

Provincia di Agrigento



Regione Sicilia



Provincia di Trapani



Comune di Menfi



Comune di Castelvetro



Comune di Sambuca di Sicilia



Comune di Montevago



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA DENOMINATO "MAGAGGIARO", POTENZA NOMINALE 49,6 MWdc DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI MENFI (AG) E CASTELVETRANO (TP) E RELATIVE OPERE CONNESSE ED INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI NEI COMUNI DI MENFI (AG), MONTEVAGO (AG), SAMBUCA DI SICILIA (AG) E CASTELVETRANO (TP).

DOC.19 – RELAZIONE GEOFISICA

Redatta ai sensi delle NTC 2018 – D. Lgs. 17.01.2018

Committente:

FRI-EL S.p.A.

Piazza della Rotonda, 2 - 00198 Roma (RM) - Italia

FRI-EL S.p.A.

I Tecnici			
	DR.GEOL.MICHELE OGNIBENE		
			
		Rev.00	
	Revisione	Data	
Descrizione	RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOFISICHE		
Commessa			

Sommario

1	INTRODUZIONE.....	2
2	INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE.....	3
2.1	Cenni sulla sismica a rifrazione.....	3
2.2	Strumentazione e tecniche utilizzate	7
3	INDAGINE DI SISMICA MASW	8
3.2	Cenni sulla metodologia di indagine	8
3.3	Strumentazione e tecniche utilizzate	11
4	RISULTATI DELLE INDAGINI DI SISMICA A RIFRAZIONE	12
4.1	Prospezione sismica a rifrazione Rz1	12
4.2	Prospezione sismica a rifrazione Rz2	20
4.3	Prospezione sismica a rifrazione Rz3	28
4.4	Prospezione sismica a rifrazione Rz4	36
4.5	Prospezione sismica a rifrazione Rz5	44
4.6	Prospezione sismica a rifrazione Rz6	52
4.7	Prospezione sismica a rifrazione Rz7	60
4.8	Prospezione sismica a rifrazione Rz8	68
5	RISULTATI DELLE INDAGINI DI SISMICA MASW	76
5.1	Indagine sismica MASW1	77
5.2	Indagine sismica MASW2	78
5.3	Indagine sismica MASW3	80
5.4	Indagine sismica MASW4	81
5.5	Indagine sismica MASW5	82
5.6	Indagine sismica MASW6	83
5.7	Indagine sismica MASW7	84
5.8	Indagine sismica MASW8	85
6	CONCLUSIONI	86

1. INTRODUZIONE

La Società FRI-EL SPA Con sede a Roma (RM) Piazza della Rotonda n°2 CAP 00189 intende realizzare nei comuni di Menfi (AG), Montevago (AG) e Castelvetro (TP) in località “Magaggiaro” un impianto per la produzione di energia elettrica con tecnologia eolica da realizzarsi, comprese le opere relative all’Impianto di Rete per la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN). Il progetto prevede l’installazione di N. 8 aerogeneratori aventi una potenza nominale di 6,2 MW, per una potenza complessiva totale di 49,6 MW.

La STMG prevede che l’impianto eolico venga collegato in antenna a 220 Kv con la stazione elettrica (SE) della RTN a 220 kv denominata “Sambuca”.

La società, per il proseguo dell’iter autorizzativo del progetto, ha incaricato il sottoscritto Dott. Geol. Michele Ognibene regolarmente iscritto all’Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia al n. 3003 Sez. A.

Il presente studio è stato condotto nel rispetto delle normative vigenti e in accordo al DM del 17/01/2018 e con attività di rilevamento geologico e geolitologico di dettaglio, sia dei terreni direttamente interessati, sia di quelli dell’immediato intorno nonché da quanto è stato possibile reperire dalla letteratura esistente su alcuni lavori di carattere geologico effettuati nell’area sempre dallo scrivente.

Sono state inoltre, consultate le carte tematiche relative alla Pericolosità e del Rischio Geomorfologico del P.A.I. (Piano stralcio di bacino per l’assetto idrogeologico) edite dalla Regione Sicilia con decreto Art.1 180/98.

Il piano di indagini in fase di progettazione definitiva ha previsto la realizzazione, ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto ai sensi del D.M. 17/01/2018, la realizzazione di n°8 stendimenti per indagine di sismica a rifrazione e n°8 stese sismiche per indagini di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) al fine di valutare sia la stratigrafia del sito e ricavare il parametro VSeq.

L’ubicazione delle indagini sono rappresentate tramite la carta delle indagini allegata al presente studio.

Dette indagini sono state realizzate in data 13/08/2021.

2. INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE

2.1 Cenni sulla Sismica 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 rifrattore). 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 λ , comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell. 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 λ , 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 . La formulazione matematica è:

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

Dove v_1 e v_2 sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità. Per $v_1 > v_2$ si ha che $\theta_i > \theta_r$ e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per $v_1 < v_2$ si ha che $\theta_i < \theta_r$ ed esiste un angolo limite di incidenza per cui $\theta_r = 90^\circ$ ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

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:

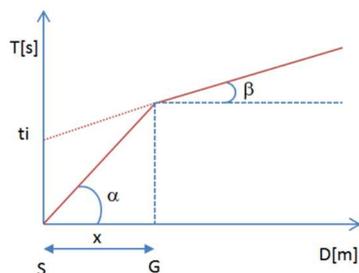
$$T = x_i / V_1$$

dove x_i è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

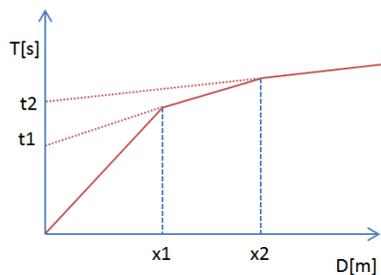
L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi- distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità V_1 del primo mezzo come:

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

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.



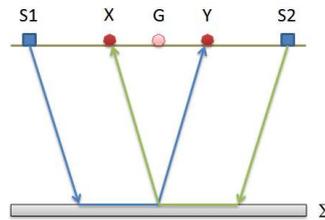
La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo t_i che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione. Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.



Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left(t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980. Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori. Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare **la funzione velocità** secondo l'equazione:

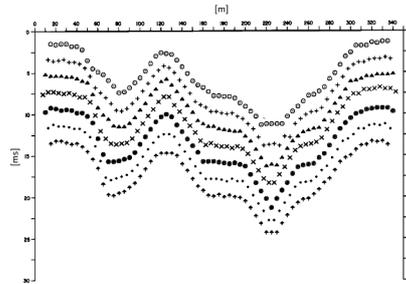
$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$

dove TS1Y e TS2X sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 a X e dalla sorgente S2 a Y mentre TS1S2 è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 e S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento. Tv è il tempo calcolato su un geofono G posto tra X e Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento. Il calcolo della funzione Tv viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l'XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal

coefficiente angolare. Per mezzo della **funzione tempo-profondità** è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1Y} + T_{S_2X} - \left(T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo- profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo. Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifrattore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h. Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa 20° .

2.2 Strumentazione e tecniche utilizzate

Le indagini sono state eseguite utilizzando il sismografo digitale della Sara electronic instruments® dotato di un sistema di acquisizione fino a 24 canali e convertitore A/D a 24 bit. La prova è stata realizzata mediante uno stendimento lineare, lungo un terreno di copertura, con n°16 trasduttori di velocità verticali (geofoni) con frequenza di vibrazione propria di 4,5Hz dotati di memoria e convertitori a/d in grado di digitalizzare il segnale già in corrispondenza del cavo (sismografo Do.Re.Mi); i canali a sua volta sono collegati ad un'unità di testa collegata ad un personal computer portatile. L'attrezzatura risulta, inoltre, dotata di un sistema di trigger che consiste in un geofono indipendente posto a fianco della piastra di battuta, che dà il segnale di start al sismografo; Nello stendimento i geofoni sono stati posizionati ad una distanza intergeofonica di 3 metri mentre l'acquisizione è stata effettuata con un tempo di registrazione $T = 256$ ms ed un intervallo di campionamento $\Delta t = 250 \mu s$. Per l'energizzazione è stata usata una mazza da 8 kg ed un piattello in PVC 20x20 cm; in tutto sono state effettuate numero 3 energizzazioni. Per ottenere una traccia con un buon rapporto segnale/rumore, sono state eseguite tre energizzazioni per ogni punto di battuta rispettivamente, tra l'8° e il 9° geofono. Inoltre ulteriori 3 battute poste a 3 metri dall'ultimo e dal primo geofono come da schema riportato in figure 2.2.1.

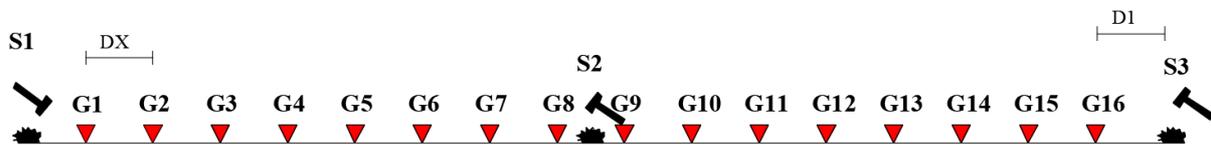


Fig. 2.2.1: Geometria tipo dello stendimento sismico.

Per l'ubicazione su stralcio planimetrico vedi la carta delle indagini.

3. INDAGINE DI SISMICA MASW

3.1 Cenni sulla metodologia di indagine MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- P-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- S-Trasversale: onda profonda di taglio;
- L-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- R-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale.

L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio $f-k$ è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times v$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

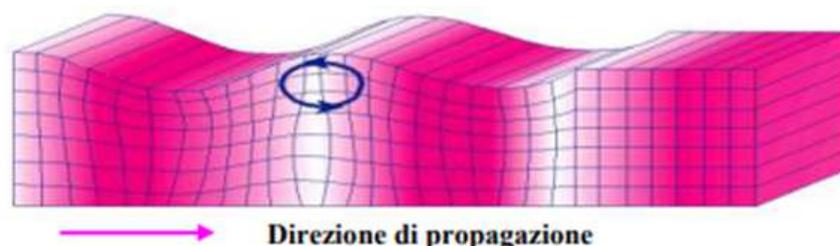
Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

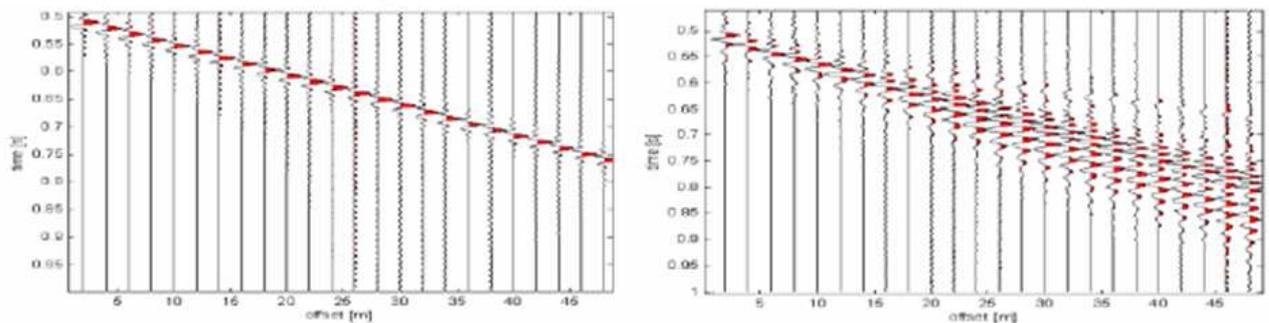
Il metodo si basa sul rilievo di onde di superficie (onde di Rayleigh); queste si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente e sono polarizzate in un piano verticale. In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera.

L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado alla direzione di propagazione delle onde che vengono così generate.

Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a $0.92V_s$. In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e $0.92 V_s$. La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).



La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_s , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati. Ciò consente, analizzando la variazione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che dipende dall'inverso della lunghezza d'onda), di determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite il processo d'inversione.

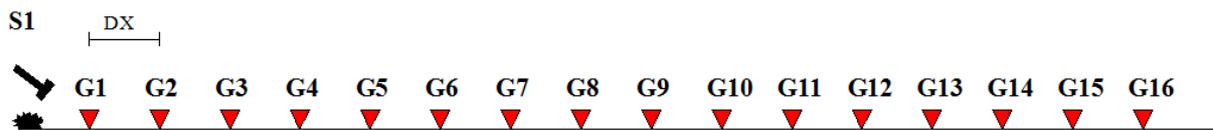


Il metodo MASW consente in genere di valutare le velocità di fase in un intervallo di frequenze tra 5 Hz e 70 Hz, permettendo quindi di indagare i primi 30 - 50 metri di terreno, in funzione della rigidità del suolo.

Una volta misurata in situ la velocità di fase (o curva di dispersione apparente) delle onde superficiali essendo questa funzione della velocità delle onde di taglio V_s (oltre che della natura del terreno e degli spessori degli strati) è possibile risalire al valore di queste ultime attraverso un processo d'inversione, in genere attraverso una procedura automatica tramite software che variando opportunamente spessore degli strati e velocità V_s cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale della velocità di fase misurata in situ e la curva numerica elaborata. In genere quando l'errore relativo tra curva sperimentale e curva numerica è inferiore al 10% il profilo di velocità delle onde di taglio V_s rappresenta una soluzione potenzialmente valida.

3.2 Strumentazione MASW e tecniche utilizzate

La strumentazione utilizzata è composta da: un acquisitore a 24 canali della SARA Electronics Instruments® a 16 bit (registratore DOREMI), 16 geofoni a frequenza di 4.5 Hz e da un personal computer. Come sistema di energizzazione è stata utilizzata una mazza di 8 kg battente su un piattello in pvc. L'indagine MASW è stata realizzata predisponendo uno stendimento lineare di 16 metri di lunghezza con 16 geofoni a 4.5 Hz equidistanziati di 3 metri. Per l'acquisizione dei dati sono state effettuate ripetute energizzazioni disposte alle estremità del profilo ad una distanza di 3 metri dal primo geofono come da schema allegato.



I dati sono stati elaborati tramite il software Easy Masw. L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "f-k" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica. In questo grafico è possibile distinguere il "modo fondamentale" delle onde di superficie. Sullo spettro di frequenza viene eseguito un "picking" attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze. Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione del modello interpretativo. Variando la geometria del modello di partenza ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon "fitting" con i valori sperimentali.

I risultati grafici dell'elaborazione sono allegati alla presente relazione.

4. RISULTATI DELLE INDAGINI DI SIMICA A RIFRAZIONE

La metodologia utilizzata nella prospezione di sismica a rifrazione consta di diverse fasi di elaborazione. Preliminarmente, sono stati individuati nei sismogrammi i primi arrivi corrispondenti alle onde dirette e rifratte. Dopo aver rilevato i tempi dei primi arrivi sono state tracciate le dromocrone nel diagramma distanza-tempo. Per la ricostruzione del modello sismostratigrafico è stato utilizzato il software Easy Refract, adottando il Metodo Reciproco Generalizzato (GRM), che si basa sulla ricerca, nel diagramma tempi-distanze, di una distanza intergeofonica XY ottimale; tale che i raggi generati in punti opposti arrivino al geofono posto in X e quello posto in Y a partire dallo stesso punto del rifrattore.

4.1 Prospezione sismica a rifrazione Rz1

Il modello di terreno ricavato dal processo di elaborazione della sismica a rifrazione Rz1 ha messo in evidenza la presenza, nei primi 10-12 metri, di un solo orizzonte rifrattore ben definito. Tale interfaccia si presenta con aspetto lievemente ondulato ma nell'insieme con andamento sub-parallelo rispetto alla traccia della superficie topografica. In definitiva sono stati quindi individuati n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche Vp differenti (Fig. 4.1.1).

- 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione Vp, nell'ordine di 545,94 m/s, indicative di un orizzonte costituito da terreni mediamente addensati. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta variabile e mediamente valutabile in circa 2,5 metri.

- 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una Vp di 1002,93 m/s; tale valore, medio, è compatibile con terreni di natura tenera moderatamente consistenti afferenti alle calcareniti di Marsala poco cementate intercalate a livelli sabbioso-argillose.

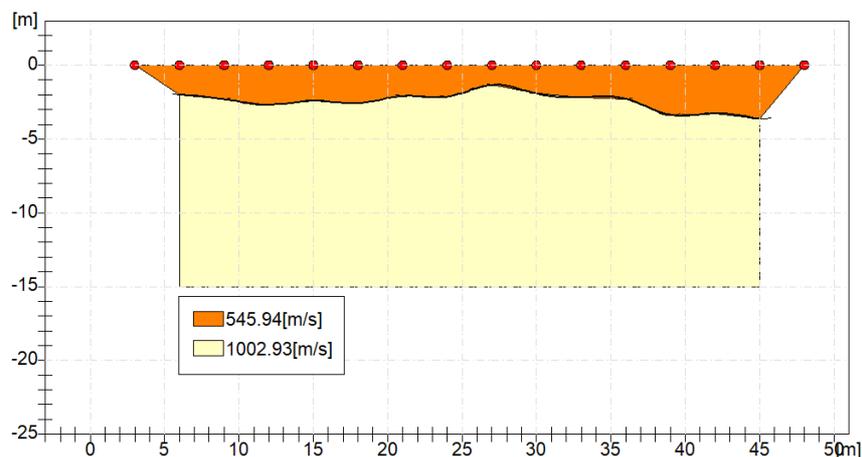


Fig. 4.1.1: Sismostratigrafia desunta dall'indagine Rz1.

Dal punto di vista sismo-stratigrafico è possibile ipotizzare una correlazione fra la sismostratigrafia e la litostratigrafia, occorre comunque rilevare che quasi mai un sismostrato corrisponde perfettamente con un litostrato. Tale ipotesi è inclusa nella Sintesi dei risultati riportata di seguito (Tab.4.1.1):

Tabella 4.1.1 – Sintesi dei risultati dell'indagine sismica Rz1.

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m dal p.c.)	Vs	CORRELAZIONI GEO-LITOLOGICHE
1	Da 0 a -2,5	262.26	Terreno agrario e porzione alterata limo-sabbiosa mediamente consistente.
2	Da 2,5 a 10-12	481.79	Calcareniti di Marsala poco cementate intercalate a livelli sabbioso-argillose.

ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE Rz1

Geometria geofoni

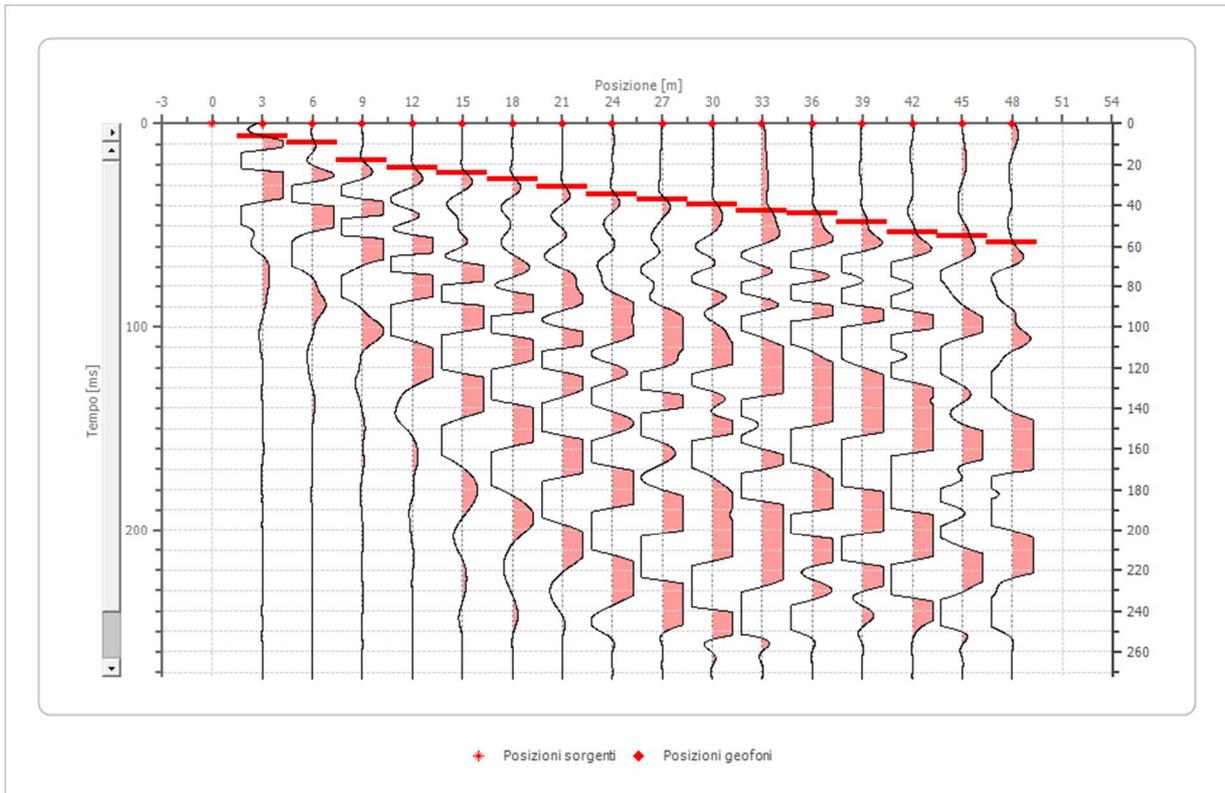
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	3.0	0.0
2	6.0	0.0
3	9.0	0.0
4	12.0	0.0
5	15.0	0.0
6	18.0	0.0
7	21.0	0.0
8	24.0	0.0
9	27.0	0.0
10	30.0	0.0
11	33.0	0.0
12	36.0	0.0
13	39.0	0.0
14	42.0	0.0
15	45.0	0.0
16	48.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente X 0 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

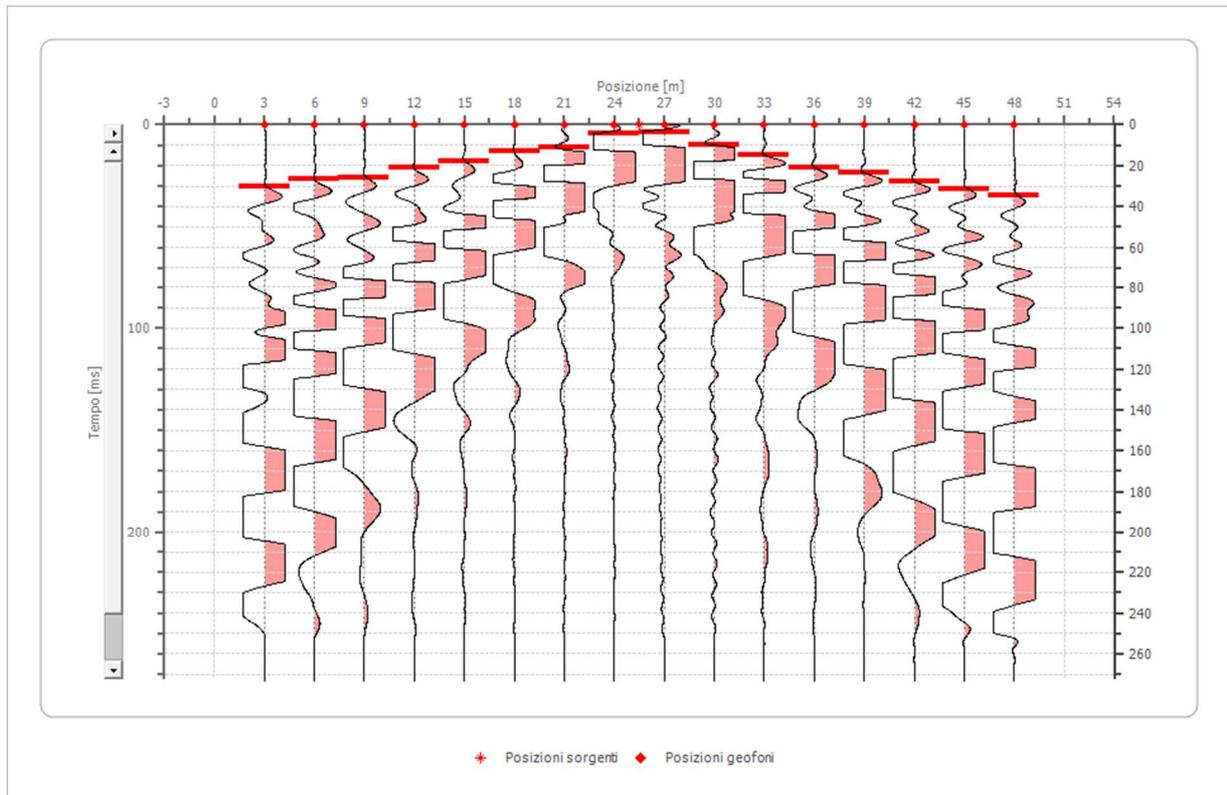


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
3.0	6.1843
6.0	9.2764
9.0	17.9344
12.0	21.6450
15.0	24.1187
18.0	27.2109
21.0	30.9215
24.0	34.6320
27.0	37.1058
30.0	39.5795
33.0	42.6716
36.0	43.9085
39.0	48.2375
42.0	53.1849
45.0	55.0402
48.0	58.1323

Battuta 2

Posizione sorgente X 26 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

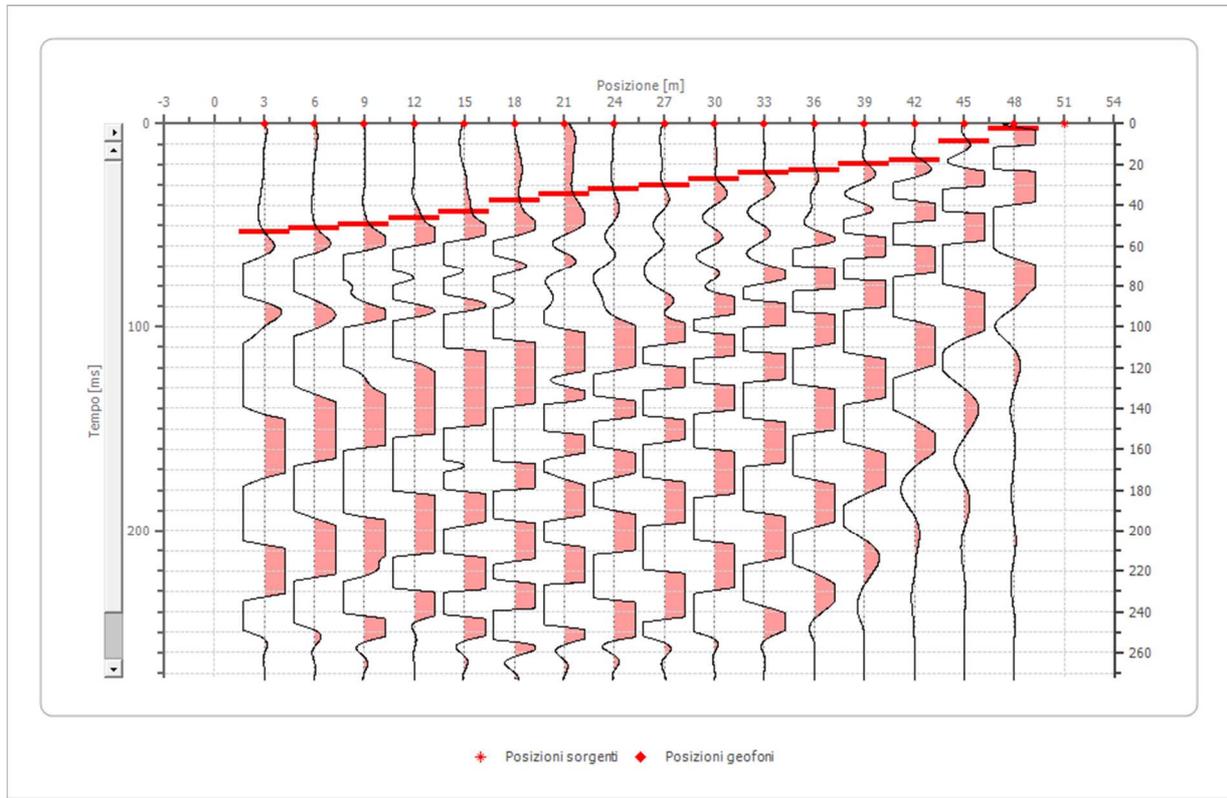


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
3.0	30.3030
6.0	26.5925
9.0	25.9740
12.0	21.0266
15.0	17.9344
18.0	12.9870
21.0	11.4409
24.0	4.3290
27.0	4.0198
30.0	10.2041
33.0	14.5331
36.0	21.0266
39.0	23.5003
42.0	27.8293
45.0	31.5399
48.0	34.3228

Battuta 3

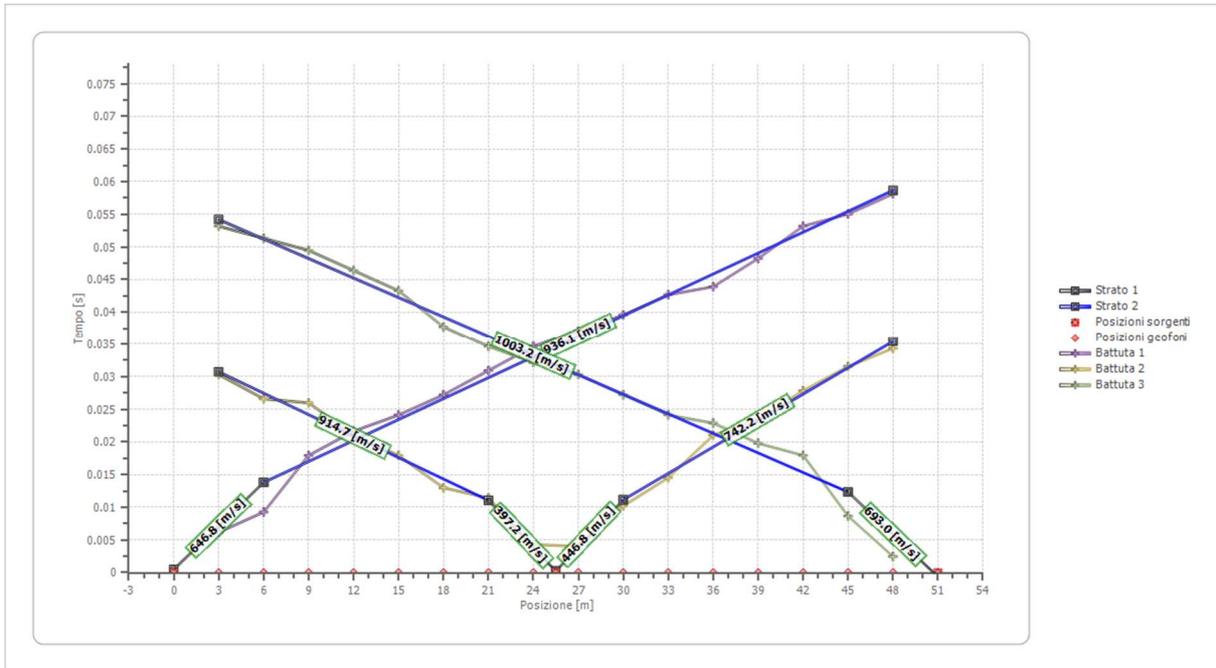
Posizione sorgente X 51 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

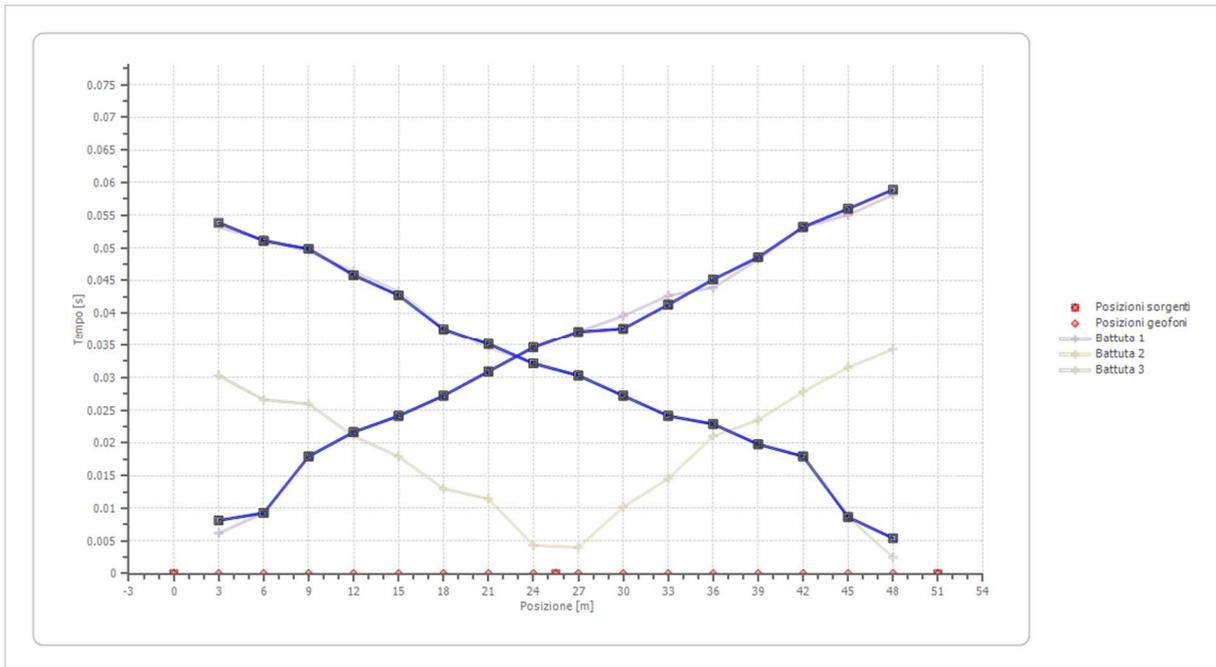


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
3.0	53.1849
6.0	51.3296
9.0	49.4743
12.0	46.3822
15.0	43.2900
18.0	37.7242
21.0	34.6320
24.0	32.1583
27.0	30.3030
30.0	27.2109
33.0	24.1187
36.0	22.8819
39.0	19.7897
42.0	17.9344
45.0	8.6580
48.0	2.4737

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.R.M.

XY: 6

	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 6.0 [m]	2.0	--
G= 9.0 [m]	2.3	--
G= 12.0 [m]	2.7	--
G= 15.0 [m]	2.4	--
G= 18.0 [m]	2.6	--
G= 21.0 [m]	2.1	--
G= 24.0 [m]	2.1	--
G= 27.0 [m]	1.3	--
G= 30.0 [m]	1.9	--
G= 33.0 [m]	2.2	--
G= 36.0 [m]	2.3	--
G= 39.0 [m]	3.4	--
G= 42.0 [m]	3.3	--
G= 45.0 [m]	3.6	--
Velocità [m/sec]	545.9	1002.9
Descrizione		

Altri parametri geotecnici

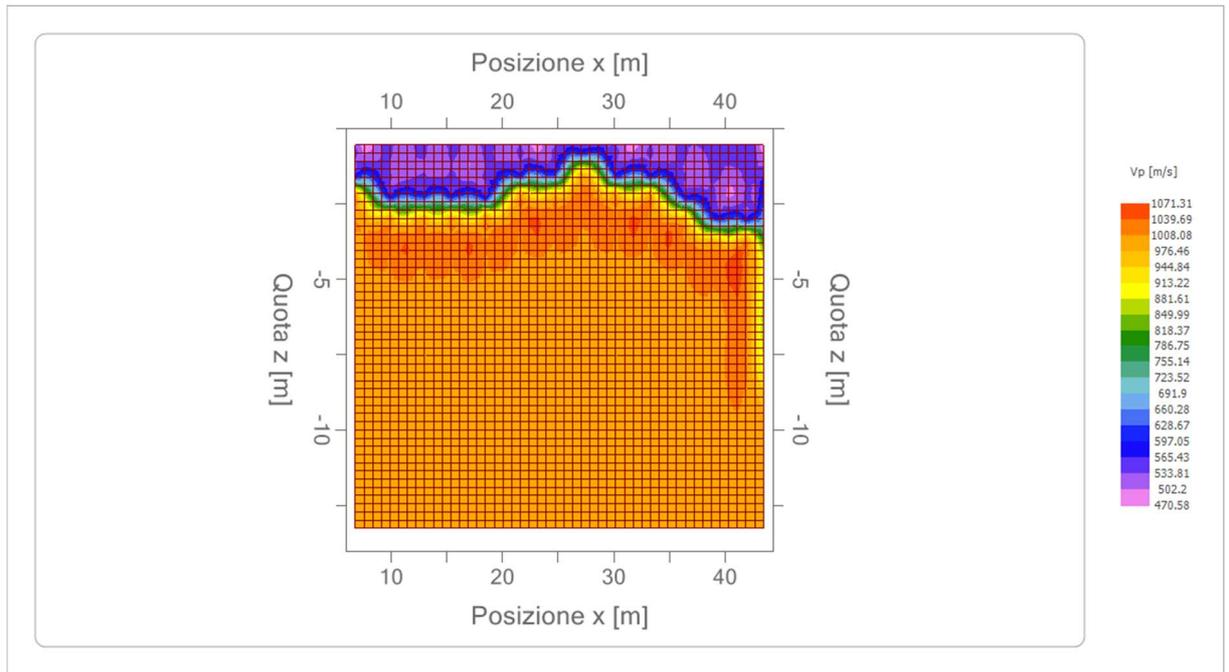
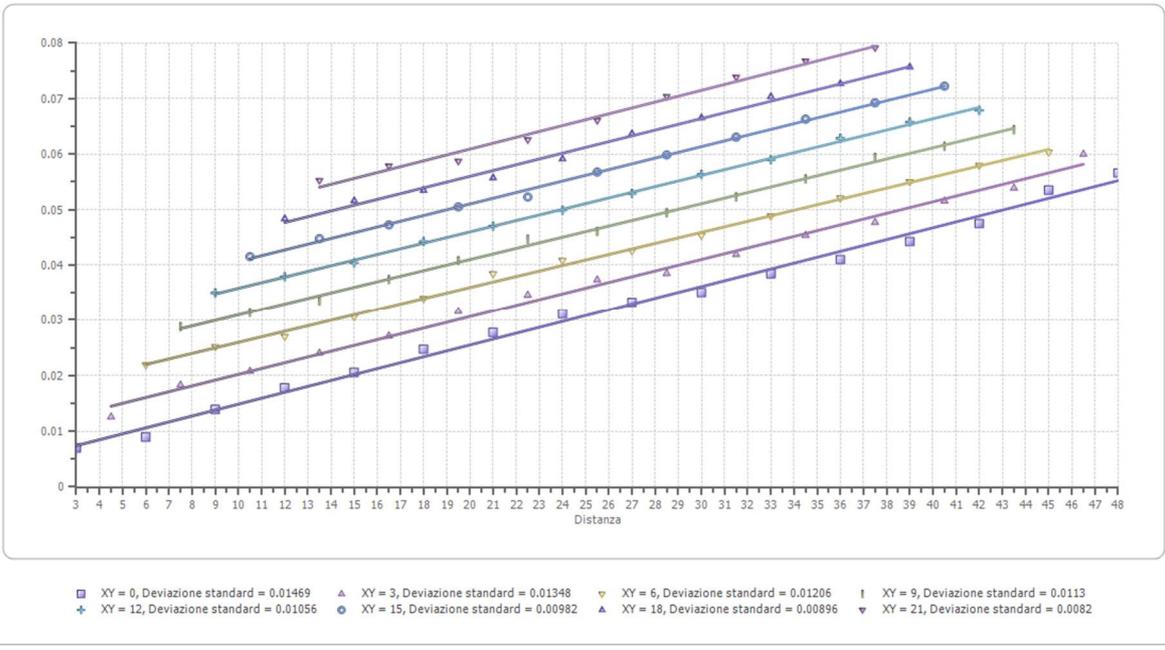
	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m ³]	1700.00	1800.00
Vp [m/s]	545.94	1002.93
Vs [m/s]	262.26	481.79
G0 [MPa]	116.93	417.83
Ed [Mpa]	506.69	1810.58
M0 [MPa]	389.76	1392.75
Ey [Mpa]	315.71	1128.13

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



4.2 Prospezione sismica a rifrazione Rz2

Il modello di terreno ricavato dal processo di elaborazione della sismica a rifrazione Rz2 ha messo in evidenza la presenza, nei primi 10-12 metri, di un solo orizzonte rifrattore ben definito. Tale interfaccia si presenta con aspetto lievemente ondulato ma nell'insieme con andamento sub-parallelo rispetto alla traccia della superficie topografica. In definitiva sono stati quindi individuati n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche Vp differenti (Fig. 4.2.1).

- 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione Vp, nell'ordine di 550,63 m/s, indicative di un orizzonte costituito da terreni mediamente addensati. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta variabile e mediamente valutabile in circa 2,6 metri.

- 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una Vp di 985,54 m/s; tale valore, medio, è compatibile con terreni di natura tenera moderatamente consistenti afferenti alle calcareniti di Marsala poco cementate intercalate a livelli sabbioso-argillose.

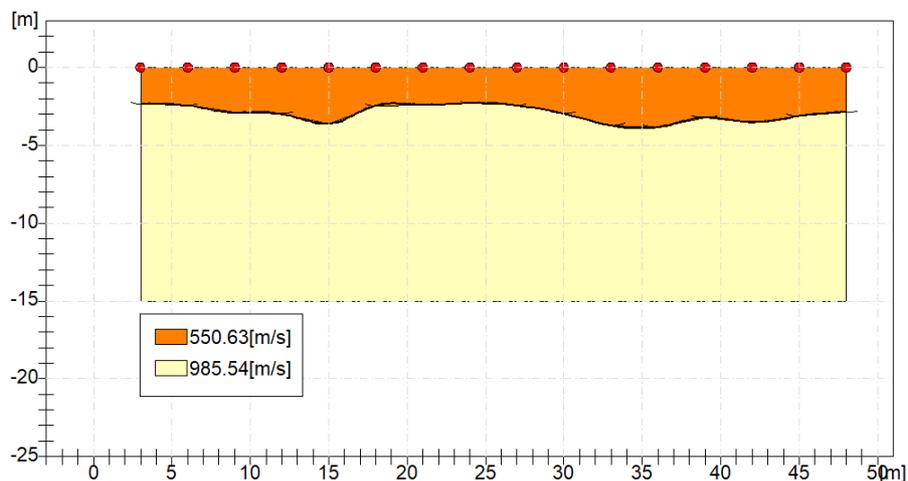


Fig. 4.2.1: Sismostratigrafia desunta dall'indagine Rz2.

Dal punto di vista sismo-stratigrafico è possibile ipotizzare una correlazione fra la sismostratigrafia e la litostratigrafia, occorre comunque rilevare che quasi mai un sismostrato corrisponde perfettamente con un litostrato. Tale ipotesi è inclusa nella Sintesi dei risultati riportata di seguito (Tab.4.2.1):

Tabella 4.2.1 – Sintesi dei risultati dell'indagine sismica Rz2.

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m dal p.c.)	Vs	CORRELAZIONI GEO-LITOLOGICHE
1	Da 0 a -2,6	264.51	Terreno agrario e porzione alterata limo-sabbiosa mediamente consistente.
2	Da 2,6 a 10-12	473.44	Calcareniti di Marsala poco cementate intercalate a livelli sabbioso-argillose.

ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE Rz2

Geometria geofoni

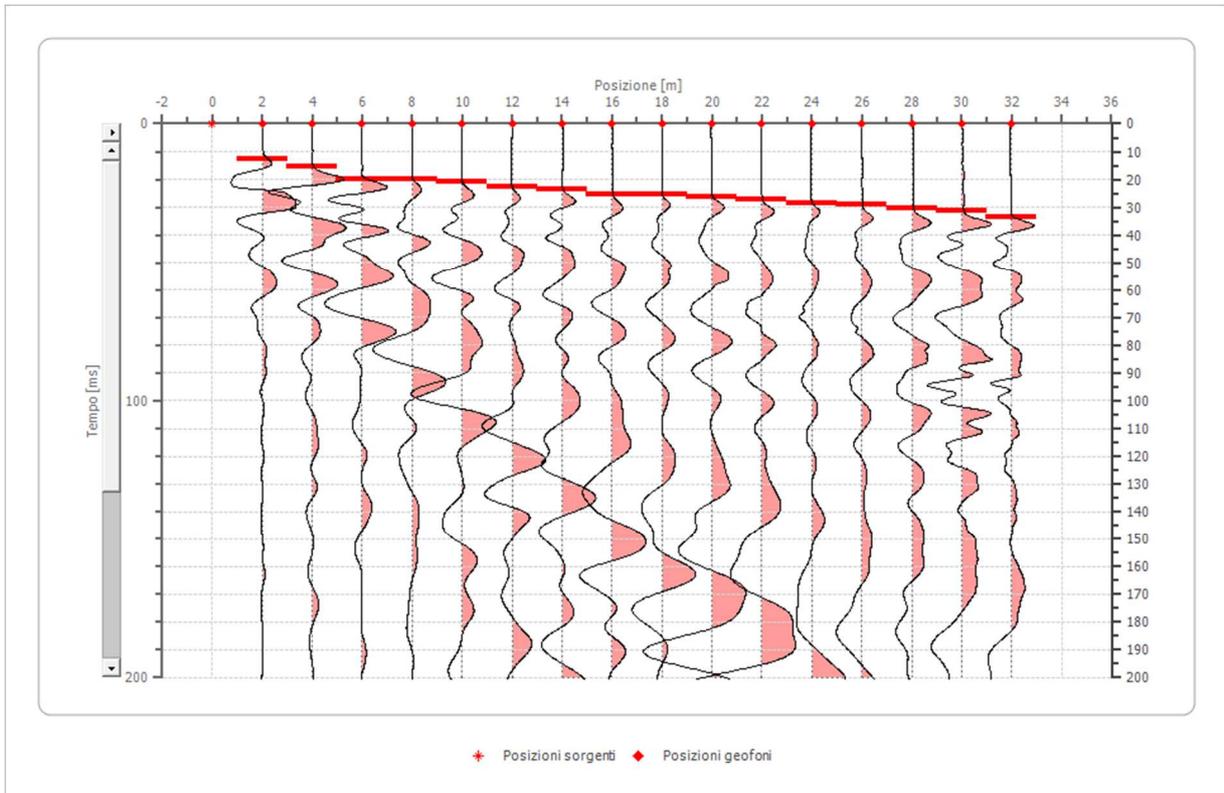
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	4.0	0.0
3	6.0	0.0
4	8.0	0.0
5	10.0	0.0
6	12.0	0.0
7	14.0	0.0
8	16.0	0.0
9	18.0	0.0
10	20.0	0.0
11	22.0	0.0
12	24.0	0.0
13	26.0	0.0
14	28.0	0.0
15	30.0	0.0
16	32.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente X 0 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

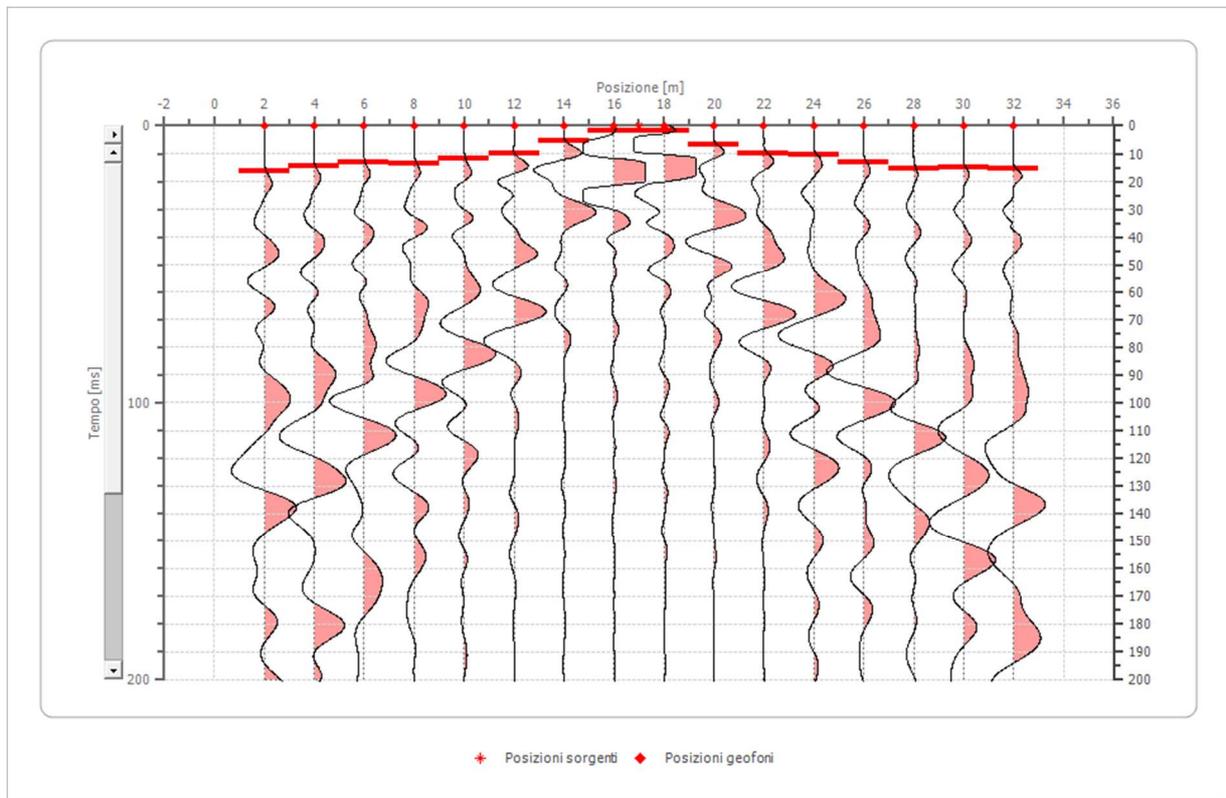


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	12.4717
4.0	15.3061
6.0	20.0000
8.0	20.0000
10.0	21.0000
12.0	22.8000
14.0	23.4000
16.0	25.2000
18.0	25.4000
20.0	26.2000
22.0	27.2000
24.0	28.6000
26.0	29.0000
28.0	30.4000
30.0	31.2000
32.0	33.4000

Battuta 2

Posizione sorgente X 17 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

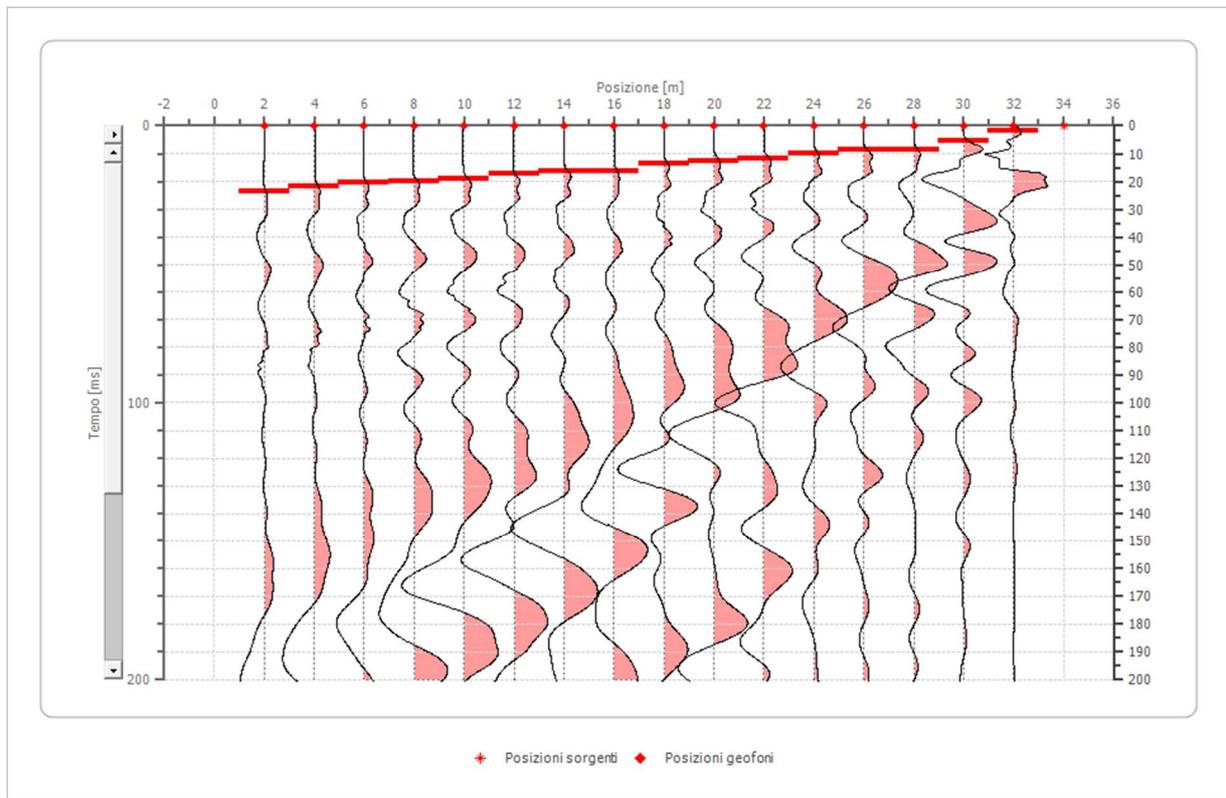


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	16.4399
4.0	14.7392
6.0	13.0385
8.0	13.6054
10.0	11.9048
12.0	10.2041
14.0	5.6689
16.0	1.7007
18.0	1.8141
20.0	6.8027
22.0	9.9773
24.0	10.4308
26.0	13.1519
28.0	15.4195
30.0	14.9660
32.0	15.4195

Battuta 3

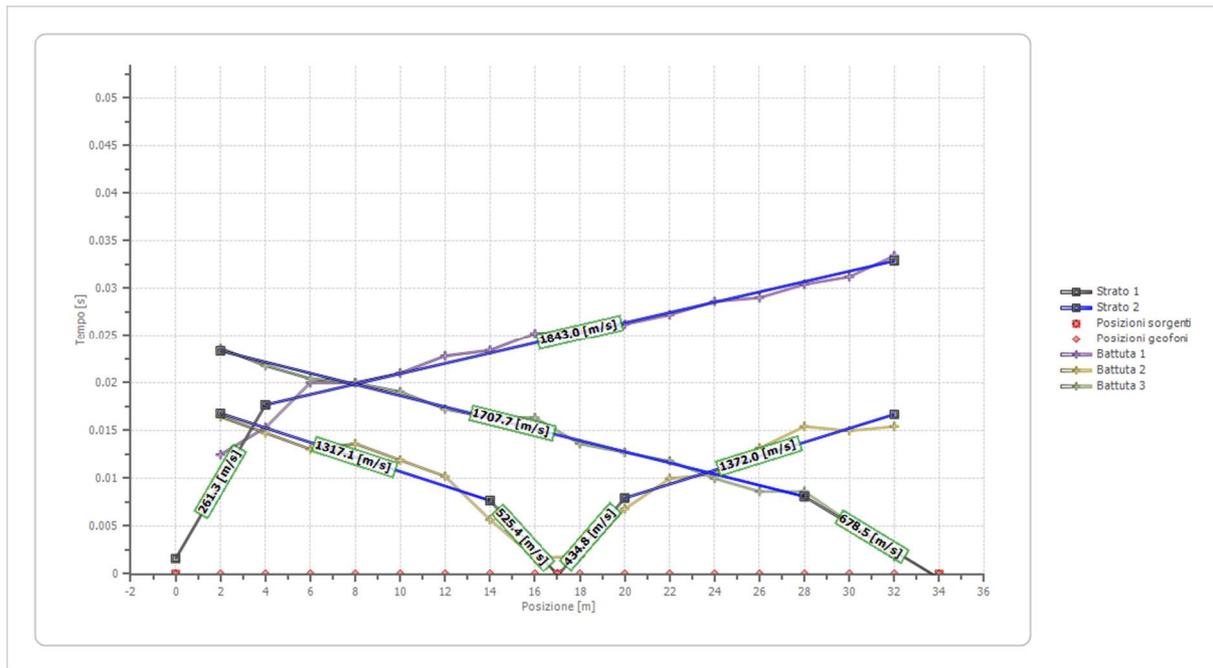
Posizione sorgente X 34 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

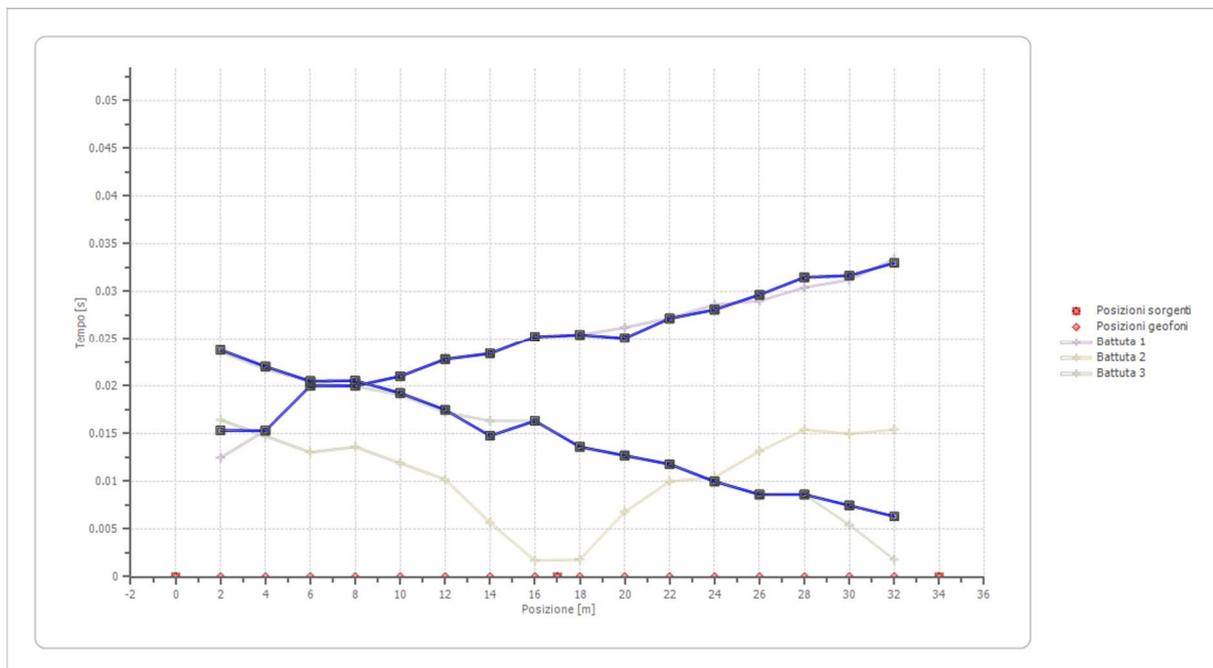


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	23.5828
4.0	21.7687
6.0	20.4082
8.0	19.9546
10.0	19.0476
12.0	17.2336
14.0	16.3265
16.0	16.3265
18.0	13.6054
20.0	12.6984
22.0	11.7914
24.0	9.9773
26.0	8.6168
28.0	8.6168
30.0	5.4422
32.0	1.8141

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 2.0 [m]	2.4	--
G= 4.0 [m]	2.0	--
G= 6.0 [m]	2.7	--
G= 8.0 [m]	2.8	--
G= 10.0 [m]	2.7	--
G= 12.0 [m]	2.7	--
G= 14.0 [m]	2.2	--
G= 16.0 [m]	3.0	--
G= 18.0 [m]	2.4	--
G= 20.0 [m]	2.1	--
G= 22.0 [m]	2.4	--
G= 24.0 [m]	2.1	--
G= 26.0 [m]	2.2	--
G= 28.0 [m]	2.6	--
G= 30.0 [m]	2.4	--
G= 32.0 [m]	2.4	--
Velocità [m/sec]	475.0	1746.5
Descrizione		

Altri parametri geotecnici

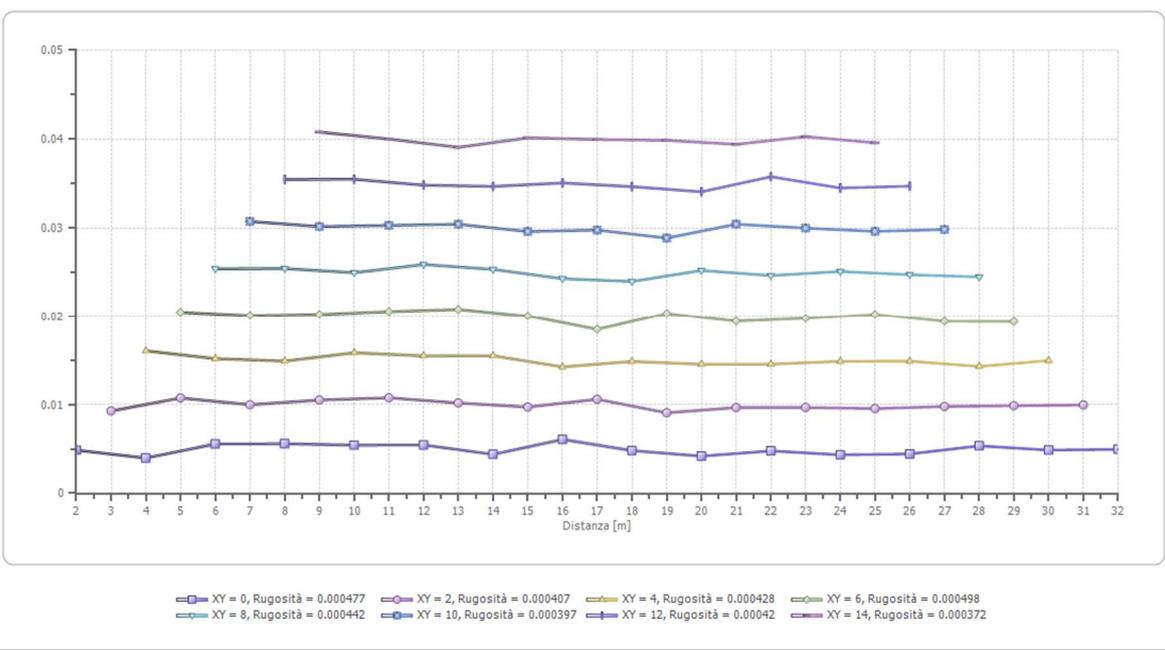
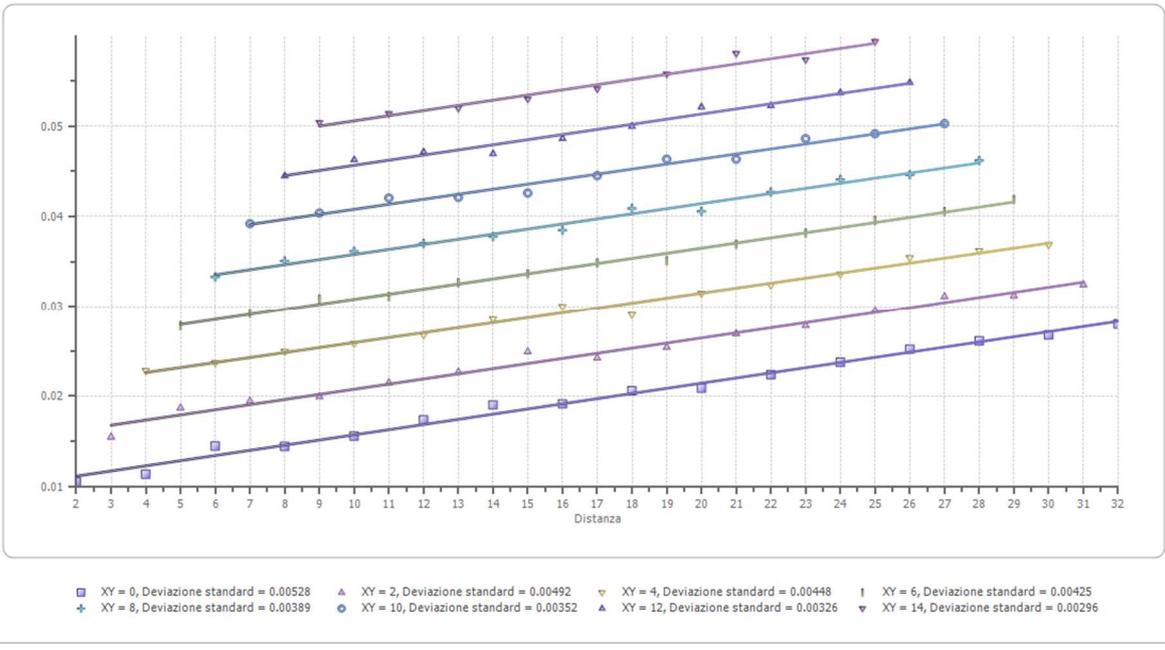
	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m ³]	1700.00	1800.00
Vp [m/s]	475.01	1746.50
Vs [m/s]	228.19	838.99
G0 [MPa]	88.52	1267.03
Ed [Mpa]	383.58	5490.47
M0 [MPa]	295.06	4223.44
Ey [Mpa]	239.00	3420.98

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



4.3 Prospezione sismica a rifrazione Rz3

Il modello di terreno ricavato dal processo di elaborazione della sismica a rifrazione Rz3 ha messo in evidenza la presenza, nei primi 10-12 metri, di un solo orizzonte rifrattore ben definito. Tale interfaccia si presenta con aspetto inclinato rispetto superficie topografica aspetto legato essenzialmente per una differenza di quota tra il primo ed il sedicesimo geofono. In definitiva sono stati quindi individuati n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche Vp differenti (Fig. 4.3.1).

- 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione Vp, nell'ordine di 449,48 m/s, indicative di un orizzonte costituito da terreni mediamente addensati. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta variabile e mediamente valutabile in circa 4,5 metri.

- 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una Vp di 885.6m/s; tale valore, medio, è compatibile con terreni di natura tenera moderatamente consistenti afferenti alle calcareniti di Marsala poco cementate intercalate a livelli sabbioso-argillose.

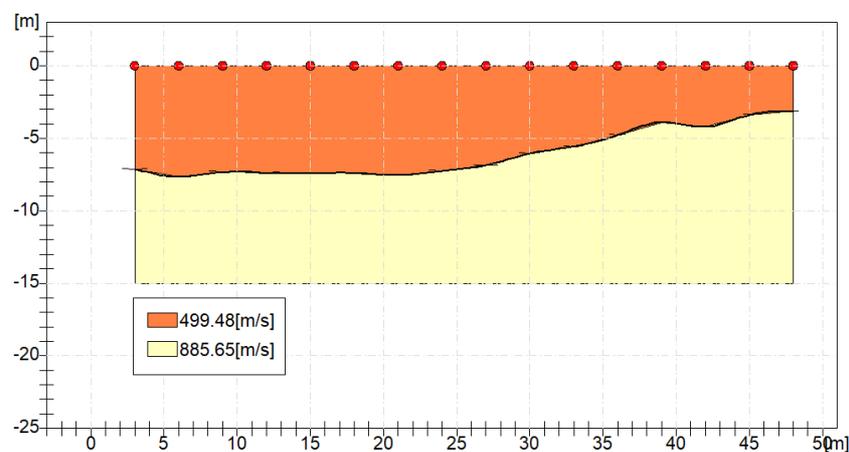


Fig. 4.3.1: Sismostratigrafia desunta dall'indagine Rz3.

Dal punto di vista sismo-stratigrafico è possibile ipotizzare una correlazione fra la sismostratigrafia e la litostratigrafia, occorre comunque rilevare che quasi mai un sismostrato corrisponde perfettamente con un litostrato. Tale ipotesi è inclusa nella Sintesi dei risultati riportata di seguito (Tab.4.3.1):

Tabella 4.3.1 – Sintesi dei risultati dell'indagine sismica Rz3.

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m dal p.c.)	Vs	CORRELAZIONI GEO-LITOLOGICHE
1	Da 0 a -4,5	239.94	Terreno agrario e porzione alterata limo-sabbiosa poco consistente.
2	Da 4,6 a 10-12	425.45	Calcareniti di Marsala poco cementate intercalate a livelli sabbioso-argillose.

ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE Rz3

Geometria geofoni

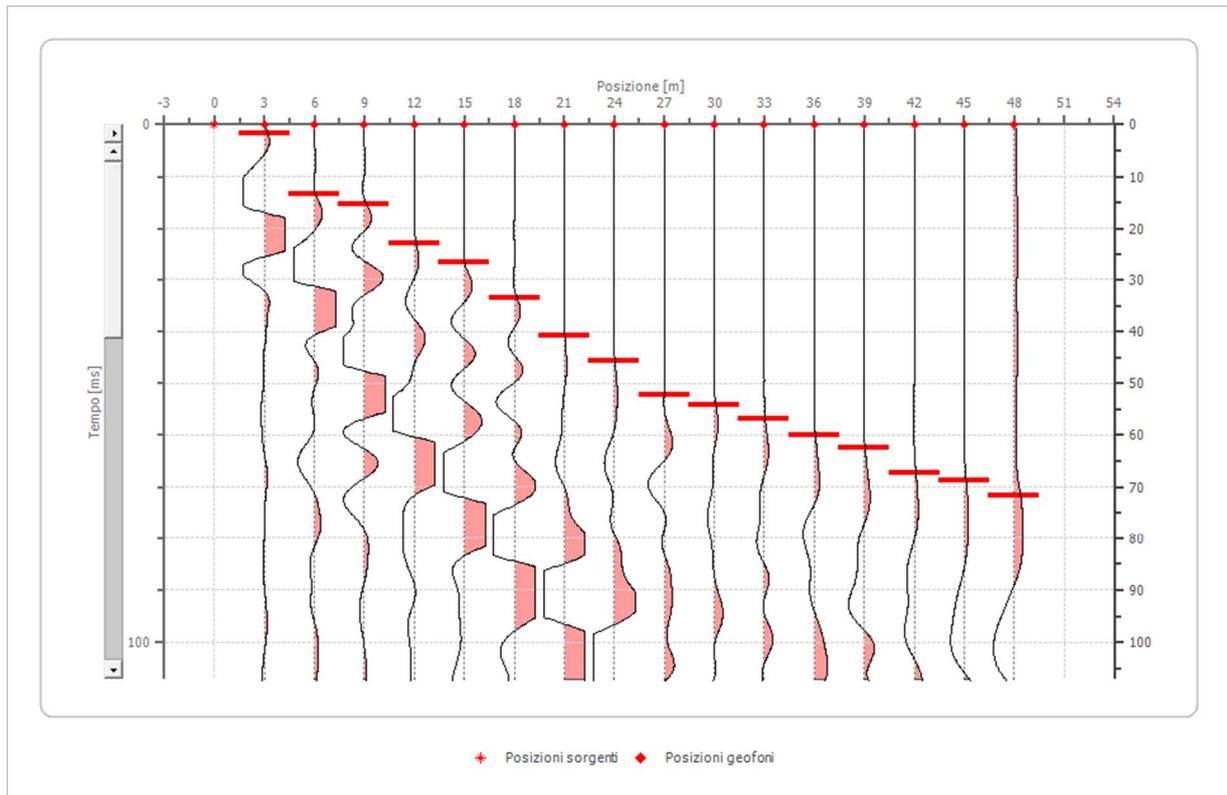
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	3.0	0.0
2	6.0	0.0
3	9.0	0.0
4	12.0	0.0
5	15.0	0.0
6	18.0	0.0
7	21.0	0.0
8	24.0	0.0
9	27.0	0.0
10	30.0	0.0
11	33.0	0.0
12	36.0	0.0
13	39.0	0.0
14	42.0	0.0
15	45.0	0.0
16	48.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente X 0 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

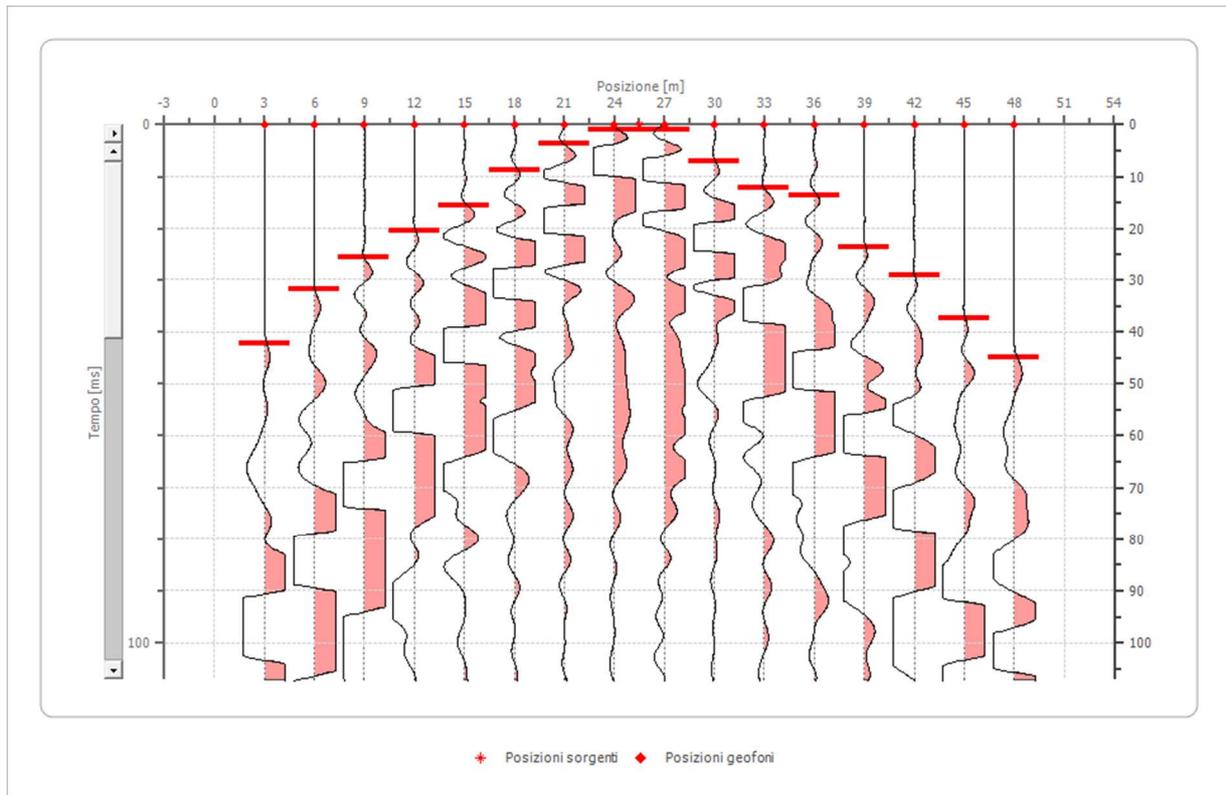


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
3.0	1.7007
6.0	13.3625
9.0	15.3061
12.0	22.8377
15.0	26.5925
18.0	33.5277
21.0	40.8163
24.0	45.7638
27.0	52.2352
30.0	54.1788
33.0	56.8955
36.0	59.9876
39.0	62.4614
42.0	67.4088
45.0	68.6456
48.0	71.7378

Battuta 2

Posizione sorgente X 26 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

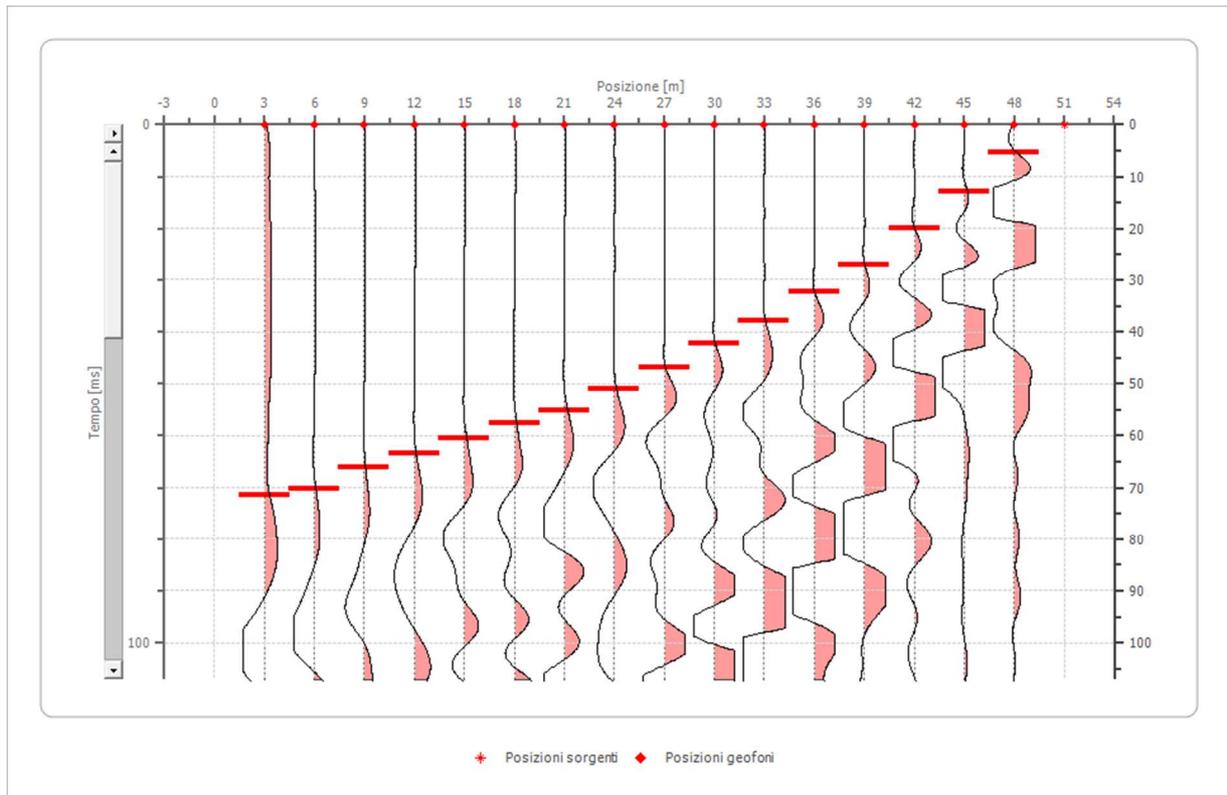


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
3.0	42.3624
6.0	31.8000
9.0	25.4207
12.0	20.4082
15.0	15.5491
18.0	8.7464
21.0	3.5804
24.0	1.0741
27.0	1.0741
30.0	7.1608
33.0	12.1733
36.0	13.6054
39.0	23.5666
42.0	29.1545
45.0	37.4150
48.0	44.8361

Battuta 3

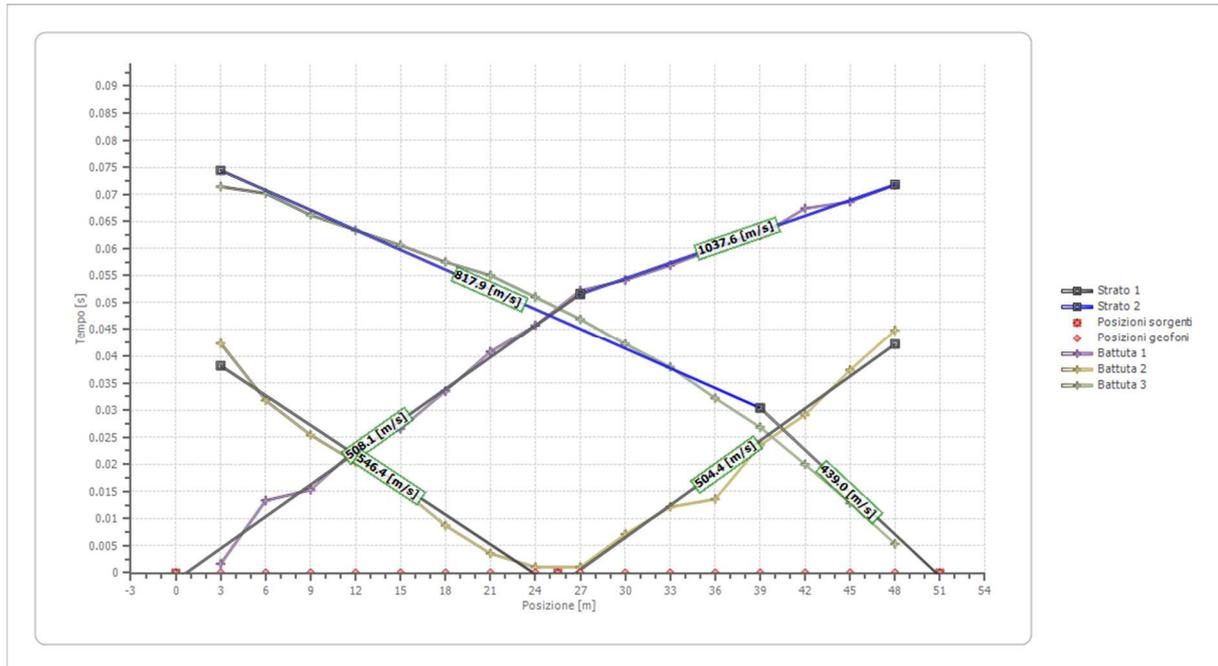
Posizione sorgente X 51 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

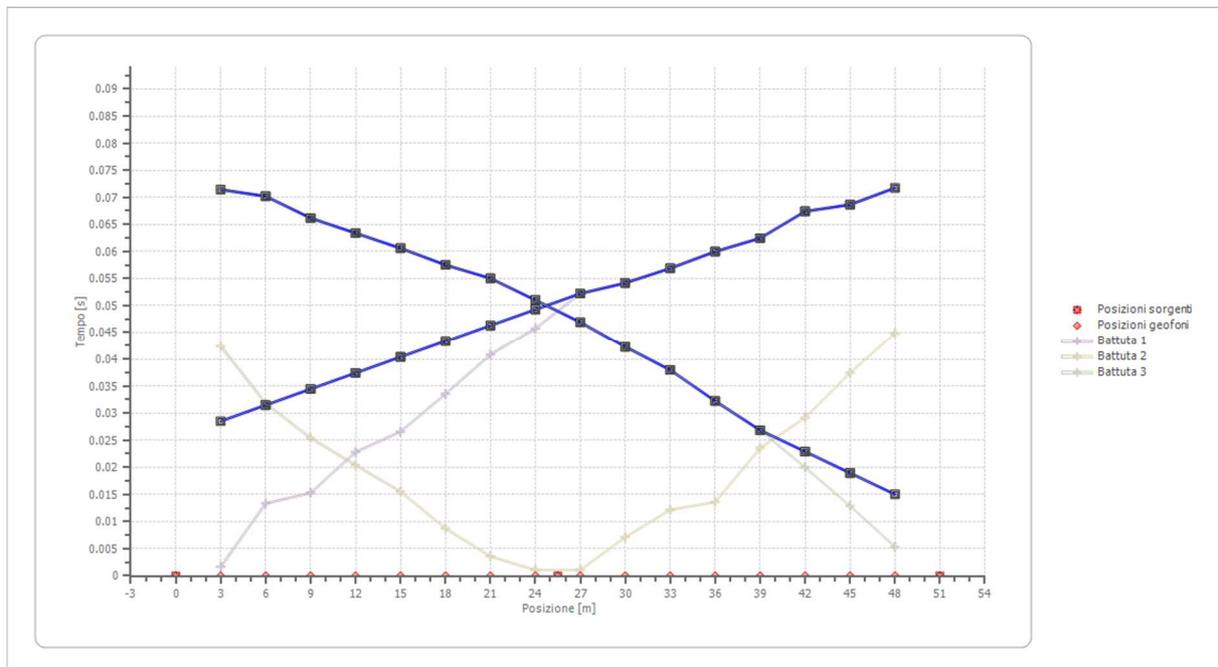


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
3.0	71.4286
6.0	70.2000
9.0	66.1719
12.0	63.3890
15.0	60.6061
18.0	57.5139
21.0	55.0402
24.0	51.0204
27.0	46.9030
30.0	42.2485
33.0	37.9520
36.0	32.2234
39.0	26.8528
42.0	20.0000
45.0	12.8894
48.0	5.3706

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G_r,R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 3.0 [m]	7.1	--
G= 6.0 [m]	7.6	--
G= 9.0 [m]	7.3	--
G= 12.0 [m]	7.4	--
G= 15.0 [m]	7.4	--
G= 18.0 [m]	7.4	--
G= 21.0 [m]	7.5	--
G= 24.0 [m]	7.2	--
G= 27.0 [m]	6.9	--
G= 30.0 [m]	6.1	--
G= 33.0 [m]	5.6	--
G= 36.0 [m]	4.8	--
G= 39.0 [m]	3.9	--
G= 42.0 [m]	4.2	--
G= 45.0 [m]	3.4	--
G= 48.0 [m]	3.1	--
Velocità [m/sec]	499.5	885.6
Descrizione		

Altri parametri geotecnici

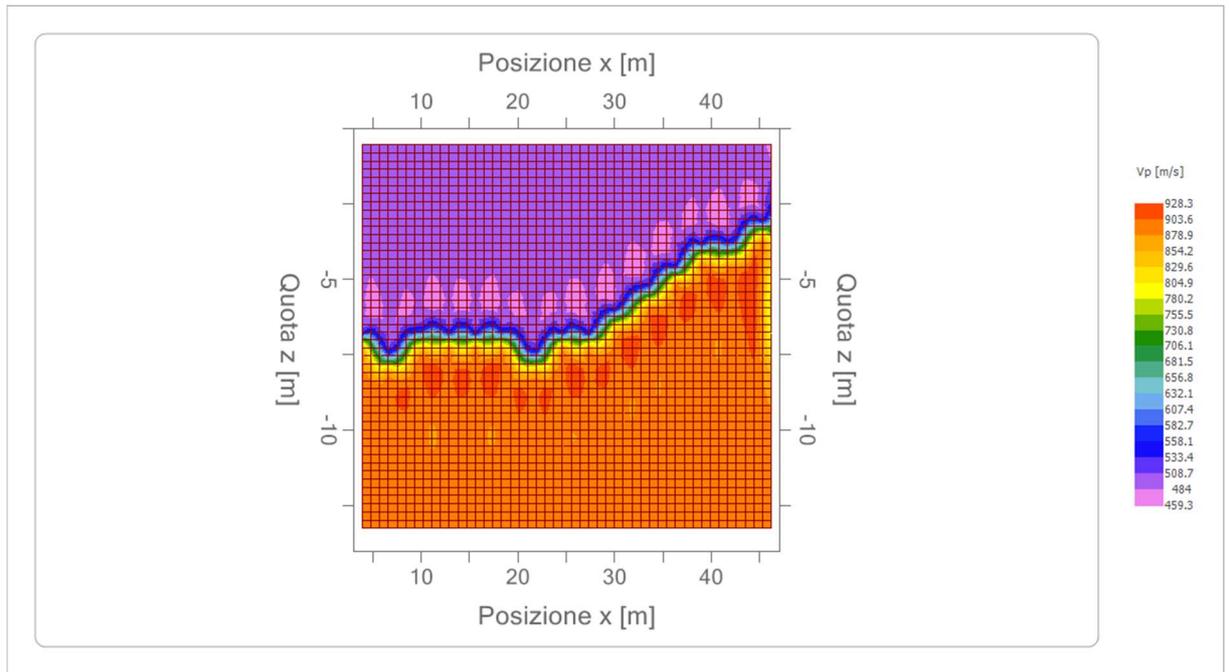
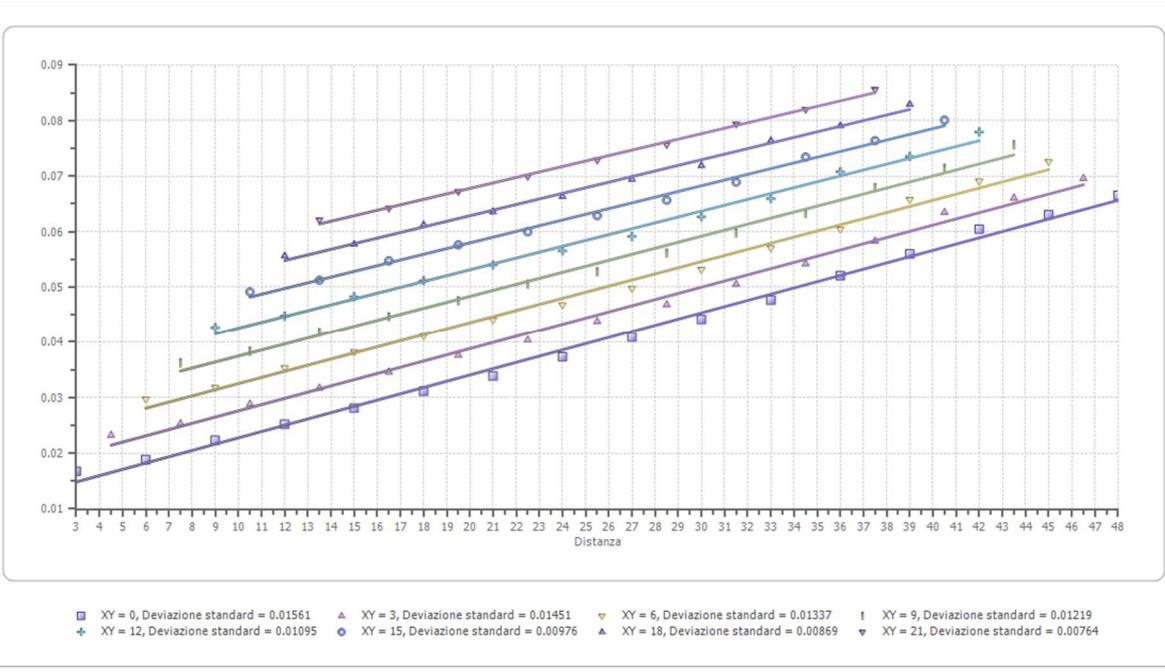
	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m ³]	1700.00	1800.00
V _p [m/s]	499.48	885.65
V _s [m/s]	239.94	425.45
G ₀ [MPa]	97.87	325.82
E _d [Mpa]	424.12	1411.87
M ₀ [MPa]	326.25	1086.05
E _y [Mpa]	264.26	879.70

G₀: Modulo di deformazione al taglio;

E_d: Modulo edometrico;

M₀: Modulo di compressibilità volumetrica;

E_y: Modulo di Young;



4.4 Prospezione sismica a rifrazione Rz4

Il modello di terreno ricavato dal processo di elaborazione della sismica a rifrazione Rz4 ha messo in evidenza la presenza, nei primi 10-12 metri, di un solo orizzonte rifrattore ben definito. Tale interfaccia si presenta con aspetto inclinato rispetto superficie topografica aspetto legato essenzialmente per una differenza di quota tra il primo ed il sedicesimo geofono. In definitiva sono stati quindi individuati n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche Vp differenti (Fig. 4.4.1).

