



# COMUNE DI CAMINI


Provincia di Reggio Calabria

## PROGETTO TRAVATURA-CATENACCI

*Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato  
Travatura-Catenacci nel comune di Camini (RC)*



Aggiornamento	1	Data	Luglio 2025	Scala	-
---------------	---	------	-------------	-------	---

Progettista:		Geologo:	
 Energywe s.r.l. Via N. Lombardi 1 88100 Catanzaro P.I. 03141280796		Ing. Eugenio Canino Dott. Geol. Ezio Infelise	

Titolo Elaborato:	Elaborato
RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA DI BASE	PR 12A

Committente	Visti
ReRe 46 s.r.l. Piazza Borromeo, 14 20123 Milano (MI)  ReRe 46 s.r.l. Gruppo Renera	

## SOMMARIO

<b>1.</b>	<b>GENERALITÀ .....</b>	<b>2</b>
1.1	NATURA DELLA PERIZIA.....	2
1.2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	2
<b>2.</b>	<b>LA ZONA IN STUDIO.....</b>	<b>5</b>
2.1	SITUAZIONE GEOLOGICA E TETTONICA .....	5
2.2	ELEMENTI DI GEOMORFOLOGIA .....	16
2.3	CONDIZIONI IDRAULICHE SUPERFICIALI ED IDROGEOLOGIA.....	18
2.4	SITUAZIONE P.A.I. ....	20
<b>3.</b>	<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITU.....</b>	<b>22</b>
3.1	PREMESSA .....	22
3.2	INDAGINI GEOFISICHE (SISMICA A RIFRAZIONE E MASW) .....	22
3.3	STRATIGRAFIA E CARATTERISTICHE TECNICHE DEI TERRENI INDAGATI.....	27
<b>4.</b>	<b>CLASSIFICAZIONE SISMICA.....</b>	<b>28</b>
4.1	PREMESSA .....	28
4.2	VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO.....	28
4.3.	STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO E PERIODO DI RITORNO.....	30
4.4	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE .....	32
4.5	PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO .....	33
4.5.1	COEFFICIENTI SISMICI.....	33
4.5.2	STABILITÀ DEI PENDII E FONDAZIONI.....	34
4.6	STORIA SISMICA DEL SITO .....	35
4.6.1	PERICOLOSITÀ SISMICA SITO 1 .....	37
4.6.2	PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO.....	39
4.7	LIQUEFAZIONE .....	49
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>51</b>

## 1. GENERALITÀ

### 1.1 NATURA DELLA PERIZIA

Il sottoscritto Dott. Geol. Ezio INFELISE, iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi della Calabria con il numero di riferimento 729 dell'elenco ordinario, ha ricevuto dalla ENERGYWE s.r.l. l'incarico di eseguire una relazione geologica a compendio dello studio di impatto ambientale per: *“Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato Travatura-Catenacci nel comune di Camini (RC)”*. Per l'ubicazione dell'area si rimanda alle tavole del progetto.

L'area in studio ha le seguenti coordinate geografiche specificate per i siti di intervento (SISTEMA DI RIFERIMENTO WGS 84):

	SITO 1	SITO 2
LATITUDINE	38.425670° N	38.430366° N
LONGITUDINE	16.538227° E	16.521175° E

La presente relazione si prefigge lo scopo di definire i lineamenti geologici e geomorfologici di superficie, le principali caratteristiche idrologiche e idrogeologiche desumibili da cartografia o da emergenze idriche prossime all'area in studio.

L'indagine si è articolata nelle seguenti fasi:

- sopralluogo preliminare necessario per prendere visione dello stato dei luoghi e raccogliere tutta la documentazione occorrente;
- rilievo dei dati geologici di superficie in un ambito areale significativo;
- acquisizione di tutti i parametri fisici dei terreni presenti, mediante ricerca bibliografica e/o desumibili da studi eseguiti nelle vicinanze, così come previsto dalla normativa vigente..
- esecuzione di quattro indagini geofisiche (due sismiche a rifrazione e due MASW)
- Elaborazione dati e stesura della presente relazione.

### 1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta conformemente al sottoelencato panorama legislativo:

· R.D. 3267/1923;

· La presente relazione è stata redatta conformemente al sottoelencato panorama legislativo:

- R.D. 3267/1923;
- Legge del 02/02/74 n° 64 *“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”*;
- D.M. 11/03/88, *“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, criteri generali e prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”* e successive modifiche ed integrazioni;
- DPR 5 giugno 2001 n. 328 *“Modifiche ed integrazioni della disciplina dei requisiti per l'ammissione all'esame di Stato e delle relative prove per l'esercizio di talune professioni, nonché della disciplina dei relativi ordinamenti”*;
- DPR 6 giugno 2001 n.380 *“Testo unico per l'edilizia”*;
- OdPCM n. 3274 del 20 marzo 2003 et s.m.i. *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”*;
- D.M. 14 gennaio 2018 e s.m.i. *“Norme Tecniche per le Costruzioni”*;
- Circolare C.S.LL.PP 21 Gennaio 2019 n. 7 - *” Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento Norme Tecniche per le costruzioni “*

**e tenuto conto di:**

- *“Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico Regione Calabria” (PAI) approvato con delibera di Giunta Regionale n. 900 del 31 ottobre 2001 e Consiglio Regionale, n.115 del 28 dicembre 2001, aggiornato con Delibera del C.I. n. 27 del 02/08/2011;*
- Legge Regionale 16 aprile 2002 n.19 – Norme per la tutela, governo ed uso del territorio – Legge Urbanistica della Calabria.
- Regione Calabria *“Deliberazione n.47 del 10 febbraio 2004”*, che aggiorna la classificazione sismica del territorio regionale recependo integralmente l'individuazione dei comuni classificati sismici come da elenco riportato nell'Allegato A della Ordinanza P.C.M. 3274 del 20.03.2003 (e succ. mod. et int.);
- Legge Regionale 3 agosto 2018, n. 25 *“Norme in materia di tutela delle prestazioni professionali per attività espletate per conto dei committenti privati e di contrasto all'evasione fiscale.”* *“Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico Regione Calabria” – Rischio Idraulico – Misure di Salvaguardia collegate alla adozione dei progetti di variante predisposti in attuazione degli aggiornamenti dei PAI alle nuove mappe del PGRA di cui alla delibera Cip n. 1 del 20/12/2019*
- Autorità di Bacino Distretto dell'Appennino Meridionale – delibera n. 2 del 24 10 2024 - Adozione del Progetto di Piano Stralcio di Bacino del Distretto Idrografico



dell'Appennino Meridionale per l'Assetto, la Mitigazione e la Gestione del rischio da Alluvioni – Calabria/Lao (PSdGDAM-RisAl-Cal/L) e delle correlate Misure di Salvaguardia

- Legge regionale 17 settembre 2020, n. 16 Procedure per la denuncia, il deposito e l'autorizzazione di interventi di carattere strutturale e per la pianificazione territoriale in prospettiva sismica. (BURC n. 89 del 17 settembre 2020)
- *Delibera G.R. n. 503 del 22/12/2020 – approvazione Regolamento Regionale n° 20 - PROCEDURE PER LA DENUNCIA, IL DEPOSITO E L'AUTORIZZAZIONE DI INTERVENTI DI CARATTERE STRUTTURALE E PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE IN PROSPETTIVA SISMICA” DI CUI ALLA LEGGE REGIONALE N. 37 DEL 28 DICEMBRE 2015. (pubblicata sul BURC n. 1 del 4/01/2021)*
- L.R. n° 4/2022 “Disposizioni in materia di vincolo idrogeologico”

### 1.3 ELABORATI

La perizia seguente contiene in dettaglio i dati raccolti ed i risultati ottenuti ed è inoltre corredata dai seguenti elaborati:

1. Allegato 1: Elaborati analitici e grafici relativi alle indagini geofisiche (Sismica a rifrazione e MASW);

## 2. LA ZONA IN STUDIO

### 2.1 SITUAZIONE GEOLOGICA E TETTONICA

La situazione geologica generale secondo quanto riportato nella cartografia esistente in bibliografia:

- ❖ Carta Geologica della Calabria Foglio 247 III N.O. ( Stilo) in scala 1:25.000 a cura della Cassa per il Mezzogiorno

Nell'area, sono presenti due formazioni geologiche, descritta come segue nella legenda della cartografia:

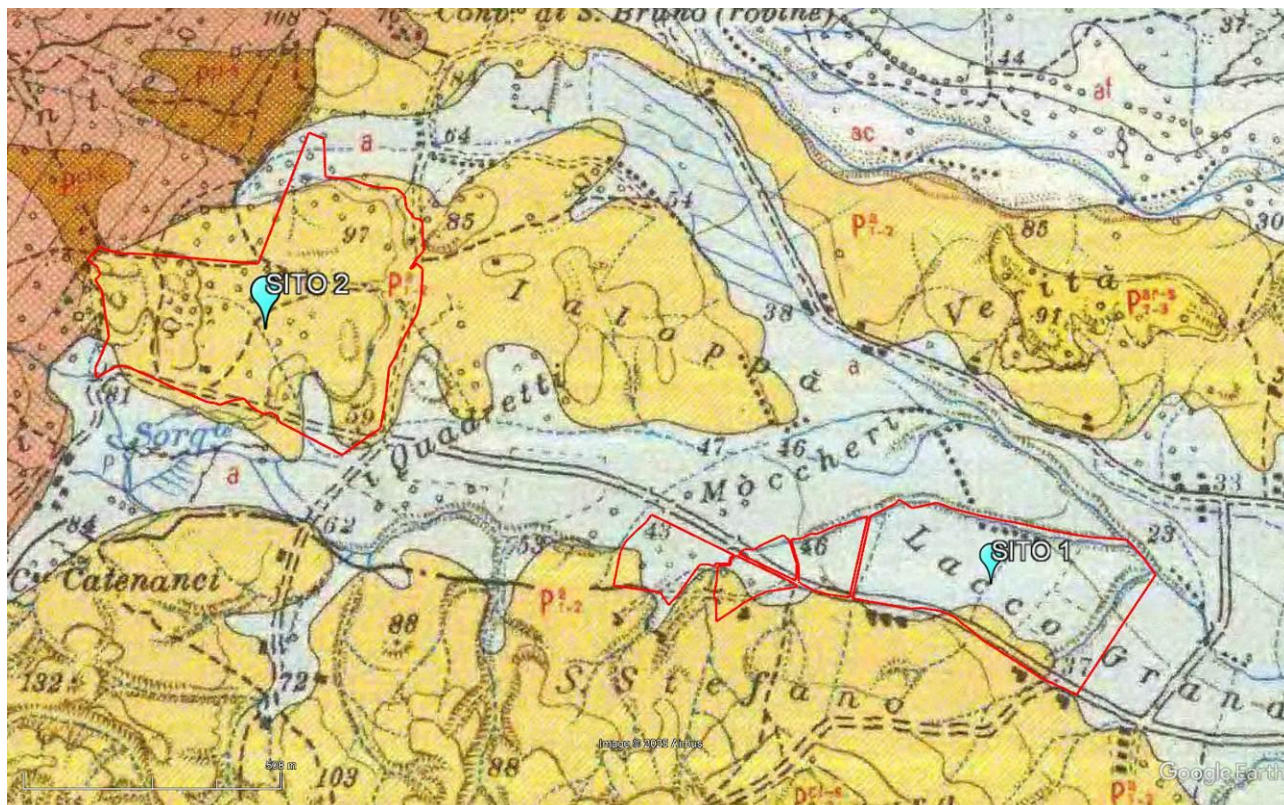
- (a) – Prodotti di soliflussione e dilavamento, talora misti a materiali alluvionali. Epoca: *Recente*
- (P<sup>a</sup><sub>1-2</sub>) – Argille, argille siltose e silts, da grigio-chiare a brune, con locali intercalazioni sabbiose. Contengono per lo più una ricca microfauna a foraminiferi (...) Questo complesso presenta una scarsa resistenza all'erosione e , lungo i pendii più ripidi, le argille possono dar luogo a movimenti franosi. Permeabilità bassa. Epoca: *Pliocene Medio*

L'impianto in progetto ricade all'interno delle due litologie sopra descritte come si evince dal rilevamento geologico eseguito e dalla consultazione della cartografia su citata (Fig1).

In particolare la parte orientale, contrassegnata con la denominazione SITO 1, ricade all'interno delle alluvioni caratterizzate dalla presenza di ghiaia e sabbia che rappresentano il sedime delle aree poste in prossimità degli assi di drenaggio, costituito da depositi recenti, a granulometria estremamente variabile, generalmente grossolana, con clasti sub-arrotondati, a volte molto alterati, immersi in una matrice sabbioso-limosa. Presentano scarsa resistenza all'erosione e permeabilità elevata. Il loro spessore mediamente è compreso tra 5 e 10 metri.

La porzione occidentale dell'area dell'impianto, contrassegnata con la denominazione SITO 1, ricade all'interno delle argille siltose che presentano delle sottili intercalazioni di sabbie, talora cementate con abbondante microfauna di foraminiferi varia e ben conservata. Esso presenta scarsa resistenza all'erosione e bassa permeabilità, dando luogo a estesi fenomeni erosivi, con forme calanchive spinte e occasionalmente a fenomeni franosi. Questi fenomeni interessano in maniera specifica la porzione superficiale della formazione che si presenta poco

consistente con un addensamento che aumenta con la profondità come risulta, inoltre, dalle indagini geofisiche eseguite.



Prodotti di solifusione e dilavamento, talora misti a materiali alluvionali.

Argille, argille siltose e silts, da grigio-chiare a brune, con locali intercalazioni sabbiose. Contengono per lo più una ricca microfauna a foraminiferi, con specie planctoniche e bentoniche, fra cui: *Ellipsoidina ellipoides* SEGUENZA, *Globorotalia hirsuta* (d'ORBIGNY), *Hastigerina siphonifera* (d'ORBIGNY), *Orbulina universa* (d'ORBIGNY), *Pleurostomella alternans* SCHWAGER. Macrofauna talora abbondante, fra cui: *Nucula sulcata* BRONN, *Corbula gibba* OLIVI, *Nassarius semistriatus* BROCCHI, *Dentalium rectum* GMLIN. Localmente nelle parti superiori del complesso argilloso si è riscontrata una microfauna calabrianica comprendente: *Anomalina balthica* (SCHROETER), *Bulimina marginata* d'ORBIGNY, *Cassidinoides bradyi* (NORMAN). Questo complesso presenta una scarsa resistenza all'erosione e, lungo i pendii più ripidi, le argille possono dar luogo a movimenti franosi. Permeabilità bassa.

Limite lito-stratigrafico:  
(o = Discordanza stratigrafica).

Livello guida.

Immersione ed inclinazione degli strati:

Faglia:

Faglia: componente verticale del movimento:

Terrazzo morfologico:

Terrazzo morfologico coincidente con il limite lito-stratigrafico.

Traccia della sezione.

certo  
probabile  
possibile, incerto.

inferiore a 15°

15°-50°

certa  
probabile, dedotta.

lato rialzato  
lato abbassato.

Fig. 1 - Stralcio della Carta Geologica della Calabria Foglio 247 III N.O. (Stilo) in scala 1:25.000 a cura della Cassa per il Mezzogiorno (area in studio poligoni rosso)

Il contesto geologico strutturale nel quale si colloca il territorio del Comune di Camini, è la parte medio bassa del Bacino della Fiumara Stilaro, compresi nel versante ionico del massiccio delle Serre. Essi si inquadrano nell'ambito geologico generale dell'edificio a falde che costituisce il nucleo della Catena Montuosa Calabra. Tale catena si erge bruscamente, raggiungendo quote superiori ai 1.500 m entro appena 5-6 km dalla costa; geologicamente "giovane" e ancora oggi in forte sollevamento (iniziato nel Miocene superiore-Pliocene inferiore). Il tasso di sollevamento annuo, per il settore morfostrutturale di riferimento al cui interno s'inquadra l'area d'intervento, è molto articolato ma sono state valutate punte massime intorno a 1.0 mm/anno sia nell'ultimo milione di anni che per gli ultimi 120 ka (Sorriso Valvo & Tansi, 1993).

L'arco calabro che comprende, oltre al Massiccio delle Serre, la Catena Costiera i rilievi della Sila e dell'Aspromonte, è costituito da una successione di coltri di ricoprimento di rocce prevalentemente cristalline, il cui trasporto e sollevamento appartiene a tempi geologici più antichi rispetto alla Catena appenninica. L'arco calabro considerato come una piccola parte della catena alpina è normalmente distinto dalla Catena appenninica per l'età, la natura e l'evoluzione delle unità tettoniche che lo compongono; è strettamente saldato alla catena appenninica e lo ricopre geometricamente con sovrapposizione diretta nella Catena Costiera, dove è possibile rinvenire in affioramento lembi della Catena "appenninica" al di sotto della catena "alpina". Su questo substrato si adagiano i depositi post-orogenici trasgressivi sulle unità appenniniche e su quelle alpine. Essi sono riferibili a due cicli sedimentari, di età compresa tra il Miocene medio e l'Olocene (quaternario recente). Si tratta nel complesso di argille, marne, arenarie, conglomerati, evaporiti, sabbie. I sedimenti più antichi sono stati coinvolti nel messiniano in una fase tettonica con traslazioni orizzontali che ha determinato una evidente discordanza angolare tra i terreni appartenenti ai due cicli sedimentari.

Le caratteristiche geomorfologiche attuali dell'area sono strettamente correlate alle modificazioni a livello strutturale, indotte dall'evoluzione dell'arco calabro e dei bacini ad esso connessi, e da fenomeni regionali di sollevamento e di deformazione tettonica. Il settore settentrionale della Calabria si differenzia dal settore meridionale a partire dal Tortonian superiore, con l'apertura del bacino tirrenico. In tale periodo l'Arco calabro, già completamente costituito nella sua struttura a falde, migra rapidamente verso l'area oceanica ionica che subduce sotto il margine esterno della catena (Finetti e Del Ben 1986, Patacca e Scandone 1989). I confini dell'Arco, inteso come elemento crostale neogenico cinematicamente indipendente, sono tradizionalmente identificati con i grandi binari

trascorrenti, rispettivamente sinistro e destro, della linea del Pollino a NE e della linea di Taormina a SO.

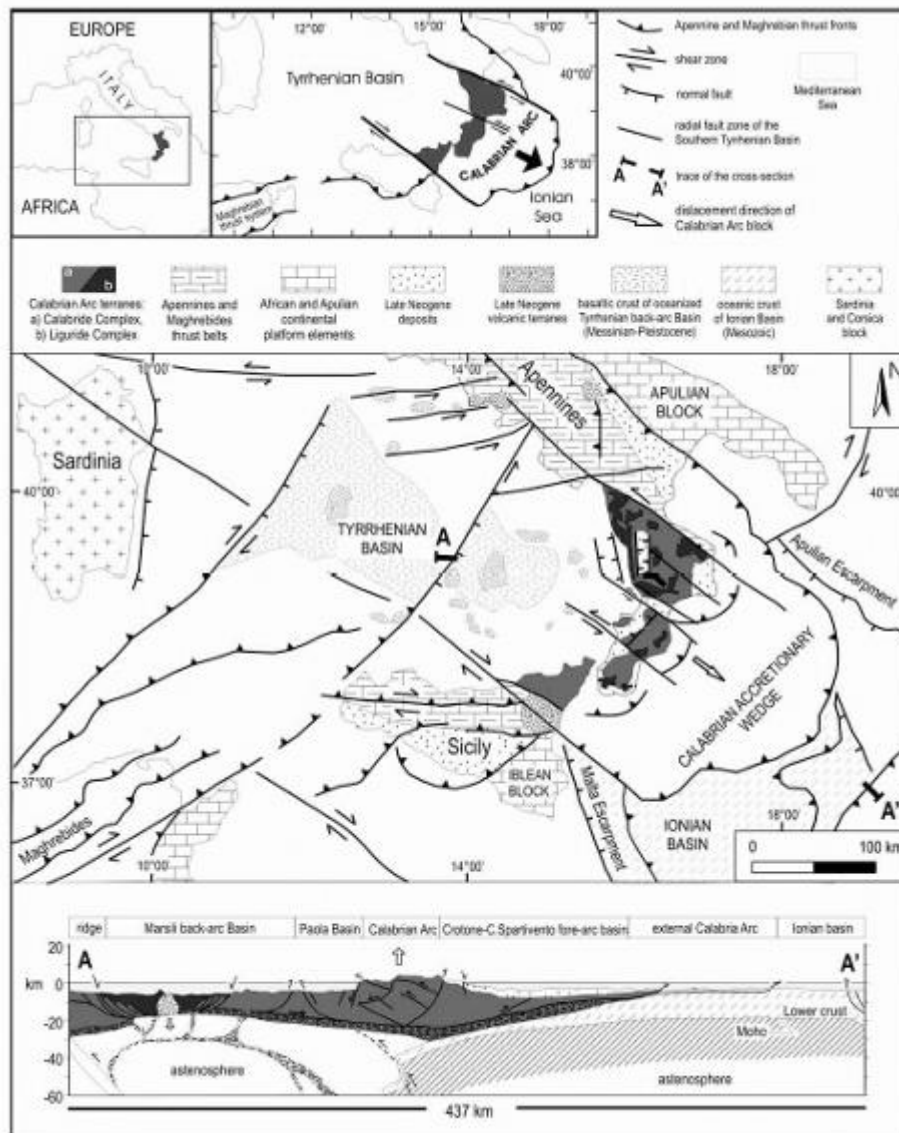


Fig. 2 - Mappa geologico strutturale schematica del Mediterraneo centrale con sezione geologica schematica (Van Dijk et al., 2000, modificato).

La dinamica superficiale mio-pliocenica, registrata negli ampi bacini sedimentari che occupano le depressioni tettoniche assiali e trasversali alla catena, rivela la prevalenza di deformazioni estensionali con direzione di trasporto tettonico verso SO. L'assenza di forti deformazioni compressive sul fronte esterno e la geometria molto inclinata del piano di Benioff delineato dalla sismicità sub-crostante (Guerra et alii 1991) indicano fenomeni di subduzione passiva della placca ionica cui si correlano movimenti di roll-back della catena calabro peloritana (Malinverno e Ryan 1986; Anderson e Jackson 1987). L'ultima fase di costruzione dell'Arco Calabro-Peloritano inizia verso la fine del Pleistocene inferiore in



concomitanza con il verificarsi di un insieme di fenomeni geologici di interesse regionale. In questo periodo iniziano a formarsi gli edifici vulcanici attuali dell'Etna e delle isole Eolie, si attivano i vulcani sottomarini Palinuro e Marsili, il centro di espansione del Tirreno si sposta dall'area centrale (edifici del Magnaghi e del Vavilov) all'area sud-orientale (edificio del Marsili), come svincolo cinematico settentrionale della placca calabra la linea di Palinuro si sostituisce alla linea del Pollino mentre il trasporto tettonico passa dalla direzione NO-SE a O-E. In conseguenza di questi eventi l'Arco Calabro subisce una serie di fasi tettoniche distensive e trascorrenti che portano ad una sua segmentazione ad opera di importanti sistemi di faglie organizzate secondo sistemi longitudinali e trasversali rispetto alle direttrici strutturali della catena calabra. In conseguenza di questo l'Arco Calabro è stato interessato da un'intensa fase tettonica post-orogonica trascorrente ed estensionale: quest'ultima, iniziata nel Pliocene superiore ma particolarmente intensa nel Pleistocene medio (e tutt'ora in atto), è legata al sollevamento isostatico dell'Arco stesso, prodottosi in seguito al distaccamento in profondità della placca jonica subdotta (Westaway, 1993; Wortel & Spacman, 1993; De Jonge et alii, 1994; Tortorici et alii, 1995; Monaco et alii, 1996).



Fig. 3 - Schema strutturale attuale della Calabria (Guerra e Moretti 1996).

A seguito di tali deformazioni in Calabria e nei mari circostanti si chiudono buona parte dei bacini mio-pliocenici allungati in direzione SO-NE, e ad opera del nuovo schema strutturale si sviluppano nuovi bacini sedimentari continentali e marini, sia longitudinali (bacino del Crati, del Mesima, di Crotone-Capo Spartivento, di Paola-Gioia) sia trasversali (fossa del basso Crati-Sibari, fossa di Catanzaro, fossa di Siderno) fig.re 3.1, 3.2. In particolare, nell'area occidentale dell'Arco Calabro, l'estensione ha prodotto un'ampia zona di rift, denominata "rift-zone calabro-sicula" (MONACO & TORTORICI, 2000), strutturata da un sistema di



faglie normali tutt'ora attive. Essa si estende dalla costa orientale della Sicilia, attraverso lo Stretto di Messina, fino al settore nordoccidentale della Calabria. Il sistema di faglie è formato da diversi segmenti, di lunghezza variabile tra 10 e 30 km e direzioni comprese prevalentemente tra N-S e NE SW. I singoli segmenti di faglia che costituiscono la rift-zone hanno frammentato l'Arco Calabro in bacini sedimentari marini ed in blocchi sollevati corrispondenti ai principali sistemi montuosi (Aspromonte, Serre, Catena Costiera, Sila).

Iniziano anche una serie di forti movimenti verticali a grande lunghezza d'onda che conducono rapidamente all'emersione della regione nella sua attuale configurazione fisiografica. L'attività dei movimenti verticali ha portato ad un brusco cambiamento nei caratteri della sedimentazione nelle aree marine circostanti, con la deposizione di estese coltri clastiche sopra le peliti. Il proseguimento dei movimenti verticali ha condotto anche all'emersione di buona parte dei bacini pleistocenici, i cui depositi giacciono, attualmente fino a quote di oltre 500 metri. Nella figura sono evidenziate le quote attuali della linea di riva del Tirreniano (125.000 anni).

