



PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI
 MESSA IN SICUREZZA DEL SISTEMA ACQUEDOTTISTICO
 DEL PESCHIERA PER L'APPROVVIGIONAMENTO IDRICO
 DI ROMA CAPITALE E DELL'AREA METROPOLITANA

IL COMMISSARIO STRAORDINARIO ING. PhD MASSIMO SESSA

SUB COMMISSARIO ING. MASSIMO PATERNOSTRO

aceq
 acqua
 ACEA ATO 2 SPA



IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. PhD Alessia Delle Site

SUPPORTO AL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Avv. Vittorio Gennari
 Sig.ra Claudia Iacobelli
 Ing. Barnaba Paglia

aceq
 Ingegneria
 e servizi



CONSULENTE

Ing. Biagio Eramo

ELABORATO

A194PD R002 8

COD. ATO2 APE10116

DATA OTTOBRE 2019

SCALA

Progetto di sicurezza e ammodernamento
 dell'approvvigionamento della città
 metropolitana di Roma

"Messa in sicurezza e ammodernamento del sistema
 idrico del Peschiera",
 L.n.108/2021, ex DL n.77/2021 art. 44 Allegato IV

AGG. N.	DATA	NOTE	FIRMA
1	DIC-19	AGGIORNAMENTO PER SIA	
2	MAR-20	AGGIORNAMENTO ELABORATI	
3	LUG-20	AGGIORNAMENTO ELABORATI	
4	GEN-21	AGGIORNAMENTO PARERE CSLLPP VOTO DEL 14/10/2020	
5	SETT-21	AGGIORNAMENTO ELABORATI	
6	GIU-22	AGGIORNAMENTO ELABORATI	
7	OTT-22	AGGIORNAMENTO UVP	
8	APR-23	INTEGRAZIONI ED AGGIORNAMENTI IN AMBITO AUTORIZZATIVO	
9			
10			

**NUOVO TRONCO SUPERIORE ACQUEDOTTO
 DEL PESCHIERA
 dalle Sorgenti alla Centrale di Salisano**

CUP G33E17000400006

PROGETTO DEFINITIVO

TEAM DI PROGETTAZIONE

CAPO PROGETTO

Ing. Angelo Marchetti

IDRAULICA

Ing. Eugenio Benedini

GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA

Geol. Stefano Tosti

GEOTECNICA E STRUTTURE

Ing. Angelo Marchetti

ASPETTI AMBIENTALI

Ing. Nicoletta Stracqualursi

ATTIVITA' TECNICHE DI SUPPORTO

Geom. Stefano Francisci

ATTIVITA' PATRIMONIALI

Geom. Fabio Pompei

Hanno collaborato:

Ing. Geol. Eliseo Paolini

Geol. Yousef Abu Sabha

Geol. PhD Paolo Caporossi

Geol. Simone Febo

Geol. Filippo Arsie

Geol. Marco Marrocco



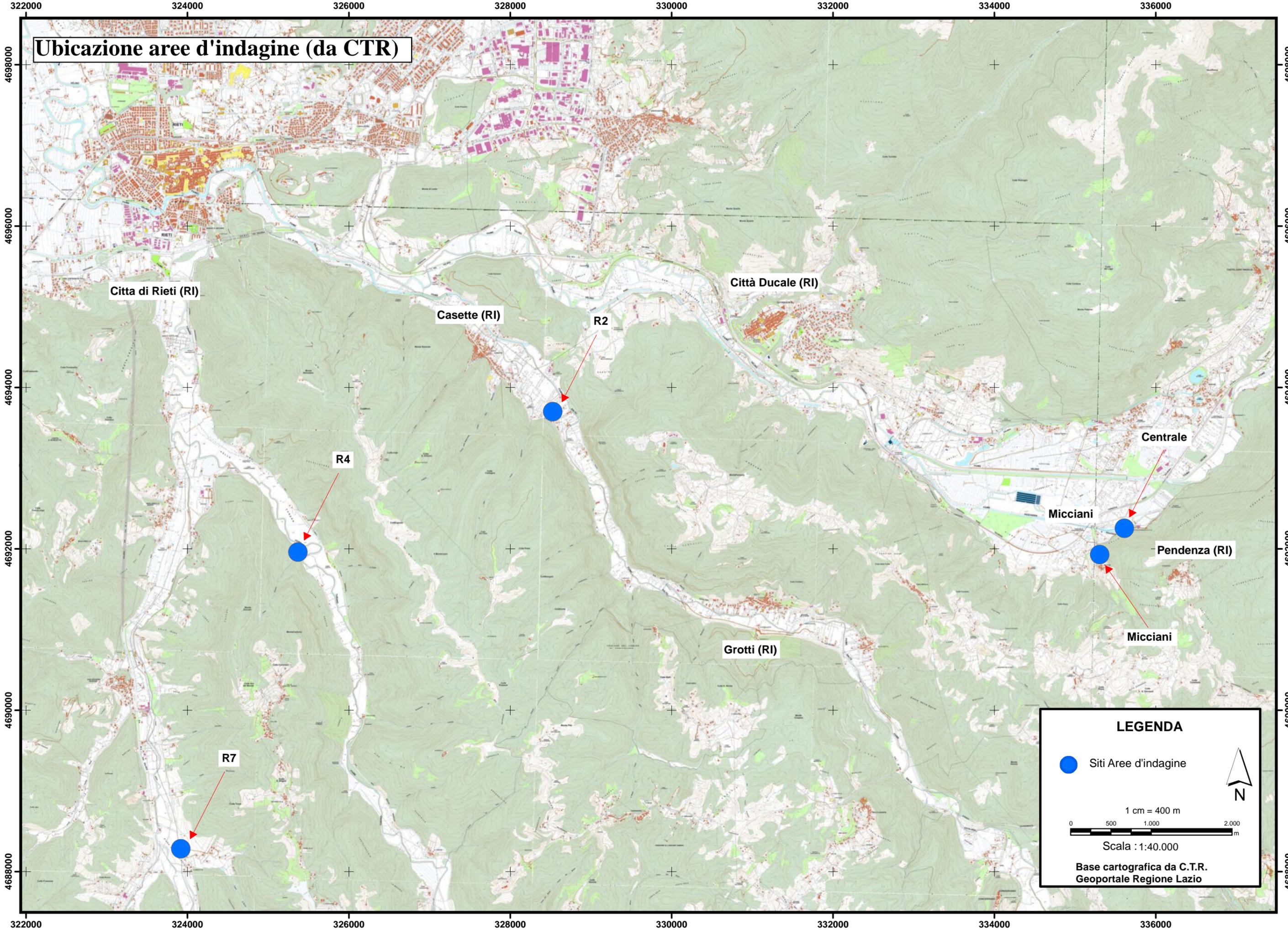
RELAZIONE GEOLOGICA

ALLEGATO 12

CONSULENTI

CERI - Centro di Ricerca Previsione, Prevenzione e Controllo dei Rischi Geologici

Ubicazione aree d'indagine (da CTR)



LEGENDA

● Siti Aree d'indagine

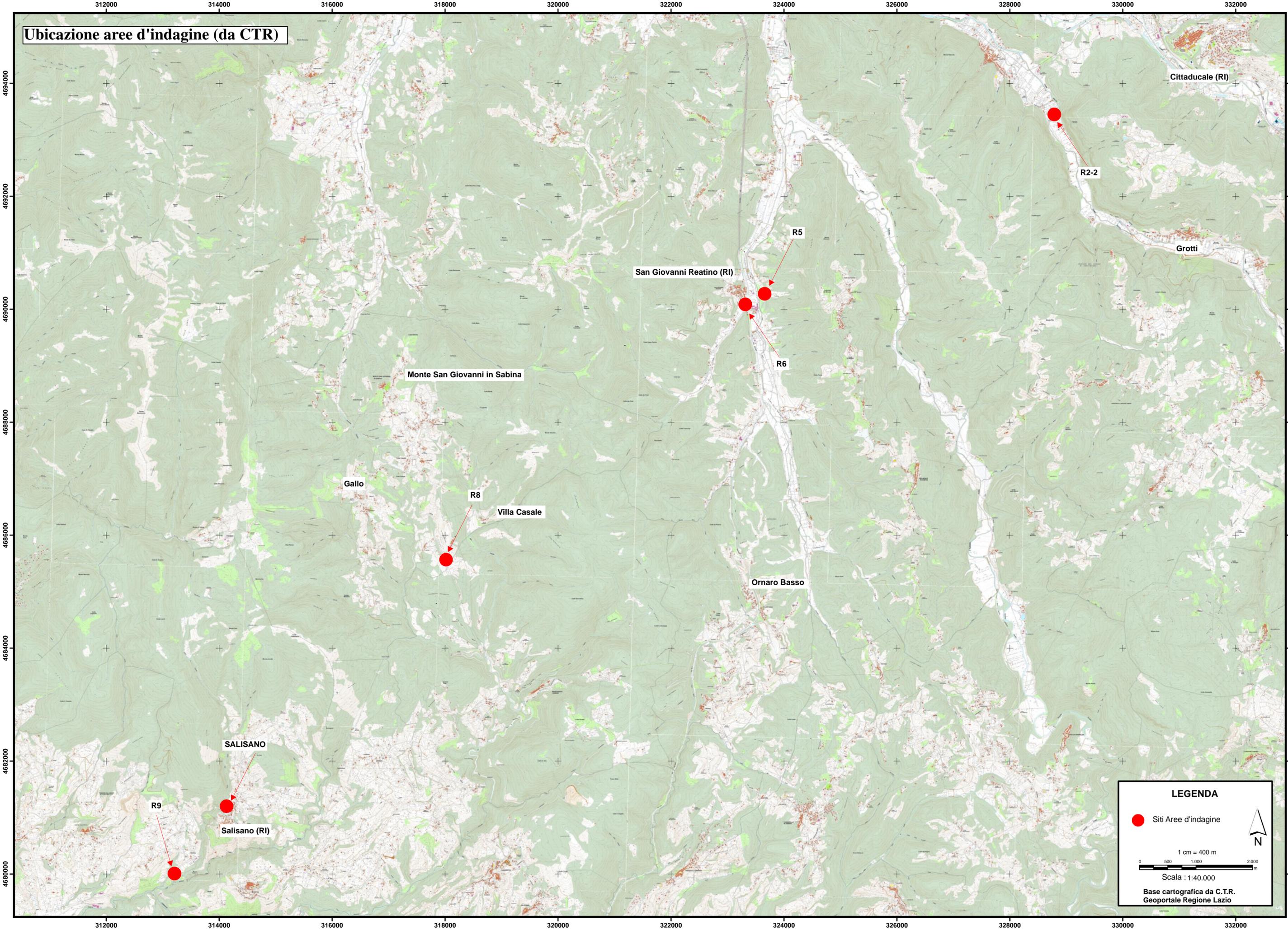
1 cm = 400 m
0 500 1.000 2.000 m

Scala : 1:40.000

Base cartografica da C.T.R.
Geoportale Regione Lazio



Ubicazione aree d'indagine (da CTR)



LEGENDA

- Siti Aree d'indagine

1 cm = 400 m

0 500 1.000 2.000 m

Scala : 1:40.000

Base cartografica da C.T.R.
Geoportale Regione Lazio

ALLEGATO INDAGINE SISMICA “SITO R4”

- Relazione esplicativa
- Ubicazione misure sismiche (da Ortofoto-CTR) –scala 1:2.000
- Sismogrammi sismica a rifrazione onde longitudinali (onde P)
- Sismogrammi sismica a rifrazione onde trasversali (onde SH)
- Dromocrone onde longitudinali (onde P)
- Dromocrone onde trasversali (onde SH)
- Tomografia sismica ed interpretazione sismostratigrafica
- Esempio di sismogramma a 48 tracce (sismica a riflessione)
- Sismogrammi a 24 tracce utilizzati per l’analisi in Common Mid Point
- Analisi prospezione sismica a riflessione
- Documentazione fotografica

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.



ISO 14001:2015, n. SA.00014/19
OHSAS 18001:2007, n. SA.00015/19



SOA 05208 II Livello



GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750 • Capitale Sociale € 500.000,00 • Iscrizione alla CCIAA 255978

Sede Legale e Laboratorio Terre e Rocce Via Il Giugno 2, 73049 Ruffano (LE) • Laboratorio Materiali Via Benedetto Falcone snc ZI 73049 Ruffano (LE) •

Unità Locale Via Olanda, Zona Industriale Surbo, 73010 Lecce (LE) • Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093 | www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Indice

1 PREMESSA	2
2 PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE	3
2.1 tecniche operative.....	3
2.2 Analisi dei dati.....	4
2.3 Risultati	5
3 PROSPEZIONE SISMICA A RIFLESSIONE	8
3.1 tecniche operative.....	8
3.2 Analisi dei dati.....	9
3.3 Risultati	10

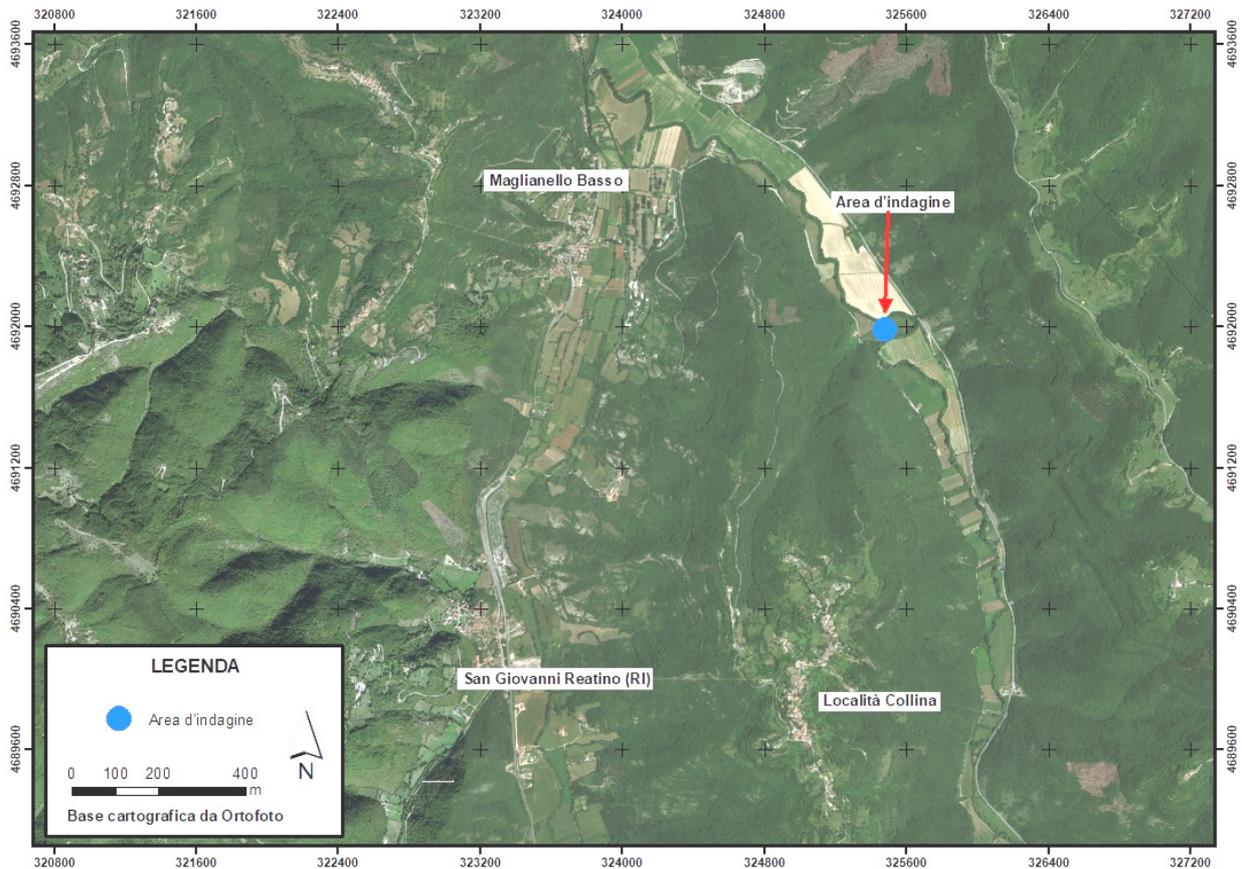
ALLEGATI

- **Ubicazione misure sismiche (da Ortofoto-CTR) - scala 1:2.000**
- **Sismogrammi sismica a rifrazione onde longitudinali (onde P)**
- **Sismogrammi sismica a rifrazione onde trasversali (onde Sh)**
- **Dromocrone onde longitudinali (onde P)**
- **Dromocrone onde trasversali (onde Sh)**
- **Tomografie sismiche ed interpretazioni sismostratigrafiche**
- **Esempio di sismogramma a 48 tracce (sismica a riflessione)**
- **Sismogrammi a 24 tracce utilizzati per l'analisi in Common Mid Point**
- **Analisi prospezione sismica a riflessione**
- **Documentazione fotografica**

1 PREMESSA

Per incarico conferito alla “GEOPROVE S.r.l.” da “ACEA ELABORI S.P.A”, è stata eseguita una campagna di prospezioni sismiche nell’ambito delle **“INDAGINI GEOGNOSTICHE FINALIZZATE ALLA PROGETTAZIONE DEL NUOVO TRONCO SUPERIORE DELL’ACQUEDOTTO DEL PESCHIERA – CONTRATTO QUADRO N. 3900005591”** nel sito **R4**.

In questo sito sono stati eseguiti 2 profili sismici a rifrazione in onde longitudinali (onde P) e trasversali (Sh) ed un profilo di sismica a riflessione.



Ubicazione del sito d’indagine

2 PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

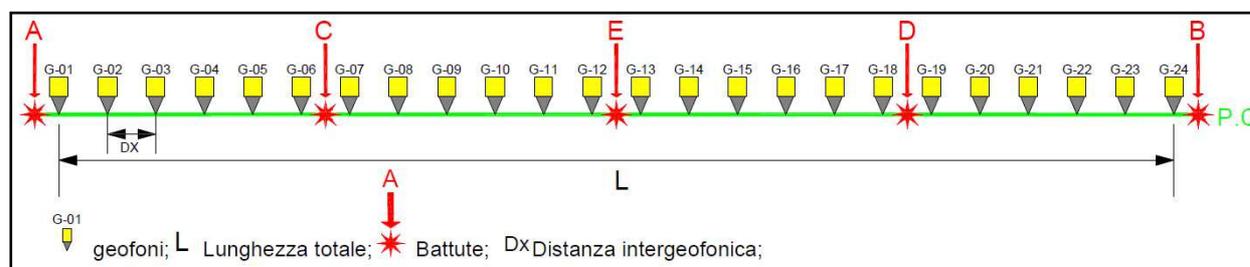
2.1 tecniche operative

Sono stati effettuati 2 profili sismici a rifrazione in onde P ed Sh utilizzando geofoni a 14 Hz. Le tracce sono state registrate impostando i seguenti parametri:

	frequenza di campionamento	Lunghezza registrazioni	sorgente
Onde P	0.0625 millisecondi	500 ms	martello
Onde Sh	0.125 millisecondi	1 secondo	martello

Di seguito sono tabellate le caratteristiche dei profili acquisiti:

Denominazione	Lunghezza	Distanza geofonica	Numero scoppi	N. Canali
Profilo 1	120 m	5.0 m	5.0	24
Profilo 2	120 m	5.0 m	5.0	24



Schema geometrico di acquisizione

2.2 Analisi dei dati

Per prima cosa sono stati individuati sui sismogrammi i tempi dei primi arrivi delle onde P. Questa operazione è definita picking e si effettua dopo aver registrato e opportunamente filtrato il segnale acquisito.

I file così ottenuti vengono caricati nel software **TomTime** della **Geotom, LCC** che consente di amplificare il segnale in modo da facilitare l’operazioni di picking e registra i valori dei tempi del reale punto di primo arrivo. I tempi vengono importati in un altro software Gremix (Interpex Limited, 1990) che a partire da questi dati e dalle geometrie dello stendimento traccia le dromocrone.

Attraverso un’interpolazione grafica manuale ottimizzata dalle funzioni del software si ottiene, attraverso il metodo del G.R.M operato dal Gremix, lo spessore relativo degli strati presenti e le rispettive velocità. Si visualizza graficamente il modello ottenuto in funzione della velocità e profondità dei rifrattori.

E’ stata successivamente eseguita l’interpretazione tomografica che a partire da una simulazione numerica del fenomeno di propagazione dell’impulso sismico, individua i campi incogniti di velocità delle onde calcolando i tempi di percorrenza e fornisce una discretizzazione del sottosuolo restituendo un’ immagine bidimensionale.

Il software utilizzato per la tomografia è il **Rayfract v. 2.71** (della Intelligent Resources Inc), che applica un metodo di inversione che ricostruisce i fronti d’onda e le geometrie dei percorsi rifratti e l’angolo con cui riemergono al ricevitore.

Importati i tempi dei primi arrivi e le geometrie si visualizzano le dromocrone e tramite il comando “Smooth Invert/WET with gradient initial model” è stato avviato il processo di inversione. Quando il risultato non è stato ritenuto soddisfacente, si è provveduto a variare le impostazioni di default del comando regolando alcuni parametri tramite il comando “Interactive WET Tomography” e “ Maximum Valid Velocity”. Aggiornato il modello sono stati riavviati tutti i calcoli iterativi di inversione fino al raggiungimento dei requisiti che soddisfano l’algoritmo che individua la soluzione ottimale.

Infine sono stati verificati i risultati ottenuti e verificata la coerenza della rappresentazione grafica in scala cromatica.

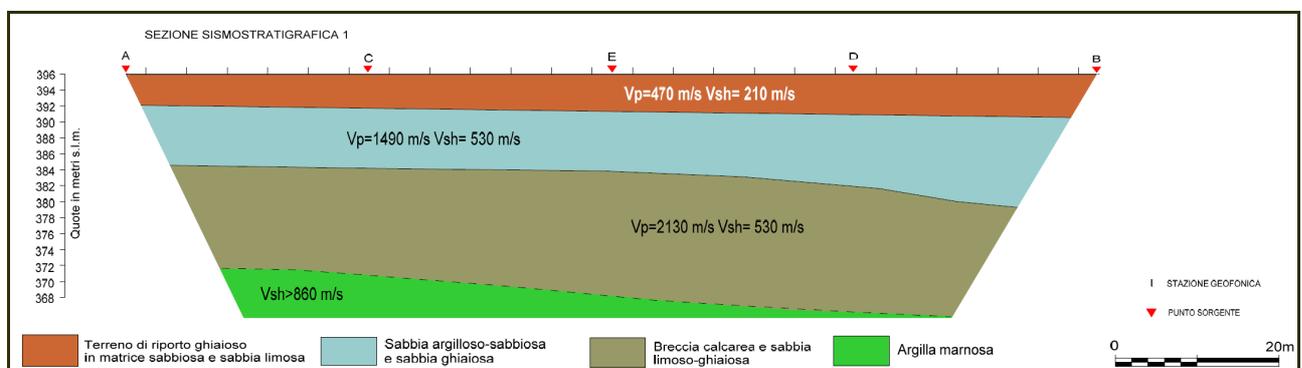
2.3 Risultati

L’elaborazione dei dati ha permesso di ricostruire il sottosuolo secondo **4 “sismostrati”**, per il **profilo 1**, così caratterizzati:

1. Il **primo sismostrato** (con una profondità di 4 mt dal p.c.) ha velocità V_p di 470 m/s e V_{sh} di 210 m/s;
2. Il **secondo sismostrato** (con una profondità media di 14 mt dal p.c.) ha velocità V_p di 1490 m/s e V_{sh} di 530 m/s;
3. Il **terzo sismostrato** (con una profondità >25 mt dal p.c.) ha velocità V_p di 2130 m/s e V_{sh} di 530 m/s;
4. Il **substrato rifrattore** ha velocità $V_{sh} > 860$ m/s.

Per ciò che concerne la correlazione delle caratteristiche fisico-dinamiche con quelle geologico-tecniche del sottosuolo esplorato, si può ritenere che:

1. Il **primo sismostrato** è associabile a *Terreno di riporto ghiaioso in matrice sabbiosa e sabbia limosa*;
2. Il **secondo sismostrato** è associabile a *Sabbia argilloso-sabbiosa e sabbie ghiaiose*;
3. Il **terzo sismostrato** è associabile a *Breccia calcarea e sabbia limoso-ghiaiosa*;
4. Il **substrato rifrattore** è associabile ad *Argilla marnosa*.

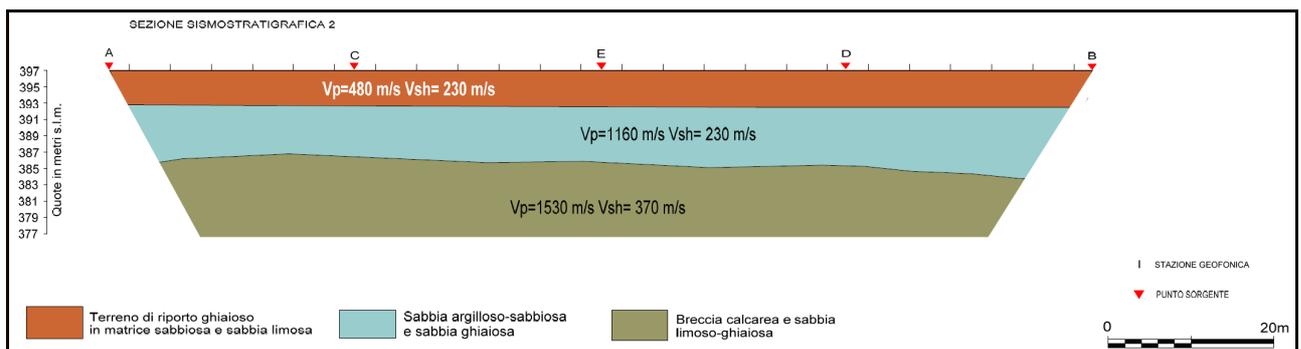


l’elaborazione dei dati ha permesso di ricostruire il sottosuolo secondo **3 “sismostrati”**, per il **profilo 2**, così caratterizzati:

1. **Il primo sismostrato** (con una profondità di 5 mt dal p.c.) ha velocità V_p di 480 m/s e V_{sh} di 230 m/s;
2. **Il secondo sismostrato** (con una profondità media di 11 mt dal p.c.) ha velocità V_p di 1160 m/s e V_{sh} di 230 m/s;
3. **Il substrato rifrattore** ha velocità V_p di 1530 m/s e V_{sh} di 370 m/s.

Per ciò che concerne la correlazione delle caratteristiche fisico-dinamiche con quelle geologico-tecniche del sottosuolo esplorato, si può ritenere che:

1. **Il primo sismostrato** è associabile a *Terreno di riporto ghiaioso in matrice sabbiosa e sabbia limosa*;
2. **Il secondo sismostrato** è associabile a *Sabbia argilloso-sabbiosa e sabbie ghiaiose*;
3. **Il terzo sismostrato** è associabile a *Breccia calcarea e sabbia limoso-ghiaiosa*.



Nella tabella che segue sono mostrati tutti i valori delle velocità sismiche, il coefficiente di Poisson ed i valori dei moduli dinamici E (di Young), G (di taglio) e K (di compressibilità), espressi in Kg/cm². Questi valori sono calcolati considerando per un peso di volume unitario pertanto, per ottenere i moduli reali, è necessario moltiplicarli per il peso di volume dei litotipi presenti.

La presenza di acqua all’interno dei sedimenti alluvionali presenti in sito determina un incremento del valore delle onde longitudinali (a differenza delle velocità delle onde trasversali che non vengono influenzate dalla presenza dell’acqua) con la conseguenza che tale valore risulta sovrastimato. Esso è stato calcolato, con più precisione, dall’analisi di velocità effettuata con la sismica a riflessione. Il valore così ricavato è mostrato in giallo per il substrato rifrattore.

Per il primo ed il secondo sismostrato non sussiste tale problema poiché i terreni riscontrati o sono privi di acqua oppure sono parzialmente o totalmente impermeabili.

Profilo 1

Spessori sismostrati (m)	Vp	Vsh	σ	γ	E	G	K
1° sismostrato 0÷4.0	470	210	0.38	1	1238	450	1654
2° sismostrato 4.0÷14.0	1490	530	0.43	1	8184	2866	18832
2° sismostrato 4.0÷14.0	1300	530	0.40	1	8028	2866	13423
3° sismostrato 14.0÷25.0	2130	530	0.47	1	8410	2866	42473
3° sismostrato 14.0÷25.0	1300	530	0.40	1	8028	2866	13423
substrato rifrattore >25.0		>860					

Profilo 2

Spessori sismostrati (m)	Vp	Vsh	σ	γ	E	G	K
1° sismostrato 0÷5.0	480	230	0.35	1	1459	540	1631
2° sismostrato 5.0÷11.0	1160	230	0.48	1	1597	540	13011
substrato rifrattore >11.0	1530	370	0.47	1	4104	1397	22024
substrato rifrattore >11.0	1300	370	0.46	1	4068	1397	15382

Vp = velocità onde longitudinali in m/s

Vs = velocità onde trasversali in m/s

σ = coefficiente di Poisson

γ = peso di volume in g/cm³

E = modulo dinamico di Young in Kg/cm²

G = modulo dinamico di taglio in Kg/cm²

K = modulo dinamico di compressibilità in Kg/cm²

3 PROSPEZIONE SISMICA A RIFLESSIONE

3.1 tecniche operative

E' stato acquisito un profilo sismico a riflessione utilizzando geofoni a 14 Hz shuntati con filtro passivo, in grado di spostare la banda di risposta dei geofoni verso frequenze più alte. Le tracce sono state registrate con i seguenti parametri:

frequenza di campionamento	Lunghezza registrazioni	sorgente
0.0625 millisecondi	1 secondo	Martello/Peg-40

Di seguito sono tabellate le caratteristiche del profilo acquisito:

Denominazione	Lunghezza	Distanza geofonica	Numero scoppi	N. Stazioni
Profilo 1	243 m	3.0 m	25	82



Schema geometrico di acquisizione

3.2 Analisi dei dati

I dati della sismica a riflessione sono stati trattati col software Seistrix 3 (Interpex L.t.d., 1993). Uno dei grandi vantaggi di questo software è la capacità di gestire le geometrie complesse, dovendo trattare dati acquisiti secondo la tecnica del Common Mid Point Multi-Offset.

Sono stati acquisiti sismogrammi a 48 tracce, in allegato viene riportato un solo sismogramma acquisito.

Per prima cosa sono stati caricati nel programma tutti i file a 24 tracce con punto sorgente a distanza uguale e impostate le geometrie di ogni profilo.

Si è poi proceduto all'analisi delle linee sismiche per ogni singolo offset, in seguito è stato esaminato solo il profilo ad offset più indicativo (offset a 12 metri).

Sono state impostate le geometrie è stato effettuato il “sort” dei dati. Questa operazione serve a riorganizzare i dati secondo le geometrie di common mid-point e nel rispetto delle distanze di offset. Infatti al momento dell’acquisizione i dati sono memorizzati in base alle posizioni degli scoppi e dei ricevitori, con il sorting vengono riorganizzati in modo da raggruppare per ogni coppia scoppio-ricevitore le tracce relative ai segnali provenienti dallo stesso midpoint.

Successivamente le operazioni di processing sui dati sono le seguenti:

- ✓ Correzione Statica dei Tempi sulle Tracce
- ✓ Filtro Passa Banda
- ✓ Mute
- ✓ Normal Move Out
- ✓ Filtraggio $f - k$
- ✓ Trace Mix

Esse sono state ampiamente descritte nella relazione generale.

3.3 Risultati

Dall’analisi della “sezione tempo”, riportata nell’allegato “analisi prospezione sismica a riflessione”, si evince la presenza **di un primo riflettore**, piuttosto energetico, posto tra circa **30 e 80 millisecondi**, ed un **secondo riflettore** posto tra **120 e 170 millisecondi**.

Per ciò che concerne le profondità associabili alle sezioni tempo, queste sono state ottenute utilizzando, per i terreni superficiali, velocità e spessori ricavati dall’elaborazione tomografica del sottosuolo effettuata con la sismica a rifrazione e, per i sedimenti più profondi, effettuando un’analisi di velocità dei sismogrammi relativi alla sismica a riflessione.

In virtù delle considerazioni fatte, e, quindi, passando da sezioni tempo a sezione profondità, vedi figura “Analisi prospezione sismica a riflessione”, **la prima riflessione** individuata risulta posizionabile tra circa **28 e 45 metri di profondità** mentre, **la seconda riflessione**, si posiziona tra circa **70 e 90 metri di profondità**.