- 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione Vp, nell'ordine di 769,42 m/s, indicative di un orizzonte costituito da terreni mediamente addensati. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta variabile e mediamente valutabile in circa 6 metri.

- 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una Vp di 985,54 m/s; tale valore, medio, è compatibile con terreni di natura tenera moderatamente consistenti afferenti ai depositi terrigeno arenacei con livelli micritici pelagici.

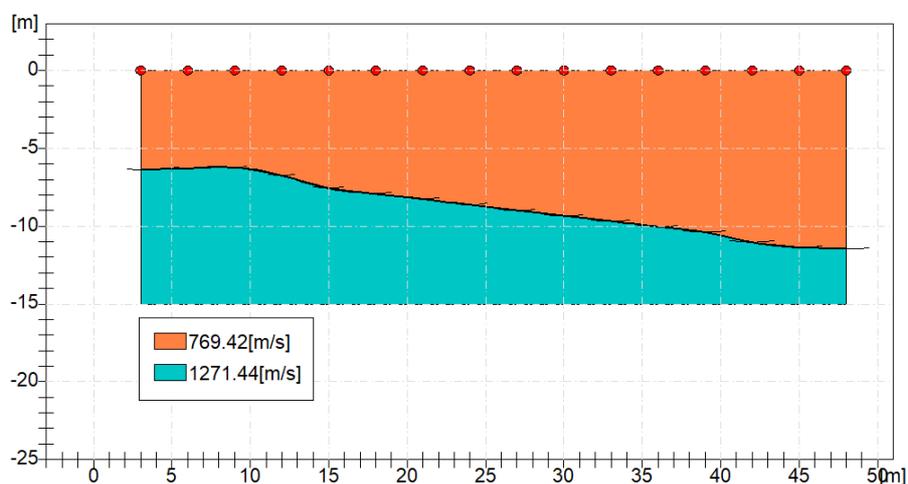


Fig. 4.4.1: Sismostratigrafia desunta dall'indagine Rz4.

Dal punto di vista sismo-stratigrafico è possibile ipotizzare una correlazione fra la sismostratigrafia e la litostratigrafia, occorre comunque rilevare che quasi mai un sismostrato corrisponde perfettamente con un litostrato. Tale ipotesi è inclusa nella Sintesi dei risultati riportata di seguito (Tab.4.4.1):

Tabella 4.4.1 – Sintesi dei risultati dell'indagine sismica Rz4.

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m dal p.c.)	Vs	CORRELAZIONI GEO-LITOLOGICHE
1	Da 0 a -6	369.62	Terreno limo-sabbioso addensato.
2	Da 6 a 10-12	610.78	depositi terrigeno arenacei con livelli micritici pelagici..

ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE Rz4

Geometria geofoni

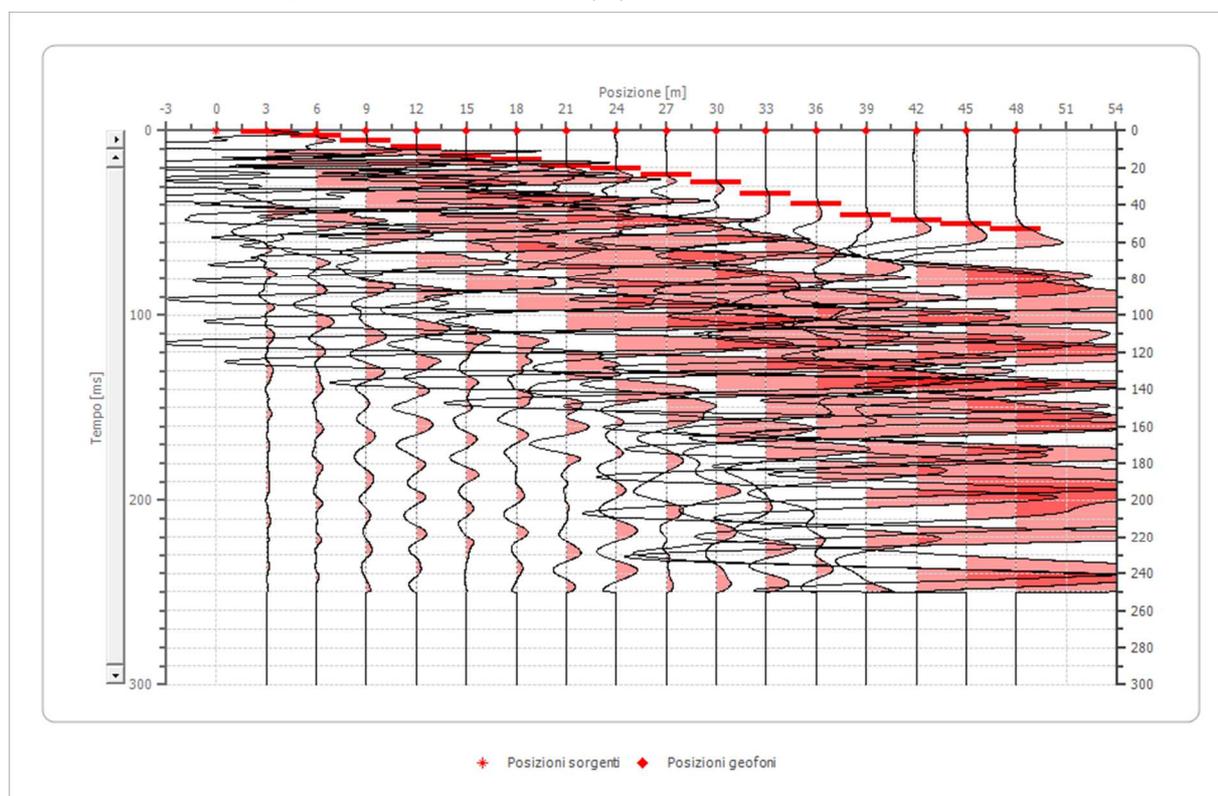
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	3.0	0.0
2	6.0	0.0
3	9.0	0.0
4	12.0	0.0
5	15.0	0.0
6	18.0	0.0
7	21.0	0.0
8	24.0	0.0
9	27.0	0.0
10	30.0	0.0
11	33.0	0.0
12	36.0	0.0
13	39.0	0.0
14	42.0	0.0
15	45.0	0.0
16	48.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente X 0 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

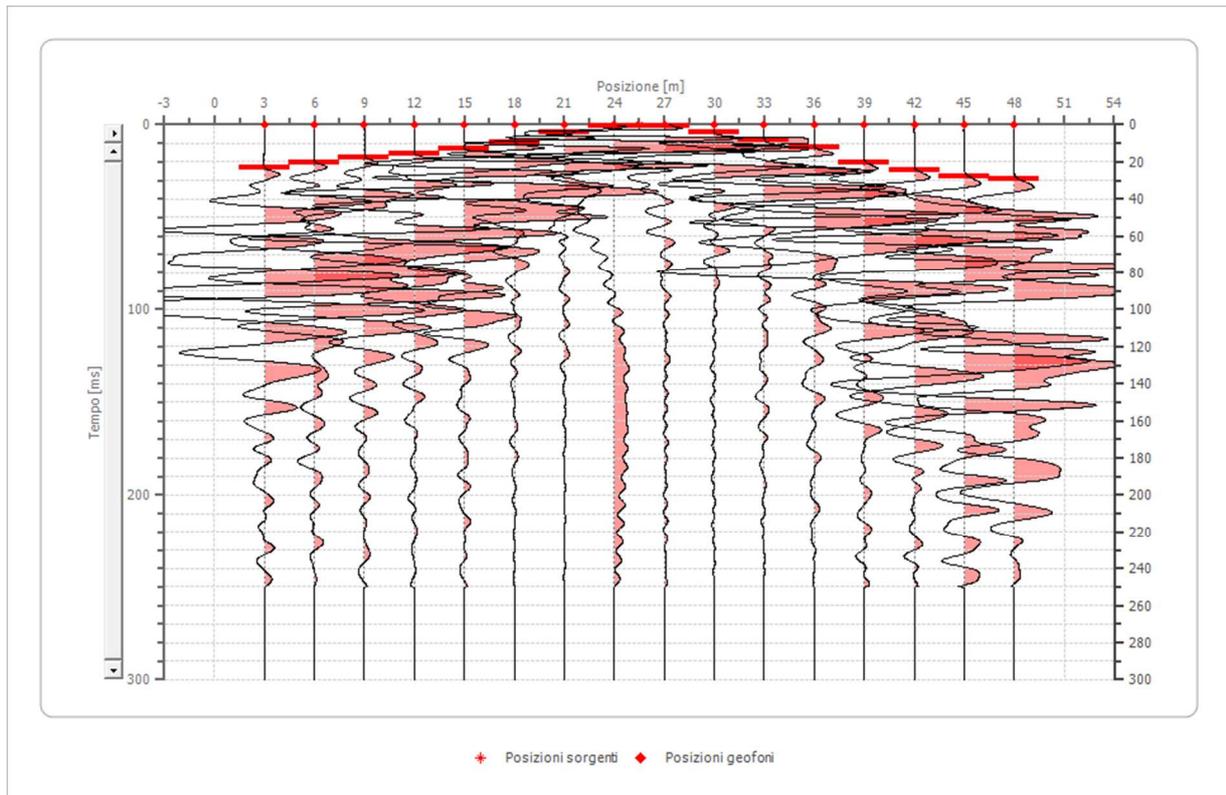


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
3.0	0.8503
6.0	2.5510
9.0	5.3855
12.0	9.0703
15.0	13.3220
18.0	15.5896
21.0	18.9909
24.0	20.4000
27.0	24.0930
30.0	27.7778
33.0	34.0136
36.0	39.6825
39.0	45.3515
42.0	48.0000
45.0	50.1701
48.0	53.2880

Battuta 2

Posizione sorgente X 26 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

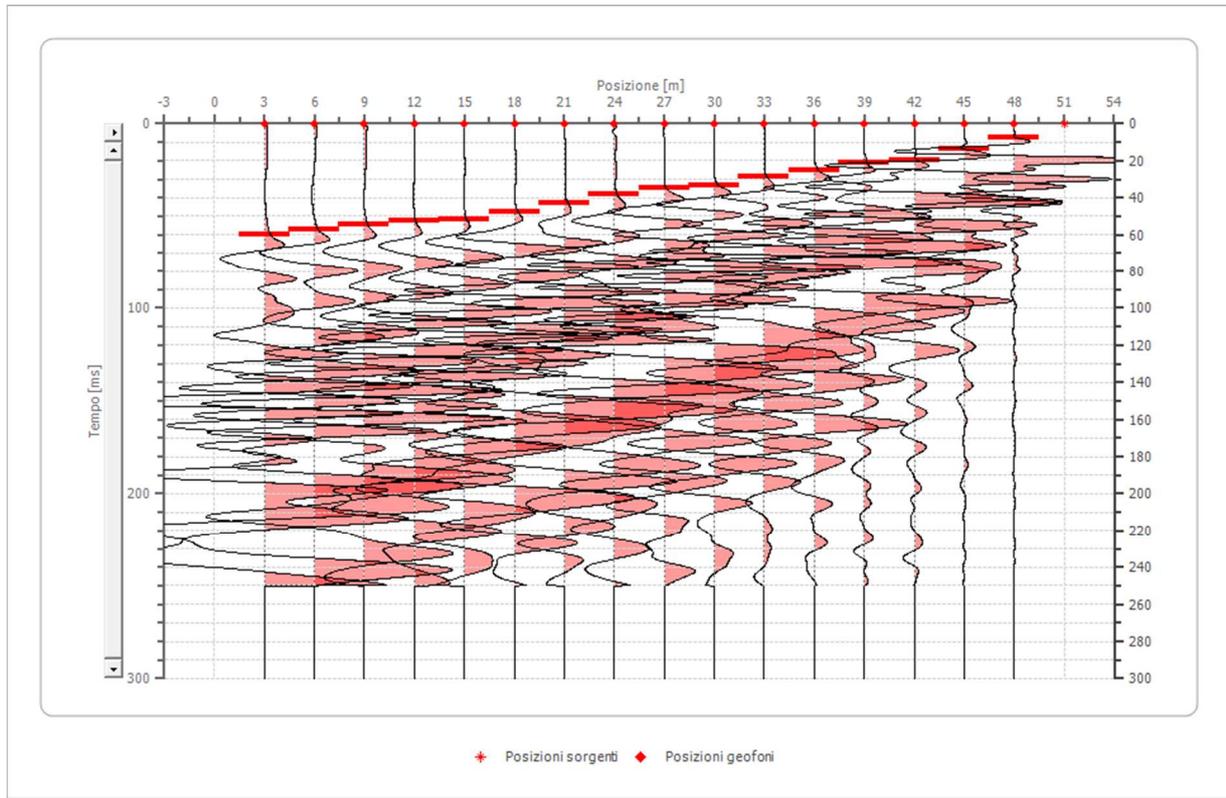


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
3.0	23.1293
6.0	20.1814
9.0	17.4603
12.0	15.8730
15.0	13.1519
18.0	9.2971
21.0	3.8549
24.0	0.4535
27.0	0.4535
30.0	4.0816
33.0	8.3900
36.0	12.4717
39.0	20.4082
42.0	24.4898
45.0	27.6644
48.0	29.0249

Battuta 3

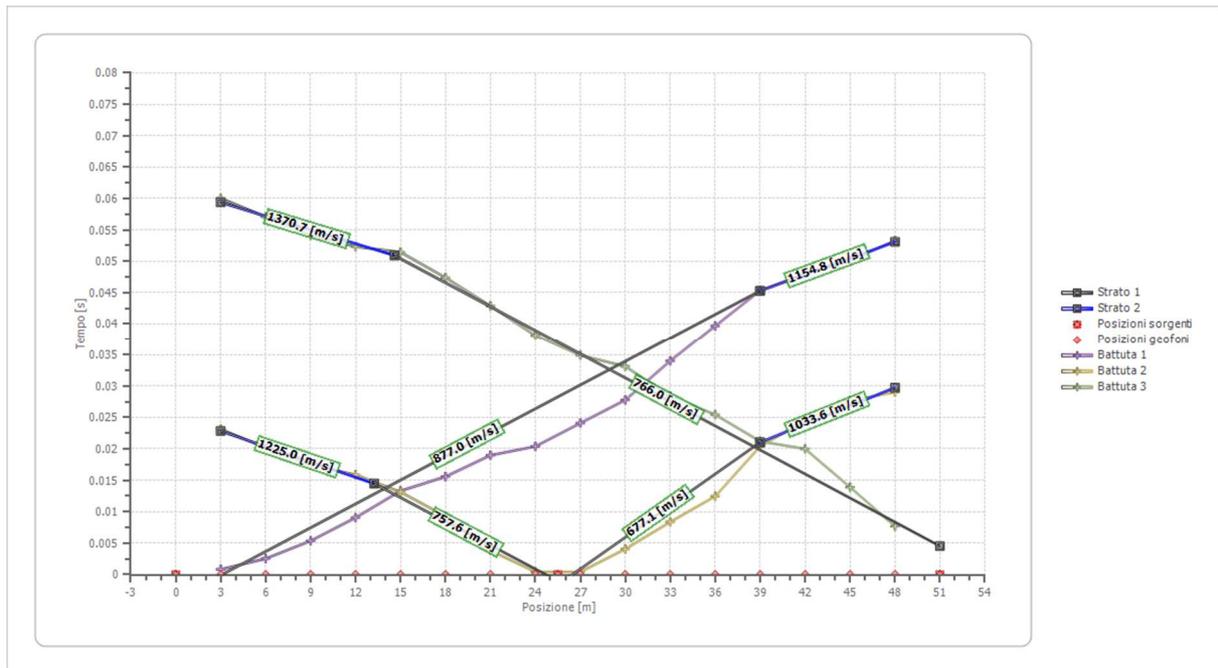
Posizione sorgente X 51 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

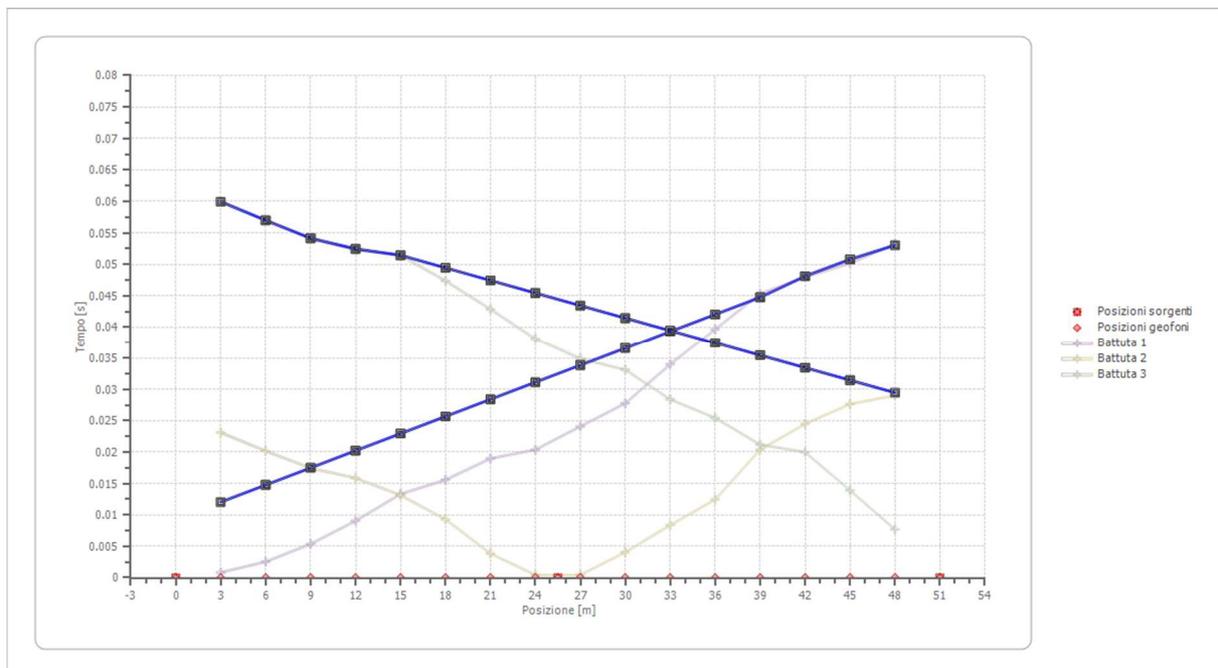


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
3.0	60.0414
6.0	57.0837
9.0	54.1260
12.0	52.3514
15.0	51.4641
18.0	47.4000
21.0	42.8867
24.0	38.1544
27.0	34.9009
30.0	33.1263
33.0	28.3940
36.0	25.4363
39.0	21.2000
42.0	20.0000
45.0	13.9012
48.0	7.6900

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 3.0 [m]	6.4	--
G= 6.0 [m]	6.3	--
G= 9.0 [m]	6.2	--
G= 12.0 [m]	6.7	--
G= 15.0 [m]	7.6	--
G= 18.0 [m]	7.9	--
G= 21.0 [m]	8.3	--
G= 24.0 [m]	8.6	--
G= 27.0 [m]	9.0	--
G= 30.0 [m]	9.3	--
G= 33.0 [m]	9.7	--
G= 36.0 [m]	10.0	--
G= 39.0 [m]	10.4	--
G= 42.0 [m]	11.0	--
G= 45.0 [m]	11.4	--
G= 48.0 [m]	11.5	--
Velocità [m/sec]	769.4	1271.4
Descrizione		

Altri parametri geotecnici

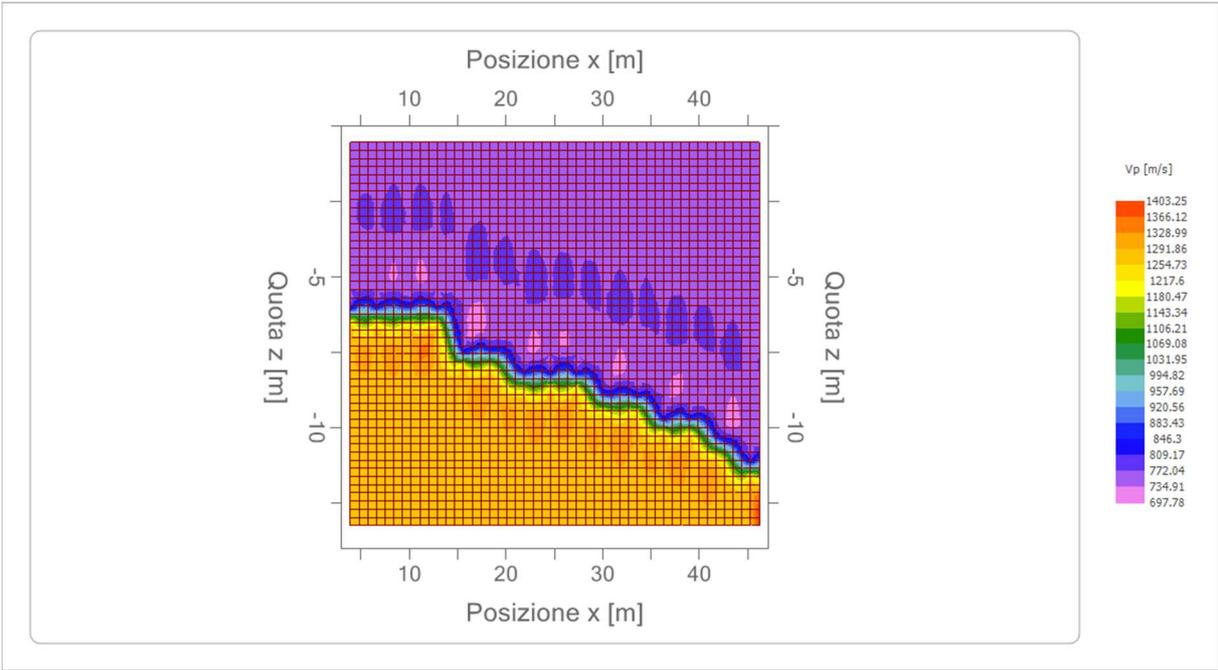
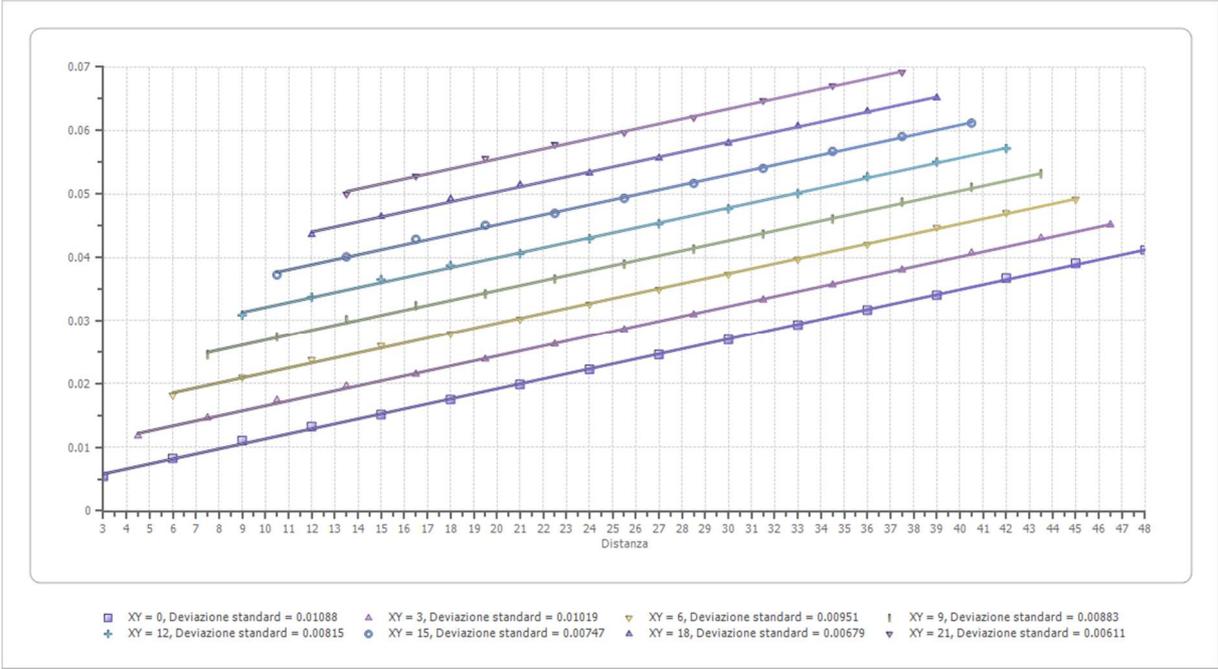
	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m ³]	1800.00	1800.00
Vp [m/s]	769.42	1271.44
Vs [m/s]	369.62	610.78
G0 [MPa]	245.91	671.50
Ed [Mpa]	1065.60	2909.81
M0 [MPa]	819.69	2238.32
Ey [Mpa]	663.95	1813.04

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



4.5 Prospezione sismica a rifrazione Rz5

Il modello di terreno ricavato dal processo di elaborazione della sismica a rifrazione Rz5 ha messo in evidenza la presenza, nei primi 10-12 metri, di un solo orizzonte rifrattore ben definito. Tale interfaccia si presenta con aspetto lievemente ondulato ma nell'insieme con andamento sub-parallelo rispetto alla traccia della superficie topografica. In definitiva sono stati quindi individuati n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche V_p differenti (Fig. 4.5.1).

- 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione V_p , nell'ordine di 331,99 m/s, indicative di un orizzonte costituito da terreni mediamente addensati. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta variabile e mediamente valutabile in circa 3 metri.

- 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una V_p di 905,32 m/s; tale valore, medio, è compatibile con terreni di natura tenera moderatamente consistenti afferenti alle calcareniti di Marsala poco cementate intercalate a livelli sabbioso-argillose.

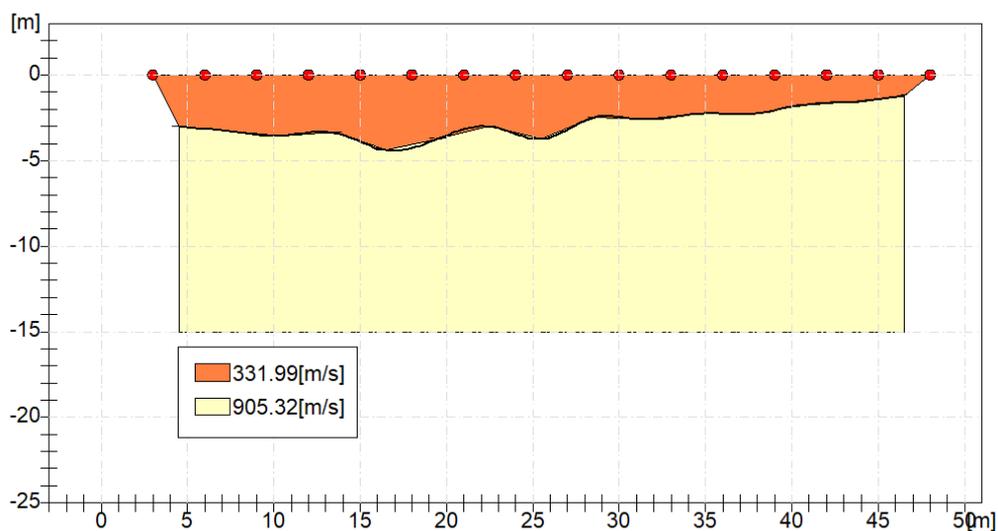


Fig. 4.5.1: Sismostratigrafia desunta dall'indagine Rz5.

Dal punto di vista sismo-stratigrafico è possibile ipotizzare una correlazione fra la sismostratigrafia e la litostratigrafia, occorre comunque rilevare che quasi mai un sismostrato

corrisponde perfettamente con un litostrato. Tale ipotesi è inclusa nella Sintesi dei risultati riportata di seguito (Tab.4.5.1):

Tabella 4.5.1 – Sintesi dei risultati dell'indagine sismica Rz5.

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m dal p.c.)	Vs	CORRELAZIONI GEO-LITOLOGICHE
1	Da 0 a -3	264.51	Terreno agrario e porzione alterata limo-sabbiosa mediamente addensata e cementata.
2	Da 3 a 10-12	434.90	Calcareniti di Marsala poco cementate intercalate a livelli sabbioso-argillose.

ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE Rz5

Geometria geofoni

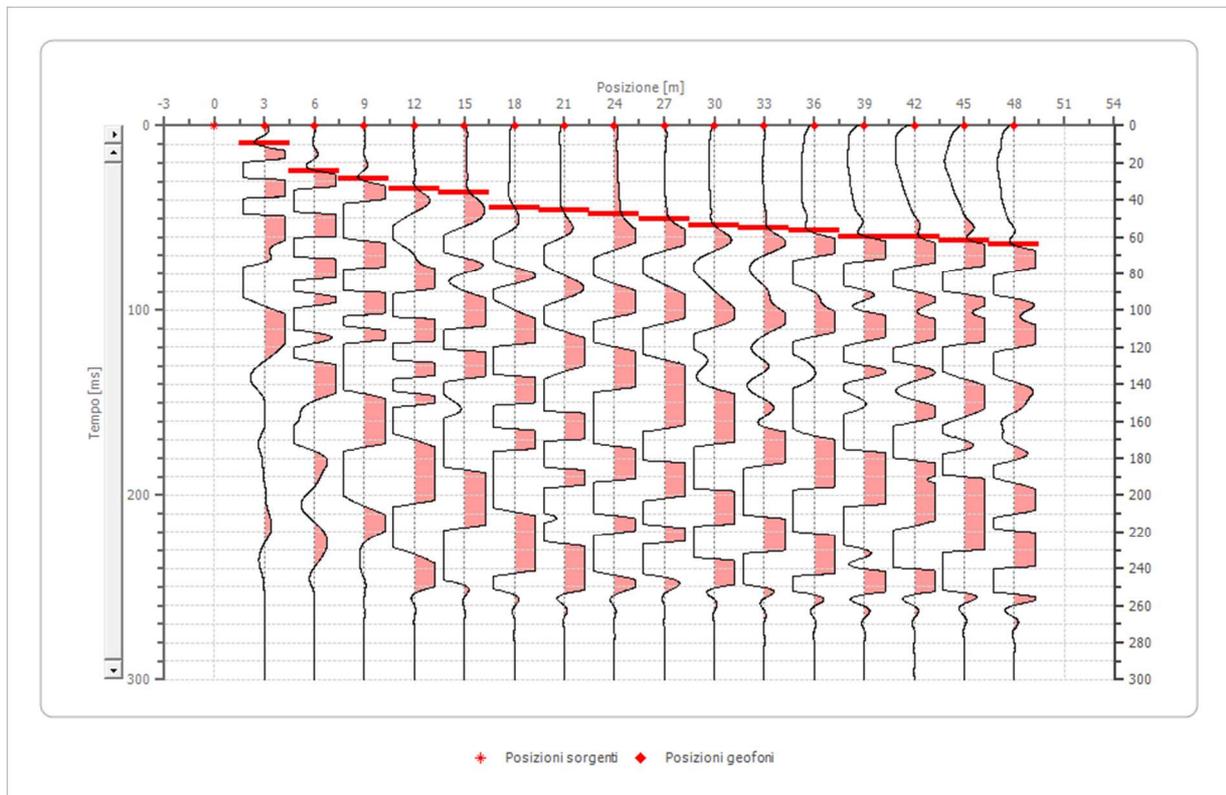
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	3.0	0.0
2	6.0	0.0
3	9.0	0.0
4	12.0	0.0
5	15.0	0.0
6	18.0	0.0
7	21.0	0.0
8	24.0	0.0
9	27.0	0.0
10	30.0	0.0
11	33.0	0.0
12	36.0	0.0
13	39.0	0.0
14	42.0	0.0
15	45.0	0.0
16	48.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente X 0 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

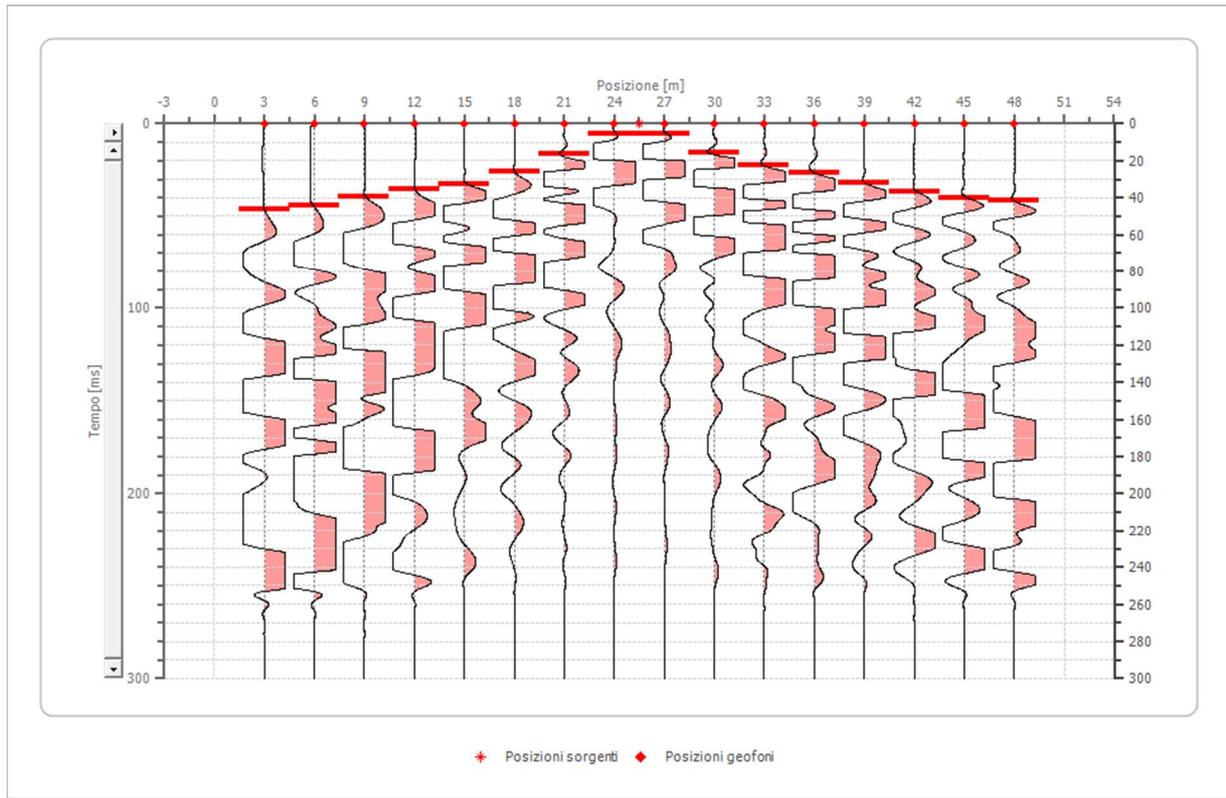


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
3.0	9.5238
6.0	24.4898
9.0	28.5714
12.0	34.0136
15.0	36.0544
18.0	44.2177
21.0	45.5782
24.0	47.6190
27.0	50.3401
30.0	53.7415
33.0	55.1020
36.0	56.4626
39.0	59.8639
42.0	59.8639
45.0	61.9048
48.0	63.9456

Battuta 2

Posizione sorgente X 26 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

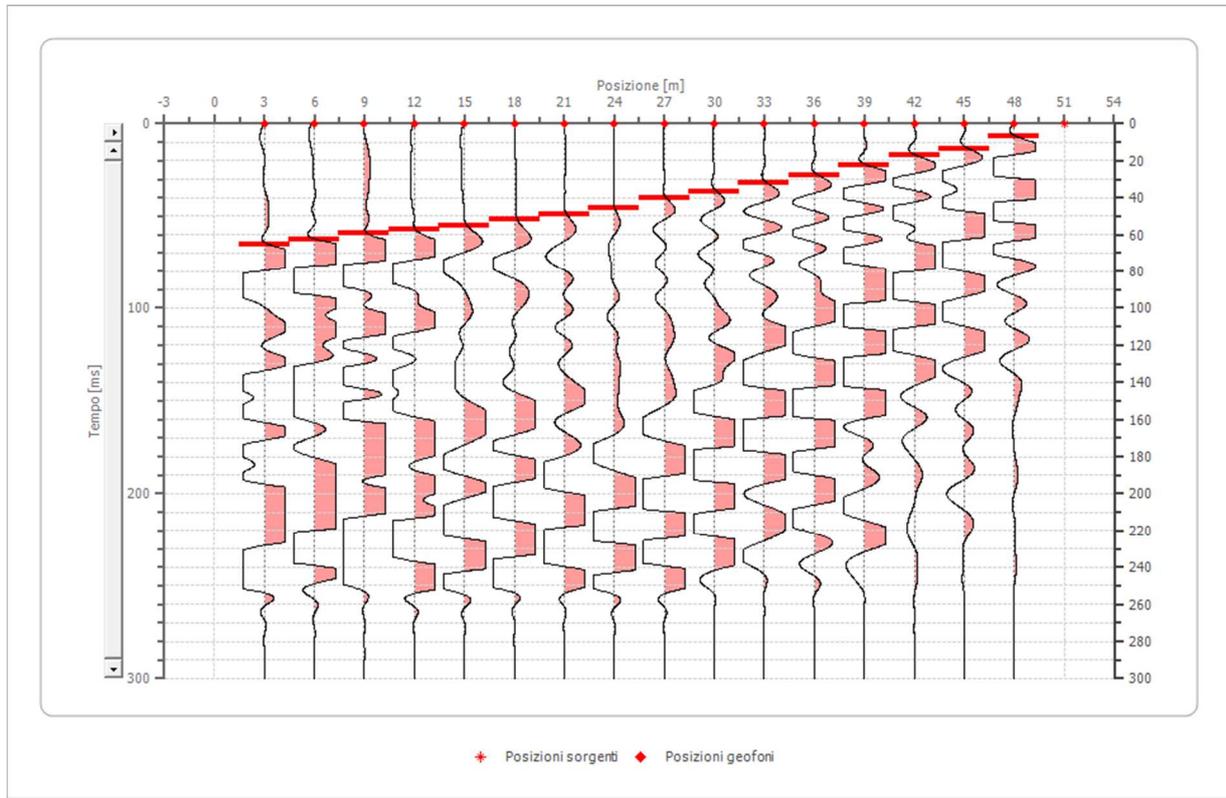


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
3.0	46.2585
6.0	44.2177
9.0	39.4558
12.0	35.3742
15.0	32.6531
18.0	25.8503
21.0	16.3265
24.0	5.4422
27.0	5.4422
30.0	15.6463
33.0	22.4490
36.0	26.5306
39.0	31.9728
42.0	36.7347
45.0	40.1361
48.0	41.4966

Battuta 3

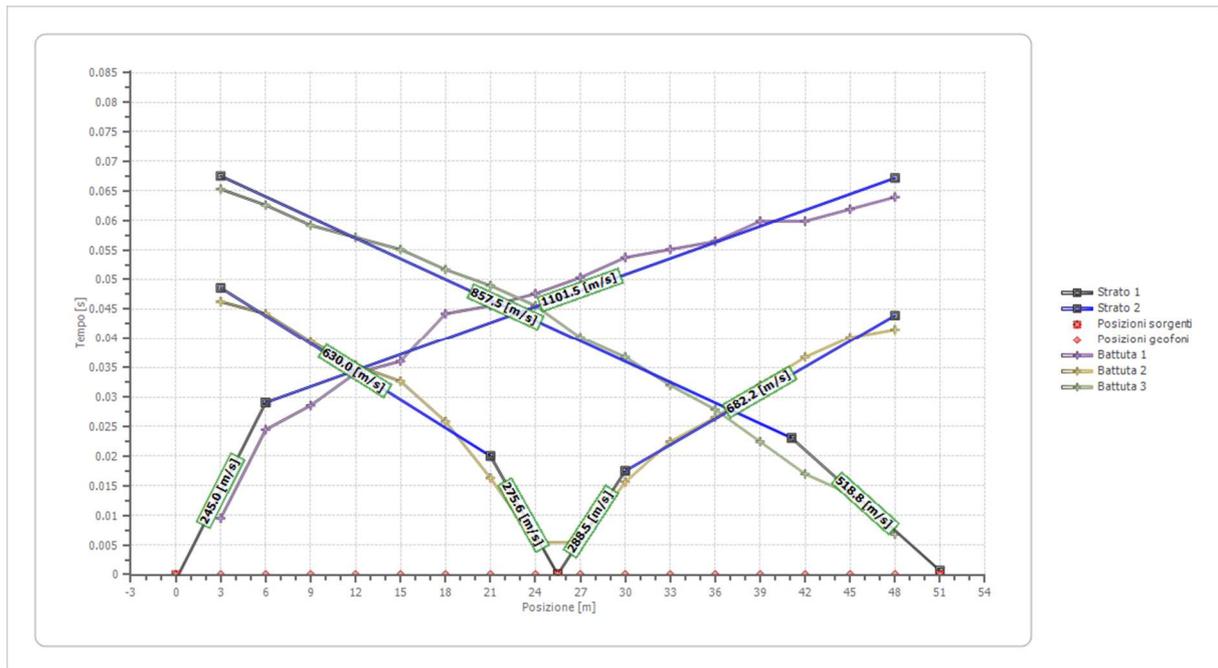
Posizione sorgente X 51 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

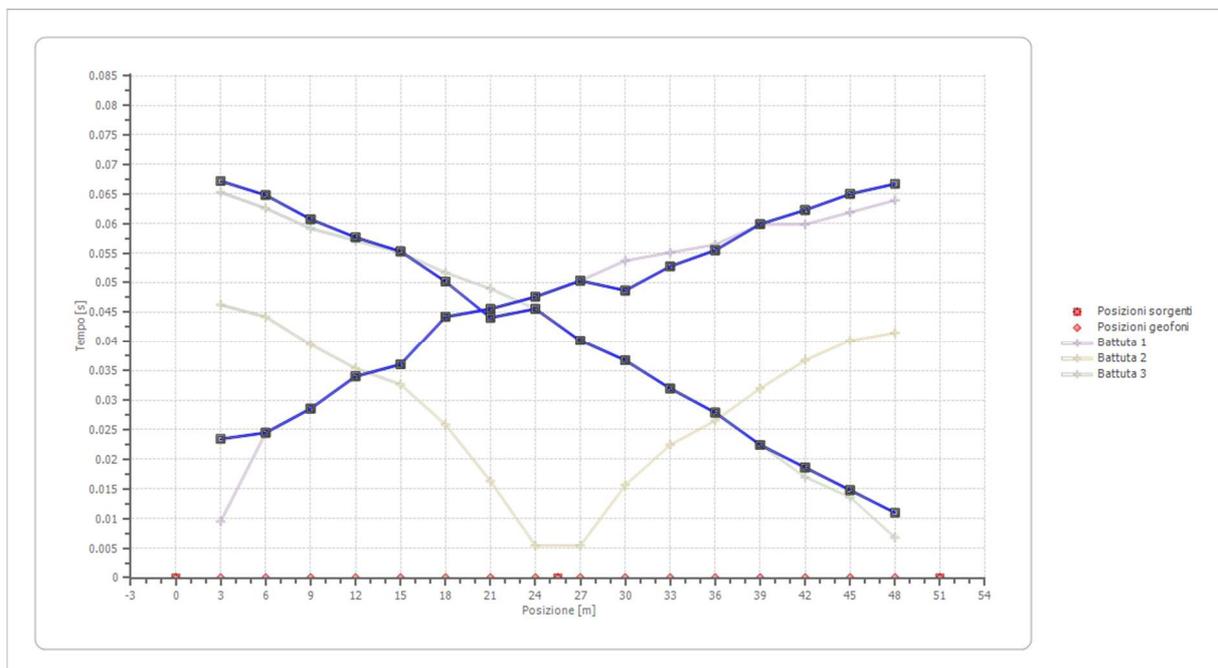


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
3.0	65.3061
6.0	62.5850
9.0	59.1837
12.0	57.1429
15.0	55.1020
18.0	51.7007
21.0	48.9796
24.0	45.5782
27.0	40.1361
30.0	36.7347
33.0	31.9728
36.0	27.8912
39.0	22.4490
42.0	17.0068
45.0	13.6054
48.0	6.8027

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.R.M.