A testimonianza dell'imponenza dei movimenti verticali rimane ancora oggi la profonda fascia di alterazione del substrato cristallino e dei depositi continentali dell'altopiano della Sila, delle Serre e dell'Aspromonte, che sono attualmente dislocati a quote superiori ai 1000 metri. La porzione di territorio comprese tra le Serre e l'Aspromonte, su cui insiste l'area di studio geologicamente appartiene al settore centro-meridionale dell'Arco Calabro. Questo settore si estende a sud dell'allineamento Capo Vaticano – Soverato ed è costituito da una serie di affioramenti di terreni cristallini ignei e metamorfici, alloctoni, su cui poggiano lembi delle originali coperture sedimentarie, prevalentemente carbonatiche, passivamente trasportate insieme alle falde cristalline, seguiti, in sovrascorrimento tettonico, da terreni sedimentari alloctoni in facies di flysch più o meno caoticizzato e inglobante livelli arenacei.

A questo complesso alloctono seguono in discordanza stratigrafica i terreni tardo-orogeni e quelli plio-pleistocenici, sedimentati dopo la messa in posto delle falde di ricoprimento del Corrugamento alpino. Le condizioni lito-meccaniche dei terreni discendono dalla loro storia tettonica e, pertanto, si inquadrano nella storia geologica della Calabria. La costruzione del territorio calabrese è relativamente recente, malgrado si ritrovino materiali antichi sradicati dalla loro sede di origine, dislocati tettonicamente per centinaia di chilometri ed impilati in falde di ricoprimento sulle quali si sono depositati, durante e dopo le fasi di impilamento, depositi sedimentari da relativamente recenti ad attuali.

Durante l'ultima fase di costruzione della struttura della Calabria, si è avuto un sollevamento generalizzato, ma non uniforme, che ha conferito alla Calabria meridionale il suo aspetto attuale, significativamente modificato dall'erosione.

Il sollevamento ha portato ad oltre 1200m sul livello del mare attuale un'antica superficie di sedimentazione e i rilievi che essa circondava: i Piani d'Aspromonte e la dorsale del Montalto. Il nucleo sollevato ha un'ossatura costituita dai terreni cristallini delle unità alloctone della Catena alpina. L'impilamento delle falde alloctone inizia nel Miocene medio, circa 16 milioni di anni fa, mentre risale a circa 1 milione di anni l'avvio della fase di intenso sollevamento tettonico di cui abbiamo prima indicato.

Tale sollevamento, testimoniato dall'attività sismica e dai molteplici indizi geologici e geomorfologici, continua ancora oggi ed è accompagnato da un'intensa azione dei processi di smantellamento (erosione e movimenti in massa). I terreni cristallini ignei e metamorfici alloctoni sono rappresentati dalle:

- *Unità Alpine dell'Aspromonte*: costituite da unità metamorfiche di basso-medio-alto grado e dai complessi plutonici delle Serre e dell'Aspromonte. Si tratta di terreni di provenienza continentale, con alcuni elementi che indicano probabilmente le prime fasi di apertura di una fossa oceanica (lave basiche), metamorfici o intrusivi, a composizione acida, derivanti dalla deformazione e trasporto di segmenti crostali in parte già metamorfosati durante il Corrugamento Ercinico (fase Varisica o pre Varisica), e rimetamorfosate durante il corrugamento alpino. Il Corrugamento alpino ha indotto in alcuni di questi complessi metamorfici un retrometamorfismo che ha reso queste rocce facilmente alterabili e, di conseguenza, franabili. Le Unità Metamorfiche di basso e medio grado costituiscono i termini stratigraficamente inferiori e sono costituiti da filladi e metareniti quarzose, micascisti a granato e tormalina, e marmi con uno spessore molto variabile, l'età va dal Cambiano al Devoniano (Paleozoico inferiore e medio);
- *Unità di Stilo*: caratterizzata da: un Complesso di rocce metamorfiche di basso medio-alto grado costituite da filladi, metacalcari a trilobiti devoniane, porfiroidi, metabasiti, micascisti a granato, gneiss a granato e gneiss occhialini; Il Batolite di Stilo (MESSINA et al., 1993) che costituisce il nucleo principale dell'Unità omonima è costituito da molte unità intruse in una fase post-tettonica. La sua composizione è variabile tra la tonalite ed il monzogranito, con prevalenza di granodiorite. Molto diffusi sono gli xenoliti (inclusioni) metamorfici e i dicchi aplitici e femici. Lo spessore può giungere fino a 2000m. L'età è tra il Carbonifero ed il Permiano

(Paleozoico Superiore) ed è stata determinata radiometricamente (290-270 Ma). Il contatto con il Complesso metamorfico è caratterizzato da un'aureola di metamorfismo di contatto; La copertura sedimentaria è costituita da una successione discordante sul basamento cristallino di conglomerati, arenarie e argilliti rosse, continentali, del Triassico-Giurassico Inferiore seguite da dolomie e calcari del Giurassico Medio Cretacico Inferiore e brecce calcaree a frammenti di rudiste (Cretacico Superiore); verso l'alto seguono un sottile livello lateritico continentale dell'Eocene-Oligocene Inferiore, un livello a breccia ad elementi filladici (Oligocene Inferiore) e in discordanza biocalcareni e arenarie dell'Oligocene Miocene Inferiore (Aquitano).

Alle unità cristalline seguono le unità sedimentarie tardorogene. Queste sono costituite da varie formazioni di età compresa tra l'Oligocene Superiore e l'Olocene:

- Conglomerati, arenarie ed argilliti della F.ne di Stilo-Capo d'Orlando (Oligocene sup. – burdigaliano);
- Calcareni di Floresta (Langhiano); • Complesso antiscilide fortemente tettonizzato delle Argille Varicolori (Cretaceo) con la copertura di Quarzareniti numidiche (Oligocene) in falda sulla formazione precedente;
- Sabbie conglomerati ed arenarie a Clypeaster dell' Unità silicoclastica Serravalliano-Tortoniano; • Siltiti, argille diatomitiche, calcari evaporitici gessi e gessareniti della F.ne Evaporitica (Messiniano);
- Conglomerati e sabbie dell'Unità silicoclastica tardo messiniana;
- Alternanze di marne calcaree e calcari marnosi della F.ne dei Trubi (Pliocene);
- Conglomerati, sabbie ed argille della F.ne di Vico (Monte Narbone in Sicilia) (pliocene sup.);
- Depositi sabbiosi, conglomeratici di Terrazzi marini pleistocenici;
- Depositi recenti dei fiumi e delle pianure costiere.

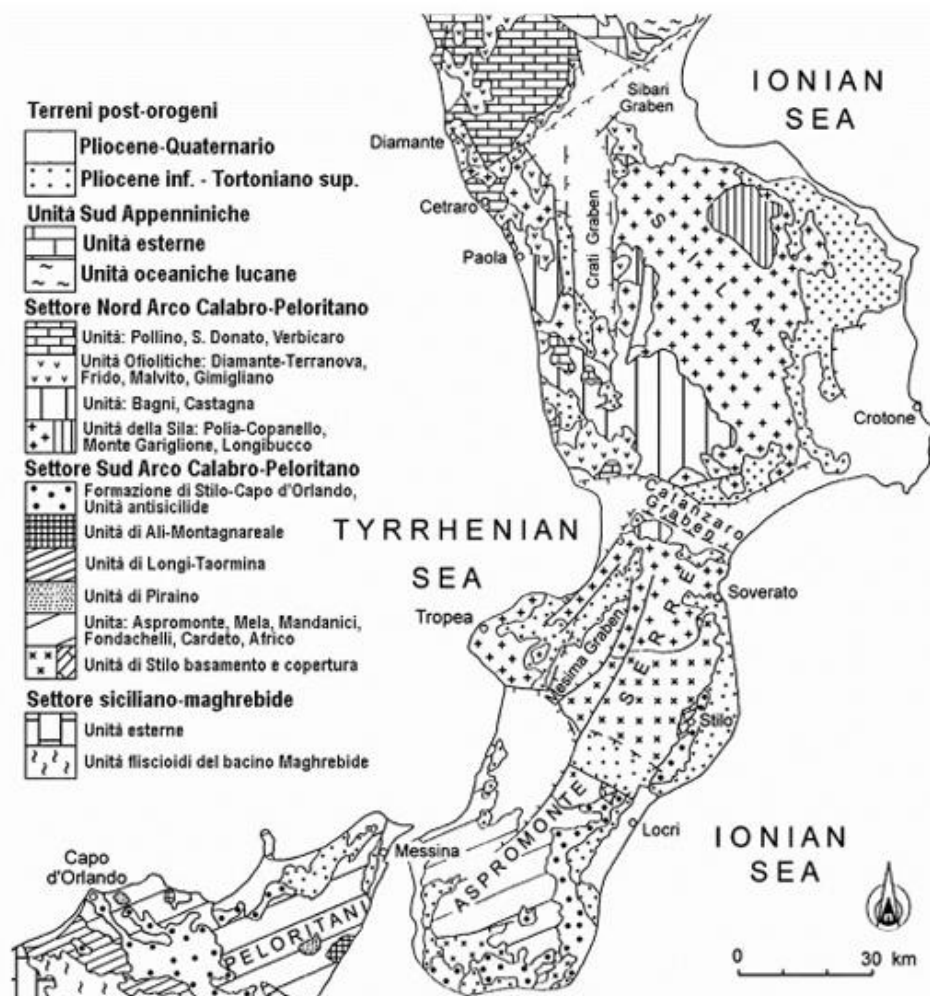


Fig. 4 - Schema tettono-stratigrafico delle Unità dell'Arco Calabro-Peloritano. (Critelli et alii) modificato.

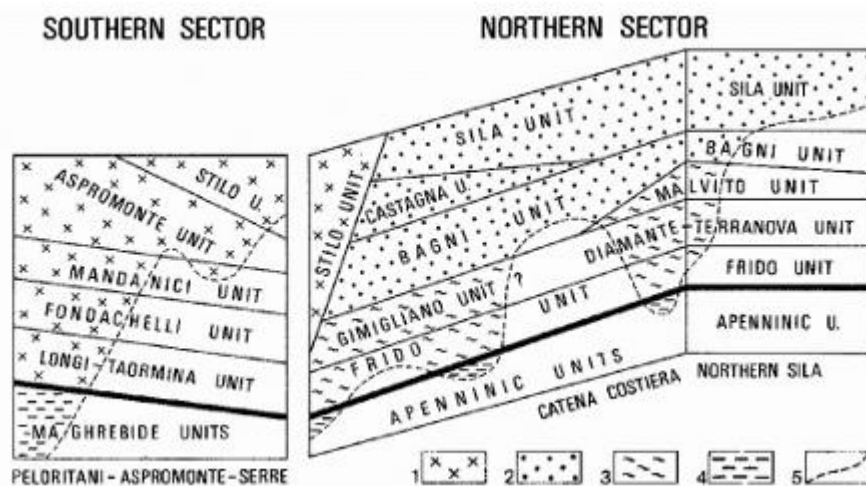


Fig. 5 - Schema dei rapporti geometrici tra le Unità dell'Arco Calabro-Peloritano. (Bonardi et alii 1992a) modificato. Legenda: Settore meridionale 1) Unità a basamento cristallino pre Mesozoico; Settore settentrionale 2) Unità Austro-Alpine, 3) Unità Ofiolitiche; 4) Catena Appennino-Maghrebide; 5) limite tra le parti affioranti e non della pila delle unità tettoniche.

La geologia dell'area di studio deriva dall'analisi: della Carta Geologica CasMez in scala 1:25.000; I dati sono stati reinterpretati con il rilevamento geologico considerando l'appartenenza dei litotipi presenti a quelli descritti nell'adiacente Foglio 590 Taurianova del Carg. Nell'area di studio il basamento è costituito: dall'unità Cretacico sup.- Miocene inf. del Gruppo delle Argille Variegate seguita dalla successione terrigena del Miocene medio superiore rappresentata dalla f.ne di San Pier Niceto, dalla sola successione clastica del Messiniano - Gruppo Gessoso Solfifera rappresentata dalla F.ne di Monte Canolo; dalla successione Zancleano-Pleistocene inf. rappresentata dalla F.ne dei Trubi. Chiudono la sequenza i depositi di copertura dei depositi di terrazzo marino e fluviale, e delle coltri eluvio colluviali ed alluvionali fluviali e costiere del Pleistocene medio - attuale.

Dal punto di vista "strutturale" il territorio comunale si trova alla base delle pendici orientali della Catena delle Serre. Tale settore a Pleistocene partire dal medio-superiore ha assunto il carattere di area in sollevamento, con sviluppo di superfici continentali terrazzate. Nei blocchi della catena già precedentemente sollevati si evidenziano numerosi indizi morfologici di una tendenza positiva, che persiste sino ad oggi e che è rappresentata da versanti ripidi tagliati nell'entroterra da faglie normali che corrono parallelamente alla costa, incisioni vallive profonde, da reticolati idrografici a carattere centrifugo (Ghisetti, 1980, 1981) ed è interessato a mare da uno sviluppo contenuto della piattaforma, di dimensioni ristrette.

I sistemi di faglie in direzione NE-SW e N-S che sino al Pleistocene inferiore controllavano la ripartizione tra aree del bacino e zone emerse, proseguono la loro attività con meccanismi normali, separando le aree in erosione da quelle in sedimentazione continentale. Esse assumono maggiore sviluppo nel margine ionico meridionale, che presentano rigetti di modesta entità, peraltro compatibili con una attivazione in tempi recenti. Particolare attività assumono le faglie, a direzione NW-SE e compresa tra E-W e WNW-ESE, del bordo ionico, quelle che delimitano a nord la Fossa di Catanzaro e le faglie normali attive sul bordo nord-orientale delle Serre, che sembrano controllare il sollevamento differenziale del Blocco delle Serre nei confronti della Fossa di Catanzaro. I principali sistemi di faglie ritenuti attivi, che delimitano i blocchi maggiormente sollevati nei confronti di settori soggetti a prevalenti alluvionamento continentale, dislocano livelli continentali medio-suprapleistocenici ed esercitano un netto controllo morfologico.

Sono in particolare da segnalare le scarpate rettilinee, alte fino a 200-300 metri, che si accompagnano ai sistemi Maida-Laureana di Borrello, Sinopoli-Cosoleto e Marina di Nicotera-Gioiosa Ionica, ed il controllo operato da questi sullo sviluppo del reticolo

idrografico. Dalle Serre all'Aspromonte si individua un asse di sollevamento diretto da NE SW a ENE-WSW. Nel tratto più meridionale esso viene a corrispondere con lo spartiacque attuale ed è inoltre messo in evidenza dai basculamenti dei terrazzi pleistocenici. Nelle Serre, invece, l'asse di massimo sollevamento è spostato verso est rispetto allo spartiacque attuale. L'analisi della geometria delle superfici basali dei terrazzi continentali pleistocenici ha permesso di indicare, nel complesso, la tendenza all'inarcamento dei blocchi più sollevati di Capo Vaticano, delle Serre e dell'Aspromonte nei confronti delle aree di alluvionamento attuale. Il sollevamento indicato dai basculamenti è globalmente divergente rispetto all'attuale linea di spartiacque, mentre un'area di sollevamento minimo si può localizzare anche nella porzione assiale della Fossa del Mesima.

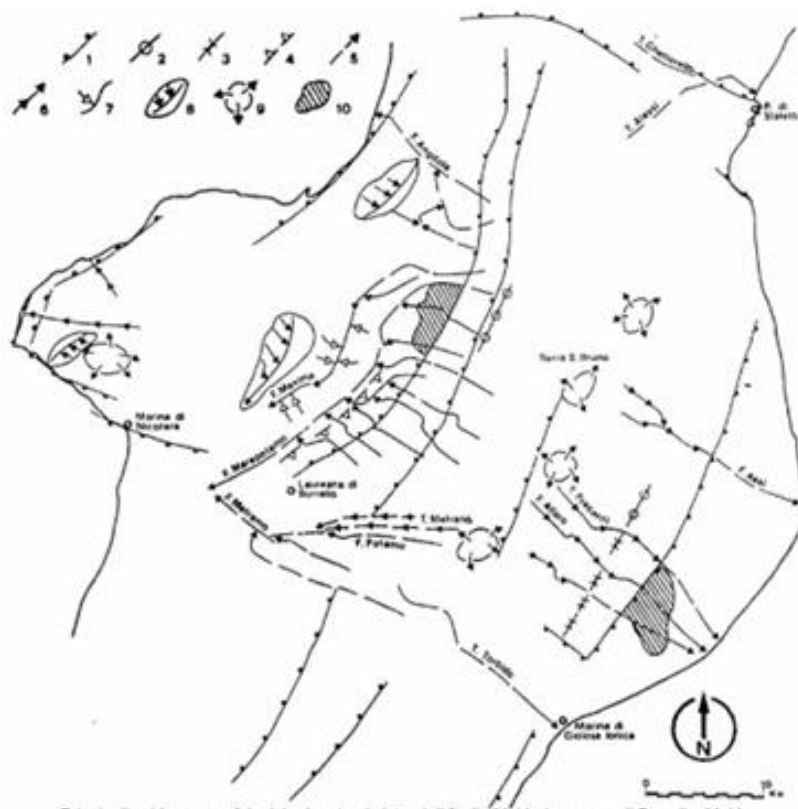


Fig. 6 –

Principali evidenze morfologiche legate ai sistemi di faglia Maida-Laureana di Borrello, Maida-Punta di Staletti e Marina di Nicotera-Marina di Gioiosa Ionica. 1) scarpate rettilinee; 2) allineamenti di cime; 3) allineamenti di selle; 4) allineamenti di controtendenze sui versanti; 5) corsi d'acqua a sviluppo rettificato; 6) incisione vallive profonde; 7) confluenze controcorrente; 8) reticoli idrografici a sviluppo asimmetrico; 9) reticoli idrografici centrifughi; 10) aree ad erosione accelerata (da Ghisetti F., 1979, mod.).

L'area è identificata da due sistemi di faglie relativamente recenti. Il primo è caratterizzato da un sistema a cinematismo non definito ma presumibilmente a cinematismo da normale a normale con componente trascorrente sinistra con una direzione circa NW-SE; Il secondo da un sistema a cinematismo normali con direzione SW-NE. Tali sistemi sono legati alla fase



distensiva e di sollevamento generalizzato dell'intero Arco Calabro sviluppatosi dal Pliocene inferiore-medio. L'assetto strutturale dell'area, quindi, risente dell'influenza di tale struttura che si sviluppano principalmente: il primo lungo il Vallone Nescilacqua immediatamente a SW dell'abitato di Camini; il secondo nella parte mediana del territorio, dove mette in contatto la F.ne dei Trubi con quella di San Pier Niceto, e in prossimità della costa ionica dove disloca i depositi di terrazzo marino. Tale secondo sistema è identificato come Sistema di Stilo-Bovalino.

## 2.2 ELEMENTI DI GEOMORFOLOGIA

Morfologicamente il territorio del Comune di Camini è situato sul versante ionico a ridosso delle propaggini orientali del Massiccio delle Serre. Le condizioni geologiche generali trovano un diretto riscontro nei caratteri geomorfologici ed in particolare nei fenomeni morfogenetici nel complesso della loro dinamica evolutiva. L'impianto geomorfologico è stato determinato in maniera preponderante dagli eventi tettonici, dall'assetto stratigrafico e dalle associazioni geologiche, mentre la sua evoluzione più o meno rapida è stata determinata dalle interazioni e sovrapposizioni di diversi elementi morfologici, dai diversi schemi idrogeologici, dai caratteri geolitologici peculiari, dalle azioni antropiche.

La morfologia del paesaggio è caratterizzata da rilievi collinari di altezze intorno ai 300 mt su cui insiste il centro storico di Camini e la serie dei terrazzi marini e fluviali degradanti verso il mare sviluppati a quote intorno ai 30 – 100 mt su cui insiste la frazione Ellera. I terreni hanno scarsa resistenza all'erosione e forte propensione al dissesto. Frequenti e diffusi sono i fenomeni franosi registrati nel territorio in particolare in corrispondenza del centro storico. Trattasi di fenomeni di tipo scorrimento, complesso e deformazione gravitativa sia superficiale che profonda che coinvolgono sia i depositi conglomeratici sabbiosi del ciclo miocenico e sia i depositi argillosi pliocenici. La velocità dei fenomeni, specie a ridosso dei cigli di versante già in frana, è sempre controllata dall'acclività del versante sul quale insistono. Nella velocità di deformazione, altro fattore determinante è il grado di saturazione dei terreni mediamente permeabili specie in condizioni di intense e prolungate precipitazioni. Fenomeni di erosione lineare hanno modellato il paesaggio conferendogli un aspetto calanchivo con rotture di pendenza lungo i versanti dei rilievi collinari argillosi maggiori del 30%.

L'analisi geomorfologica ha evidenziato le condizioni del dissesto che riguardano i terreni del territorio, ossia i diversi processi che determinano il modellamento e l'evoluzione dei rilievi, e

tra questi, le forme che indicano la genesi prevalente. La differenziazione principale dei processi morfogenetici, considerando maggiormente le aree a pericolo di frana piuttosto che le singole frane, tiene conto di tre categorie:

- forme e processi dovuti alla gravità;
- forme dovute all'azione dell'acqua;
- le grandi superfici di spianamento.

In tutte le distinzioni si differenziano le forme in evoluzione per processi attivi rispetto alle forme non in evoluzione. Nella prima categoria rientrano i depositi e le forme dovuti alla gravità. Alla seconda categoria appartengono le forme e i processi che derivano dall'interazione acqua terreno, come le colate di detrito (azione mista acqua gravità) e le aree soggette ad erosione calanchiva, queste ultime presenti e caratterizzanti le dorsali argillose poste nella porzione medio bassa del territorio comunale. Alla terza categoria appartengono le superfici, quelle importanti per estensione, che derivano da un processo di modellamento, post-sedimentario, che ha determinato la conservazione di terrazzi marini e fluviali posti a quote di circa 100 metri s.l.m.

L'acclività meno elevata di alcune parti di territorio favorisce la costituzione di un impianto vegetale (arboreo e/o arbustivo) in cui sono presenti, opere di terrazzamento, gradonature e modeste e continue opere di sostegno, anche in pietrame che testimoniano l'attività recente di un utilizzo del suolo ai fini agricoli e zootecnici. Le zone sommitali delle spianate presentano, in generale, caratteristiche di stabilità geomorfologica.

La piana alluvionale della Fiumara Stilaro e la zona costiera del settore ionico, in cui s'inserisce la parte bassa del territorio comunale di Camini, è caratterizzato da pianure alluvionali che hanno permesso la realizzazione di piccoli nuclei urbani. Prevala in queste aree la morfologia pianeggiante e subpianeggiante che raggiunge le prime pendici dei rilievi collinari.

La pianura alluvionale è costituita da terreni originati dai processi di forte erosione idro-meteorica che hanno agito sulle rocce di base affioranti nelle zone delle Serre, con successive fasi di trasporto ed infine fenomeni di sedimentazione, in fase di accumulo in ambiente subaereo, verificatisi proprio per la riduzione di pendenza lungo le linee di maggiore deflusso. La rete idrografica principale che caratterizza il territorio di Camini è legata al corso d'acqua principale (Fiumara Stilaro) ed ai piccoli bacini di corsi d'acqua che sfociano direttamente nel Mar Ionio con un andamento rettilineo e trasversale alla linea di costa. Tra i corsi d'acqua secondari i più importanti sono: il Fosso Burrao confine NE ed il Vallone Nescilacqua confine

SW del territorio. L'attività dei torrenti e dei fiumi è sempre legata alla rete idrografica secondaria. Nella parte iniziale, il deflusso verso il solco principale si sviluppa con una configurazione dendritica e dipende dalla litologia e dalla struttura delle formazioni incontrate, dalla vegetazione e dal clima.

La morfologia del territorio comunale assume un ruolo fondamentale poiché tutte le incisioni che caratterizzano le aree collinari sono legate principalmente all'azione erosiva delle acque dando origine ad una serie impluvi e fossi che si sviluppano lungo tutto il territorio andando ad alimentare i corsi d'acqua principali o sfociando direttamente nel Mar Ionio. L'erosione e il conseguente approfondimento delle incisioni in alcune aree, provoca spesso lo scalzamento progressivo del piede di alcuni versanti collinari, accelerandone l'instabilità anche a causa delle litologie facilmente erodibili e dei terreni poco addensati.

Nelle aree suddette e ai loro contorni non si notano, allo stato attuale, segni di dissesto in atto e potenziali, se si eccettuano modesti segni di erosione e dilavamento superficiale sui rilievi collinari che cingono l'area in studio.

In riferimento ai fenomeni geomorfologici ed idraulici inquadrati nel Piano di Assetto Idrogeomorfologico regionale (PAI Regione Calabria), si evidenzia che non si riscontrano vincoli nell'area individuata dal progetto in questione. (Vedi paragrafo 2.4)

### 2.3 CONDIZIONI IDRAULICHE SUPERFICIALI ED IDROGEOLOGIA

Per quanto riguarda la circolazione idrica sotterranea il ruolo più importante lo riveste il Complesso Idrogeologico Alluvionale. Esso affiora prevalentemente lungo l'intera piana alluvionale fluviale/costiera e risale a monte nel territorio di Camini lungo le piane alluvionale dei corsi d'acqua Stilaro e Burrao. Si tratta di depositi di età olocenica, legati a deposizione fluviale dovuta ai due corsi d'acqua sopraccitati, a conoidi di deiezione, a detriti di falda.