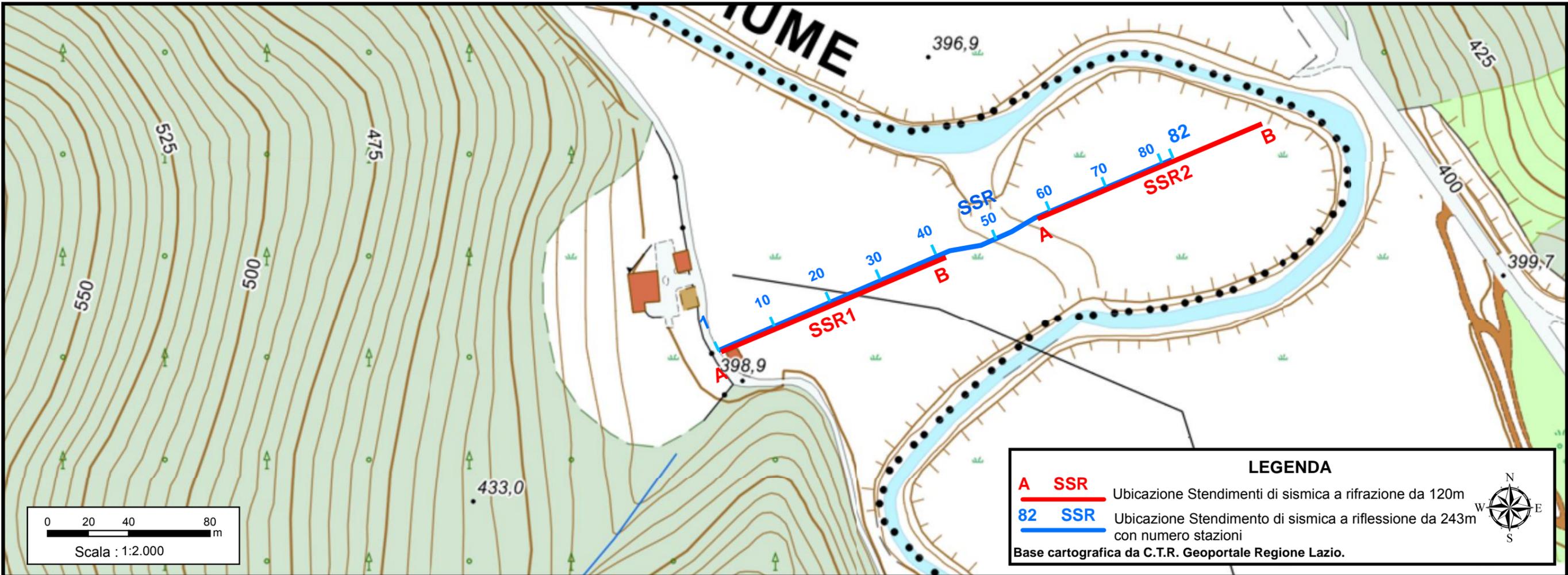
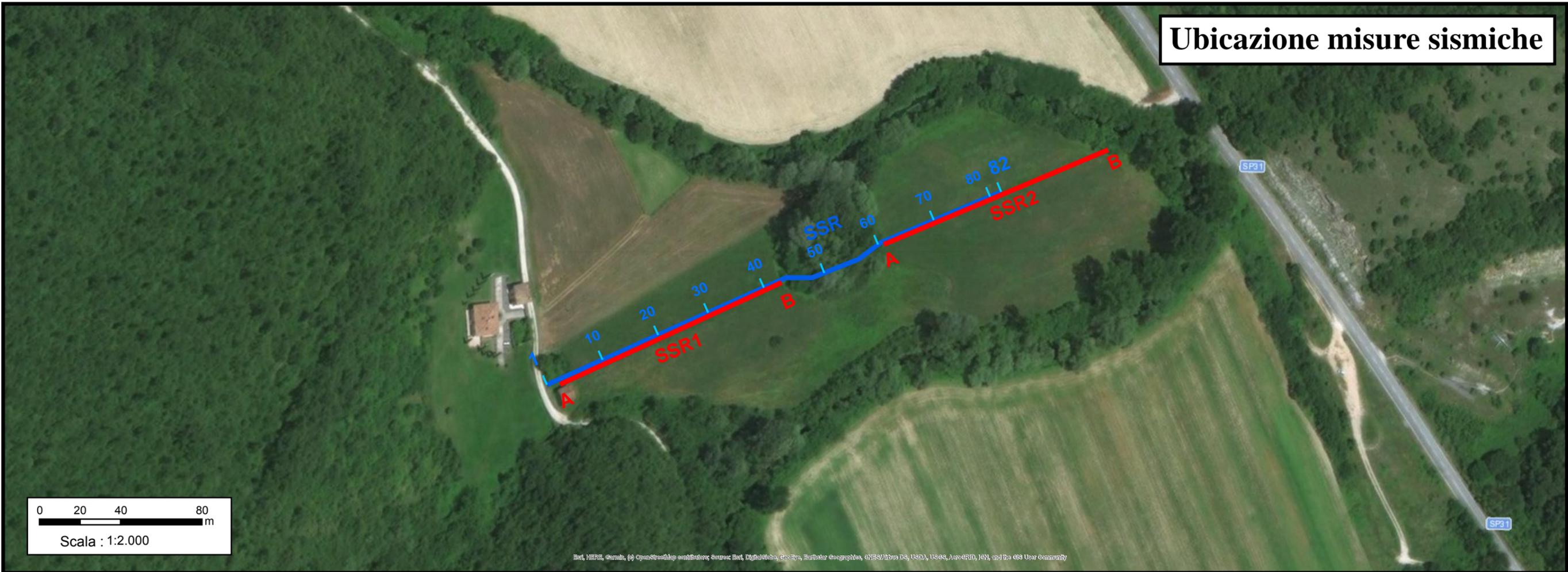
Per quanto riguarda la correlazione tra i riflettori individuati e la litologia del sito si può asserire che:

- **la prima riflessione** potrebbe associarsi ad **argilla marnosa**;
- **la seconda riflessione**, invece, è da correlarsi, con buona probabilità, o alla presenza del **substrato calcareo**.

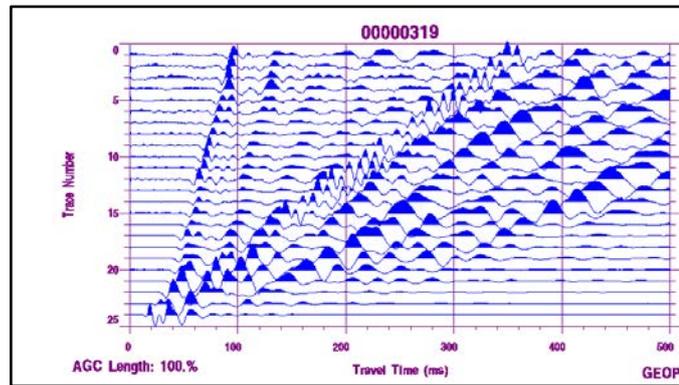
La seconda riflessione è quella che con più probabilità è imputabile alla presenza del substrato carbonatico. Questo perché nella sezione tempo analizzata è l’ultima riflessione sub-orizzontale visibile, dopodiché i segnali riflessi risultano disallineati e con minore energia. Ciò avviene, tipicamente, al raggiungimento del substrato roccioso.

Non si esclude che la roccia carbonatica sia associabile al primo segnale riflesso.

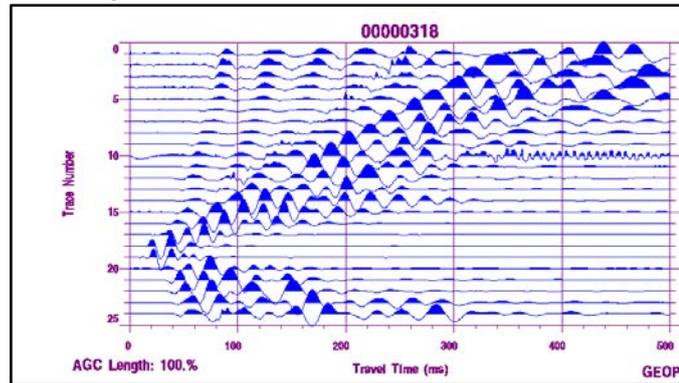
Ubicazione misure sismiche



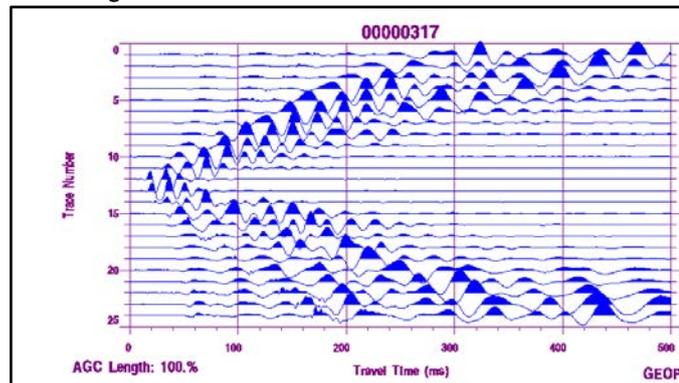
SISMOGRAMMI SISMICA A RIFRAZIONE ONDE LONGITUDINALI (ONDE P) PROFILO 1



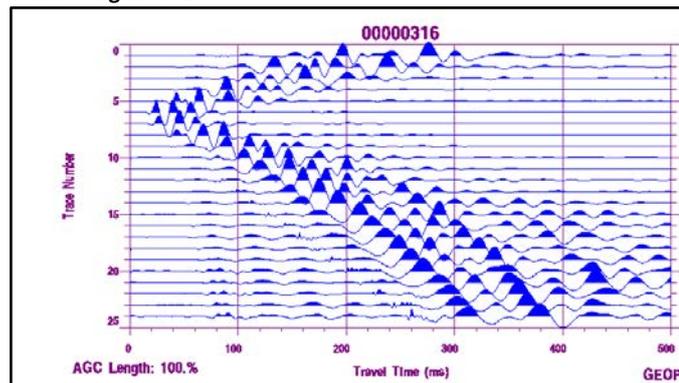
Punto sorgente "A"



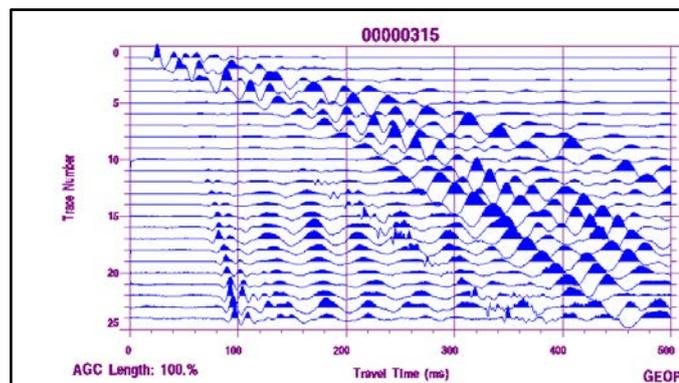
Punto sorgente "C"



Punto sorgente "E"

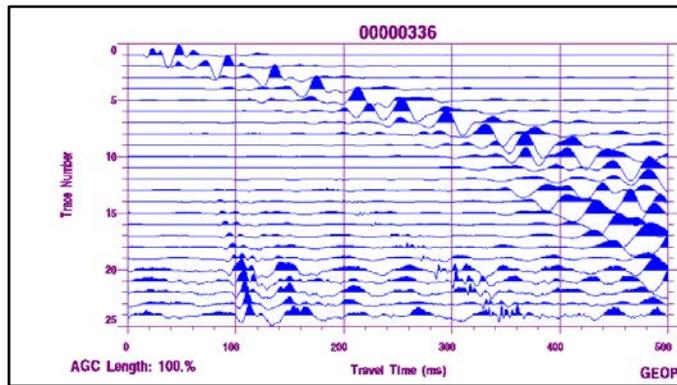


Punto sorgente "D"

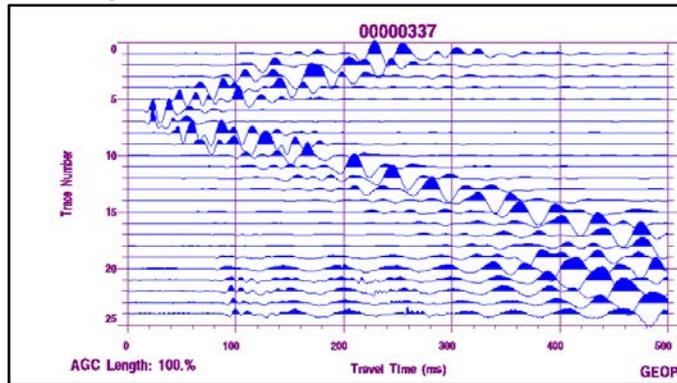


Punto sorgente "B"

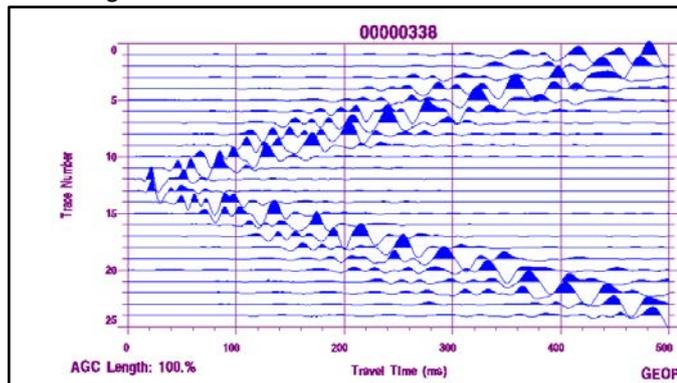
SISMOGRAMMI SISMICA A RIFRAZIONE ONDE LONGITUDINALI (ONDE P) PROFILO 2



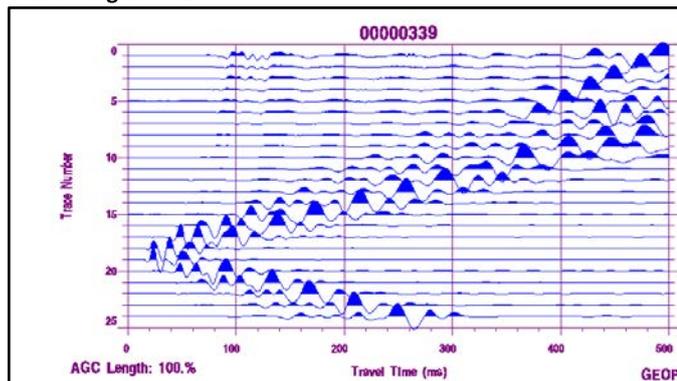
Punto sorgente "A"



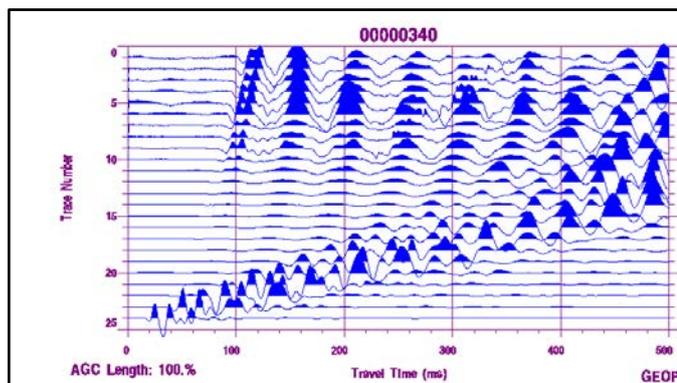
Punto sorgente "C"



Punto sorgente "E"

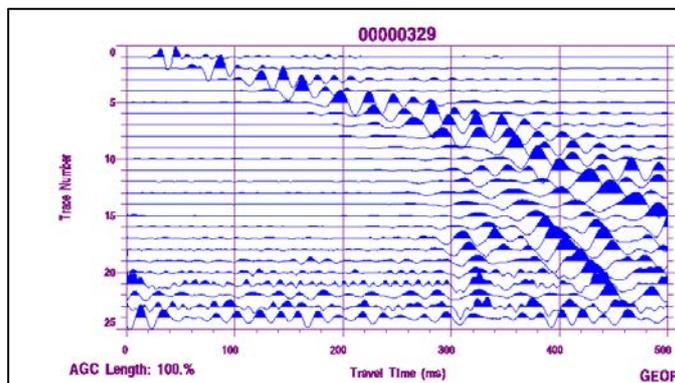


Punto sorgente "D"

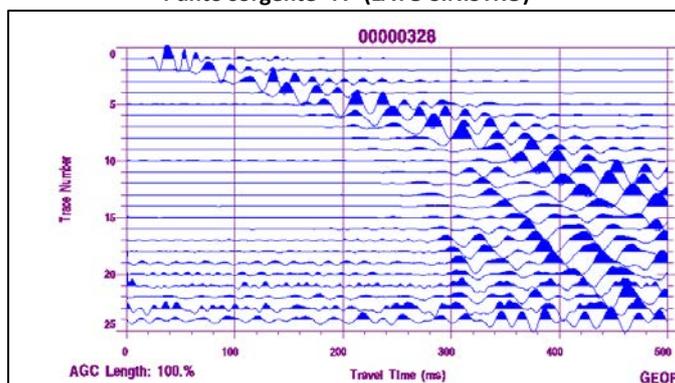


Punto sorgente "B"

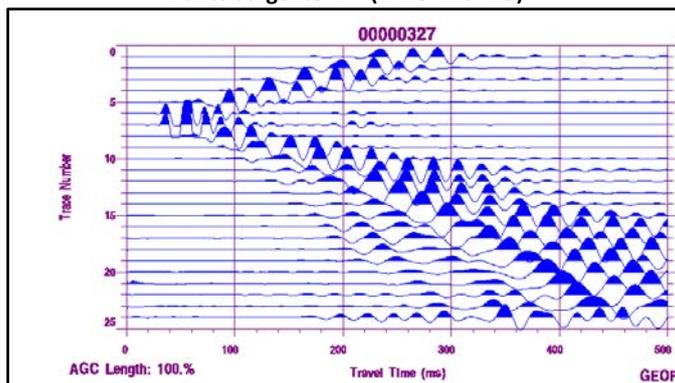
SISMOGRAMMI SISMICA A RIFRAZIONE ONDE TRASVERSALI (ONDE SH) PROFILO 1



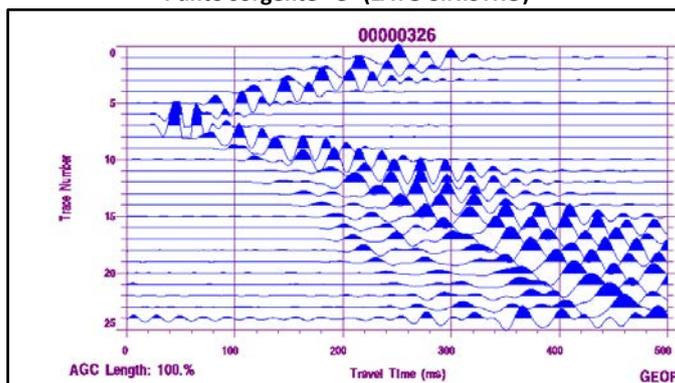
Punto sorgente "A" (LATO SINISTRO)



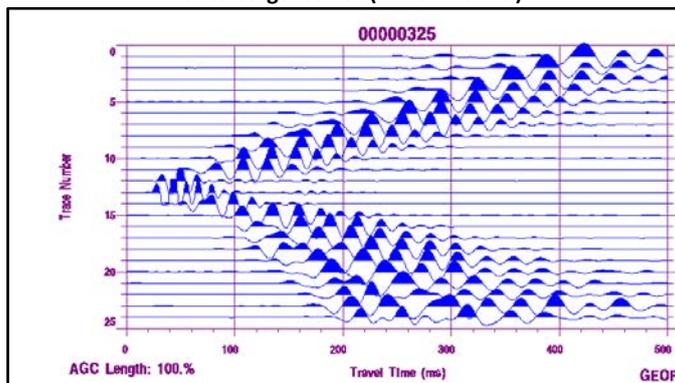
Punto sorgente "A" (LATO DESTRO)



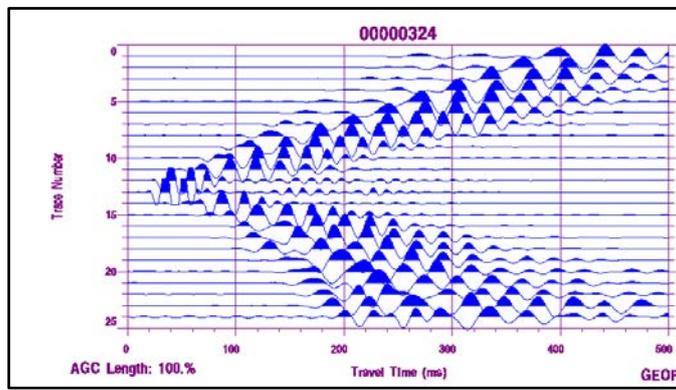
Punto sorgente "C" (LATO SINISTRO)



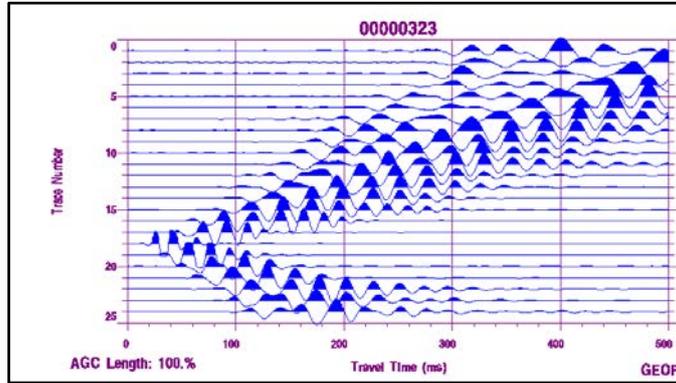
Punto sorgente "C" (LATO DESTRO)



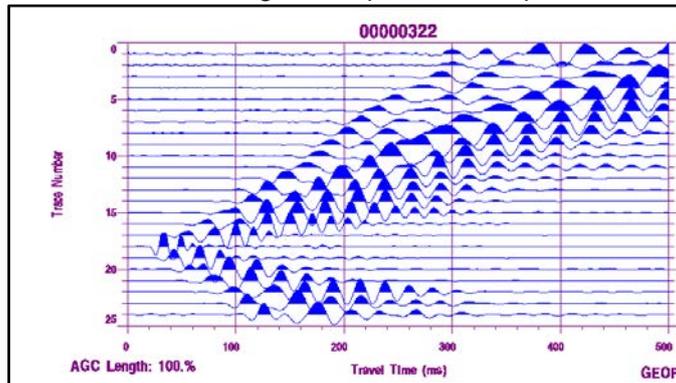
Punto sorgente "E" (LATO SINISTRO)



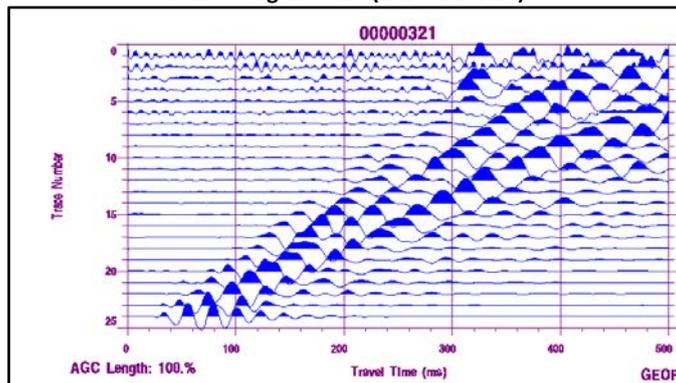
Punto sorgente "E" (LATO DESTRO)



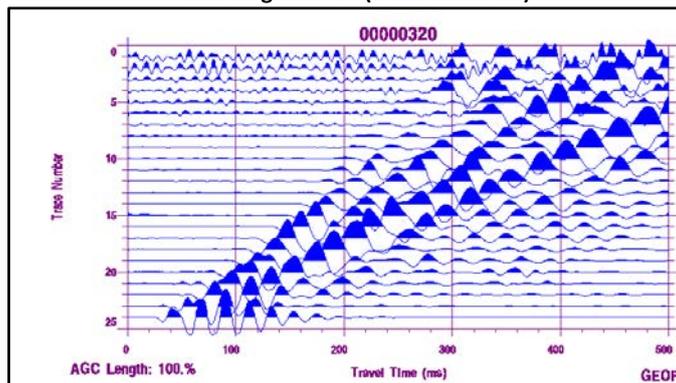
Punto sorgente "D" (LATO SINISTRO)



Punto sorgente "D" (LATO DESTRO)

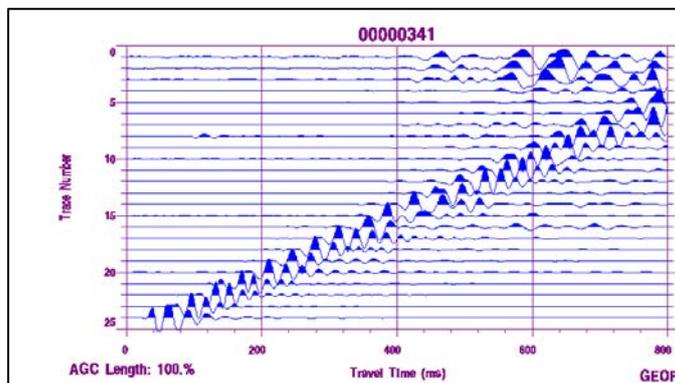


Punto sorgente "B" (LATO SINISTRO)

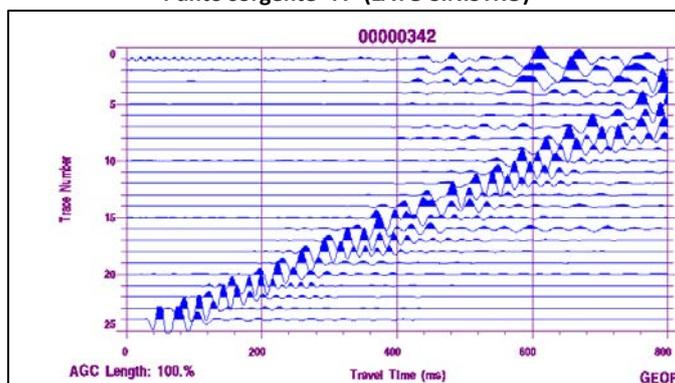


Punto sorgente "B" (LATO DESTRO)

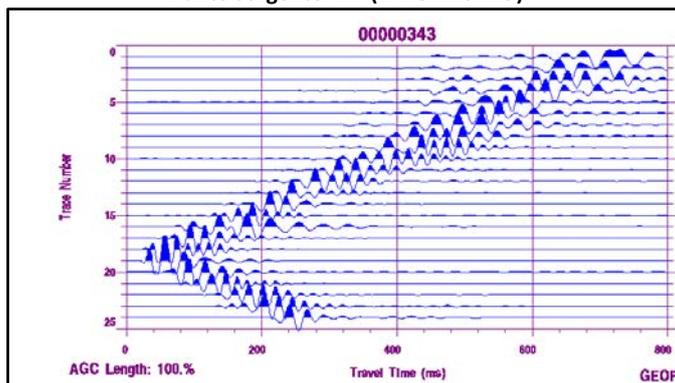
SISMOGRAMMI SISMICA A RIFRAZIONE ONDE TRASVERSALI (ONDE SH) PROFILO 2



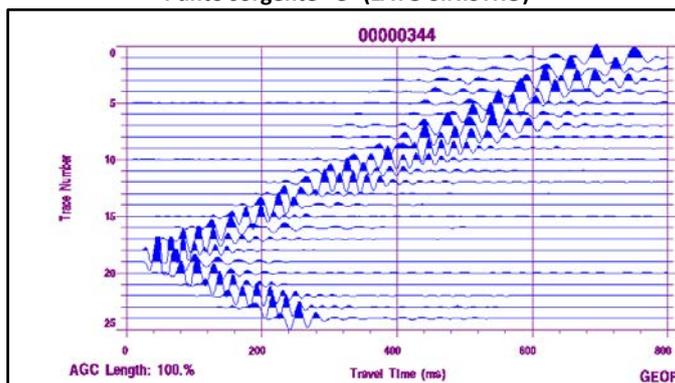
Punto sorgente "A" (LATO SINISTRO)



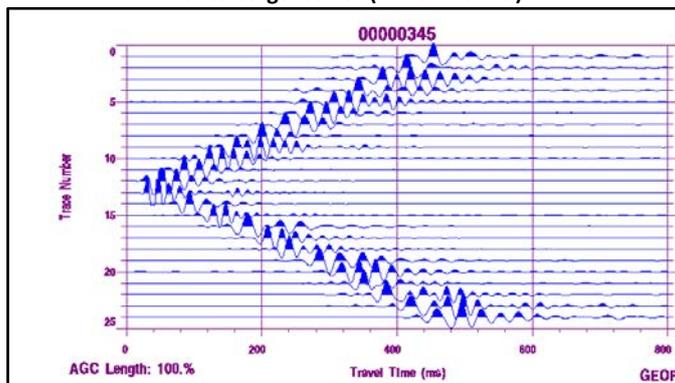
Punto sorgente "A" (LATO DESTRO)



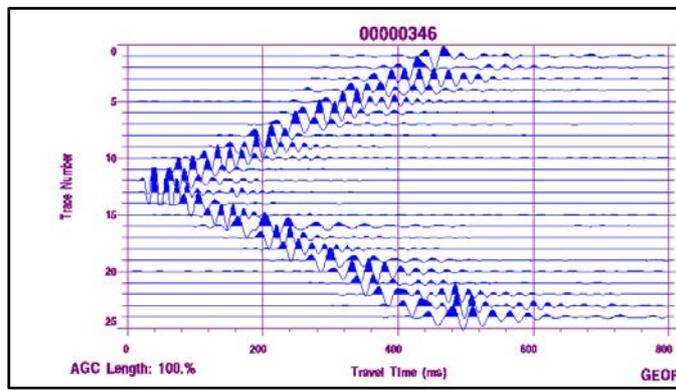
Punto sorgente "C" (LATO SINISTRO)



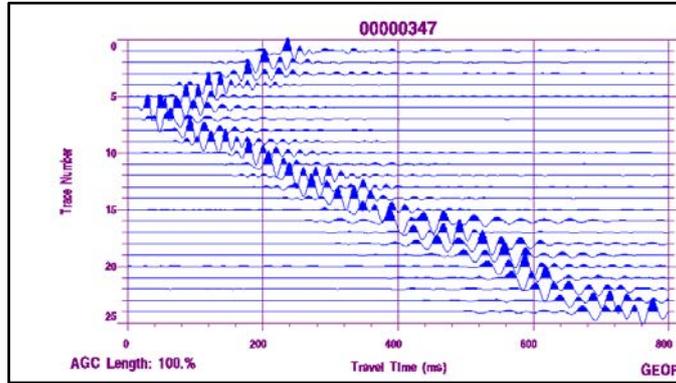
Punto sorgente "C" (LATO DESTRO)



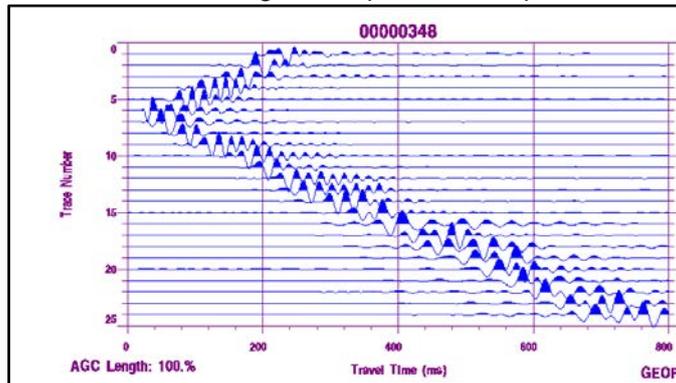
Punto sorgente "E" (LATO SINISTRO)



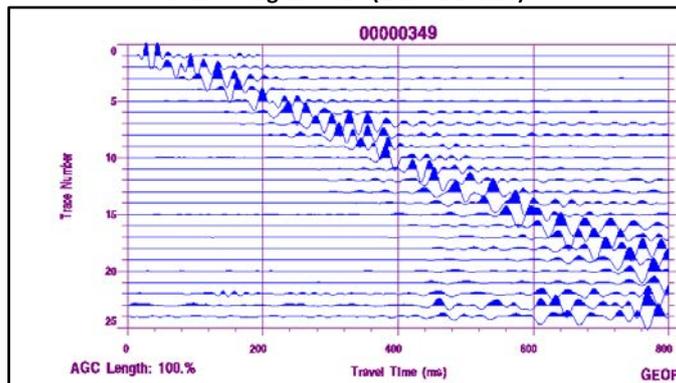
Punto sorgente "E" (LATO DESTRO)



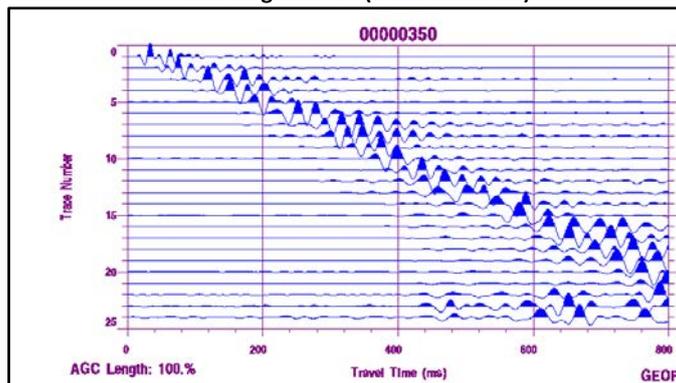
Punto sorgente "D" (LATO SINISTRO)



Punto sorgente "D" (LATO DESTRO)

