

- biogas ●
- biometano ●
- eolico ●
- fotovoltaico ●
- efficienza energetica ●
- waste to chemical ●

# Relazione Sismica

Progetto definitivo

Impianto eolico di "Castellana Sicula"

Comuni di Castellana Sicula e Polizzi Generosa (PA)

Località "Cozzo Bagianello"

N. REV.	DESCRIZIONE	ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO	
a	Emissione	Sicilwind s.r.l.	Asja Castella Polizzi srl	Sicilwind s.r.l.	IT/EOL/E-CASI/PDF/C/RS/102-a 17/10/2022 Via Ivrea, Rivoli 70 (To) Italia T +39 011.9579211 F +39 011.9579241 info@asja.energy

## INDICE

	PAGINA
1. PREMESSA.....	3
2. PROPONENTE .....	4
3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE .....	5
4. INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE .....	9
4.1 Cenni di Sismica a Rifrazione.....	9
4.2 Strumentazione e Tecniche utilizzate .....	13
5. INDAGINE DI SISMICA MASW .....	14
5.1 Cenni sulla metodologia di indagine MASW.....	14
6. CARATTERISTICHE SISMOSTRATIGRAFICHE DEL SITO IN PROGETTO .....	17
6.1 Caratteristiche sismo-stratigrafiche dell'aerogeneratore CS1.....	17
6.2 Caratteristiche sismo-stratigrafiche dell'aerogeneratore CS2.....	19
6.3 Caratteristiche sismo-stratigrafiche dell'aerogeneratore CS3.....	20
6.4 Caratteristiche sismo-stratigrafiche dell'aerogeneratore CS4.....	22
6.5 Caratteristiche sismo-stratigrafiche dell'aerogeneratore CS5.....	23
6.6 Caratteristiche sismo-stratigrafiche dell'aerogeneratore CS6.....	25
6.7 Caratteristiche sismo-stratigrafiche dell'aerogeneratore CS7.....	26
7. RISULTATI DELLE INDAGINI DI SISMICA MASW.....	28
7.1 RISULTATI DEL CALCOLO MASW AEROGENERATORE CS1.....	31
7.2 RISULTATI DEL CALCOLO MASW AEROGENERATORE CS2.....	32
7.3 RISULTATI DEL CALCOLO MASW AEROGENERATORE CS3.....	34
7.4 RISULTATI DEL CALCOLO MASW AEROGENERATORE CS4.....	35
7.5 RISULTATI DEL CALCOLO MASW AEROGENERATORE CS5.....	36
7.6 RISULTATI DEL CALCOLO MASW AEROGENERATORE CS6.....	37
7.7 RISULTATI DEL CALCOLO MASW AEROGENERATORE CS7.....	39
8. CONCLUSIONI .....	40

## 1. PREMESSA

La presente relazione illustra in termini generali gli aspetti sismici del progetto per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, precisamente da fonte eolica, composto da n. 7 aerogeneratori con potenza unitaria di 7,0 MW per una potenza complessiva di 49,0 MW e ricadente nei territori comunali di Castellana Sicula (PA) e Polizzi Generosa (PA), denominato impianto eolico di "Castellana Sicula", in località "Cozzo Bagianello".

Come da STMG formalizzata da Terna S.p.A., l'impianto eolico sarà collegato alla Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale (RTN) mediante un cavidotto a 36 kV il cui tratto finale interessa il Comune di Villalba (CL), dove è ubicata la Cabina Utente (CU) che costituisce l'interfaccia per la consegna dell'energia immessa alla RTN presso la Stazione Elettrica (SE) di trasformazione 380/150/36 kV di Terna, denominata "Caltanissetta". Il collegamento tra la CU e la sezione a 36 kV della SE sarà realizzato mediante un breve tratto di cavidotto interrato.

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, per definire gli aspetti geologici e sismici dell'area in progetto nel rispetto delle normative vigenti ed in accordo al D.M. del 17/01/2018. Il piano di indagini in fase di progettazione definitiva ha previsto la realizzazione, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, la realizzazione di n°7 stendimenti per indagine di sismica a rifrazione e n°7 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 28/07/2022.

## 2. PROPONENTE

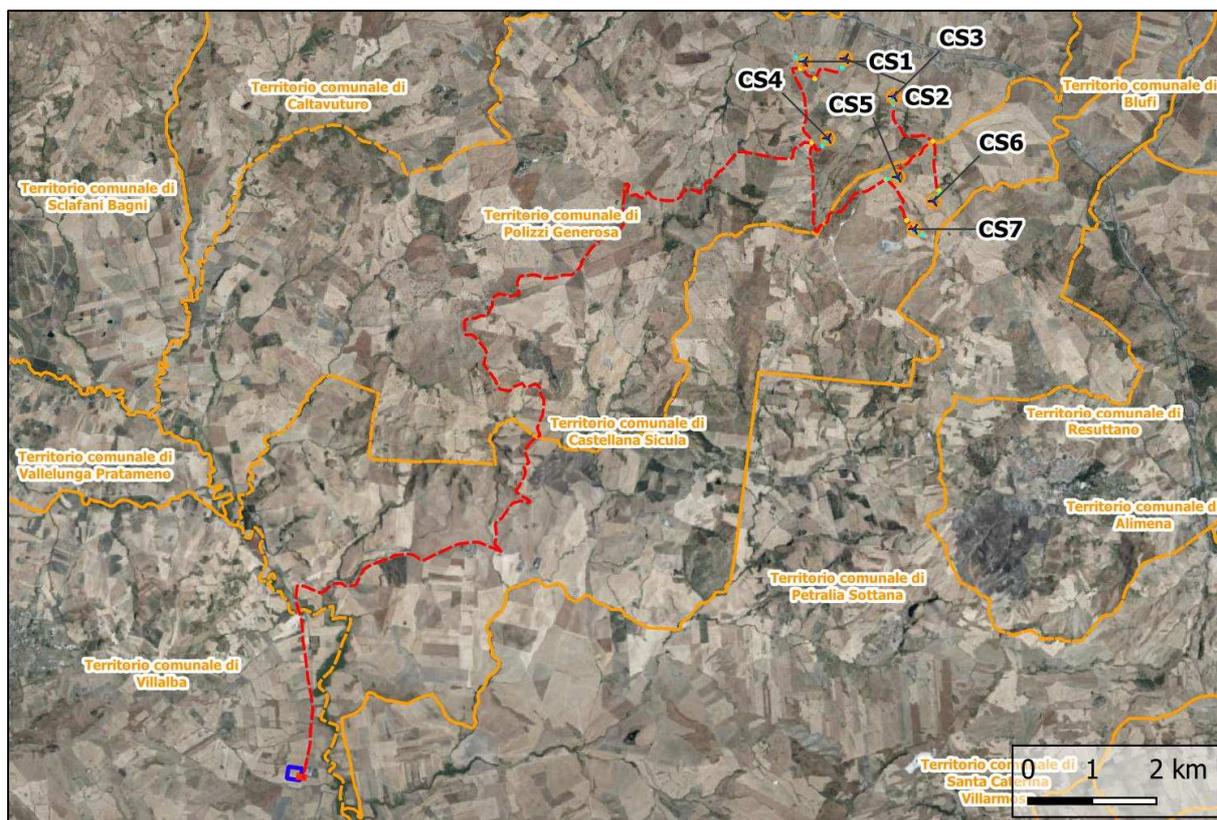
La Società Asja Castellana Polizzi s.r.l., con sede legale a Torino in Corso Vittorio Emanuele II n. 6, intende realizzare un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica, composto da n. 7 aerogeneratori con potenza unitaria di 7,0 MW per una potenza complessiva di 49,0 MW ricadente nei territori comunali di Castellana Sicula (PA) e Polizzi Generosa (PA), denominato impianto eolico di "Castellana Sicula", in località "Cozzo Bagianello".

La mission aziendale è lo sviluppo ecosostenibile, perseguito mediante la realizzazione di nuovi progetti nel settore dell'energia verde e dell'efficienza energetica per contribuire attivamente alla lotta al cambiamento climatico. I valori aziendali fondono armoniosamente lo sviluppo imprenditoriale e la responsabilità sociale, attraverso:

- la responsabilità verso le persone e l'ambiente
- la legalità e la trasparenza
- l'innovazione e il miglioramento continuo.

### 3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE

L'areale di progetto, relativamente all'ubicazione degli aerogeneratori e al cavidotto di collegamento (36 kv) si localizzano nei territori comunali di Polizzi Generosa (CS1-CS2-CS3-CS4) e Castellana Sicula (CS5-CS6-CS7) in provincia di Palermo (PA), l'ultimo tratto di cavidotto per circa 2,6 km, il cavidotto di trasformazione di collegamento alla stazione RTN (TERNA s.p.a.) e la cabina di consegna utente interesseranno il territorio comunale di Villalba in provincia di Caltanissetta (Fig. 3.1). L'impianto eolico sarà collegato alla rete elettrica di trasporto nazionale (RTN), come da STMG formalizzata da TERNA S.p.A., attraverso un elettrodotto in media tensione (MT) interrato, che attraverserà i comuni di Polizzi Generosa e Castellana Sicula fino a raggiungere la stazione 36 kV denominata "Caltanissetta 380 kV", interessando così anche il territorio comunale di Villalba (CL).

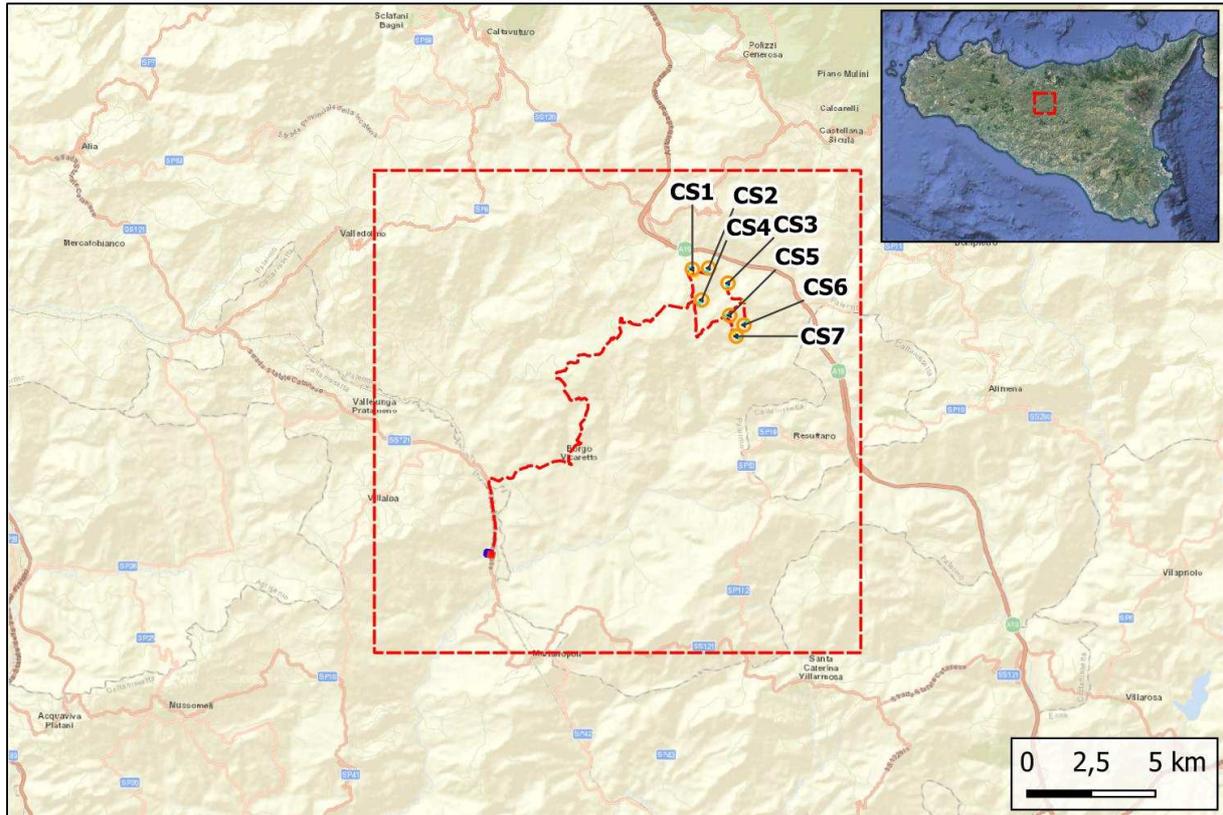


**Fig. 3.1 - INQUADRAMENTO TERRITORIALE SU ORTOFOTO**

<b>WTG SIGLA</b> <b>E-CASI</b>	<b>Coordinate WGS-84</b> <b>Fuso 33-S</b>		<b>Comune</b>	<b>Fg</b>	<b>P.IIa</b>
	<b>Est</b>	<b>Nord</b>			
<b>CS01</b>	410.435	4.177.139	Polizzi Generosa	52	65
<b>CS02</b>	411.071	4.177.184	Polizzi Generosa	55	509
<b>CS03</b>	411.830	4.176.591	Polizzi Generosa	55	477-51
<b>CS04</b>	410.801	4.175.932	Polizzi Generosa	64	1
<b>CS05</b>	411.889	4.175.326	Castellana Sicula	37	380-381
<b>CS06</b>	412.448	4.174.946	Castellana Sicula	36	137-138
<b>CS07</b>	412.145	4.174.507	Castellana Sicula	37	12

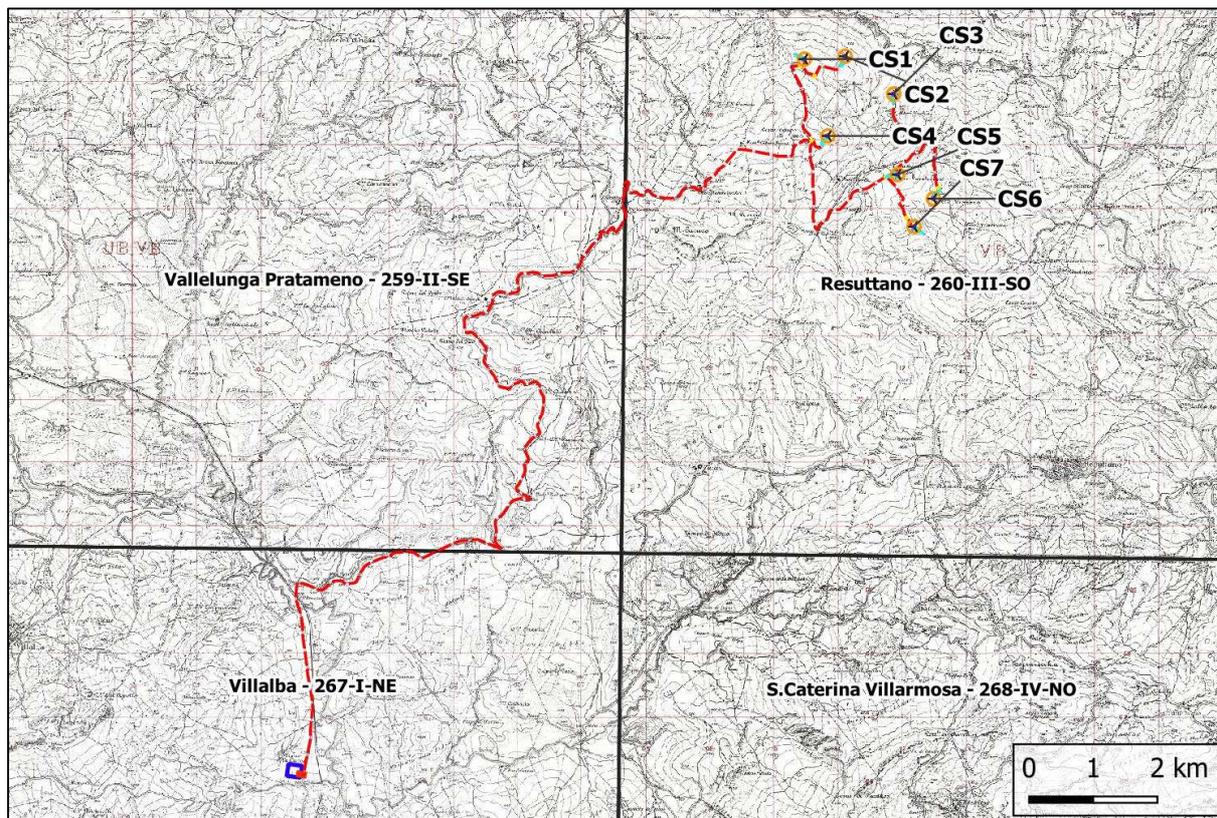
Catastalmente i terreni su cui verranno realizzate le opere per il posizionamento degli aerogeneratori risultano identificati al catasto del Comune di Polizzi Generosa, Castellana Sicula e Villalba (solo la cabina di consegna utente), secondo il piano particellare che fa parte degli elaborati di progetto. Per quanto riguarda la viabilità il sito eolico si trova nelle vicinanze dell'autostrada Palermo - Catania (A19) e precisamente tra le uscite di Tremonzelli e di Irosa, ed è raggiungibile a partire dallo svincolo di Tremonzelli (Fig. 3.2).

Si evidenzia che l'intero percorso non presenta attraversamenti di centri abitati e non vi sono ostacoli, quali restringimenti, presenza di fabbricati, infrastrutture particolari, ecc. con particolare riferimento ai tratti in curva.



**Fig. 3.2 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO**

Dal punto di vista cartografico, l'area studiata ricade nella Carta Ufficiale d'Italia edita dall'I.G.M.I. in scala 1:25.000 all'interno delle Tavole F. n° 260 denominata "Resuttano", Quadrante III - Orientazione S.O. (tutti gli aerogeneratori) e F. n°259 Quadrante II Orientazione S.E. parte del cavidotto a 36 kv, e F.n°267 Quadrante I Orientazione N.E. per l'ultimo tratto di cavidotto e la Stazione RTN di collegamento denominata "Caltanissetta" (Fig.3.3).



**Fig. 3.3 - QUADRO UNIONE IGMI - TAVOLETTE 1:25.000**

Nell'ambito della Carta Tecnica Regionale, in scala 1:10.000, l'areale di progetto, in particolare gli aerogeneratori CS1-CS2-CS4 ricadono, a est della sezione C.T.R. 621080 denominata "Monte Catuso", CS3 al limite di unione tra la suddetta e la sezione 622050 denominata "Ferrarello", CS5-CS6-CS7 ad ovest di quest'ultima, comprese le opere di connessione. Il cavidotto di collegamento a partire dalla cabina di smistamento attraversa, procedendo verso sud ovest, le sezioni 621080 "Monte Catuso", 621120 "Tudia", 621110 "Villalba", fino al collegamento con la stazione RTN denominata "Caltanissetta" ubicata nella sezione 621150 "Polizzello" (Fig. 3.4).

## 4. INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE

### 4.1 Cenni di 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  $\lambda$ , 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  $\lambda$ , equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza  $\theta_i$  mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione  $\theta_r$ . 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:

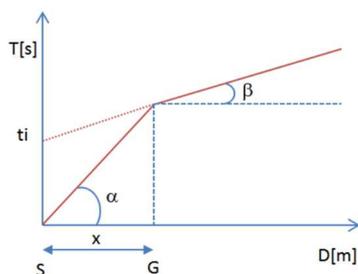
$$T = x_i / V_1$$

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:

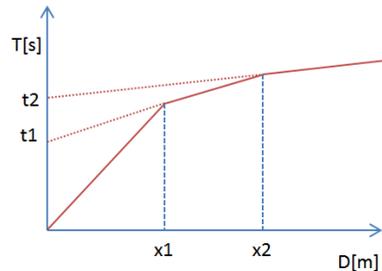
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

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

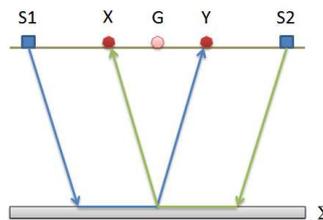
dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.



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 Vn 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'inviluppo 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°.

## 4.2 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 2 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 2 battute poste a 2 metri dall'ultimo e dal primo geofono come da schema riportato in figure 4.2.1.

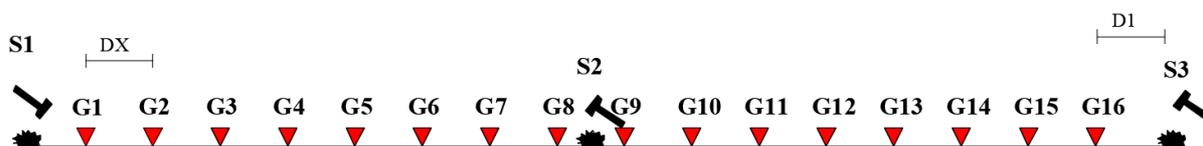


Fig. 4.2.1: Geometria tipo dello stendimento sismico.

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

## 5. INDAGINE DI SISMICA MASW

### 5.1 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:

$$v = \lambda \times \nu$$

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.

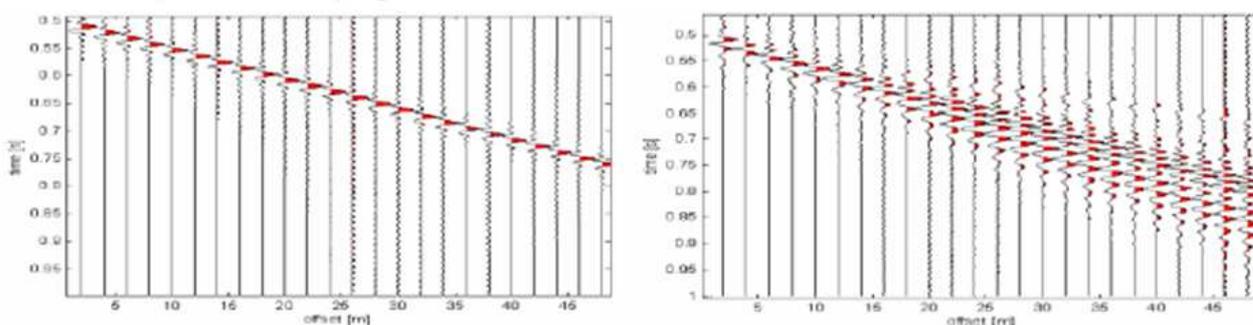
Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

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.

## 6. CARATTERISTICHE SISMOSTRATIGRAFICHE DEL SITO IN PROGETTO

Per la caratterizzazione geolitologica e sismica dell'area in progetto sono state eseguite n°7 indagini di sismica a rifrazione e n°7 indagini di sismica masw (**Cfr. Tav.14 Carta delle ubicazioni indagini**) di seguito descritte ed interpretate.

### 6.1 Caratteristiche sismo-stratigrafiche dell'aerogeneratore CS1

Scendendo nel dettaglio delle analisi sismiche eseguite, è stato possibile riscontrare grazie all'indagine sismica Rz7 eseguita in prossimità dell'aerogeneratore **CS1**, la presenza, nei primi 13,00 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. 6.1).

#### - 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione  $V_p$ , nell'ordine di 497.10 m/s, indicative di un orizzonte costituito da terreni mediamente addensati di natura argillo debolmente marnosa leggermente alterati e degradati. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta variabile e mediamente valutabile in circa 2,4-2,6 metri dal p.c..

#### - 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una  $V_p$  di 1677,60 m/s; tale valore, medio, è compatibile con terreni di natura coesiva moderatamente consistenti afferenti alle argille debolmente marnose e marne marine fossilifere e della Formazione Terravecchia.

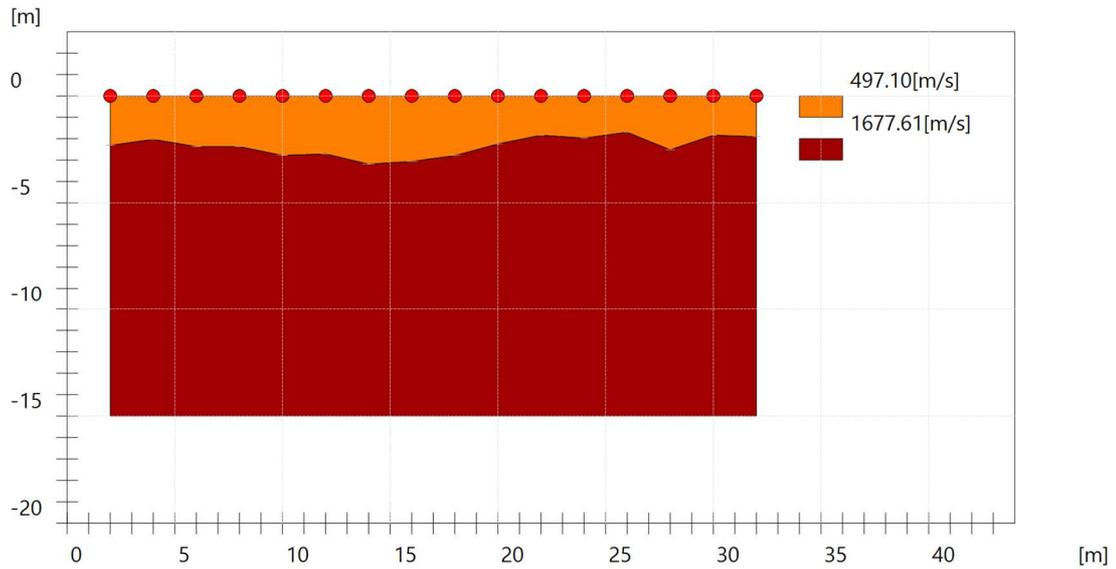


Fig. 6.1: Sismo-stratigrafia desunta dall'indagine Rz7.

In tabella 6.1 si riporta una sintesi correlativa tra la stratigrafia locale e la sezione sismo-stratigrafica ricavata:

Tabella 6.1 – Sintesi dei risultati dell'indagine sismica Rz7.

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m)	Vp (m/s)	CORRELAZIONI SISMO-STRATIGRAFICHE
1	Da 0 a -2,4/2,6	497.10	Sottile livello di terreno vegetale e coltre alterata argillo-marnosa.
2	Da 2,4/2,6 a 15	1677,60	Argille debolmente marnose e marne marine fossilifere della Formazione Terravecchia.

## 6.2 Caratteristiche sismo-stratigrafiche dell'aerogeneratore CS2

In prossimità dell'aerogeneratore **CS2** è stato possibile riscontrare grazie all'interpretazione dell'indagine sismica Rz6, la presenza, nei primi 13 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 e con un leggero assottigliamento dello stesso verso la parte iniziale dello stendimento in relazione ad una leggera differenza di quota. In definitiva sono stati quindi individuati n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche  $V_p$  differenti (Fig. 6.2).

### - 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione  $V_p$ , nell'ordine di 368.68 m/s, indicative di un orizzonte costituito da terreni mediamente addensati di natura argillo debolmente marnosa leggermente alterati e degradati. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta variabile e mediamente valutabile in circa 2,2-2,4 metri dal p.c..

### - 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una  $V_p$  di 1543,07 m/s; tale valore, medio, è compatibile con terreni di natura coesiva moderatamente consistenti afferenti alle argille debolmente marnose e marne marine fossilifere e della Formazione Terravecchia.

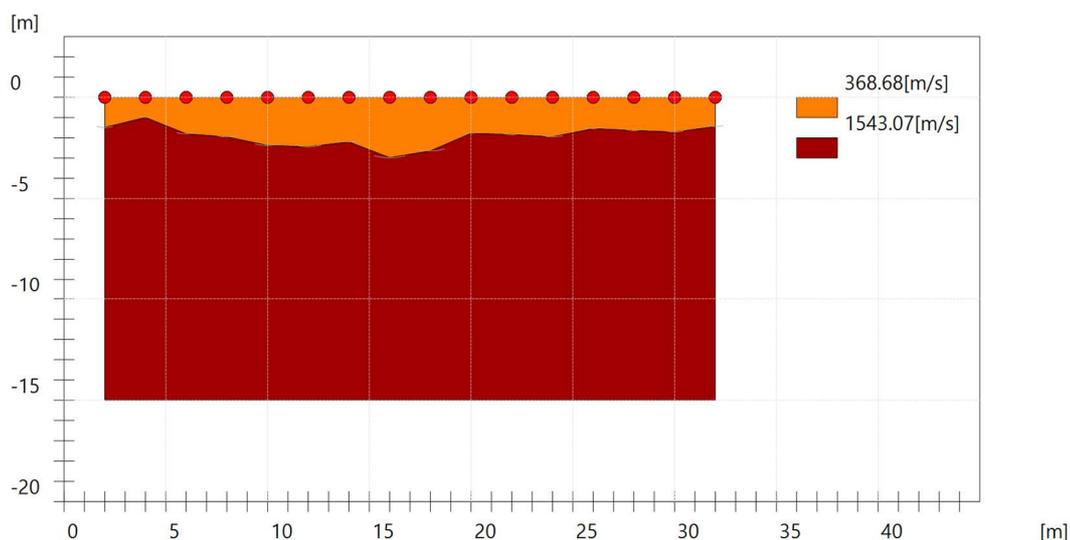


Fig. 6.2: Sismo-stratigrafia desunta dall'indagine Rz6.

In tabella 6.2 si riporta una sintesi correlativa tra la stratigrafia locale e la sezione sismo-stratigrafica ricavata:

Tabella 6.2 – Sintesi dei risultati dell'indagine sismica Rz6.

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m)	Vp (m/s)	CORRELAZIONI SISMO-STRATIGRAFICHE
1	Da 0 a -2,2/2,4	368.68	Sottile livello di terreno vegetale e coltre alterata argillo-marnosa.
2	Da 2,2/2,4 a 15	1543,07	Argille debolmente marnose e marne marine fossilifere della Formazione Terravecchia.

### 6.3 Caratteristiche sismo-stratigrafiche dell'aerogeneratore CS3

In corrispondenza dell'aerogeneratore **CS3** grazie all'interpretazione dell'indagine sismica Rz4 è stato possibile riscontrare, nei primi 13 metri, la presenza di un solo orizzonte rifrattore ben definito. Il rifrattore mostra un aspetto lievemente ondulato ma nell'insieme un andamento sub-parallelo rispetto alla traccia della superficie topografica con un leggero ispessimento verso la parte terminale dello stendimento dovuto ad una leggera differenza di quota tra il primo e l'ultimo geofono. Sono stati quindi individuati, nello specifico, n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche Vp differenti (Fig. 6.3).

#### - 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione Vp, nell'ordine di 347.79 m/s, indicativo di un orizzonte costituito da terreno poco addensato e alterato di natura limo-argilloso alterato e degradato. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta variabile e mediamente valutabile in circa 1,5-1,6 metri dal p.c..

#### - 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una Vp di 1376.20 m/s; tale valore, medio, è compatibile con terreni di natura coesiva mediamente addensati e consistenti riconducibili alle argille fissili o

scagliettate alternate in maniera caotica alle marne varicolori della Formazione Argille Varicolori.

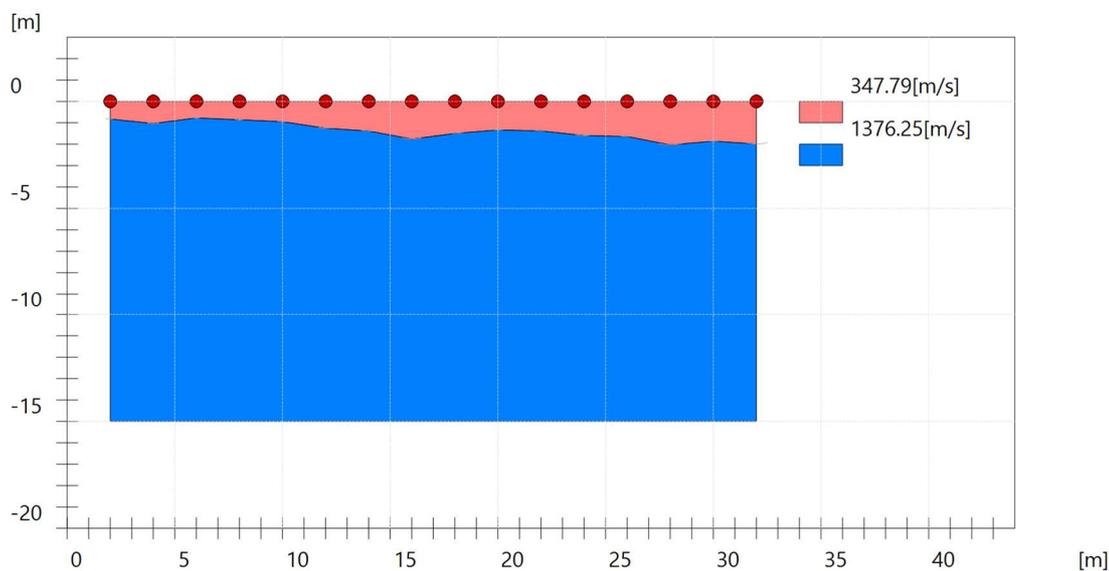


Fig. 6.3: Sismo-stratigrafia desunta dall'indagine Rz4.

In tabella 6.3 si riporta una sintesi correlativa tra la stratigrafia locale e la sezione sismo-stratigrafica ricavata:

Tabella 6.3 – Sintesi dei risultati dell'indagine sismica Rz4.

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m)	Vp (m/s)	CORRELAZIONI SISMO-STRATIGRAFICHE
1	Da 0 a -1,5/1,6	347.79	Sottile livello di terreno vegetale e coltre alterata limo-argillosa.
2	Da -1,5/1,6 a 15	1376.20	Argille fissili o scagliettate alternate in maniera caotica alle marne varicolori della Formazione Argille Varicolori.

## 6.4 Caratteristiche sismo-stratigrafiche dell'aerogeneratore CS4

In corrispondenza dell'aerogeneratore **CS4** è stato possibile riscontrare, nei primi 13 metri, grazie all'interpretazione dell'indagine sismica Rz5, la presenza di un solo orizzonte rifrattore ben definito. Il rifrattore mostra un aspetto lievemente ondulato ma nell'insieme un andamento sub-parallelo rispetto alla traccia della superficie topografica. Sono stati quindi individuati, nello specifico, n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche  $V_p$  differenti (Fig. 6.4).

### - 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione  $V_p$ , nell'ordine di 362.19 m/s, indicative di un orizzonte costituito da terreni mediamente addensati di natura argillo debolmente marnosa leggermente alterati e degradati. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta variabile e mediamente valutabile in circa 2,2-2,4 metri dal p.c..

### - 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una  $V_p$  di 1619,40 m/s; tale valore, medio, è compatibile con terreni di natura coesiva moderatamente consistenti afferenti alle argille debolmente marnose e marne marine fossilifere e della Formazione Terravecchia.

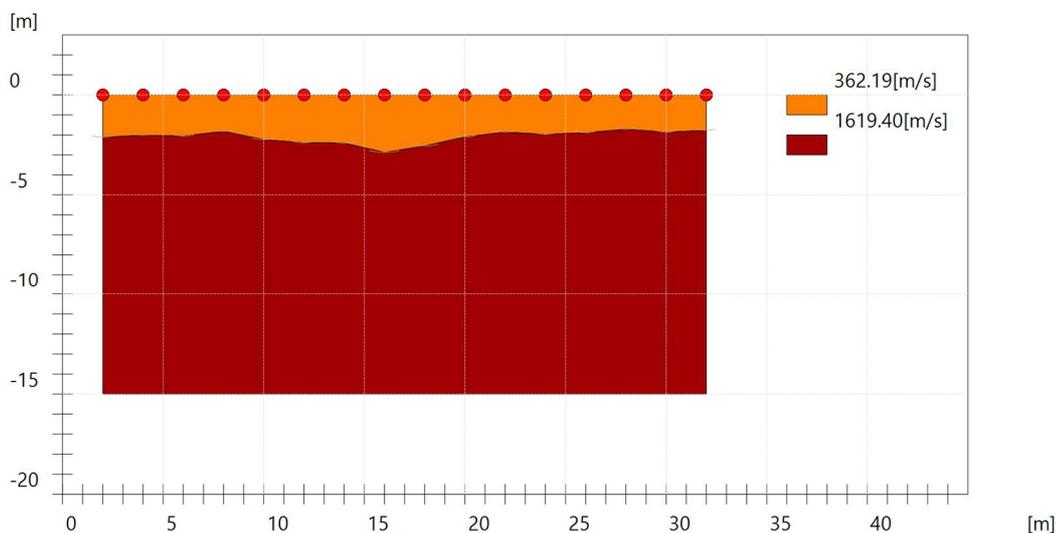


Fig. 6.4: Sismo-stratigrafia desunta dall'indagine Rz5.

In tabella 6.4 si riporta una sintesi correlativa tra la stratigrafia locale e la sezione sismo-stratigrafica ricavata:

Tabella 6.4 – Sintesi dei risultati dell'indagine sismica Rz5.

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m)	Vp (m/s)	CORRELAZIONI SISMO-STRATIGRAFICHE
1	Da 0 a -2,2/2,4	362.19	Sottile livello di terreno vegetale e coltre alterata argillo-marnosa.
2	Da 2,2/2,4 a 15	1619,40	Argille debolmente marnose e marne marine fossilifere della Formazione Terravecchia.

## 6.5 Caratteristiche sismo-stratigrafiche dell'aerogeneratore CS5

In corrispondenza dell'aerogeneratore **CS5** è stato possibile riscontrare, nei primi 13 metri, grazie all'interpretazione dell'indagine sismica Rz2, la presenza di un solo orizzonte rifrattore ben definito. Il rifrattore mostra un aspetto lievemente ondulato ma nell'insieme un andamento sub-parallelo rispetto alla traccia della superficie topografica. Sono stati quindi individuati, nello specifico, n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche Vp differenti (Fig. 6.5).

### - 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione Vp, nell'ordine di 537.54 m/s, indicative di un orizzonte costituito da terreni mediamente addensati di natura argilliti e argille brune leggermente alterati e degradati. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta variabile e mediamente valutabile in circa 1,6-1,7 metri dal p.c..

### - 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una Vp di 1346.1 m/s; tale valore, medio, è compatibile con terreni di natura coesiva moderatamente consistenti afferenti alle argilliti nerastre e argille brune con a luoghi addizionati livelli marno-calcarei di colore grigio-biancastro della Formazione del Flysch Numidico.

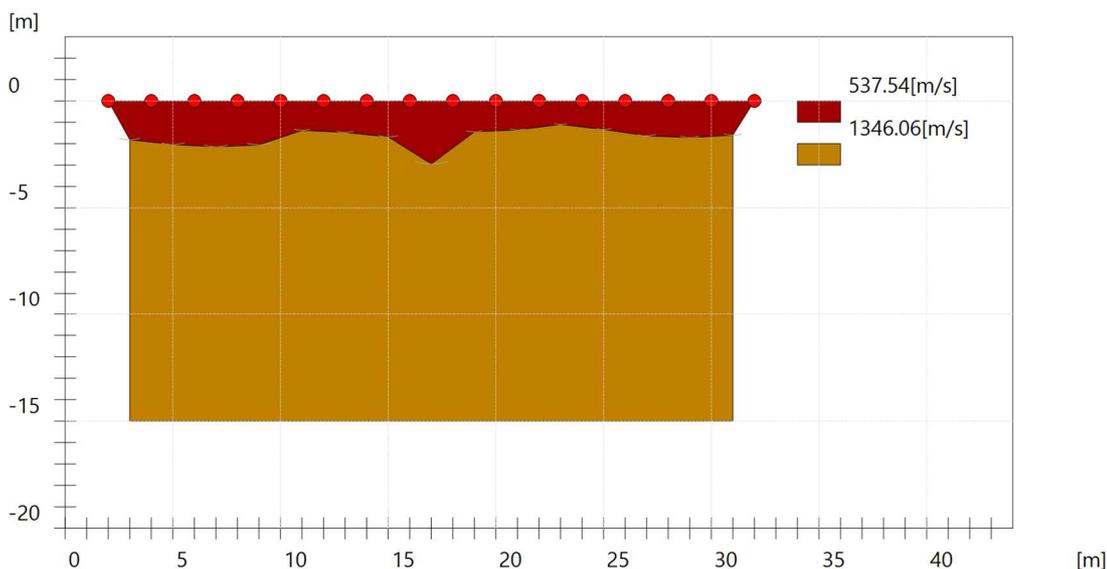


Fig. 6.5: Sismo-stratigrafia desunta dall'indagine Rz2.

In tabella 6.5 si riporta una sintesi correlativa tra la stratigrafia locale e la sezione sismo-stratigrafica ricavata:

Tabella 6.5 – Sintesi dei risultati dell'indagine sismica Rz2.

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m)	Vp (m/s)	CORRELAZIONI SIMO-STRATIGRAFICHE
1	Da 0 a -1,6/1,7	537.54	Sottile livello di terreno vegetale e argilliti e argille brune leggermente alterati e degradati.
2	Da -1,6/1,7 a 15	1346.10	Argilliti nerastre e argille brune con a luoghi addizionati livelli marno-calcarei di colore grigio-biancastro della Formazione del Flysch Numidico.

## 6.6 Caratteristiche sismo-stratigrafiche dell'aerogeneratore CS6

In corrispondenza dell'aerogeneratore **CS6** è stato possibile riscontrare, nei primi 13 metri, grazie all'interpretazione dell'indagine sismica Rz3, la presenza di un solo orizzonte rifrattore ben definito. Il rifrattore mostra un aspetto lievemente ondulato ma nell'insieme un andamento sub-parallelo rispetto alla traccia della superficie topografica con un leggero ispessimento verso la parte terminale dello stendimento dovuto ad una leggera differenza di quota tra il primo e l'ultimo geofono. Sono stati quindi individuati, nello specifico, n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche  $V_p$  differenti (Fig. 6.6).

