58.3	75.8
19	59.5	49.2	33.5	5.5	31.4	41.2	47.8	55.9	73.3
20	61.1	50.6	34.9	15.0	29.7	39.4	47.5	55.2	71.9
21	61.9	52.0	36.6	19.2	27.6	37.0	47.5	54.8	71.9
22	64.3	55.5	41.2	24.8	27.2	37.3	46.4	53.8	71.2
23	67.5	58.7	42.9	29.7	17.8	35.9	45.4	52.7	69.5
24	69.5	59.7	45.4	32.1	8.3	32.5	43.6	50.6	68.4
25	71.5	61.5	46.4	31.4	7.1	29.7	40.5	48.9	65.7
26	71.5	63.6	48.2	34.2	13.6	25.1	38.4	46.8	64.3
27	73.9	64.3	49.9	35.9	20.6	22.0	36.3	45.0	62.9
28	75.5	67.4	52.0	37.7	26.5	19.5	35.9	43.6	61.8
29	76.3	68.8	52.7	39.1	28.3	17.1	33.5	41.9	59.0
30	77.1	68.8	54.1	40.1	30.7	8.0	29.3	40.5	57.3
31	77.5	68.8	55.9	42.6	32.5	7.6	28.6	40.8	55.5
32	78.3	70.9	56.9	43.6	35.6	13.6	26.9	39.1	54.1
33	79.1	71.9	57.6	45.7	36.6	20.6	24.1	37.3	52.4
34	80.3	73.3	58.3	46.4	38.0	24.4	21.6	34.9	49.9
35	82.1	76.1	59.7	47.8	40.8	26.2	13.9	32.8	49.6
36	83.7	77.9	60.9	48.9	42.2	27.9	6.9	30.7	48.2
37	85.3	78.9	62.0	49.9	43.6	29.7	6.9	29.3	46.8
38	87.0	79.3	63.2	51.7	44.3	31.4	14.6	29.0	44.7
39	86.6	80.7	65.0	52.4	46.1	33.5	19.9	27.9	42.9
40	88.0	81.0	65.3	54.1	46.1	34.6	24.1	21.6	40.5
41	87.7	81.0	66.7	55.2	48.2	35.2	26.5	12.2	38.7
42	89.4	83.5	68.1	55.9	50.6	38.7	29.7	6.6	38.0
43	92.2	86.3	70.5	58.0	52.4	40.1	31.1	6.9	38.7
44	94.3	88.0	74.0	60.8	53.4	42.6	32.8	14.3	34.6
45	97.1	90.8	77.5	63.9	57.6	45.4	35.9	29.3	29.3
46	100.9	95.0	80.3	65.7	60.4	49.2	39.4	26.5	20.6
47	103.4	98.5	82.8	68.8	63.9	52.4	42.2	35.6	12.9
48	107.2	100.9	86.3	72.6	67.0	55.5	47.1	41.9	4.1

## Profilo Ps5 - Onde P - Tempi calcolati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	6.45	28.20	48.10	58.39	68.06	74.91	81.19	91.45	105.98
2	12.07	26.43	47.11	58.65	68.63	75.49	81.76	92.03	106.55
3	18.08	21.60	43.30	55.59	66.78	73.72	80.00	90.27	104.79
4	23.37	19.19	42.38	55.54	67.01	74.22	80.58	90.84	105.37
5	26.32	12.26	38.18	52.43	64.11	71.44	77.79	88.06	102.58
6	30.39	4.88	35.00	50.15	62.29	69.84	76.21	86.48	101.00
7	35.16	5.31	34.18	50.13	62.38	70.28	77.01	87.27	101.80
8	36.51	11.99	28.14	45.42	57.68	65.59	72.32	82.59	97.11
9	38.45	17.23	22.79	41.68	54.08	62.01	68.75	79.02	93.54
10	41.72	21.97	17.64	39.55	52.14	60.12	66.89	77.15	91.68
11	45.84	27.02	11.97	36.97	50.14	58.22	65.04	75.31	89.84
12	51.15	32.80	7.25	36.59	50.07	58.19	65.03	75.30	89.83
13	54.14	36.32	5.64	33.13	47.11	55.30	62.16	72.43	86.96
14	57.43	40.83	13.13	29.16	44.44	52.72	59.62	69.88	84.42
15	57.62	42.05	17.43	25.02	41.36	49.72	56.61	66.87	81.41
16	61.33	46.88	24.76	20.78	41.50	50.05	56.98	67.24	81.77
17	60.50	46.89	28.72	12.22	36.85	45.74	52.81	63.07	77.61
18	59.92	46.92	30.72	4.53	32.51	41.68	48.89	59.16	73.70
19	60.19	47.97	32.33	5.92	29.72	39.30	46.66	56.92	71.46
20	63.54	51.72	36.41	13.80	29.92	40.34	47.81	58.07	72.62
21	63.50	52.05	37.05	17.08	25.21	37.48	45.23	55.51	70.05
22	65.90	54.80	40.07	23.57	20.73	36.31	44.51	54.85	69.39
23	68.92	57.99	43.41	28.67	13.64	35.60	44.39	54.80	69.35
24	73.48	62.71	48.13	34.00	7.90	34.67	45.06	55.51	70.05
25	71.42	61.41	46.94	33.43	5.59	28.38	40.12	51.02	65.57
26	73.37	63.56	49.16	36.07	13.04	25.51	38.73	49.91	64.54
27	73.68	64.07	49.68	36.81	18.29	20.56	35.52	46.87	61.52
28	75.34	65.89	51.56	38.79	23.65	16.36	34.31	46.00	60.68
29	79.32	69.91	55.58	42.91	29.89	11.97	34.65	46.66	61.35
30	77.37	68.07	53.73	41.07	28.82	6.53	30.27	42.32	57.01
31	79.44	70.31	56.02	43.41	32.04	6.07	29.34	41.63	56.32
32	78.90	70.10	55.83	43.34	33.04	12.25	25.49	38.41	53.13
33	81.79	72.99	58.76	46.34	36.64	19.00	23.92	38.70	53.46
34	81.32	72.53	58.30	45.96	36.84	22.22	18.00	35.42	50.22
35	82.30	73.50	59.32	47.03	38.33	25.50	11.95	33.30	48.24
36	85.40	76.61	62.43	50.19	41.80	29.66	7.63	33.49	48.68
37	84.01	75.21	61.06	48.84	40.69	28.94	3.18	30.46	45.75
38	87.17	78.37	64.21	51.99	44.11	33.05	9.94	30.25	46.31
39	87.00	78.21	64.05	51.83	43.99	33.46	16.49	25.16	42.48
40	88.68	79.88	65.73	53.51	45.72	35.41	21.74	20.22	41.43
41	89.31	80.51	66.35	54.13	46.34	36.11	24.96	13.86	38.84
42	91.91	83.12	68.96	56.74	48.95	38.76	28.10	7.31	38.61
43	92.11	83.32	69.16	56.94	49.15	38.99	28.43	7.97	36.28
44	96.09	87.30	73.14	60.92	53.13	43.01	32.65	13.11	33.32
45	99.72	90.93	76.77	64.55	56.76	46.71	36.38	21.34	26.05
46	103.40	94.60	80.44	68.22	60.43	50.39	40.07	27.84	18.84
47	109.09	100.30	86.14	73.92	66.13	56.08	45.83	34.65	11.94
48	109.64	100.85	86.70	74.49	66.70	56.65	46.59	39.52	4.93

## Profilo Ps5 - Onde SH - Tempi misurati

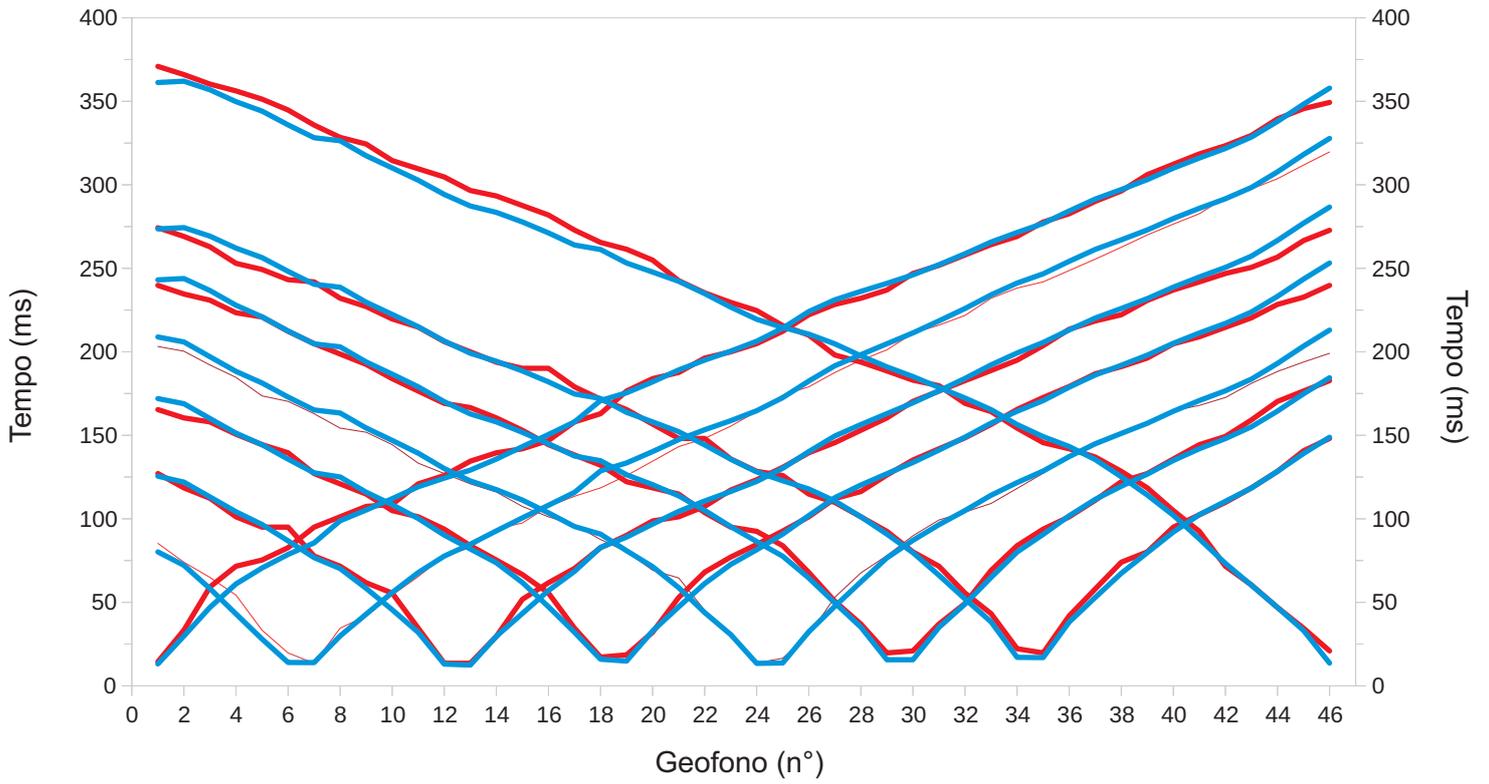
Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	18.6	86.3	130.6	183.4	226.3	255.0	295.6	332.3	385.1
2	42.8	74.9	118.3	179.2	219.0	252.5	288.7	327.9	382.3
3	60.9	68.0	113.1	169.1	210.3	243.7	283.6	323.4	379.4
4	70.6	58.9	107.8	160.7	206.1	236.1	277.3	319.0	375.1
5	76.5	39.4	98.5	151.4	201.9	229.7	266.4	313.6	365.1
6	82.4	18.9	91.5	136.3	189.3	220.9	260.2	307.4	358.0
7	87.1	19.9	79.3	132.1	180.9	212.8	247.7	295.8	355.2
8	93.0	29.7	65.3	122.8	171.6	202.3	243.1	287.8	345.2
9	101.3	46.4	54.2	112.7	164.9	196.5	232.2	282.4	335.2
10	108.3	58.8	43.1	106.0	159.0	189.5	227.2	272.6	328.1
11	120.1	65.4	32.0	100.9	154.4	187.1	225.5	264.6	325.2
12	128.3	76.8	22.3	92.5	146.4	179.5	215.5	259.3	318.1
13	133.1	89.1	21.8	82.4	139.1	172.6	209.3	252.1	310.9
14	141.3	95.8	39.4	70.6	131.2	161.5	199.0	244.1	301.0
15	149.5	105.3	53.5	61.4	122.4	149.8	190.4	237.0	296.7
16	157.8	116.6	66.2	47.9	113.6	145.1	185.1	233.4	286.7
17	170.7	127.1	77.3	33.6	106.1	141.1	177.5	224.5	285.3
18	182.5	137.5	88.5	16.2	97.9	130.0	169.9	220.0	272.4
19	190.8	147.0	99.7	15.9	92.1	120.7	164.0	210.2	263.9
20	199.0	158.4	107.1	34.5	82.2	115.4	159.0	203.1	259.6
21	204.9	168.8	124.2	52.1	71.7	113.1	153.1	199.6	255.3
22	209.6	180.2	130.9	66.4	59.2	102.6	147.2	189.7	246.7
23	217.9	184.0	138.4	80.7	38.2	93.3	138.0	179.1	236.8
24	222.6	187.8	142.1	90.8	19.4	88.0	126.2	172.6	233.9
25	226.7	192.5	158.5	106.8	20.0	80.4	121.1	169.8	225.8
26	228.5	196.3	163.7	112.2	34.4	65.3	111.9	159.5	218.2
27	232.1	200.1	167.4	114.0	59.4	57.7	106.8	147.4	206.8
28	235.8	205.8	169.6	120.2	64.8	50.7	96.7	138.9	206.8
29	244.2	209.6	180.8	125.6	74.7	28.9	90.0	136.5	199.7
30	248.4	216.2	187.5	130.9	76.5	16.4	84.1	126.8	194.0
31	260.5	222.9	195.7	140.7	83.9	17.0	78.2	123.2	184.0
32	262.9	227.6	202.4	151.4	93.2	28.6	73.2	117.2	184.0
33	265.3	236.2	205.3	155.9	96.3	51.3	65.6	109.9	174.0
34	267.7	241.9	212.0	157.7	106.8	60.6	52.1	106.9	164.0
35	273.7	245.6	218.7	171.0	114.2	66.4	37.8	100.3	161.2
36	282.8	253.2	224.7	175.8	119.9	72.5	17.1	91.0	151.6
37	291.8	262.7	230.6	180.5	125.7	78.5	16.1	81.7	142.1
38	300.9	266.5	236.6	185.3	131.5	84.5	33.6	72.5	132.6
39	309.3	272.2	240.3	190.6	142.0	99.1	50.4	65.2	131.2
40	320.2	277.9	254.4	203.1	149.4	109.0	57.2	47.1	125.5
41	329.8	285.5	261.9	211.1	158.0	118.9	66.4	31.4	116.9
42	337.7	294.0	268.6	220.0	166.7	123.6	75.7	18.1	106.9
43	344.9	304.5	279.0	229.8	181.5	134.7	89.2	16.9	97.0
44	350.9	315.8	285.7	238.8	187.7	148.1	106.0	32.6	77.0
45	362.3	326.3	294.6	247.7	198.2	156.8	116.1	53.1	64.1
46	373.7	332.0	303.6	257.5	206.2	165.0	124.5	72.5	48.5
47	385.1	339.6	312.5	266.4	214.2	172.0	131.8	87.0	28.5
48	389.8	350.9	324.4	278.9	225.3	186.5	143.4	103.9	12.8

## Profilo Ps5 - Onde SH - Tempi calcolati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	19.43	81.33	125.72	178.84	219.34	249.52	287.13	336.20	385.34
2	35.81	74.99	121.28	174.49	215.86	246.05	283.65	332.72	381.86
3	53.85	61.56	110.76	164.11	206.45	236.73	274.35	323.42	372.66
4	71.06	53.79	109.56	163.28	206.57	236.84	274.49	323.56	372.86
5	79.98	31.86	97.96	152.10	196.77	227.06	264.74	313.81	363.15
6	88.82	12.02	87.44	143.60	189.71	220.18	257.89	306.95	356.44
7	98.96	12.02	81.46	139.71	188.67	219.40	257.34	306.41	356.51
8	102.66	27.27	66.22	126.00	176.06	206.79	244.74	293.80	343.90
9	107.81	40.89	52.40	114.84	166.17	196.90	234.84	283.91	334.00
10	114.72	53.72	39.87	106.59	159.49	190.22	228.17	277.23	327.33
11	122.79	65.64	27.05	99.15	154.06	185.51	223.52	272.59	322.68
12	134.76	78.82	16.50	97.28	154.29	188.21	226.22	275.28	325.38
13	142.48	89.05	13.52	85.91	146.71	180.90	219.55	268.62	318.71
14	152.44	100.55	31.38	69.55	134.81	169.14	207.80	256.87	306.99
15	155.24	103.90	41.00	59.27	126.06	160.41	199.08	248.14	298.27
16	167.77	117.28	56.49	48.19	123.77	158.75	197.43	246.50	296.62
17	173.68	123.67	68.43	29.54	110.03	147.07	186.46	235.67	286.21
18	181.05	131.60	79.73	11.47	97.26	135.07	174.46	223.67	274.44
19	190.36	141.77	91.94	15.59	86.14	125.82	165.62	215.17	266.17
20	203.82	155.53	106.72	36.88	81.65	123.82	163.76	213.37	264.65
21	207.82	161.78	114.81	45.72	64.94	111.54	151.63	201.28	252.65
22	213.82	170.37	125.53	64.46	49.79	102.77	143.78	193.66	245.18
23	221.04	178.65	135.22	79.24	32.01	94.71	136.82	186.95	238.55
24	232.17	189.78	148.65	96.23	19.18	90.65	134.20	184.77	236.48
25	231.39	189.12	150.04	100.39	14.16	75.09	120.71	171.60	223.62
26	239.08	196.97	159.06	110.91	33.84	66.77	115.42	166.57	218.98
27	241.06	198.95	161.96	115.57	47.67	52.50	104.52	155.89	208.65
28	247.78	205.68	168.88	122.95	60.97	40.10	99.17	150.92	204.09
29	259.51	217.40	180.73	135.12	76.99	27.08	96.56	148.61	202.18
30	256.11	214.01	177.38	131.77	75.59	15.03	84.95	137.28	190.85
31	264.04	221.94	185.45	139.84	85.24	14.01	79.64	132.46	186.47
32	267.01	224.91	188.86	143.34	90.02	29.04	67.70	122.04	176.30
33	277.61	235.50	199.45	154.47	101.76	47.24	63.43	120.87	175.53
34	278.63	236.70	201.01	156.08	104.29	56.09	46.72	108.88	164.10
35	284.92	242.98	207.29	162.56	111.32	66.30	31.48	99.78	156.94
36	297.06	255.12	219.43	174.77	123.63	80.01	20.18	97.08	156.29
37	295.82	253.88	218.19	173.53	122.90	80.32	8.21	86.28	146.51
38	307.38	265.45	229.76	185.10	134.82	92.71	24.69	77.70	142.81
39	312.32	270.39	234.70	190.09	140.48	98.96	40.11	60.49	129.83
40	320.86	278.93	243.24	198.71	149.11	108.00	53.79	45.05	124.14
41	327.91	285.98	250.29	205.77	156.62	115.93	67.17	31.12	114.18
42	338.33	296.39	260.70	216.18	167.03	126.34	79.33	15.98	106.57
43	343.28	301.35	265.66	221.14	171.99	131.30	85.33	18.11	97.66
44	356.12	314.33	278.64	234.23	185.08	144.50	99.63	28.07	82.30
45	366.31	324.71	289.30	245.21	196.12	155.88	113.33	45.72	64.22
46	375.75	334.18	298.91	254.99	206.12	166.33	124.73	66.36	47.30
47	385.39	343.81	308.54	264.69	216.16	176.58	135.56	82.58	31.42
48	390.28	348.73	313.47	269.62	221.53	182.51	142.01	96.26	15.25

Profilo Ps6

Dromocrone Onde sh



Tempi misurati — (red line)  
Tempi ricalcolati — (blue line)

## Profilo Ps6 - Onde SH - Tempi misurati

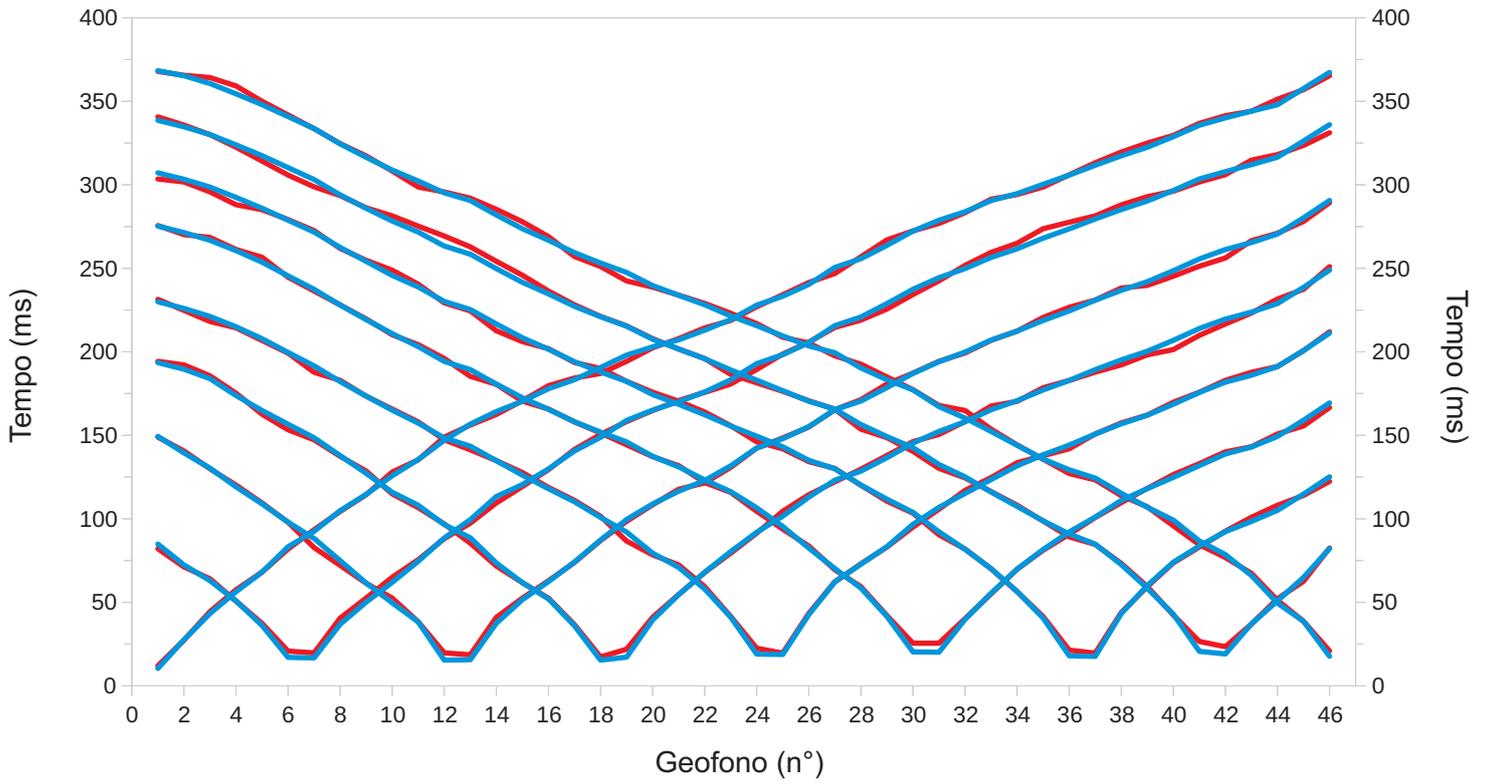
Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms
1	14.4	85.3	127.1	165.4	203.2	239.8	274.3	370.9
2	33.3	74.0	118.5	160.4	200.4	234.6	269.1	366.0
3	59.2	64.9	112.3	158.0	192.1	230.9	262.9	360.3
4	71.6	54.3	101.2	150.6	184.7	223.4	253.0	356.2
5	75.3	33.3	95.0	144.4	173.6	220.9	249.3	351.3
6	82.7	19.7	95.0	139.5	170.3	212.3	243.2	344.8
7	95.0	13.5	77.7	127.1	162.9	204.9	241.9	335.8
8	101.2	34.5	71.6	120.9	154.3	198.7	232.1	328.4
9	107.4	41.9	61.7	114.8	151.8	192.5	227.1	324.4
10	108.6	54.3	55.5	104.9	144.4	183.9	219.7	314.5
11	120.9	65.4	34.5	101.2	133.3	176.5	214.8	309.6
12	125.9	77.7	13.5	93.8	127.1	169.1	206.1	304.7
13	134.5	82.7	13.5	83.9	120.9	166.6	200.0	296.6
14	139.5	93.8	29.6	75.3	116.0	160.4	193.8	293.3
15	141.9	97.5	51.8	66.6	107.4	153.0	190.1	287.6
16	146.9	107.4	61.7	55.5	101.2	144.4	190.1	281.9
17	158.0	113.5	70.3	34.5	96.3	138.2	179.0	272.9
18	162.9	118.5	82.7	17.2	87.6	132.1	171.6	265.5
19	176.5	125.9	90.1	18.5	80.3	122.2	165.4	261.4
20	183.9	134.5	98.7	32.1	69.2	118.5	156.7	254.9
21	187.6	143.2	101.2	52.9	64.6	114.8	148.1	242.6
22	196.3	148.1	107.4	68.1	45.2	103.7	148.1	235.3
23	200.0	155.5	117.2	77.1	31.4	95.0	135.8	229.6
24	204.9	164.2	123.4	84.6	13.7	92.5	128.4	224.7
25	212.3	174.0	130.8	92.7	16.5	83.9	125.9	215.7
26	222.2	179.0	139.5	101.2	30.4	67.9	114.8	210.0
27	228.4	187.6	145.6	112.1	53.0	50.6	109.8	198.1
28	232.1	195.0	153.0	116.3	67.6	37.0	101.2	193.9
29	237.0	201.2	160.4	126.2	78.0	19.7	92.5	188.5
30	246.9	211.1	170.3	135.2	89.8	20.9	80.2	183.0
31	251.8	216.0	176.5	141.9	99.3	37.0	71.6	179.7
32	258.0	221.8	182.7	148.5	104.0	49.3	55.5	169.1
33	264.2	232.1	188.8	156.5	109.2	69.1	43.2	164.2
34	269.1	238.2	195.0	165.5	118.2	83.9	22.2	154.3
35	277.7	241.9	203.7	172.6	127.2	93.8	19.7	145.6
36	282.7	248.7	213.5	179.2	137.6	101.2	41.9	141.9
37	290.1	255.5	218.5	186.8	145.2	111.1	58.0	137.0
38	296.3	262.6	222.2	191.1	150.8	122.2	74.0	128.4
39	306.1	270.0	230.8	196.3	157.5	127.1	80.2	118.5
40	312.3	276.5	237.0	204.8	164.6	135.8	95.0	104.9
41	318.5	282.7	241.9	209.0	167.9	144.4	102.4	92.5
42	323.4	292.5	246.9	214.7	172.6	149.3	109.8	71.6
43	329.6	297.5	250.6	220.4	181.1	159.2	118.5	60.4
44	339.5	303.7	256.7	228.4	188.2	170.3	128.4	46.9
45	345.6	311.8	266.6	232.7	193.9	176.5	140.7	34.5
46	349.3	319.7	272.8	239.8	199.1	182.7	148.1	20.9

## Profilo Ps6 - Onde SH - Tempi calcolati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms
1	13.04	80.15	125.47	171.92	208.87	243.06	273.54	361.20
2	29.76	72.12	121.91	168.87	205.86	243.86	274.34	362.00
3	46.94	58.20	113.07	160.03	197.02	236.65	269.21	356.87
4	60.99	43.04	104.17	151.22	188.22	227.85	262.09	349.75
5	70.53	27.98	96.56	144.29	181.29	220.92	256.38	344.10
6	78.59	13.95	86.76	135.70	172.84	212.47	248.16	335.88
7	85.51	13.87	76.72	127.45	165.11	204.74	240.43	328.15
8	98.79	29.83	70.16	125.03	163.31	202.94	238.63	326.35
9	105.21	42.86	58.29	115.89	154.32	193.95	229.67	317.39
10	112.00	55.83	45.55	108.42	146.90	186.53	222.35	310.07
11	119.14	67.78	31.97	100.15	139.23	178.96	215.01	302.73
12	124.32	77.64	12.99	90.20	130.03	170.07	206.42	294.21
13	129.11	84.74	12.41	81.91	122.62	162.77	199.13	287.30
14	135.71	92.70	29.62	73.60	117.45	157.98	194.33	283.46
15	143.14	100.52	43.30	61.80	111.18	151.75	188.48	277.72
16	150.44	108.08	57.03	47.34	103.51	144.92	181.93	271.17
17	157.96	115.75	68.47	32.00	95.34	137.56	174.69	263.93
18	170.79	128.64	82.81	15.88	90.78	134.72	171.96	261.20
19	175.40	133.41	89.01	14.80	80.84	126.34	163.68	253.14
20	181.93	140.22	96.81	32.83	71.31	120.36	157.98	247.74
21	189.09	147.37	104.41	47.23	58.74	113.71	152.13	242.18
22	195.01	153.30	110.63	61.19	43.81	105.02	144.18	234.81
23	200.40	158.71	116.29	72.66	30.64	95.27	135.65	226.73
24	206.32	164.65	122.35	81.41	13.39	86.34	128.03	219.46
25	214.16	172.49	130.21	90.79	13.65	77.56	122.73	214.53
26	224.06	182.40	140.17	101.89	32.33	64.52	117.81	210.55
27	231.10	191.60	149.54	112.62	47.57	49.64	110.61	204.74
28	236.17	198.28	156.39	120.17	62.19	35.13	101.18	197.58
29	240.94	204.79	162.90	126.96	76.55	15.59	90.77	190.90
30	246.05	211.30	169.41	133.69	87.08	15.59	79.70	185.09
31	252.15	218.47	176.58	141.11	96.42	34.93	66.14	178.63
32	258.72	225.90	184.02	148.82	104.92	48.95	51.97	172.25
33	265.72	234.05	192.17	157.24	114.05	64.89	38.26	165.32
34	271.43	241.16	199.27	164.34	121.64	80.06	16.99	156.36
35	276.83	246.68	205.57	170.72	128.57	90.62	16.88	149.13
36	284.30	254.17	213.06	178.77	137.20	101.78	38.17	143.21
37	291.42	261.28	220.17	186.06	144.87	111.61	52.90	135.40
38	297.14	267.01	225.90	191.91	151.07	119.43	67.34	125.14
39	303.08	272.94	231.83	198.00	157.17	126.70	79.67	114.18
40	309.93	279.80	238.69	205.06	164.36	134.86	92.01	102.09
41	316.03	285.89	244.79	211.24	170.77	141.90	102.43	87.93
42	321.76	291.62	250.51	216.97	176.60	148.00	110.45	73.28
43	328.54	298.40	257.29	223.81	183.62	155.06	118.40	60.16
44	337.90	307.76	266.65	233.18	193.02	164.46	128.36	46.86
45	348.23	318.10	276.99	243.52	203.36	174.79	139.05	33.10
46	357.87	327.73	286.62	253.15	212.99	184.43	148.81	13.54

Profilo Ps7

Dromocrone Onde sh



Tempi misurati — (red line)  
Tempi ricalcolati — (blue line)