XY: 3

	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 4.5 [m]	3.0	--
G= 7.5 [m]	3.3	--
G= 10.5 [m]	3.5	--
G= 13.5 [m]	3.4	--
G= 16.5 [m]	4.4	--
G= 19.5 [m]	3.7	--
G= 22.5 [m]	3.0	--
G= 25.5 [m]	3.8	--
G= 28.5 [m]	2.5	--
G= 31.5 [m]	2.6	--
G= 34.5 [m]	2.2	--
G= 37.5 [m]	2.3	--
G= 40.5 [m]	1.8	--
G= 43.5 [m]	1.6	--
G= 46.5 [m]	1.2	--
Velocità [m/sec]	332.0	905.3
Descrizione		

Altri parametri geotecnici

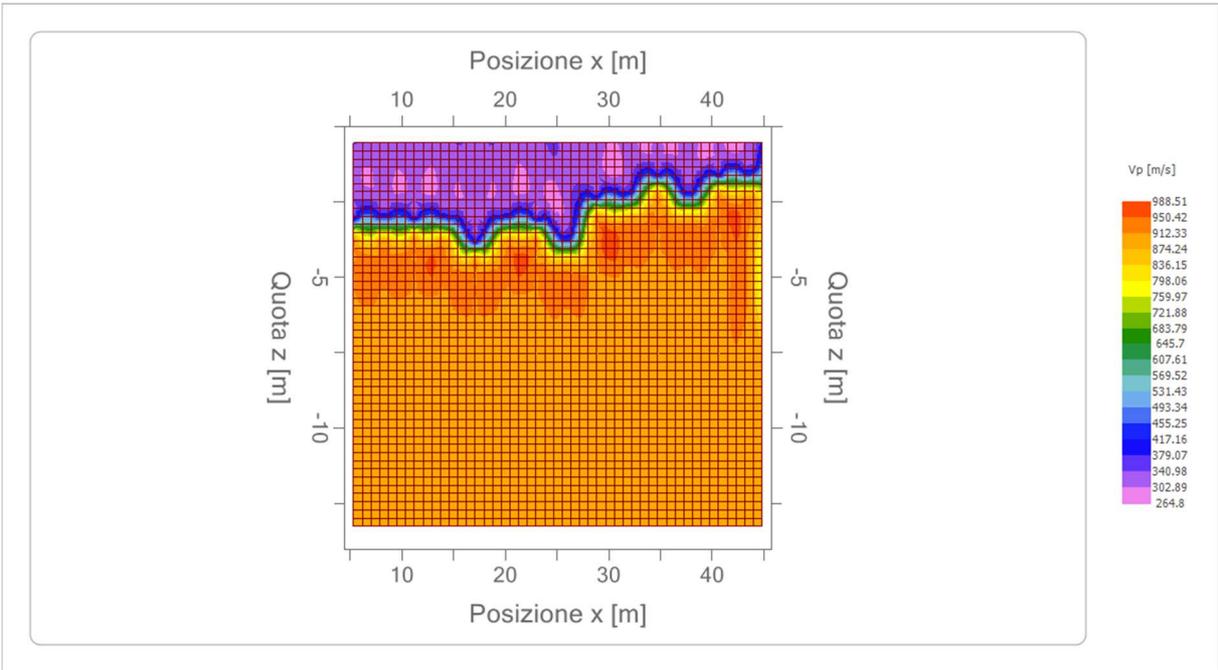
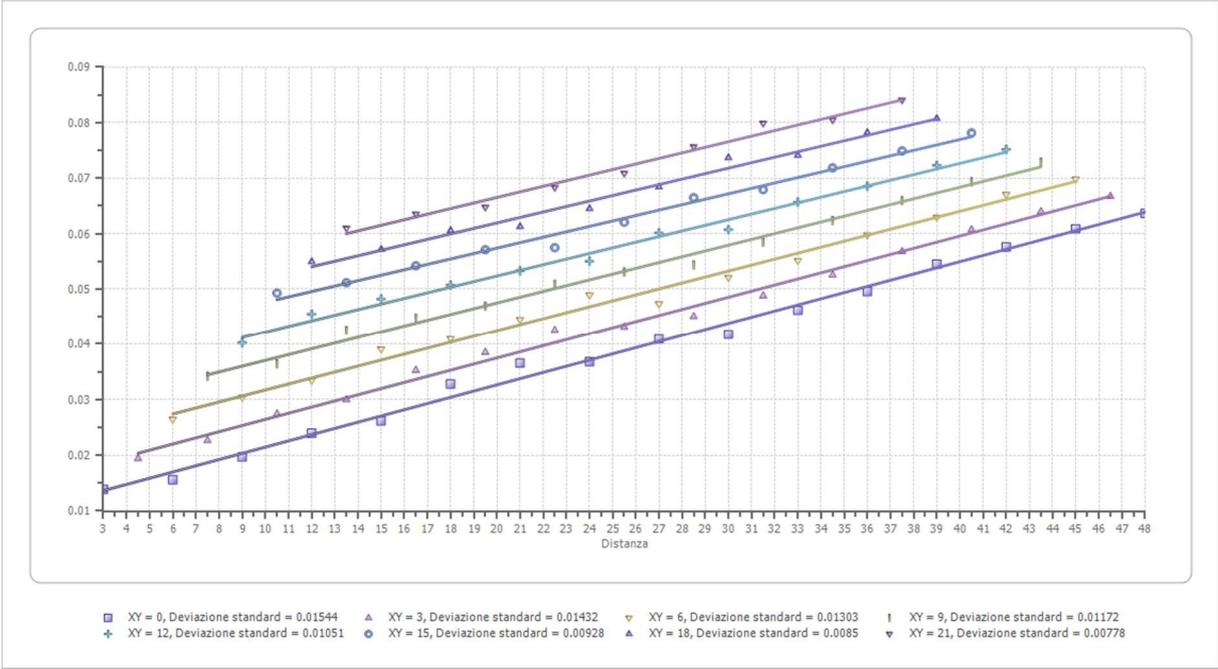
	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m ³]	1700.00	1800.00
Vp [m/s]	331.99	905.32
Vs [m/s]	159.48	434.90
G0 [MPa]	43.24	340.45
Ed [Mpa]	187.37	1475.30
M0 [MPa]	144.13	1134.84
Ey [Mpa]	116.75	919.22

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



4.6 Prospezione sismica a rifrazione Rz6

Il modello di terreno ricavato dal processo di elaborazione della sismica a rifrazione Rz6 ha messo in evidenza la presenza, nei primi 10-12 metri, di un solo orizzonte rifrattore ben definito. Tale interfaccia si presenta con aspetto lievemente ondulato ma nell'insieme con andamento sub-parallelo rispetto alla traccia della superficie topografica. In definitiva sono stati quindi individuati n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche V_p differenti (Fig. 4.6.1).

- 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione V_p , nell'ordine di 526,96 m/s, indicative di un orizzonte costituito da terreni mediamente addensati. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta variabile e mediamente valutabile in circa 2,5 metri.

- 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una V_p di 755,00 m/s; tale valore, medio, è compatibile con terreni di natura tenera moderatamente consistenti afferenti alle calcareniti di Marsala poco cementate intercalate a livelli sabbioso-argillose.

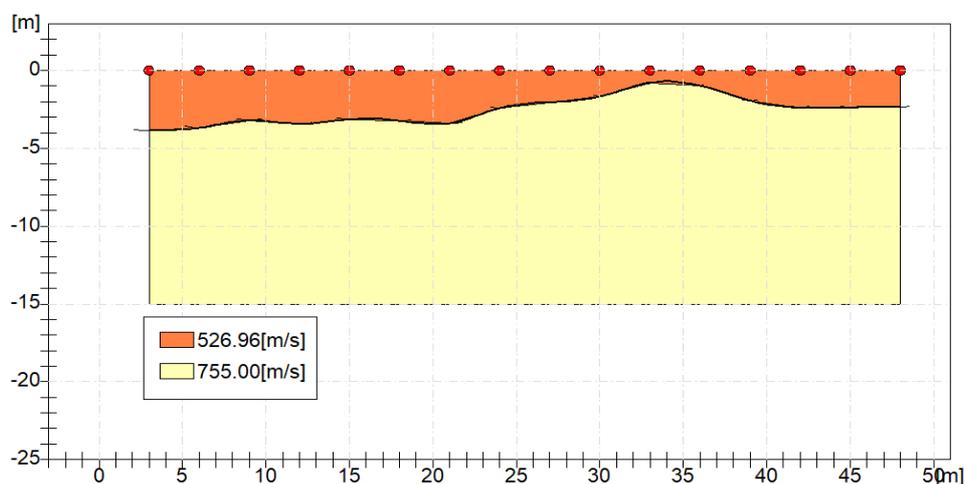


Fig. 4.6.1: Sismostratigrafia desunta dall'indagine Rz6.

Dal punto di vista sismo-stratigrafico è possibile ipotizzare una correlazione fra la sismostratigrafia e la litostratigrafia, occorre comunque rilevare che quasi mai un sismostrato corrisponde perfettamente con un litostrato. Tale ipotesi è inclusa nella Sintesi dei risultati riportata di seguito (Tab.4.6.1):

Tabella 4.6.1 – Sintesi dei risultati dell'indagine sismica Rz6.

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m dal p.c.)	Vs	CORRELAZIONI GEO-LITOLOGICHE
1	Da 0 a -2,5	253.14	Terreno agrario e porzione alterata limo-sabbiosa mediamente addensata e alterata.
2	Da 2,6 a 10-12	362.69	Calcareniti di Marsala poco cementate intercalate a livelli sabbioso-argillose.

ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE Rz6

Geometria geofoni

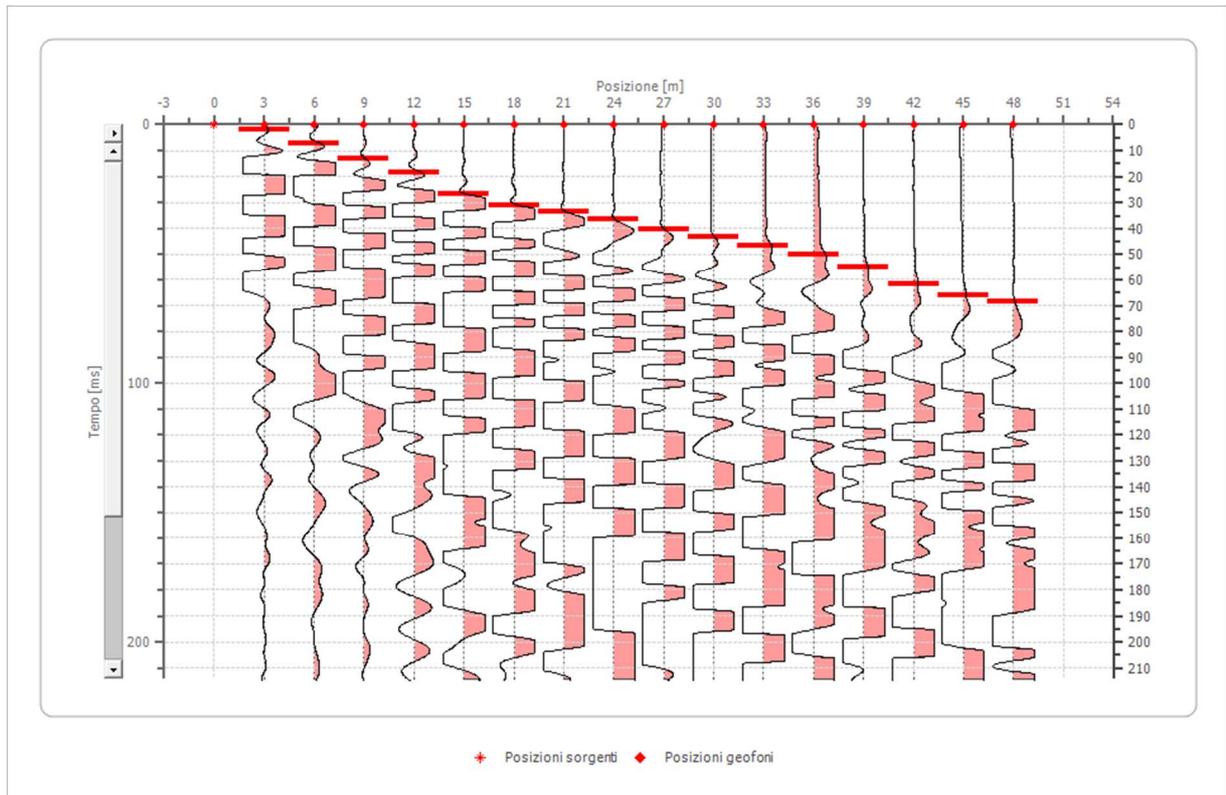
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	3.0	0.0
2	6.0	0.0
3	9.0	0.0
4	12.0	0.0
5	15.0	0.0
6	18.0	0.0
7	21.0	0.0
8	24.0	0.0
9	27.0	0.0
10	30.0	0.0
11	33.0	0.0
12	36.0	0.0
13	39.0	0.0
14	42.0	0.0
15	45.0	0.0
16	48.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente X 0[m]

Posizione sorgente Z 0[m]

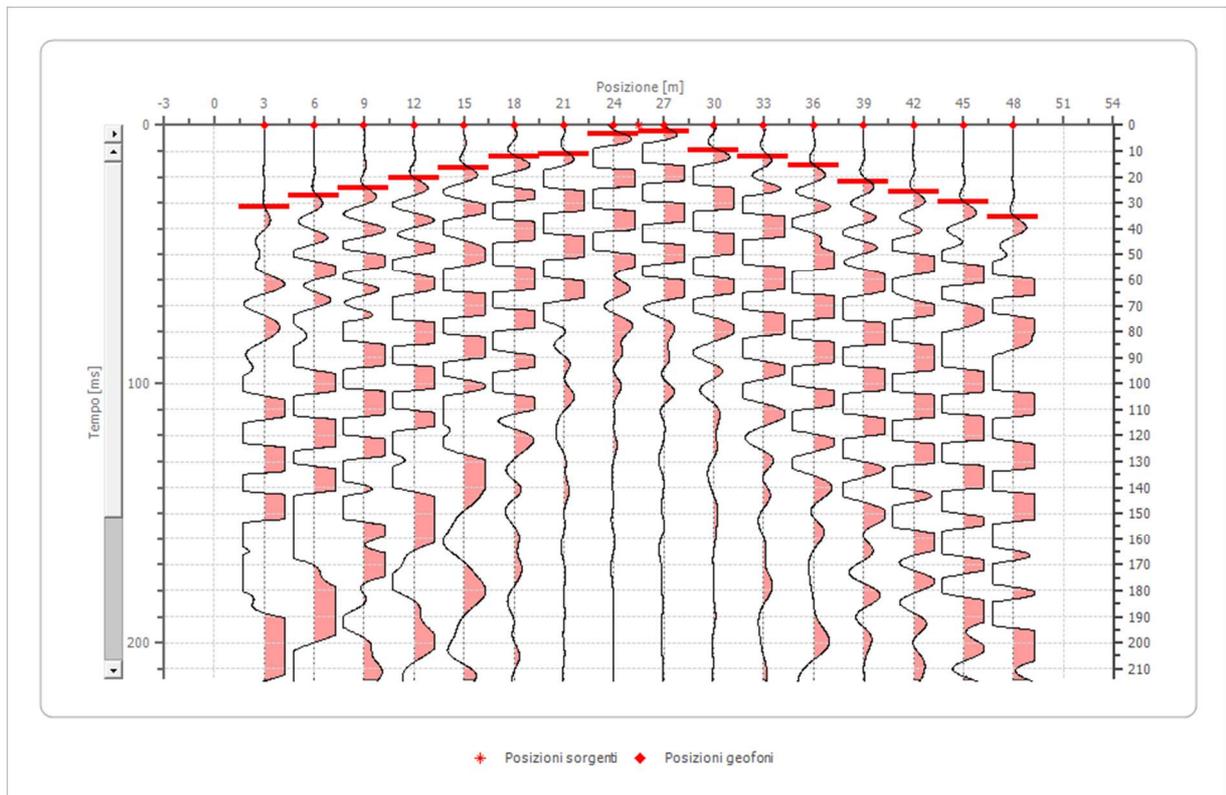


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
3.0	1.9436
6.0	7.2886
9.0	13.1195
12.0	18.4645
15.0	26.7250
18.0	31.0982
21.0	33.5277
24.0	36.4432
27.0	40.3304
30.0	43.2459
33.0	46.6472
36.0	50.0486
39.0	54.9077
42.0	61.7104
45.0	66.0836
48.0	68.5131

Battuta 2

Posizione sorgente X 26 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

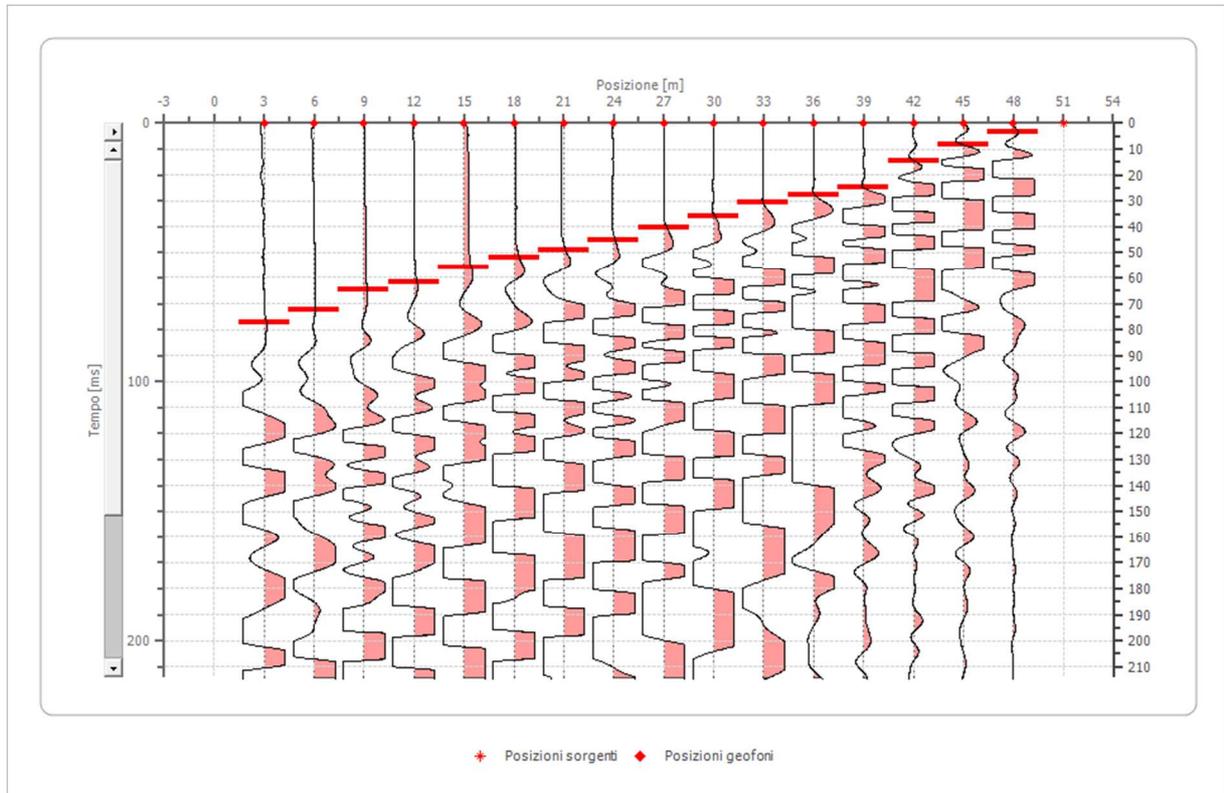


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
3.0	31.5841
6.0	27.2109
9.0	24.2954
12.0	20.4082
15.0	16.5209
18.0	12.1477
21.0	11.1759
24.0	3.4014
27.0	2.4295
30.0	9.7182
33.0	12.1477
36.0	15.5491
39.0	21.8659
42.0	25.7532
45.0	29.6404
48.0	35.4713

Battuta 3

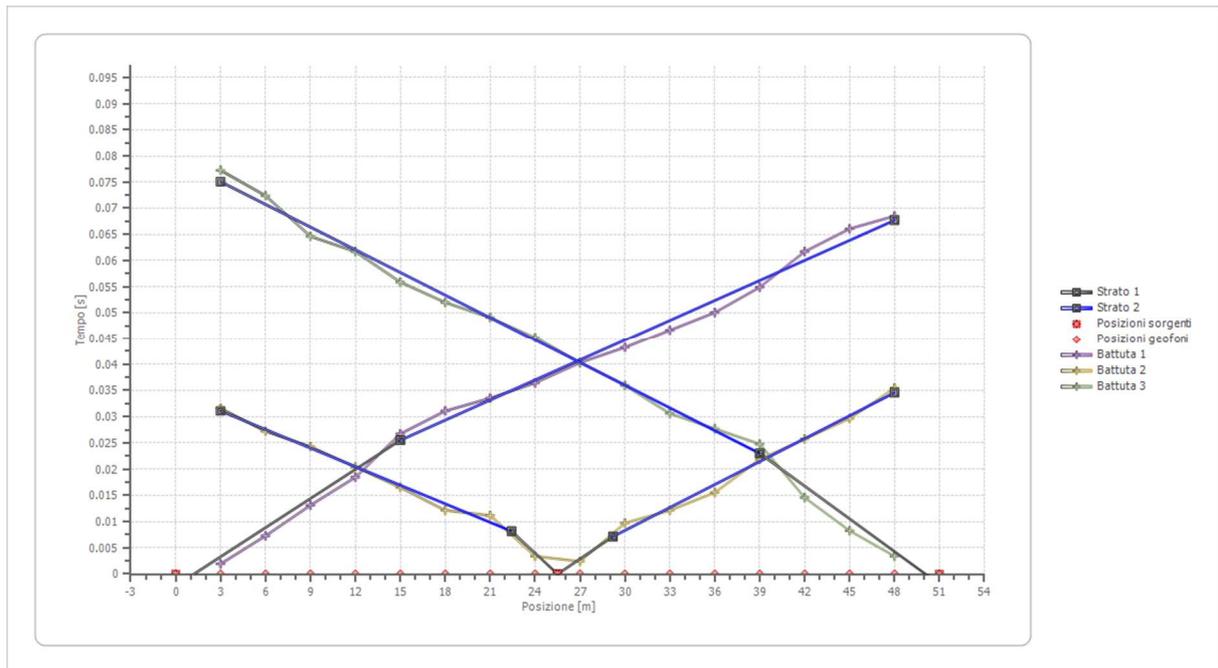
Posizione sorgente X 51 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

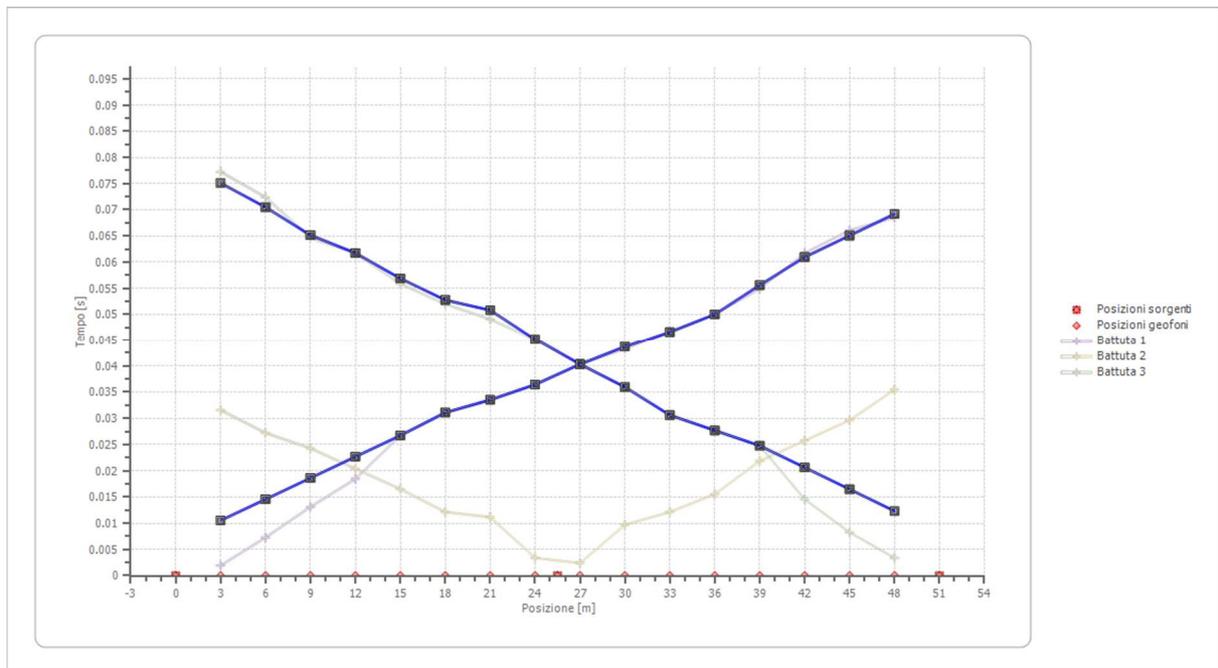


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
3.0	77.2595
6.0	72.4004
9.0	64.6259
12.0	61.7104
15.0	55.8795
18.0	51.9922
21.0	49.0768
24.0	45.1895
27.0	40.3304
30.0	35.9572
33.0	30.6122
36.0	27.6968
39.0	24.7813
42.0	14.5773
45.0	8.2604
48.0	3.4014

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 3.0 [m]	3.9	--
G= 6.0 [m]	3.7	--
G= 9.0 [m]	3.2	--
G= 12.0 [m]	3.4	--
G= 15.0 [m]	3.1	--
G= 18.0 [m]	3.2	--
G= 21.0 [m]	3.4	--
G= 24.0 [m]	2.4	--
G= 27.0 [m]	2.0	--
G= 30.0 [m]	1.7	--
G= 33.0 [m]	0.8	--
G= 36.0 [m]	1.0	--
G= 39.0 [m]	1.9	--
G= 42.0 [m]	2.4	--
G= 45.0 [m]	2.4	--
G= 48.0 [m]	2.4	--
Velocità [m/sec]	527.0	755.0
Descrizione		

Altri parametri geotecnici

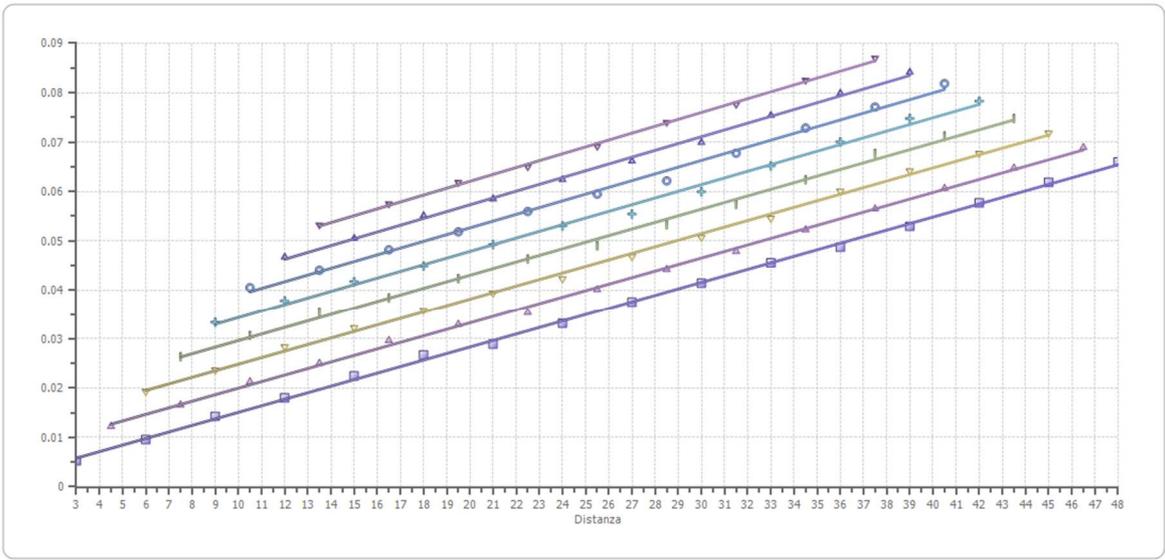
	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m ³]	1700.00	1800.00
Vp [m/s]	526.96	755.00
Vs [m/s]	253.14	362.69
G0 [MPa]	108.94	236.78
Ed [Mpa]	472.06	1026.05
M0 [MPa]	363.12	789.27
Ey [Mpa]	294.13	639.31

G0: Modulo di deformazione al taglio;

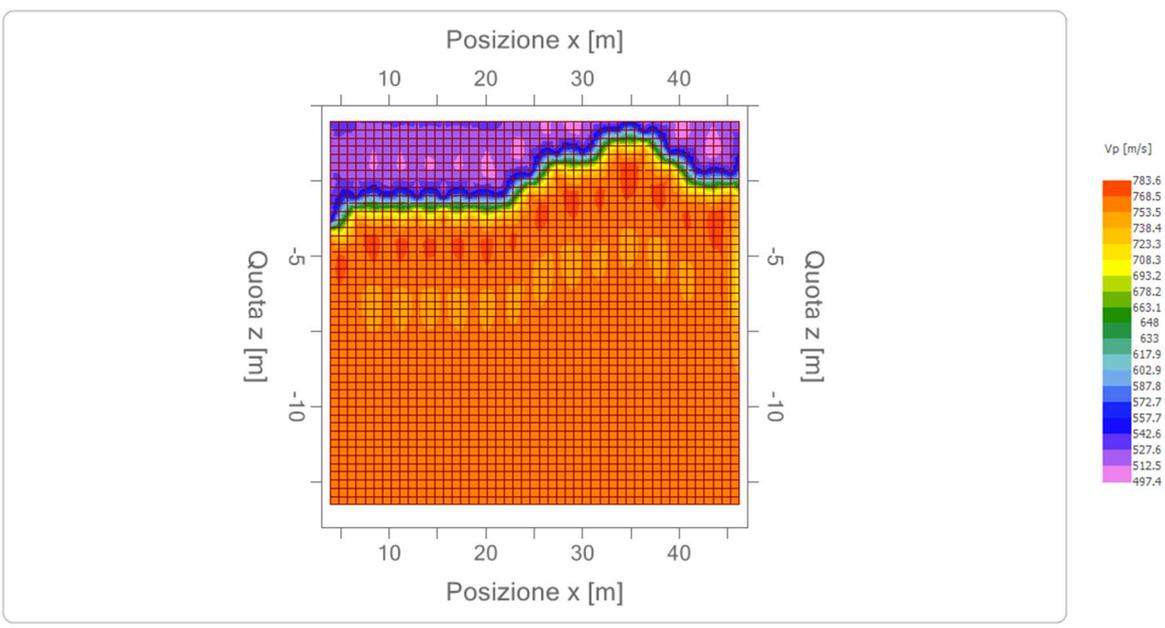
Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



■ XY = 0, Deviazione standard = 0.01832 ▲ XY = 3, Deviazione standard = 0.01719 ▼ XY = 6, Deviazione standard = 0.01609 | XY = 9, Deviazione standard = 0.01503
 + XY = 12, Deviazione standard = 0.01401 ● XY = 15, Deviazione standard = 0.01296 ▲ XY = 18, Deviazione standard = 0.01187 ▼ XY = 21, Deviazione standard = 0.01079



4.7 Prospezione sismica a rifrazione Rz7

Il modello di terreno ricavato dal processo di elaborazione della sismica a rifrazione Rz7 ha messo in evidenza la presenza, nei primi 10-12 metri, di un solo orizzonte rifrattore ben definito. Tale interfaccia si presenta con aspetto inclinato rispetto superficie topografica aspetto legato essenzialmente per una differenza di quota tra il primo ed il sedicesimo geofono. In definitiva sono stati quindi individuati n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche V_p sensibilmente differenti (Fig. 4.7.1).

- 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione V_p , nell'ordine di 742.20m/s, indicative di un orizzonte costituito da terreni sciolti e comunque poco addensati. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta variabile e mediamente valutabile in circa 3,5 metri.

- 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una V_p di 1097.38 m/s; tale valore, medio, è compatibile con terreni è compatibile con terreni di natura tenera moderatamente consistenti afferenti ai depositi terrigeno arenacei con livelli micritici pelagici.

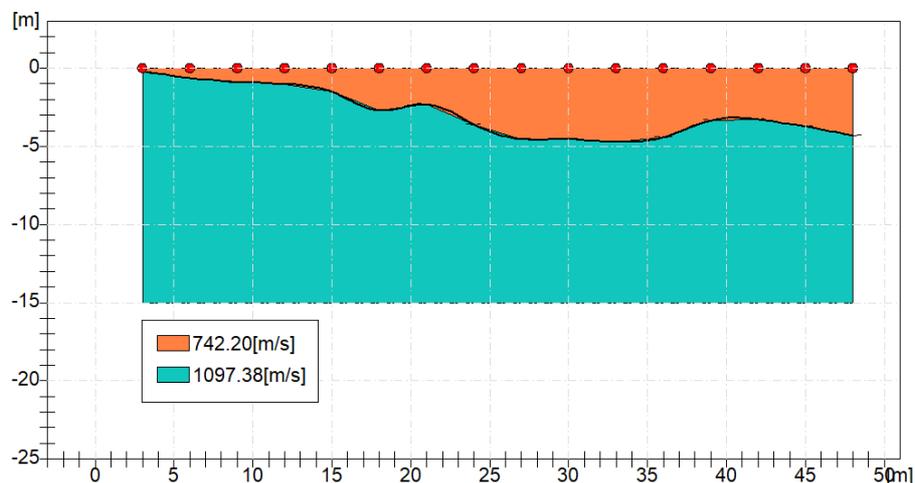


Fig. 4.7.1: Sismostratigrafia desunta dall'indagine Rz7.

Dal punto di vista sismo-stratigrafico è possibile ipotizzare una correlazione fra la sismostratigrafia e la litostratigrafia, occorre comunque rilevare che quasi mai un sismostrato corrisponde perfettamente con un litostrato. Tale ipotesi è inclusa nella Sintesi dei risultati riportata di seguito (Tab.4.7.1):

Tabella 4.7.1 – Sintesi dei risultati dell'indagine sismica Rz7.

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m dal p.c.)	Vs	CORRELAZIONI GEO-LITOLOGICHE
1	Da 0 a -3,5	356.54	Terreno agrario e porzione alterata arenacea moderatamente consistente.
2	Da 3,5 a 10-12	527.16	Depositi terrigeno arenacei con livelli micritici pelagici.

ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE Rz7

Geometria geofoni

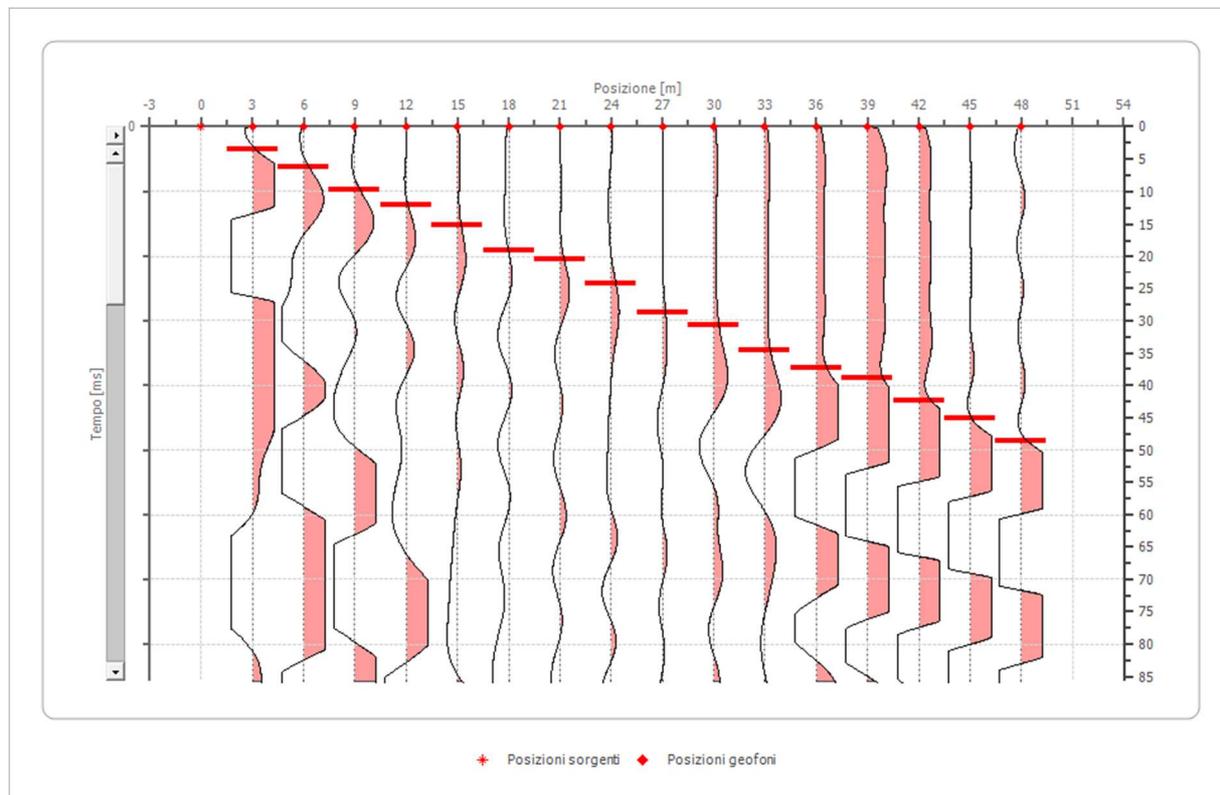
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	3.0	0.0
2	6.0	0.0
3	9.0	0.0
4	12.0	0.0
5	15.0	0.0
6	18.0	0.0
7	21.0	0.0
8	24.0	0.0
9	27.0	0.0
10	30.0	0.0
11	33.0	0.0
12	36.0	0.0
13	39.0	0.0
14	42.0	0.0
15	45.0	0.0
16	48.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente X 0 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

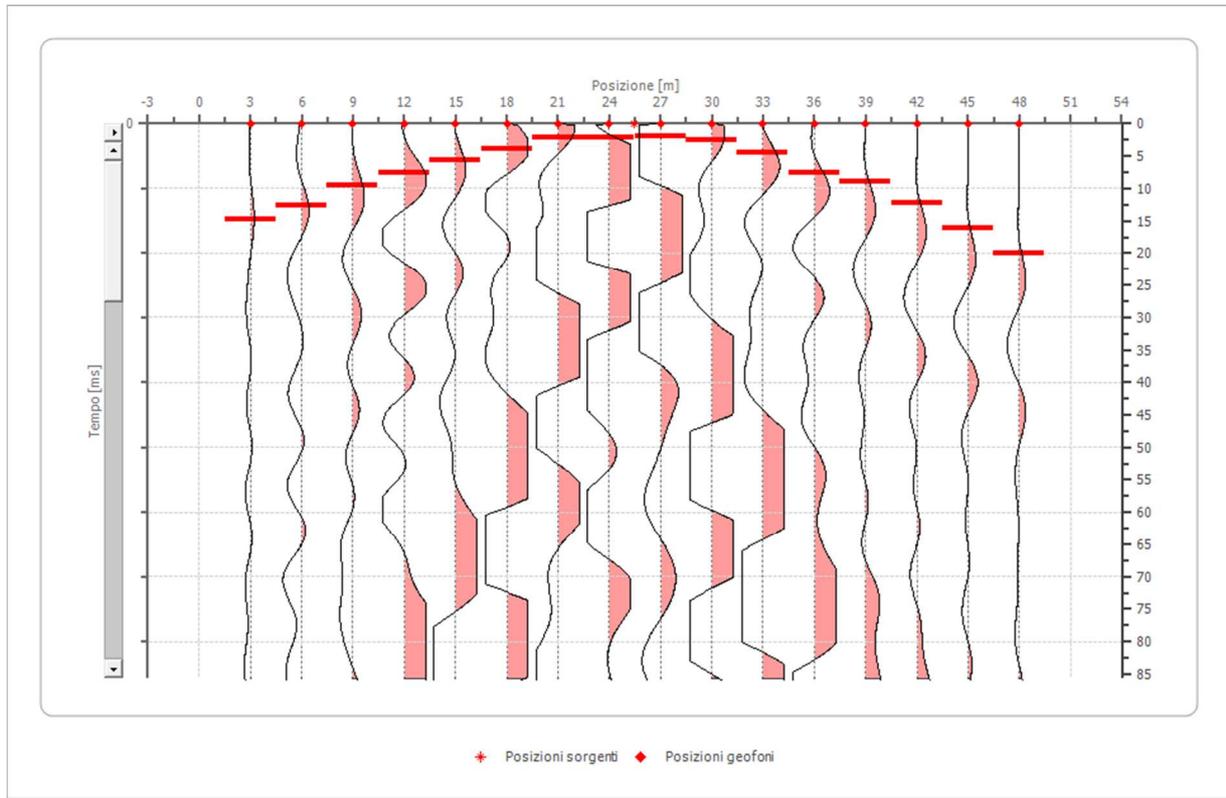


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
3.0	3.4014
6.0	6.3168
9.0	9.7182
12.0	12.1477
15.0	15.0632
18.0	18.9504
21.0	20.4082
24.0	24.2954
27.0	28.6686
30.0	30.6122
33.0	34.4995
36.0	37.4150
39.0	38.8727
42.0	42.2741
45.0	45.1895
48.0	48.5909