### - 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione  $V_p$ , nell'ordine di 459.6 m/s, indicative di un orizzonte costituito da terreni mediamente addensati di natura argilliti e argille brune leggermente alterati e degradati. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta variabile e mediamente valutabile in circa 2,6-2,7 metri dal p.c..

### - 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una  $V_p$  di 1146.8 m/s; tale valore, medio, è compatibile con terreni di natura coesiva moderatamente consistenti afferenti alle argilliti nerastre e argille brune con a luoghi addizionati livelli marno-calcarei di colore grigio-biancastro della Formazione del Flysch Numidico.

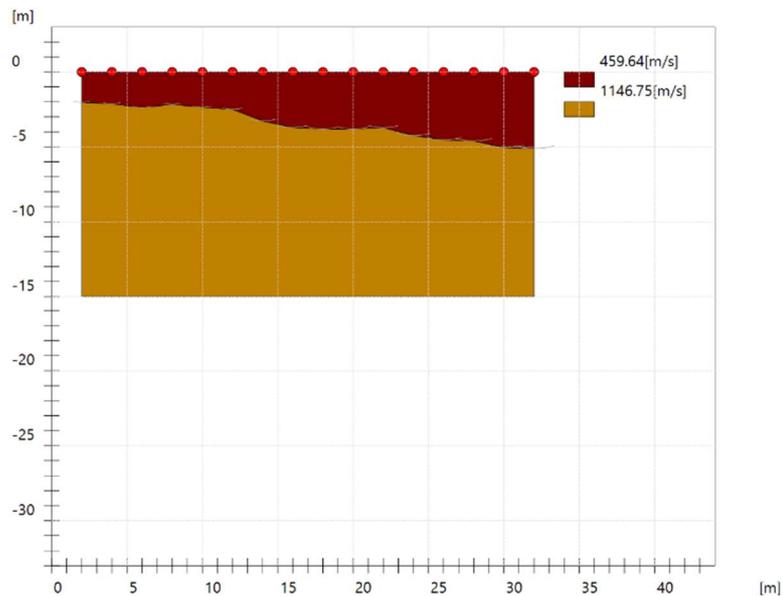


Fig. 6.6: Sismo-stratigrafia desunta dall'indagine Rz3.

In tabella 6.6 si riporta una sintesi correlativa tra la stratigrafia locale e la sezione sismo-stratigrafica ricavata:

Tabella 6.6– Sintesi dei risultati dell'indagine sismica Rz3.

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m)	Vp (m/s)	CORRELAZIONI SISMO-STRATIGRAFICHE
1	Da 0 a -2,6/2,7	459.60	Sottile livello di terreno vegetale e argilliti e argille brune leggermente alterati e degradati.
2	Da -2,6/2,7 a 15	1146.80	Argilliti nerastre e argille brune con a luoghi addizionati livelli marno-calcarei di colore grigio-biancastro della Formazione del Flysch Numidico.

## 6.7 Caratteristiche sismo-stratigrafiche dell'aerogeneratore CS7

In corrispondenza dell'aerogeneratore **CS7** grazie all'interpretazione dell'indagine sismica Rz1 è stato possibile riscontrare, nei primi 13 metri, la presenza di un solo orizzonte rifrattore ben definito. Il rifrattore mostra un aspetto lievemente ondulato ma nell'insieme un andamento

sub-parallelo rispetto alla traccia della superficie topografica. Sono stati quindi individuati, nello specifico, n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche  $V_p$  differenti (Fig. 6.7).

- 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione  $V_p$ , nell'ordine di 404.3 m/s, indicativo di un orizzonte costituito da terreno poco addensato e alterato di natura limo-argilloso alterato e degradato. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta variabile e mediamente valutabile in circa 1,6-1,8 metri dal p.c..

- 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una  $V_p$  di 1498.4 m/s; tale valore, medio, è compatibile con terreni di natura coesiva mediamente addensati e consistenti riconducibili alle argille fissili o scagliettate alternate in maniera caotica alle marne varicolori della Formazione Argille Varicolori.

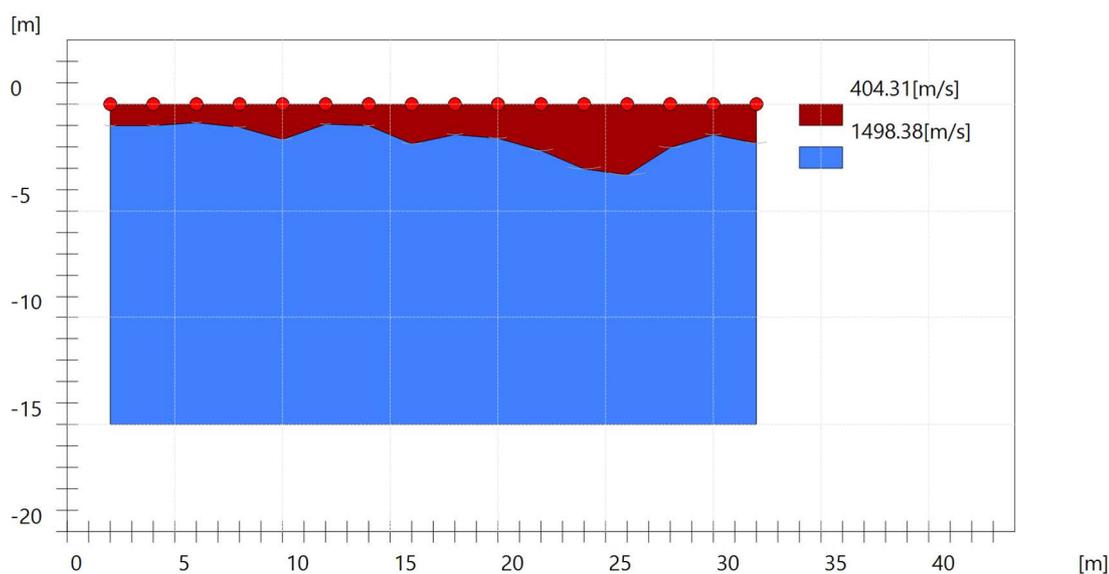


Fig. 6.7: Sismo-stratigrafia desunta dall'indagine Rz1.

In tabella 6.7 si riporta una sintesi correlativa tra la stratigrafia locale e la sezione sismo-stratigrafica ricavata:

Tabella 6.7 – Sintesi dei risultati dell'indagine sismica Rz1.

<b>SINTESI DEI RISULTATI</b>			
<b>SISMOSTRATO</b>	<b>PROFONDITA' (m)</b>	<b>Vp (m/s)</b>	<b>CORRELAZIONI SISMO-STRATIGRAFICHE</b>
1	Da 0 a -1,6/1,8	404.30	Sottile livello di terreno vegetale e coltre alterata limo-argillosa.
2	Da -1,6/1,8 a 15	1498.40	Argille fissili o scagliettate alternate in maniera caotica alle marne varicolori della Formazione Argille Varicolori.

## 7. RISULTATI DELLE INDAGINI DI SISMICA MASW

Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 1 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 delle inversioni hanno fornito valori di categoria suolo fondazione C per il sito in progetto. 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  $V_{Seq}$  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 D.M. 17/01/2018, è stato possibile classificare tali terreni.

Lo studio sugli effetti di sito è un aspetto fondamentale nella valutazione e mitigazione del rischio sismico. Tale studio si effettua in termini di risposta sismica locale, partendo dal concetto di amplificazione del moto sismico che si origina dal basamento roccioso (definito bedrock sismico) e che si propaga all'interno di un deposito sino a raggiungere la superficie. Valutare questi effetti non è sempre del tutto facile anche perché, in molti casi, l'amplificazione è dovuta ai cosiddetti fenomeni di risonanza nei terreni stratificati posti al di sopra del bedrock, di riflessione e rifrazione delle onde sismiche nelle interfacce di discontinuità e tra mezzi a diversa densità, dove le onde vengono per così dire "intrappolate" e successivamente trasmesse allo strato più superficiale generando così onde di tipo Love e di Rayleigh. A questi, poi, si aggiunge l'effetto di focalizzazione del raggio sismico nelle zone morfologicamente più acclive. Sul territorio italiano la valutazione degli effetti della risposta sismica locale viene fatta sulla base delle vigenti norme tecniche per le costruzioni pubblicate in GU n.42 del 20/02/2018 - Suppl. Ordinario n. 8. In particolare per situazioni riconducibili alle categorie definite in Tab. 3.2.II di cui al § 3.2.2 si può fare riferimento ad un approccio semplificato basato sui valori di velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ , che costituiscono parte integrante della

caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo di cui al § 6.2.2. In tal caso si calcola la velocità equivalente con 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  $V_{Seq}$  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.

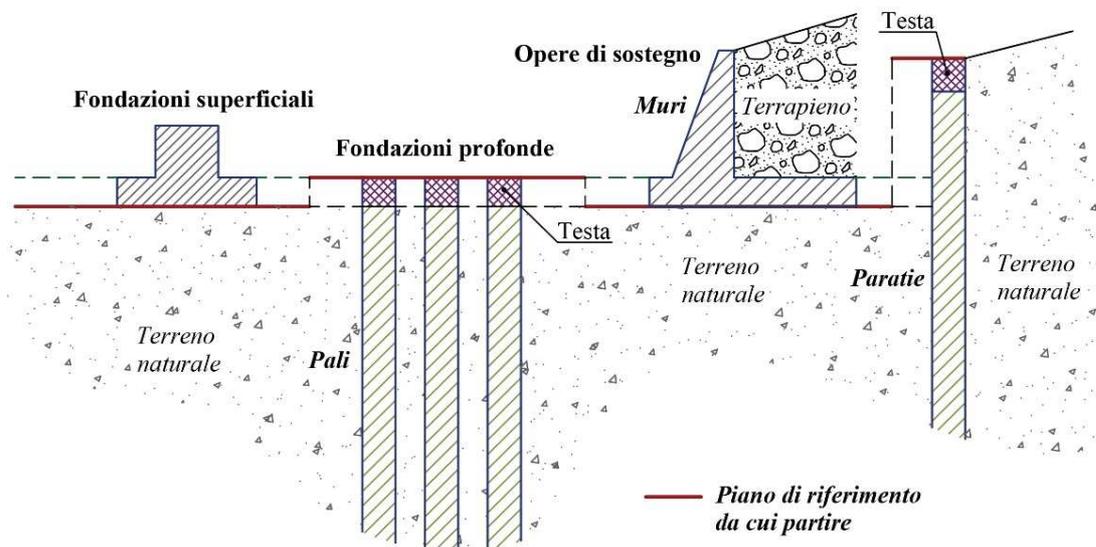


Figura 7.1: Schemi di riferimento richiamati al § 3.2.2 delle NTC 2018.

Mentre per tutti quei casi non rientranti è richiesta una specifica analisi della risposta sismica locale, così come previsto al § 7.11.3.

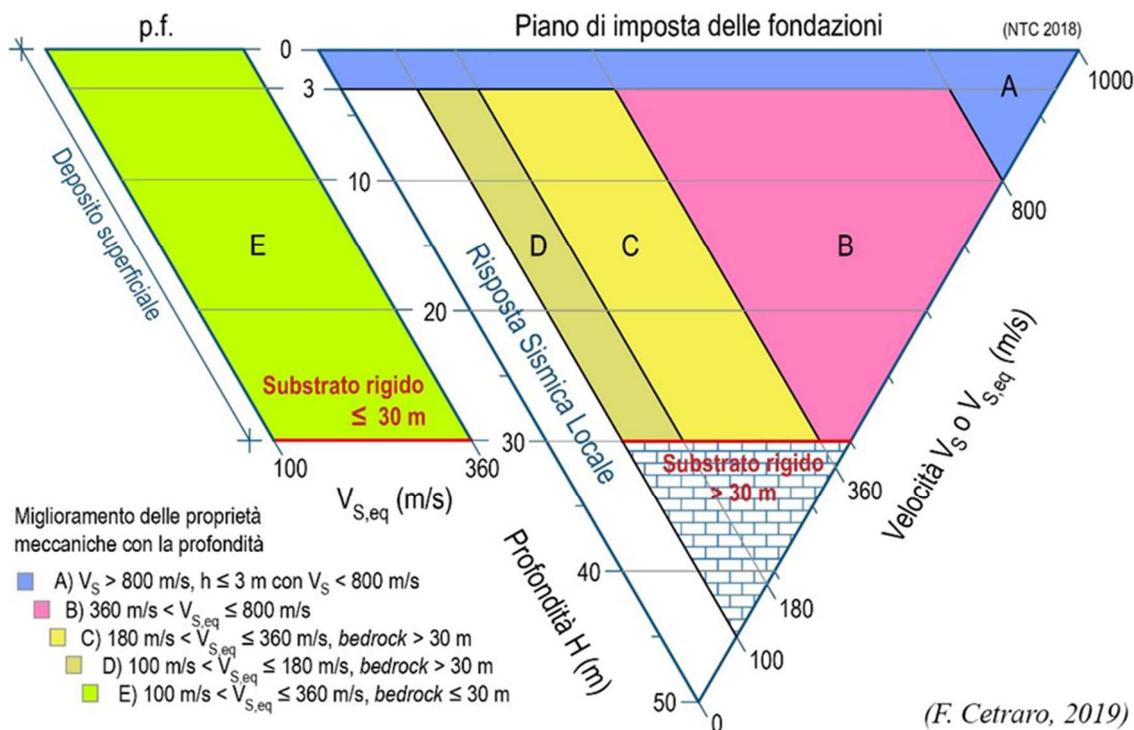


Figura 7.2: Diagramma categorie di sottosuolo secondo i riferimenti del § 3.2.2 delle NTC 2018.

## 7.1 RISULTATI DEL CALCOLO MASW AEROGENERATORE CS1

In corrispondenza dell'aerogeneratore CS1 è stata eseguita un'indagine di sismica masw identificata con la sigla Mw7.

Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 5 Hz e 55 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.

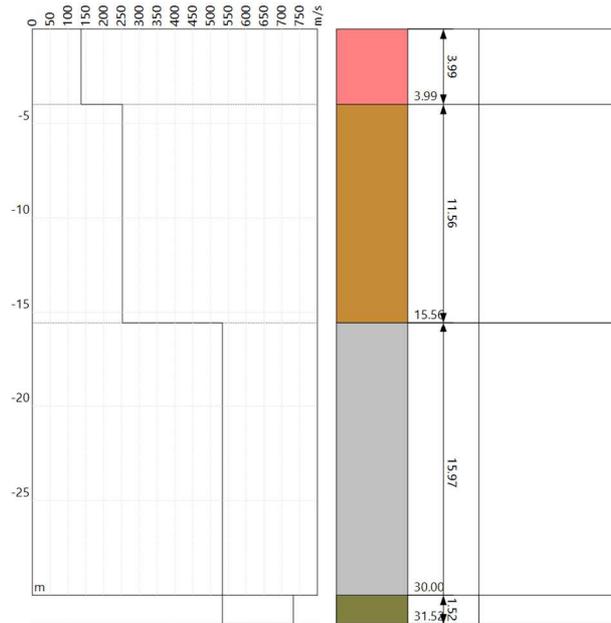
Strato n°1:  $V_s = 136.7 \text{ m/s}$ ; spessore medio 3.23 metri.

Strato n°2:  $V_s = 252.6 \text{ m/s}$ ; spessore medio 11.56 metri.

Strato n°3:  $V_s = 533.3 \text{ m/s}$ ; spessore medio 15.97 metri

Strato n°4:  $V_s = 732.3\text{m/s}$ ; 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,

**$V_{S,eq} = 293.91 \text{ m/s}$** , unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle  $V_s$ , il sottosuolo in esame risulta classificabile come **sottosuolo di tipo C**.

## 7.2 RISULTATI DEL CALCOLO MASW AEROGENERATORE CS2

In corrispondenza dell'aerogeneratore CS2 è stata eseguita un'indagine di sismica masw identificata con la sigla Mw6.

Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 5 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.

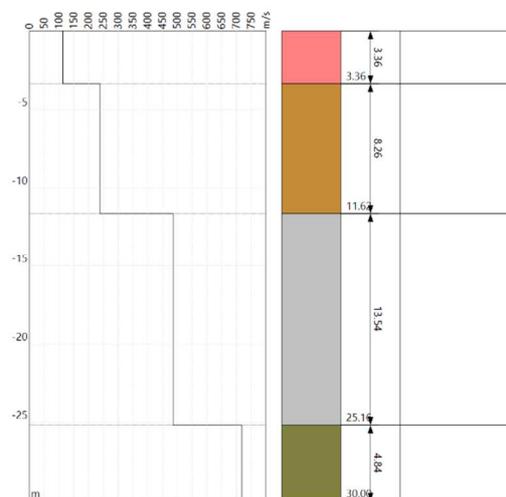
Strato n°1:  $V_s = 112.7$  m/s; spessore medio 3.36 metri.

Strato n°2:  $V_s = 238.8$  m/s; spessore medio 8.26 metri.

Strato n°3:  $V_s = 485.8$  m/s; spessore medio 13.54 metri

Strato n°4:  $V_s = 718.5$  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,  **$V_{S,eq} = 302.99$  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 C**.

### 7.3 RISULTATI DEL CALCOLO MASW AEROGENERATORE CS3

In corrispondenza dell'aerogeneratore CS3 è stata eseguita un'indagine di sismica masw identificata con la sigla Mw4.

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.

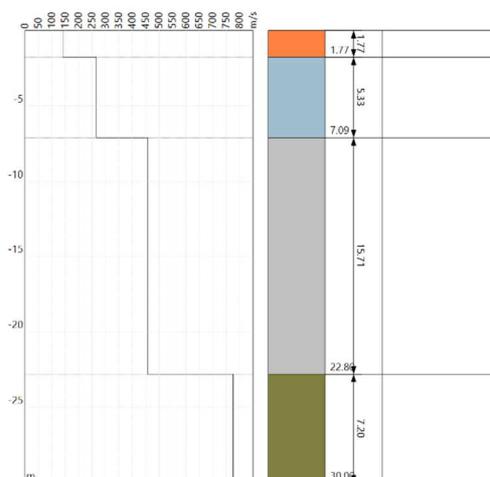
Strato n°1:  $V_s = 140.9$  m/s; spessore medio 1.77 metri.

Strato n°2:  $V_s = 266.0$  m/s; spessore medio 5.33 metri.

Strato n°3:  $V_s = 456.8$  m/s; spessore medio 15.71 metri

Strato n°4:  $V_s = 776.5$  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,

**VS,eq = 393.60 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**.

#### 7.4 RISULTATI DEL CALCOLO MASW AEROGENERATORE CS4

In corrispondenza dell'aerogeneratore CS4 è stata eseguita un'indagine di sismica masw identificata con la sigla Mw5.

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.

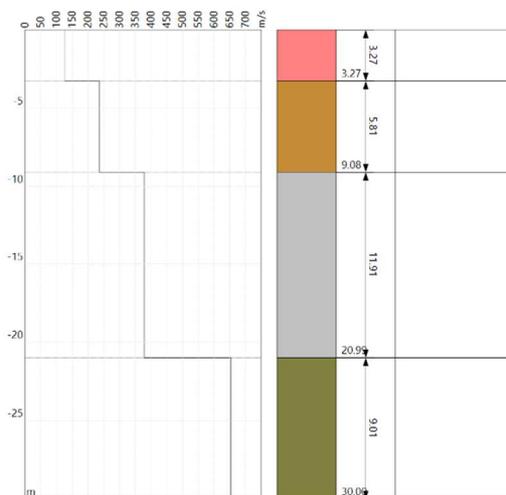
Strato n°1: Vs = 127.2 m/s; spessore medio 3.27 metri.

Strato n°2: Vs = 236.0 m/s; spessore medio 5.81 metri.

Strato n°3: Vs = 378.2 m/s; spessore medio 11.91 metri

Strato n°4:  $V_s = 653.6$  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,  **$V_{S,eq} = 313.73$  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 C**.

## 7.5 RISULTATI DEL CALCOLO MASW AEROGENERATORE CS5

In corrispondenza dell'aerogeneratore CS5 è stata eseguita un'indagine di sismica masw identificata con la sigla Mw2.

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.

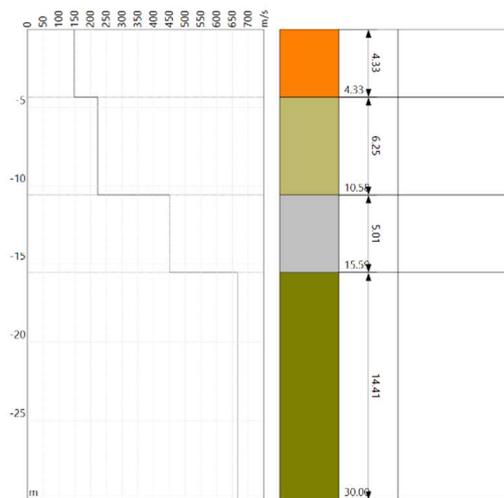
Strato n°1:  $V_s = 149.0$  m/s; spessore medio 4.33 metri.

Strato n°2:  $V_s = 223.3$  m/s; spessore medio 6.25 metri.

Strato n°3:  $V_s = 450.4$  m/s; spessore medio 5.01 metri

Strato n°4:  $V_s = 665.4$  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,  **$V_{s,eq} = 333.94$  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 C**.

## 7.6 RISULTATI DEL CALCOLO MASW AEROGENERATORE CS6

In corrispondenza dell'aerogeneratore CS6 è stata eseguita un'indagine di sismica masw identificata con la sigla Mw3.

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.

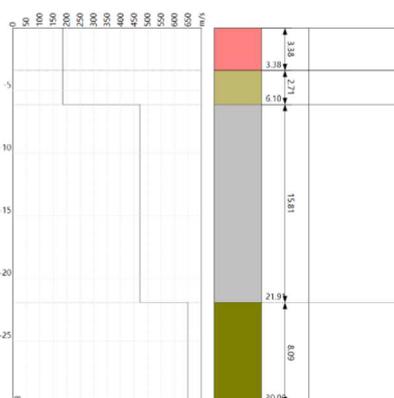
Strato n°1:  $V_s = 185.3 \text{ m/s}$ ; spessore medio 3.38 metri.

Strato n°2:  $V_s = 185.5 \text{ m/s}$ ; spessore medio 2.71 metri.

Strato n°3:  $V_s = 470.6 \text{ m/s}$ ; spessore medio 18.81 metri

Strato n°4:  $V_s = 648.6 \text{ m/s}$ ; 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,  **$V_{S,eq} = 379.93 \text{ m/s}$** , 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**.

## 7.7 RISULTATI DEL CALCOLO MASW AEROGENERATORE CS7

In corrispondenza dell'aerogeneratore CS7 è stata eseguita un'indagine di sismica masw identificata con la sigla Mw1. Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 5 Hz e 55 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.

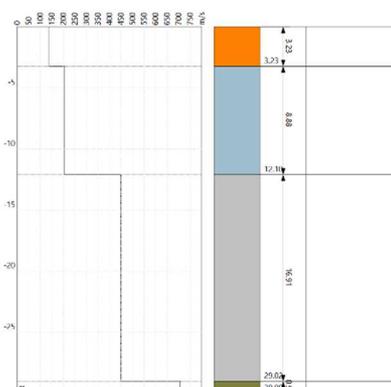
Strato n°1:  $V_s = 138.8$  m/s; spessore medio 3.23 metri.

Strato n°2:  $V_s = 204.7$  m/s; spessore medio 8.88 metri.

Strato n°3:  $V_s = 449.5$  m/s; spessore medio 16.91 metri

Strato n°4:  $V_s = 706.6$  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,  **$V_{S,eq} = 283.96$  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 C**.

## 8. CONCLUSIONI

Il presente studio è stato redatto in ottemperanza al D.M. 17/01/2018 e ha 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 – 15 metri, sia sulle velocità delle onde sismiche di compressione e di taglio.

Sulla base delle elaborazioni effettuate sono stati individuati, in ciascuna delle sette indagini di sismica a rifrazione, due sismostrati interfacciati da una superficie di discontinuità con aspetto lievemente ondulato rispetto alla traccia sulla superficie topografica. In particolare i risultati delle indagini effettuate in corrispondenza dell'impianto eolico di futura realizzazione, hanno messo in evidenza la presenza, nei primi 10-15 metri, di un solo orizzonte rifrattore ben definito. I modelli sismo-stratigrafici rispecchiano abbastanza fedelmente le caratteristiche geologiche dell'area.

In particolare riscontriamo, in corrispondenza degli aerogeneratori CS1, CS2 E CS4, una discontinuità sismica ad una profondità di circa 2,2-2,6 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 argillosi debolmente marnosi della Formazione Terravecchia.

Le indagini sismiche condotte lungo gli aerogeneratori CS5 e CS6, mostrano una discontinuità sismica a profondità variabile tra 1,6/1,7 m dal p.c. (in CS5) e 2,6/2,7 m dal p.c. (in CS6), legato presumibilmente alla presenza di una coltre di riporto, al di sotto del quale rinveniamo le argille nerastre del Flysch Numidico. Infine lungo gli aerogeneratori CS3 e CS7 è stata rilevata una superficie di discontinuità, più o meno alla stessa profondità che si attesta intorno a 1,5-1,8 m dal p.c. attribuibile all'interfaccia tra un areato superficiale alterato con le sottostanti Argille fissili della Formazione Argille Varicolori.

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 C** per gli aerogeneratori CS1, CS2, CS4, CS5 e CS7, mentre come **sottosuolo di tipo B** per CS3 e CS6 secondo i dettami del D.M. 17/01/2018.

Palermo, Ottobre 2022

Il Tecnico Redattore  
Dr. Geol. Michele Ognibene

## SCHEDE INDAGINI DI SISMICA A RIFRAZIONE INDAGINE RZ1

### Geometria geofoni

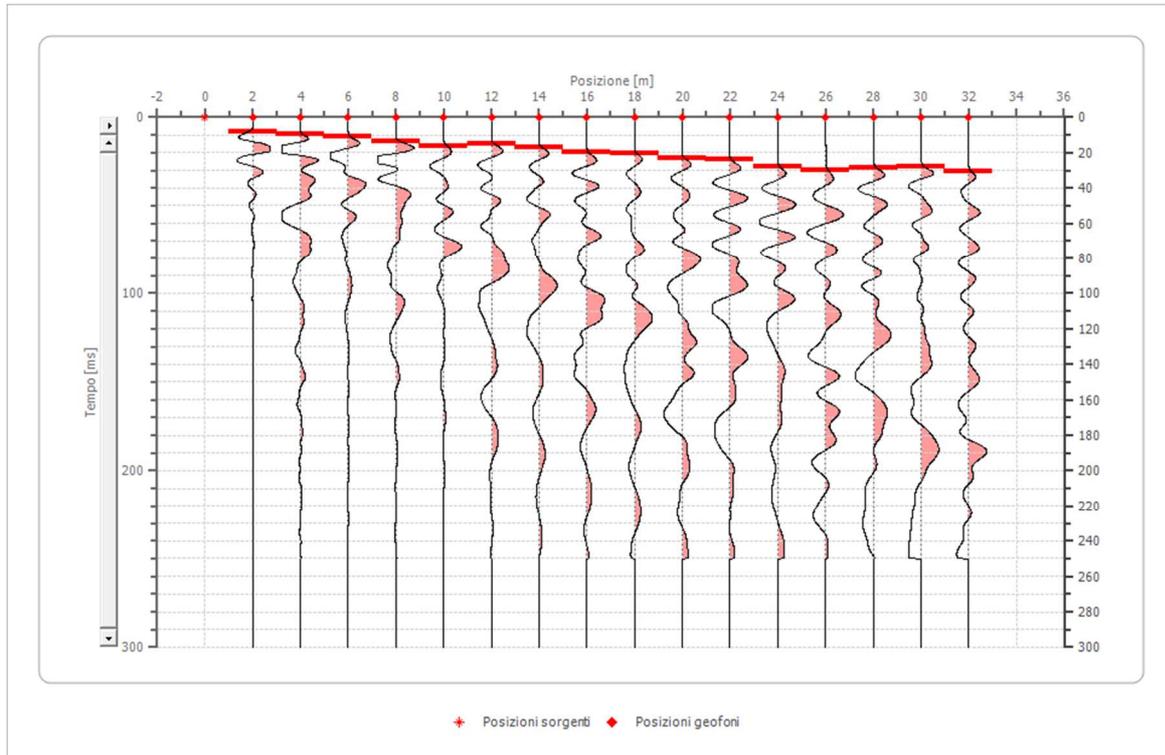
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	4.0	0.0
3	6.0	0.0
4	8.0	0.0
5	10.0	0.0
6	12.0	0.0
7	14.0	0.0
8	16.0	0.0
9	18.0	0.0
10	20.0	0.0
11	22.0	0.0
12	24.0	0.0
13	26.0	0.0
14	28.0	0.0
15	30.0	0.0
16	32.0	0.0

## Dati battute

### Battuta 1

Posizione sorgente X 0 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]



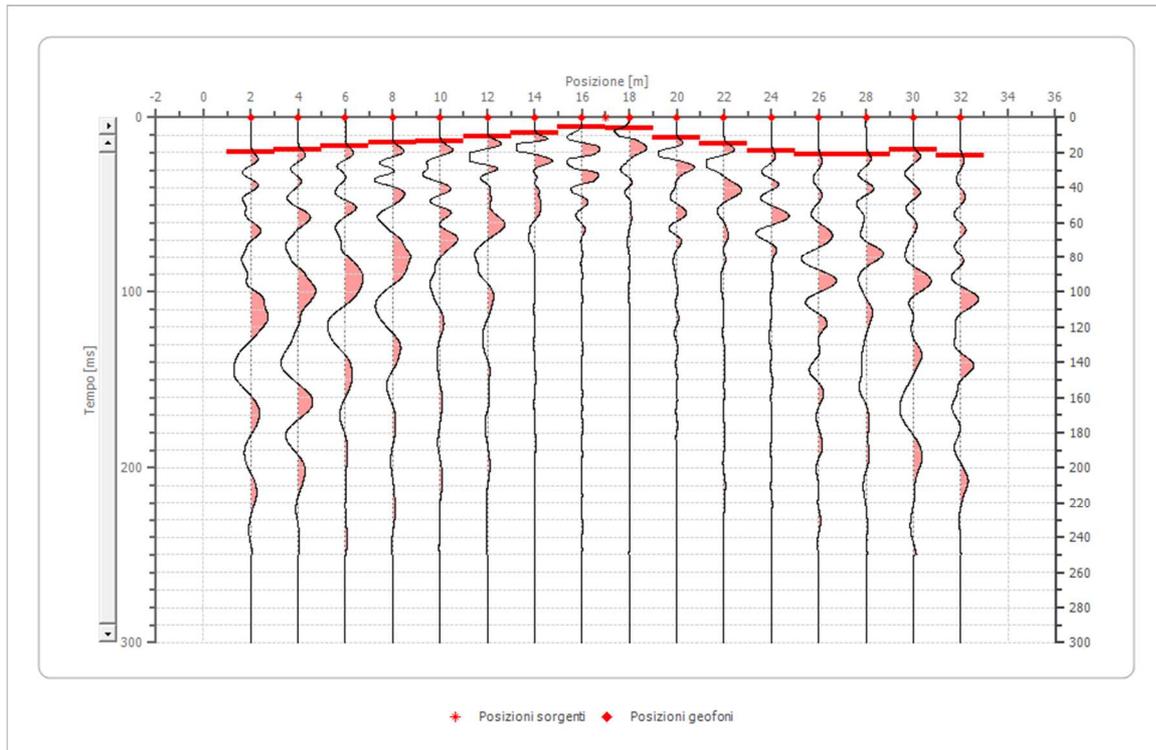
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	8.1633
4.0	9.5238
6.0	10.8844
8.0	13.6054
10.0	16.3265
12.0	14.9660

14.0	17.0068
16.0	19.7279
18.0	20.4082
20.0	23.1293
22.0	23.8095
24.0	27.8912
26.0	29.9320
28.0	28.5714
30.0	27.8912
32.0	30.6122

Battuta 2

Posizione sorgente X 17 [m]

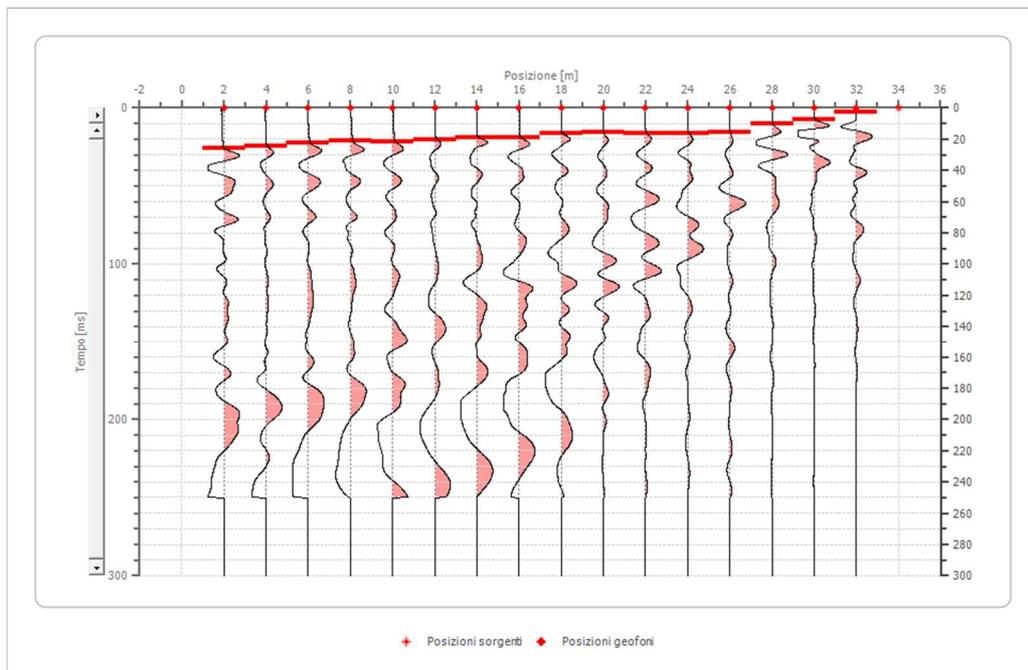
Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	19.7279
4.0	18.3673
6.0	16.3265
8.0	14.2857
10.0	13.6054
12.0	10.8844
14.0	8.8435
16.0	5.4422
18.0	6.1224
20.0	11.5646
22.0	14.9660
24.0	19.0476
26.0	21.0884
28.0	21.0884
30.0	18.3673
32.0	21.7687

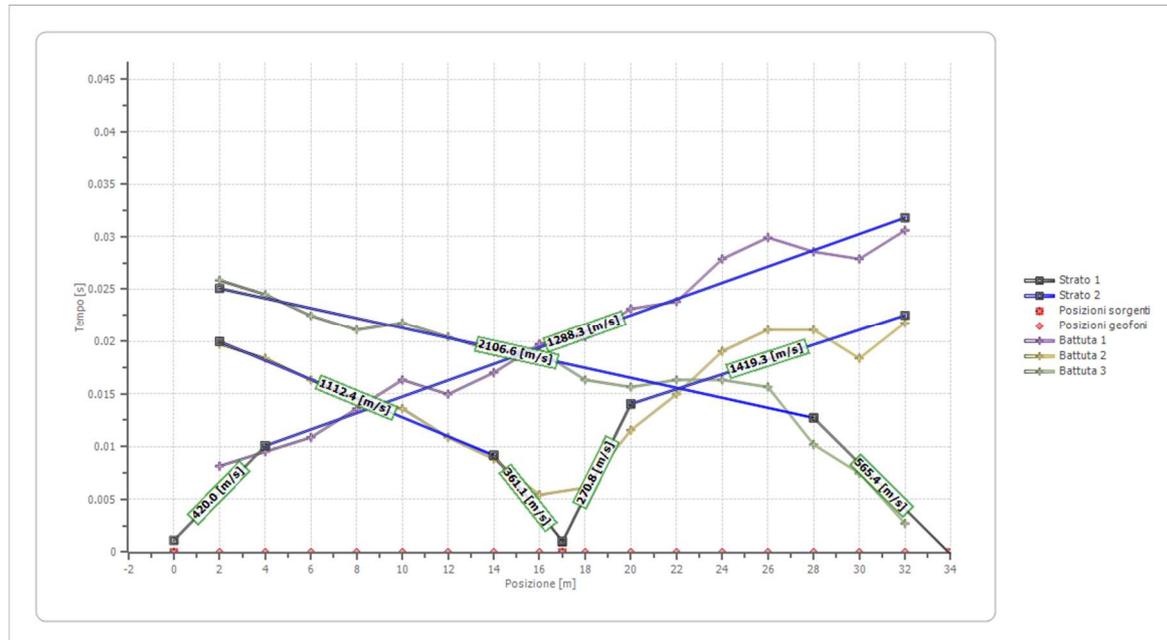
Battuta 3

Posizione sorgente X 34 [m]  
 Posizione sorgente Z 0 [m]

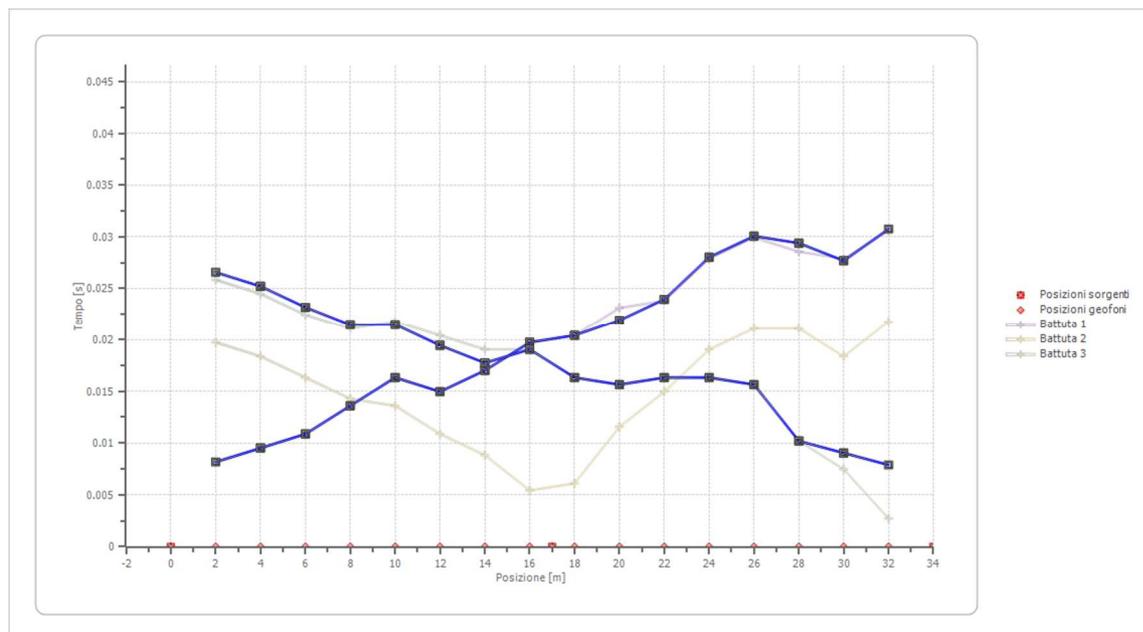


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	25.8503
4.0	24.4898
6.0	22.4490
8.0	21.0884
10.0	21.7687
12.0	20.4082
14.0	19.0476
16.0	19.0476
18.0	16.3265
20.0	15.6463
22.0	16.3265
24.0	16.3265
26.0	15.6463
28.0	10.2041
30.0	7.4830
32.0	2.7211