## Profilo Ps7 - Onde SH - Tempi misurati

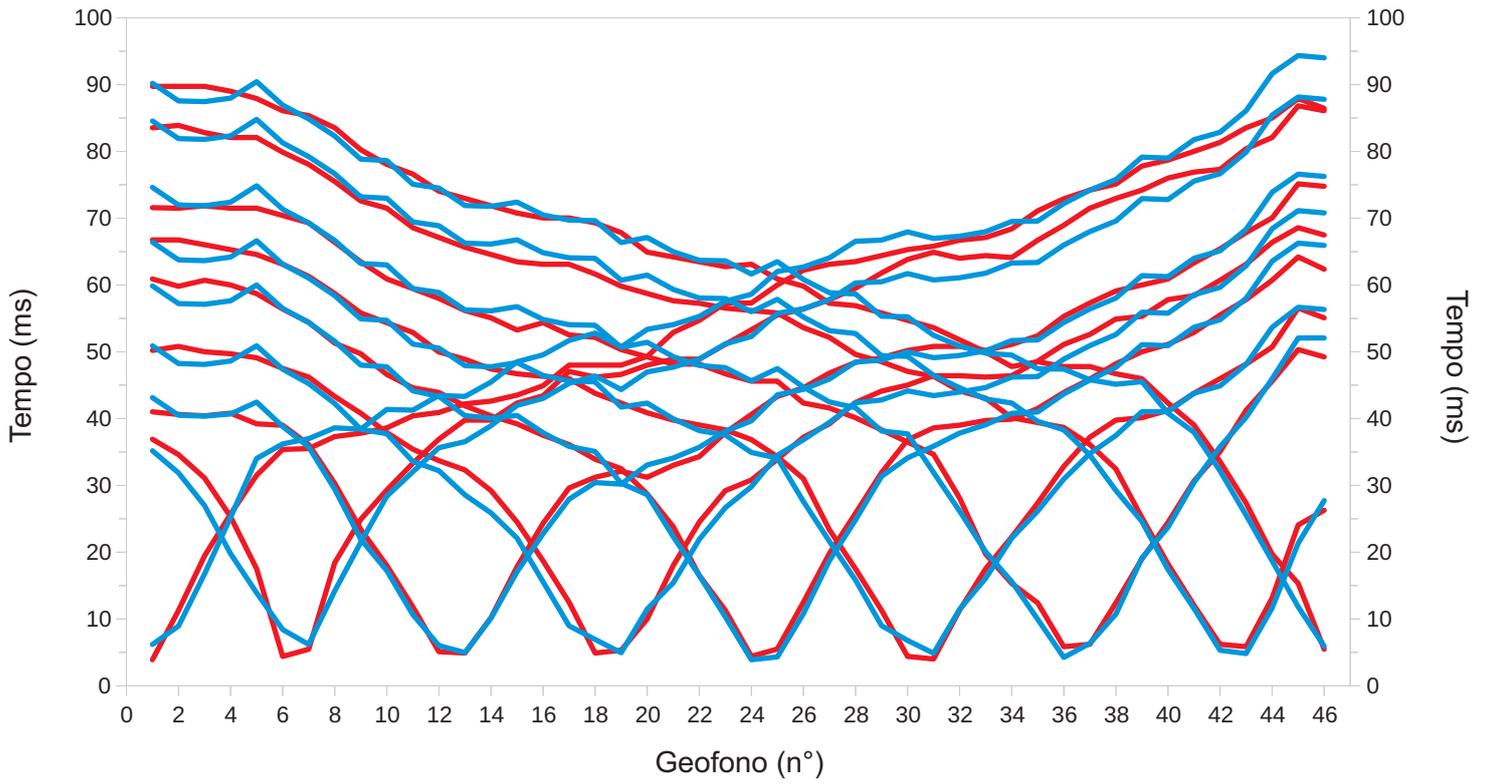
Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	12.0	82.1	148.9	194.3	231.5	275.6	303.5	340.7	367.9
2	27.3	71.2	140.6	192.2	224.8	270.2	301.7	335.8	365.6
3	44.4	64.1	130.0	185.6	218.2	268.5	295.8	330.1	364.2
4	57.5	50.7	120.2	175.2	214.4	261.3	288.1	322.5	359.2
5	68.1	37.4	109.5	162.6	206.8	256.6	285.1	314.3	350.0
6	81.9	20.8	97.9	153.3	199.2	244.7	279.2	305.9	341.8
7	93.5	19.7	82.8	147.3	187.7	236.4	272.6	298.8	333.6
8	104.4	40.5	72.1	137.4	182.9	228.1	261.9	293.6	324.7
9	114.4	52.5	61.4	128.6	173.4	219.7	254.8	286.3	317.3
10	128.0	65.0	52.5	114.9	165.7	210.2	248.9	281.4	308.3
11	135.3	75.5	38.3	106.7	158.0	204.3	240.5	275.3	298.7
12	148.9	88.1	19.7	96.9	147.3	196.0	229.3	269.4	295.7
13	156.1	97.4	18.6	85.4	141.3	185.3	224.5	262.9	292.0
14	162.5	109.5	41.0	71.7	134.8	180.5	212.6	254.2	285.3
15	170.7	119.3	52.5	61.8	127.7	170.4	206.1	245.9	277.9
16	179.7	129.4	62.9	52.5	118.8	165.7	201.9	236.4	269.0
17	184.3	141.5	73.9	36.6	111.0	158.0	193.6	228.2	257.1
18	187.0	150.5	87.0	17.3	101.5	151.4	190.0	221.2	251.1
19	194.3	158.2	98.5	21.9	86.7	144.3	182.3	215.5	242.5
20	202.4	164.8	108.4	41.0	78.4	137.2	175.8	207.9	238.8
21	207.9	170.8	117.7	54.7	72.4	131.8	170.4	201.7	234.0
22	214.3	175.7	121.5	67.9	59.4	121.7	163.9	196.0	229.0
23	218.8	180.7	130.8	79.4	41.5	115.8	155.7	186.5	223.1
24	227.0	189.4	142.3	91.4	22.5	104.5	146.1	181.4	217.0
25	234.2	198.7	148.4	104.5	19.6	93.8	141.9	176.4	208.8
26	241.5	205.8	154.9	114.4	43.3	83.7	134.2	170.7	205.3
27	246.9	214.6	165.3	122.1	62.3	69.5	130.2	165.6	197.6
28	256.9	219.0	171.3	129.7	73.0	59.4	120.1	153.7	192.6
29	267.0	225.6	180.7	137.9	83.1	42.1	110.6	148.6	185.0
30	272.4	234.3	187.2	146.2	95.0	25.5	103.4	140.4	177.3
31	276.9	242.5	194.3	150.5	105.7	25.5	90.5	130.2	167.9
32	283.3	251.8	199.3	158.2	117.0	40.3	81.9	124.5	164.9
33	291.4	259.5	206.9	167.5	124.7	55.1	70.1	116.3	153.7
34	294.2	265.0	212.4	170.3	133.6	69.8	56.4	108.1	144.2
35	298.7	273.7	220.6	178.5	137.8	81.3	41.5	98.7	135.7
36	306.0	277.6	226.7	182.8	141.9	90.7	21.4	89.2	127.1
37	313.2	281.4	231.0	187.8	150.8	100.8	19.6	84.7	123.3
38	319.6	288.0	238.2	192.2	157.4	109.7	43.9	73.3	113.8
39	325.0	292.9	239.8	198.2	162.1	118.2	59.4	59.5	107.2
40	329.6	296.2	245.3	201.4	169.8	126.5	73.6	42.4	95.8
41	336.8	301.7	251.3	209.9	175.8	133.0	83.1	26.6	84.4
42	341.4	306.1	256.2	216.7	182.9	140.1	92.6	23.4	76.8
43	344.1	314.8	266.6	223.3	187.7	143.1	100.9	37.0	67.4
44	351.2	318.1	271.0	231.7	191.2	150.8	108.1	52.2	51.2
45	356.9	323.6	278.1	237.5	200.7	155.6	114.0	62.6	38.6
46	365.3	331.2	289.3	251.0	212.0	166.6	122.4	82.5	20.9

## Profilo Ps7 - Onde SH - Tempi calcolati

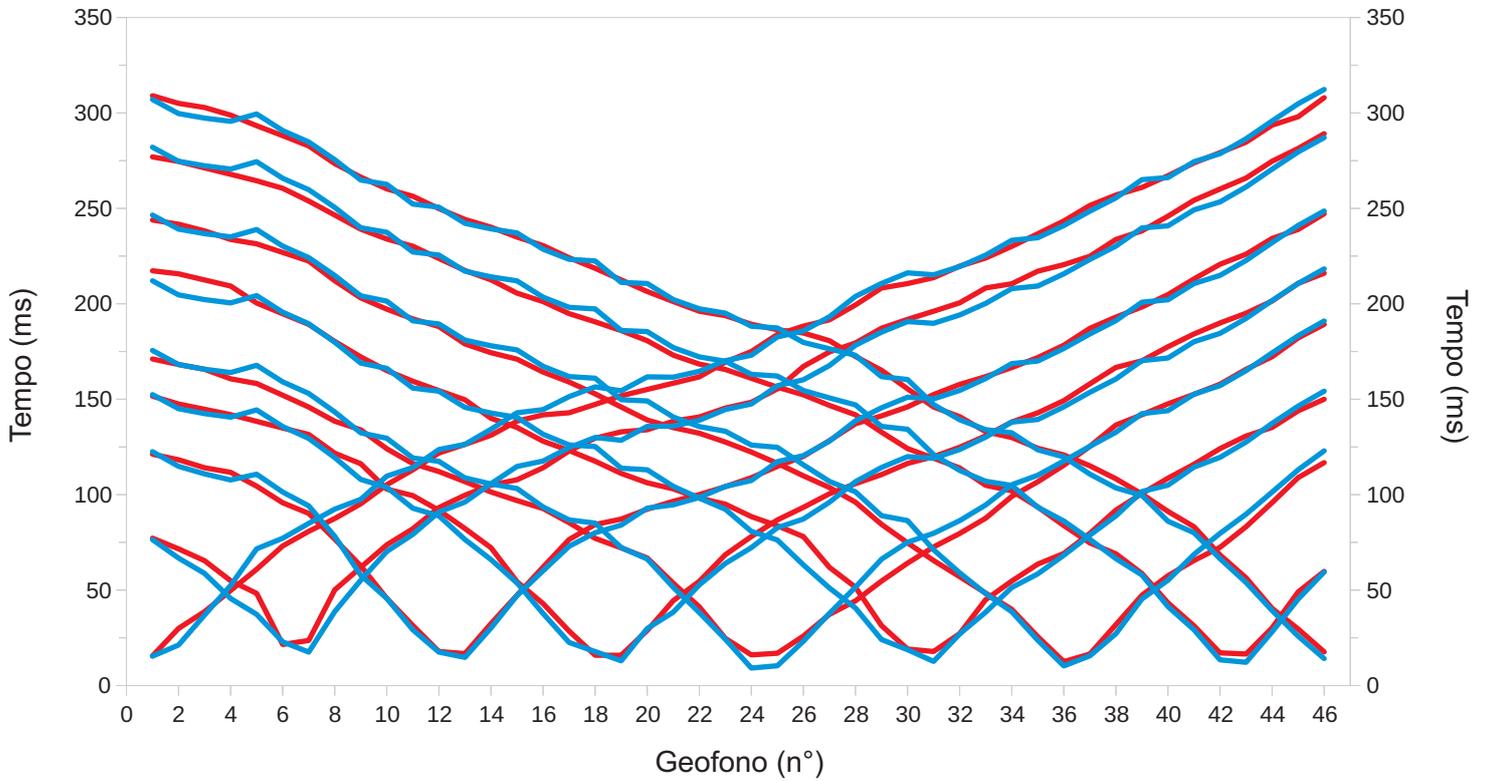
Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	10.38	84.88	149.32	193.54	229.95	275.30	307.17	338.62	368.29
2	27.53	72.41	139.48	189.57	225.98	271.45	303.32	334.78	365.34
3	43.25	62.96	130.31	183.89	221.19	266.77	298.65	330.10	360.66
4	56.33	50.87	119.17	173.84	214.99	260.60	292.47	323.92	354.48
5	68.10	36.15	108.96	164.85	207.83	253.67	286.00	317.46	348.02
6	83.25	17.02	97.97	156.62	199.63	245.47	278.83	310.28	340.84
7	92.54	16.72	88.23	148.51	191.59	237.43	271.69	303.14	333.70
8	104.86	36.84	74.96	137.85	182.17	228.01	262.53	293.98	324.54
9	114.64	50.14	61.55	127.22	173.48	219.32	254.16	285.93	316.48
10	125.80	61.95	49.71	115.87	165.05	210.89	245.74	278.31	308.87
11	135.45	74.60	38.23	108.10	157.28	203.13	238.84	271.69	302.25
12	147.00	88.52	15.39	96.53	148.43	194.27	230.17	263.33	295.23
13	156.70	99.48	15.65	88.63	143.46	189.30	225.32	258.47	290.60
14	164.21	113.34	37.51	73.54	134.80	180.64	216.66	249.81	281.94
15	170.32	120.48	51.60	61.77	126.13	172.43	208.44	241.60	273.72
16	177.89	129.84	62.38	52.05	117.99	165.52	201.54	234.69	266.82
17	183.29	140.65	74.17	35.94	110.20	158.08	194.09	227.25	259.37
18	190.57	148.81	87.26	15.38	100.83	151.89	187.90	221.06	253.18
19	198.02	158.90	99.55	17.13	92.07	146.02	182.24	215.40	247.52
20	202.99	165.05	108.90	39.43	79.47	137.38	174.38	207.54	239.66
21	207.19	170.12	116.50	54.57	70.89	131.06	168.54	201.70	233.82
22	212.95	175.93	122.96	68.01	57.94	123.29	162.30	195.88	228.19
23	219.30	183.20	131.69	80.39	41.10	116.22	155.51	189.08	221.47
24	227.97	192.92	142.40	91.92	19.00	106.55	149.45	183.02	215.65
25	233.31	198.30	147.93	101.63	18.77	95.43	143.10	176.67	209.53
26	240.36	205.49	155.13	112.93	42.59	82.52	134.98	170.41	203.52
27	250.54	215.67	165.31	123.11	62.16	70.25	129.97	165.60	199.47
28	255.73	220.86	170.50	128.53	72.86	58.53	120.23	156.45	190.32
29	263.75	228.88	178.52	136.59	83.32	41.58	111.73	149.19	183.26
30	272.29	237.42	187.06	145.31	96.65	20.33	103.87	142.62	177.24
31	278.76	244.39	194.03	152.27	106.85	20.11	92.20	132.53	167.16
32	283.89	249.86	199.83	158.08	115.19	39.76	81.76	125.10	160.33
33	290.57	256.54	207.03	165.27	123.49	55.42	70.12	116.03	152.32
34	294.71	261.70	212.42	170.69	131.70	69.90	56.50	107.43	143.99
35	300.33	268.07	218.79	177.13	138.30	81.62	40.56	98.79	135.76
36	305.81	273.62	224.50	182.83	144.11	92.14	18.02	90.94	129.32
37	311.73	279.54	230.95	189.29	150.73	101.04	17.61	84.82	124.34
38	317.39	285.19	236.82	195.15	156.82	110.96	43.29	72.62	115.28
39	322.53	290.34	242.01	200.34	162.04	118.05	60.05	58.38	106.92
40	328.81	296.62	248.56	206.89	168.59	124.80	73.99	42.90	99.21
41	335.67	303.48	255.61	213.95	175.64	131.85	83.75	20.63	86.71
42	340.11	307.92	261.26	219.60	181.81	138.82	92.34	19.10	78.56
43	344.15	312.09	265.43	223.77	185.98	143.00	98.45	37.14	66.02
44	347.96	316.55	270.58	228.92	191.13	149.33	105.08	50.88	49.51
45	357.63	326.21	280.25	238.58	200.79	159.00	114.75	64.96	38.64
46	367.30	336.00	290.64	248.97	211.18	169.38	125.13	82.21	17.69

Profilo Ps8

Dromocrone Onde P



Dromocrone Onde SH



Tempi misurati — (red line)  
Tempi ricalcolati — (blue line)

## Profilo Ps8 - Onde P - Tempi misurati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	3.9	36.9	41.0	50.2	60.9	66.8	71.6	83.5	89.7
2	11.3	34.6	40.6	50.8	59.8	66.8	71.5	83.9	89.7
3	19.4	31.1	40.4	50.0	60.7	66.0	71.9	82.8	89.7
4	25.7	25.3	40.8	49.7	60.0	65.3	71.5	82.1	89.0
5	31.5	17.5	39.2	49.1	58.7	64.6	71.5	82.1	87.9
6	35.4	4.4	39.0	47.5	56.4	63.1	70.4	79.9	86.1
7	35.5	5.5	36.1	46.2	54.4	61.3	69.3	78.1	85.4
8	37.3	18.4	30.3	43.3	51.3	58.7	66.4	75.5	83.5
9	37.8	24.9	23.4	40.8	49.7	55.8	63.5	72.6	80.2
10	38.6	29.3	18.0	37.9	46.6	54.4	60.9	71.5	78.1
11	40.4	33.3	11.8	35.4	44.6	52.9	59.5	68.6	76.6
12	40.9	36.9	5.1	33.7	43.9	50.0	58.0	67.1	74.0
13	42.2	39.8	4.9	32.3	41.9	48.9	56.2	65.7	73.0
14	42.6	39.8	10.2	29.2	40.4	47.4	55.1	64.6	71.9
15	43.5	42.3	17.8	24.5	39.2	46.7	53.3	63.5	70.8
16	44.9	43.4	24.3	18.7	37.5	46.3	54.4	63.1	70.0
17	48.0	47.1	29.6	12.5	36.1	46.0	52.5	63.1	70.0
18	48.0	46.2	31.2	4.9	33.9	43.8	52.2	61.6	69.3
19	48.0	46.6	32.1	5.3	32.5	42.3	50.3	59.8	67.8
20	49.3	48.0	31.2	10.0	28.7	40.9	49.2	58.7	64.9
21	52.9	48.9	33.0	18.0	23.8	39.8	48.2	57.6	64.2
22	54.7	48.9	34.3	24.5	16.5	39.0	48.2	57.3	63.5
23	57.3	51.1	37.9	29.2	11.3	38.3	46.7	56.5	62.7
24	57.3	53.3	40.6	30.8	4.4	36.8	45.6	56.2	63.1
25	60.0	55.5	43.3	33.9	5.5	34.3	45.6	55.8	60.9
26	62.2	56.4	44.6	37.2	12.5	31.0	42.3	53.6	59.8
27	63.1	57.8	46.8	39.2	19.8	23.3	41.6	52.2	57.3
28	63.5	59.5	48.4	42.4	25.8	17.5	40.1	49.6	56.9
29	64.4	61.8	49.1	44.1	31.9	11.3	38.3	48.5	55.8
30	65.3	63.8	50.2	45.0	36.8	4.4	36.5	47.1	54.7
31	65.8	64.9	50.8	46.4	38.6	4.0	34.7	46.3	53.6
32	66.7	64.0	50.8	46.4	39.0	11.3	28.1	44.1	51.8
33	67.1	64.4	50.2	46.2	39.7	17.5	19.7	43.0	50.0
34	68.4	64.1	51.1	46.4	39.9	22.3	15.3	40.1	47.8
35	71.1	66.7	52.4	48.6	41.5	27.4	12.4	39.4	48.5
36	72.9	68.9	55.3	51.1	43.9	32.8	5.8	38.7	47.8
37	74.2	71.5	57.3	52.6	45.9	37.2	6.2	36.1	47.8
38	75.1	73.0	59.1	54.9	48.2	39.8	12.4	32.5	46.7
39	77.8	74.2	60.0	55.3	50.0	40.1	19.0	25.2	46.0
40	78.7	76.0	60.9	57.8	51.1	41.2	24.4	18.2	42.3
41	80.0	76.9	63.3	58.4	52.9	43.8	30.6	12.0	39.0
42	81.3	77.3	65.4	60.7	55.5	46.0	35.0	6.2	33.6
43	83.5	80.4	67.8	63.1	57.8	48.2	41.2	5.8	27.4
44	85.0	82.1	70.0	66.4	60.7	50.7	45.6	13.1	19.7
45	87.9	86.8	75.1	68.6	64.2	56.5	50.3	24.1	15.3
46	86.4	86.1	74.8	67.5	62.4	55.1	49.2	26.3	5.5

## Profilo Ps8 - Onde P - Tempi calcolati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	6.19	35.18	43.14	50.89	59.86	66.40	74.62	84.56	90.20
2	8.95	31.87	40.50	48.25	57.22	63.77	71.98	81.92	87.56
3	16.74	26.98	40.37	48.12	57.11	63.66	71.87	81.81	87.45
4	25.23	19.76	40.69	48.63	57.64	64.18	72.40	82.33	87.98
5	34.03	13.92	42.47	50.90	60.01	66.63	74.86	84.80	90.44
6	36.20	8.41	38.82	47.39	56.50	63.12	71.35	81.29	86.93
7	36.99	6.19	35.74	45.24	54.38	61.04	69.29	79.22	84.87
8	38.61	14.20	29.41	42.26	51.58	58.41	66.68	76.66	82.30
9	38.40	21.48	21.94	38.40	48.01	54.93	63.22	73.20	78.84
10	41.37	28.38	17.24	37.73	47.76	54.72	63.01	72.99	78.63
11	41.26	32.03	10.66	33.60	44.15	51.16	59.47	69.44	75.08
12	43.46	35.64	6.02	32.19	43.31	50.56	58.88	68.87	74.52
13	43.31	36.55	4.97	28.57	40.44	47.93	56.27	66.26	71.90
14	45.47	38.93	10.14	25.88	40.06	47.76	56.14	66.14	71.78
15	48.51	41.98	17.08	22.10	40.47	48.39	56.77	66.76	72.41
16	49.55	43.02	22.77	15.57	37.88	46.45	54.85	64.84	70.49
17	51.71	45.27	27.94	8.98	35.82	45.63	54.06	64.08	69.72
18	52.80	46.37	30.43	6.93	35.07	45.50	53.98	63.99	69.64
19	50.73	44.34	30.19	4.96	30.32	41.73	50.67	60.72	66.36
20	53.36	46.98	33.06	11.49	28.62	42.32	51.43	61.48	67.13
21	54.07	47.69	34.10	15.43	22.32	39.96	49.28	59.34	64.98
22	55.30	48.92	35.70	21.92	16.51	38.20	47.96	58.05	63.70
23	57.57	51.19	38.11	26.66	10.33	37.55	47.62	57.98	63.62
24	58.63	52.29	39.65	29.80	3.90	34.93	45.64	56.01	61.65
25	62.04	55.76	43.55	34.50	4.33	34.10	47.48	57.86	63.50
26	62.70	56.44	44.37	36.83	10.81	27.60	44.70	55.20	60.84
27	64.07	57.82	45.92	39.42	18.74	21.61	42.49	53.16	58.85
28	66.55	60.31	48.48	42.37	24.82	15.82	41.63	52.75	58.66
29	66.73	60.49	48.75	42.79	31.35	9.00	38.14	49.42	55.33
30	67.96	61.72	49.99	44.15	34.12	6.80	37.71	49.34	55.25
31	66.98	60.76	49.12	43.44	35.86	4.87	31.92	46.47	52.48
32	67.31	61.09	49.45	43.96	37.83	11.46	26.15	44.61	50.87
33	67.98	61.78	50.14	44.65	39.07	16.09	20.07	42.92	49.79
34	69.51	63.30	51.71	46.21	40.79	22.10	15.61	42.33	49.52
35	69.58	63.37	51.78	46.29	40.99	26.17	9.94	39.58	47.46
36	72.20	65.99	54.40	48.91	43.69	30.95	4.25	38.30	47.41
37	74.21	68.00	56.42	50.93	45.76	34.76	6.36	34.53	45.81
38	75.80	69.59	58.05	52.59	47.68	37.47	10.74	29.24	45.13
39	79.15	72.94	61.40	55.94	51.07	41.04	19.13	24.60	45.53
40	79.00	72.79	61.25	55.79	50.92	41.03	23.73	17.42	40.80
41	81.76	75.55	64.01	58.55	53.68	43.79	30.44	11.58	37.95
42	82.87	76.66	65.12	59.66	54.79	44.90	35.79	5.32	32.17
43	86.09	79.88	68.35	62.88	58.02	48.12	40.18	4.83	25.55
44	91.64	85.43	73.90	68.43	63.57	53.67	45.96	11.64	18.70
45	94.35	88.14	76.60	71.13	66.27	56.68	52.07	21.34	11.83
46	94.01	87.80	76.26	70.80	65.93	56.34	52.08	27.72	5.91

## Profilo Ps8 - Onde SH - Tempi misurati

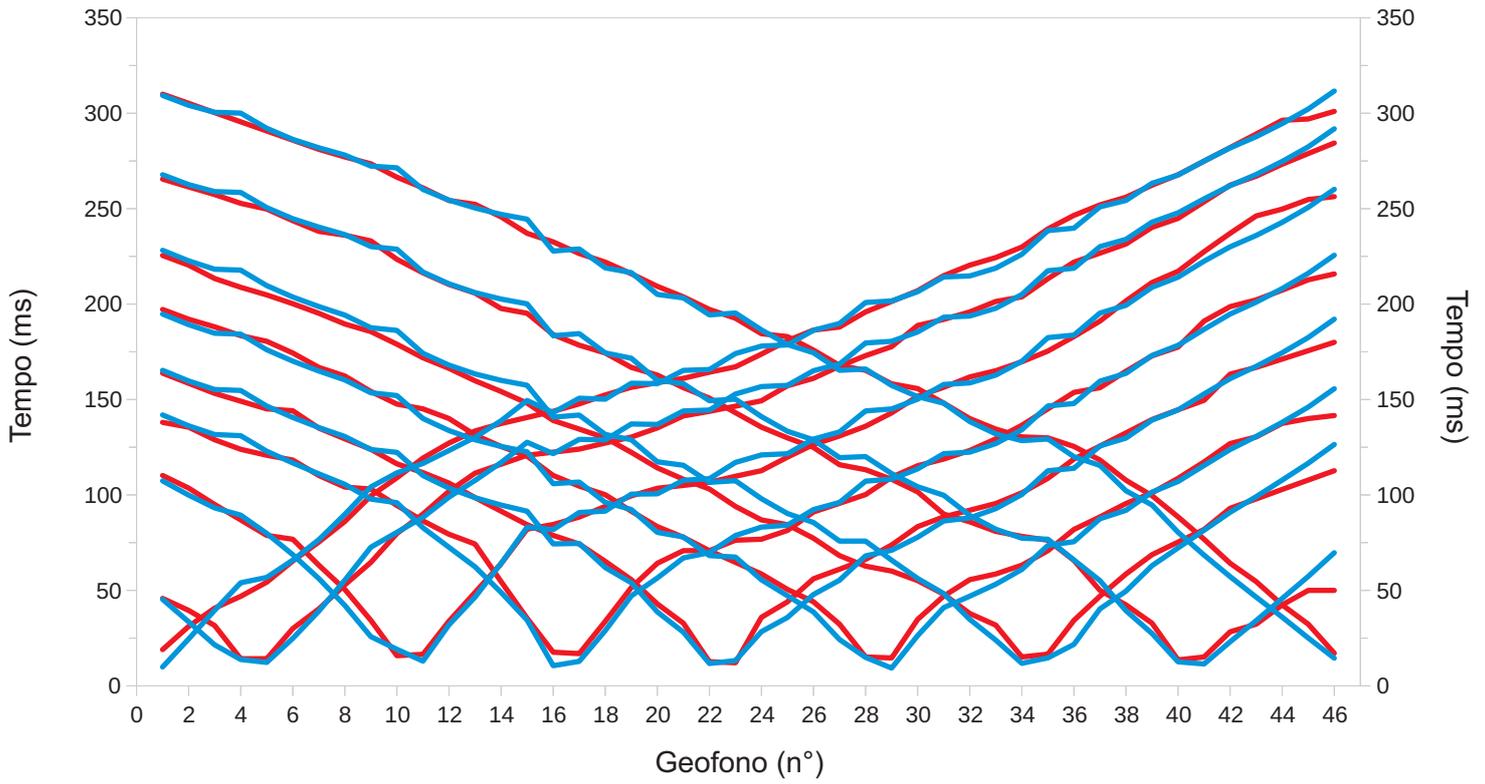
Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	15.5	77.2	121.2	151.6	171.1	217.3	243.9	277.0	309.0
2	29.9	71.6	118.3	147.5	168.2	215.7	241.7	274.6	305.0
3	38.7	65.4	114.1	144.7	165.7	212.5	238.2	271.2	302.9
4	49.8	54.9	111.7	141.9	160.7	209.3	233.7	267.9	298.9
5	60.9	48.3	104.5	138.4	158.2	200.4	231.4	264.5	293.3
6	73.1	21.5	95.8	134.9	152.1	194.8	226.9	260.5	288.1
7	80.8	23.6	90.2	131.5	145.9	189.2	222.4	253.9	282.7
8	87.5	50.1	76.7	121.7	138.5	180.3	212.1	246.5	273.5
9	95.2	61.9	62.7	116.2	134.0	172.2	203.1	239.1	266.4
10	105.2	73.7	45.7	102.9	124.1	165.0	197.2	234.0	260.2
11	113.0	82.1	31.5	99.5	116.3	159.4	192.1	230.2	256.4
12	121.8	93.2	17.8	91.8	112.1	154.5	188.1	223.8	249.9
13	126.3	99.7	16.7	82.3	106.8	149.7	179.0	217.5	244.2
14	131.1	105.0	32.4	72.2	101.4	140.0	174.4	212.6	240.2
15	138.5	107.8	47.3	54.4	96.9	135.2	171.0	205.6	235.0
16	141.8	114.1	62.1	42.9	92.7	128.0	164.2	201.2	230.5
17	142.9	122.9	76.5	28.5	85.3	123.1	159.0	194.9	224.2
18	147.3	129.6	84.4	15.9	77.1	117.5	152.8	190.6	218.6
19	151.8	132.9	87.2	15.9	72.1	111.1	145.9	186.0	212.5
20	155.1	134.0	92.4	28.9	66.8	106.2	139.1	180.7	206.5
21	158.4	138.5	96.5	44.5	53.6	103.0	135.1	173.1	201.2
22	161.7	140.7	100.1	54.6	41.2	98.2	132.2	168.5	196.1
23	169.5	145.4	104.2	68.6	24.7	95.0	127.6	165.6	193.8
24	175.0	148.4	108.9	78.1	16.1	88.5	122.3	161.0	189.3
25	183.9	155.4	114.8	86.8	16.9	83.7	116.4	156.3	186.4
26	188.3	167.2	120.1	93.4	25.9	78.0	109.9	152.3	184.7
27	191.6	174.8	128.3	100.5	37.3	61.9	103.8	146.8	180.7
28	199.4	179.5	137.1	105.8	44.4	51.5	96.1	141.9	172.4
29	208.3	187.2	141.3	110.5	54.7	31.4	84.5	132.8	165.2
30	210.6	191.9	146.0	116.4	64.1	19.1	74.8	124.2	155.4
31	213.7	196.1	152.4	119.9	72.6	17.8	65.5	119.1	145.9
32	219.7	200.5	157.7	124.8	79.7	27.2	57.0	114.0	140.9
33	224.0	208.3	161.9	130.8	87.7	45.0	48.4	104.9	133.0
34	230.1	210.5	166.6	138.1	99.1	54.7	39.9	102.0	129.9
35	236.7	217.1	171.9	142.9	106.8	63.6	25.6	93.5	124.3
36	243.4	220.5	178.3	149.3	115.4	69.2	12.5	83.8	120.8
37	251.5	224.9	187.2	158.1	125.3	79.7	16.5	74.7	115.1
38	257.0	233.7	193.0	166.7	136.5	91.9	31.9	69.0	108.3
39	261.0	238.2	198.3	170.2	141.9	100.6	47.3	58.7	100.3
40	267.1	245.9	204.8	177.5	147.6	108.6	57.5	43.3	91.2
41	273.8	254.3	213.1	184.2	152.6	115.9	65.5	31.3	83.2
42	279.2	260.1	220.7	190.0	157.9	124.1	72.4	17.1	68.4
43	284.7	265.9	226.0	195.1	165.7	130.7	83.2	16.5	56.4
44	293.6	274.7	234.2	201.5	172.3	135.2	95.8	30.2	40.4
45	298.0	281.4	239.0	210.7	182.2	143.9	108.9	49.0	29.6
46	308.0	289.1	247.2	216.1	189.3	150.0	116.8	59.8	17.6