Battuta 2

Posizione sorgente X 26 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

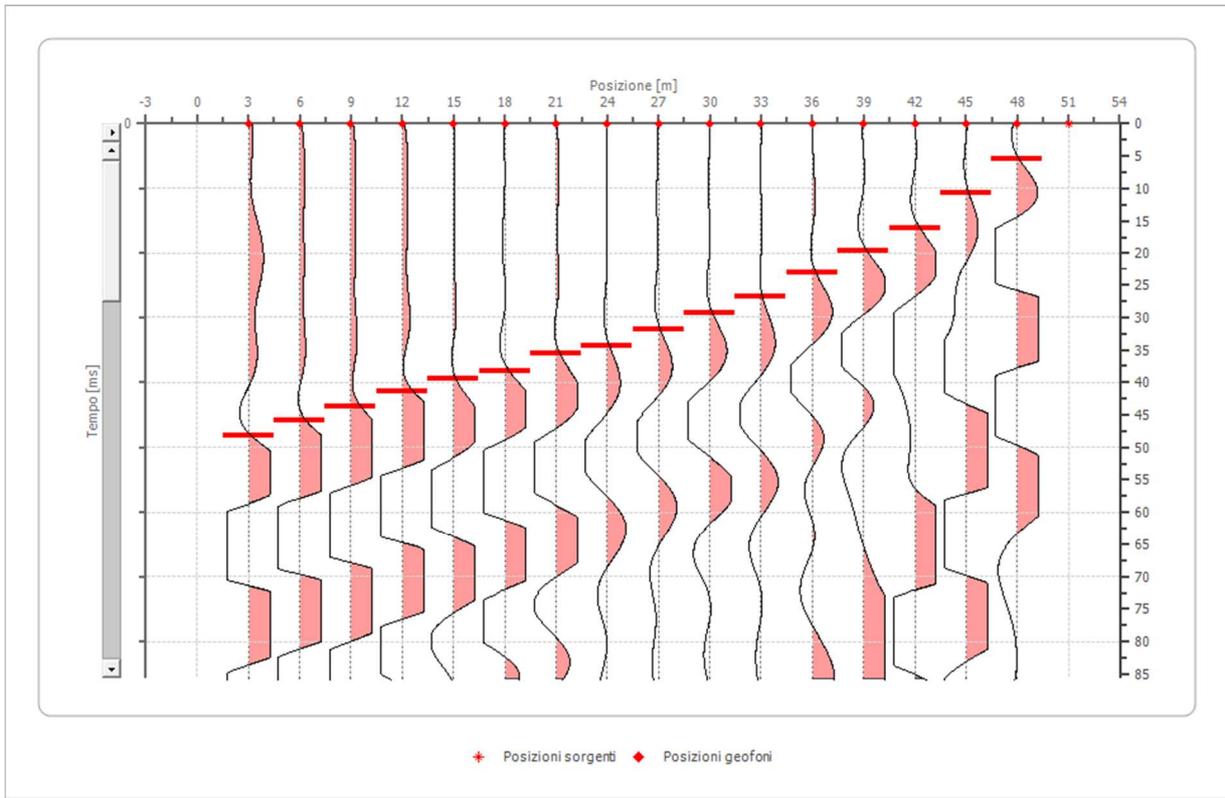


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
3.0	14.7716
6.0	12.6336
9.0	9.5238
12.0	7.5802
15.0	5.6365
18.0	3.8873
21.0	2.1380
24.0	2.1380
27.0	1.9436
30.0	2.5267
33.0	4.4704
36.0	7.5802
39.0	8.9509
42.0	12.1733
45.0	16.1117
48.0	20.0501

Battuta 3

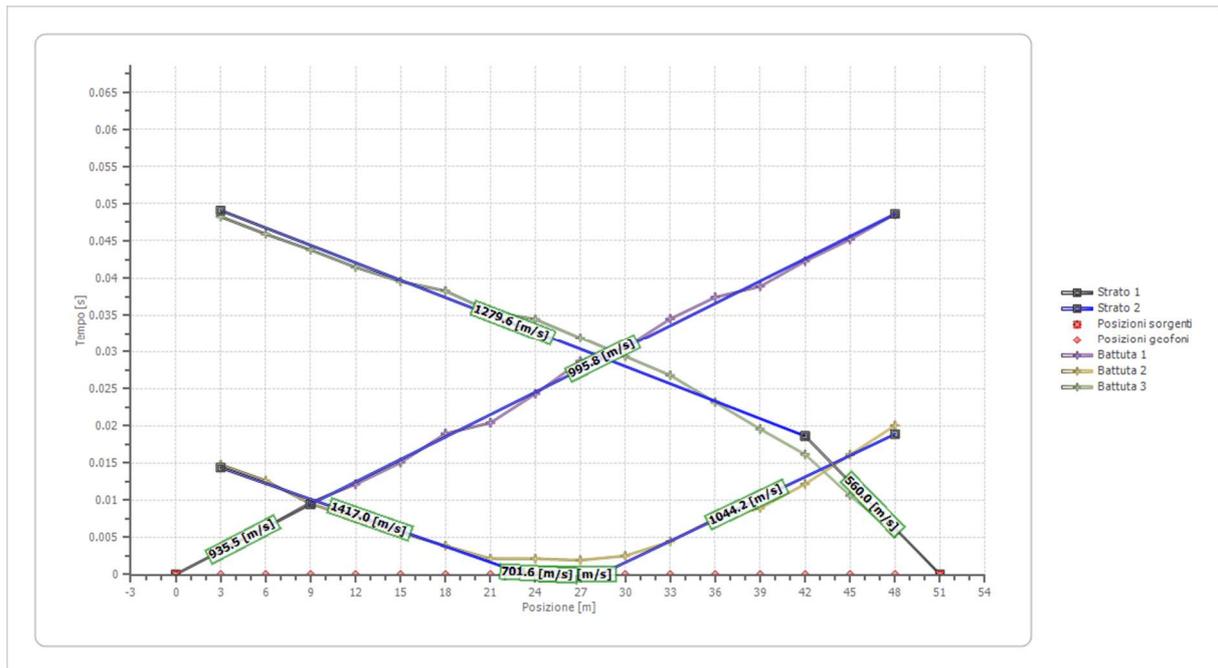
Posizione sorgente X 51 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

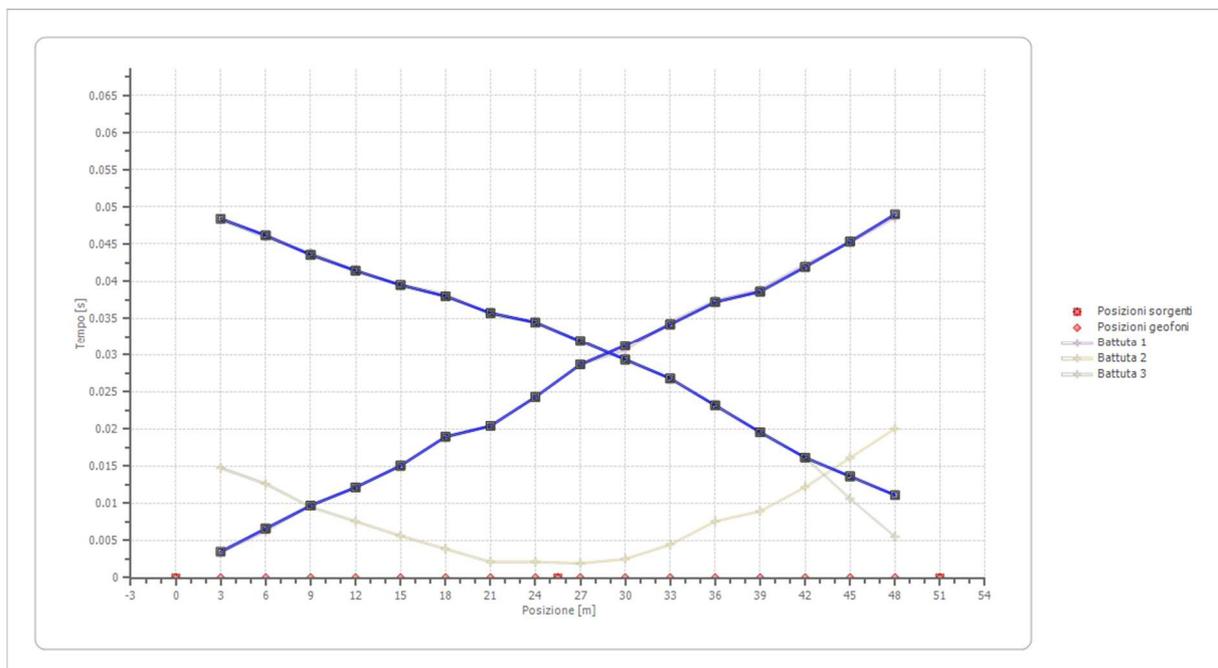


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
3.0	48.2568
6.0	45.9184
9.0	43.7925
12.0	41.4541
15.0	39.5408
18.0	38.2653
21.0	35.5017
24.0	34.4388
27.0	31.8878
30.0	29.3367
33.0	26.7857
36.0	23.1718
39.0	19.5578
42.0	16.1565
45.0	10.6293
48.0	5.5272

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 3.0 [m]	0.2	--
G= 6.0 [m]	0.6	--
G= 9.0 [m]	0.9	--
G= 12.0 [m]	1.0	--
G= 15.0 [m]	1.5	--
G= 18.0 [m]	2.7	--
G= 21.0 [m]	2.3	--
G= 24.0 [m]	3.6	--
G= 27.0 [m]	4.5	--
G= 30.0 [m]	4.6	--
G= 33.0 [m]	4.7	--
G= 36.0 [m]	4.4	--
G= 39.0 [m]	3.3	--
G= 42.0 [m]	3.3	--
G= 45.0 [m]	3.7	--
G= 48.0 [m]	4.3	--
Velocità [m/sec]	742.2	1097.4
Descrizione		

Altri parametri geotecnici

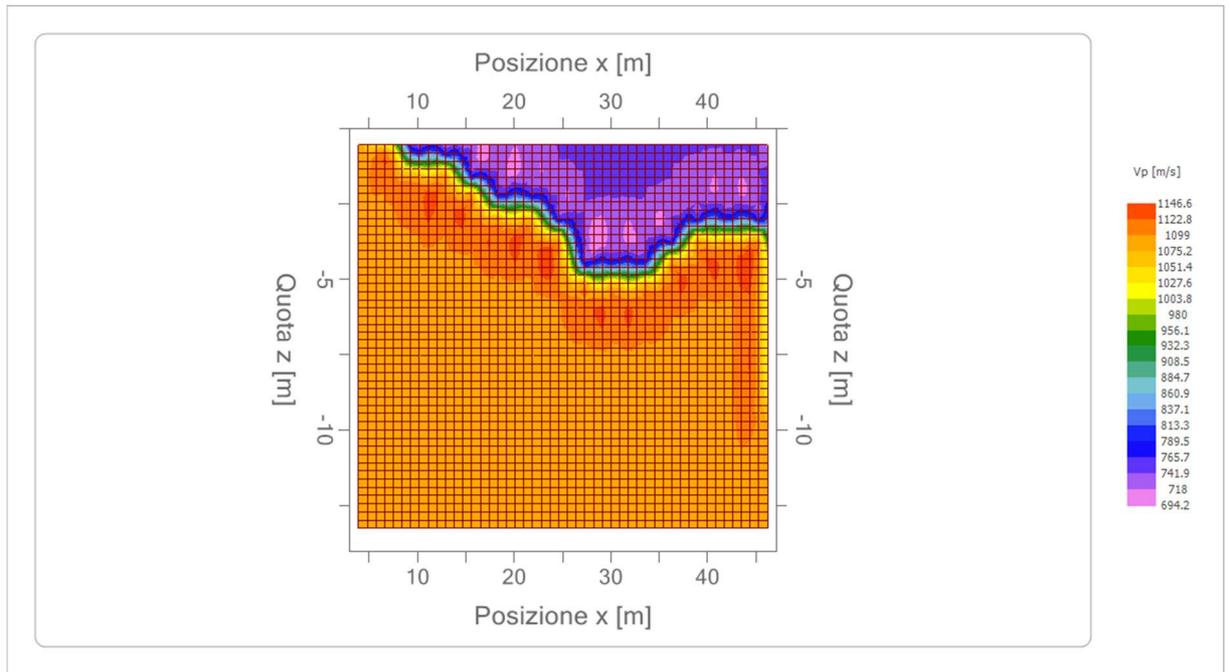
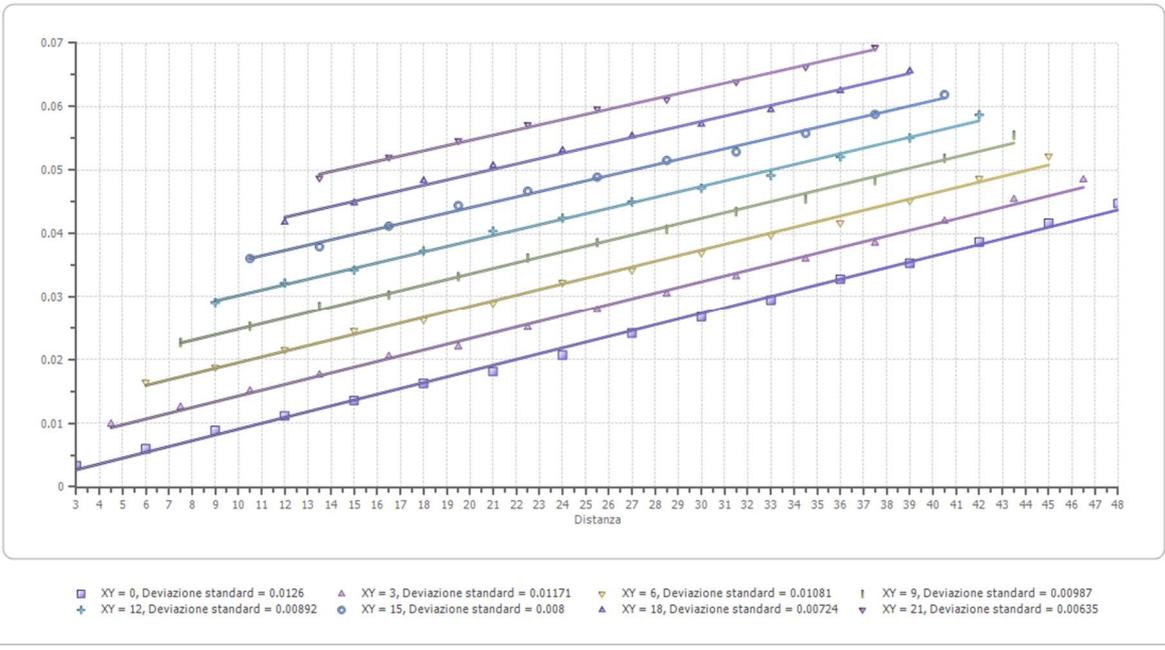
	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m ³]	1700.00	1800.00
Vp [m/s]	742.20	1097.38
Vs [m/s]	356.54	527.16
G0 [MPa]	216.11	500.22
Ed [Mpa]	936.46	2167.64
M0 [MPa]	720.36	1667.41
Ey [Mpa]	583.49	1350.60

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



4.8 Prospezione sismica a rifrazione Rz8

Il modello di terreno ricavato dal processo di elaborazione della sismica a rifrazione Rz8 ha messo in evidenza la presenza, nei primi 10-12 metri, di un solo orizzonte rifrattore ben definito. Tale interfaccia si presenta con aspetto lievemente ondulato ma nell'insieme con andamento sub-parallelo rispetto alla traccia della superficie topografica. In definitiva sono stati quindi individuati n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche V_p differenti (Fig. 4.8.1).

- 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione V_p , nell'ordine di 748,13 m/s, indicative di un orizzonte costituito da terreni mediamente addensati. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta variabile e mediamente valutabile in circa 6 metri.

- 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una V_p di 1821.9m/s; tale valore, medio, è compatibile con terreni di natura consistenti afferenti alle marne sabbiose argillose verde scuro.

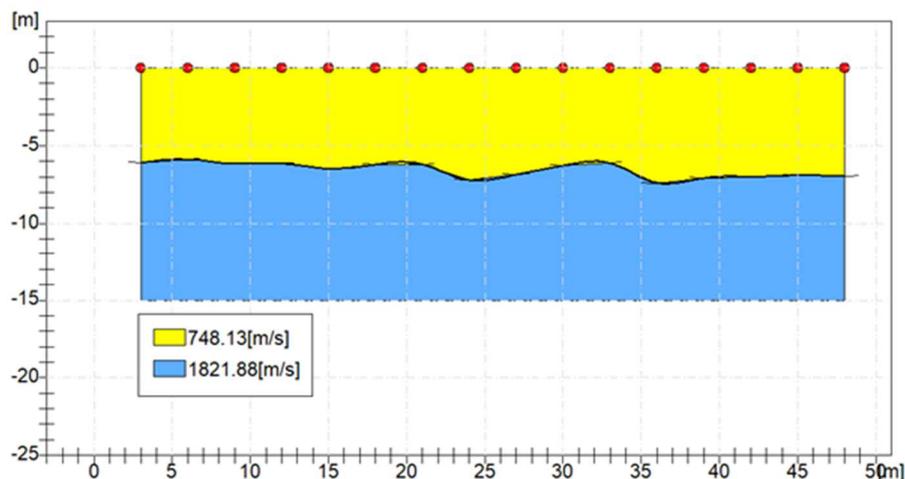


Fig. 4.8.1: Sismostratigrafia desunta dall'indagine Rz8.

Dal punto di vista sismo-stratigrafico è possibile ipotizzare una correlazione fra la sismostratigrafia e la litostratigrafia, occorre comunque rilevare che quasi mai un sismostrato corrisponde perfettamente con un litostrato. Tale ipotesi è inclusa nella Sintesi dei risultati riportata di seguito (Tab.4.8.1):

Tabella 4.8.1 – Sintesi dei risultati dell'indagine sismica Rz8.

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m dal p.c.)	Vs	CORRELAZIONI GEO-LITOLOGICHE
1	Da 0 a -6	359.39	Terreno agrario e porzione alterata marnosa mediamente consistente.
2	Da 6 a 10-12	875.20	Marne sabbiose argillose verde scuro consistenti.

ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE Rz8

Geometria geofoni

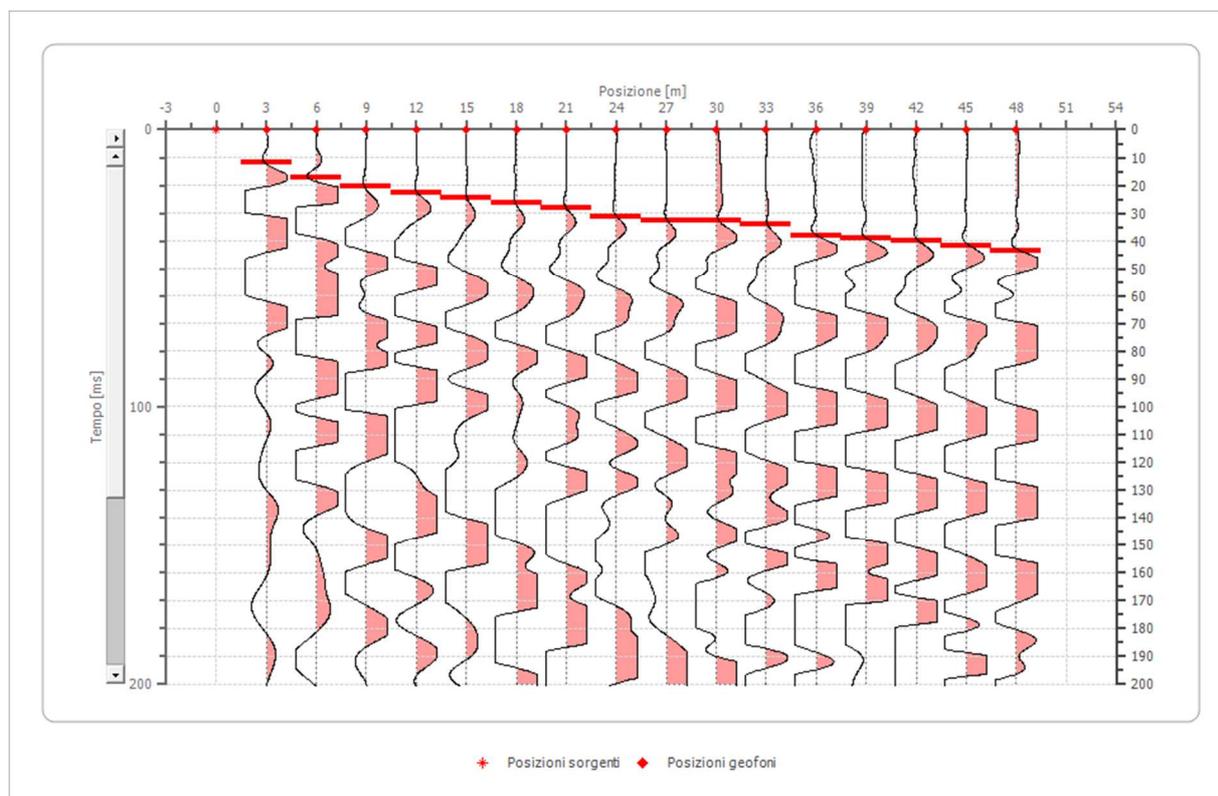
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	3.0	0.0
2	6.0	0.0
3	9.0	0.0
4	12.0	0.0
5	15.0	0.0
6	18.0	0.0
7	21.0	0.0
8	24.0	0.0
9	27.0	0.0
10	30.0	0.0
11	33.0	0.0
12	36.0	0.0
13	39.0	0.0
14	42.0	0.0
15	45.0	0.0
16	48.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente X 0 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

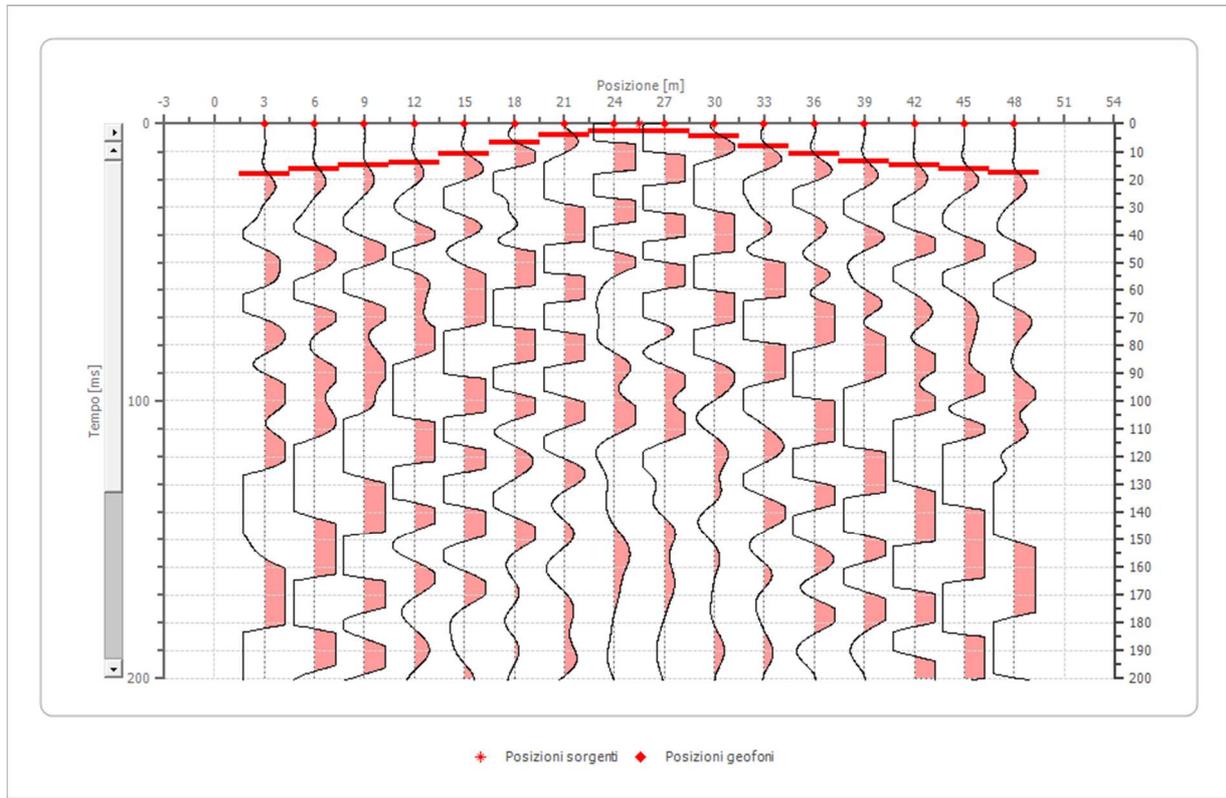


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
3.0	11.5646
6.0	17.0068
9.0	20.4082
12.0	22.4490
15.0	24.4898
18.0	26.5306
21.0	27.8912
24.0	31.2925
27.0	32.6531
30.0	32.6531
33.0	34.0136
36.0	38.0952
39.0	38.7755
42.0	40.1361
45.0	41.4966
48.0	43.5374

Battuta 2

Posizione sorgente X 26 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

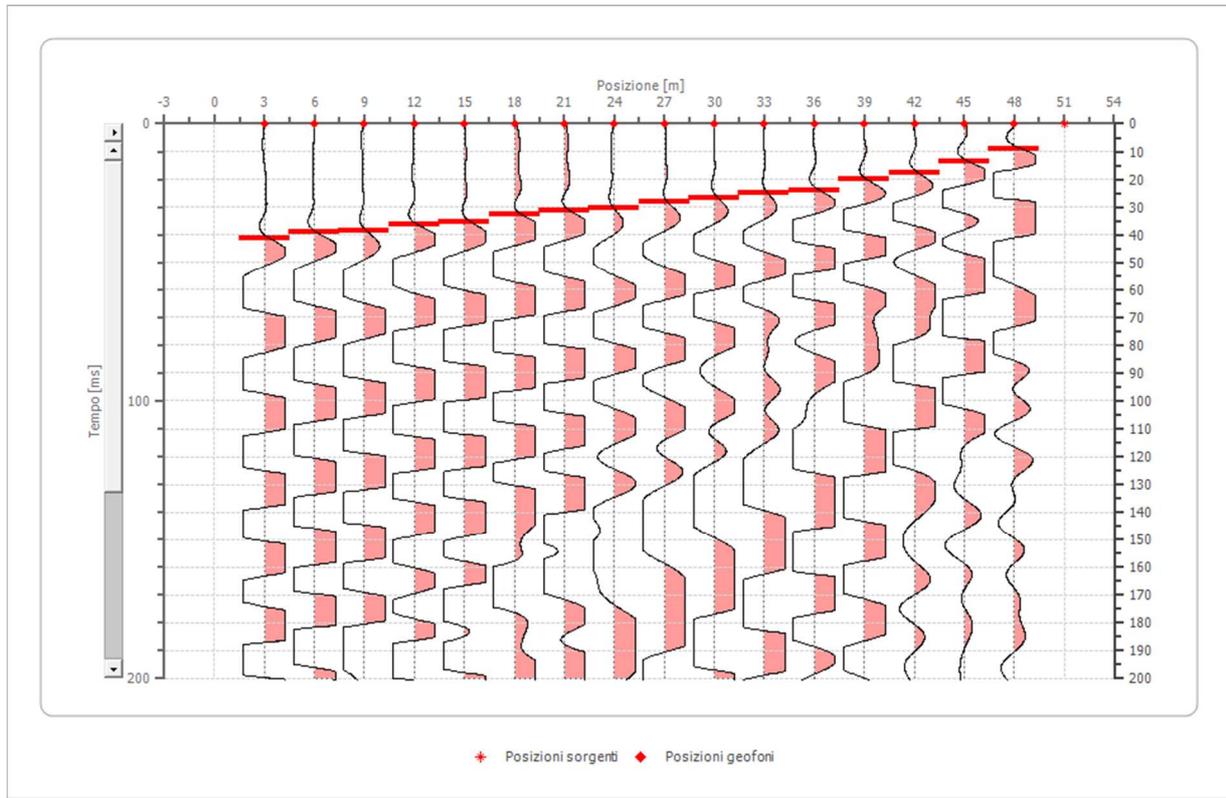


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
3.0	18.1406
6.0	16.3265
9.0	14.9660
12.0	14.0590
15.0	10.8844
18.0	6.8027
21.0	4.0816
24.0	2.7211
27.0	2.7211
30.0	4.5351
33.0	8.1633
36.0	10.8844
39.0	13.6054
42.0	14.9660
45.0	16.3265
48.0	17.6871

Battuta 3

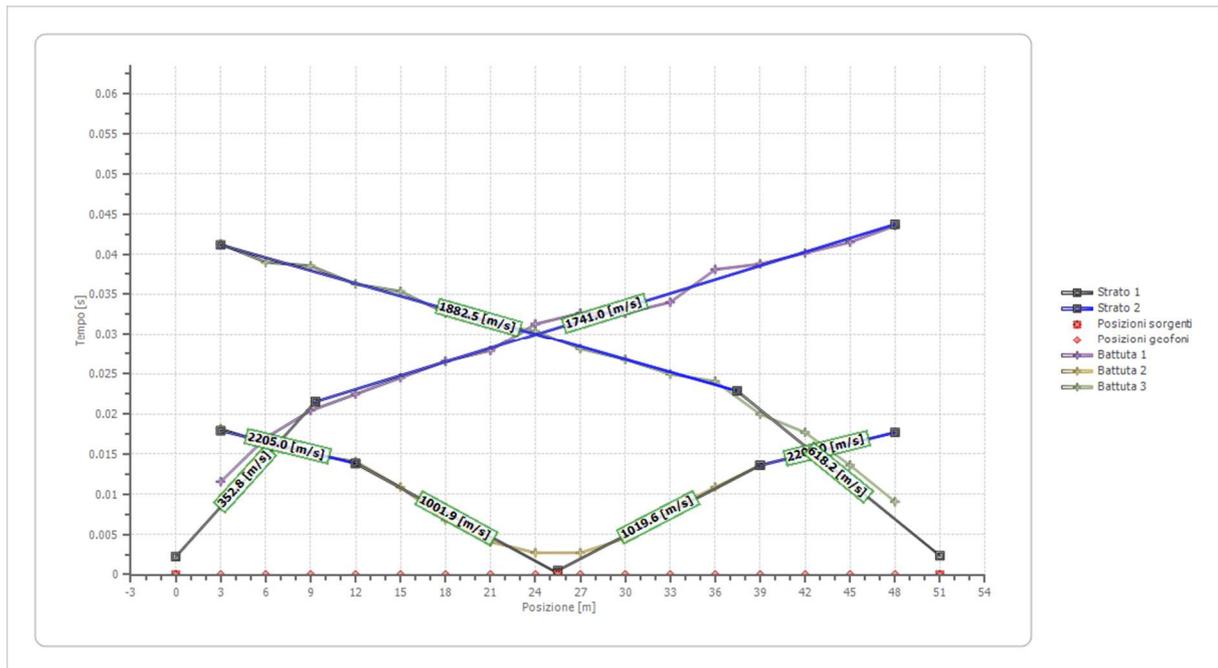
Posizione sorgente X 51 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

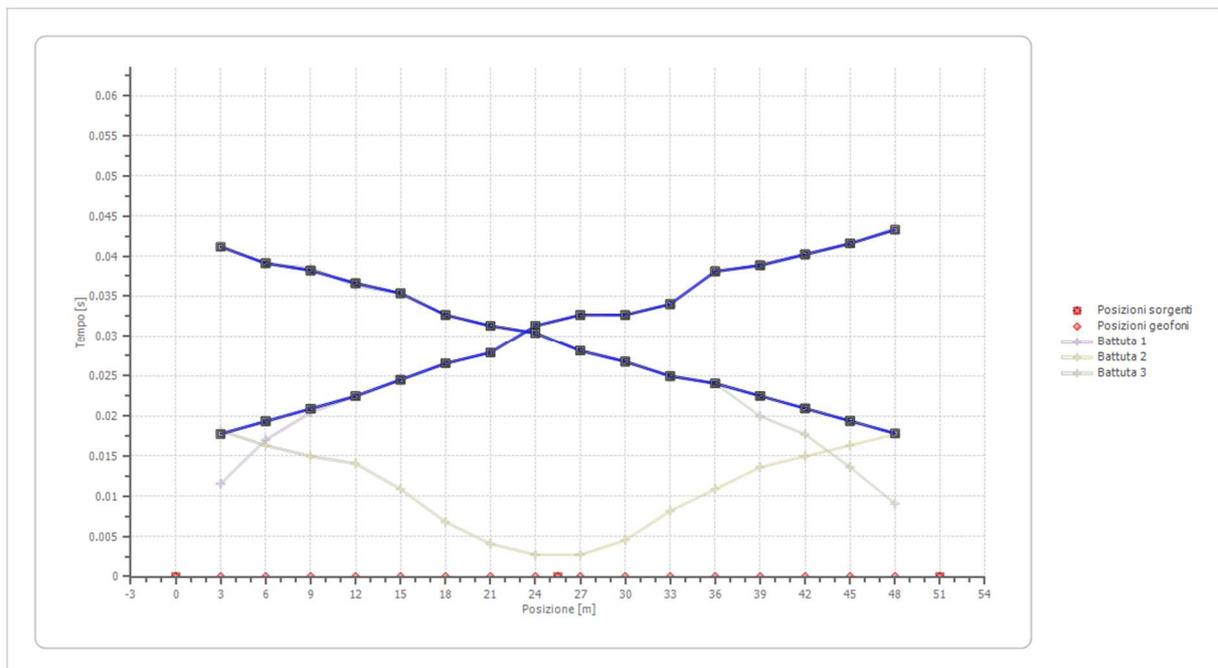


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
3.0	41.2698
6.0	39.0023
9.0	38.5488
12.0	36.2812
15.0	35.3742
18.0	32.6531
21.0	31.2925
24.0	30.3855
27.0	28.1179
30.0	26.7574
33.0	24.9433
36.0	24.0363
39.0	19.9546
42.0	17.6871
45.0	13.6054
48.0	9.0703

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G_r,R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 3.0 [m]	6.1	--
G= 6.0 [m]	5.9	--
G= 9.0 [m]	6.2	--
G= 12.0 [m]	6.2	--
G= 15.0 [m]	6.5	--
G= 18.0 [m]	6.2	--
G= 21.0 [m]	6.2	--
G= 24.0 [m]	7.2	--
G= 27.0 [m]	6.8	--
G= 30.0 [m]	6.3	--
G= 33.0 [m]	6.1	--
G= 36.0 [m]	7.4	--
G= 39.0 [m]	7.1	--
G= 42.0 [m]	7.0	--
G= 45.0 [m]	6.9	--
G= 48.0 [m]	7.0	--
Velocità [m/sec]	748.1	1821.9
Descrizione		

Altri parametri geotecnici

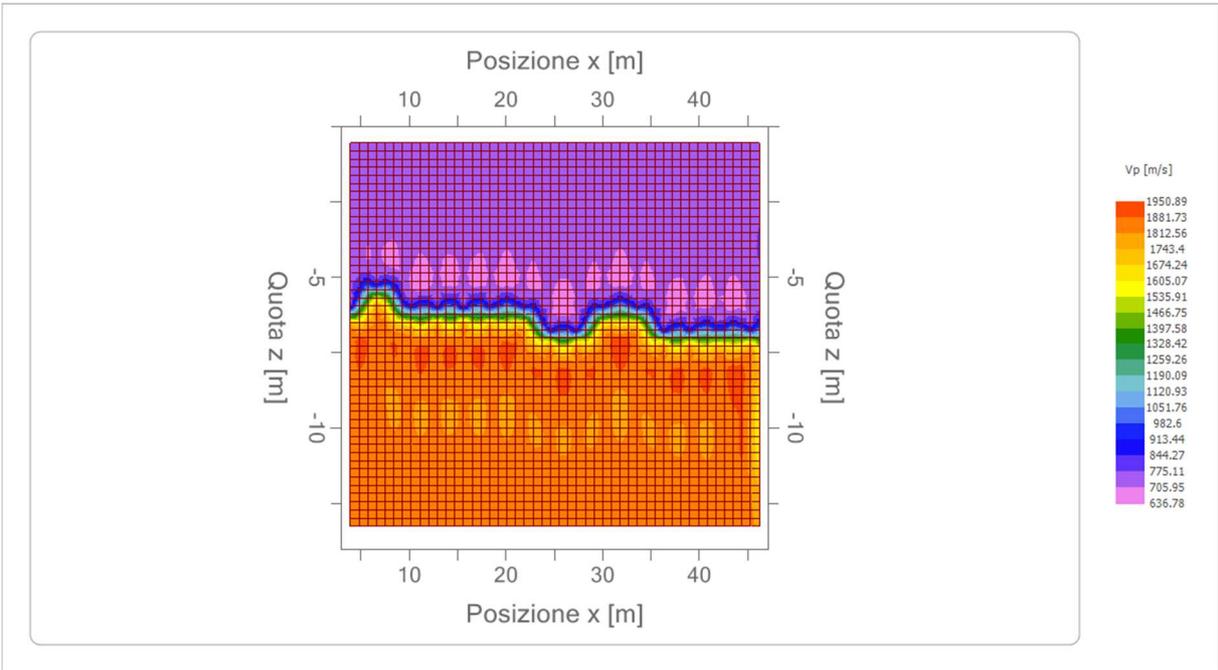
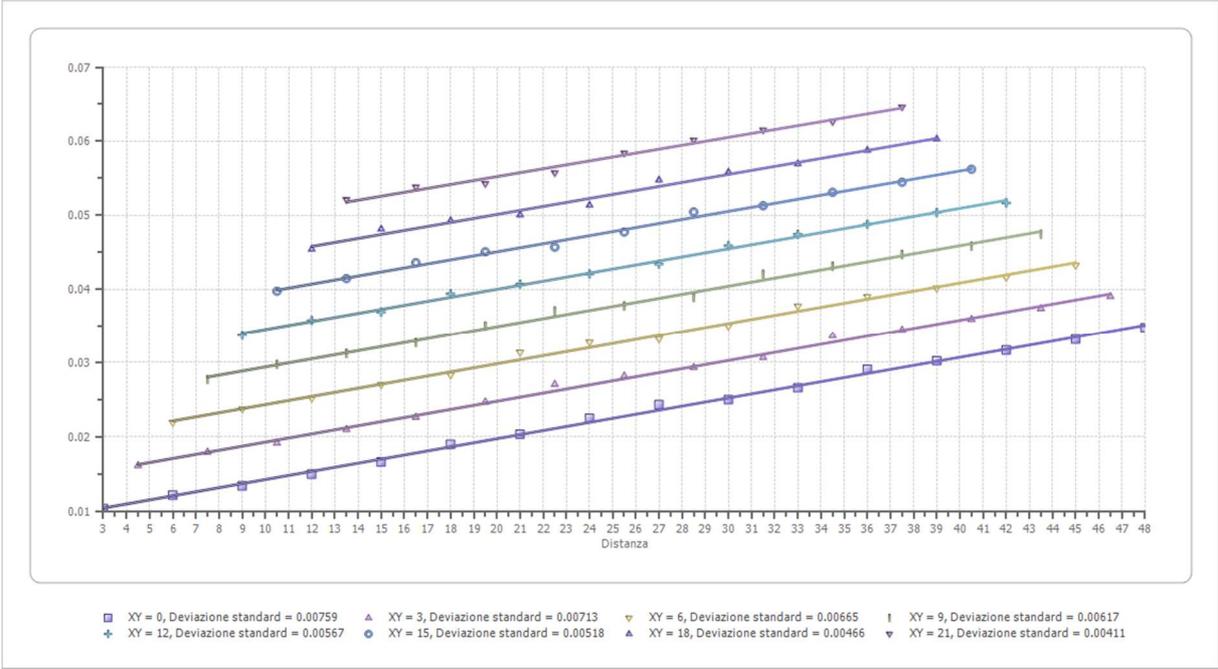
	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m ³]	1700.00	2100.00
Vp [m/s]	748.13	1821.88
Vs [m/s]	359.39	875.20
G0 [MPa]	219.57	1608.56
Ed [Mpa]	951.48	6970.44
M0 [MPa]	731.91	5361.88
Ey [Mpa]	592.85	4343.12

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



5. RISULTATI DELLE INDAGINI DI SISMICA MASW

Le indagini geofisiche eseguite, hanno consentito, dunque, di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde di taglio al fine di valutare il valore del parametro $V_{s,eq}$ e quindi stabilire la categoria di appartenenza del sottosuolo come da D.M. 17/01/2018. Dalla individuazione delle onde di taglio generate in corrispondenza del punto di indagine è stato possibile determinare la velocità di propagazione media di tali onde entro i primi 30 metri di terreno attraversato; successivamente, attraverso questo parametro ed ai sensi della normativa vigente in materia antisismica, Ordinanza 3274 – Nuova Normativa Antisismica del 20/03/2003, richiamata dal DM 17/01/2018, è stato possibile classificare tali terreni. La determinazione dell'andamento dei valori delle onde di taglio è stata resa possibile dall'interpretazione congiunta del profilo H/V in comparazione con la curva degli spettri di ampiezza. L'individuazione delle discontinuità è infatti resa possibile quando in corrispondenza dei valori di frequenza di risonanza caratteristici nella curva H/V si realizza contestualmente una inversione nella componente verticale dello spettro di ampiezza. Successivamente avendo noti sia lo spessore degli strati che i relativi valori di propagazione delle onde di taglio è stato possibile determinare il valore di V_{seq} attraverso la seguente espressione:

$$V_{s, eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

con:

h_i = Spessore in metri dello strato i-esimo (in m)

V_s = Velocità dell'onda di taglio i-esimo strato

N = Numero di strati

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

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H = 30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

5.1 INDAGINE SISMICA MASW1

Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 3 Hz e 45 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei modi di propagazione delle onde con i massimi della velocità di fase; Basandosi su tale interpretazione ed a partire dal risultato della modellazione diretta, allo scopo di affinare ulteriormente il modello, è stato successivamente effettuato il picking e l'inversione ipotizzando, per i primi 30 metri, un modello a 4 sismostrati. I risultati dell'inversione hanno fornito i seguenti valori della velocità delle onde S.

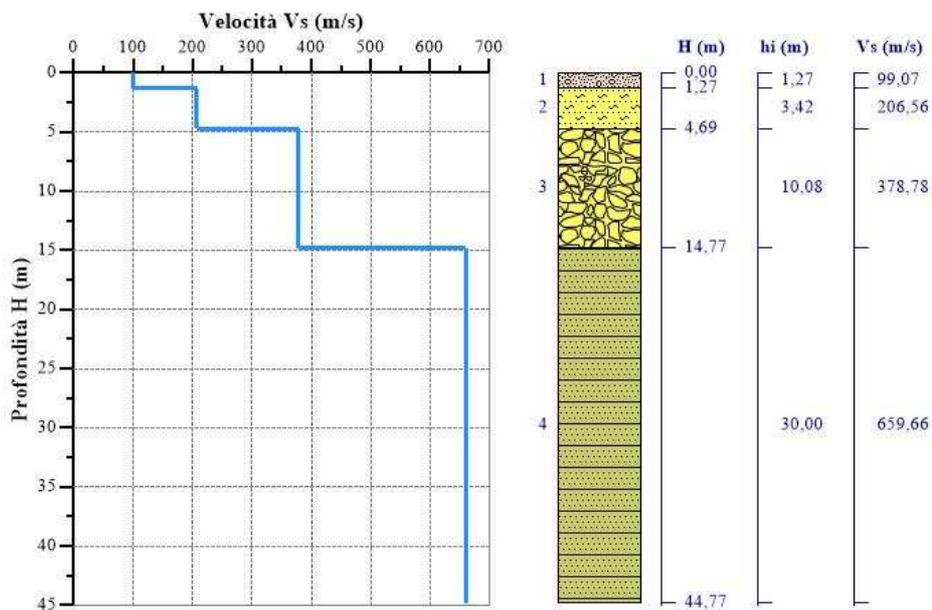
Strato n°1: $V_s = 99.07\text{m/s}$; spessore medio 1.27metri.

Strato n°2: $V_s = 206.56\text{m/s}$; spessore medio oltre 3.42metri.

Strato n°3: $V_s = 378.87\text{ m/s}$; spessore medio 10.08metri.

Strato n°4: $V_s = 659.66\text{ m/s}$; spessore oo.

Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato, $\underline{V_{S,eq} = 379.25\text{m/s}}$, unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle Vs, il sottosuolo in esame risulta classificabile come sottosuolo di **tipo B** e **Categoria topografica T1**.

5.2 INDAGINE SISMICA MASW₂

Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 3 Hz e 45 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei modi di propagazione delle onde con i massimi della velocità di fase; Basandosi su tale interpretazione ed a partire dal risultato della modellazione diretta, allo scopo di affinare ulteriormente il modello, è stato successivamente effettuato il picking e l'inversione ipotizzando, per i primi 30 metri, un modello a 4 sismostrati. I risultati dell'inversione hanno fornito i seguenti valori della velocità delle onde S.