### Dromocrone



### Dromocrone traslate



### Interpretazione col metodo G,.R.M.

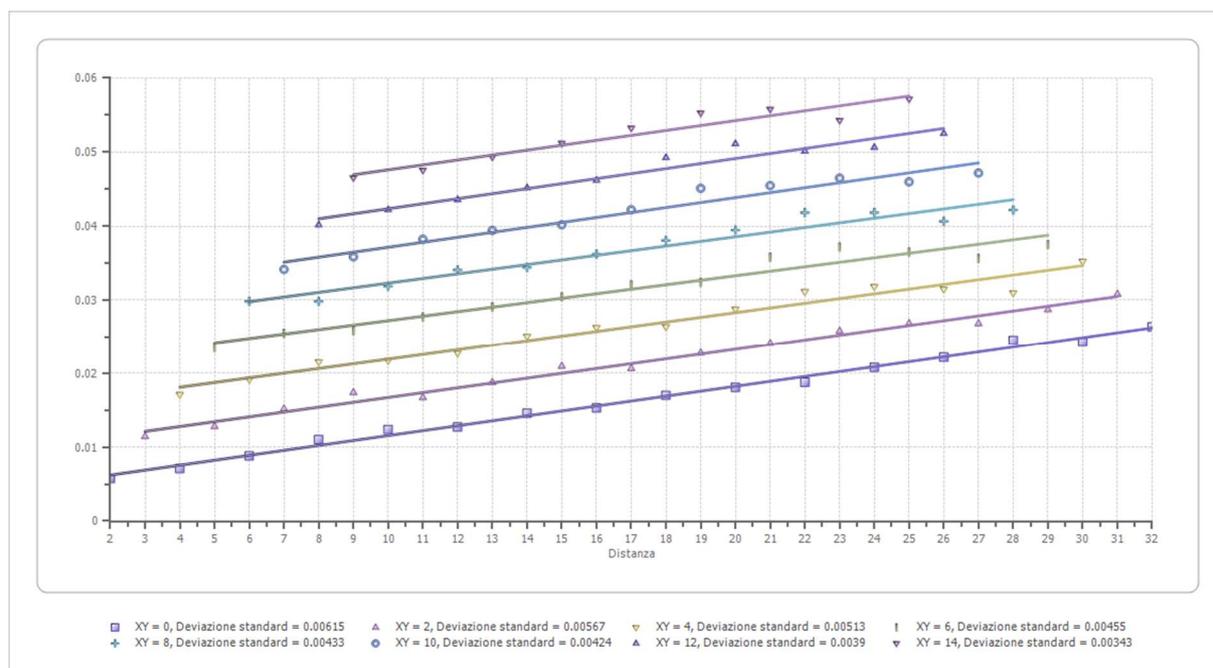
XY: 0

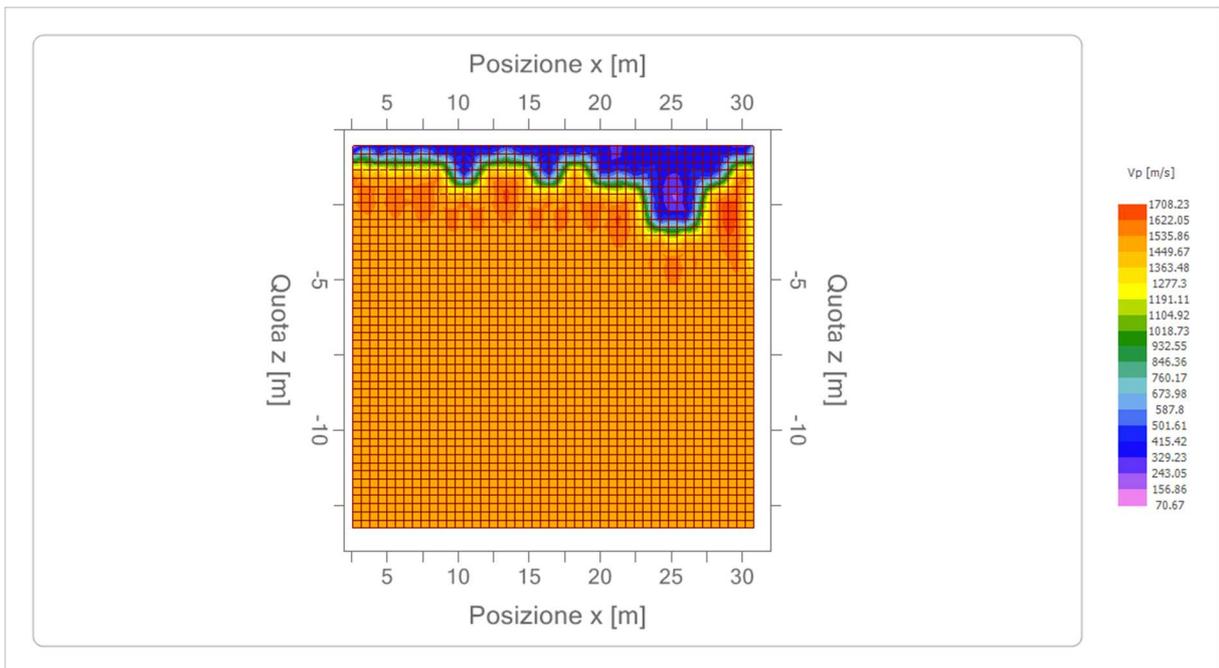
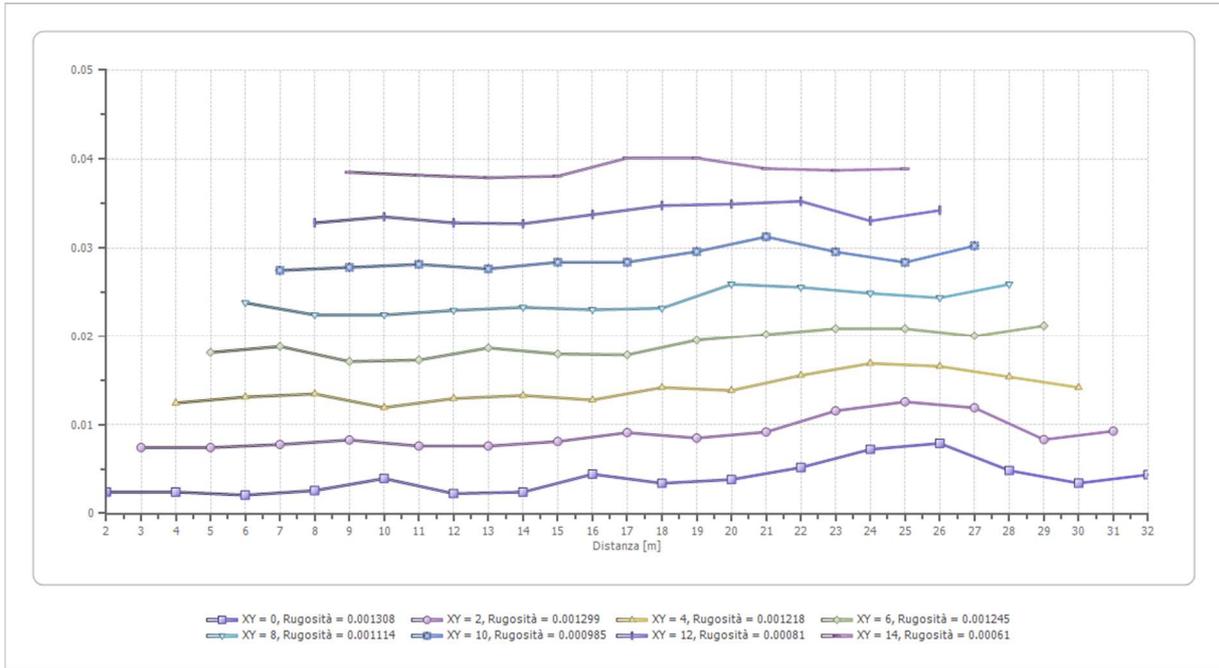
	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 2.0 [m]	1.0	--
G= 4.0 [m]	1.0	--
G= 6.0 [m]	0.9	--
G= 8.0 [m]	1.1	--
G= 10.0 [m]	1.7	--
G= 12.0 [m]	0.9	--
G= 14.0 [m]	1.0	--
G= 16.0 [m]	1.9	--
G= 18.0 [m]	1.4	--
G= 20.0 [m]	1.6	--
G= 22.0 [m]	2.2	--
G= 24.0 [m]	3.0	--
G= 26.0 [m]	3.3	--
G= 28.0 [m]	2.0	--
G= 30.0 [m]	1.4	--
G= 32.0 [m]	1.8	--
Velocità [m/sec]	404.3	1498.4
Descrizione		

## Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	1700.00	1900.00
Vp [m/s]	404.31	1498.38
Vs [m/s]	194.22	719.80
G0 [MPa]	64.13	984.41
Ed [Mpa]	277.89	4265.78
M0 [MPa]	213.76	3281.37
Ey [Mpa]	173.15	2657.91

G0: Modulo di deformazione al taglio;  
 Ed: Modulo edometrico;  
 M0: Modulo di compressibilità volumetrica;  
 Ey: Modulo di Young;





## INDAGINE RZ2

### Geometria geofoni

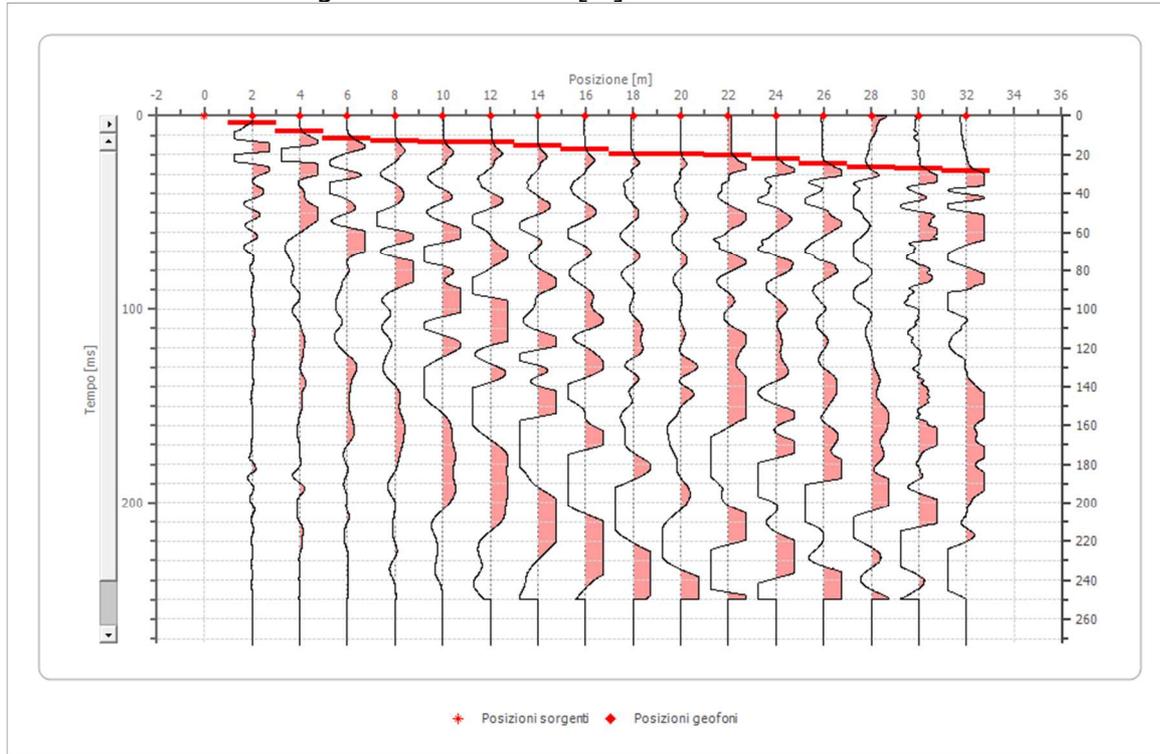
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	4.0	0.0
3	6.0	0.0
4	8.0	0.0
5	10.0	0.0
6	12.0	0.0
7	14.0	0.0
8	16.0	0.0
9	18.0	0.0
10	20.0	0.0
11	22.0	0.0
12	24.0	0.0
13	26.0	0.0
14	28.0	0.0
15	30.0	0.0
16	32.0	0.0

## Dati battute

### Battuta 1

Posizione sorgente X 0 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

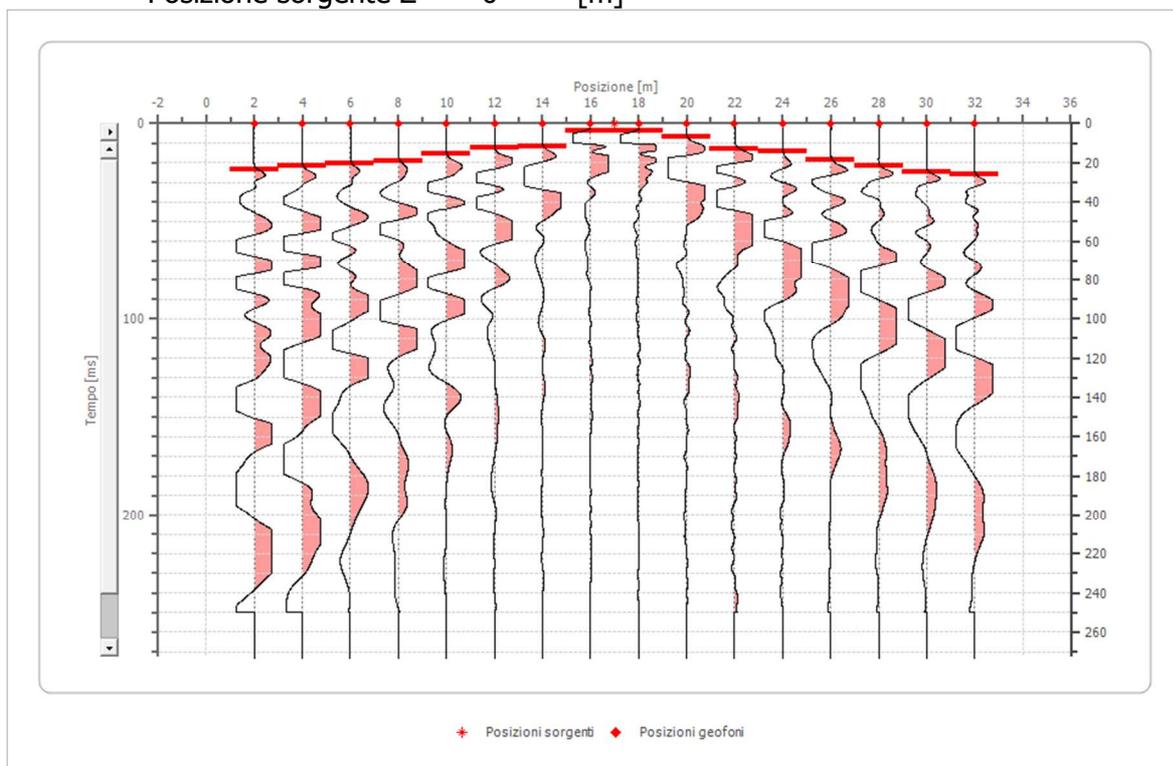


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	3.4014
4.0	8.1633
6.0	11.5646
8.0	12.9252
10.0	13.6054
12.0	13.6054
14.0	15.6463
16.0	17.0068
18.0	19.7279

20.0	19.7279
22.0	20.4082
24.0	22.2635
26.0	24.7372
28.0	26.5925
30.0	27.2109
32.0	28.4477

### Battuta 2

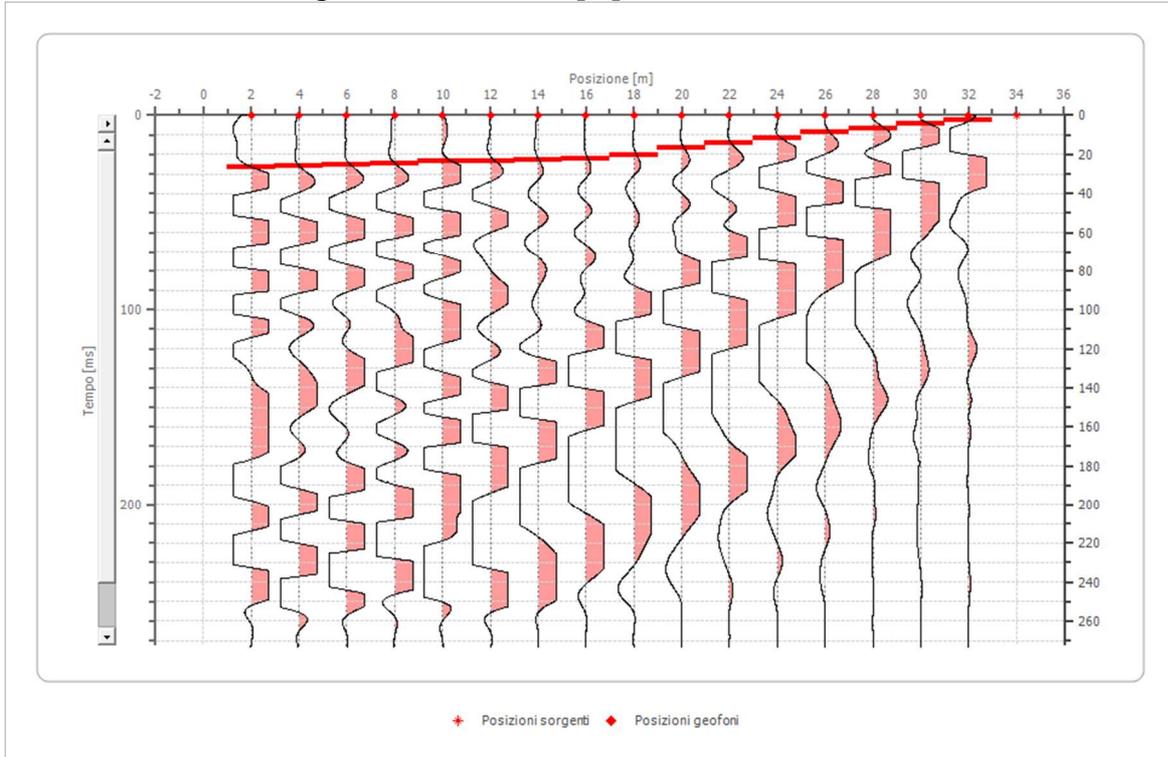
Posizione sorgente X 17 [m]  
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	23.5003
4.0	21.7687
6.0	20.4082
8.0	19.0476
10.0	15.6463
12.0	12.2449
14.0	11.5646
16.0	3.4014
18.0	3.7106
20.0	6.8027
22.0	12.9252
24.0	14.2857
26.0	18.3673
28.0	21.6450
30.0	24.7372
32.0	25.8503

Battuta 3

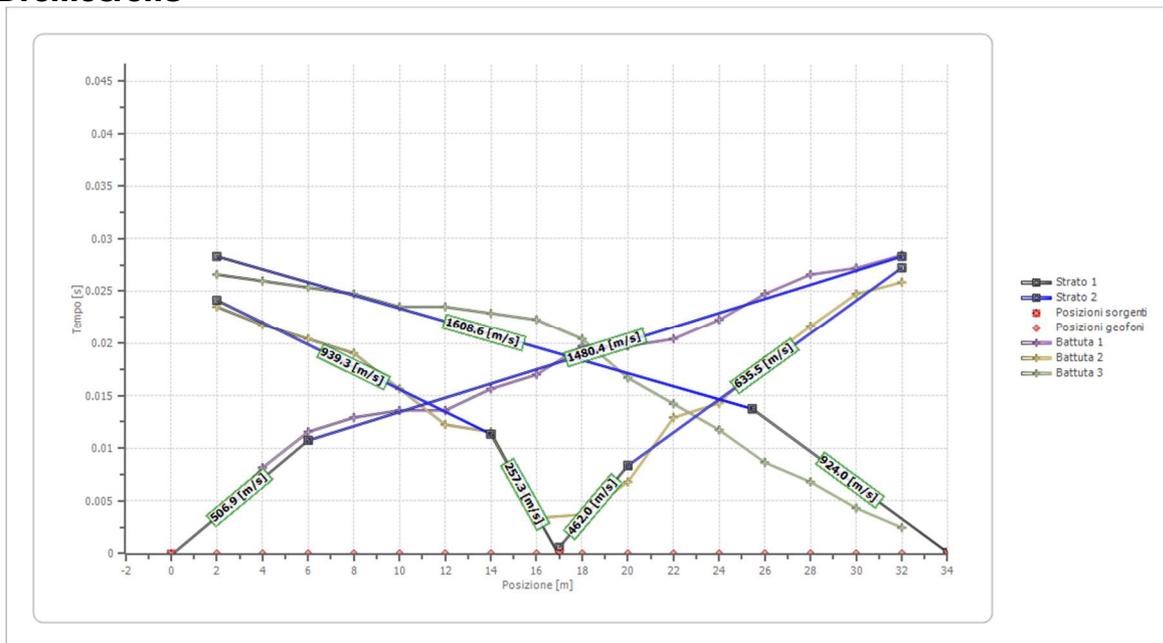
Posizione sorgente X 34 [m]  
Posizione sorgente Z 0 [m]



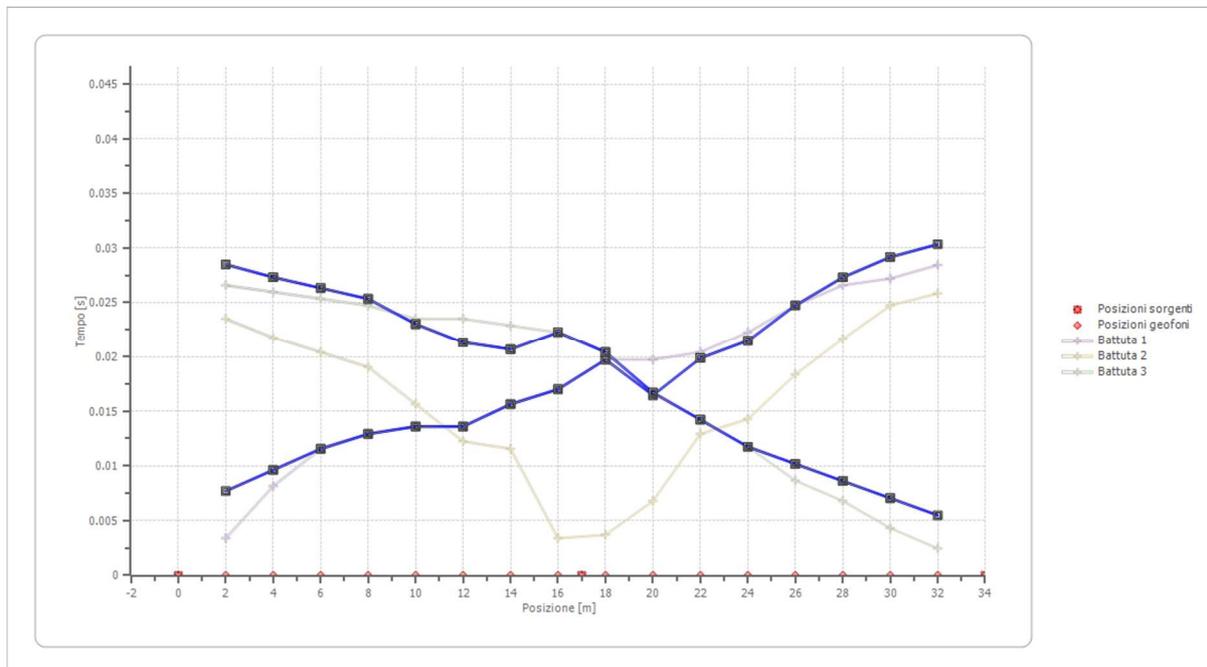
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	26.5925
4.0	25.9740
6.0	25.3556
8.0	24.7372
10.0	23.5003
12.0	23.5003
14.0	22.8819
16.0	22.2635
18.0	20.4082
20.0	16.6976

22.0	14.2239
24.0	11.7502
26.0	8.6580
28.0	6.8027
30.0	4.3290
32.0	2.4737

### Dromocrone



### Dromocrone traslate



### Interpretazione col metodo G,,R.M.

XY: 2

	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 3.0 [m]	1.8	--
G= 5.0 [m]	2.0	--
G= 7.0 [m]	2.1	--
G= 9.0 [m]	2.1	--
G= 11.0 [m]	1.4	--
G= 13.0 [m]	1.5	--
G= 15.0 [m]	1.7	--
G= 17.0 [m]	2.9	--
G= 19.0 [m]	1.4	--
G= 21.0 [m]	1.4	--
G= 23.0 [m]	1.1	--
G= 25.0 [m]	1.3	--
G= 27.0 [m]	1.6	--
G= 29.0 [m]	1.7	--
G= 31.0 [m]	1.6	--
Velocità [m/sec]	537.5	1346.1
Descrizione		

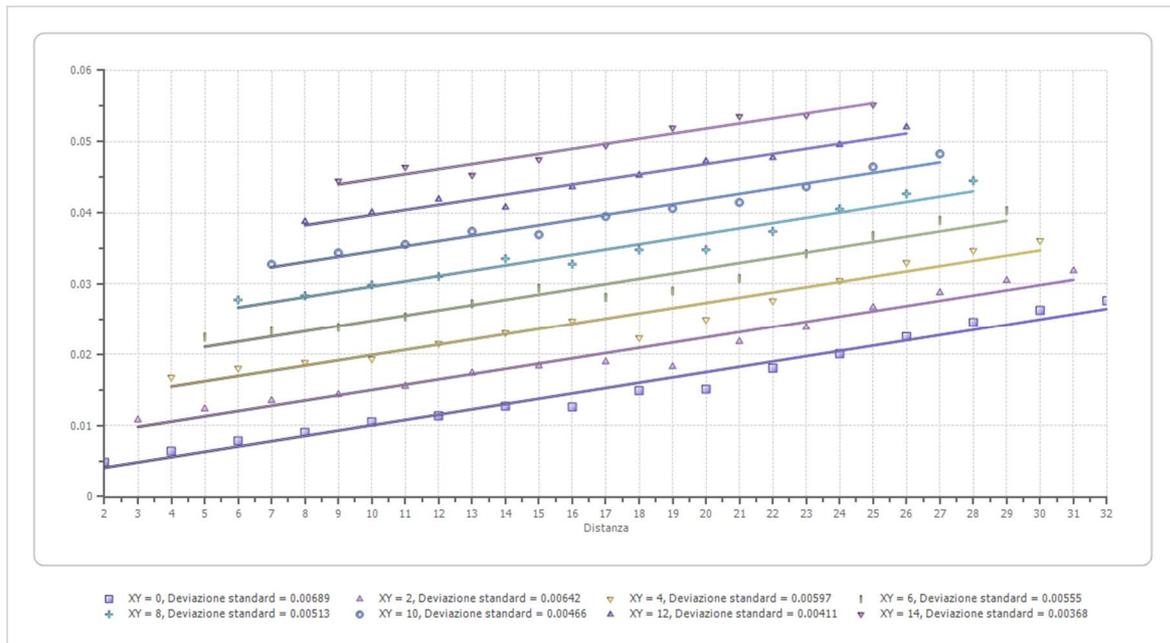
### Altri parametri geotecnici

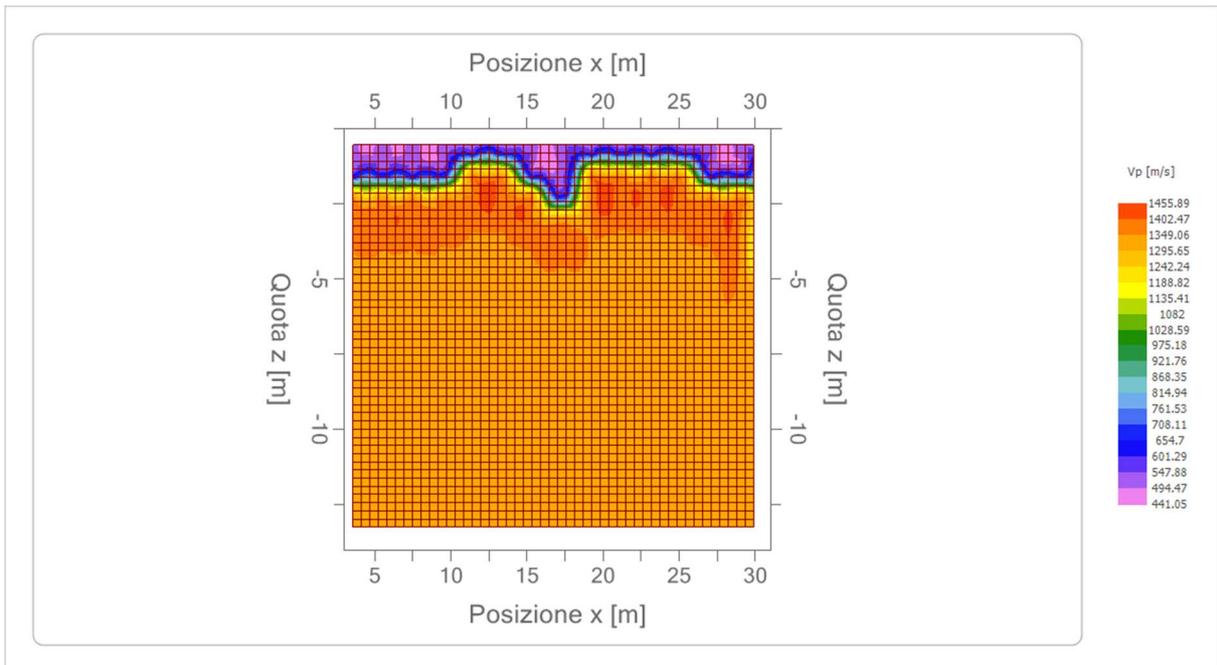
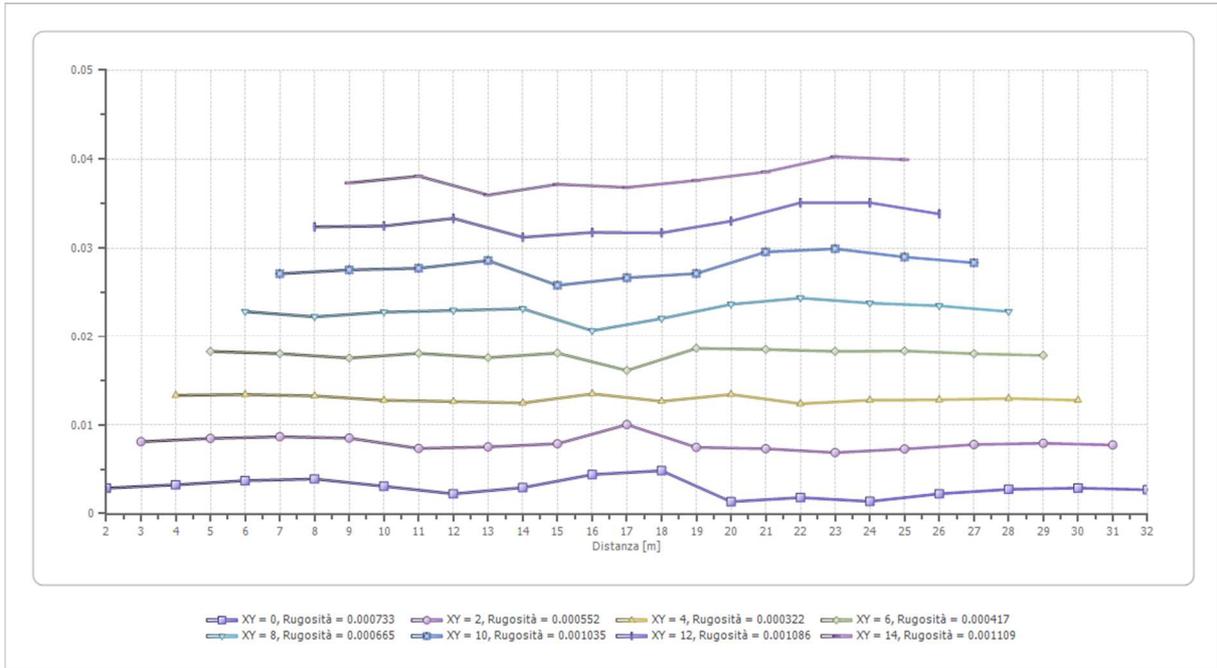
	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	1700.00	1900.00
Vp [m/s]	537.54	1346.06
Vs [m/s]	258.22	646.63
G0 [MPa]	113.36	794.44
Ed [Mpa]	491.21	3442.58
M0 [MPa]	377.85	2648.14
Ey [Mpa]	306.06	2144.99

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica; Ey: Modulo di Young;





## INDAGINE RZ3

### Geometria geofoni

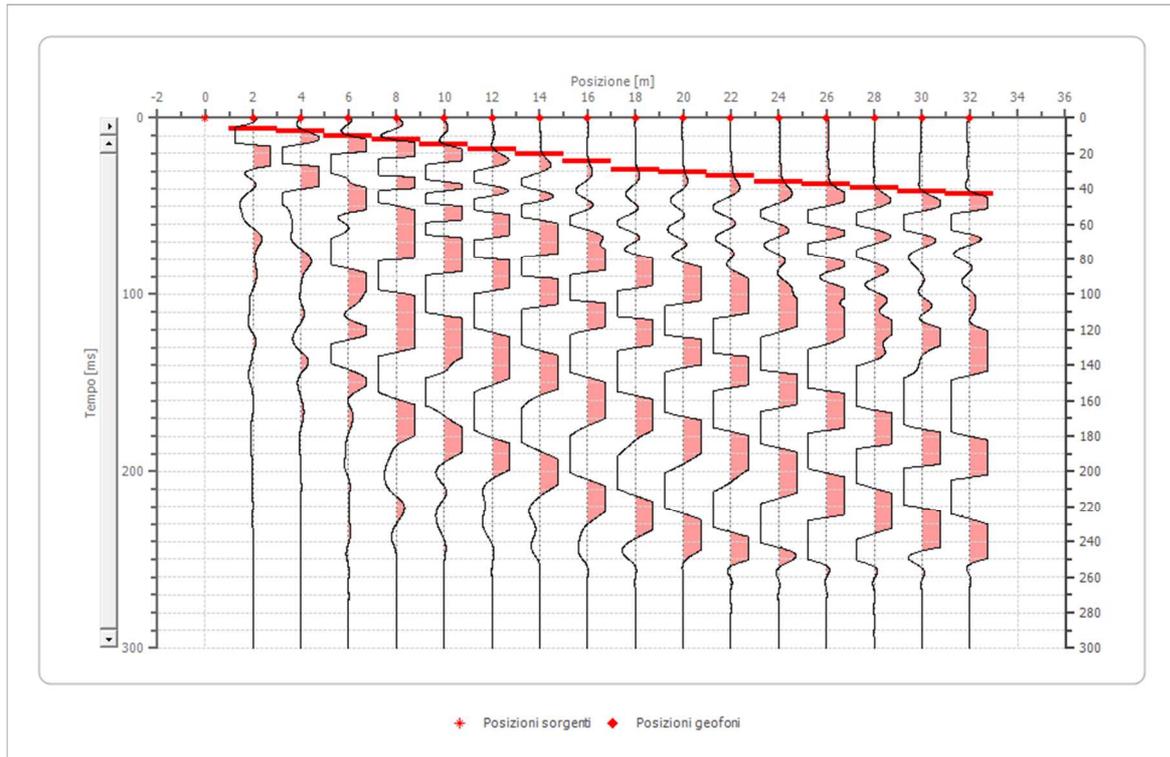
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	4.0	0.0
3	6.0	0.0
4	8.0	0.0
5	10.0	0.0
6	12.0	0.0
7	14.0	0.0
8	16.0	0.0
9	18.0	0.0
10	20.0	0.0
11	22.0	0.0
12	24.0	0.0
13	26.0	0.0
14	28.0	0.0
15	30.0	0.0
16	32.0	0.0

## Dati battute

### Battuta 1

Posizione sorgente X 0 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

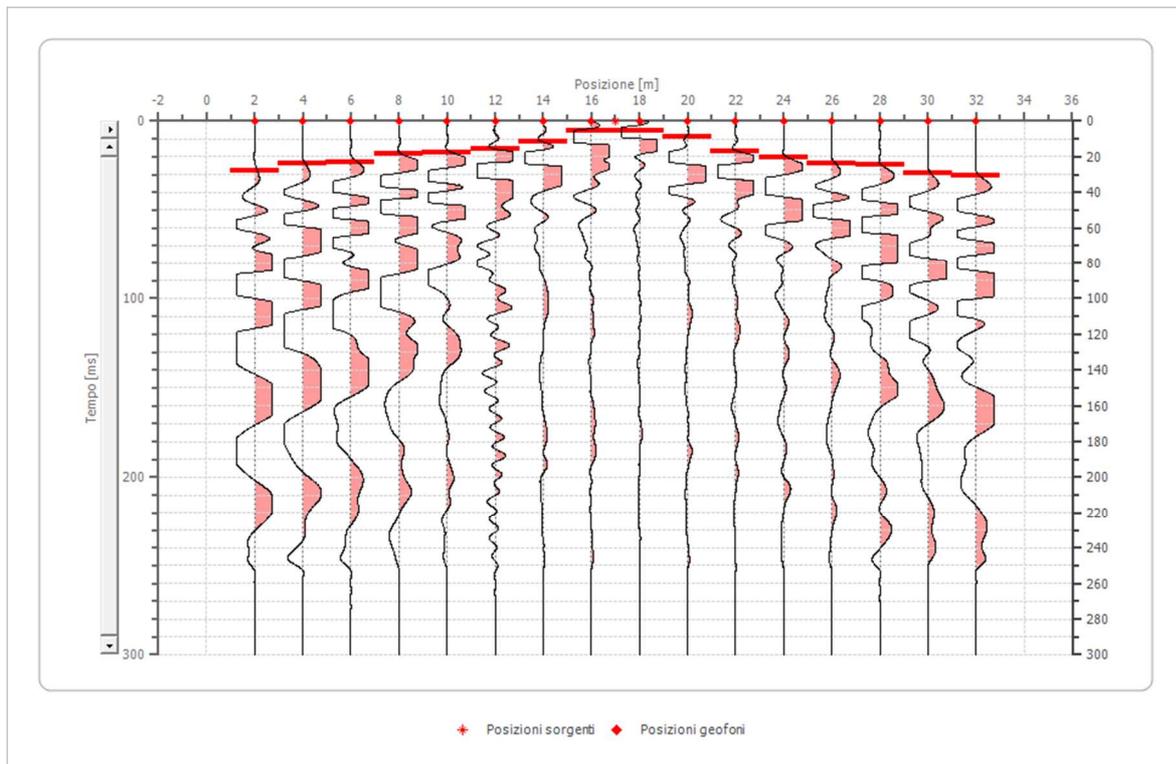


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	6.1843
4.0	7.4212
6.0	10.5133
8.0	12.3686
10.0	14.8423
12.0	17.9344
14.0	20.4082
16.0	24.7372
18.0	29.0662
20.0	30.9215
22.0	32.7767

24.0	35.8689
26.0	37.7242
28.0	39.5795
30.0	41.4348
32.0	42.6716

Battuta 2

Posizione sorgente X 17 [m]  
 Posizione sorgente Z 0 [m]

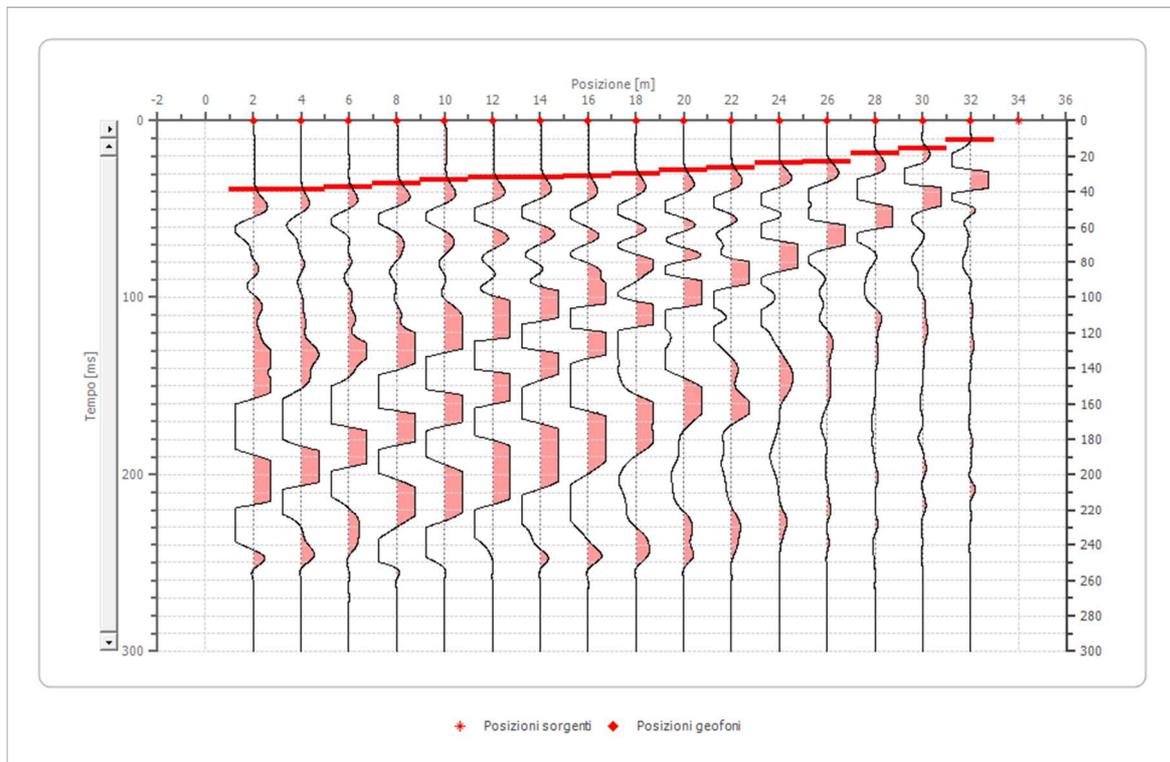


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	27.6968
4.0	23.8095
6.0	22.8377
8.0	18.4645
10.0	17.9786
12.0	15.4607
14.0	11.7502
16.0	5.5659
18.0	5.5659

20.0	8.6580
22.0	16.6976
24.0	20.4082
26.0	23.5003
28.0	24.7372
30.0	29.0662
32.0	30.9215