## Profilo Ps8 - Onde SH - Tempi calcolati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	15.36	76.42	122.53	152.41	175.57	212.06	246.50	282.03	307.04
2	21.19	66.77	114.83	145.02	168.20	204.69	239.14	274.67	299.67
3	36.89	58.73	110.86	142.45	165.70	202.19	236.77	272.31	297.31
4	52.39	45.61	107.69	140.60	163.98	200.48	235.07	270.61	295.61
5	71.62	37.28	110.72	144.39	167.81	204.32	238.93	274.47	299.47
6	77.15	22.86	101.36	135.69	159.10	195.62	230.23	265.77	290.77
7	84.94	17.51	94.12	129.46	153.01	189.54	224.21	259.78	284.78
8	92.39	38.71	78.16	119.41	143.32	179.87	214.84	250.50	275.50
9	97.55	55.18	57.77	107.95	132.36	168.94	204.16	239.84	264.85
10	109.69	70.25	45.65	103.83	129.52	166.12	201.39	237.47	262.56
11	114.24	79.20	29.20	92.86	119.20	155.81	191.08	227.16	252.26
12	123.65	90.87	17.51	88.87	117.45	154.19	189.46	225.54	250.64
13	126.32	96.12	14.73	76.50	108.78	145.72	180.99	217.08	242.18
14	134.26	105.73	30.12	65.97	105.59	142.75	178.02	214.13	239.24
15	142.89	114.78	47.11	53.73	103.22	140.47	175.84	212.03	237.14
16	144.54	117.60	60.13	37.71	93.54	131.62	167.21	203.47	228.60
17	151.33	124.65	72.94	22.56	86.76	126.03	161.82	198.14	223.28
18	156.44	129.95	80.04	17.78	85.08	125.22	161.01	197.33	222.46
19	154.38	128.45	84.04	12.93	72.26	113.87	149.72	186.04	211.20
20	161.72	135.79	92.94	29.87	66.29	113.00	149.08	185.47	210.63
21	161.53	135.88	94.68	38.42	51.41	104.35	140.67	177.06	202.22
22	164.61	138.96	98.50	52.73	38.22	98.14	135.66	172.20	197.37
23	170.20	144.61	104.31	63.98	24.23	92.32	133.19	169.91	195.10
24	173.08	147.50	107.40	72.24	9.15	80.76	125.95	163.03	188.25
25	182.63	157.05	117.27	82.70	10.35	76.24	124.78	162.13	187.35
26	185.75	160.17	120.43	87.21	23.19	63.20	115.62	154.56	179.78
27	193.20	167.67	128.02	96.03	37.76	51.07	106.96	150.67	176.43
28	203.86	178.32	138.68	106.79	51.55	40.59	101.45	147.02	172.99
29	210.68	185.15	145.50	114.24	66.16	24.07	88.97	135.76	161.80
30	216.23	190.70	151.05	119.91	75.05	18.78	86.40	134.26	160.30
31	215.20	189.79	150.17	119.06	79.75	12.64	71.13	121.01	147.17
32	219.50	194.15	154.61	123.64	86.39	27.01	59.05	112.68	139.25
33	225.51	200.20	160.82	130.14	94.59	38.42	48.12	107.01	134.06
34	233.26	207.97	168.68	138.01	105.17	51.30	38.68	104.83	132.40
35	234.61	209.32	170.02	139.37	110.18	58.50	23.72	93.41	123.47
36	240.98	215.70	176.64	145.99	117.64	68.23	10.27	86.18	119.78
37	248.53	223.25	184.21	153.62	125.30	78.76	15.54	76.58	110.74
38	255.51	230.22	191.18	160.60	132.70	88.90	27.15	66.48	103.52
39	265.03	239.77	200.85	170.26	142.43	101.62	45.36	57.88	99.61
40	266.12	240.86	202.10	171.63	144.02	104.97	55.18	41.35	86.06
41	274.46	249.22	210.60	180.13	152.62	114.42	68.69	29.24	80.06
42	278.64	253.40	214.88	184.52	157.13	119.53	79.72	13.44	66.46
43	286.47	261.22	222.71	192.34	164.96	127.55	89.74	12.16	53.95
44	295.81	270.56	232.05	201.69	174.30	137.35	101.34	28.16	39.26
45	304.80	279.55	241.04	210.68	183.29	146.36	113.01	45.29	25.88
46	312.31	287.06	248.63	218.32	191.01	154.22	122.97	59.46	14.14

Profilo Ps9

Dromocrone Onde SH



Tempi misurati — (red line)  
Tempi ricalcolati — (blue line)

## Profilo Ps9 - Onde SH - Tempi misurati

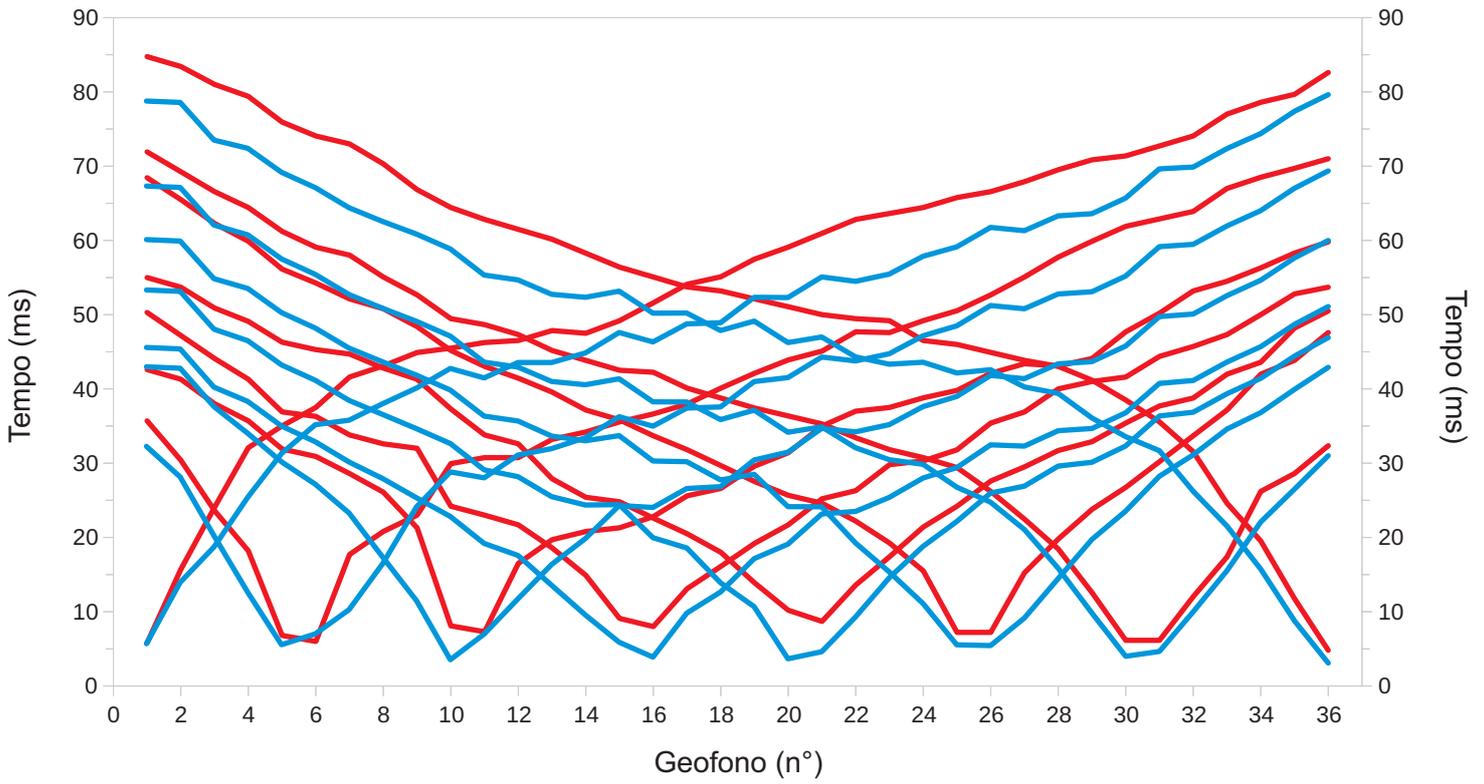
Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	19.0	45.8	110.2	138.0	163.8	197.2	225.5	265.5	310.0
2	31.1	39.5	103.6	135.5	158.5	192.1	220.4	261.4	305.2
3	40.7	31.6	95.0	128.9	153.2	188.1	213.4	257.4	300.3
4	46.9	14.2	86.9	123.9	149.1	183.5	208.8	252.8	295.5
5	54.3	14.2	78.8	120.8	145.1	180.5	204.8	249.8	290.7
6	65.4	30.0	76.8	118.3	144.1	174.4	200.2	243.7	285.9
7	75.3	40.3	63.2	110.2	135.0	166.8	195.2	238.1	281.1
8	86.1	52.9	50.5	104.1	129.4	162.3	189.6	236.1	277.1
9	99.5	64.7	34.3	103.1	123.9	154.2	185.6	233.1	273.5
10	109.0	79.8	15.8	94.5	116.3	147.6	179.0	223.5	266.5
11	119.3	90.0	16.5	86.4	111.7	145.1	171.9	216.4	260.9
12	127.2	101.9	33.9	79.4	106.2	140.0	166.3	210.3	254.3
13	133.5	111.4	48.9	74.3	98.6	131.4	159.8	205.8	252.3
14	137.4	116.1	64.0	54.6	91.5	125.4	154.2	197.7	245.7
15	140.6	120.8	82.1	35.4	84.4	120.3	148.1	195.2	237.1
16	143.8	122.4	84.5	17.6	78.8	110.2	139.0	184.0	232.6
17	147.7	124.0	88.4	16.9	74.3	104.6	134.5	178.5	226.5
18	152.4	127.2	94.0	33.8	65.2	100.1	129.9	174.4	222.0
19	156.4	130.3	99.5	51.5	55.6	91.5	122.3	166.8	215.9
20	158.8	135.1	103.5	64.2	42.9	83.4	114.2	162.8	209.3
21	161.1	141.4	105.0	70.8	32.8	77.8	108.2	156.2	203.8
22	164.3	143.8	106.6	70.8	12.6	70.8	103.1	150.7	197.2
23	167.1	146.5	109.8	76.3	12.1	64.7	94.0	143.1	192.6
24	173.8	149.3	112.7	76.8	35.9	58.6	86.9	135.5	184.5
25	180.9	157.2	119.8	81.4	44.0	50.5	84.4	129.9	183.0
26	186.4	161.1	126.4	91.1	56.1	44.0	77.3	124.9	175.9
27	188.0	167.5	130.9	95.6	61.1	32.3	68.2	115.8	167.9
28	195.9	173.0	136.0	100.2	66.2	15.1	62.7	113.2	165.3
29	201.4	177.7	143.0	109.3	73.8	14.6	60.1	108.2	158.2
30	207.0	188.8	151.7	115.3	83.4	34.8	55.1	101.6	155.7
31	214.9	192.0	156.4	118.8	88.5	47.0	48.0	90.0	148.1
32	220.4	195.9	161.8	123.3	92.0	55.6	37.9	85.9	140.0
33	224.4	201.4	165.1	129.4	95.5	58.6	31.8	80.9	134.5
34	229.9	203.8	169.8	136.5	101.1	63.2	15.1	78.3	130.4
35	239.4	213.3	175.4	145.1	108.7	70.8	16.6	76.3	129.9
36	246.5	222.0	183.0	153.7	118.8	81.9	34.3	65.7	125.4
37	252.0	226.7	191.1	156.2	125.6	88.5	47.0	50.0	118.3
38	256.0	231.5	201.7	164.8	132.5	95.5	58.6	42.4	107.7
39	262.3	240.2	211.3	172.9	139.5	101.1	68.7	32.8	99.6
40	267.8	244.9	217.2	177.5	144.6	108.7	75.3	13.6	88.5
41	274.9	253.6	227.5	191.1	149.6	117.3	81.9	15.1	76.8
42	282.0	262.3	237.1	198.7	163.3	126.9	93.0	28.3	64.2
43	289.1	267.0	246.2	202.2	166.8	130.4	97.9	32.3	54.6
44	296.3	273.3	249.8	207.3	171.2	137.5	102.9	42.4	42.4
45	297.0	278.9	254.8	212.7	175.6	140.0	107.8	50.0	32.3
46	301.0	284.4	256.3	215.8	180.0	141.6	112.7	50.0	17.1

## Profilo Ps9 - Onde SH - Tempi calcolati

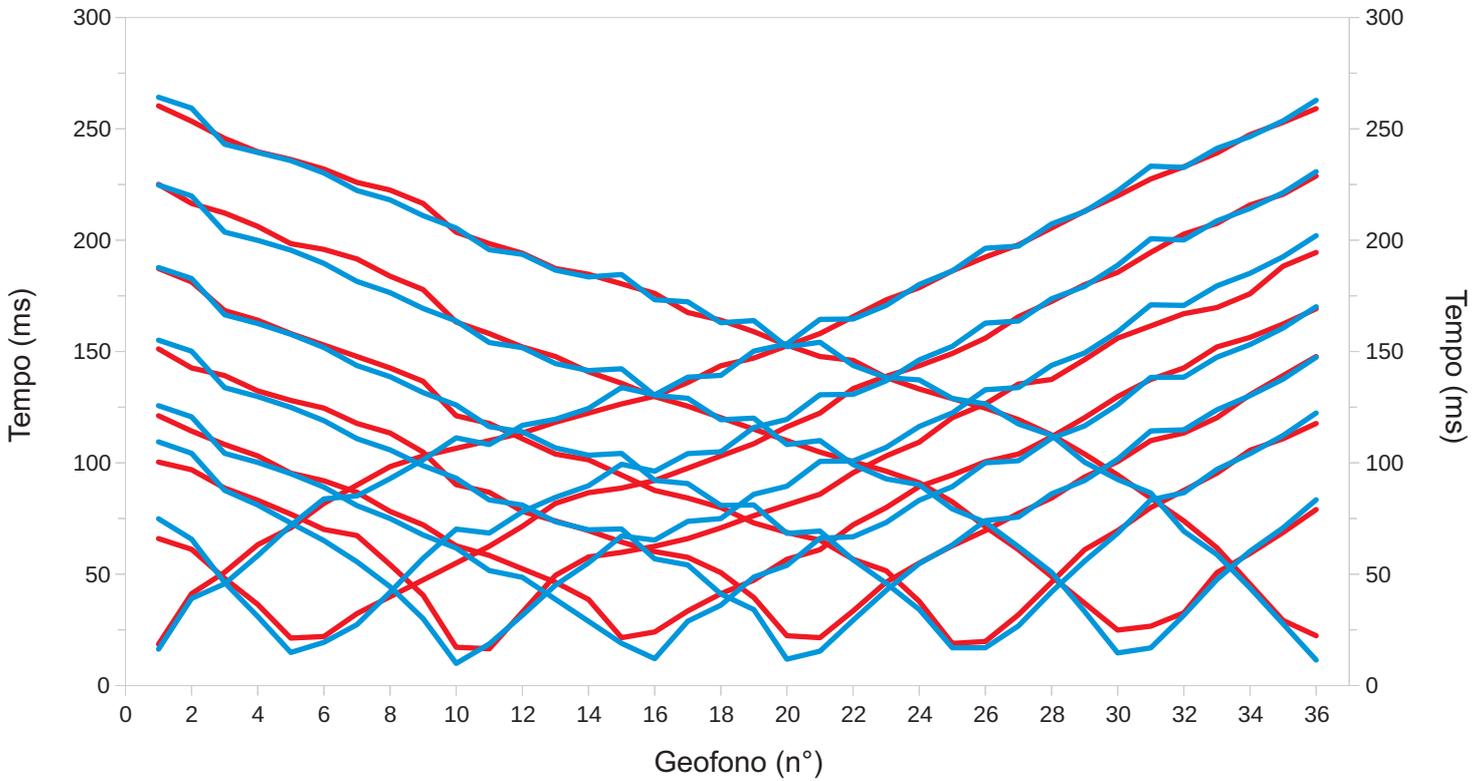
Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms	Shot 9 ms
1	9.86	45.30	107.36	141.91	165.28	194.80	228.18	267.79	309.33
2	24.57	33.55	99.89	136.22	159.72	189.23	222.67	262.61	304.15
3	39.57	21.46	93.21	131.66	155.24	184.76	218.28	258.94	300.48
4	54.00	13.80	89.43	131.05	154.72	184.26	217.81	258.53	300.07
5	56.80	12.26	79.85	122.87	146.54	176.09	209.69	250.57	292.11
6	65.88	24.87	68.72	116.78	140.58	170.12	203.72	244.75	286.29
7	76.57	39.15	56.20	111.05	135.31	164.93	198.72	240.35	281.89
8	89.84	55.39	42.12	105.54	130.59	160.26	194.26	236.43	278.06
9	104.20	72.62	25.75	97.82	123.77	153.50	187.61	230.16	272.33
10	111.56	80.41	19.15	95.96	122.31	152.06	186.23	228.77	271.42
11	116.53	88.27	12.95	82.83	110.17	140.06	174.23	216.80	260.06
12	123.31	98.86	31.98	72.57	103.54	133.70	168.04	210.64	254.50
13	130.21	107.58	46.47	62.36	98.56	128.92	163.38	206.03	250.37
14	138.85	116.96	64.11	48.94	94.72	125.38	160.00	202.66	247.01
15	149.49	127.59	83.11	34.44	91.49	122.61	157.47	200.15	244.50
16	143.15	121.63	81.85	10.53	74.37	105.90	140.76	183.44	227.79
17	150.65	129.13	90.82	12.81	74.61	106.74	141.82	184.53	228.90
18	150.16	128.83	91.52	28.92	61.94	96.09	131.67	174.42	218.99
19	158.51	137.18	100.41	47.11	53.99	92.36	128.90	171.65	216.52
20	158.27	136.94	100.59	56.50	38.73	80.39	117.34	160.09	205.07
21	165.24	144.01	107.66	67.01	28.11	78.00	115.53	158.28	203.27
22	165.71	144.48	108.49	69.80	11.68	68.19	106.62	149.36	194.35
23	174.10	152.87	117.02	78.78	13.22	67.45	107.44	150.19	195.35
24	178.00	156.77	120.96	83.16	28.38	55.53	98.03	141.04	186.52
25	178.62	157.39	121.57	84.17	35.82	47.18	90.27	133.33	178.81
26	186.31	165.08	129.27	92.34	47.86	38.69	85.57	128.87	174.54
27	189.85	168.65	133.00	96.09	55.33	24.24	75.83	119.52	165.28
28	200.85	179.64	144.00	107.23	68.09	14.89	75.83	120.09	165.96
29	201.66	180.52	145.04	108.29	71.02	9.30	65.84	111.19	157.38
30	206.49	185.42	150.17	113.64	77.86	26.32	56.27	104.30	151.48
31	214.20	193.14	157.89	121.61	86.33	40.97	48.32	99.83	148.05
32	214.76	193.74	158.69	122.42	87.97	46.95	34.79	89.26	138.42
33	218.86	197.83	162.80	126.93	92.83	53.23	23.94	82.03	131.95
34	226.09	205.07	170.03	134.16	100.22	60.96	11.79	77.36	128.43
35	238.52	217.49	182.46	146.59	112.65	73.55	14.65	76.79	129.32
36	239.81	218.80	183.77	147.90	113.96	75.51	21.72	65.92	120.01
37	250.97	230.12	195.31	159.60	125.70	87.53	40.32	55.11	115.44
38	254.32	233.95	199.39	163.69	129.78	91.95	49.63	39.34	102.16
39	263.32	242.95	208.82	173.11	139.21	101.48	62.96	27.44	94.74
40	267.62	247.82	214.12	178.41	144.51	107.06	72.27	12.56	80.47
41	274.97	255.17	222.51	186.80	152.90	115.45	81.50	11.45	68.47
42	281.88	262.08	230.02	194.79	160.91	123.82	90.90	23.06	57.21
43	287.71	267.91	235.98	201.01	167.40	130.65	99.11	34.16	46.47
44	294.57	274.77	242.86	208.15	174.54	138.05	107.80	45.76	36.00
45	302.21	282.41	250.69	216.13	182.52	146.03	116.64	57.32	25.04
46	311.66	291.86	260.16	225.61	192.12	155.63	126.45	69.71	14.49

Profilo Ps10

Dromocrone Onde P



Dromocrone Onde SH



Tempi misurati —  
Tempi ricalcolati —

## Profilo Ps10 - Onde SH - Tempi misurati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms
1	5.8	35.7	42.6	50.3	55.0	68.4	71.9	84.8
2	15.7	30.4	41.3	47.2	53.7	65.5	69.3	83.4
3	24.1	23.6	38.0	44.1	50.9	62.3	66.6	81.0
4	32.1	18.2	35.7	41.3	49.1	59.9	64.4	79.4
5	35.0	6.8	31.9	36.9	46.3	56.1	61.2	75.9
6	37.5	6.0	30.9	36.3	45.3	54.3	59.1	74.1
7	41.6	17.7	28.6	33.8	44.7	52.1	58.0	73.0
8	43.1	20.8	26.1	32.6	42.8	50.8	55.1	70.3
9	44.9	23.0	21.3	32.0	41.3	48.4	52.7	66.8
10	45.5	29.9	8.1	24.2	37.3	45.2	49.5	64.4
11	46.3	30.8	7.3	23.0	33.8	43.0	48.7	62.8
12	46.5	30.8	16.5	21.7	32.6	41.4	47.3	61.5
13	47.9	33.2	19.7	18.6	27.9	39.6	45.2	60.2
14	47.5	34.2	20.8	14.9	25.4	37.2	43.9	58.3
15	49.2	35.6	21.3	9.1	24.8	35.8	42.5	56.4
16	51.6	36.6	22.8	8.0	22.6	33.7	42.2	55.1
17	54.1	38.0	25.6	13.1	20.5	31.8	40.1	53.7
18	55.1	40.1	26.6	16.1	18.0	29.7	38.8	53.2
19	57.5	42.1	29.6	19.2	13.9	27.5	37.4	52.1
20	59.1	43.9	31.4	21.7	10.2	25.7	36.4	51.1
21	61.0	45.1	35.0	25.2	8.7	24.6	35.3	50.0
22	62.8	47.7	37.0	26.3	13.6	22.2	33.4	49.5
23	63.6	47.6	37.5	29.8	17.4	19.3	31.8	49.2
24	64.4	49.2	38.8	30.3	21.4	15.5	30.8	46.5
25	65.8	50.5	39.8	31.8	24.2	7.2	29.4	46.0
26	66.6	52.7	42.1	35.4	27.6	7.2	26.2	44.9
27	67.9	55.1	43.4	36.9	29.5	15.2	22.5	43.9
28	69.5	57.8	43.1	40.0	31.7	19.8	18.5	43.0
29	70.9	59.9	44.1	41.0	32.9	23.8	12.6	41.2
30	71.4	61.9	47.7	41.6	35.4	26.7	6.2	38.5
31	72.7	62.9	50.2	44.4	37.7	30.2	6.2	35.6
32	74.1	63.9	53.2	45.7	38.8	33.7	12.0	31.6
33	77.0	67.0	54.5	47.3	42.0	37.2	17.4	24.6
34	78.6	68.5	56.3	50.0	43.6	42.0	26.2	19.5
35	79.7	69.7	58.3	52.8	48.2	43.9	28.6	11.8
36	82.6	71.0	59.8	53.7	50.5	47.6	32.4	4.8

## Profilo Ps10 - Onde SH - Tempi calcolati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms
1	6.26	35.19	46.85	49.70	58.13	65.52	73.37	85.84
2	15.25	30.70	46.64	49.49	57.93	65.31	73.16	85.63
3	20.43	22.10	41.02	43.87	52.38	59.79	67.64	80.11
4	27.72	13.80	37.11	41.79	50.70	58.35	66.22	78.91
5	34.15	6.10	32.93	38.18	47.14	54.82	62.68	75.39
6	38.36	7.71	29.64	35.87	44.87	52.55	60.42	73.14
7	39.02	11.25	25.42	32.90	41.93	49.60	57.47	70.19
8	41.45	18.01	18.94	30.46	39.85	47.57	55.44	68.16
9	43.75	26.33	12.56	27.65	37.78	45.62	53.53	66.32
10	46.62	31.45	3.91	24.91	35.60	43.45	51.36	64.15
11	45.23	30.57	7.67	20.95	31.75	39.62	47.53	60.32
12	47.49	33.92	12.83	19.21	30.75	38.91	46.82	59.61
13	47.49	34.86	17.88	14.82	27.82	36.70	44.70	57.49
14	48.89	36.45	21.68	10.46	26.59	36.01	44.23	57.06
15	51.90	39.54	26.52	6.47	26.65	36.77	45.10	57.96
16	50.51	38.15	26.24	4.28	21.80	33.04	41.72	54.73
17	53.16	40.80	29.01	10.74	20.30	32.95	41.70	54.75
18	53.33	40.97	29.28	13.84	15.19	30.27	39.11	52.19
19	57.06	44.70	33.20	18.73	11.69	31.09	40.50	53.57
20	57.02	45.27	34.33	20.86	4.05	26.36	37.26	50.42
21	60.05	48.30	37.83	25.28	5.08	26.33	38.06	51.24
22	59.40	47.72	37.32	25.65	10.19	21.02	34.99	48.32
23	60.46	48.78	38.38	27.71	15.93	16.77	33.23	47.24
24	63.07	51.42	41.01	30.55	20.53	12.15	32.56	47.53
25	64.45	52.87	42.51	32.08	24.19	6.09	29.21	45.95
26	67.30	55.85	45.59	35.41	28.35	5.98	27.01	46.43
27	66.83	55.37	45.12	35.23	29.36	10.02	23.01	43.90
28	69.00	57.55	47.29	37.49	32.29	15.81	17.33	42.96
29	69.32	57.87	47.61	37.81	32.86	21.55	10.75	39.35
30	71.61	60.17	49.91	40.11	35.24	25.71	4.42	36.62
31	75.89	64.48	54.23	44.42	39.65	30.81	5.12	34.56
32	76.16	64.82	54.60	44.85	40.20	33.95	10.94	28.61
33	78.86	67.52	57.30	47.55	42.90	37.72	16.97	23.51
34	81.06	69.78	59.56	49.82	45.16	40.14	24.11	17.19
35	84.33	73.05	62.83	53.08	48.43	43.54	28.93	9.61
36	86.77	75.59	65.40	55.71	51.16	46.78	33.83	3.42

## Profilo Ps10 - Onde SH - Tempi misurati

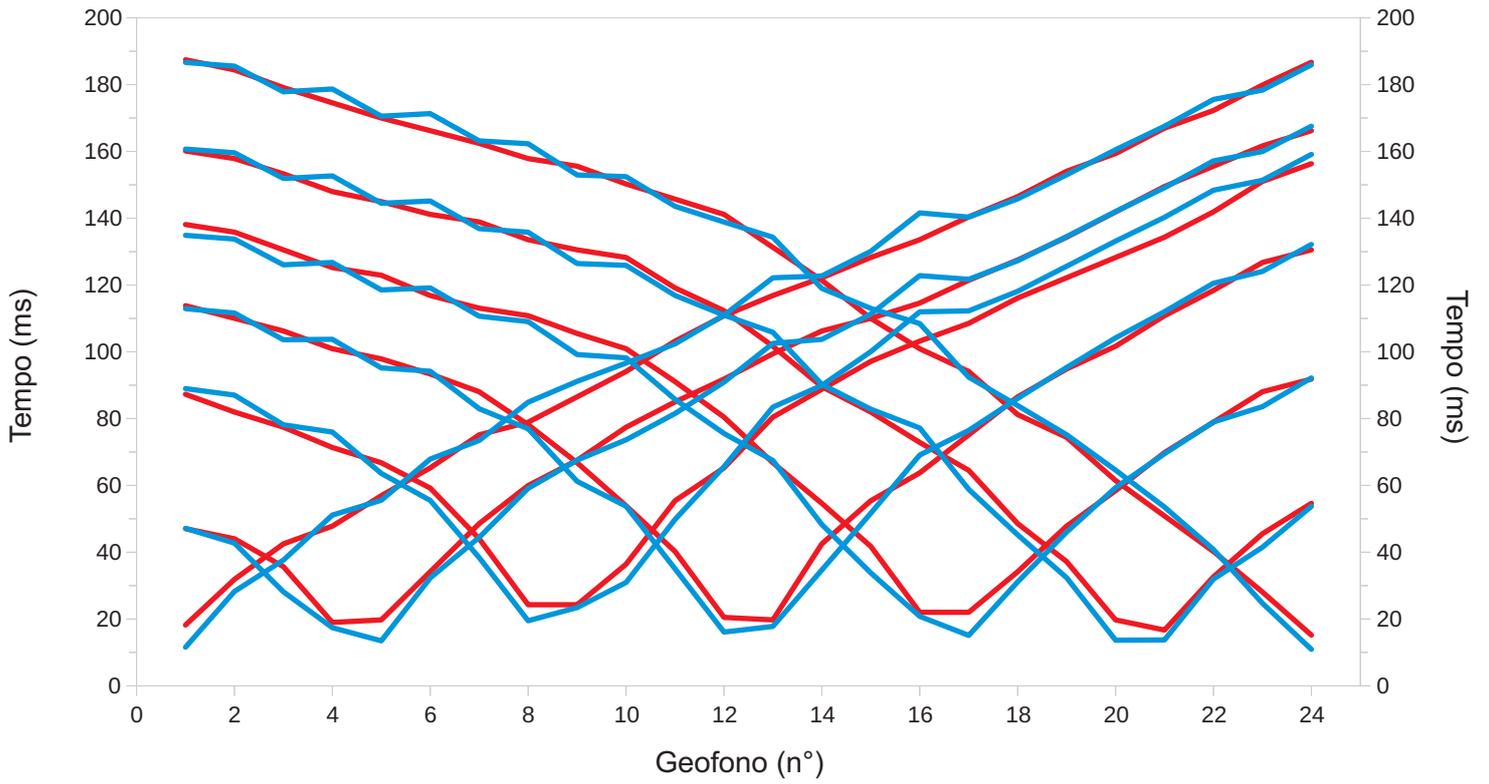
Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms
1	18.6	66.0	100.3	121.1	151.2	187.3	225.1	260.3
2	41.2	61.2	96.9	114.3	142.6	181.3	216.5	253.4
3	50.9	48.1	88.7	108.2	139.2	168.4	212.2	245.7
4	63.2	36.4	83.2	103.1	132.3	164.1	206.2	239.7
5	70.8	21.3	77.0	95.4	128.0	158.1	198.4	236.2
6	81.8	22.0	70.1	91.9	124.6	152.9	195.9	232.0
7	90.0	32.3	67.4	86.8	117.7	147.8	191.6	225.9
8	98.3	39.9	54.3	78.2	113.4	142.6	183.8	222.5
9	103.1	47.4	40.6	72.2	104.8	136.6	177.8	216.5
10	106.5	55.0	17.2	62.7	90.2	121.1	163.2	203.6
11	110.0	62.5	16.5	58.4	86.8	117.7	158.1	198.4
12	113.4	71.5	33.0	52.4	78.2	110.8	152.1	194.2
13	118.2	81.8	49.5	46.4	73.9	104.0	147.8	187.3
14	122.3	86.6	57.7	38.7	69.6	101.4	140.9	184.7
15	126.5	88.7	59.8	21.5	64.4	94.5	135.7	180.4
16	129.9	92.1	62.5	24.1	60.1	87.6	129.7	176.1
17	136.1	97.6	66.0	33.5	57.6	84.2	125.4	167.5
18	143.6	103.1	70.8	41.2	50.7	79.9	120.3	164.1
19	147.1	108.6	76.3	47.3	39.5	73.0	115.1	158.9
20	152.6	116.2	81.1	56.7	22.3	68.7	110.0	152.9
21	158.1	122.3	85.9	61.0	21.5	65.3	104.8	147.8
22	165.6	133.3	95.5	72.2	33.5	56.7	100.5	146.0
23	173.2	138.8	103.1	79.9	46.4	51.5	96.2	138.3
24	178.7	143.6	109.3	89.3	55.0	37.8	91.1	133.2
25	186.2	149.1	120.3	94.5	62.7	18.9	82.5	128.9
26	192.4	156.0	126.5	100.5	69.6	19.8	71.3	124.6
27	197.9	165.6	135.4	104.0	77.3	31.8	61.0	119.4
28	205.5	172.5	137.5	111.7	84.2	46.4	49.0	112.5
29	213.1	180.1	146.4	120.3	93.6	61.0	36.9	104.0
30	219.9	185.6	156.0	129.7	100.5	69.6	24.9	94.5
31	227.5	194.5	161.5	137.5	110.0	79.9	26.6	84.2
32	233.0	202.7	167.0	142.6	113.4	87.6	32.6	73.9
33	239.2	207.6	169.8	152.1	120.3	95.4	50.7	61.9
34	247.4	215.8	175.9	156.4	130.6	105.7	59.3	45.5
35	252.9	220.6	188.3	162.4	139.2	110.8	68.7	29.2
36	259.1	228.9	194.5	169.2	147.8	117.7	79.0	22.3