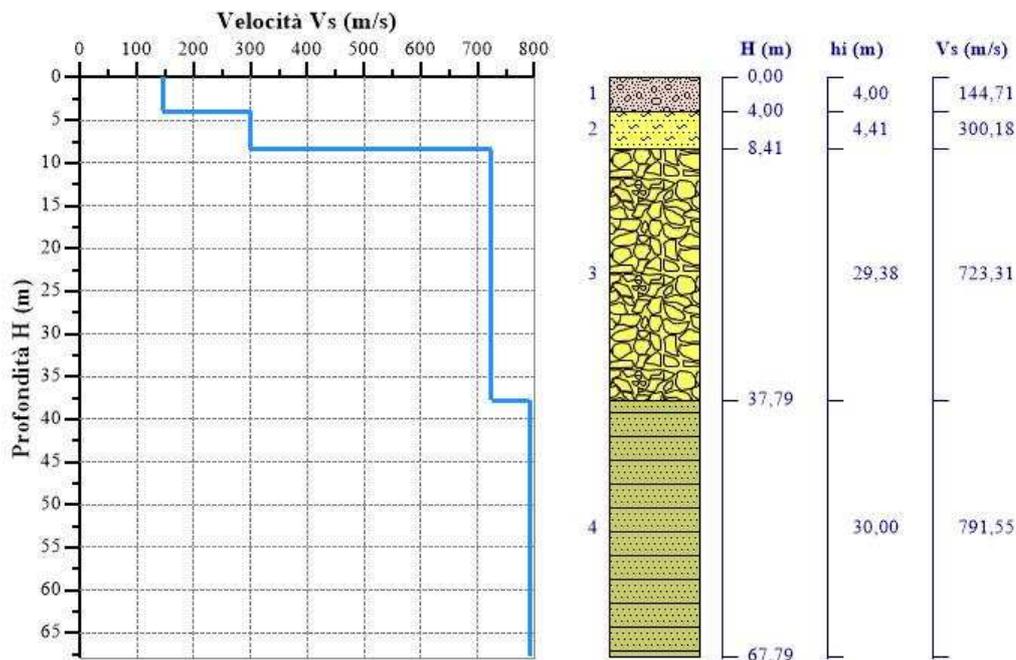
Strato n°1: $V_s = 144.71\text{m/s}$; spessore medio 4.00metri.

Strato n°2: $V_s = 300.18\text{m/s}$; spessore medio oltre 4.41metri.

Strato n°3: $V_s = 723.31\text{m/s}$; spessore medio 29.38metri.

Strato n°4: $V_s = 791.55\text{m/s}$; spessore oo.

Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato, **$V_{S,eq} = 415.74\text{m/s}$** , unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle Vs, il sottosuolo in esame risulta classificabile come sottosuolo di **tipo B** e **Categoria topografica T1**.

5.3 INDAGINE SISMICA MASW₃

Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 3 Hz e 50 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei modi di propagazione delle onde con i massimi della velocità di fase; Basandosi su tale interpretazione ed a partire dal risultato della modellazione diretta, allo scopo di affinare ulteriormente il modello, è stato successivamente effettuato il picking e l'inversione ipotizzando, per i primi 30 metri, un modello a 4 sismostrati. I risultati dell'inversione hanno fornito i seguenti valori della velocità delle onde S.

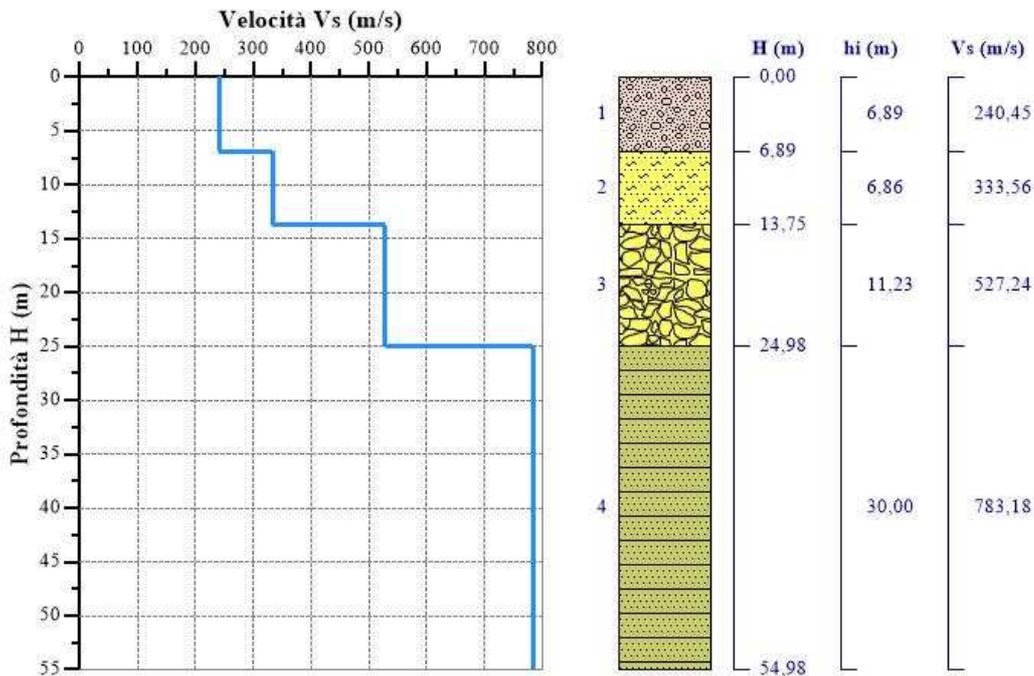
Strato n°1: $V_s = 240.45$ m/s; spessore medio 6.89metri.

Strato n°2: $V_s = 333.56$ m/s; spessore medio oltre 6.86metri.

Strato n°3: $V_s = 527.24$ m/s; spessore medio 11.23 metri.

Strato n°4: $V_s = 783.18$ m/s; spessore oo.

Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato, **$V_{S,eq} = 390,31$ m/s**, unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle Vs, il sottosuolo in esame risulta classificabile come sottosuolo di **tipo B** e **Categoria topografica T1**.

5.4 INDAGINE SISMICA MASW4

Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 4 Hz e 50 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei modi di propagazione delle onde con i massimi della velocità di fase; Basandosi su tale interpretazione ed a partire dal risultato della modellazione diretta, allo scopo di affinare ulteriormente il modello, è stato successivamente effettuato il picking e l'inversione ipotizzando, per i primi 30 metri, un modello a 4 sismostrati. I risultati dell'inversione hanno fornito i seguenti valori della velocità delle onde S.

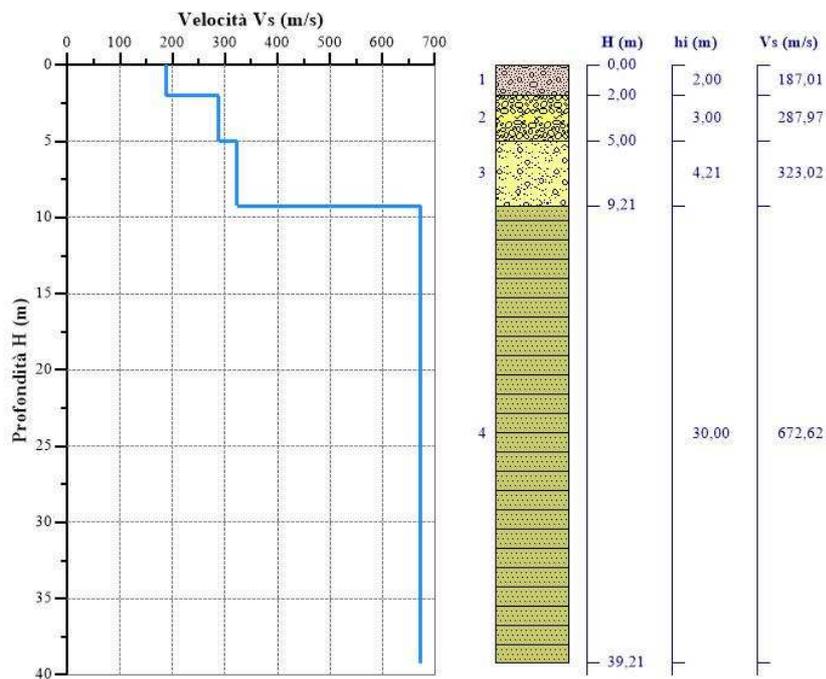
Strato n°1: $V_s = 187.01\text{m/s}$; spessore medio 2.00 metri.

Strato n°2: $V_s = 287.97\text{m/s}$; spessore medio oltre 3.00metri.

Strato n°3: $V_s = 323.02\text{m/s}$; spessore medio 4.21metri.

Strato n°4: $V_s = 672.62\text{m/s}$; spessore oo.

Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato, $V_{S,eq} = 461.10\text{m/s}$, unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle Vs, il sottosuolo in esame risulta classificabile come sottosuolo di **tipo B** e **Categoria topografica T1**.

5.5 INDAGINE SISMICA MASW5

Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 1 Hz e 50 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei modi di propagazione delle onde con i massimi della velocità di fase; Basandosi su tale interpretazione ed a partire dal risultato della modellazione diretta, allo scopo di affinare ulteriormente il modello, è stato successivamente effettuato il picking e l'inversione ipotizzando, per i primi 30 metri, un modello a 4 sismostrati. I risultati dell'inversione hanno fornito i seguenti valori della velocità delle onde S.

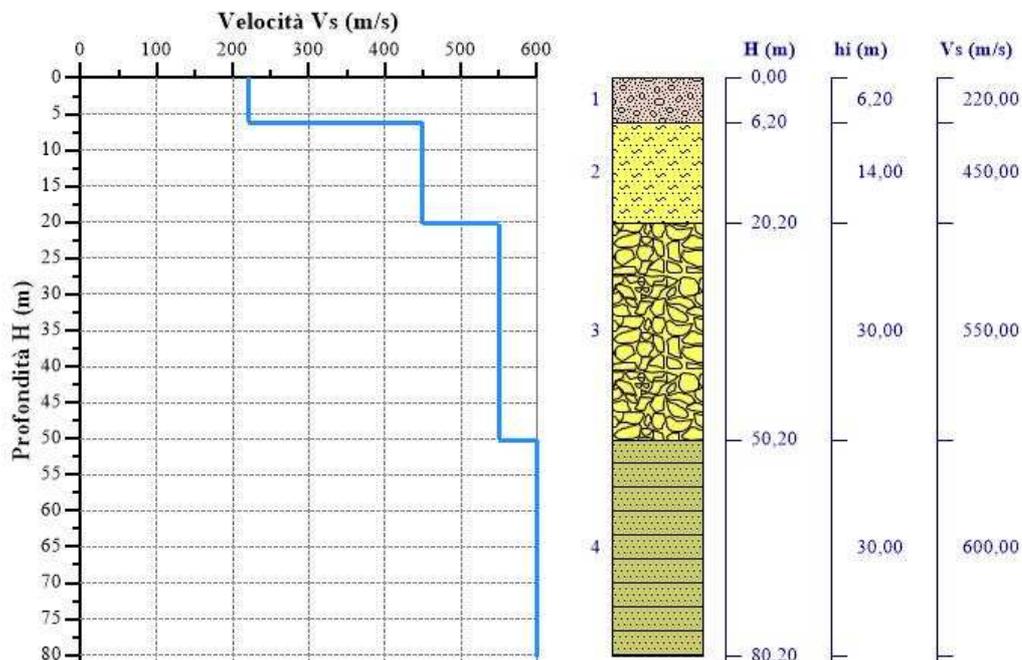
Strato n°1: $V_s = 220.00\text{m/s}$; spessore medio 6.20metri.

Strato n°2: $V_s = 450.00\text{m/s}$; spessore medio oltre 14.00metri.

Strato n°3: $V_s = 550.00\text{m/s}$; spessore medio 30.00metri.

Strato n°4: $V_s = 600.00\text{m/s}$; spessore oo.

Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato, $V_{S,eq} = 389.05\text{m/s}$, unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle Vs, il sottosuolo in esame risulta classificabile come sottosuolo di **tipo B** e **Categoria topografica T1**.

5.6 INDAGINE SISMICA MASW6

Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 2 Hz e 50 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei modi di propagazione delle onde con i massimi della velocità di fase; Basandosi su tale interpretazione ed a partire dal risultato della modellazione diretta, allo scopo di affinare ulteriormente il modello, è stato successivamente effettuato il picking e l'inversione ipotizzando, per i primi 30 metri, un modello a 4 sismostrati. I risultati dell'inversione hanno fornito i seguenti valori della velocità delle onde S.

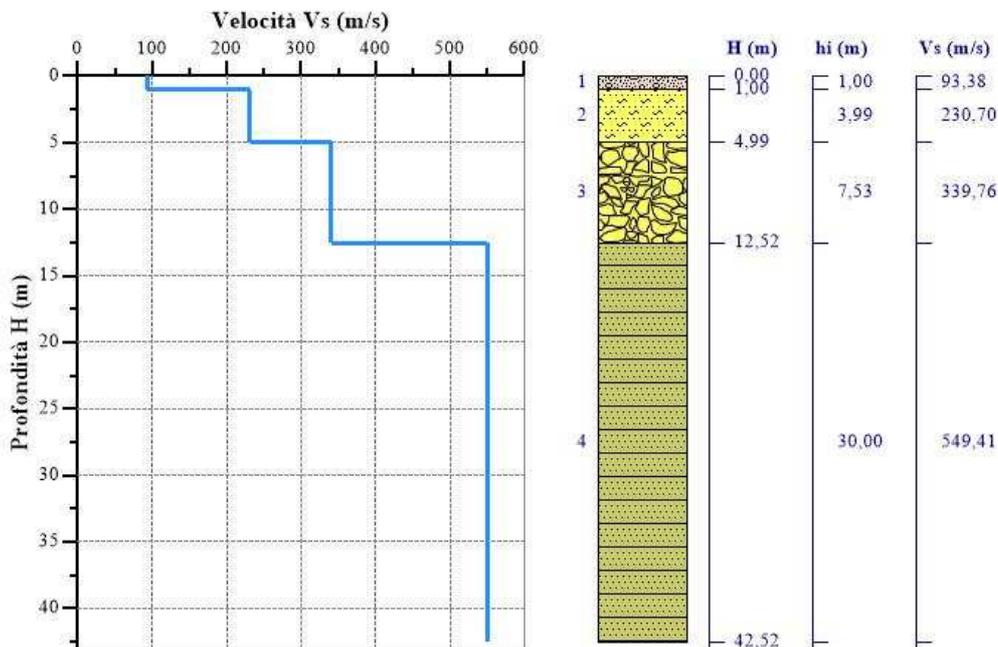
Strato n°1: $V_s = 93.38\text{m/s}$; spessore medio 1.00 metri.

Strato n°2: $V_s = 230.70\text{m/s}$; spessore medio oltre 3.99metri.

Strato n°3: $V_s = 339.76\text{m/s}$; spessore medio 7.53metri.

Strato n°4: $V_s = 549.41\text{ m/s}$; spessore oo.

Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato, $\underline{V_{S,eq} = 365.86\text{m/s}}$, unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle Vs, il sottosuolo in esame risulta classificabile come sottosuolo di **tipo B** e **Categoria topografica T1**.

5.7 INDAGINE SISMICA MASW7

Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 5 Hz e 60 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei modi di propagazione delle onde con i massimi della velocità di fase; Basandosi su tale interpretazione ed a partire dal risultato della modellazione diretta, allo scopo di affinare ulteriormente il modello, è stato successivamente effettuato il picking e l'inversione ipotizzando, per i primi 30 metri, un modello a 4 sismostrati. I risultati dell'inversione hanno fornito i seguenti valori della velocità delle onde S.

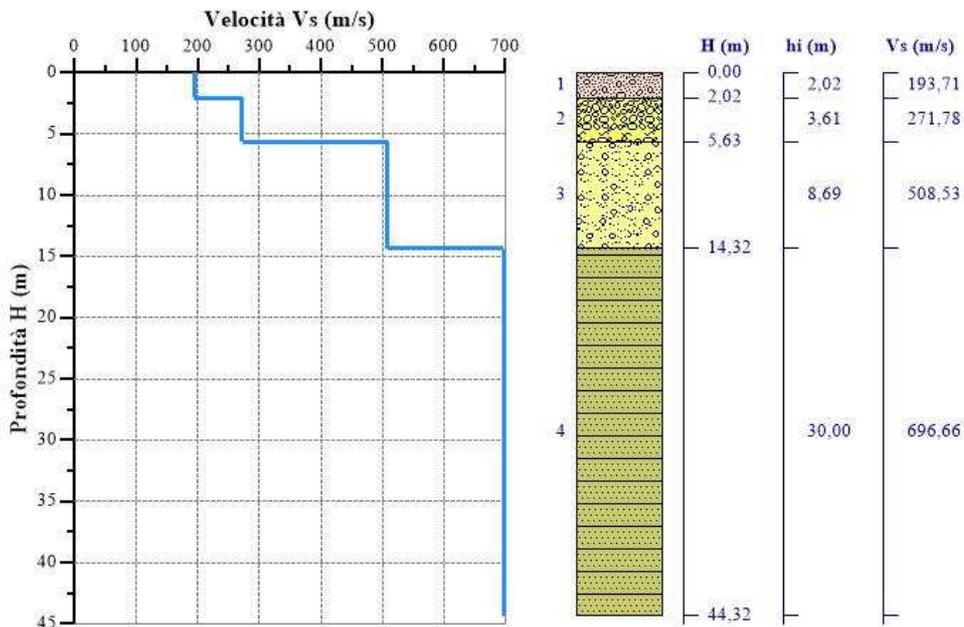
Strato n°1: $V_s = 193.71\text{m/s}$; spessore medio 2.02metri.

Strato n°2: $V_s = 271.78\text{m/s}$; spessore medio oltre 3.61metri.

Strato n°3: $V_s = 508.53\text{m/s}$; spessore medio 8.69metri.

Strato n°4: $V_s = 696.66\text{m/s}$; spessore oo.

Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato, $V_{S,eq} = 461.10\text{m/s}$, unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle V_s , il sottosuolo in esame risulta classificabile come sottosuolo di **tipo B** e **Categoria topografica T1**.

5.8 INDAGINE SISMICA MASW8

Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 3 Hz e 50 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei modi di propagazione delle onde con i massimi della velocità di fase; Basandosi su tale interpretazione ed a partire dal risultato della modellazione diretta, allo scopo di affinare ulteriormente il modello, è stato successivamente effettuato il picking e l'inversione ipotizzando, per i primi 30 metri, un modello a 4 sismostrati. I risultati dell'inversione hanno fornito i seguenti valori della velocità delle onde S.

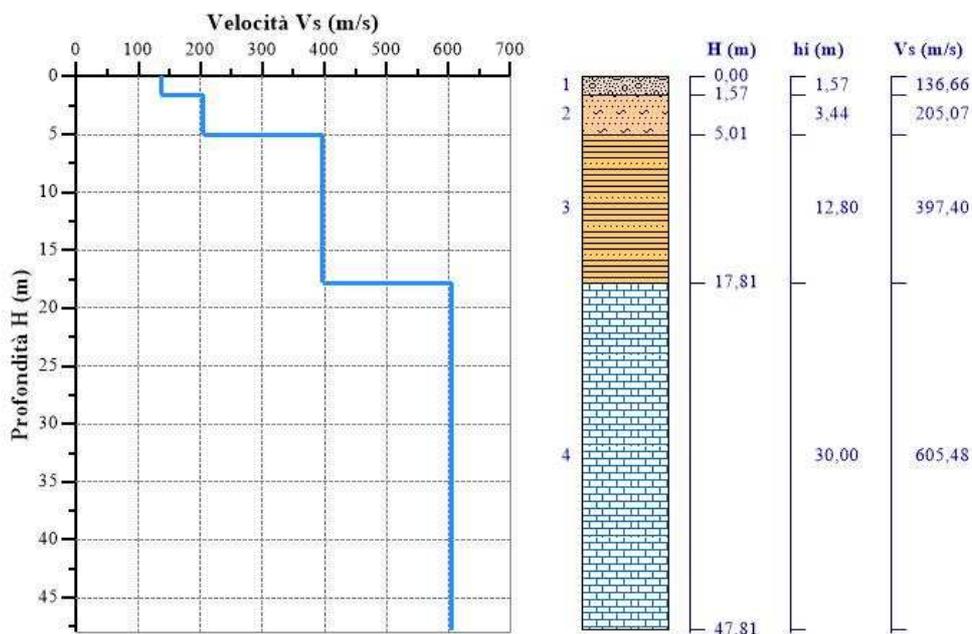
Strato n°1: $V_s = 136.66$ m/s; spessore medio 1.57 metri.

Strato n°2: $V_s = 205.07$ m/s; spessore medio oltre 3.44metri.

Strato n°3: $V_s = 397.40$ m/s; spessore medio 12.80metri.

Strato n°4: $V_s = 605.48$ m/s; spessore oo.

Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato, **$V_{S,eq} = 372.05$ m/s**, unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle Vs, il sottosuolo in esame risulta classificabile come sottosuolo di **tipo B** e **Categoria topografica T1**.

6. CONCLUSIONI

Le indagini eseguite hanno consentito di ottenere alcune informazioni sulle caratteristiche geofisiche dei terreni interessati, in particolare è stato possibile fornire alcuni dati sia sull'andamento stratigrafico del sottosuolo nei primi 10 – 12 metri sia sulle velocità delle onde sismiche di compressione e di taglio.

Sulla base delle elaborazioni effettuate sono stati individuati, in ciascuna delle otto indagini di sismica a rifrazione, due sismostrati interfacciati da una superficie di discontinuità con aspetto lievemente ondulato e andamento sub-parallelo rispetto alla traccia sulla superficie topografica e/o con andamento inclinato, aspetto legato ad una leggera differenza di quota tra il primo ed il sedicesimo geofono. In particolare i risultati delle indagini effettuate in corrispondenza dell'impianto eolico di futura realizzazione, hanno messo in evidenza la presenza, nei primi 10-12 metri, di un solo orizzonte rifrattore ben definito. I modelli sismo-stratigrafici rispecchiano abbastanza fedelmente le caratteristiche geologiche dell'area. In particolare riscontriamo una discontinuità sismica intorno ai 3-7 metri dal p.c. che può essere ricondotta al contatto tra le porzioni di terreno agrario e/o del sub-strato alterato con i sottostanti depositi calcarentici (in Rz1, Rz2, Rz3, Rz5 e Rz6), marnoso-sabbiosi (in Rz8) e arenacei (in Rz4-Rz7). Gli spessori risultano comunque indefiniti.

Le otto indagini di sismica MASW eseguite, hanno consentito, inoltre, di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde di taglio al fine di valutare il valore del parametro **VS,eq** e quindi stabilire la categoria di appartenenza del sottosuolo come da D.M. 17/01/2018.

Sulla base dei valori ricavati, unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle V_{seq} , il sottosuolo in esame risulta classificabile come **sottosuolo di tipo B** ovvero "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s." (D.M. 17/01/2018).

Palermo, Ottobre 2021

Il Tecnico Redattore

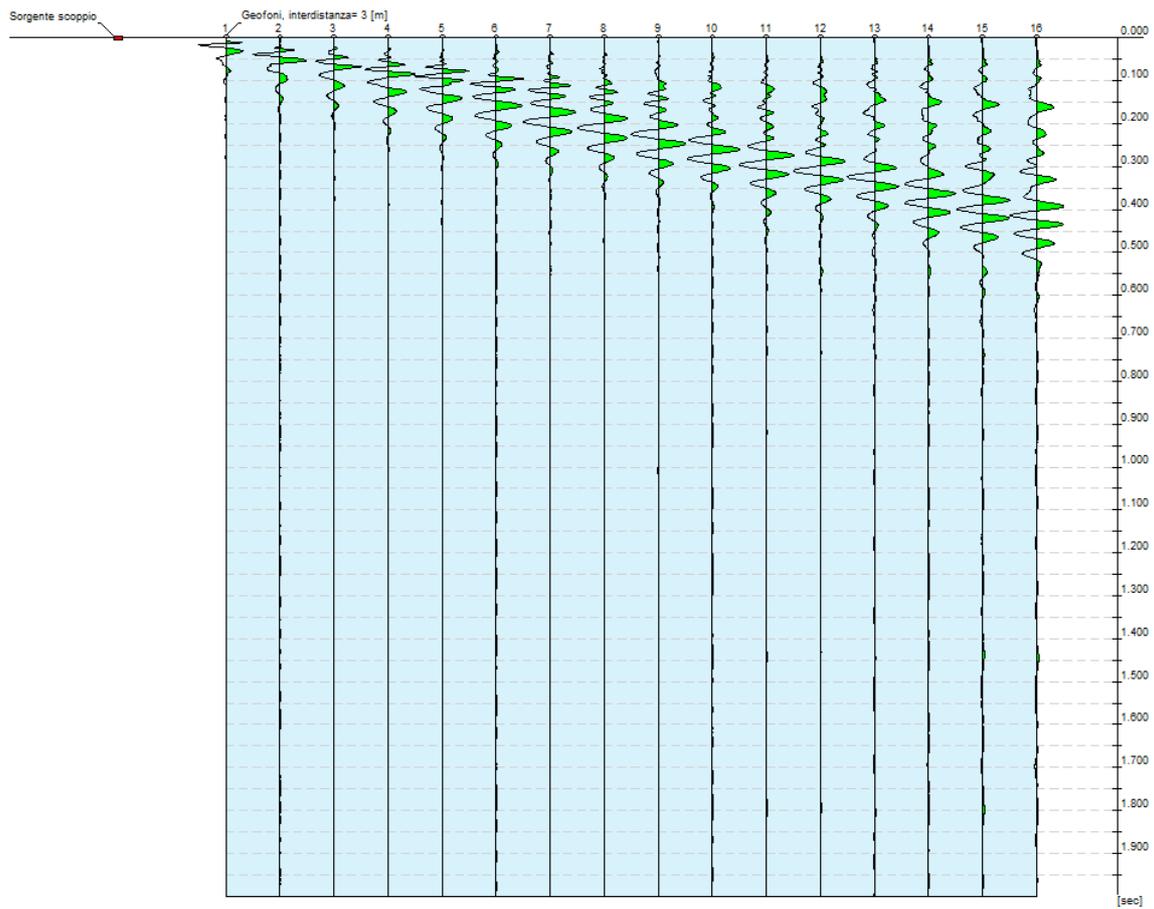
Geol. Michele Ognibene



INTERPRETAZIONI DEI DATI

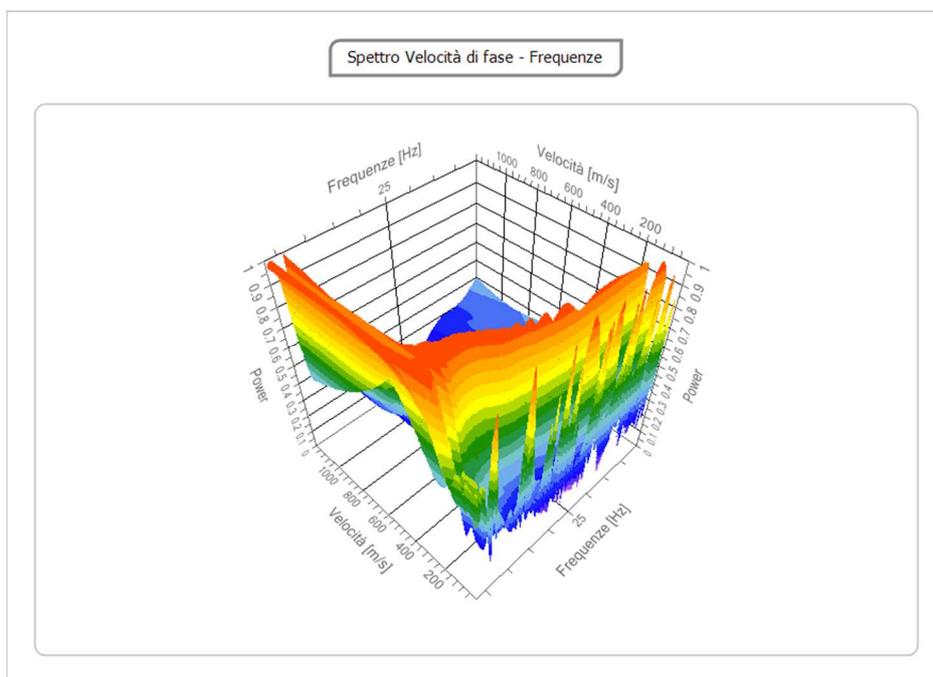
ANALISI INDAGINE SISMICA MASW 1

N. tracce	16
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	3.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



Analisi spettrale

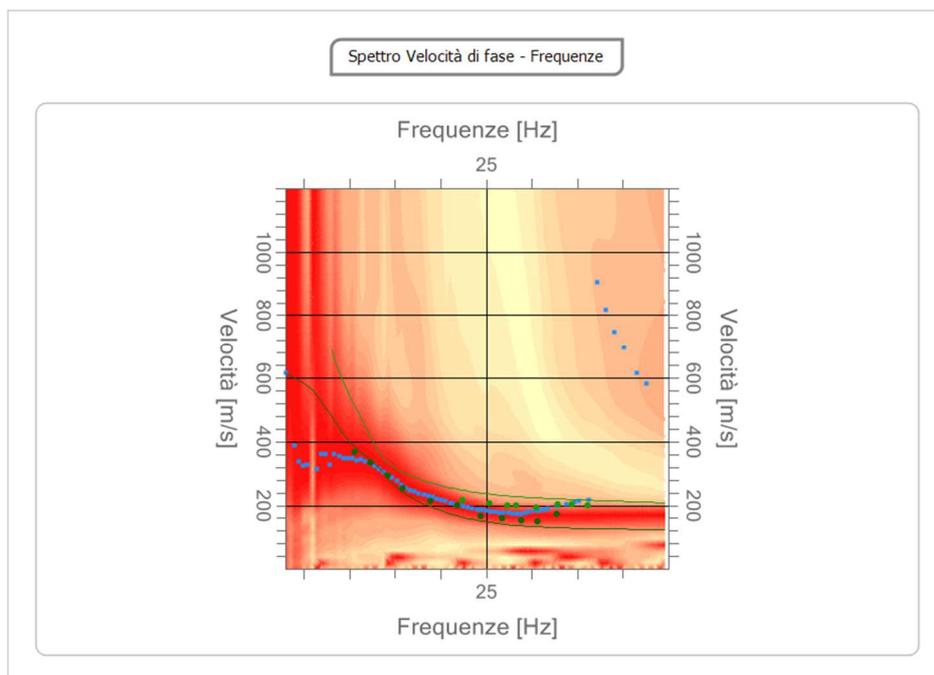
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	3
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	45
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1200
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	10.6	367.5	0
2	12.3	335.4	0
3	14.2	292.7	0
4	15.8	253.6	0
5	18.9	214.5	0
6	21.8	200.2	0
7	22.4	218.0	1
8	24.4	166.6	0
9	25.3	207.4	1
10	26.8	161.1	0
11	27.3	200.2	1

12	28.3	200.2	1
13	28.9	154.0	0
14	30.5	193.1	1
15	30.7	150.5	0
16	32.8	171.8	0
17	32.9	203.8	1
18	34.4	203.8	1
19	36.1	200.2	1



Inversione

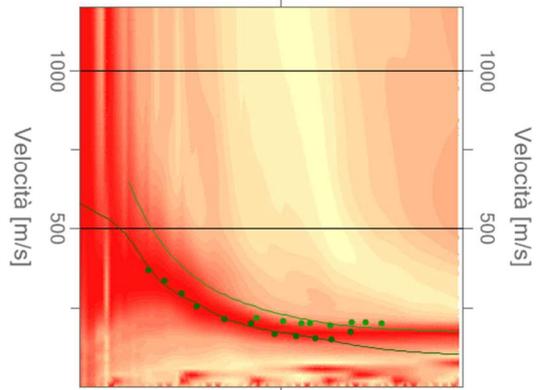
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.27	1.27	1700.0	0.35	No	206.2	99.1
2		4.69	3.42	1800.0	0.35	No	430.0	206.6
3		14.77	10.08	1900.0	0.35	No	788.7	378.9
4		oo	oo	2000.0	0.35	No	1373.2	659.7

Percentuale di errore 0.499 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.080

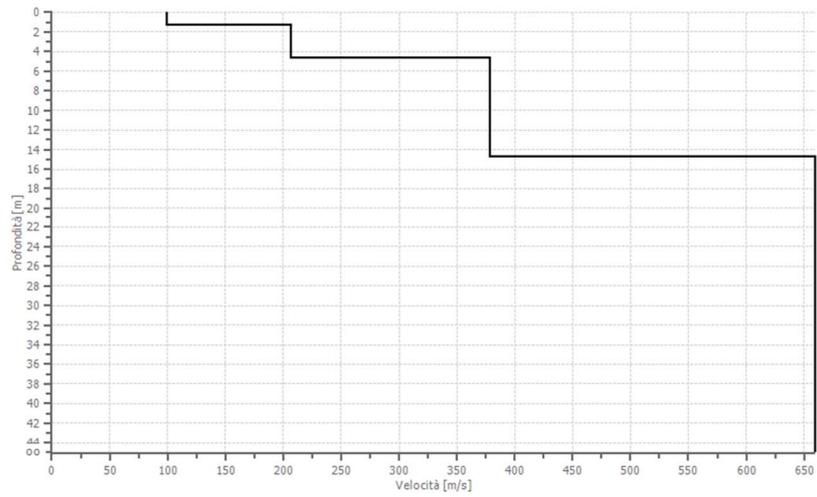
Inversione

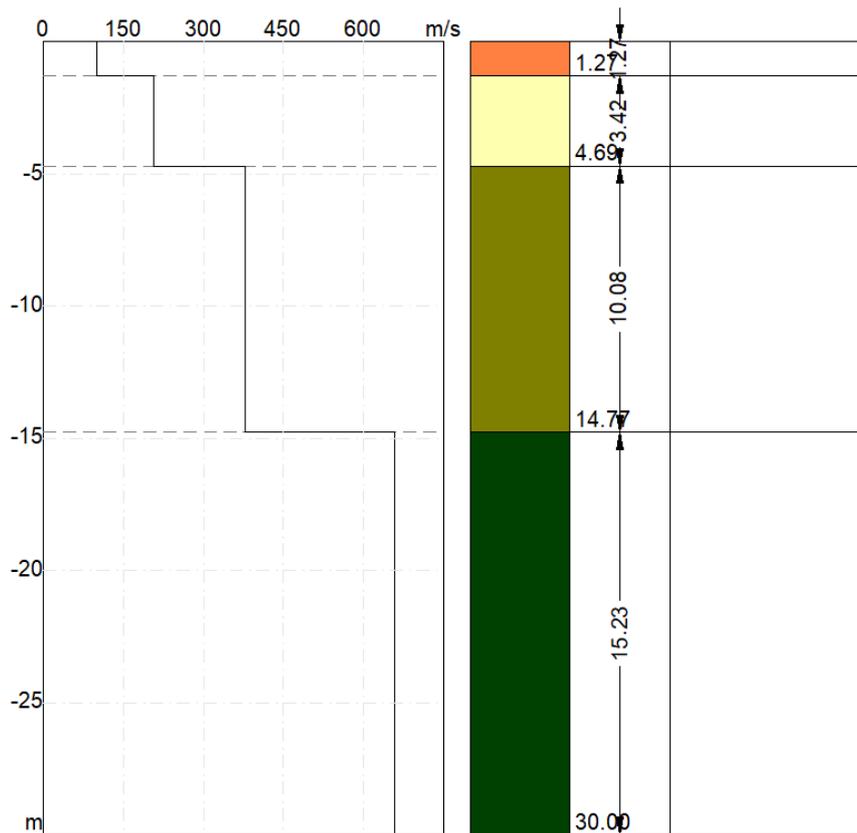
Frequenze



Frequenze

Profilo di velocità





Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	379.25
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m ³]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.27	1.27	99.07	206.24	1700.00	0.35	16.69	72.31	50.06	45.05	14	22.29
2	4.69	3.42	206.56	429.99	1800.00	0.35	76.80	332.80	230.40	207.36	N/A	894.35
3	14.77	10.08	378.87	788.69	1900.00	0.35	272.74	1181.86	818.21	736.39	N/A	N/A
4	oo	oo	659.66	1373.20	2000.00	0.35	870.31	3771.35	2610.93	2349.84	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

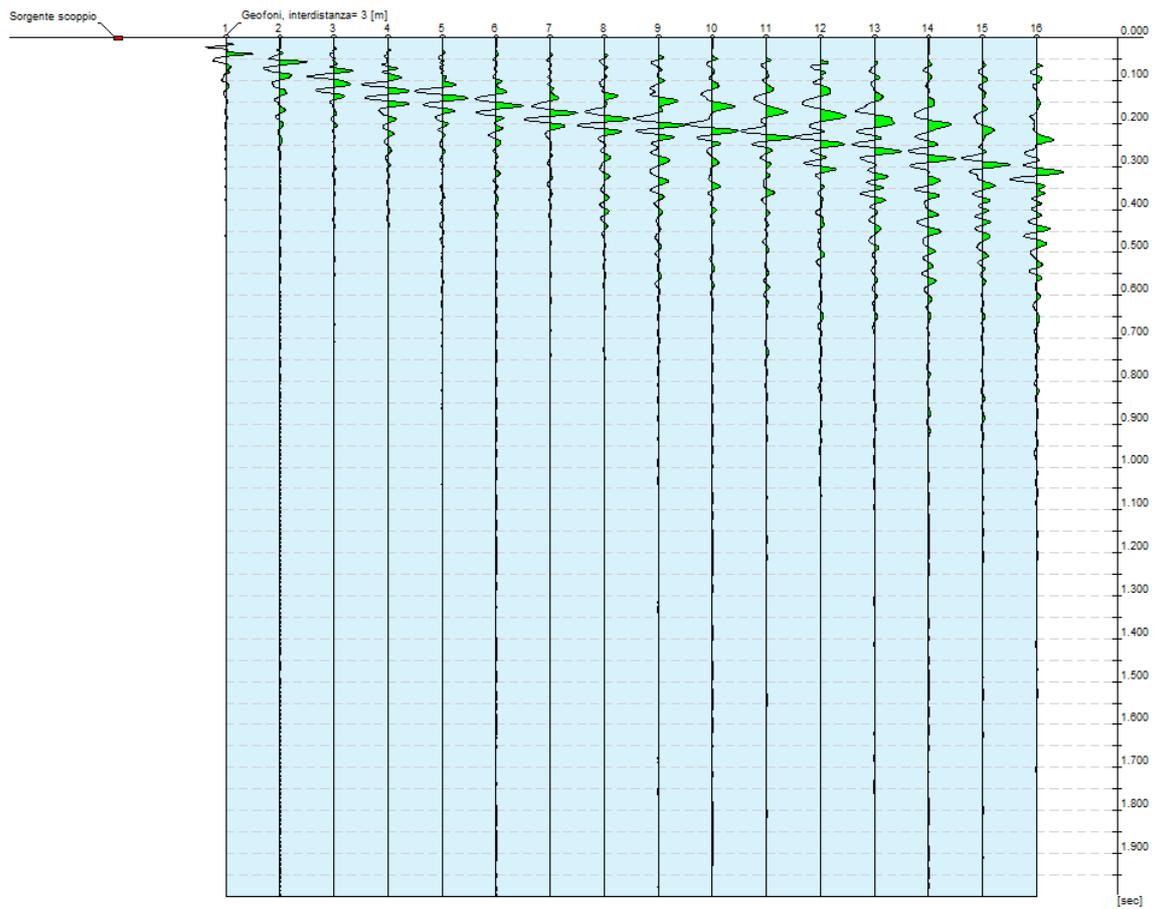
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

INTERPRETAZIONI DEI DATI

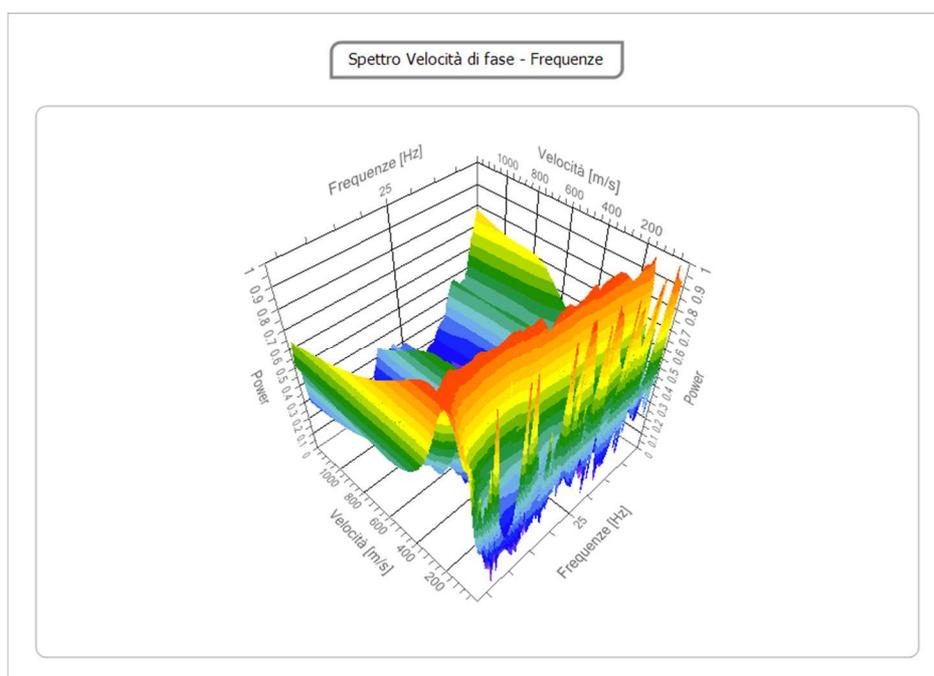
ANALISI INDAGINE SISMICA MASW 2

N. tracce	16
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	3.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



Analisi spettrale

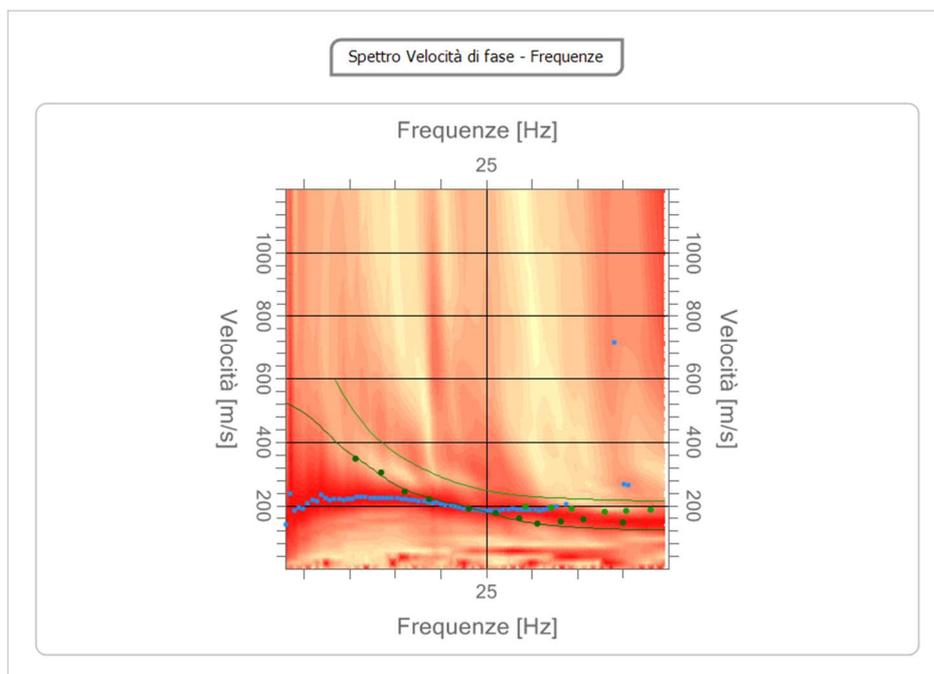
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	3
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	45
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1200
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	10.7	346.1	0
2	13.5	303.4	0
3	16.1	242.9	0
4	18.8	221.6	0
5	23.1	189.6	0
6	26.1	175.3	0
7	28.7	161.1	0
8	29.3	196.7	1
9	30.7	143.9	0
10	32.2	193.1	1
11	33.2	150.4	0

12	34.4	189.6	1
13	35.6	157.5	0
14	38.0	178.9	1
15	40.0	146.9	0
16	40.4	182.5	1
17	43.1	186.0	1



Inversione

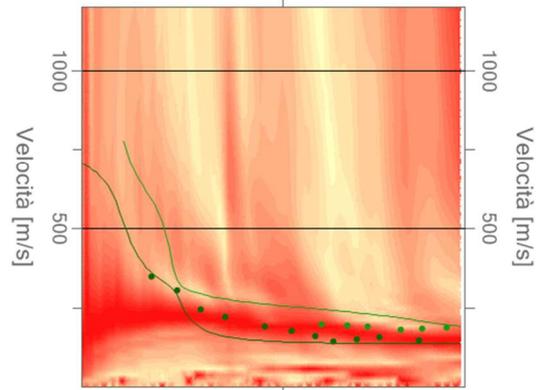
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		4.00	4.00	1700.0	0.35	No	301.2	144.7
2		8.41	4.41	1800.0	0.35	No	624.9	300.2
3		37.79	29.38	1900.0	0.35	No	1505.7	723.3
4		oo	oo	2000.0	0.35	No	1647.7	791.5

