



**COMUNE DI BACOLI
 CITTA' METROPOLITA DI NAPOLI**

**INDAGINI GEOLOGICHE FINALIZZATE ALL'ELABORAZIONE E APPROVAZIONE DEL PIANO
 URBANISTICO COMUNALE E DEL REGOLAMENTO URBANISTICO EDILIZIO AI SENSI DELLA L.R.
 16/2014**

**il R.U.P.
 geom. Salvatore Carannante**

**Il progettista
 Prof. Arch. Guido Riano**

ALLEGATO 10B

**DATI FISICO-MECCANICI E GEOFISICI
 INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE**

CODICE PROGETTO

G _ B A C _ 3 2 _ 1 9

DATA

18/11/2019

REVISIONE

0 1

PAGINE

69

Gruppo di Lavoro

Prof. Geol. Giuseppe Rolandi	Responsabile del Progetto
Dott. Geol. Roberto Rolandi	Acquisizione dati Geognostici
Dott. Geol. Enrico Papale	Acquisizione dati Geofisici
Dott. Geol. Umberto Giordano	Acquisizione dati Geofisici
Arch. Danilo Vinaccia	Rappresentazione cartografica/GIS

rev.	descrizione	data	redatto	verificato
1	Redazione	18/11/2019	Dott. Geol. Umberto Giordano	Prof. Geol. Giuseppe Rolandi
2				
3				
4				
5				

Sommario

1. Prove Sismiche a Rifrazione	3
1.1 Elaborazione Sismica a rifrazione R1	6
1.2 Elaborazione Sismica a rifrazione R2	12
1.3 Elaborazione Sismica a rifrazione R3	18
1.4 Elaborazione Sismica a rifrazione R4	24
1.5 Elaborazione Sismica a rifrazione R5	30
1.6 Elaborazione Sismica a rifrazione R6	36
1.7 Elaborazione Sismica a rifrazione R7	42
1.8 Elaborazione Sismica a rifrazione R8	48
1.9 Elaborazione Sismica a rifrazione R9	54
1.10 Elaborazione Sismica a rifrazione R10	60
2 Considerazioni finale	69

1. Prove Sismiche a Rifrazione

Sono state eseguite n° **10** prospezioni sismiche a rifrazione. Anche in questo caso è stata utilizzata una configurazione a 24 geofoni verticali da 60 Hz, con una distanza intergeofonica di 1-2 m e quindi per una lunghezza complessiva di 24.00-48.00 m per ogni stendimento. Il tempo di campionamento è stato settato a 0.0128 s con un tempo di acquisizione pari a 0.9647

Nella seguente tabella vengono riportati Il numero delle prove eseguite, le relative lunghezze degli stendimenti e la distanza geofonica.

n°	Id	coordinate	orientazione	Geofoni	frequenza	interspazio
1	R1	X: 420380,383251 Y: 4520715,82716 X: 420388,656766 Y: 4520668,54557	N-S	48	4,5Hrz	2
2	R2	X: 420480,530 Y: 4517677,242 X: 420524,317 Y: 4517696,86	E-O	48	4,5Hrz	2
3	R3	X: 421728,923502 Y: 4516583,35187 X: 421775,374592 Y: 4516595,44717	E-O	48	4,5Hrz	2
4	R4	X: 422246,132036 Y: 4516367,87478 X: 422249,070514 Y: 4516415,78475	N-S	48	4,5Hrz	2
5	R5	X: 421716,474831 Y: 4519843,48367 X: 421694,031276 Y: 4519885,91346	NO-SE	48	4,5Hrz	2
6	R6	X: 421607,281071 Y: 4517733,28185 X: 421583,423699 Y: 4517730,66923	E-O	24	4,5Hrz	1
7	R7	X: 421333,666079 Y: 4518655,02808 X: 421343,053455 Y: 4518677,11603	NE-SO	24	4,5Hrz	1
8	R8	X: 420666,570787 Y: 4517335,74239 X: 420637,799387 Y: 4517374,16382	NO-SE	48	4,5Hrz	2
9	R9	X: 421382,526781 Y: 4518999,36061 X: 421397,519462 Y: 4518980,61976	NO-SE	24	4,5Hrz	1
10	R10	X: 421003,880816 Y: 4517861,13406 X: 421037,506816 Y: 4517826,88071	NO-SE	48	4,5Hrz	2

Tab. 5) Riepilogativa delle prove sismiche a rifrazione

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi è basata su due principi fondamentali della teoria del moto ondulatorio:

- Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.
- La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde o, equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza θ_i mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione θ_r ; matematicamente:

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

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

Si fa presente che, poiché il principio della sismica a rifrazione si basa sulla seconda legge di Snell, dal momento in cui si incontrano terreni con impedenze acustiche minori rispetto ai terreni sovrastanti, il metodo ha una limitazione; in quanto la velocità delle onde del mezzo sottostante essendo minore, non verrà registrata; è da considerarsi veritiero il limite rappresentato tra i terreni a impedenza acustica differente. Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le

posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo T dato dalla relazione:

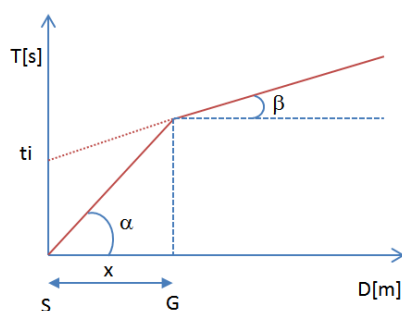
$$T = x_i / V_1$$

Dove X_i è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

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

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

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

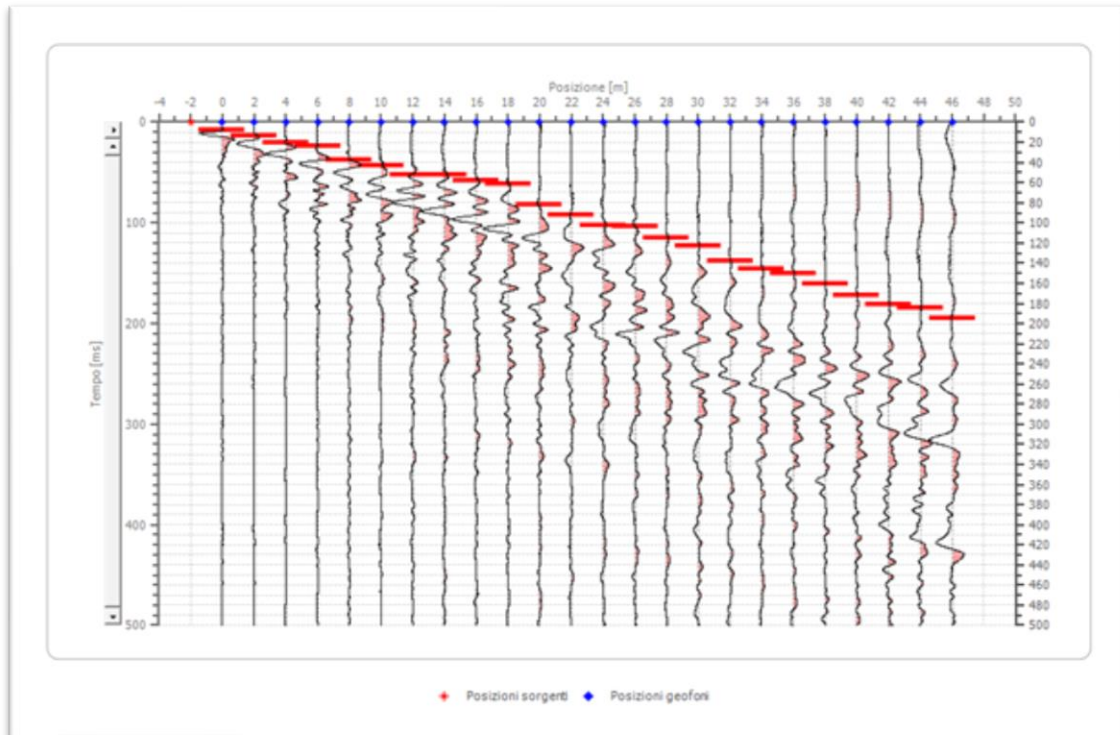


1.1 Elaborazione Sismica a rifrazione R1

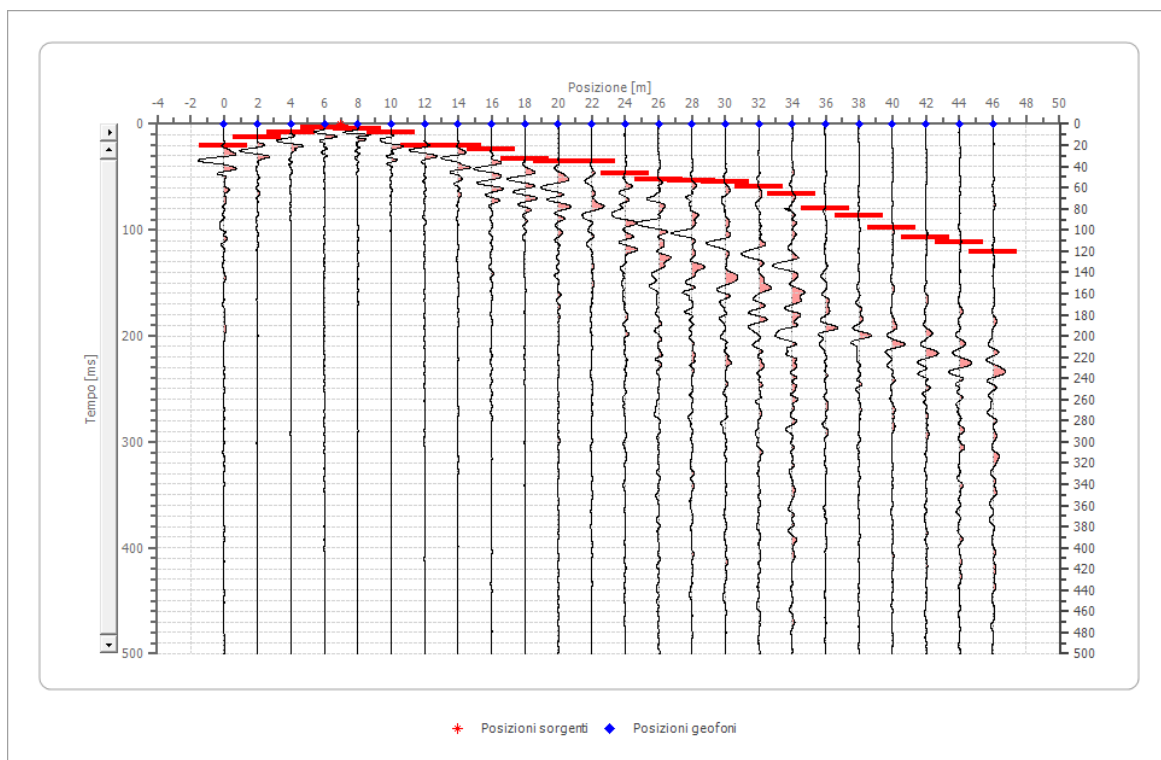
Geometria geofoni

	Posizione X [m]
1	0.0
2	2.0
3	4.0
4	6.0
5	8.0
6	10.0
7	12.0
8	14.0
9	16.0
10	18.0
11	20.0
12	22.0
13	24.0
14	26.0
15	28.0
16	30.0
17	32.0
18	34.0
19	36.0
20	38.0
21	40.0
22	42.0
23	44.0
24	46.0

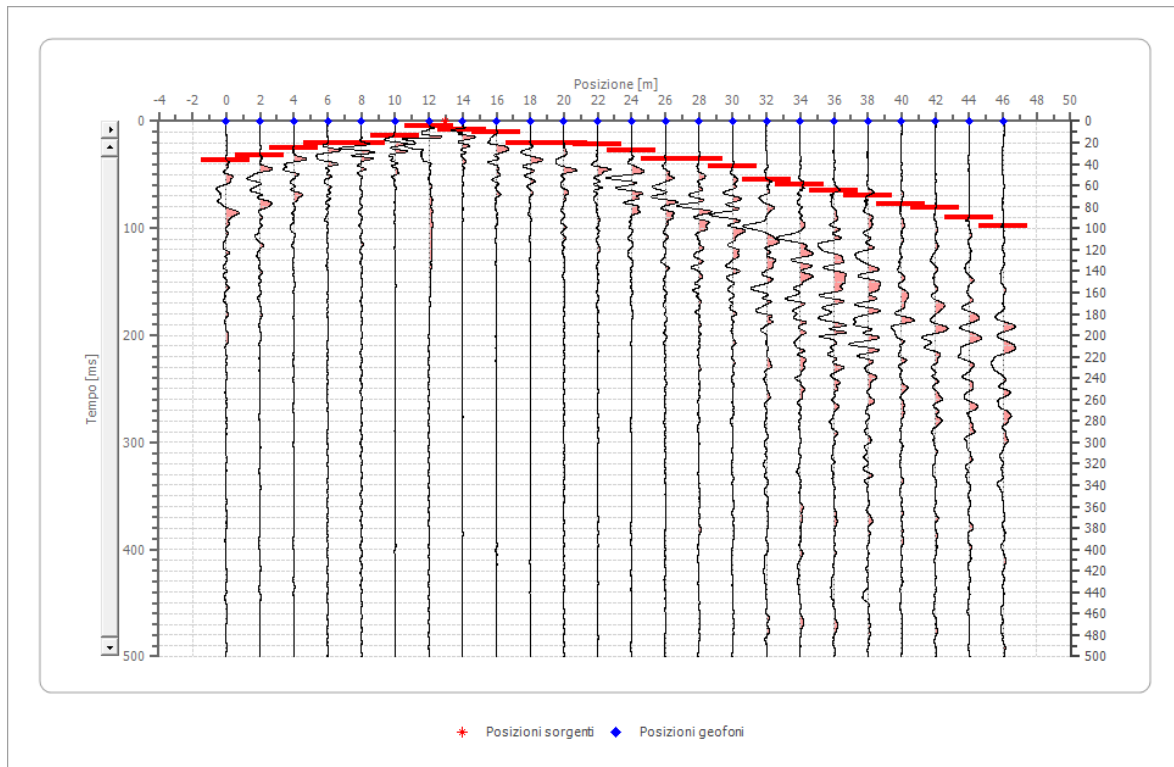
Shot 1 R1



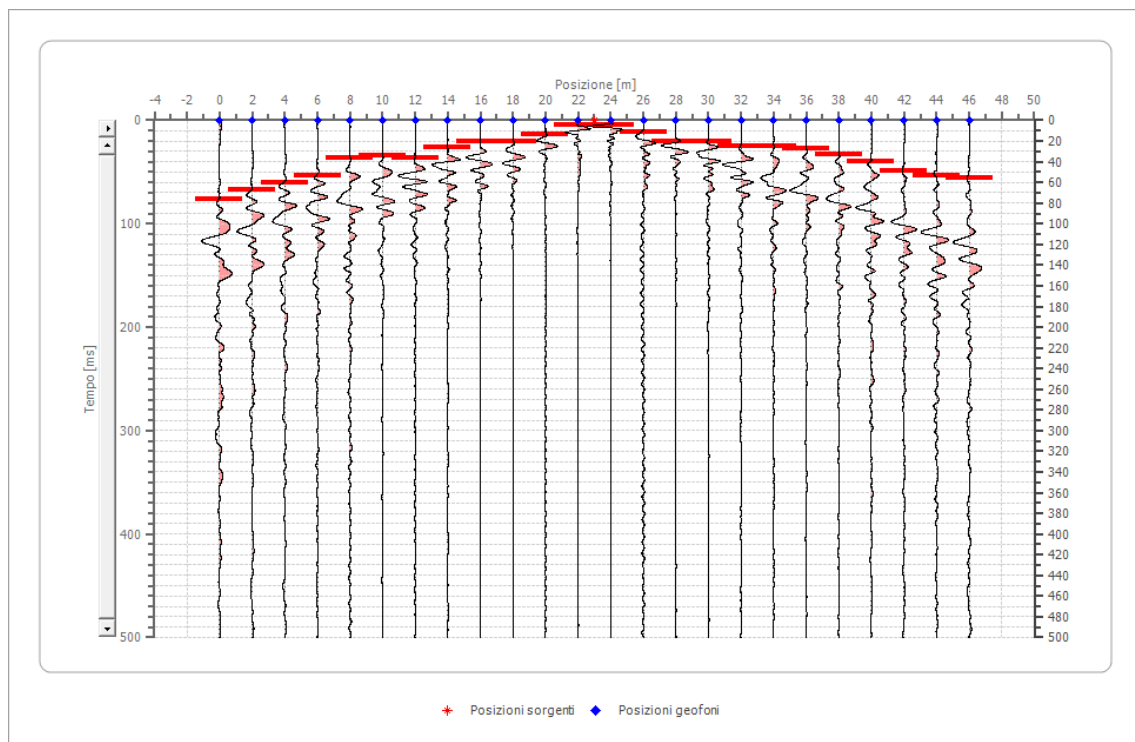
Shot2 R1



Shot3 R1

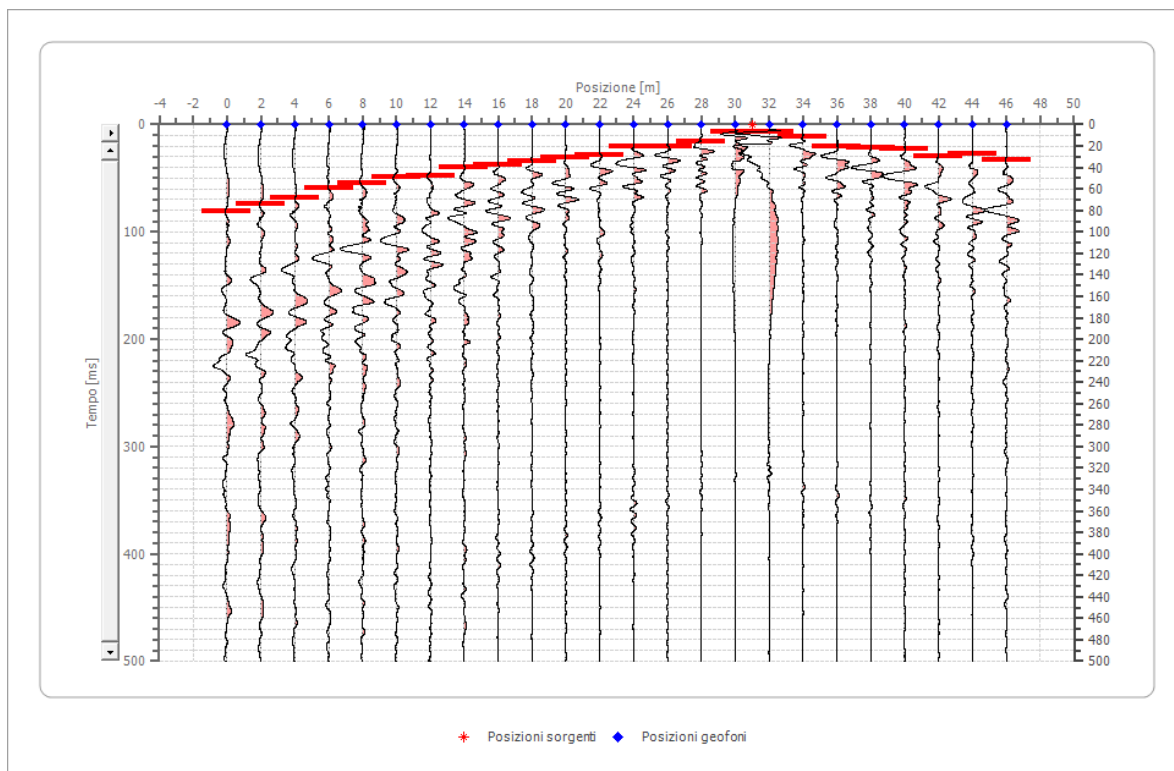


Shot 4 R1

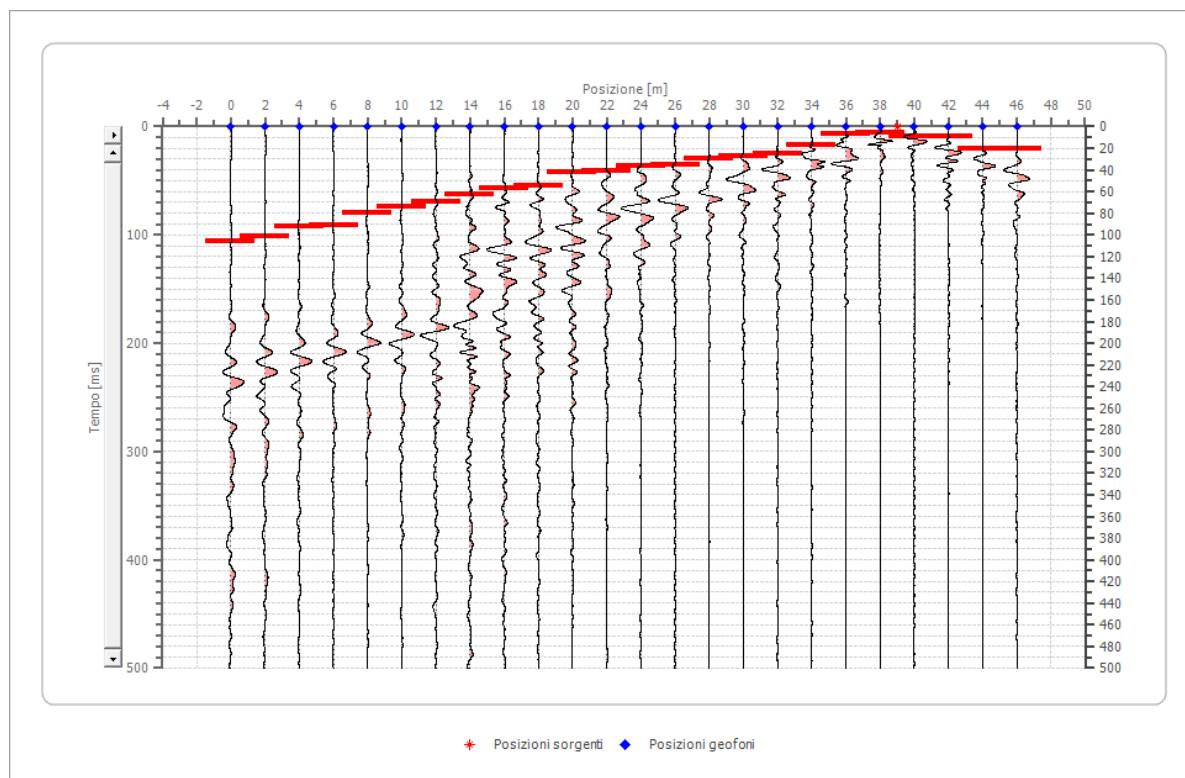




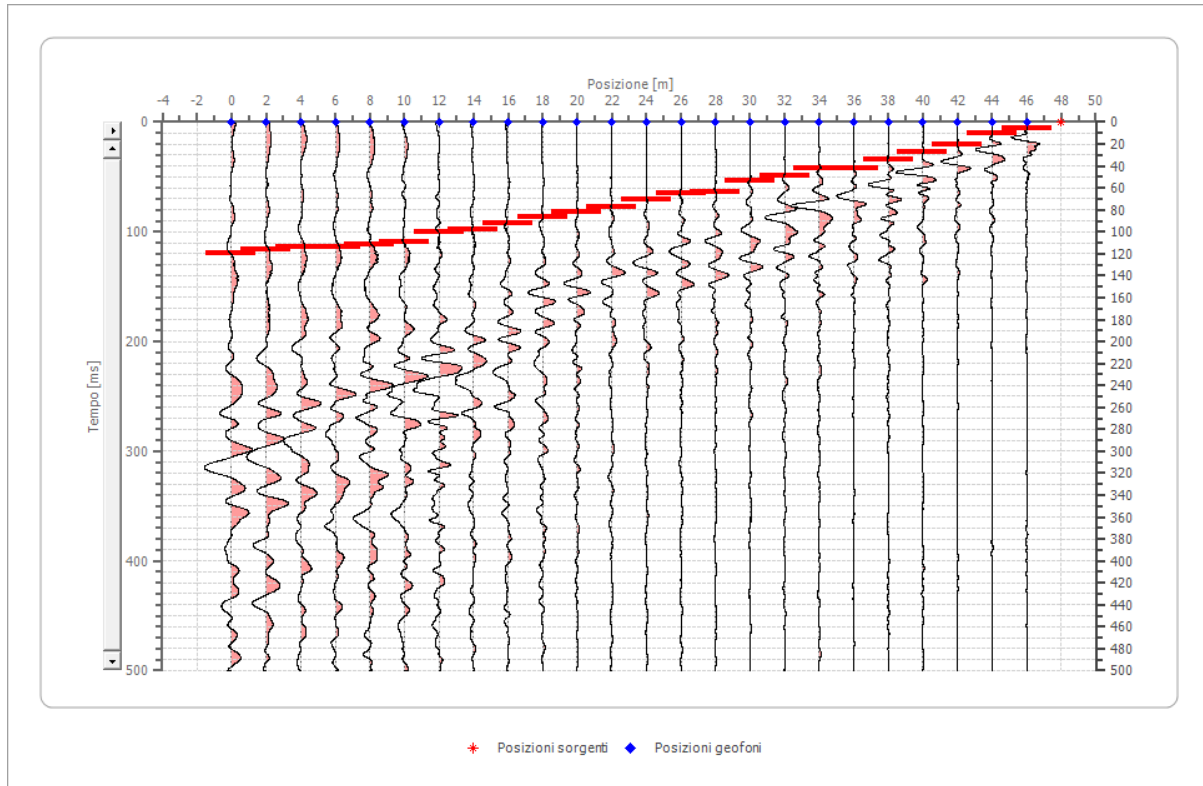
Shot 5 R1



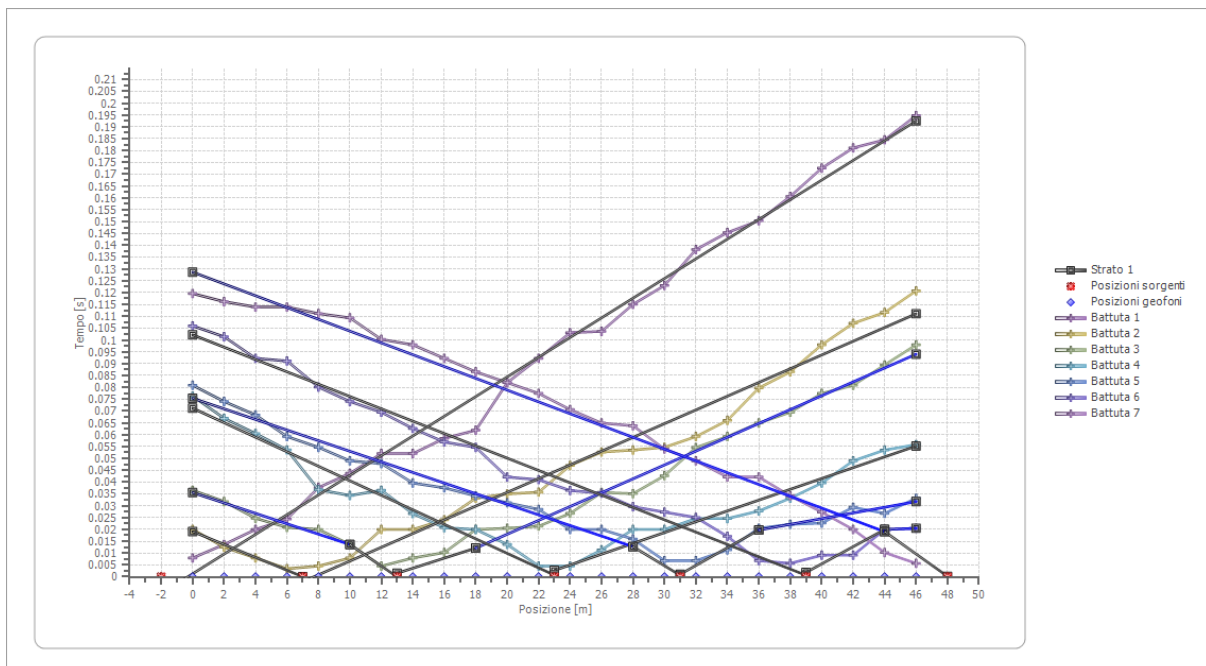
Shot 6 R1



Shot 7 R1

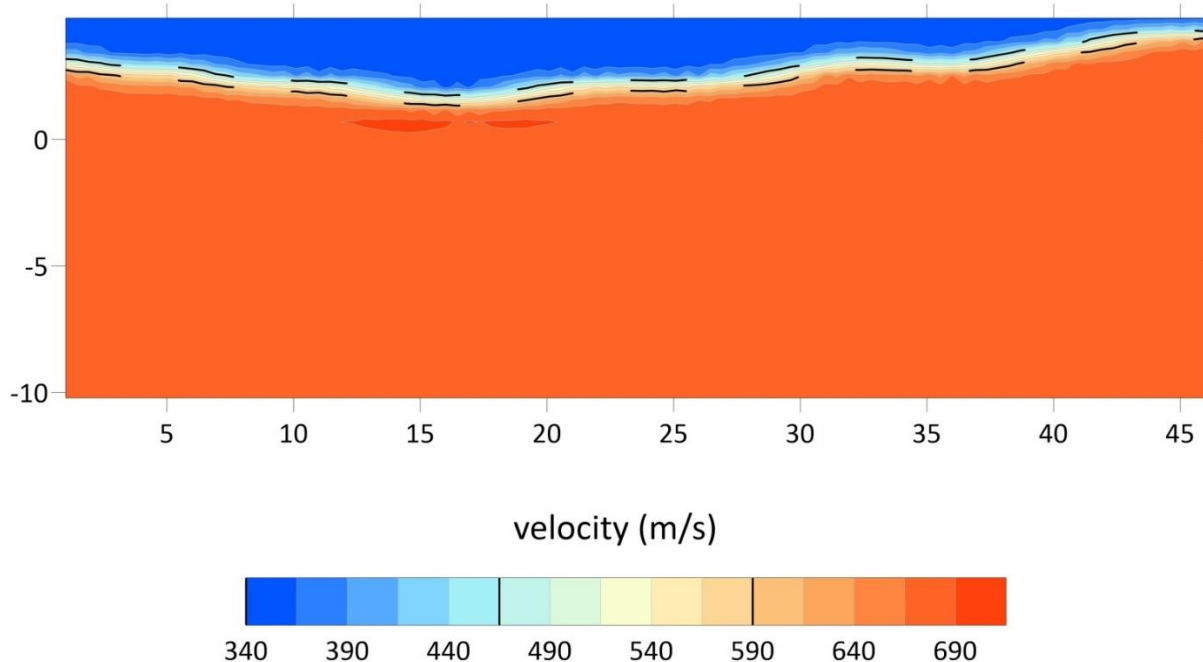


Dromocrone:





Profilo 1



Altri parametri geotecnici derivati

	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.30	0.35
Densità [kg/m ³]	1518.04	1676.35
Vp [m/s]	311.33	524.78
Vs [m/s]	149.56	252.09
G0 [MPa]	40.26	114.39
Ed [Mpa]	220.47	495.70
M0 [MPa]	134.20	381.31
Ey [Mpa]	108.71	308.86

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

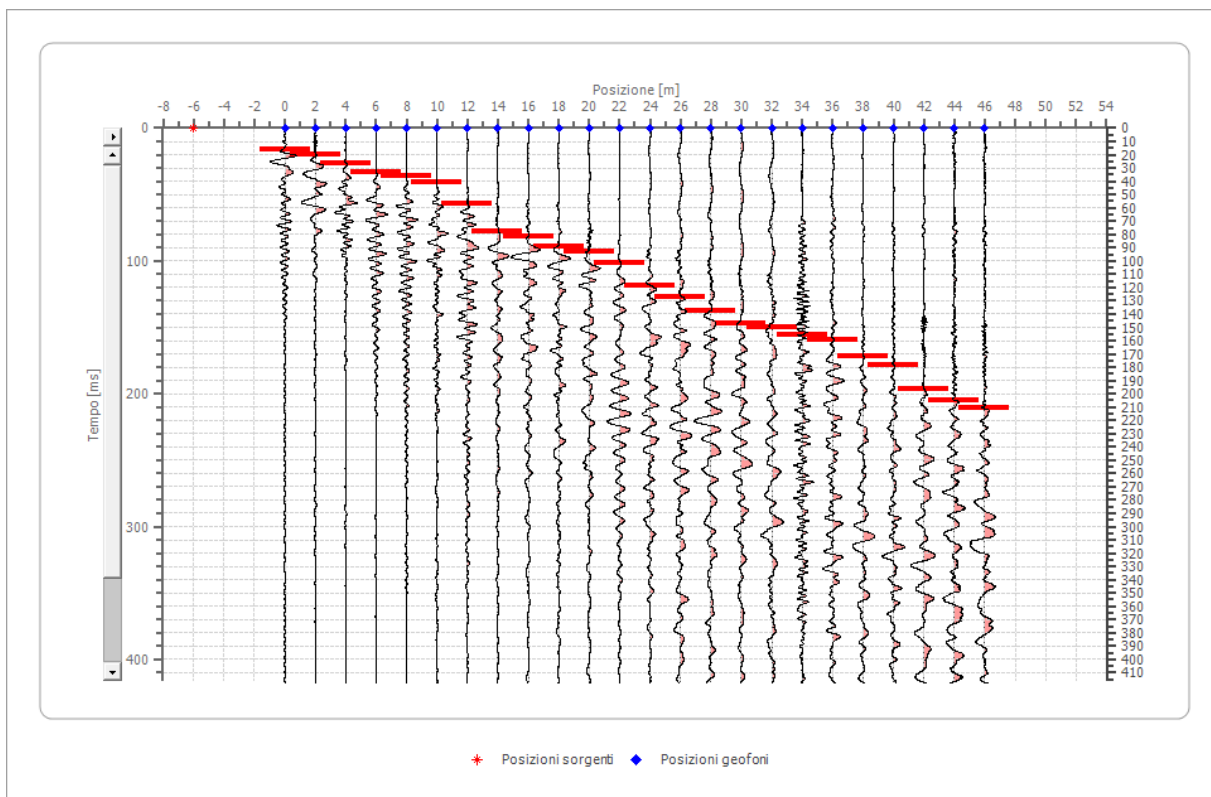
1.2 Elaborazione Sismica a rifrazione R2