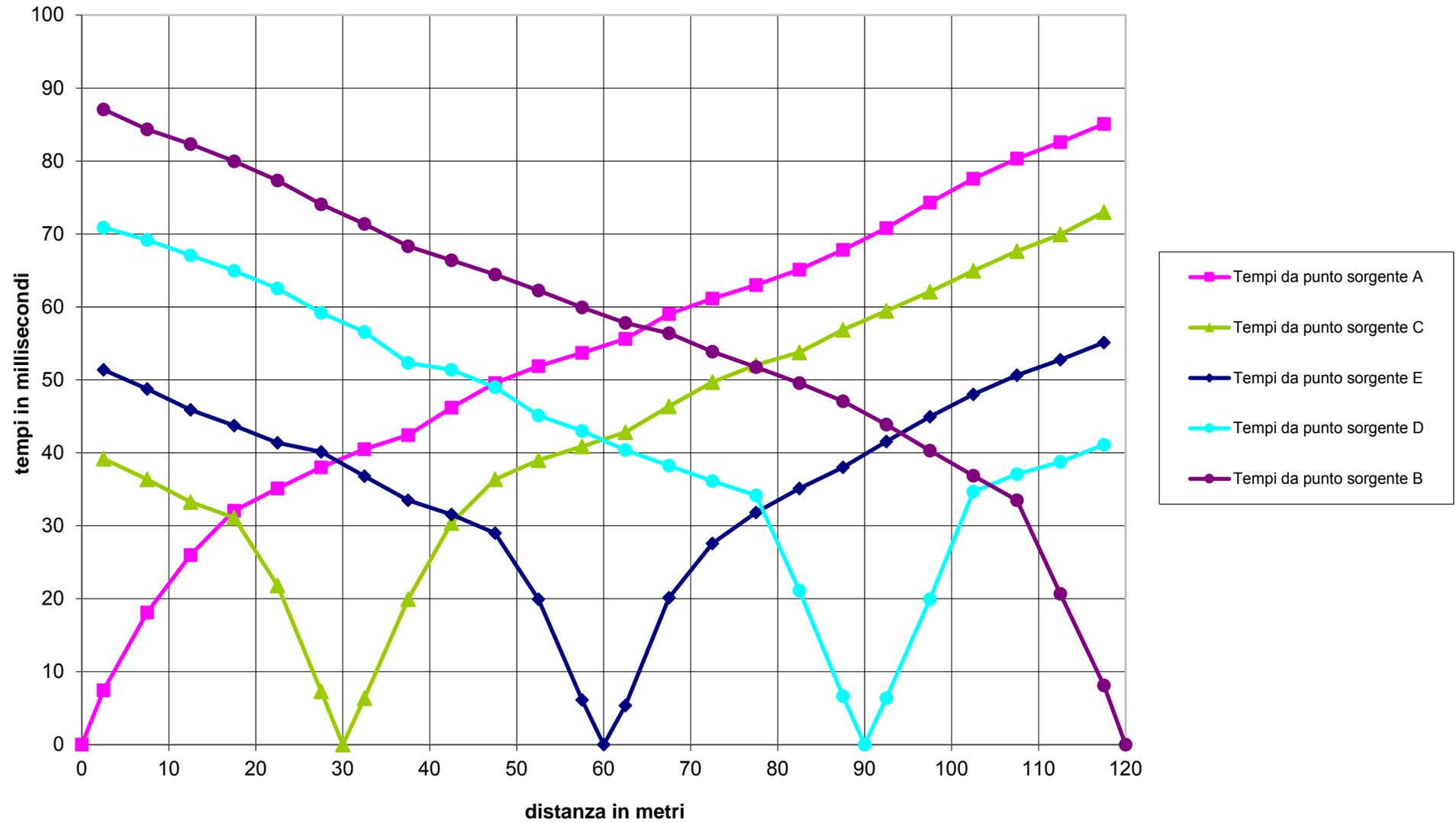


Punto sorgente "B" (LATO SINISTRO)

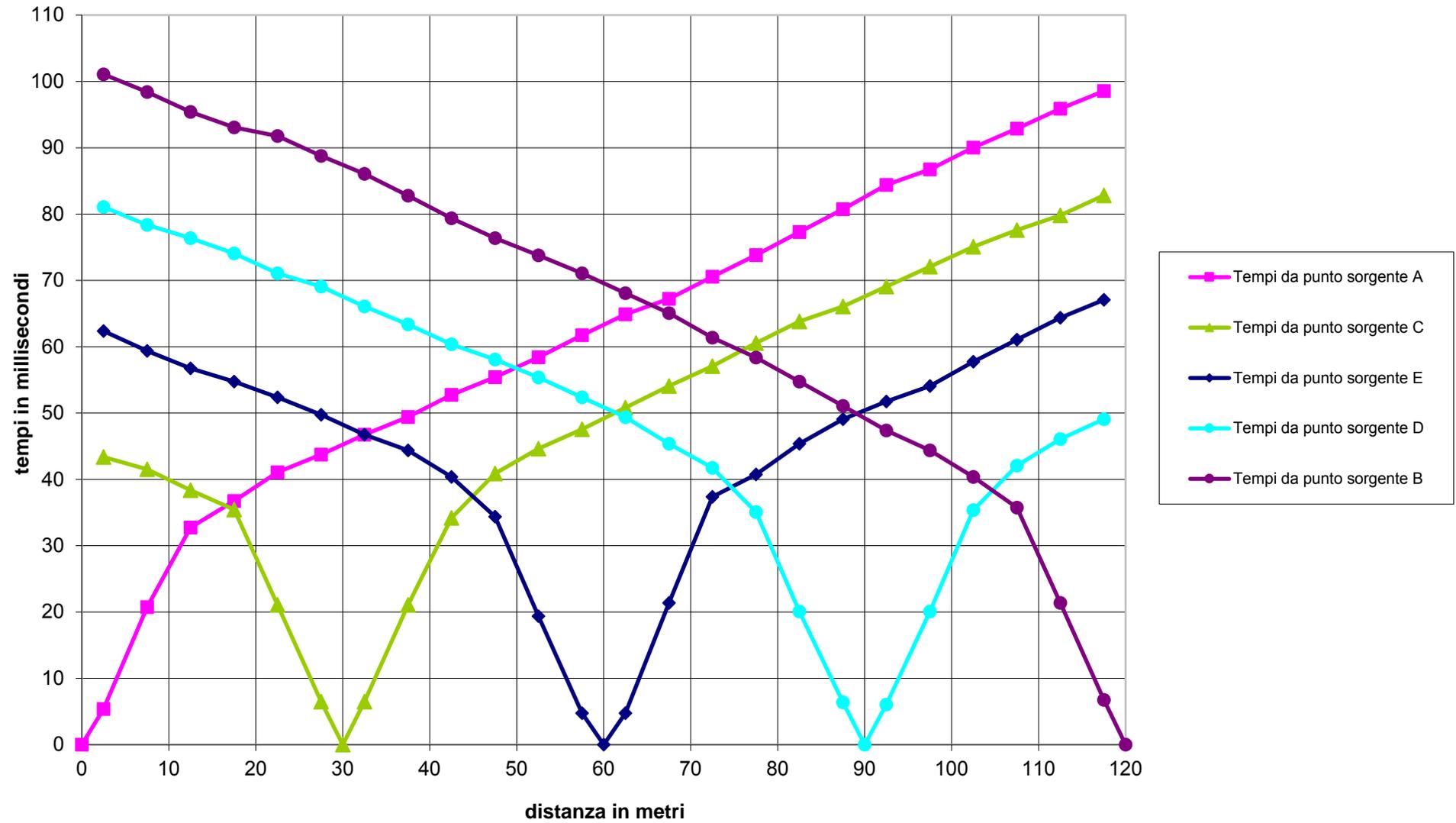


Punto sorgente "B" (LATO DESTRO)

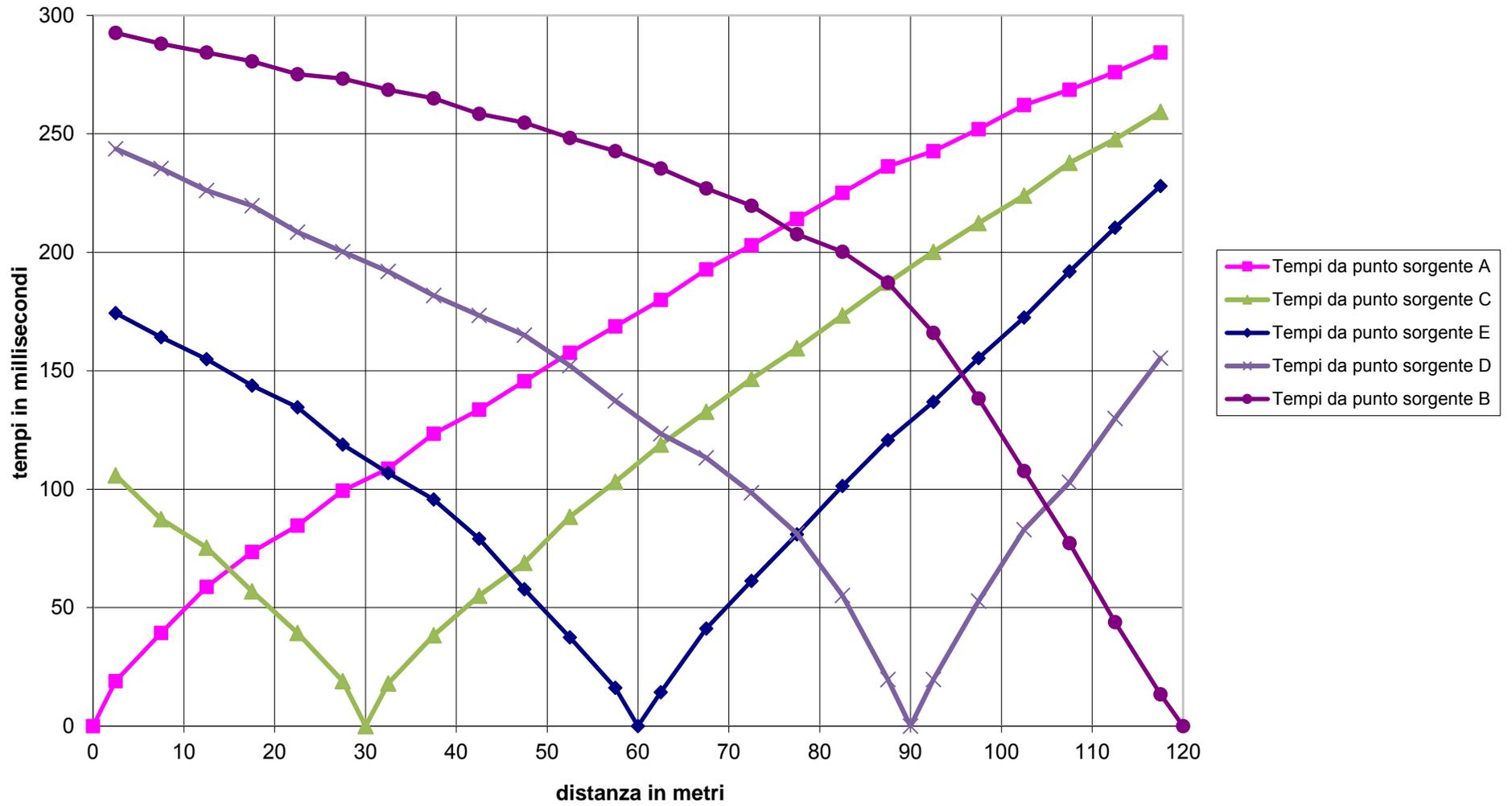
Dromocrone onde longitudinali - Profilo sismico 1



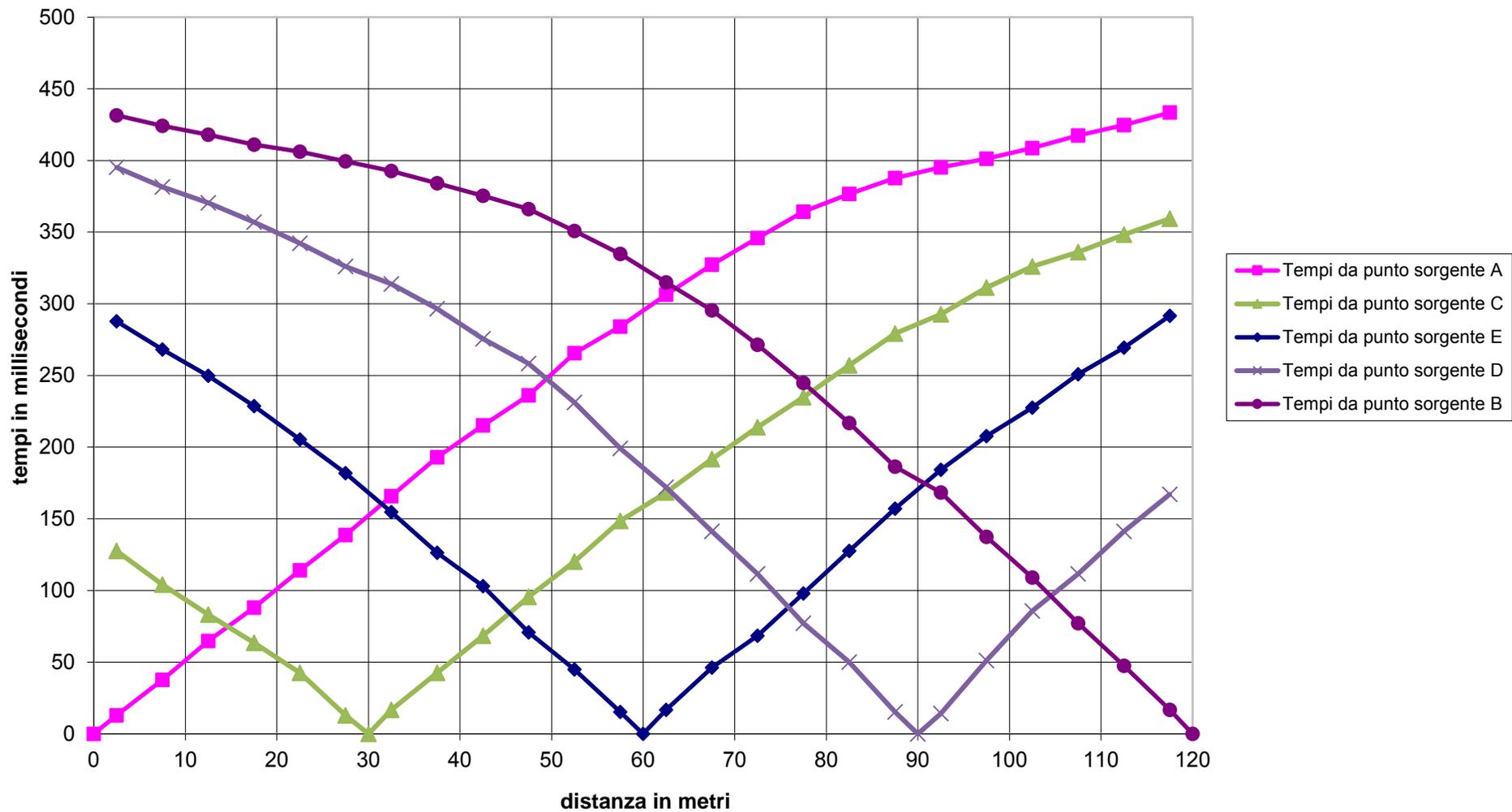
Dromocrone onde longitudinali - Profilo sismico 2

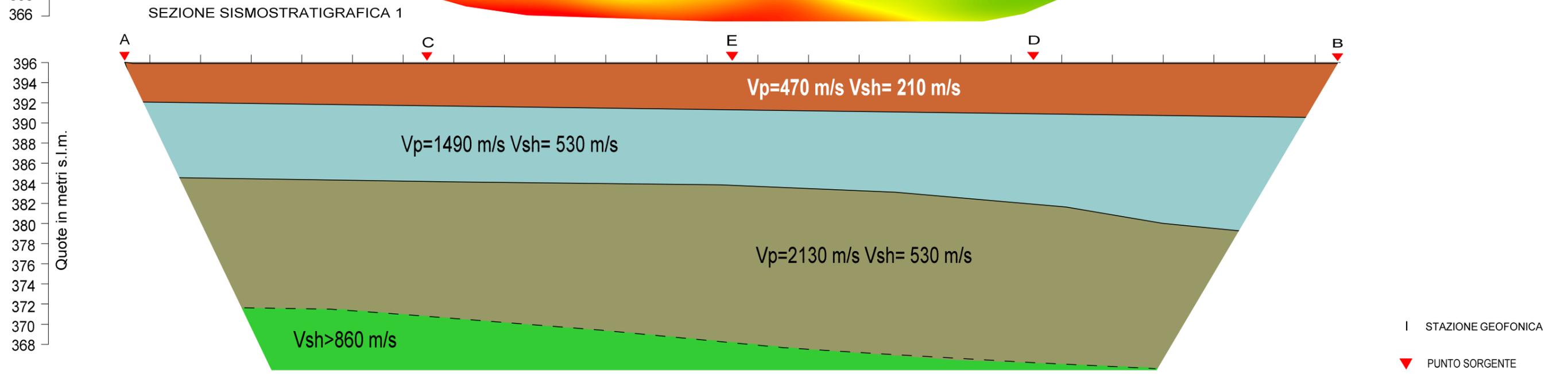
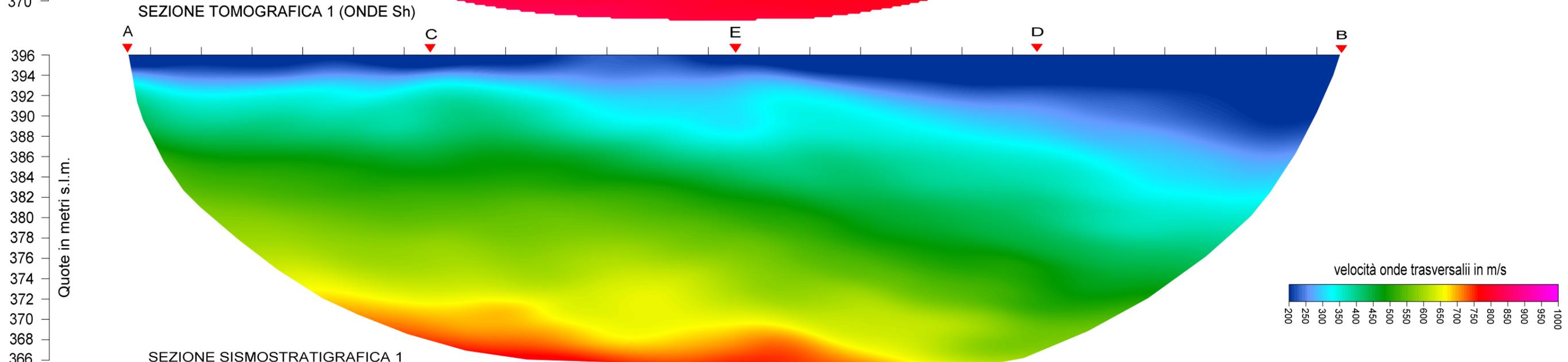
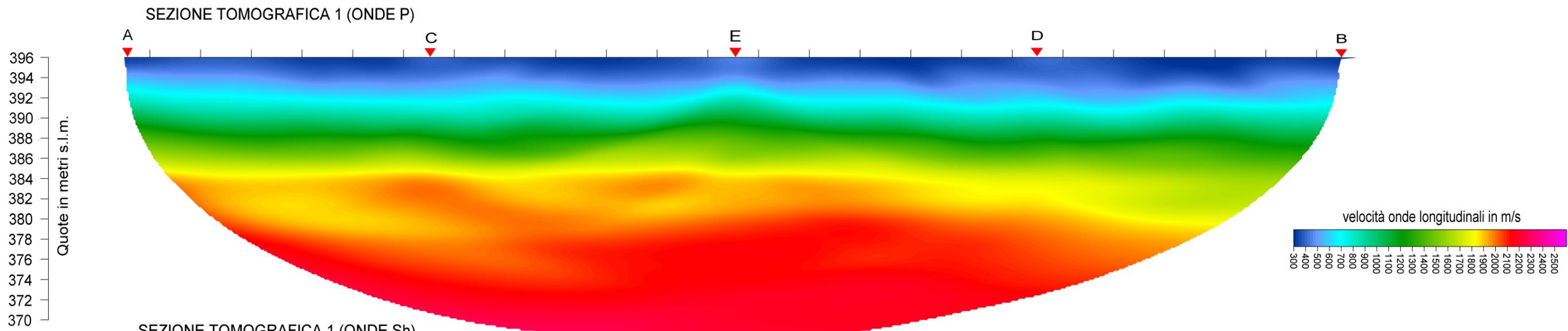


Dromocrone profilo sismico 1 - ONDE TRASVERSALI



Dromocrone profilo sismico 2 - ONDE TRASVERSALI



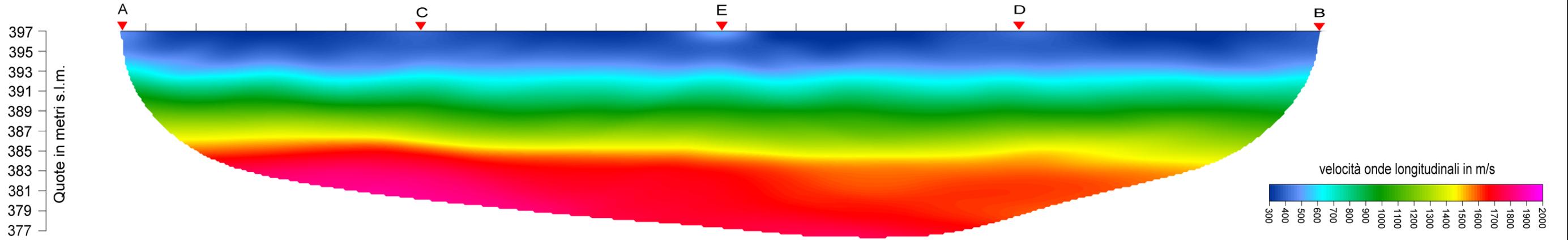


 Terreno di riporto ghiaioso in matrice sabbiosa e sabbia limosa	 Sabbia argilloso-sabbiosa e sabbia ghiaiosa	 Breccia calcarea e sabbia limoso-ghiaiosa	 Argilla marnosa
---	---	---	---

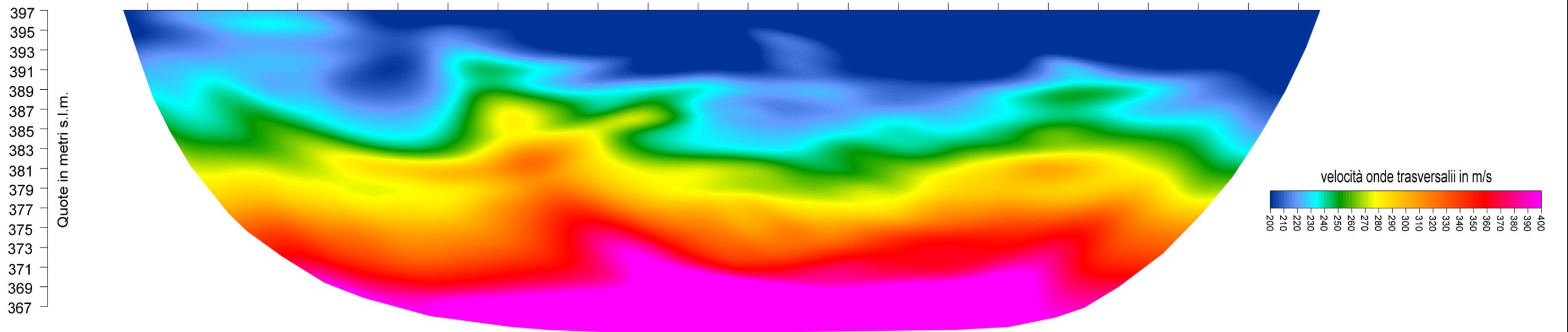
I STAZIONE GEOFONICA
 ▼ PUNTO SORGENTE

0  20m

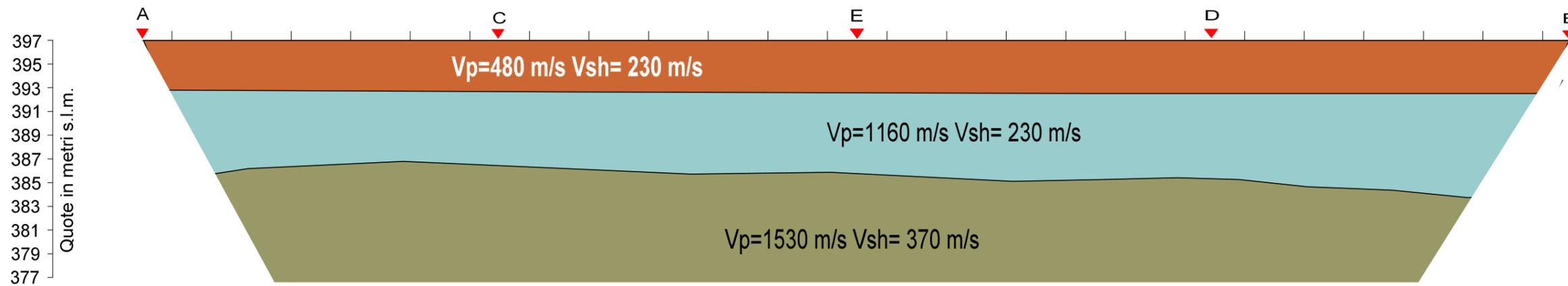
SEZIONE TOMOGRAFICA 2 (ONDE P)



SEZIONE TOMOGRAFICA 2 (ONDE Sh)



SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA 2



Terreno di riporto ghiaioso
in matrice sabbiosa e sabbia limosa

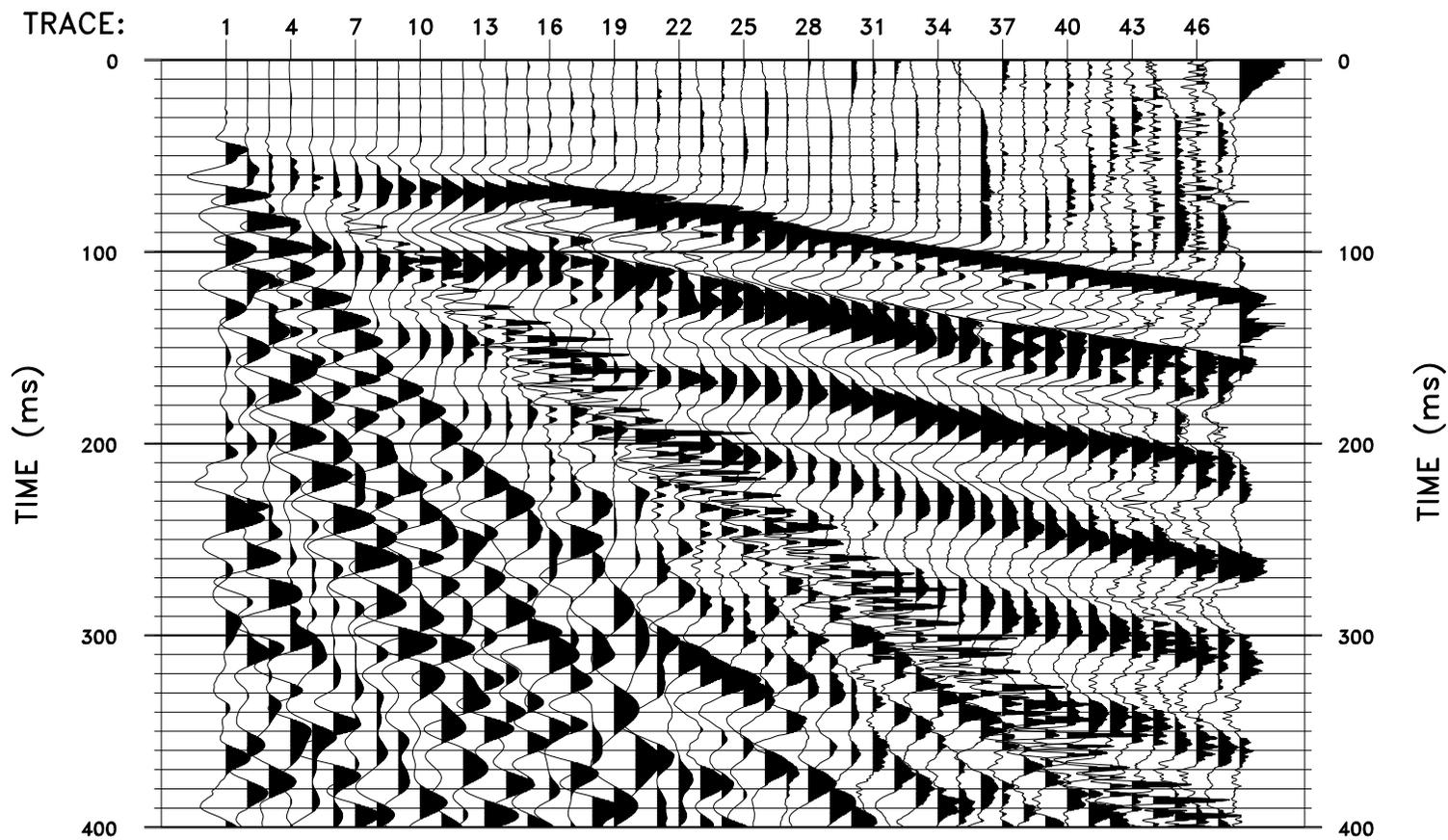
Sabbia argilloso-sabbiosa
e sabbia ghiaiosa

Breccia calcarea e sabbia
limoso-ghiaiosa

I STAZIONE GEOFONICA

▼ PUNTO SORGENTE

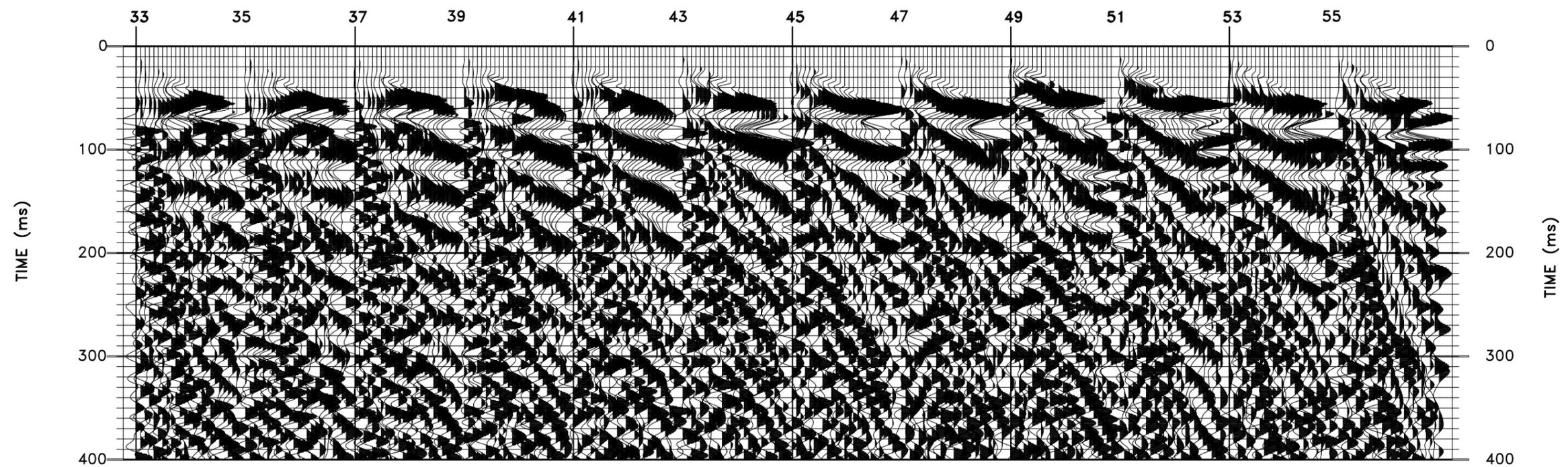
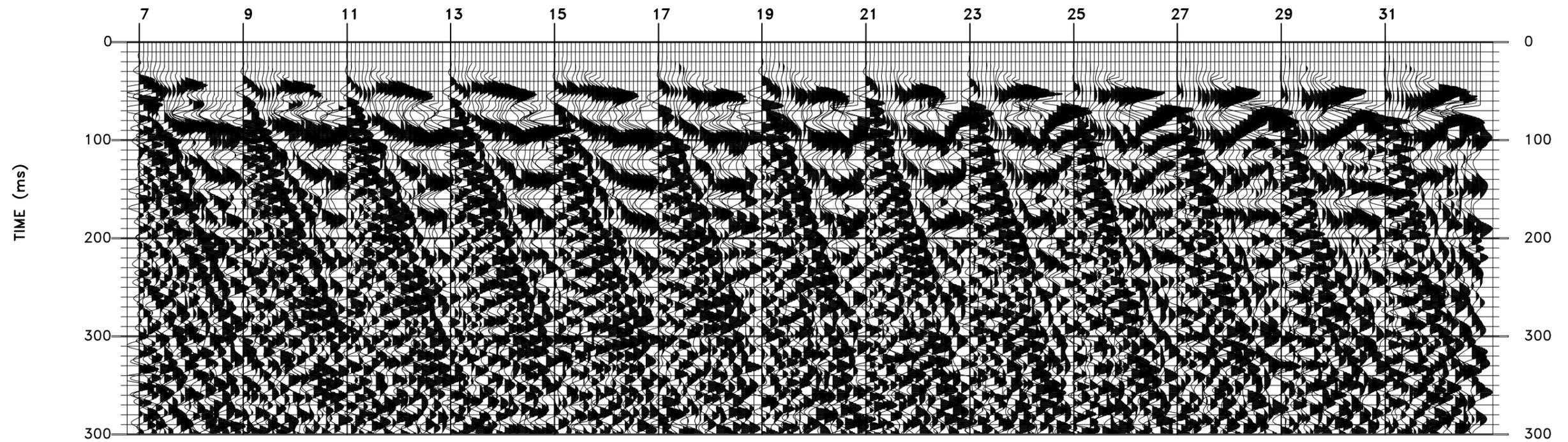