Questo complesso è costituito nei primi metri superficiali da una granulometria medio fine per evolvere in litologie più grossolane (sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose). Il complesso presenta generalmente una permeabilità primaria (per porosità) elevata, la quale può diminuire localmente per la presenza di matrici limose e/o argillose all'interno delle litologie stesse. In questi complessi generalmente sia ha una circolazione idrica per falde sovrapposte, con deflusso preferenziale dell'acqua nei litotipi a più alto grado di permeabilità relativa.

Le diverse falde possono essere quasi sempre ricondotte ad una unica circolazione idrica sotterranea per il tipo di deposizione lenticolare dei sedimenti. Altro complesso idrogeologico

presente è il Complesso Idrogeologico Sabbioso-Conglomeratico che è rappresentativo dello scheletro strutturale della maggior parte delle aree collinari presenti sul territorio. Esso è costituito da un'alternanza irregolare di materiali di varia granulometria (sabbie e conglomerati da bruni a rossastri con frequenti e sottili intercalazioni limose). I depositi mostrano variazioni laterali e verticali molto brusche: da sabbie fini a sabbie grossolane e conglomeratiche. Questi depositi sono per lo più poco consolidati e facilmente disaggregabili. Gli spessori sono rilevanti, in alcune zone possono raggiungere consistenze di oltre 300-400 metri. In alcune aree la permeabilità del complesso risulta molto elevata a causa della predominanza dei materiali conglomeratici mentre in altre risulta con valori medi per la presenza prevalente della componente più fine. Nell'insieme il complesso presenta dunque una permeabilità media che tende ad innalzarsi in corrispondenza degli orizzonti più grossolani.

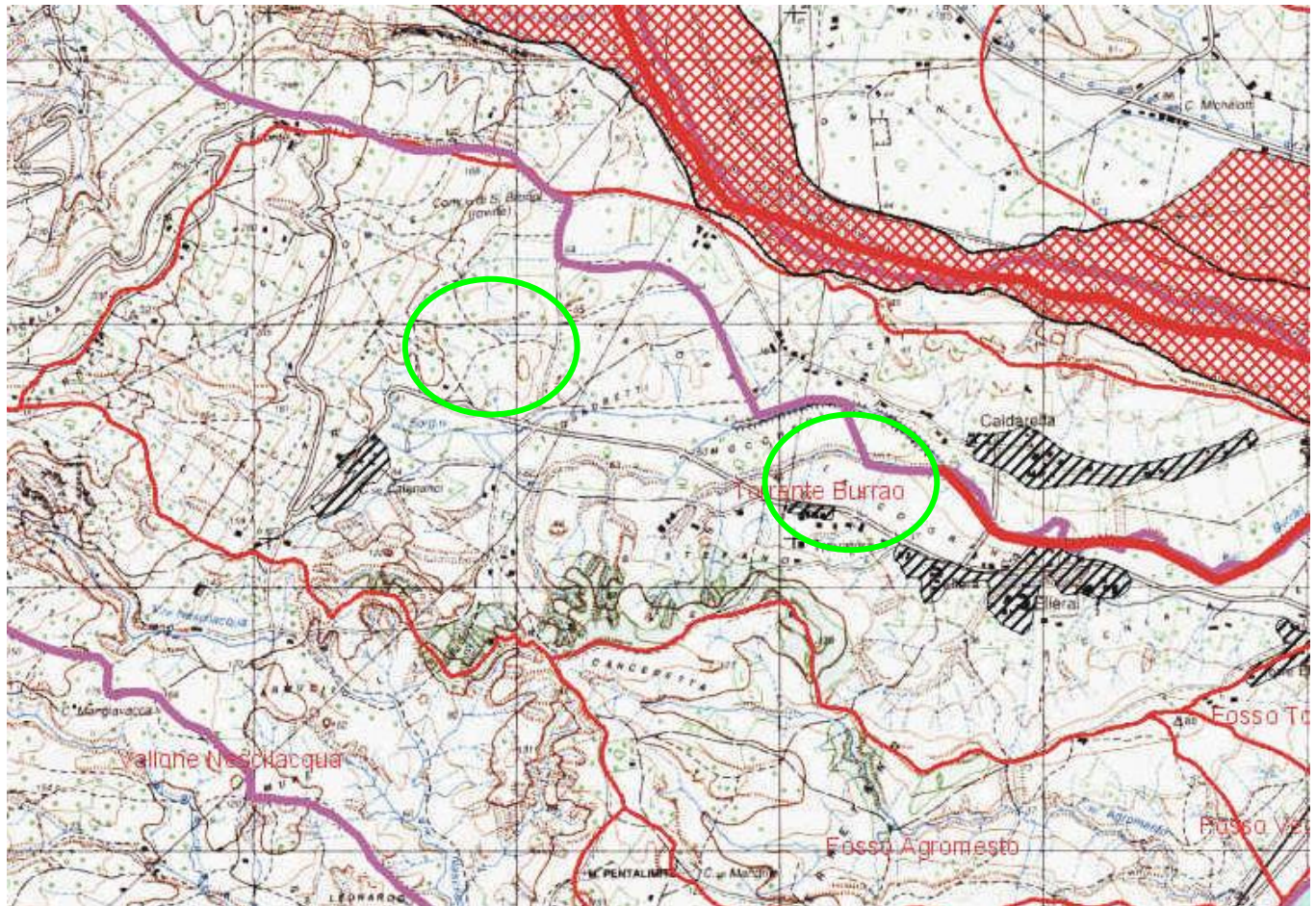
Pertanto anche questo complesso, come quello alluvionale, è caratterizzato dalla sovrapposizione disordinata di litologie di varia granulometria e dalla presenza di una circolazione idrica per falde sovrapposte, con deflusso preferenziale dell'acqua nei litotipi a più alto grado di permeabilità relativa.

Le litologie argillo-limose determinano la presenza del Complesso idrogeologico argillo-limoso. Tale complesso è riscontrabile solo nella porzione SE. Esso nella parte più superficiale è caratterizzato da limi argillosi ed argille limose. A causa della granulometria in prevalenza fine dei materiali costituenti, le litologie in questione risultano dotate di permeabilità primaria bassa o molto bassa. Nella situazione idrogeologica locale, quindi, questo complesso rappresenta un basamento geologico impermeabile relativo degli acquiferi porosi alluvionali sopra citati. Nel complesso alluvionale la falda varia da pochi metri di profondità nella spiaggia a più di 15.0 metri dove la piana alluvionale raggiunge la quota di 20.0-25.0 metri ss.l.m..

Dalla consultazione degli elaborati della Microzonazione Sismica di Primo livello si segnala la presenza di falda a circa 7 metri dal piano campagna, nei terreni prossimi alla linea di costa, con la presenza di una minima circolazione idrica superficiale in corrispondenza di eventi pluviometrici intensi e la presenza di terreni argillosi, posti geometricamente al di sotto della formazione sabbiosa e ghiaiosa che caratterizza l'area di sedime. La formazione argillosa, avendo un grado di permeabilità basso, fa da acquiclude consentendo l'instaurazione di una falda che defluisce poi nei livelli sabbiosi presenti all'interno della stessa formazione.

## 2.4 SITUAZIONE P.A.I.

Secondo il Piano Stralcio di Bacino di Assetto Idrogeologico (P.A.I.), redatto dall'Autorità di Bacino Regionale (A.B.R.), istituita dall'Assessorato ai Lavori Pubblici della Regione Calabria, l'area in studio non ricade in nessuna area a rischio franoso.



### LEGENDA

Fig.3: Stralcio della "PERIMETRAZIONE AREE A RISCHIO IDRAULICO" - Scala 1:2

TAVOLA IRI080-017 Comune di Camini (KR) (Area in studio nel cerchio verde)

- Autorità di Bacino Regionale - Regione Calabria- P.A.I.





Per quanto riguarda la presenza di ulteriori vincoli le aree di interesse ricadono parzialmente nell'area a rischio alluvione PAI (vedi fig.4) come risulta dalla consultazione degli shape file pubblicati dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale relativi alle perimetrazioni PAI redatte nel 2024 ai sensi della Delibera di Adozione del progetto di Piano stralcio di bacino del Distretto idrografico dell'Appennino meridionale, con delibera n. 2 del 24 ottobre 2024, per l'assetto, la mitigazione e la gestione del rischio da alluvioni - Calabria/Lao (PSdGDAM-RisAl-Cal/L) e delle correlate misure di salvaguardia. (24A06009) (GU Serie Generale n.267 del 14-11-2024).

**Gli impianti, tuttavia, non ricadono all'interno delle aree a rischio alluvione.**

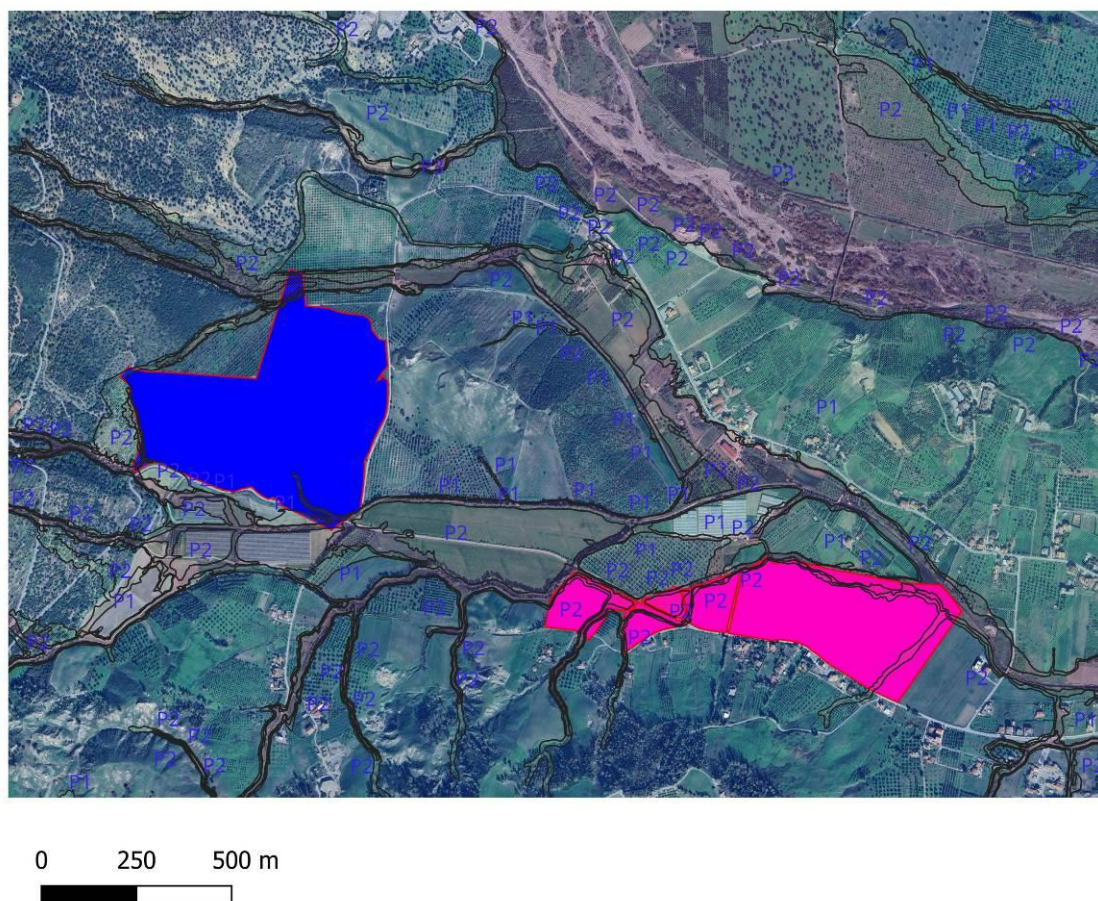


Fig.4: Sovrapposizione Inquadramento PAI su foto aerea



### 3. INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITU

#### 3.1 PREMESSA

Per avere un quadro chiaro della situazione geologia, geotecnica e stratigrafica del terreno di sedime, sono state eseguite quattro indagini geofisiche sul terreno in studio le cui ubicazioni sono riportate nell'allegato 1. Dalle analisi di tali indagini sono state ricostruite le stratigrafie dei terreni in studio correlate ad alcune indagini dirette eseguite nelle vicinanze.

#### 3.2 INDAGINI GEOFISICHE (SISMICA A RIFRAZIONE E MASW)

Per quanto riguarda la sismica a rifrazione per lo stendimento **A-B** è stata ricostruita tale stratigrafia in base alla velocità delle onde p. Dall'elaborazione si evince come dal punto di vista delle velocità delle onde P sono stati riconosciuti tali dati:

<b>Strato</b>	<b>Profondità min- max [m]</b>	<b>Vp [m/sec]</b>
1	3-6	564.23
2	9-12	1151.81
3	-	1694.92

*Tabella 3.1: Risultati Sismica a rifrazione Stendimento A-B*

Sempre lungo lo stendimento A-B è stata eseguita una MASW i cui valori sono riassunti nella tabella seguente.

Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
Argille siltose poco coerenti	3.00	3.00	268.52
Argille siltose scarsamente addensate	7.08	4.08	457.09
Argille siltose poco addensate	12.09	5.01	603.05
Argille siltose moderatamente addensate	18.14	6.04	710.44
Argille siltose addensate	26.74	8.60	807.50
Argille siltose molto addensate	oo	oo	1041.46

Tabella 3.2: Risultati MASW Stendimento A-B

Da tali valori si calcola la  $V_{seq}$  che risulta essere pari a **491.25 m/s** riferibile ad una categoria sottosuolo **B**.

Per quanto riguarda la sismica a rifrazione per lo stendimento **C-D** è stata ricostruita tale stratigrafia in base alla velocità delle onde p. Dall'elaborazione si evince come dal punto di vista delle velocità delle onde P sono stati riconosciuti tali dati:

Strato	Profondità min- max [m]	Vp [m/sec]
1	5-8	715.67
2	-	1477.72

Tabella 3.3: Risultati Sismica a rifrazione Stendimento C-D

Sempre lungo lo stendimento C-D è stata eseguita una MASW i cui valori sono riassunti nella tabella seguente.

Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
Argille siltose poco coerenti	3.00	3.00	217.30
Argille siltose scarsamente addensate	7.29	4.29	420.98
Argille siltose scarsamente addensate	12.52	5.23	421.79
Argille siltose poco addensate	18.62	6.10	579.36
Argille siltose moderatamente addensate	25.62	7.00	580.40
Argille siltose addensate	oo	oo	670.81

Tabella 3.4: Risultati MASW Stendimento C-D

Da tali valori si calcola la  $V_{seq}$  che risulta essere pari a **457.90 m/s** riferibile ad una categoria sottosuolo **B**.

Per quanto riguarda la sismica a rifrazione per lo stendimento **E-F** è stata ricostruita tale stratigrafia in base alla velocità delle onde p. Dall'elaborazione si evince come dal punto di vista delle velocità delle onde P sono stati riconosciuti tali dati:

Strato	Profondità min- max [m]	Vp [m/sec]
1	7-9	858.99
2	-	1469.65

Tabella 3.3: Risultati Sismica a rifrazione Stendimento E-F

Sempre lungo lo stendimento E-F è stata eseguita una MASW i cui valori sono riassunti nella tabella seguente.

Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
Sabbie e ghiaie scarsamente addensate	5.00	5.00	166.61
Sabbie e ghiaie poco addensate	10.56	5.56	282.30
Sabbie e ghiaie poco addensate	15.56	5.01	285.72
Sabbie e ghiaie moderatamente addensate	23.56	8.00	329.15
Sabbie e ghiaie moderatamente addensate	30.74	7.18	451.46
Argille siltose addensate	oo	oo	914.12

Tabella 3.4: Risultati MASW Stendimento E-F

Da tali valori si calcola la  $V_{seq}$  che risulta essere paria a **283.62 m/s** riferibile ad una categoria sottosuolo **C**.

Per quanto riguarda la sismica a rifrazione per lo stendimento **G-H** è stata ricostruita tale stratigrafia in base alla velocità delle onde p. Dall'elaborazione si evince come dal punto di vista delle velocità delle onde P sono stati riconosciuti tali dati:

Strato	Profondità min- max [m]	Vp [m/sec]
1	3-4	678.06
2	8-12.5	1201.12
3	-	1586.12

Tabella 3.3: Risultati Sismica a rifrazione Stendimento G-H

Sempre lungo lo stendimento G-H è stata eseguita una MASW i cui valori sono riassunti nella tabella seguente.

Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
Sabbie e ghiaie scarsamente addensate	4.94	4.94	195.70
Sabbie e ghiaie poco addensate	10.60	5.66	243.47
Sabbie e ghiaie poco addensate	16.52	5.92	311.88
Sabbie e ghiaie moderatamente addensate	24.21	7.69	384.64
Sabbie e ghiaie moderatamente addensate	32.22	8.01	415.60
Argille siltose addensate	oo	oo	706.20

Tabella 3.4: Risultati MASW Stendimento E-F

Da tali valori si calcola la  $V_{seq}$  che risulta essere paria a **295.85 m/s** riferibile ad una categoria sottosuolo **C**.

### 3.3 STRATIGRAFIA E CARATTERISTICHE TECNICHE DEI TERRENI INDAGATI

Utilizzando i dati geofisici desunti dalle prove si è redatto uno schema geologico e geotecnico, che riporta la seguente ricostruzione per strati più significativi.

Nella tabella 3.4 si fa riferimento al sito 1 (settore orientale) (vedi allegato 1)

n.	Profondità [m]	$\gamma$ (t/mc)	$\phi$ (°)	cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Sabbie e ghiaie scarsamente addensate	4	1.60	24	0
Sabbie e ghiaie addensate	12	1.65	28	0
Argille siltose addensate	14	1.90	28	0.95

Categoria sottosuolo **C** Categoria topografica **T1**

*Tabella 3.5: Modello geologico-geotecnico SITO 1 (SETTORE ORIENTALE)*

Nella tabella 3.6 si fa riferimento al sito 2 (settore occidentale) (vedi allegato 1)

n.	Profondità [m]	$\gamma$ (t/mc)	$\phi$ (°)	cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Argille siltose poco coerenti	6	1.65	24	0.10
Argille siltose scarsamente addensate	12	1.75	26	0.60
Argille siltose addensate	14	1.90	28	0.95

Categoria sottosuolo **B** Categoria topografica **T1**

*Tabella 3.6: Modello geologico-geotecnico SITO 2 (SETTORE OCCIDENTALE)*



## 4. CLASSIFICAZIONE SISMICA

### 4.1 PREMESSA

Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli *stati limite*, che possono verificarsi durante un determinato *periodo di riferimento* della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo la *vita nominale* dell'opera, che congiuntamente alla *classe d'uso*, permette di determinare il *periodo di riferimento*;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, dopo aver definito le relative *probabilità di superamento* è possibile stabilire il *periodo di ritorno* associato a ciascun stato limite;
- a questo punto è possibile definire la *pericolosità sismica di base* per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

### 4.2 VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Nel **DM 17 gennaio 2018**-Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (2.1)$$

dove:

$V_R$  = periodo di riferimento

$V_N$  = vita nominale

$C_U$  = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$ , secondo le NTC 2018, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere

usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità.

I valori minimi di  $V_N$  da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.1. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

**Tab. 4.1** – Valori minimi della Vita nominale  $V_N$  di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di $V_N$ (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Nel caso specifico  $V_N = 50$  anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC 2018 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

**Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.  $C_U = 0.7$ ;

**Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.  $C_U = 1.0$ ;

**Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.  $C_U = 1.5$ ;

**Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad

itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.  $C_U = 2.0$ ;

Nel caso in esame viene presa in considerazione la **classe d'uso II** a cui è associato il coefficiente d'uso  $C_U = 1$ .

Ricavati i valori di  $V_N$  e  $C_U$ , è possibile calcolare il periodo di riferimento  $V_R$ , che qui vale:

$$V_R = 50 * 1 = 50 \text{ anni.}$$

#### 4.3. STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO E PERIODO DI RITORNO

Le NTC 2018 prendono in considerazione 4 possibili *stati limite* (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono *stati limite di esercizio* (SLE) e due sono *stati limite ultimi* (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività** (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno** (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei

confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Ad ogni stato limite è associata una *probabilità di superamento*  $P_{VR}$  (Tabella 3.1), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento  $V_R$ , si verifichi almeno un evento sismico ( $n \geq 1$ ) di  $a_g$  prefissata ( $a_g$  = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza  $\lambda = 1/T_R$  ( $T_R$  = periodo di ritorno).

**Tabella 4.2-** Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento  $V_R$

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	<b><math>P_{VR} = 81\%</math></b>
Stato limite di esercizio: danno	SLD	<b><math>P_{VR} = 63\%</math></b>
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	<b><math>P_{VR} = 10\%</math></b>
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	<b><math>P_{VR} = 5\%</math></b>

Fissati  $V_R$  e  $P_{VR}$  associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$ , espresso in anni, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (3.1)$$

Tale relazione tra  $P_{VR}$  (probabilità) e  $T_R$  (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è  $V_R = 50$  anni, il tempo di ritorno  $T_R$  sarà:

**Tabella 4.3-** Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento  $V_R$

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	<b><math>T_R = 30</math></b>
Stato limite di esercizio: danno	SLD	<b><math>T_R = 50</math></b>
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	<b><math>T_R = 475</math></b>
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	<b><math>T_R = 975</math></b>

#### 4.4 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC 2018, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima ( $a_g$ ) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC 2018 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione “Mappe interattive della pericolosità sismica”.

Secondo le NTC 2018 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno  $T_R$  (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'**Allegato A** alle NTC08:

**$a_g$**  = accelerazione orizzontale massima;

**$F_0$**  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

**$T_C^*$**  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

**$a_g$** , il valore previsto dalla pericolosità sismica  $S_1$

**F<sub>0</sub>** e **T<sub>C</sub>\*** i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC08 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti in tabella (Tabella 4.1), contenuta nell'**Allegato B** delle NTC08 (a cui le NTC 2018 fanno riferimento), per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

#### 4.5 PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

##### 4.5.1 COEFFICIENTI SISMICI

I coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$  dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno ( $T_R$ ) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1-P_{VR})} \quad (5.1)$$

Con  $V_R$  vita di riferimento della costruzione e  $P_{VR}$  probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso  $V_R$  non può essere inferiore a 35 anni.

#### 4.5.2 STABILITÀ DEI PENDII E FONDAZIONI

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti  $k_h$  e  $k_v$  sono così determinati:

$$k_h = \beta_s \cdot \left( \frac{a_{\max}}{g} \right) \quad (5.2)$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \quad (5.3)$$

Con

$\beta_s$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

$a_{\max}$  accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  accelerazione di gravità.

I valori di  $\beta_s$  sono riportati nella tabella 4.4.