Geometria geofoni

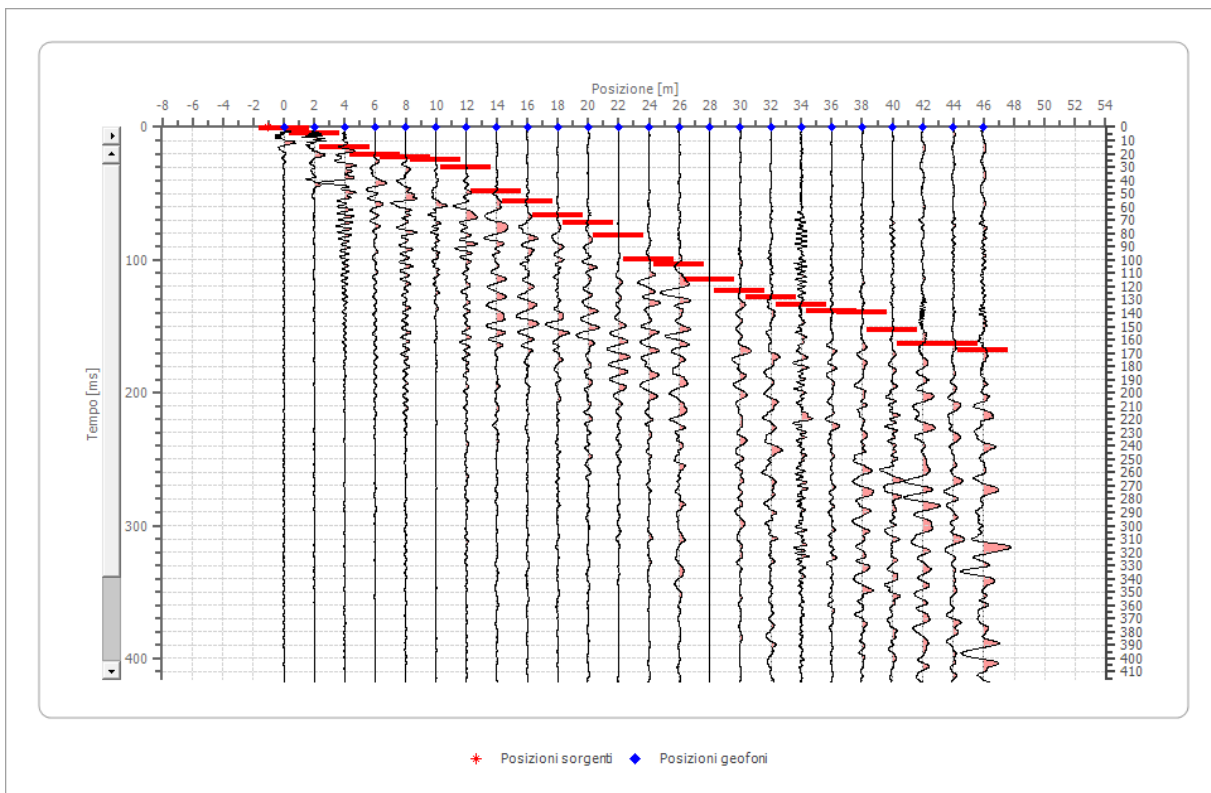
	Posizione X [m]
1	0.0
2	2.0
3	4.0
4	6.0
5	8.0
6	10.0
7	12.0
8	14.0
9	16.0
10	18.0
11	20.0
12	22.0
13	24.0
14	26.0
15	28.0
16	30.0
17	32.0
18	34.0
19	36.0
20	38.0
21	40.0
22	42.0
23	44.0
24	46.0



Shot 1 R2

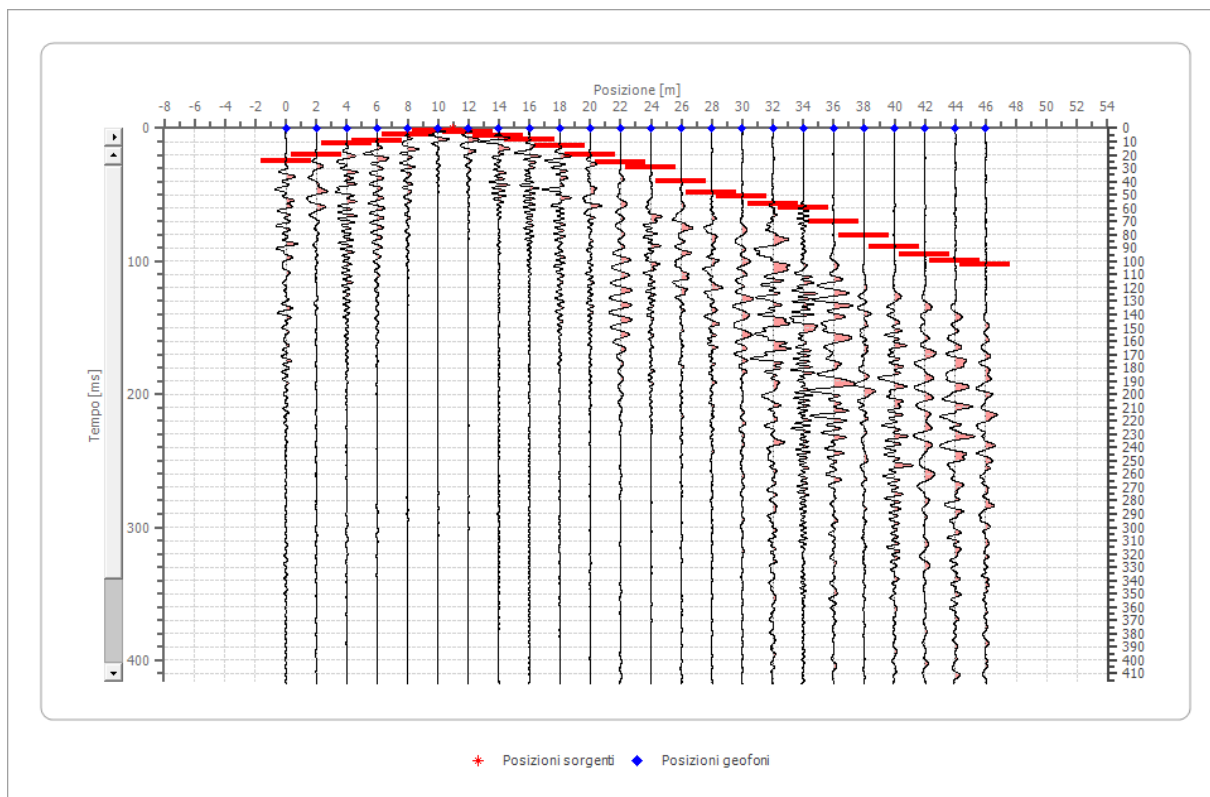


shot 2 R2

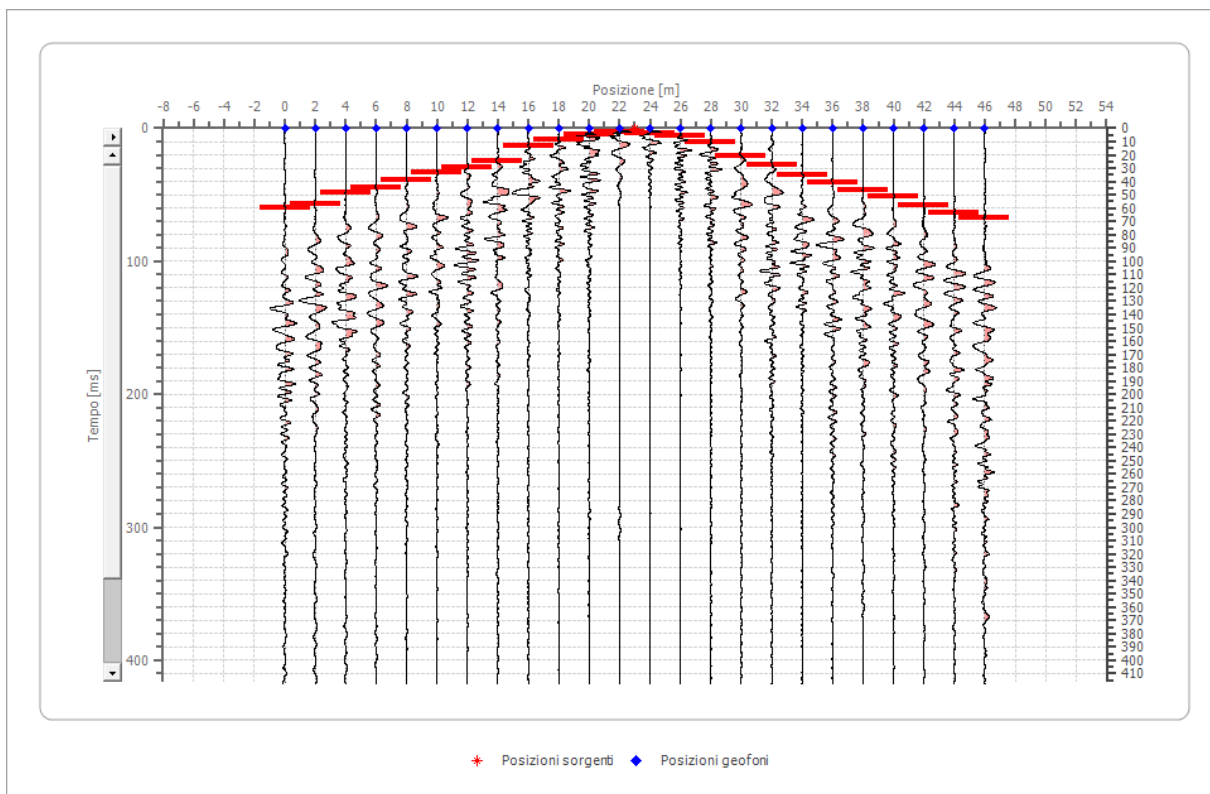




Shot3 R2

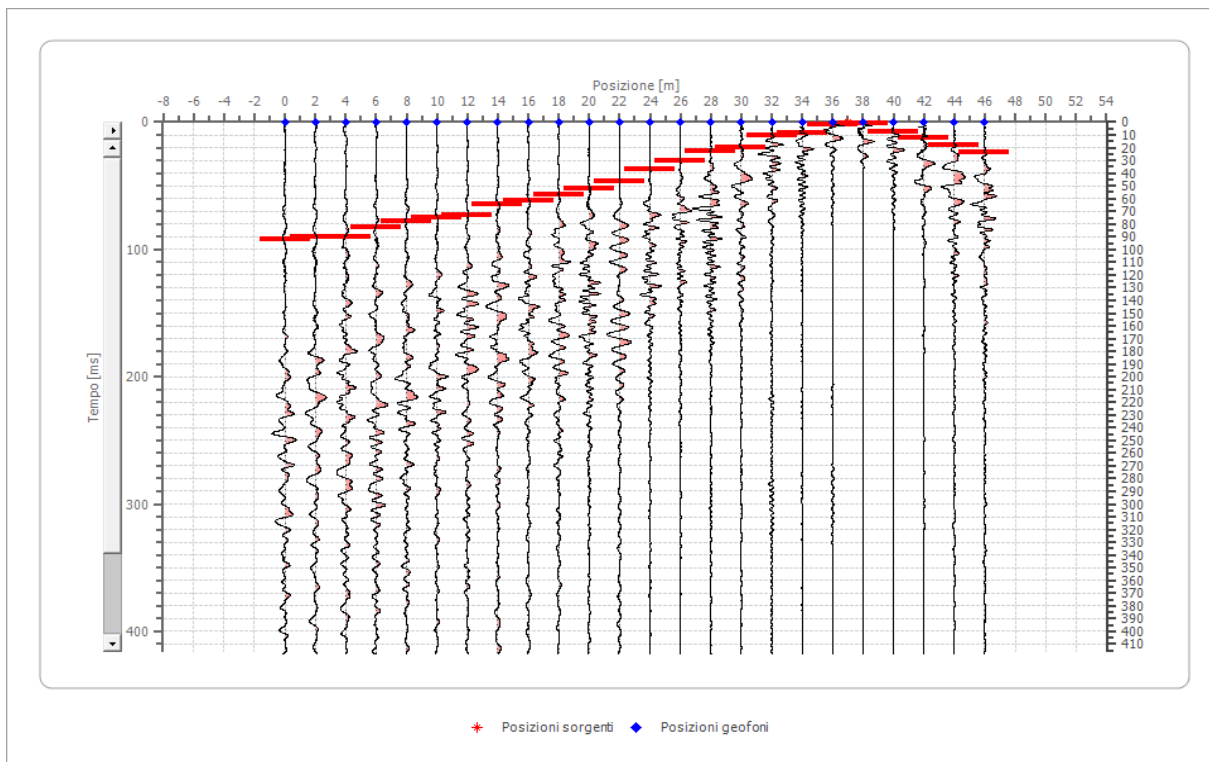


Shot4 R2

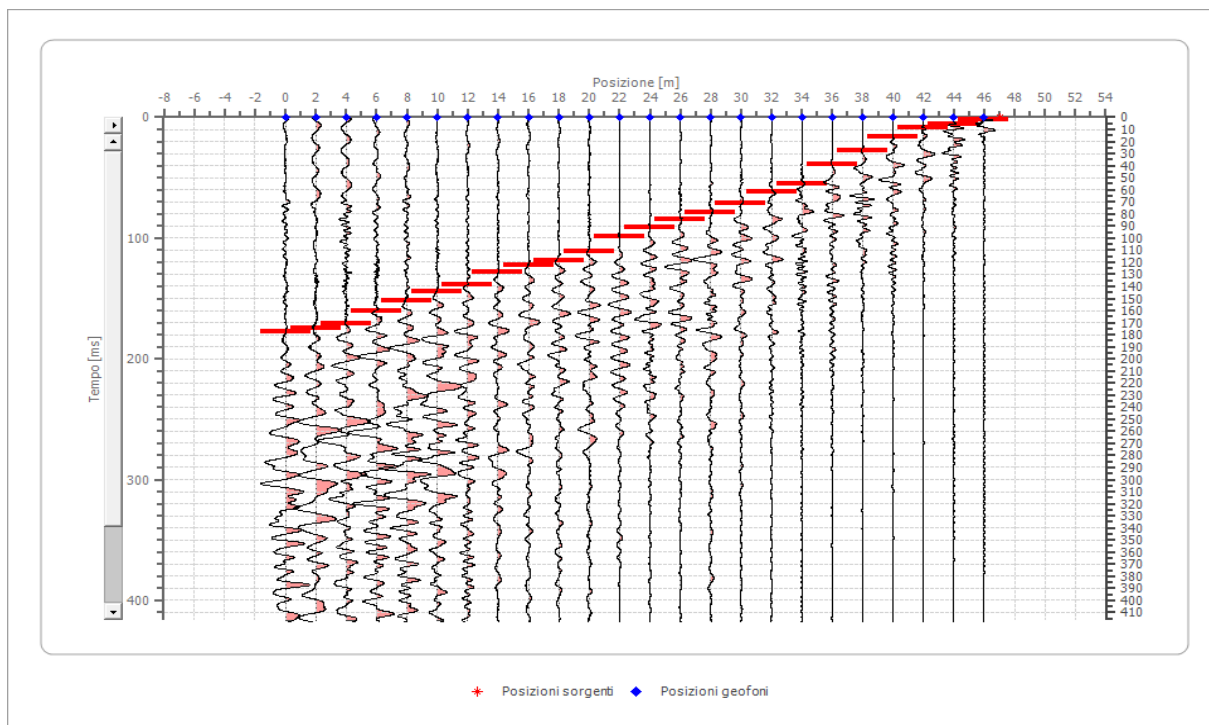




Shot5 R2

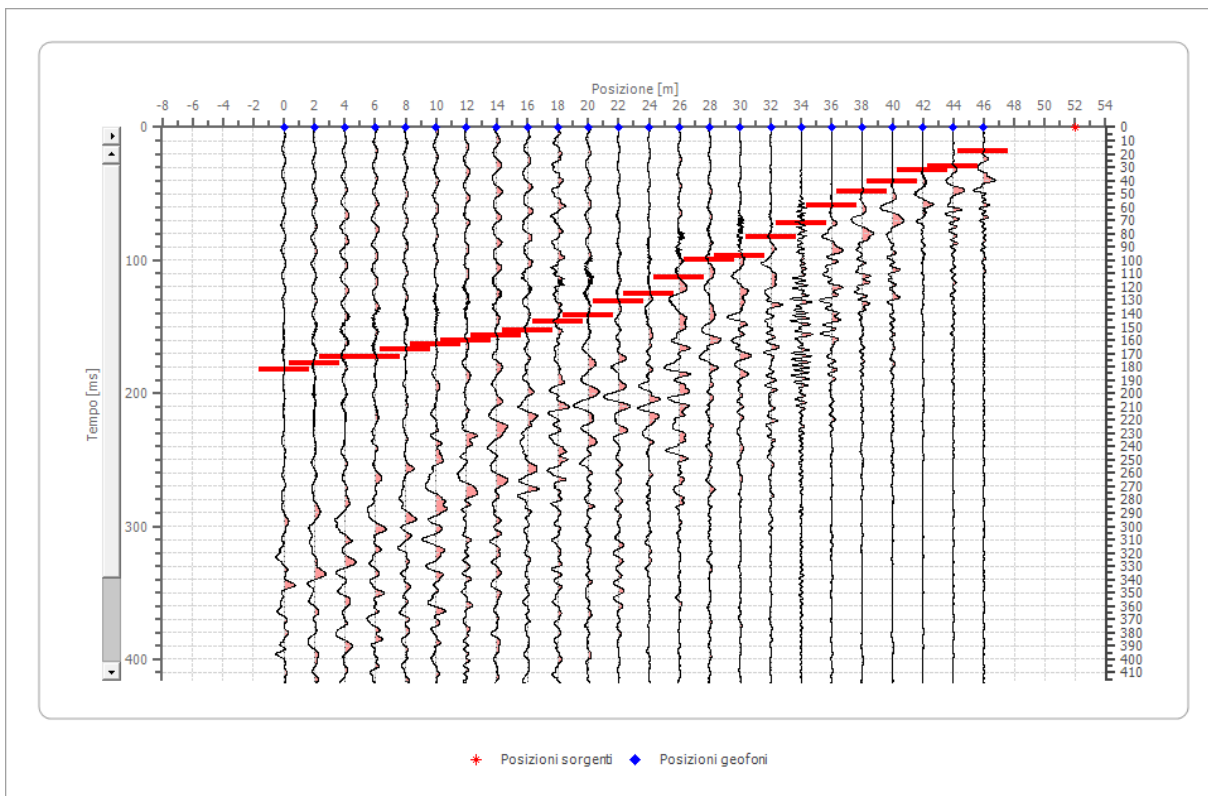


Shot6 R2

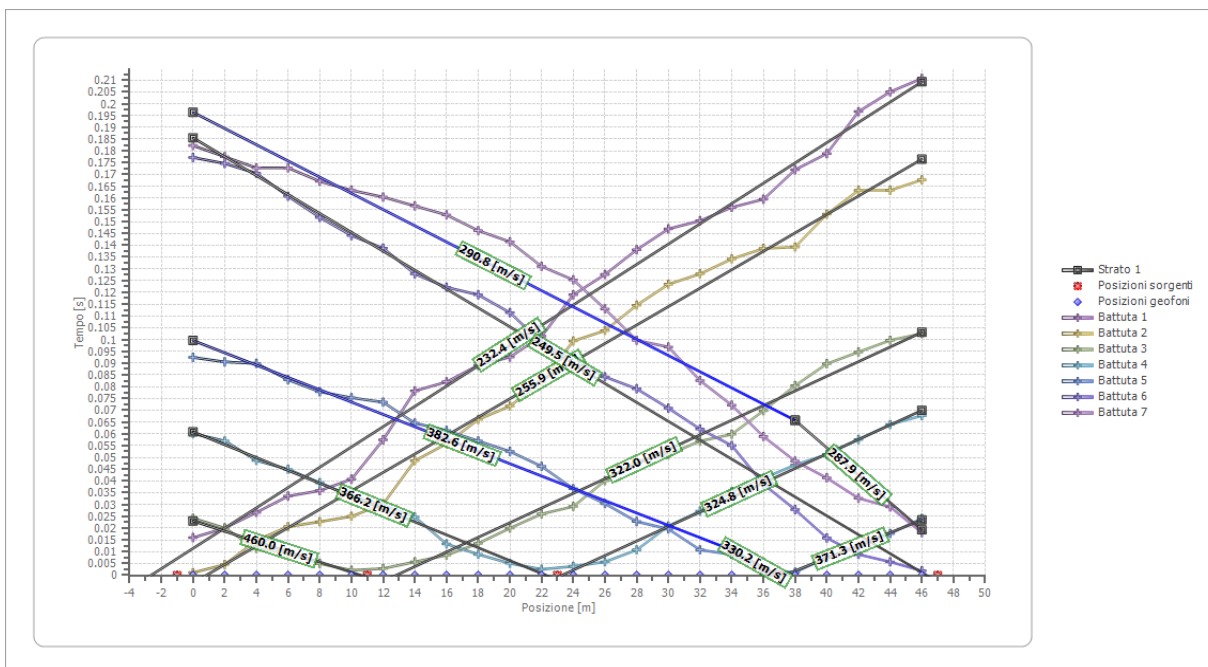




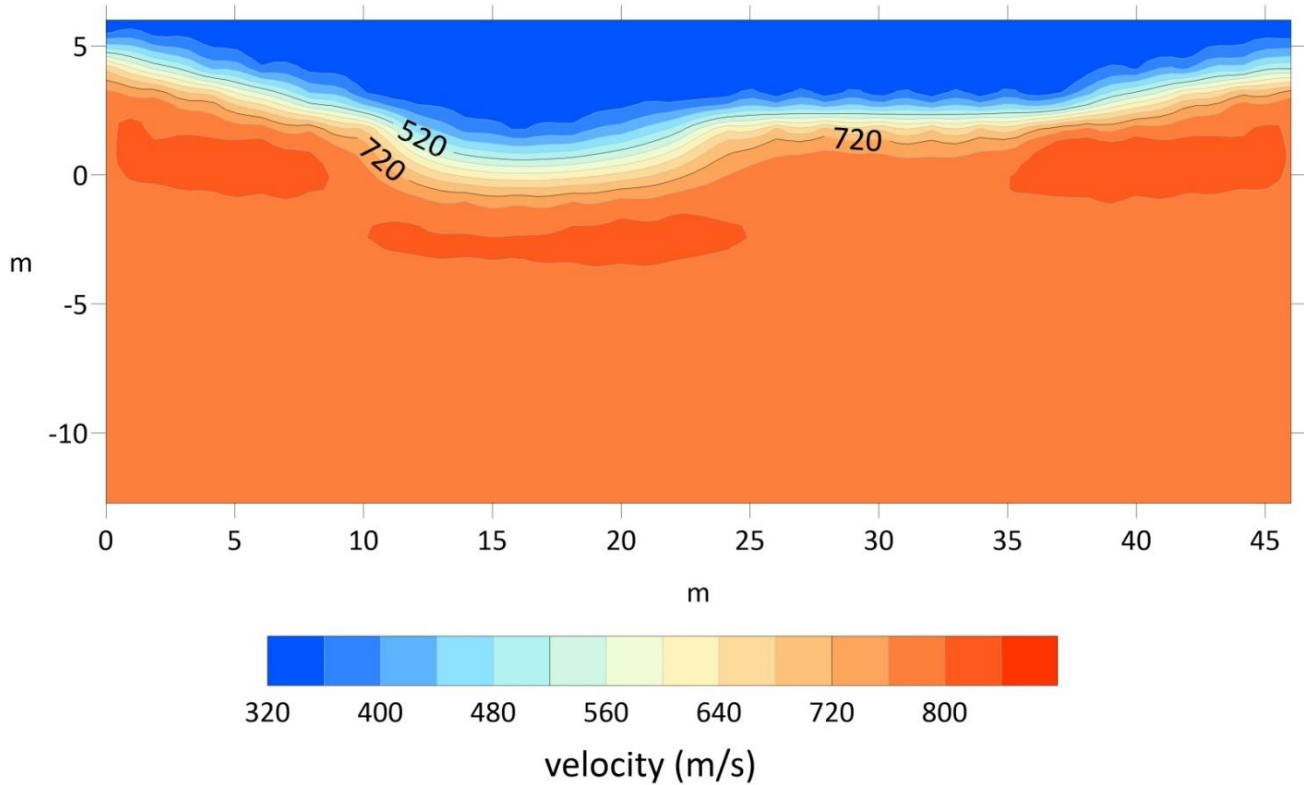
Shot7 R2



Dromocrone:



Profilo 2



Altri parametri geotecnici derivati

	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m ³]	1600.00	1800.00
Vp [m/s]	322.72	520.38
Vs [m/s]	155.03	222.12
G0 [MPa]	43.26	350.81
Ed [Mpa]	187.47	384.83
M0 [MPa]	144.21	296.02
Ey [Mpa]	116.81	239.78

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

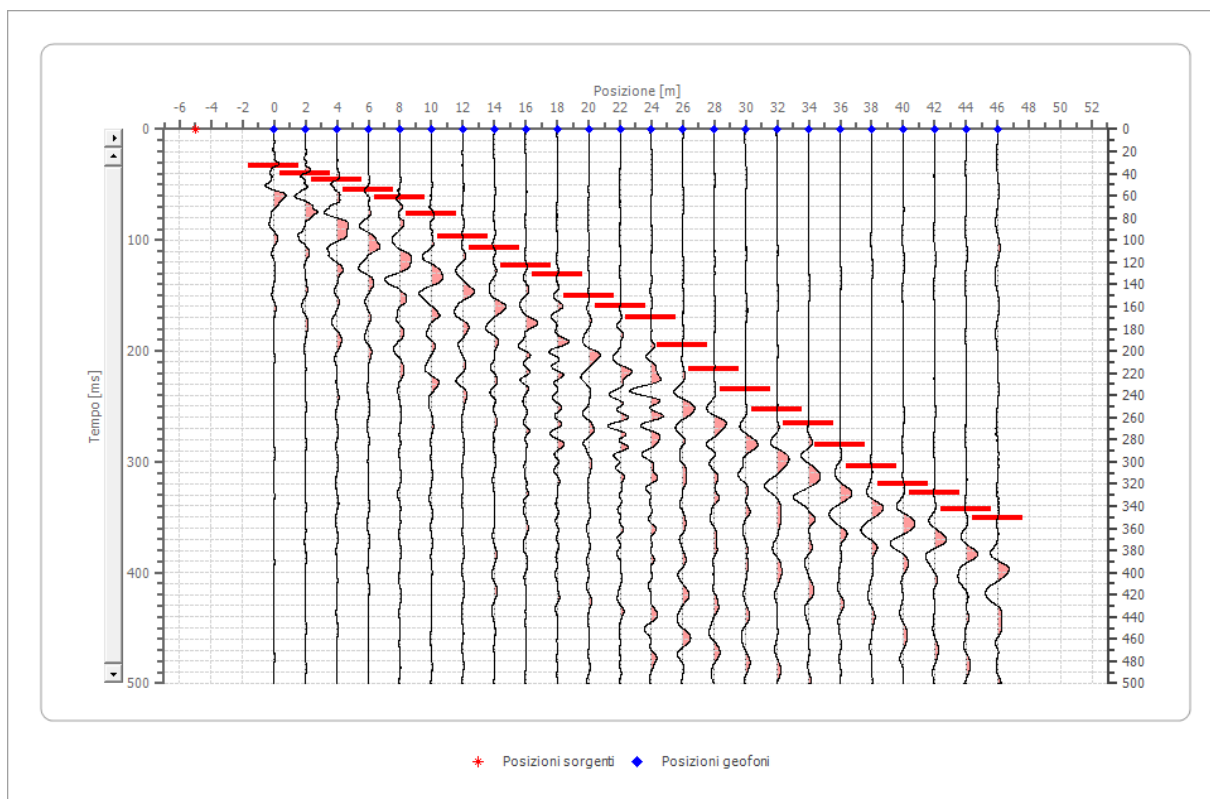
1.3 Elaborazione Sismica a rifrazione R3

Geometria geofoni

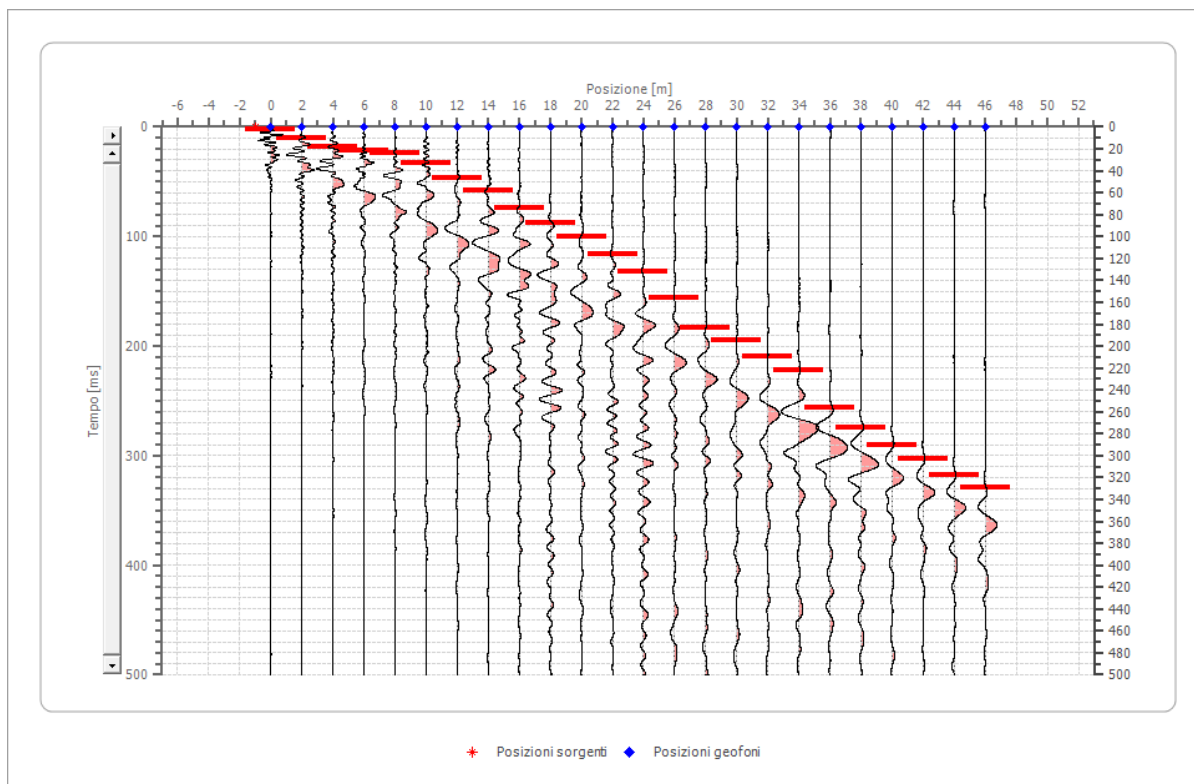
	Posizione X [m]
1	0.0
2	2.0
3	4.0
4	6.0
5	8.0
6	10.0
7	12.0
8	14.0
9	16.0
10	18.0
11	20.0
12	22.0
13	24.0
14	26.0
15	28.0
16	30.0
17	32.0
18	34.0
19	36.0
20	38.0
21	40.0
22	42.0
23	44.0
24	46.0