Battuta 3

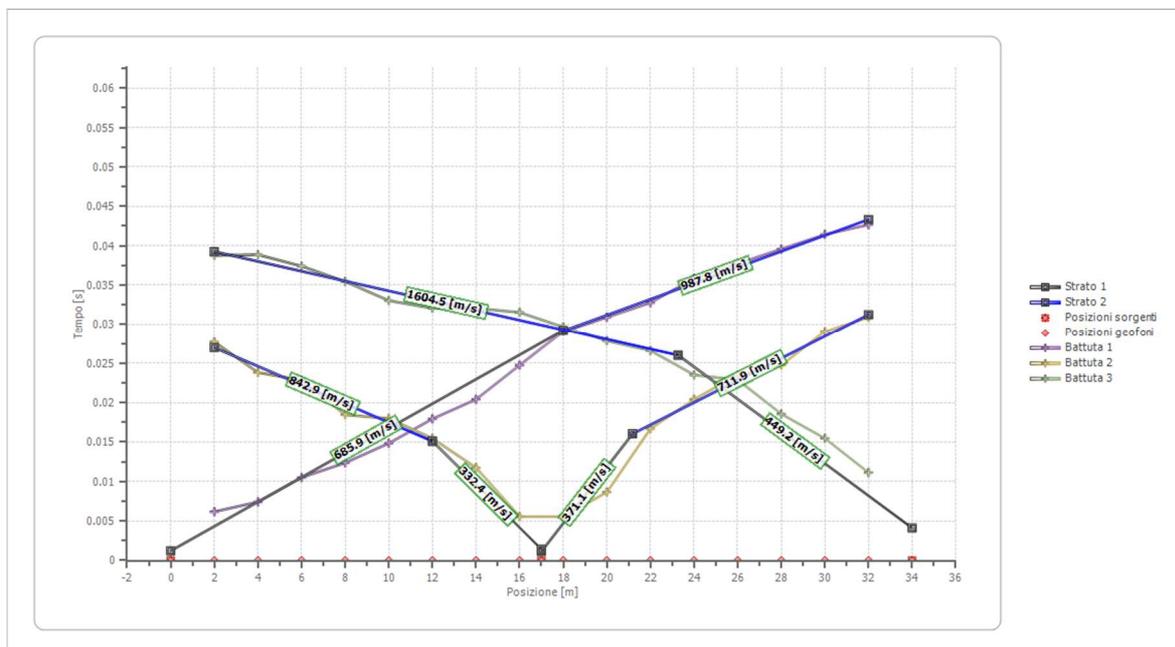
Posizione sorgente X 34 [m]  
 Posizione sorgente Z 0 [m]



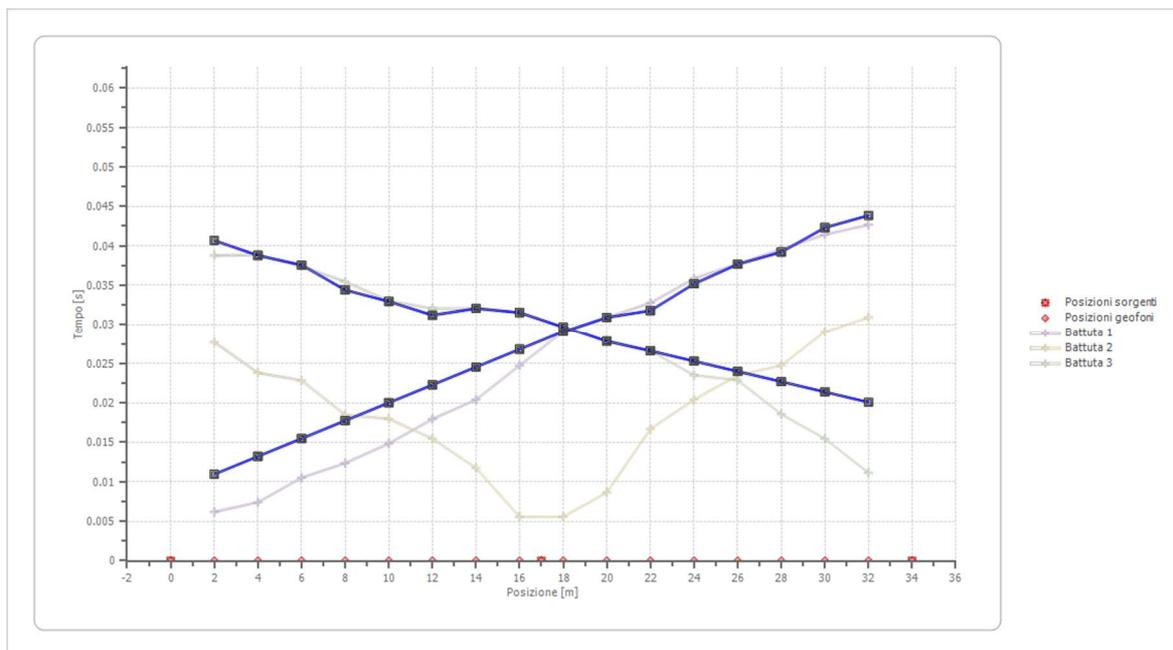
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	38.7755
4.0	38.8727
6.0	37.4150
8.0	35.4713
10.0	33.0418
12.0	32.0700
14.0	32.0700
16.0	31.5399

18.0	29.6846
20.0	27.8293
22.0	26.5925
24.0	23.5003
26.0	22.8819
28.0	18.5529
30.0	15.4607
32.0	11.1317

### Dromocrone



## Dromocrone traslate



## Interpretazione col metodo G.R.M.

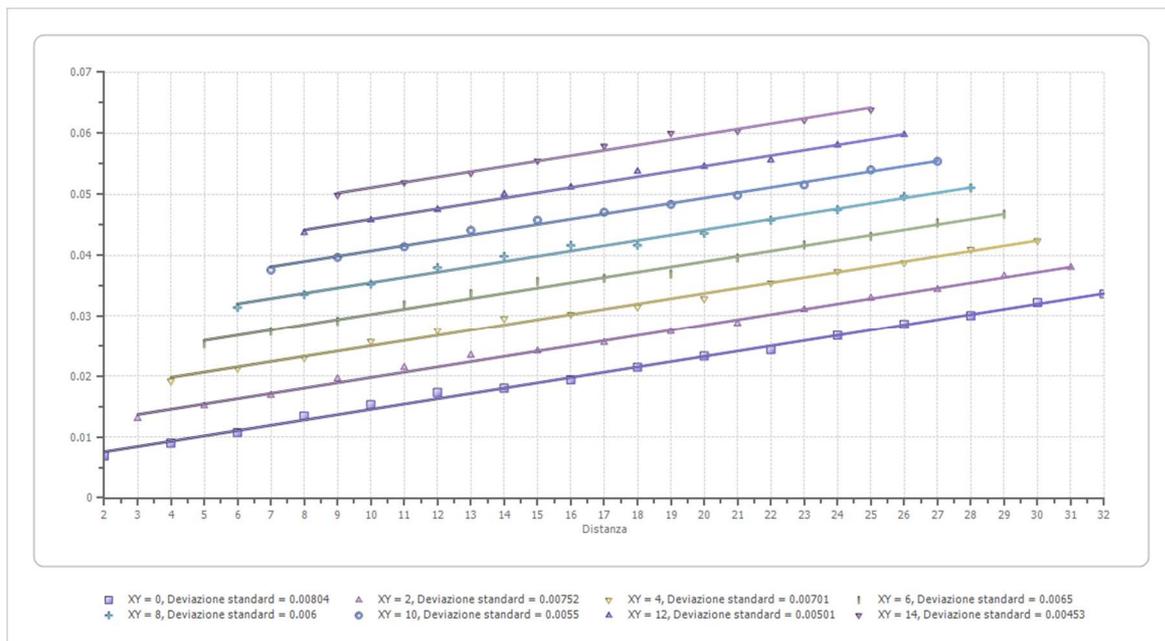
XY: 0

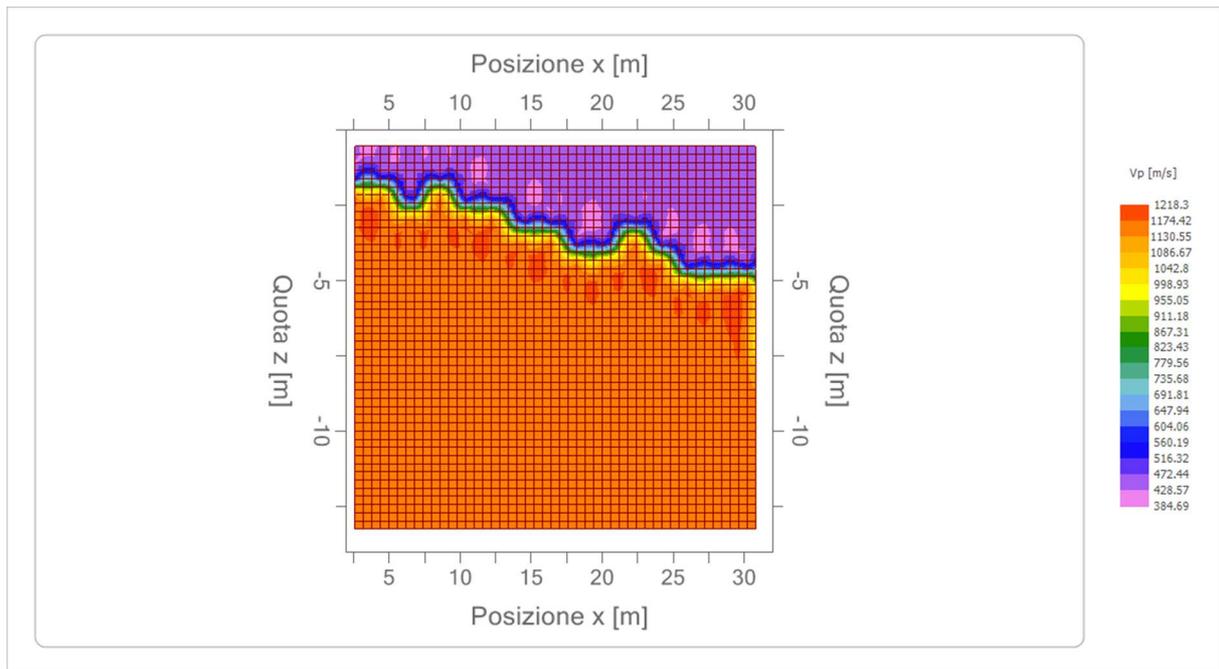
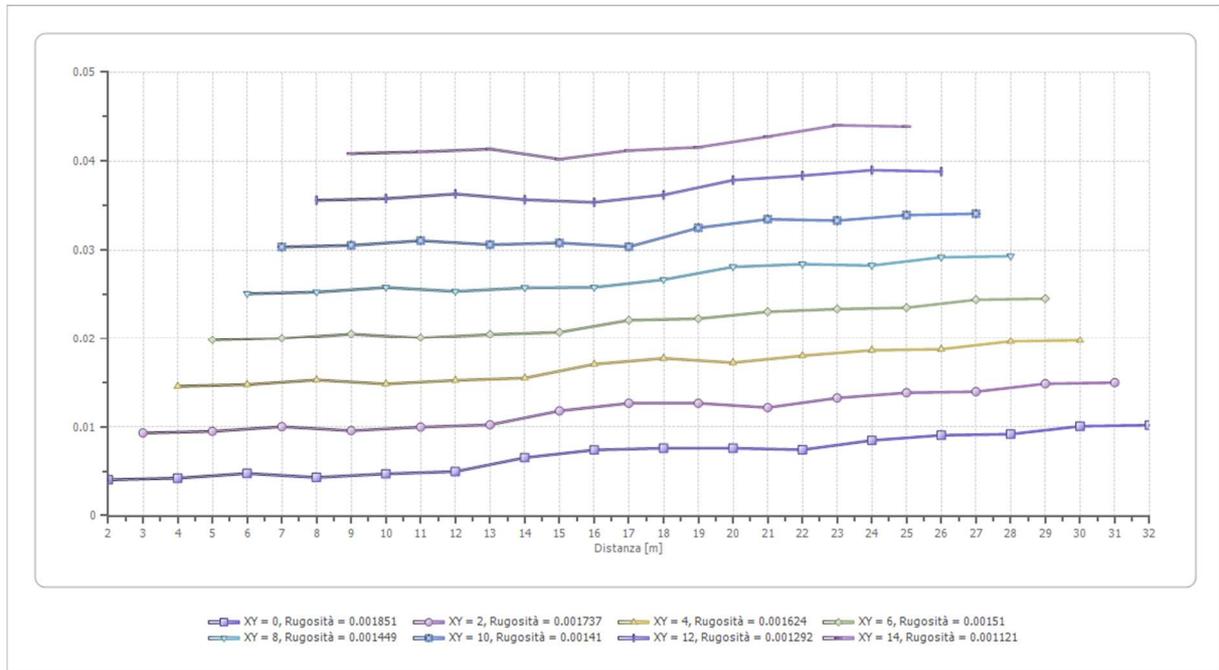
	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 2.0 [m]	2.0	--
G= 4.0 [m]	2.1	--
G= 6.0 [m]	2.4	--
G= 8.0 [m]	2.2	--
G= 10.0 [m]	2.4	--
G= 12.0 [m]	2.5	--
G= 14.0 [m]	3.3	--
G= 16.0 [m]	3.7	--
G= 18.0 [m]	3.8	--
G= 20.0 [m]	3.8	--
G= 22.0 [m]	3.7	--
G= 24.0 [m]	4.2	--
G= 26.0 [m]	4.5	--
G= 28.0 [m]	4.6	--
G= 30.0 [m]	5.1	--
G= 32.0 [m]	5.1	--
Velocità [m/sec]	459.6	1146.8
Descrizione		

### Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	1700.00	1900.00
Vp [m/s]	459.64	1146.75
Vs [m/s]	220.81	550.88
G0 [MPa]	82.88	576.59
Ed [Mpa]	359.16	2498.57
M0 [MPa]	276.28	1921.98
Ey [Mpa]	223.79	1556.80

G0: Modulo di deformazione al taglio;  
 Ed: Modulo edometrico;  
 M0: Modulo di compressibilità volumetrica;  
 Ey: Modulo di Young;





## INDAGINE RZ4

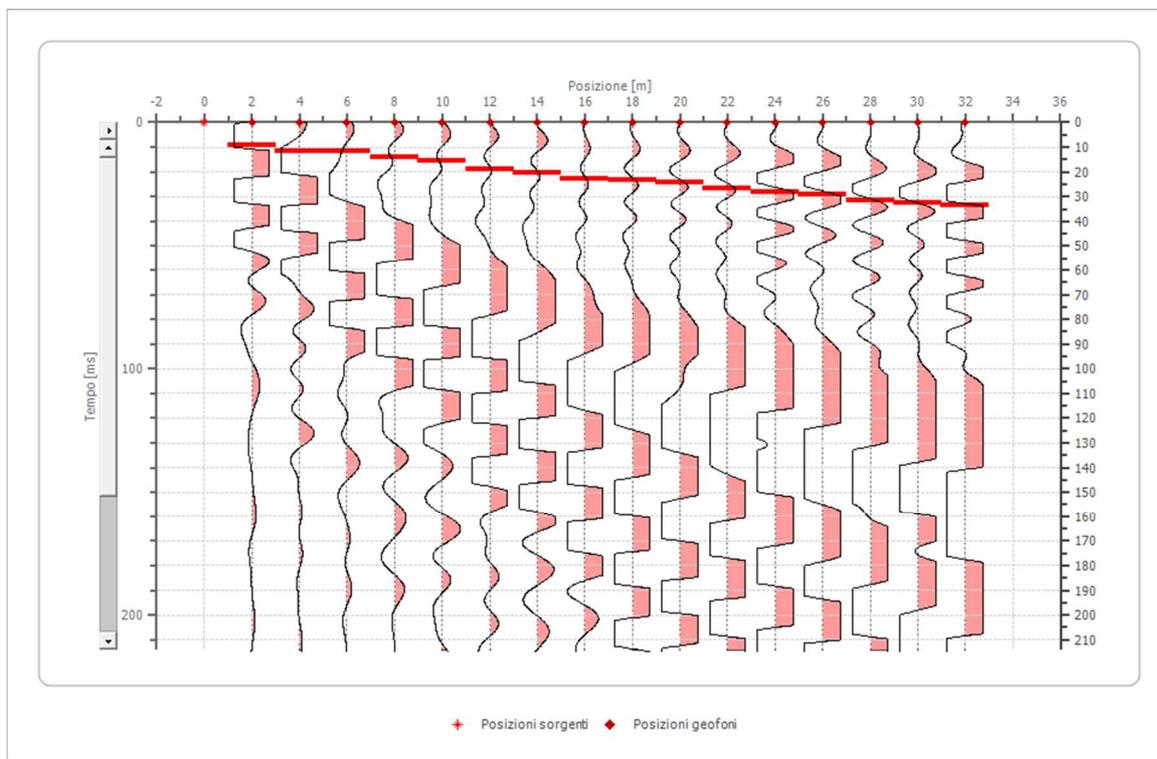
### Geometria geofoni

	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

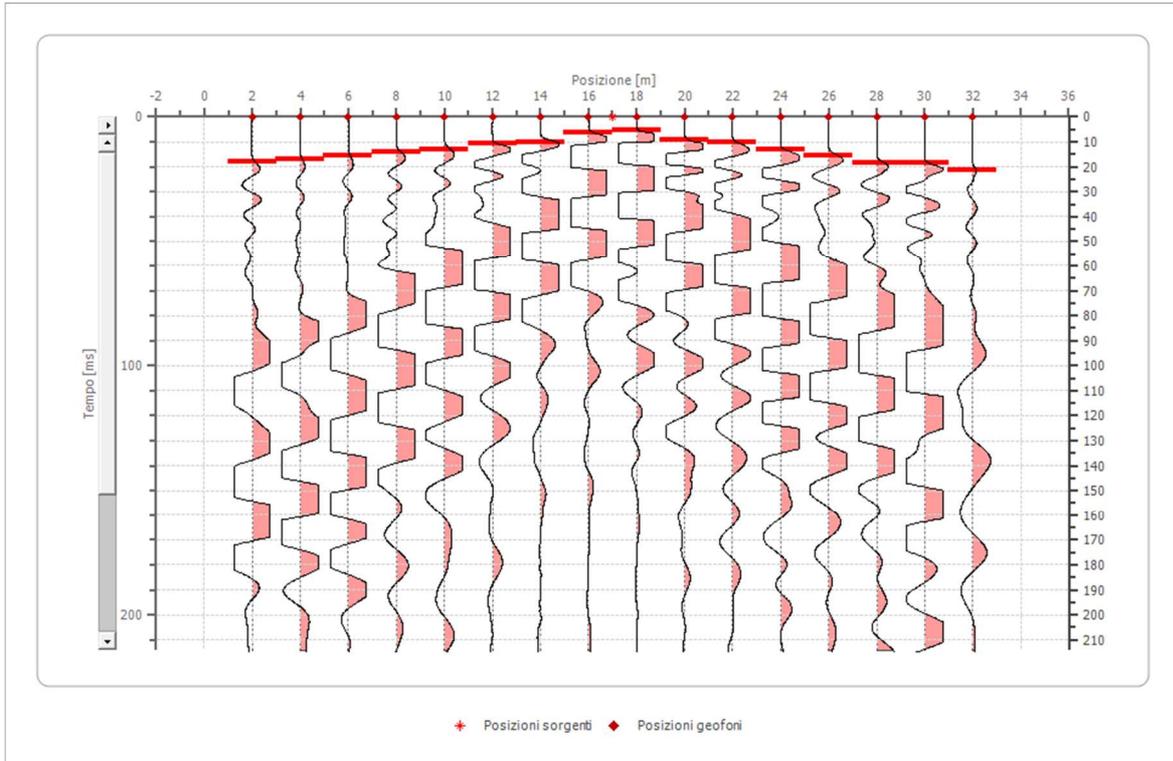
Posizione sorgente X    0    [m]  
 Posizione sorgente Z    0    [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	9.2323
4.0	11.6618
6.0	11.6618
8.0	14.0914
10.0	15.5491
12.0	18.9504
14.0	20.4082
16.0	22.8377
18.0	23.3236
20.0	24.2954
22.0	26.7250
24.0	28.1827
26.0	29.1545
28.0	31.5841
30.0	32.5559
32.0	33.5277

Battuta 2

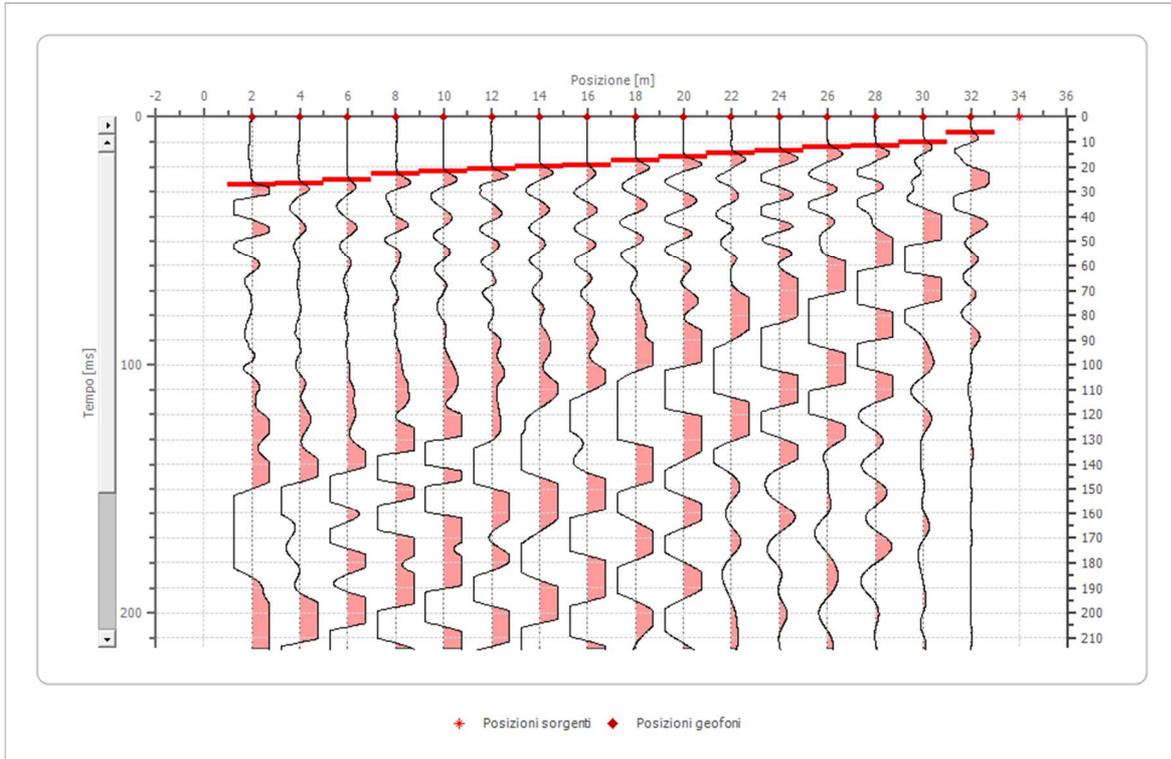
Posizione sorgente X 17 [m]  
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	17.9786
4.0	17.0068
6.0	15.5491
8.0	14.0914
10.0	13.1195
12.0	10.6900
14.0	10.2041
16.0	6.3168
18.0	5.3450
20.0	9.2323
22.0	10.2041
24.0	13.1195
26.0	15.5491
28.0	18.4645
30.0	18.4645
32.0	21.3800

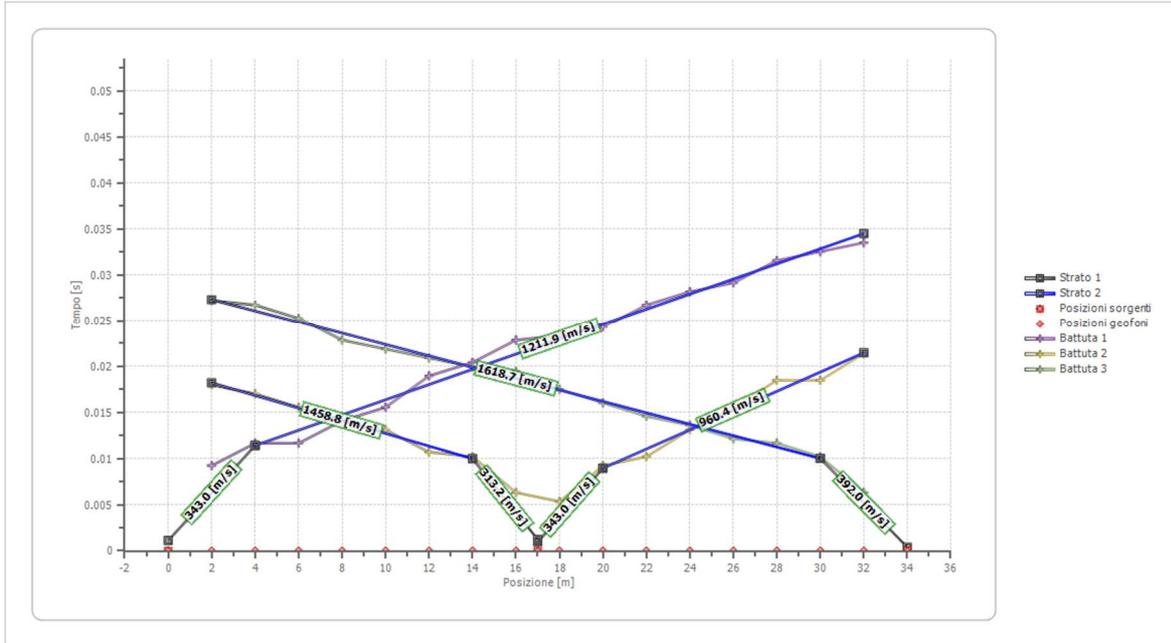
Battuta 3

Posizione sorgente X 34 [m]  
 Posizione sorgente Z 0 [m]

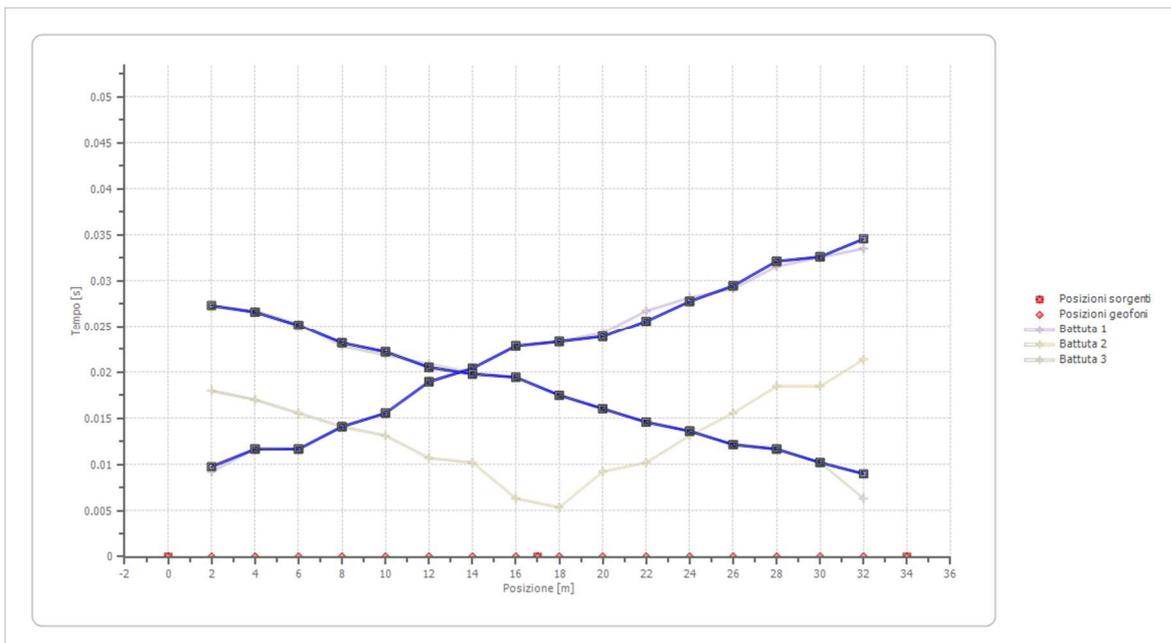


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	27.2109
4.0	26.7250
6.0	25.2673
8.0	22.8377
10.0	21.8659
12.0	20.8941
14.0	19.9223
16.0	19.4363
18.0	17.4927
20.0	16.0350
22.0	14.5773
24.0	13.6054
26.0	12.1477
28.0	11.6618
30.0	10.2041
32.0	6.3168

## Dromocrone



## Dromocrone traslate



## Interpretazione col metodo G.R.M.

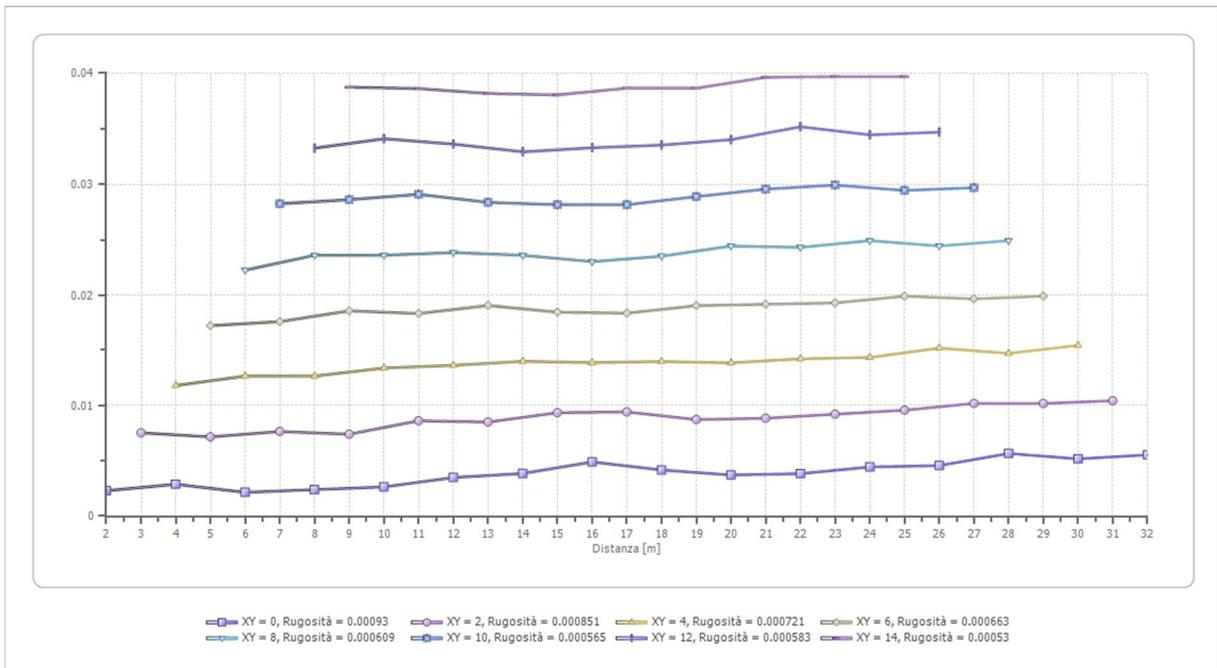
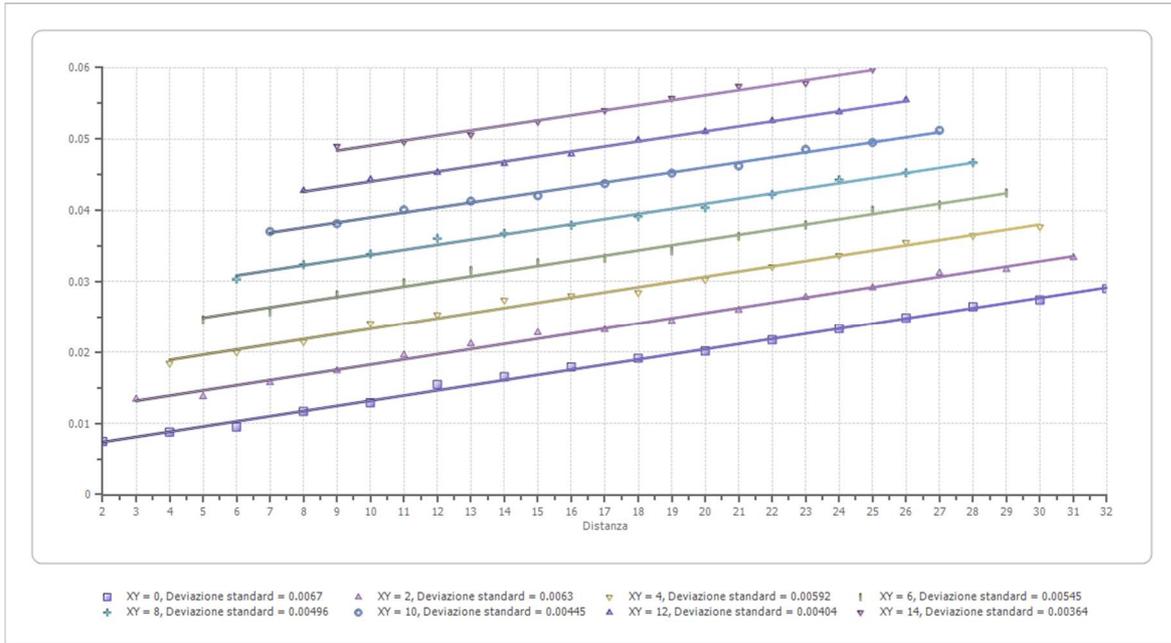
XY: 0

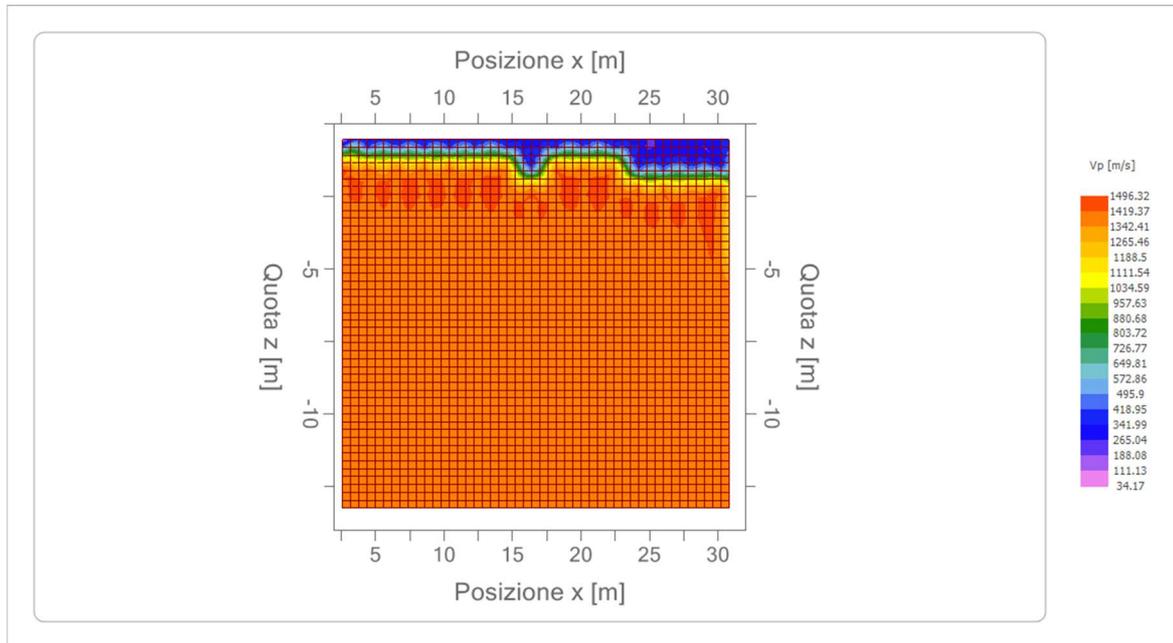
	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 2.0 [m]	0.8	--
G= 4.0 [m]	1.0	--
G= 6.0 [m]	0.8	--
G= 8.0 [m]	0.9	--
G= 10.0 [m]	0.9	--
G= 12.0 [m]	1.3	--
G= 14.0 [m]	1.4	--
G= 16.0 [m]	1.8	--
G= 18.0 [m]	1.5	--
G= 20.0 [m]	1.3	--
G= 22.0 [m]	1.4	--
G= 24.0 [m]	1.6	--
G= 26.0 [m]	1.6	--
G= 28.0 [m]	2.0	--
G= 30.0 [m]	1.9	--
G= 32.0 [m]	2.0	--
Velocità [m/sec]	347.8	1376.2
Descrizione		

## Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	1700.00	1900.00
Vp [m/s]	347.79	1376.25
Vs [m/s]	167.08	661.13
G0 [MPa]	47.45	830.47
Ed [Mpa]	205.63	3598.72
M0 [MPa]	158.18	2768.25
Ey [Mpa]	128.13	2242.28

G0: Modulo di deformazione al taglio;  
Ed: Modulo edometrico;  
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;  
Ey: Modulo di Young;





## INDAGINE RZ5

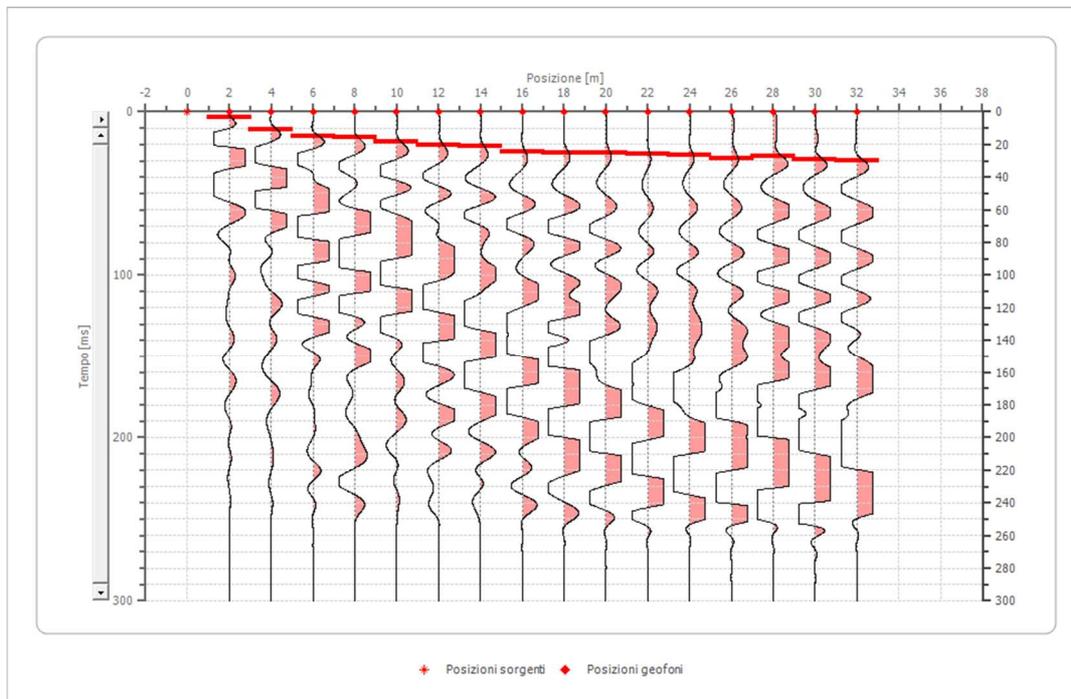
### Geometria geofoni

	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

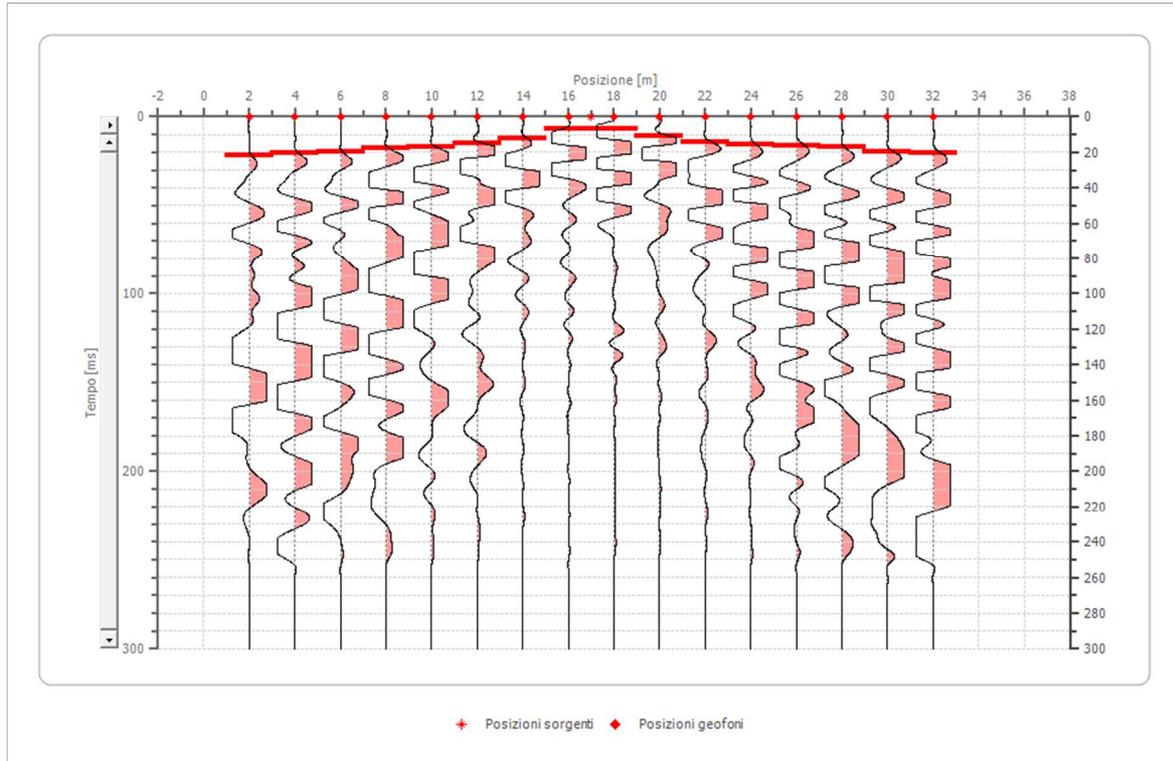
Posizione sorgente X    0    [m]  
 Posizione sorgente Z    0    [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	3.4014
4.0	10.8844
6.0	14.9660
8.0	15.6463
10.0	18.3673
12.0	20.4082
14.0	21.0884
16.0	24.4898
18.0	25.1701
20.0	25.1701
22.0	25.8503
24.0	26.5306
26.0	28.5714
28.0	27.2109
30.0	29.2517
32.0	29.9320