**Tabella 4.4-** Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.4)$$

$S_S$  (effetto di amplificazione stratigrafica) ( $0.90 \leq S_S \leq 1.80$ ) è funzione di  $F_0$  (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E). e del rapporto  $a_g/g$ .  $S_T$  (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche:

**T1:**  $S_T = 1.0$ ; **T2:**  $S_T = 1.20$ ; **T3:**  $S_T = 1.20$ ; **T4:**  $S_T = 1.40$ .



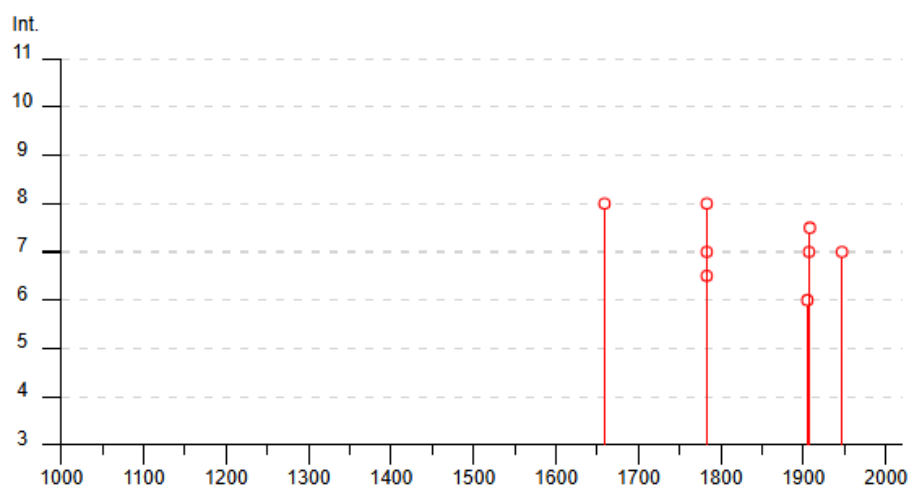
## 4.6 STORIA SISMICA DEL SITO











### Pericolosità sismica del sito

#### Camini



PlaceID	IT_65245
Coordinate (lat, lon)	38.432, 16.483
Comune (ISTAT 2015)	Camini
Provincia	Reggio di Calabria
Regione	Calabria
Numero di eventi riportati	10



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
8		1659	11	05	22	15	Calabria centrale	126	10	6.57
6-7		1783	02	05	12		Calabria meridionale	356	11	7.10
7		1783	02	07	13	10	Calabria centrale	191	10-11	6.74
8		1783	03	28	18	55	Calabria centrale	323	11	7.03
6		1905	09	08	01	43	Calabria centrale	895	10-11	6.95
7		1907	10	23	20	28 1	Aspromonte	274	8-9	5.96
7-8		1908	12	28	04	20 2	Stretto di Messina	772	11	7.10
7		1947	05	11	06	32 1	Calabria centrale	254	8	5.70
NF		2004	04	17	05	14 1	Golfo di Squillace	126	4	4.21
NF		2004	05	05	13	39 4	Isole Eolie	641		5.42

## Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Riace	10	2
Stignano	16	2
Placanica	11	3
Stilo	22	5
Pazzano	10	5
Bivongi	10	6
Monasterace	10	6
Monasterace Marina	1	8
Focà	1	8
Guardavalle	11	8
Caulonia	22	9
Villaggio Ziia	2	9
San Nicola	1	10

## 4.6.1 PERICOLOSITÀ SISMICA SITO 1

Vita nominale (Vn):	50 [anni]
Classe d'uso:	II
Coefficiente d'uso (Cu):	1
Periodo di riferimento (Vr):	50 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLO:	30 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD:	50 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV:	475 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC:	975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):	38,4256744 [°]
Longitudine (WGS84):	16,5382271 [°]
Latitudine (ED50):	38,4267082 [°]
Longitudine (ED50):	16,5390186 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	43670	38,443880	16,485000	5077,83
2	43671	38,442110	16,548640	1906,77
3	43893	38,392140	16,546370	3896,64
4	43892	38,393910	16,482770	6108,95

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

**Punto 1**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,374	0,283
SLD	50	0,059	2,395	0,310
	72	0,070	2,388	0,327
	101	0,082	2,408	0,341
	140	0,095	2,414	0,353
	201	0,111	2,433	0,363
SLV	475	0,159	2,423	0,410
SLC	975	0,211	2,443	0,428
	2475	0,291	2,496	0,442

**Punto 2**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,042	2,396	0,281
SLD	50	0,054	2,384	0,313
	72	0,064	2,418	0,327
	101	0,074	2,430	0,344
	140	0,085	2,462	0,358
	201	0,098	2,493	0,370
SLV	475	0,136	2,502	0,420
SLC	975	0,177	2,514	0,442
	2475	0,240	2,566	0,456

**Punto 3**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,040	2,419	0,280
SLD	50	0,052	2,380	0,314
	72	0,060	2,441	0,327
	101	0,070	2,437	0,346
	140	0,080	2,488	0,360
	201	0,092	2,503	0,374
SLV	475	0,127	2,527	0,424
SLC	975	0,164	2,547	0,447
	2475	0,220	2,604	0,463

**Punto 4**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,043	2,391	0,282
SLD	50	0,056	2,390	0,311
	72	0,066	2,402	0,326
	101	0,078	2,420	0,342
	140	0,089	2,436	0,355
	201	0,104	2,468	0,366
SLV	475	0,146	2,465	0,414
SLC	975	0,193	2,471	0,435
	2475	0,264	2,522	0,449

**Punto d'indagine**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,042	2,396	0,281
SLD	50	0,055	2,386	0,312
SLV	475	0,140	2,489	0,419
SLC	975	0,182	2,503	0,440

## 4.6.2 PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %  
 Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1,000  
 Categoria sottosuolo: C  
 Categoria topografica:  
 T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

**Muri di sostegno NTC 2008**

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,011	0,015	0,050	0,063
kv	0,006	0,007	0,025	0,031
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,622	0,805	2,039	2,556
Beta	0,180	0,180	0,240	0,240

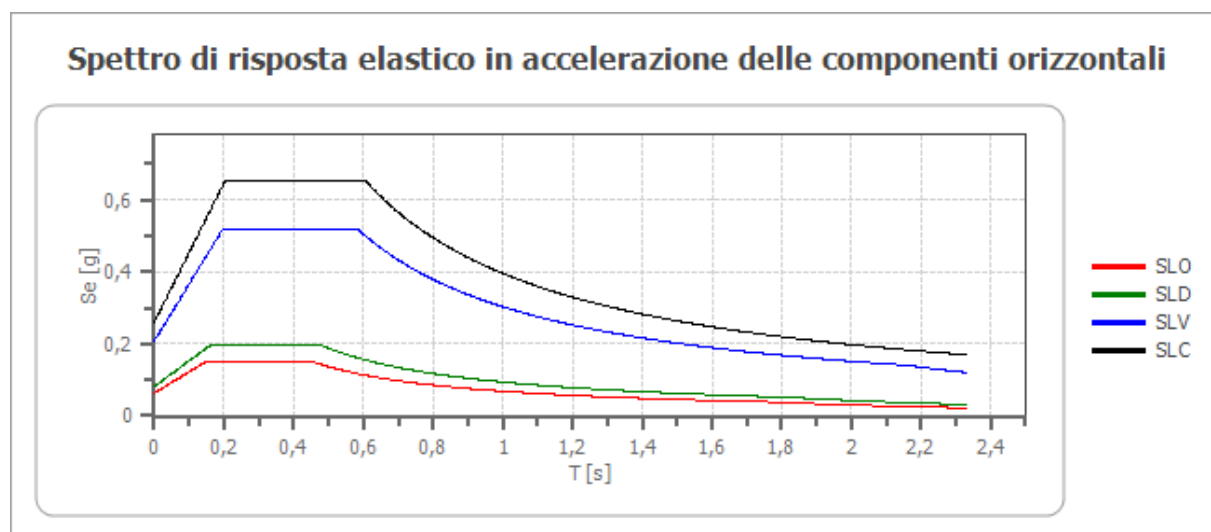
**Paratie NTC 2008**

Altezza paratia (H): 3,0 [m]  
 Spostamento ammissibile us: 0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,041	0,053	0,135	0,169
kv	--	--	--	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,622	0,805	2,039	2,556
Beta	0,650	0,650	0,650	0,650

**Stabilità di pendii e fondazioni**

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,013	0,016	0,050	0,063
kv	0,006	0,008	0,025	0,031
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,622	0,805	2,039	2,556
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

**Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali**

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1,0	0,04 2	2,39 6	0,28 1	1,50 0	1,60 0	1,00 0	1,50 0	1,00 0	0,15 0	0,45 0	1,76 9	0,06 3	0,15 2
SLD	1,0	0,05 5	2,38 6	0,31 2	1,50 0	1,54 0	1,00 0	1,50 0	1,00 0	0,16 0	0,48 1	1,81 9	0,08 2	0,19 6
SLV	1,0	0,14 0	2,48 9	0,41 9	1,49 0	1,40 0	1,00 0	1,49 0	1,00 0	0,19 5	0,58 6	2,15 8	0,20 8	0,51 8
SLC	1,0	0,18 2	2,50 3	0,44 0	1,43 0	1,38 0	1,00 0	1,43 0	1,00 0	0,20 2	0,60 7	2,32 9	0,26 1	0,65 2

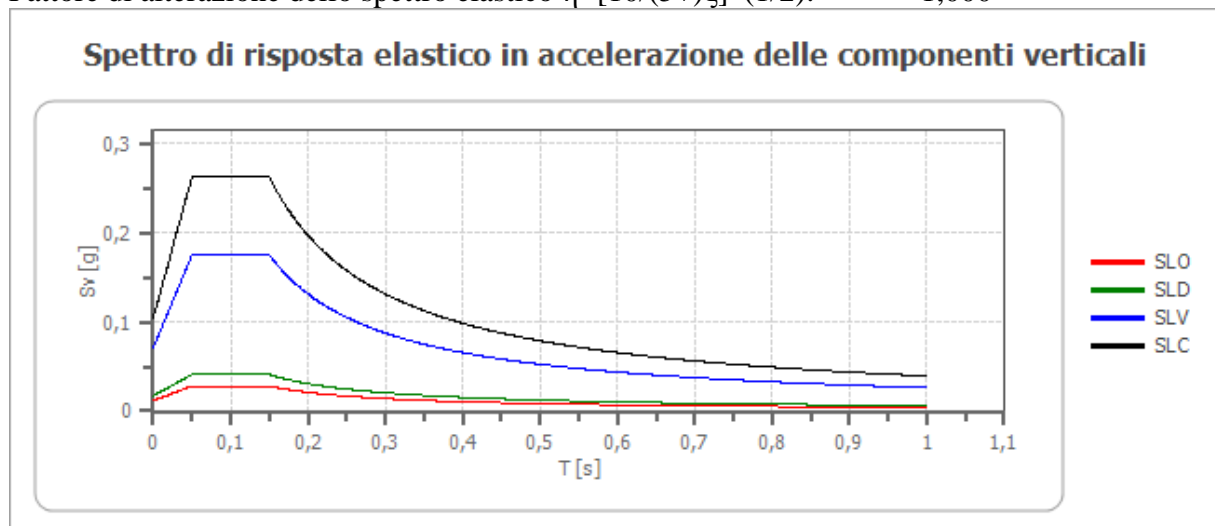
### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{1/2}$ :

1,000



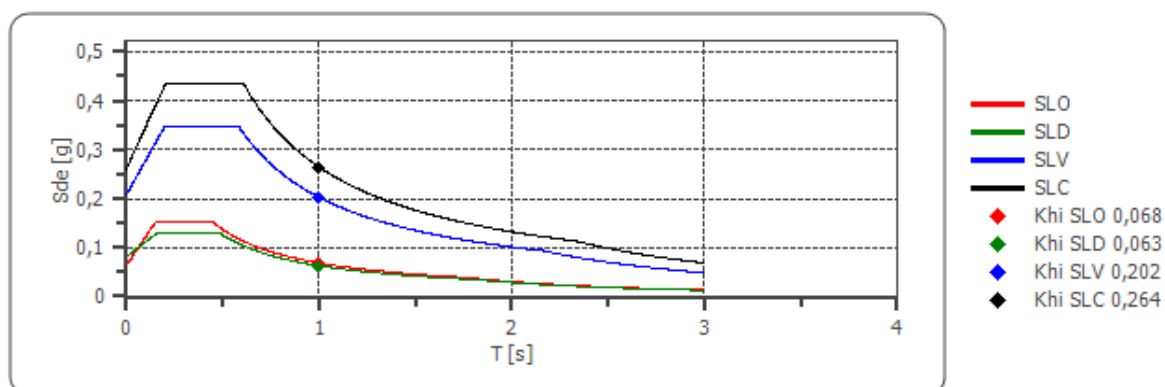
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1,0	0,04 2	2,39 6	0,28 1	1	1,60 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,01 2	0,02 8
SLD	1,0	0,05 5	2,38 6	0,31 2	1	1,54 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,01 7	0,04 1
SLV	1,0	0,14 0	2,48 9	0,41 9	1	1,40 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,07 0	0,17 5
SLC	1,0	0,18 2	2,50 3	0,44 0	1	1,38 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,10 5	0,26 3

## Spettro di progetto

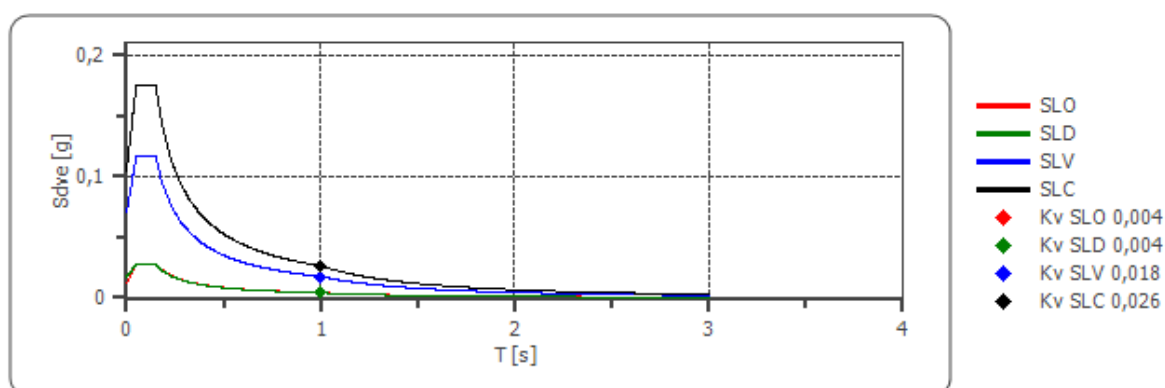
Fattore di struttura spettro orizzontale $q$ :	1,50
Fattore di struttura spettro verticale $q$ :	1,50
Periodo fondamentale $T$ :	1,00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
$k_{hi} = S_{de}(T)$ Orizzontale [g]	0,068	0,063	0,202	0,264
$k_{vi} = S_{dve}(T)$ Verticale [g]	0,004	0,004	0,018	0,026

### Spettro di progetto delle componenti orizzontali



### Spettro di progetto delle componenti verticali





	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizz ontal e	1,0	0,04 2	2,39 6	0,28 1	1,50 0	1,60 0	1,00 0	1,50 0	1,00 0	0,15 0	0,45 0	1,76 9	0,06 3	0,15 2
SLO verti cale	1,0	0,04 2	2,39 6	0,28 1	1,50 0	1,60 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,01 2	0,02 8
SLD orizz ontal e	1,0	0,05 5	2,38 6	0,31 2	1,50 0	1,54 0	1,00 0	1,50 0	1,50 0	0,16 0	0,48 1	1,81 9	0,08 2	0,13 1
SLD verti cale	1,0	0,05 5	2,38 6	0,31 2	1,50 0	1,54 0	1,00 0	1,00 0	1,50 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,01 7	0,02 7
SLV orizz ontal e	1,0	0,14 0	2,48 9	0,41 9	1,49 0	1,40 0	1,00 0	1,49 0	1,50 0	0,19 5	0,58 6	2,15 8	0,20 8	0,34 5
SLV verti cale	1,0	0,14 0	2,48 9	0,41 9	1,49 0	1,40 0	1,00 0	1,00 0	1,50 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,07 0	0,11 7
SLC orizz ontal e	1,0	0,18 2	2,50 3	0,44 0	1,43 0	1,38 0	1,00 0	1,43 0	1,50 0	0,20 2	0,60 7	2,32 9	0,26 1	0,43 5
SLC verti cale	1,0	0,18 2	2,50 3	0,44 0	1,43 0	1,38 0	1,00 0	1,00 0	1,50 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,10 5	0,17 5

**PERICOLOSITÀ SISMICA SITO 2**

Vita nominale (Vn): 50 [anni]  
 Classe d'uso: II  
 Coefficiente d'uso (Cu): 1  
 Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 38,4303665 [°]  
 Longitudine (WGS84): 16,5211754 [°]  
 Latitudine (ED50): 38,4313965 [°]  
 Longitudine (ED50): 16,5219669 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	43670	38,443880	16,485000	3506,20
2	43671	38,442110	16,548640	2610,69
3	43893	38,392140	16,546370	4855,51
4	43892	38,393910	16,482770	5388,83

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

**Punto 1**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,046	2,374	0,283
SLD	50	0,059	2,395	0,310
	72	0,070	2,388	0,327
	101	0,082	2,408	0,341
	140	0,095	2,414	0,353
	201	0,111	2,433	0,363
SLV	475	0,159	2,423	0,410
SLC	975	0,211	2,443	0,428
	2475	0,291	2,496	0,442

**Punto 2**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,042	2,396	0,281
SLD	50	0,054	2,384	0,313
	72	0,064	2,418	0,327
	101	0,074	2,430	0,344
	140	0,085	2,462	0,358
	201	0,098	2,493	0,370
SLV	475	0,136	2,502	0,420
SLC	975	0,177	2,514	0,442
	2475	0,240	2,566	0,456

**Punto 3**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,040	2,419	0,280
SLD	50	0,052	2,380	0,314
	72	0,060	2,441	0,327
	101	0,070	2,437	0,346
	140	0,080	2,488	0,360
	201	0,092	2,503	0,374
SLV	475	0,127	2,527	0,424
SLC	975	0,164	2,547	0,447
	2475	0,220	2,604	0,463

**Punto 4**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,043	2,391	0,282
SLD	50	0,056	2,390	0,311
	72	0,066	2,402	0,326
	101	0,078	2,420	0,342
	140	0,089	2,436	0,355
	201	0,104	2,468	0,366
SLV	475	0,146	2,465	0,414
SLC	975	0,193	2,471	0,435
	2475	0,264	2,522	0,449

**Punto d'indagine**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,043	2,393	0,282
SLD	50	0,055	2,387	0,312
SLV	475	0,142	2,479	0,417
SLC	975	0,186	2,494	0,438



## PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1,000

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

### Muri di sostegno NTC 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,009	0,012	0,041	0,054
kv	0,005	0,006	0,021	0,027
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,503	0,650	1,675	2,194
Beta	0,180	0,180	0,240	0,240

### Paratie NTC 2008

Altezza paratia (H): 3,0 [m]

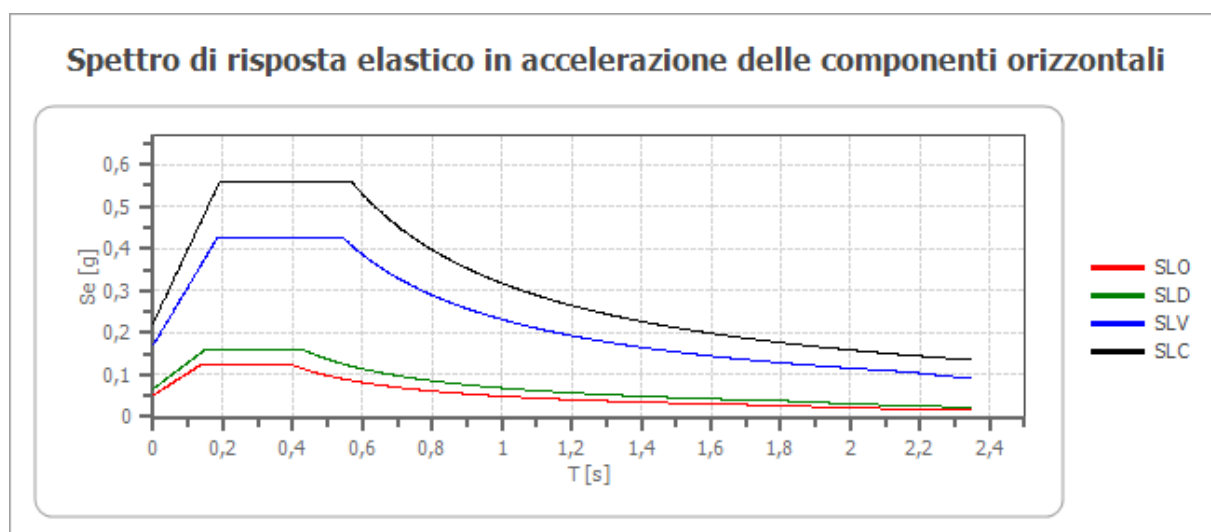
Spostamento ammissibile us: 0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,033	0,043	0,111	0,145
kv	--	--	--	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,503	0,650	1,675	2,194
Beta	0,650	0,650	0,650	0,650

### Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,010	0,013	0,041	0,054
kv	0,005	0,007	0,021	0,027
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,503	0,650	1,675	2,194
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1,0	0,04 3	2,39 3	0,28 2	1,20 0	1,42 0	1,00 0	1,20 0	1,00 0	0,13 3	0,40 0	1,77 1	0,05 1	0,12 3
SLD	1,0	0,05 5	2,38 7	0,31 2	1,20 0	1,39 0	1,00 0	1,20 0	1,00 0	0,14 4	0,43 3	1,82 1	0,06 6	0,15 8
SLV	1,0	0,14 2	2,47 9	0,41 7	1,20 0	1,31 0	1,00 0	1,20 0	1,00 0	0,18 2	0,54 6	2,17 0	0,17 1	0,42 4
SLC	1,0	0,18 6	2,49 4	0,43 8	1,20 0	1,30 0	1,00 0	1,20 0	1,00 0	0,19 0	0,57 0	2,34 6	0,22 4	0,55 8

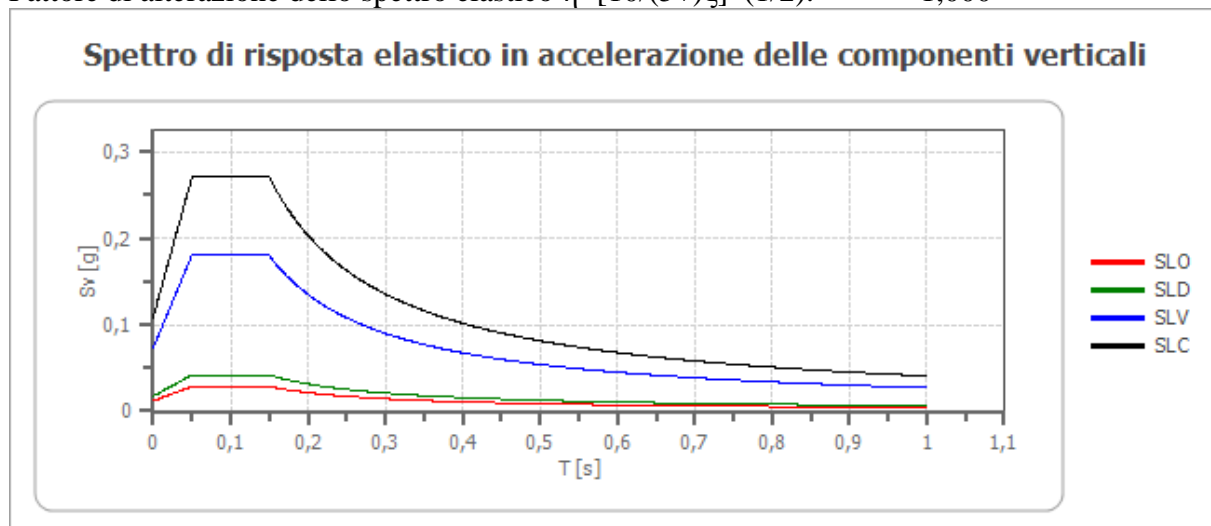
### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ :

1,000



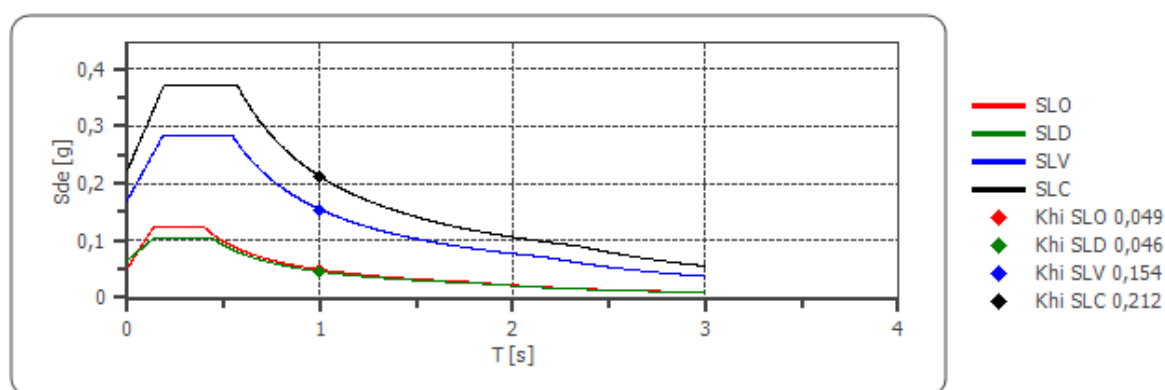
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1,0	0,04 3	2,39 3	0,28 2	1	1,42 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,01 2	0,02 9
SLD	1,0	0,05 5	2,38 7	0,31 2	1	1,39 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,01 8	0,04 2
SLV	1,0	0,14 2	2,47 9	0,41 7	1	1,31 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,07 3	0,18 0
SLC	1,0	0,18 6	2,49 4	0,43 8	1	1,30 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,10 9	0,27 1

## Spettro di progetto

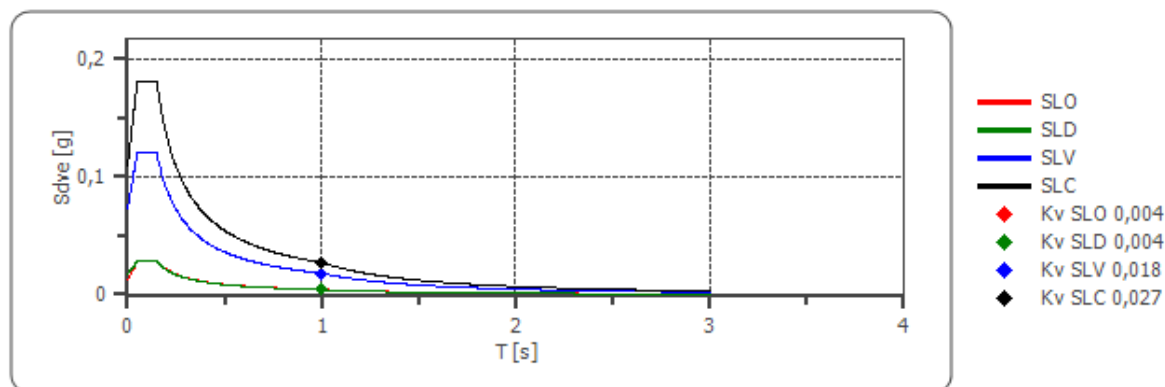
Fattore di struttura spettro orizzontale $q$ :	1,50
Fattore di struttura spettro verticale $q$ :	1,50
Periodo fondamentale $T$ :	1,00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
$k_{hi} = S_{de}(T)$ Orizzontale [g]	0,049	0,046	0,154	0,212
$k_v = S_{dve}(T)$ Verticale [g]	0,004	0,004	0,018	0,027

### Spettro di progetto delle componenti orizzontali



### Spettro di progetto delle componenti verticali





	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(T B) [g]
SLO orizz ontal e	1,0	0,04 3	2,39 3	0,28 2	1,20 0	1,42 0	1,00 0	1,20 0	1,00 0	0,13 3	0,40 0	1,77 1	0,05 1	0,12 3
SLO verti cale	1,0	0,04 3	2,39 3	0,28 2	1,20 0	1,42 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,01 2	0,02 9
SLD orizz ontal e	1,0	0,05 5	2,38 7	0,31 2	1,20 0	1,39 0	1,00 0	1,20 0	1,50 0	0,14 4	0,43 3	1,82 1	0,06 6	0,10 6
SLD verti cale	1,0	0,05 5	2,38 7	0,31 2	1,20 0	1,39 0	1,00 0	1,00 0	1,50 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,01 8	0,02 8
SLV orizz ontal e	1,0	0,14 2	2,47 9	0,41 7	1,20 0	1,31 0	1,00 0	1,20 0	1,50 0	0,18 2	0,54 6	2,17 0	0,17 1	0,28 2
SLV verti cale	1,0	0,14 2	2,47 9	0,41 7	1,20 0	1,31 0	1,00 0	1,00 0	1,50 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,07 3	0,12 0
SLC orizz ontal e	1,0	0,18 6	2,49 4	0,43 8	1,20 0	1,30 0	1,00 0	1,20 0	1,50 0	0,19 0	0,57 0	2,34 6	0,22 4	0,37 2
SLC verti cale	1,0	0,18 6	2,49 4	0,43 8	1,20 0	1,30 0	1,00 0	1,00 0	1,50 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,10 9	0,18 1

#### 4.7 LIQUEFAZIONE

L'istaurarsi di fenomeni di liquefazione di un terreno può occorrere se tale terreno, costituito da depositi incoerenti sabbiosi saturi, sia sottoposto ad una sollecitazione sismica che provochi una notevole ed improvvisa riduzione della resistenza al taglio, fino a conferire al terreno una condizione di fluidità simile a quella di un liquido viscoso.