Shot 1 R3

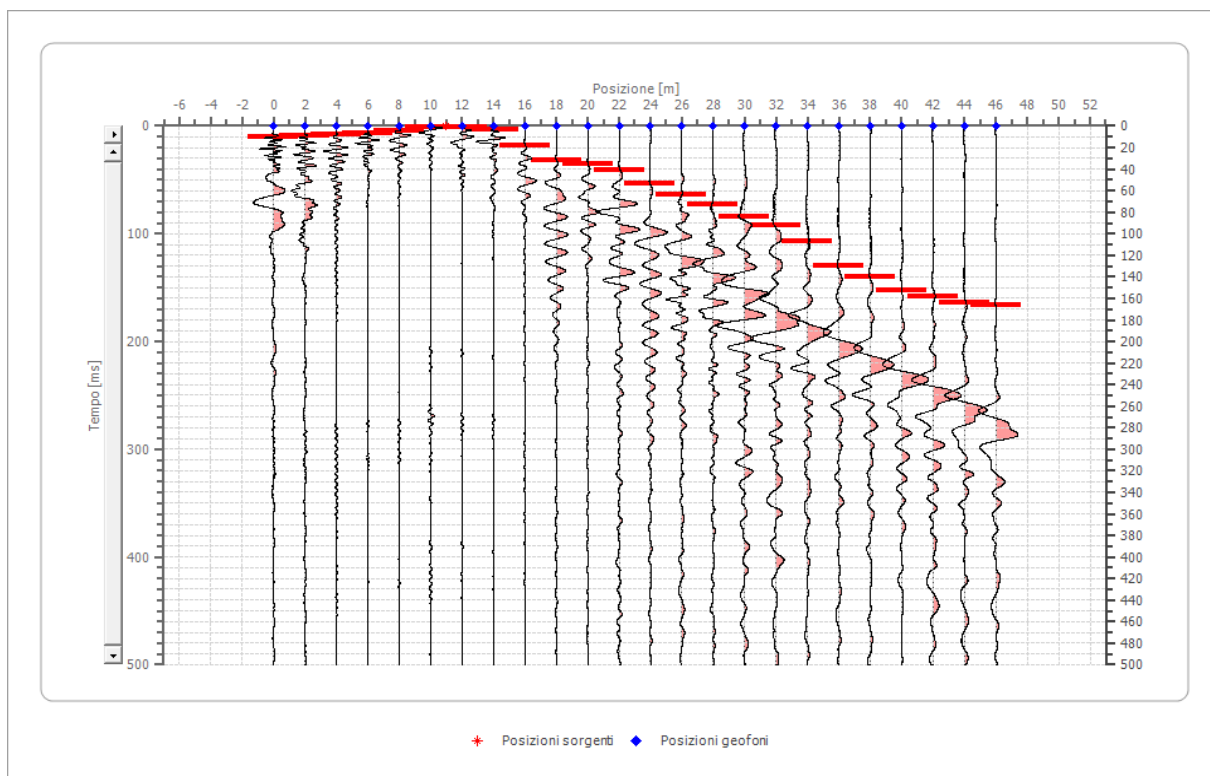


Shot 2 R3

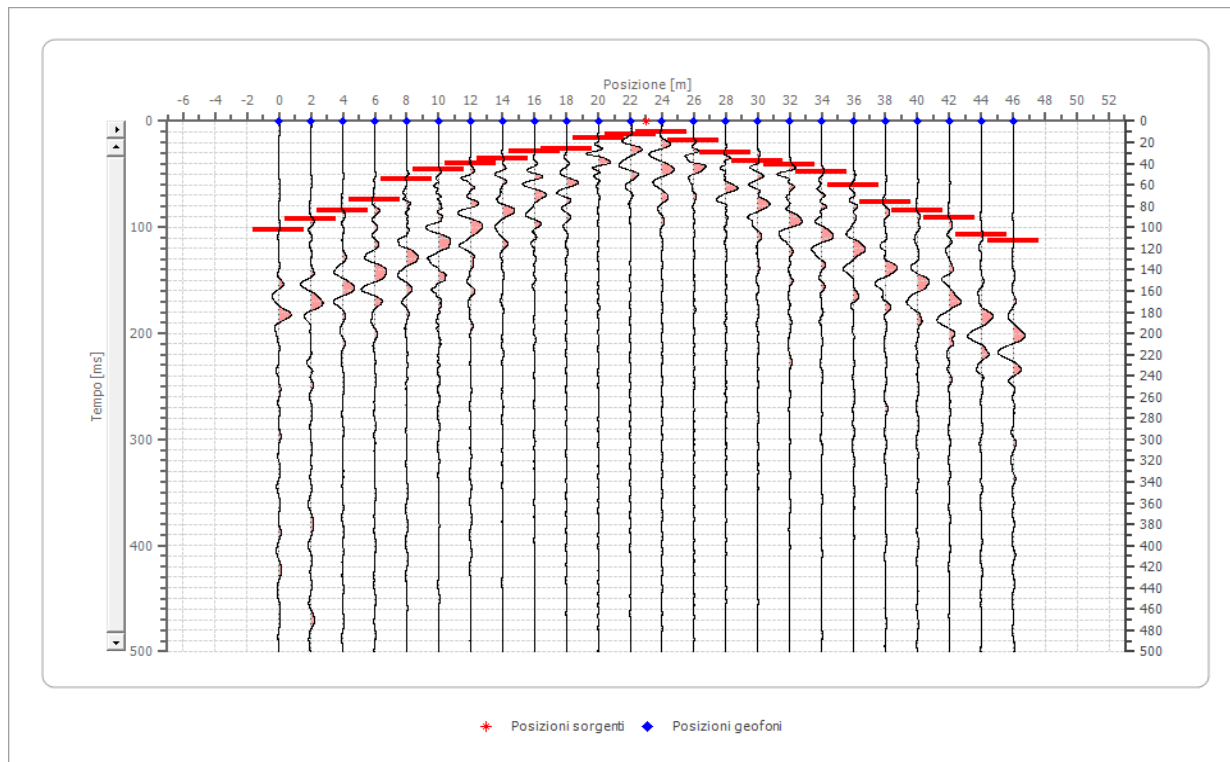




Shot 3 R3

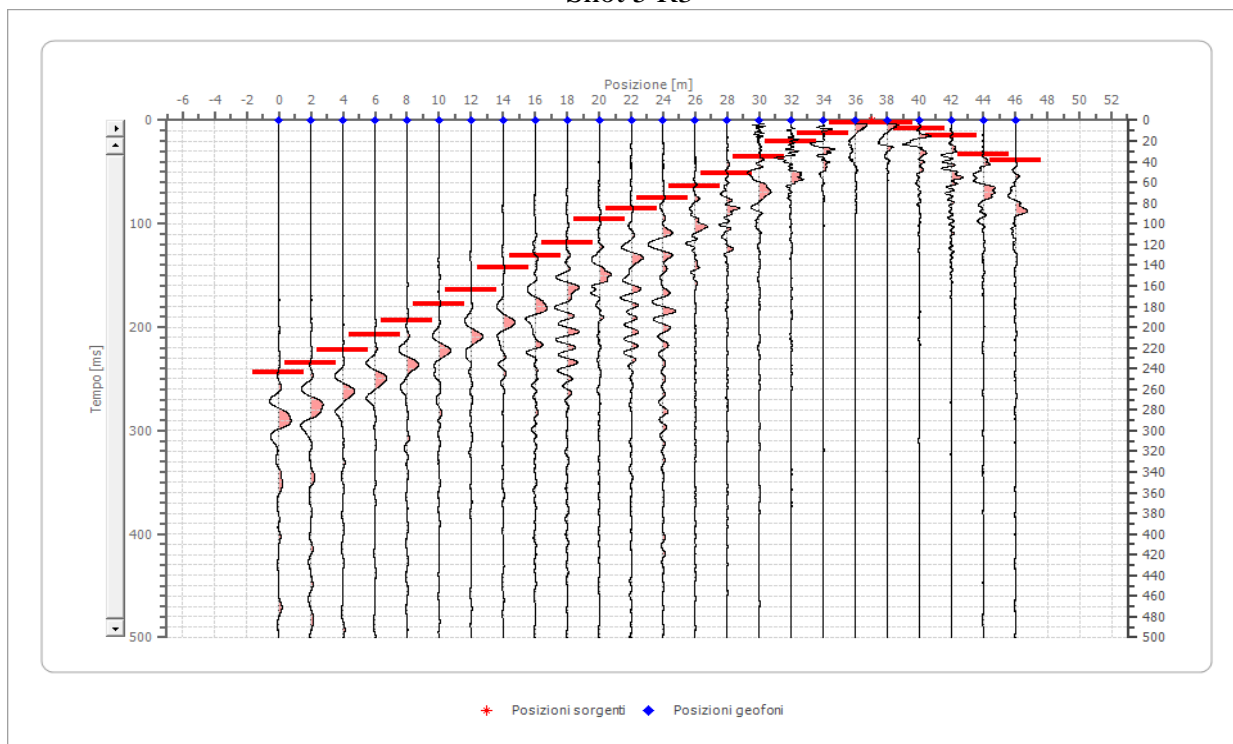


Shot 4 R3

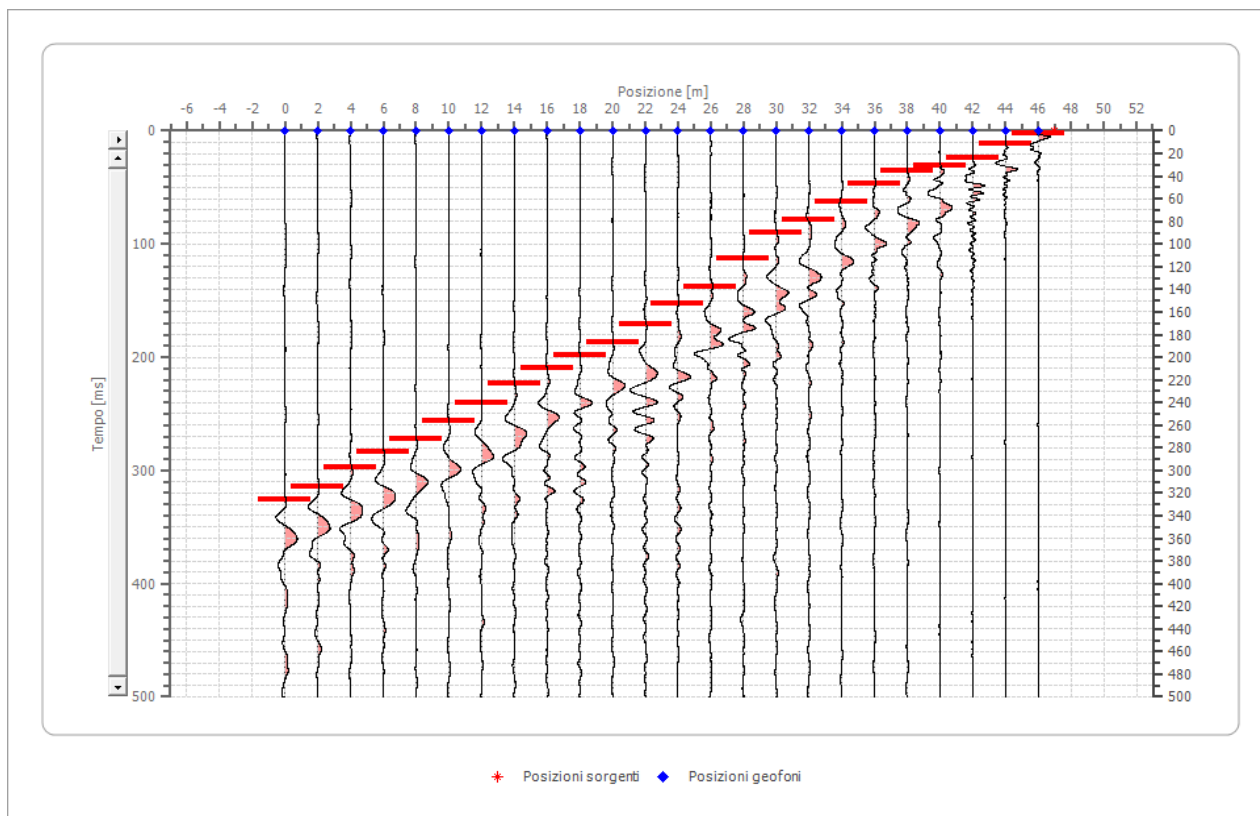




Shot 5 R3

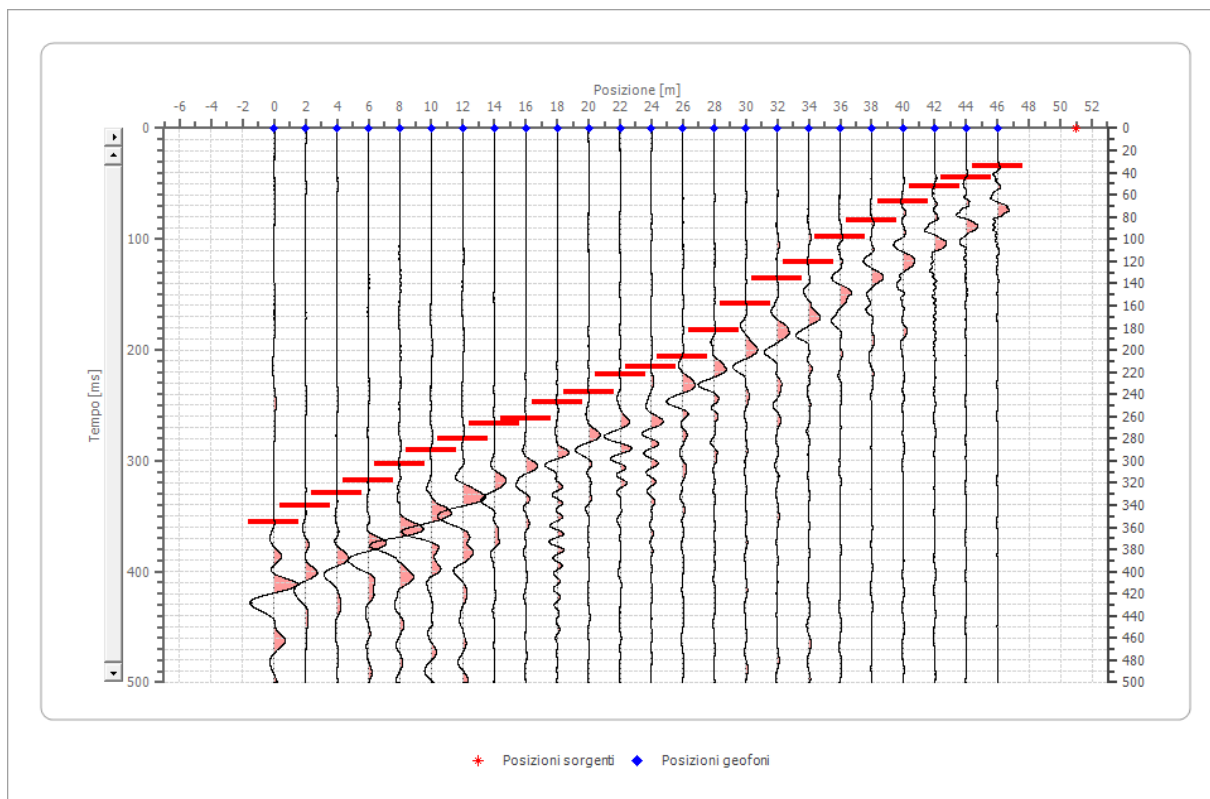


Shot 6 R3

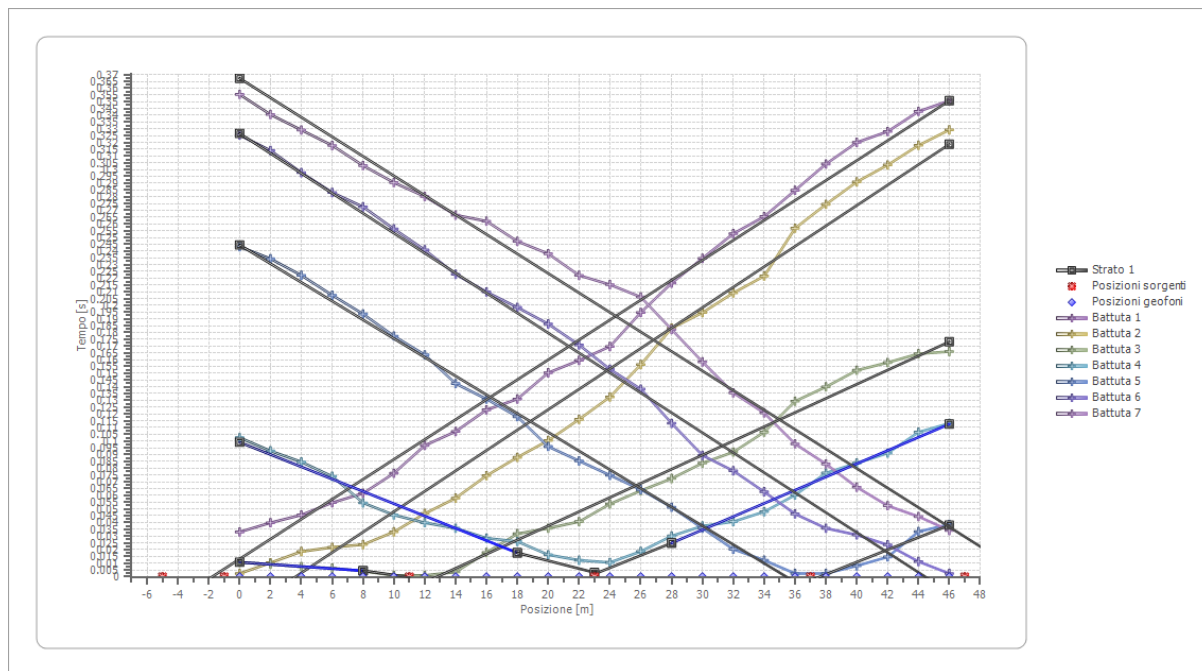




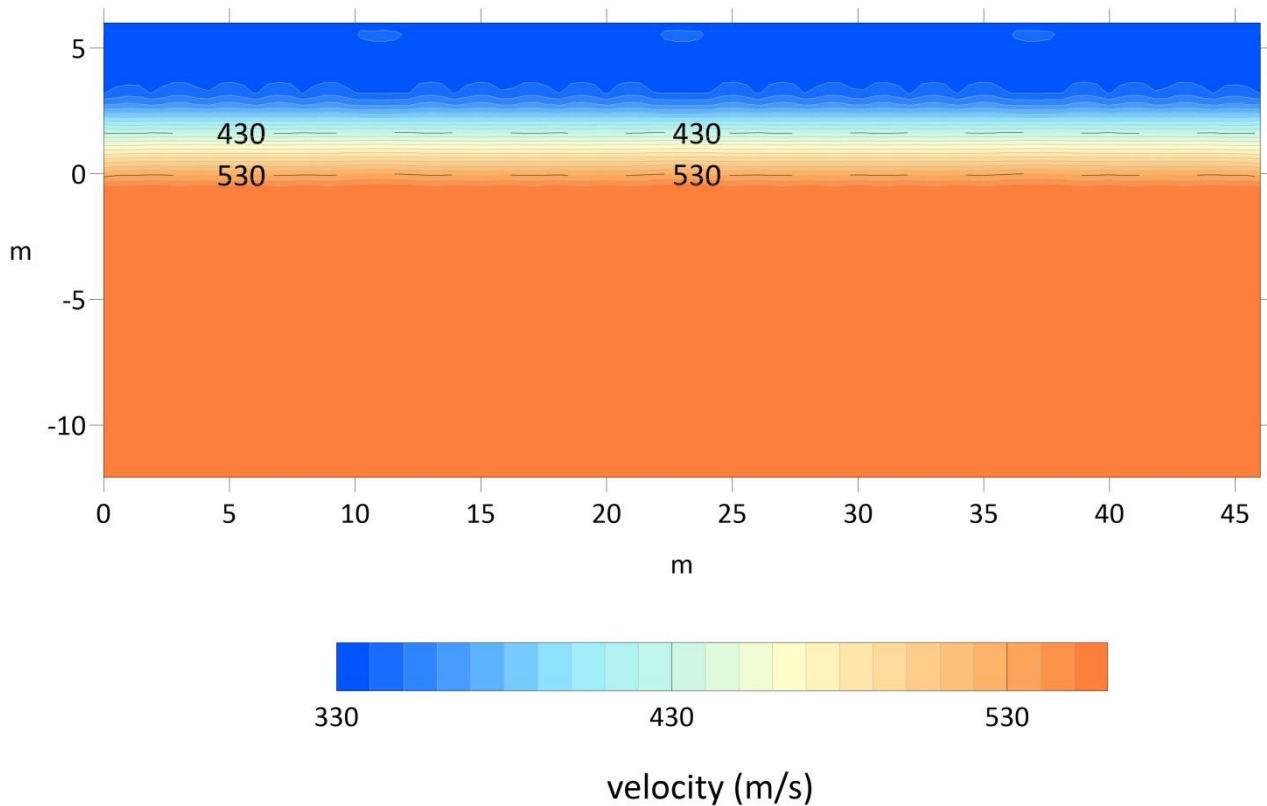
Shot7 R3



Dromocrone:



Profilo 3



Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m ³]	1600.00	1800.00
Vp [m/s]	218.30	450.45
Vs [m/s]	104.87	152.02
G0 [MPa]	19.80	41.60
Ed [Mpa]	85.78	180.26
M0 [MPa]	65.98	138.66
Ey [Mpa]	35.45	300.31

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

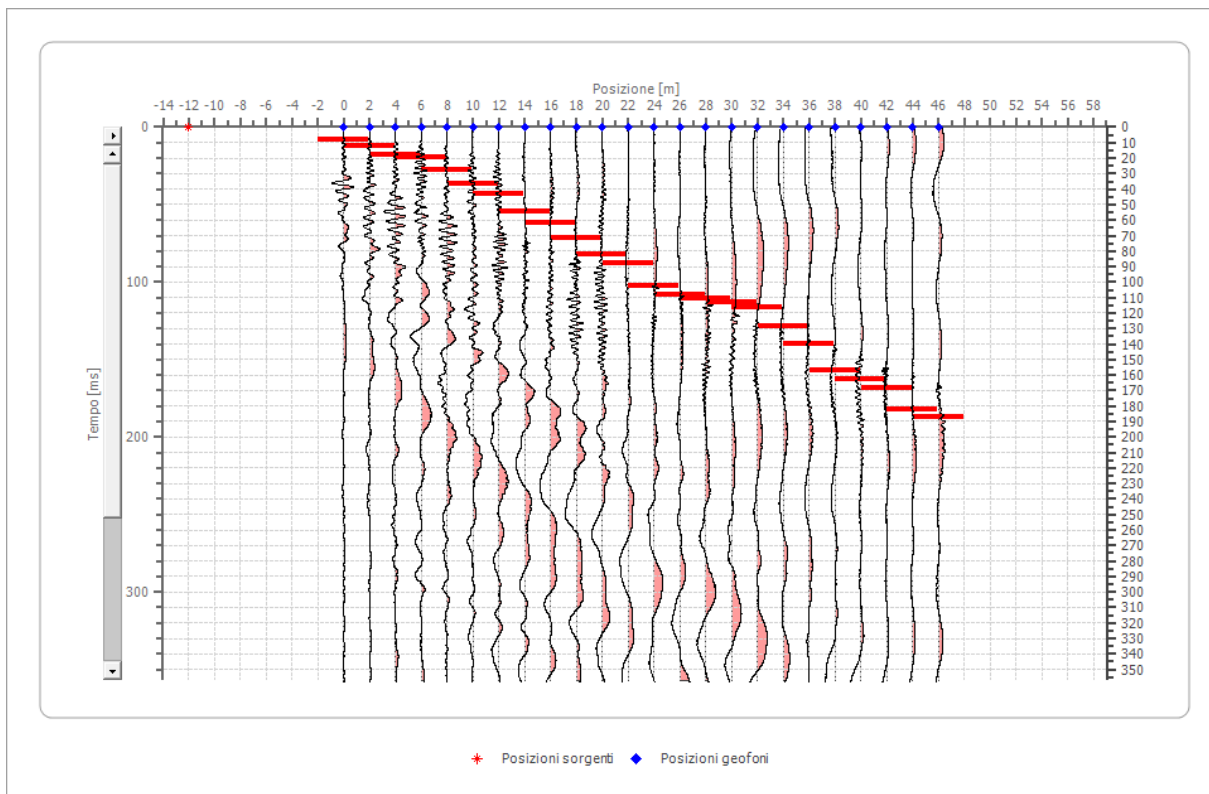
1.4 Elaborazione Sismica a rifrazione R4

Geometria geofoni

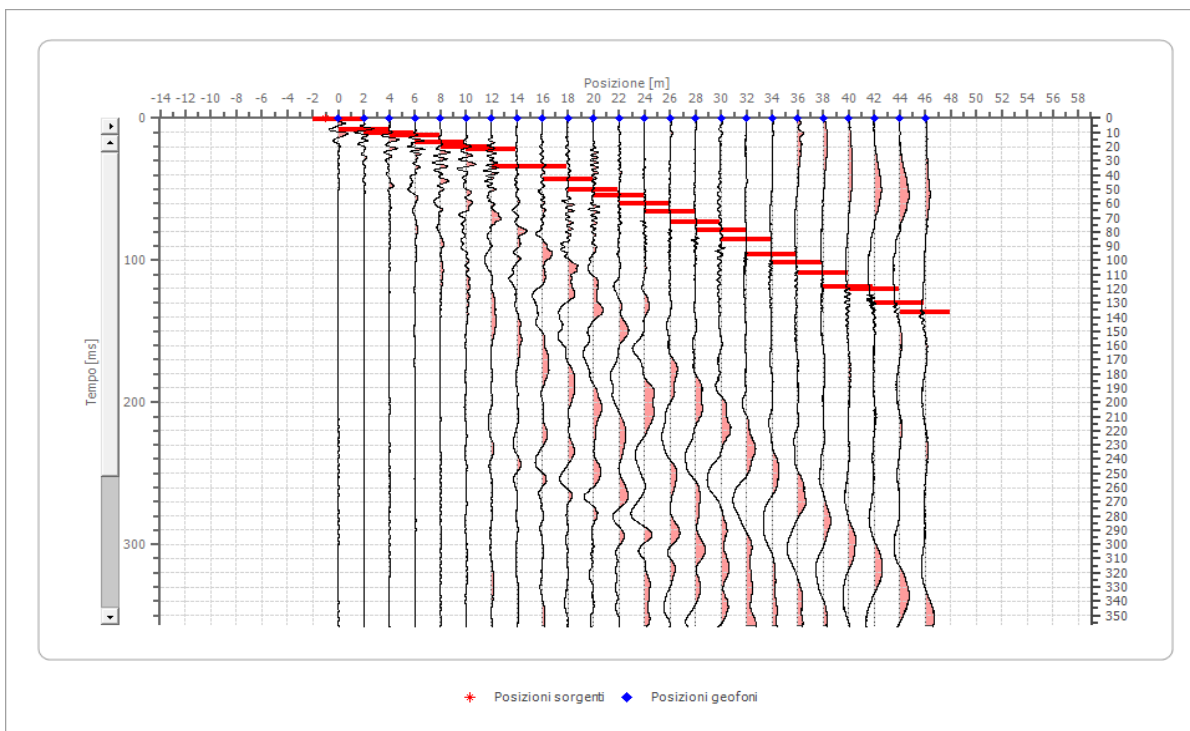
	Posizione X [m]
1	0.0
2	2.0
3	4.0
4	6.0
5	8.0
6	10.0
7	12.0
8	14.0
9	16.0
10	18.0
11	20.0
12	22.0
13	24.0
14	26.0
15	28.0
16	30.0
17	32.0
18	34.0
19	36.0
20	38.0
21	40.0
22	42.0
23	44.0
24	46.0