Esempio di sismogramma a 48 tracce

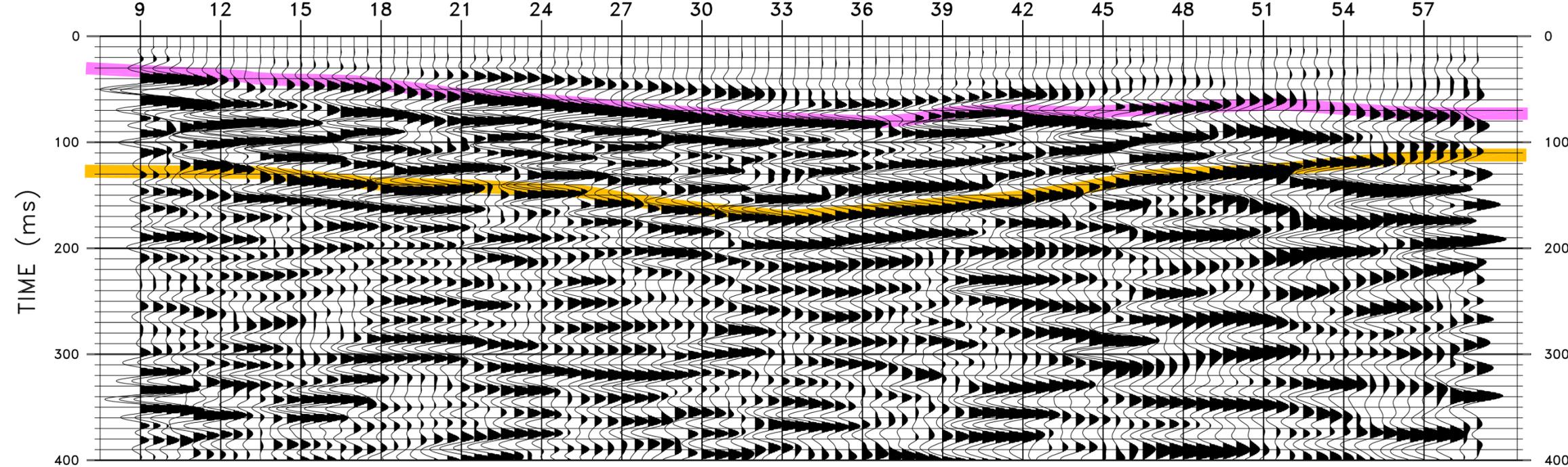
SISMOGRAMMI A 24 TRACCE UTILIZZATI
PER L'ANALISI IN COMMON MID POINT

Stazioni sorgente sismica



ANALISI PROSPEZIONE SISMICA A RIFLESSIONE

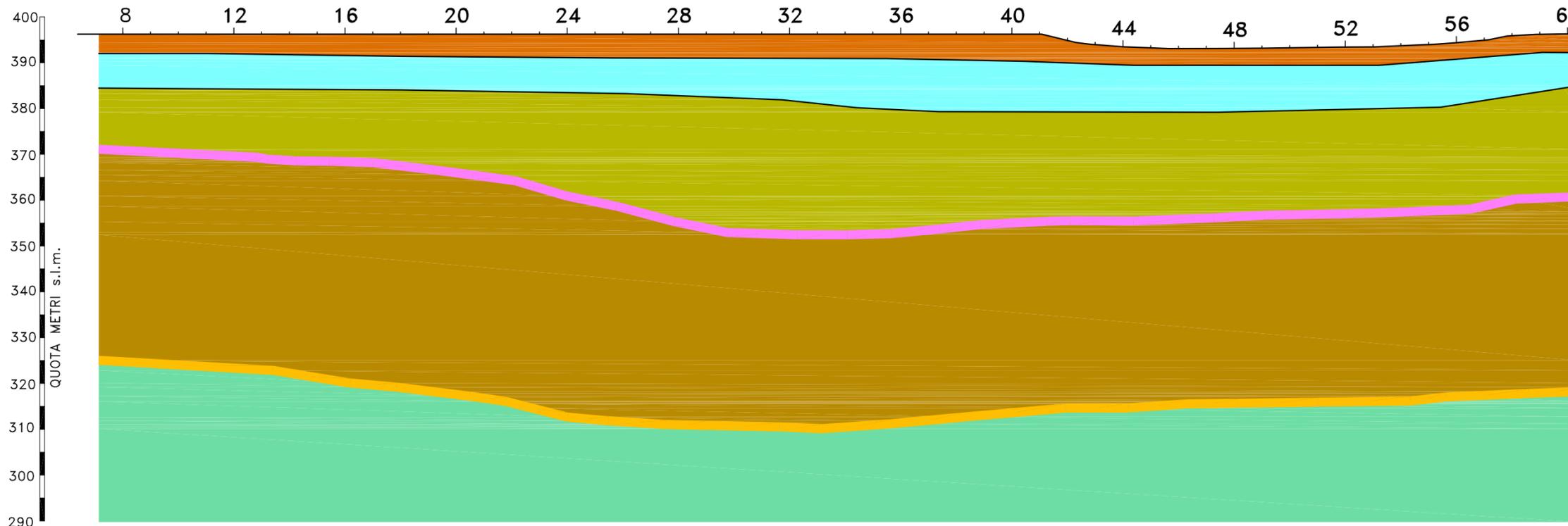
NUMERO STAZIONI



SEZIONE TEMPO

TIME (ms)

NUMERO STAZIONI



SEZIONE PROFONDITA'

dati estrapolati dall'indagine di sismica a rifrazione

LEGENDA

- 18 | Numero stazioni
- Strati riflettenti
- Terreno ghiaioso-sabbioso e limoso-argilloso
- Sabbia argilloso-limosa e sabbia ghiaiosa
- Breccia calcarea e sabbia limoso-ghiaiosa
- Argilla marnosa
- Substrato calcareo

0 10 20m

Scala orizzontale 1:500
Scala verticale 1:1000

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE LONGITUDINALI (ONDE P)-TRASVERSALI (ONDE SH) E SISMICA A RIFLESSIONE



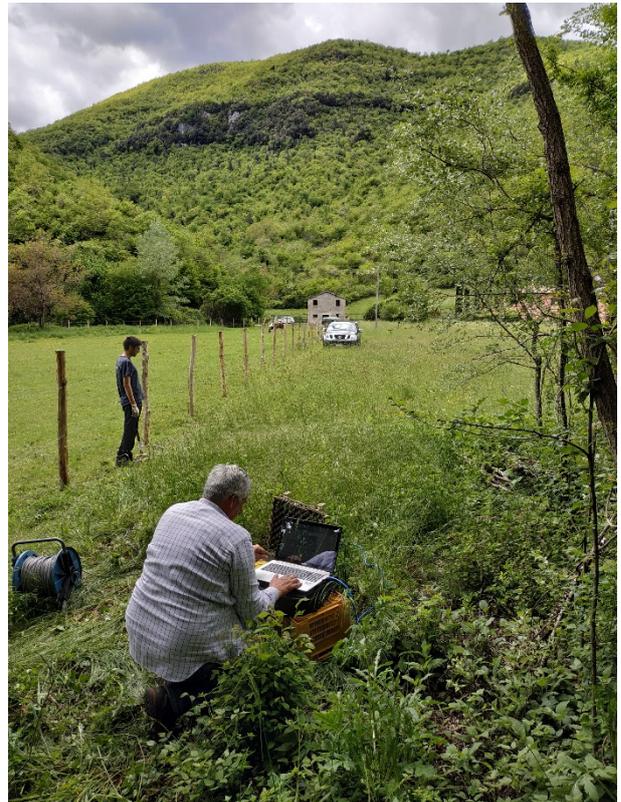
Energizzazione con mazza battente onde longitudinale (Onde P)



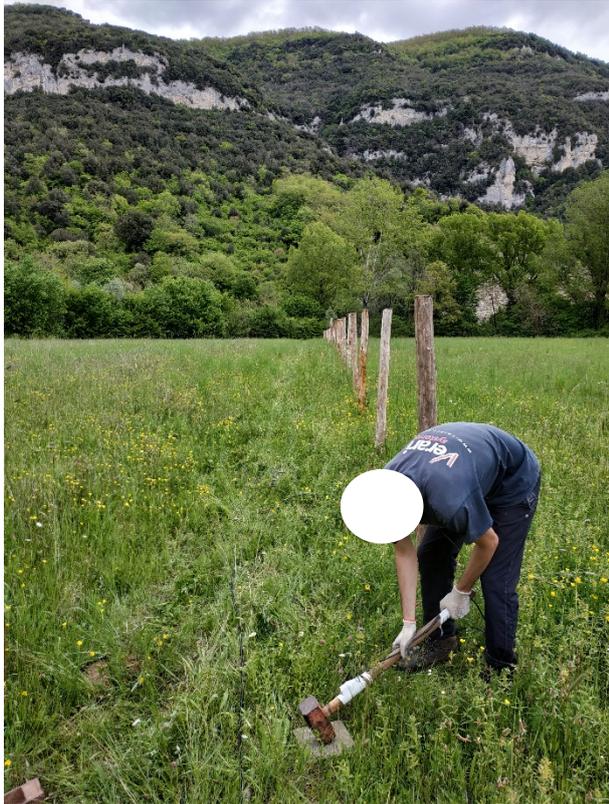
Energizzazione onde longitudinale (Onde P) con generatore ad energia propulsiva di onde sismiche "Peg40"



Energizzazione con mazza battente onde longitudinale (Onde P)



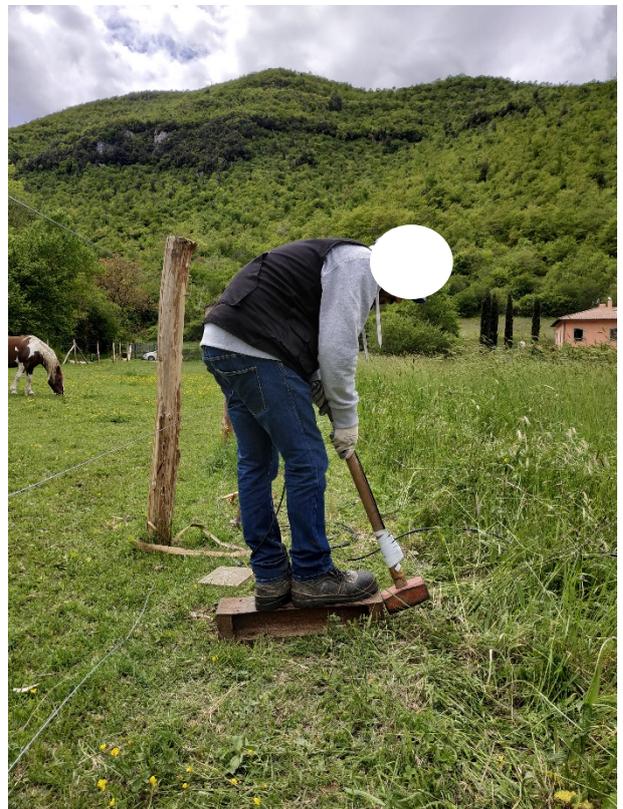
Acquisizione dati misure sismiche



Energizzazione con mazza battente onde longitudinale (Onde P)



Energizzazione con mazza battente onde trasversali (Onde SH)



ALLEGATO INDAGINE SISMICA “SITO R5”

- Relazione esplicativa
- Ubicazione misure sismiche (da Ortofoto-CTR) –scala 1:2.000
- Sismogrammi sismica a rifrazione onde longitudinali (onde P)
- Sismogrammi sismica a rifrazione onde trasversali (onde SH)
- Dromocrone onde longitudinali (onde P)
- Dromocrone onde trasversali (onde SH)
- Tomografia sismica ed interpretazione sismostratigrafica
- Esempio di sismogramma a 48 tracce (sismica a riflessione)
- Sismogrammi a 24 tracce utilizzati per l’analisi in Common Mid Point
- Analisi prospezione sismica a riflessione
- Documentazione fotografica

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.



ISO 14001:2015, n. SA.00014/19
OHSAS 18001:2007, n. SA.00015/19



SOA 05208 II Livello



GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750 • Capitale Sociale € 500.000,00 • Iscrizione alla CCIAA 255978

Sede Legale e Laboratorio Terre e Rocce Via Il Giugno 2, 73049 Ruffano (LE) • Laboratorio Materiali Via Benedetto Falcone snc ZI 73049 Ruffano (LE) •

Unità Locale Via Olanda, Zona Industriale Surbo, 73010 Lecce (LE) • Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093 | www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Indice

1 PREMESSA	2
2 PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE	3
2.1 tecniche operative.....	3
2.2 Analisi dei dati.....	4
2.3 Risultati	5
3 PROSPEZIONE SISMICA A RIFLESSIONE	6
3.1 tecniche operative.....	6
3.2 Analisi dei dati.....	7
3.3 Risultati	8

ALLEGATI

- **Ubicazione misure sismiche (da Ortofoto-CTR) - scala 1:2.000**
- **Sismogrammi sismica a rifrazione onde longitudinali (onde P)**
- **Sismogrammi sismica a rifrazione onde trasversali (onde Sh)**
- **Dromocrone onde longitudinali (onde P)**
- **Dromocrone onde trasversali (onde Sh)**
- **Tomografia sismica ed interpretazione sismostratigrafica**
- **Esempio di sismogramma a 48 tracce (sismica a riflessione)**
- **Sismogrammi a 24 tracce utilizzati per l'analisi in Common Mid Point**
- **Analisi prospezione sismica a riflessione**
- **Documentazione fotografica**

1 PREMESSA

Per incarico conferito alla “GEOPROVE S.r.l.” da “ACEA ELABORI S.P.A”, è stata eseguita una campagna di prospezioni sismiche nell’ambito delle **“INDAGINI GEOGNOSTICHE FINALIZZATE ALLA PROGETTAZIONE DEL NUOVO TRONCO SUPERIORE DELL’ACQUEDOTTO DEL PESCHIERA – CONTRATTO QUADRO N. 3900005591”** nel sito **R5**.

In questo sito sono stati eseguiti un profilo sismico a rifrazione in onde longitudinali (onde P) e trasversali (onde Sh) ed un profilo di sismica a riflessione.



Ubicazione del sito d’indagine

2 PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

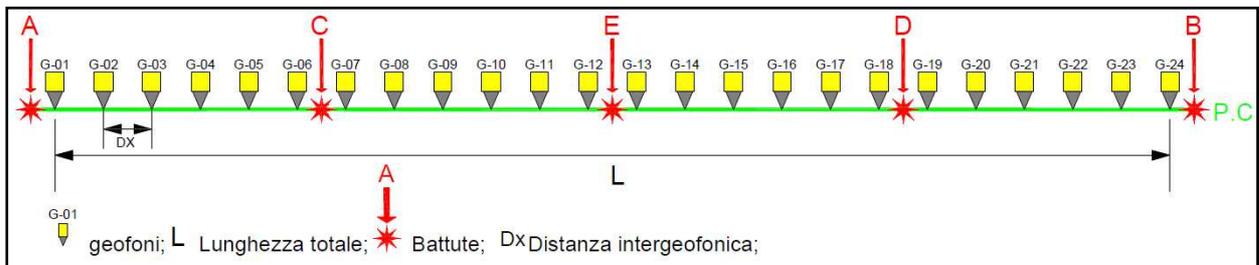
2.1 Tecniche operative

E' stato effettuato un profilo sismico a rifrazione in onde P ed Sh utilizzando geofoni a 14 Hz. Le tracce sono state registrate impostando i seguenti parametri:

	frequenza di campionamento	Lunghezza registrazioni	sorgente
Onde P	0.0625 millisecondi	500 ms	Martello/PEG
Onde Sh	0.125 millisecondi	1 secondo	martello

Di seguito sono tabellate le caratteristiche dei profili acquisiti:

Denominazione	Lunghezza	Distanza geofonica	Numero scoppi	N. Canali
Profilo 1	120 m	5.0 m	5.0	24



Schema geometrico di acquisizione

2.2 Analisi dei dati

Per prima cosa sono stati individuati sui sismogrammi i tempi dei primi arrivi delle onde P. Questa operazione è definita picking e si effettua dopo aver registrato e opportunamente filtrato il segnale acquisito.

I file così ottenuti vengono caricati nel software **TomTime** della **Geotom, LCC** che consente di amplificare il segnale in modo da facilitare l’operazioni di picking e registra i valori dei tempi del reale punto di primo arrivo. I tempi vengono importati in un altro software Gremix (Interpex Limited, 1990) che a partire da questi dati e dalle geometrie dello stendimento traccia le dromocrone.

Attraverso un’interpolazione grafica manuale ottimizzata dalle funzioni del software si ottiene, attraverso il metodo del G.R.M operato dal Gremix, lo spessore relativo degli strati presenti e le rispettive velocità. Si visualizza graficamente il modello ottenuto in funzione della velocità e profondità dei rifrattori.

E’ stata successivamente eseguita l’interpretazione tomografica che a partire da una simulazione numerica del fenomeno di propagazione dell’impulso sismico, individua i campi incogniti di velocità delle onde calcolando i tempi di percorrenza e fornisce una discretizzazione del sottosuolo restituendo un’ immagine bidimensionale.

Il software utilizzato per la tomografia è il **Rayfract v. 2.71** (della Intelligent Resources Inc), che applica un metodo di inversione che ricostruisce i fronti d’onda e le geometrie dei percorsi rifratti e l’angolo con cui riemergono al ricevitore.

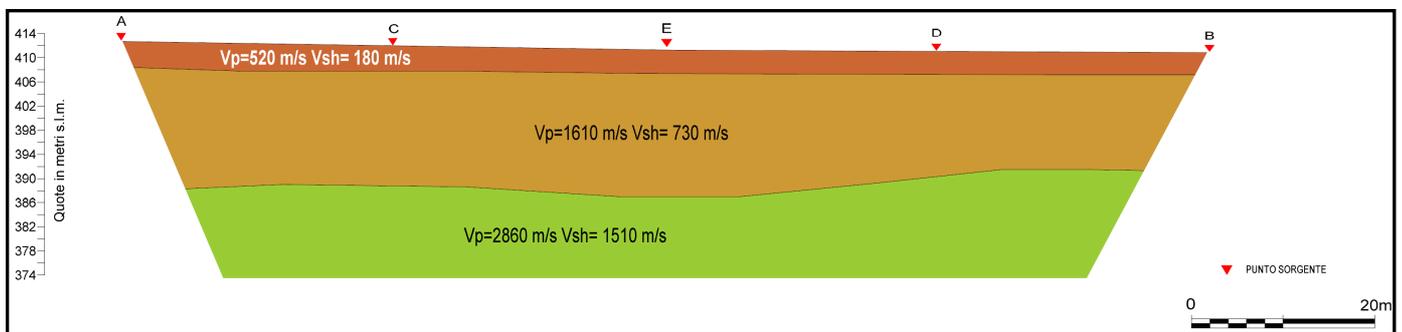
Importati i tempi dei primi arrivi e le geometrie si visualizzano le dromocrone e tramite il comando “Smooth Invert/WET with gradient initial model” è stato avviato il processo di inversione. Quando il risultato non è stato ritenuto soddisfacente, si è provveduto a variare le impostazioni di default del comando regolando alcuni parametri tramite il comando “Interactive WET Tomography” e “ Maximum Valid Velocity”. Aggiornato il modello, sono stati riavviati tutti i calcoli iterativi di inversione fino al raggiungimento dei requisiti che soddisfano l’algoritmo che individua la soluzione ottimale.

Infine sono stati verificati i risultati ottenuti e verificata la coerenza della rappresentazione grafica in scala cromatica.

2.3 Risultati

L’elaborazione dei dati ha permesso di ricostruire il sottosuolo secondo 3 “sismostrati”, così caratterizzati:

1. **Il primo sismostrato** (con una profondità di circa 4 mt dal p.c.) ha velocità V_p di 520 m/s e V_{sh} di 180 m/s;
2. **Il secondo sismostrato** (con una profondità media di 24 mt dal p.c.) ha velocità V_p di 1610 m/s e V_{sh} di 730 m/s;
3. **Il substrato rifratore** ha velocità V_p di 2860 m/s e V_{sh} 1510 m/s



Nella tabella che segue sono mostrati tutti i valori delle velocità sismiche, il coefficiente di Poisson ed i valori dei moduli dinamici E (di Young), G (di taglio) e K (di compressibilità), espressi in Kg/cm^2 . Questi valori sono calcolati considerando un peso di volume unitario, pertanto, per ottenere i moduli reali, è necessario moltiplicarli per il peso di volume dei litotipi presenti.

Profilo 1

Spessori medi sismostrati (m)	V_p	V_s	σ	γ	E	G	K
1° sismostrato 0÷4.0	520	180	0.43	1	947	331	2318
2° sismostrato 4.0÷24.0	1610	730	0.37	1	14906	5438	19200
substrato rifratore >24.0	2860	1510	0.31	1	60807	23266	52444

V_p = velocità onde longitudinali in m/s

V_s = velocità onde trasversali in m/s

σ = coefficiente di Poisson

γ = peso di volume in g/cm^3

E = modulo dinamico di Young in Kg/cm^2

G = modulo dinamico di taglio in Kg/cm^2

K = modulo dinamico di compressibilità in Kg/cm^2

3 PROSPEZIONE SISMICA A RIFLESSIONE

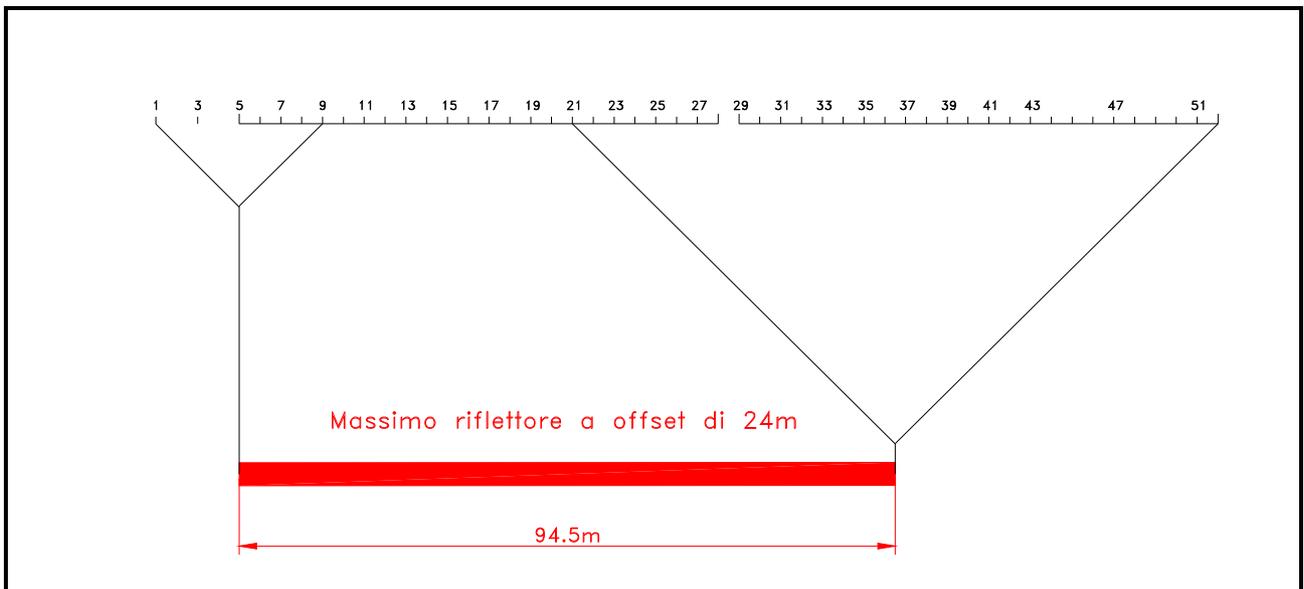
3.1 tecniche operative

E' stato acquisito un profilo sismico a riflessione utilizzando geofoni a 14 Hz shuntati con filtro passivo, in grado di spostare la banda di risposta dei geofoni verso frequenze più alte. Le tracce sono state registrate con i seguenti parametri:

frequenza di campionamento	Lunghezza registrazioni	sorgente
0.0625 millisecondi	1 secondo	Peg-40

Di seguito sono tabellate le caratteristiche del profilo acquisito:

Denominazione	Lunghezza	Distanza geofonica	Numero scoppi	N. Stazioni
Profilo 1	153 m	3.0 m	11	52



Schema geometrico di acquisizione

3.2 Analisi dei dati

I dati della sismica a riflessione sono stati trattati col software Seistrix 3 (Interpex L.t.d., 1993). Uno dei grandi vantaggi di questo software è la capacità di gestire le geometrie complesse, dovendo trattare dati acquisiti secondo la tecnica del Common Mid Point Multi-Offset.

Sono stati acquisiti sismogrammi a 48 tracce, in allegato viene riportato un solo sismogramma acquisito.

Per prima cosa sono stati caricati nel programma tutti i file a 24 tracce con punto sorgente a distanza uguale e impostate le geometrie di ogni profilo.

Si è poi proceduto all'analisi delle linee sismiche per ogni singolo offset, in seguito è stato esaminato solo il profilo ad offset più indicativo (offset a 24 metri).

Sono state impostate le geometrie è stato effettuato il “sort” dei dati. Questa operazione serve a riorganizzare i dati secondo le geometrie di common mid-point e nel rispetto delle distanze di offset. Infatti al momento dell'acquisizione i dati sono memorizzati in base alle posizioni degli scoppi e dei ricevitori, con il sorting vengono riorganizzati in modo da raggruppare per ogni coppia scoppio-ricevitore le tracce relative ai segnali provenienti dallo stesso midpoint.

Successivamente le operazioni di processing sui dati sono le seguenti:

- ✓ Correzione Statica dei Tempi sulle Tracce
- ✓ Filtro Passa Banda
- ✓ Mute
- ✓ Normal Move Out
- ✓ Filtraggio $f - k$
- ✓ Trace Mix

Esse sono state ampiamente descritte nella relazione generale.

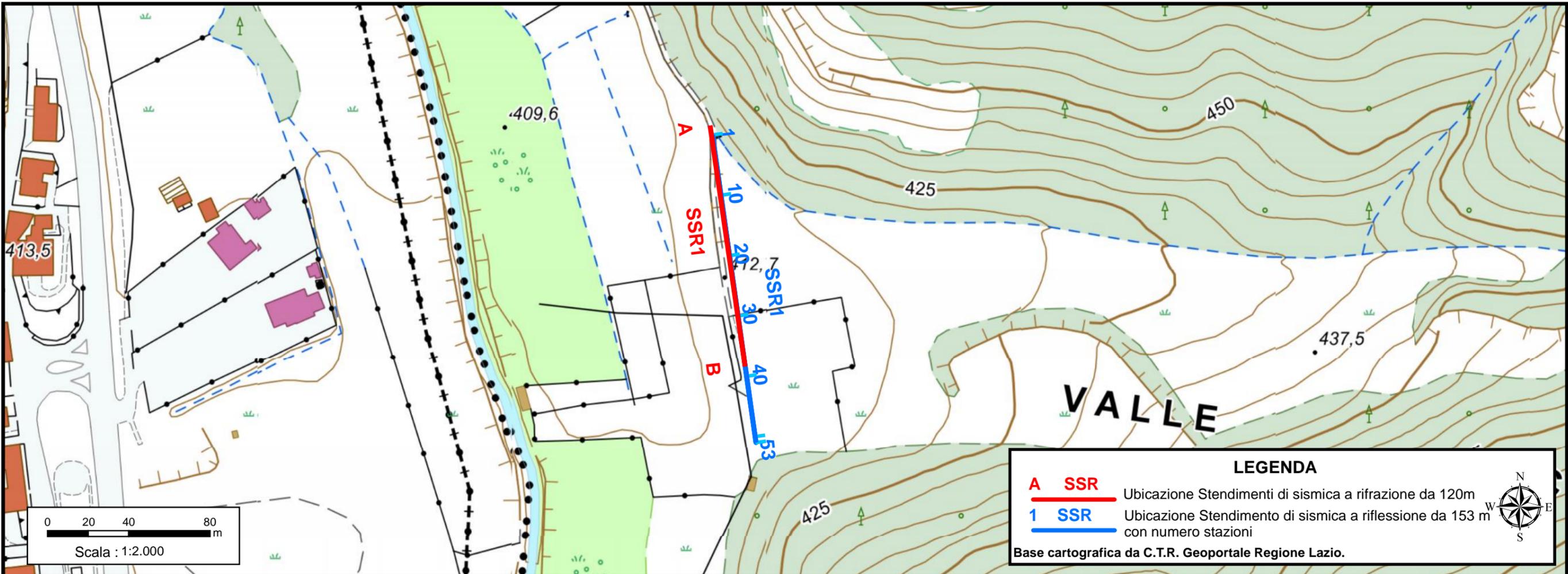
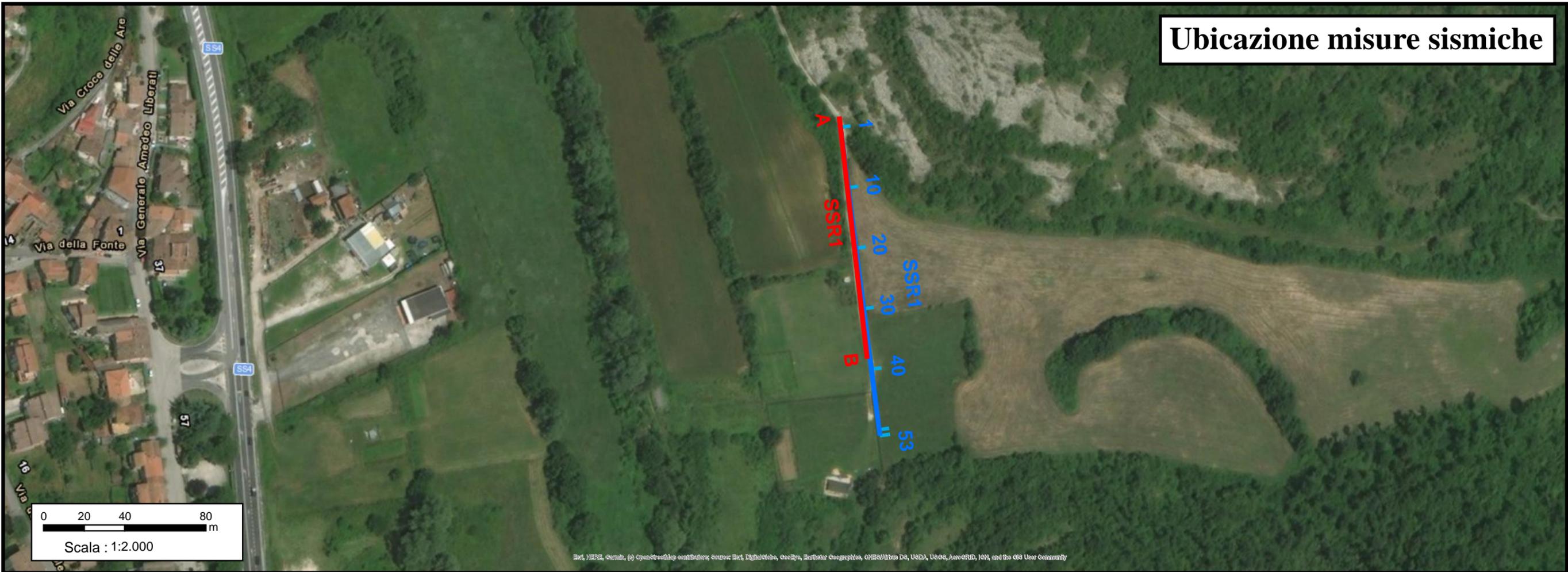
3.3 Risultati

Dall’analisi della “sezione tempo”, riportata nell’allegato “analisi prospezione sismica a riflessione”, si evince la presenza **di un primo riflettore**, piuttosto energetico, posto tra circa **60 e 70 millisecondi**, segue un secondo riflettore anche questo molto energetico, posizionato tra **80 e 120 millisecondi**.

Per ciò che concerne le profondità associabili alle sezioni tempo, queste sono state ottenute utilizzando, per i terreni superficiali, velocità e spessori ricavati dall’elaborazione tomografica del sottosuolo effettuata con la sismica a rifrazione e, per i sedimenti più profondi, effettuando un’analisi di velocità dei sismogrammi relativi alla sismica a riflessione.

In virtù delle considerazioni fatte, e, quindi, passando da sezioni tempo a sezione profondità, vedi figura “Analisi prospezione sismica a riflessione”, **la prima riflessione** individuata risulta posizionabile a circa **25 metri di profondità**, mentre, **la seconda riflessione**, si posiziona da circa **30 a 58 metri di profondità** con immersione verso Sud. Inoltre dalla stazione 12 alla stazione 14 è presente una discontinuità subverticale.