La propagazione delle onde sismiche genera, infatti, delle forti pressioni interstiziali indotte ad andamento ciclico che eguagliando le pressioni efficaci dovute al peso proprio del terreno danno luogo al fenomeno.

Il fenomeno della liquefazione è possibile, esistendo una falda acquifera nei primi 15 metri di profondità dal piano di campagna se si ha una delle seguenti condizioni geologico-stratigrafiche:

- sabbie con contenuti in argilla (più fine di  $5\ \mu$ )  $<$  al 20%, con indice di plasticità  $<10$ ;
- sabbie pulite con valori di  $N_{spt} \leq 2z$ , dove N è il numero dei colpi delle prove SPT e z è la profondità;
- sabbie limose con contenuto di limi (più fine di  $74\ \mu$ )  $<$  inferiore al 10%.

La liquefazione del terreno, che è tanto più possibile quanto più la sabbia è sciolta, ha come conseguenze:

- un generale assestamento del terreno, per morfologie di terreno orizzontali o sub-orizzontali;
- lo scivolamento in caso di terreni depositi con morfologie acclivi.

Dalla consultazione della bibliografia, dal sopralluogo e dalle indagini geognostiche eseguite nelle vicinanze dell'area **non c'è la possibilità che avvenga il fenomeno della liquefazione** vista l'assenza di una falda profonda. Infatti, vista la natura argillosa del sito 2 non c'è la possibilità che si instauri una circolazione idrica superficiale effimera in corrispondenza di eventi pluviometrici intensi.

Anche per quanto riguarda il sito 1, che ricade in terreni alluvionali, **non c'è la possibilità del fenomeno della liquefazione** come stabilito dallo Studio di Microzonazione Sismica di Primo livello.

## 5. CONCLUSIONI

La seguente relazione riguarda il: *Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato Travatura-Catenacci nel comune di Camini (RC)*”

L'area studiata è caratterizzata da sabbie e ghiaie moderatamente addensate e da argille siltose plioceniche.

Dal punto di vista idrogeologico l'area è caratterizzata dalla presenza di due complessi sabbioso-ghiaioso con permeabilità per porosità medio-alta e da un complesso argilloso con permeabilità per porosità bassa.

La circolazione idrica sotterranea probabilmente è presente ed è concentrata nei livelli più permeabili granulari. Dal sopralluogo, dal rilevamento., non sono emerse evidenze che facciano supporre l'esistenza di fenomeni di dissesto idrogeologico, né in atto né potenziali, nell'area di pertinenza dell'impianto in progetto.

Non vi sono condizioni per cui possano aversi fenomeni di venute d'acqua a carattere torrentizio che diano luogo ad allagamenti con conseguenti danneggiamenti dell'impianto.

In fase esecutiva e per una maggiore conoscenza delle condizioni geologiche e geotecniche del terreno che ospiterà l'opera in progetto è opportuno.

Si consiglia di:

- dimensionare le opere fondali considerando le condizioni geologiche, geotecniche e geofisiche dei terreni indagati e riassunti nel capitolo 3;
- una corretta regimazione idraulica di superficie dell'area interessata dal presente progetto con immissione delle acque nei fossi esistenti senza creare fenomeni di ruscellamento superficiale;
- di realizzare piste e strade di collegamento con una corretta sistemazione del sottofondo stradale per aumentare la portanza delle stesse e delle aree adiacenti prevedendo la realizzazione di cunette per la canalizzazione delle acque e pozzetti di raccolta delle stesse;
- di realizzare le eventuali opere di contenimento con tecniche di ingegneria naturalistica

Catanzaro 25 luglio 2025

Dott. Geol. Ezio INFELISE

## ALLEGATO 1: INDAGINI GEOFISICHE (SISMICA A RIFRAZIONE E MASW)

### Easy Refract

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

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi 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 o, 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

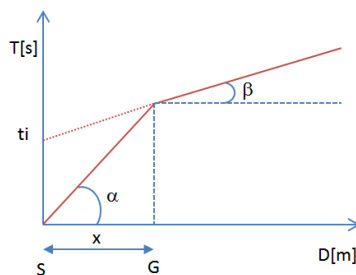
$$T = x_i / V_1$$

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

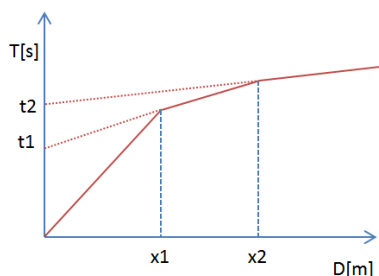
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

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.

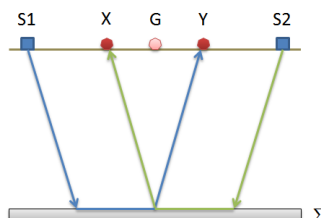


Infine, dalla conoscenza dei tempi  $t_i$  è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

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

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.

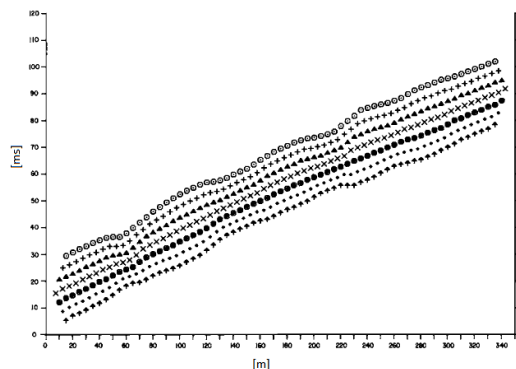


Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno 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

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



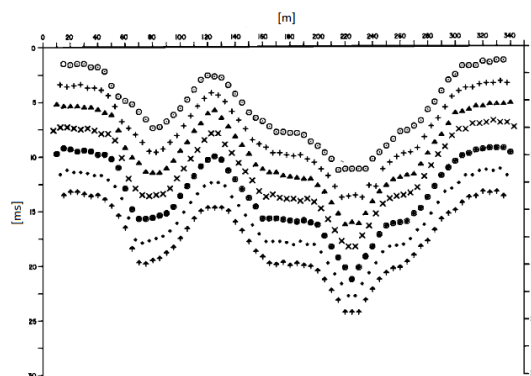
dove  $T_{S_1Y}$  e  $T_{S_2X}$  sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre  $T_{S_1S_2}$  è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento.  $T_v$  è il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

Il calcolo della funzione  $T_v$  viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l'XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

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

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

Dove  $V_n$  è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

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

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifrattore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h.

Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa 20°



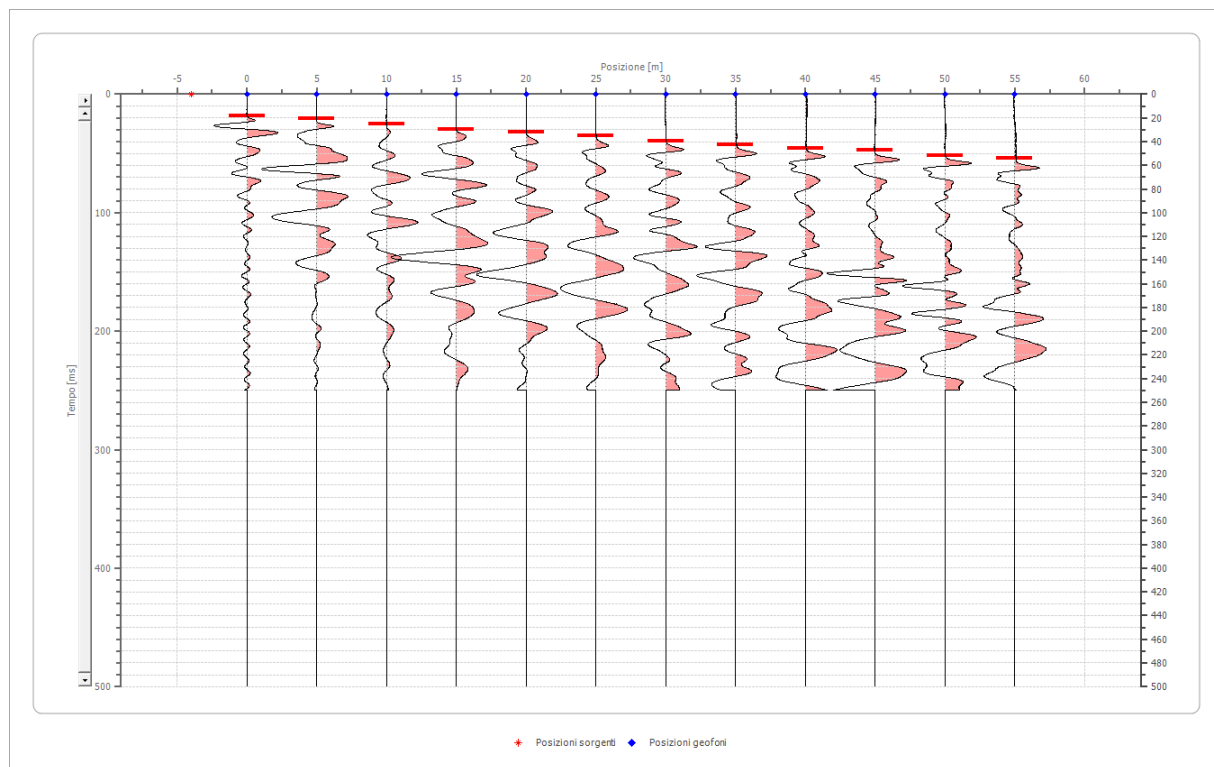
## Geometria geofoni STENDIMENTO A-B

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	-1.5
2	5.0	-1.0
3	10.0	-0.5
4	15.0	0.0
5	20.0	0.5
6	25.0	1.0
7	30.0	1.5
8	35.0	2.0
9	40.0	2.5
10	45.0	3.0
11	50.0	3.5
12	55.0	4.0

## Dati battute

### Battuta 1

Posizione sorgente X      -4 [m]  
 Posizione sorgente Z      0 [m]

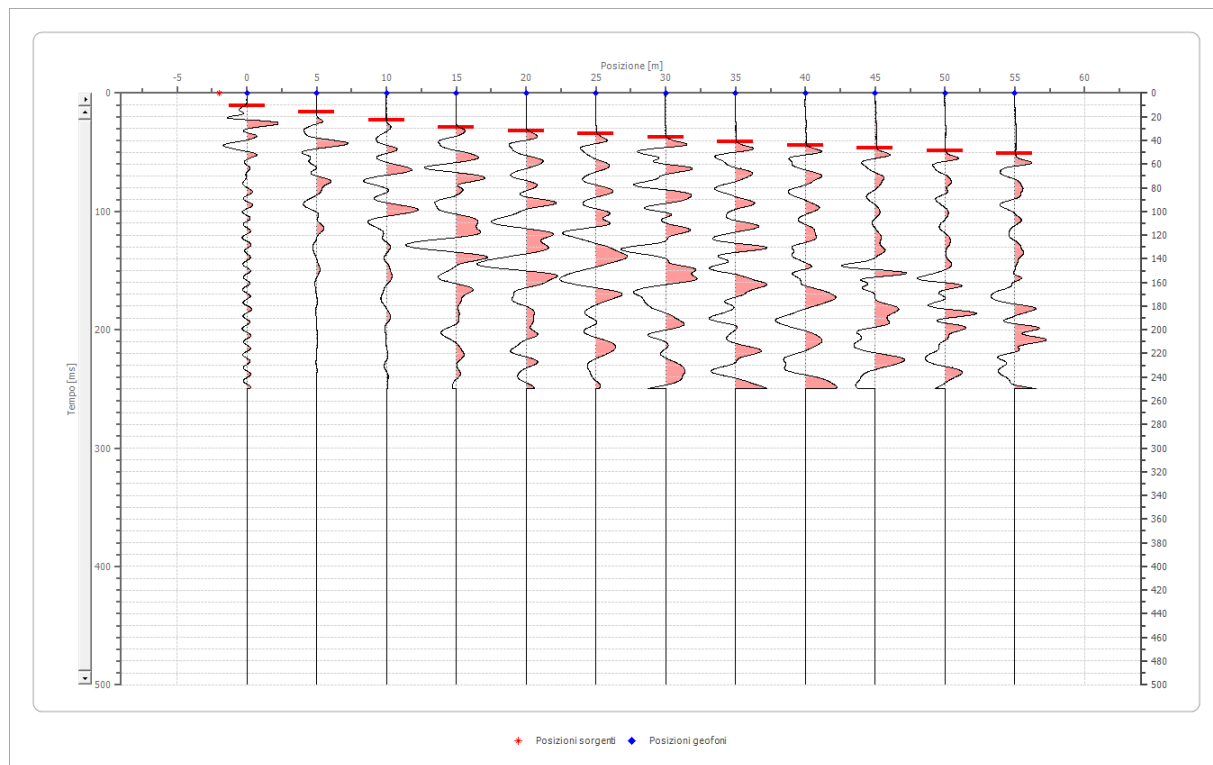


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	18.2721
5.0	20.5562
10.0	25.1242
15.0	29.6922
20.0	31.9763
25.0	35.0216
30.0	39.5896
35.0	42.6350
40.0	45.6804
45.0	47.2030
50.0	51.7711
55.0	54.0551

Battuta 2

Posizione sorgente X -2 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]



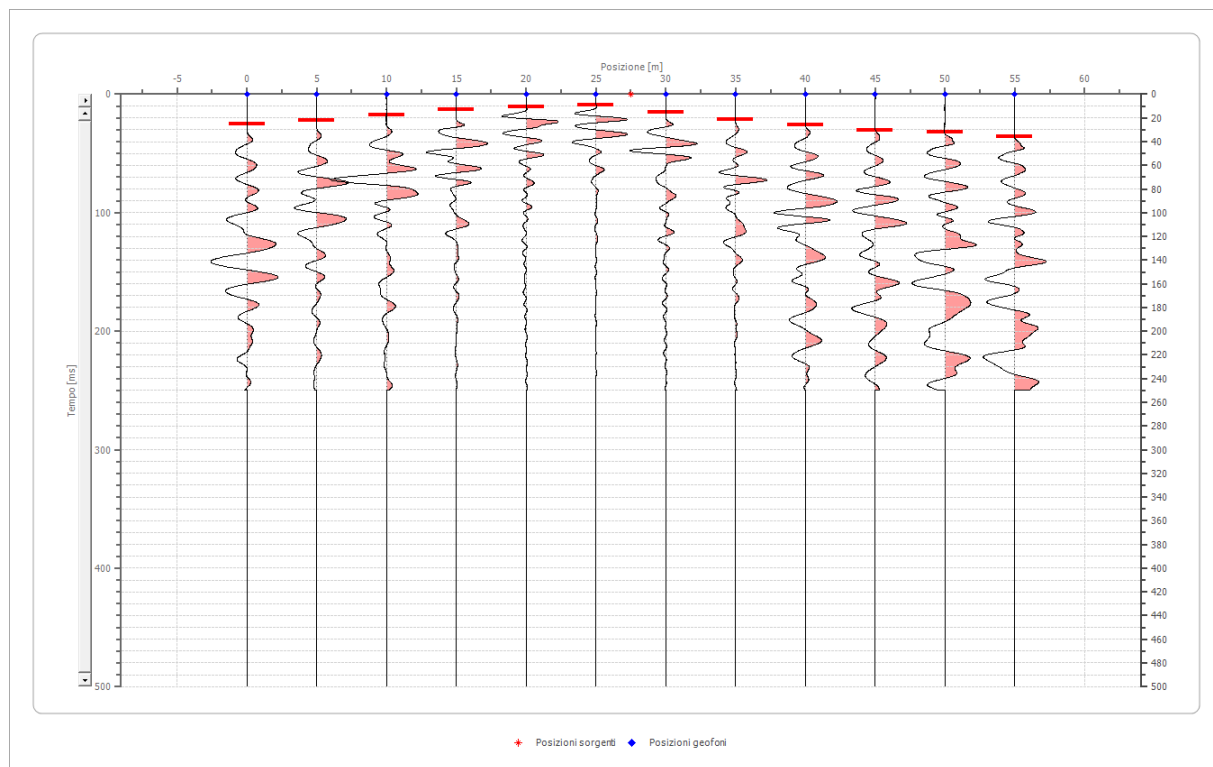
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	10.6588
5.0	15.9881
10.0	22.8402
15.0	28.9309
20.0	31.9763
25.0	34.2603
30.0	37.3056

	35.0	41.1123
	40.0	44.1577
	45.0	46.4417
	50.0	48.7257
	55.0	51.0097

Battuta 3

Posizione sorgente X 28 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

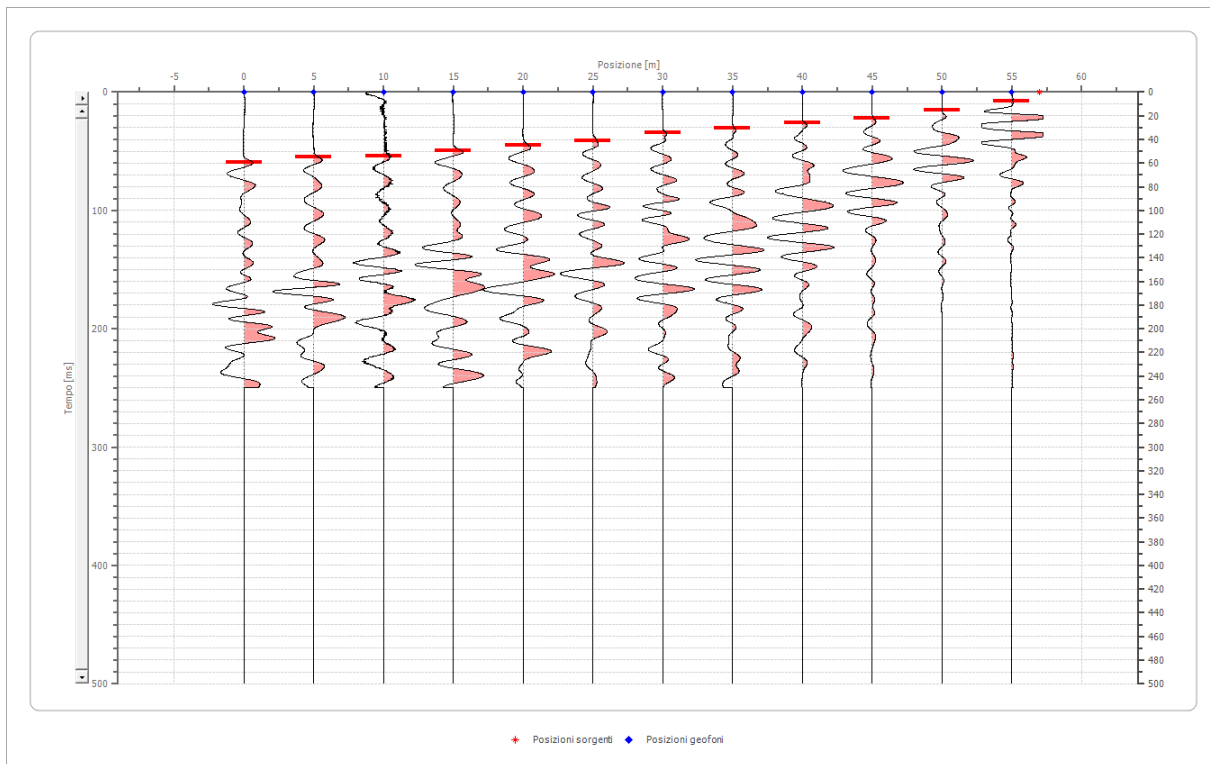


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	25.1242
5.0	22.0788
10.0	17.5108
15.0	12.9428
20.0	10.6588
25.0	9.1361
30.0	15.2268
35.0	21.3175
40.0	25.8855
45.0	30.4536
50.0	31.9763
55.0	35.7830

Battuta 4

Posizione sorgente X 57 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

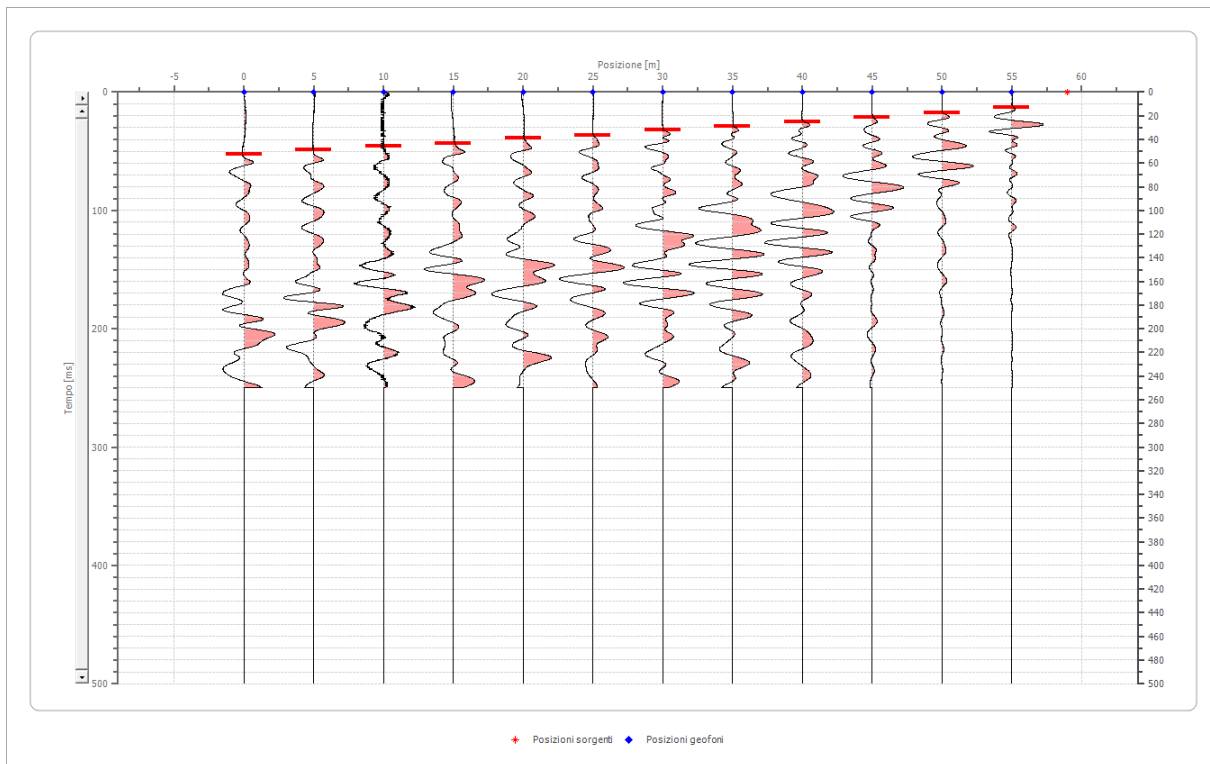


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	59.3845
5.0	54.8164
10.0	54.0551
15.0	49.4871
20.0	44.9190
25.0	41.1123
30.0	34.2603
35.0	30.4536
40.0	25.8855
45.0	22.0788
50.0	15.2268
55.0	7.6134