Battuta 2

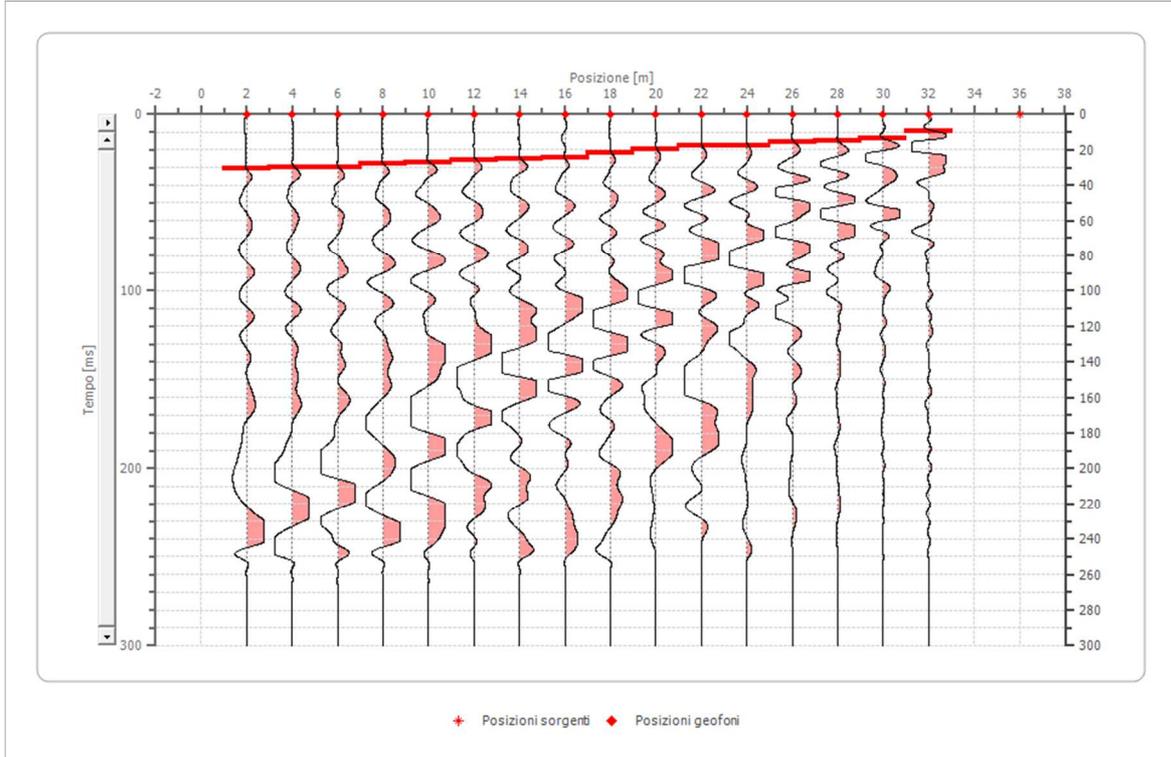
Posizione sorgente X 17 [m]  
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	21.8659
4.0	20.4082
6.0	19.4363
8.0	17.4927
10.0	17.0068
12.0	15.0632
14.0	12.1477
16.0	6.8027
18.0	6.8027
20.0	11.1759
22.0	14.0914
24.0	15.5491
26.0	16.5209
28.0	17.0068
30.0	19.4363
32.0	20.4082

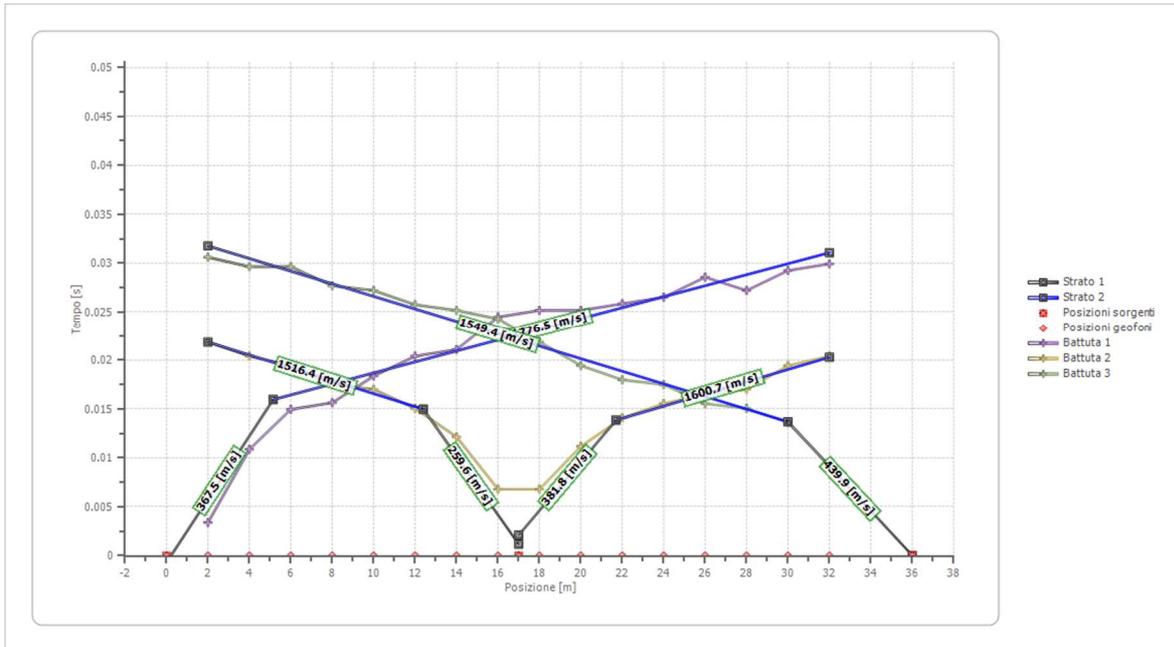
Battuta 3

Posizione sorgente X 36 [m]  
 Posizione sorgente Z 0 [m]

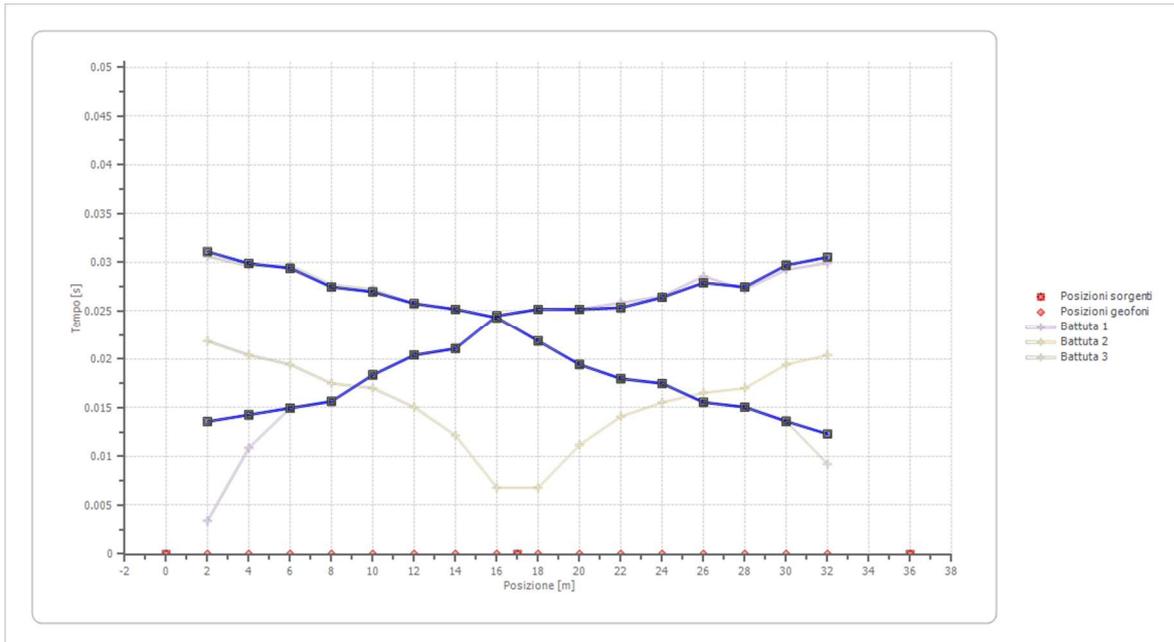


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	30.6122
4.0	29.6404
6.0	29.6404
8.0	27.6968
10.0	27.2109
12.0	25.7532
14.0	25.1701
16.0	24.2954
18.0	21.8659
20.0	19.4363
22.0	17.9786
24.0	17.4927
26.0	15.5491
28.0	15.0632
30.0	13.6054
32.0	9.2323

## Dromocrone



## Dromocrone traslate



## Interpretazione col metodo G.R.M.

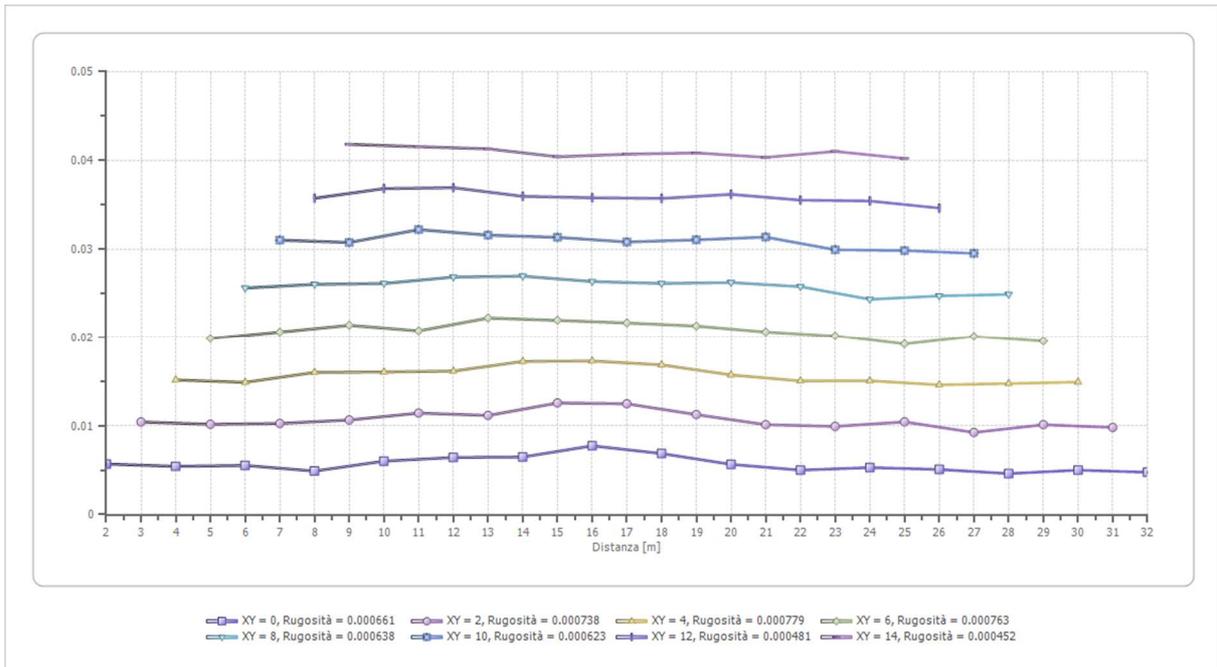
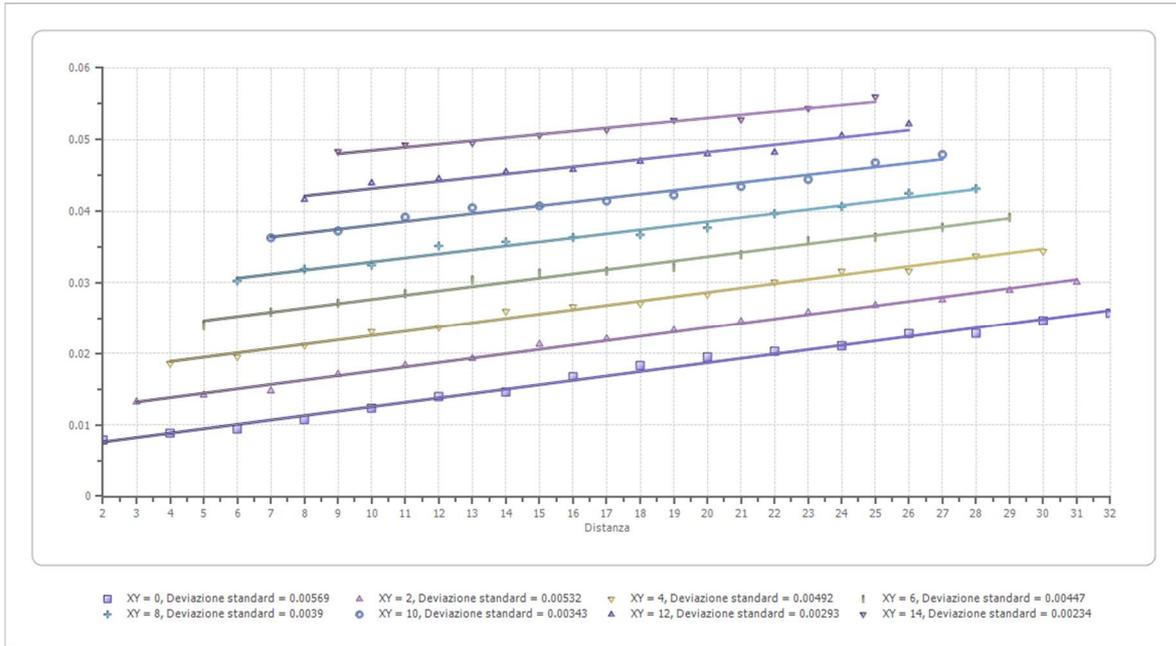
XY: 0

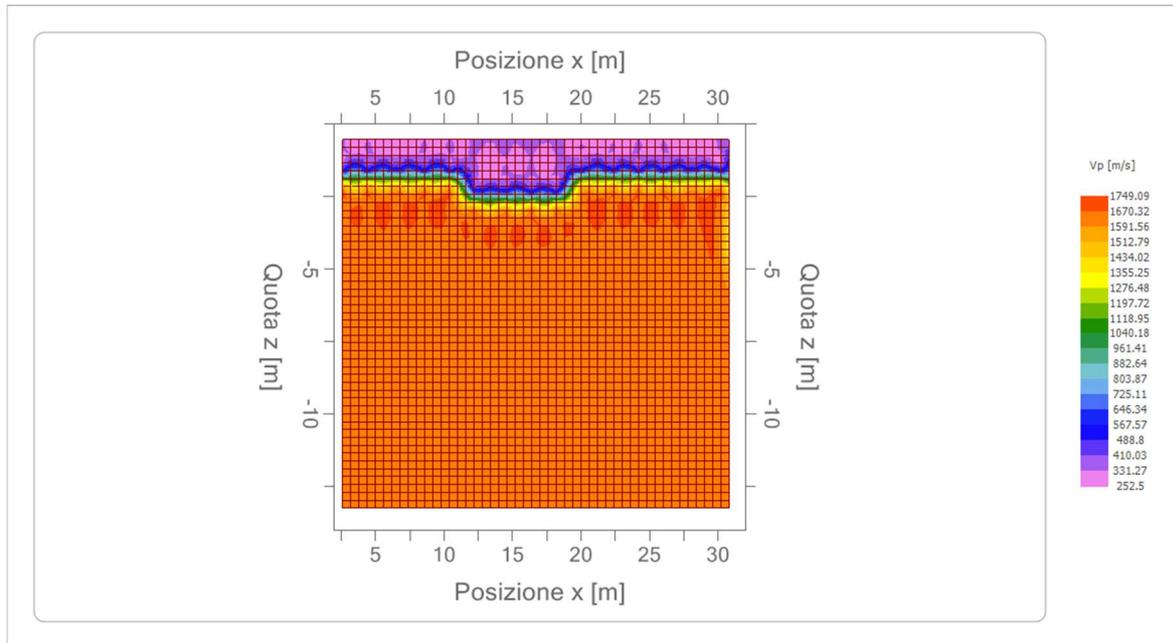
	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 2.0 [m]	2.1	--
G= 4.0 [m]	2.0	--
G= 6.0 [m]	2.1	--
G= 8.0 [m]	1.8	--
G= 10.0 [m]	2.2	--
G= 12.0 [m]	2.4	--
G= 14.0 [m]	2.4	--
G= 16.0 [m]	2.9	--
G= 18.0 [m]	2.6	--
G= 20.0 [m]	2.1	--
G= 22.0 [m]	1.9	--
G= 24.0 [m]	2.0	--
G= 26.0 [m]	1.9	--
G= 28.0 [m]	1.7	--
G= 30.0 [m]	1.9	--
G= 32.0 [m]	1.8	--
Velocità [m/sec]	362.2	1619.4
Descrizione		

## Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	1700.00	1900.00
Vp [m/s]	362.19	1619.40
Vs [m/s]	173.99	777.93
G0 [MPa]	51.46	1149.84
Ed [Mpa]	223.01	4982.65
M0 [MPa]	171.55	3832.81
Ey [Mpa]	138.96	3104.57

G0: Modulo di deformazione al taglio;  
Ed: Modulo edometrico;  
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;  
Ey: Modulo di Young;





## INDAGINE RZ6

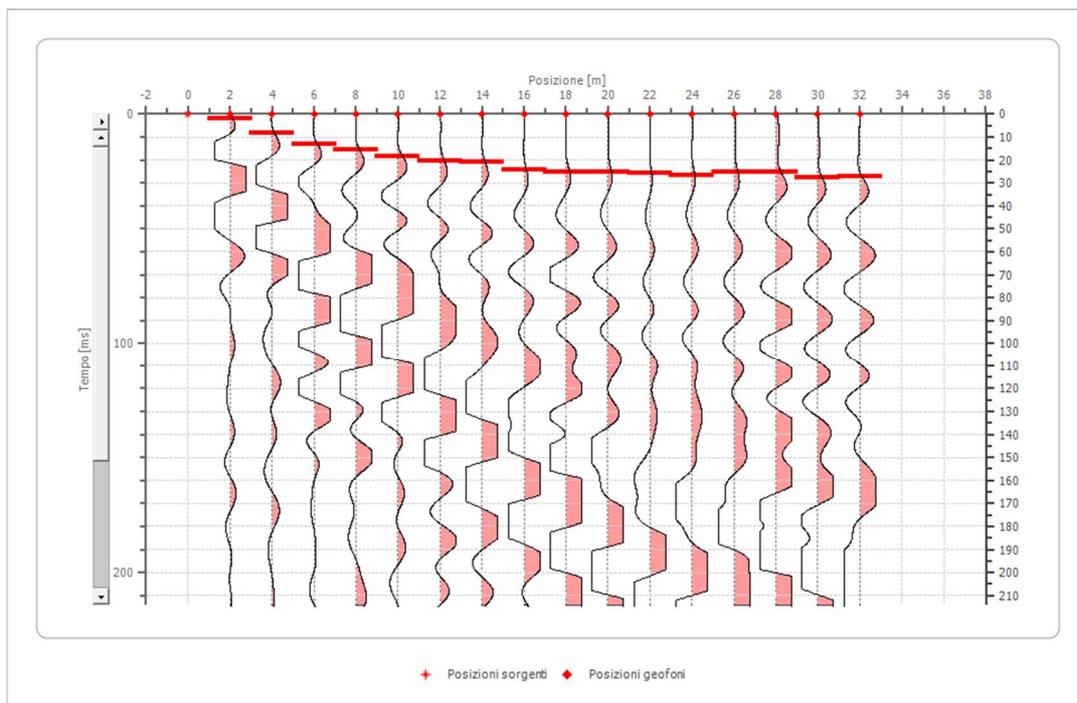
### Geometria geofoni

	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

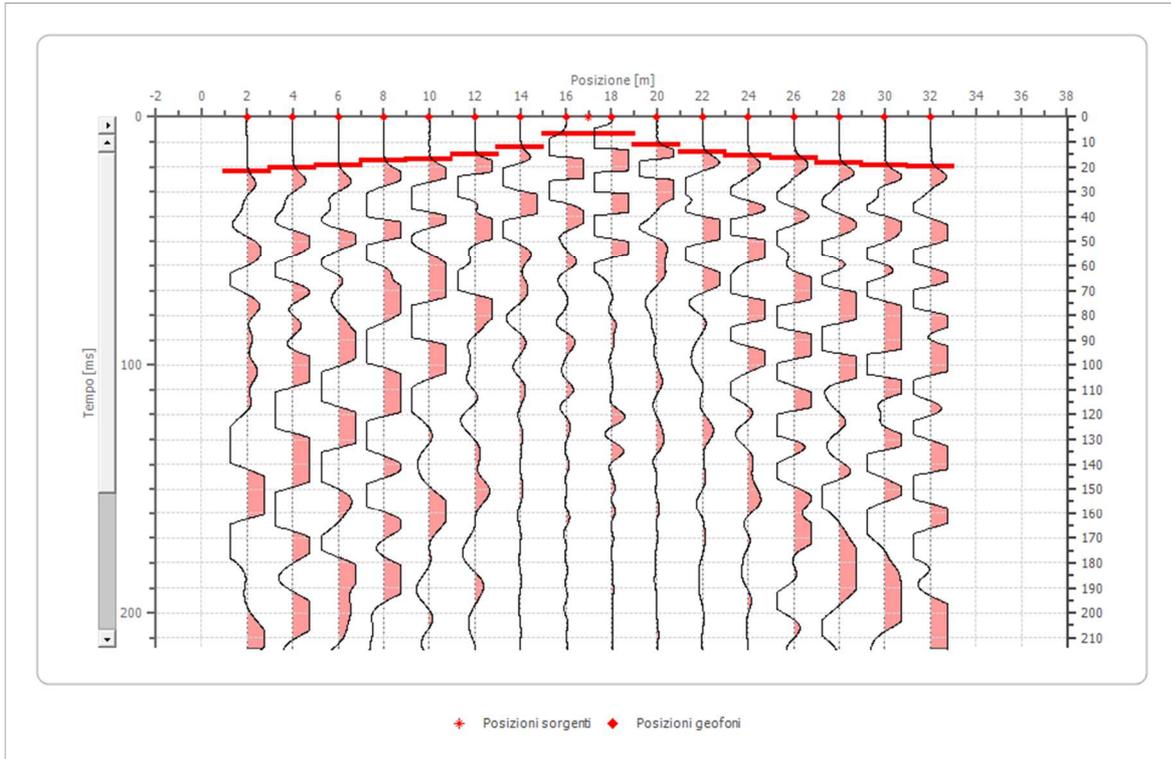
Posizione sorgente X    0    [m]  
 Posizione sorgente Z    0    [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	2.0408
4.0	8.1633
6.0	12.9252
8.0	15.6463
10.0	18.3673
12.0	20.4082
14.0	21.0884
16.0	24.4898
18.0	25.1701
20.0	25.1701
22.0	25.8503
24.0	26.5306
26.0	25.1701
28.0	25.1701
30.0	27.8912
32.0	27.2109

Battuta 2

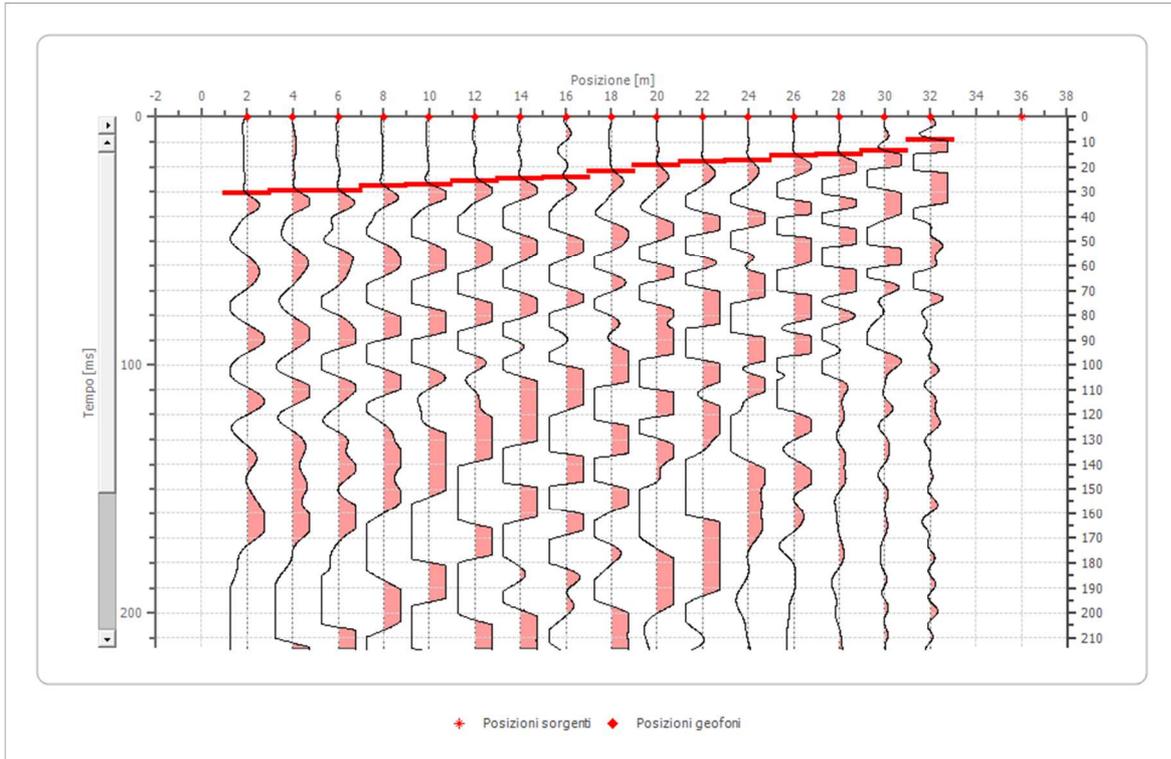
Posizione sorgente X 17 [m]  
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	21.8659
4.0	20.4082
6.0	19.4363
8.0	17.4927
10.0	17.0068
12.0	15.0632
14.0	12.1477
16.0	6.8027
18.0	6.8027
20.0	11.1759
22.0	14.0914
24.0	15.5491
26.0	16.5209
28.0	18.4645
30.0	19.4363
32.0	19.9223

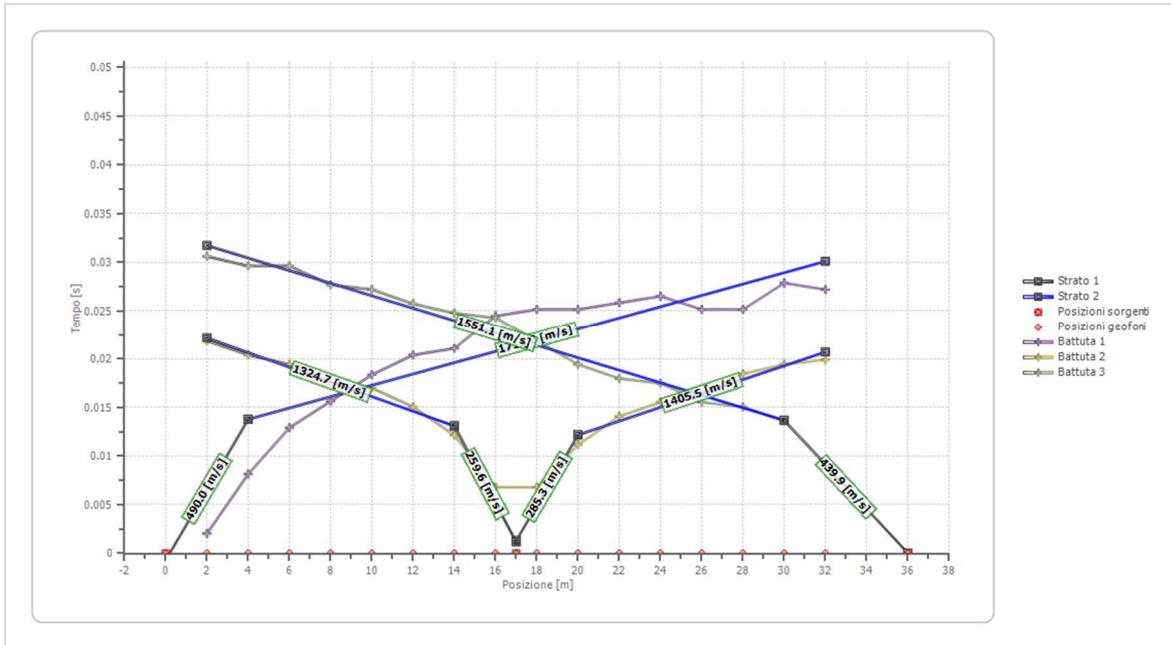
Battuta 3

Posizione sorgente X 36 [m]  
 Posizione sorgente Z 0 [m]

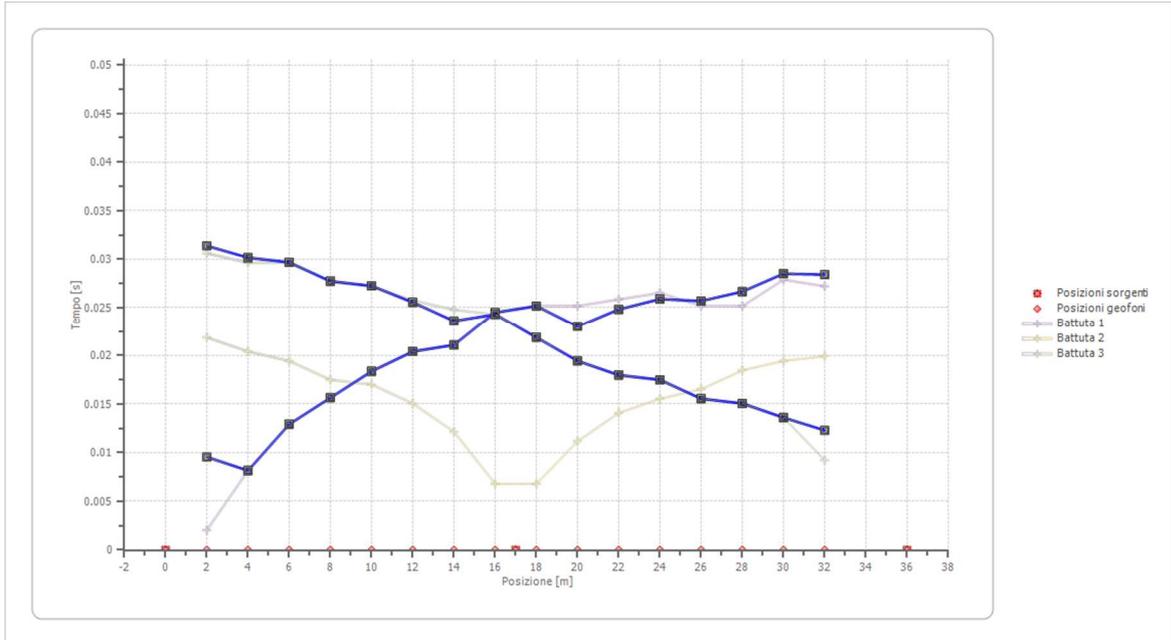


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	30.6122
4.0	29.6404
6.0	29.6404
8.0	27.6968
10.0	27.2109
12.0	25.7532
14.0	24.7813
16.0	24.2954
18.0	21.8659
20.0	19.4363
22.0	17.9786
24.0	17.4927
26.0	15.5491
28.0	15.0632
30.0	13.6054
32.0	9.2323

## Dromocrone



## Dromocrone traslate



## Interpretazione col metodo G.R.M.

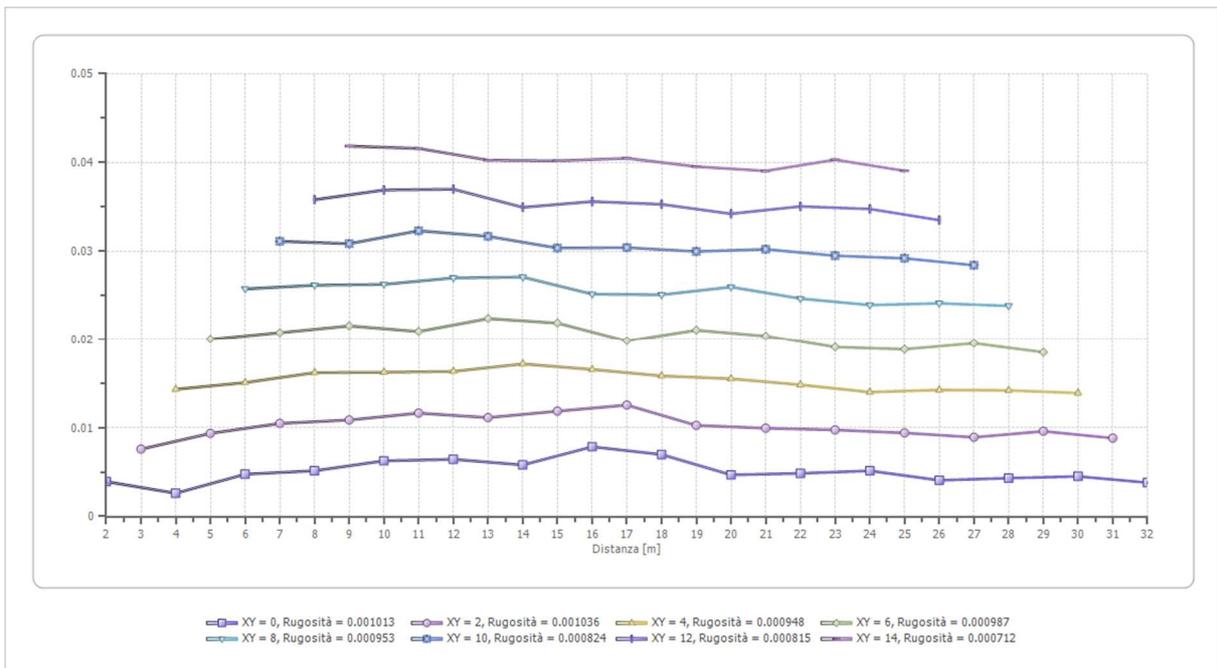
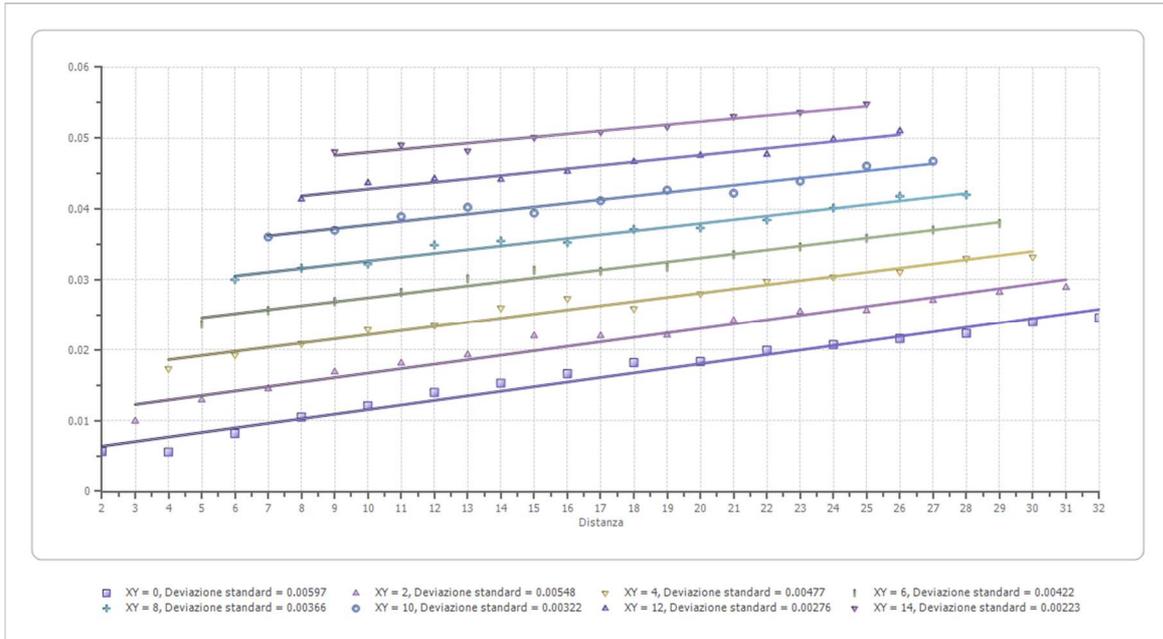
XY: 0

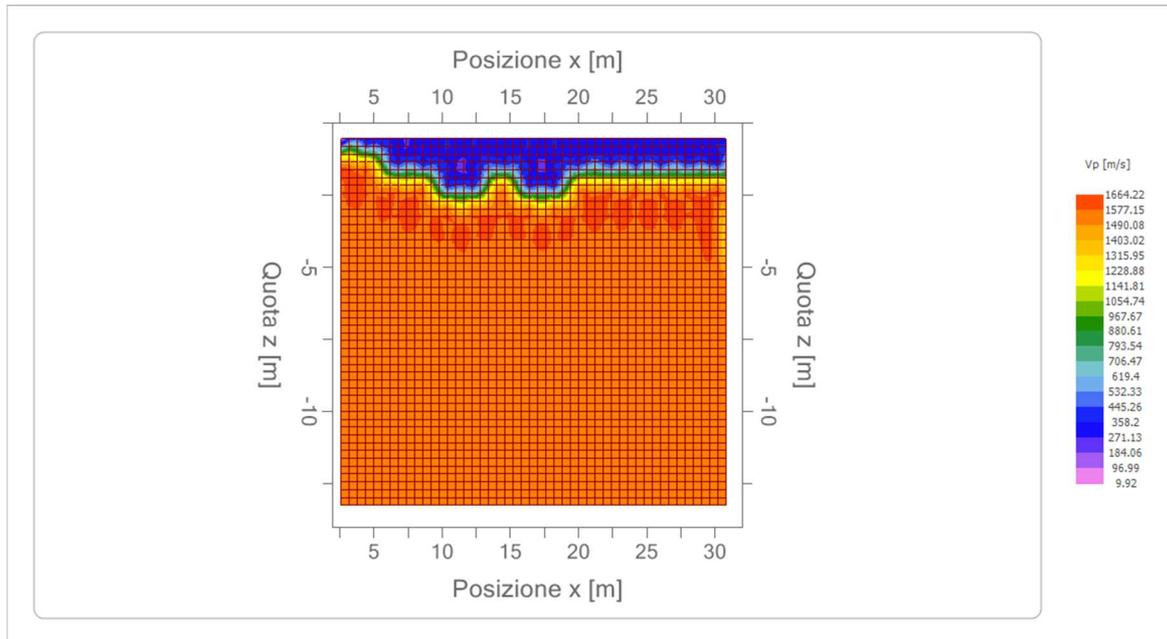
	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 2.0 [m]	1.5	--
G= 4.0 [m]	1.0	--
G= 6.0 [m]	1.8	--
G= 8.0 [m]	2.0	--
G= 10.0 [m]	2.4	--
G= 12.0 [m]	2.4	--
G= 14.0 [m]	2.2	--
G= 16.0 [m]	3.0	--
G= 18.0 [m]	2.6	--
G= 20.0 [m]	1.8	--
G= 22.0 [m]	1.8	--
G= 24.0 [m]	2.0	--
G= 26.0 [m]	1.5	--
G= 28.0 [m]	1.6	--
G= 30.0 [m]	1.7	--
G= 32.0 [m]	1.4	--
Velocità [m/sec]	368.7	1543.1
Descrizione		

## Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	1700.00	1900.00
Vp [m/s]	368.68	1543.07
Vs [m/s]	177.11	741.27
G0 [MPa]	53.32	1044.00
Ed [Mpa]	231.07	4524.02
M0 [MPa]	177.75	3480.01
Ey [Mpa]	143.98	2818.81

G0: Modulo di deformazione al taglio;  
Ed: Modulo edometrico;  
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;  
Ey: Modulo di Young;