Shot 1R4

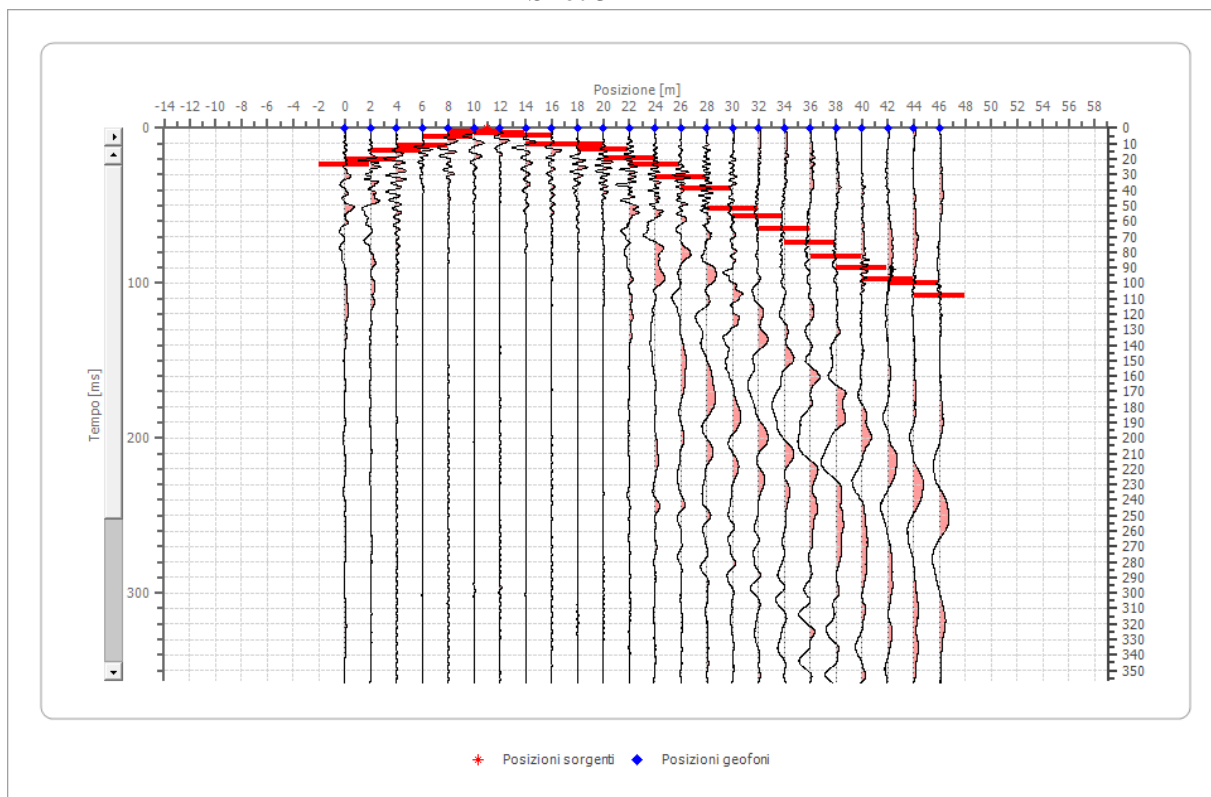


Shot 2 R4

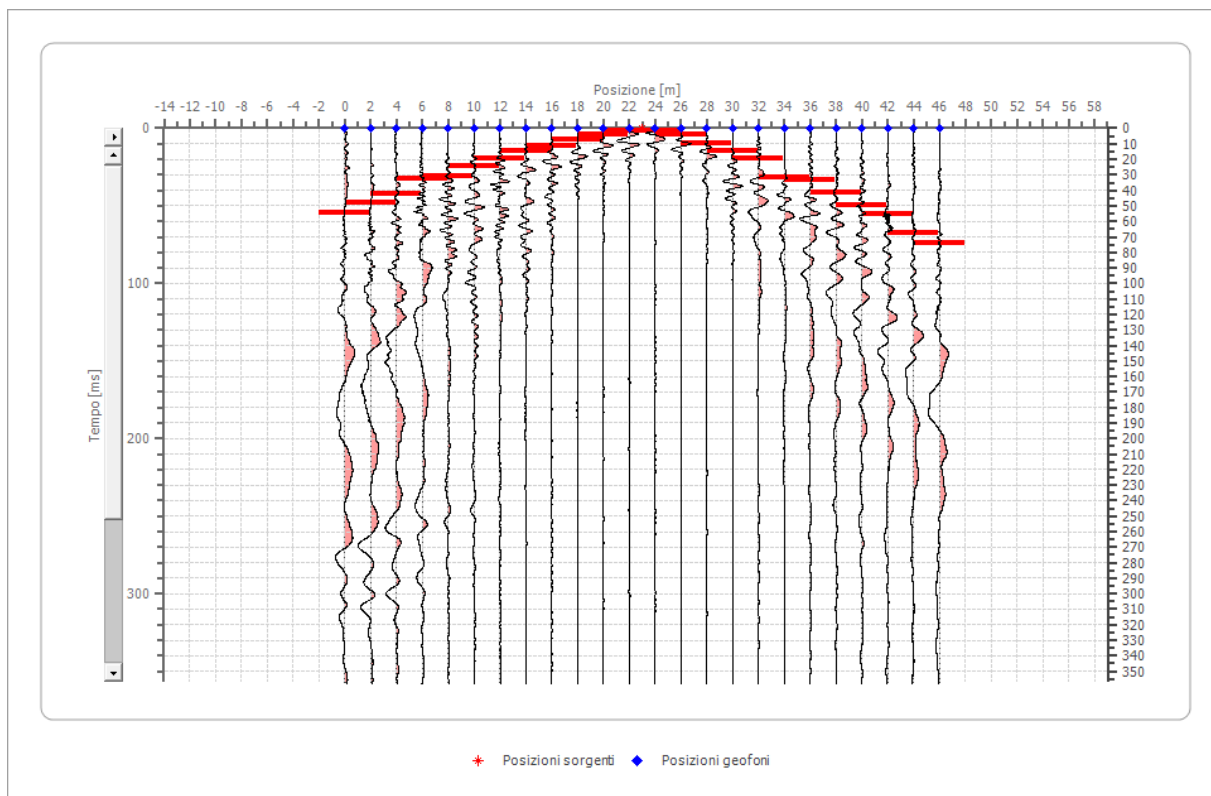




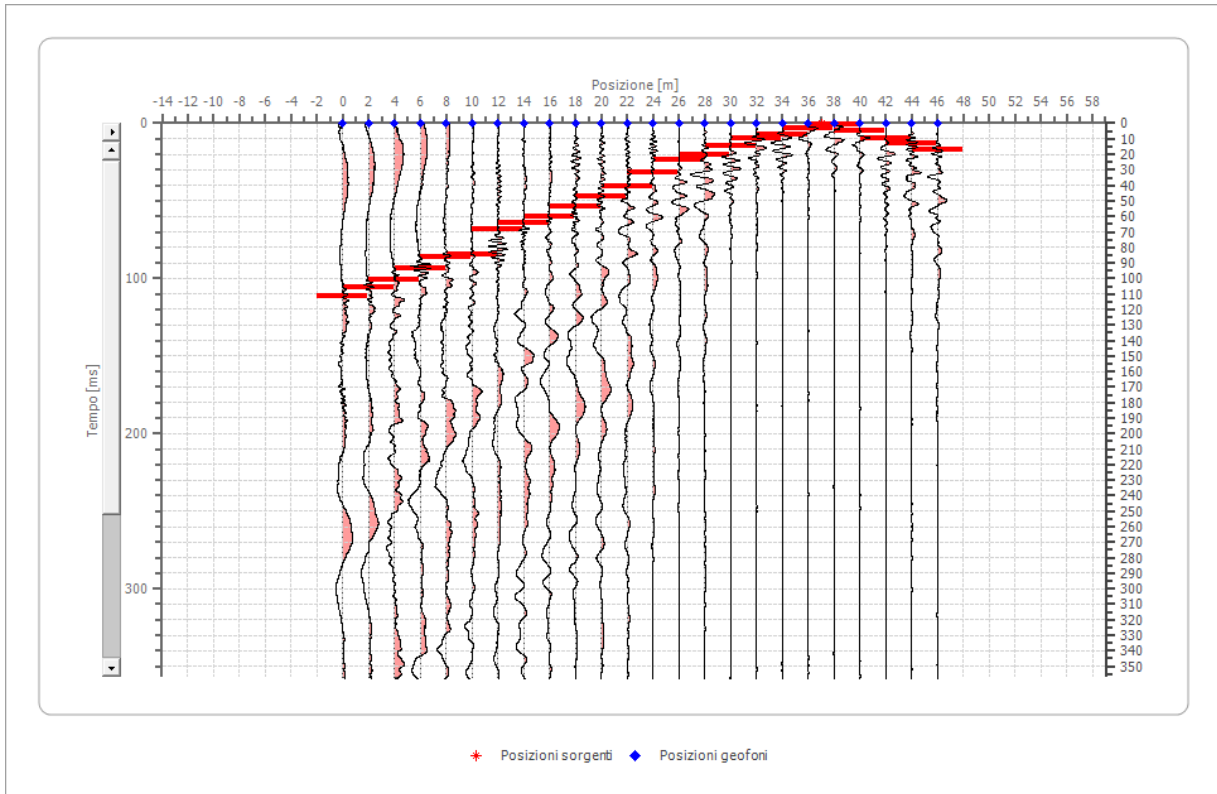
Shot 3 R4



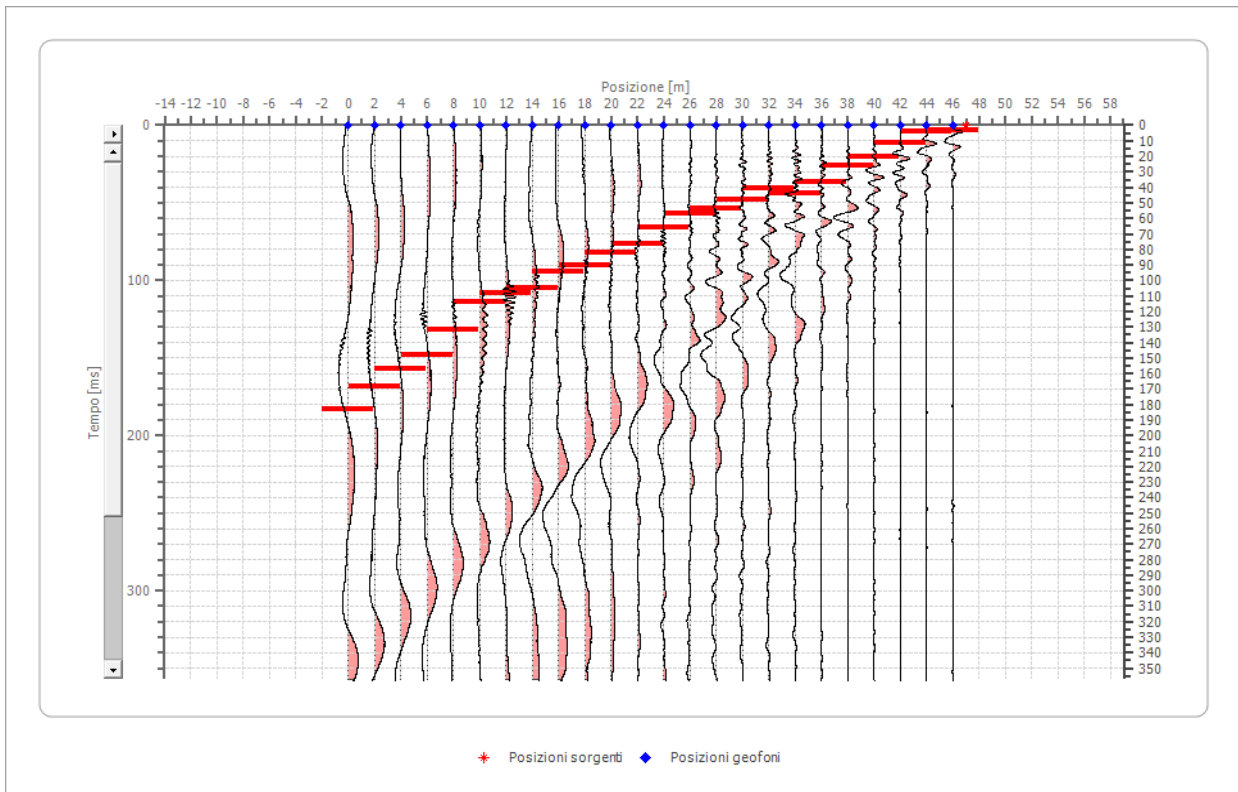
Shot4 R4



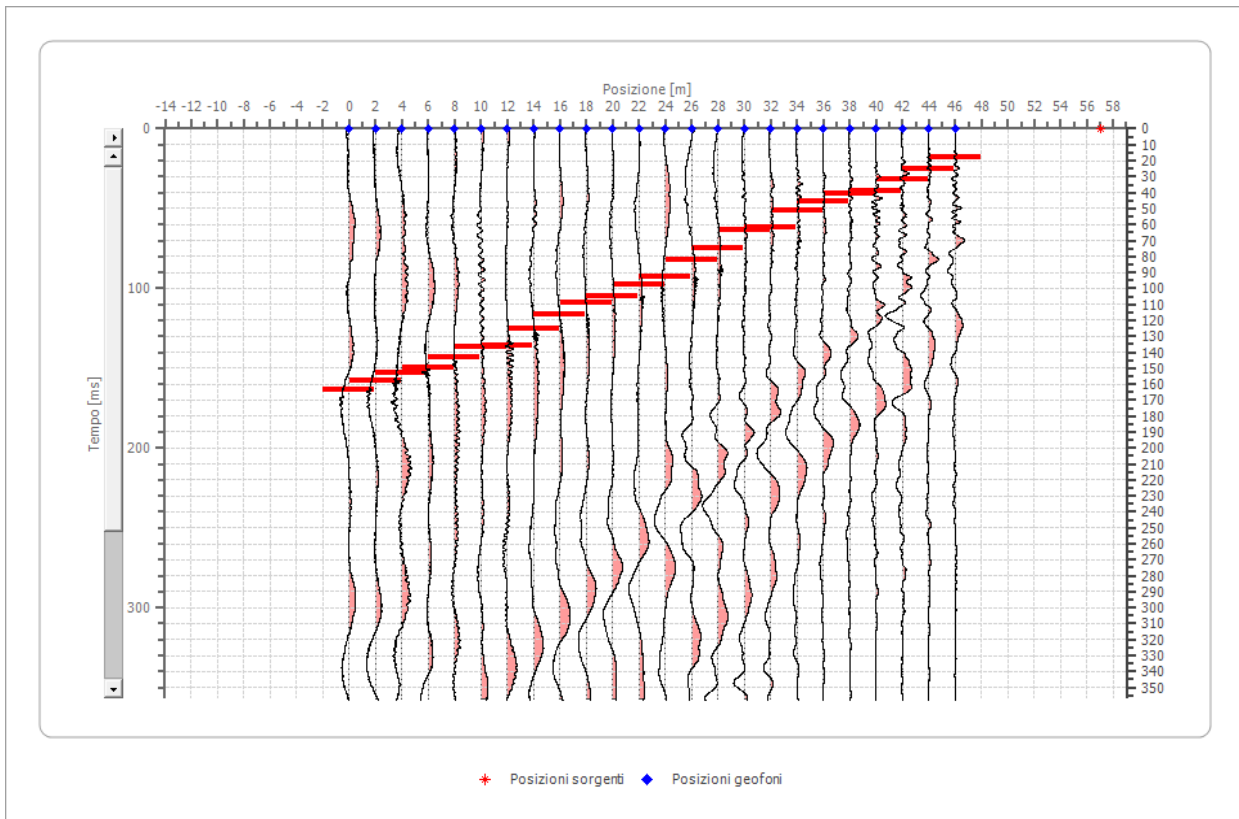
Shot 5 R4



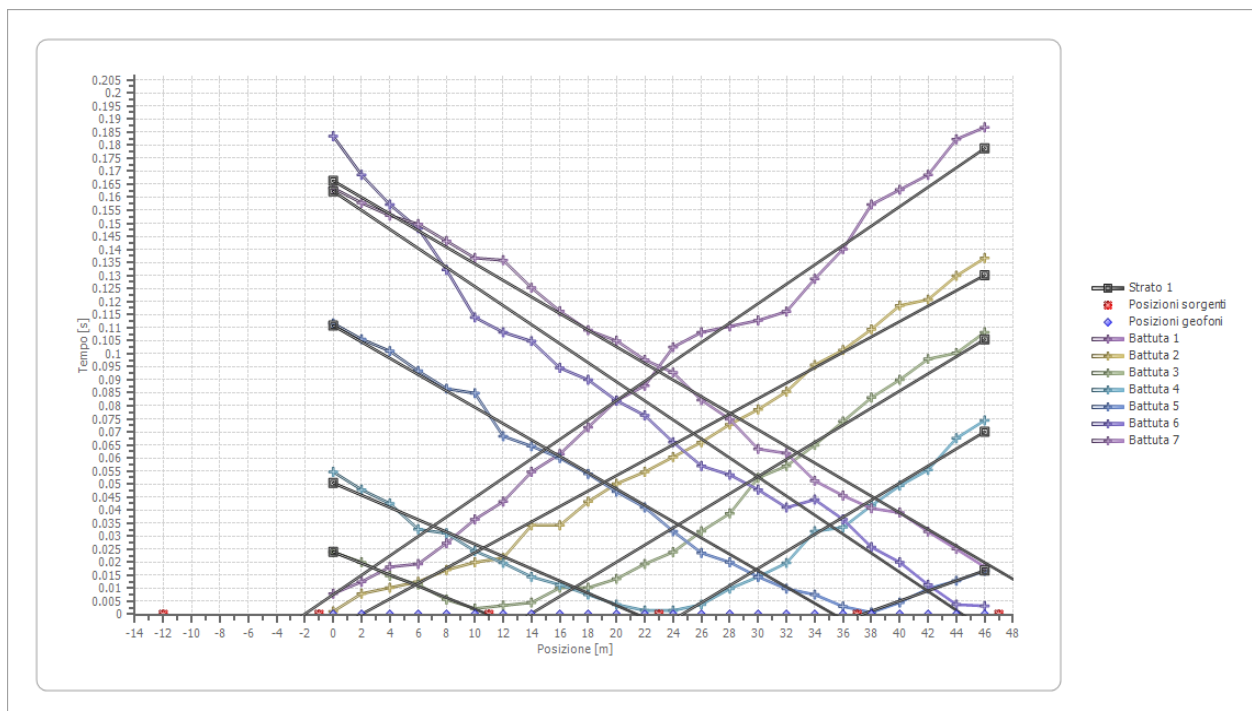
Shot 6 R4



Shot 7 R4

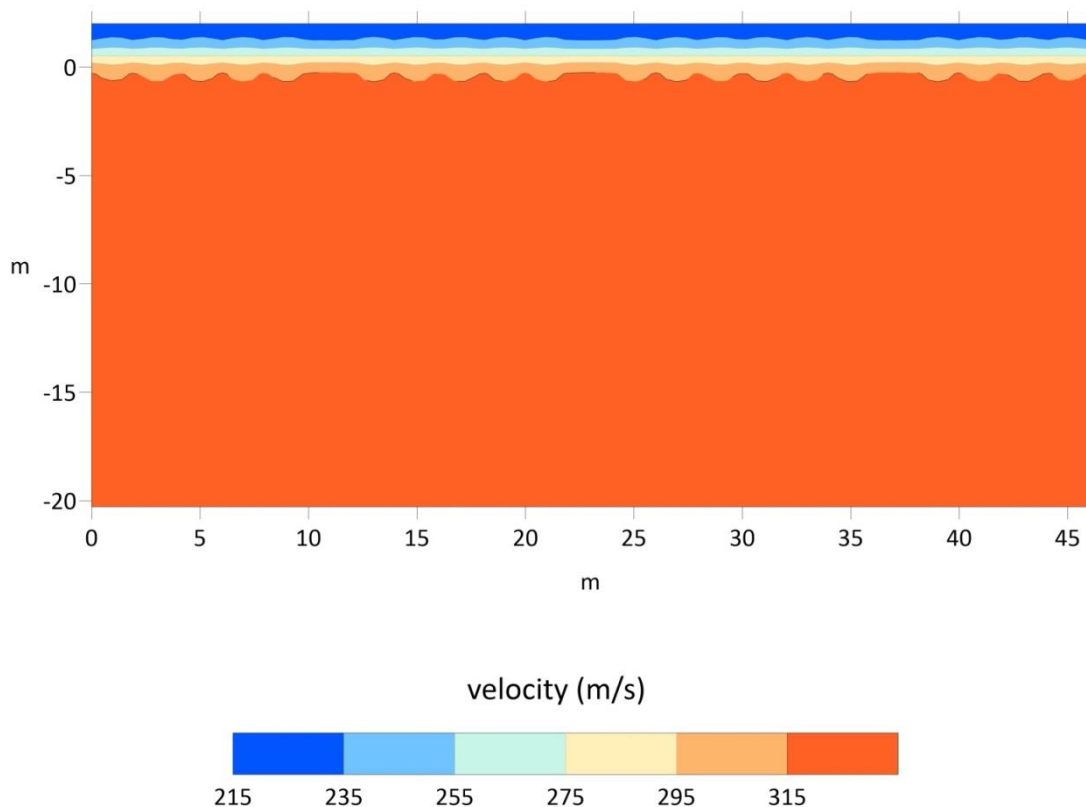


Dromocrone





Profilo 4



Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.30	0.35
Densità [kg/m ³]	1518.04	1676.35
Vp [m/s]	200.33	380.78
Vs [m/s]	149.56	220.09
G0 [MPa]	40.26	80.39
Ed [Mpa]	50.47	248.70
M0 [MPa]	46.20	180.31
Ey [Mpa]	60.71	190.86

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

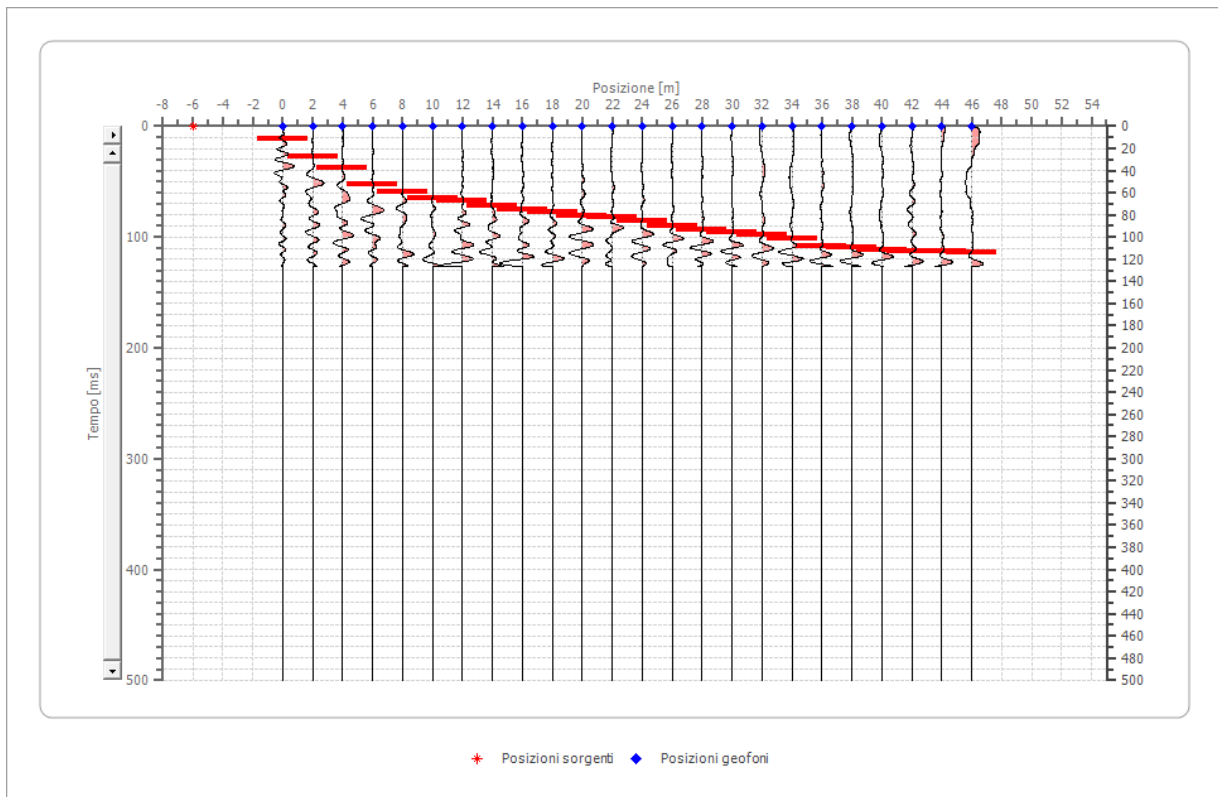
Ey: Modulo di Young;

1.5 Elaborazione Sismica a rifrazione R5

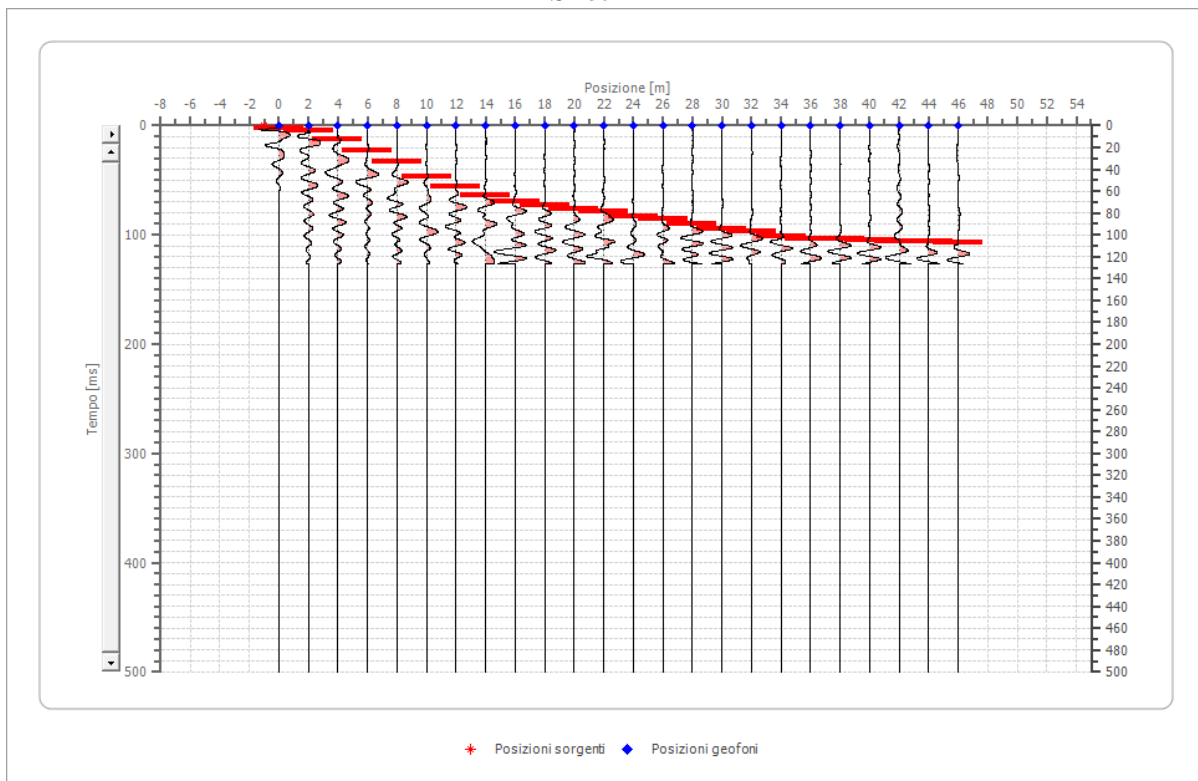
Geometria geofoni

	Posizione X [m]
1	0.0
2	2.0
3	4.0
4	6.0
5	8.0
6	10.0
7	12.0
8	14.0
9	16.0
10	18.0
11	20.0
12	22.0
13	24.0
14	26.0
15	28.0
16	30.0
17	32.0
18	34.0
19	36.0
20	38.0
21	40.0
22	42.0
23	44.0
24	46.0

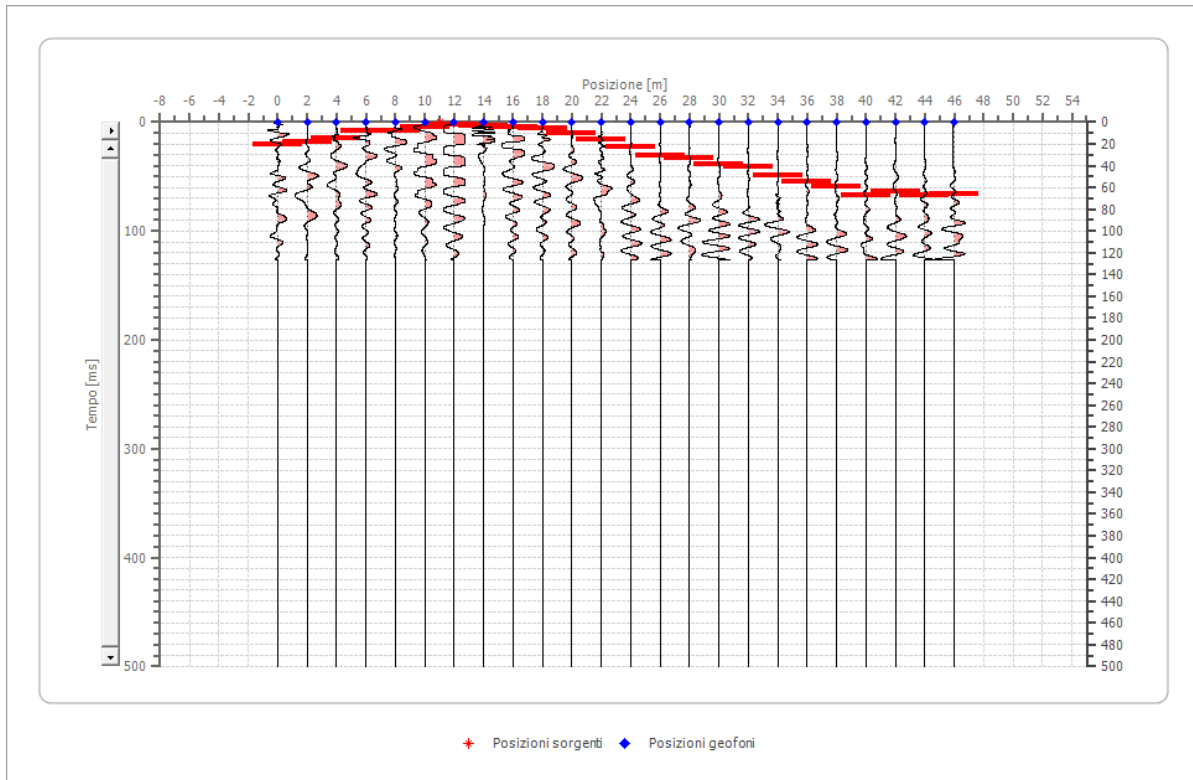
Shot 1 R5



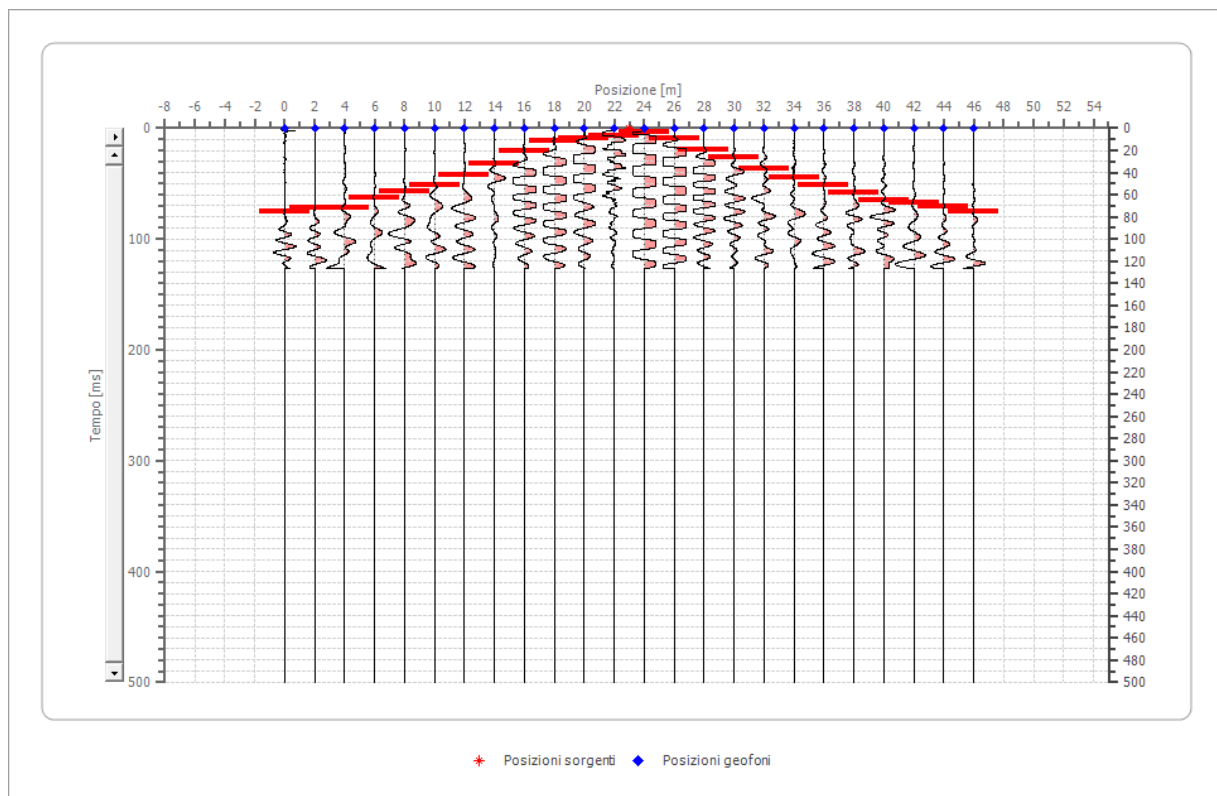
Shot2 R2



Shot2 R5

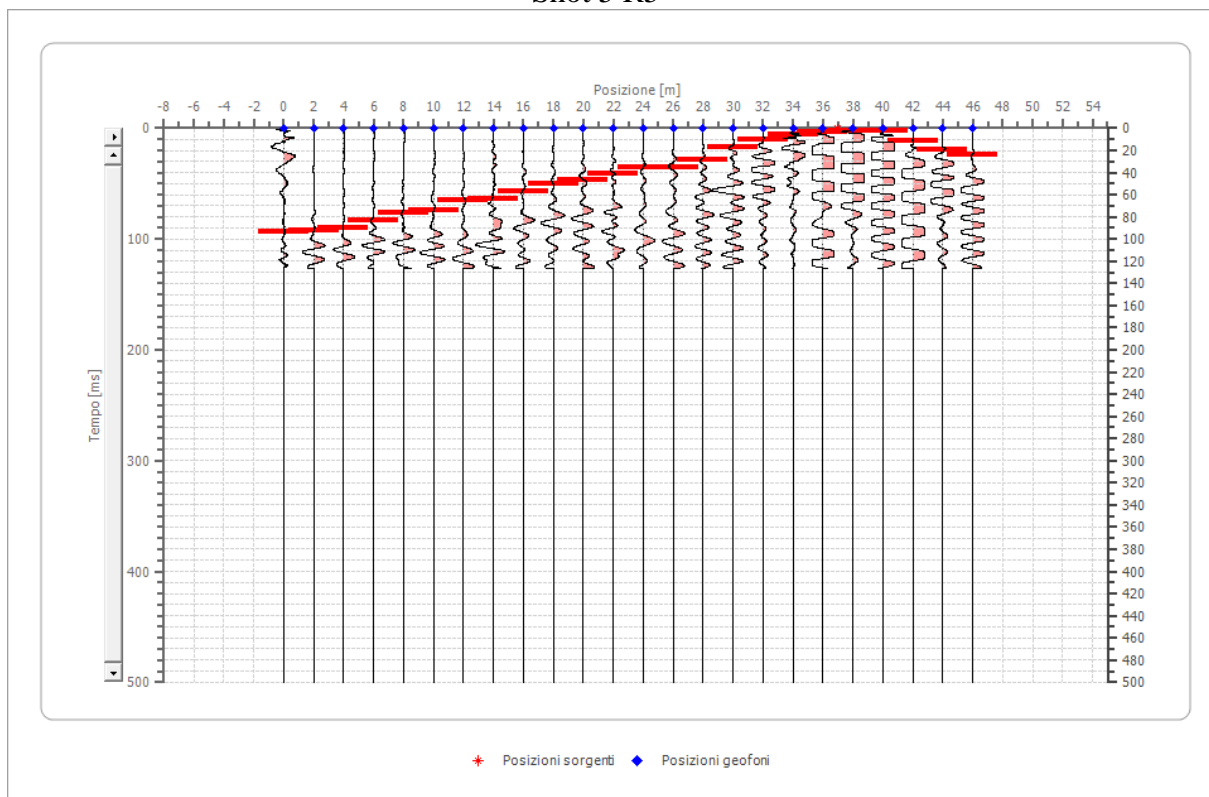


Shot 4 R6

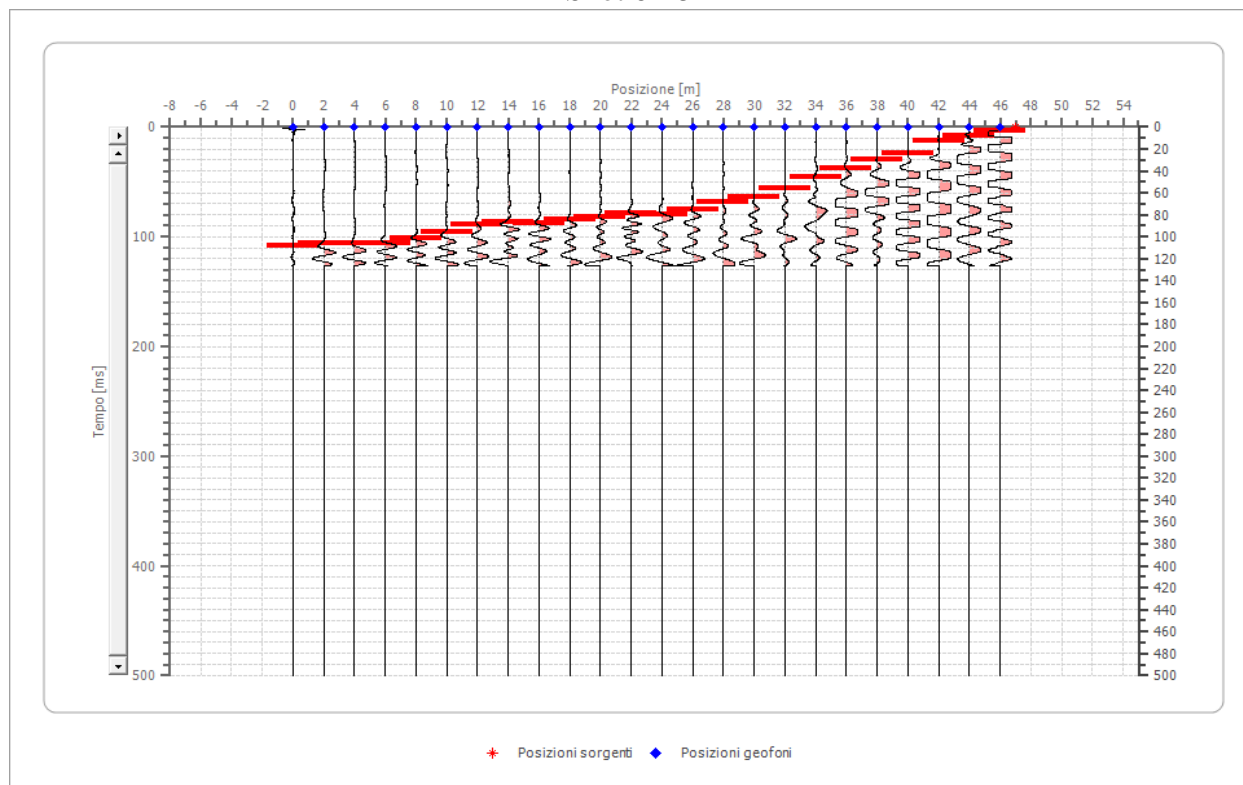




Shot 5 R5

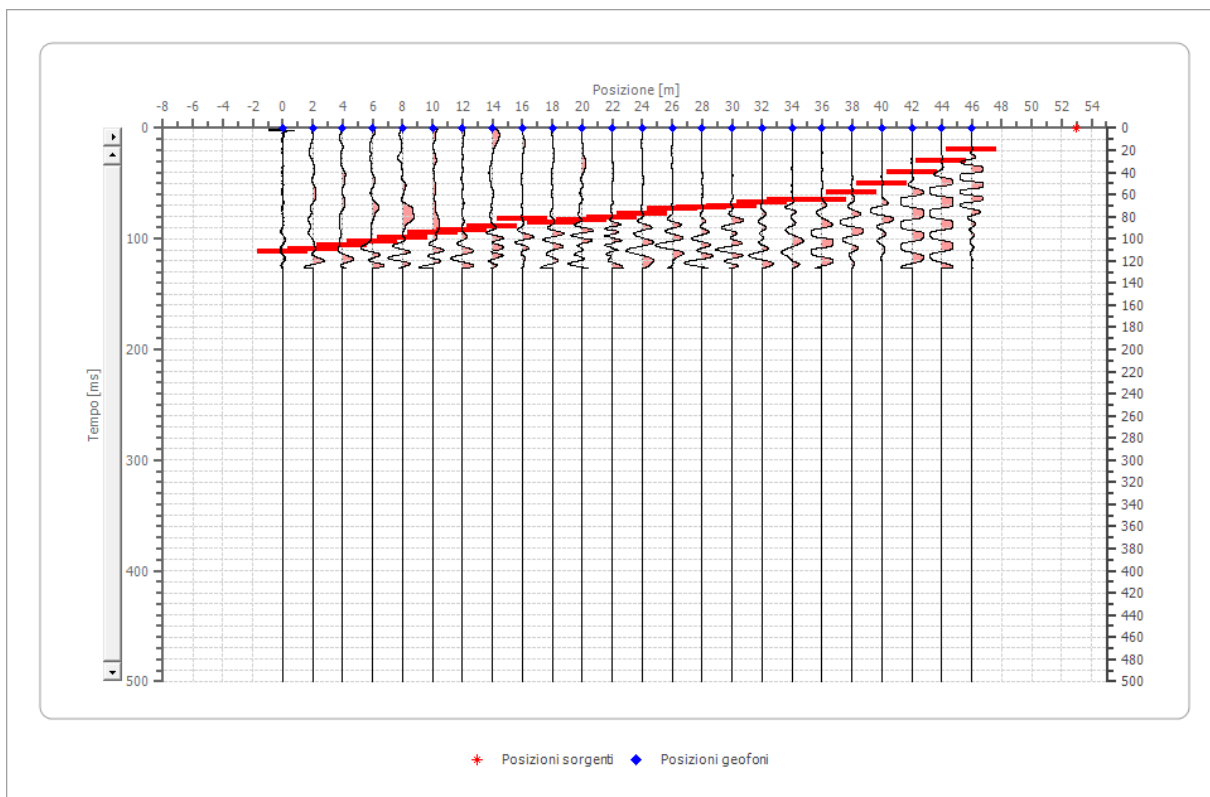


Shot 6 R5

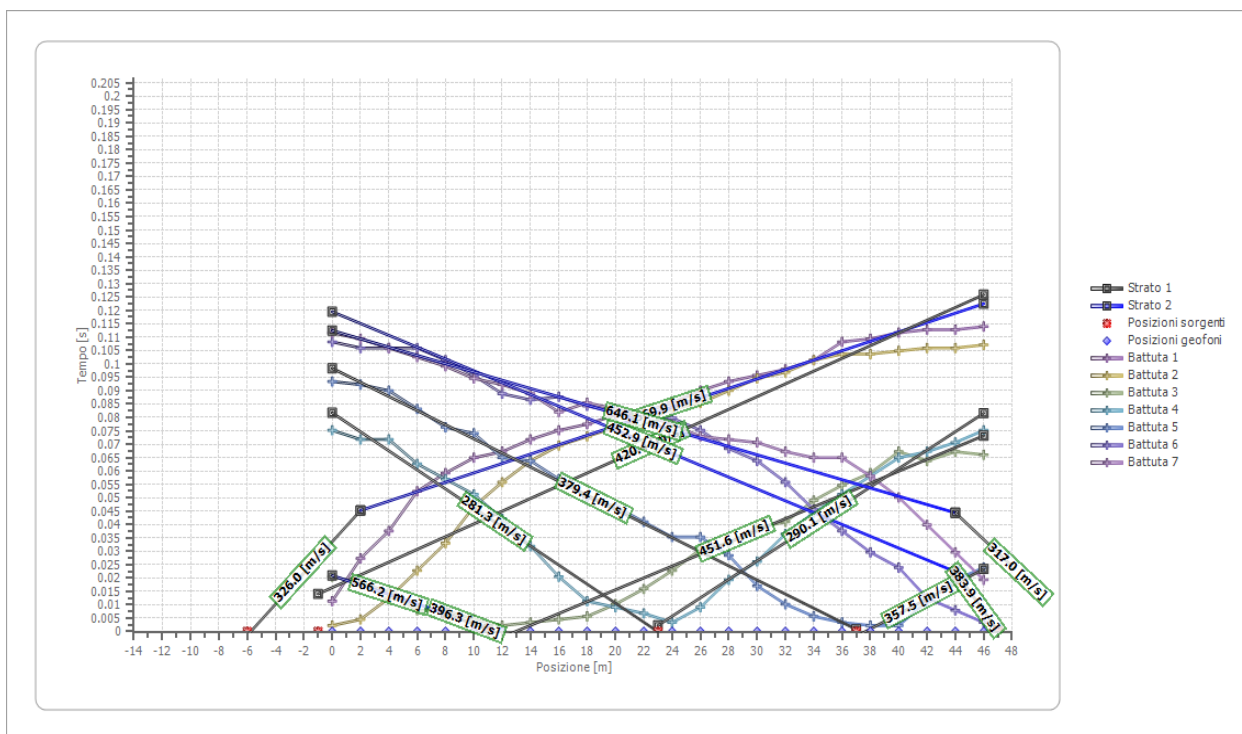




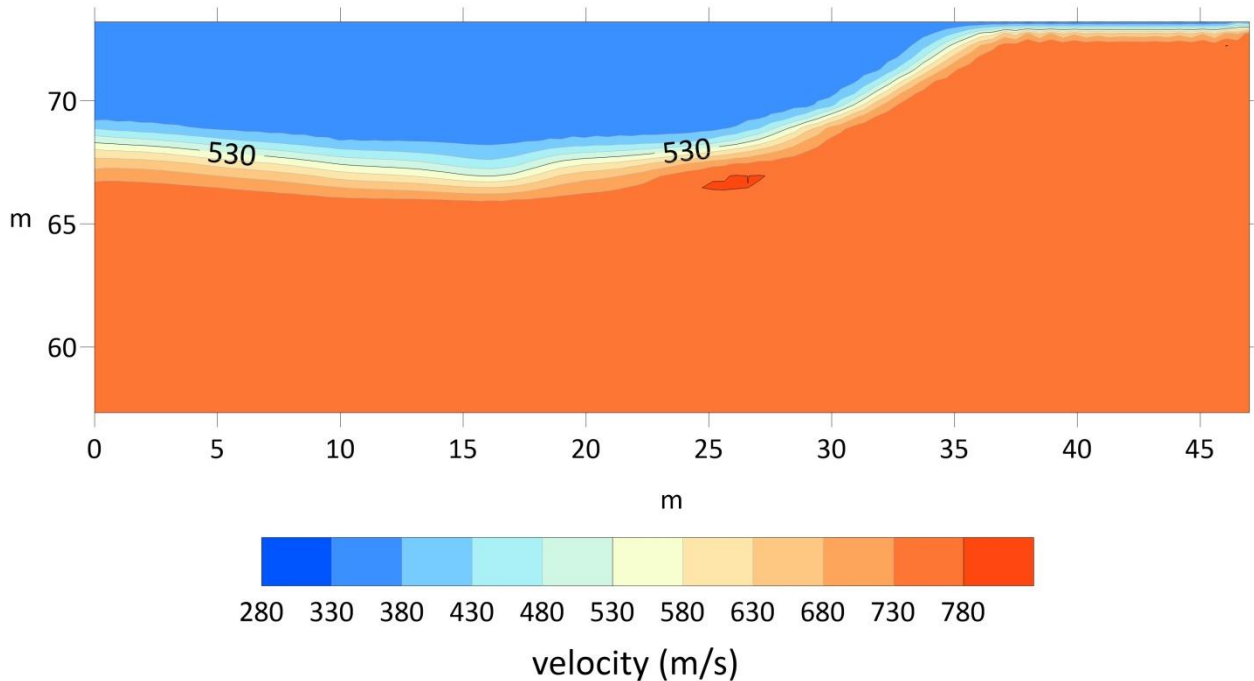
Shot 7 R5



Dromocrone



Profilo 5



Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m ³]	1750.00	1800.00
Vp [m/s]	360.35	531.12
Vs [m/s]	173.11	255.14
G0 [MPa]	53.94	117.17
Ed [Mpa]	233.73	507.76
M0 [MPa]	179.79	390.58
Ey [Mpa]	145.63	316.37