Ubicazione misure sismiche



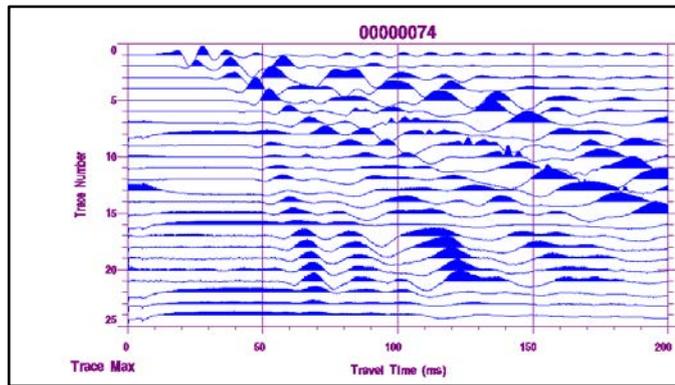
LEGENDA

A SSR Ubicazione Stendimenti di sismica a rifrazione da 120m

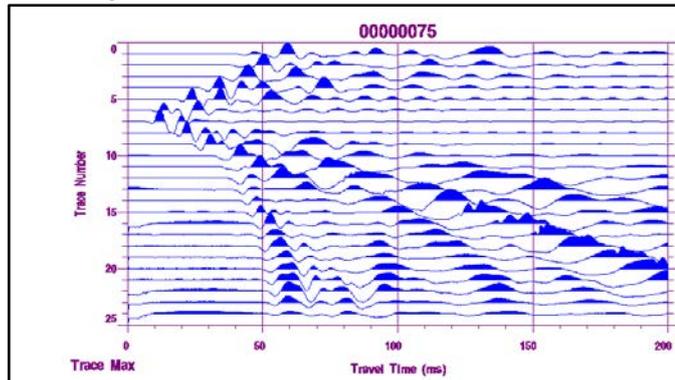
1 SSR Ubicazione Stendimento di sismica a riflessione da 153 m con numero stazioni

Base cartografica da C.T.R. Geoportale Regione Lazio.

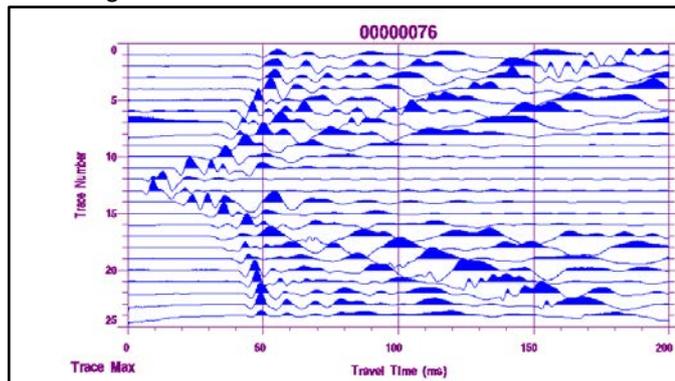
SISMOGRAMMI SISMICA A RIFRAZIONE ONDE LONGITUDINALI (ONDE P)



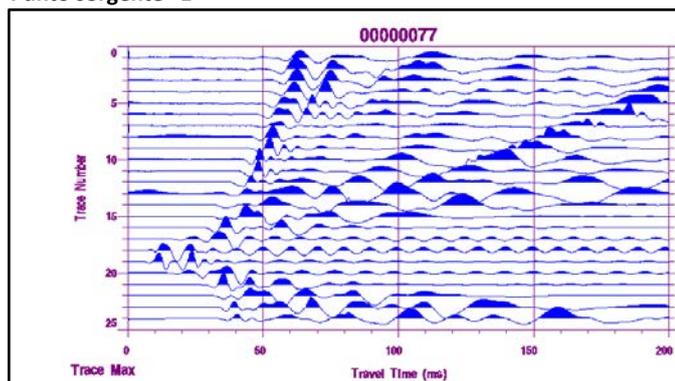
Punto sorgente "A"



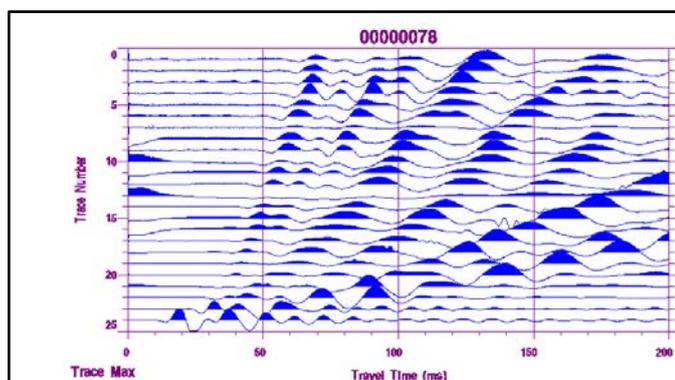
Punto sorgente "C"



Punto sorgente "E"

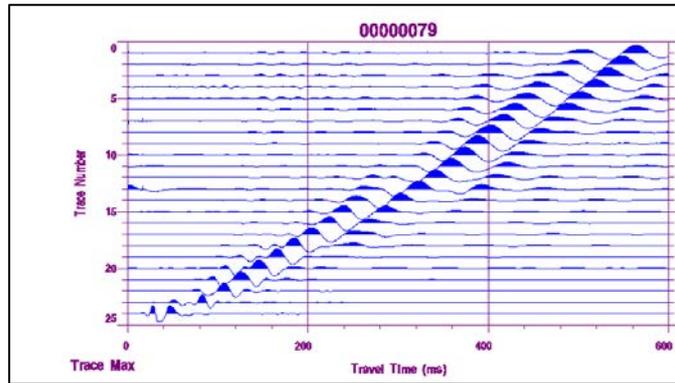


Punto sorgente "D"

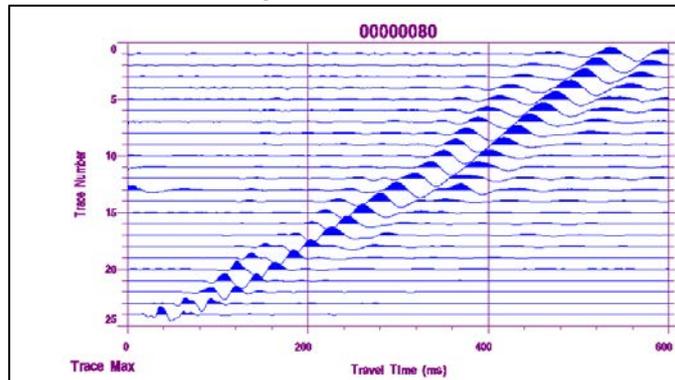


Punto sorgente "B"

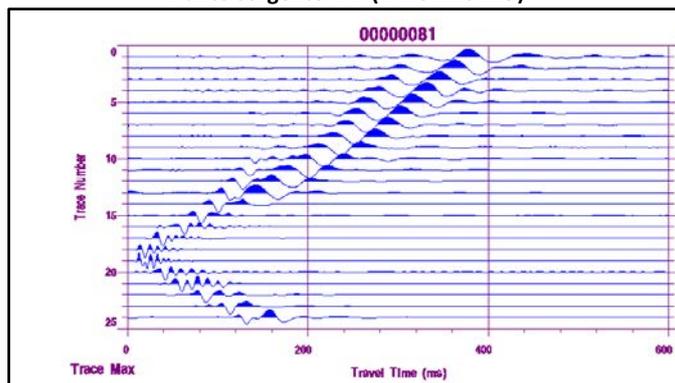
SISMOGRAMMI SISMICA A RIFRAZIONE ONDE TRASVERSALI (ONDE SH)



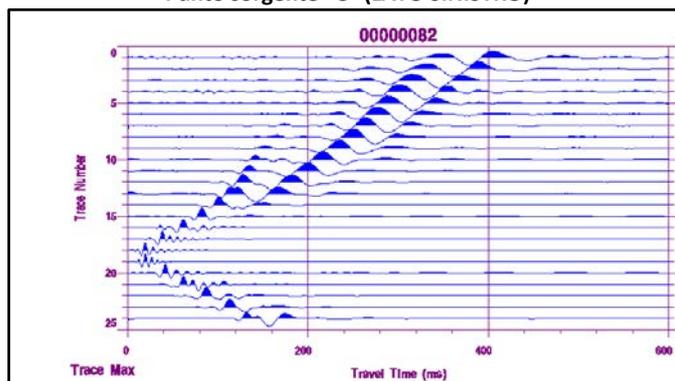
Punto sorgente "A" (LATO SINISTRO)



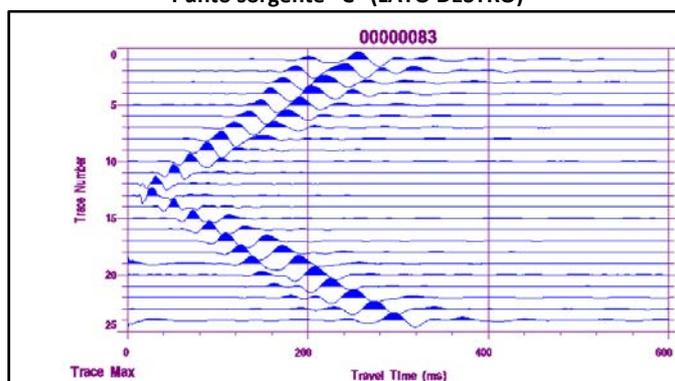
Punto sorgente "A" (LATO DESTRO)



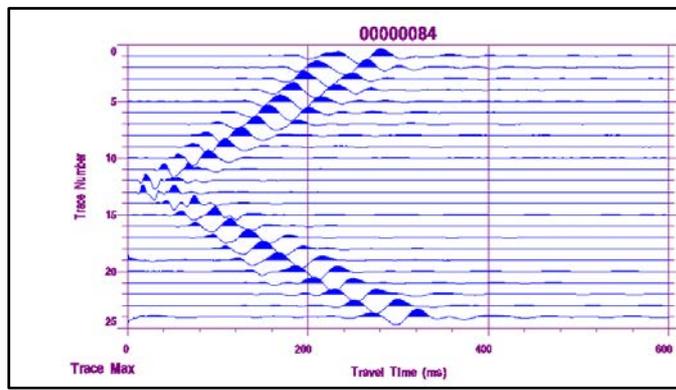
Punto sorgente "C" (LATO SINISTRO)



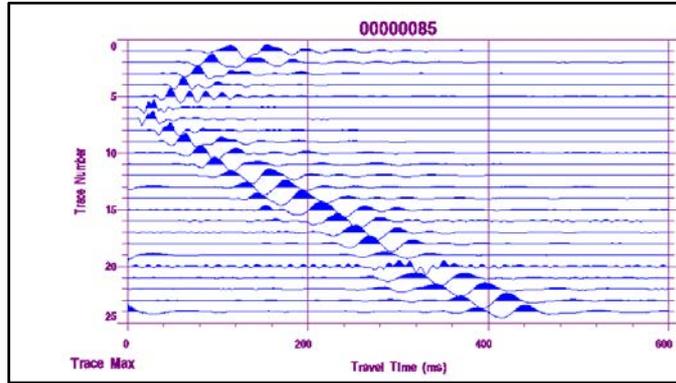
Punto sorgente "C" (LATO DESTRO)



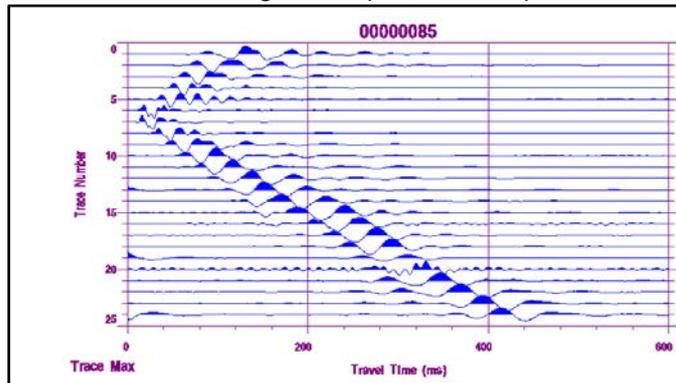
Punto sorgente "E" (LATO SINISTRO)



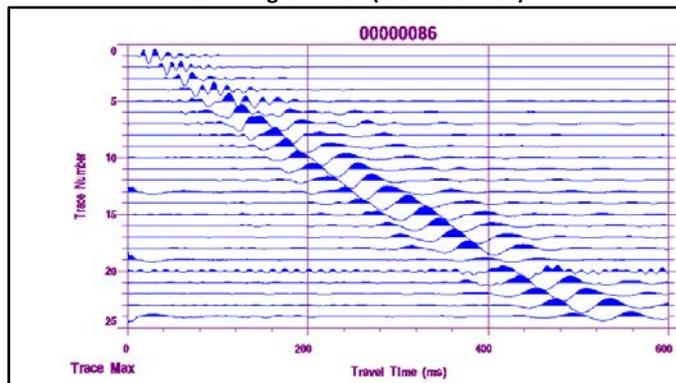
Punto sorgente "E" (LATO DESTRO)



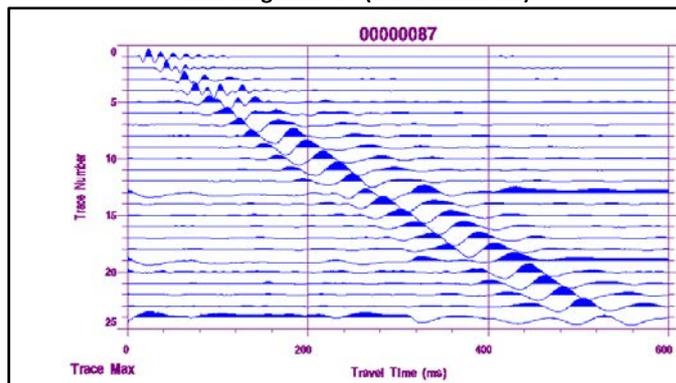
Punto sorgente "D" (LATO SINISTRO)



Punto sorgente "D" (LATO DESTRO)

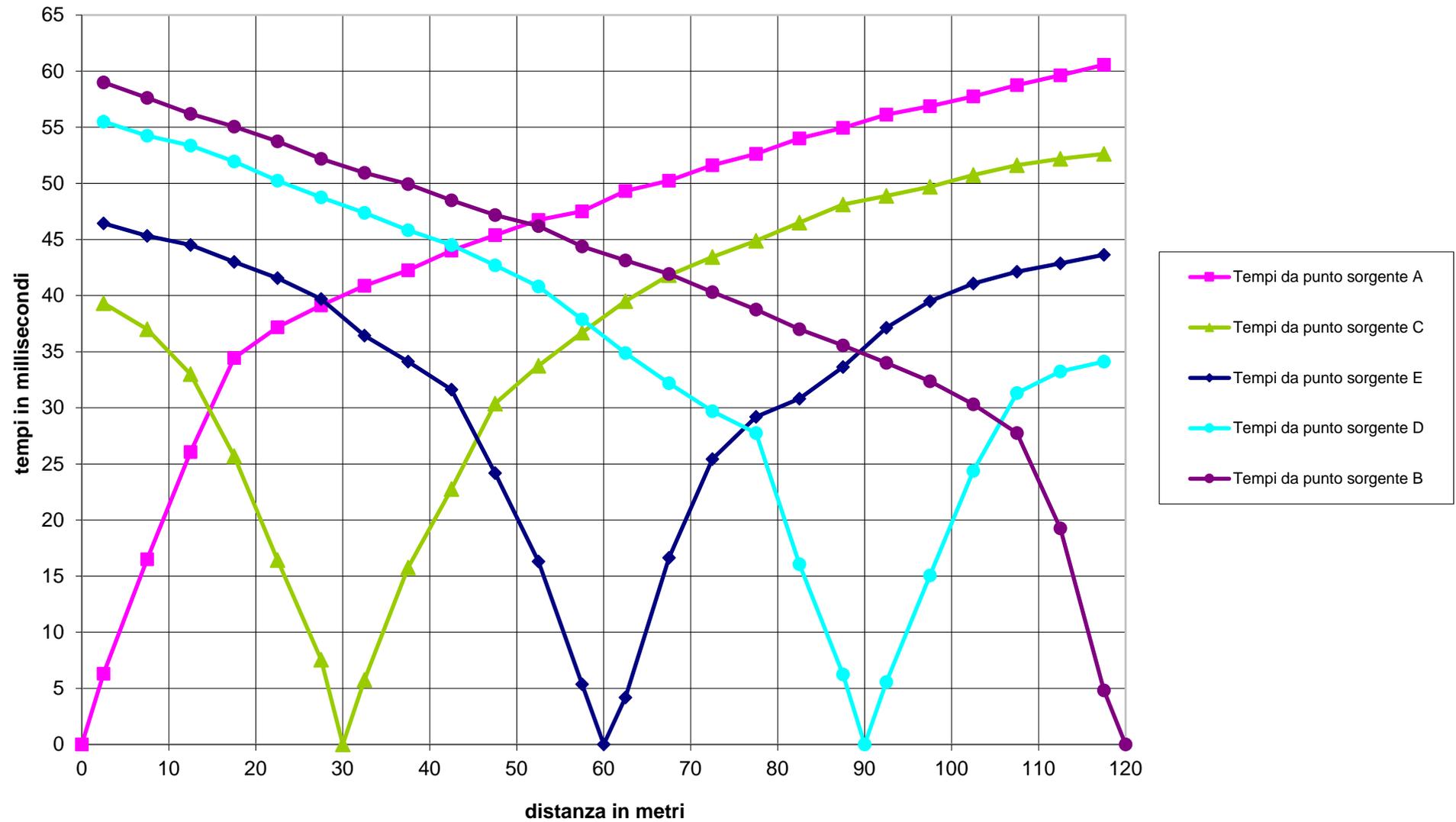


Punto sorgente "B" (LATO SINISTRO)

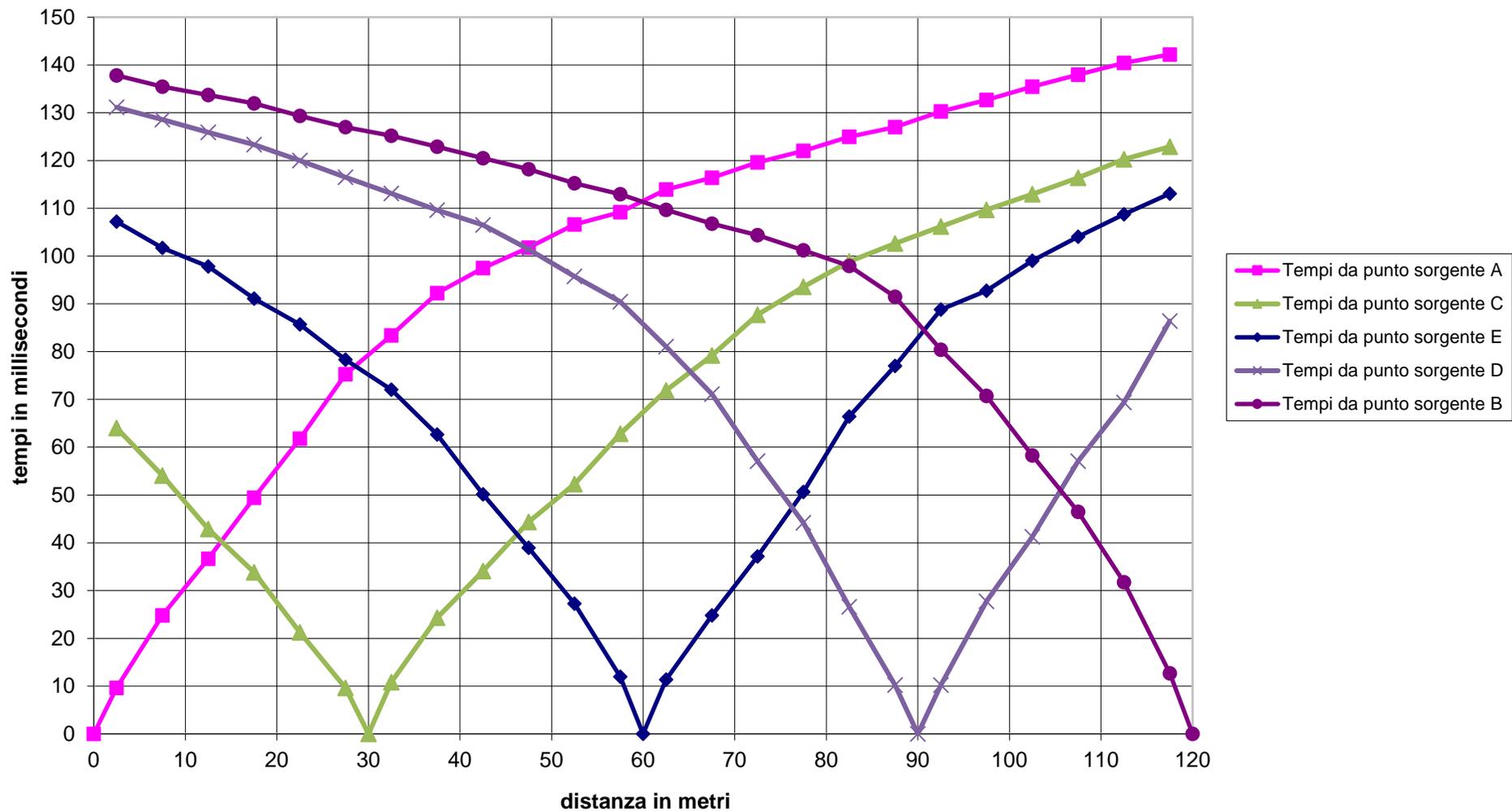


Punto sorgente "B" (LATO DESTRO)

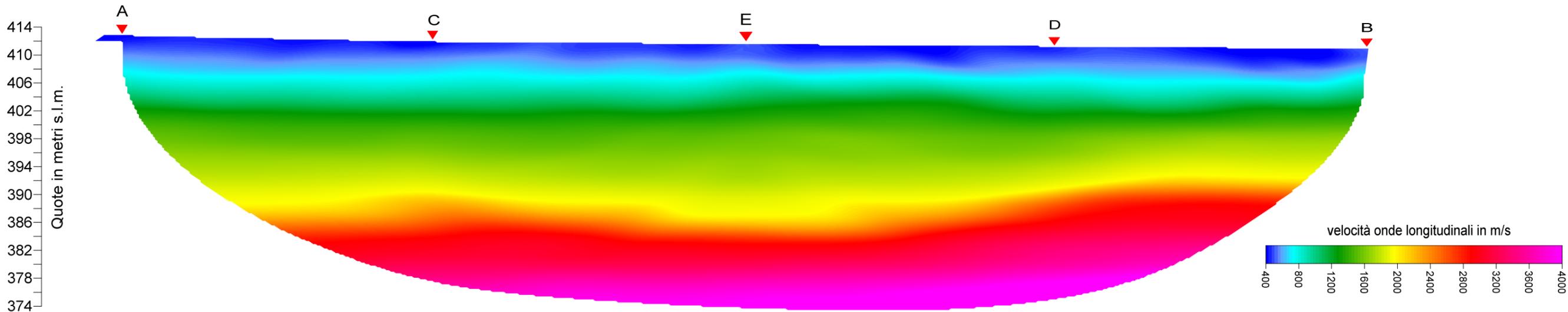
Dromocrone onde longitudinali - Profilo sismico



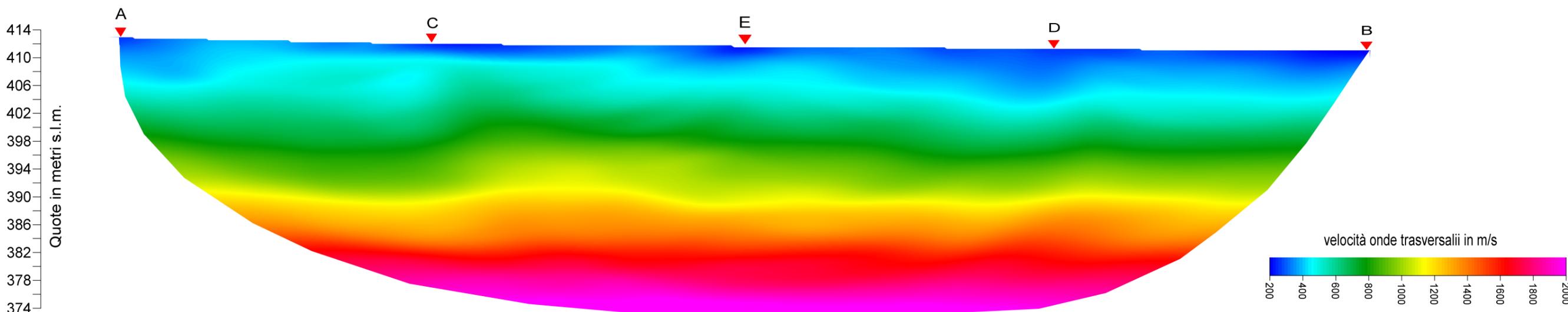
Dromocrone profilo sismico - ONDE TRASVERSALI



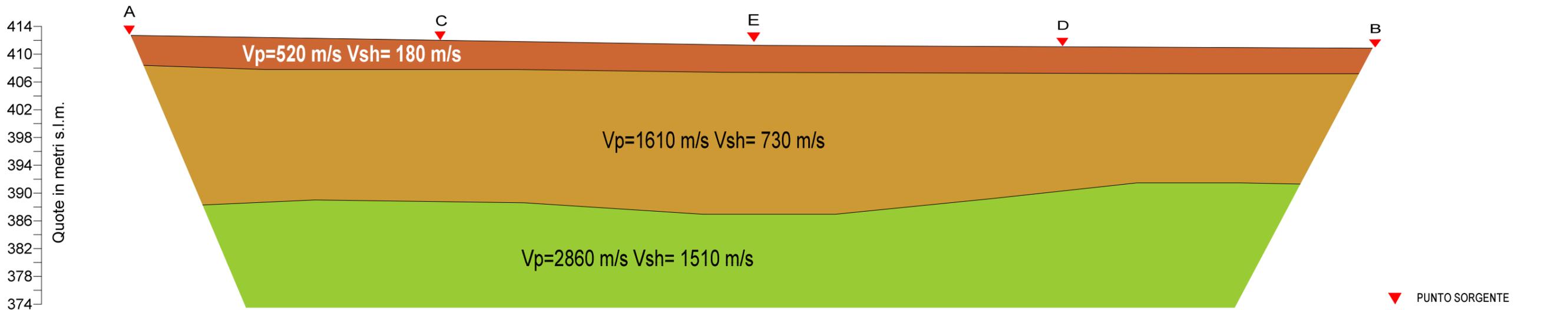
SEZIONE TOMOGRAFICA 1 (ONDE P)



SEZIONE TOMOGRAFICA 1 (ONDE Sh)



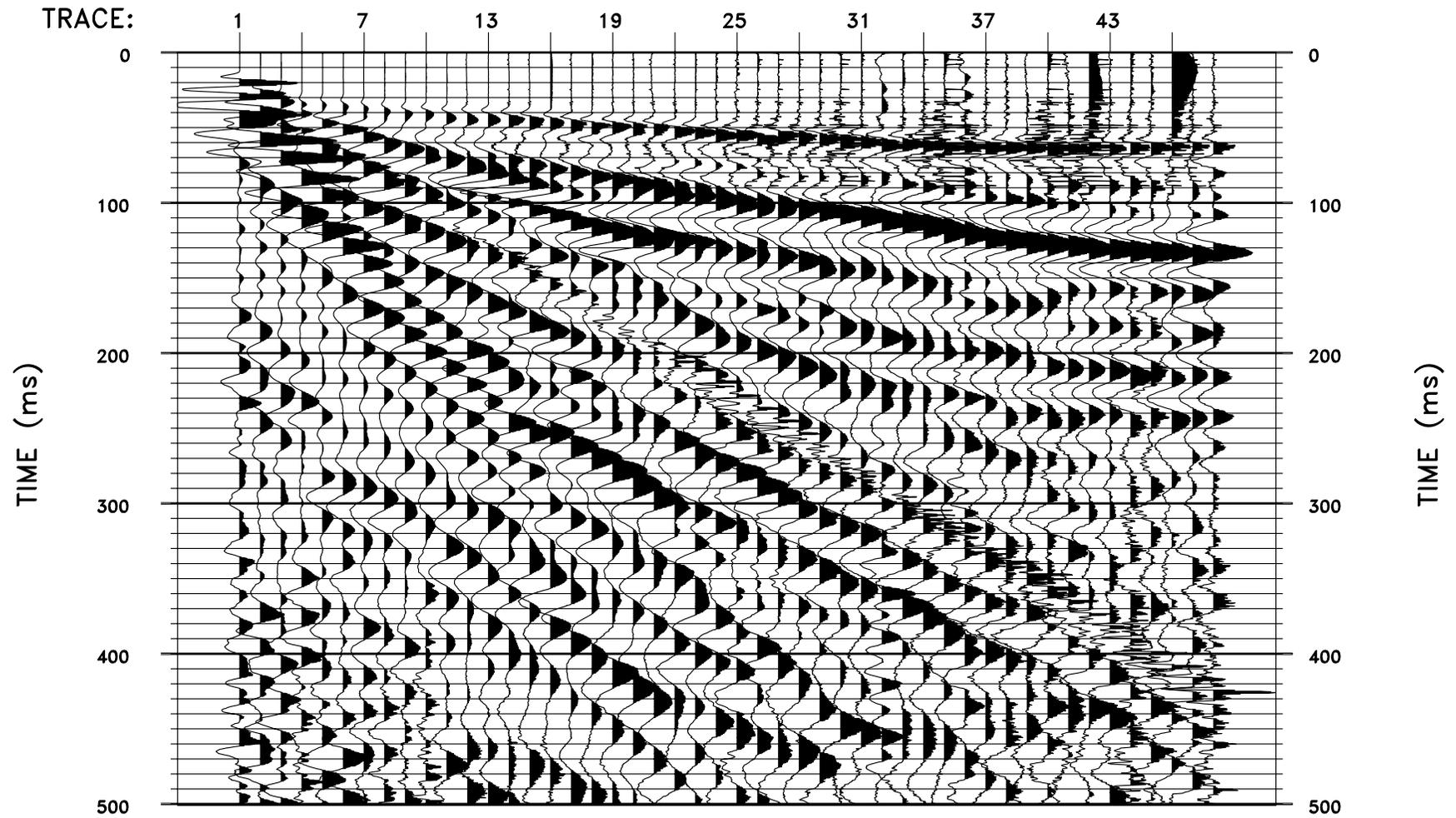
SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA 1