## Profilo Ps10 - Onde SH - Tempi calcolati

Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms	Shot 8 ms
1	16.31	74.86	109.43	125.67	155.09	187.70	224.74	264.19
2	39.12	65.70	104.28	120.64	150.15	182.80	219.84	259.30
3	45.68	46.22	87.63	104.25	133.76	166.49	203.63	243.09
4	58.33	31.00	81.05	100.20	129.75	162.60	199.92	239.41
5	71.91	14.84	72.96	95.12	124.91	157.75	195.53	235.73
6	83.81	19.38	65.08	89.09	118.94	151.78	189.56	230.17
7	85.14	27.33	55.57	80.79	110.85	143.70	181.47	222.31
8	92.90	41.86	44.39	75.00	105.82	138.68	176.45	218.11
9	101.32	57.12	30.06	67.63	98.72	131.57	169.34	211.03
10	111.23	70.23	9.93	61.72	93.11	125.96	163.73	205.42
11	108.21	68.45	18.66	51.63	83.35	116.25	154.03	195.72
12	116.82	78.05	31.53	48.58	81.01	113.94	151.73	193.64
13	119.56	84.51	45.03	38.72	73.54	106.71	144.61	186.56
14	124.43	89.71	55.08	28.84	69.91	103.41	141.42	183.51
15	133.83	99.36	67.14	18.95	70.29	104.23	142.24	184.56
16	130.53	96.22	65.31	12.05	56.88	92.14	130.28	173.27
17	138.45	104.14	73.71	28.88	54.13	90.67	128.97	172.34
18	139.27	104.96	74.95	36.07	41.12	80.85	119.35	162.94
19	150.20	115.88	85.87	48.72	34.09	81.07	120.07	163.89
20	153.41	119.51	89.50	53.94	11.82	68.33	108.20	152.14
21	164.45	130.58	100.66	66.16	15.42	69.36	110.02	154.17
22	164.60	130.73	100.81	66.79	29.30	56.46	99.25	143.78
23	170.72	136.84	106.94	73.19	42.71	45.89	92.79	138.26
24	180.10	146.23	116.32	83.19	54.76	34.15	90.20	137.22
25	186.20	152.33	122.42	89.29	63.08	16.96	79.28	128.89
26	196.39	162.75	132.84	100.03	74.04	16.96	73.31	126.44
27	197.32	163.68	133.77	100.96	75.67	26.78	62.30	117.43
28	207.28	173.70	143.79	111.02	86.07	42.04	50.87	112.36
29	212.85	179.26	149.36	116.59	92.04	55.86	33.21	100.29
30	222.15	188.75	158.84	126.07	101.64	68.40	14.63	92.50
31	233.23	200.66	170.97	138.36	114.33	83.38	16.91	86.47
32	232.65	200.08	170.71	138.44	114.81	86.56	31.57	69.28
33	241.24	208.68	179.47	147.45	123.81	97.06	47.57	58.80
34	246.51	214.25	185.11	153.13	130.15	104.12	60.31	43.79
35	253.60	221.33	192.55	160.57	137.59	112.29	70.80	27.69
36	262.82	230.77	202.04	170.12	147.46	122.39	83.42	11.44

Profilo Ps11

Dromocrone Onde SH



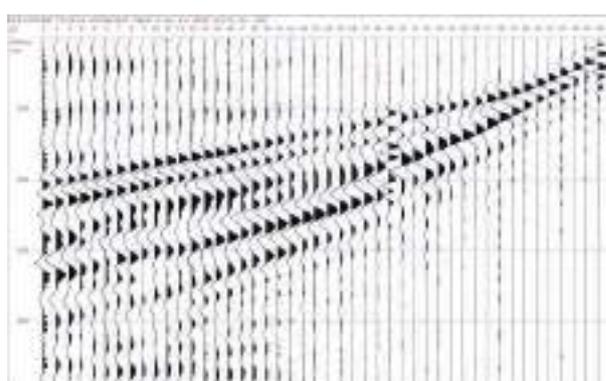
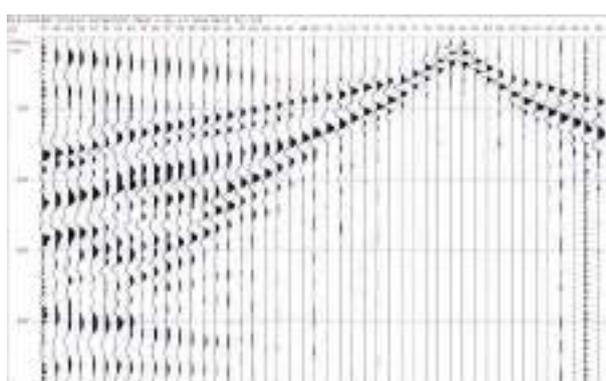
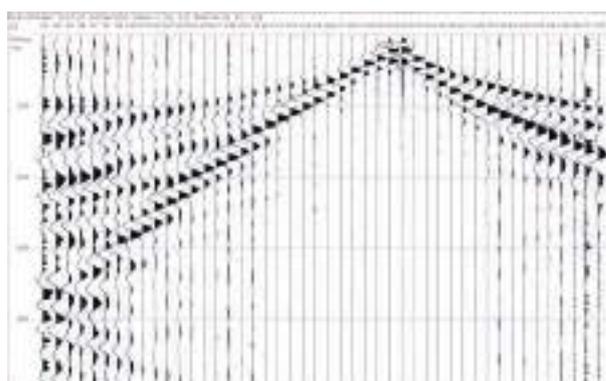
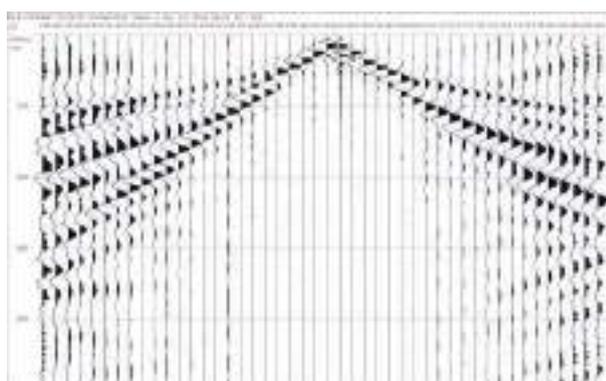
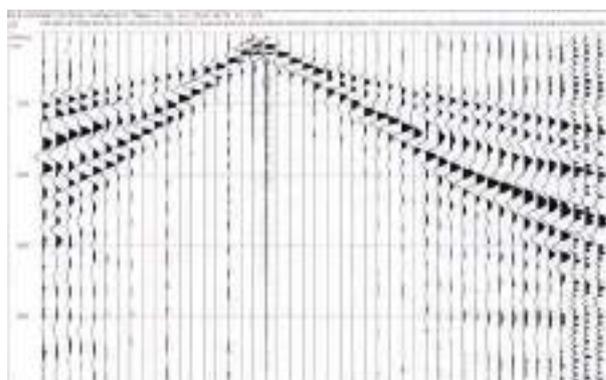
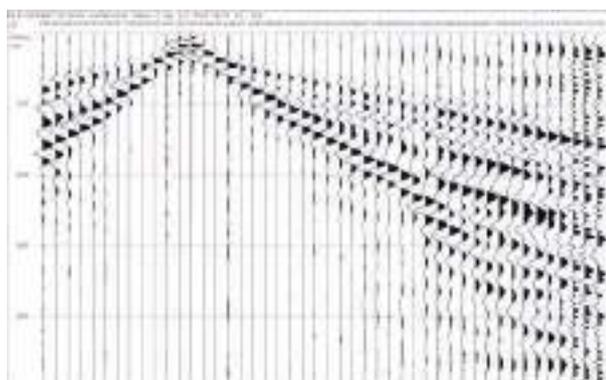
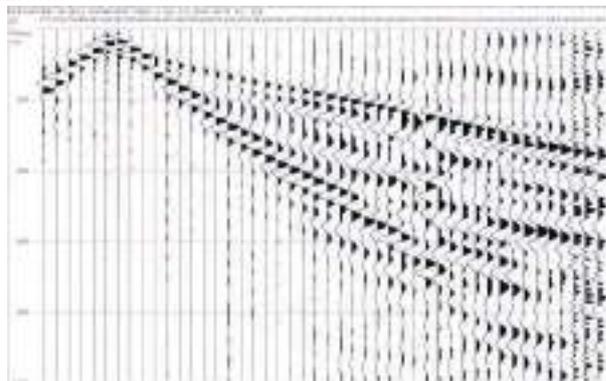
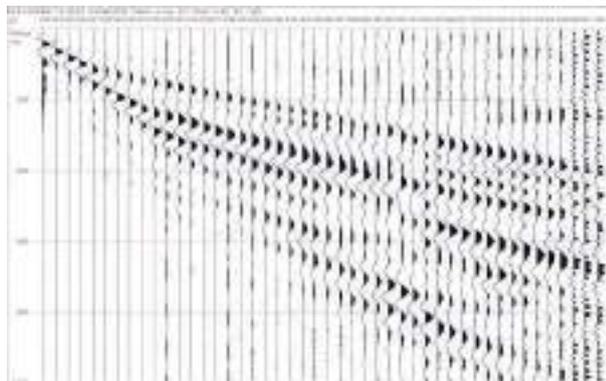
Tempi misurati  
Tempi ricalcolati

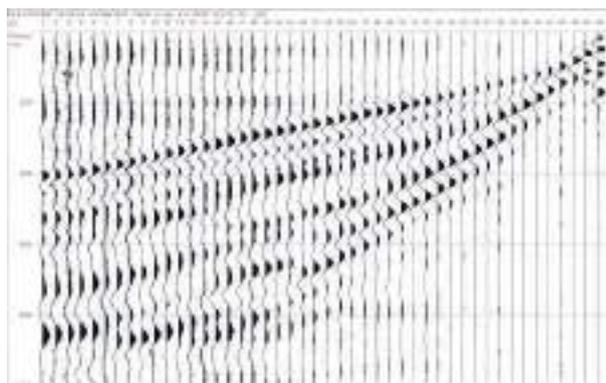
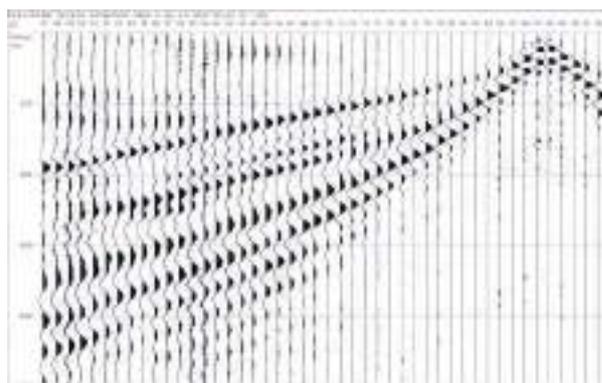
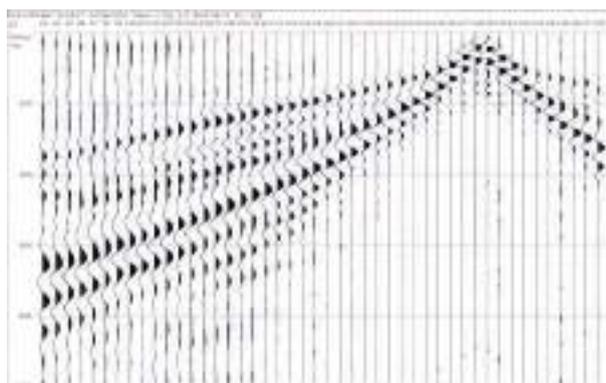
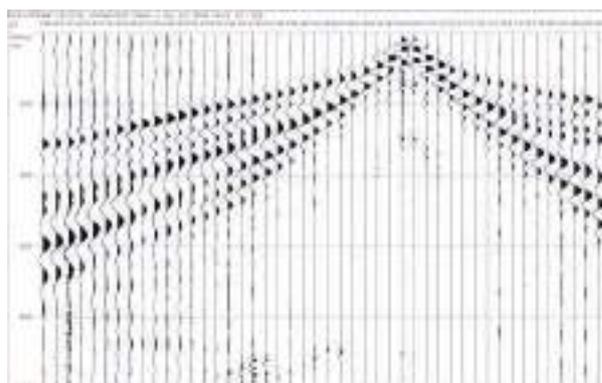
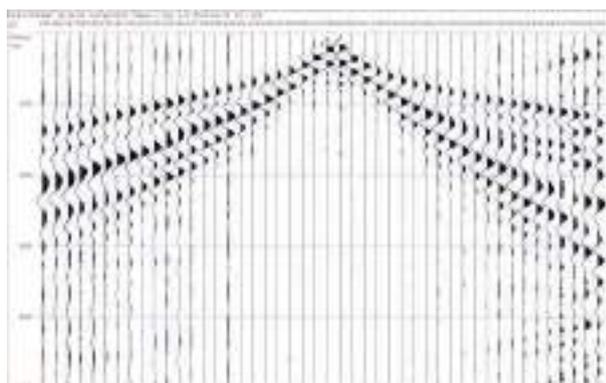
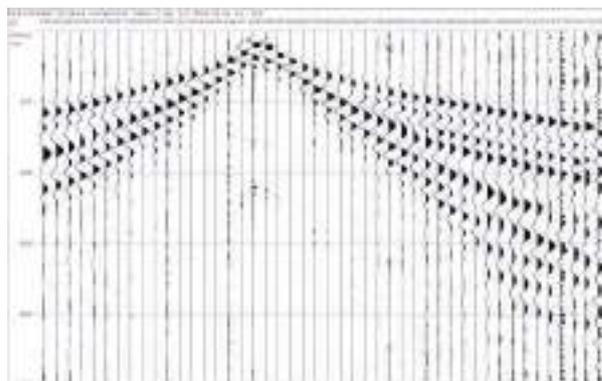
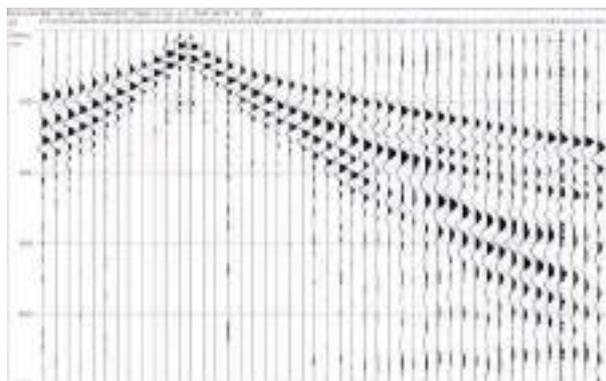
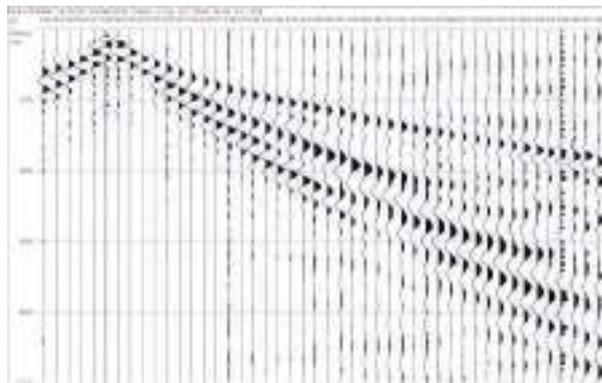
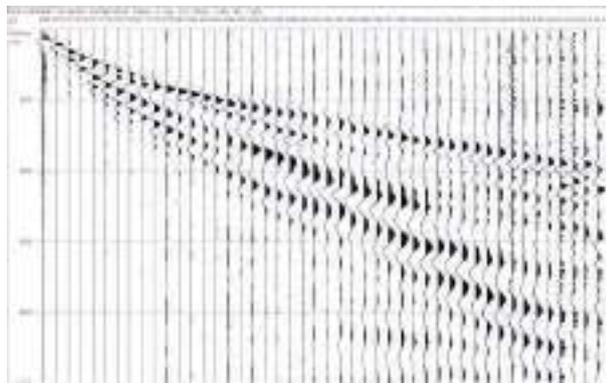
## Profilo Ps11 - Onde SH - Tempi misurati

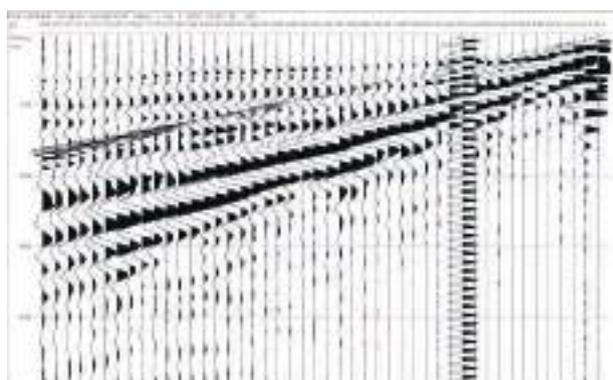
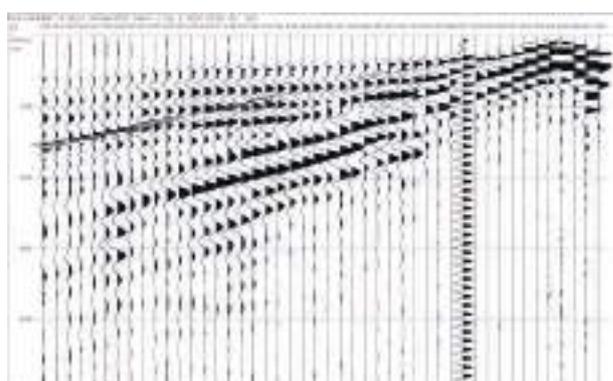
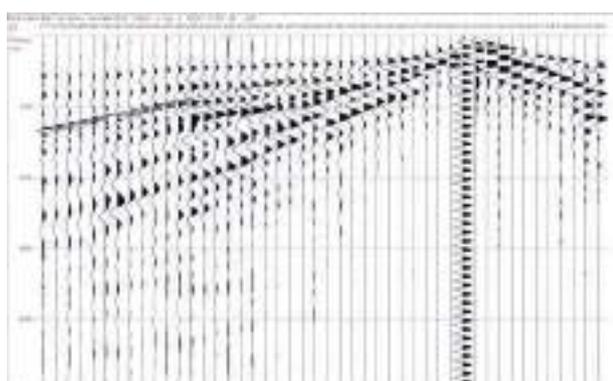
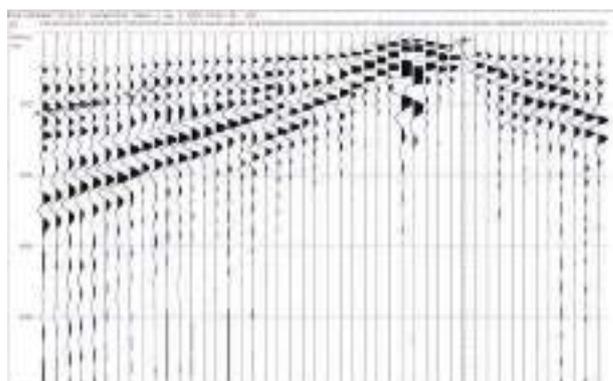
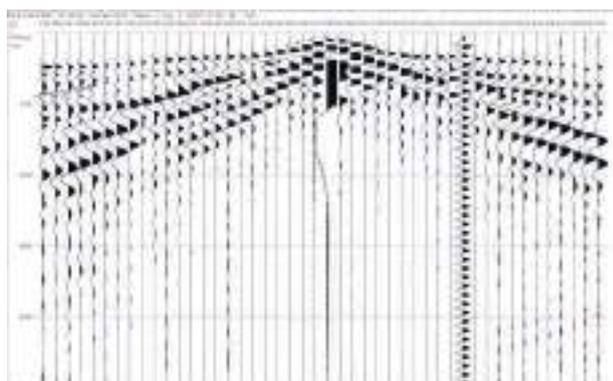
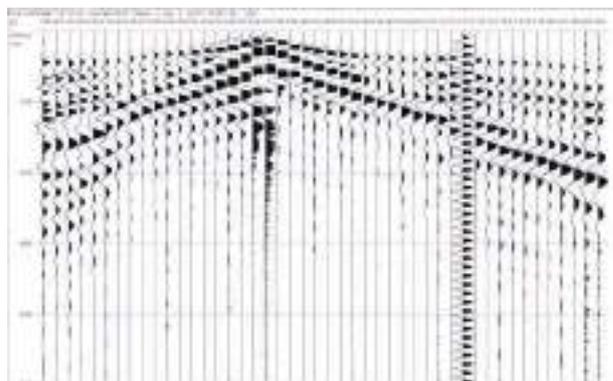
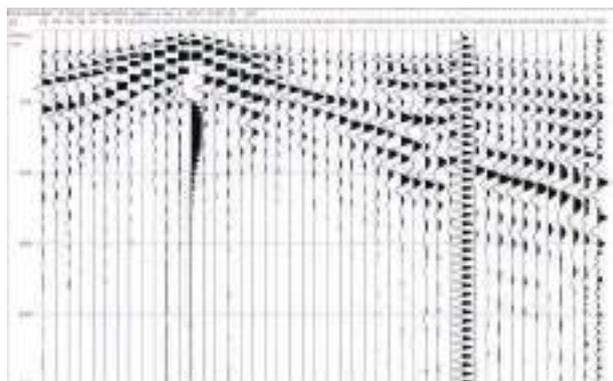
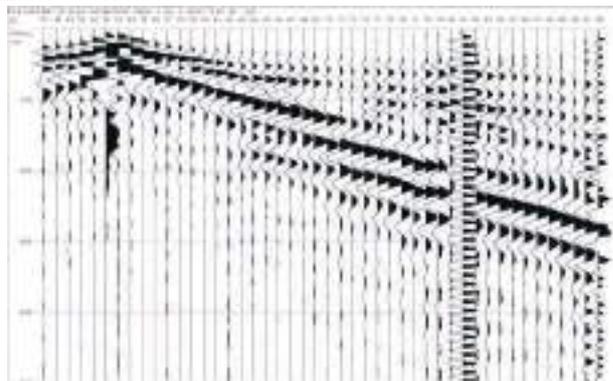
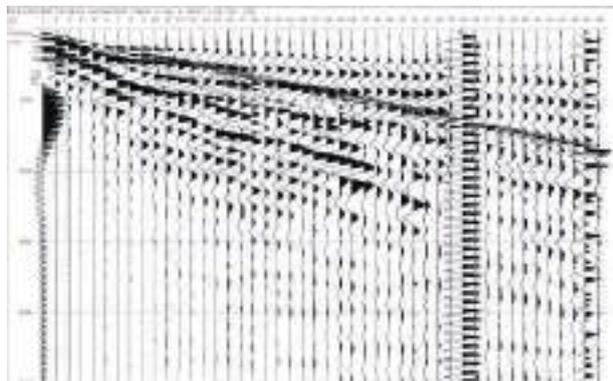
Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms
1	18.2	47.1	87.3	113.8	138.1	160.1	187.5
2	31.9	44.0	82.0	110.0	135.8	157.9	184.4
3	42.5	35.7	77.4	106.3	130.5	153.3	179.1
4	47.8	19.0	71.3	100.9	125.2	148.0	174.6
5	56.9	19.7	66.8	97.9	122.9	145.0	170.0
6	65.3	34.2	59.2	93.3	116.9	141.2	166.2
7	75.1	48.6	44.0	88.0	113.1	138.9	162.4
8	78.9	60.0	24.3	78.2	110.8	133.6	157.9
9	86.5	67.5	24.3	66.8	105.5	130.5	155.6
10	94.1	77.4	36.4	53.9	100.9	128.3	150.3
11	103.2	85.0	55.4	40.2	91.1	119.2	145.7
12	110.8	91.8	65.3	20.5	80.4	112.3	141.2
13	116.9	99.4	80.4	19.7	66.8	101.7	131.3
14	122.2	106.3	88.8	42.5	54.6	89.6	121.4
15	128.3	110.0	97.1	55.4	41.7	82.0	110.0
16	133.6	114.6	103.2	63.8	22.0	72.9	100.9
17	140.4	121.4	108.5	75.1	22.0	64.5	94.1
18	146.5	127.5	116.1	86.5	34.2	48.6	81.2
19	154.1	134.3	122.2	94.9	47.8	37.2	74.4
20	159.4	141.9	128.3	101.7	58.4	19.7	61.5
21	167.0	149.5	134.3	110.8	69.8	16.7	50.9
22	172.3	155.6	141.9	118.4	78.9	32.6	40.2
23	179.9	161.6	151.0	126.7	88.0	45.5	28.1
24	186.7	166.2	156.3	130.5	91.8	54.6	15.2

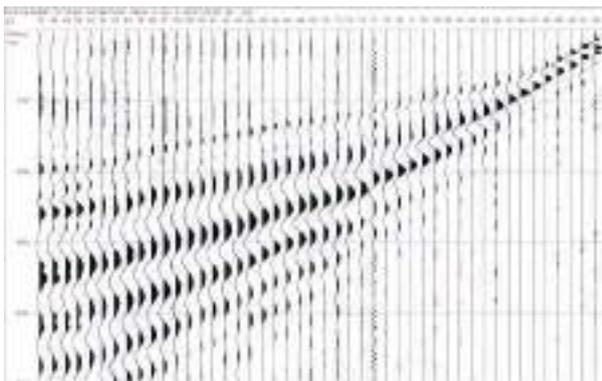
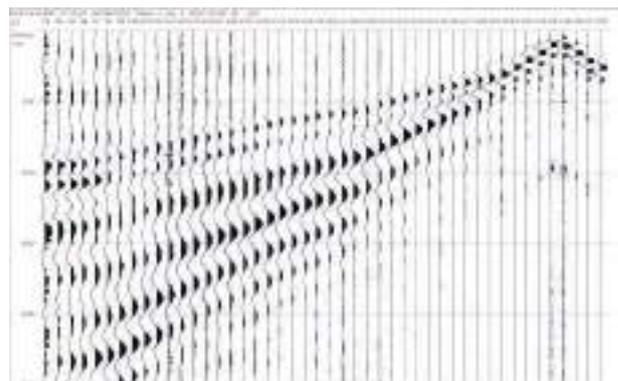
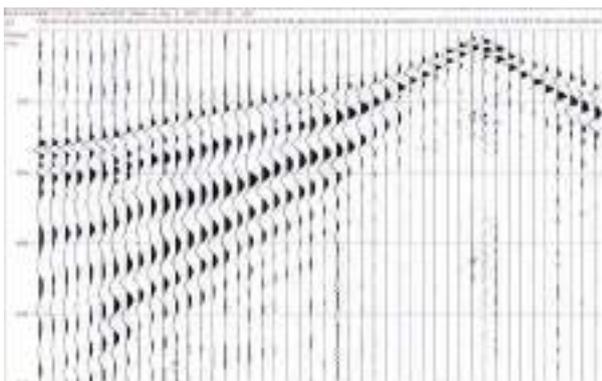
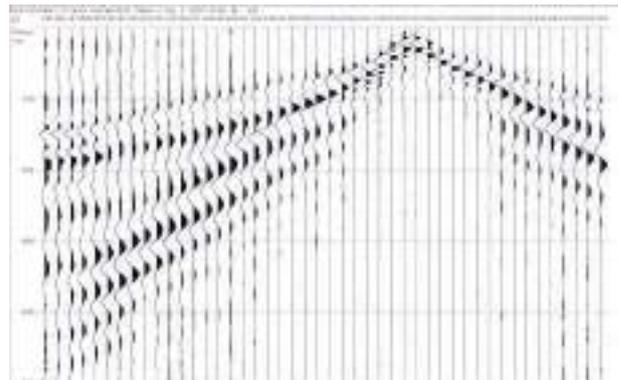
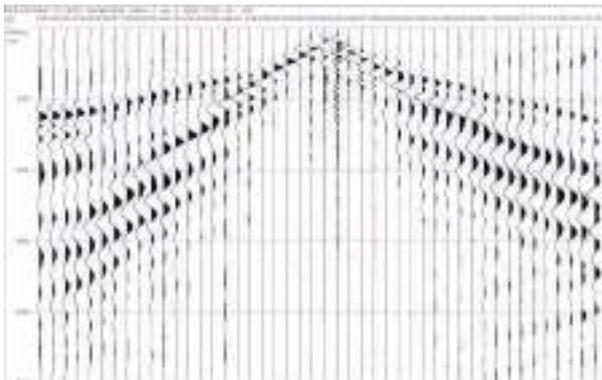
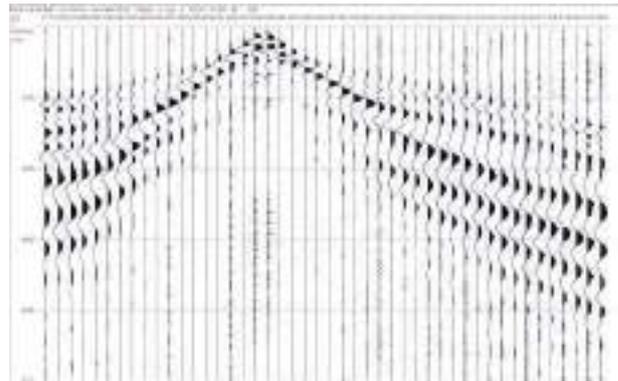
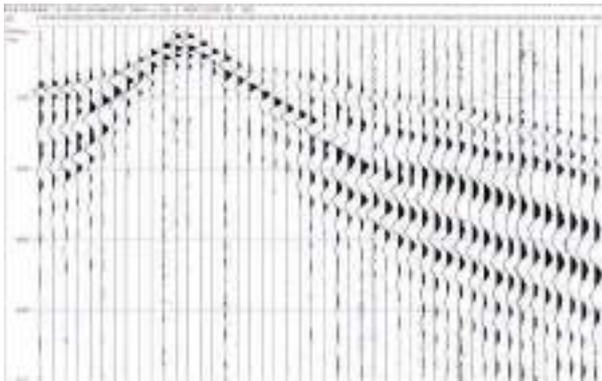
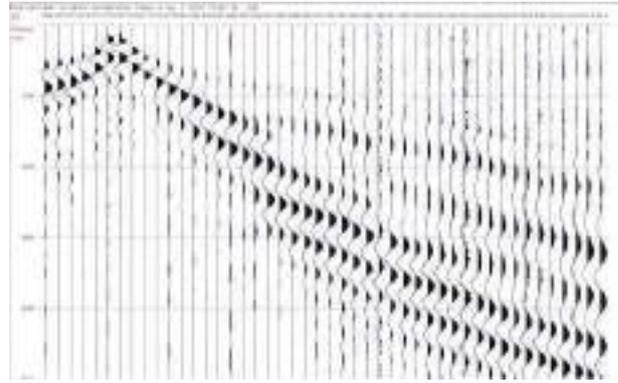
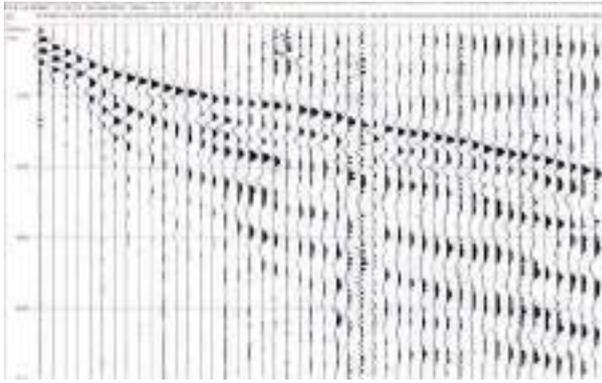
## Profilo Ps11 - Onde SH - Tempi calcolati