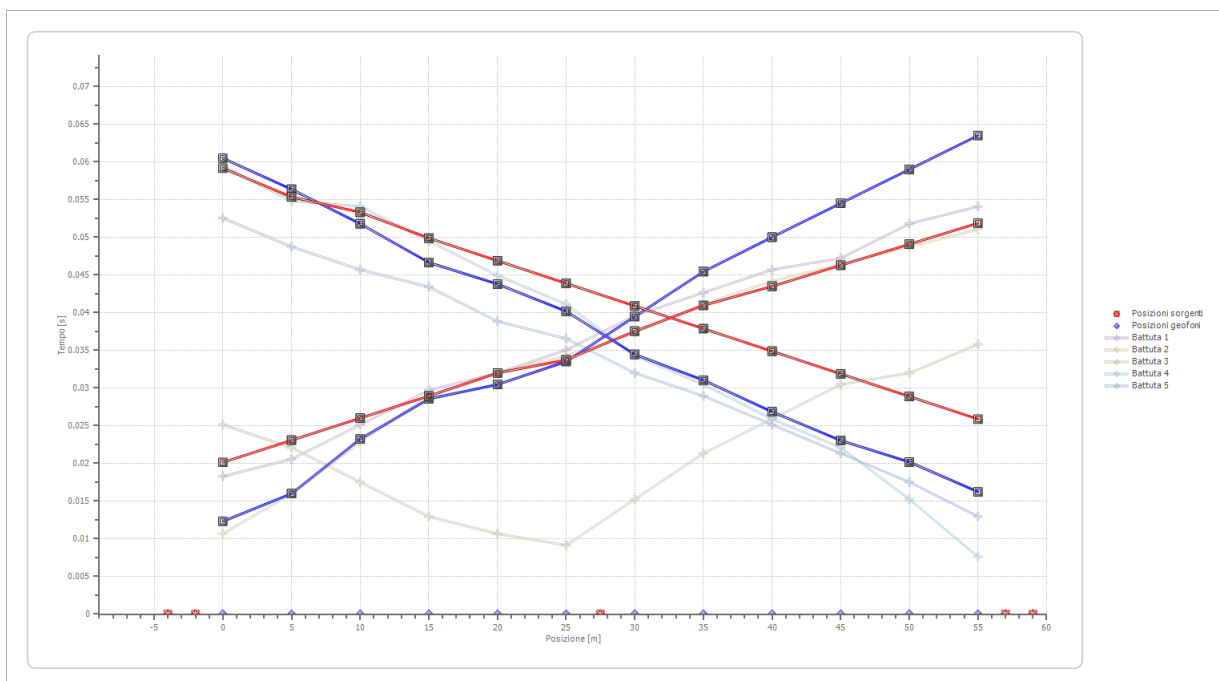
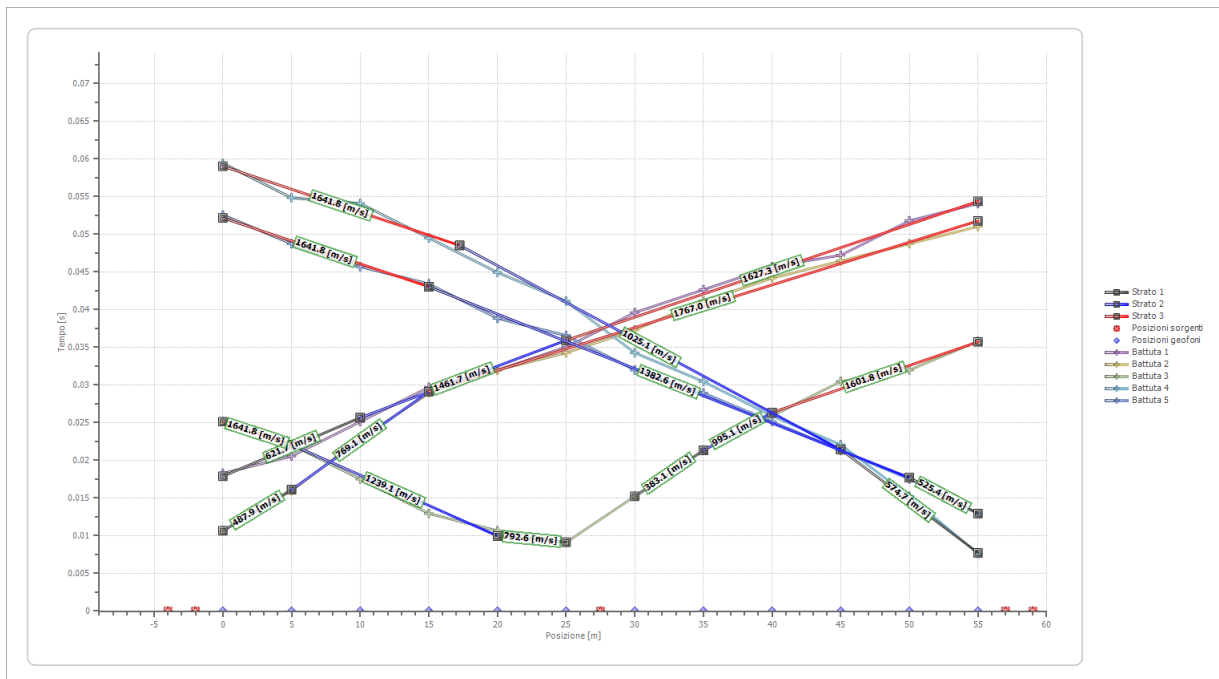
Battuta 5

Posizione sorgente X 59 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	52.5324
5.0	48.7257
10.0	45.6804
15.0	43.3963
20.0	38.8283
25.0	36.5443
30.0	31.9763
35.0	28.9309
40.0	25.1242
45.0	21.3175
50.0	17.5108
55.0	12.9428



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

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 0.0 [m]	3.1	12.8	--
G= 5.0 [m]	2.9	12.4	--
G= 10.0 [m]	3.8	11.7	--
G= 15.0 [m]	3.8	11.2	--
G= 20.0 [m]	3.5	11.7	--
G= 25.0 [m]	3.3	11.0	--
G= 30.0 [m]	3.4	11.5	--
G= 35.0 [m]	4.3	10.5	--
G= 40.0 [m]	4.4	9.9	--
G= 45.0 [m]	4.6	9.4	--
G= 50.0 [m]	5.1	8.4	--
G= 55.0 [m]	5.3	8.0	--
Velocità [m/sec]	564.2	1151.8	1694.9
Descrizione			

**Altri parametri geotecnici**

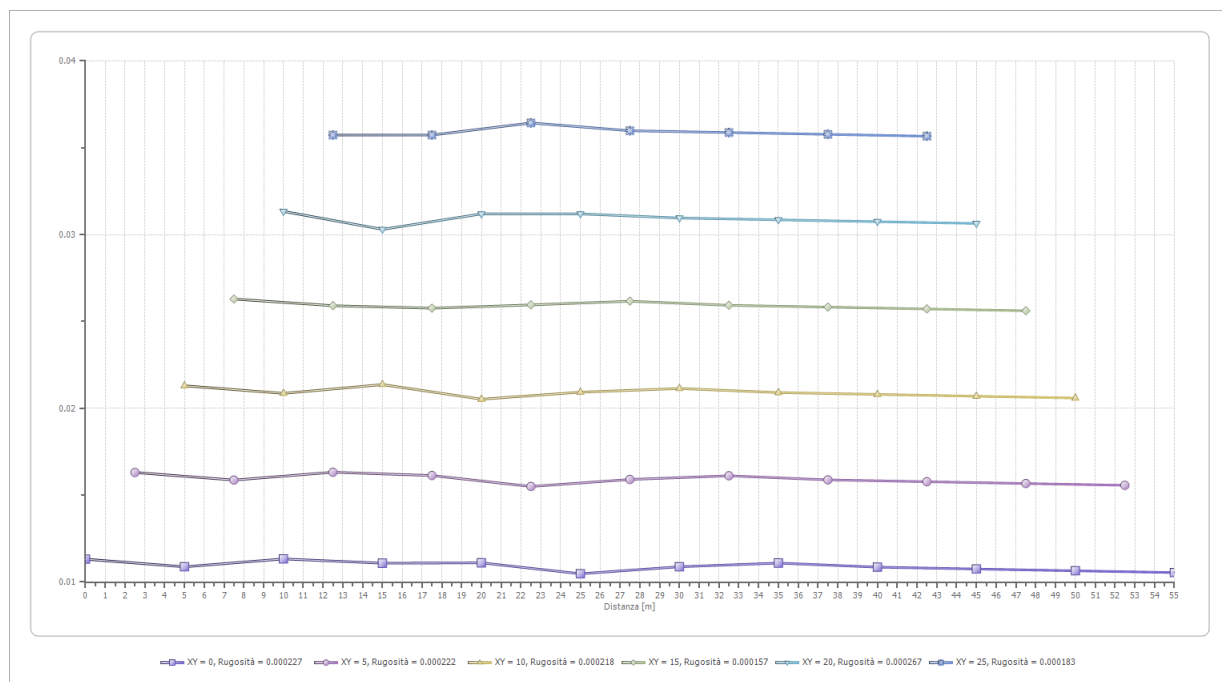
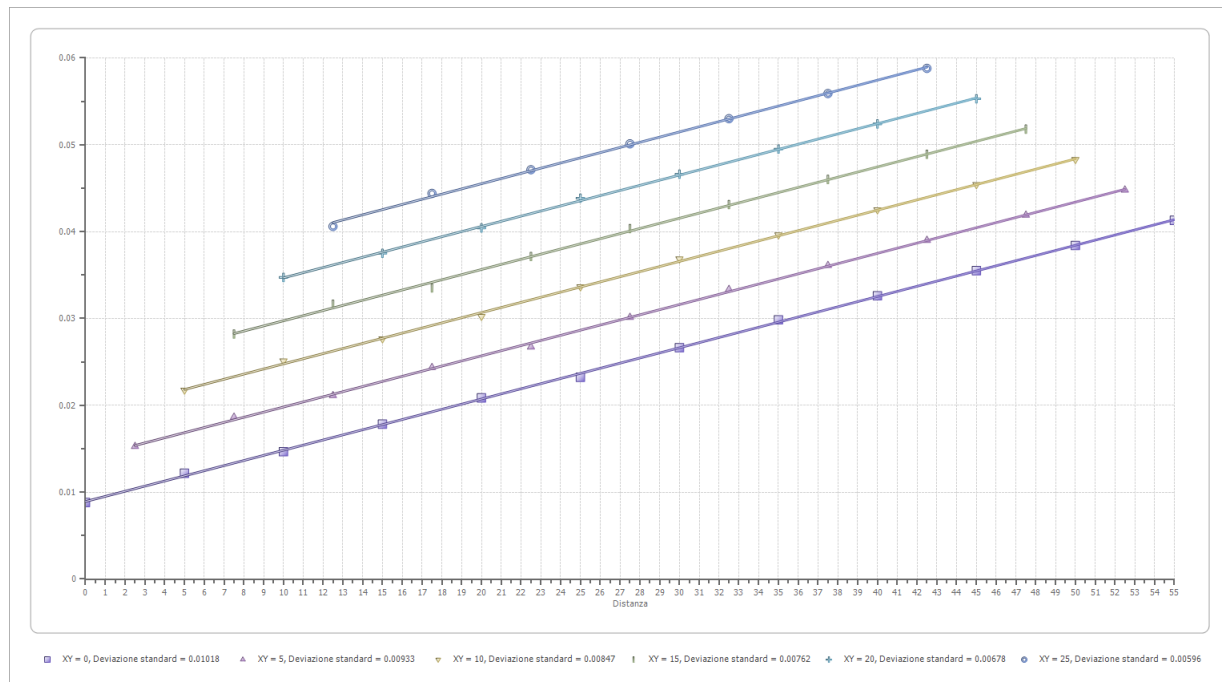
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.35	0.33	0.31
Densità [kg/m³]	1800.00	1800.00	1800.00
Vp [m/s]	564.23	1151.81	1694.92
Vs [m/s]	271.05	580.19	889.41
G0 [MPa]	132.24	605.91	1423.89
Ed [Mpa]	573.04	2387.99	5170.97
M0 [MPa]	440.80	1782.08	3747.08
Ey [Mpa]	357.05	1611.72	3730.59

G0: Modulo di deformazione al taglio;

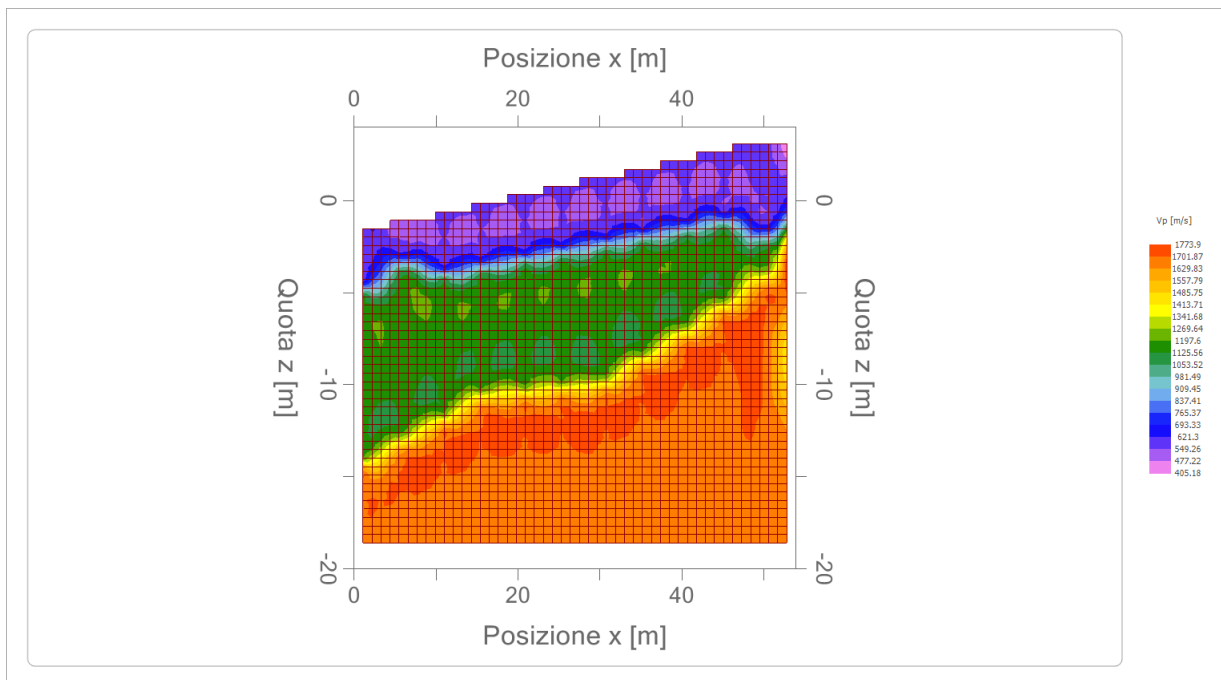
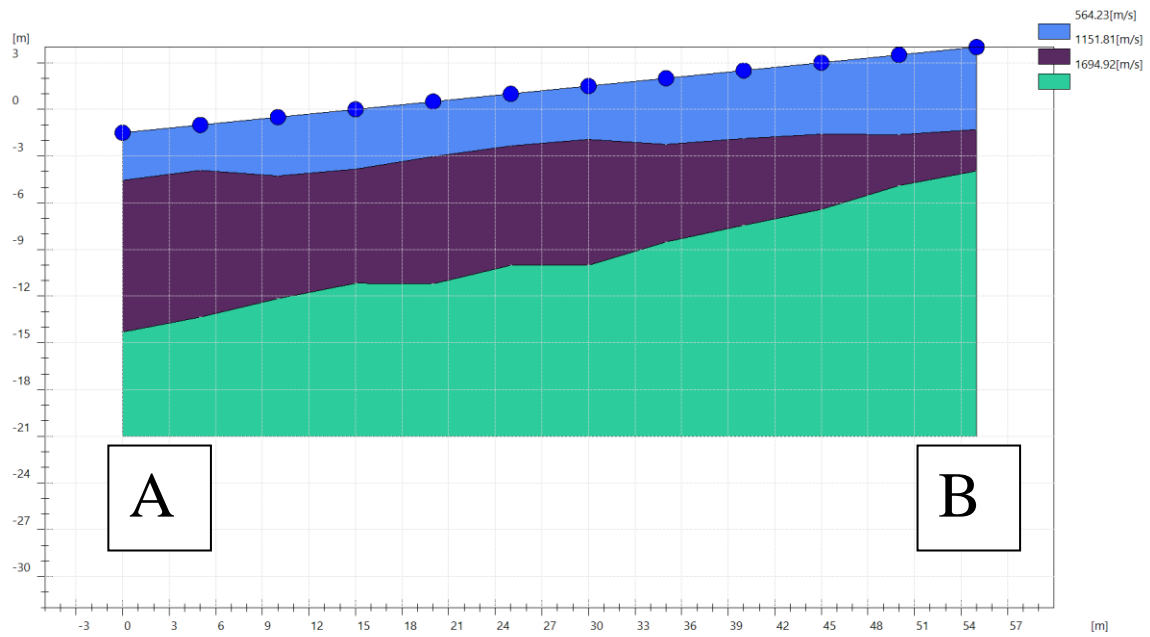
Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;







## Geometria geofoni STENDIMENTO C-D

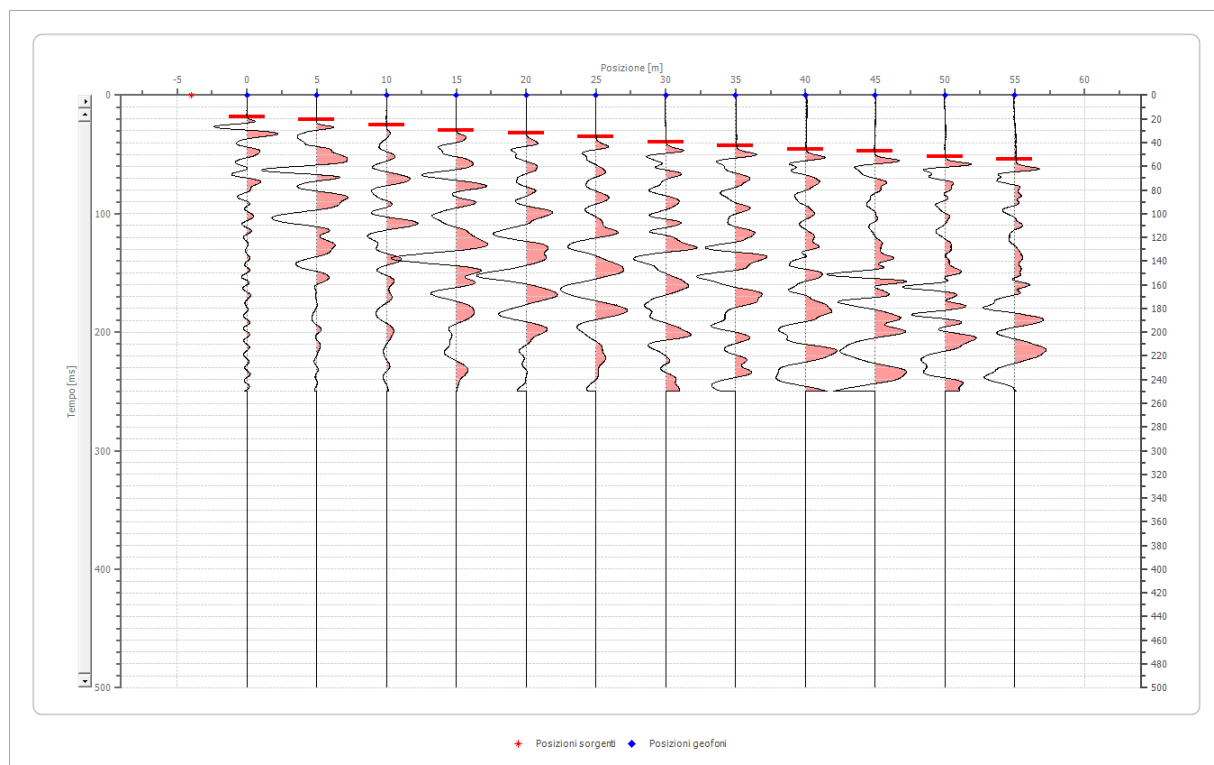
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	-1.5
2	5.0	-1.0
3	10.0	-0.5
4	15.0	0.0
5	20.0	0.5
6	25.0	1.0
7	30.0	1.5
8	35.0	2.0
9	40.0	2.5
10	45.0	3.0
11	50.0	3.5
12	55.0	4.0

## Dati battute

### Battuta 1

Posizione sorgente X      -4 [m]

Posizione sorgente Z      0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	18.2721
5.0	20.5562
10.0	25.1242
15.0	29.6922

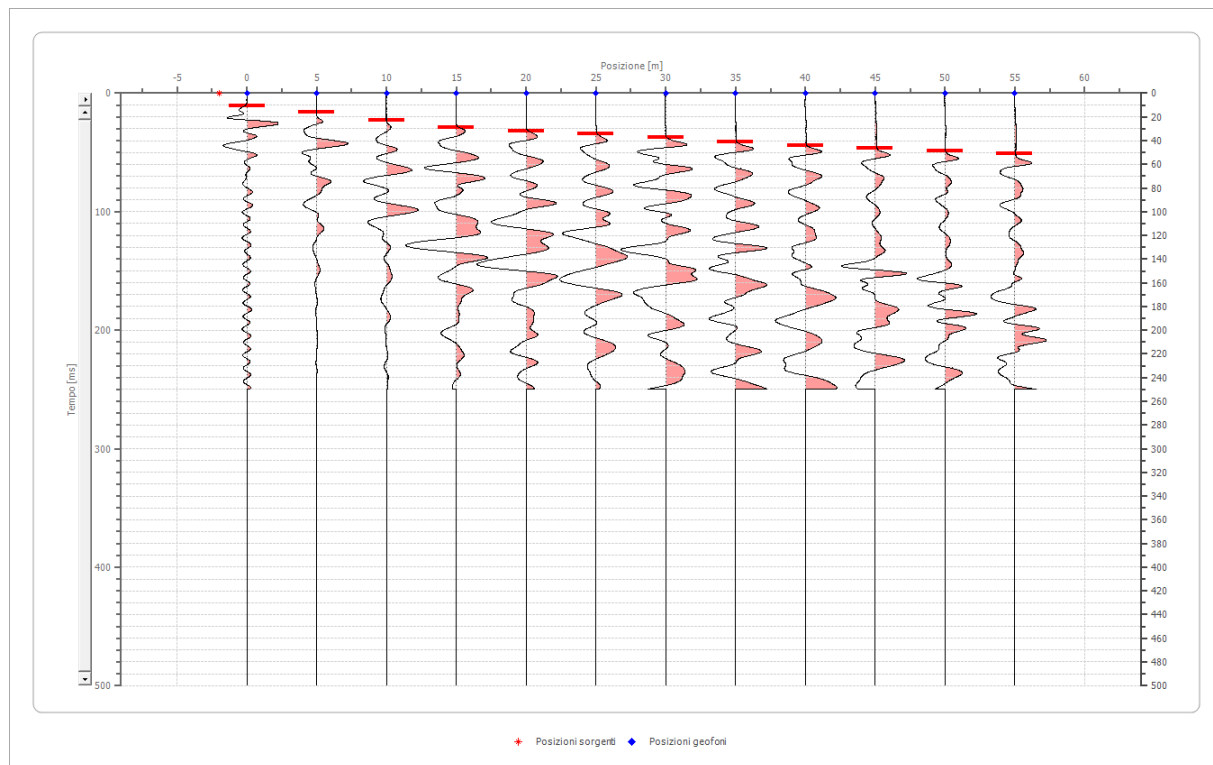
Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaiico denominato Travatura-Catenacci nel comune di Camini (RC)''

20.0	31.9763
25.0	35.0216
30.0	39.5896
35.0	42.6350
40.0	45.6804
45.0	47.2030
50.0	51.7711
55.0	54.0551

## Battuta 2

Posizione sorgente X -2 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

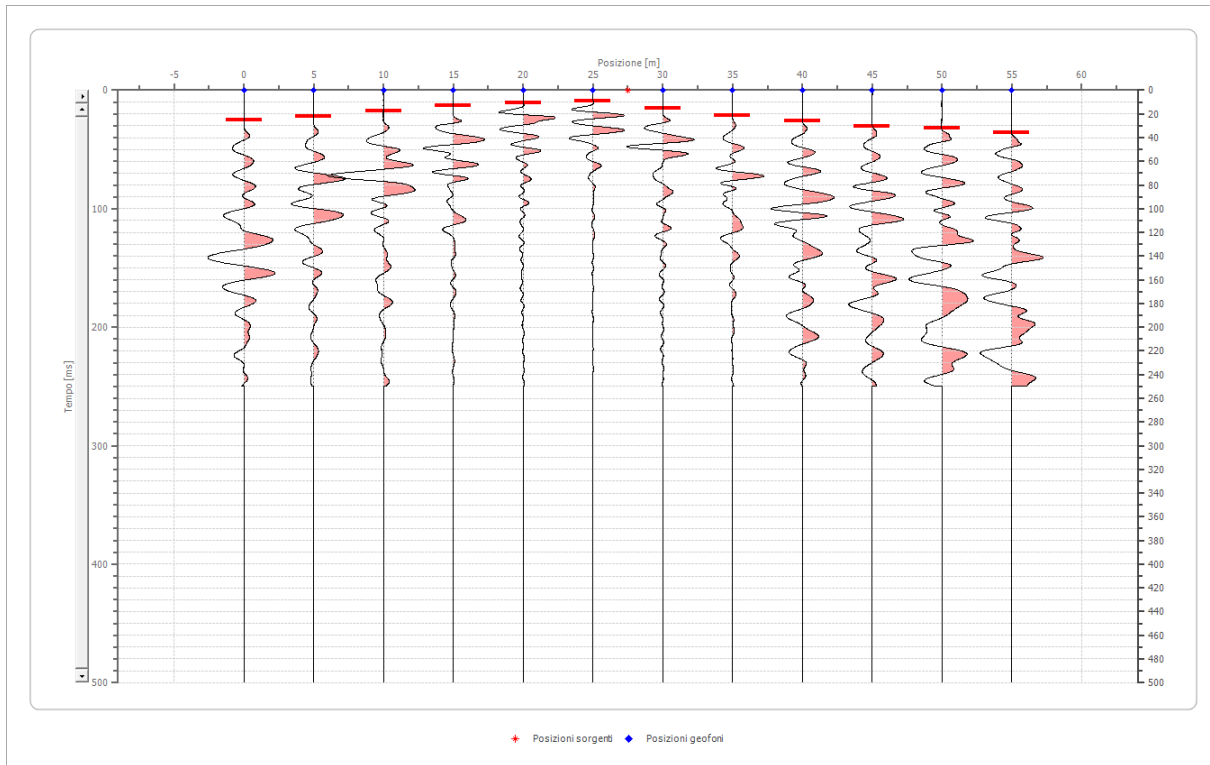


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	10.6588
5.0	15.9881
10.0	22.8402
15.0	28.9309
20.0	31.9763
25.0	34.2603
30.0	37.3056
35.0	41.1123
40.0	44.1577
45.0	46.4417
50.0	48.7257
55.0	51.0097