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

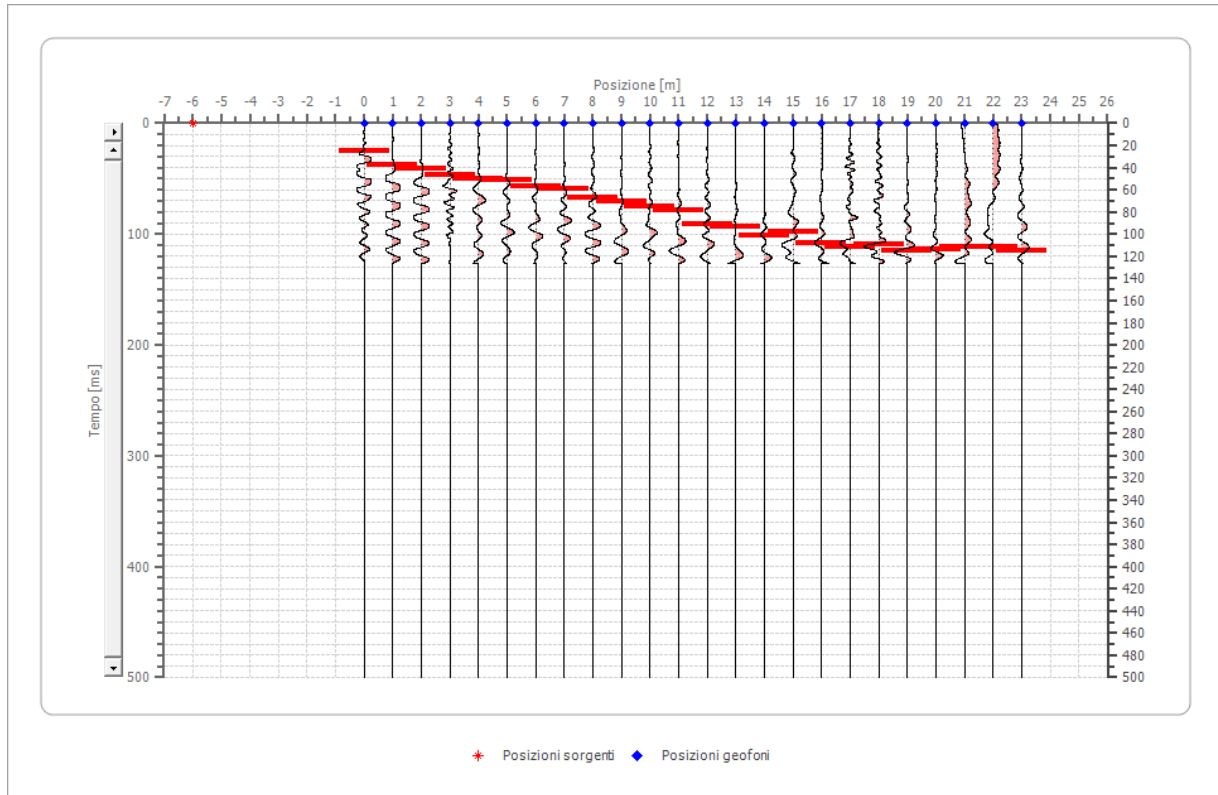
Ey: Modulo di Young;

1.6 Elaborazione Sismica a rifrazione R6

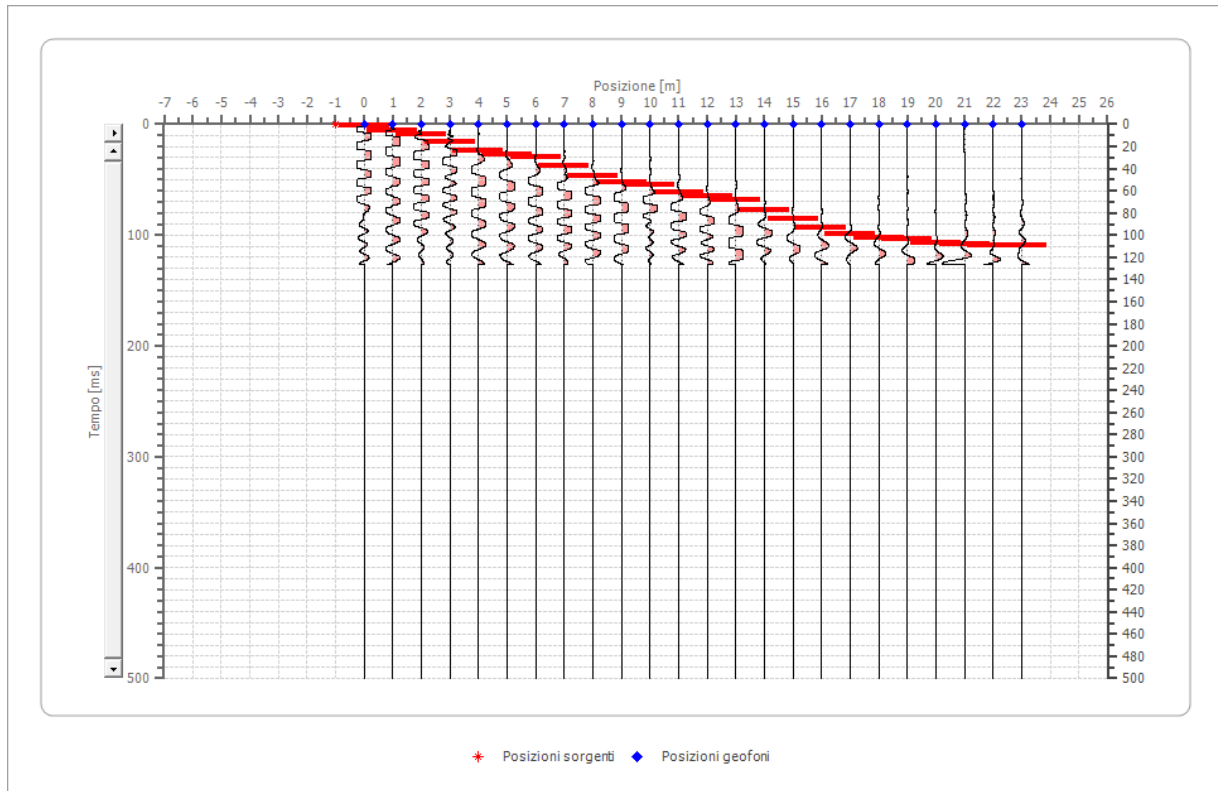
Geometria geofoni

	Posizione X [m]
1	0.0
2	1.0
3	2.0
4	3.0
5	4.0
6	5.0
7	6.0
8	7.0
9	8.0
10	9.0
11	10.0
12	11.0
13	12.0
14	13.0
15	14.0
16	15.0
17	16.0
18	17.0
19	18.0
20	19.0
21	20.0
22	21.0
23	22.0
24	23.0

Shot 1 R6

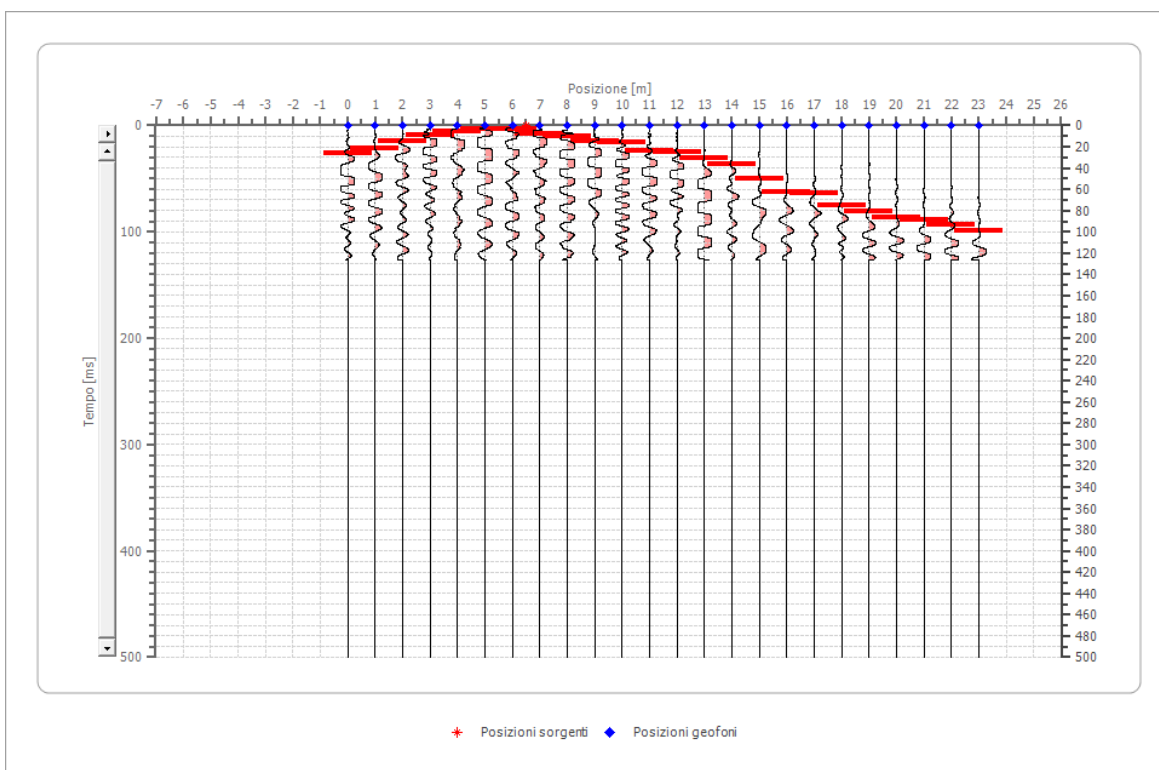


Shot2 R6

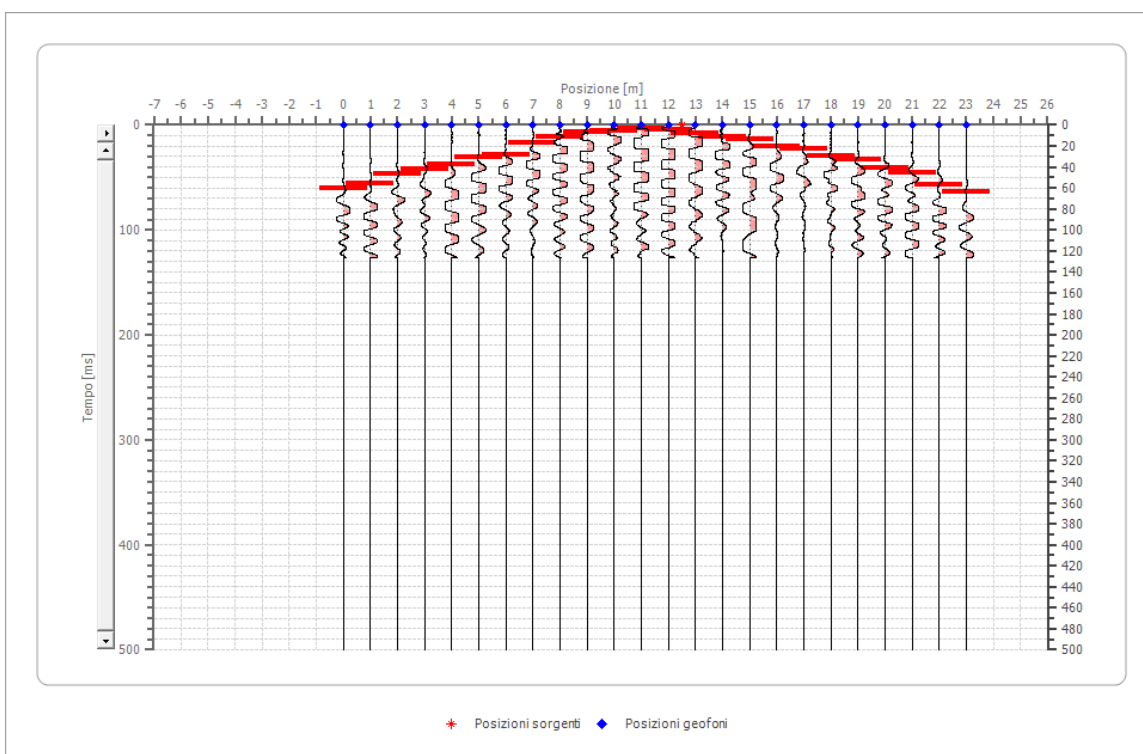




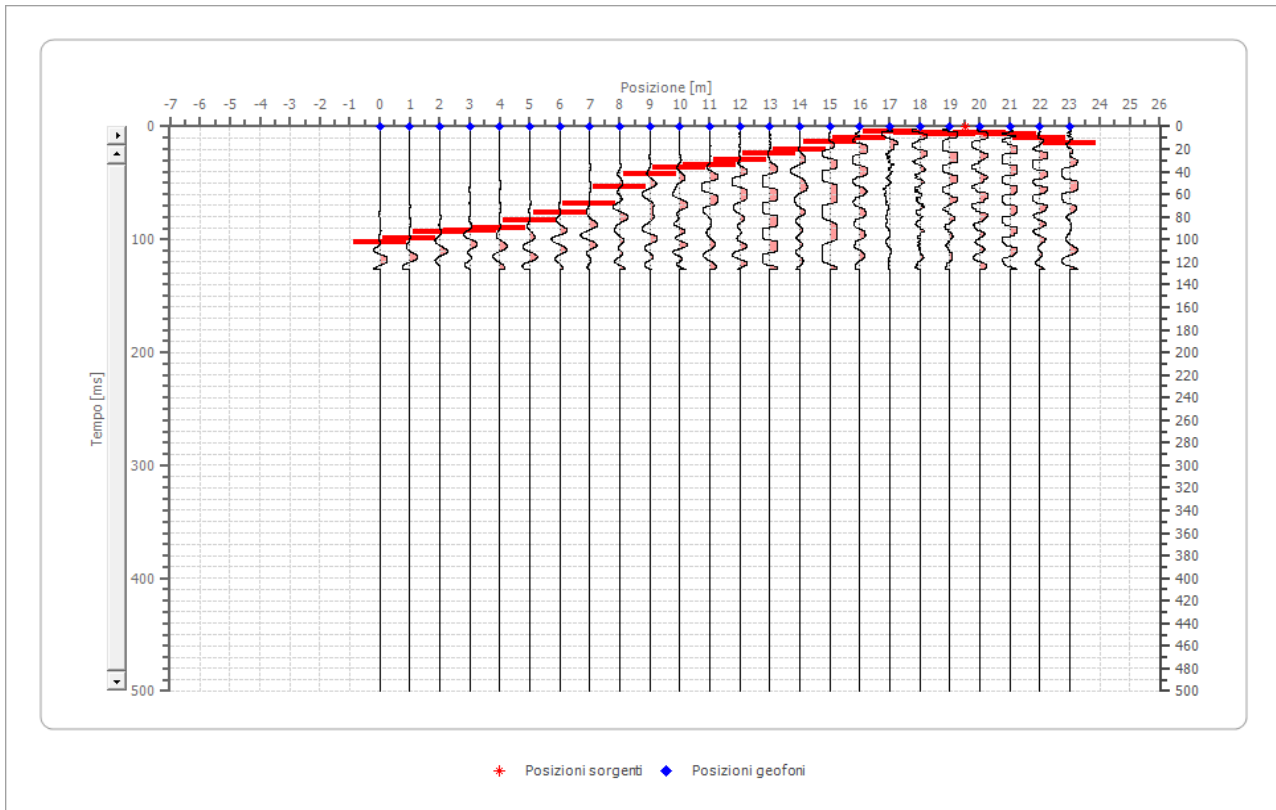
Shot 3 R6



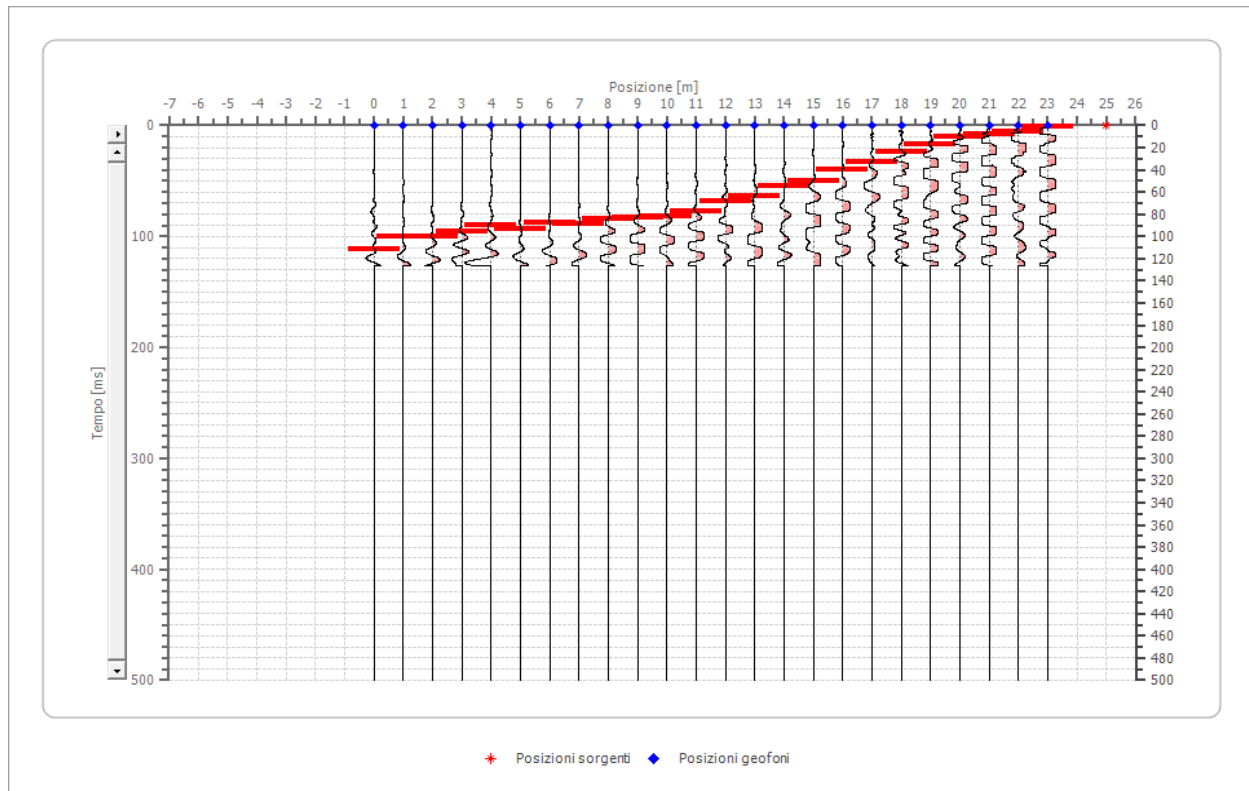
Shot4 R6



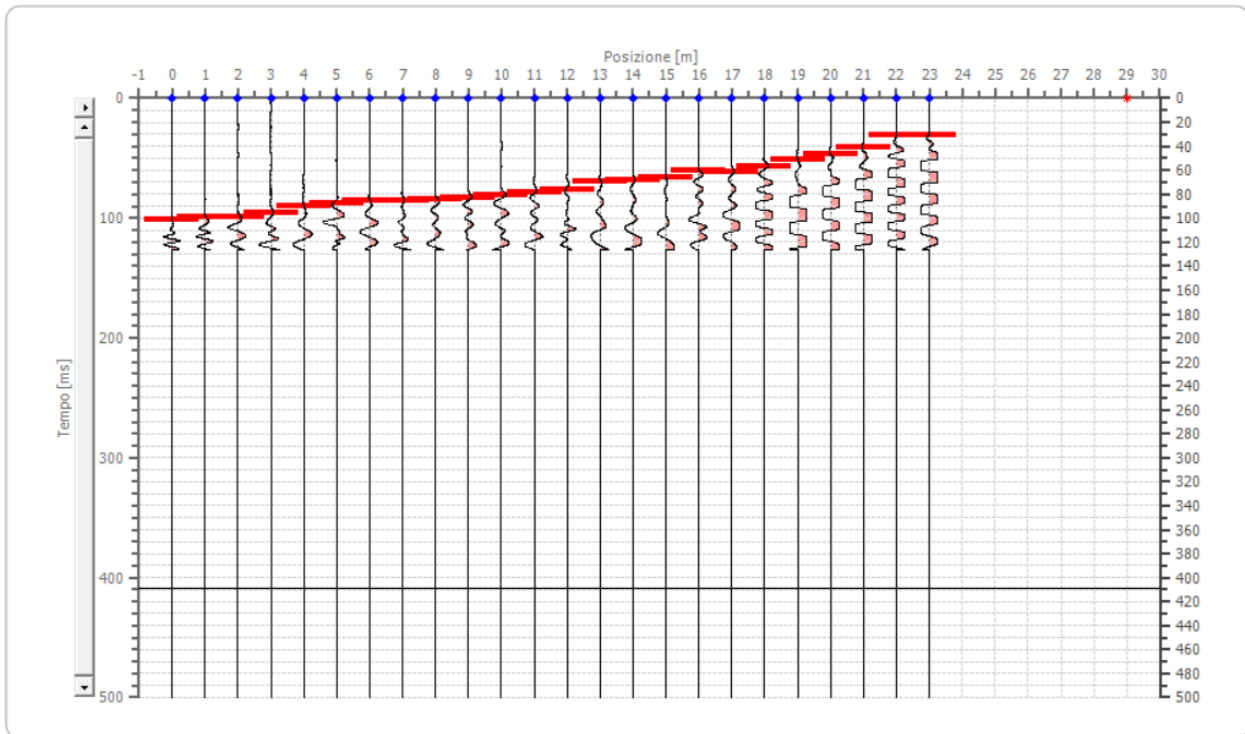
Shot 5 R6



Shot6 R6

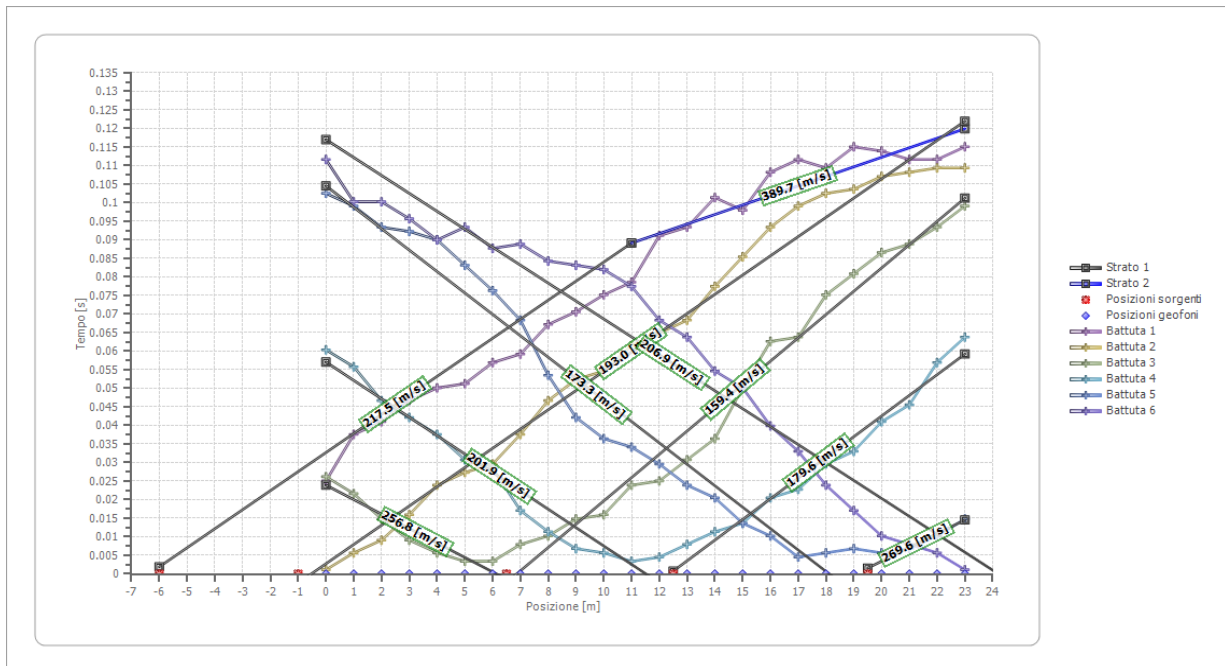


Shot 7 R6

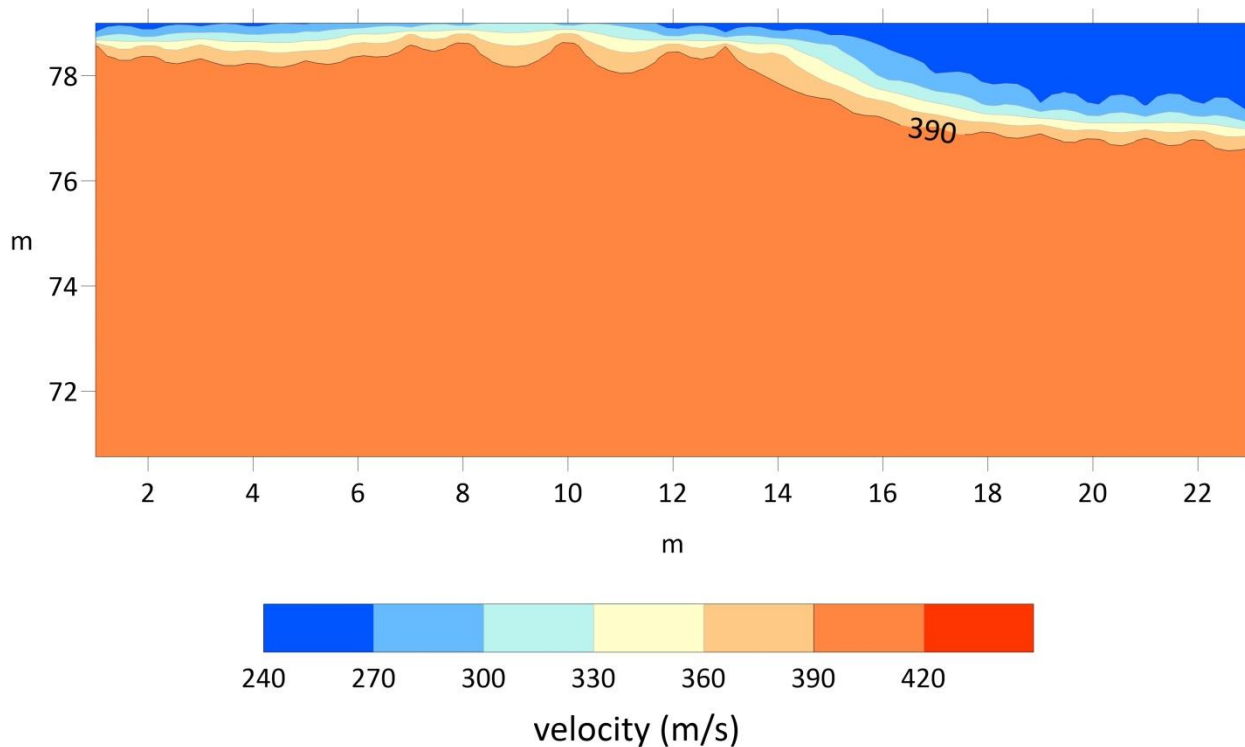


+ Posizioni sorgenti ◆ Posizioni geofoni

Dromocrone



Profilo 6



Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.30	0.35
Densità [kg/m ³]	1518.04	1676.35
Vp [m/s]	235.33	420.78
Vs [m/s]	149.56	252.09
G0 [MPa]	100.26	114.39
Ed [Mpa]	220.47	495.70
M0 [MPa]	220.20	381.31
Ey [Mpa]	280.71	308.86

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

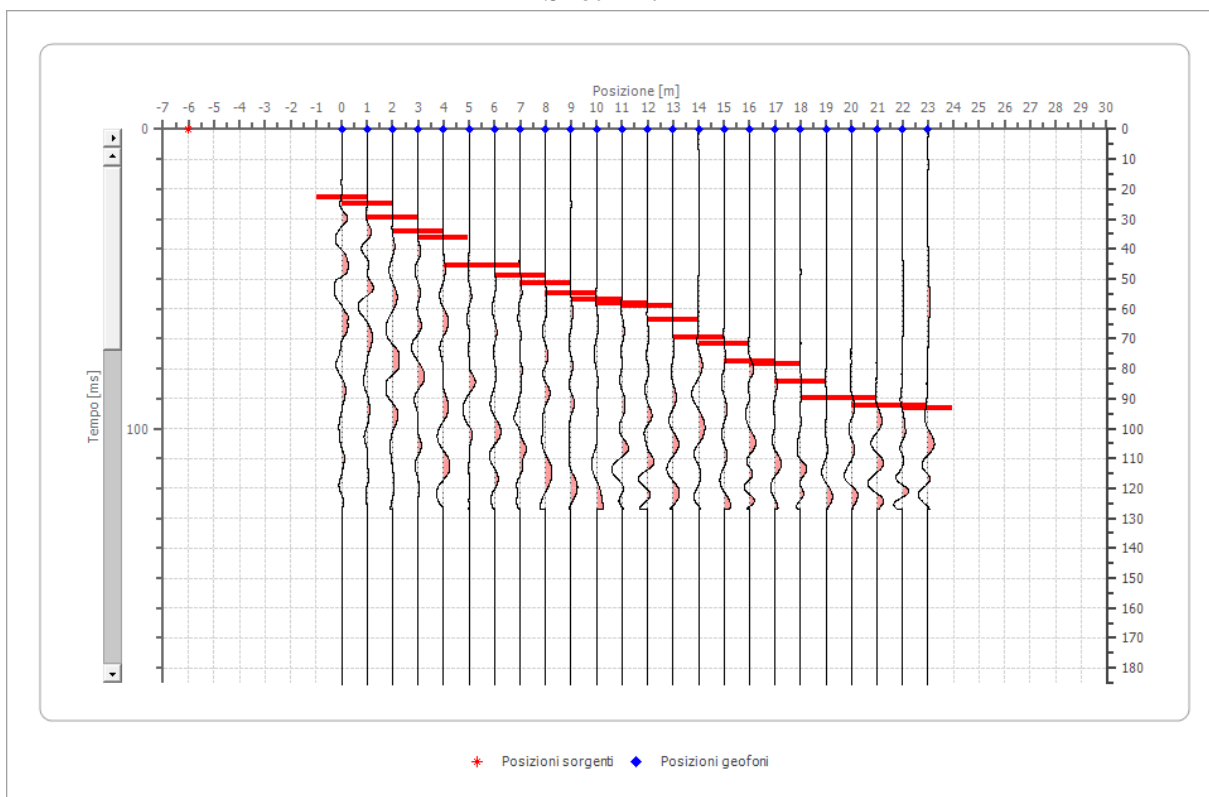
1.7 Elaborazione Sismica a rifrazione R7

Geometria geofoni

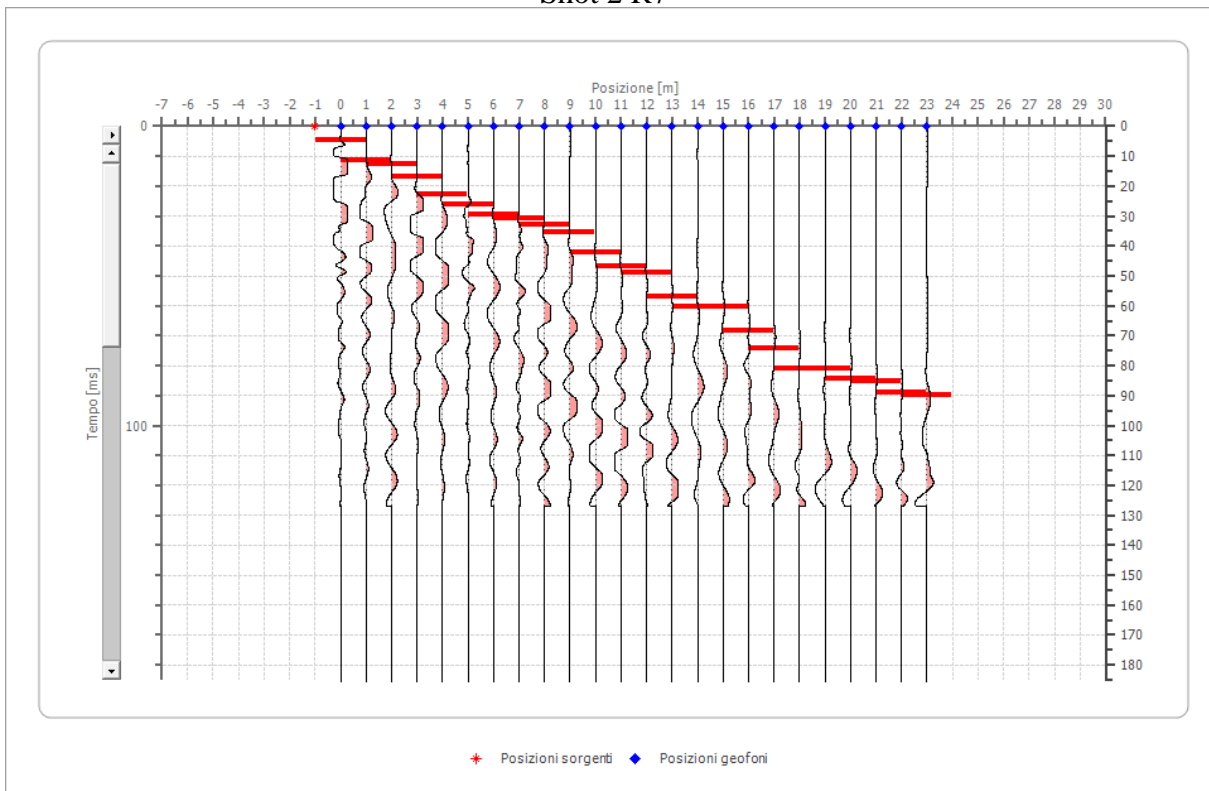
	Posizione X [m]
1	0.0
2	1.0
3	2.0
4	3.0
5	4.0
6	5.0
7	6.0
8	7.0
9	8.0
10	9.0
11	10.0
12	11.0
13	12.0
14	13.0
15	14.0
16	15.0
17	16.0
18	17.0
19	18.0
20	19.0
21	20.0
22	21.0
23	22.0
24	23.0