▼ PUNTO SORGENTE

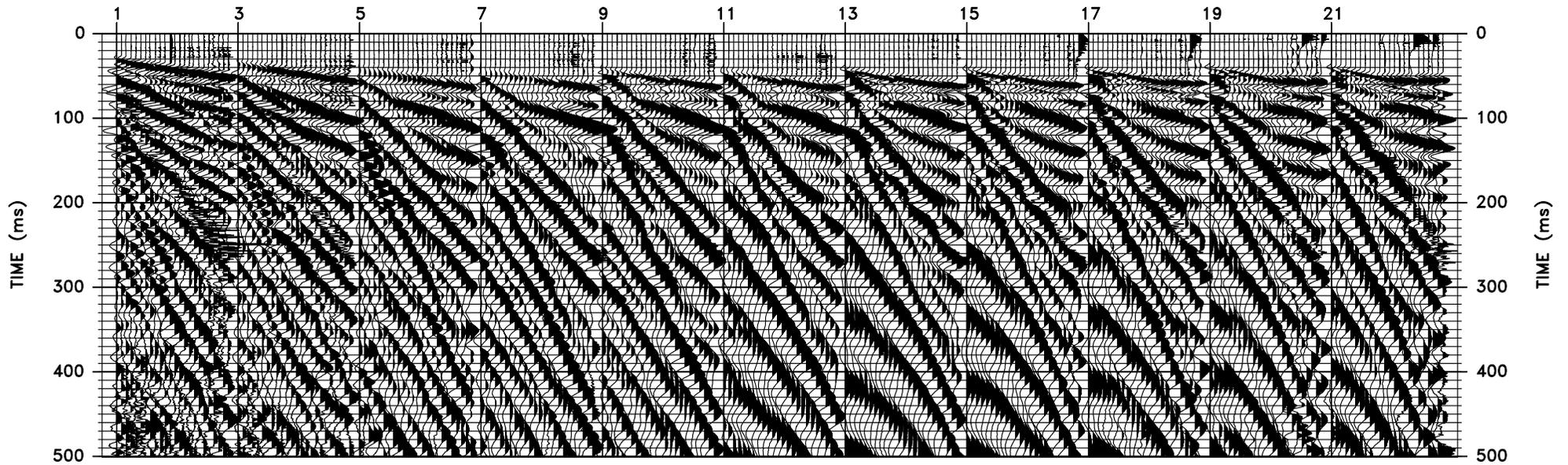


Esempio di sismogramma a 48 tracce



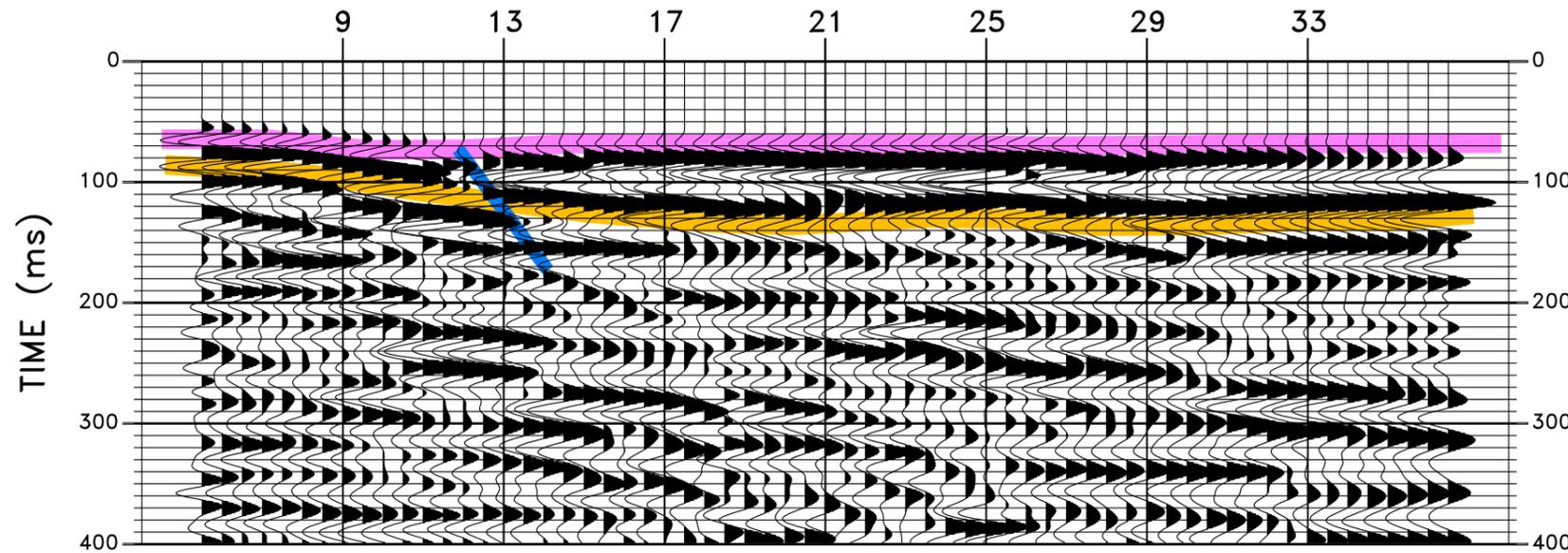
SISMOGRAMMI A 24 TRACCE UTILIZZATI
PER L'ANALISI IN COMMON MID POINT

Stazioni sorgente sismica



ANALISI PROSPEZIONE SISMICA A RIFLESSIONE

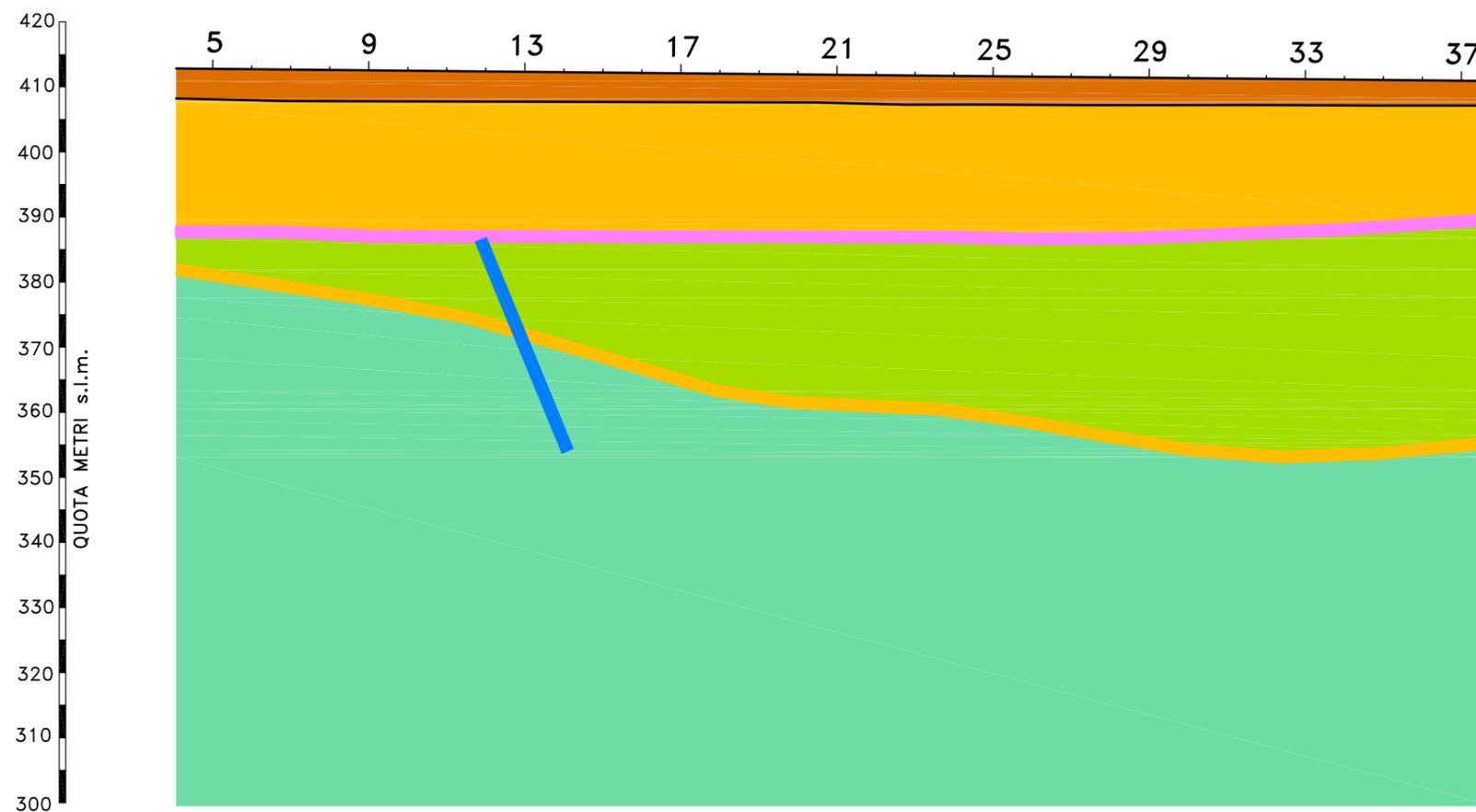
NUMERO STAZIONI



SEZIONE TEMPO

TIME (ms)

NUMERO STAZIONI



SEZIONE PROFONDITA'

dati estrapolati dall'indagine
di sismica a rifrazione

LEGENDA

- 18
| Numero stazioni
- Strati riflettenti
- Discontinuità verticale
- Sismostrato $V_p=520$ m/s $V_{sh}=180$ m/s
- Sismostrato $V_p=1610$ m/s $V_{sh}=730$ m/s
- Sismostrato $V_p=2860$ m/s $V_{sh}=1510$ m/s
- Sismostrato $V_p>2860$ m/s

0 10 20m

Scala orizzontale 1:500
Scala verticale 1:1000

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE LONGITUDINALI (ONDE P) TRASVERSALI (ONDE SH) E SISMICA A RIFLESSIONE



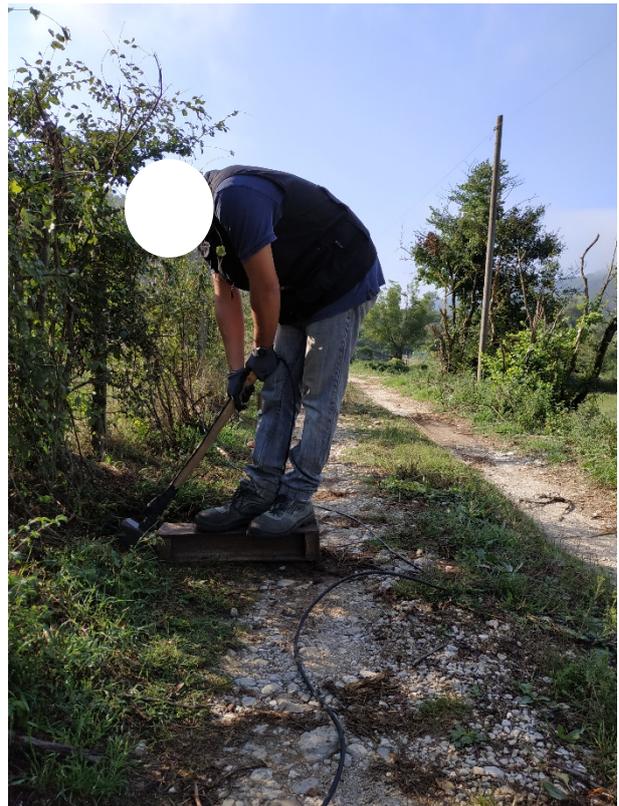
Energizzazione onde longitudinale (Onde P) con generatore ad energia propulsiva di onde sismiche "Peg40"



Energizzazione con mazza battente onde longitudinale (Onde P)



Acquisizione dati misure sismiche



Energizzazione con mazza battente onde trasversali (Onde SH)



Georeferenziazione stazioni geofoniche

ALLEGATO INDAGINE SISMICA “SITO R6”

- Relazione esplicativa
- Ubicazione misure sismiche (da Ortofoto-CTR) –scala 1:2.000
- Sismogrammi sismica a rifrazione onde longitudinali (onde P)
- Sismogrammi sismica a rifrazione onde trasversali (onde SH)
- Dromocrone onde longitudinali (onde P)
- Dromocrone onde trasversali (onde SH)
- Tomografia sismica ed interpretazione sismostratigrafica
- Misure sismiche in foro (Down-Hole) sondaggio S9-2
- Esempio di sismogramma a 48 tracce (sismica a riflessione)
- Sismogrammi a 24 tracce utilizzati per l’analisi in Common Mid Point
- Analisi prospezione sismica a riflessione
- Tabella misure Down-Hole
- Grafici Down-Hole
- Documentazione fotografica

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.



ISO 14001:2015, n. SA 00014/19
OHSAS 18001:2007, n. SA 00015/19



SOA 05208 Livello



GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750 • Capitale Sociale € 500.000,00 • Iscrizione alla CCIAA 255978

Sede Legale e Laboratorio Terre e Rocce Via Il Giugno 2, 73049 Ruffano (LE) • Laboratorio Materiali Via Benedetto Falcone snc ZI 73049 Ruffano (LE) •

Unità Locale Via Olanda, Zona Industriale Surbo, 73010 Lecce (LE) • Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093 | www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Indice

1 PREMESSA	2
2 PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE	3
2.1 Tecniche operative	3
2.2 Analisi dei dati	4
2.3 Risultati.....	5
3 PROSPEZIONE SISMICA A RIFLESSIONE	7
3.1 tecniche operative.....	7
3.2 Analisi dei dati	8
3.3 Risultati.....	9
4 PROSPEZIONE IN FORO DOWN-HOLE	10
4.1 Tecniche operative	10
4.2 Analisi dei dati	11
4.3 Risultati.....	12

ALLEGATI

- *Ubicazione misure sismiche (da Ortofoto-CTR) - scala 1:2.000*
- *Sismogrammi sismica a rifrazione onde longitudinali (onde P)*
- *Sismogrammi sismica a rifrazione onde trasversali (onde Sh)*
- *Dromocrone onde longitudinali (onde P)*
- *Dromocrone onde trasversali (onde Sh)*
- *Tomografie sismiche ed interpretazioni sismostratigrafiche*
- *Esempio di sismogramma a 48 tracce (sismica a riflessione)*
- *Sismogrammi a 24 tracce utilizzati per l'analisi in Common Mid Point*
- *Analisi prospezione sismica a riflessione*
- *Tabella misure Down-Hole*
- *Grafici Down-Hole*
- *Documentazione fotografica*

1 PREMESSA

Per incarico conferito alla “GEOPROVE S.r.l.” da “ACEA ELABORI S.P.A”, è stata eseguita una campagna di prospezioni sismiche nell’ambito delle **“INDAGINI GEOGNOSTICHE FINALIZZATE ALLA PROGETTAZIONE DEL NUOVO TRONCO SUPERIORE DELL’ACQUEDOTTO DEL PESCHIERA – CONTRATTO QUADRO N. 3900005591”** nel sito R6.

In questo sito sono stati eseguiti due profili sismici a rifrazione in onde longitudinali (onde P) e trasversali (onde Sh), un profilo di sismica a riflessione ed una prospezione sismica in foro “Down-Hole”.



Ubicazione del sito d’indagine

2 PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

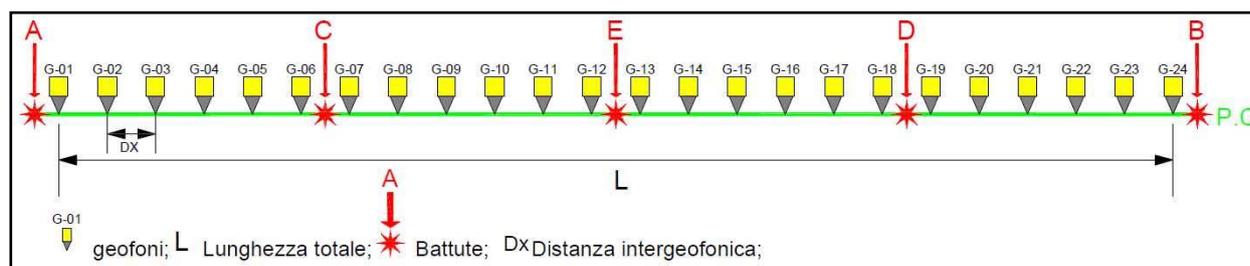
2.1 Tecniche operative

Sono stati effettuati due profili sismici a rifrazione in onde P ed Sh utilizzando geofoni a 14 Hz. Le tracce sono state registrate impostando i seguenti parametri:

	frequenza di campionamento	Lunghezza registrazioni	sorgente
Onde P	0.0625 millisecondi	500 ms	Martello/PEG
Onde Sh	0.125 millisecondi	1 secondo	martello

Di seguito sono tabellate le caratteristiche dei profili acquisiti:

Denominazione	Lunghezza	Distanza geofonica	Numero scoppi	N. Canali
Profilo 1	120 m	5.0 m	5.0	24
Profilo 2	120 m	5.0 m	5.0	24



Schema geometrico di acquisizione

2.2 Analisi dei dati

Per prima cosa sono stati individuati sui sismogrammi i tempi dei primi arrivi delle onde P. Questa operazione è definita picking e si effettua dopo aver registrato e opportunamente filtrato il segnale acquisito.

I file così ottenuti vengono caricati nel software **TomTime** della **Geotom, LCC** che consente di amplificare il segnale in modo da facilitare l’operazioni di picking e registra i valori dei tempi del reale punto di primo arrivo. I tempi vengono importati in un altro software Gremix (Interpex Limited, 1990) che a partire da questi dati e dalle geometrie dello stendimento traccia le dromocrone.

Attraverso un’interpolazione grafica manuale ottimizzata dalle funzioni del software si ottiene, attraverso il metodo del G.R.M operato dal Gremix, lo spessore relativo degli strati presenti e le rispettive velocità. Si visualizza graficamente il modello ottenuto in funzione della velocità e profondità dei rifrattori.

E’ stata successivamente eseguita l’interpretazione tomografica che a partire da una simulazione numerica del fenomeno di propagazione dell’impulso sismico, individua i campi incogniti di velocità delle onde calcolando i tempi di percorrenza e fornisce una discretizzazione del sottosuolo restituendo un’ immagine bidimensionale.

Il software utilizzato per la tomografia è il **Rayfract v. 2.71** (della Intelligent Resources Inc), che applica un metodo di inversione che ricostruisce i fronti d’onda e le geometrie dei percorsi rifratti e l’angolo con cui riemergono al ricevitore.

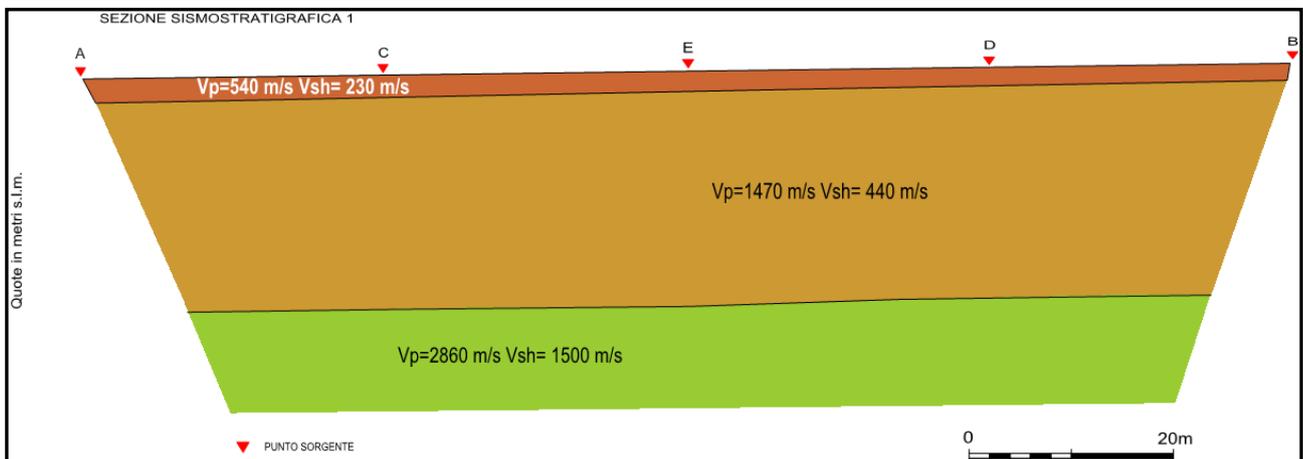
Importati i tempi dei primi arrivi e le geometrie si visualizzano le dromocrone e tramite il comando “Smooth Invert/WET with gradient initial model” è stato avviato il processo di inversione. Quando il risultato non è stato ritenuto soddisfacente, si è provveduto a variare le impostazioni di default del comando regolando alcuni parametri tramite il comando “Interactive WET Tomography” e “ Maximum Valid Velocity”. Aggiornato il modello, sono stati riavviati tutti i calcoli iterativi di inversione fino al raggiungimento dei requisiti che soddisfano l’algoritmo che individua la soluzione ottimale.

Infine sono stati verificati i risultati ottenuti e verificata la coerenza della rappresentazione grafica in scala cromatica.

2.3 Risultati

L’elaborazione dei dati ha permesso di ricostruire il sottosuolo secondo 3 “sismostrati”, così caratterizzati:

1. Il **primo sismostrato** (con una profondità di circa 3 mt dal p.c.) ha velocità V_p di 540 m/s e V_{sh} di 230 m/s;
2. Il **secondo sismostrato** (con una media di 35 mt dal p.c.) ha velocità V_p di 1470 m/s e V_{sh} di 440 m/s;
3. Il **substrato rifrattore** ha velocità V_p di 2860 m/s e V_{sh} 1500 m/s.



Nella tabella che segue sono mostrati tutti i valori delle velocità sismiche, il coefficiente di Poisson ed i valori dei moduli dinamici E (di Young), G (di taglio) e K (di compressibilità), espressi in Kg/cm^2 . Questi valori sono calcolati considerando un peso di volume unitario, pertanto, per ottenere i moduli reali, è necessario moltiplicarli per il peso di volume dei litotipi presenti.

La presenza di acqua all’interno dei sedimenti alluvionali presenti in sito determina un incremento del valore delle onde longitudinali (a differenza delle velocità delle onde trasversali che non vengono influenzate dalla presenza dell’acqua) con la conseguenza che tale valore risulta sovrastimato. Esso è stato calcolato, con più precisione, dall’analisi di velocità effettuata con la

sismica a riflessione. Il valore così ricavato è mostrato in giallo per il secondo sismostrato, il più influenzato dalla presenza dell’acqua.

Per il primo sismostrato non sussiste tale problema poiché i terreni riscontrati o sono privi di acqua oppure sono parzialmente o totalmente impermeabili.

Profilo 1

Spessori medi sismostrati (m)	Vp	Vs	σ	γ	E	G	K
1° sismostrato 0÷3.0	540	230	0.39	1	1500	540	2256
2° sismostrato 3.0÷35.0	1470 (sismica a rifrazione)	440	0.45	1	5732	1976	19416
2° sismostrato 3.0÷35.0	1260 (sismica a riflessione)	440	0.43	1	5652	1976	13566
substrato rifratore >35.0	2860	1500	0.31	1	60166	22959	52853

Profilo 2

Spessori medi sismostrati (m)	Vp	Vs	σ	γ	E	G	K
1° sismostrato 0÷3.0	540	230	0.39	1	1500	540	2256
2° sismostrato 3.0÷35.0	1470 (sismica a rifrazione)	440	0.45	1	5732	1976	19416
2° sismostrato 3.0÷35.0	1260 (sismica a riflessione)	440	0.43	1	5652	1976	13566
substrato rifratore >35.0	2860	1500	0.31	1	60166	22959	52853

Vp = velocità onde longitudinali in m/s

Vs = velocità onde trasversali in m/s

σ = coefficiente di Poisson

γ = peso di volume in g/cm³

E = modulo dinamico di Young in Kg/cm²

G = modulo dinamico di taglio in Kg/cm²

K = modulo dinamico di compressibilità in Kg/cm²

3 PROSPEZIONE SISMICA A RIFLESSIONE

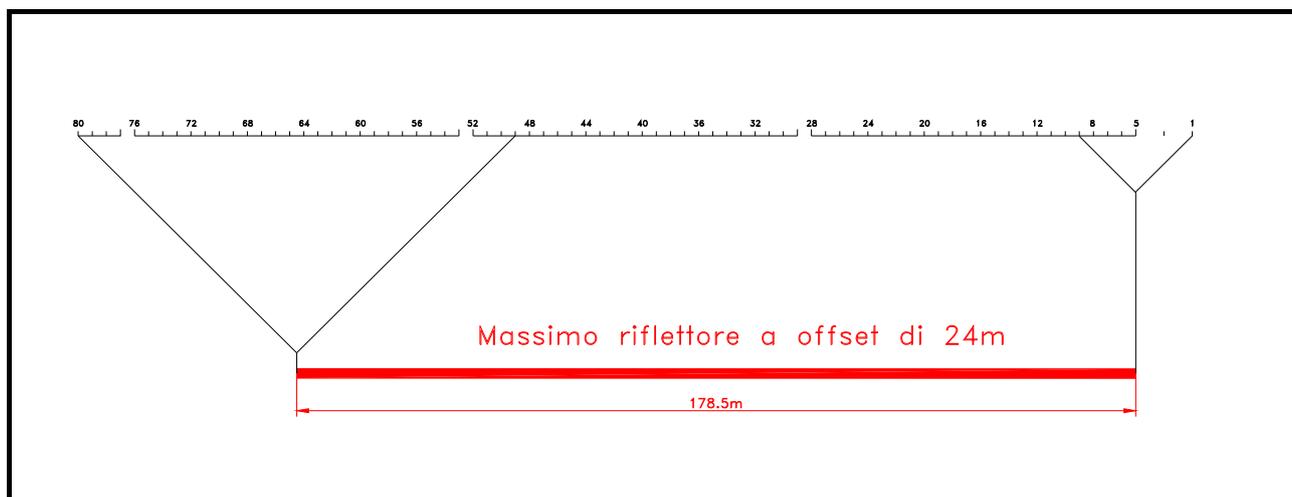
3.1 tecniche operative

E' stato acquisito un profilo sismico a riflessione utilizzando geofoni a 14 Hz shuntati con filtro passivo, in grado di spostare la banda di risposta dei geofoni verso frequenze più alte. Le tracce sono state registrate con i seguenti parametri:

frequenza di campionamento	Lunghezza registrazioni	sorgente
0.0625 millisecondi	1 secondo	Peg-40

Di seguito sono tabellate le caratteristiche del profilo acquisito:

Denominazione	Lunghezza	Distanza geofonica	Numero scoppi	N. Stazioni
Profilo 1	237 m	3.0 m	24	80



Schema geometrico di acquisizione

3.2 Analisi dei dati

I dati della sismica a riflessione sono stati trattati col software Seistrix 3 (Interpex L.t.d., 1993). Uno dei grandi vantaggi di questo software è la capacità di gestire le geometrie complesse, dovendo trattare dati acquisiti secondo la tecnica del Common Mid Point Multi-Offset.

Sono stati acquisiti sismogrammi a 48 tracce, in allegato viene riportato un solo sismogramma acquisito.

Per prima cosa sono stati caricati nel programma tutti i file a 24 tracce con punto sorgente a distanza uguale e impostate le geometrie di ogni profilo.

Si è poi proceduto all'analisi delle linee sismiche per ogni singolo offset, in seguito è stato esaminato solo il profilo ad offset più indicativo (offset a 24 metri).

Sono state impostate le geometrie è stato effettuato il “sort” dei dati. Questa operazione serve a riorganizzare i dati secondo le geometrie di common mid-point e nel rispetto delle distanze di offset. Infatti al momento dell’acquisizione i dati sono memorizzati in base alle posizioni degli scoppi e dei ricevitori, con il sorting vengono riorganizzati in modo da raggruppare per ogni coppia scoppio-ricevitore le tracce relative ai segnali provenienti dallo stesso midpoint.

Successivamente le operazioni di processing sui dati sono le seguenti:

- ✓ Correzione Statica dei Tempi sulle Tracce
- ✓ Filtro Passa Banda
- ✓ Mute
- ✓ Normal Move Out
- ✓ Filtraggio $f - k$
- ✓ Trace Mix

Esse sono state ampiamente descritte nella relazione generale.

3.3 Risultati

Dall'analisi della “sezione tempo”, riportata nell'allegato “analisi prospezione sismica a riflessione”, si evince la presenza **di un solo riflettore**, piuttosto energetico, posto tra circa **90 e 100 millisecondi**.

Per ciò che concerne le profondità associabili alle sezioni tempo, queste sono state ottenute utilizzando, per i terreni superficiali, velocità e spessori ricavati dall'elaborazione tomografica del sottosuolo effettuata con la sismica a rifrazione e, per i sedimenti più profondi, effettuando un'analisi di velocità dei sismogrammi relativi alla sismica a riflessione.

In virtù delle considerazioni fatte, e, quindi, passando da sezioni tempo a sezione profondità, vedi figura “Analisi prospezione sismica a riflessione”, **la riflessione** individuata risulta posizionabile a circa **45-50 metri di profondità**. Inoltre, sono state individuate cinque discontinuità subverticali posizionate: tra le stazione 26-28, 37, 40, 45 e 54-57.

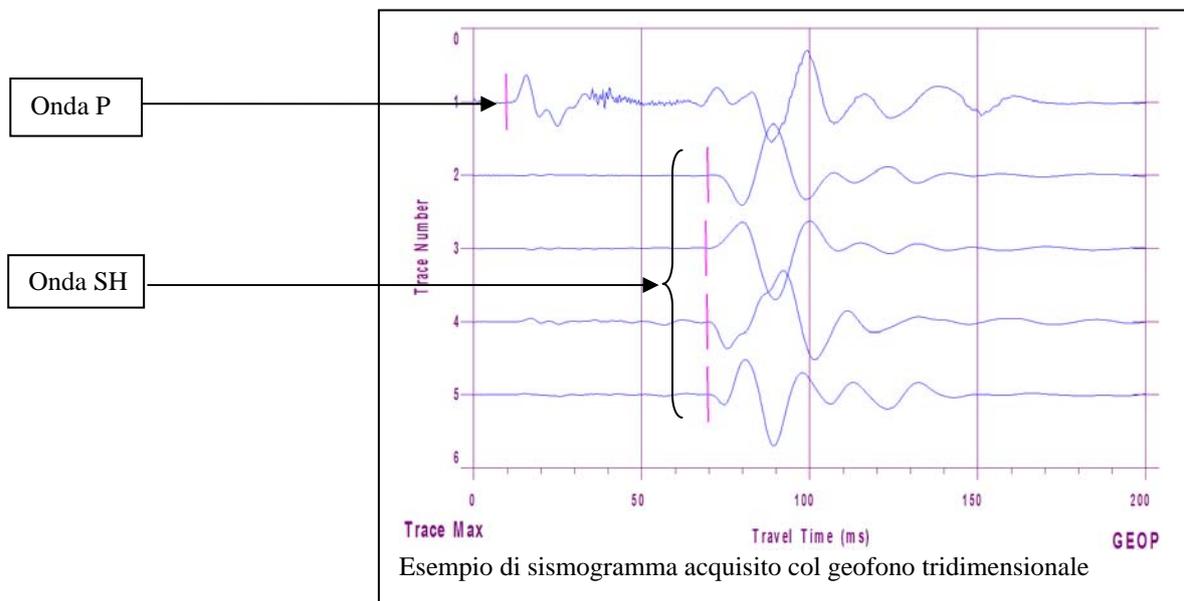
4 PROSPEZIONE IN FORO DOWN-HOLE

4.1 Tecniche operative

Le misure sismiche down-hole sono state eseguite in un foro opportunamente attrezzato. Le misure sono state effettuate per ogni metro di profondità fino alle massime profondità del perforo (50 m).

Le sorgenti, sia per generare le onde P e sia per generare le onde Sh, sono state posizionate in superficie ad una distanza di 2 metri dal boccaforo.

Il segnale è stato acquisito con una lunghezza di 200 ms ed un campionamento 0.05 ms.

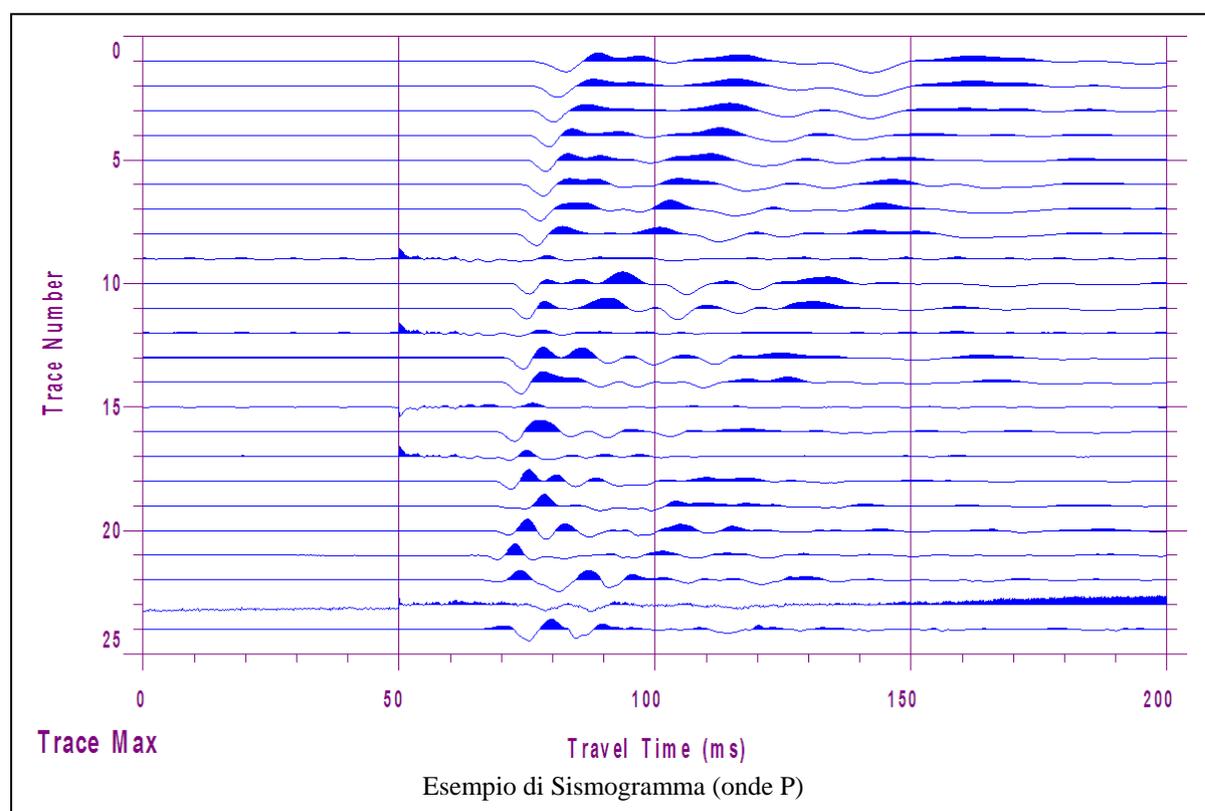


4.2 Analisi dei dati

Il picking delle onde sismiche è stato effettuato sui sismogrammi sperimentali mediante il software TomTime della Geotom, LCC, dopo un opportuno filtraggio delle tracce.

Dai tempi acquisiti sono state ricavate le velocità intervallari delle onde sismiche (P ed Sh) per ogni metro di profondità ed i relativi moduli elasto-dinamici.

Di seguito è mostrato un esempio di sismogramma acquisito con la stringa di 24 idrofoni a 10 Hz.



4.3 Risultati

L'analisi dei sismogrammi ha permesso di determinare i tempi di arrivo sia delle onde P che Sh e di calcolarne le differenze di tempo tra misure successive.

Ciò ha permesso di ricavare le velocità intervallari dalle quali è stato possibile ottenere una dettagliata ricostruzione dell'andamento della velocità e dei relativi moduli dinamici con la profondità.

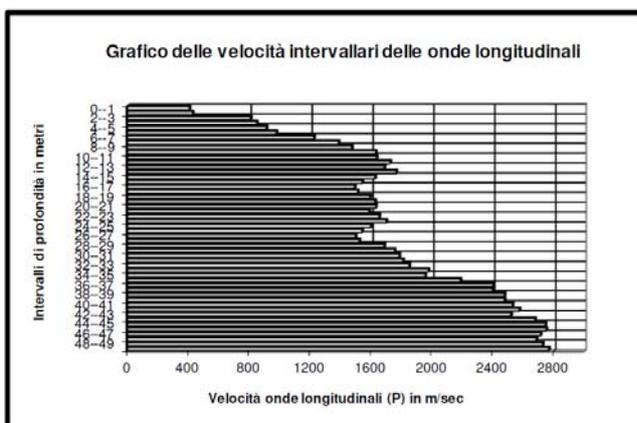
Nella tabella mostrata nell'allegato “Analisi Down-Hole” vengono riportati tutti i valori dei tempi, delle velocità, del coefficiente di Poisson e dei moduli dinamici ricavati fino alle profondità indagate. I suddetti parametri sono riportati sotto forma di grafici nello stesso allegato.