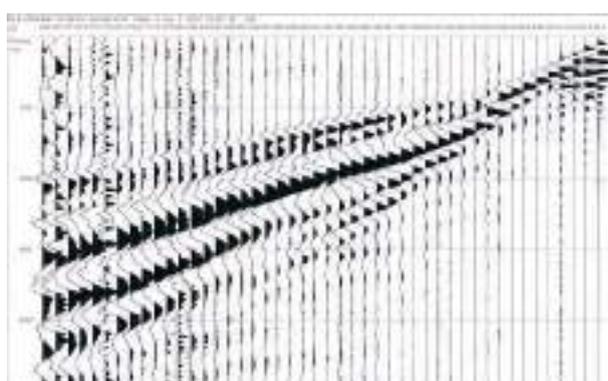
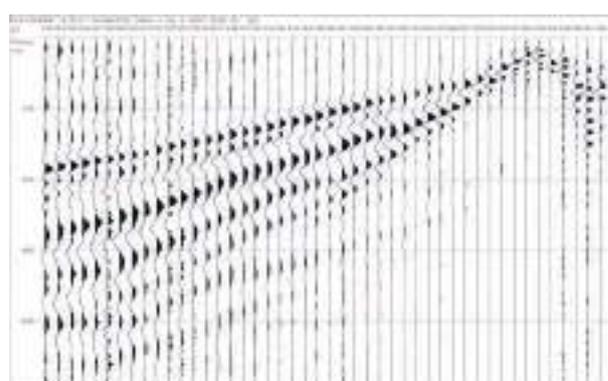
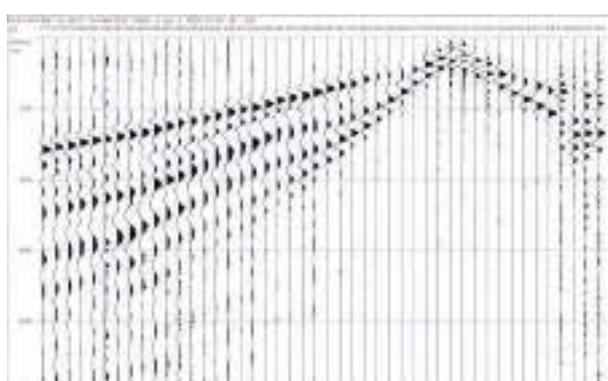
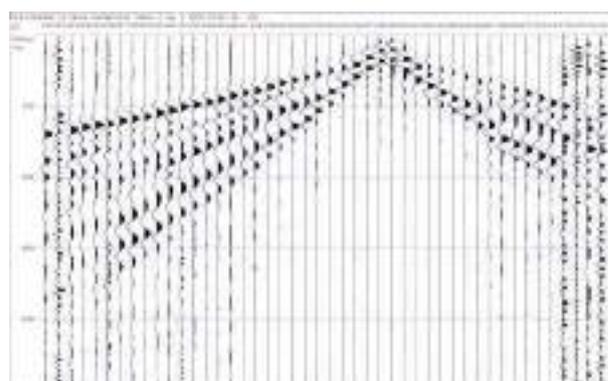
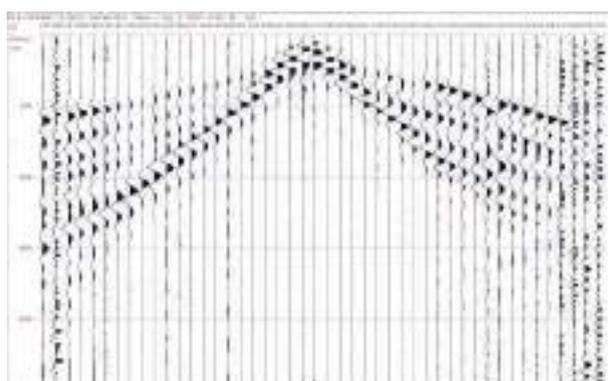
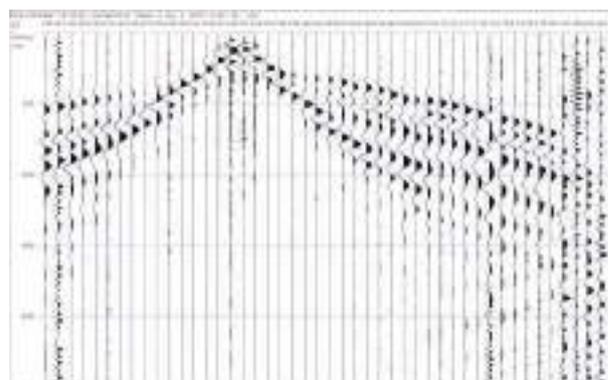
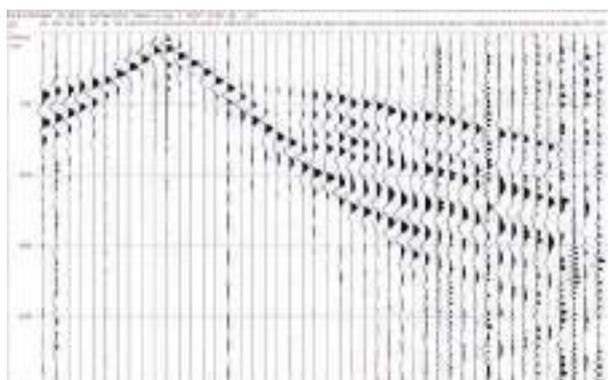
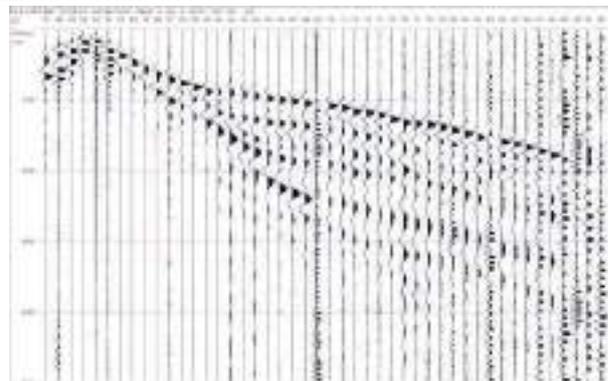
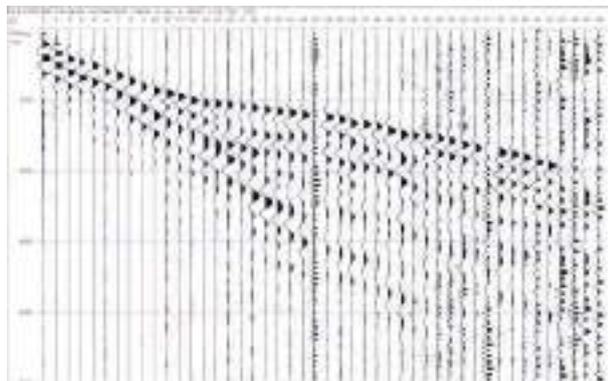
Geofono N°	Shot 1 ms	Shot 2 ms	Shot 3 ms	Shot 4 ms	Shot 5 ms	Shot 6 ms	Shot 7 ms
1	11.55	47.12	88.99	112.92	134.88	160.70	186.63
2	28.26	42.72	87.02	111.63	133.77	159.59	185.52
3	37.64	28.15	78.12	103.62	126.04	151.89	177.85
4	51.12	17.40	75.96	103.76	126.76	152.67	178.68
5	55.55	13.47	63.59	95.17	118.53	144.47	170.55
6	67.88	32.30	55.51	94.18	119.13	145.16	171.32
7	73.45	44.45	38.37	82.95	110.67	136.88	163.16
8	84.89	59.12	19.49	76.94	109.05	135.82	162.30
9	91.15	67.58	23.42	61.21	99.19	126.44	152.95
10	96.66	73.65	30.94	53.77	98.21	125.88	152.43
11	102.37	81.52	49.82	35.03	85.75	116.88	143.56
12	110.97	90.91	65.61	16.09	75.53	110.99	138.86
13	122.16	102.53	83.42	17.78	67.46	105.87	134.33
14	122.73	103.73	89.95	34.68	48.30	90.24	119.00
15	130.08	111.30	100.06	51.67	33.82	82.80	113.01
16	141.60	122.82	111.99	69.09	20.80	77.17	108.46
17	140.34	121.72	112.26	76.46	15.09	58.82	92.40
18	145.80	127.29	118.13	86.03	31.11	45.20	83.89
19	153.00	134.50	125.63	95.30	46.04	32.37	75.16
20	160.51	142.01	133.13	104.17	59.33	13.65	64.55
21	167.53	149.14	140.27	112.03	69.49	13.73	53.51
22	175.54	157.15	148.38	120.53	78.98	31.96	40.81
23	178.35	159.96	151.37	124.08	83.57	41.49	24.72
24	185.94	167.54	159.12	132.17	92.17	53.72	10.92

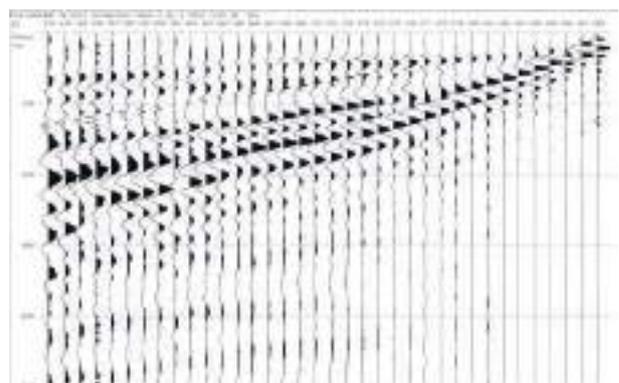
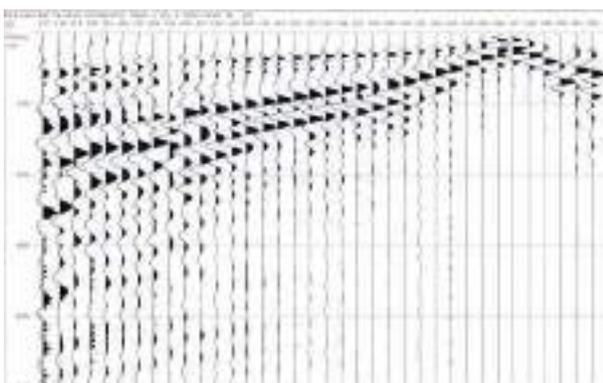
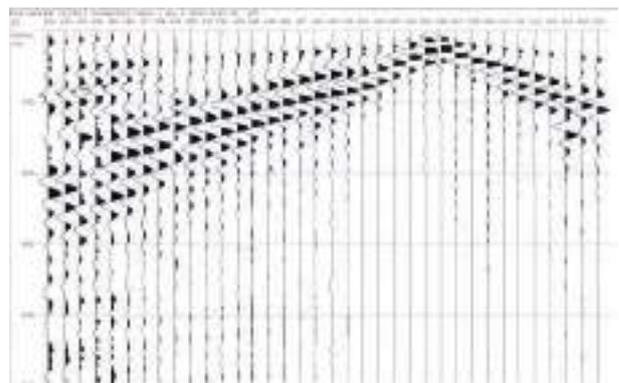
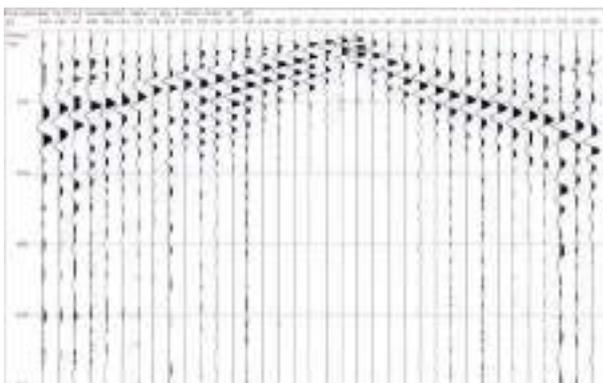
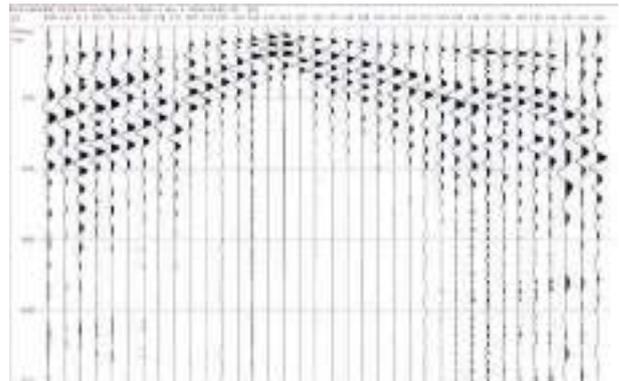
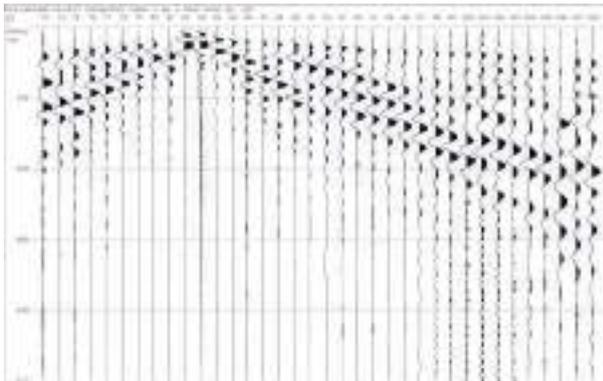
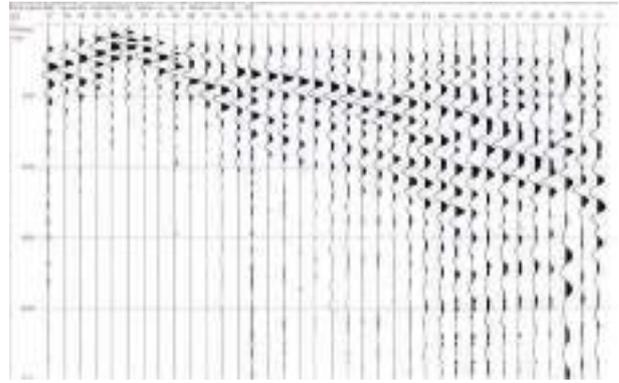
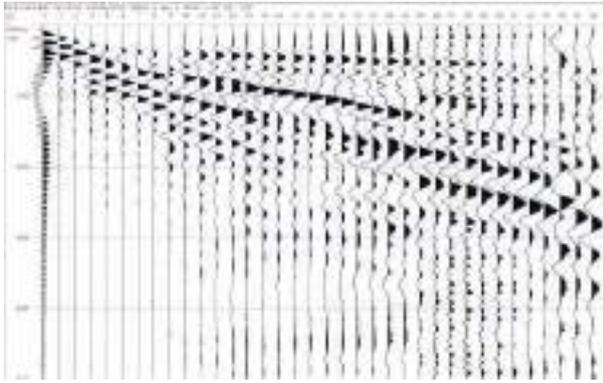


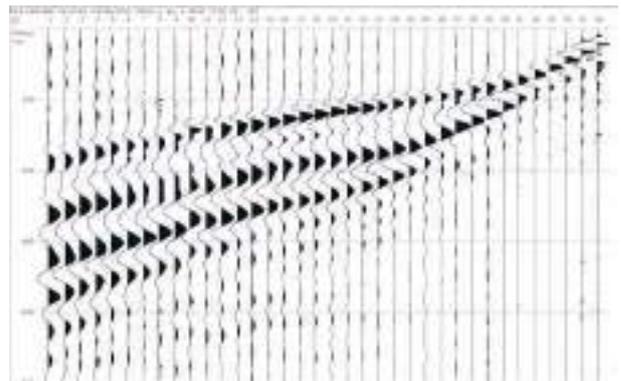
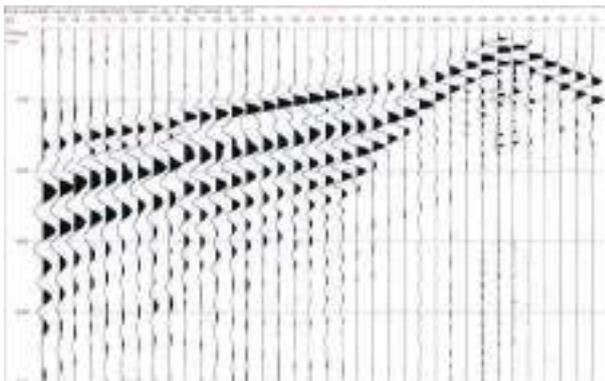
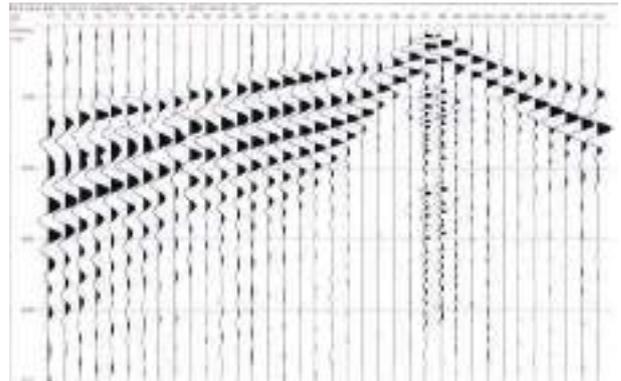
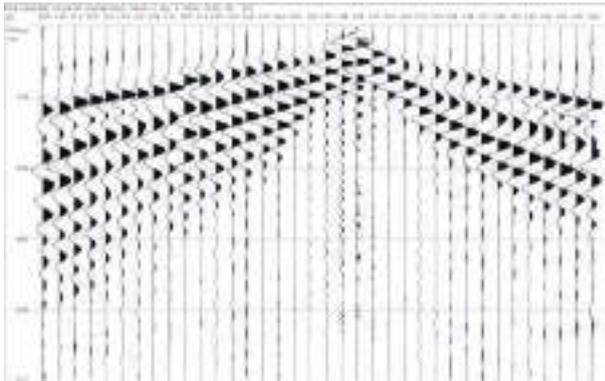
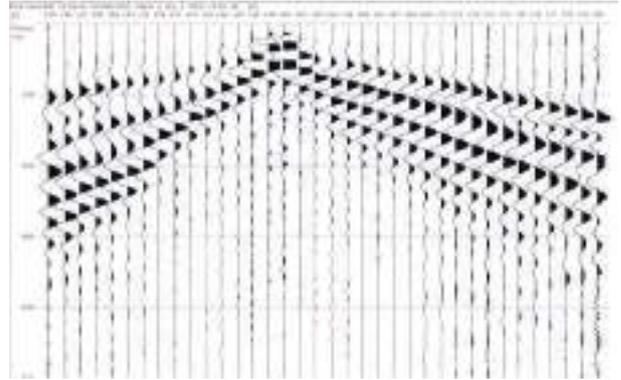
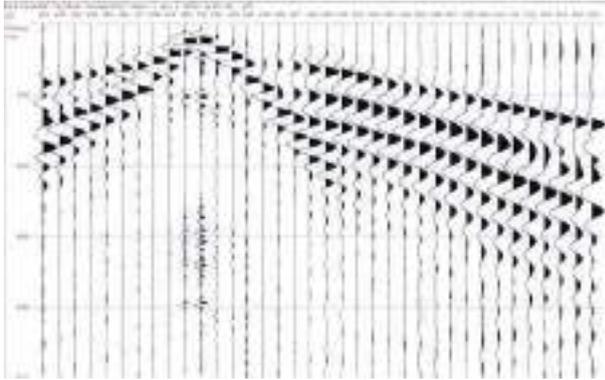
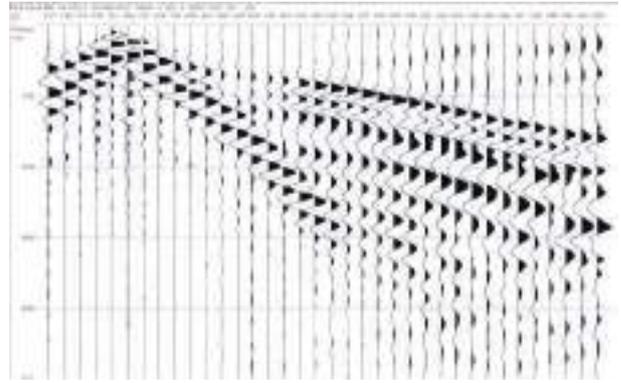
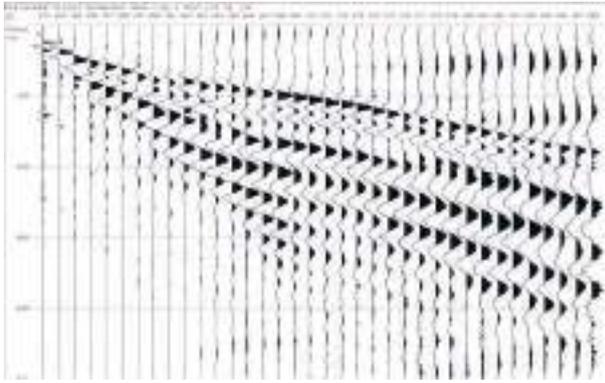


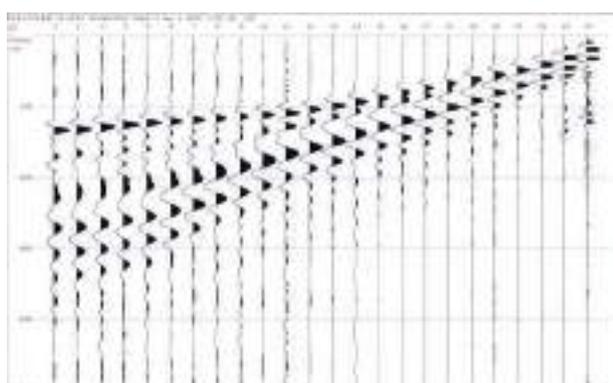
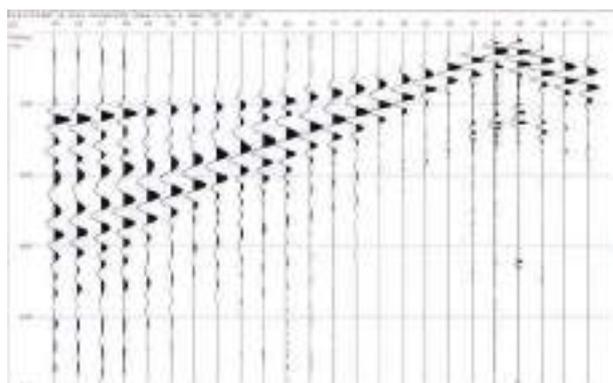
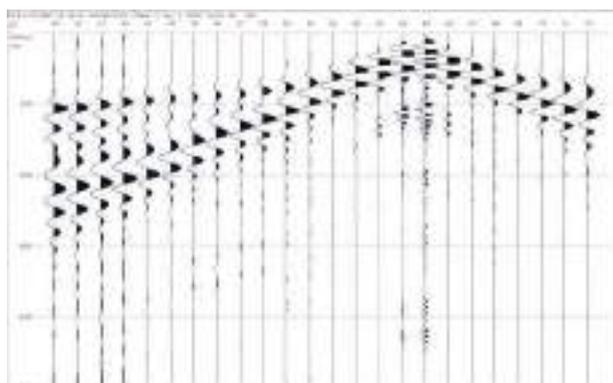
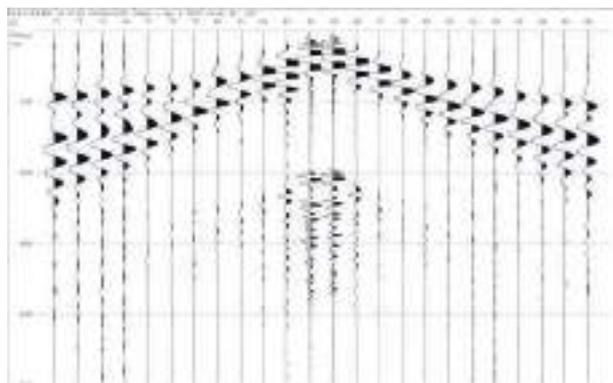
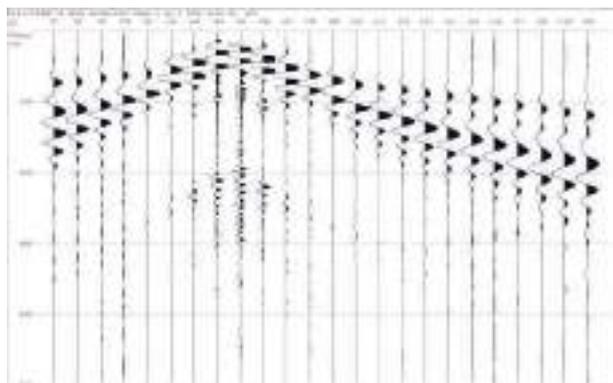
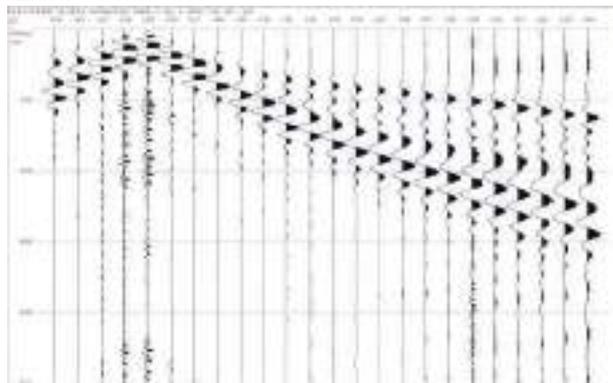
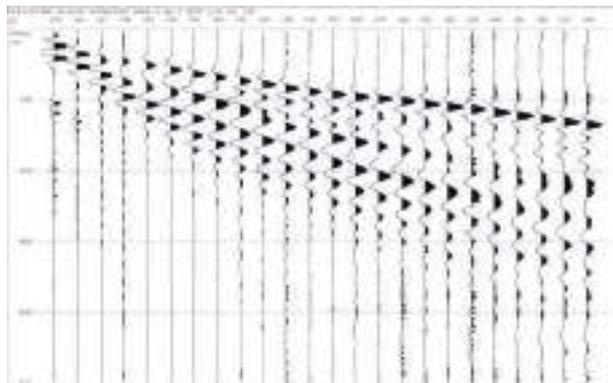












Rapporto di prova n° 191-21

**IGETECMA s.n.c**

Committente: REGIONE TOSCANA

Cantiere:  
SR6 Lotto 5 - Variante Urbinese  
PF3

Tomografia sismica

Documentazione fotografica





**IGETECMA s.n.c. Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali**

Laboratorio autorizzato con D.M. n. 54143 del 07/11/2005 ai sensi della Circolare 08/09/10 n. 7618/STC

Esecuzione e certificazione prove geotecniche – settore A

Laboratorio autorizzato con D.M. n. 162 del 19/04/2011 ai sensi dell'art. 20 della L. n. 1086/71

Prove e controlli su strutture e materiali da costruzione – settore A

## Rapporto di Prova n°191-21-S

Montelupo Fiorentino 12/06/2021

**SETTORE:** Geofisica – Tomografia elettrica

**COMMITTENTE:** REGIONE TOSCANA

**CANTIERE:** SR 69 – Lotto 5 – Variante Urbinese - PF3

**RICHIEDENTE:** Geol. Marco Vanancore

**RIFERIMENTO:** R.P.E. n°9-10-40/21

Indice:

- 1 Scopo dell'indagine (Pag.2)
- 2 Cenni sul metodo geoelettrico (Pag.2)
- 2 Descrizione del sistema di acquisizione dati (Pag.4)
- 3 Modalità di acquisizione dei dati (Pag.5)
- 4 Presentazione dei dati (Pag.6)
- 5 Analisi dei risultati (Pag.6)

Il Direttore del Laboratorio

Ing. F. Politi

Il Tecnico

Geol. A. Farolfi



## 1 Scopo dell'indagine

Su incarico della REGIONE TOSCANA, il 29/12/2020, è stata eseguita un'indagine geofisica mediante Tomografia elettrica nell'ambito delle indagini per la SR 69 – Lotto 5 – Variante Urbinese - PF3. Scopo dell'indagine è stata la caratterizzazione dielettrica dei terreni presenti. E' stata eseguita n°1 sezione di tomografia elettrica con 96 canali e spaziatura di 1.5 m, per un totale di 142.5 m di rilievo.

## 2 Cenni sul metodo geoelettrico

La geoelettrica è un metodo geofisico che permette di determinare le caratteristiche di resistività del sottosuolo. Il metodo di resistività si basa sullo studio del campo elettrico generato nel terreno in seguito all'immissione di una corrente continua in modo da rendere trascurabili i fenomeni di induzione. Sotto queste condizioni la distribuzione di corrente è regolata dalla legge di Ohm. Le rocce possono essere considerate fondamentalmente isolanti. La loro resistività è funzione di alcune variabili tra cui il contenuto d'acqua, la tessitura, la porosità, la temperatura. Dipendendo da diverse caratteristiche i valori di resistività all'interno di uno stesso litotipo possono essere molto variabili, non permettendone una interpretazione univoca. In Tabella 1 e 2 sono riportati gli intervalli dei valori di resistività  $\rho$  ( $\Omega \cdot m$ ) e in tabella 2 di resistività e porosità  $\Phi$  (%) per alcuni litotipi; i valori inferiori si riferiscono al materiale saturo, i superiori al materiale anidro.

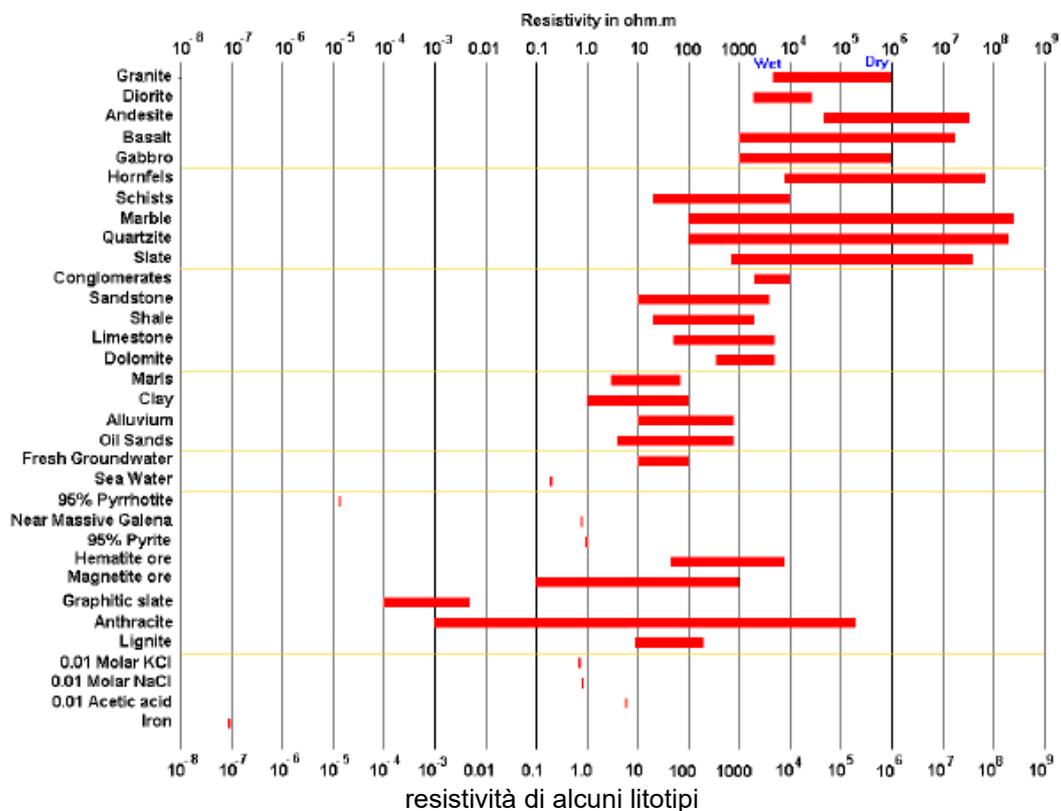


Tabella 1 – Valori medi di

Litotipo	$\Omega \cdot m$	$\Phi$ (%)
----------	------------------	------------

Acqua	10 - 100	-
Acqua di mare	2 - 3	-
Arenarie	200 - 5000	7 - 30
Argille	1 - 50	40 - 70
Calcarei	300 - 10000	2 - 30
Detrito alluvionale	50 - 1000	15 - 60
Dolomie	500 - 10000	2 - 20
Ghiaia e sabbia	70 - 700	30 - 60
Graniti	1000 - 20000	0.2 - 0.8
Marne	100 - 500	8 - 15
Piroclastiti	50 - 600	15 - 60
Rocce ignee	100 - 10000	3 - 10
Suolo di copertura	10 - 200	60 - 90
Tufi	150 - 900	10 - 40

Tabella 2 – Valori medi di resistività e porosità (da Carrara, Rampolla e Roberti – 1992)

Il metodo cosiddetto “quadripolare”, usato nella presente indagine, consiste nell'immettere una corrente elettrica all'interno del terreno mediante due elettrodi di corrente (detti A e B) e misurare la differenza di potenziale che si genera ai due elettrodi di misura (detti M e N).

Come stabilisce la legge di Ohm:

$$\Delta V / I * K = \rho_a$$

il rapporto tra la differenza di potenziale misurata (  $\Delta V$  ) e la misura della intensità della corrente immessa nel terreno (  $I$  ), per un fattore geometrico  $K$  (funzione della geometria del sistema di misura), determina il valore del parametro elettrico  $\rho_a$  denominato resistività apparente, che ha per unità di misura l'Ohm \* m ( $\Omega m$ ).

Tale parametro è funzione dalle diverse caratteristiche elettriche delle porzioni di suolo (e quindi dei diversi terreni), che in profondità sono interessate dal campo elettrico.

Concettualmente, la resistività apparente  $\rho_a$  fornisce un valore medio di resistività per il volume di terreno attraversato dalla corrente: aumentando la spaziatura  $a$  fra gli elettrodi (cfr. schema di Figura 1) il volume medio di terreno attraversato dalla corrente aumenta e la misura si riferisce quindi a profondità maggiori.

Ripetendo quindi le misure per spaziature  $a$  crescenti lungo un profilo si ottiene la pseudosezione di resistività, che dà una versione approssimata della vera distribuzione della resistività del terreno: mediante algoritmi di inversione dei dati si ottiene il modello di terreno che meglio approssima i dati misurati.

Per inversione tomografica si intende la ricostruzione della distribuzione di un parametro (in questo caso la resistività) che caratterizza un mezzo (il terreno) attraversato da una funzione dipendente dal parametro scelto per l'analisi (resistività apparente).

La ricerca del modello di distribuzione di resistività del terreno che ottimizza i dati viene effettuata in modo iterativo fino al raggiungimento della soluzione che minimizza l'errore fra i valori misurati e quelli calcolati sulla soluzione ottenuta. Viene utilizzato un modello di partenza privo di condizioni iniziali al fine di eliminare qualsiasi valutazione preliminare sull'assetto geologico che, in caso di imprecisioni, potrebbe dirottare verso una soluzione che non minimizzi l'errore.

Il modello iniziale e la soluzione finale sono costituiti da una serie di celle rettangolari all'interno delle quali il valore di resistività rimane costante: tale valore viene aggiornato ad ogni iterazione del procedimento di calcolo per raggiungere il miglior risultato.