## INDAGINE RZ7

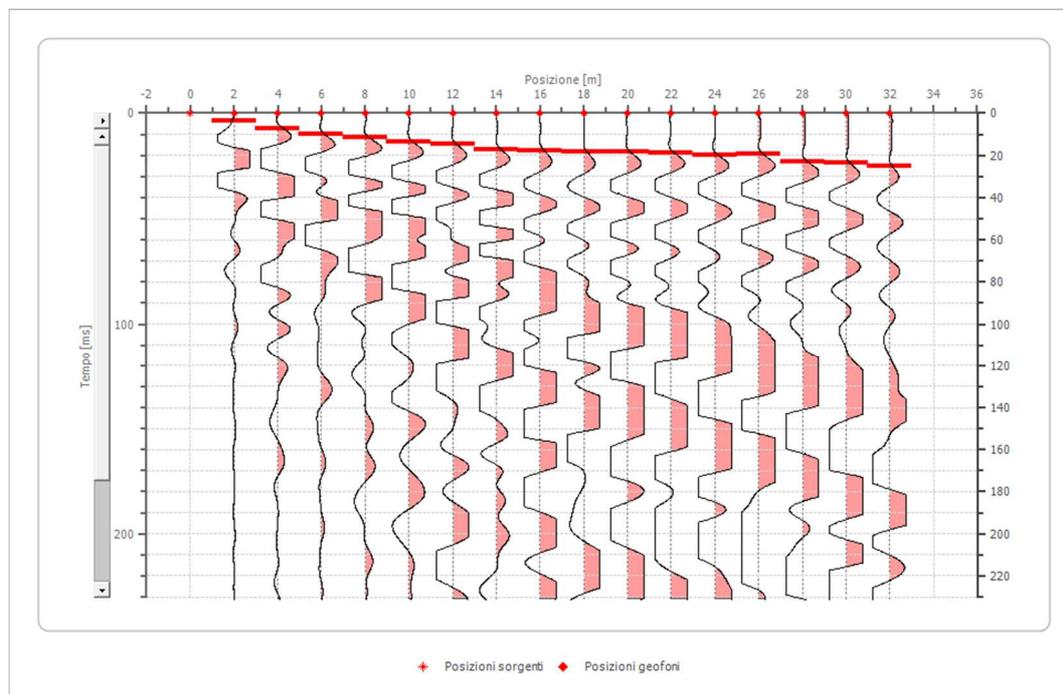
### Geometria geofoni

	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

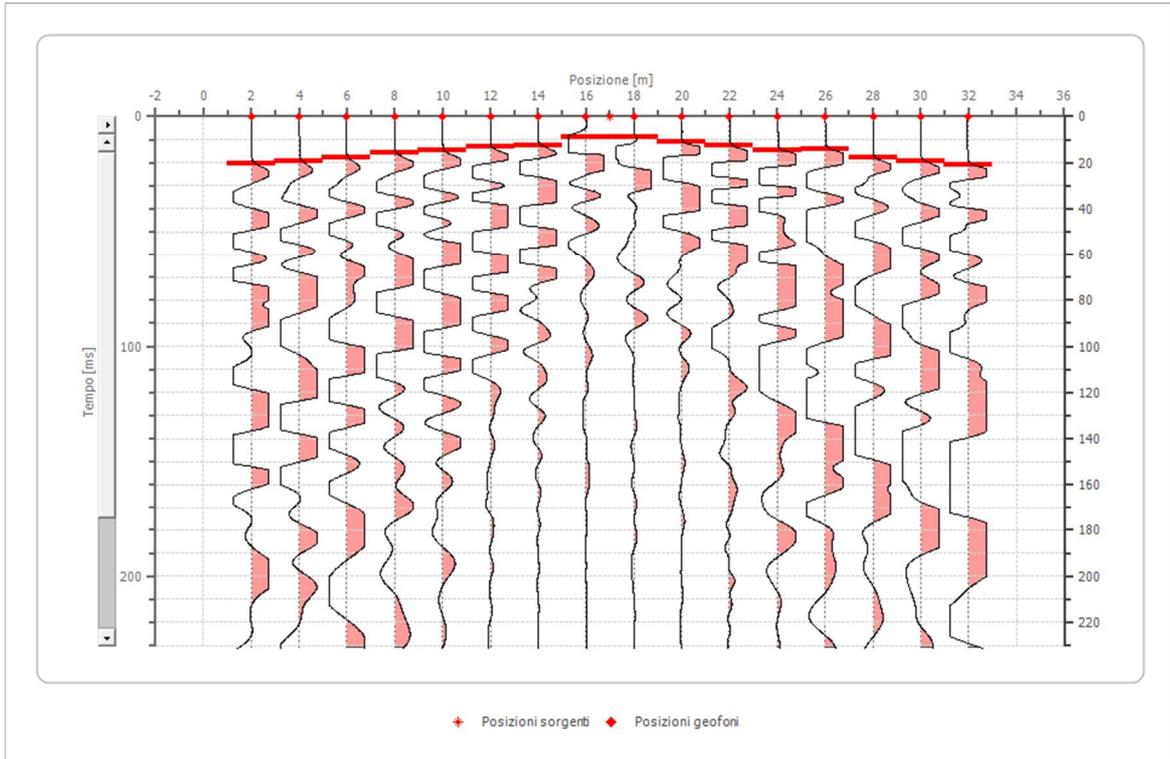
Posizione sorgente X    0    [m]  
 Posizione sorgente Z    0    [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	3.6630
4.0	7.3260
6.0	9.9424
8.0	11.5123
10.0	13.6054
12.0	14.6520
14.0	17.2684
16.0	17.7917
18.0	18.3150
20.0	18.3150
22.0	18.8383
24.0	19.8849
26.0	19.3616
28.0	23.0246
30.0	23.5479
32.0	25.1177

**Battuta 2**

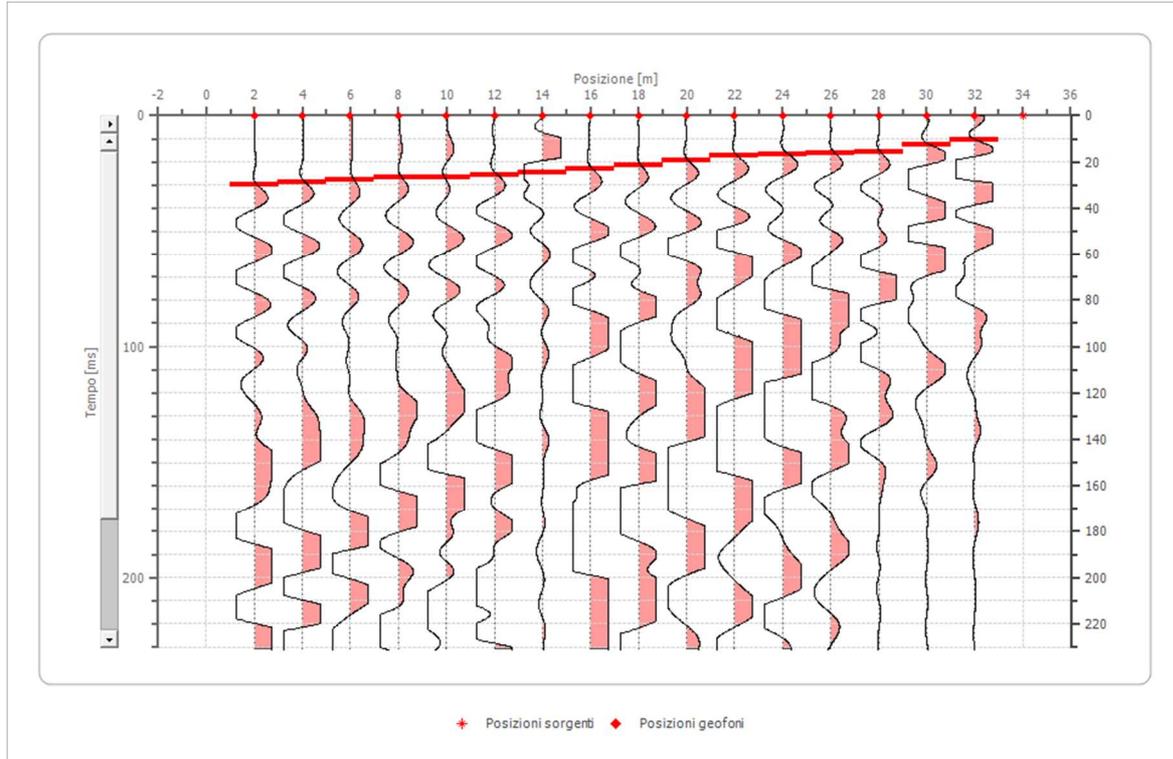
Posizione sorgente X 17 [m]  
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	20.4082
4.0	19.3616
6.0	17.7917
8.0	15.6986
10.0	14.6520
12.0	13.0822
14.0	12.5589
16.0	8.8959
18.0	8.8959
20.0	10.9890
22.0	12.5589
24.0	14.6520
26.0	14.1287
28.0	17.7917
30.0	19.3616
32.0	20.9315

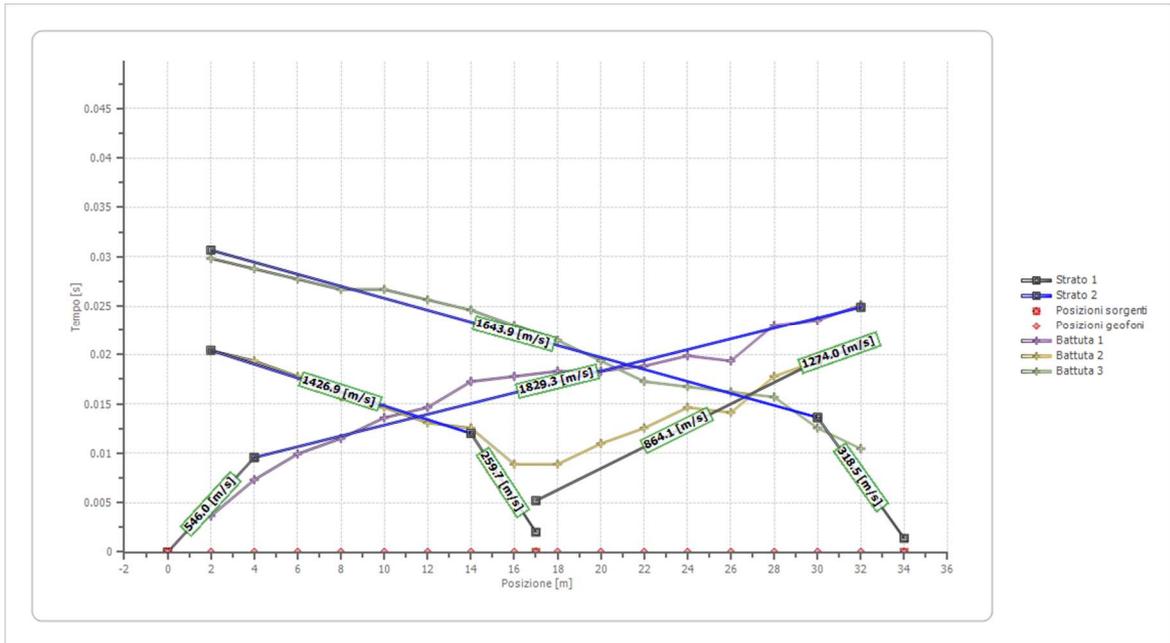
**Battuta 3**

Posizione sorgente X 34 [m]  
 Posizione sorgente Z 0 [m]

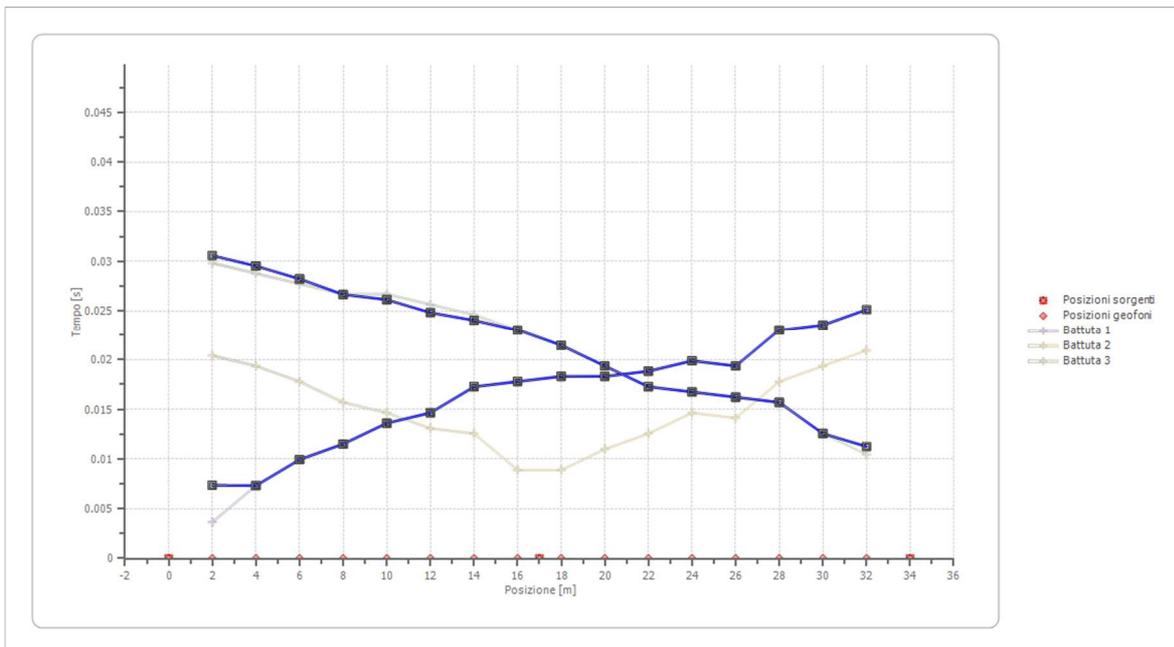


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	29.8273
4.0	28.7807
6.0	27.7342
8.0	26.6876
10.0	26.6876
12.0	25.6410
14.0	24.5945
16.0	23.0246
18.0	21.4547
20.0	19.3616
22.0	17.2684
24.0	16.7452
26.0	16.2219
28.0	15.6986
30.0	12.5589
32.0	10.4657

## Dromocrone



## Dromocrone traslate



## Interpretazione col metodo G.R.M.

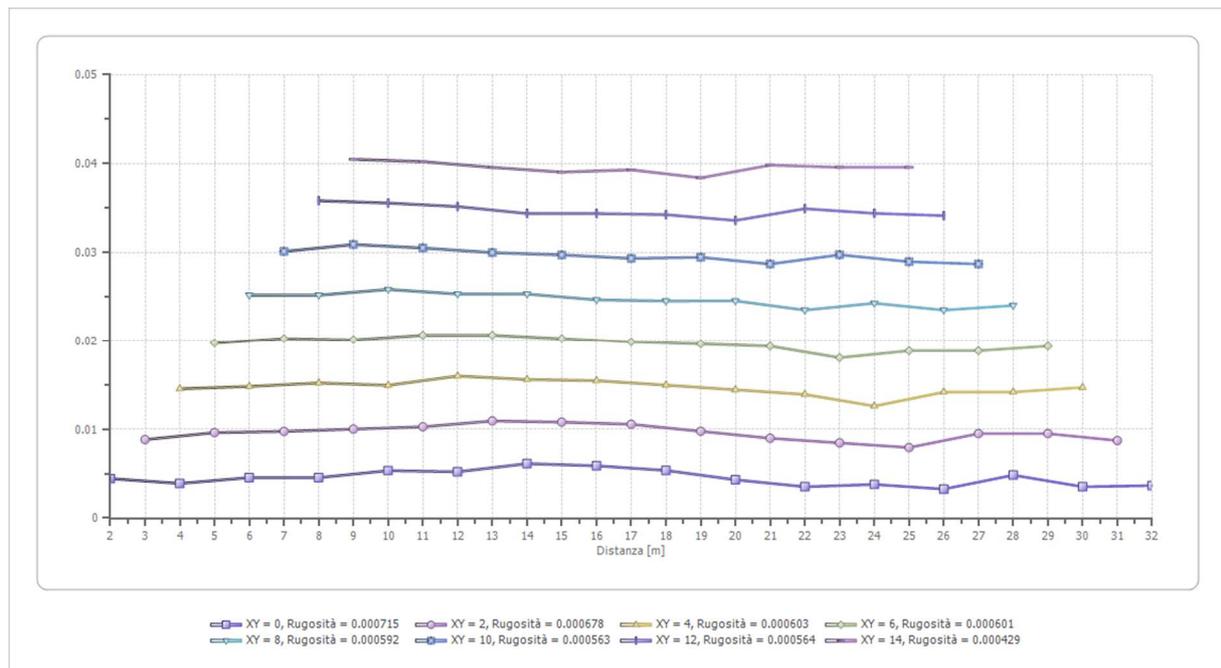
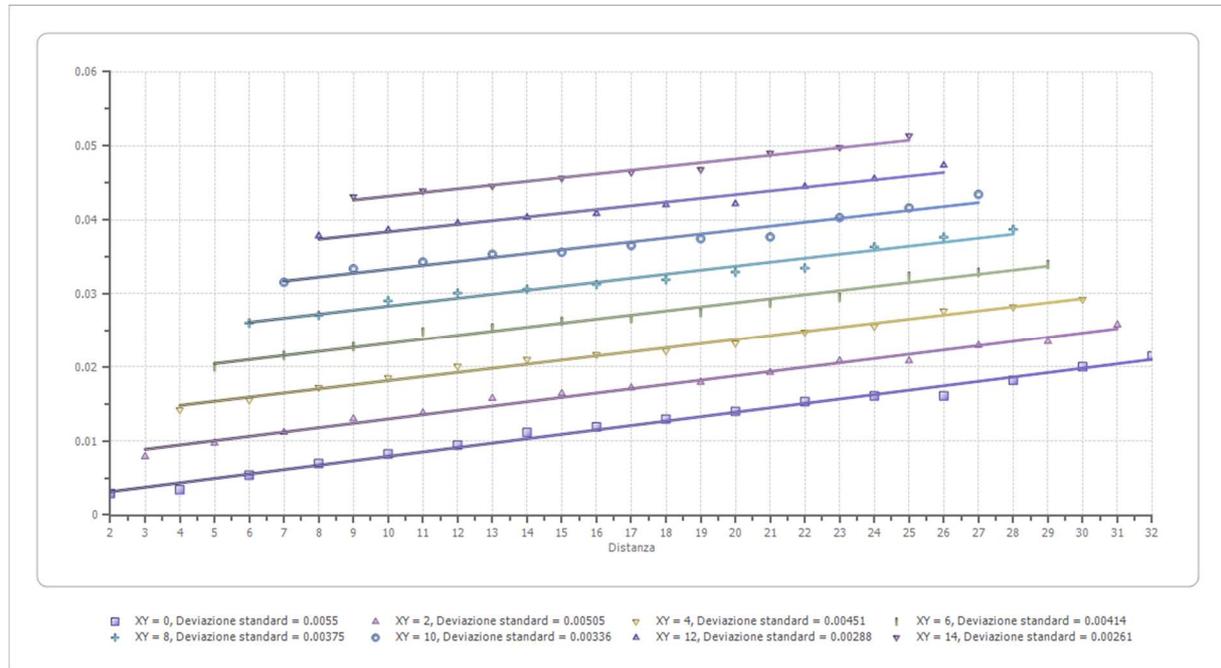
XY: 0

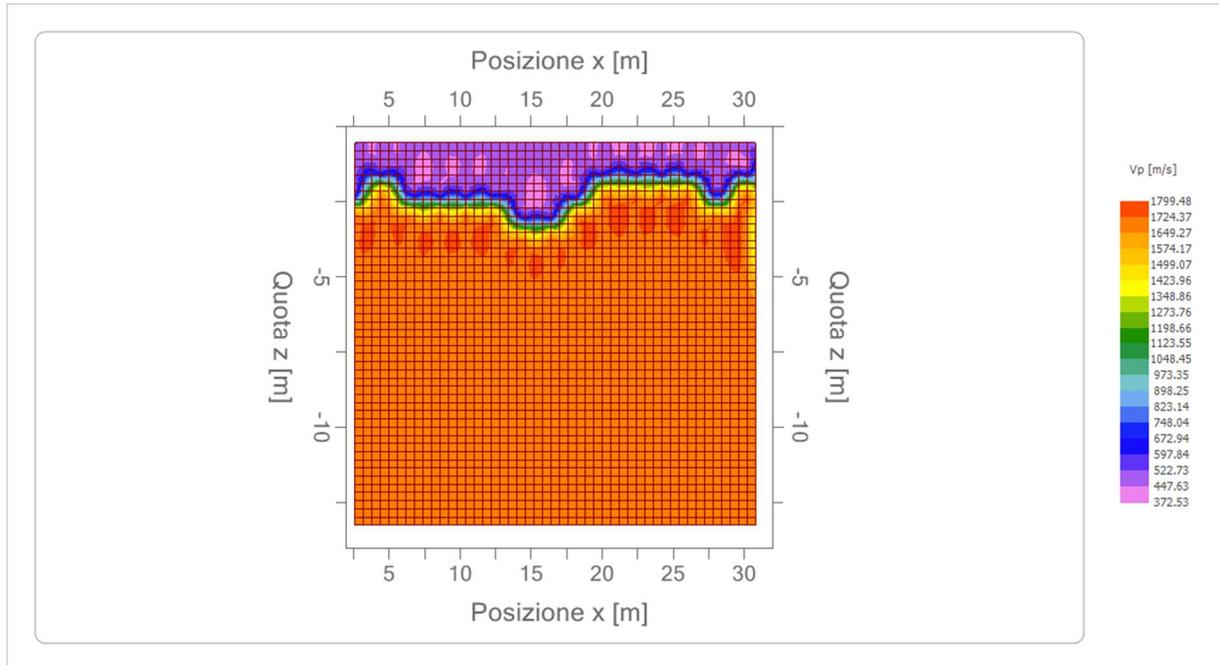
	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 2.0 [m]	2.3	--
G= 4.0 [m]	2.0	--
G= 6.0 [m]	2.4	--
G= 8.0 [m]	2.4	--
G= 10.0 [m]	2.8	--
G= 12.0 [m]	2.7	--
G= 14.0 [m]	3.2	--
G= 16.0 [m]	3.1	--
G= 18.0 [m]	2.8	--
G= 20.0 [m]	2.2	--
G= 22.0 [m]	1.8	--
G= 24.0 [m]	2.0	--
G= 26.0 [m]	1.7	--
G= 28.0 [m]	2.5	--
G= 30.0 [m]	1.8	--
G= 32.0 [m]	1.9	--
Velocità [m/sec]	497.1	1677.6
Descrizione		

## Altri parametri geotecnici

	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.35
Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	1700.00	1900.00
Vp [m/s]	497.10	1677.61
Vs [m/s]	238.80	805.90
G0 [MPa]	96.94	1234.00
Ed [Mpa]	420.08	5347.33
M0 [MPa]	323.14	4113.33
Ey [Mpa]	261.74	3331.80

G0: Modulo di deformazione al taglio;  
Ed: Modulo edometrico;  
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;  
Ey: Modulo di Young;

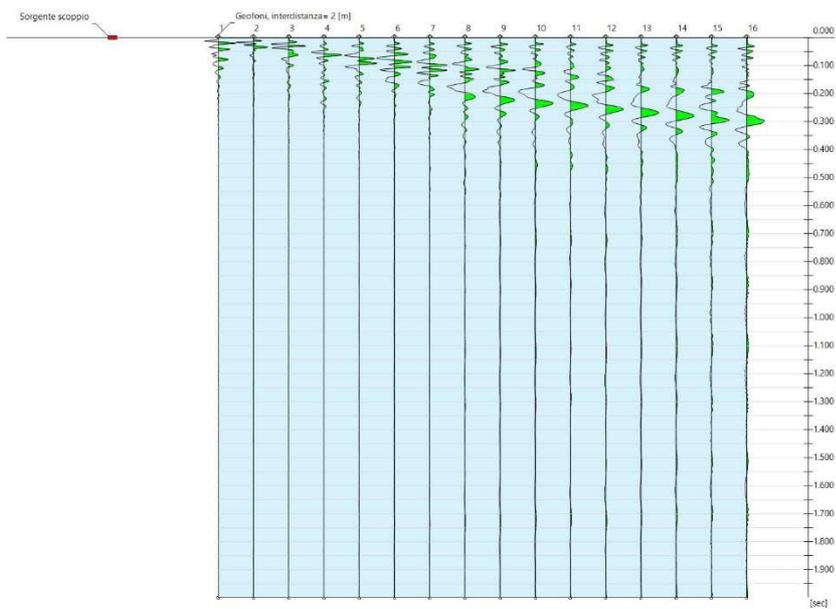




## SCHEDE INDAGINI DI SISMICA MASW INDAGINE MW1

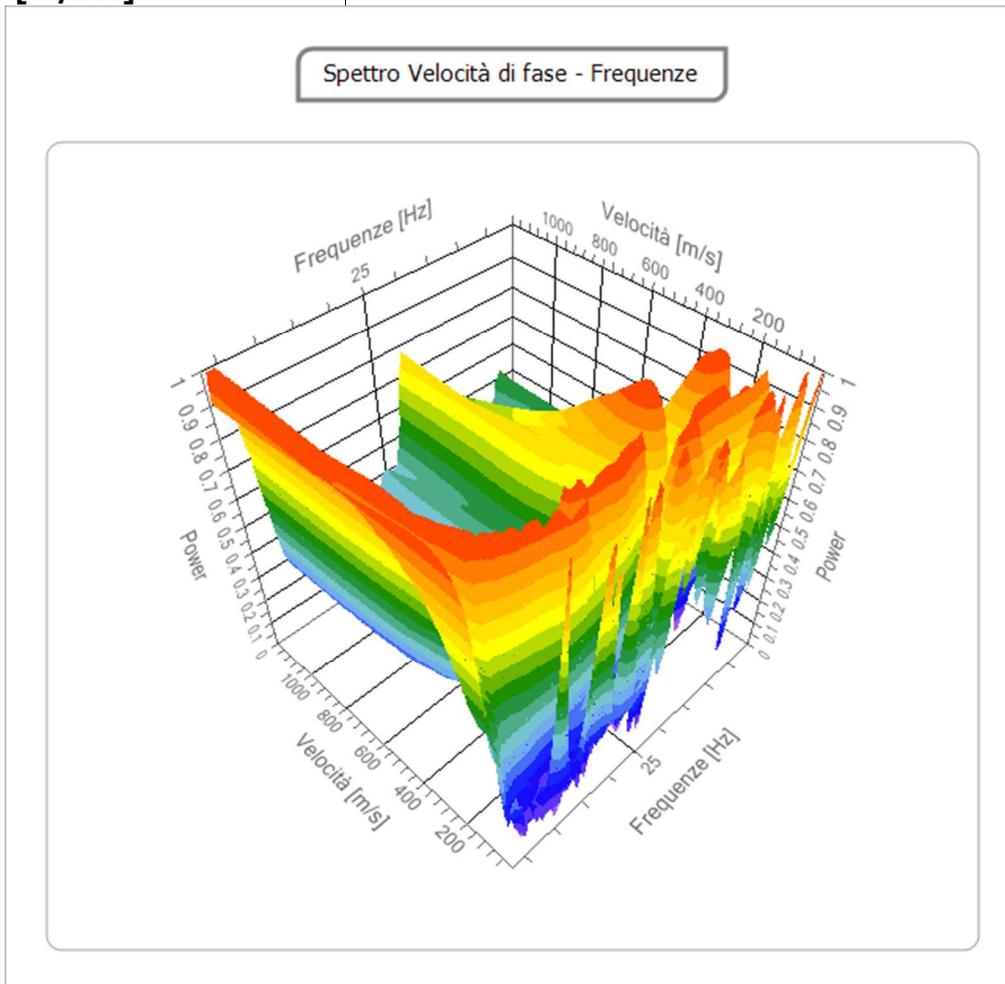
### Tracce

<b>N. tracce</b>	16
<b>Durata acquisizione [msec]</b>	2000.0
<b>Interdistanza geofoni [m]</b>	2.0
<b>Periodo campionamento [msec]</b>	di 1.00



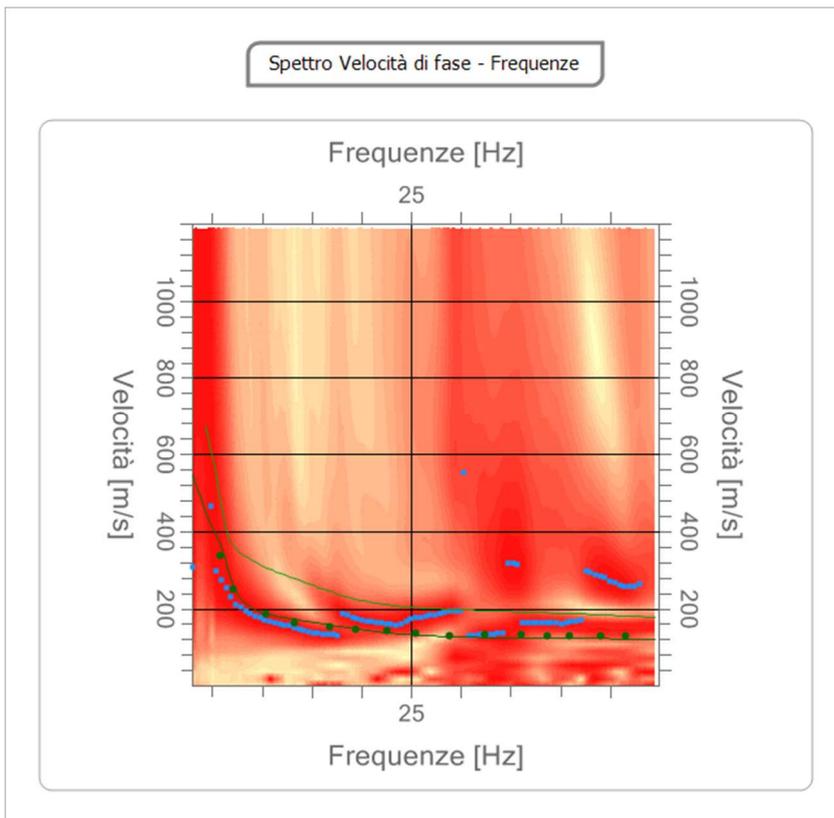
### Analisi spettrale

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



### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	5.8	339.0	0
2	7.1	249.0	0
3	10.4	186.0	0
4	13.3	164.7	0
5	16.8	154.0	0
6	19.5	146.5	0
7	22.6	143.3	0
8	25.4	136.2	0
9	28.9	129.1	0
10	32.3	132.6	0
11	36.1	132.6	0
12	38.7	129.1	0
13	41.0	129.1	0
14	44.0	129.1	0
15	46.5	129.1	0

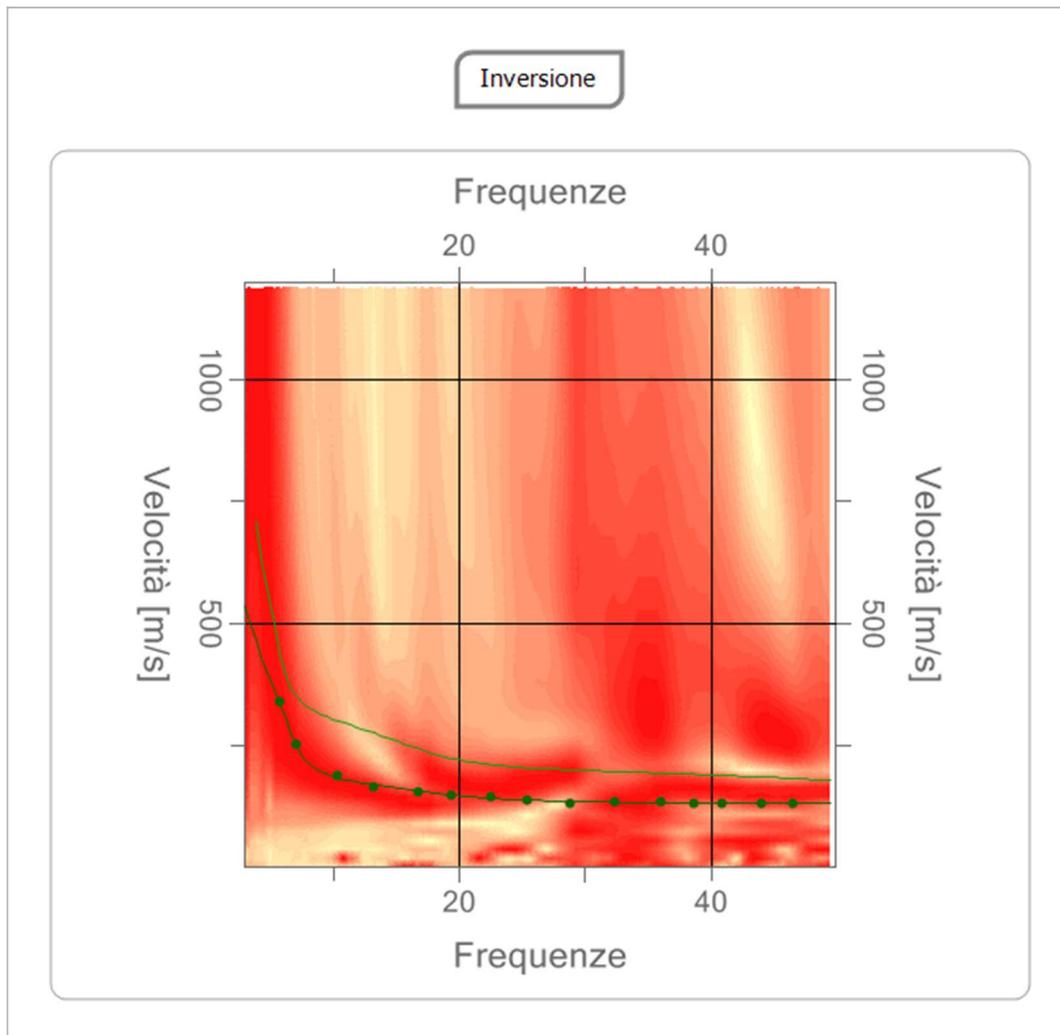


### Inversione

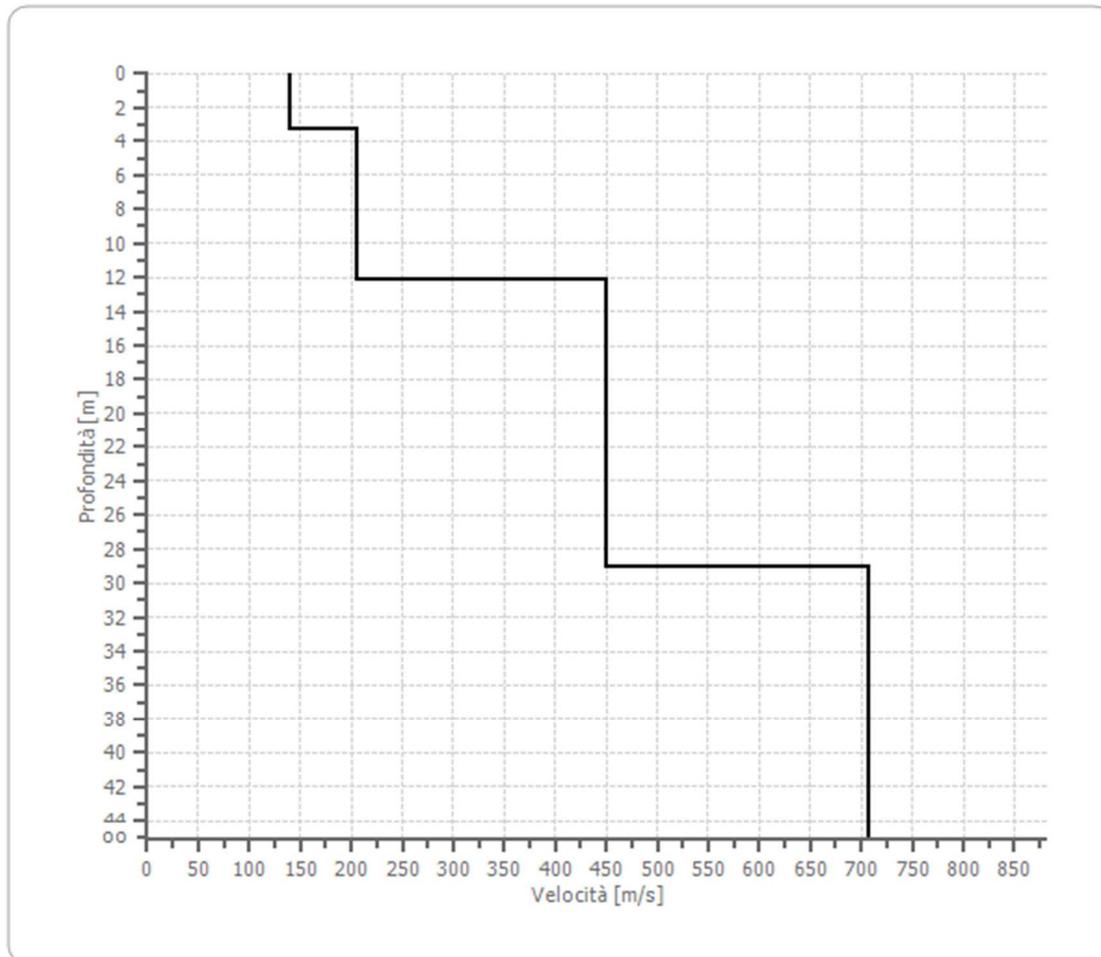
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	3.23	3.23	1700.0	0.30	No	259.6	138.8
2	12.10	8.88	1800.0	0.30	No	382.9	204.7
3	29.02	16.91	1900.0	0.30	No	840.9	449.5
4	∞	∞	1800.0	0.30	No	1321.9	706.6

Percentuale di errore 0.015 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.014



Profilo di velocità



## Risultati

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b>Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)</b>	283.96
<b>Categoria del suolo</b>	C

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

## Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	3.23	3.23	138.77	259.62	1700.00	0.30	32.74	114.58	70.93	85.12	35	121.19
2	12.10	8.88	204.66	382.88	1800.00	0.30	75.39	263.88	163.35	196.02	58	853.79
3	29.02	16.91	449.47	840.88	1900.00	0.30	383.84	1343.45	831.66	997.99	N/A	N/A
4	∞	∞	706.59	1321.91	1800.00	0.30	898.69	3145.42	1947.16	2336.60	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

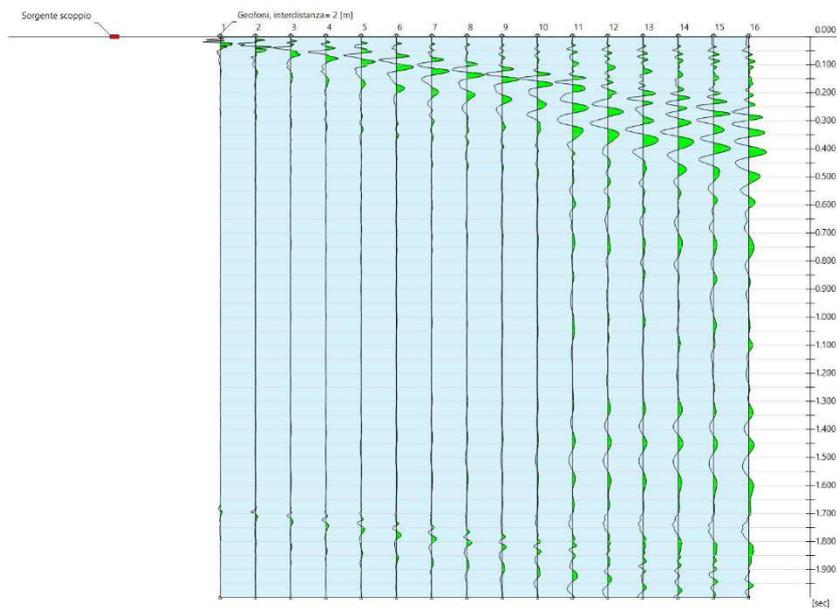
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

## INDAGINE MW2

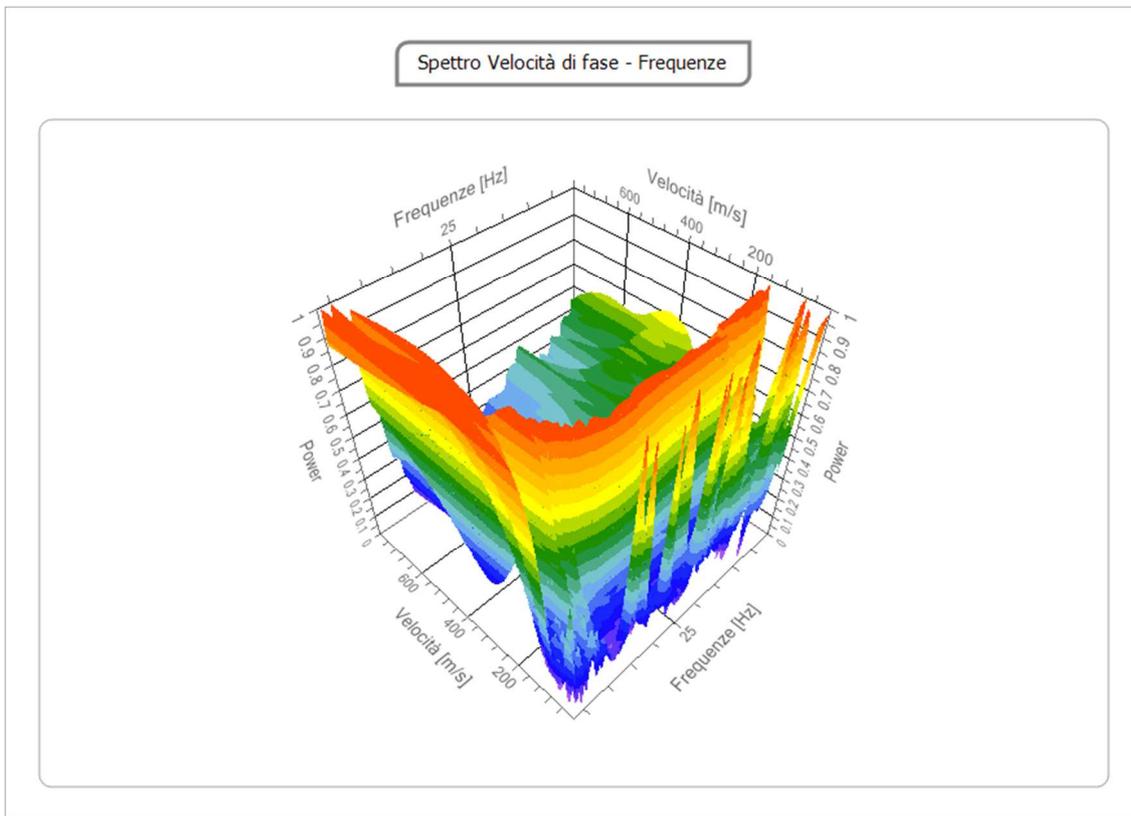
### Tracce

<b>N. tracce</b>	16
<b>Durata acquisizione [msec]</b>	2000.0
<b>Interdistanza geofoni [m]</b>	2.0
<b>Periodo campionamento [msec]</b>	di 1.00