Shot 1R7

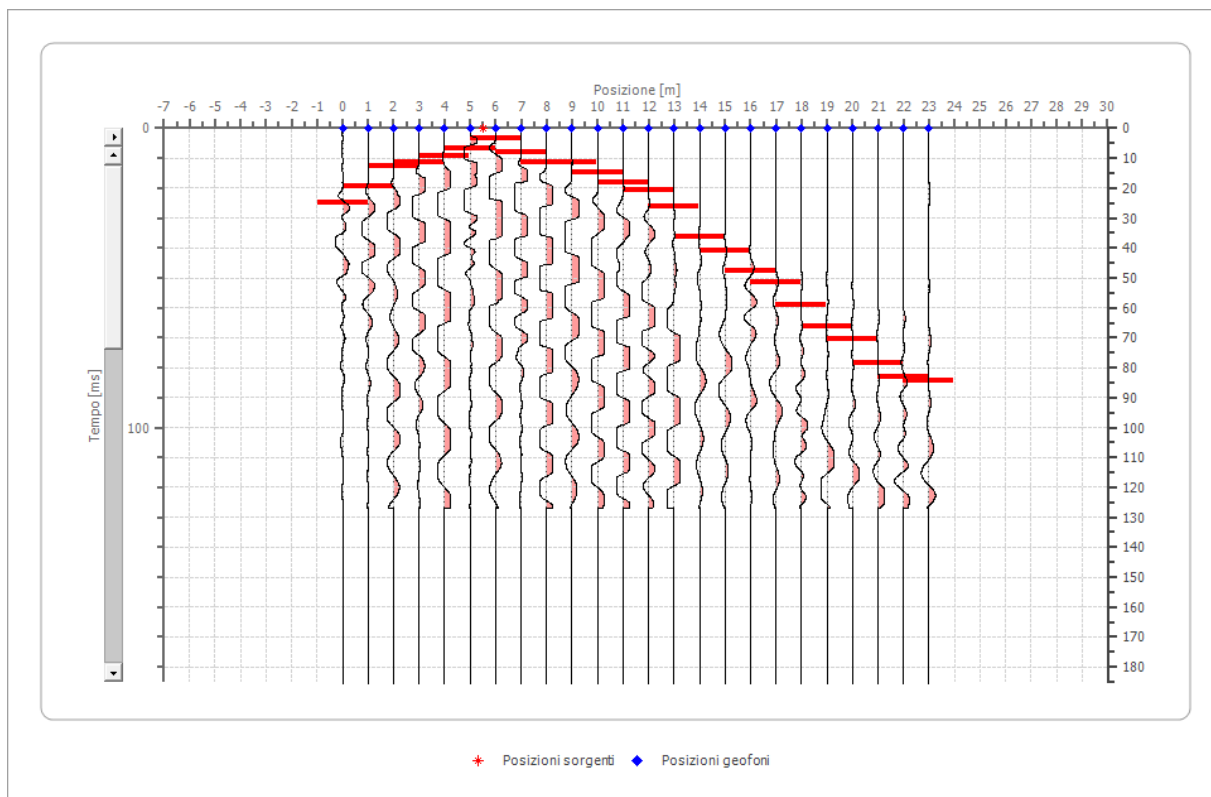


Shot 2 R7

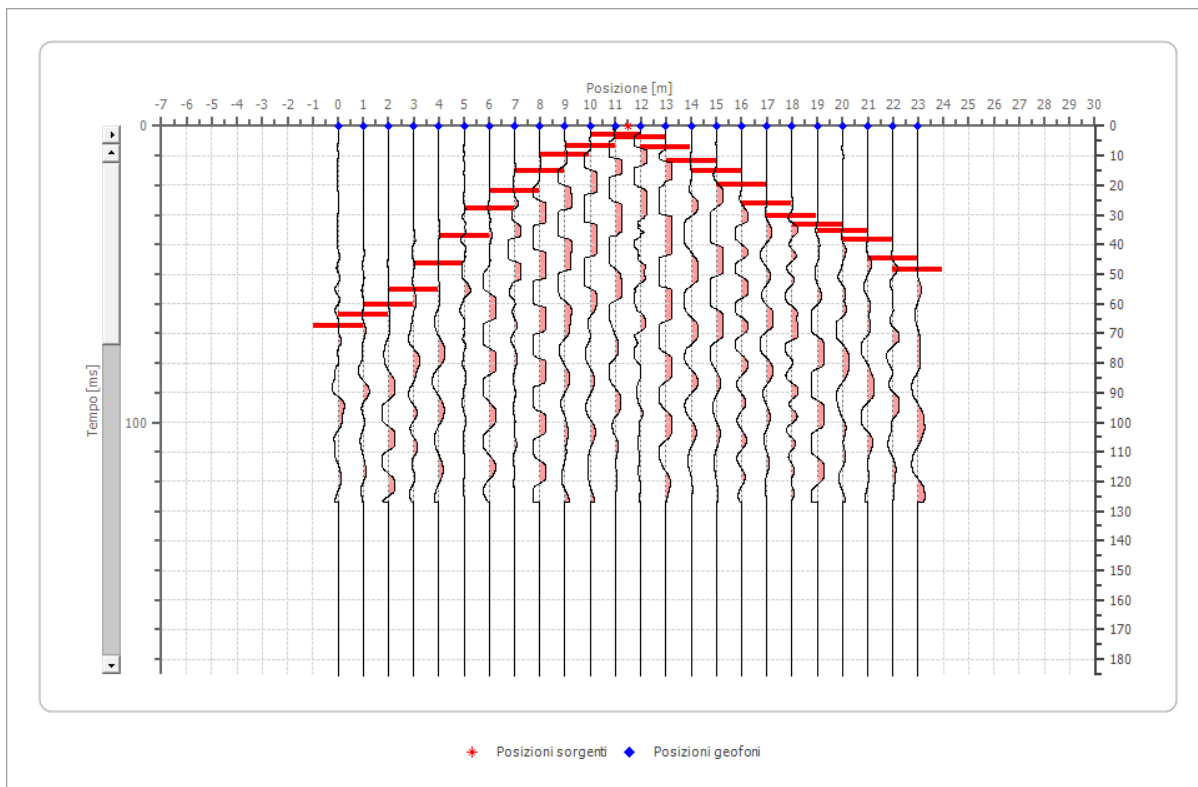




Shot 3 R7

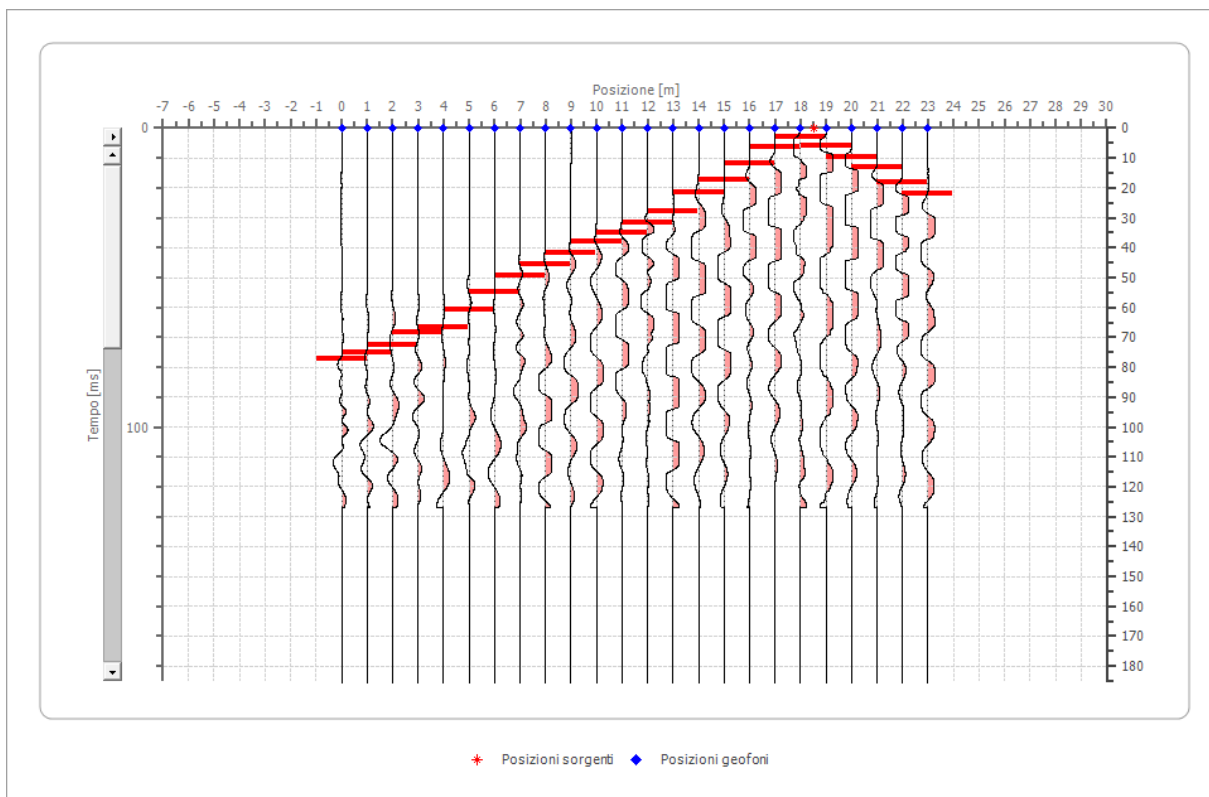


Shot 4 R7

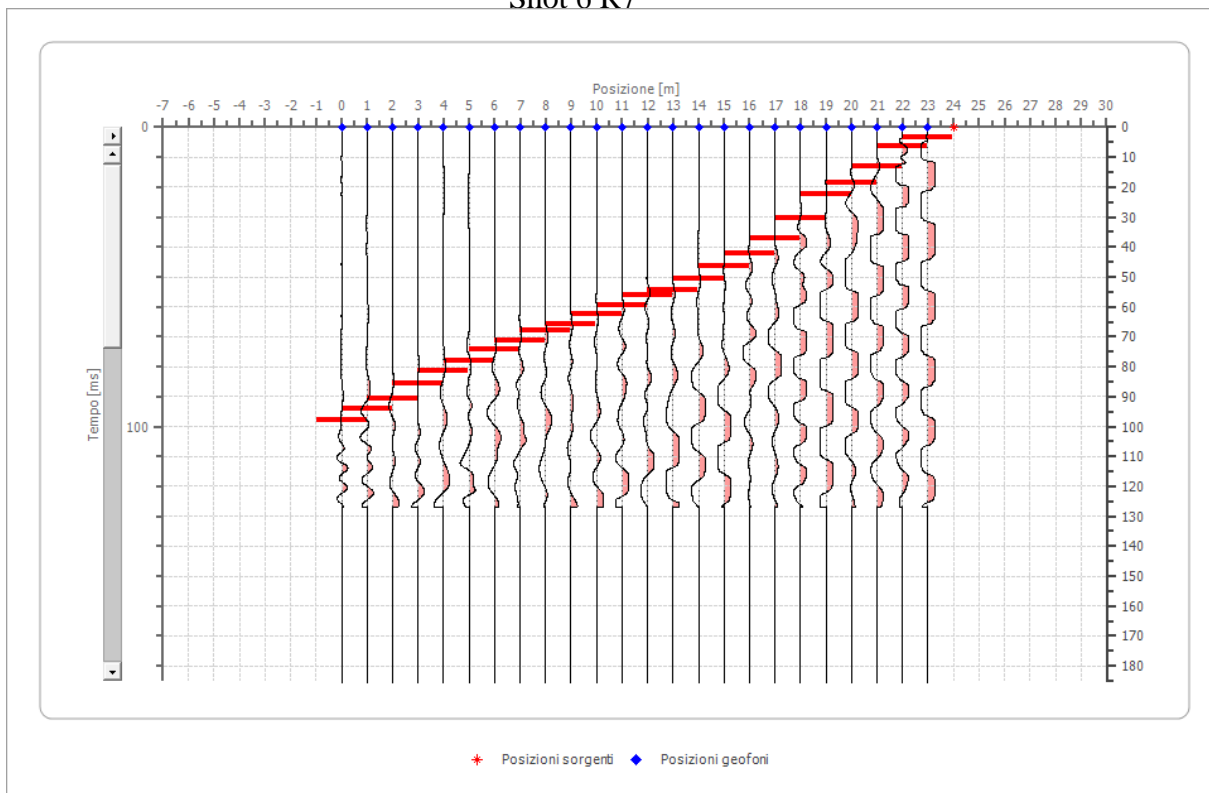




Shot5 R7

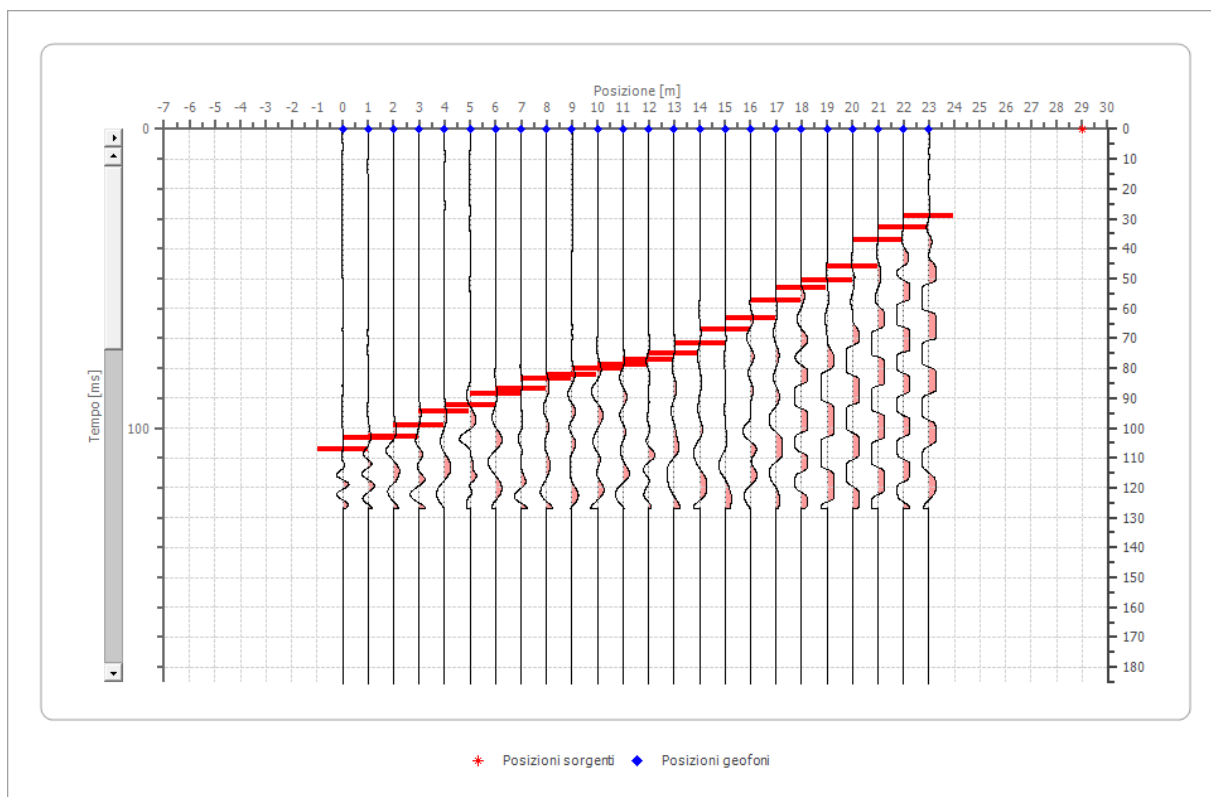


Shot 6 R7

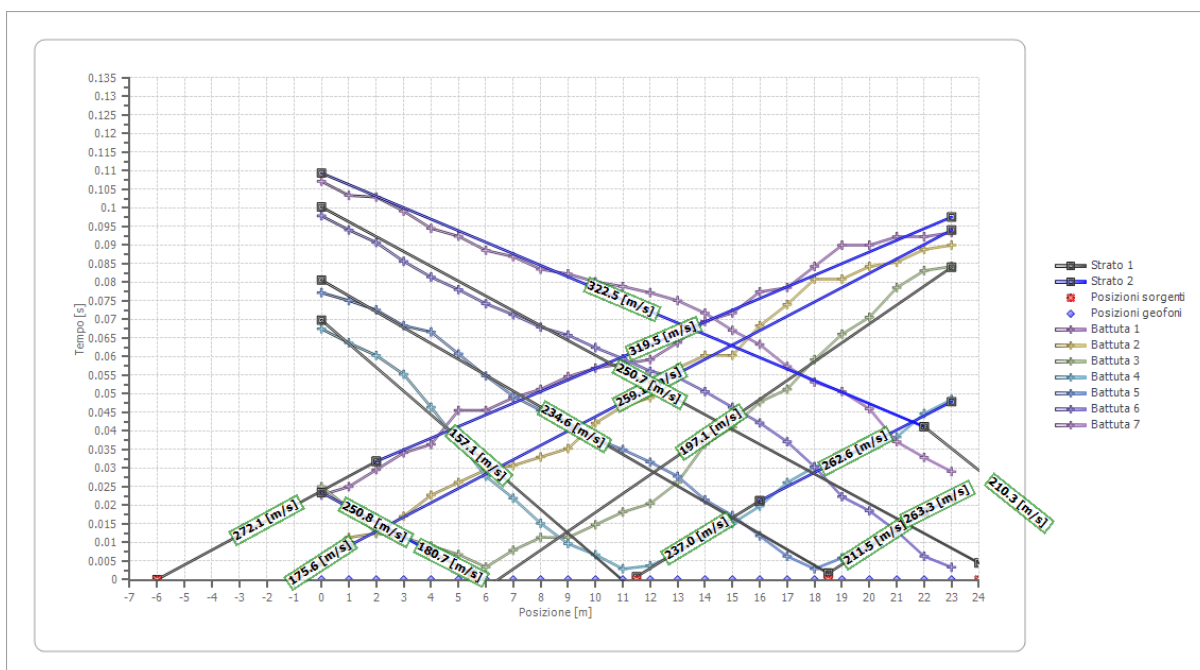




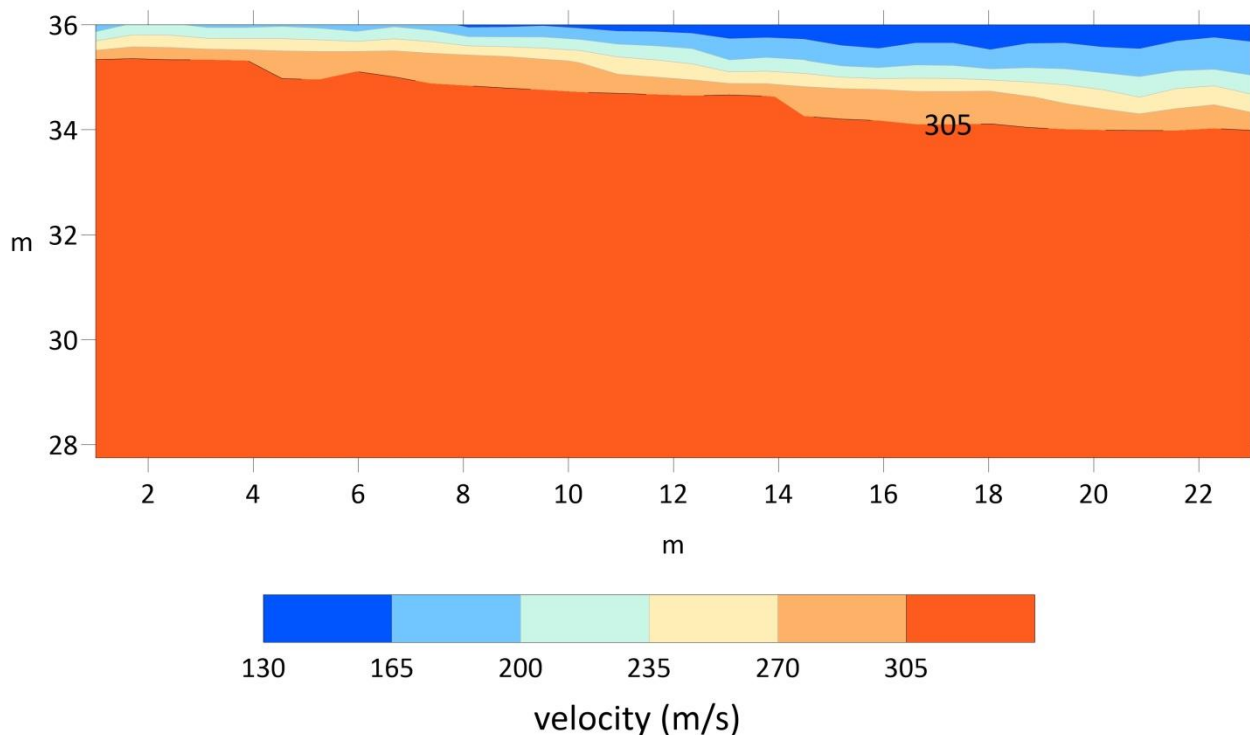
Shot 7 R6



Dromocrone



Profilo 7



Altri parametri geotecnici derivati

	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m ³]	1800.00	1800.00
Vp [m/s]	212.67	398.99
Vs [m/s]	102.17	191.67
G0 [MPa]	18.79	66.13
Ed [Mpa]	81.41	286.55
M0 [MPa]	62.63	220.42
Ey [Mpa]	70.73	178.54

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

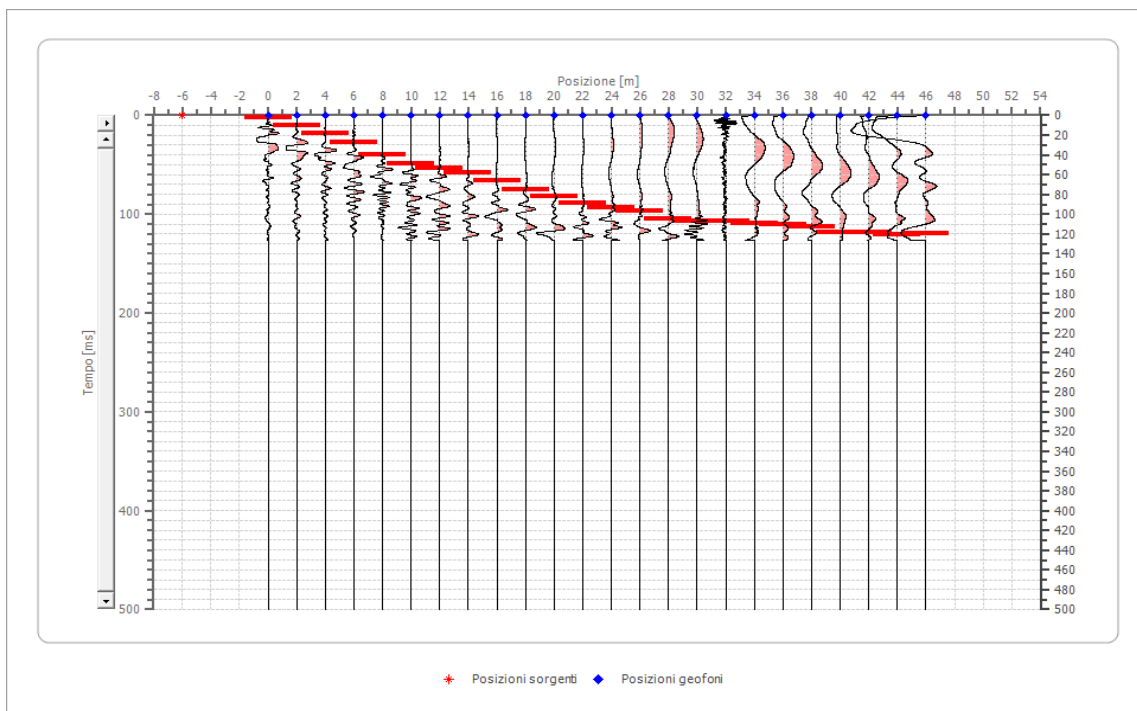
1.8 Elaborazione Sismica a rifrazione R8

Geometria geofoni

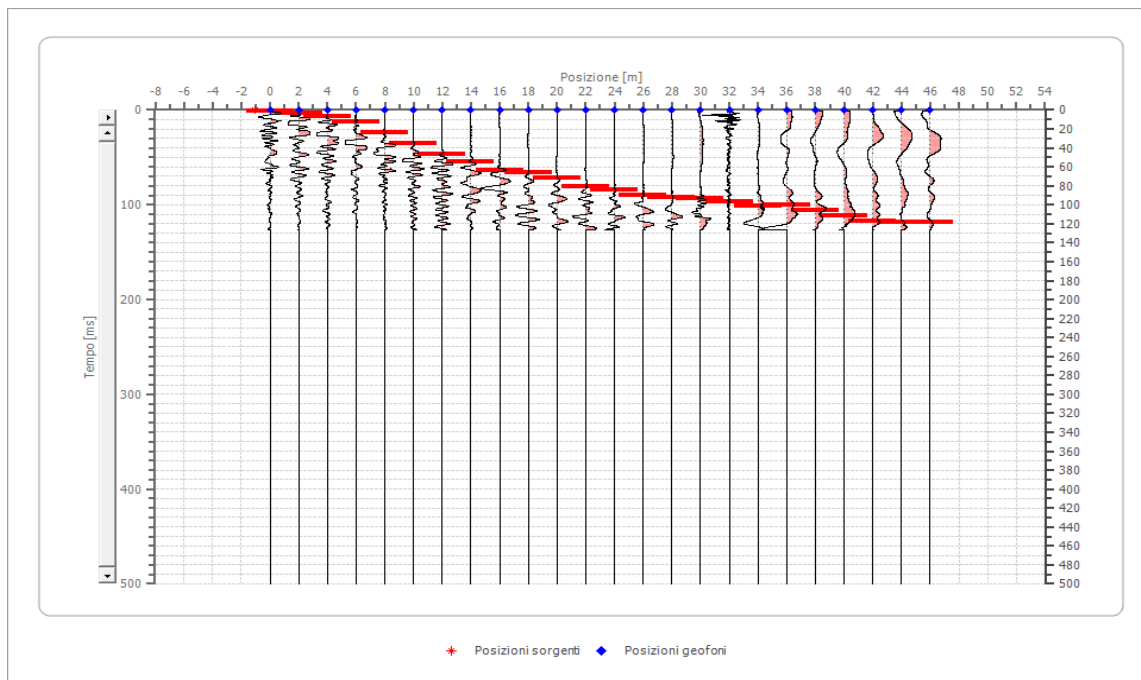
	Posizione X [m]
1	0.0
2	2.0
3	4.0
4	6.0
5	8.0
6	10.0
7	12.0
8	14.0
9	16.0
10	18.0
11	20.0
12	22.0
13	24.0
14	26.0
15	28.0
16	30.0
17	32.0
18	34.0
19	36.0
20	38.0
21	40.0
22	42.0
23	44.0
24	46.0