Percentuale di errore 2.791 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.173

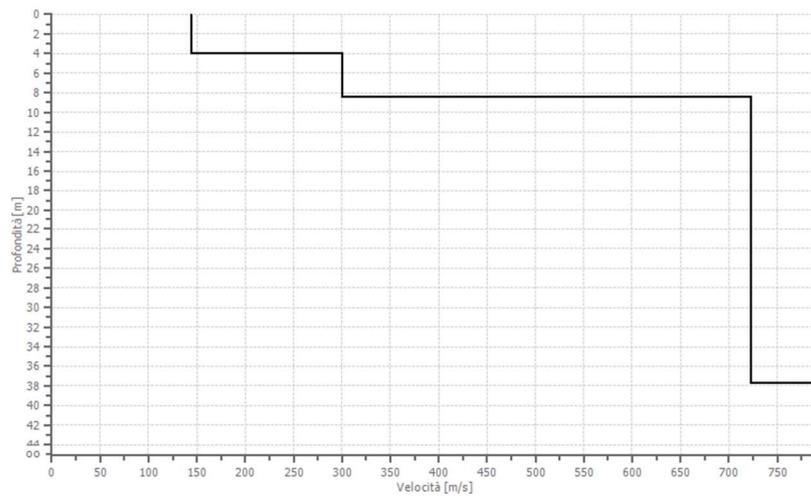
Inversione

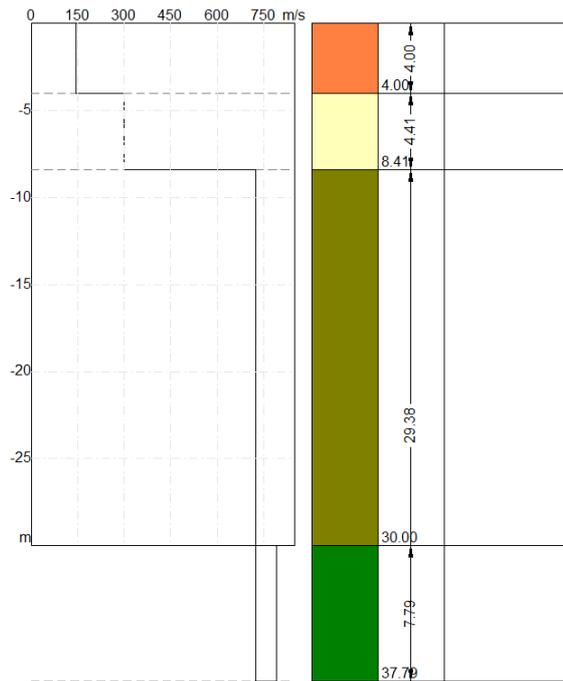
Frequenze



Frequenze

Profilo di velocità





Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	415.74
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m ³]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	4.00	4.00	144.71	301.24	1700.00	0.35	35.60	154.26	106.80	96.12	35	149.58
2	8.41	4.41	300.18	624.88	1800.00	0.35	162.20	702.85	486.59	437.93	N/A	N/A
3	37.79	29.38	723.31	1505.68	1900.00	0.35	994.03	4307.46	2982.09	2683.88	N/A	N/A
4	oo	oo	791.55	1647.74	2000.00	0.35	1253.10	5430.09	3759.29	3383.36	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

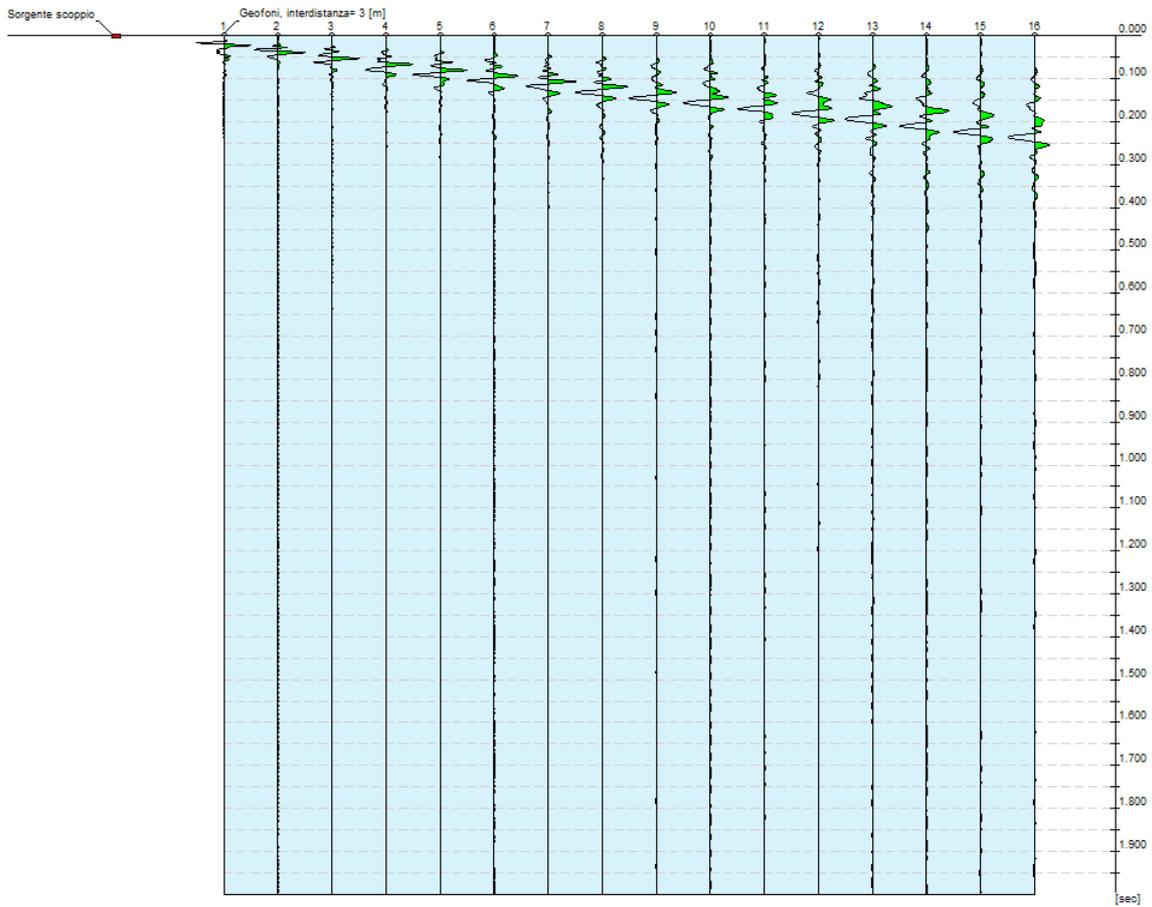
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

INTERPRETAZIONI DEI DATI

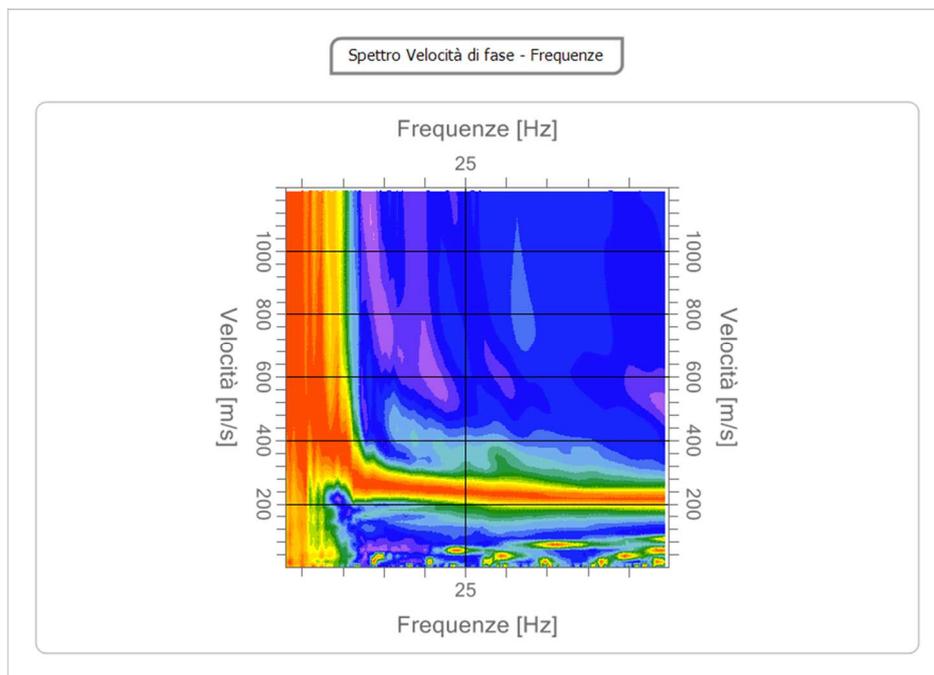
ANALISI INDAGINE SISMICA MASW 3

N. tracce	16
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	3.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



Analisi spettrale

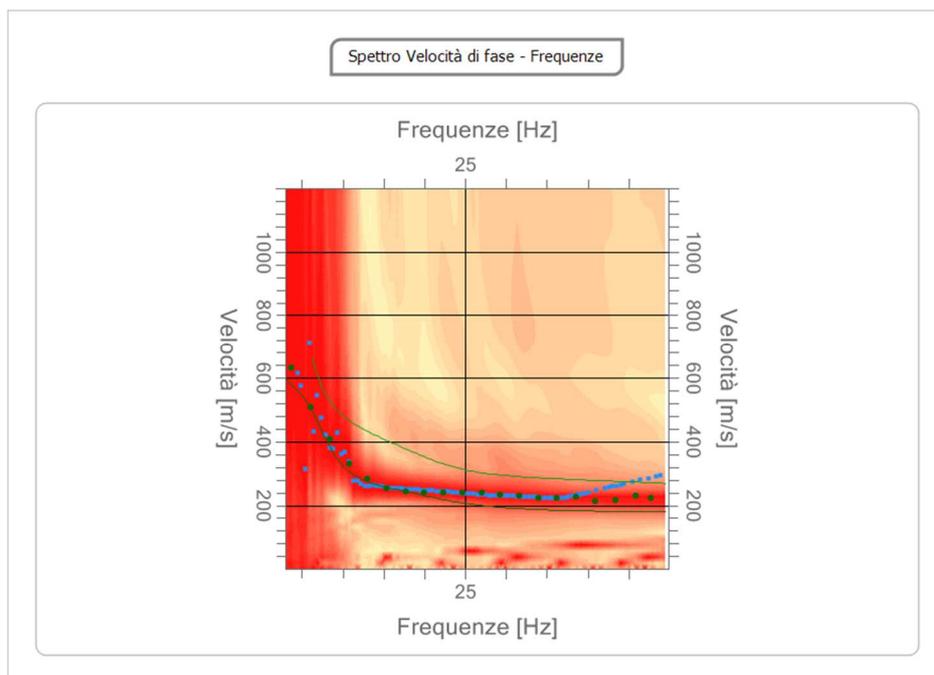
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	3
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	50
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1200
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	3.8	632.8	0
2	6.1	507.4	0
3	8.4	406.3	0
4	10.7	332.2	0
5	13.1	283.2	0
6	15.4	255.2	0
7	17.7	242.3	0
8	20.0	238.8	0
9	22.3	239.1	0
10	24.6	239.5	0
11	27.0	238.7	0
12	29.3	234.7	0

13	31.6	229.0	0
14	33.9	224.2	0
15	36.2	223.1	0
16	38.6	225.7	0
17	41.0	214.5	0
18	43.3	218.0	0
19	45.8	228.7	0
20	47.8	225.1	0



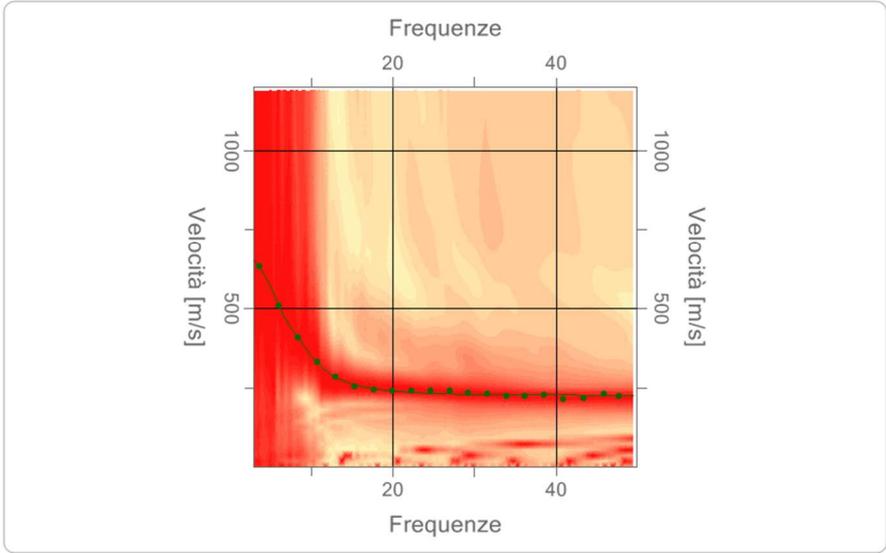
Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		6.89	6.89	1700.0	0.35	No	500.5	240.5
2		13.74	6.86	1800.0	0.35	No	694.4	333.6
3		36.33	22.59	1900.0	0.35	No	1097.5	527.2
4		oo	oo	2000.0	0.35	No	1630.3	783.2

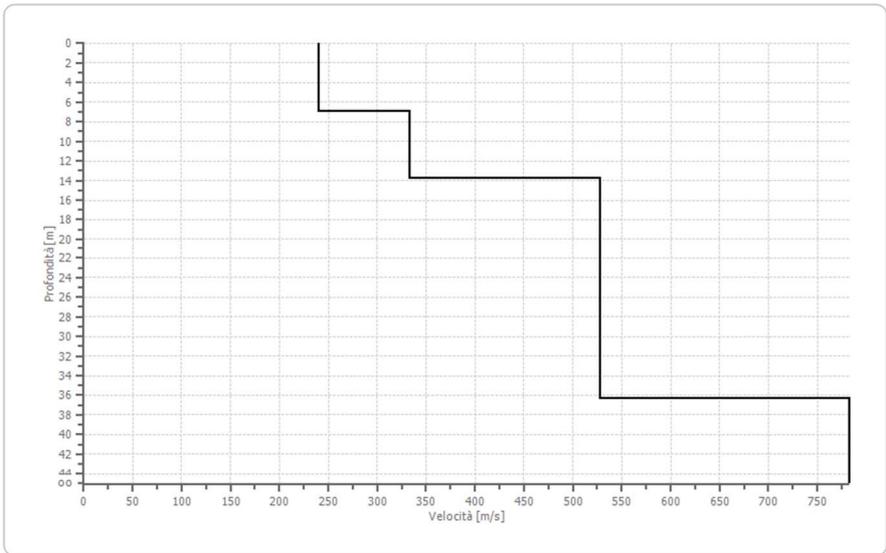
Percentuale di errore 0.027 %

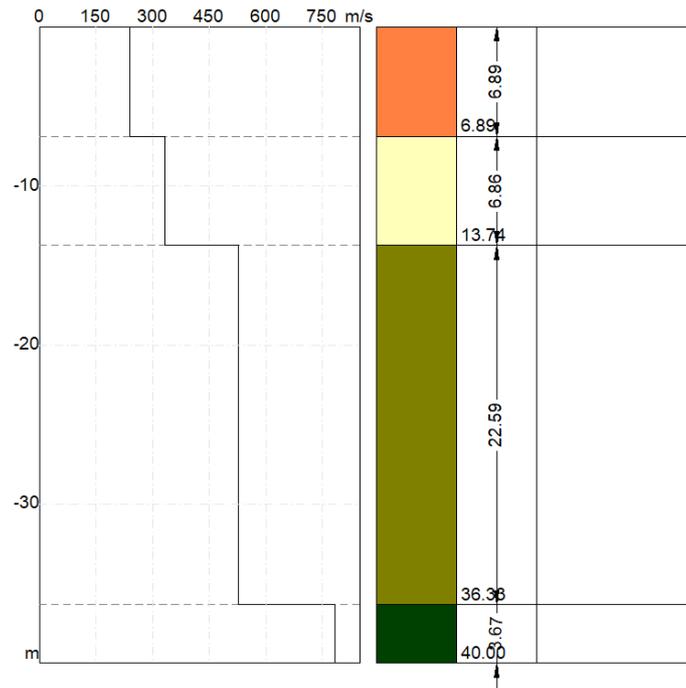
Fattore di disadattamento della soluzione 0.021

Inversione



Profilo di velocità





Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=0.00 m)	390,31
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m ³]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	6.89	6.89	240.45	500.54	1700.00	0.35	98.29	425.93	294.87	265.38	N/A	1919.12
2	13.74	6.86	333.56	694.35	1800.00	0.35	200.27	867.82	600.80	540.72	N/A	N/A
3	36.33	22.59	527.24	1097.55	1900.00	0.35	528.17	2288.75	1584.52	1426.07	N/A	N/A
4	oo	oo	783.18	1630.31	2000.00	0.35	1226.73	5315.83	3680.19	3312.17	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

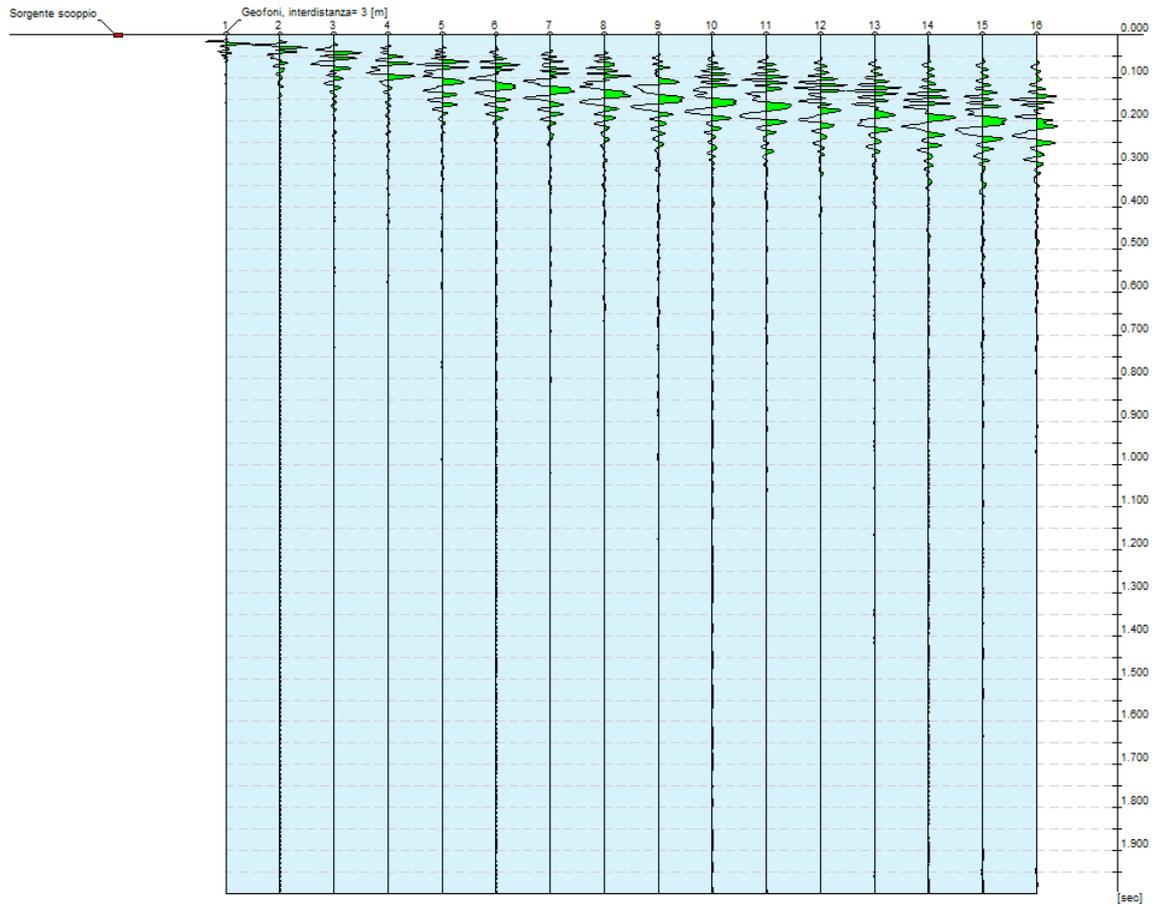
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

INTERPRETAZIONI DEI DATI

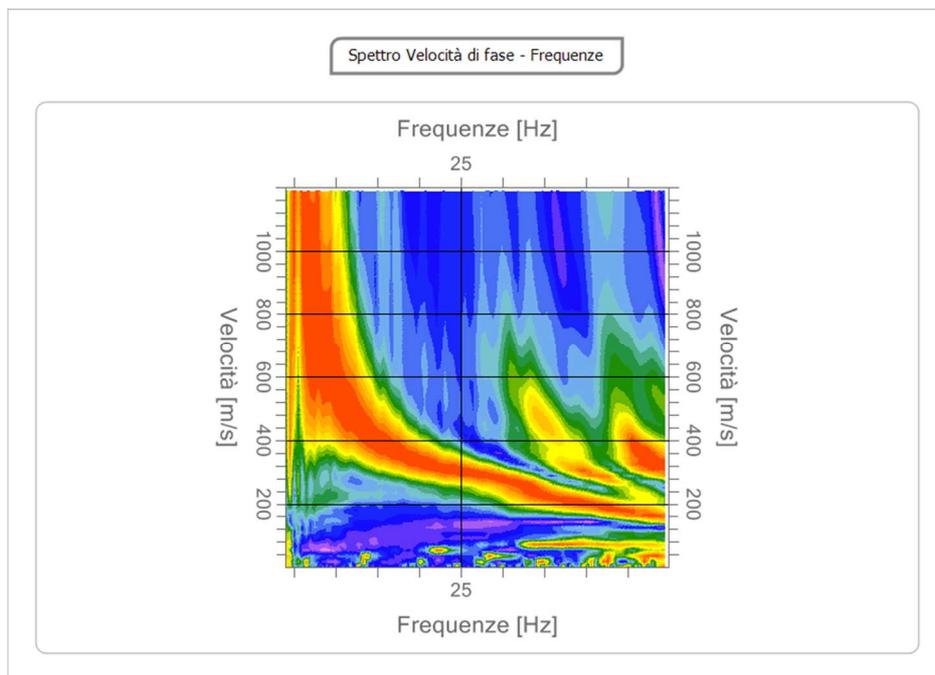
ANALISI INDAGINE SISMICA MASW 4

N. tracce	16
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	3.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



Analisi spettrale

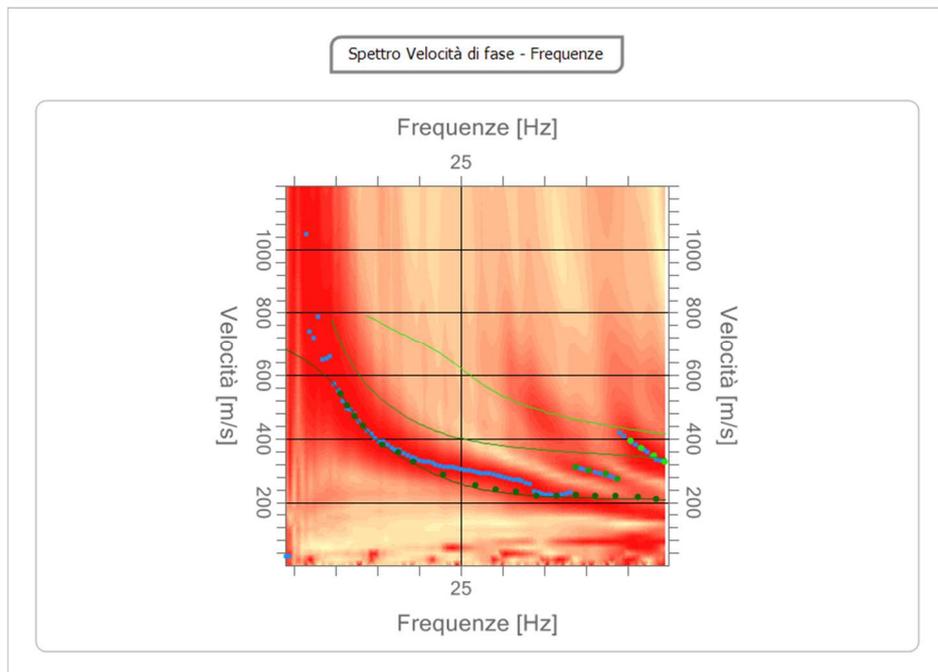
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	4
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	50
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1200
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	10.5	541.8	0
2	11.4	506.2	0
3	12.3	470.6	0
4	13.3	442.2	0
5	15.6	381.7	0
6	17.5	356.8	0
7	19.3	328.3	0
8	22.9	285.6	0
9	26.7	253.6	0
10	29.2	239.4	0
11	31.6	232.3	0

12	34.1	221.6	0
13	36.5	221.7	0
14	38.8	224.2	0
15	38.9	310.5	1
16	40.4	299.9	1
17	41.2	221.6	0
18	42.4	289.2	1
19	43.5	221.6	0
20	43.8	275.0	1
21	45.4	395.9	2
22	46.2	218.0	0
23	46.6	371.0	2
24	48.1	346.1	2
25	48.4	210.9	0
26	49.5	328.3	2

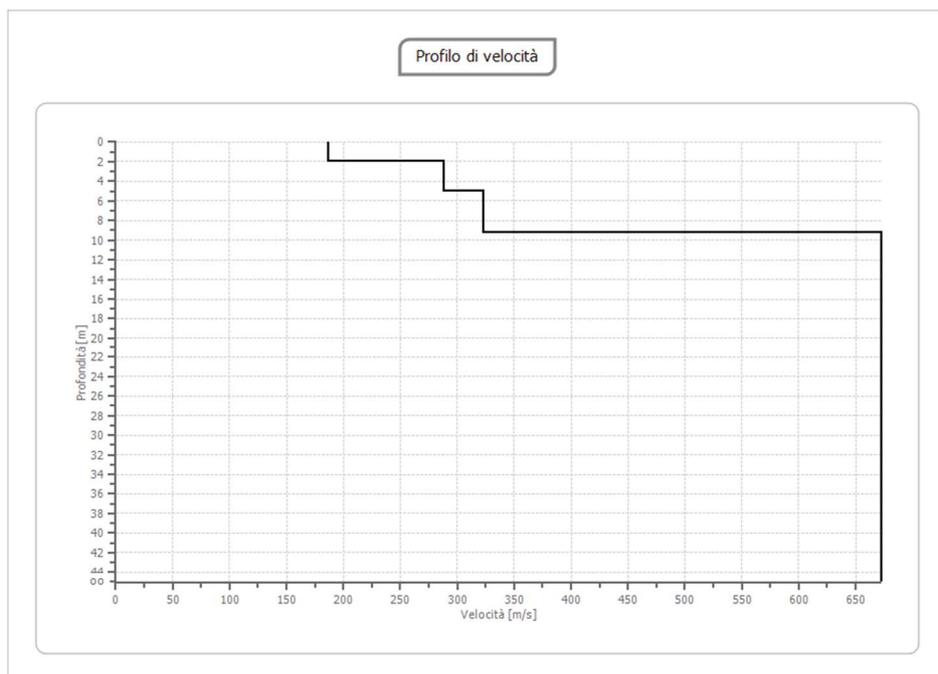
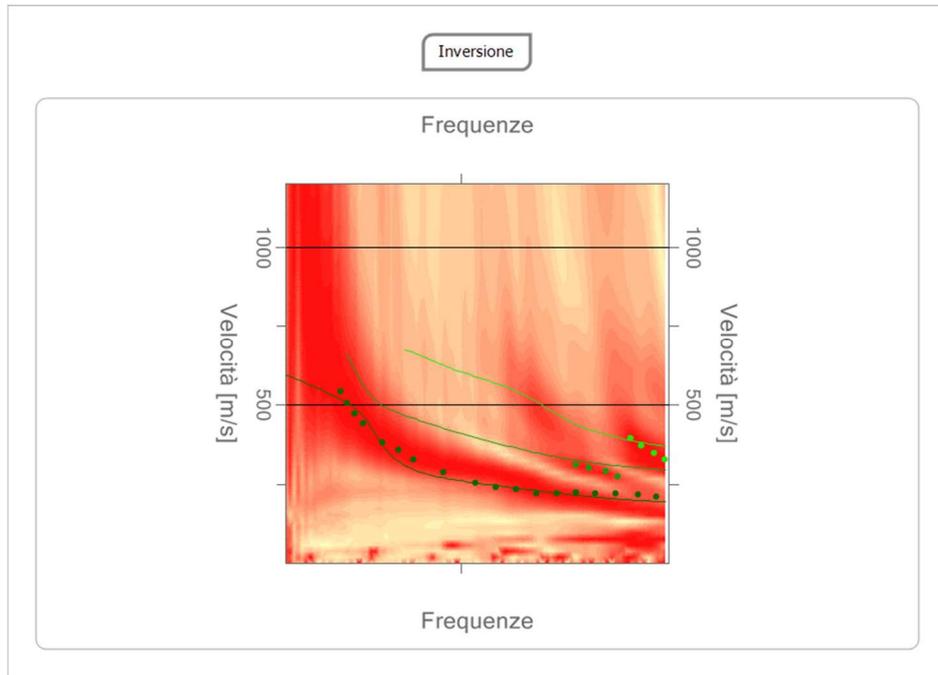


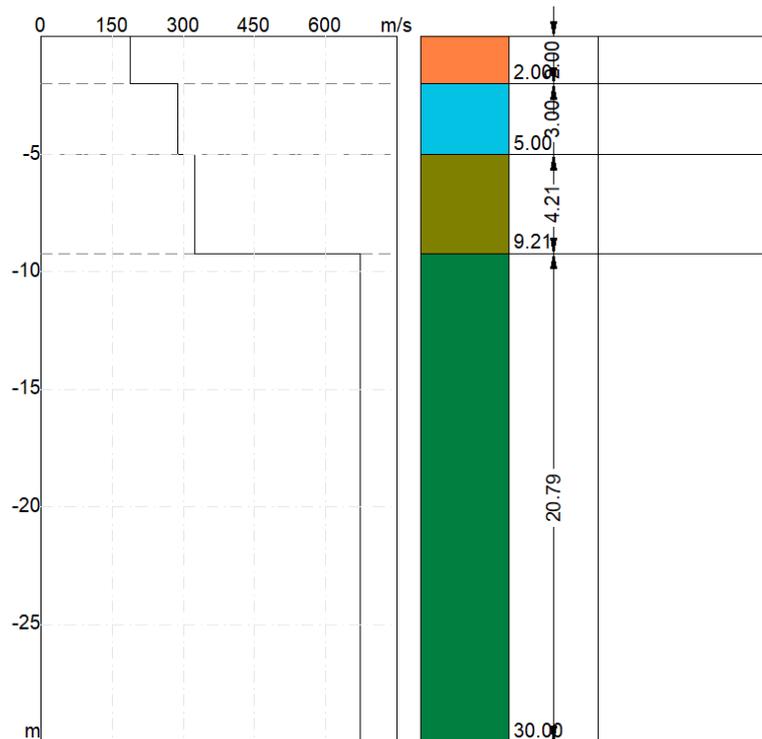
Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		2.00	2.00	1700.0	0.35	No	389.3	187.0
2		5.00	3.00	1800.0	0.35	No	599.5	288.0
3		9.21	4.21	1900.0	0.35	No	672.4	323.0
4		∞	∞	2000.0	0.35	No	1400.2	672.6

Percentuale di errore 0.362 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.064





Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	461.10
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m ³]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	2.00	2.00	187.01	389.30	1700.00	0.35	59.46	257.64	178.37	160.53	N/A	542.72
2	5.00	3.00	287.97	599.46	1800.00	0.35	149.27	646.83	447.81	403.03	N/A	4749.58
3	9.21	4.21	323.02	672.42	1900.00	0.35	198.25	859.09	594.75	535.28	N/A	N/A
4	oo	oo	672.62	1400.17	2000.00	0.35	904.84	3920.97	2714.52	2443.07	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

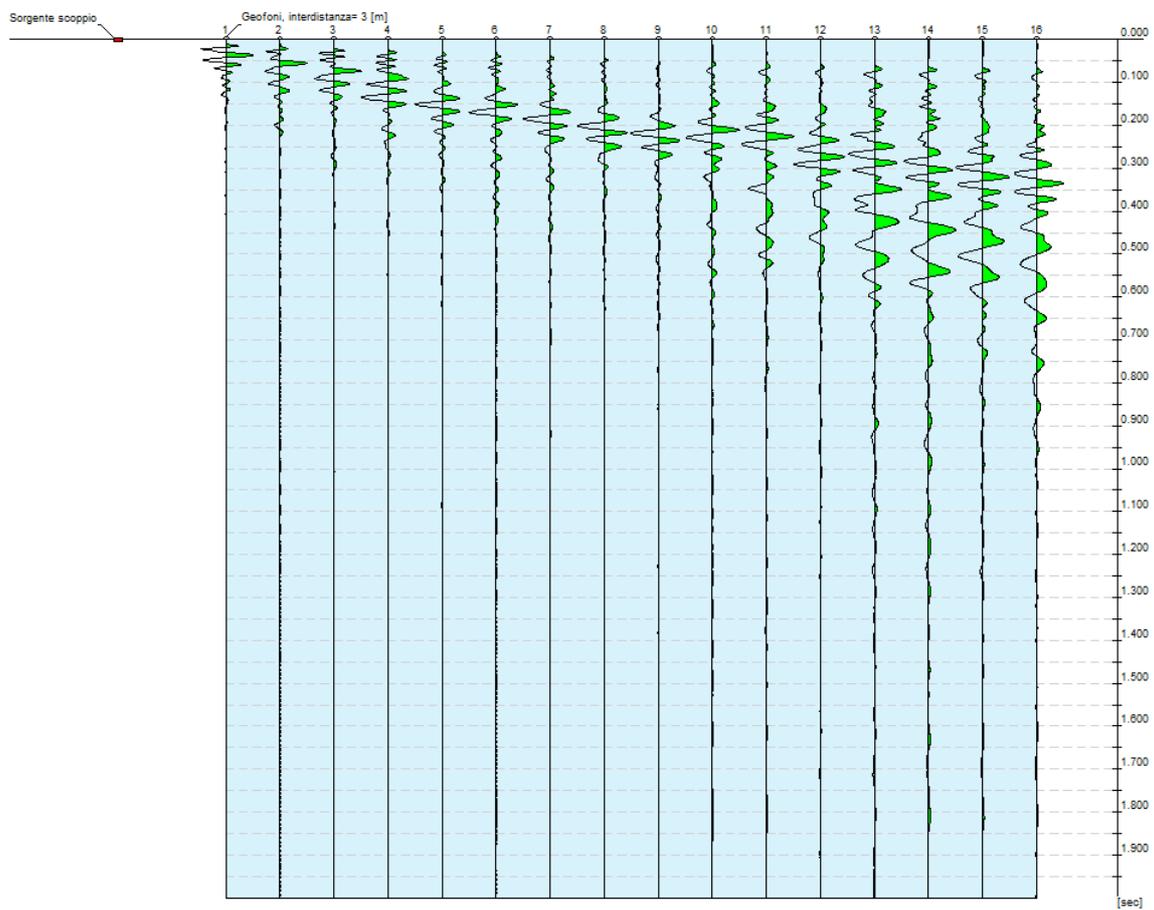
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

INTERPRETAZIONI DEI DATI

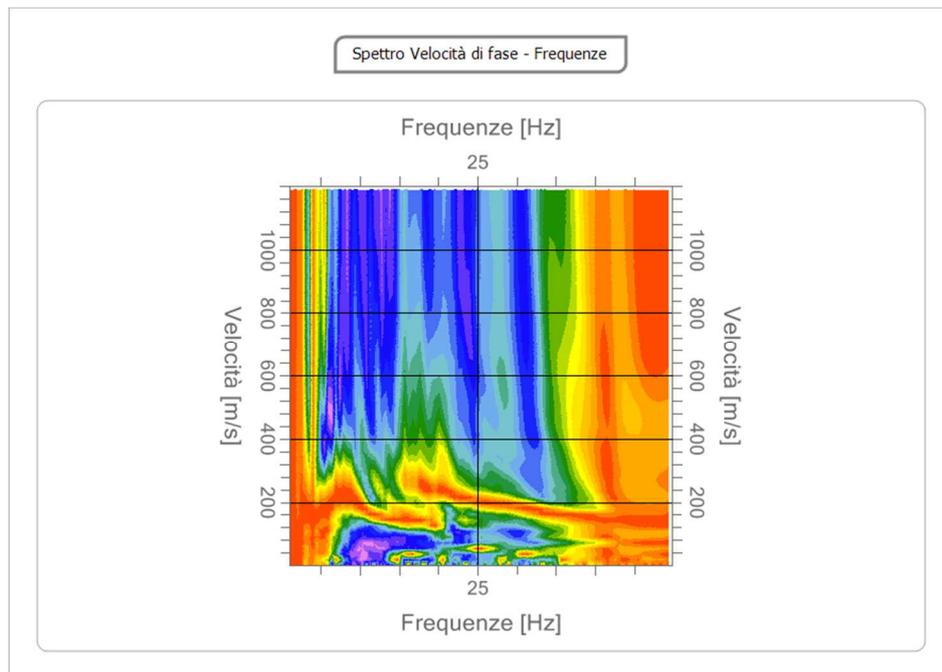
ANALISI INDAGINE SISMICA MASW 5

N. tracce	16
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	3.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



Analisi spettrale

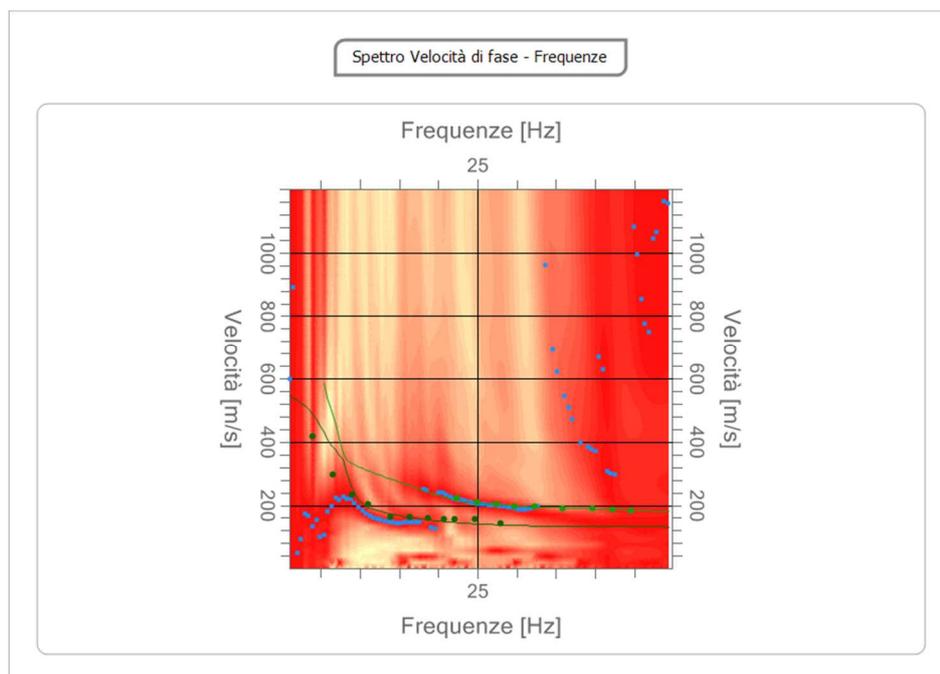
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	50
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1200
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	3.9	417.3	0
2	6.5	296.3	0
3	9.0	232.3	0
4	11.0	203.8	0
5	13.9	163.1	0
6	16.3	164.2	0
7	18.7	160.3	0
8	20.7	157.5	0
9	22.0	157.5	0

10	22.3	225.1	1
11	24.6	157.5	0
12	24.9	210.9	1
13	27.4	203.8	1
14	27.9	143.3	0
15	29.7	196.7	1
16	32.3	196.7	1
17	35.9	189.6	1
18	39.7	189.6	1
19	42.3	186.0	1
20	44.6	182.5	1



Inversione

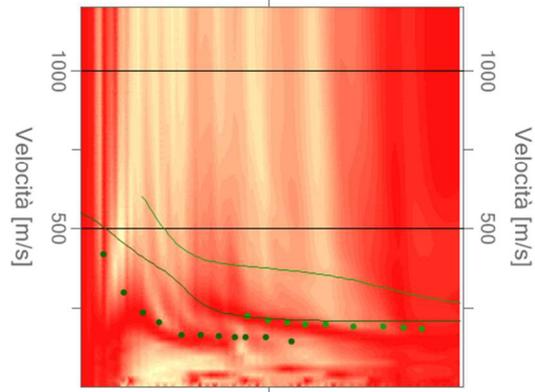
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		6.20	6.20	1700.0	0.35	No	458.0	220.0
2		20.20	14.00	1800.0	0.35	No	936.7	450.0
3		50.20	30.00	1900.0	0.35	No	1144.9	550.0
4		oo	oo	2000.0	0.35	No	1249.0	600.0

Percentuale di errore 38.013 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.654

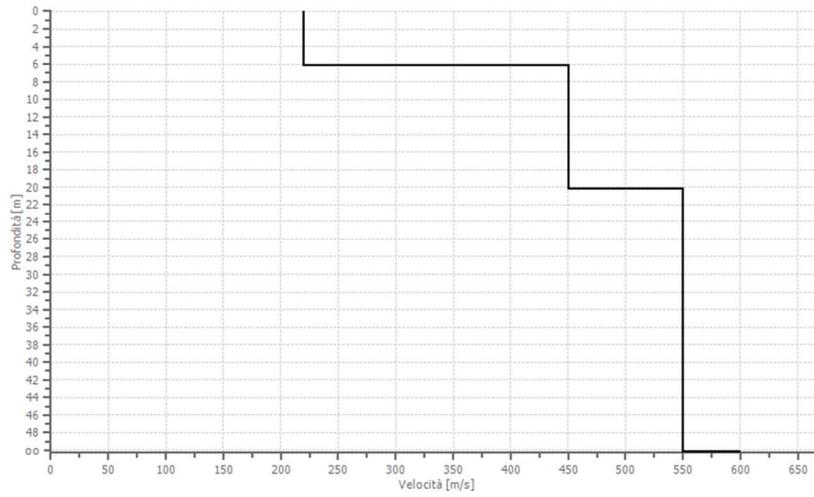
Inversione

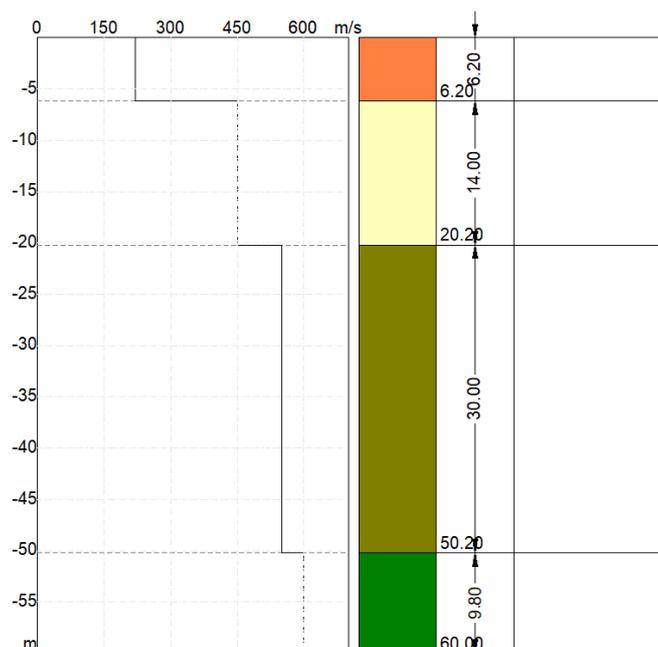
Frequenze



Frequenze

Profilo di velocità





Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	389.05
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	6.20	6.20	220.00	457.97	1700.00	0.35	82.28	356.55	246.84	222.16	N/A	1227.69
2	20.20	14.00	450.00	936.75	1800.00	0.35	364.50	1579.50	1093.50	984.15	N/A	N/A
3	50.20	30.00	550.00	1144.92	1900.00	0.35	574.75	2490.58	1724.25	1551.82	N/A	N/A
4	oo	oo	600.00	1249.00	2000.00	0.35	720.00	3120.00	2160.00	1944.00	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