Il software utilizzato per la ricostruzione della resistività del terreno si basa su una soluzione del metodo dei minimi quadrati vincolati alla regolarità: tale metodo assicura che le variazioni del modello di resistività cambino in maniera graduale. Infine i valori del risultato vengono interpolati fra loro per ottenere una distribuzione continua di resistività. Per l'interpolazione è stato utilizzato il metodo del *Kriging* che è ideale per distribuzioni regolari di dati.

## **2 Descrizione del sistema di acquisizione dati**

La strumentazione usata nella presente indagine consiste in un georesistivimetro della IRIS Instruments modello *Syscal R1 Plus Switch 96* munito di 96 canali di misura, con n°4 cavi da 24 attacchi con spaziature di 3 m e picchetti in acciaio inox, con queste specifiche tecniche:

Sistema di energizzazione:

- Determinazione automatica dell'intensità di corrente
- Intensità: fino a 2500 mA;
- Vtaggio: fino a 600 V (1200 V p/p);
- Potenza: fino a 200 W;
- Tempo di misura: selezionabile da 0.25 sec a 10.0 sec;
- Precisione di misura corrente: 0.5 %

Sistema di misura:

- Impedenza in ingresso: 10 M $\Omega$
- Vtaggio: da -10 V a +10 V, con protezione fino a 1000 V;
- Filtro Notch a 50/60 Hz
- Precisione di misura vtaggio: 0.5 %
- Riduzione del noise: da 1 a 255 misure in stack
- Compensazione automatica del Potenziale Spontaneo
- Controllo livello rumore per ciascun canale

- Memoria interna per ca. 3000 misure

Il sistema di acquisizione è programmabile mediante software per acquisire in maniera automatica tutte le configurazioni standard (Schlumberger, Wenner Alpha, Wenner–Schlumberger, Dipolo-Dipolo, Polo-Dipolo).

### 3 Modalità di acquisizione dei dati

Vengono stese le rotelle metriche sul terreno, infissi i picchetti alle progressive stabilite e collegati agli appositi attacchi sui cavi, viene effettuato il controllo di trasmissione fra tutti gli elettrodi e vengono effettuate tutte le misure stabilite per le configurazioni di A-B ed M-N previste. Nella presente indagine è stata utilizzata la configurazione di acquisizione Wenner-Schlumberger, per massimizzare la profondità di indagine e non perdere definizione delle variazioni di resistività.

In figura sono riportati la disposizione dei picchetti e lo schema di acquisizione per la configurazione utilizzata.

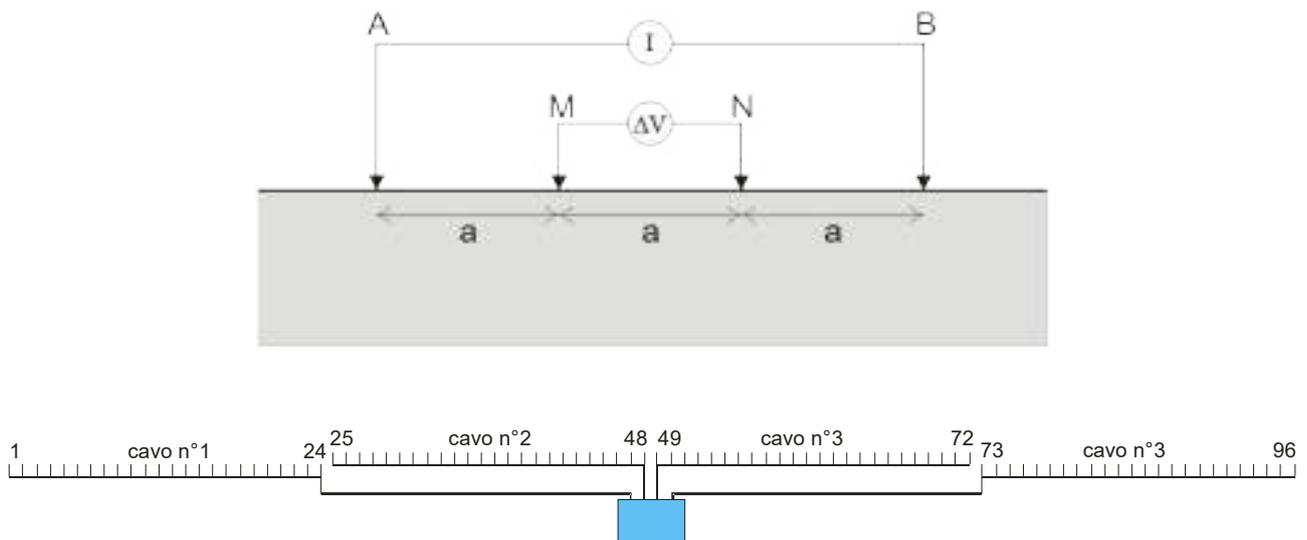


Fig. 2 – Schema acquisizione

In allegato vengono fornite tutte le misure per ciascuna configurazione con i rispettivi quadripoli.

Sezione	Config.	Eq.	Lunghezza	Misure	Misure filtrate	Tempo
1	Wenn.-Sch. Rec.	1.5 m	142.5 m	9152	8822	500 ms

Tabella 3 – Parametri di acquisizione

In tabella II sono riportate le misure effettuate durante l'acquisizione delle diverse configurazioni elettrodiche e il numero di misure utilizzato per l'inversione tomografica e la ricostruzione del modello di resistività del terreno.

#### 4 Presentazione dei dati

Nella presente relazione vengono forniti i seguenti elaborati:

- Ubicazione delle indagini
- Sezione tomografica

#### 5 Analisi dei risultati

Per l'interpretazione stratigrafica sono stati utilizzati i seguenti livelli principali:

Resistività	Litologia
< 40 Ohm / m	Argille limose
> 40 Ohm / m	Sabbie limoso argillose

Rapporto di prova n° 191-21

**IGETECMA s.n.c**

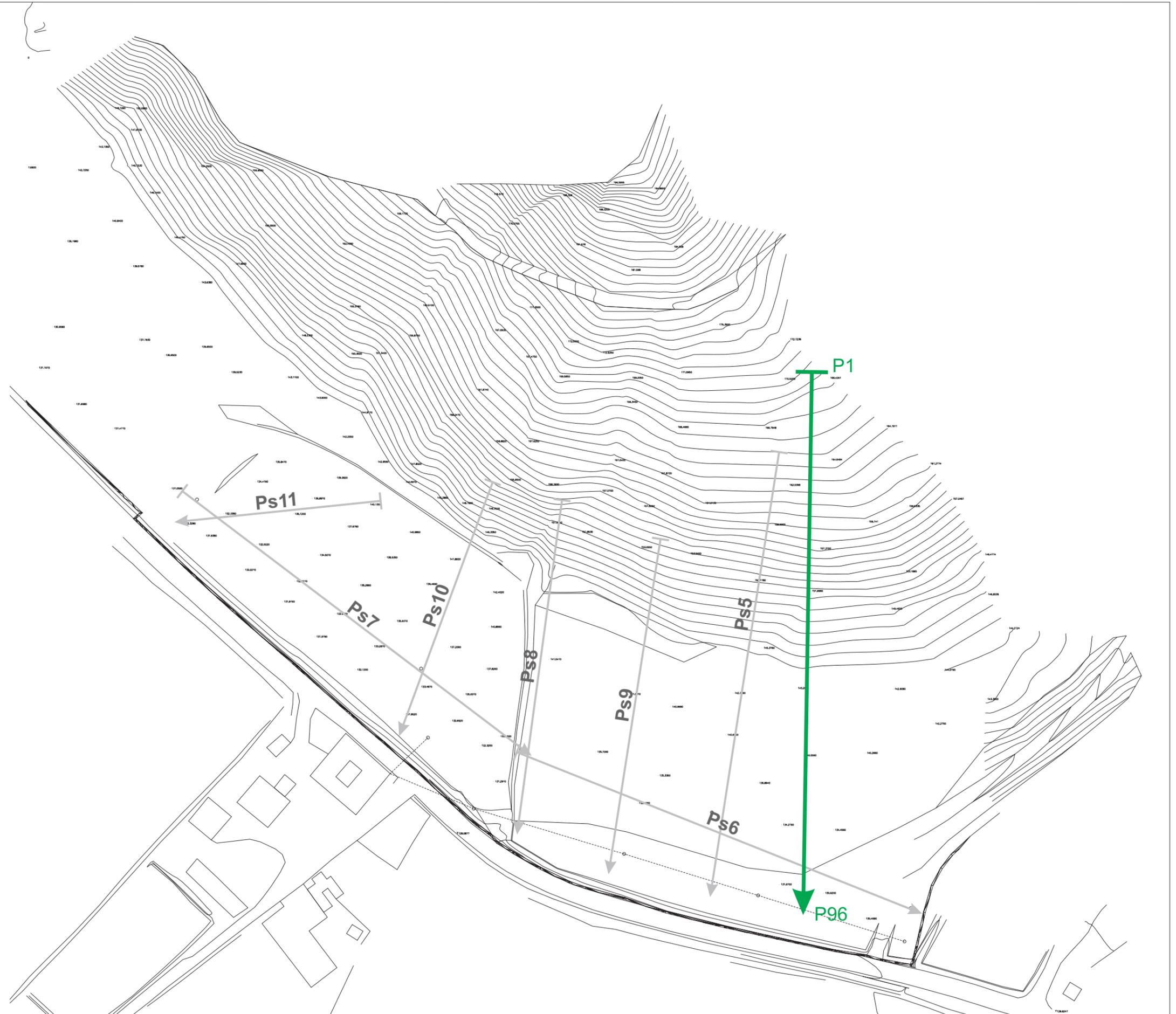
Committente: REGIONE TOSCANA

Cantiere:  
SR6 Lotto 5 - Variante Urbinese  
PF3

Tomografia elettrica

Ubicazione indagini

Scala 1:1000



Rapporto di prova n° 191-21

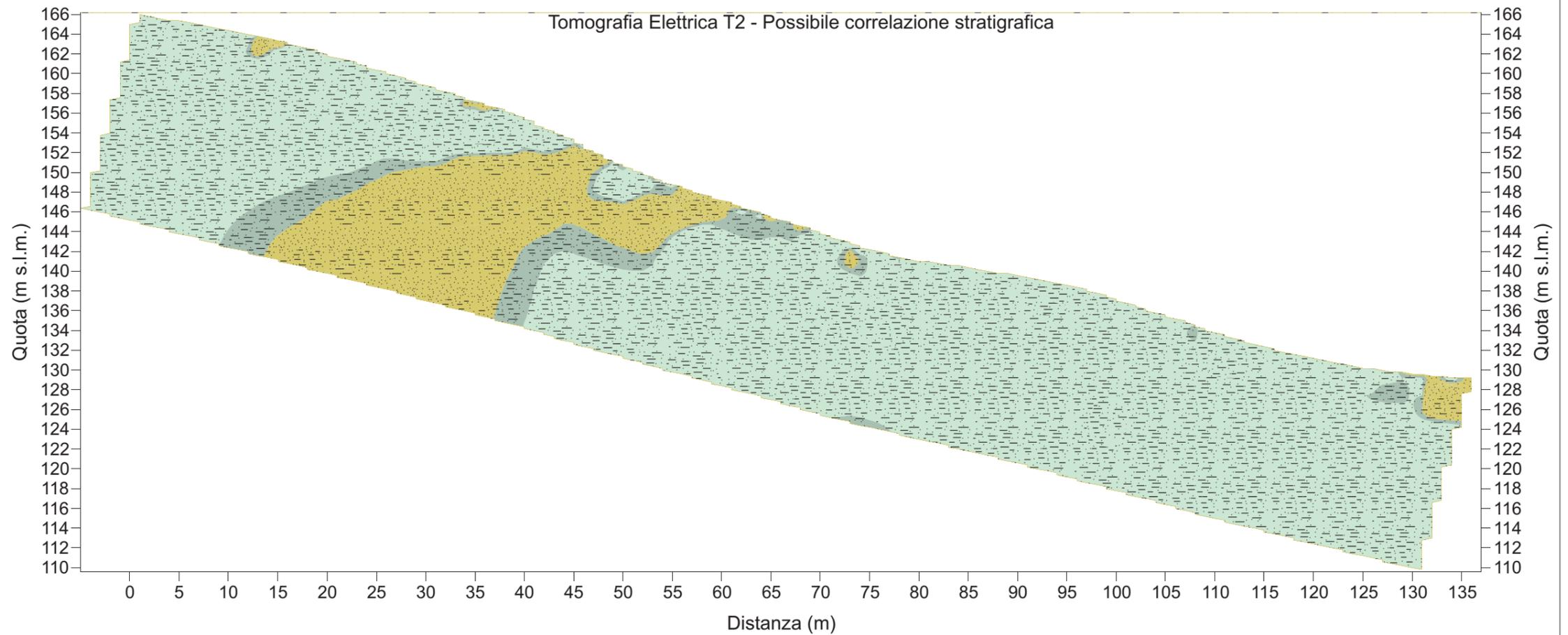
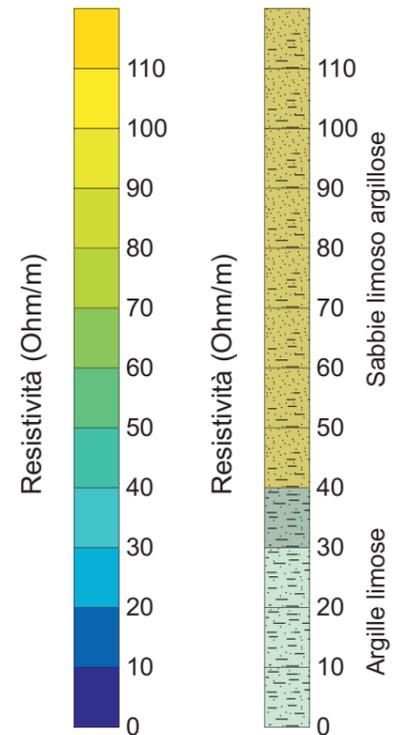
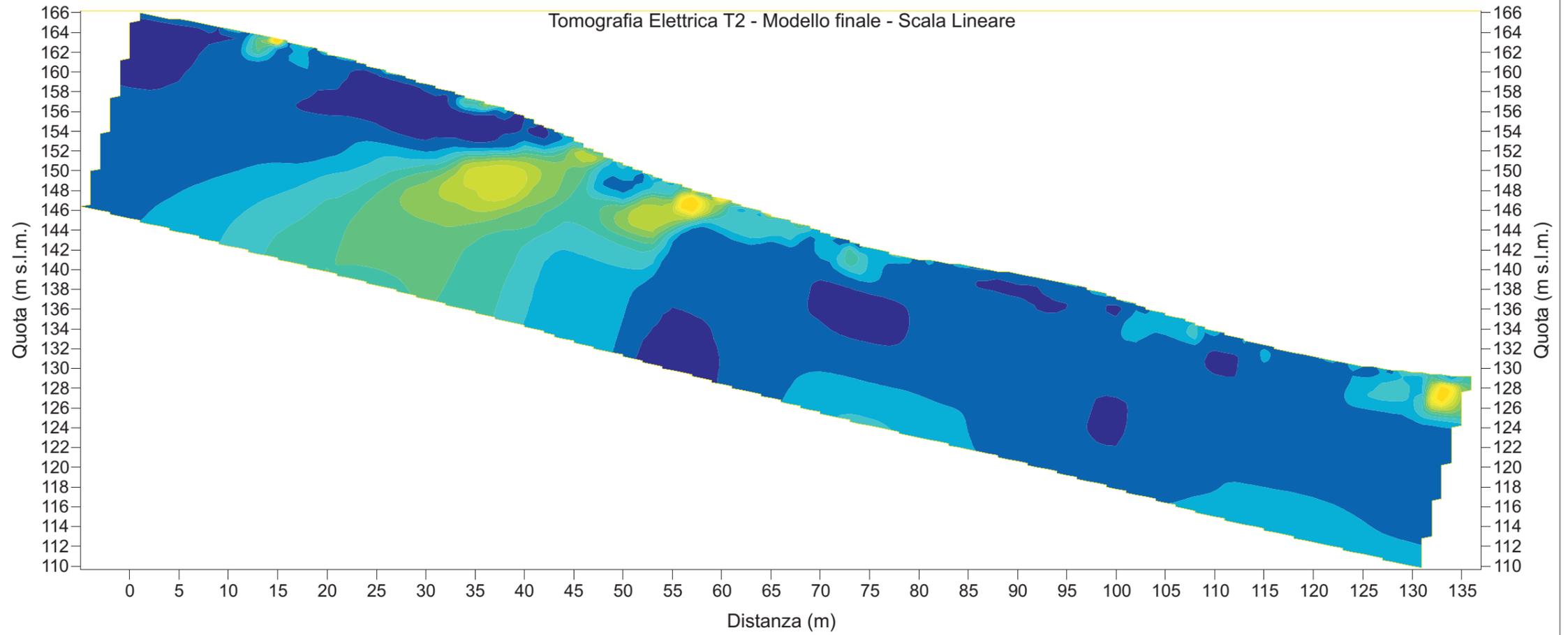
**IGETECMA s.n.c**

Committente: REGIONE TOSCANA

Cantiere:  
SR6 Lotto 5 - Variante Urbinese  
PF3

Tomografia elettrica

Scala 1:500



### RELAZIONE TECNICA

#### TRIGEO snc

di Andrea Nencetti e Benedetto Burchini  
Via Mazzini, 18  
52011 Soci (AR)  
P.IVA 02024110518  
info@trigeo.it

#### FIRENZE

Via Nino Bixio, 9  
50131 Firenze  
firenze@trigeo.it  
T/F 055 400619  
M 328 7213928

#### AREZZO

Via Petrarca, 33  
52100 Arezzo  
arezzo@trigeo.it  
T/F 0575 294500  
M 339 2288117

**“INDAGINE GEOFISICA DI SUPERFICIE  
MEDIANTE SISMICA A RIFRAZIONE E  
TOMOGRAFIA SISMICA (ONDE P) –  
ELABORAZIONE MASW E CALCOLO VS,EQ -  
D.M. 17/01/2018 - MISURA DI RUMORE  
SISMICO A STAZIONE SINGOLA HVSR”**

***SR 69 LOTTO 5, MATASSINO – CASTELFRANCO  
PIANDISCÒ (AR)***

## COMMITTENTE: REGIONE TOSCANA

07 – LUGLIO – 2021



CERTIFICATO  
ISO N° 14PA0002BP06

ADDETTO ALLE PROVE  
NON DISTRUTTIVE E  
SEMIDISTRUTTIVE  
NEL SETTORE CIVILE

TRIGEO s.r.l.  
di Nencetti Andrea e Burchini Benedetto  
Via Mazzini n°18 - 52011 - SOCI (AR)  
P.IVA 02024110518  
Tel. 0575 294500 - 055 990221  
Cell. 339 2288117 - 339 2288117  
www.trigeo.it - info@trigeo.it



WWW.TRIGEO.IT

## INDICE

<b>INTRODUZIONE</b>	<b>3</b>
<b>1.0 SCHEMA OPERATIVO ED ELABORATI GRAFICI</b>	<b>5</b>
<b>2.0 METODOLOGIA D'INDAGINE SISMICA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA</b>	<b>5</b>
<b>3.0 ANALISI DEI RISULTATI - TOMOGRAFIA SISMICA</b>	<b>8</b>
<b>4.0 CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE MEDIANTE MASW</b>	<b>10</b>
<b><i>INDAGINE HVSR</i></b>	<b>17</b>
<b>5.0 CENNI TEORICI</b>	<b>17</b>
<b>6.0 METODOLOGIA D'INDAGINE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA</b>	<b>19</b>
<b>7.0 INTERPRETAZIONE DELLE MISURE</b>	<b>20</b>
<b>8.0 REPORT ED ANALISI DEI RISULTATI DELLE INDAGINI HVSR</b>	<b>22</b>
<b>ALLEGATI</b>	<b>26</b>

## INTRODUZIONE

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati delle indagini geofisiche eseguite nel mese di **Luglio 2021** mediante sismica a rifrazione in onde P (acquisizione ed elaborazione tramite metodologia tomografica e MASW), e misure di rumore a stazione singola elaborata con tecnica HVSR, ubicate nella **SR 69 Lotto 5, Matassino** rispettivamente nelle **Località di Ontaneto** (Sez. 1-1') e **Montalpero** (Sez. 2-2') – **Comune di Castelfranco Piandiscò (AR)** (Fig.1° e 1b).



**Figura 1a: Ubicazione della sezione sismica 1 – 1', Località Ontaneto, Castelfranco Piandiscò.**



**Figura 2b: Ubicazione della sezione sismica 2 – 2', Località Montalpero, Castelfranco Piandiscò.**

Dopo aver preso visione della zona e delle problematiche ad essa connesse è stata programmata, con il tecnico incaricato **Dott. Geol. Marco Vanacore**, una caratterizzazione delle litologie presenti nell'area d'indagine nonché determinare le geometrie (spessori e superfici di contatto) dei terreni in funzione dell'andamento in profondità delle velocità delle onde sismiche compressionali P. I dati ottenuti sono stati elaborati con la metodologia tomografica che permette di ottenere un'ottima caratterizzazione del substrato e dei materiali di copertura.

L'elaborazione mediante metodologia MASW permette di ottenere sui primi 30 m le cosiddette  $V_{s,eq}$ , così come richiesto dal D.M. 17/01/2018 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni.

Di seguito viene descritto lo schema operativo e le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, congiuntamente all'interpretazione scaturita dai dati elaborati.

## 1.0 SCHEMA OPERATIVO ED ELABORATI GRAFICI

Nella **Tavola 01** è stato riportato un inquadramento generale corografico in scala 1:5.000 e le coordinate WGS84 dei geofoni dell'indagine eseguita.

Nella **Tavola 02 e 05** è stato riportato un inquadramento di dettaglio corografico delle due stese sismiche in scala 1 :500 e l'ubicazione delle misure di rumore HVSR.

Nella **Tavola 03 e 06** viene riportata la sezione con Tomografia Sismica.

Nella **Tavola 04 e 07** sono riportati i risultati dell'elaborazione MASW eseguita tramite il software Winmasw Academy 2018.

Nella **Tavola 08 e 09** sono riportate le Dromocrone, grafici delle letture dei singoli *shot* delle due stese sismiche.

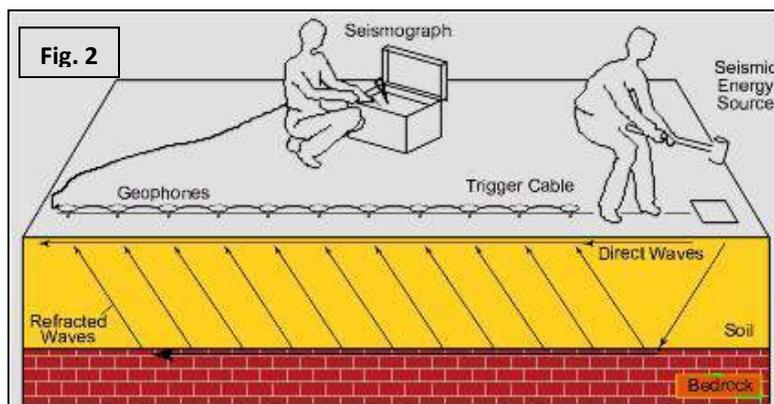
Dopo una prima analisi dei test eseguiti in loco ed in considerazione dei risultati prefissati e degli spazi a disposizione è stata scelta una distanza inter-geofonica di **2 m** per la **sezione 1-1'** eseguita con onde P, dove sono stati acquisiti complessivamente **46 ml** di rilievo (24 geofoni) ed è stata scelta una distanza inter-geofonica di **3 m** per la **sezione 2-2'**, dove sono stati acquisiti complessivamente **69 ml** di rilievo (24 geofoni).

## 2.0 METODOLOGIA D'INDAGINE SISMICA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

- **INDAGINE SISMICA**

Il principio dell'analisi sismica è basato sul calcolo del tempo che impiega un'onda sismica ad attraversare differenti strati del sottosuolo; la velocità con cui la deformazione prodotta artificialmente si propaga nei terreni è funzione delle caratteristiche elastiche dei terreni stessi e pertanto la possibilità di determinare dette velocità con grande dettaglio permette di assegnare caratteri ragionevolmente realistici ai terreni da investigare e di seguirne l'andamento in profondità.

Un sistema digitale di acquisizione dati (**Fig. 2**) in sismica, è costituito sostanzialmente da sismometri (geofoni o accelerometri), amplificatori, filtri, convertitori A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali.



Nel nostro caso è stato

utilizzato un sismografo Geometrics GEODE a 24 ch, strumentazione che presenta le seguenti caratteristiche: A/D Conversion: 24 bit; Dynamic Range: 144 dB; Distortion: 0.0005% 2 ms, 1.75 to 208 Hz; Bandwidth: 1.75 Hz to 20 kHz; Common Mode Rejection: > -100 dB at <=100 Hz, 36 dB; Crosstalk: -125 dB at 23.5 Hz, 24 dB, 2 ms; Noise Floor: 0.2uV, RFI at 2 ms, 36 dB, 1.75 to 208 Hz; Stacking Trigger Accuracy: 1/32 of sample interval; Maximum Input Signal: 2.8 VPP; Input Impedance: 20 kOhm, 0.02 uf; Preamplifier Gains; Anti-alias Filters: -3 dB at 83% of Nyquist frequency; Sample Interval: 0.02 to 16.0 ms; Record Length: 16,000 samples; Acquisition and Display Filters: *LowCut, Notch, HighCut*; Data Formats: SEG-2 standard with SGOS.

Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati geofoni “PASI” verticali, del tipo elettromagnetico a bobina mobile, con frequenza caratteristica di 4.5-10 Hz, 70 % di smorzamento. Il cavo di connessione tra geofoni e sismografo è uno standard NK-27-21C.

Generalmente come sorgente di energia sismica per le onde P, nel caso di rilievi a piccola profondità si fa uso di una mazza da 8 kg o del Minibang: nel nostro caso, dato le distanze in gioco, l'utilizzo della mazza ha consentito di ottenere risultati ottimali.

I dati così ottenuti vengono in seguito elaborati mediante metodologia tomografica.

- **MASW**

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva, che individua il profilo di velocità delle onde di taglio orizzontali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla

superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980 ) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo *attivo* e metodo *passivo* (Zywicki, D.J. 1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo *attivo* utilizzato nel presente lavoro le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo *passivo* lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente. Il metodo attivo consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30 m-50 m, in funzione della rigidità del suolo. Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50 m, in funzione della rigidità del suolo.

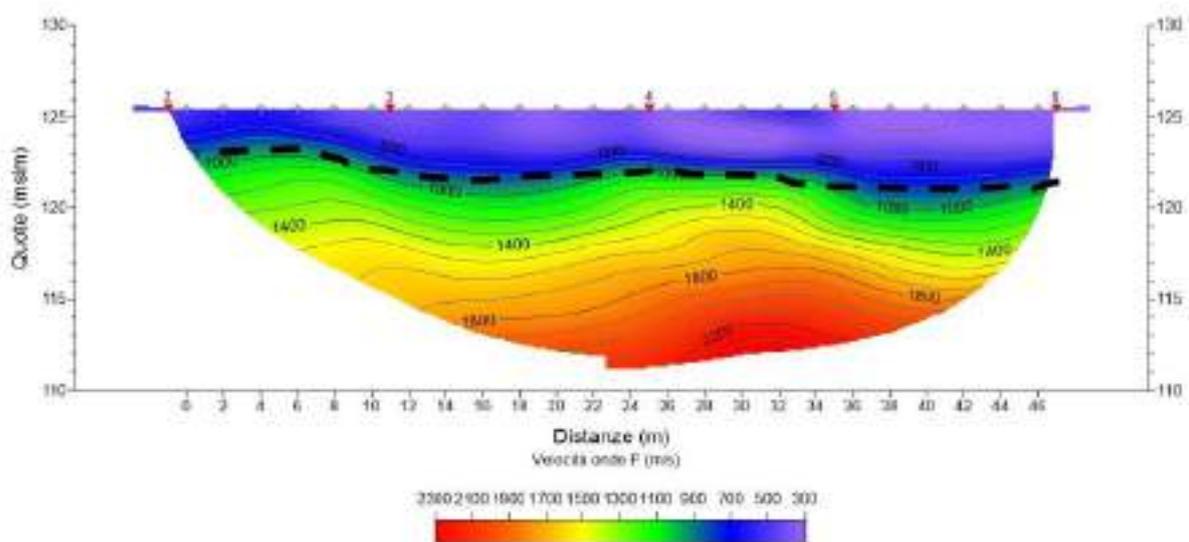
Il software utilizzato nel presente lavoro è il WIN-MASW 2018 Academy della Eliosoft.

### 3.0 ANALISI DEI RISULTATI - TOMOGRAFIA SISMICA

Fase di Acquisizione sezione sismica 1-1'



Tomografia sismica 1-1'

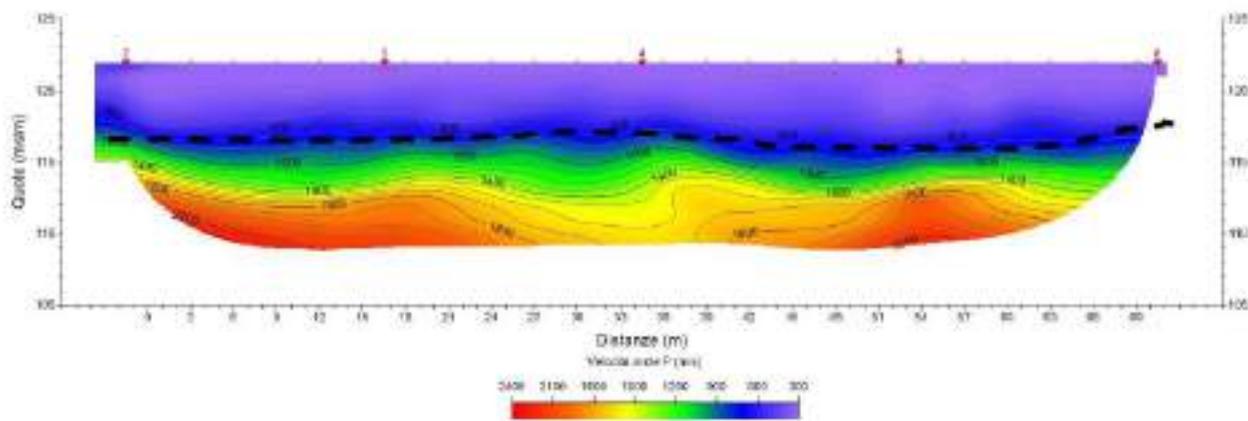


L'analisi tomografica eseguita con onde P nella sezione 1-1', ha evidenziato un livello superficiale di materiali a più bassa velocità (250 - 400 m/s) con spessori medi di ca. 3-5 m dal p.c. (vedi Tav. 03), riconducibili a materiali di riporto e copertura ( limi argillosi e sabbie limose). Al di sotto, si osserva un incremento delle velocità, con curve di isovelocità più ravvicinate; ciò indica il passaggio a litologie più consistenti con l'aumentare della profondità, in questo caso costituite da ghiaie e sabbie.