Shot 1 R8

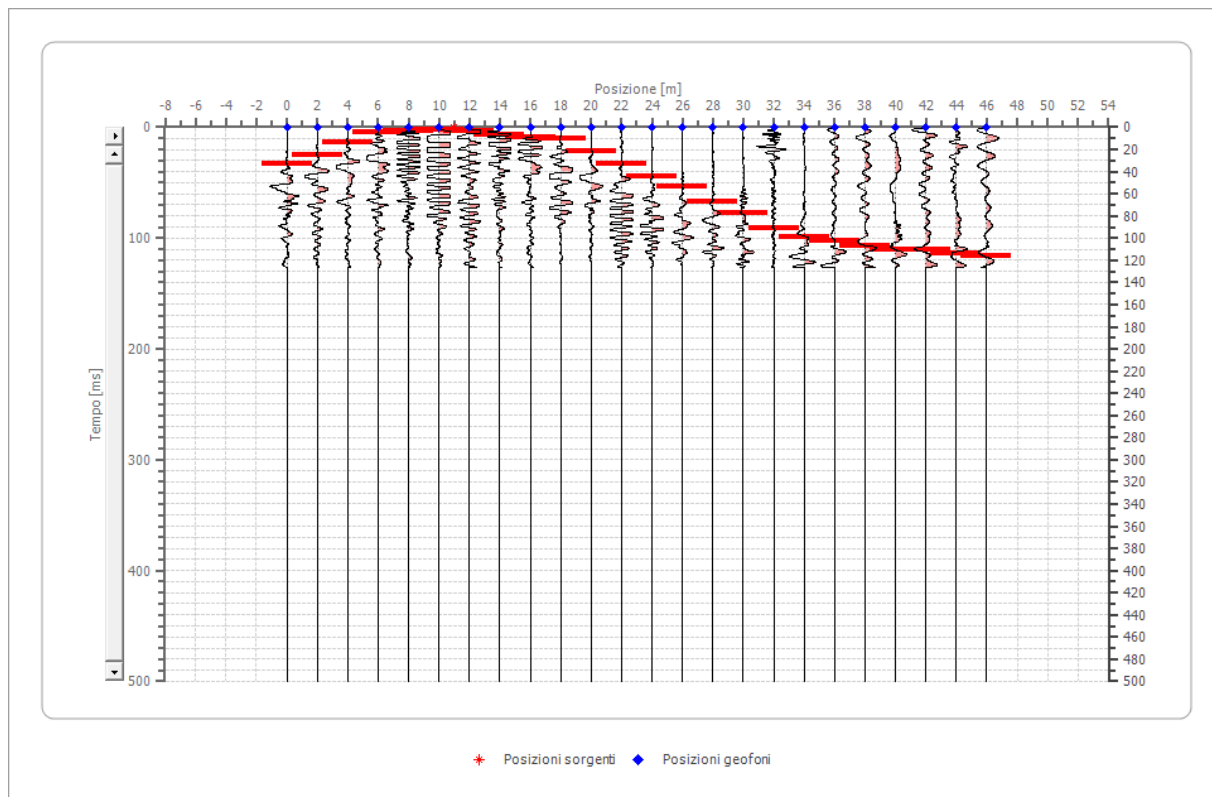


Shot2 R8

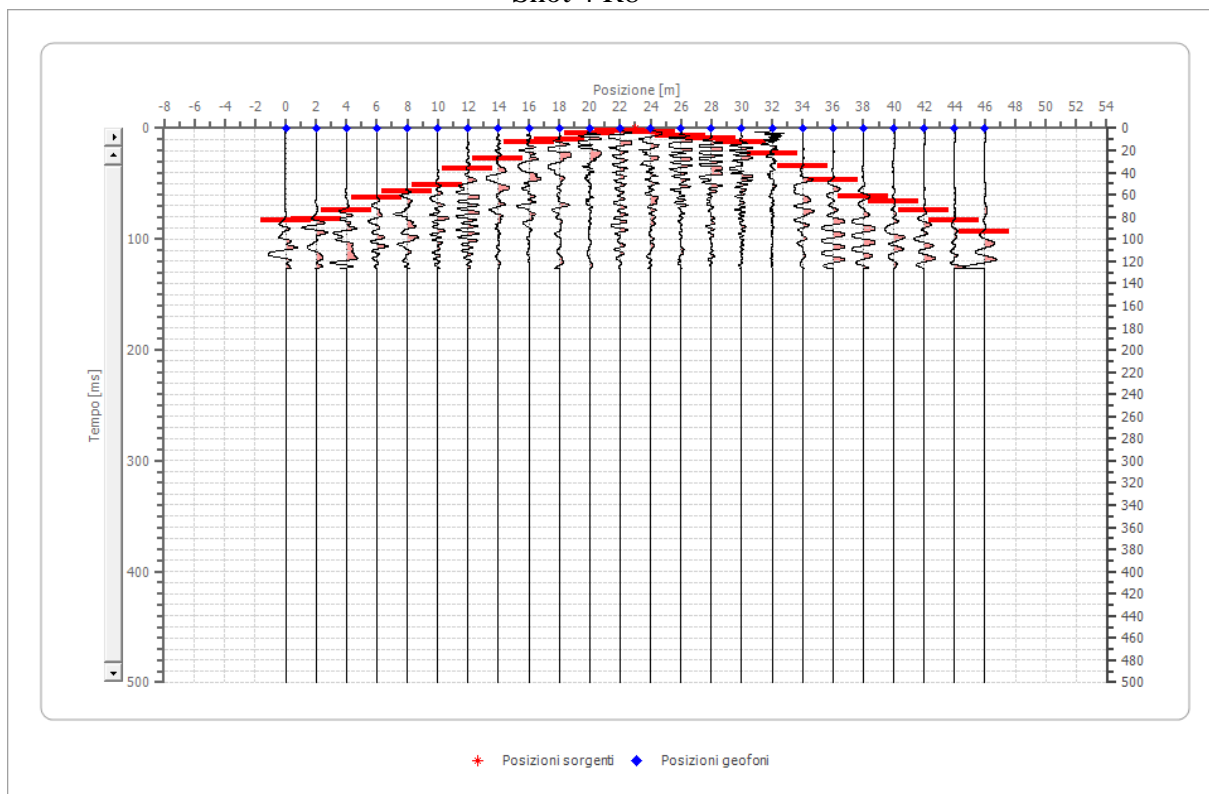




Shot3 R8

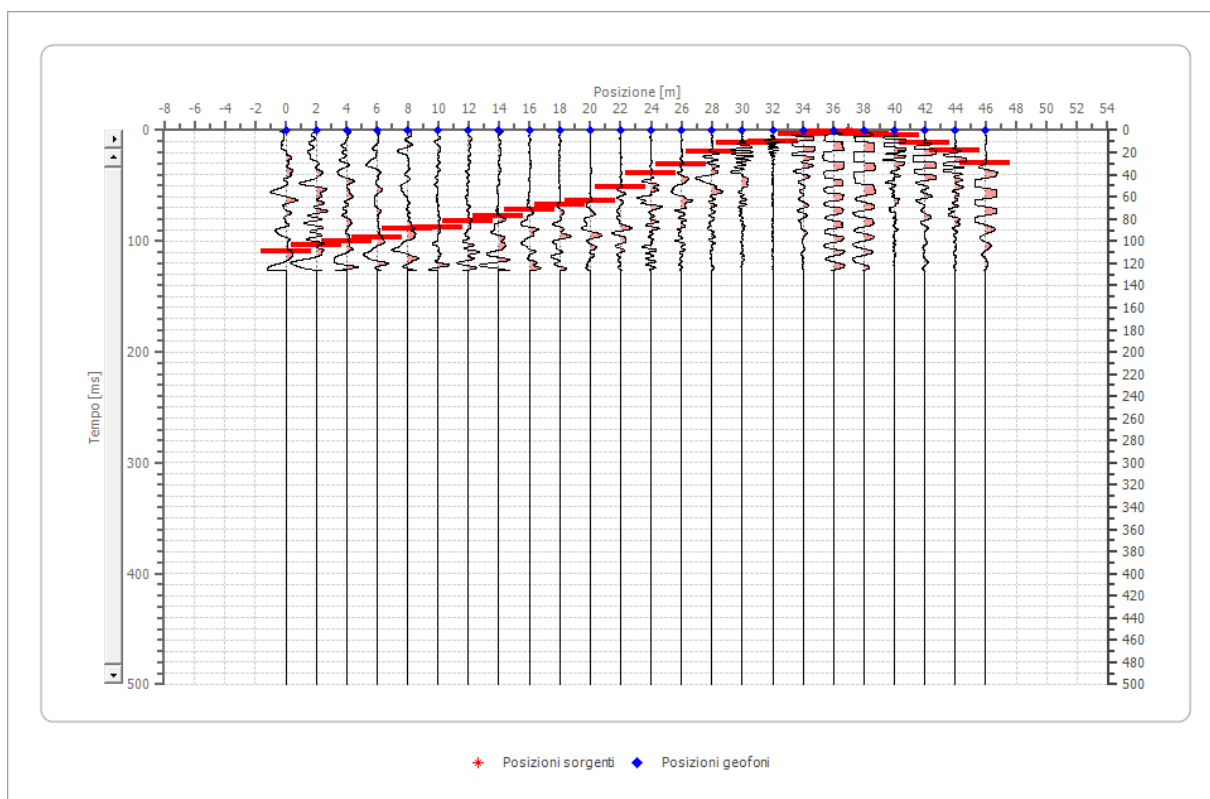


Shot 4 R8

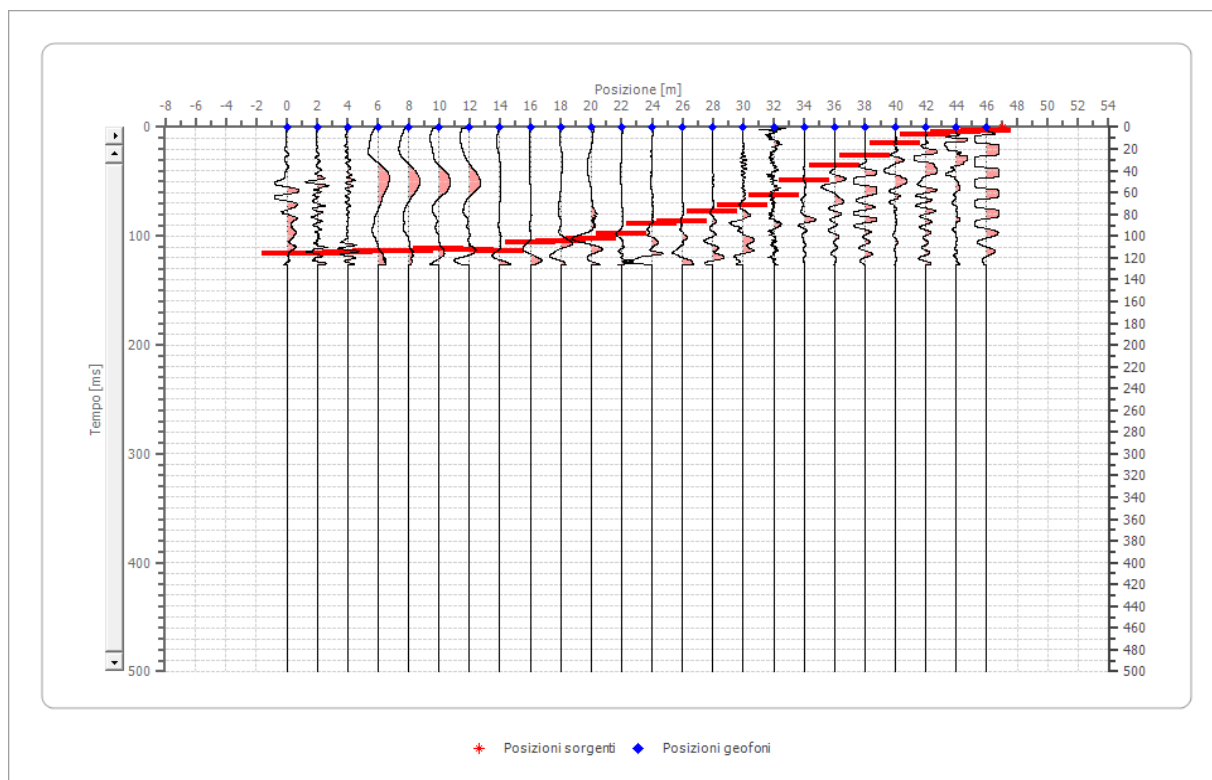




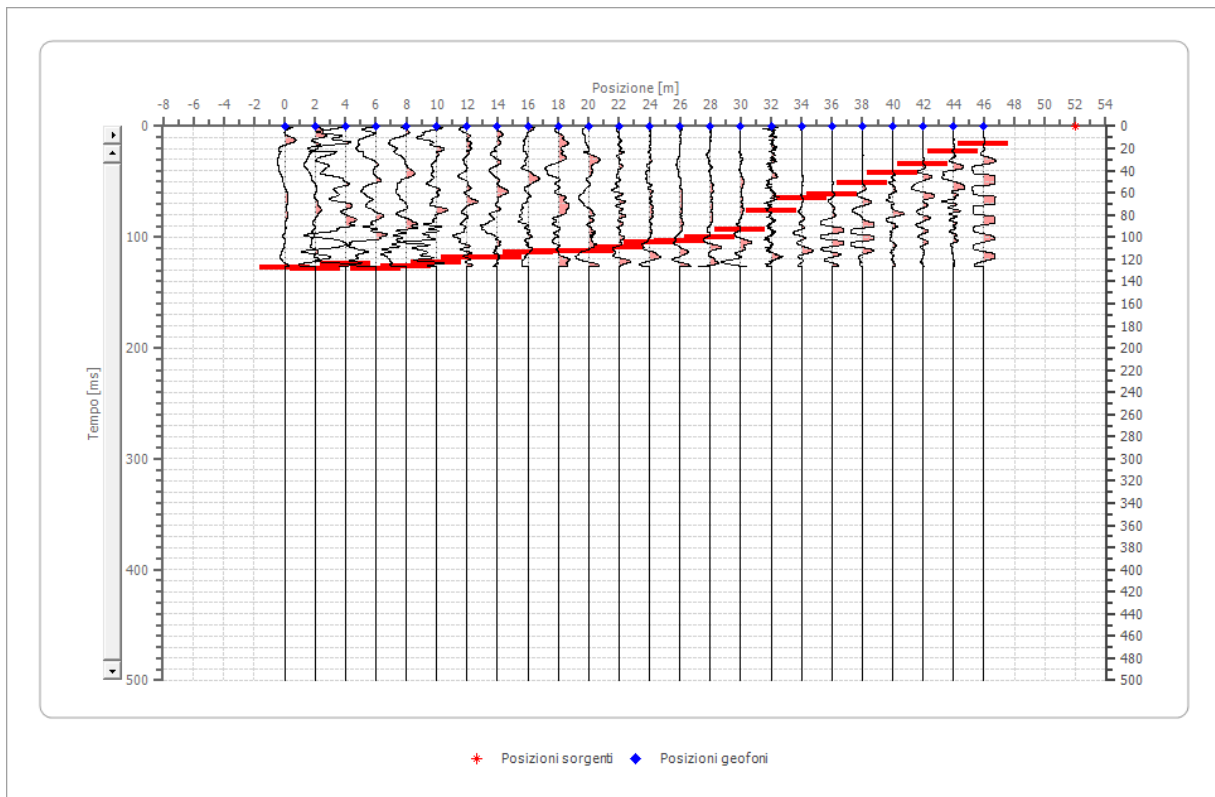
Shot 5 R8



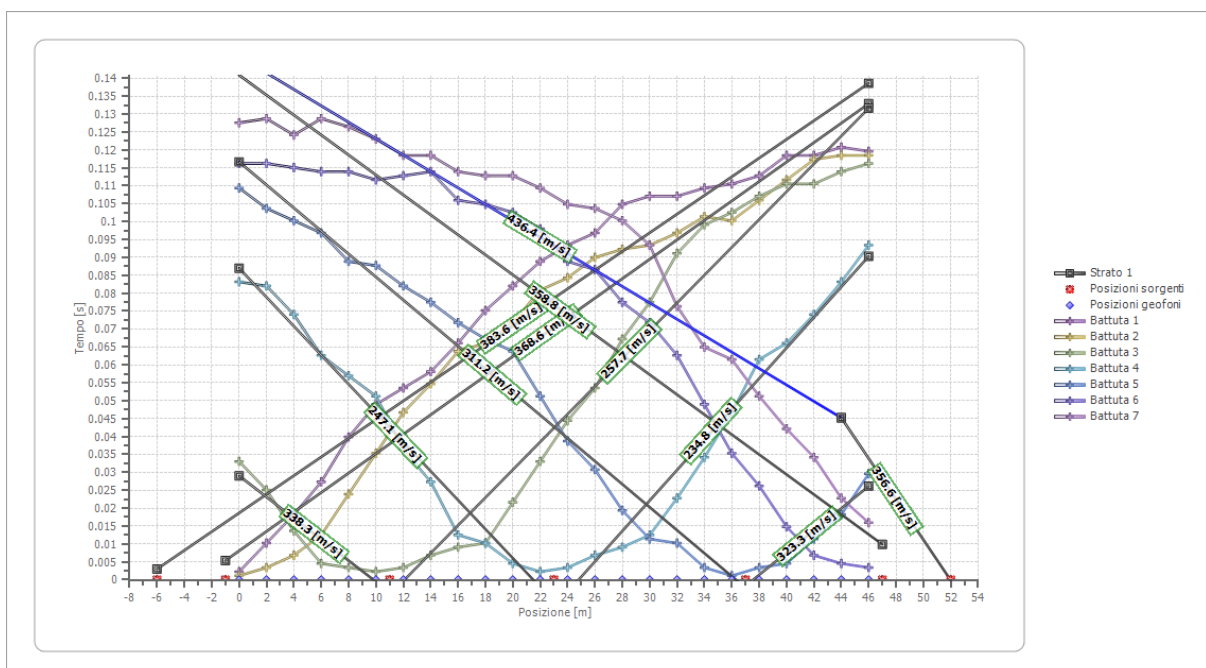
Shot 6 R8



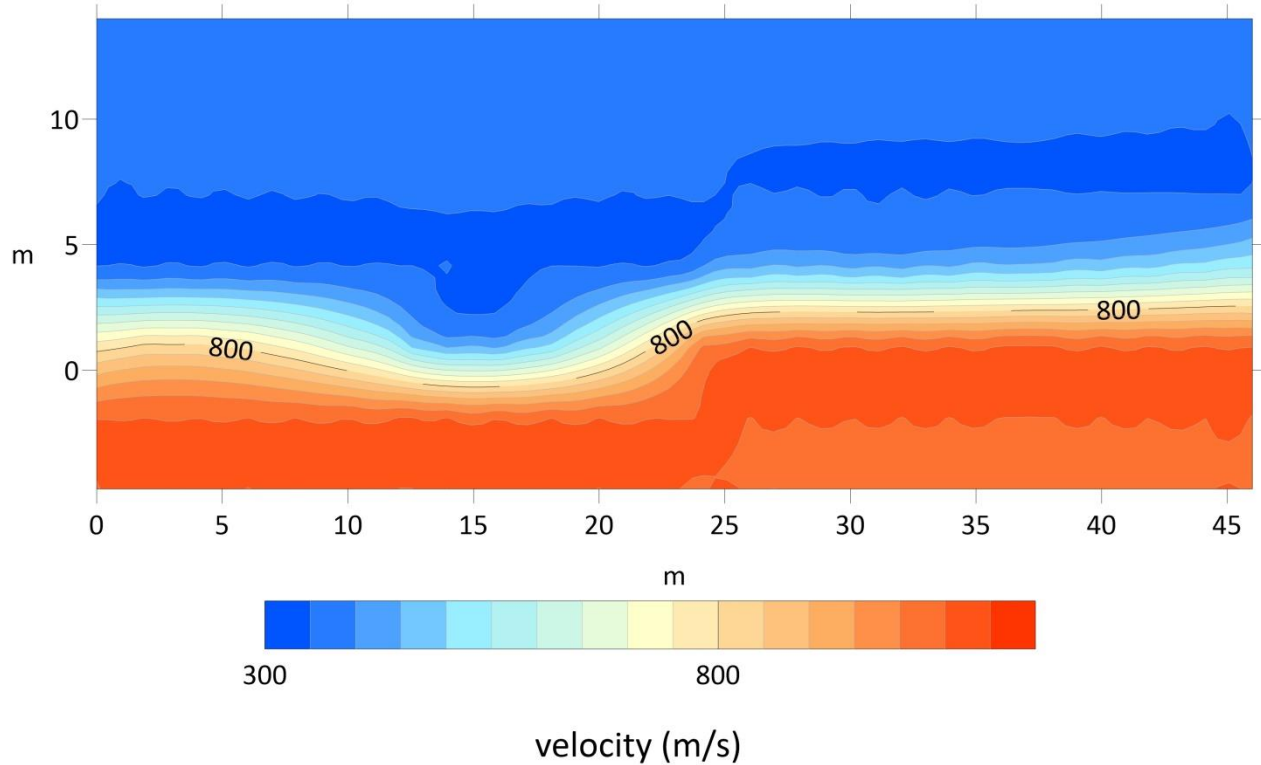
Shot 7 R8



Dromocrone



profilo 8



Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.30	0.35
Densità [kg/m ³]	1518.04	1676.35
Vp [m/s]	450.33	820.78
Vs [m/s]	235.56	390.09
G0 [MPa]	40.26	114.39
Ed [Mpa]	220.47	620.70
M0 [MPa]	134.20	381.31
Ey [Mpa]	108.71	308.86

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

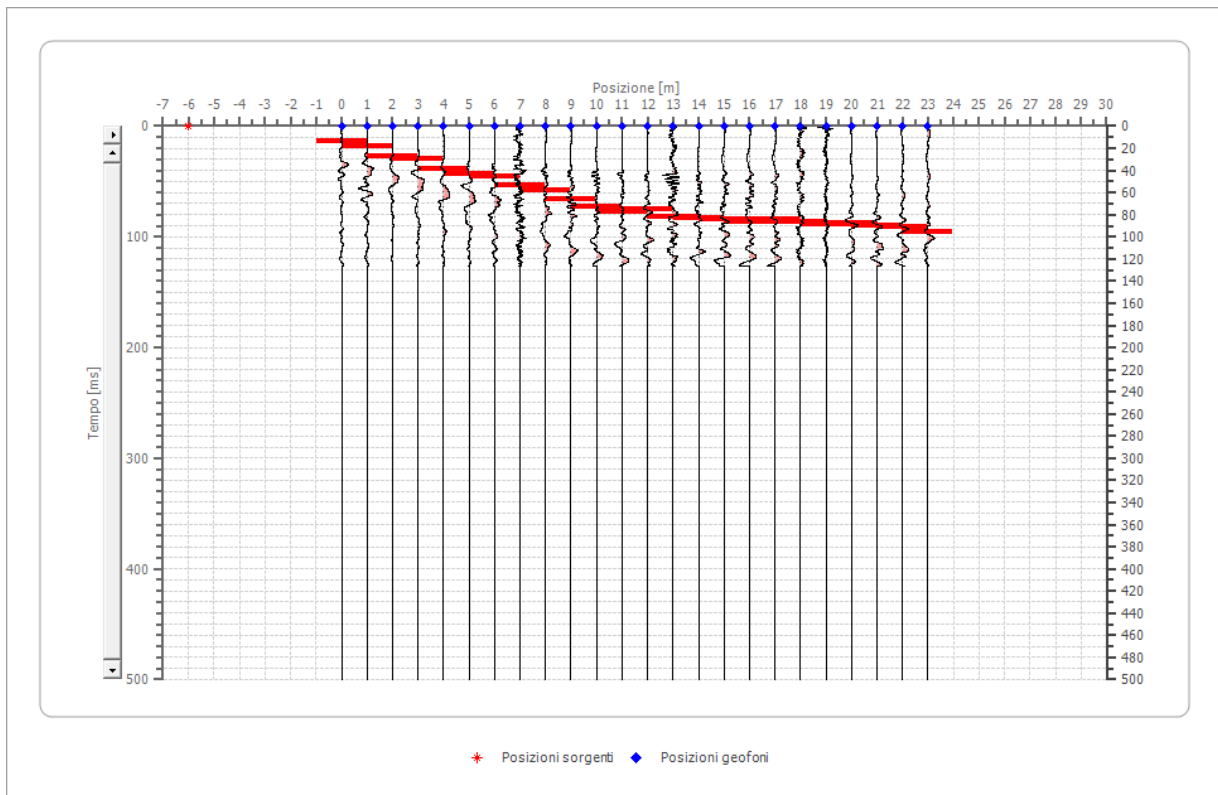
Ey: Modulo di Young;

1.9 Elaborazione Sismica a rifrazione R9

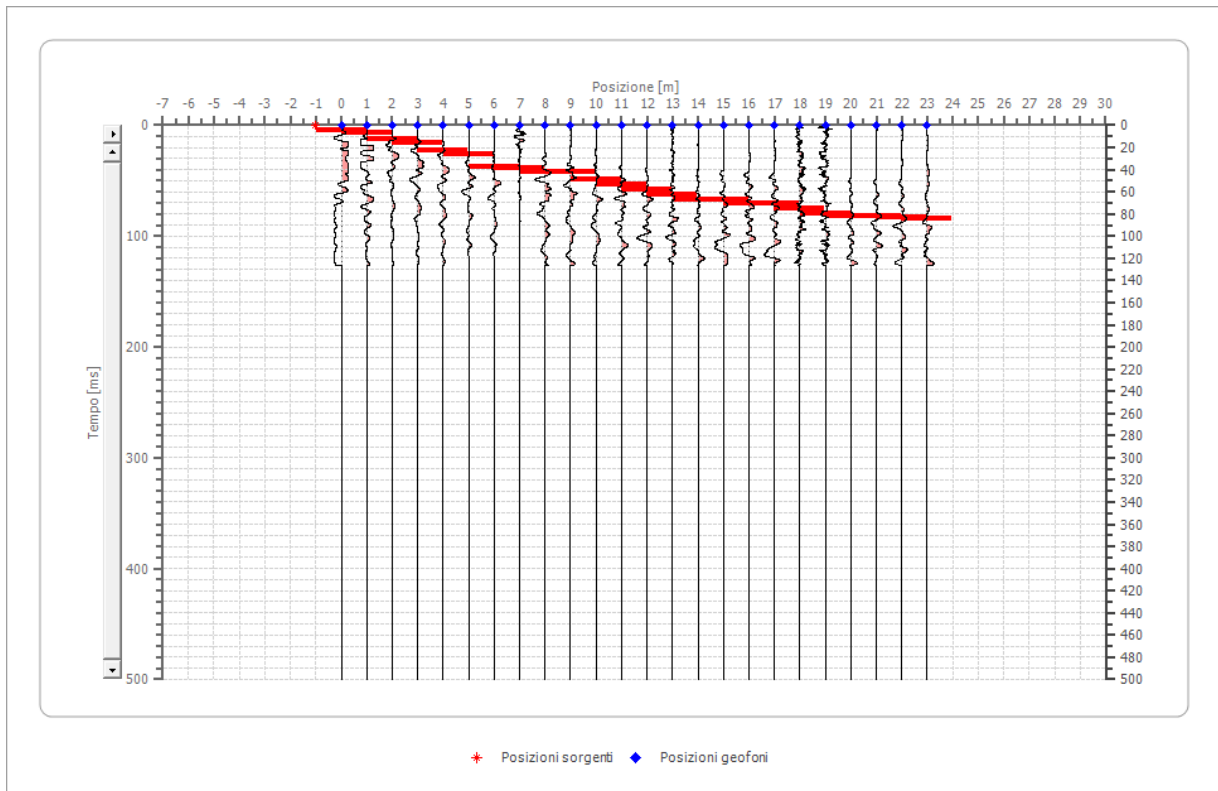
Geometria geofoni

	Posizione X [m]
1	0.0
2	1.0
3	2.0
4	3.0
5	4.0
6	5.0
7	6.0
8	7.0
9	8.0
10	9.0
11	10.0
12	11.0
13	12.0
14	13.0
15	14.0
16	15.0
17	16.0
18	17.0
19	18.0
20	19.0
21	20.0
22	21.0
23	22.0
24	23.0

Shot1 R9

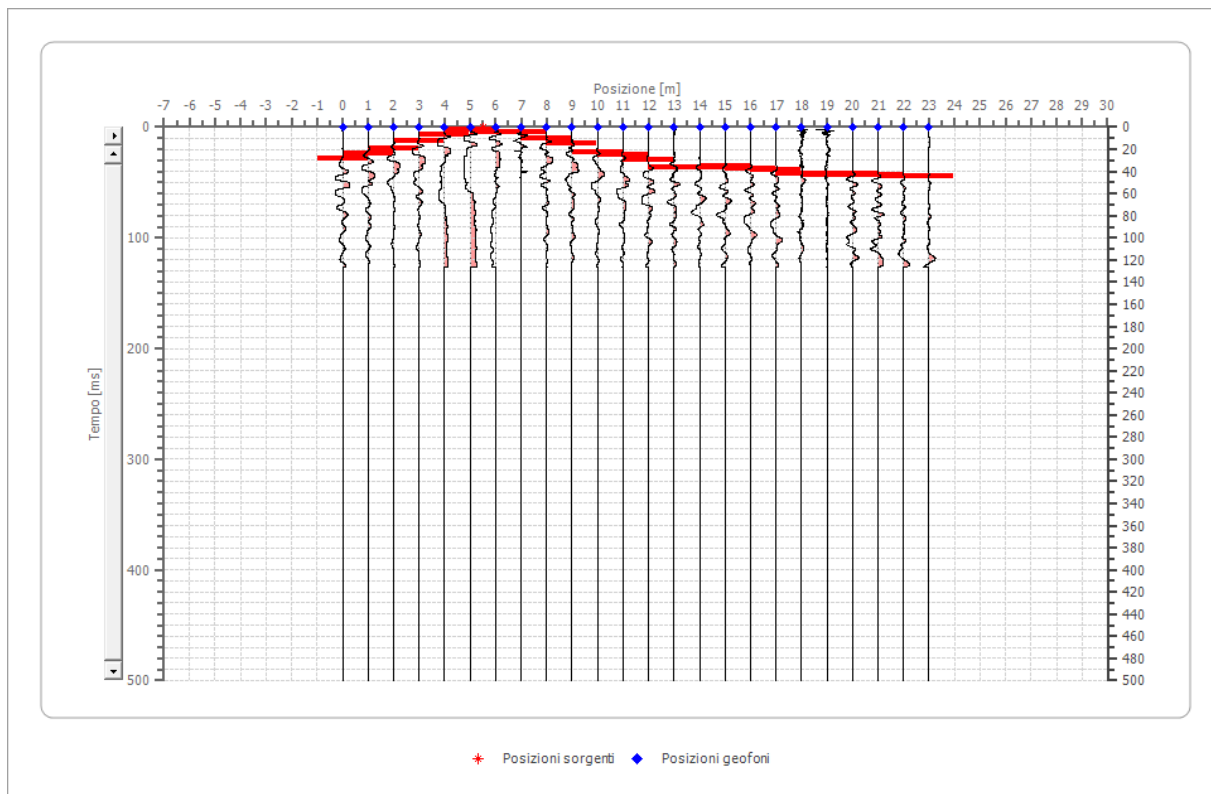


Shot 2 R9

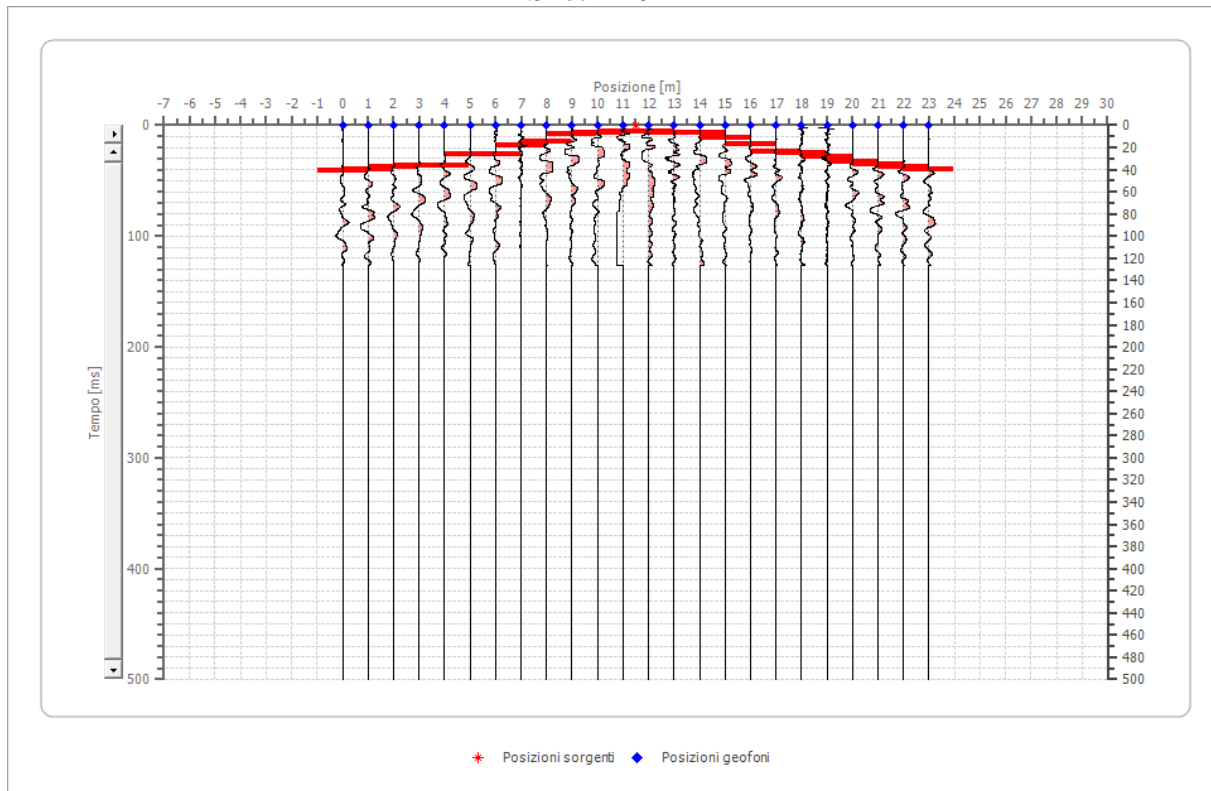




Shot 3 R9

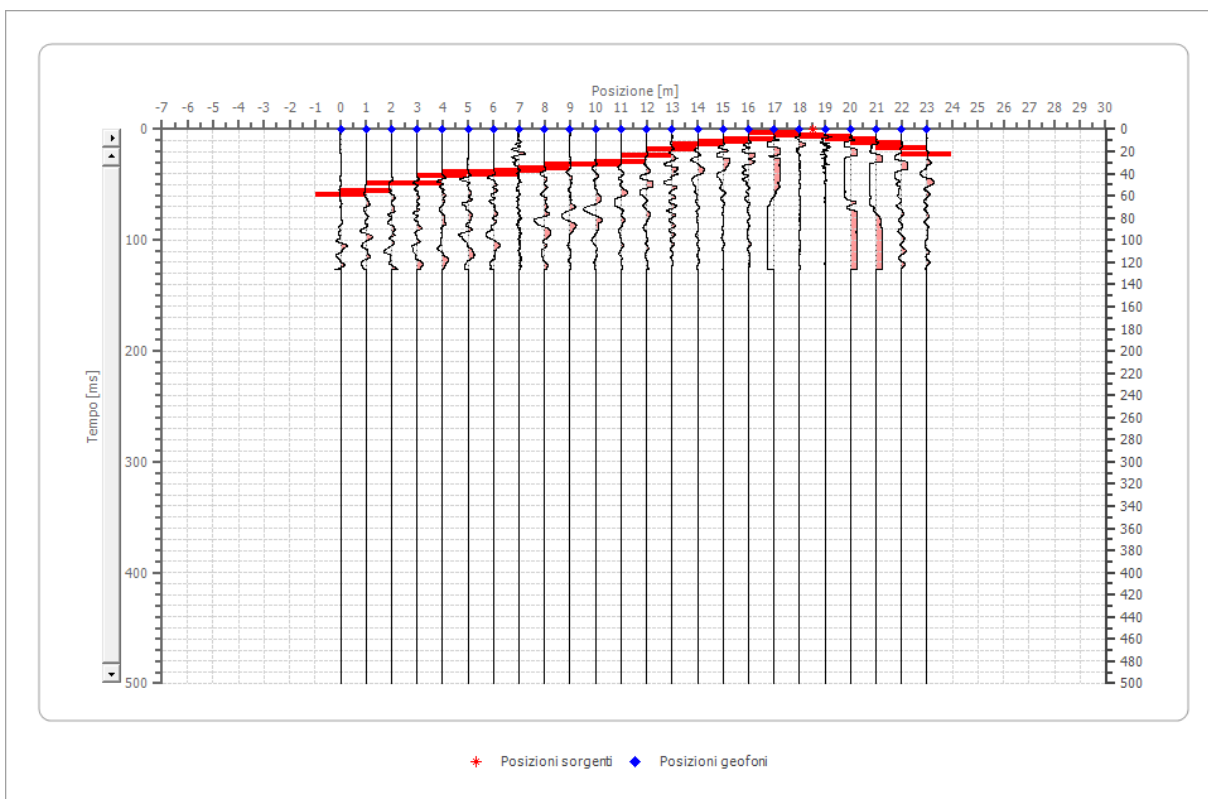


Shot 4 R9

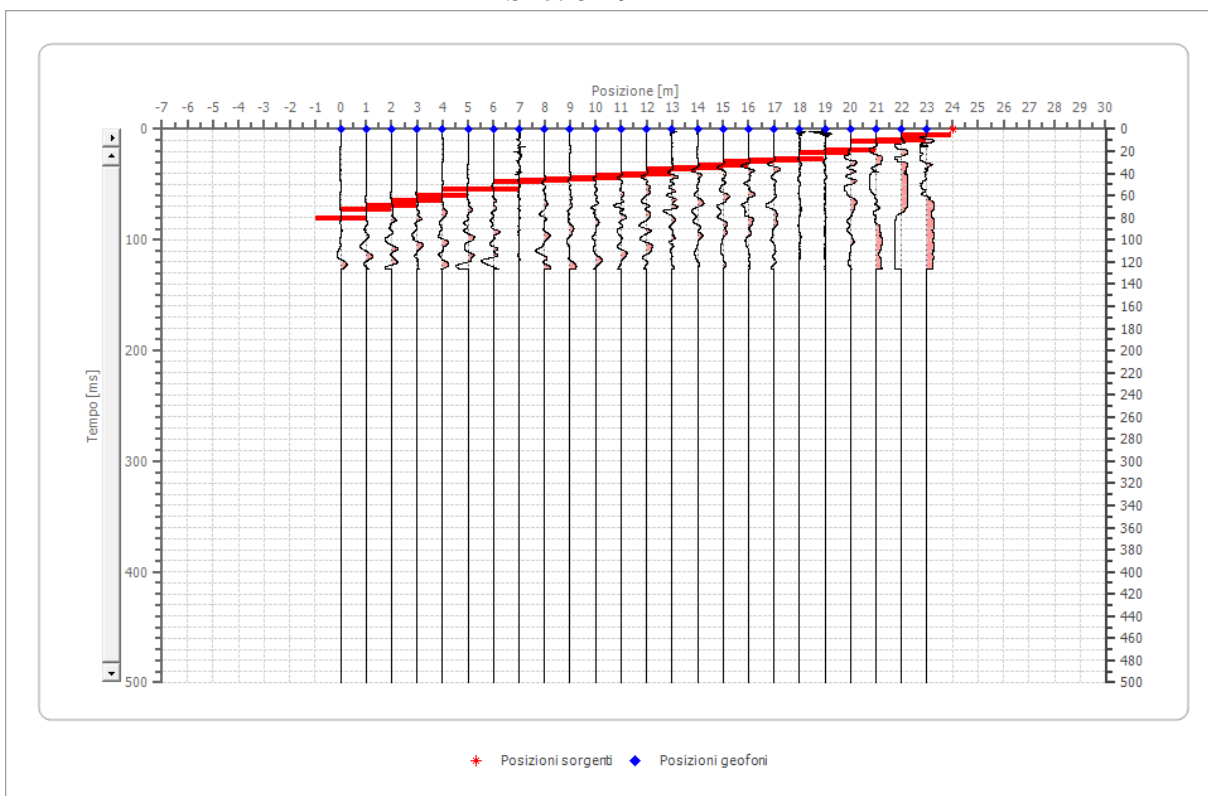




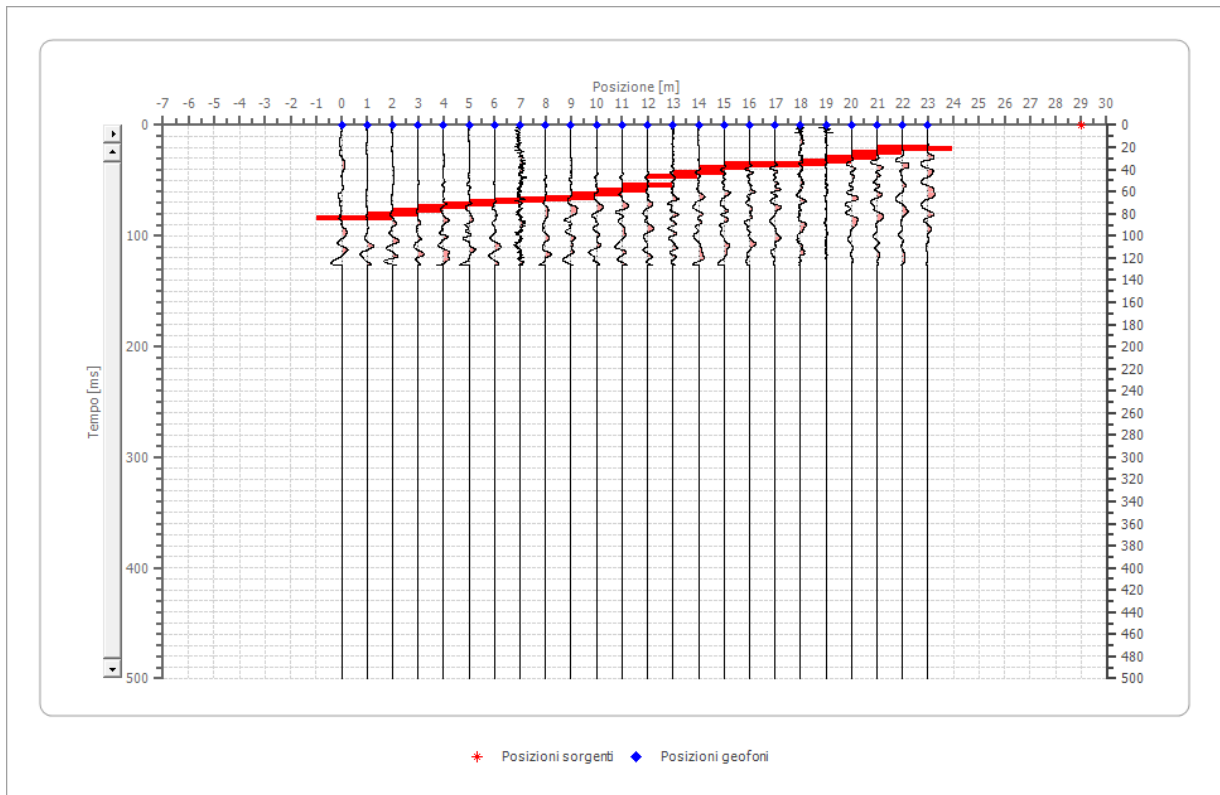
Shot 5 R9



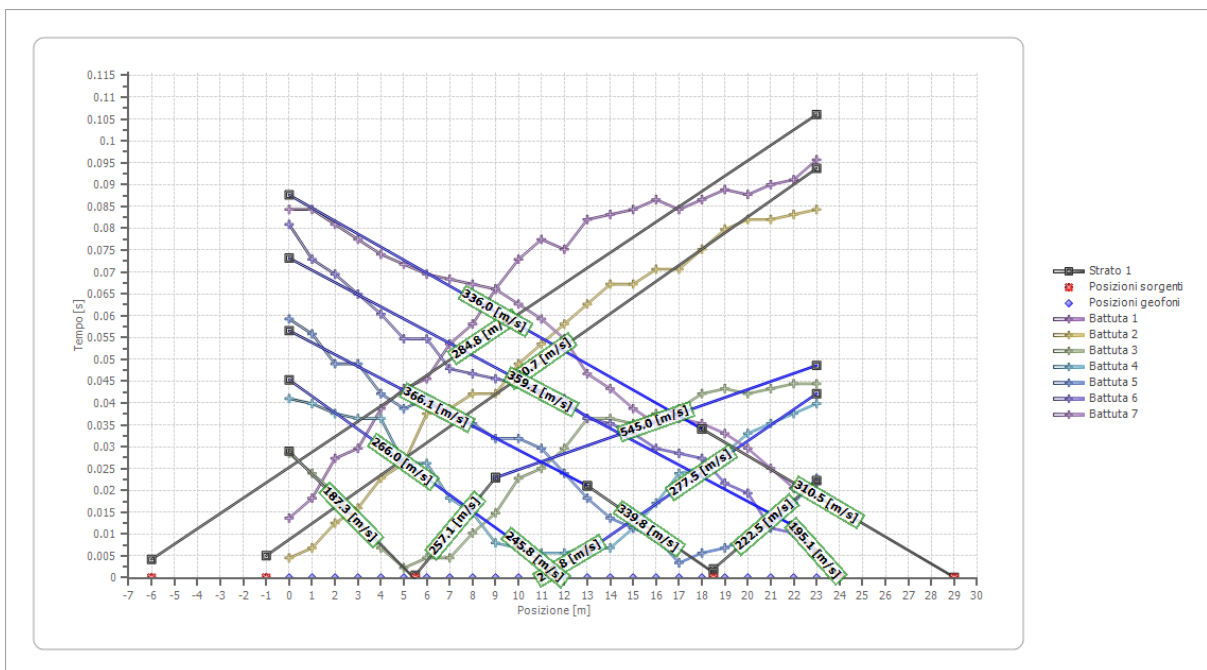
Shot 6 R9



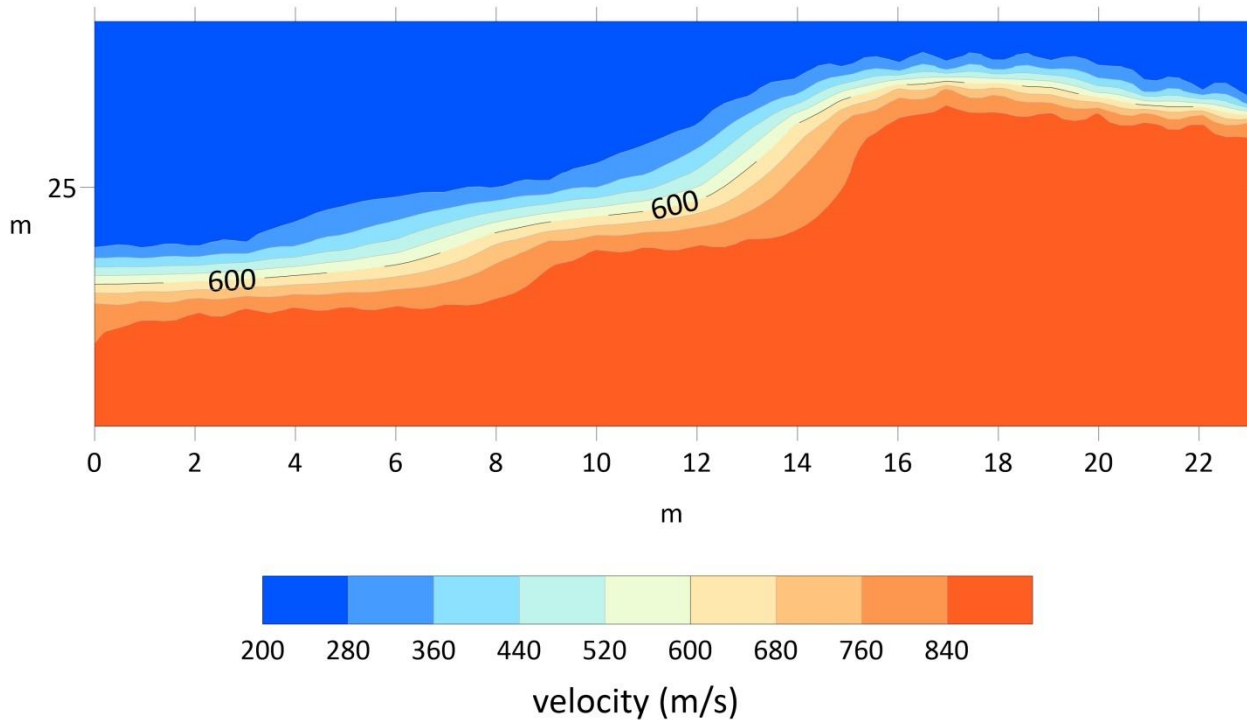
Shot 7 R9



Dromocrone



Profilo 9



Altri parametri geotecnici derivati

	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m ³]	1800.00	1900.00
Vp [m/s]	255.94	620.43
Vs [m/s]	122.95	330.73
G0 [MPa]	27.21	77.67
Ed [Mpa]	117.91	336.59
M0 [MPa]	90.70	258.92
Ey [Mpa]	124.46	209.72