Battuta 3

Posizione sorgente X 28 [m]

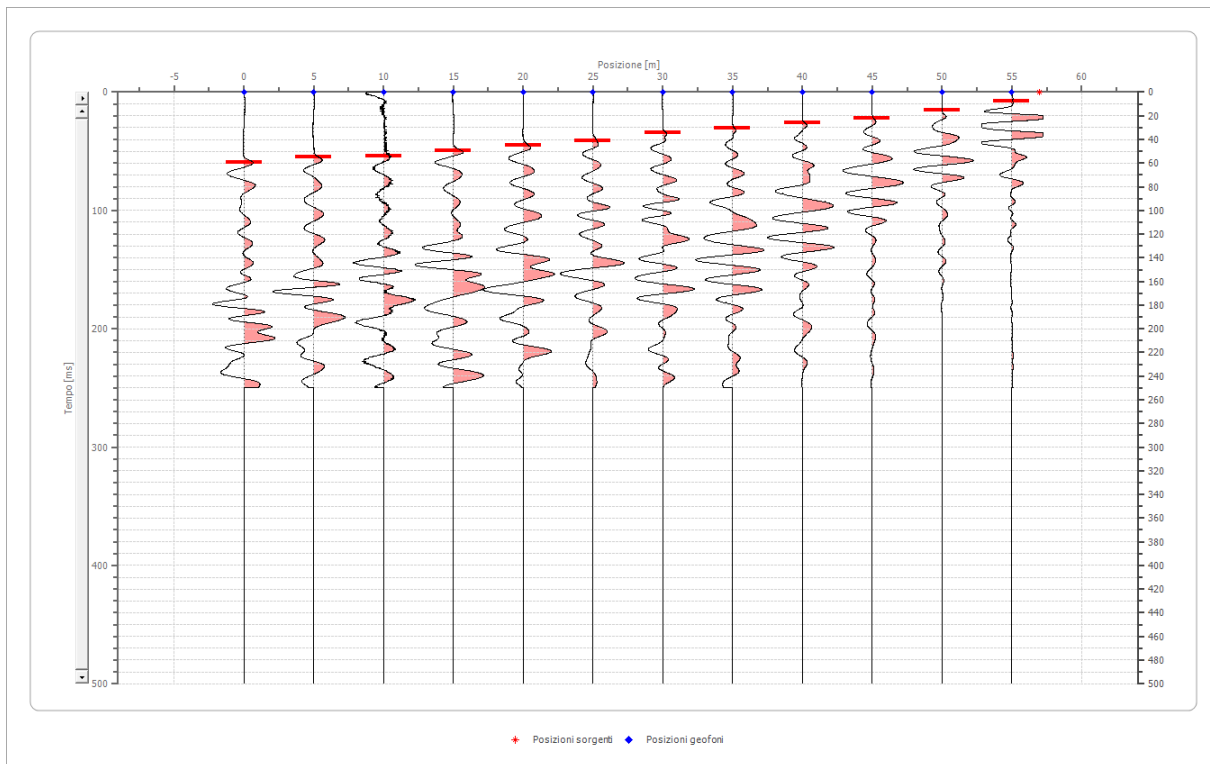
Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	25.1242
5.0	22.0788
10.0	17.5108
15.0	12.9428
20.0	10.6588
25.0	9.1361
30.0	15.2268
35.0	21.3175
40.0	25.8855
45.0	30.4536
50.0	31.9763
55.0	35.7830

Battuta 4

Posizione sorgente X 57 [m]  
Posizione sorgente Z 0 [m]

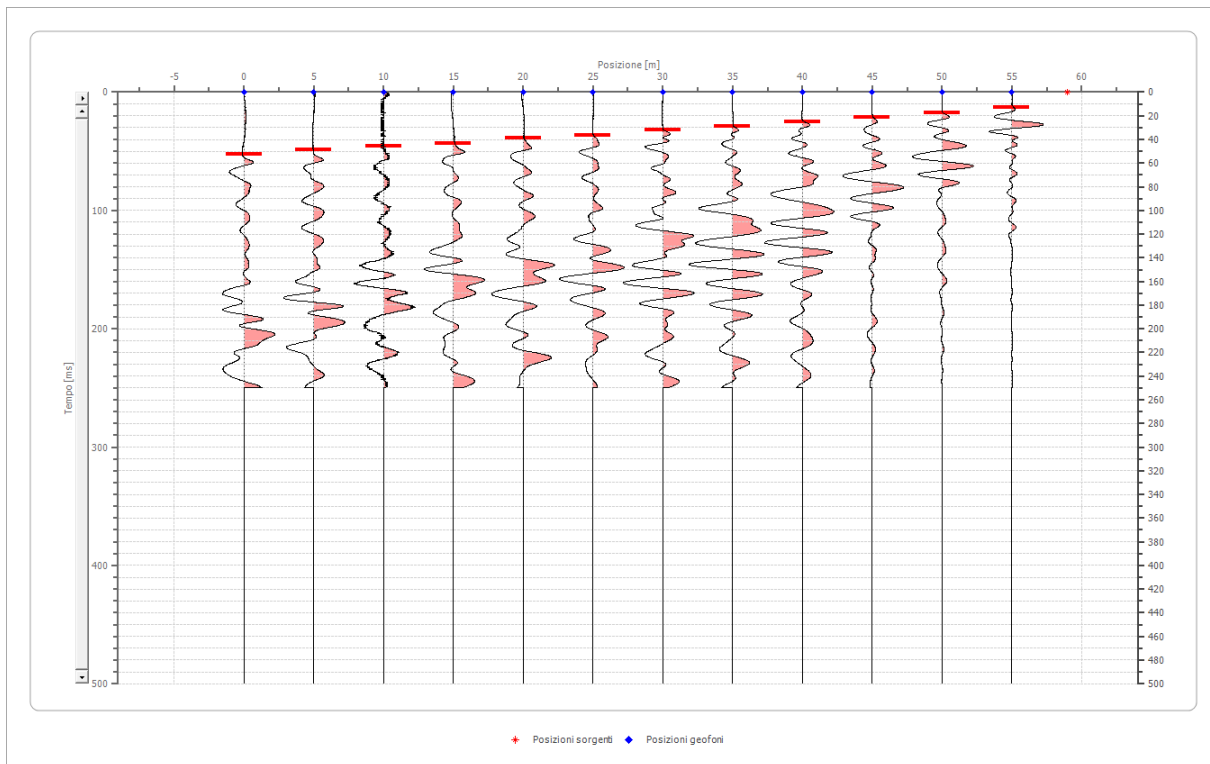


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	59.3845
5.0	54.8164
10.0	54.0551
15.0	49.4871
20.0	44.9190
25.0	41.1123
30.0	34.2603
35.0	30.4536
40.0	25.8855
45.0	22.0788
50.0	15.2268
55.0	7.6134

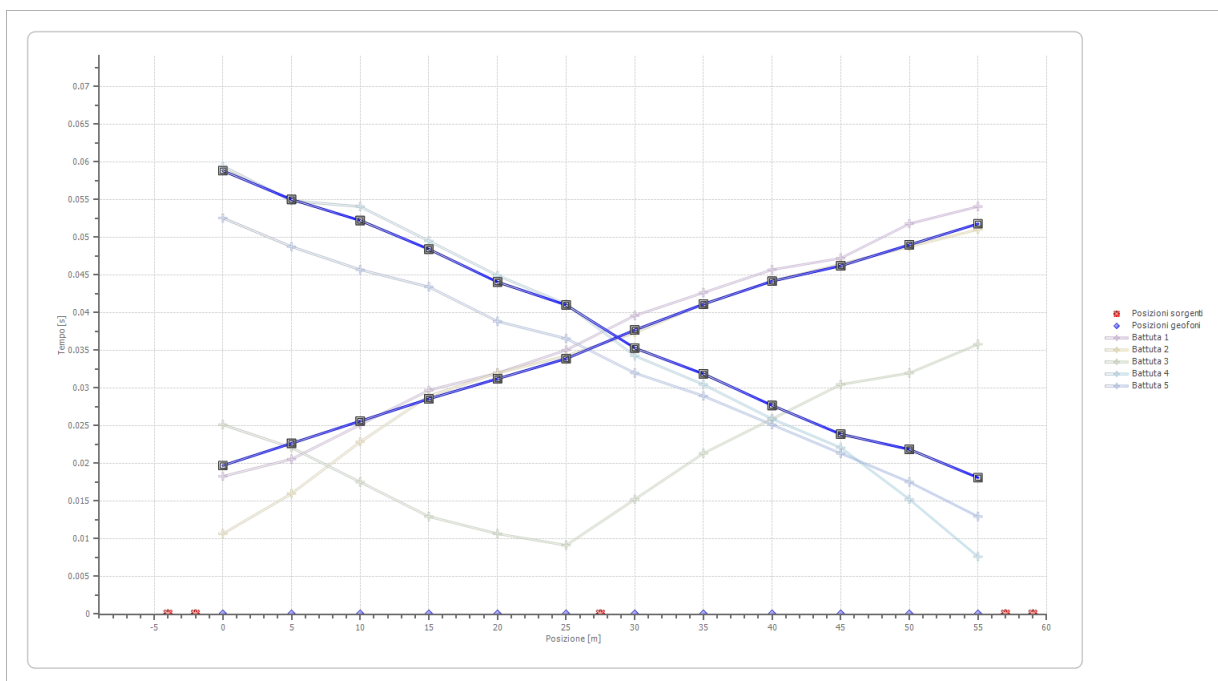
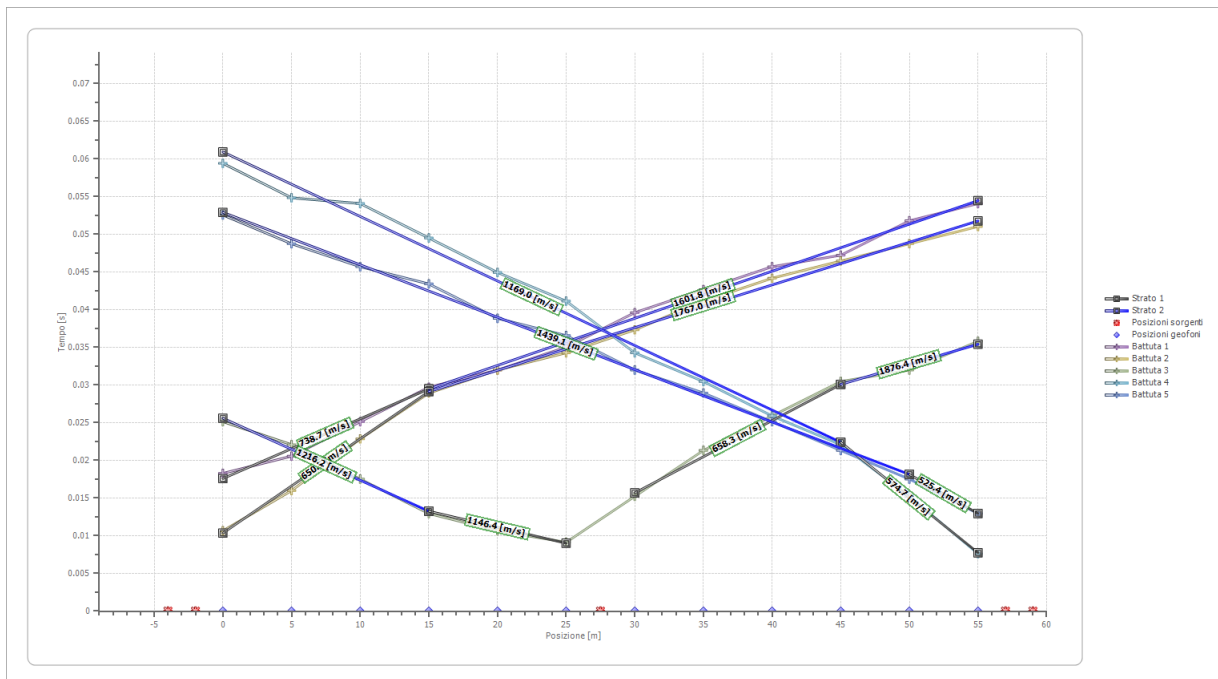
Battuta 5

Posizione sorgente X 59 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	52.5324
5.0	48.7257
10.0	45.6804
15.0	43.3963
20.0	38.8283
25.0	36.5443
30.0	31.9763
35.0	28.9309
40.0	25.1242
45.0	21.3175
50.0	17.5108
55.0	12.9428



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

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 0.0 [m]	8.7	18.5
G= 5.0 [m]	8.4	17.8
G= 10.0 [m]	8.5	16.3
G= 15.0 [m]	8.1	15.4
G= 20.0 [m]	7.4	15.6
G= 25.0 [m]	7.3	14.9
G= 30.0 [m]	6.5	14.6
G= 35.0 [m]	6.5	12.8
G= 40.0 [m]	6.0	11.6
G= 45.0 [m]	5.3	10.1
G= 50.0 [m]	5.6	8.9
G= 55.0 [m]	5.2	7.9
Velocità [m/sec]	715.7	1477.7
Descrizione		

**Altri parametri geotecnici**

	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.33
Densità [kg/m³]	1800.00	1800.00
Vp [m/s]	715.67	1477.72
Vs [m/s]	343.80	744.36
G0 [MPa]	212.75	997.32
Ed [Mpa]	921.92	3930.60
M0 [MPa]	709.17	2933.29
Ey [Mpa]	574.43	2652.86

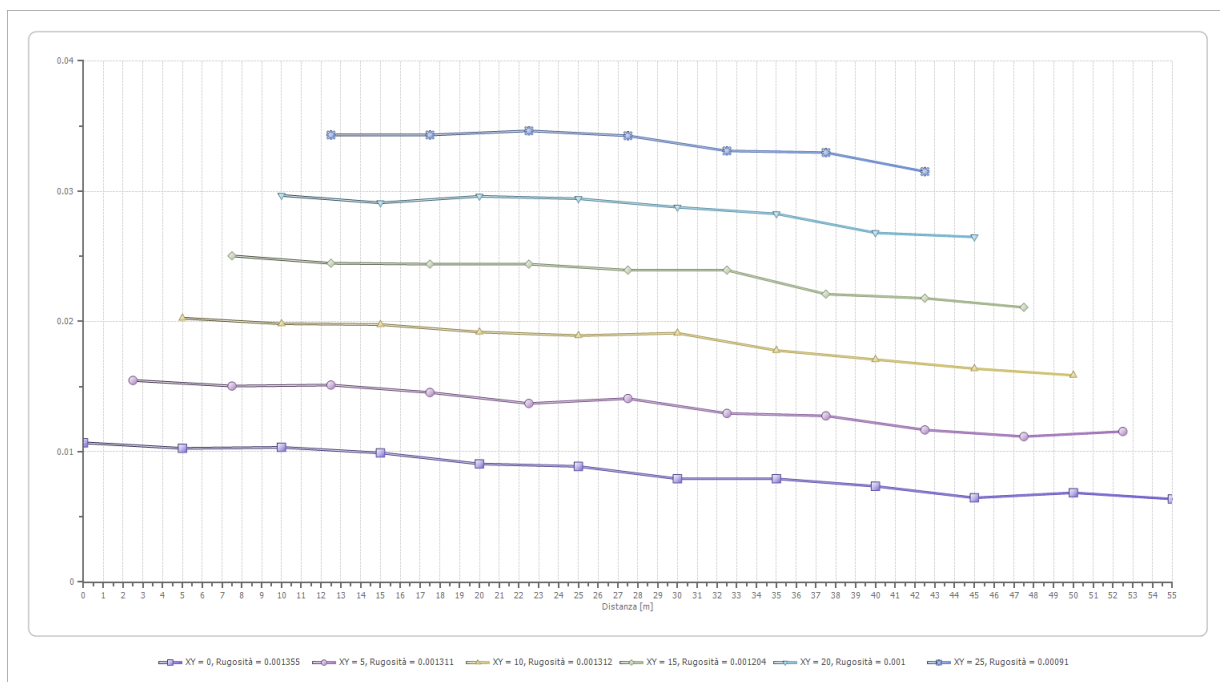
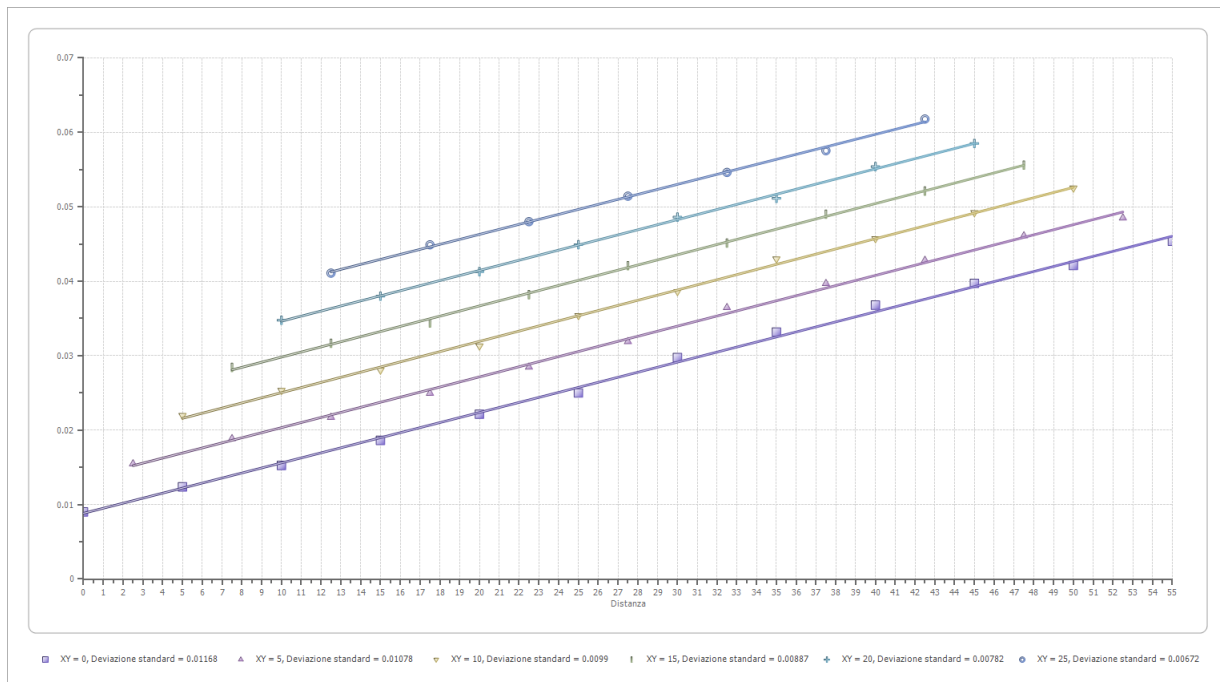
G0: Modulo di deformazione al taglio;

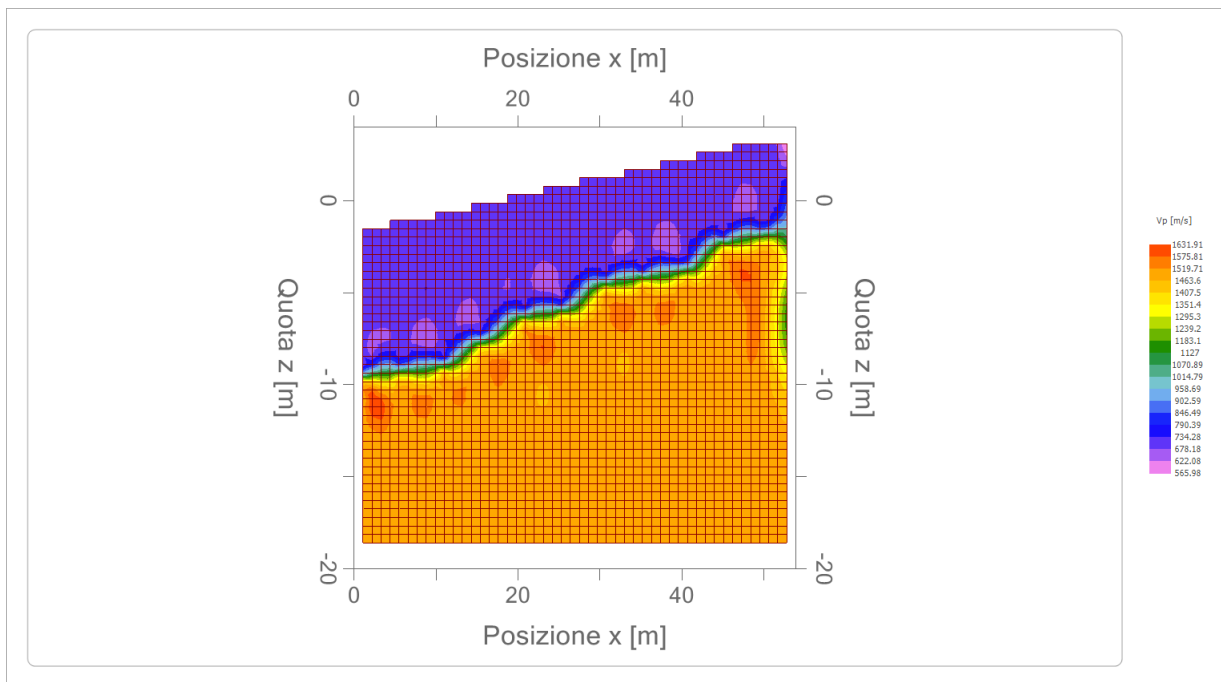
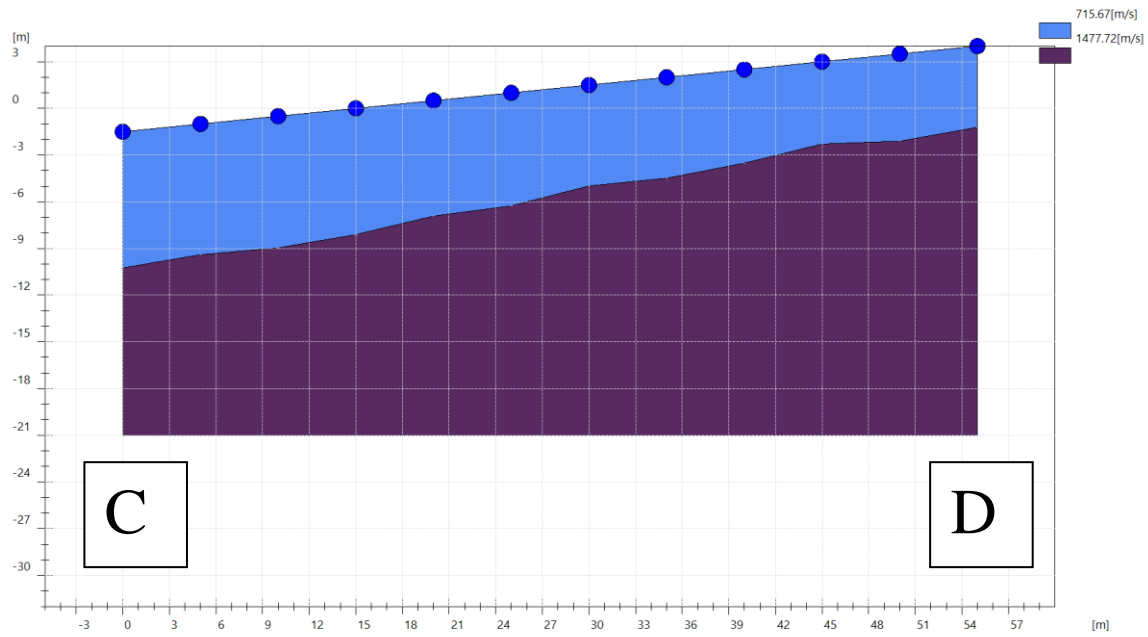
Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;