Fase di Acquisizione sezione sismica 2-2'



## Tomografia sismica 2-2'

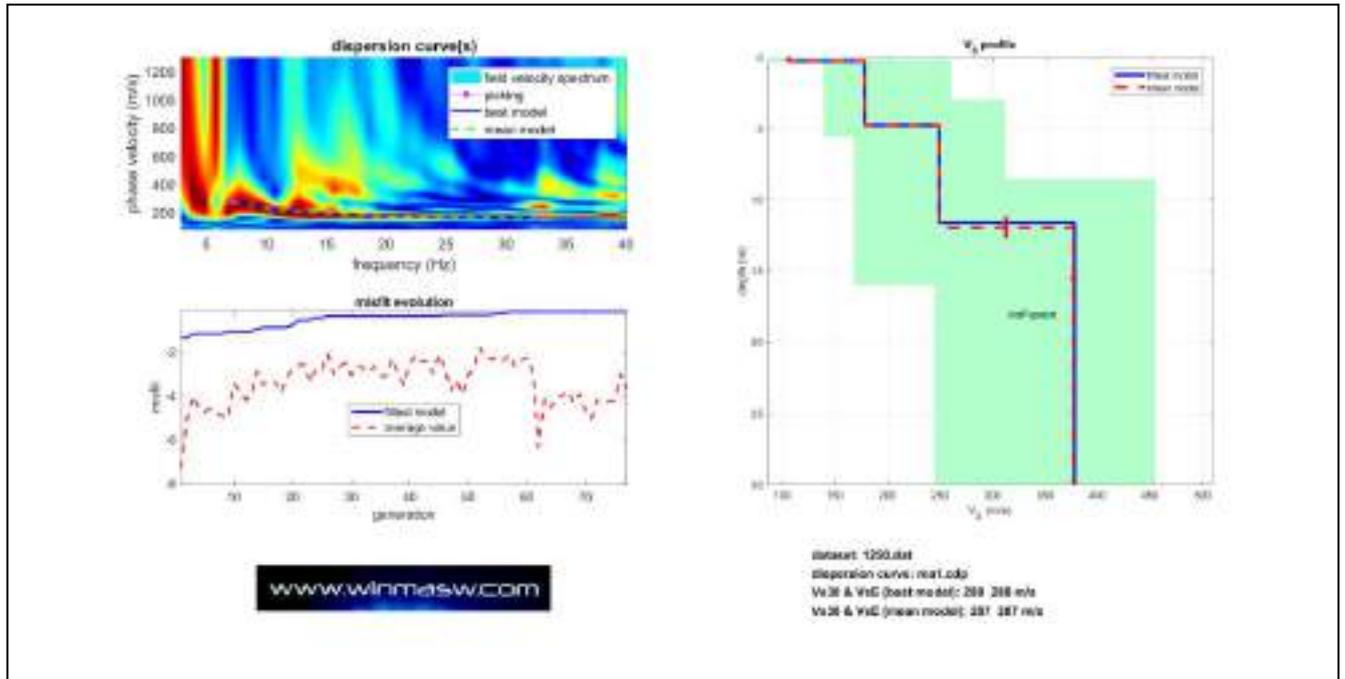


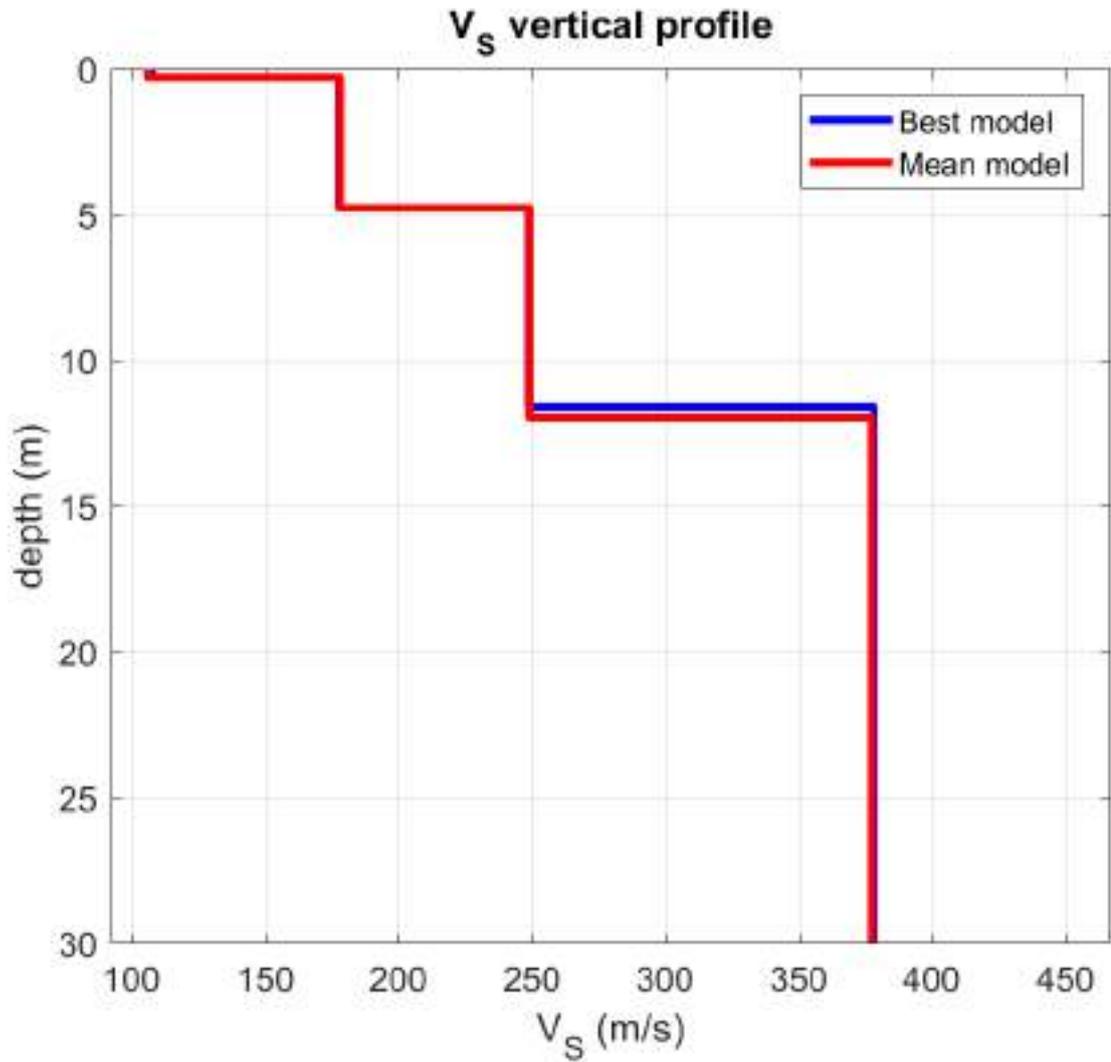
L'analisi tomografica eseguita con onde P nella sezione 2-2', ha evidenziato un livello superficiale di materiali a più bassa velocità (250 - 400 m/s) con spessori medi di ca. 4-5 m dal p.c. (vedi Tav. 06), riconducibili a limi argillosi e sabbie limose. Al di sotto, si osserva un incremento delle velocità, con curve di isovelocità più ravvicinate che indicano il passaggio a litologie più consistenti, dalla stratigrafia riconosciute come ghiaie e sabbie.

#### 4.0 CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE MEDIANTE MASW

Per il calcolo del modello di velocità (onde S), ottenuto da WinMasw, sono state usate informazioni geologiche dell'area. Si rimandano al tecnico incarico, le considerazioni litologiche e geologiche di dettaglio.

Vengono di seguito riportati i risultati dell'elaborazione MASW relativi alla sezione 1-1':

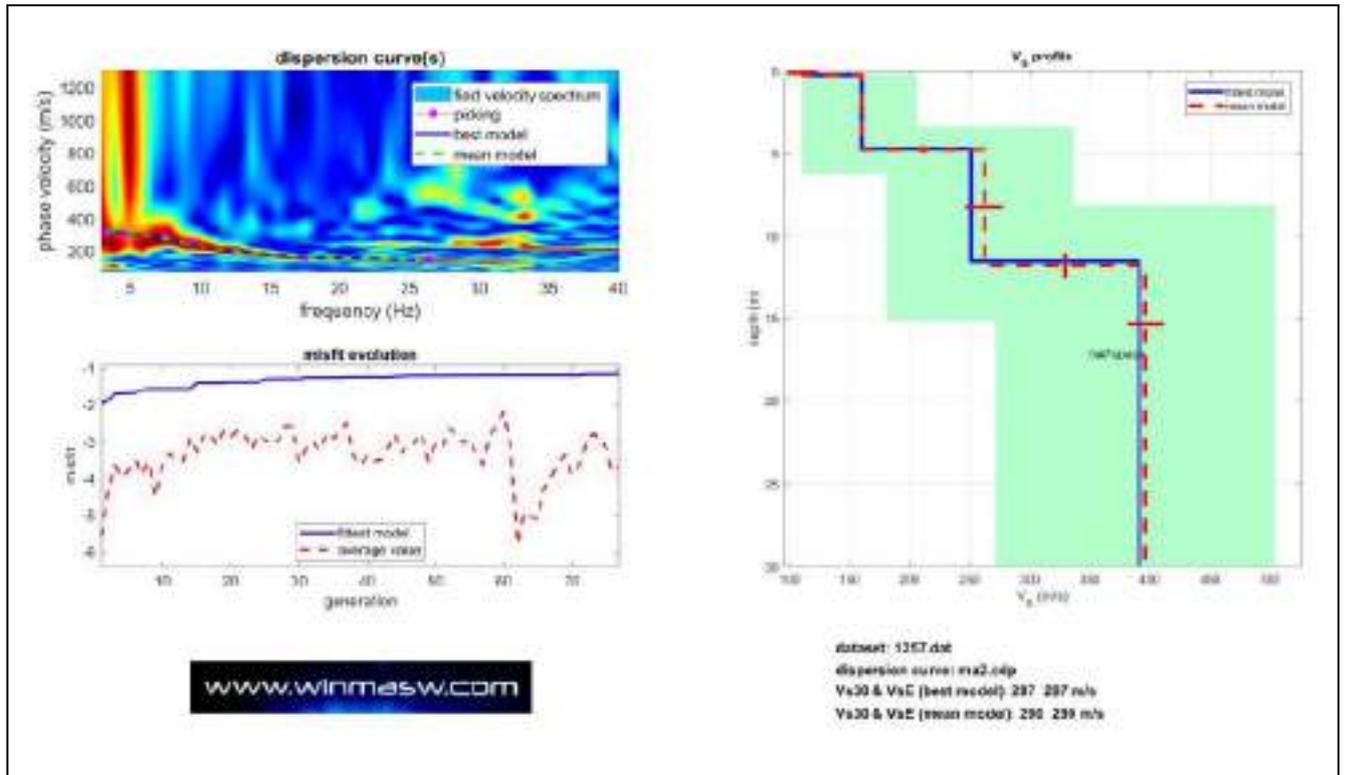


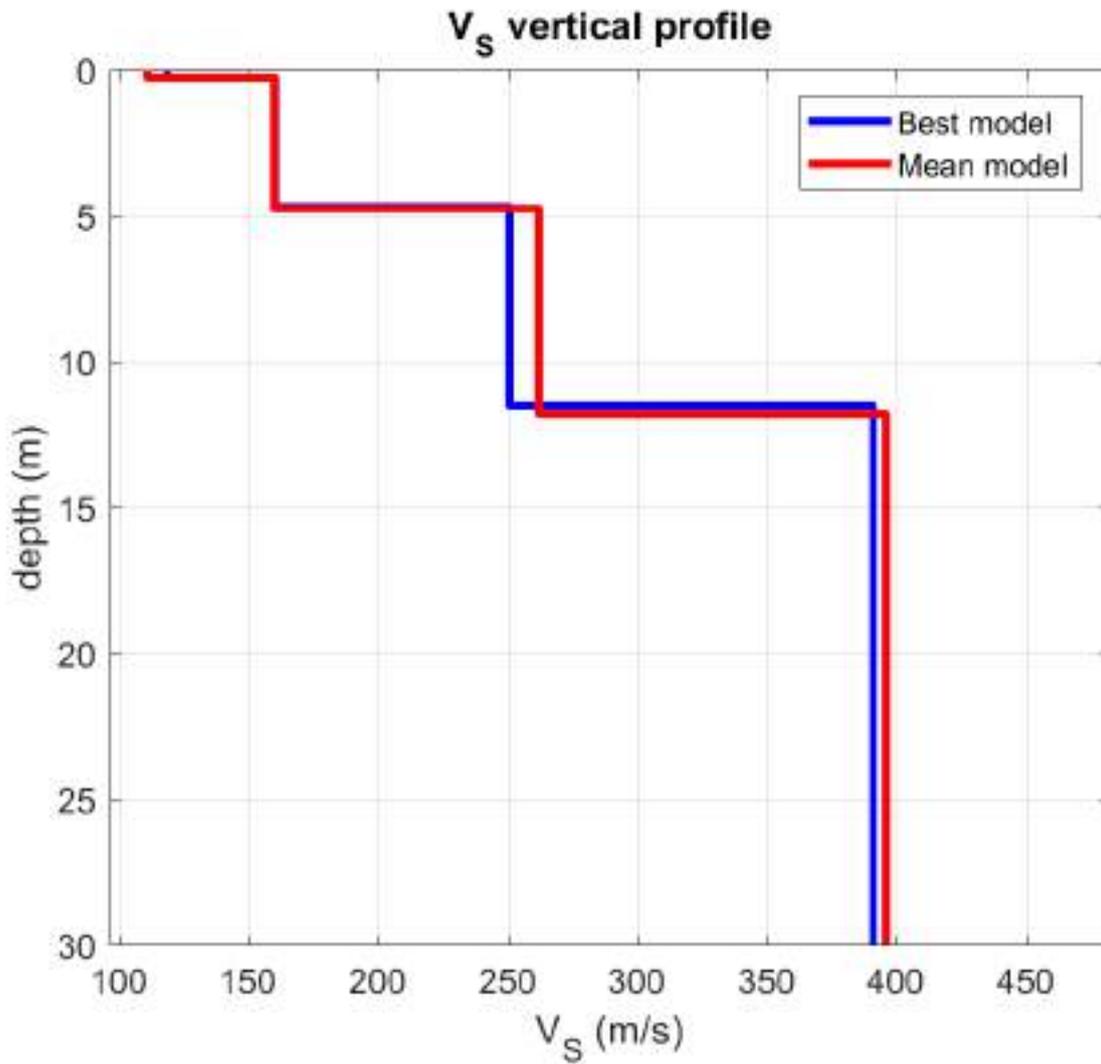


**Best Model**

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	107	0.2911	0.2911
2	178	4.4891	4.7802
3	249	6.8405	11.6207
4	378	0	0

Vengono di seguito riportati i risultati dell'elaborazione MASW relativi alla sezione 2-2':





**Best Model**

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	119	0.2613	0.2613
2	160	4.4355	4.6967
3	251	6.8336	11.5303
4	391	0	0

L'indagine mediante MASW fornisce lo spettro delle velocità, all'interno del quale viene eseguito il picking. La curva di dispersione ottenuta consente di estrapolare il modello di velocità ( $V_s$ ) riportato nella **Tavola 04** e fornisce i valori di velocità delle onde di taglio ai fini della classificazione del sottosuolo secondo la  $V_s$  equivalente così come richiesto dalle nuove NTC 2018 dm.17/01/2018.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = H / \sum_{i=1}^N h_i / V_{s,i}$$

con:

$h_i$  = spessore dell' $i$ -esimo strato;

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

$N$  = numero di strati;

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

Per fondazioni superficiali la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali, è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta delle fondazioni.

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

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Le “Nuove Norme Tecniche per le costruzioni” definiscono 5 tipologie di suoli principali:

**Tab. 3.2.11 – Categorie di sottosuolo che permettono l'addebo dell'approccio semplificato.**

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

Sulla base delle caratteristiche litologiche, ma soprattutto sulla base dei valori di velocità ottenuti è stato possibile definire il valore di **Vs,eq** media per l'area in oggetto della sezione sismica 1-1':

$$V_{s,eq} = 288 \text{ m/s}$$

Il valore di **Vs,eq** media per l'area in oggetto della sezione sismica 2-2':

$$V_{s,eq} = 287 \text{ m/s}$$

La Vs,eq così calcolata rappresenta un'assunzione cautelativa, poiché calcolata dal piano campagna e non dal piano di posa delle fondazioni.

In funzione del valore qui calcolato, dell'ubicazione dell'intervento lungo lo stendimento e dell'effettivo piano di posa delle fondazioni previste, il tecnico incaricato potrà assegnare la corretta categoria di suolo di fondazione così come previsto dal D.M. 17/01/2018 NTC 2018, in funzione degli spessori e delle velocità sismiche dei singoli strati riscontrati.

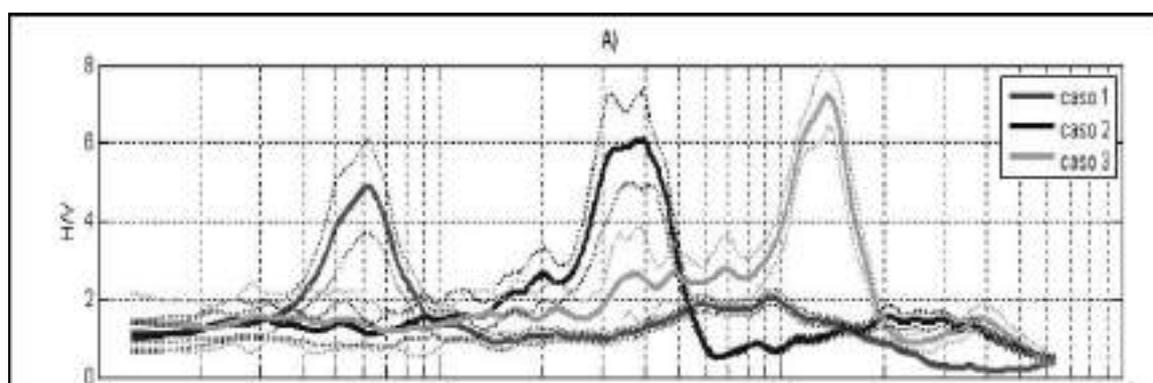
## INDAGINE HVSR

### 5.0 CENNI TEORICI

La prova H/V o HVSR acronimo per *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* è una tecnica di indagine sismica passiva non invasiva, applicata e resa nota da Nakamura (1989).

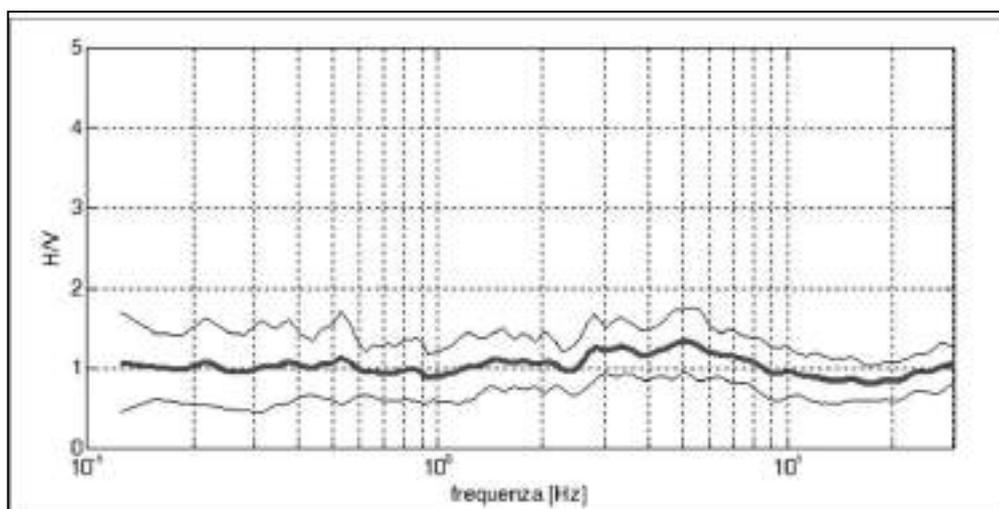
Si tratta di una valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e le componenti verticali (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno, misurati in un punto con apposito sismometro a tre componenti.

L'esito di questa prova è una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali in funzione della frequenza di vibrazione (**Fig.3**). Le frequenze alla quali la curva H/V mostra dei massimi sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura (Albarello et al., 2010).



**Figura 3:** Esempio di bedrock sismico a diverse profondità che genera risonanze a diverse frequenze. Caso 1: bedrock a 300 m di profondità. Caso 2: bedrock a 20 m di profondità. Caso 3: bedrock a 4 m di profondità.

Quando la misura è effettuata su un basamento sismico affiorante (e quindi dove non sono attesi fenomeni di risonanza sismica) la curva non mostra massimi significativi e si assesta intorno ad ampiezza 1 (**Fig.4**).



**Figura 4:** Curva H/V di un sito su roccia non fratturata e morfologicamente piatta. Si noti l'assenza di amplificazione per risonanza in tutto il dominio delle frequenze.

Pertanto, questa prova ha lo scopo di mettere in luce la presenza di fenomeni di risonanza sismica e consentire una stima delle frequenze alle quali il moto del terreno può risultare amplificato a causa di questi fenomeni. Contestualmente fornisce indicazioni di tipo qualitativo sull'entità delle risonanze attese. In generale, la stima della frequenza di risonanza  $f$  sarà tanto più precisa quanto maggiore è il contrasto di impedenza sismica responsabile del fenomeno, ovvero dove sono maggiori gli effetti potenzialmente pericolosi.

Inoltre, se i risultati della prova sono invertiti mediante opportune procedure numeriche, soprattutto in associazione ad altre indicazioni sperimentali (per esempio le curva di dispersione delle onde superficiali, prove Down Hole, sismica a rifrazione) possono fornire vincoli importanti al profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo. In casi semplici (coperture soffici al disopra di un basamento sismico rigido), è possibile stabilire una relazione fra lo spessore dello strato soffice, la velocità media delle onde S all'interno di quest'ultimo ( $V_s$ ) e la frequenza di risonanza fondamentale  $f$  dello strato, nella forma:

$$f = \frac{V_s}{4h}$$

## 6.0 METODOLOGIA D'INDAGINE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Dal punto di vista pratico, nelle prove di sismica passiva si tratta di misurare vibrazioni del terreno caratterizzate da ampiezze molto piccole. Questo implica che la prova vada effettuata con cura, soprattutto per quanto riguarda l'accoppiamento dello strumento di misura con il terreno e la riduzione delle possibili fonti di disturbo nelle immediate vicinanze dei sensori (mantenersi ad un' adeguata distanza, posare lo strumento al riparo da spostamenti d'aria, evitare il contatto con elementi mobili ecc.). Lo strumento di misura va dunque posto a diretto contatto col terreno e reso solidale con questo, possibilmente senza interfacce intermedie.

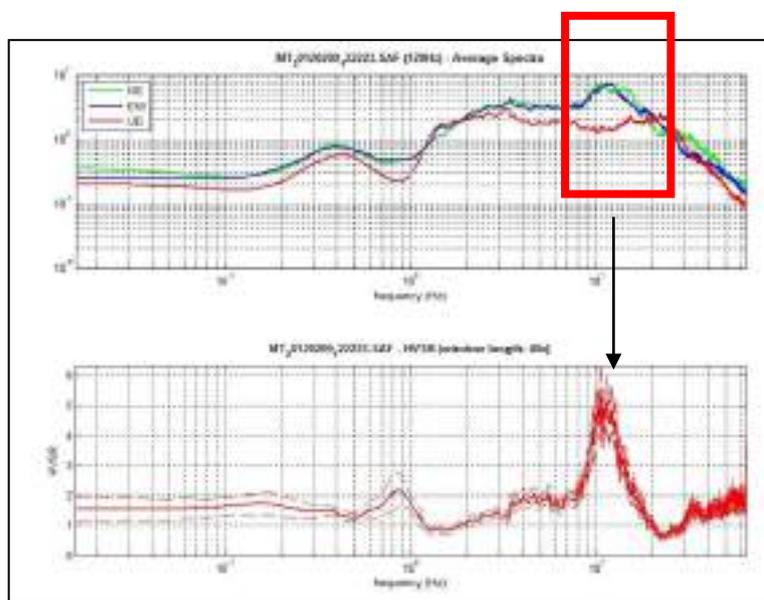
Quando questo non fosse possibile è necessario tener conto dei possibili effetti indotti dai terreni artificiali rigidi in questo tipo di misure. Bisogna inoltre evitare possibili movimenti dello strumento nel corso della misura (basculamenti, assestamenti del suolo ecc.) e curare la messa in bolla dei sensori, controllando al termine della misura che questa sia stata conservata. Infine, le eventuali parti mobili della strumentazione devono essere poste al riparo da spostamenti d'aria, va evitato il contatto con elementi mobili (fili d'erba, ecc.).

Poiché una misura di interesse ingegneristico ricade nell'intervallo 0.1-20 Hz, segue che un campionamento adeguato deve durare 15-40 minuti, in modo da poter analizzare il segnale su finestre di almeno 30 s di lunghezza e da avere almeno 20-30 finestre su cui effettuare una media, considerando che qualcuna potrà essere rimossa per la presenza di disturbi (transienti) che alterano lo spettro medio. Nel nostro caso la durata delle misure è stata pari a 1200 secondi (20 minuti). La Frequenza di campionamento adeguata per questo tipo di prove non deve essere inferiore a 50 Hz, in modo da permettere una ricostruzione spettrale sino ad almeno 20 Hz; Nel nostro caso è stata utilizzata una Frequenza di campionamento pari a 300 Hz ed in fase di elaborazione i dati sono stati ricampionati a 128 Hz.

La strumentazione utilizzata nel presente lavoro risulta essere:  
SISMOMETRO SR04S3 "GeoBox" della Sara electronic instruments, dotato di 3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, Technology – Huston – Texas –USA con frequenza di ca. 4.5 Hz.

## 7.0 INTERPRETAZIONE DELLE MISURE

Prima di qualsiasi interpretazione delle curve H/V sono indispensabili due accorgimenti. Il primo è che la curva H/V deve essere statisticamente significativa, ossia essere caratterizzata da una deviazione in ampiezza e in frequenza ridotta. Quando questa caratteristica non sia presente sin dall'inizio, essa va ricercata tramite una pulizia del tracciato; Il secondo che la curva H/V non va mai osservata da sola ma sempre congiuntamente agli spettri delle singole componenti da cui essa deriva. Questo permette di discernere agevolmente i picchi di natura stratigrafica da quelli generati da fonti di disturbo di natura antropica (motori elettrici, ecc.). In condizioni normali le componenti spettrali NS, EW e Z (verticale) hanno ampiezze simili. Alla frequenza di risonanza si genera spesso un picco H/V legato ad un minimo locale della componente spettrale verticale che determina una forma "a occhio" o "a ogiva" come quella indicata dal rettangolo in **Fig. 5**; Questa forma è indicativa di risonanze stratigrafiche.



**Figura 5:** Forma ad "Ogiva" tipica di una risonanza.

Nel 2004 il progetto SESAME ha stabilito una serie di criteri per la valutazione della significatività dei picchi H/V. Si tratta essenzialmente di criteri di tipo statistico che hanno lo scopo di segnalare situazioni poco chiare per le quali sono necessarie ulteriori indagini (ripetizione della misura, variazione delle condizioni di accoppiamento con il terreno, ecc.).

La prima parte di questi criteri è dedicata alla valutazione dell'attendibilità statistica della curva H/V. In pratica, individuata la frequenza del picco di risonanza, i criteri aiutano a verificare

se la registrazione è stata effettuata per un periodo abbastanza lungo e analizzata per un numero sufficiente di intervalli di tempo adeguati.

La seconda parte è dedicata alla valutazione della chiarezza del picco H/V. In pratica viene analizzata la morfologia del picco e si valuta semplicemente se il picco ha una forma geometricamente ben definita. Naturalmente, i criteri SESAME (2004) risultano non soddisfatti nei siti che non presentano amplificazione e considerano significativi solo picchi con ampiezza H/V superiore a 2. Questo criterio ha carattere puramente empirico.

Sulla base delle frequenze di risonanza determinate sperimentalmente sarà poi possibile fornire una stima di massima degli spessori delle coperture soffici responsabili dei possibili fenomeni di risonanza osservati. Un abaco utile in questo senso, (Albarello et al., 2010), è fornito in **Tab.1**.

$F_0$ (Hz)	h (m)
<1	>100
1-2	50-100
2-3	30-50
3-5	20-30
5-8	10-20
8-20	5-10
>20	<5

**Tab 1:** Abaco per la stima dello spessore delle coperture (H) a partire dai valori delle frequenze di risonanza determinate dalle misure HVSR.

## 8.0 REPORT ED ANALISI DEI RISULTATI DELLE INDAGINI HVSR

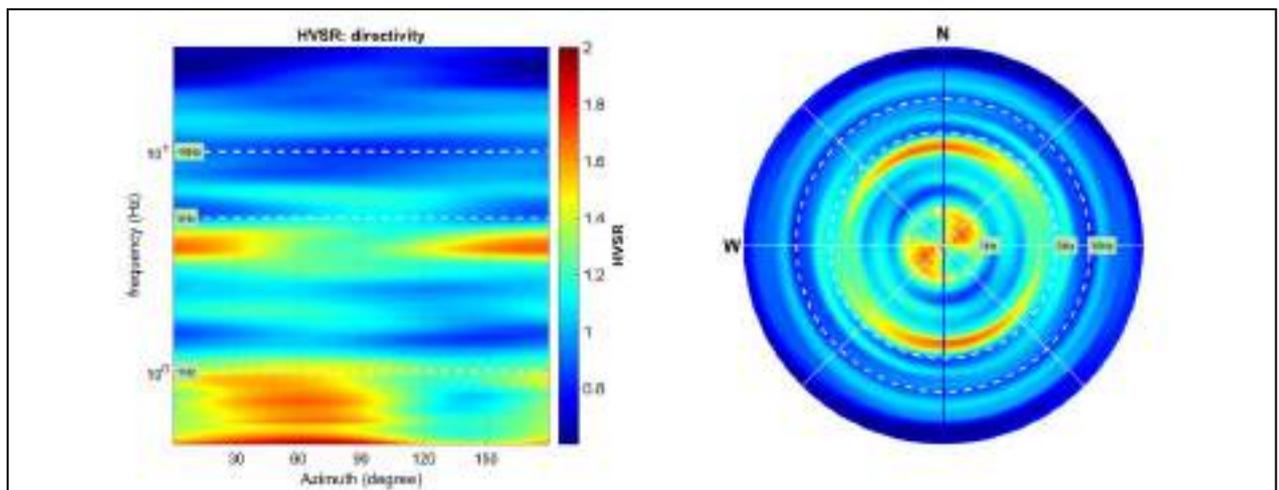
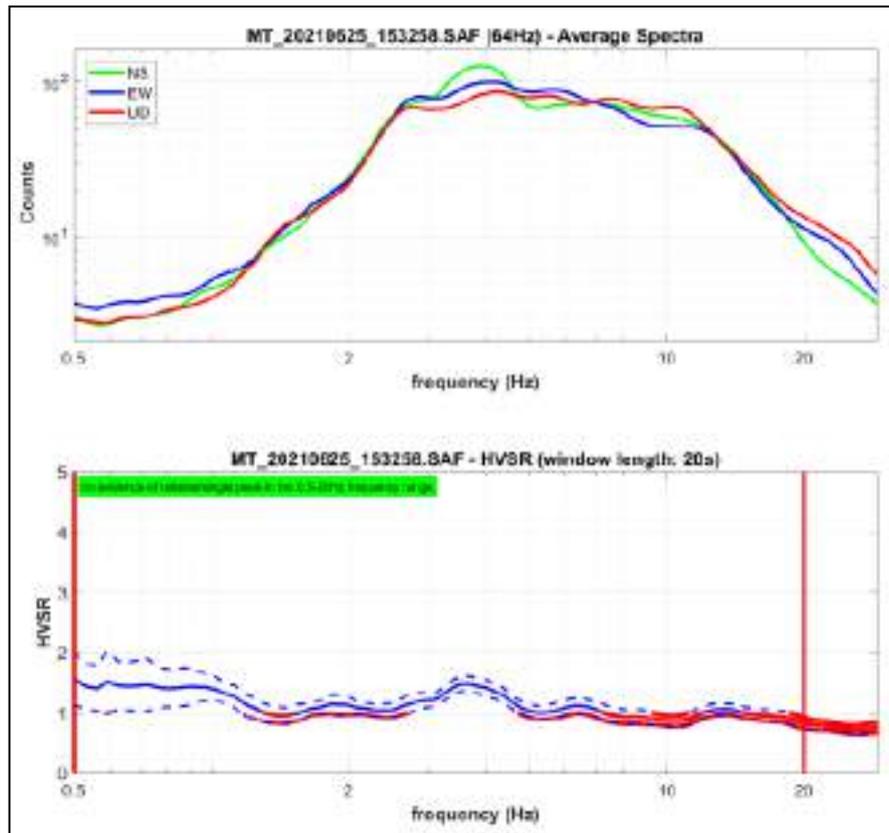
Viene qui riportata la documentazione fotografica ed i risultati delle elaborazioni delle misure eseguite secondo la tecnica H/V mediante il software WINMASW 2018 Academy.

I dati registrati sono stati ripuliti dai transienti attribuibili a disturbi locali e puntuali. Sui dati ripuliti è stata quindi eseguita l'elaborazione.



Fase di acquisizione misura di rumore sismico HVSR (sezione 1-1').