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

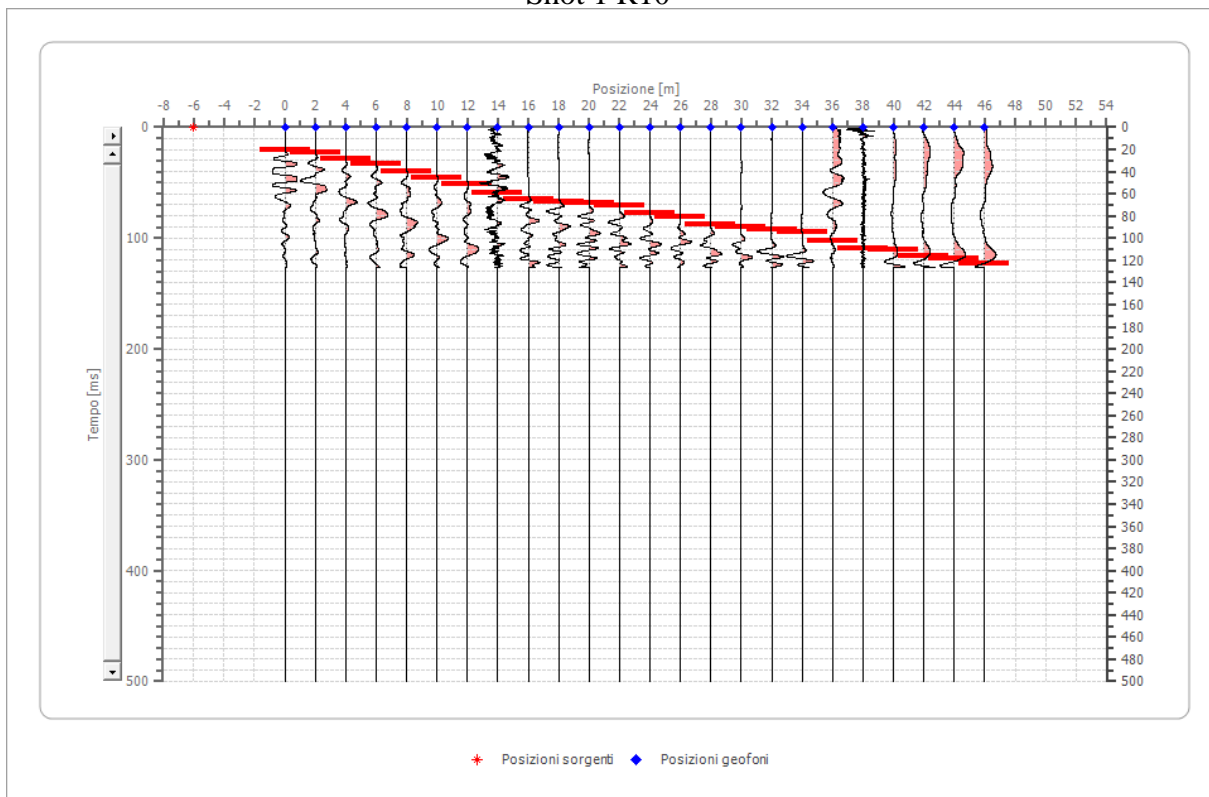
1.10 Elaborazione Sismica a rifrazione R10

Geometria geofoni

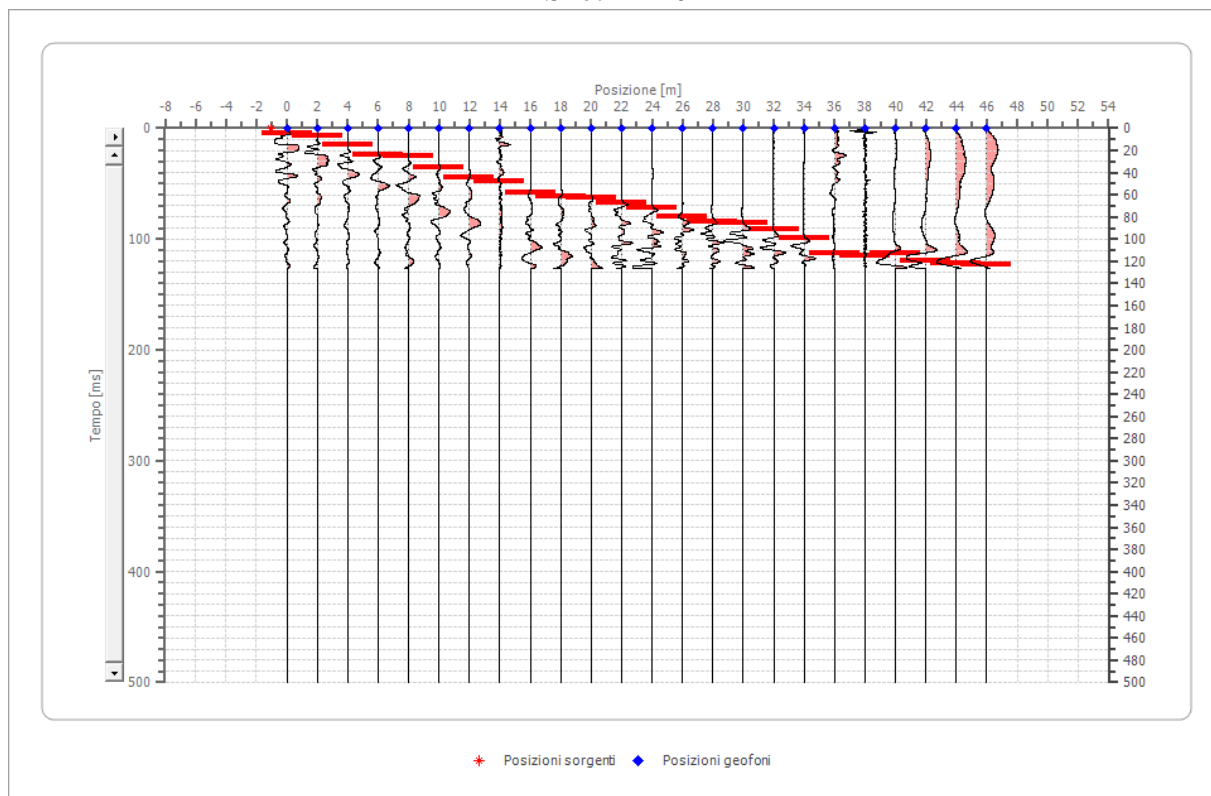
	Posizione X [m]
1	0.0
2	2.0
3	4.0
4	6.0
5	8.0
6	10.0
7	12.0
8	14.0
9	16.0
10	18.0
11	20.0
12	22.0
13	24.0
14	26.0
15	28.0
16	30.0
17	32.0
18	34.0
19	36.0
20	38.0
21	40.0
22	42.0
23	44.0
24	46.0



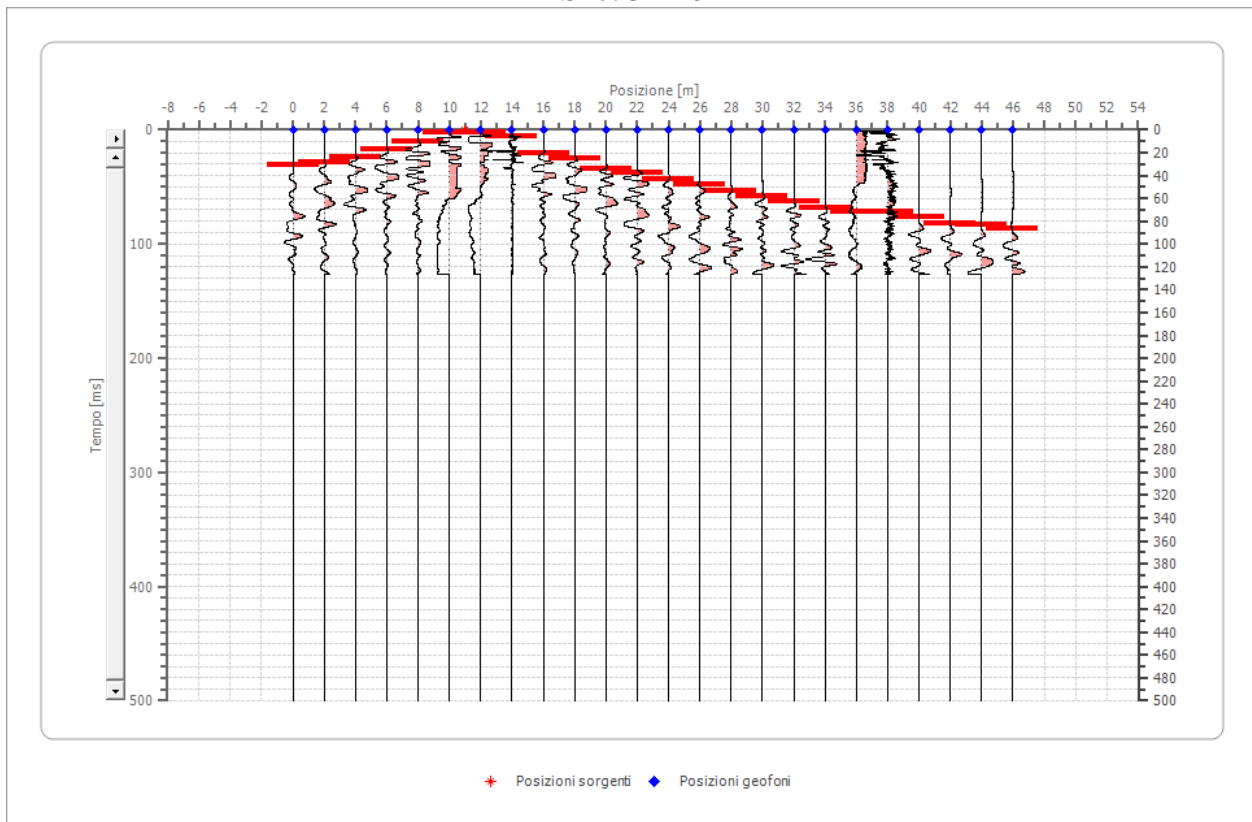
Shot 1 R10



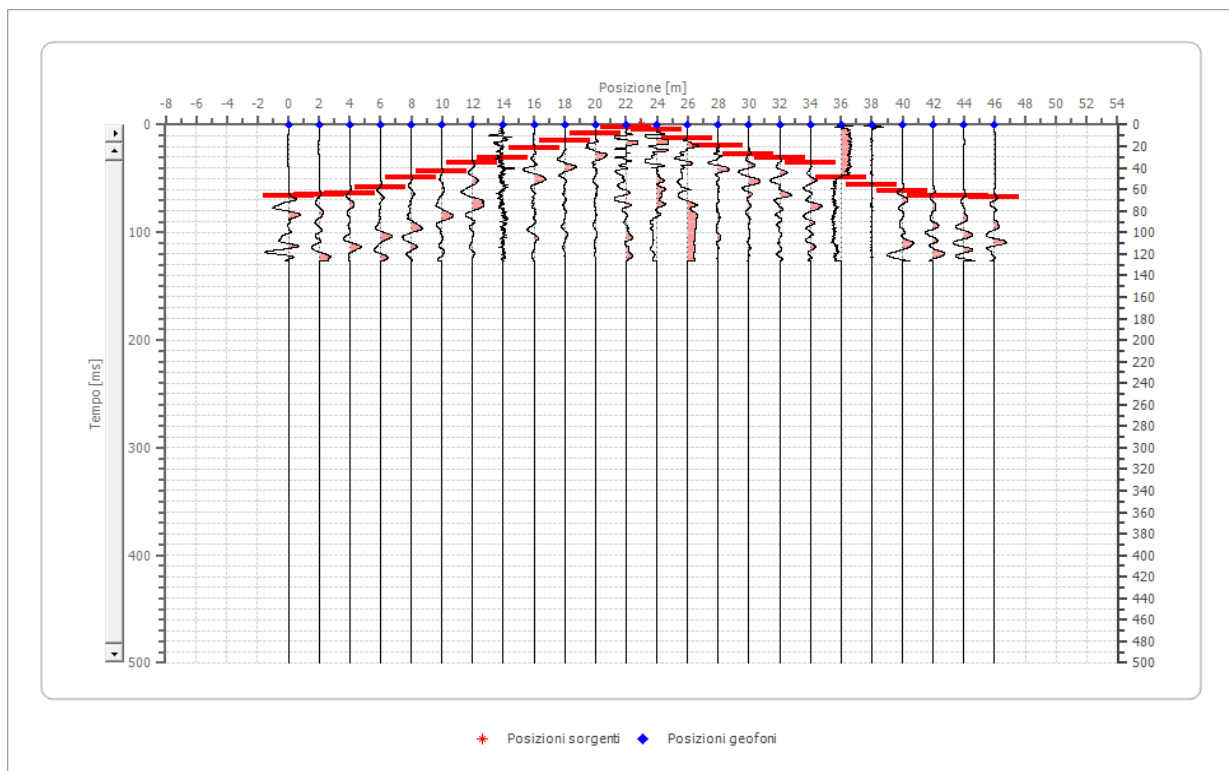
Shot 2 R10



Shot 3 R10

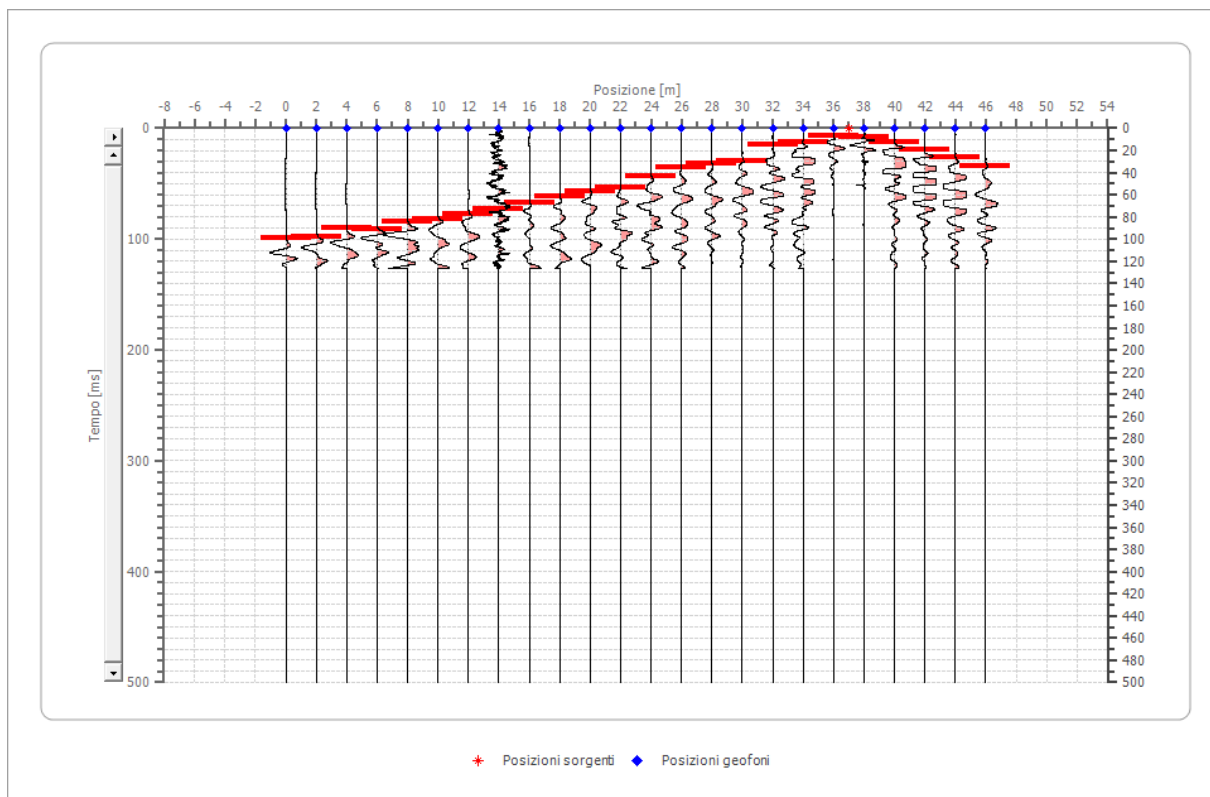


Shot 4 R10

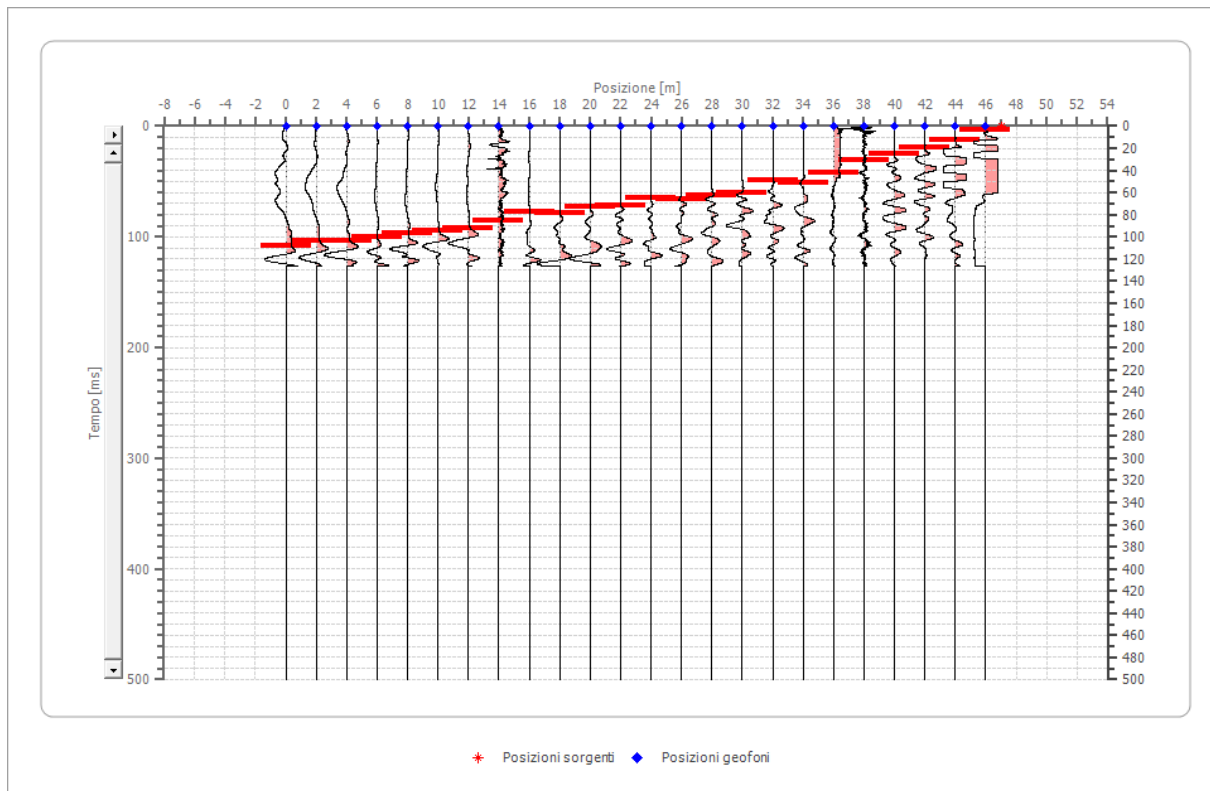




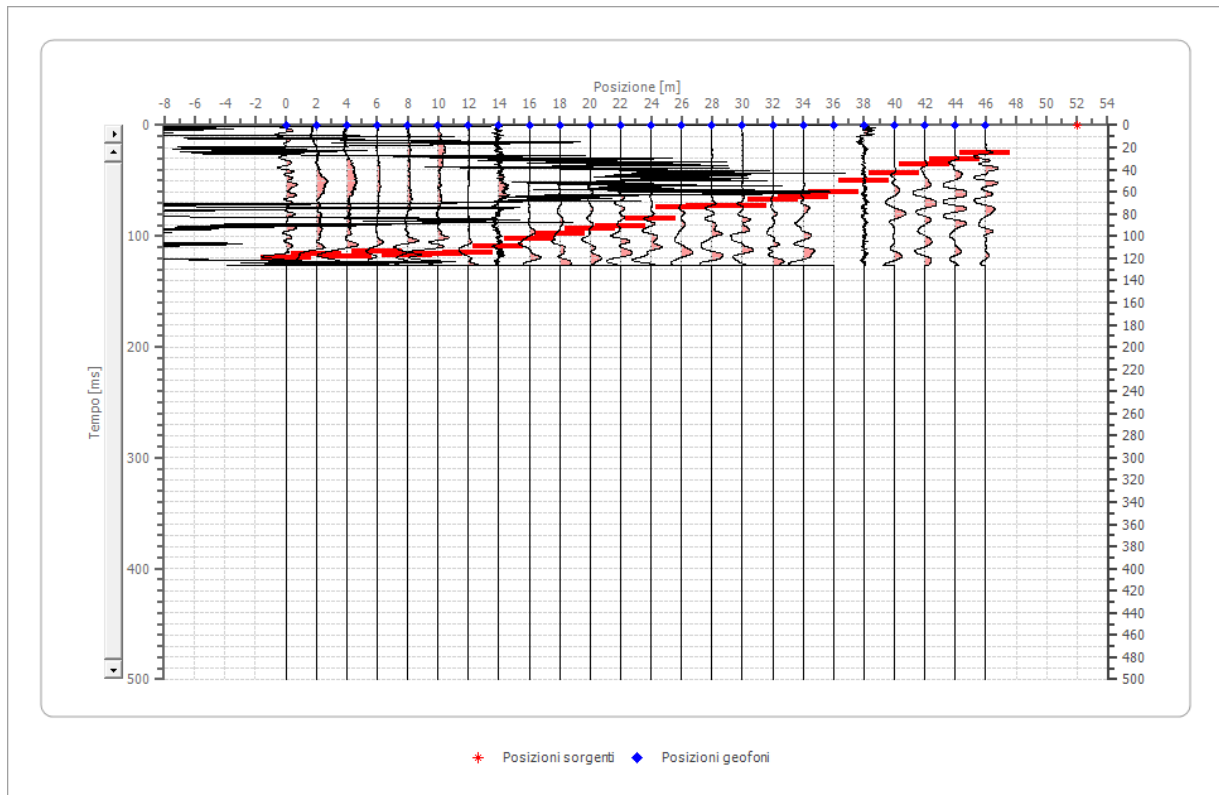
Shot 5 R10



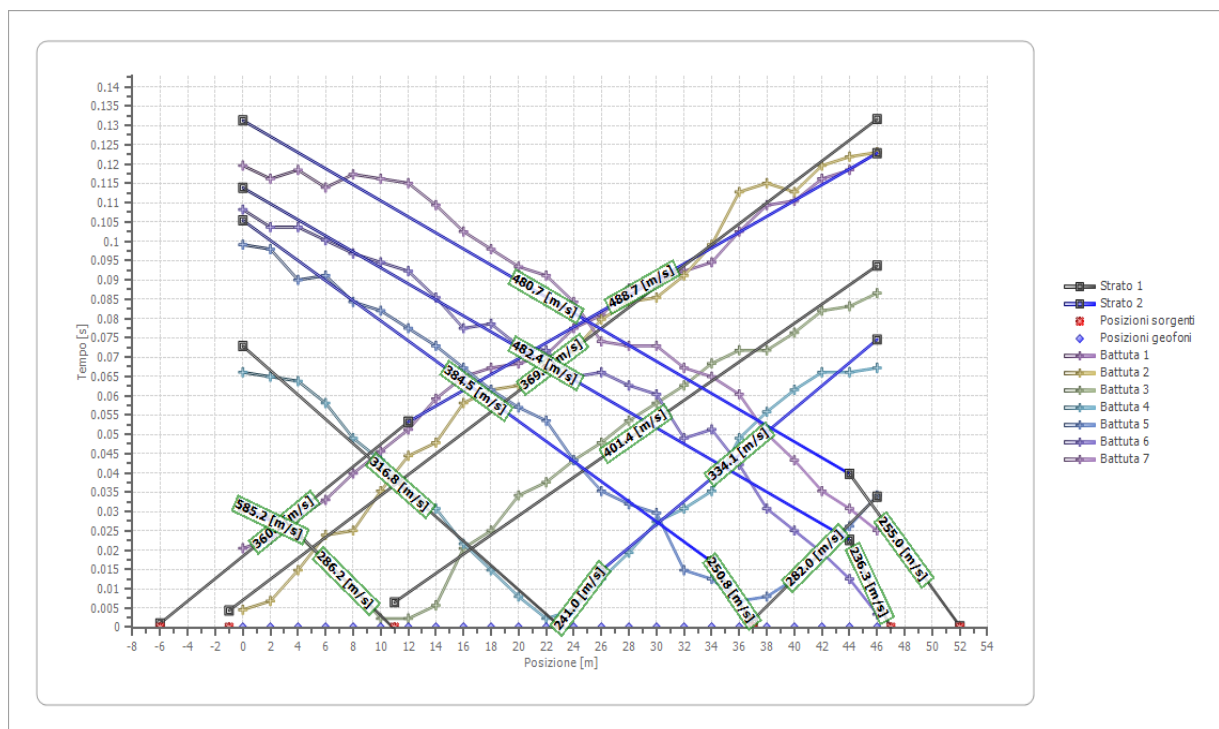
Shot 6 R10



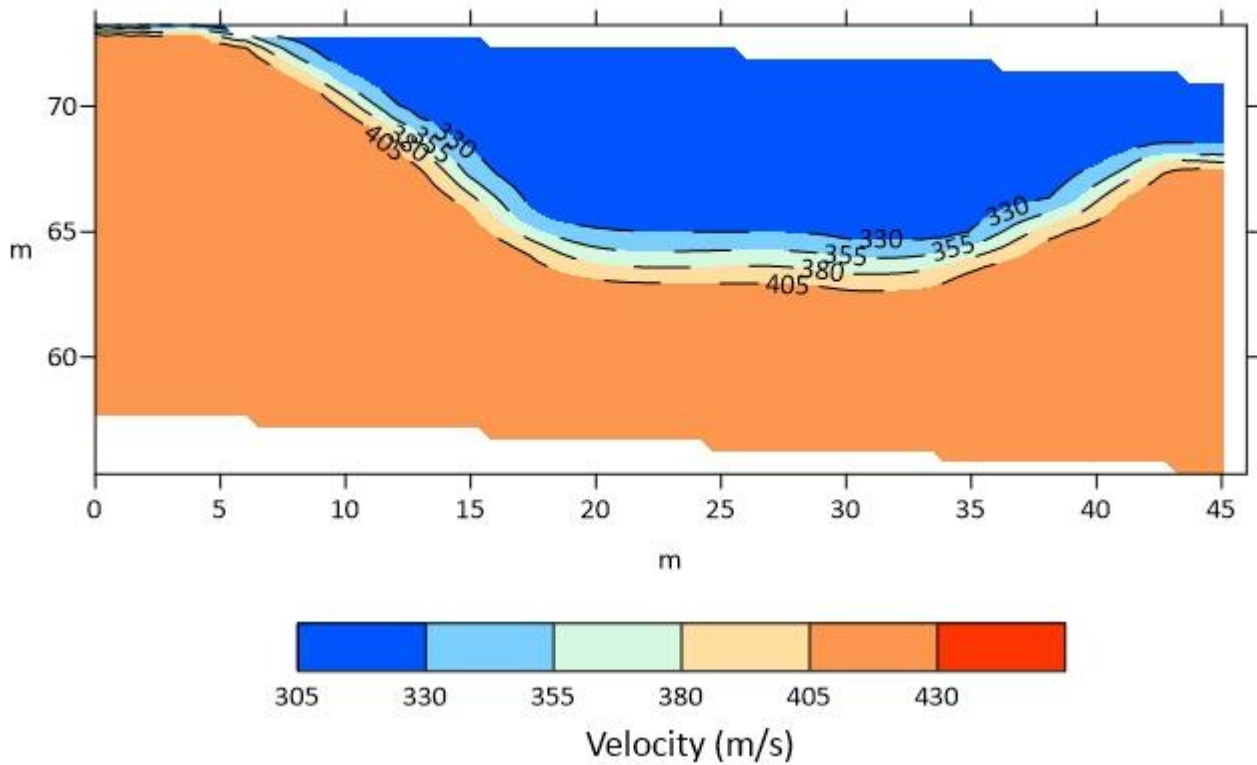
Shot 7 R10



Dromocrone



Profilo 10



Altri parametri geotecnici derivati

	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m ³]	1800.00	1800.00
Vp [m/s]	299.91	450.51
Vs [m/s]	144.07	294.72
G0 [MPa]	37.36	156.35
Ed [Mpa]	161.90	677.51
M0 [MPa]	124.54	521.16
Ey [Mpa]	100.88	422.14

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young



Stendimento rifrazione 1



Stendimento rifrazione 2



Stendimento rifrazione 3



Stendimento rifrazione 4



Stendimento rifrazione 5



Stendimento rifrazione 6



Stendimento rifrazione 7



Stendimento rifrazione 8



Stendimento rifrazione 9



Stendimento rifrazione 10

2 Considerazioni finale

Le indagini di sismica a rifrazione hanno consentito di individuare la profondità a cui si ritrova il substrato e di ricostruirne la geometria. Inoltre grazie a queste indagini si è venuto a conoscenza delle velocità sismiche delle onde P che hanno attraversato la stratigrafia sottostante gli stendimenti effettuati. Si ritrovano alcune discordanze tra i valori di velocità calcolati tramite l'inversione e i valori che si aspettava di ritrovare, queste discordanze possono essere dovute al fatto che gli stendimenti sono stati acquisiti in ambiente urbano e per questo hanno potuto rilevare un valore di rumore più alto, che ha potuto far sfalsare dal valore reale le velocità dei terreni incontrati. Inoltre, questi valori di velocità possono essere falsati anche da quello che è un limite della metodologia geofisica della sismica a rifrazione; come nel caso seguente. Quando l'onda si propaga in terreni con densità e impedenza acustica maggiori (90% dei casi sulla superficie terrestre) essa viene rifratta secondo l'angolo critico e il limite tra bedrock sismico e terreni di copertura diventa emettitore di fronti d'onda secondo il principio di Huygens; per questo tramite la metodologia della sismica a rifrazione si riesce a ricostruire proprio il suddetto limite. Nel caso in esame come dimostrato nei sondaggi e nelle prove DPSH scendendo in profondità prima del bedrock sismico si incontrano terreni a minore densità; questa caratteristica ha potuto falsare il dato di velocità delle onde acustiche emanate nel sottosuolo. Ma è da considerarsi veritiera la geometria del suddetto rifrattore.