Tutti i moduli dinamici ed i valori di rigidità sismica sono stati calcolati per un peso di volume unitario.

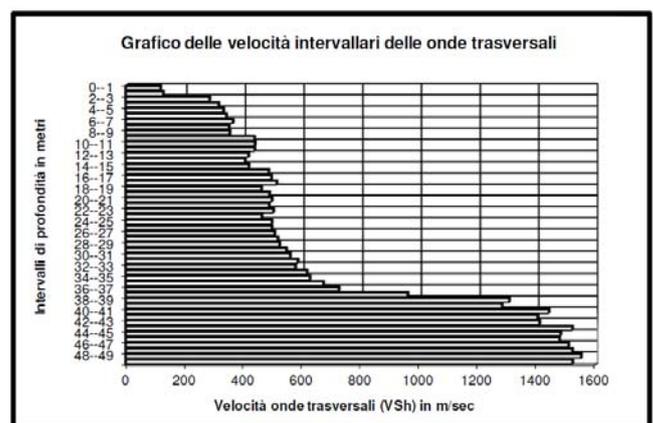
Le velocità intervallari riscontrate mostrano un andamento in linea con quanto emerso dalla sismica a rifrazione. Esse aumentano con la profondità subendo un brusco incremento in corrispondenza del bedrock profondo (35 m).

Le velocità medie riscontrate sono, procedendo dal piano campagna in profondità, le seguenti:

- Da 0 a -4 m → $V_p = 420$ m/s - $V_{Sh} = 120$ m/s
- Da -4 a -36 m → $V_p = 1560$ m/s - $V_{Sh} = 460$ m/s
- Da -36 a -50 m → $V_p = 2600$ m/s - $V_{Sh} = 1360$ m/s

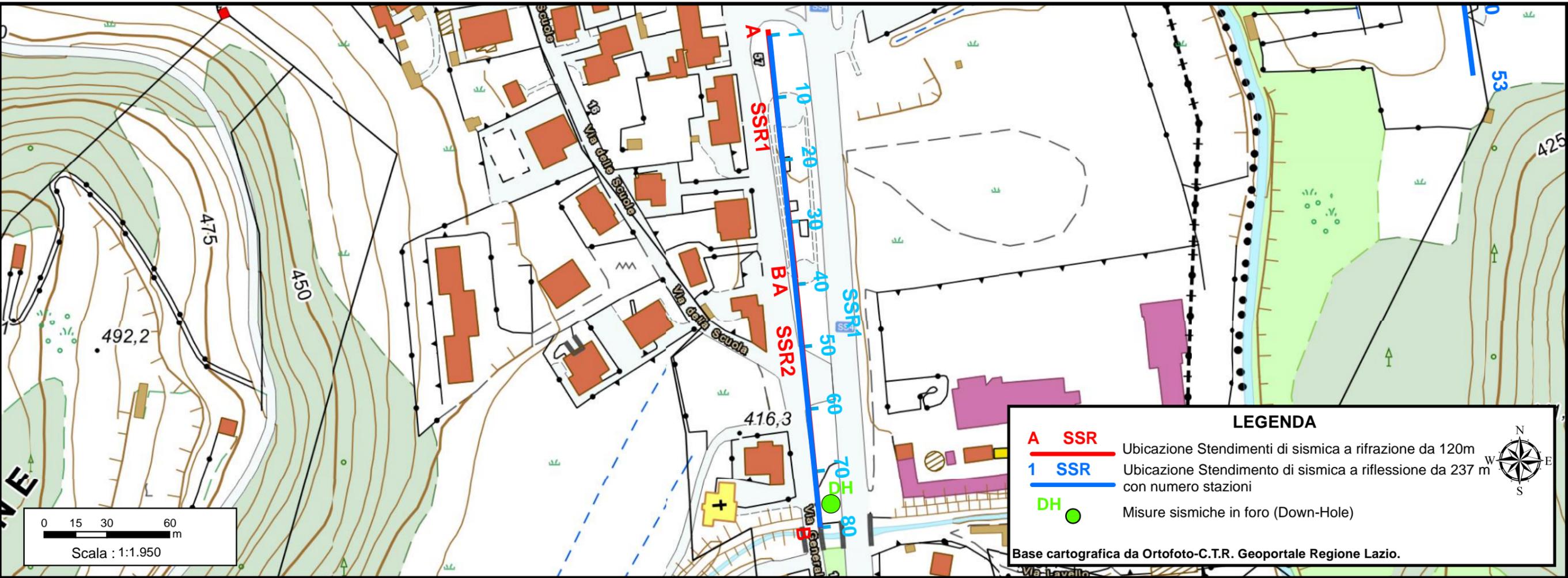


ONDE P

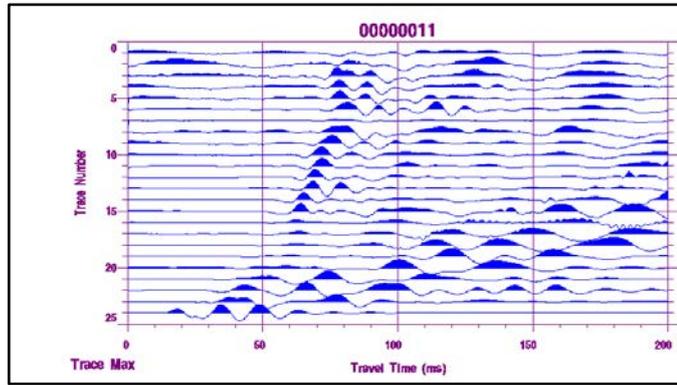


ONDE SH

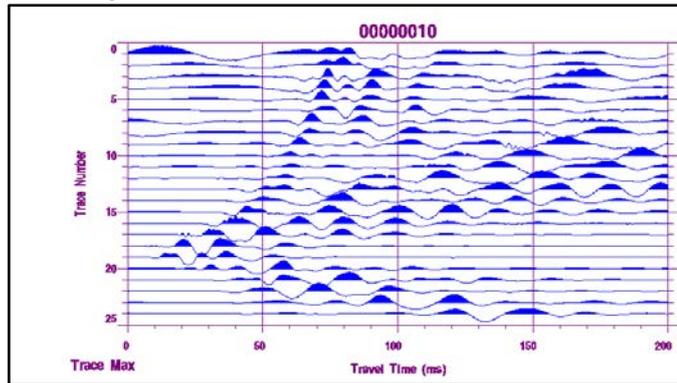
Ubicazione misure sismiche



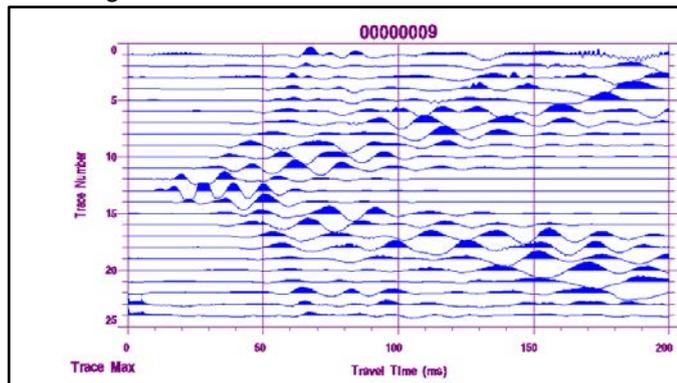
SISMOGRAMMI SISMICA A RIFRAZIONE ONDE LONGITUDINALI (ONDE P) PROFILO 1



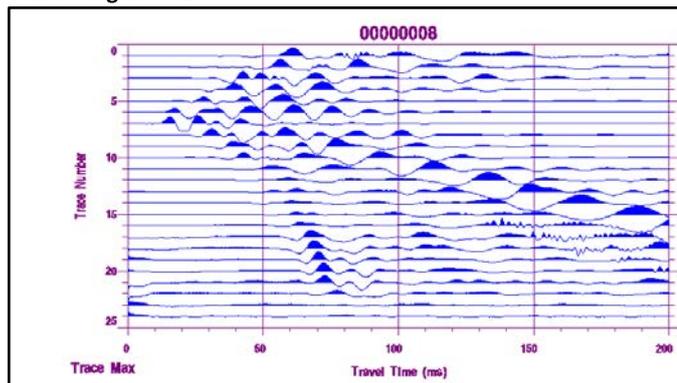
Punto sorgente "A"



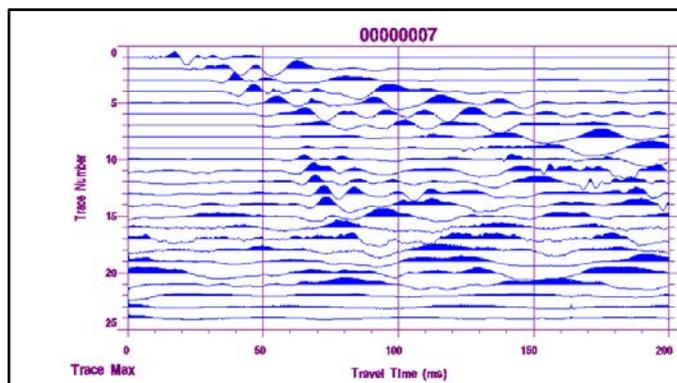
Punto sorgente "C"



Punto sorgente "E"

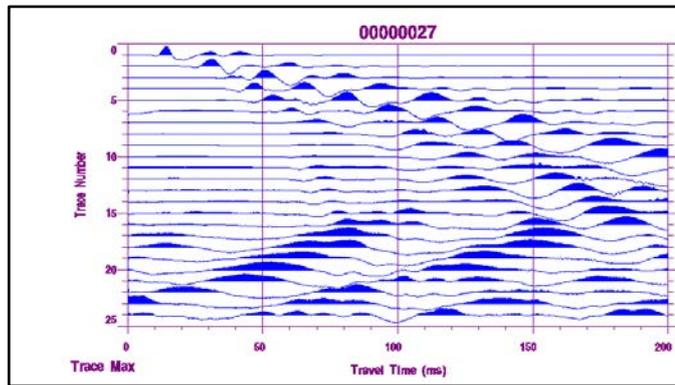


Punto sorgente "D"

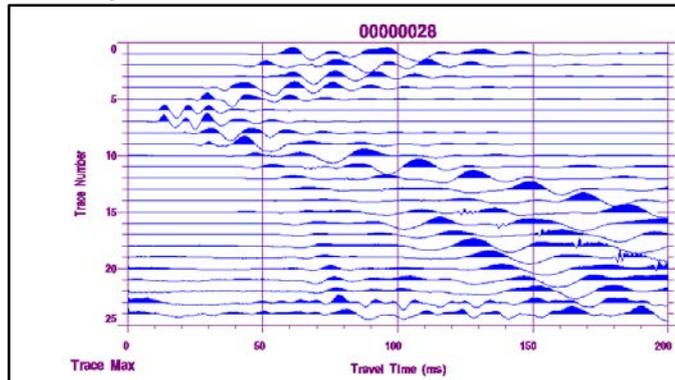


Punto sorgente "B"

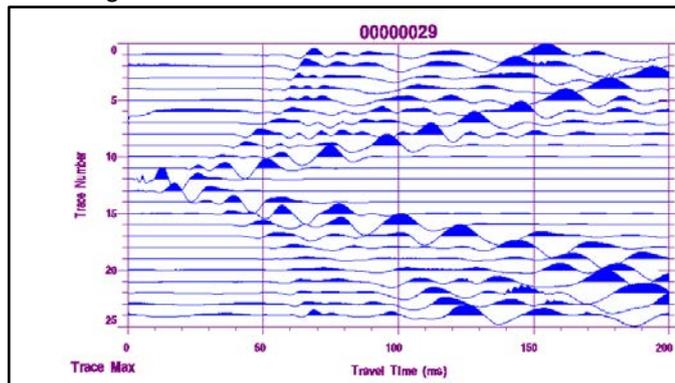
SISMOGRAMMI SISMICA A RIFRAZIONE ONDE LONGITUDINALI (ONDE P) PROFILO 2



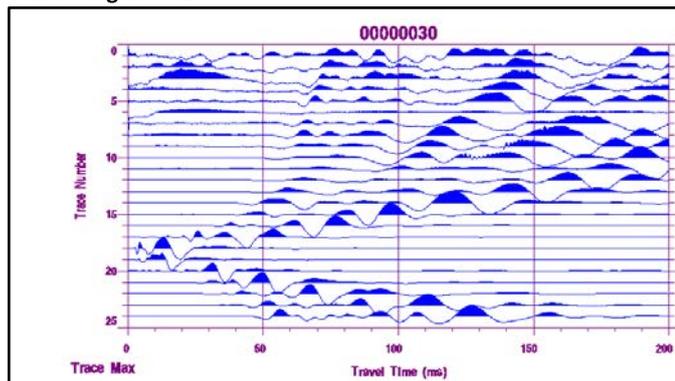
Punto sorgente "A"



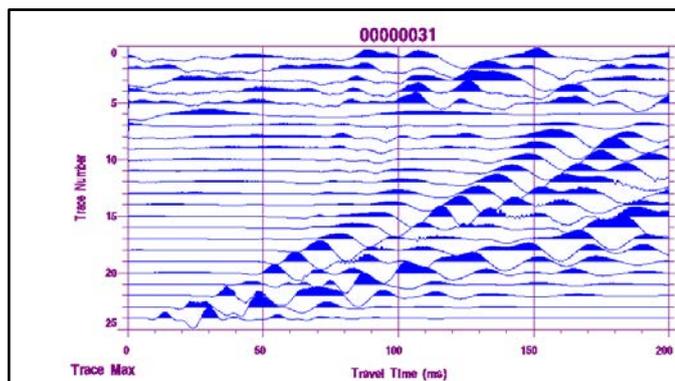
Punto sorgente "C"



Punto sorgente "E"

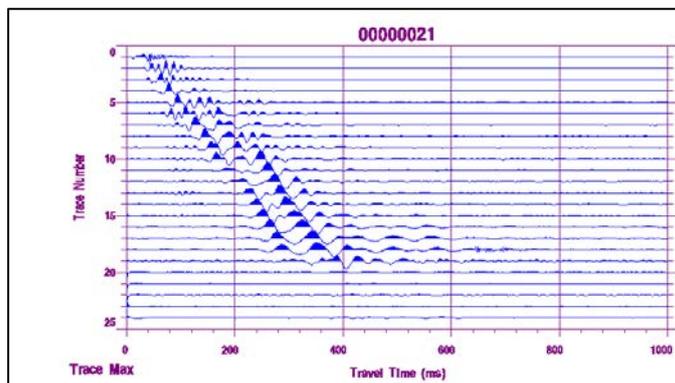


Punto sorgente "D"

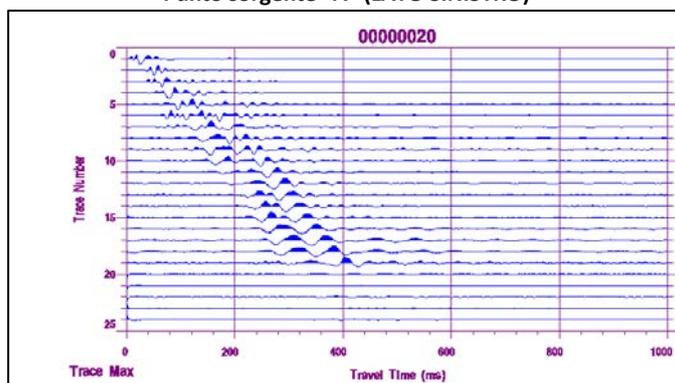


Punto sorgente "B"

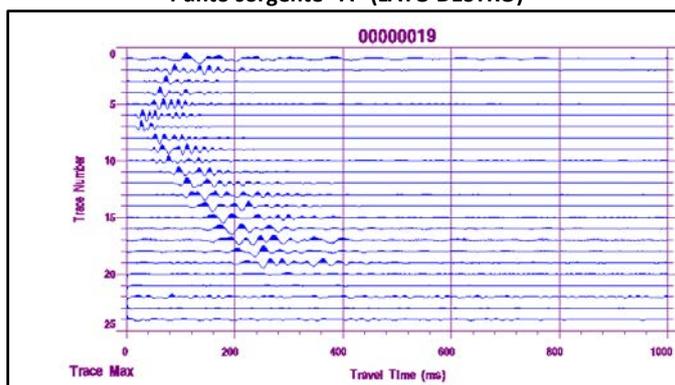
SISMOGRAMMI SISMICA A RIFRAZIONE ONDE TRASVERSALI (ONDE SH) PROFILO 1



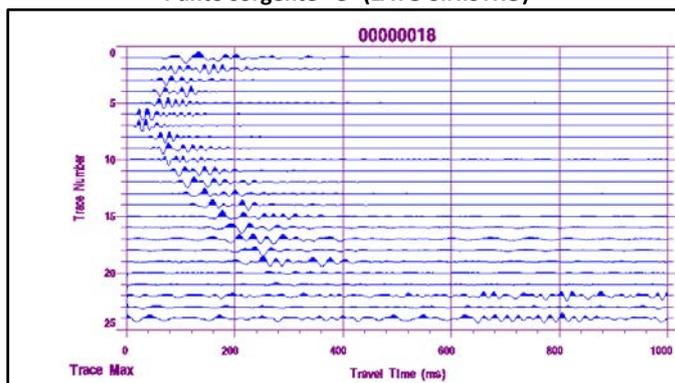
Punto sorgente "A" (LATO SINISTRO)



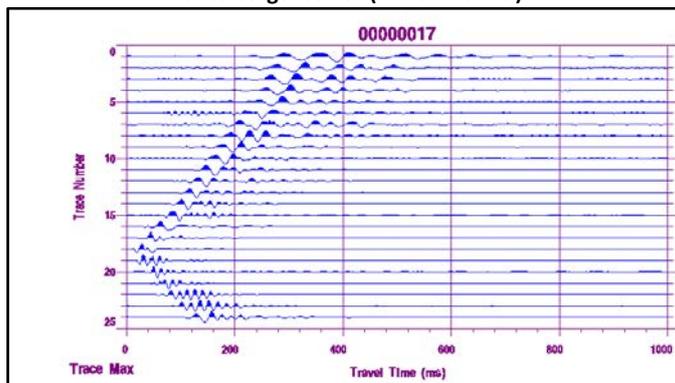
Punto sorgente "A" (LATO DESTRO)



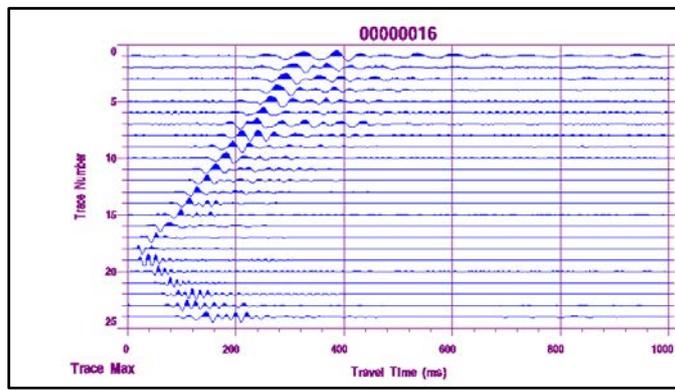
Punto sorgente "C" (LATO SINISTRO)



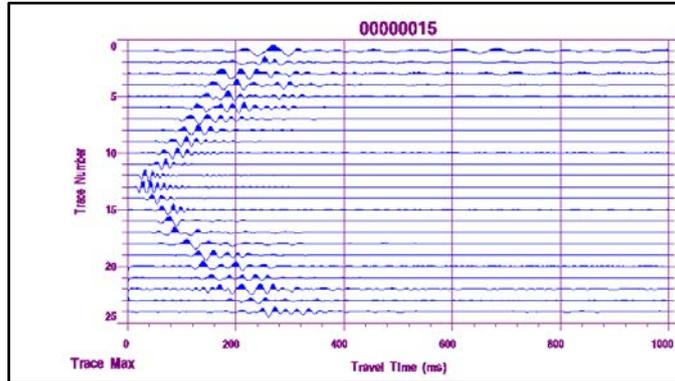
Punto sorgente "C" (LATO DESTRO)



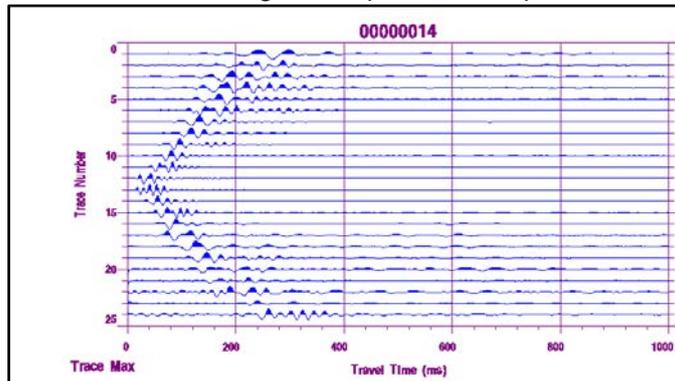
Punto sorgente "E" (LATO SINISTRO)



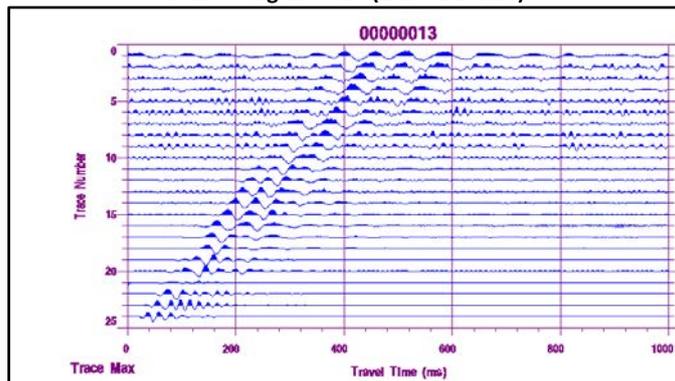
Punto sorgente "E" (LATO DESTRO)



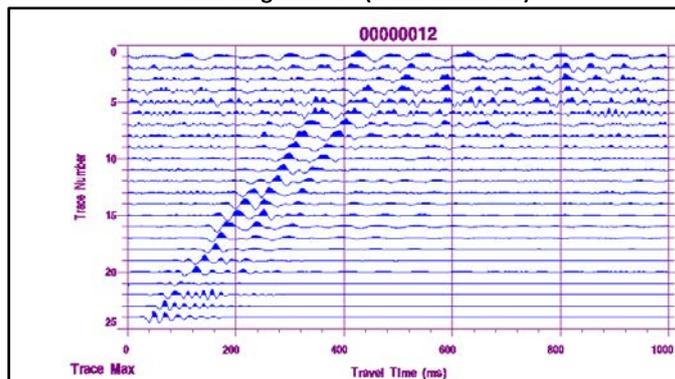
Punto sorgente "D" (LATO SINISTRO)



Punto sorgente "D" (LATO DESTRO)

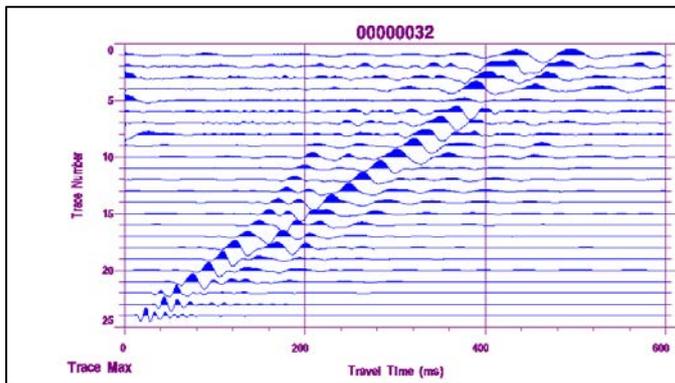


Punto sorgente "B" (LATO SINISTRO)

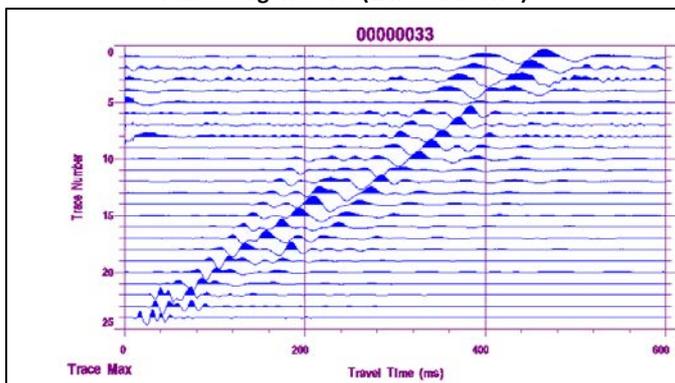


Punto sorgente "B" (LATO DESTRO)

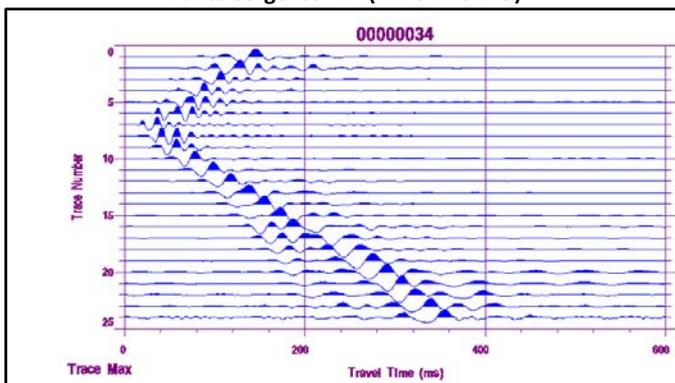
SISMOGRAMMI SISMICA A RIFRAZIONE ONDE TRASVERSALI (ONDE SH) PROFILO 2



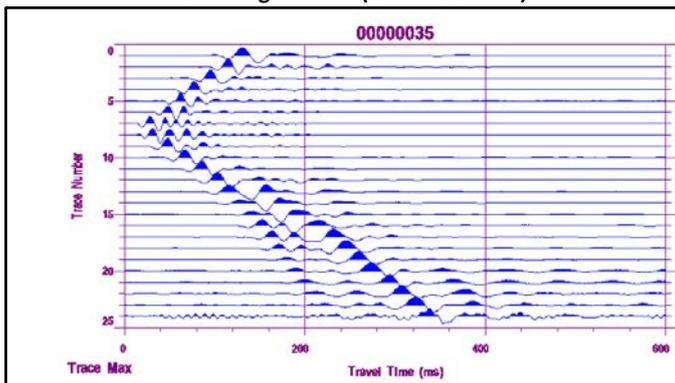
Punto sorgente "A" (LATO SINISTRO)



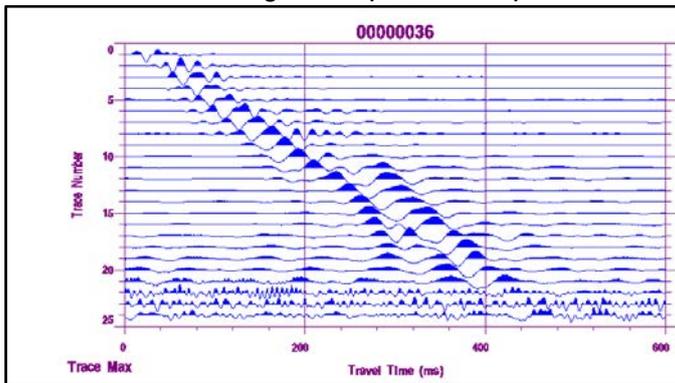
Punto sorgente "A" (LATO DESTRO)



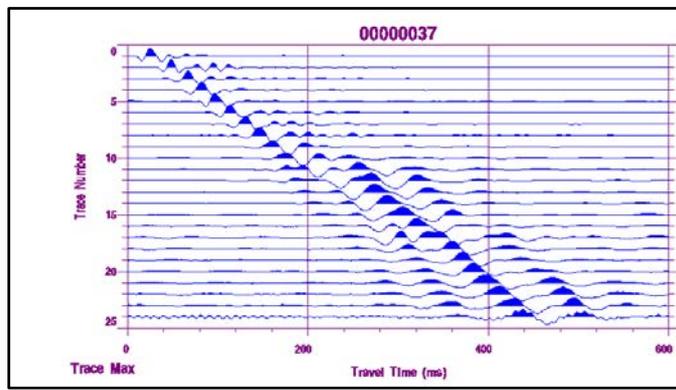
Punto sorgente "C" (LATO SINISTRO)



Punto sorgente "C" (LATO DESTRO)

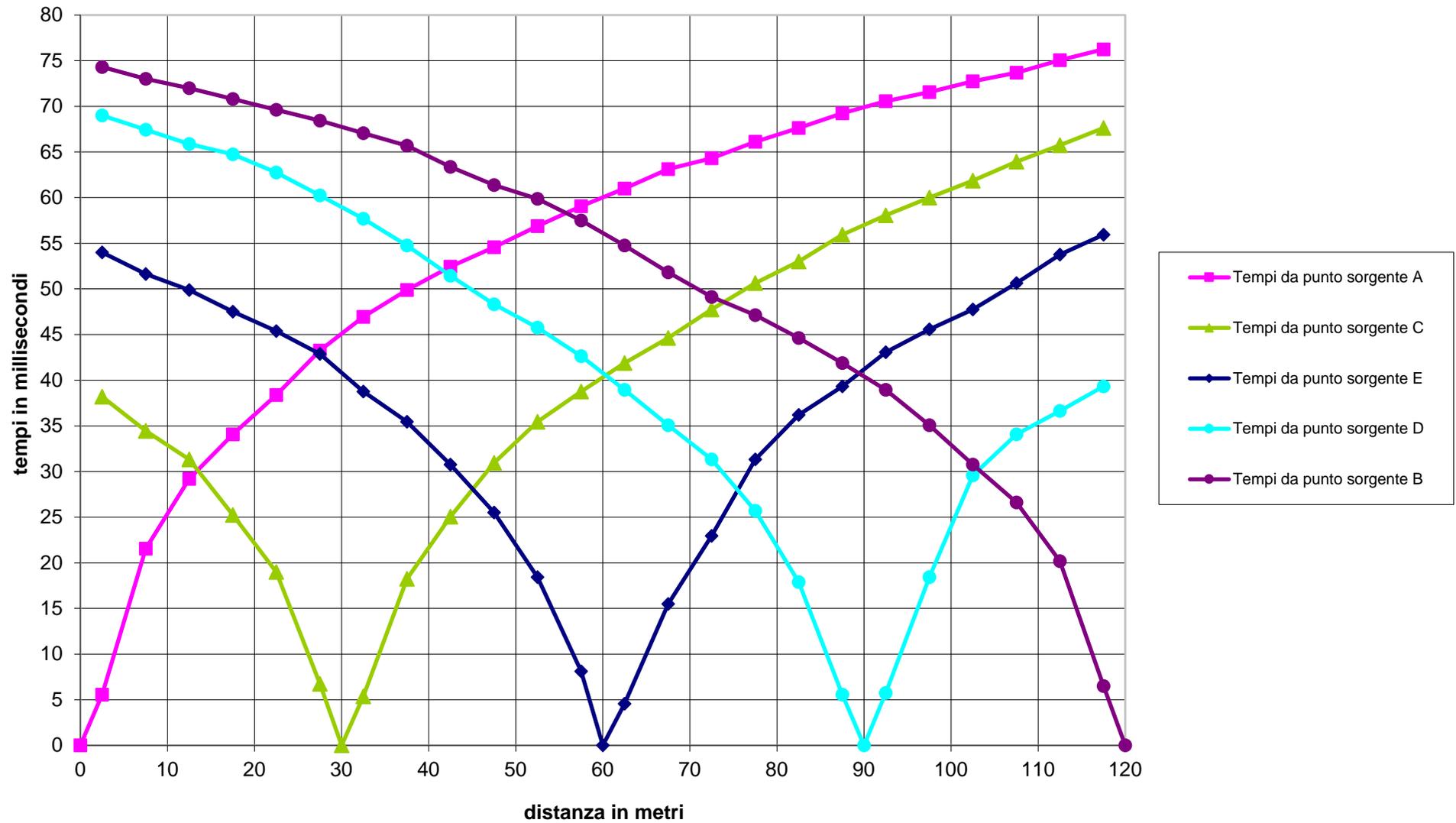


Punto sorgente "B" (LATO SINISTRO)