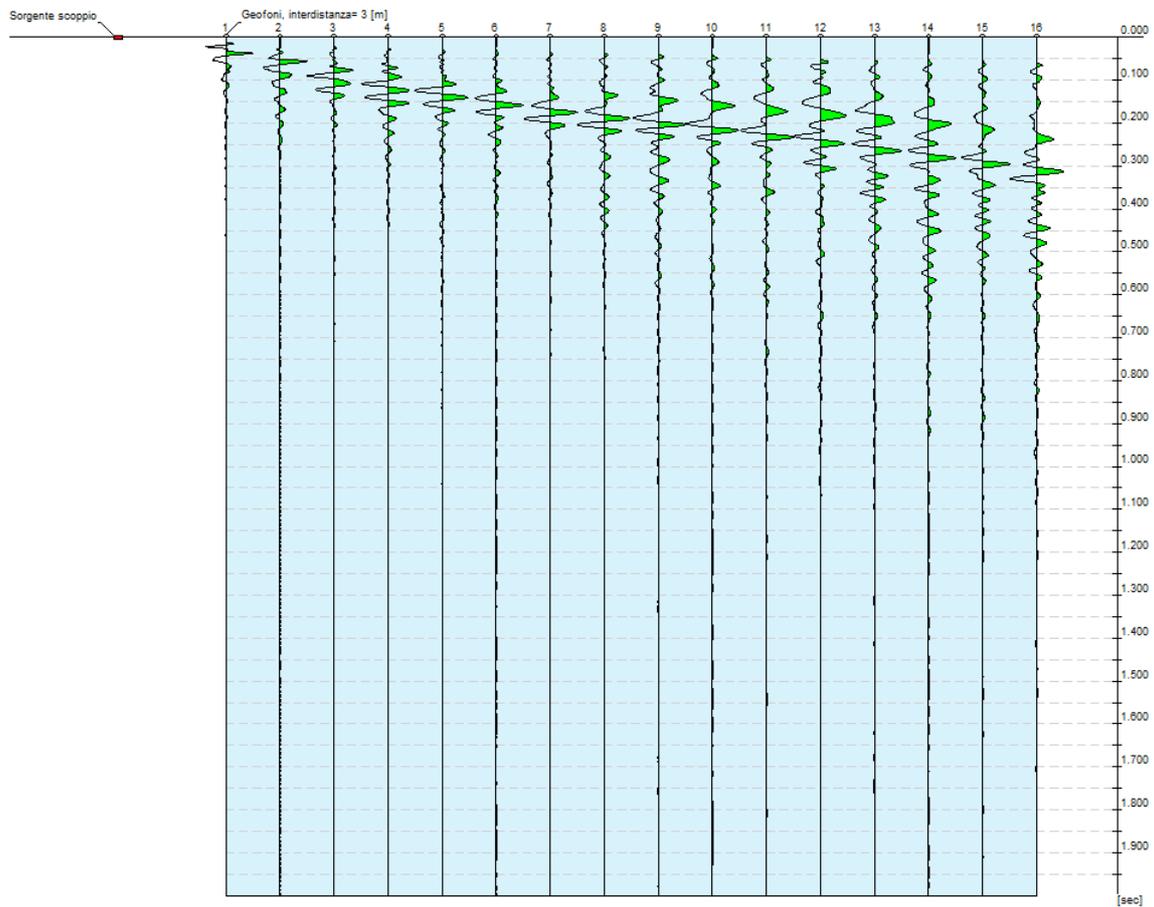
Ey: Modulo di Young;

INTERPRETAZIONI DEI DATI

ANALISI INDAGINE SISMICA MASW 6

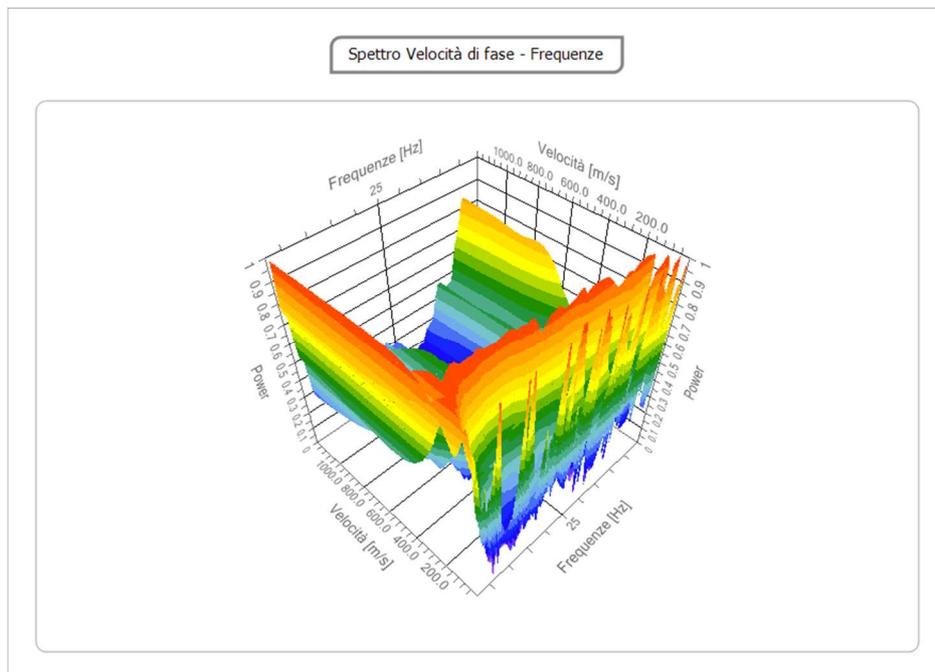
Tracce

N. tracce	16
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	3.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



Analisi spettrale

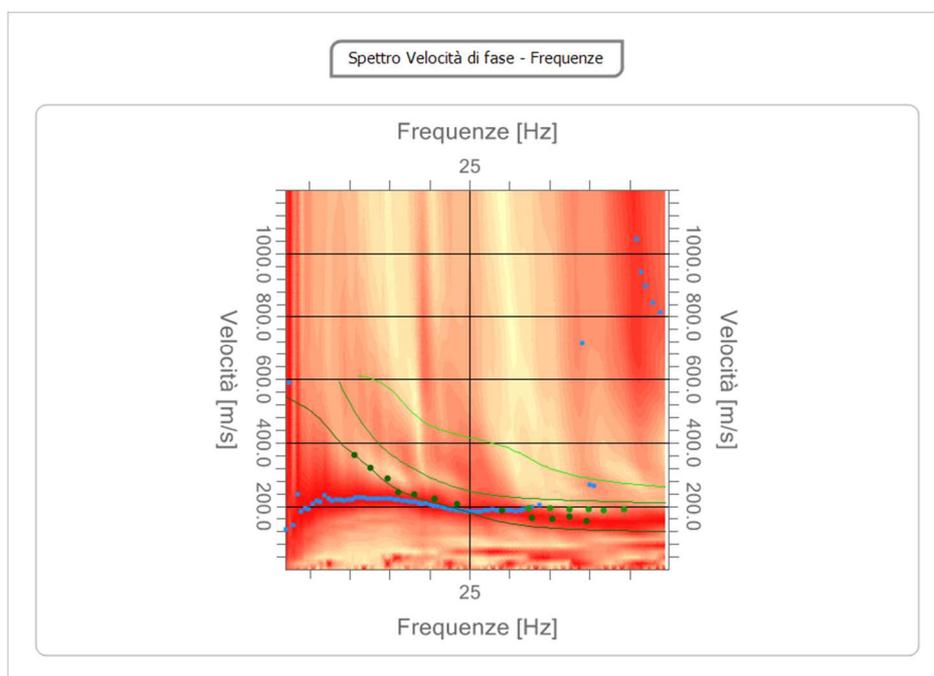
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	2
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	50
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1200
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	10.7	360.3	0
2	12.6	321.2	0
3	14.8	285.6	0
4	16.1	242.9	0
5	18.0	235.8	0
6	20.6	225.1	0
7	23.4	207.4	0
8	29.1	186.0	0
9	32.4	193.1	1

10	32.8	164.7	0
11	35.1	193.1	1
12	35.4	161.1	0
13	37.5	168.2	0
14	37.5	189.6	1
15	39.6	154.0	0
16	39.9	189.6	1
17	41.8	186.0	1
18	44.3	189.6	1



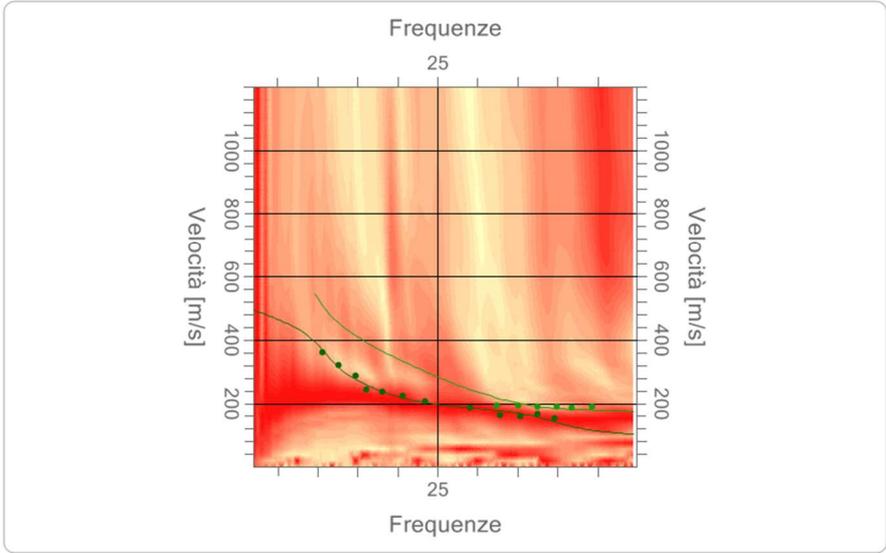
Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.00	1.00	1700.0	0.35	No	194.4	93.4
2		4.99	3.99	1800.0	0.35	No	480.2	230.7
3		12.52	7.53	1900.0	0.35	No	707.3	339.8
4		oo	oo	2000.0	0.35	No	1143.7	549.4

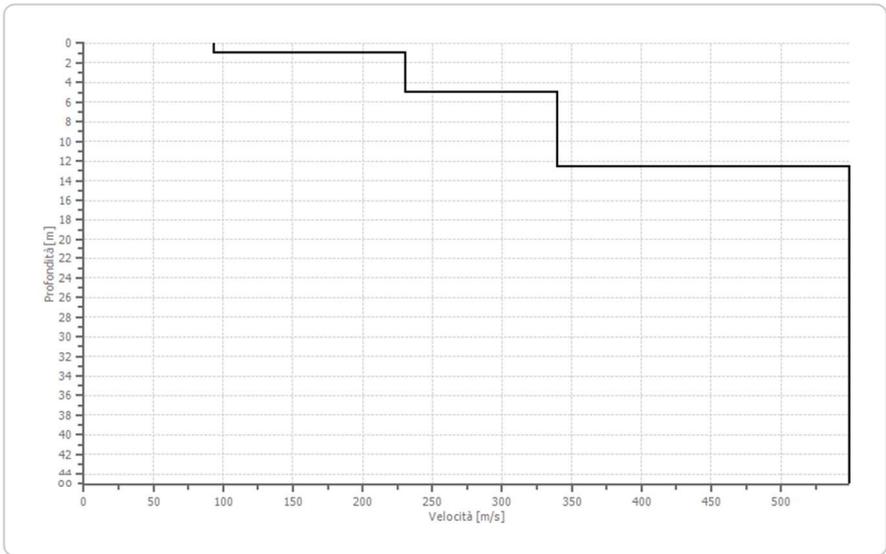
Percentuale di errore 0.216 %

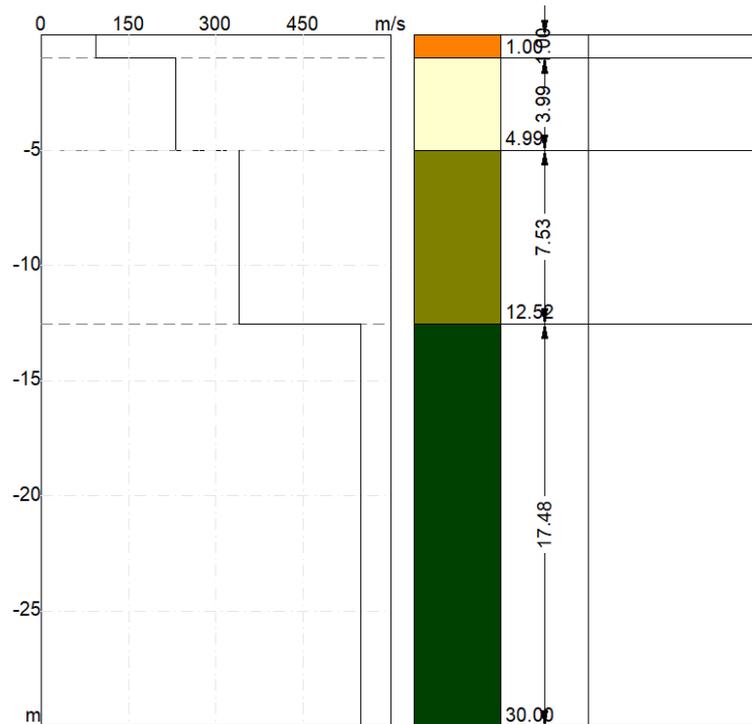
Fattore di disadattamento della soluzione 0.053

Inversione



Profilo di velocità





Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	365.89
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m ³]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.00	1.00	93.38	194.39	1700.00	0.35	14.82	64.24	44.47	40.02	13	16.55
2	4.99	3.99	230.70	480.24	1800.00	0.35	95.80	415.13	287.40	258.66	N/A	1558.57
3	12.52	7.53	339.76	707.26	1900.00	0.35	219.33	950.41	657.98	592.18	N/A	N/A
4	oo	oo	549.41	1143.70	2000.00	0.35	603.71	2616.08	1811.14	1630.02	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

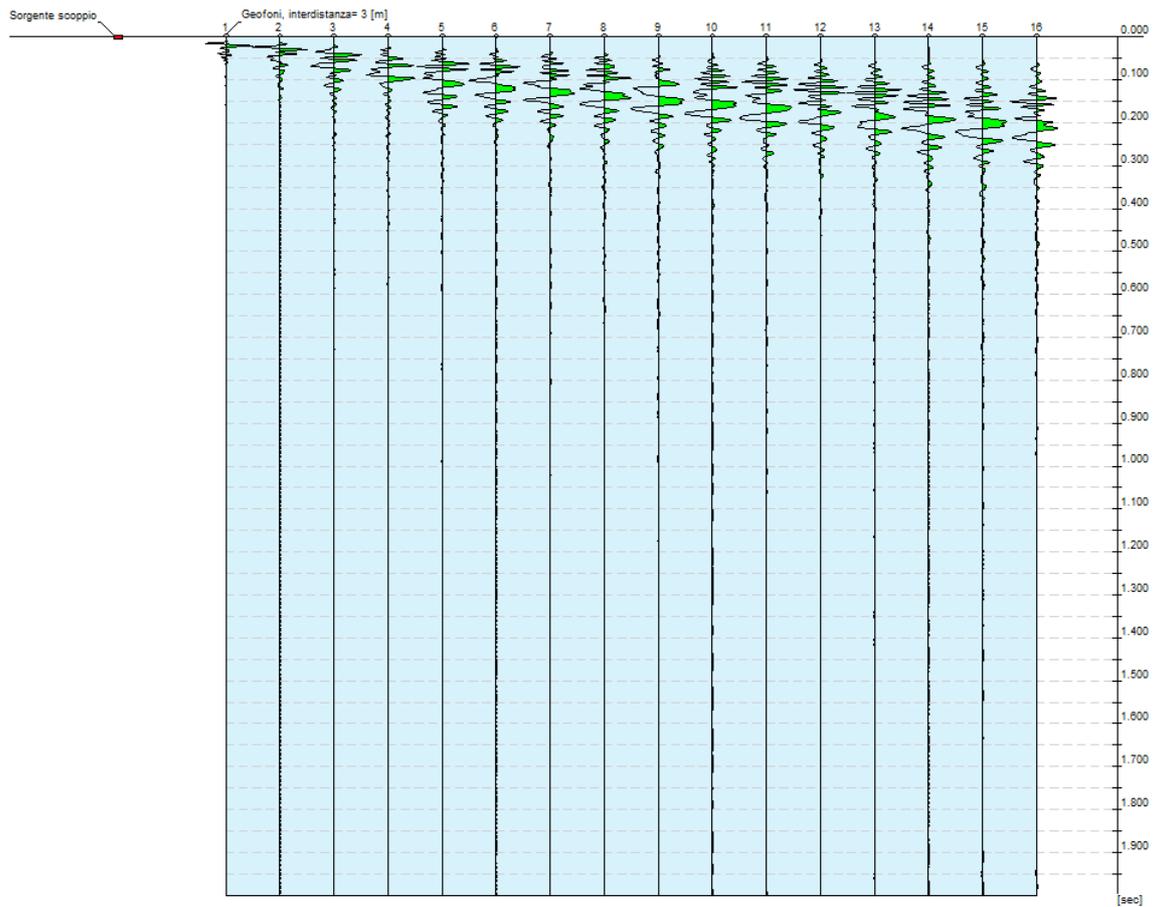
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

INTERPRETAZIONI DEI DATI

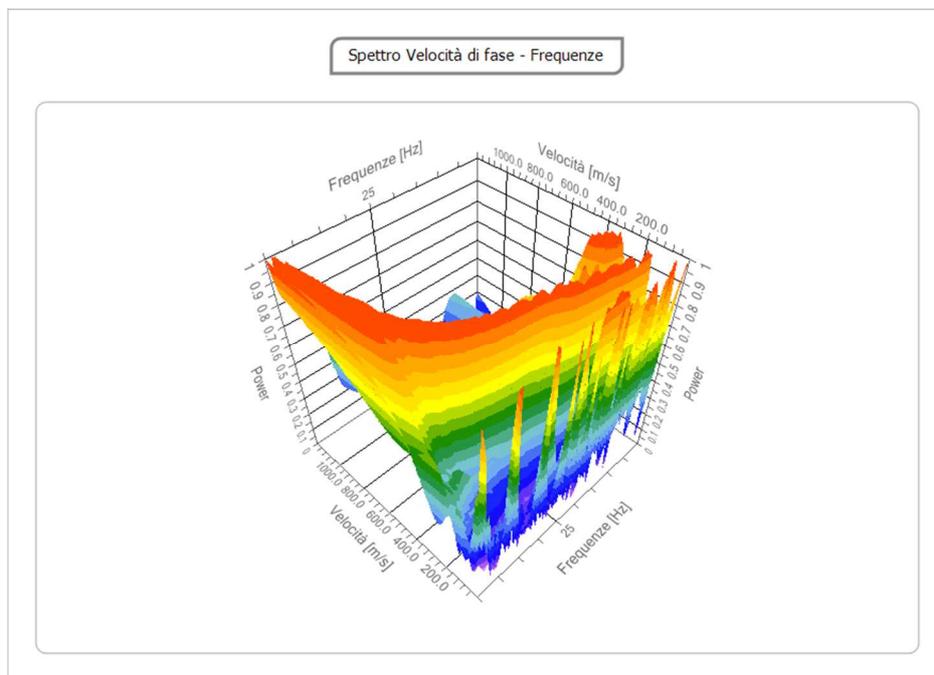
ANALISI INDAGINE SISMICA MASW 7

N. tracce	16
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	3.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



Analisi spettrale

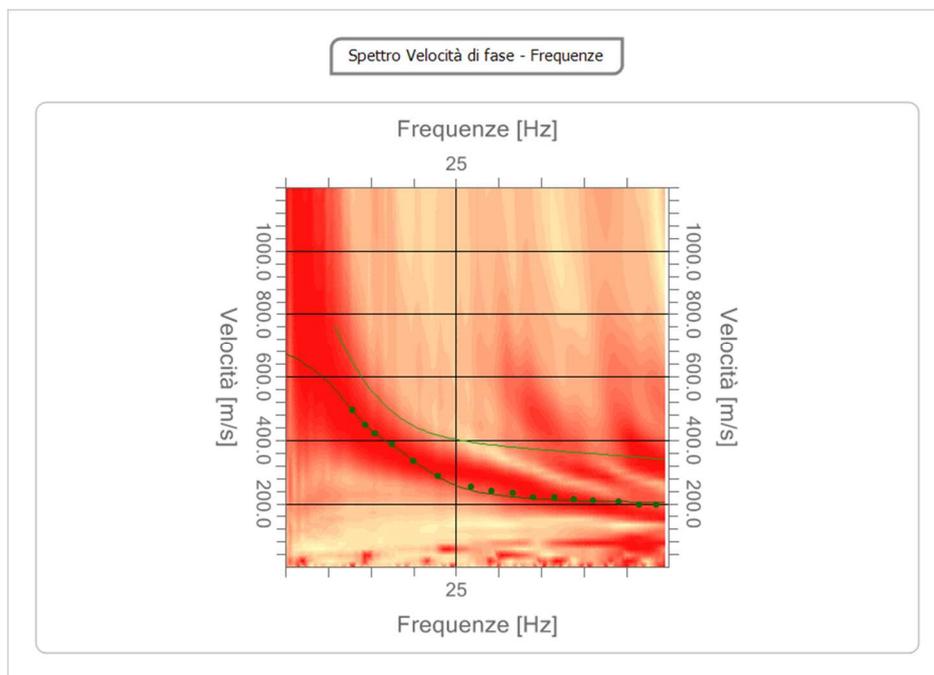
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	5
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	50
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1200
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	12.9	495.5	0
2	14.3	449.3	0
3	15.5	420.8	0
4	17.5	388.8	0
5	19.9	335.4	0
6	22.9	285.6	0
7	26.7	253.6	0
8	29.2	239.4	0
9	31.6	232.3	0
10	34.1	221.6	0
11	36.5	221.7	0

12	38.9	214.5	0
13	41.1	210.9	0
14	44.1	207.4	0
15	46.5	196.7	0
16	48.5	196.7	0



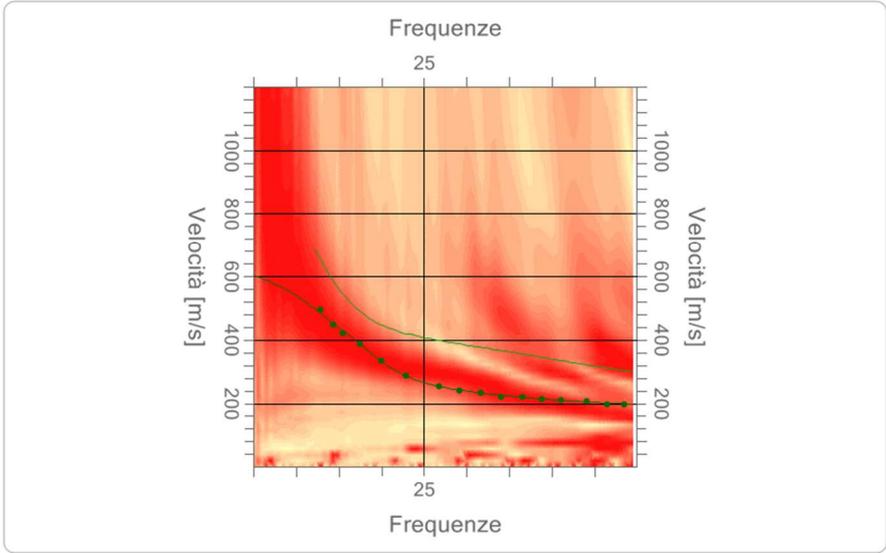
Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		2.02	2.02	1700.0	0.35	No	403.2	193.7
2		5.63	3.61	1800.0	0.35	No	565.8	271.8
3		14.32	8.69	1900.0	0.35	No	1058.6	508.5
4		oo	oo	2000.0	0.35	No	1450.2	696.7

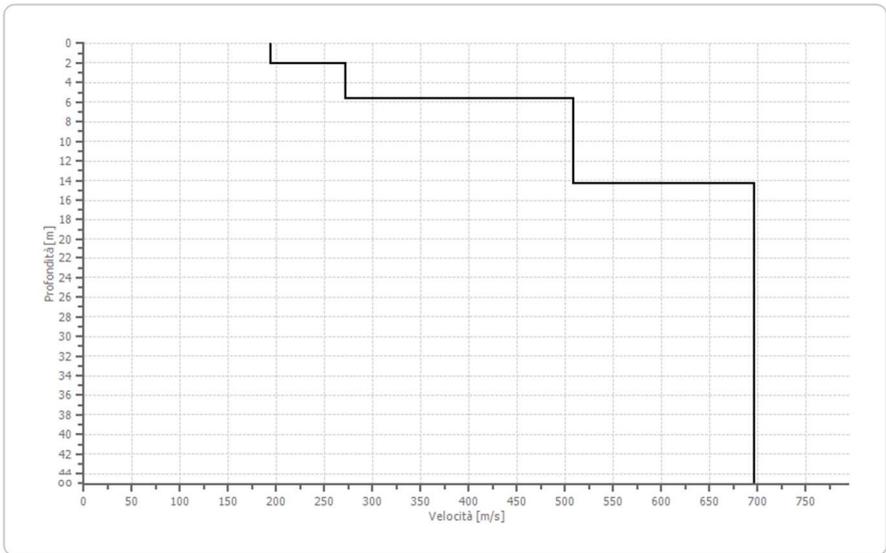
Percentuale di errore 0.019 %

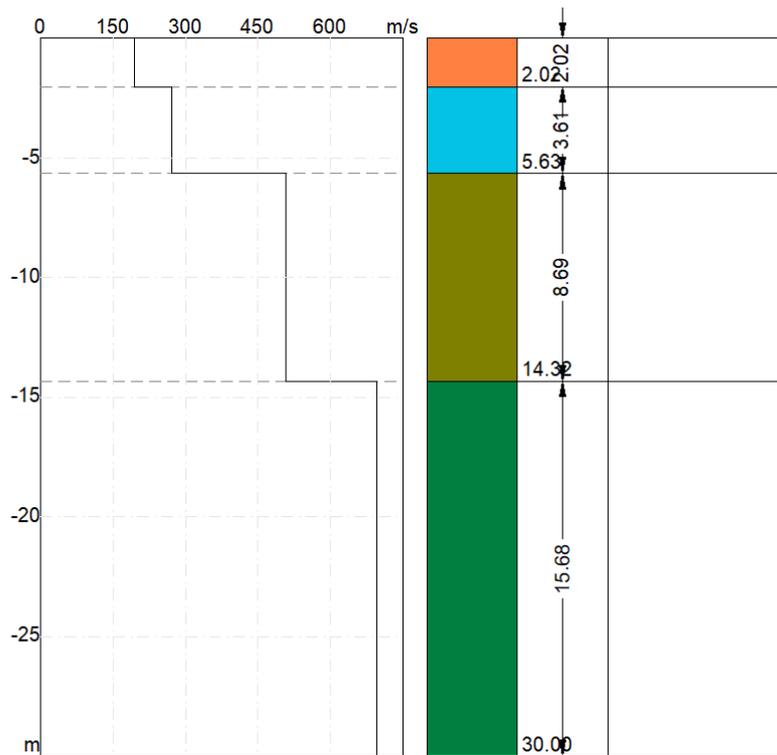
Fattore di disadattamento della soluzione 0.012

Inversione



Profilo di velocità





Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	461.10
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m ³]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	2.02	2.02	193.71	403.23	1700.00	0.35	63.79	276.41	191.36	172.23	N/A	647.60
2	5.63	3.61	271.78	565.76	1800.00	0.35	132.96	576.16	398.88	358.99	N/A	3551.41
3	14.32	8.69	508.53	1058.59	1900.00	0.35	491.34	2129.16	1474.03	1326.63	N/A	N/A
4	oo	oo	696.66	1450.21	2000.00	0.35	970.66	4206.20	2911.98	2620.78	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

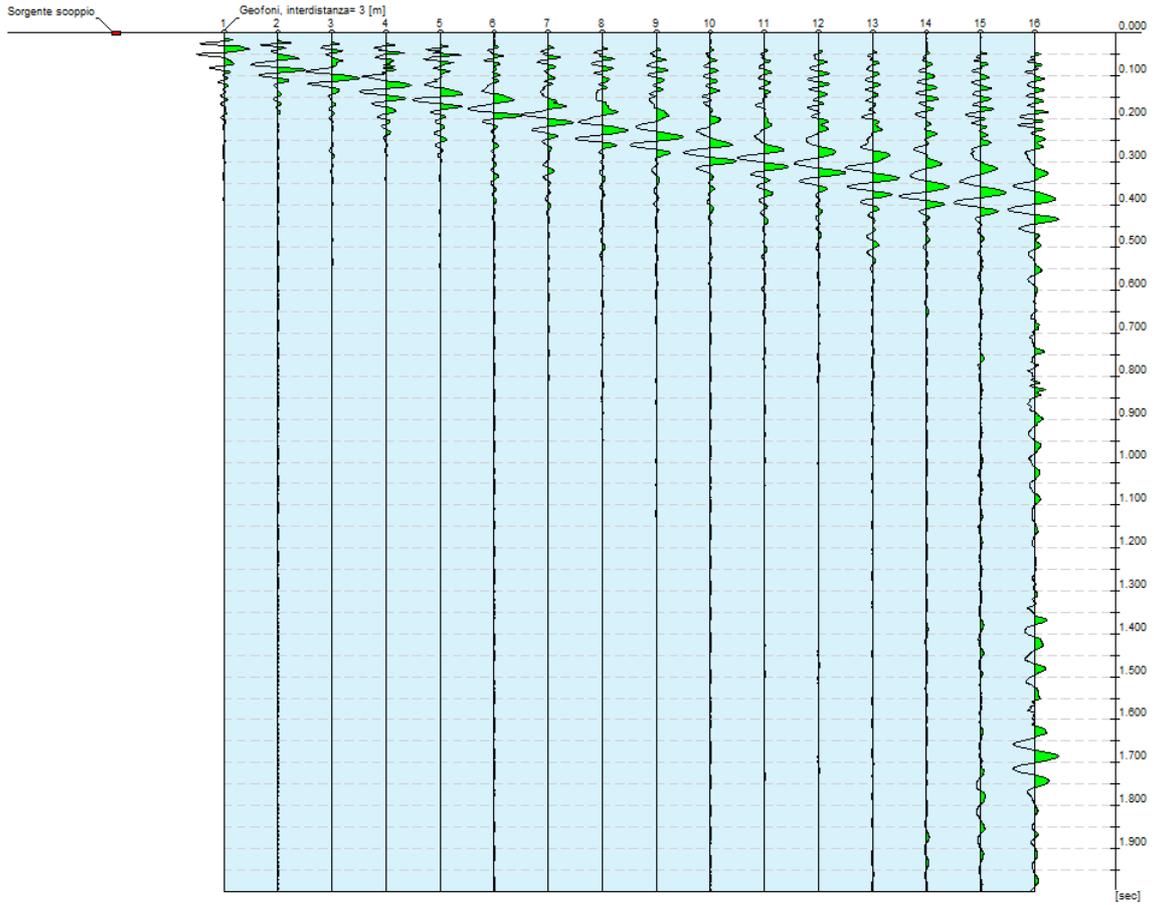
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

INTERPRETAZIONI DEI DATI

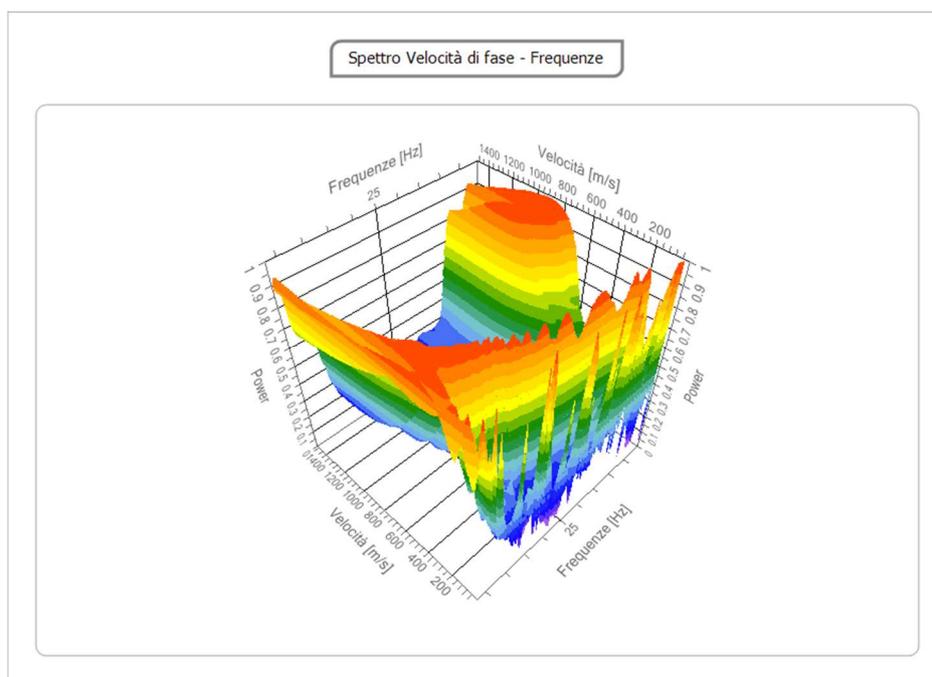
ANALISI INDAGINE SISMICA MASW 8

N. tracce	16
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	3.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



Analisi spettrale

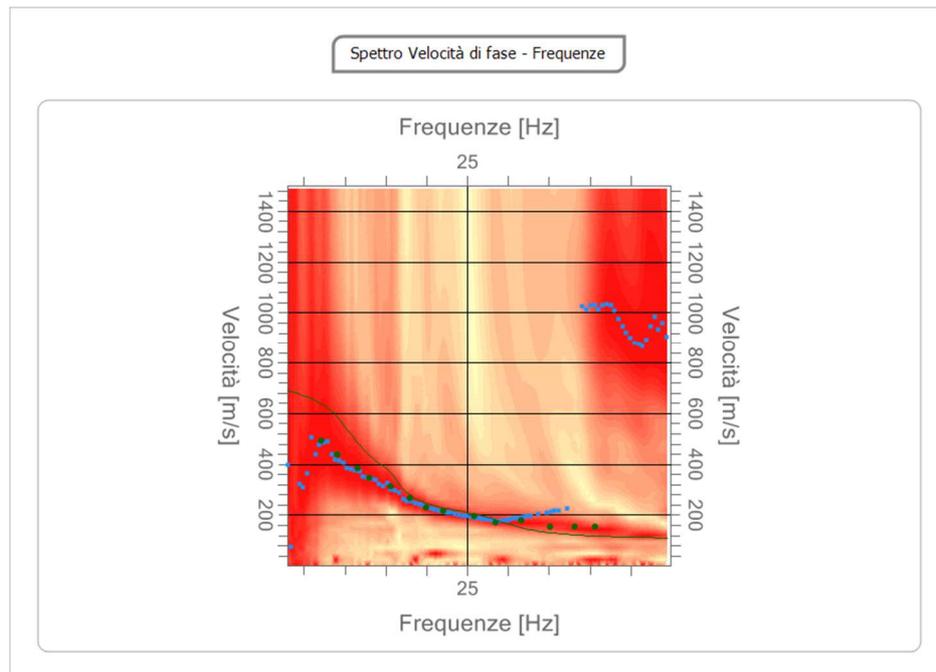
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	3
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	50
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1500
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	28.5	170.0	0
2	9.1	436.9	0
3	7.2	494.7	0
4	11.6	383.5	0
5	13.1	346.3	0
6	15.7	312.4	0
7	18.0	267.9	0
8	20.0	227.4	0

9	22.1	214.5	0
10	25.8	196.7	0
11	31.7	178.9	0
12	38.2	152.2	0
13	35.1	152.2	0
14	40.7	152.2	0

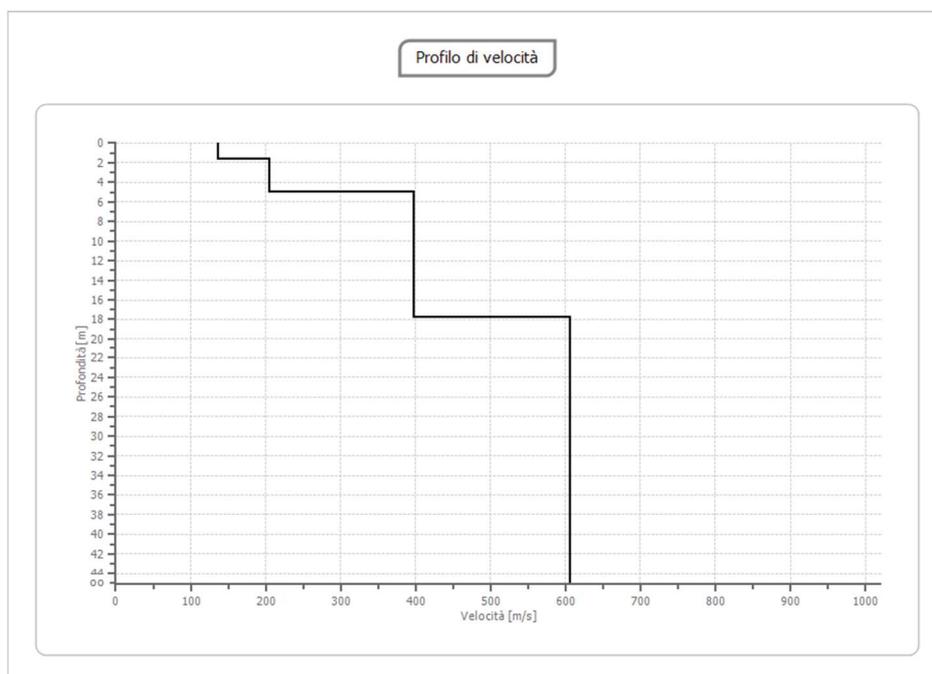
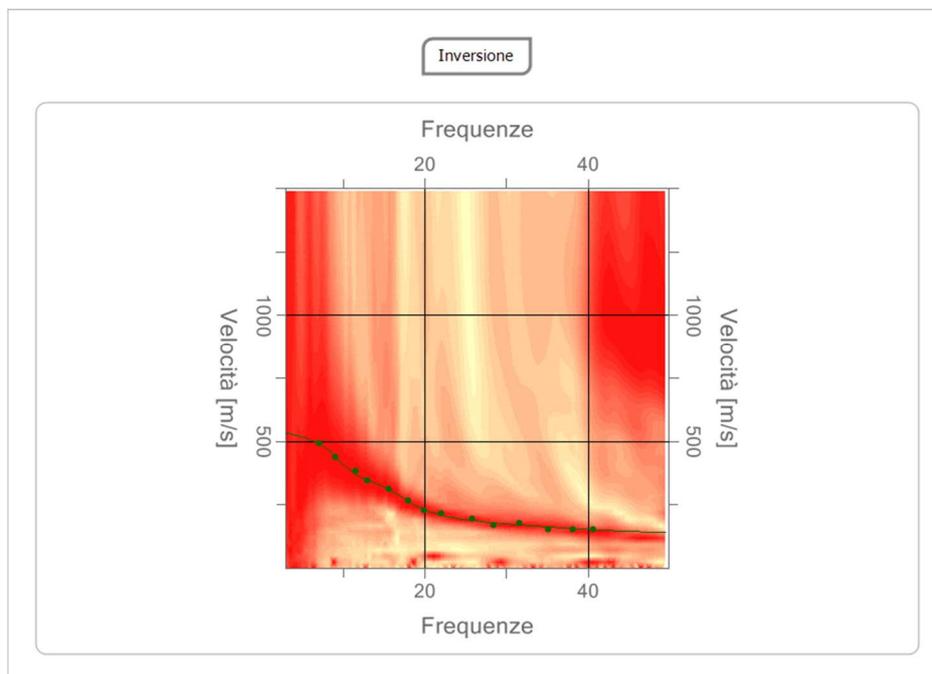


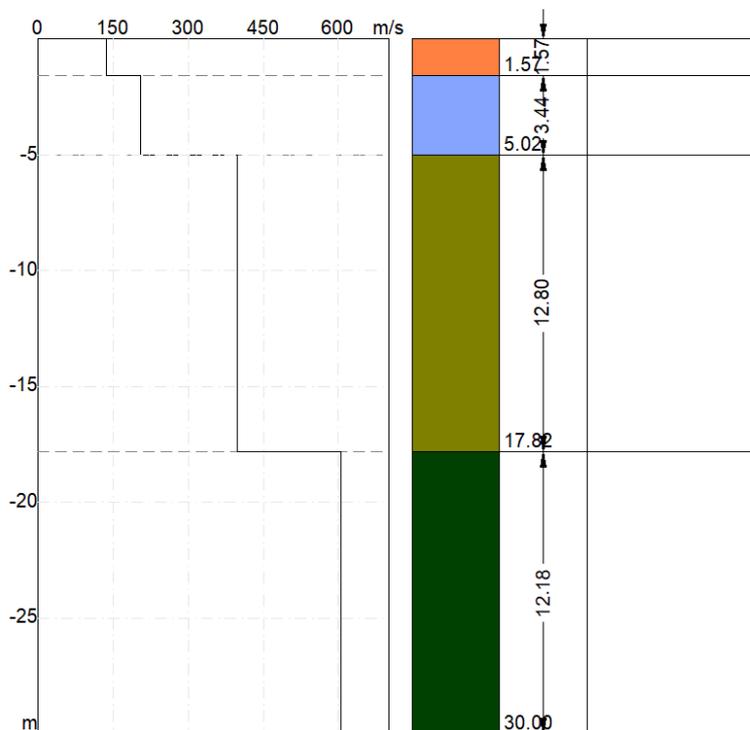
Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.57	1.57	1700.0	0.42	No	368.0	136.7
2		5.02	3.44	1800.0	0.42	No	552.2	205.1
3		17.82	12.80	1900.0	0.42	No	1070.0	397.4
4		oo	oo	2100.0	0.30	No	1132.7	605.5

Percentuale di errore 0.056 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.032





Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	372.05
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m ³]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.57	1.57	136.66	367.97	1700.00	0.42	31.75	230.18	187.85	90.17	71	112.20
2	5.02	3.44	205.07	552.16	1800.00	0.42	75.69	548.78	447.86	214.97	N/A	862.36
3	17.82	12.80	397.40	1070.02	1900.00	0.42	300.06	2175.40	1775.33	852.16	N/A	N/A
4	oo	oo	605.48	1132.75	2100.00	0.30	769.87	2694.55	1668.06	2001.67	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto Stendimento di sismica a rifrazione Rz1 e Mw1.



Foto Stendimento di sismica a rifrazione Rz2 e Mw2.



Foto Stendimento di sismica a rifrazione Rz3 e Mw3.



Foto Stendimento di sismica a rifrazione Rz4 e Mw4.



Foto Stendimento di sismica a rifrazione Rz5 e Mw5.



Foto Stendimento di sismica a rifrazione Rz6 e Mw6.



Foto Stendimento di sismica a rifrazione Rz7 e Mw7.



Foto Stendimento di sismica a rifrazione Rz8 e Mw8.

PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI CFR. CARTA DELLE INDAGINI

LEGENDA	
	Aerogeneratori
	Percorso Cavidotto
	Indagini di Sismica Masw e Rifrazione

<p>Provincia di Agrigento Regione Sicilia Provincia di Trapani</p> <p>Comune di Menfi Comune di Castelvetro Comune di Sambuca di Sicilia Comune di Montevago</p> 	
	<p>PROGETTO DI UN IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA DENOMINATO "MAGAGGIARO", AVENTE POTENZA NOMINALE PARI A 49,6 MW, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI MENFI (AG) E CASTELVETRANO (TP) E RELATIVE OPERE CONNESSE ED INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI NEI COMUNI DI MENFI(AG), MONTEVAGO(AG), CASTELVETRANO (TP), SAMBUCA DI SICILIA (AG)</p>
<p>PROGETTO DEFINITIVO DELL'IMPIANTO, DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI</p>	
<p>ELABORATI GRAFICI</p> <p>FRELMFI_Tav.01</p>	<p>CARTA DELLE INDAGINI scala 1 : 10.000</p>
<p>COMMITTENTE</p> <p>FRI-EL S.p.A. Piazza della Rotonda, 2 - 00198 ROMA, Italia</p>	
<p>STUDIO DI PROGETTAZIONE Dr. Geol. Michele Ognibene</p> 	
<p>DATA: OTTOBRE 2021</p>	