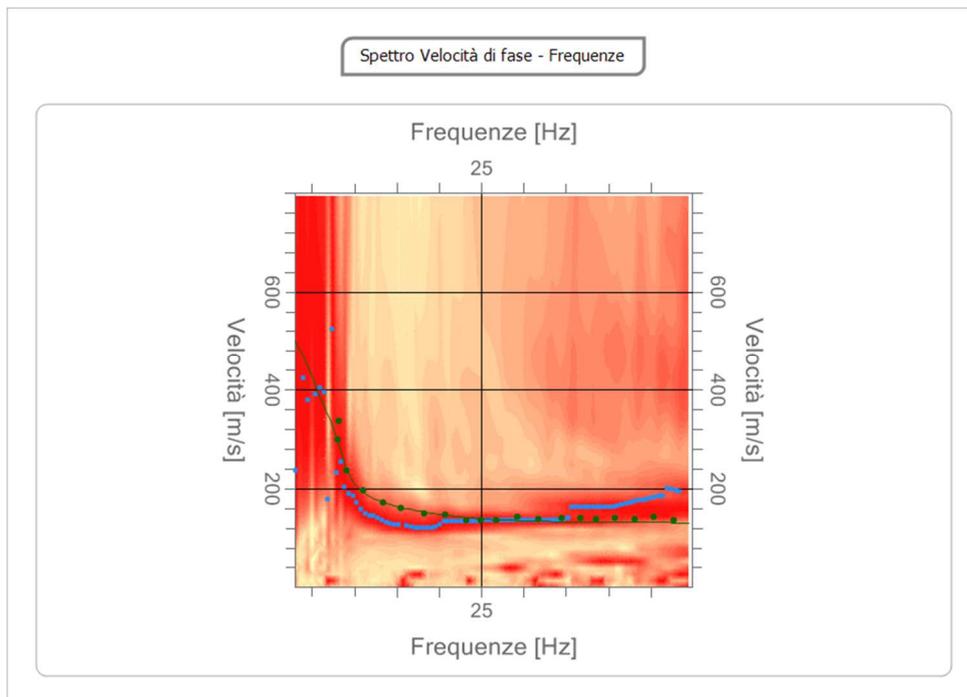
## Analisi spettrale

**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]** 800  
**Intervallo velocità [m/sec]** 1



### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	8.1	337.7	0
2	8.0	299.7	0
3	9.1	235.7	0
4	11.1	195.4	0
5	13.4	171.7	0
6	15.5	159.9	0
7	18.3	150.4	0
8	20.8	148.0	0
9	23.2	136.1	0
10	25.0	136.1	0
11	26.8	136.1	0
12	29.3	143.3	0
13	31.8	138.5	0
14	34.4	140.9	0
15	36.7	140.9	0
16	38.6	138.5	0
17	40.8	140.9	0
18	43.2	138.5	0
19	45.4	143.3	0
20	47.8	136.1	0

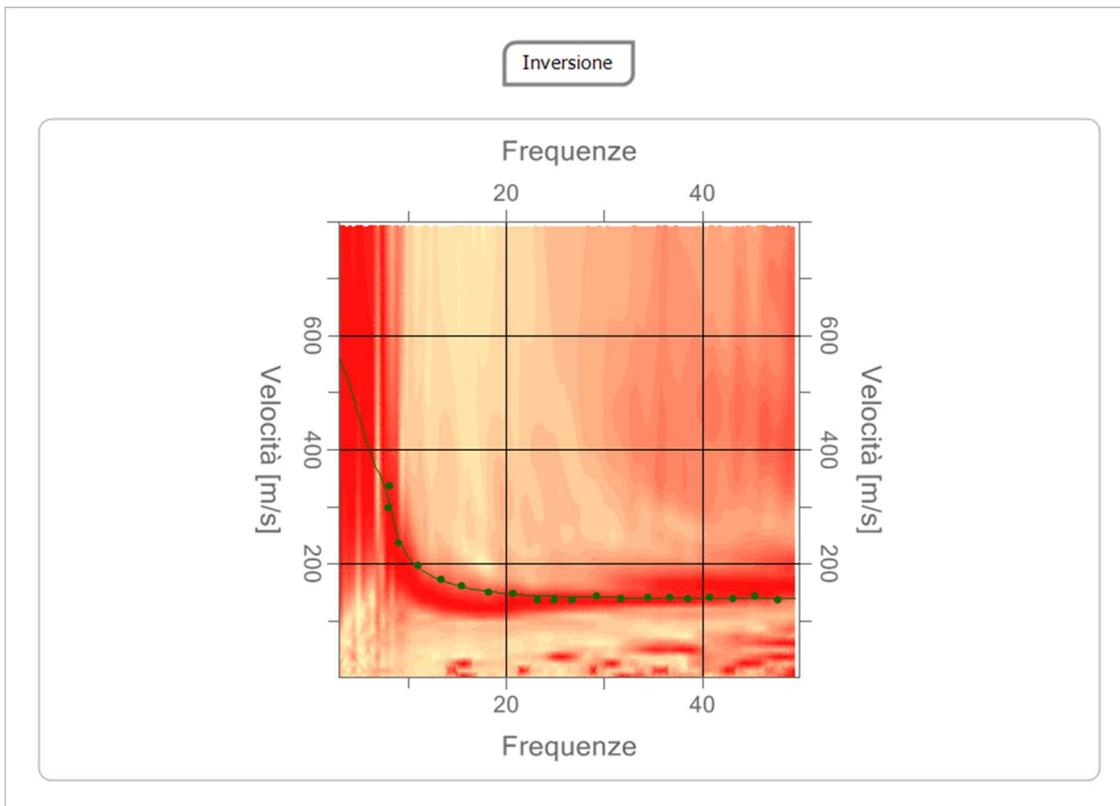


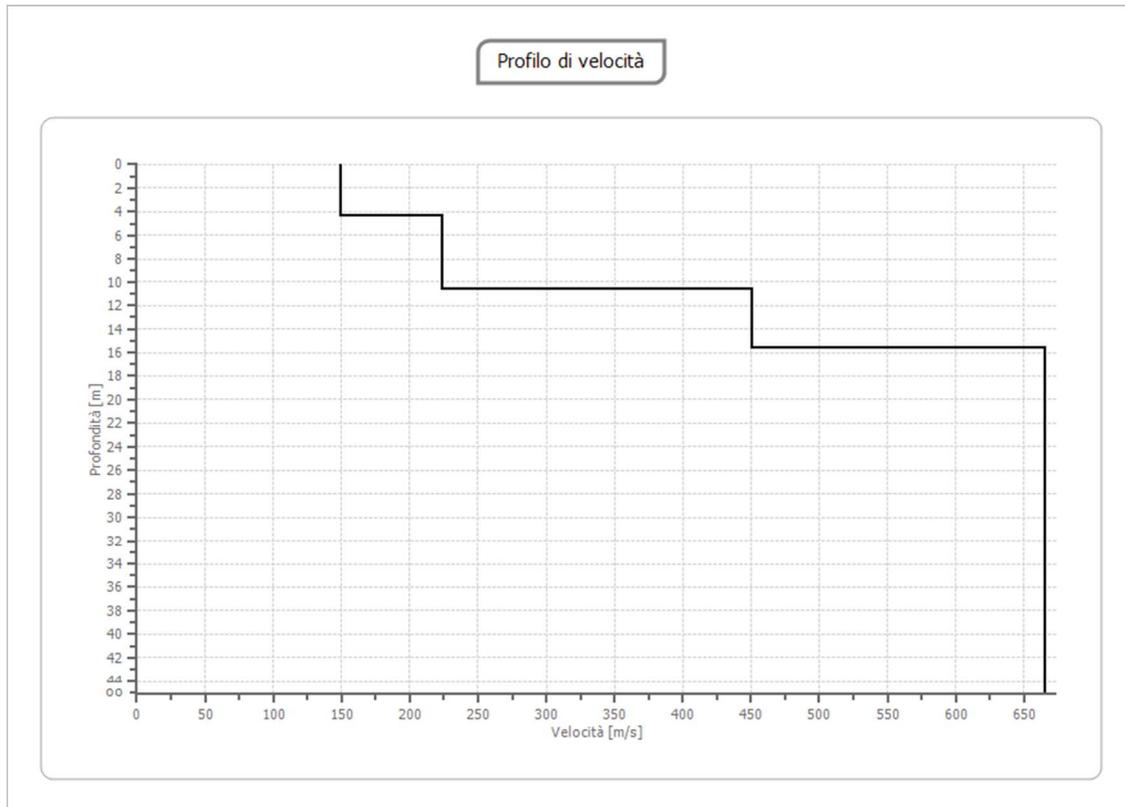
**Inversione**

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	4.33	4.33	1700.0	0.30	No	278.8	149.0
2	10.58	6.25	1800.0	0.30	No	417.8	223.3
3	15.59	5.01	1900.0	0.30	No	842.6	450.4
4	∞	∞	2000.0	0.30	No	1244.9	665.4

Percentuale di errore 0.223 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.032





## Risultati

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b>Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)</b>	333.94
<b>Categoria del suolo</b>	C

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

## 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	4.33	4.33	149.03	278.80	1700.00	0.30	37.76	132.14	81.80	98.16	38	173.40
2	10.58	6.25	223.31	417.77	1800.00	0.30	89.76	314.16	194.48	233.38	99	1323.32
3	15.59	5.01	450.36	842.55	1900.00	0.30	385.37	1348.80	834.97	1001.96	N/A	N/A
4	oo	oo	665.42	1244.88	2000.00	0.30	885.56	3099.44	1918.70	2302.44	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

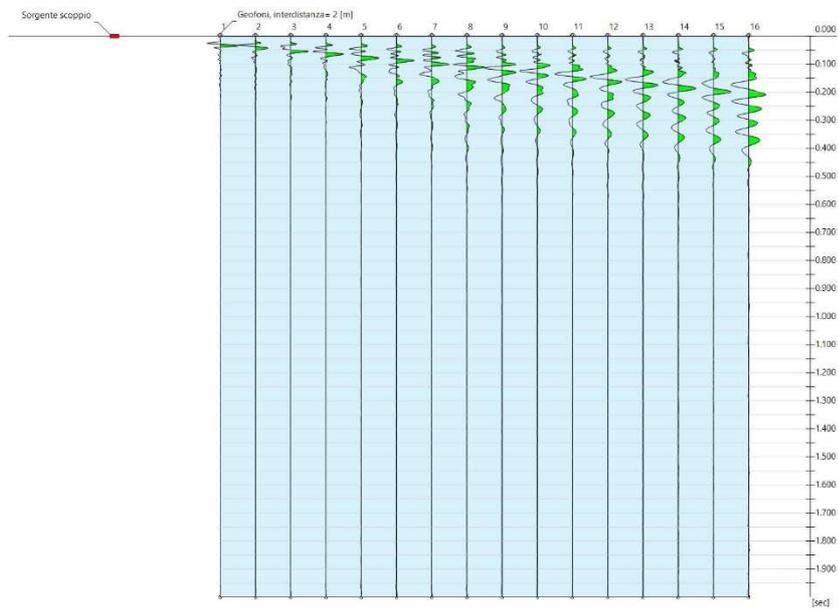
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

## INDAGINE MW3

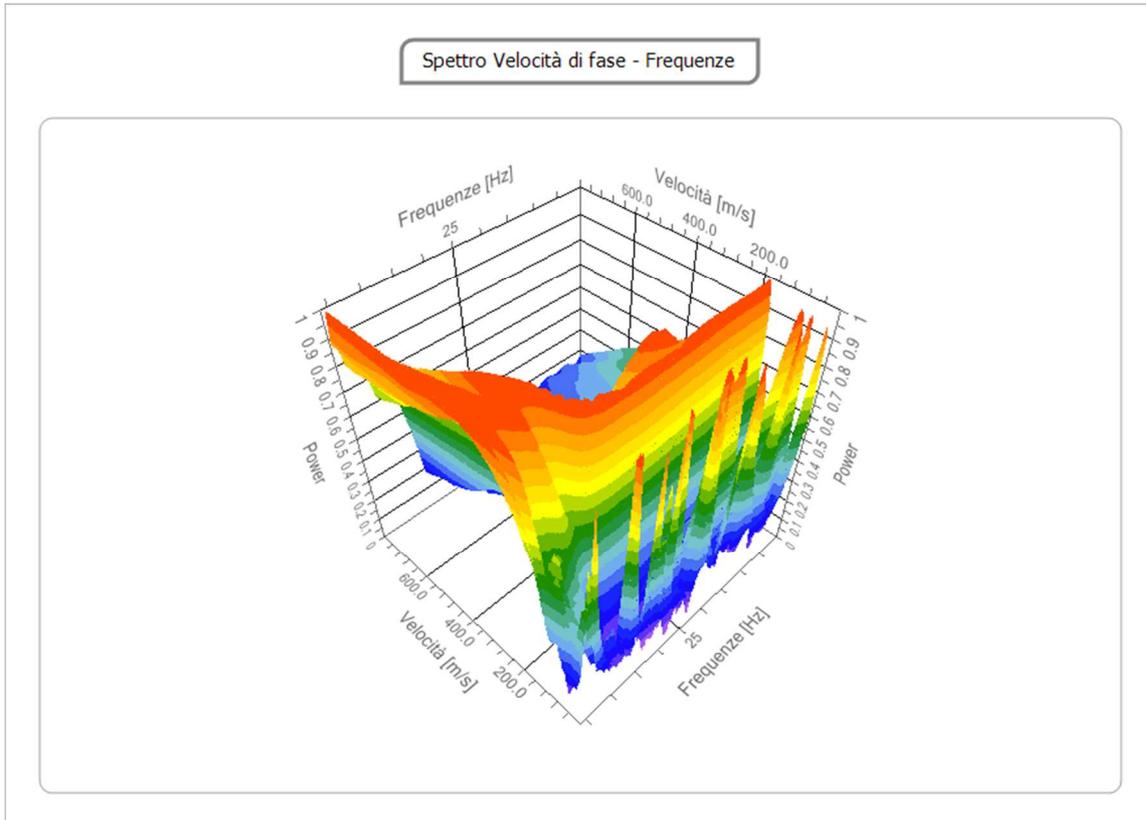
### Tracce

<b>N. tracce</b>	16
<b>Durata acquisizione [msec]</b>	2000.0
<b>Interdistanza geofoni [m]</b>	2.0
<b>Periodo di campionamento [msec]</b>	1.00



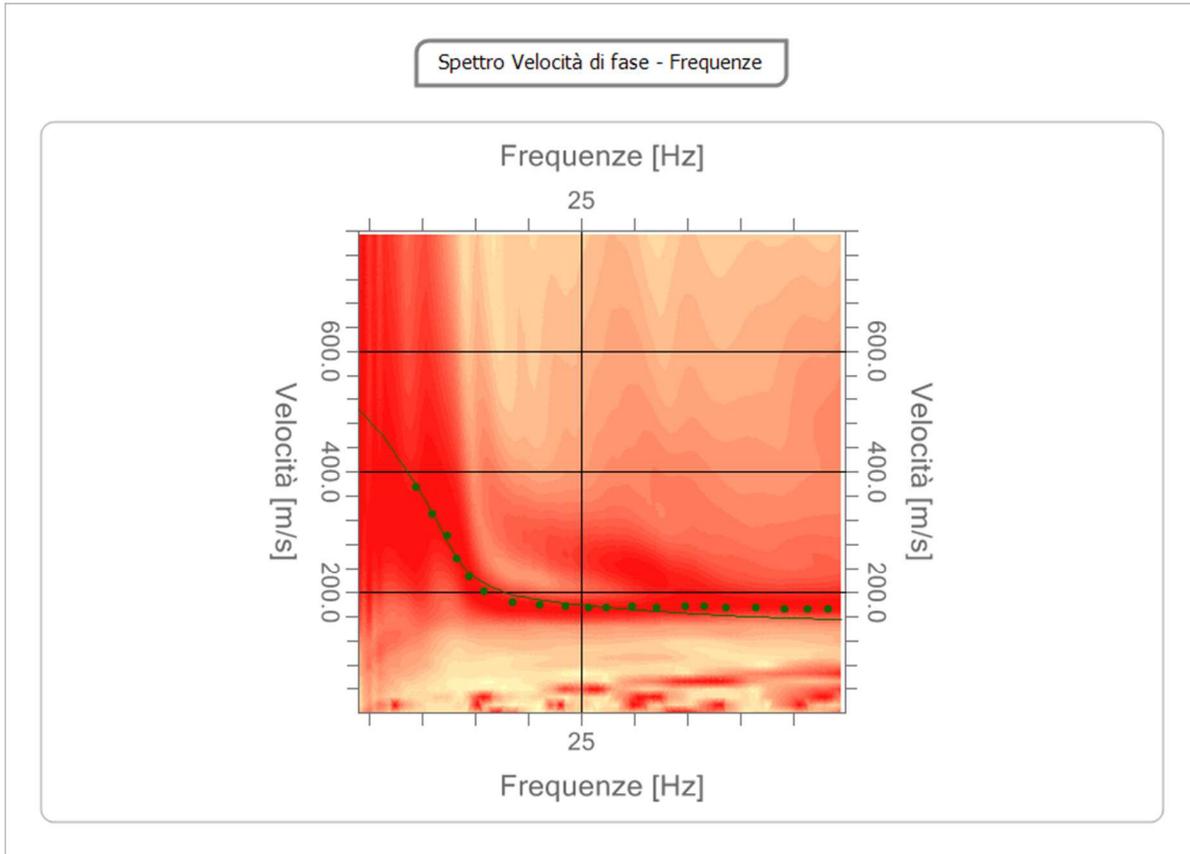
## Analisi spettrale

<b>Frequenza minima di elaborazione [Hz]</b>	4
<b>Frequenza massima di elaborazione [Hz]</b>	50
<b>Velocità minima di elaborazione [m/sec]</b>	1
<b>Velocità massima di elaborazione [m/sec]</b>	800
<b>Intervallo velocità [m/sec]</b>	1



### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	12.4	295.0	0
2	9.4	375.6	0
3	10.9	330.6	0
4	13.3	257.1	0
5	14.5	226.2	0
6	15.8	200.2	0
7	18.6	183.6	0
8	21.2	178.8	0
9	23.6	176.4	0
10	25.8	174.1	0
11	27.5	173.2	0
12	29.9	176.4	0
13	32.2	174.1	0
14	34.8	176.4	0
15	36.7	176.4	0
16	38.7	174.1	0
17	41.5	174.1	0
18	44.2	171.7	0
19	46.4	171.7	0
20	48.3	171.7	0

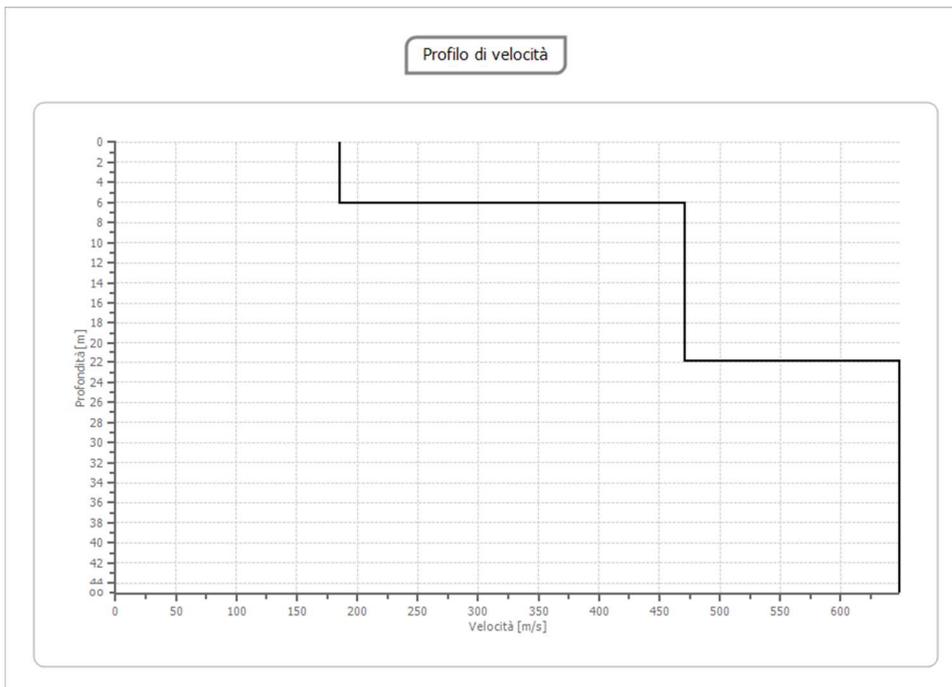
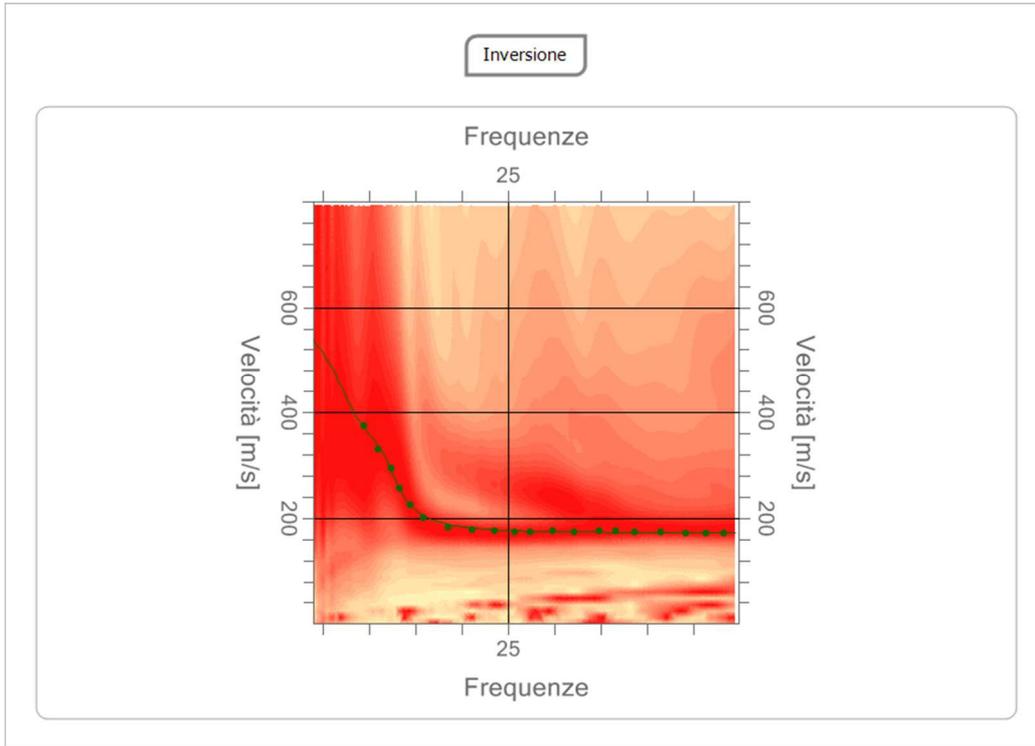


### Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	3.38	3.38	1700.0	0.30	No	346.8	185.3
2	6.10	2.71	1800.0	0.30	No	346.9	185.4
3	21.91	15.81	1900.0	0.30	No	880.5	470.6
4	oo	oo	2000.0	0.30	No	1213.4	648.6

Percentuale di errore 0.023 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.014



## Risultati

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b>Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)</b>	379.93
<b>Categoria del suolo</b>	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 <sup>3</sup> ]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	3.38	3.38	185.35	346.76	1700.00	0.30	58.40	204.41	126.54	151.85	N/A	518.87
2	6.10	2.71	185.42	346.90	1800.00	0.30	61.89	216.61	134.09	160.91	56	519.93
3	21.91	15.81	470.65	880.50	1900.00	0.30	420.87	1473.05	911.89	1094.26	N/A	N/A
4	oo	oo	648.60	1213.42	2000.00	0.30	841.37	2944.79	1822.97	2187.56	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

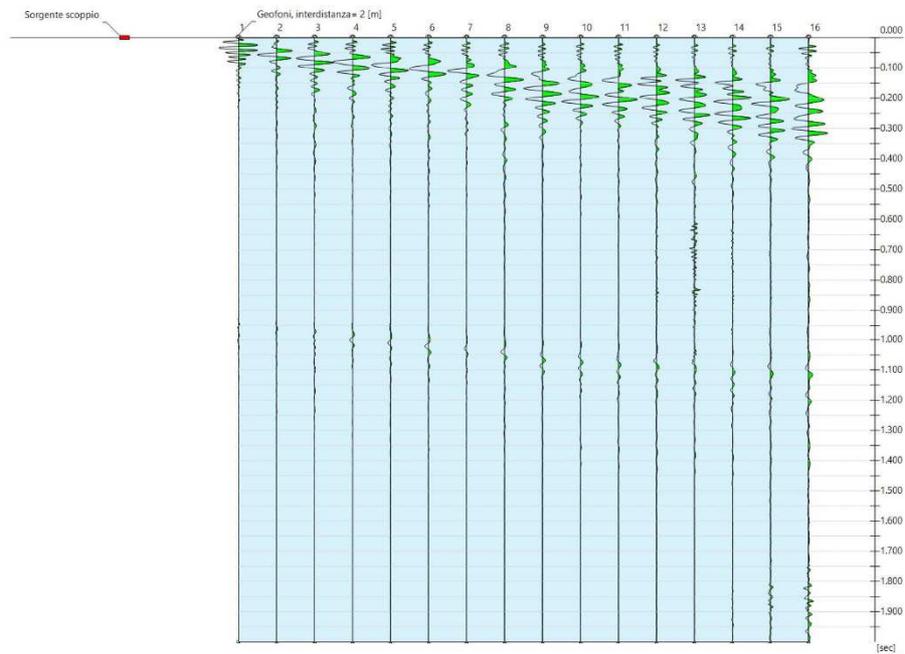
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

## INDAGINE MW4

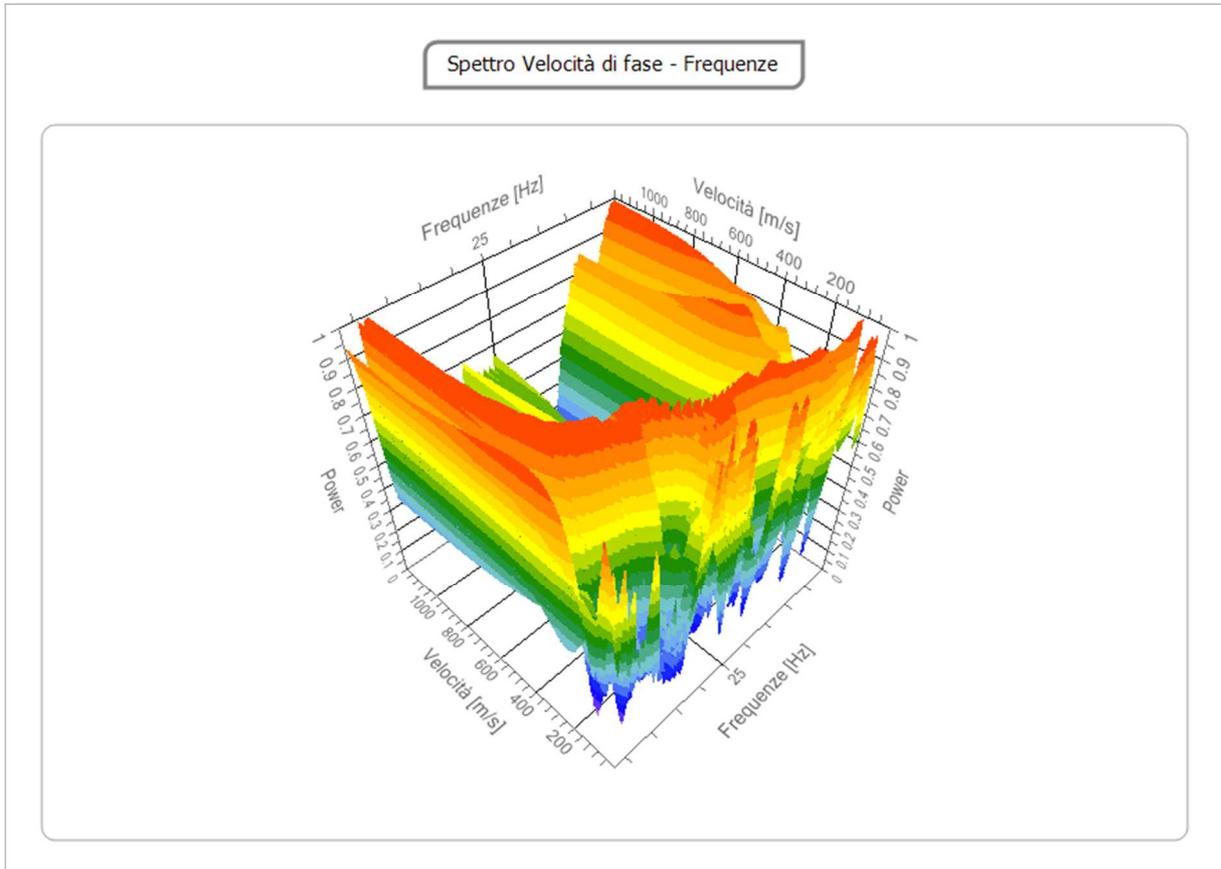
### Tracce

<b>N. tracce</b>	16
<b>Durata acquisizione [msec]</b>	2000.0
<b>Interdistanza geofoni [m]</b>	2.0
<b>Periodo campionamento [msec]</b>	di 1.00



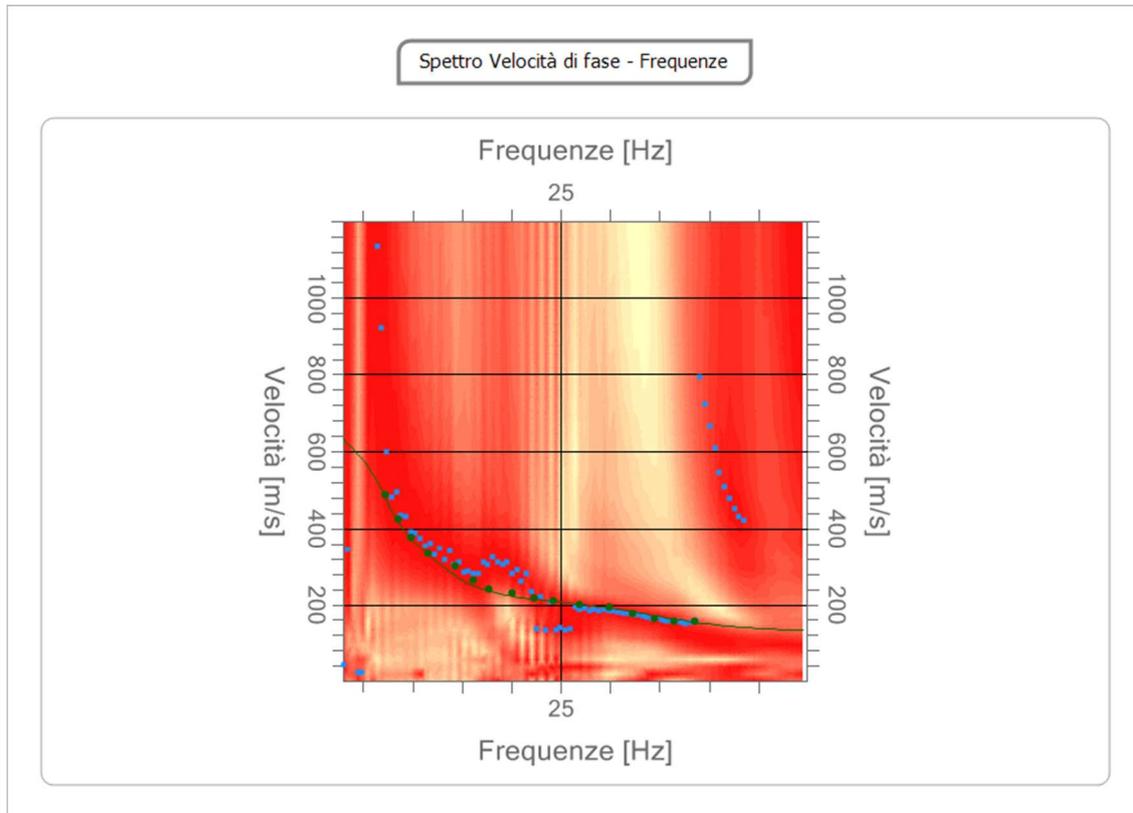
### Analisi spettrale

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



### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	9.8	378.1	0
2	7.3	488.4	0
3	8.6	424.4	0
4	11.6	335.4	0
5	14.3	299.9	0
6	16.2	264.3	0
7	17.7	241.4	0
8	20.1	228.7	0
9	22.3	218.0	0
10	24.3	210.9	0
11	26.9	200.2	0
12	29.8	193.1	0
13	32.2	175.3	0
14	34.4	164.7	0
15	36.5	157.5	0
16	38.6	157.5	0



### Inversione

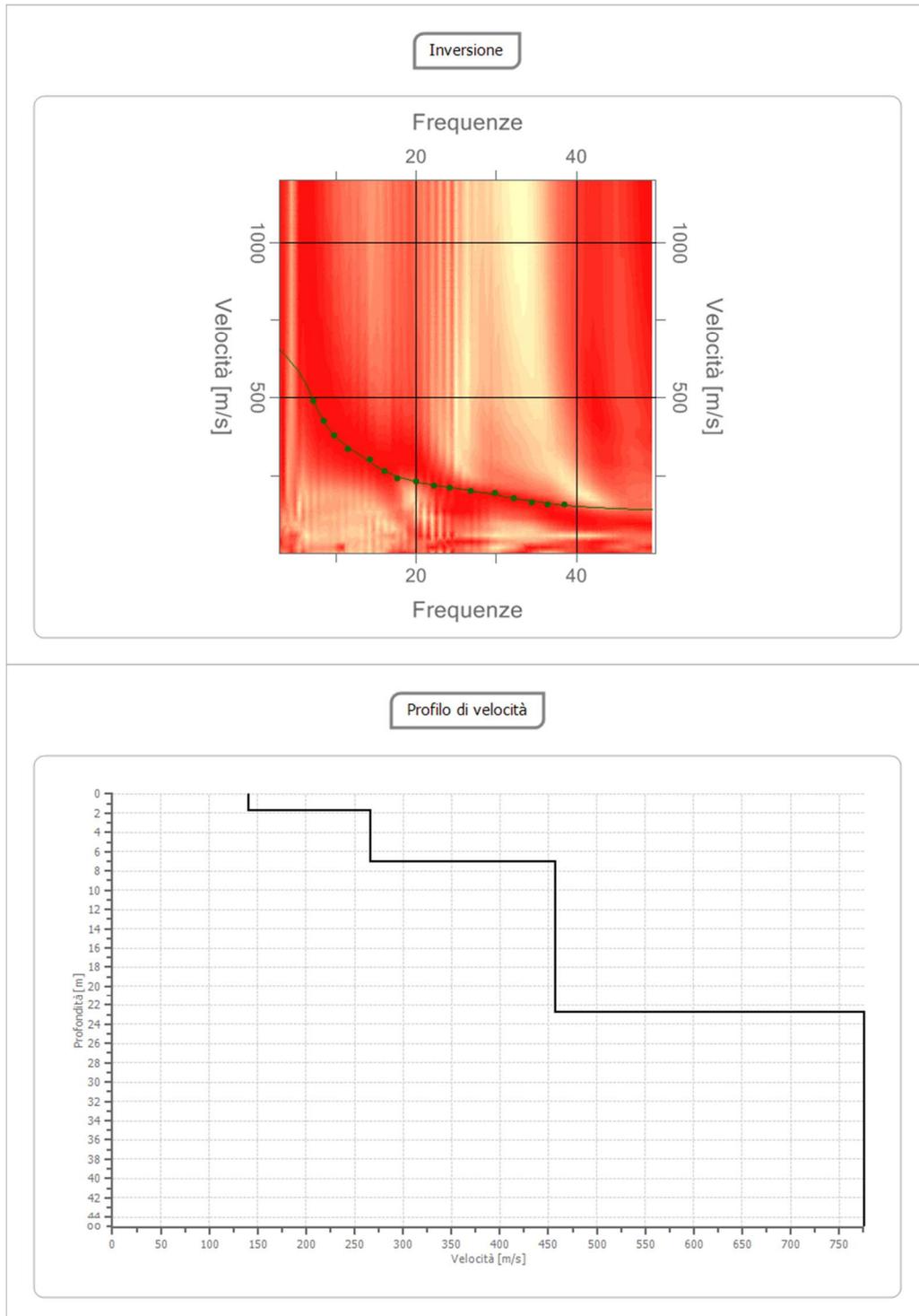
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.77	1.77	1700.0	0.30	No	263.6	140.9
2	7.09	5.33	1800.0	0.30	No	497.6	266.0
3	22.80	15.71	1900.0	0.30	No	854.6	456.8
4	oo	oo	2000.0	0.30	No	1452.6	776.5

Percentuale di errore

0.013 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.014



## Risultati

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b>Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)</b>	393.60
<b>Categoria del suolo</b>	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 <sup>3</sup> ]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.77	1.77	140.90	263.59	1700.00	0.30	33.75	118.12	73.12	87.75	75	130.81
2	7.09	5.33	265.99	497.63	1800.00	0.30	127.35	445.74	275.93	331.12	N/A	3187.09
3	22.80	15.71	456.83	854.64	1900.00	0.30	396.51	1387.78	859.10	1030.92	N/A	N/A
4	oo	oo	776.45	1452.61	2000.00	0.30	1205.75	4220.12	2612.46	3134.95	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

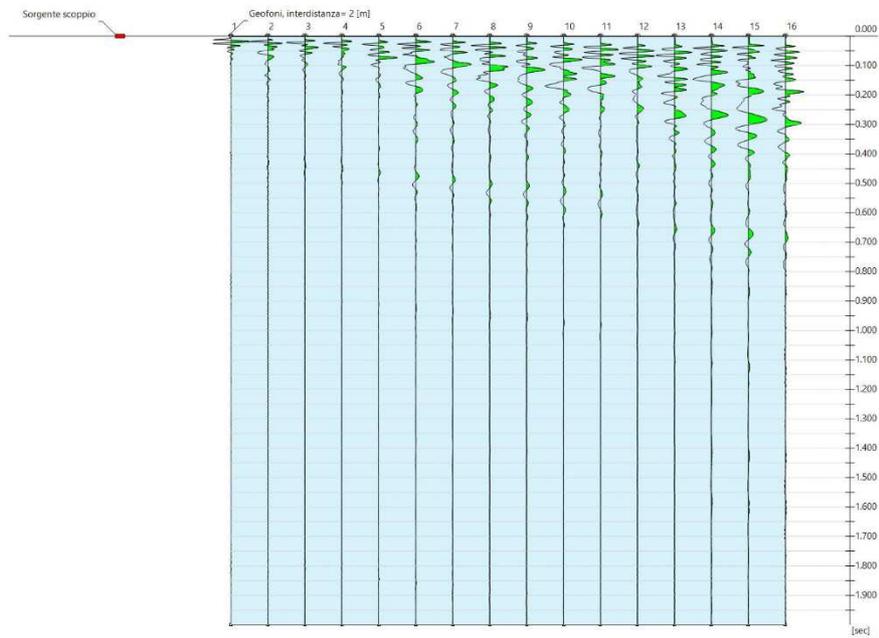
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