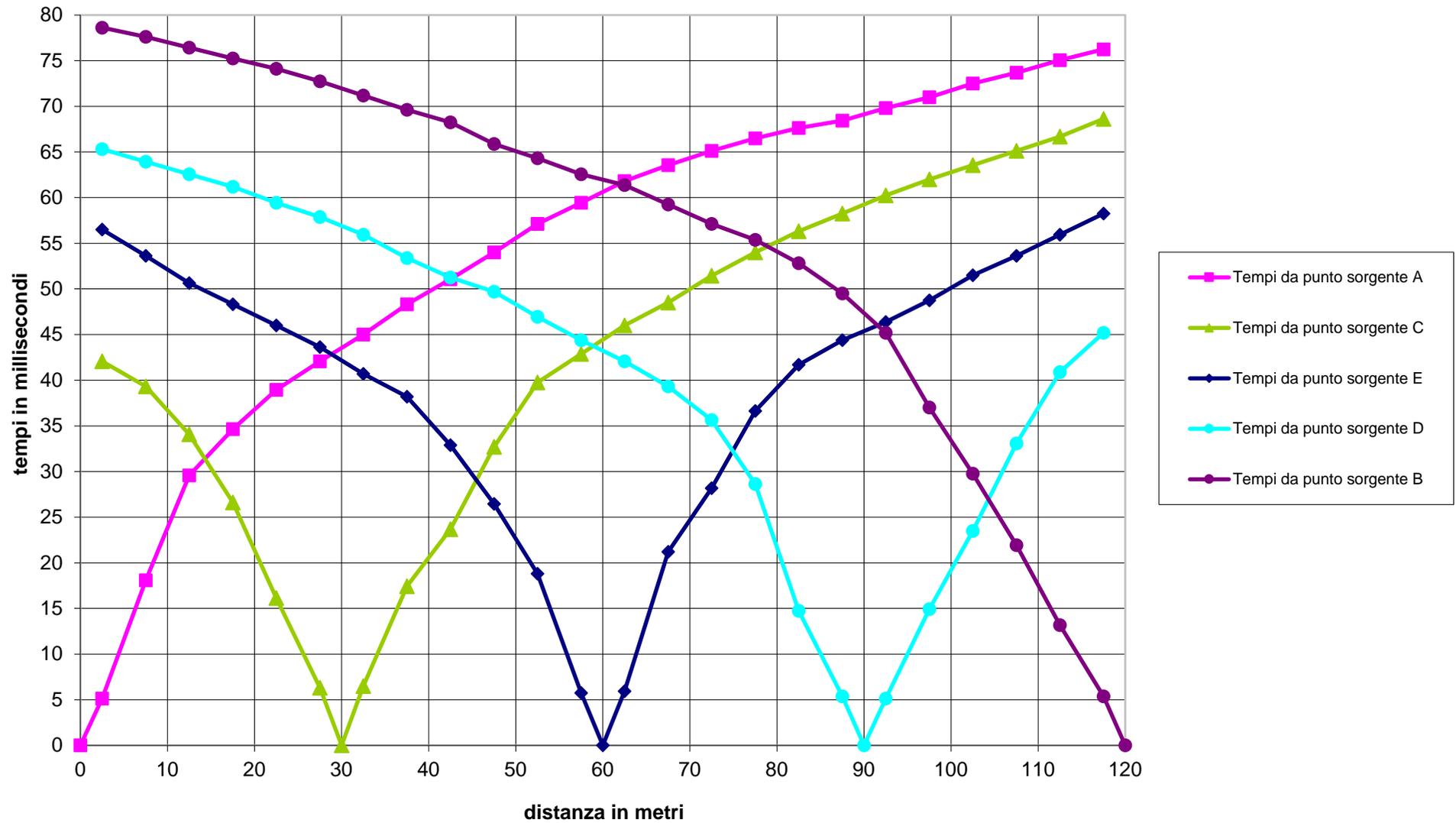


Punto sorgente "B" (LATO DESTRO)

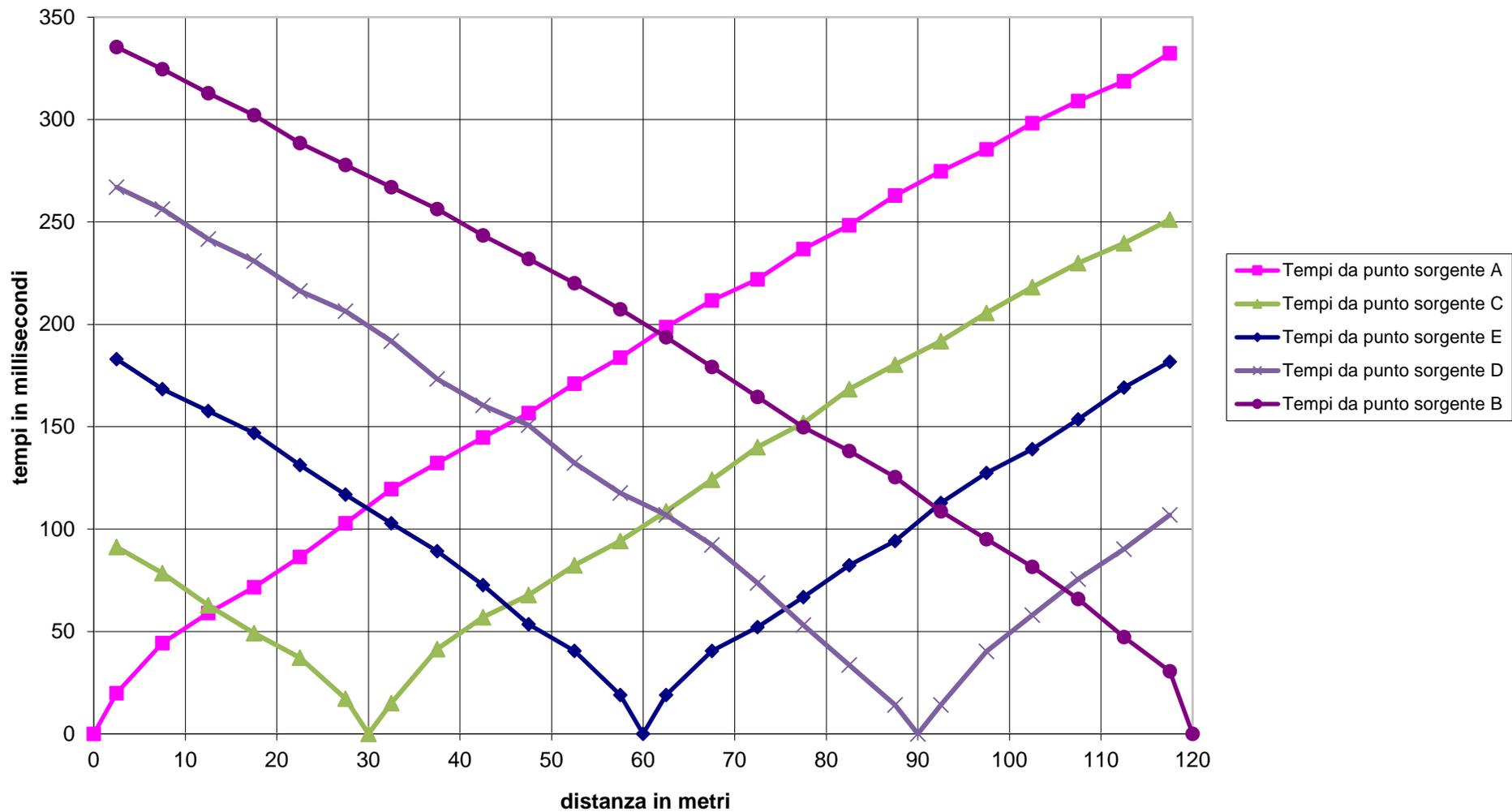
Dromocrone onde longitudinali - Profilo sismico 1



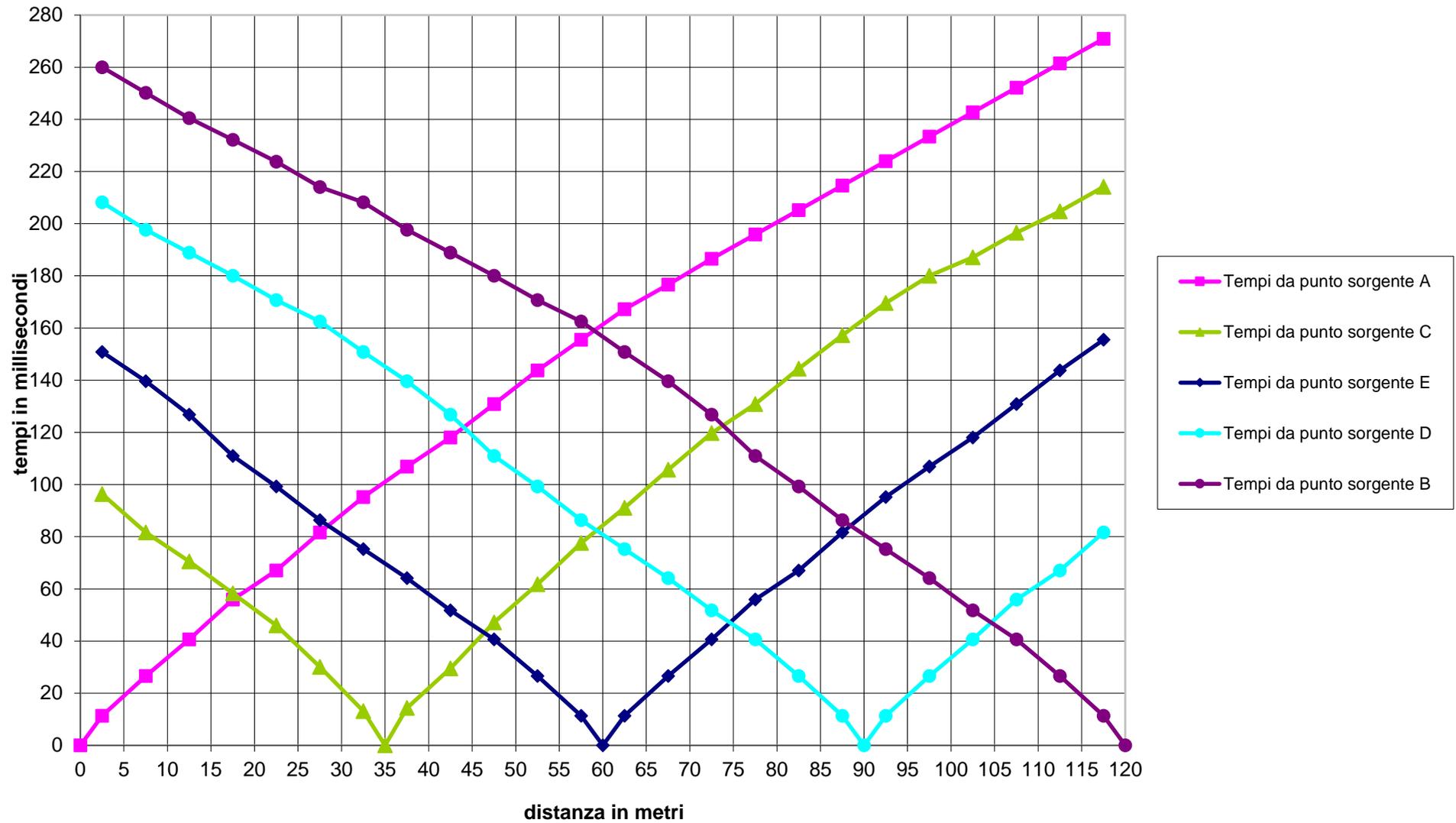
Dromocrone onde longitudinali - Profilo sismico 2



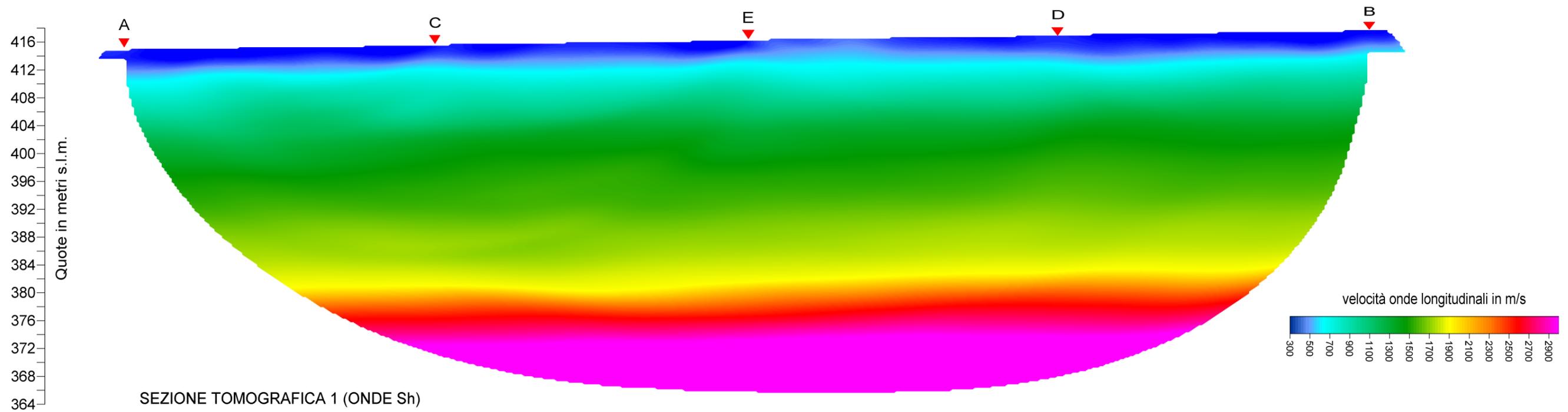
Dromocrone profilo sismico 1 - ONDE TRASVERSALI



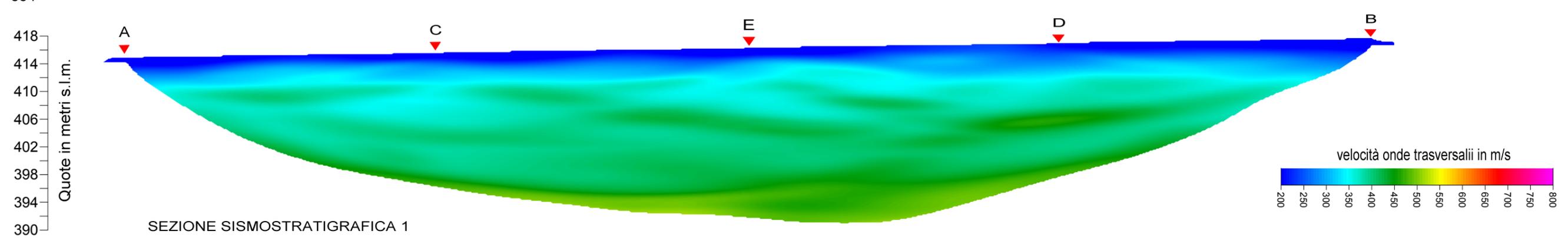
Dromocrone profilo sismico 2 - ONDE TRASVERSALI



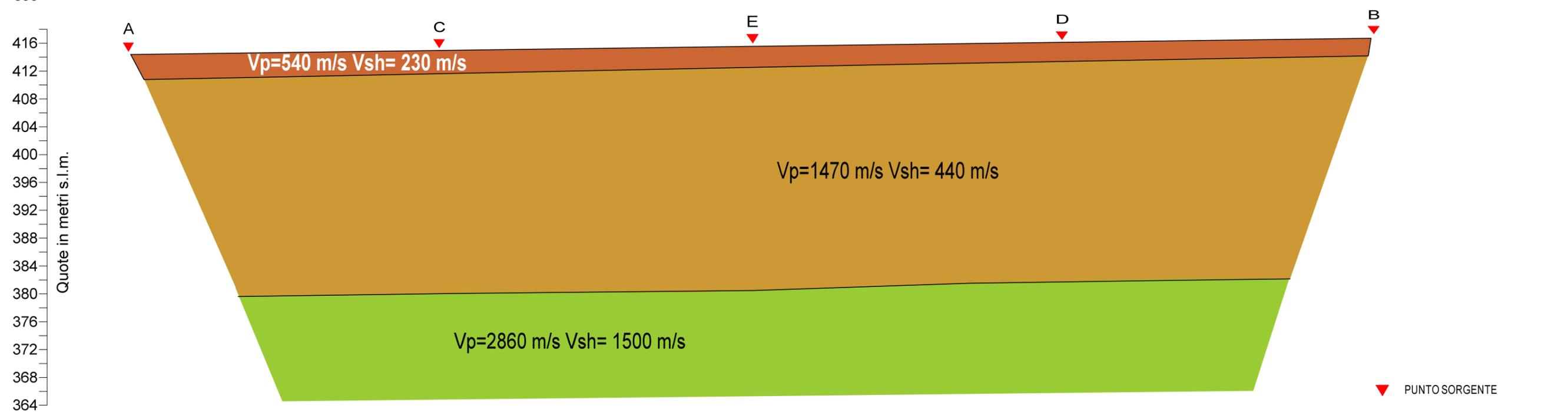
SEZIONE TOMOGRAFICA 1 (ONDE P)



SEZIONE TOMOGRAFICA 1 (ONDE Sh)

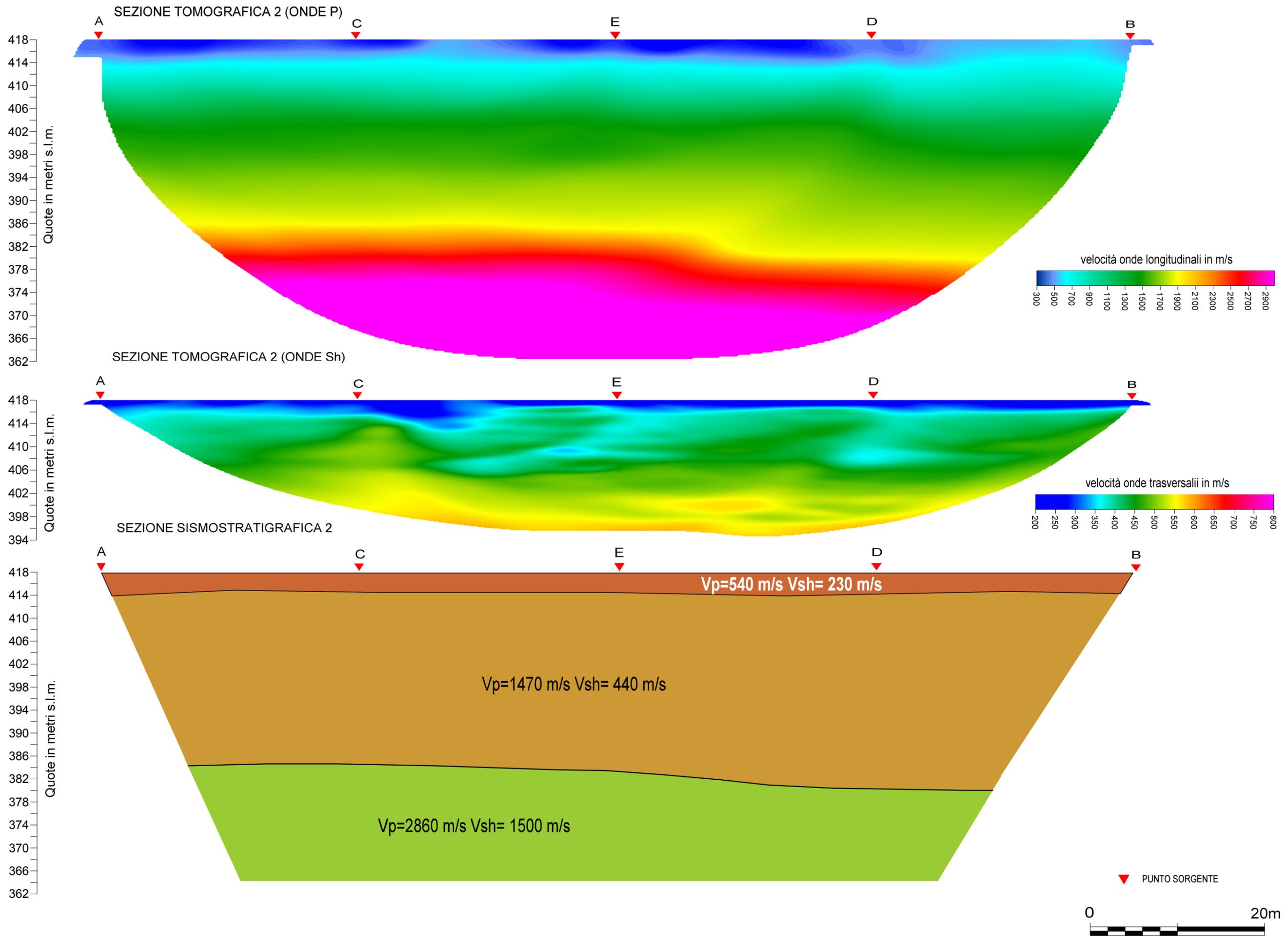


SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA 1

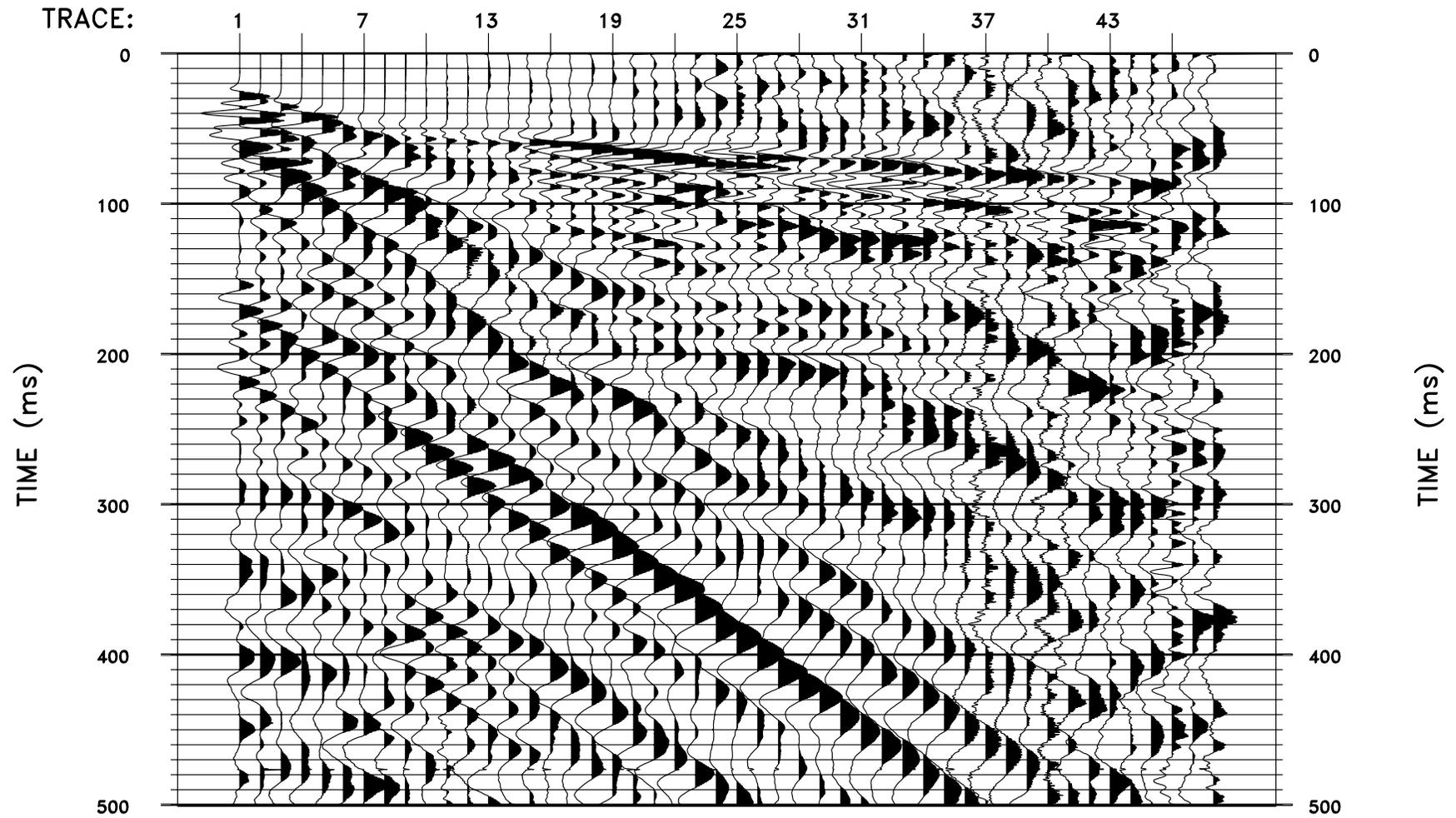


▼ PUNTO SORGENTE



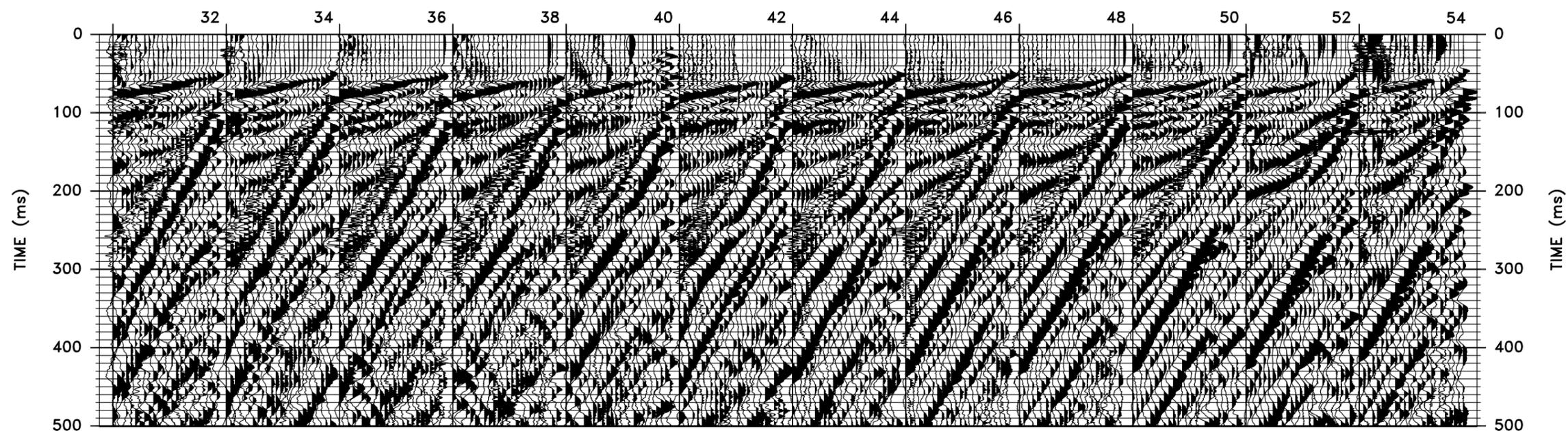


Esempio di sismogramma a 48 tracce

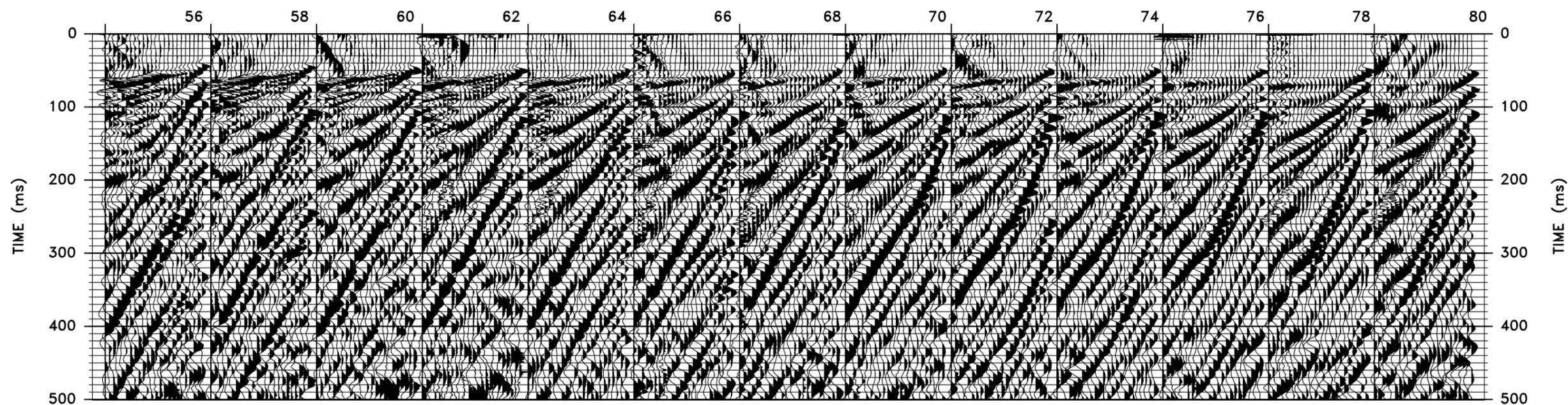


SISMOGRAMMI A 24 TRACCE UTILIZZATI
PER L'ANALISI IN COMMON MID POINT

Stazioni sorgente sismica

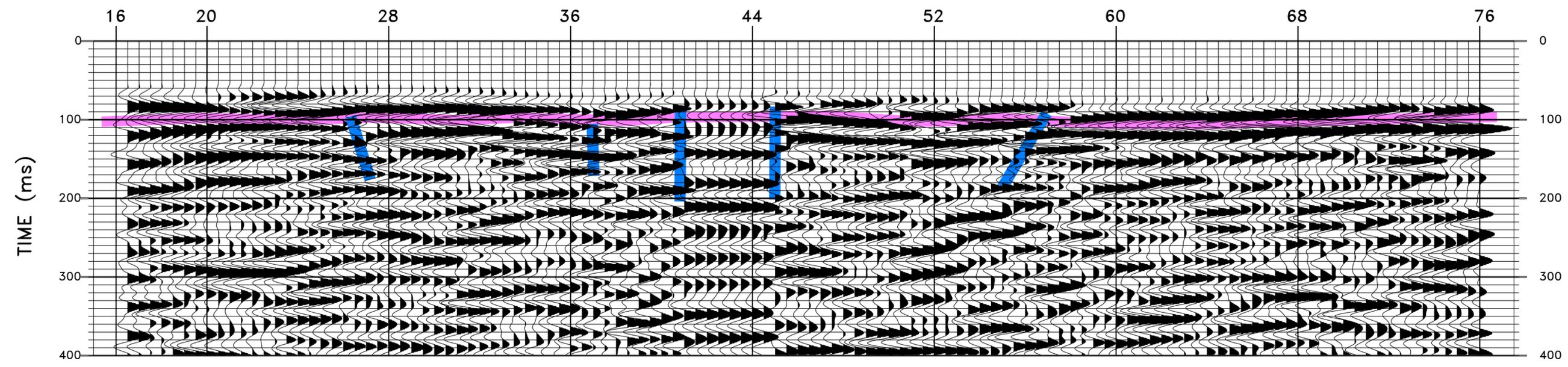


Stazioni sorgente sismica



ANALISI PROSPEZIONE SISMICA A RIFLESSIONE

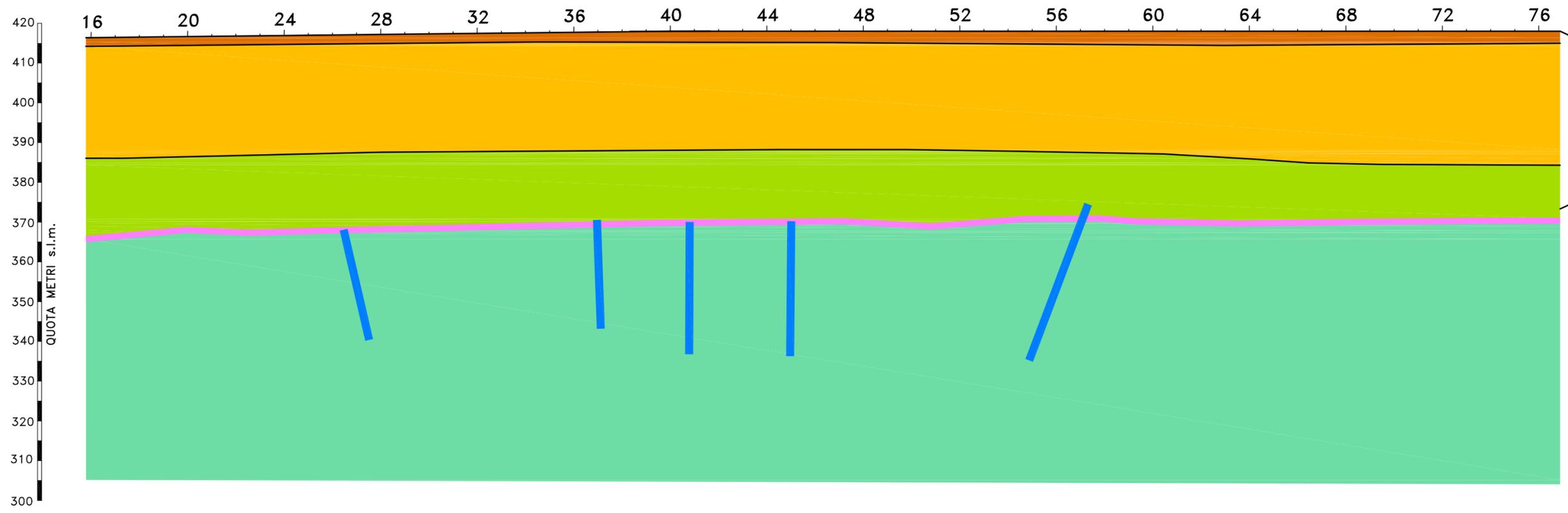
NUMERO STAZIONI



SEZIONE TEMPO

TIME (ms)

NUMERO STAZIONI



SEZIONE PROFONDITA'

dati estrapolati dall'indagine di sismica a rifrazione

LEGENDA

- 24 | Numero stazioni
- Strato riflettente
- Discontinuità verticale
- Sismostrato $V_p=540$ m/s $V_{sh}=230$ m/s
- Sismostrato $V_p=1470$ m/s $V_{sh}=440$ m/s
- Sismostrato $V_p=2860$ m/s $V_{sh}=1500$ m/s
- Sismostrato $V_p>2860$ m/s



Scala orizzontale 1:500
Scala verticale 1:1000