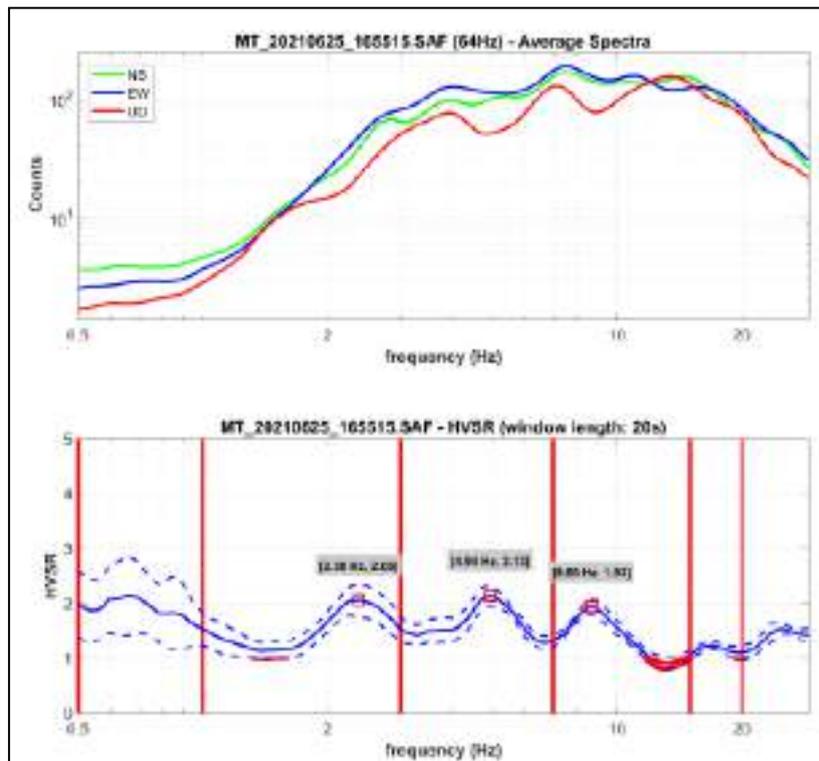
La misura di rumore a stazione singola elaborata con tecnica HVSR della sezione sismica 1-1' non ha evidenziato la presenza di picchi significativi.





Fase di acquisizione misura di rumore sismico HVSR (sezione 2-2').

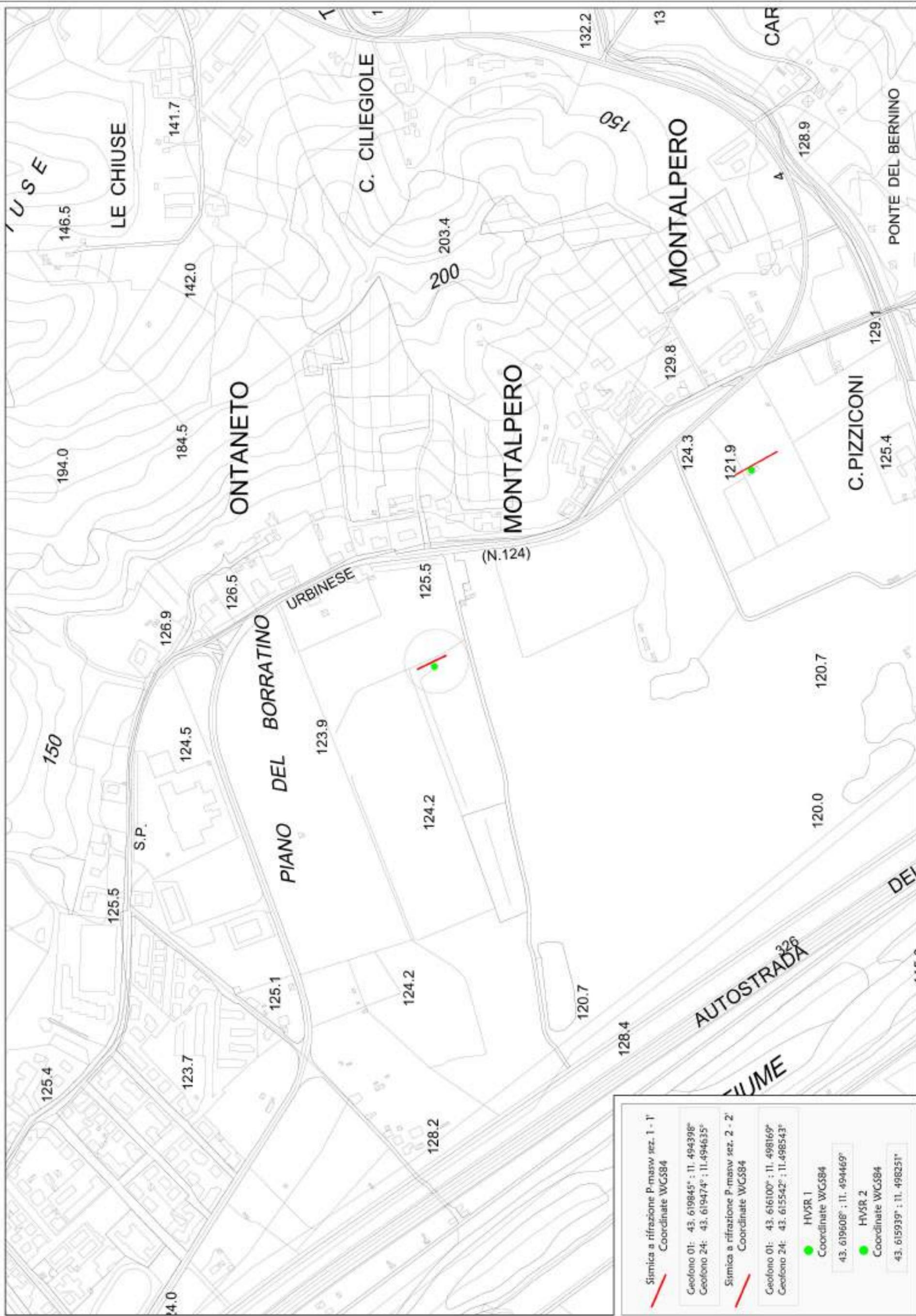
La misura di rumore a stazione singola elaborata con tecnica HVSR ha evidenziato la presenza di tre picchi il primo a **2.38 Hz** con ampiezza 2.06, il secondo a **4.94 Hz** con ampiezza 2.13 e il terzo a **8.66** con ampiezza di 1.93. I tre picchi evidenziati dalla misura HVSR non sono stratigrafici.



Arezzo, li 05/07/2021

TRIGEO s.p.a.  
 El Negretto Asinara e Burchio, Sansepolcro  
 Via Mazzini n°18 - 52011 - SOG (AR)  
 P.IVA 02074110518  
 Tel: 0574.25640 - 0574.90020  
 Cell: 399.285710 - 399.285711  
 www.trigeo.it - info@trigeo.it

**ALLEGATI**



<p>Sismica a rifrazione P-masw sez. 1 - 1'</p> <p>Coordinate WGS84</p>	
Geofono 01:	43. 619845° ; 11. 494398°
Geofono 24:	43. 619474° ; 11. 494635°
<p>Sismica a rifrazione P-masw sez. 2 - 2'</p> <p>Coordinate WGS84</p>	
Geofono 01:	43. 616100° ; 11. 498169°
Geofono 24:	43. 615542° ; 11. 498543°
<p>HVSR 1</p> <p>Coordinate WGS84</p>	
<p>43. 619608° ; 11. 494469°</p>	
<p>HVSR 2</p> <p>Coordinate WGS84</p>	
<p>43. 615939° ; 11. 498251°</p>	

Nord



**LEGENDA**

— Simbica a rifrazione P. Masw sez. 1-1'

(24) n° geofoni

● Misura HVSR



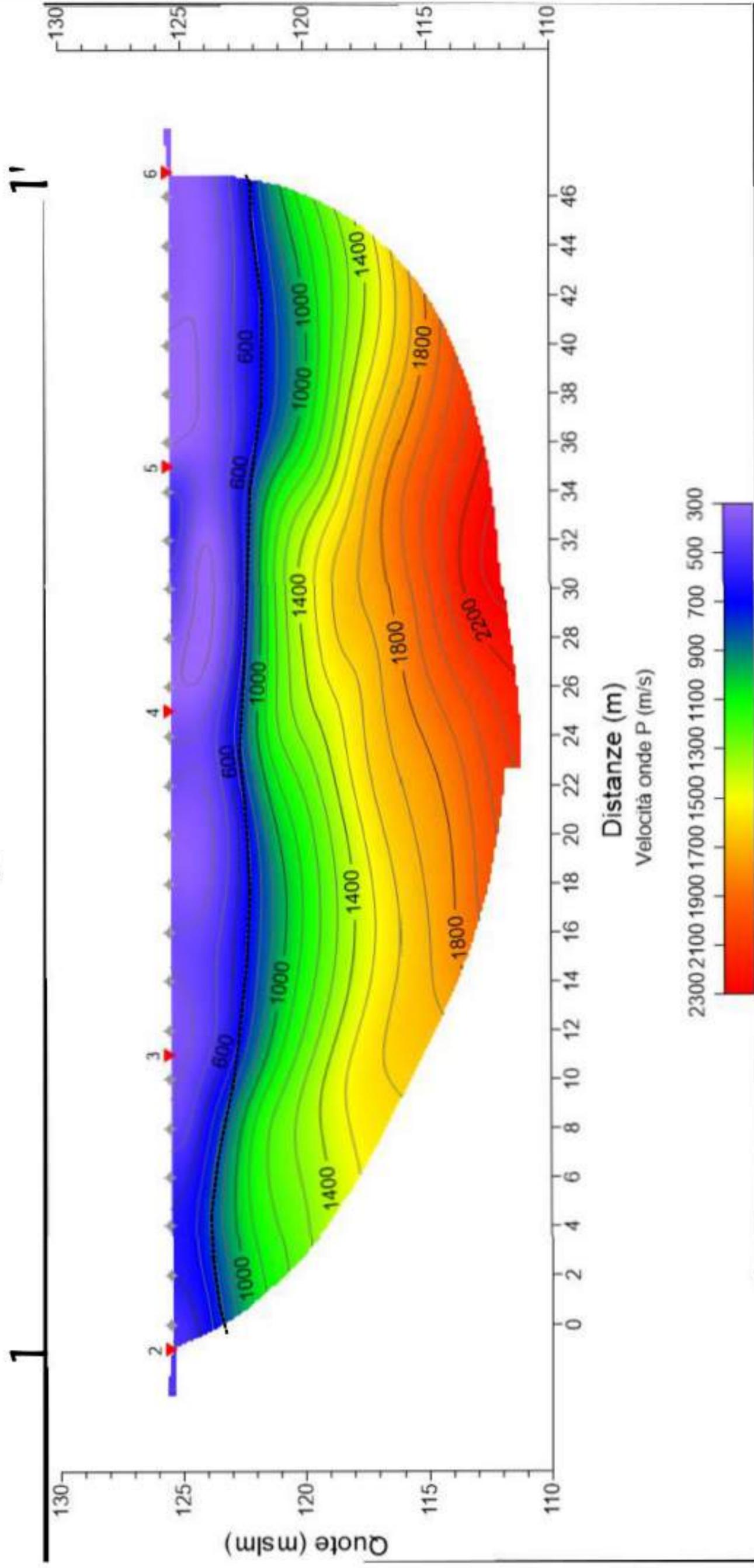
Scala 1:500

Luglio 2021

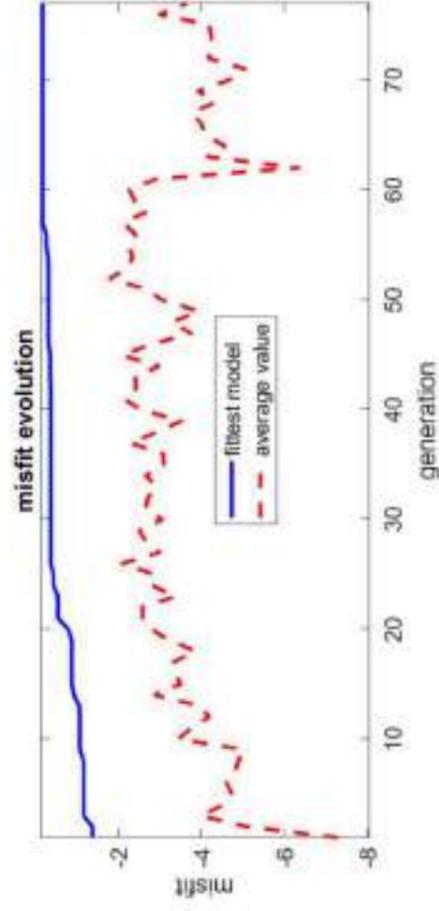
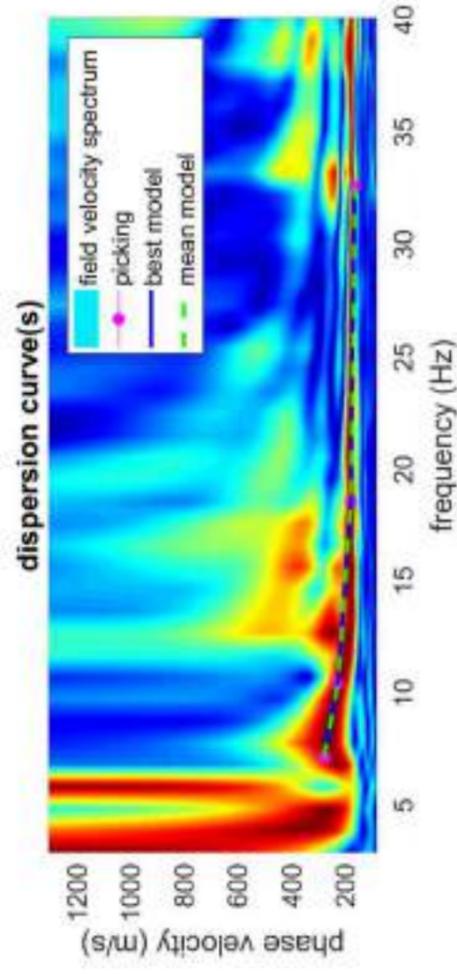
Tavola 02 - Planimetria di dettaglio - SR 69 LOTTO 5, Matasino- Località Ontaneto - Castelfranco Piandiscò (AR)

**TRI+GEO**

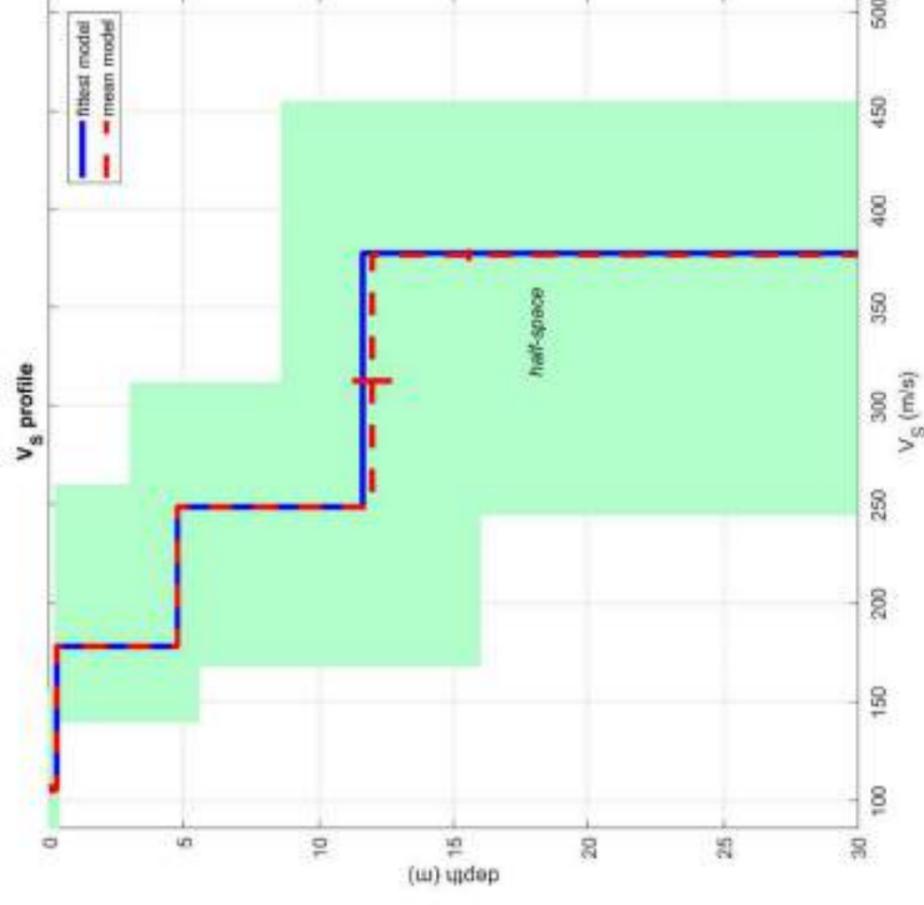
# Tomografia sismica - onde P



# Elaborazione MASW



[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)

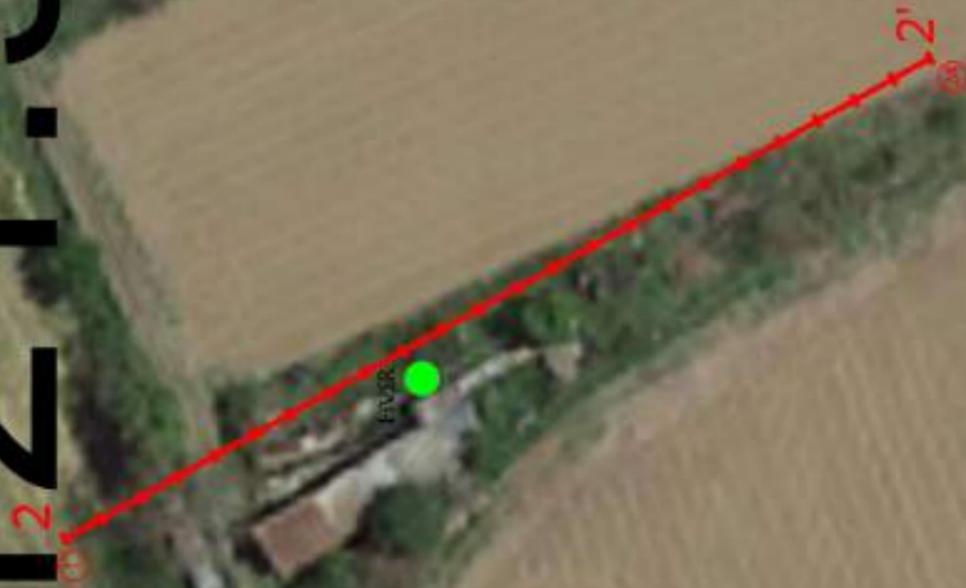


dataset: 1250.dat  
dispersion curve: ma1.cdp  
 $V_{s30}$  &  $V_{sE}$  (best model): 288 288 m/s  
 $V_{s30}$  &  $V_{sE}$  (mean model): 287 287 m/s

Nord



# 121.9



**LEGENDA**

— Sismica a rifrazione P- Masov sez. 2-2'

② n° geofoni

● Misura HVSR

Scala 1:500

Luglio 2021

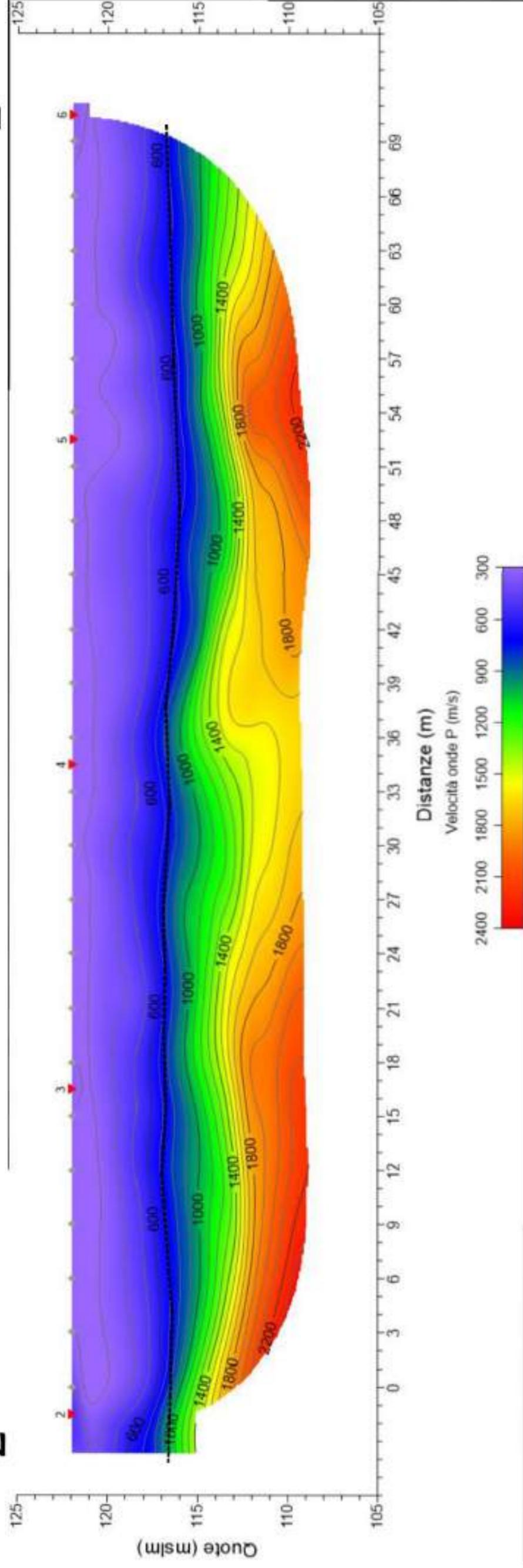
Tavola 05 - Planimetria di dettaglio - SR 69 LOTTO 5, Matassino- Località Montalpero - Castelfranco Piandiscò (AR)

**TRI+GEO**

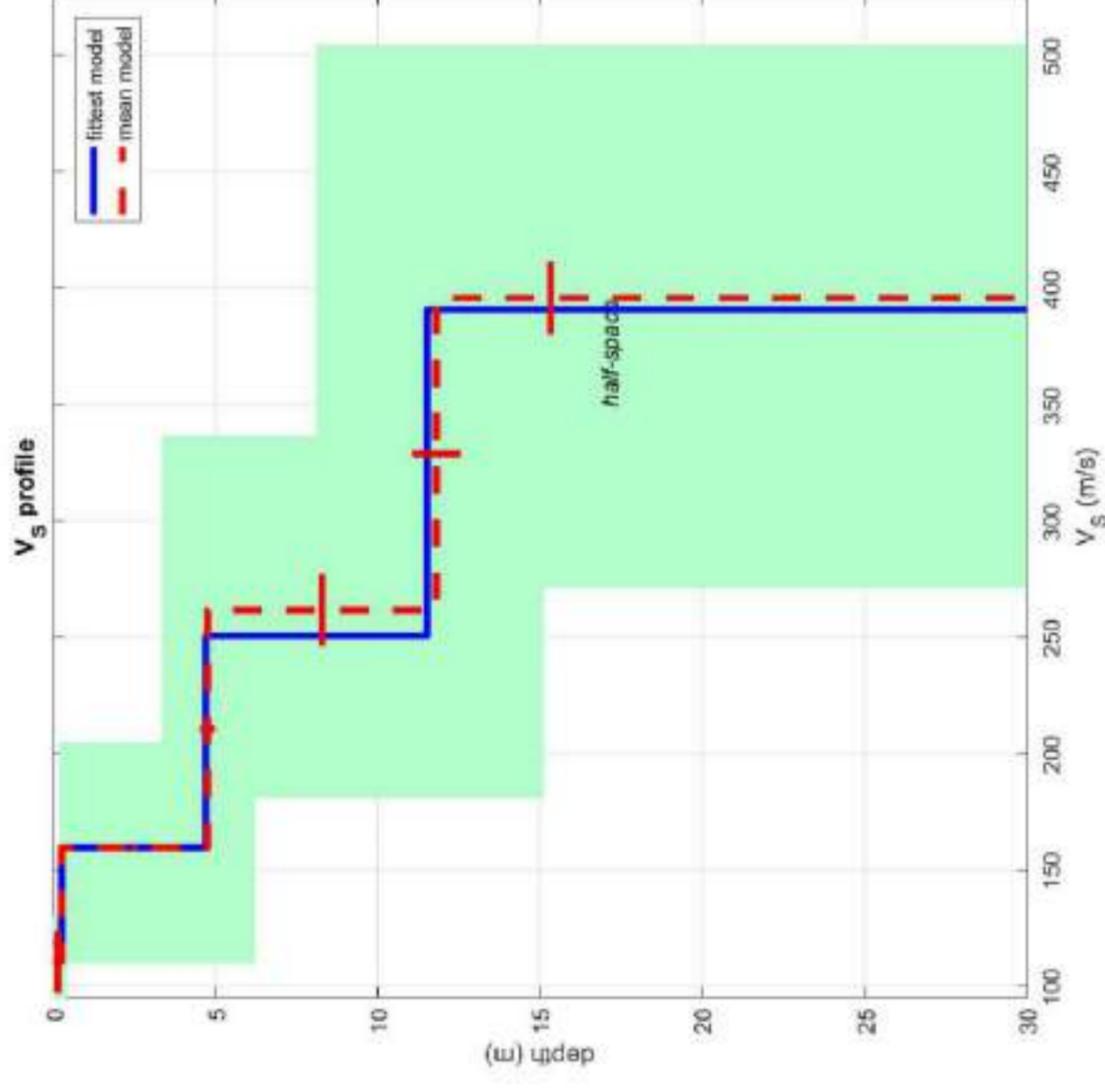
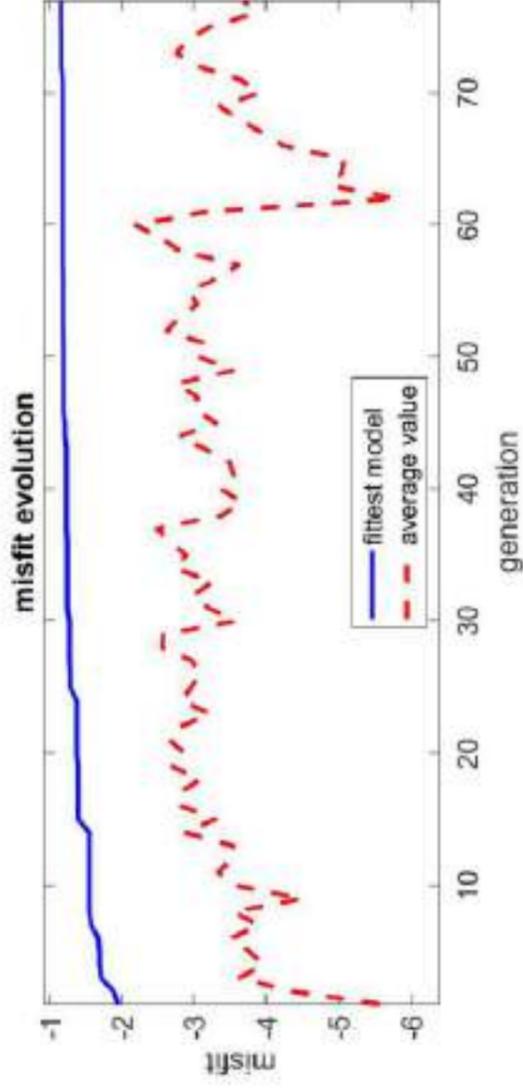
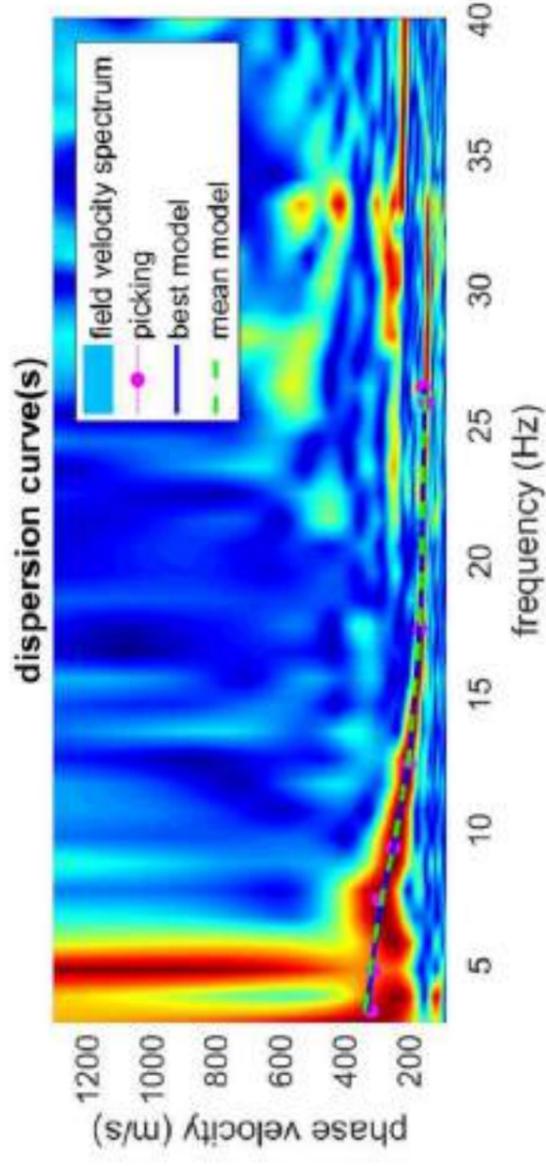
# Tomografia sismica - onde P

2'

2



# Elaborazione MASW



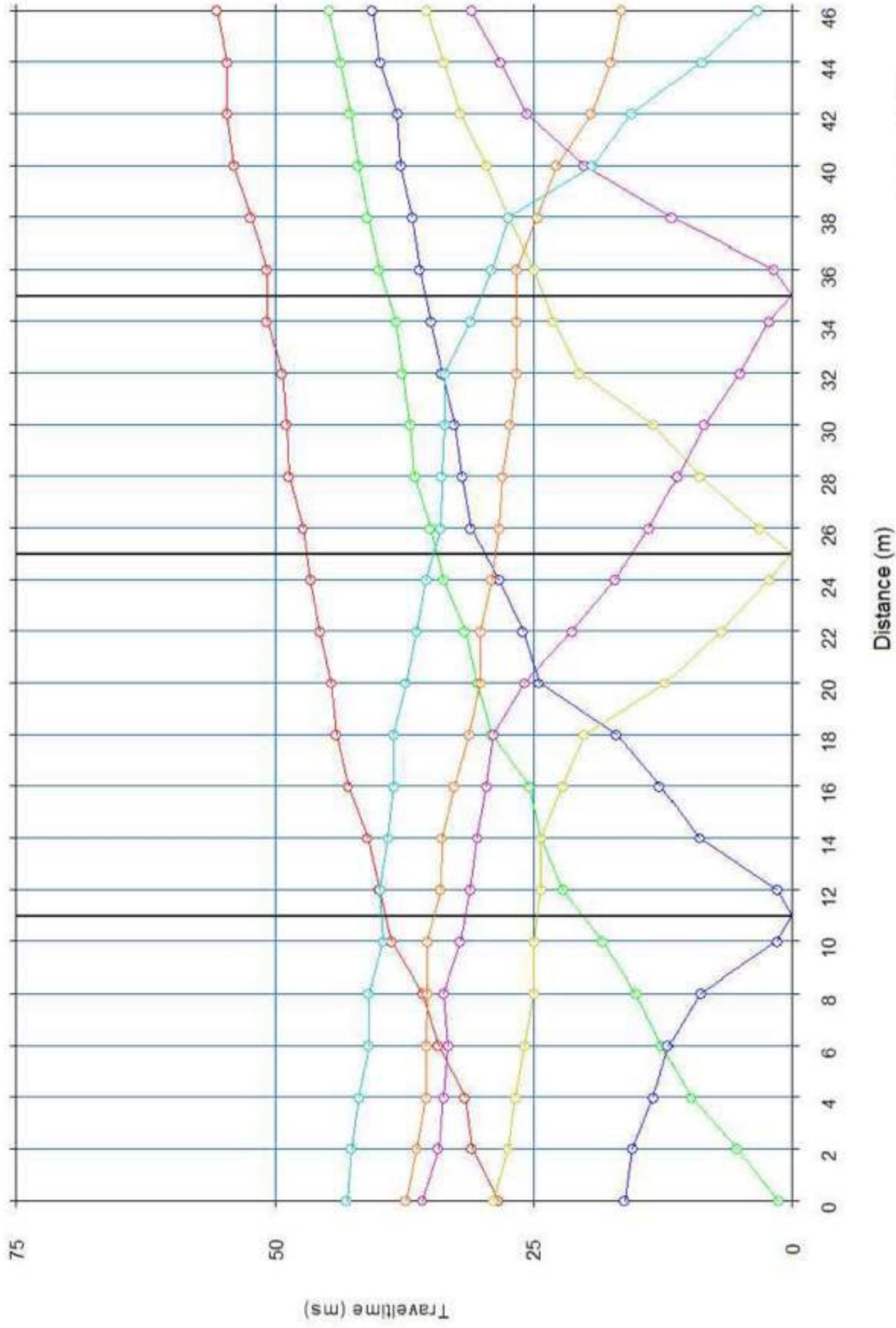
dataset: 1257.dat  
 dispersion curve: ma2.cdp  
 Vs30 & VsE (best model): 287 287 m/s  
 Vs30 & VsE (mean model): 290 290 m/s

[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)

# Dromocrone - onde P

# 1

# 1'



# Dromocrone - onde P

# 2

# 2'