## INDAGINE MW5

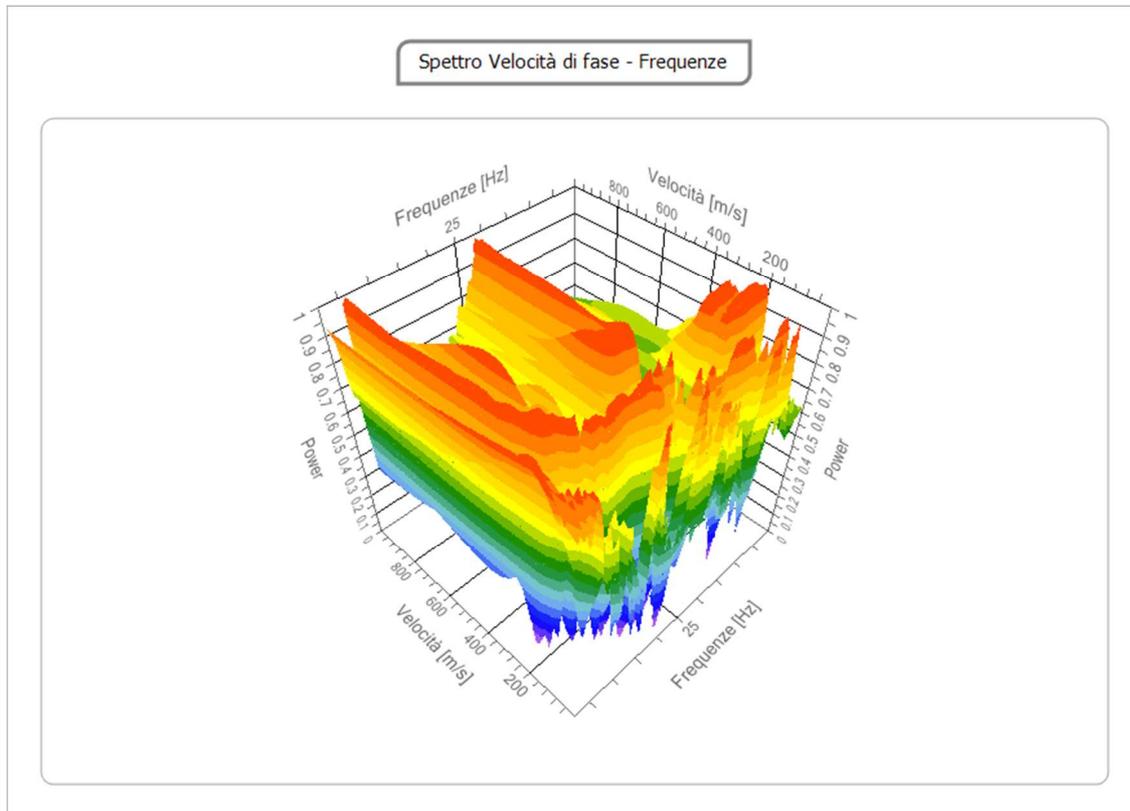
### Tracce

<b>N. tracce</b>	16
<b>Durata acquisizione [msec]</b>	2000.0
<b>Interdistanza geofoni [m]</b>	2.0
<b>Periodo di campionamento [msec]</b>	1.00



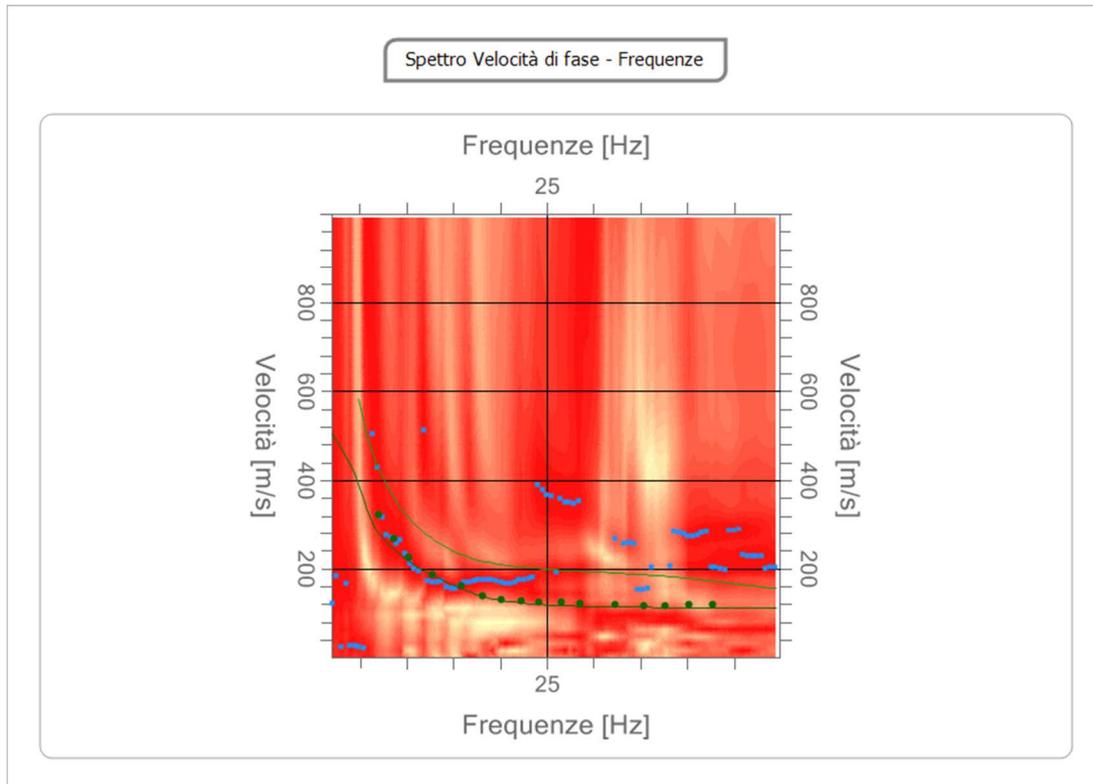
## Analisi spettrale

<b>Frequenza minima di elaborazione [Hz]</b>	2
<b>Frequenza massima di elaborazione [Hz]</b>	50
<b>Velocità minima di elaborazione [m/sec]</b>	1
<b>Velocità massima di elaborazione [m/sec]</b>	1000
<b>Intervallo velocità [m/sec]</b>	1



### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	10.2	226.3	0
2	8.7	267.8	0
3	7.0	324.1	0
4	12.8	187.8	0
5	15.8	161.1	0
6	18.0	140.3	0
7	20.2	131.4	0
8	22.3	128.5	0
9	24.2	125.5	0
10	26.6	125.5	0
11	28.6	122.5	0
12	37.6	116.6	0
13	35.4	116.6	0
14	40.2	119.6	0
15	32.2	119.6	0
16	42.8	119.6	0

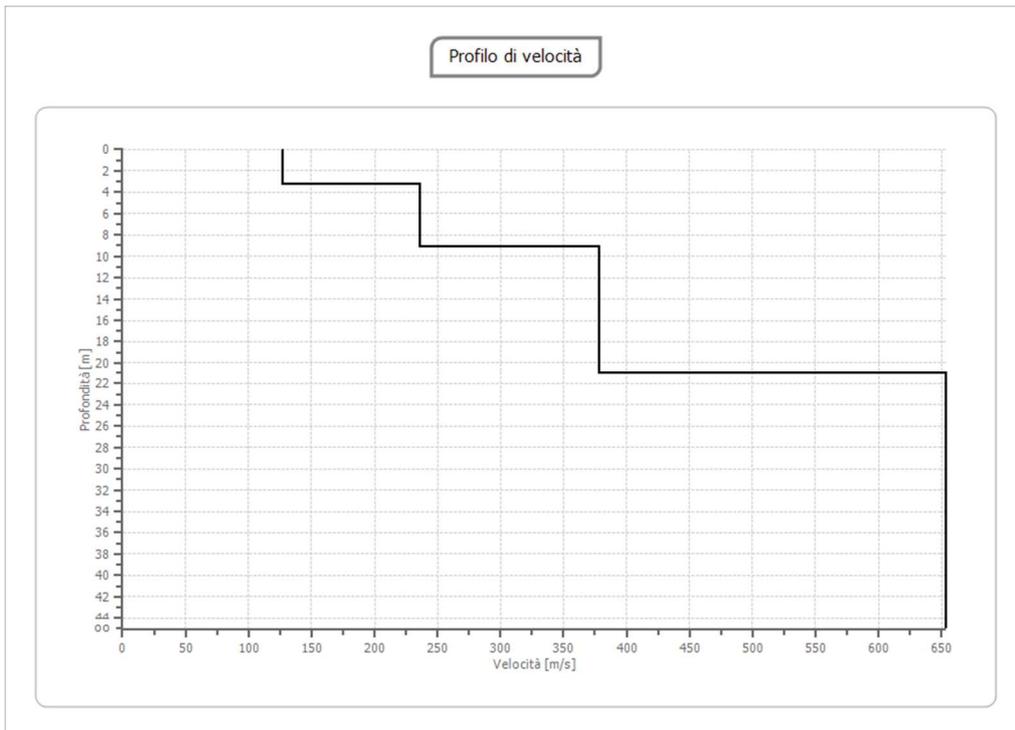
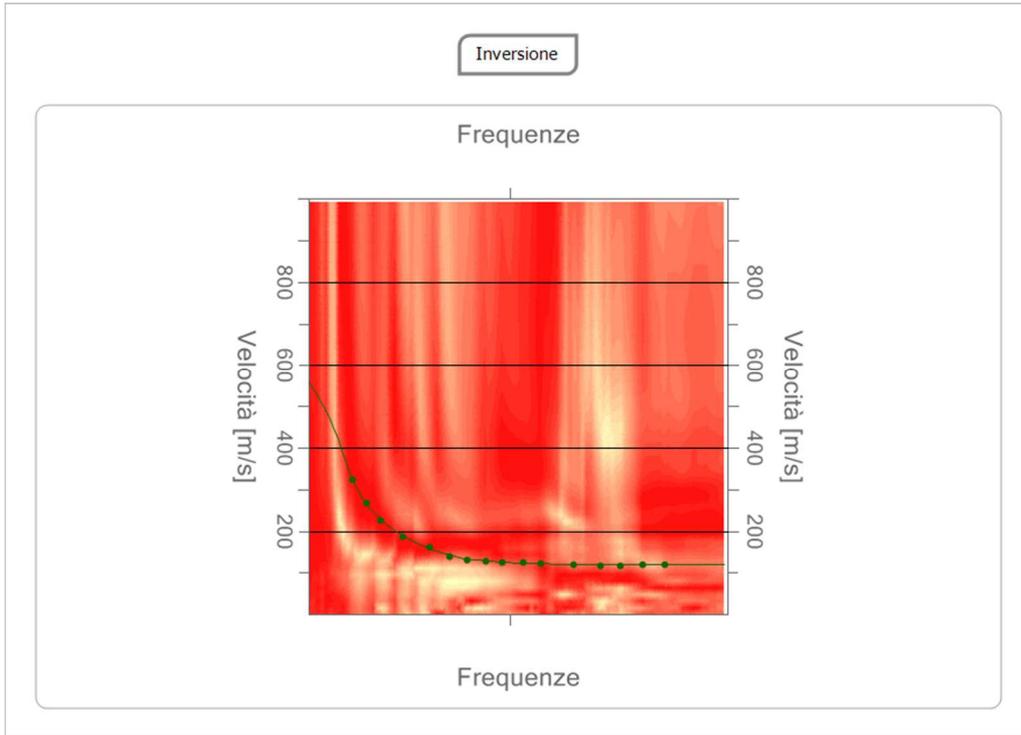


### Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3.27	3.27	1700.0	0.30	No	237.9	127.2
2		9.08	5.81	1800.0	0.30	No	441.5	236.0
3		20.99	11.91	1800.0	0.30	No	707.5	378.2
4		oo	oo	1800.0	0.30	No	1222.8	653.6

Percentuale di errore 0.016 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.013



## Risultati

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b>Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)</b>	313.73
<b>Categoria del suolo</b>	C

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

### Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	3.27	3.27	127.16	237.90	1700.00	0.30	27.49	96.21	59.56	71.47	21	78.12
2	9.08	5.81	235.98	441.48	1800.00	0.30	100.24	350.82	217.18	260.61	N/A	1746.27
3	20.99	11.91	378.15	707.46	1800.00	0.30	257.40	900.89	557.69	669.23	N/A	N/A
4	oo	oo	653.59	1222.75	1800.00	0.30	768.92	2691.23	1666.00	1999.20	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

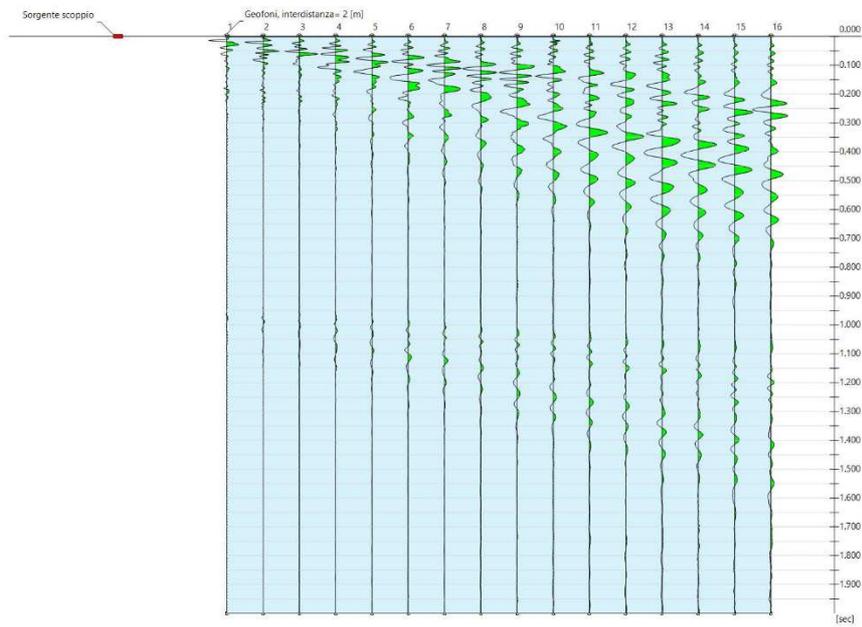
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

## INDAGINE MW6

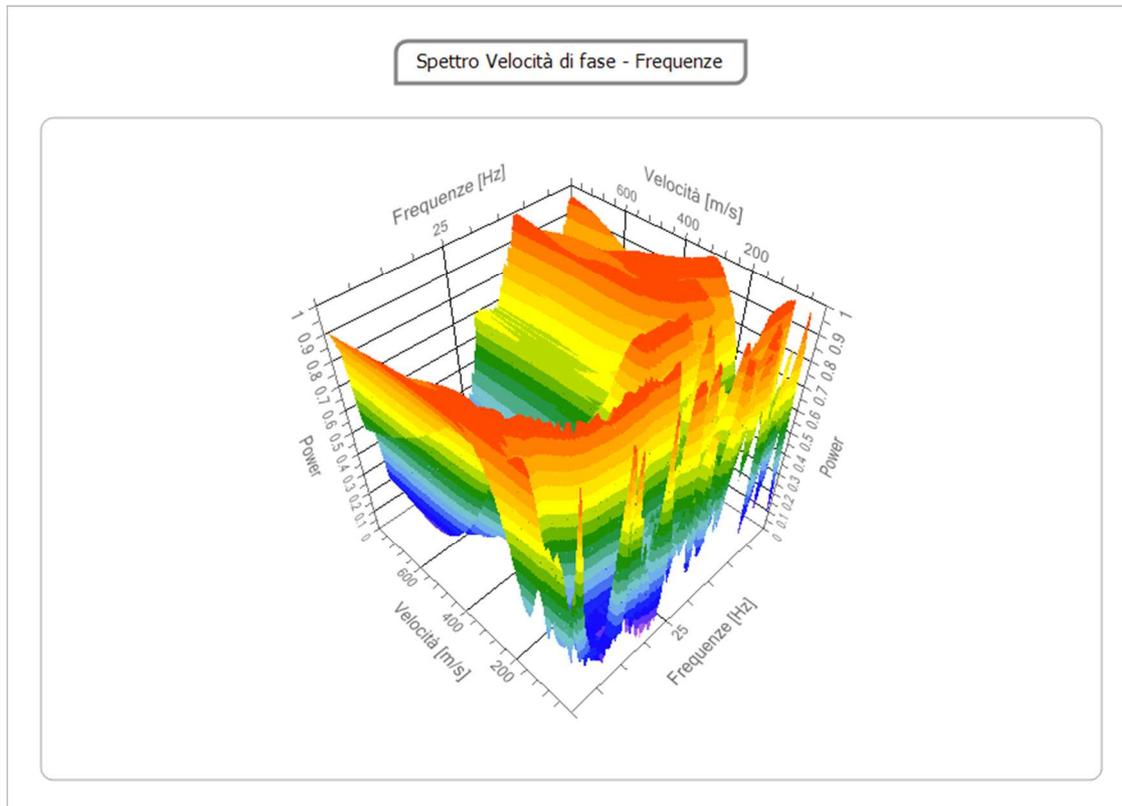
### Tracce

<b>N. tracce</b>	16
<b>Durata acquisizione [msec]</b>	2000.0
<b>Interdistanza geofoni [m]</b>	2.0
<b>Periodo campionamento [msec]</b>	di 1.00



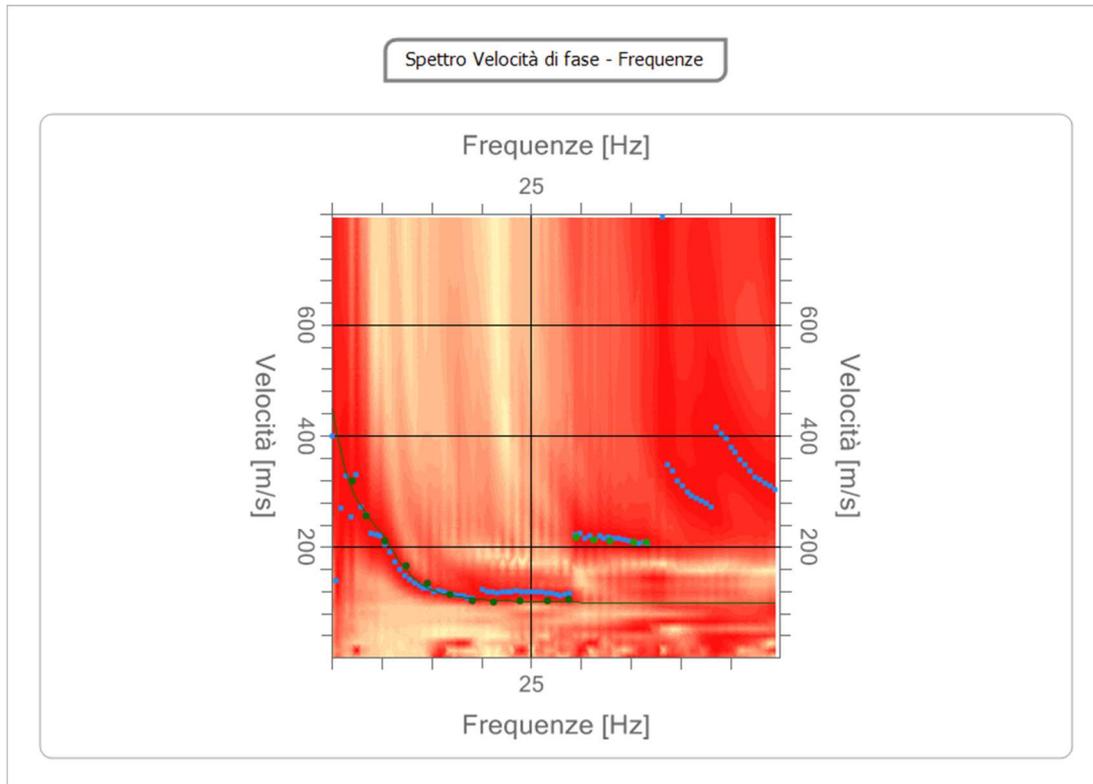
### Analisi spettrale

<b>Frequenza minima di elaborazione [Hz]</b>	5
<b>Frequenza massima di elaborazione [Hz]</b>	50
<b>Velocità minima di elaborazione [m/sec]</b>	1
<b>Velocità massima di elaborazione [m/sec]</b>	800
<b>Intervallo velocità [m/sec]</b>	1



### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	7.0	318.7	0
2	8.5	257.1	0
3	10.3	209.6	0
4	12.4	164.2	0
5	14.6	134.7	0
6	16.8	114.2	0
7	19.1	103.0	0
8	21.3	101.3	0
9	23.9	102.9	0
10	26.6	102.9	0
11	28.7	105.3	0
12	29.5	216.8	1
13	31.3	212.0	1
14	32.9	209.6	1
15	35.3	207.3	1
16	36.6	207.3	1



### Inversione

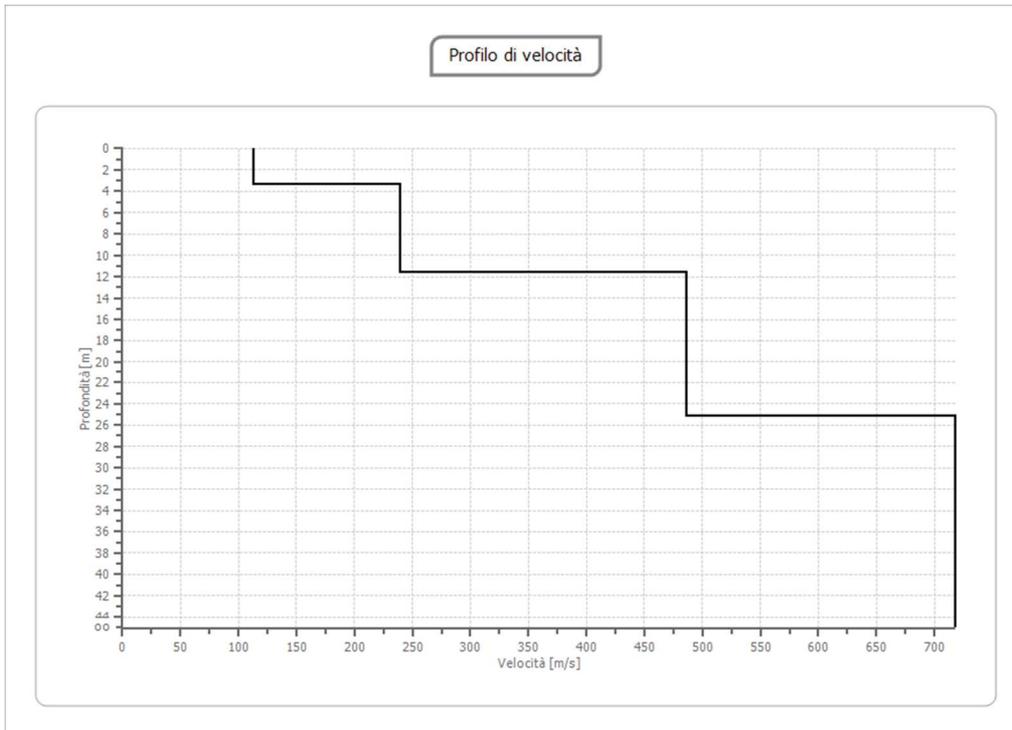
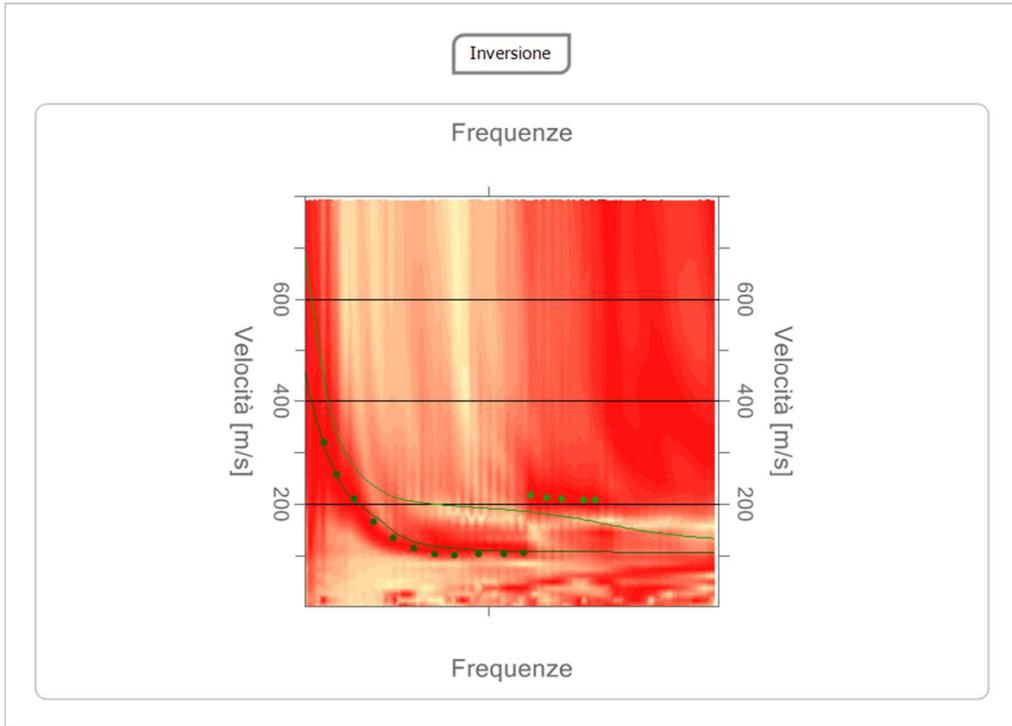
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	3.36	3.36	1700.0	0.35	No	234.6	112.7
2	11.62	8.26	1800.0	0.30	No	446.8	238.8
3	25.16	13.54	1900.0	0.30	No	908.9	485.8
4	oo	oo	2000.0	0.30	No	1344.1	718.5

Percentuale di errore

1.374 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.116



## Risultati

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b>Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)</b>	302.99
<b>Categoria del suolo</b>	C

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

### Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	3.36	3.36	112.71	234.63	1700.00	0.35	21.60	93.59	64.79	58.31	10	42.61
2	11.62	8.26	238.85	446.84	1800.00	0.30	102.69	359.40	222.49	266.98	N/A	1855.52
3	25.16	13.54	485.80	908.85	1900.00	0.30	448.41	1569.43	971.55	1165.86	N/A	N/A
4	oo	oo	718.45	1344.10	2000.00	0.30	1032.34	3613.19	2236.74	2684.09	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

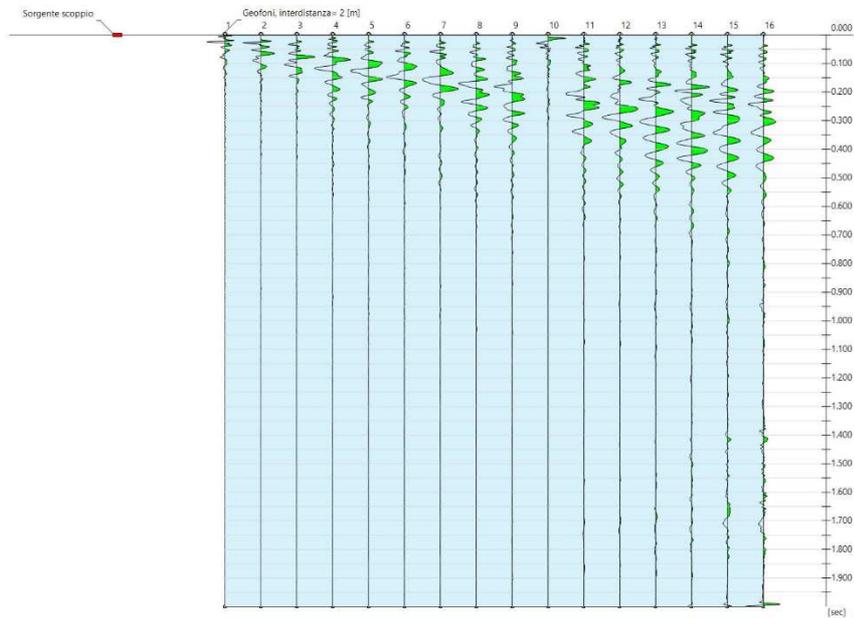
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

## INDAGINE MW7

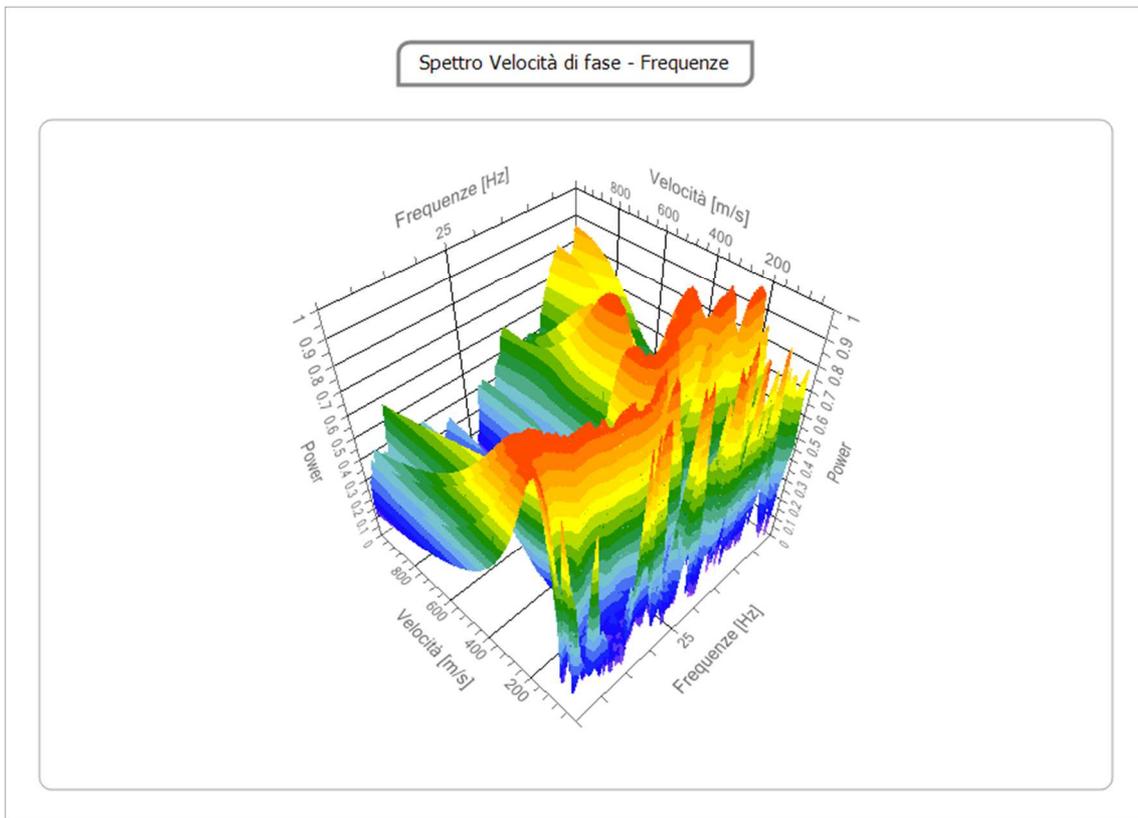
### Tracce

<b>N. tracce</b>	<b>16</b>
<b>Durata acquisizione [msec]</b>	<b>2000.0</b>
<b>Interdistanza geofoni [m]</b>	<b>2.0</b>
<b>Periodo campionamento [msec]</b>	<b>di 1.00</b>



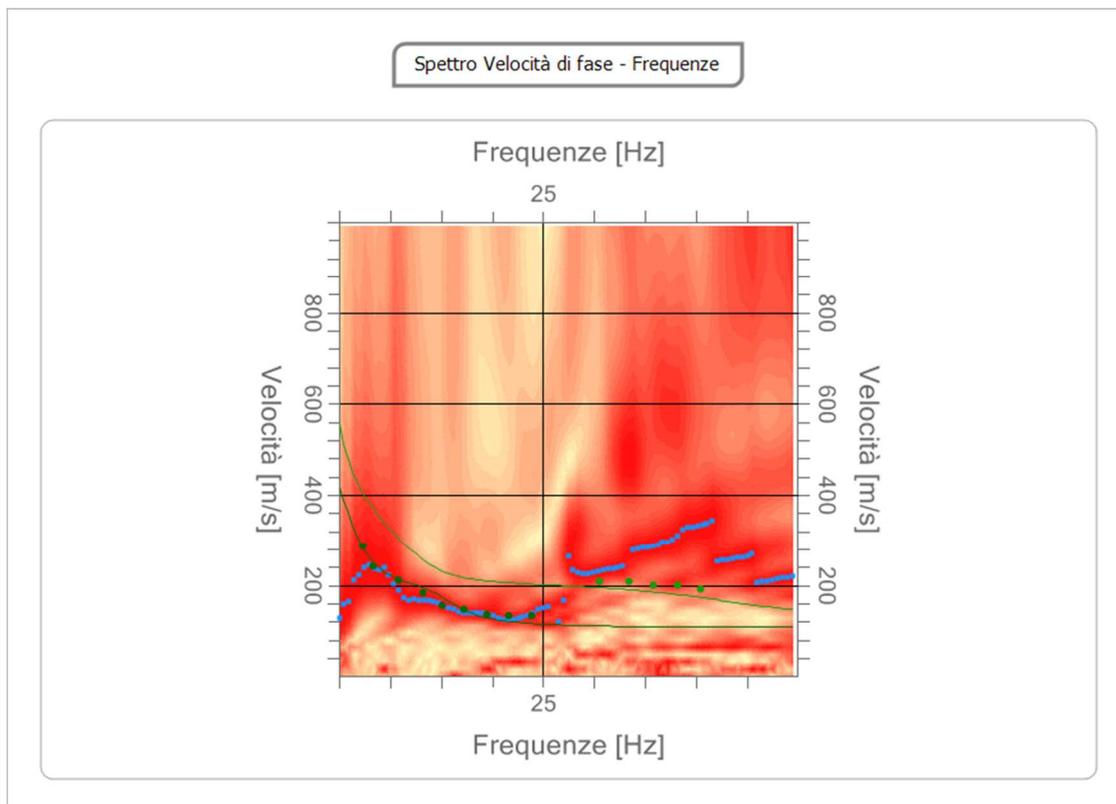
## Analisi spettrale

**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]** 1000  
**Intervallo velocità [m/sec]** 1



### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	7.3	285.6	0
2	8.3	241.1	0
3	10.9	211.5	0
4	13.3	184.8	0
5	15.1	155.1	0
6	17.3	146.3	0
7	19.5	137.4	0
8	21.7	134.4	0
9	23.9	134.4	0
10	30.6	208.5	1
11	33.4	208.5	1
12	35.8	199.6	1
13	38.2	199.6	1
14	40.5	190.7	1

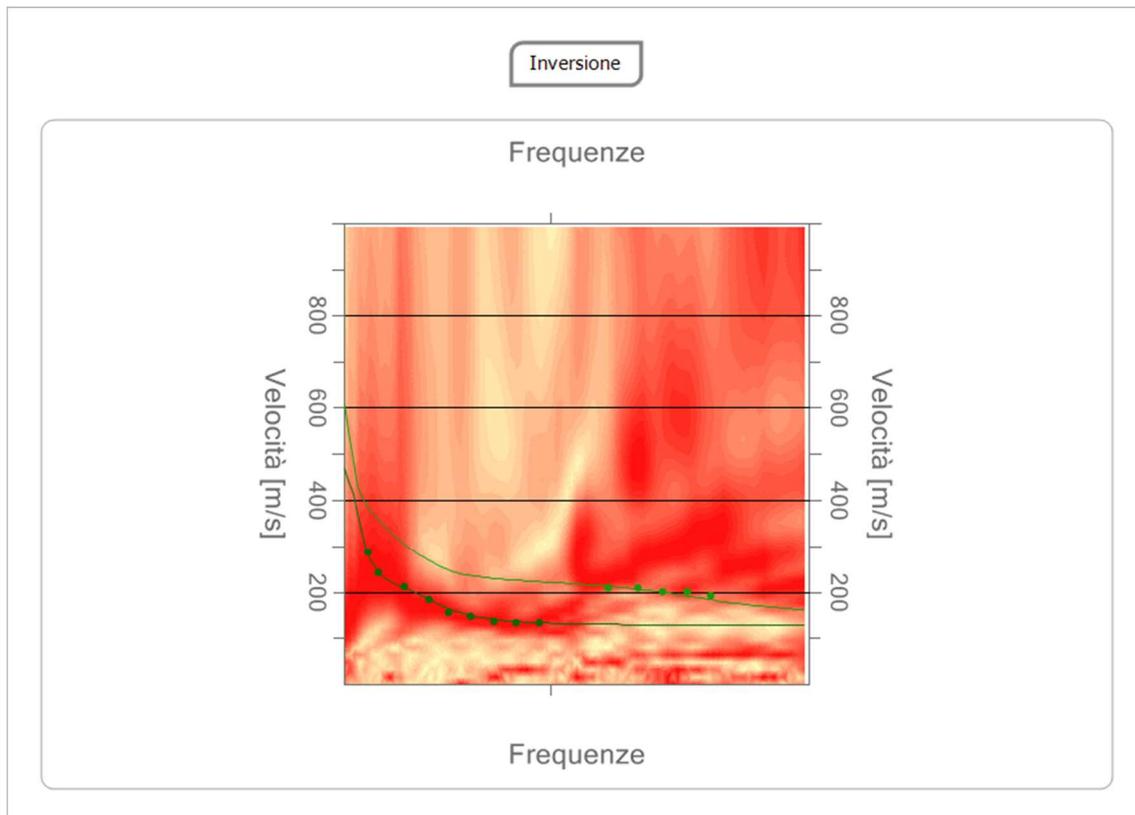


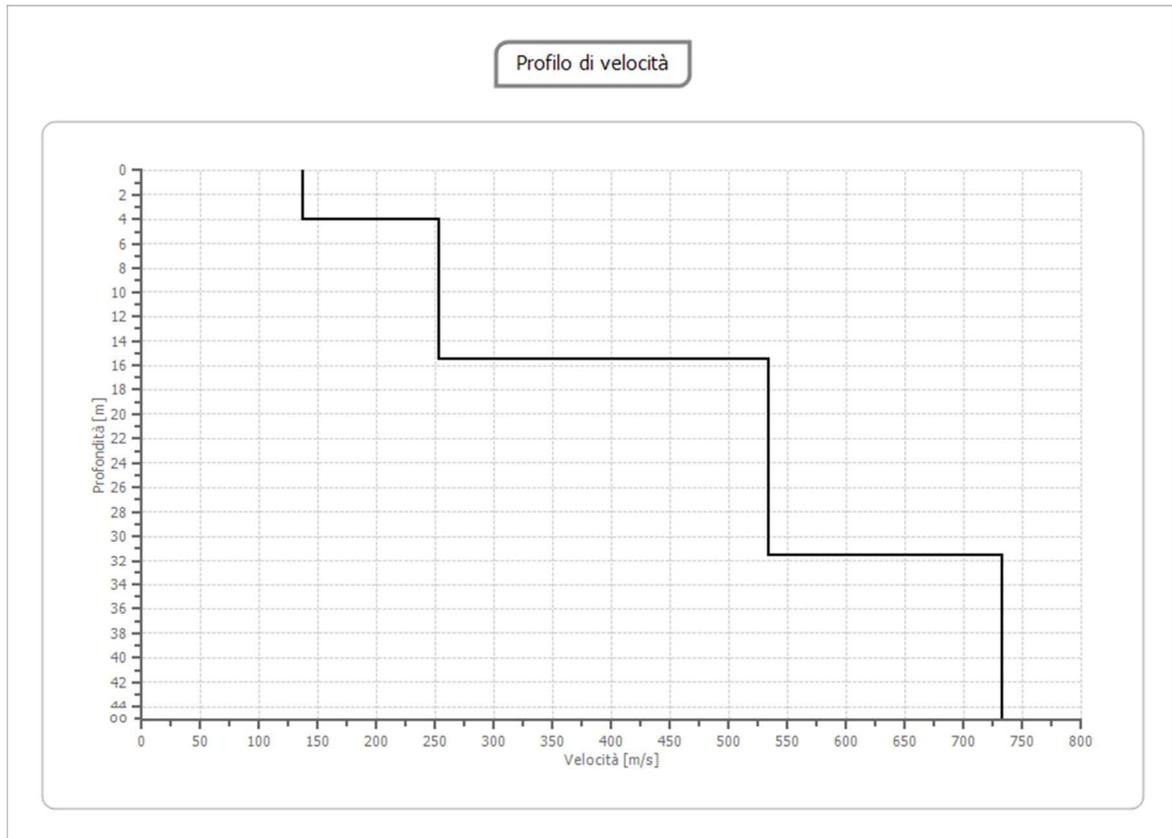
### Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	3.99	3.99	1700.0	0.35	No	284.6	136.7
2	15.56	11.56	1800.0	0.35	No	525.8	252.6
3	31.52	15.97	1900.0	0.35	No	1110.2	533.3
4	∞	∞	2000.0	0.35	No	1524.5	732.3

Percentuale di errore 0.057 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.026





## Risultati

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b>Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)</b>	293.91
<b>Categoria del suolo</b>	C

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

### Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	3.99	3.99	136.71	284.59	1700.00	0.35	31.77	137.68	95.32	85.79	25	112.41
2	15.56	11.56	252.56	525.75	1800.00	0.35	114.82	497.55	344.46	310.01	N/A	2456.64
3	31.52	15.97	533.33	1110.22	1900.00	0.35	540.44	2341.93	1621.33	1459.20	N/A	N/A
4	oo	oo	732.33	1524.47	2000.00	0.35	1072.61	4648.00	3217.84	2896.06	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto Indagini Sismiche Rz1-Mw1



Foto Indagini Sismiche Rz2-Mw2



Foto Indagini Sismiche Rz3-Mw3



Foto Indagini Sismiche Rz4-Mw4



Foto Indagini Sismiche Rz5-Mw5



Foto Indagini Sismiche Rz6-Mw6



Foto Indagini Sismiche Rz7-Mw7

TAV.14 - CARTA DELL'UBICAZIONE INDAGINI

Scala 1:5.000

- IMPIANTO DI PROGETTO
- Stradegenerazioni
- Strade Nuove
- Strade in Allargamento
- Strade Esistenti
- INDAGINI SISMICHE MASW E RIPRAZIONE
- Viabilità di Carriere
- Piazze definitive
- Piazze provvisorie
- Cavalcato 360°
- Cabine di Smontamento
- MW - RZ