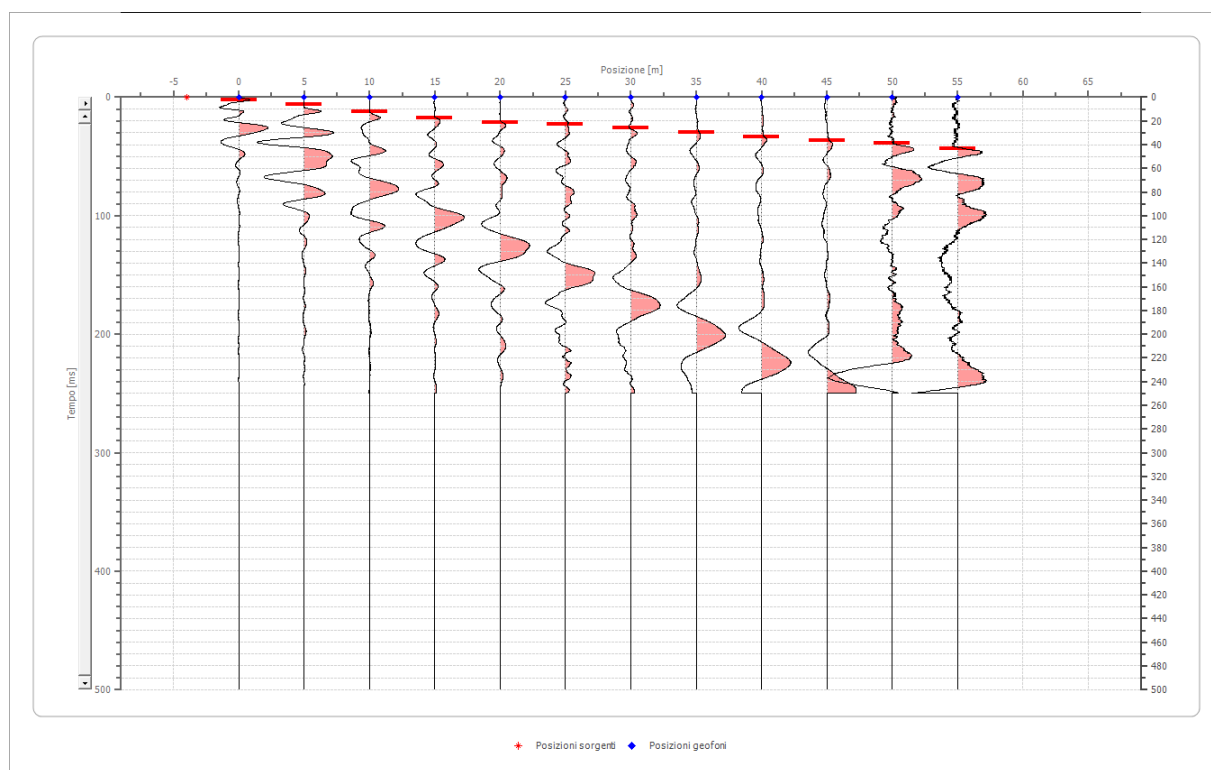
## Geometria geofoni STENDIMENTO E-F

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	5.0	0.0
3	10.0	0.0
4	15.0	0.0
5	20.0	0.0
6	25.0	0.0
7	30.0	0.0
8	35.0	0.0
9	40.0	0.0
10	45.0	0.0
11	50.0	0.0
12	55.0	0.0

## Dati battute

### Battuta 1

Posizione sorgente X -4 [m]  
Posizione sorgente Z 0 [m]



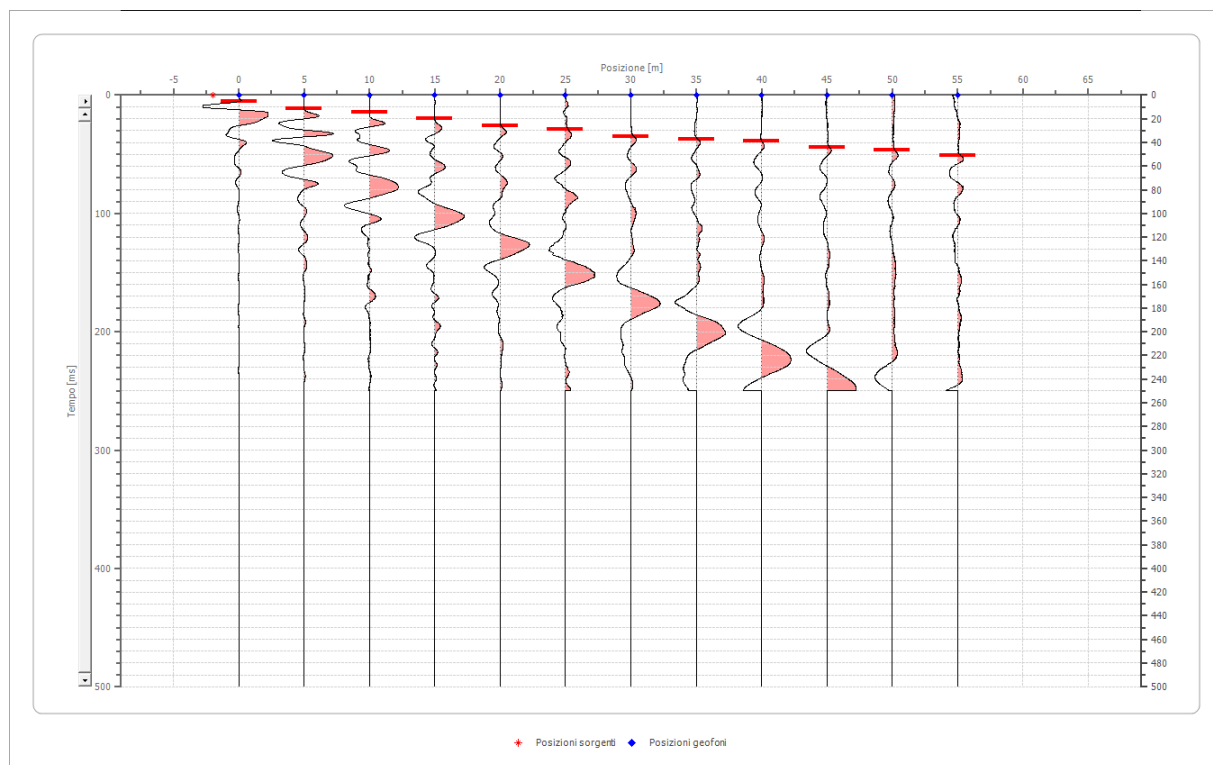
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	2.2840
5.0	6.0907
10.0	12.1814

15.0	17.5108
20.0	21.3175
25.0	22.8402
30.0	25.8855
35.0	29.6922
40.0	33.4989
45.0	36.5443
50.0	38.8283
55.0	43.3963

## Battuta 2

Posizione sorgente X -2 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

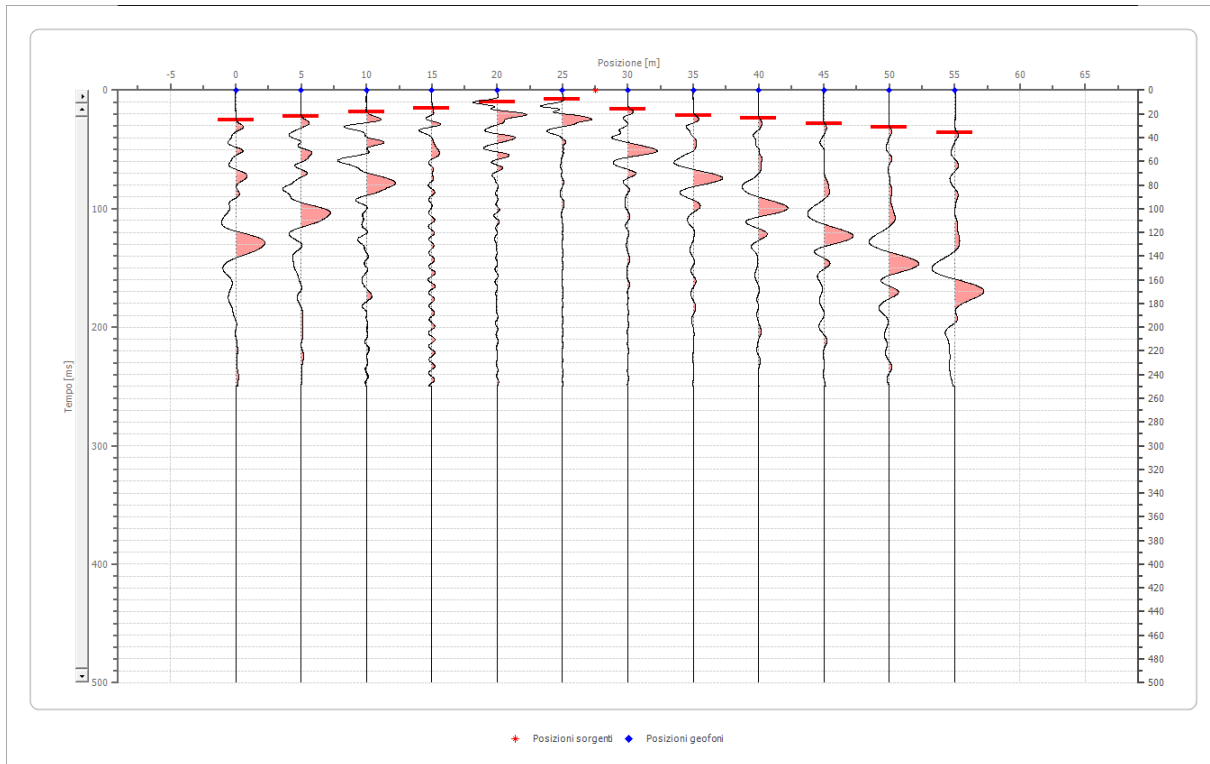


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	5.3294
5.0	11.4201
10.0	14.4654
15.0	19.7948
20.0	25.8855
25.0	28.9309
30.0	35.0216
35.0	37.3056
40.0	38.8283
45.0	44.1577
50.0	46.4417
55.0	51.0097

Battuta 3

Posizione sorgente X 28 [m]

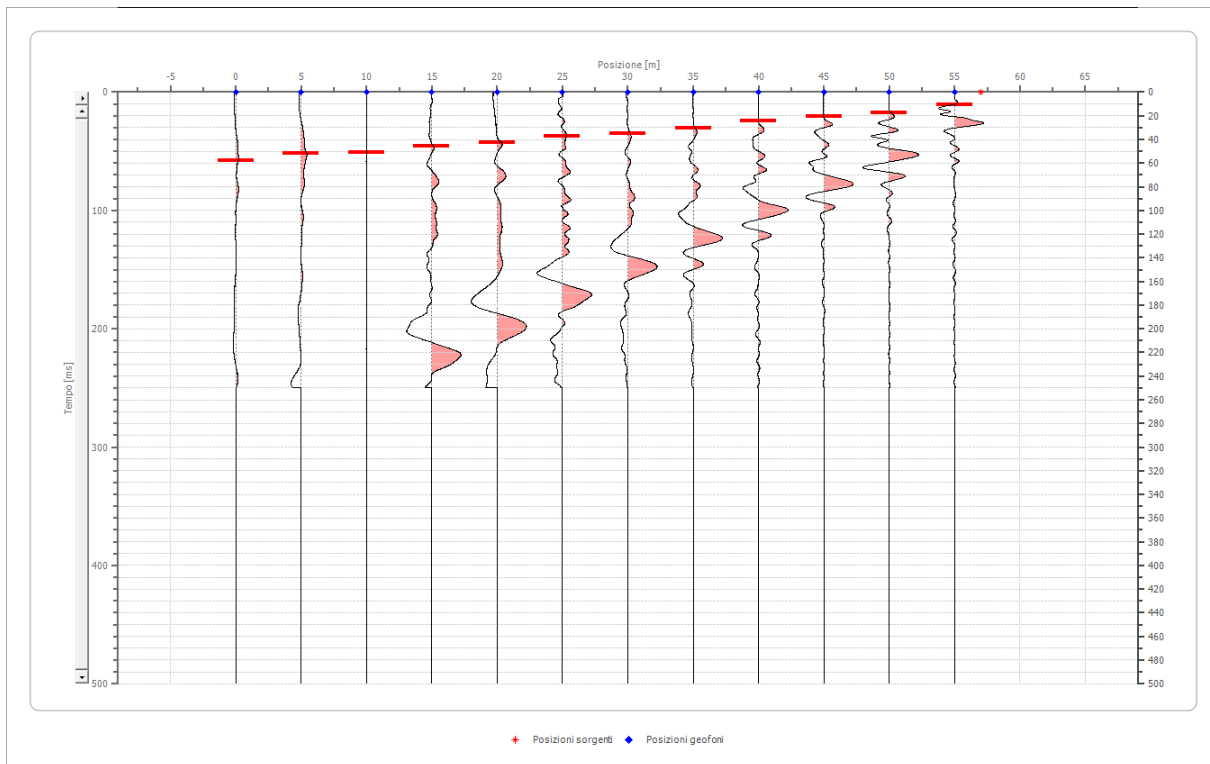
Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	25.1242
5.0	22.0788
10.0	18.2721
15.0	15.2268
20.0	9.8974
25.0	7.6134
30.0	15.9881
35.0	21.3175
40.0	23.6015
45.0	28.1696
50.0	31.2149
55.0	35.7830

Battuta 4

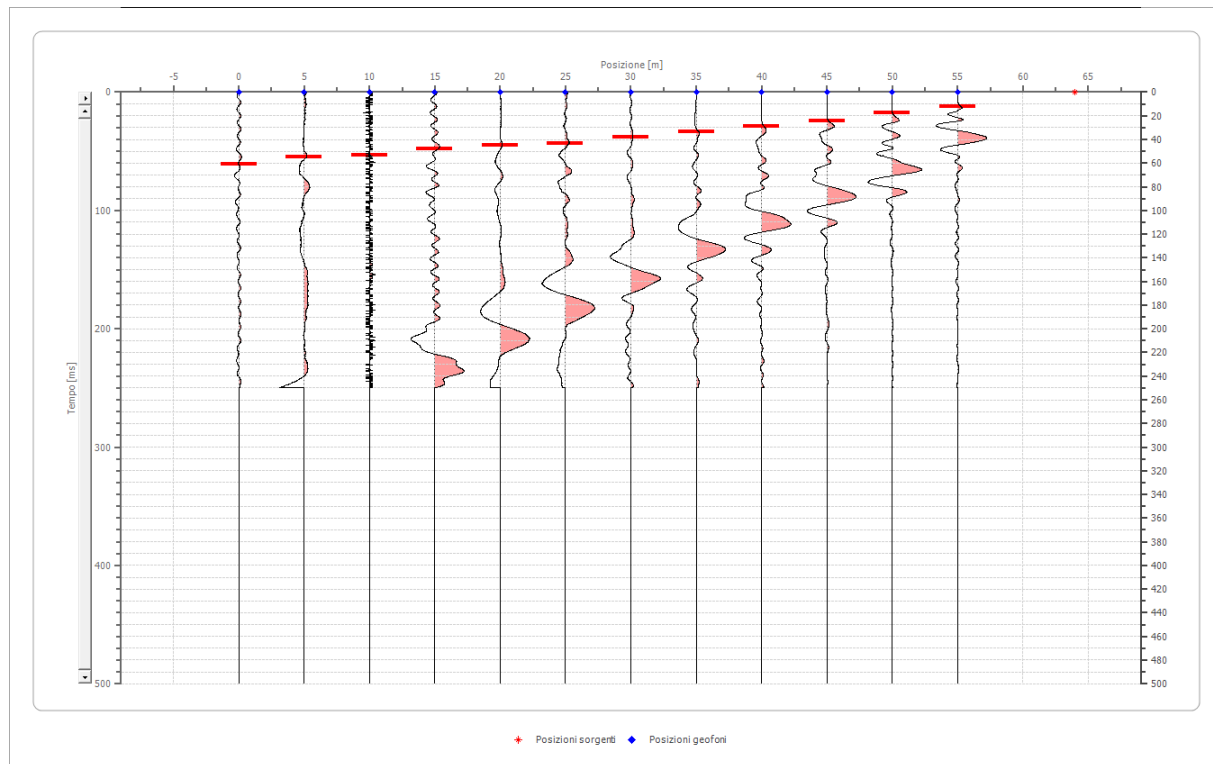
Posizione sorgente X 57 [m]  
Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	57.8618
5.0	51.7711
10.0	51.0097
15.0	45.6804
20.0	42.6350
25.0	37.3056
30.0	35.0216
35.0	30.4536
40.0	24.3629
45.0	20.5562
50.0	17.5108
55.0	10.6588

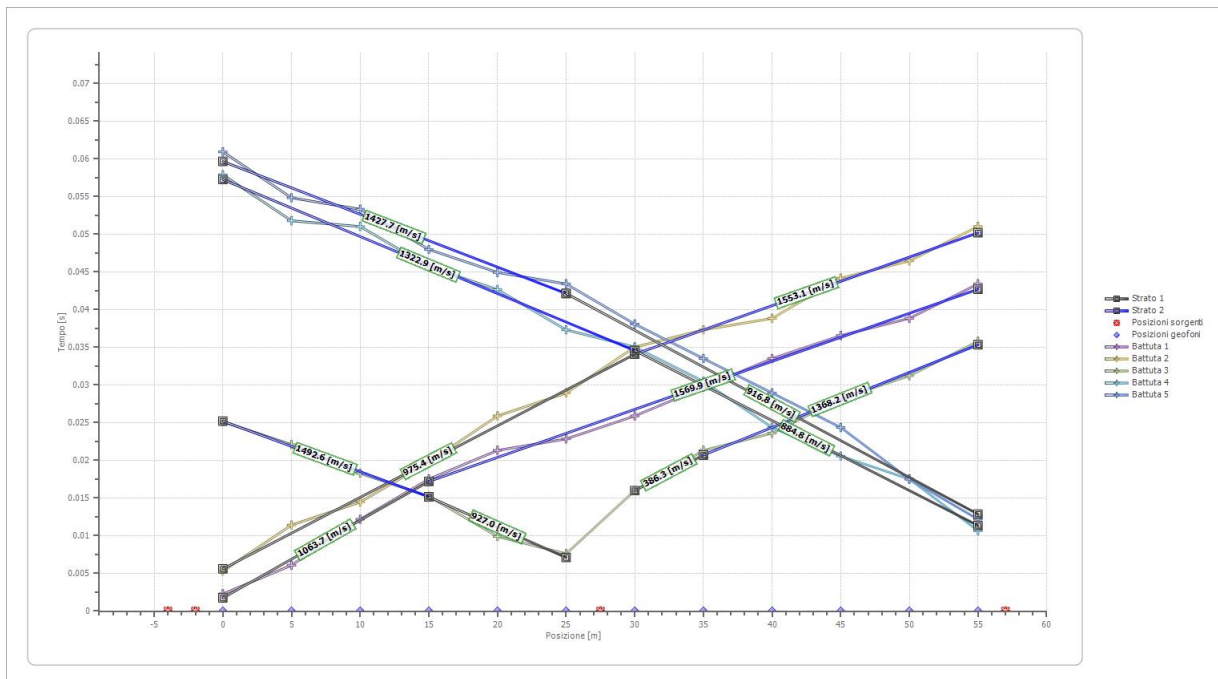
Battuta 5

Posizione sorgente X 64 [m]  
Posizione sorgente Z 0 [m]

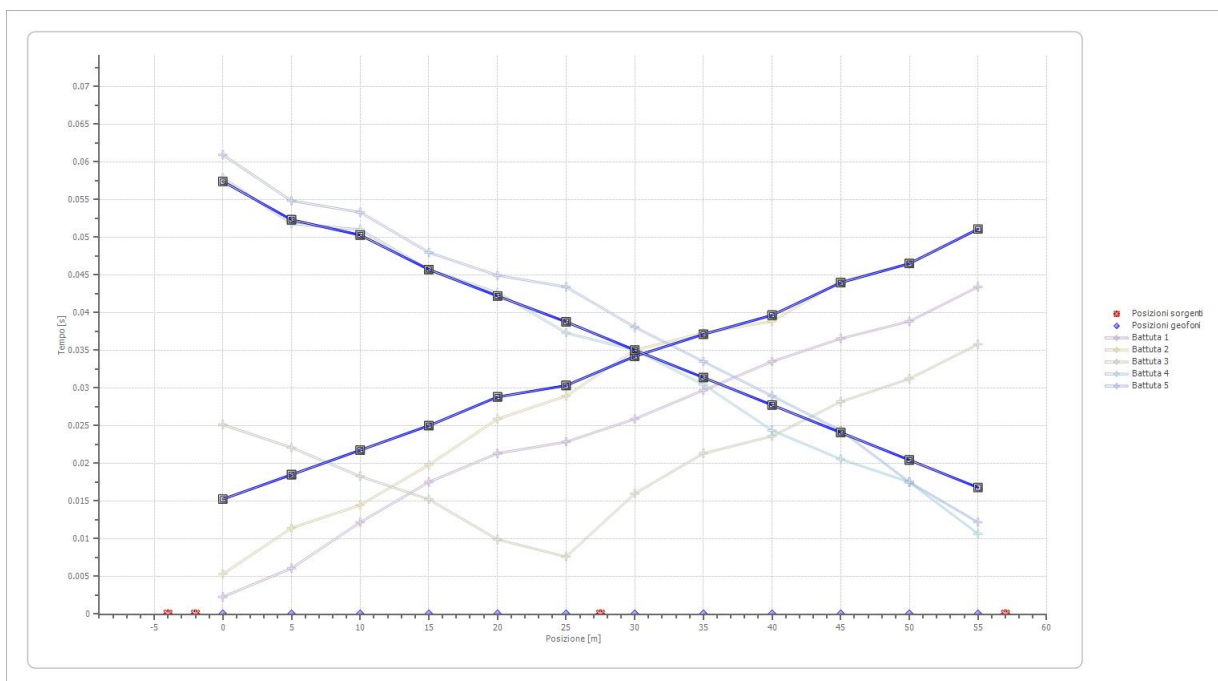


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	60.9072
5.0	54.8164
10.0	53.2938
15.0	47.9644
20.0	44.9190
25.0	43.3963
30.0	38.0670
35.0	33.4989
40.0	28.9309
45.0	24.3629
50.0	17.5108
55.0	12.1814

## Dromocrone



## Dromocrone traslate





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

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 0.0 [m]	9.4	--
G= 5.0 [m]	8.4	--
G= 10.0 [m]	9.1	--
G= 15.0 [m]	8.4	--
G= 20.0 [m]	8.5	--
G= 25.0 [m]	7.5	--
G= 30.0 [m]	7.6	--
G= 35.0 [m]	7.2	--
G= 40.0 [m]	6.6	--
G= 45.0 [m]	7.0	--
G= 50.0 [m]	6.4	--
G= 55.0 [m]	6.9	--
Velocità [m/sec]	859.0	1469.7
Descrizione		

**Altri parametri geotecnici**

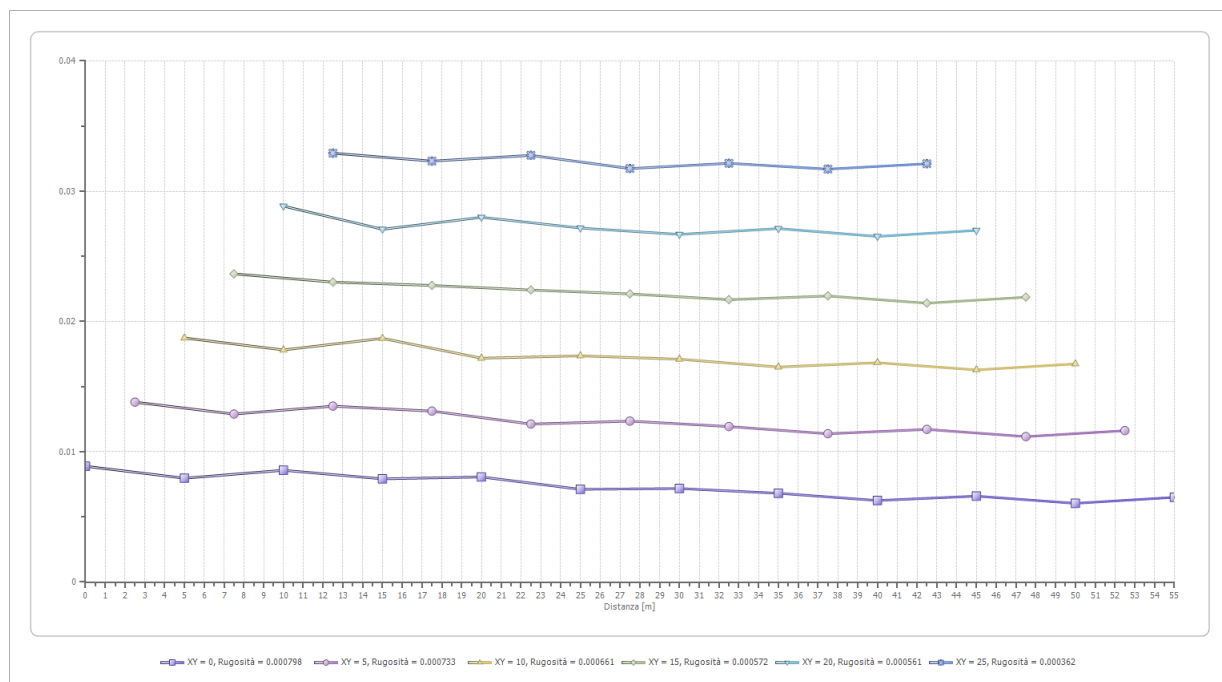
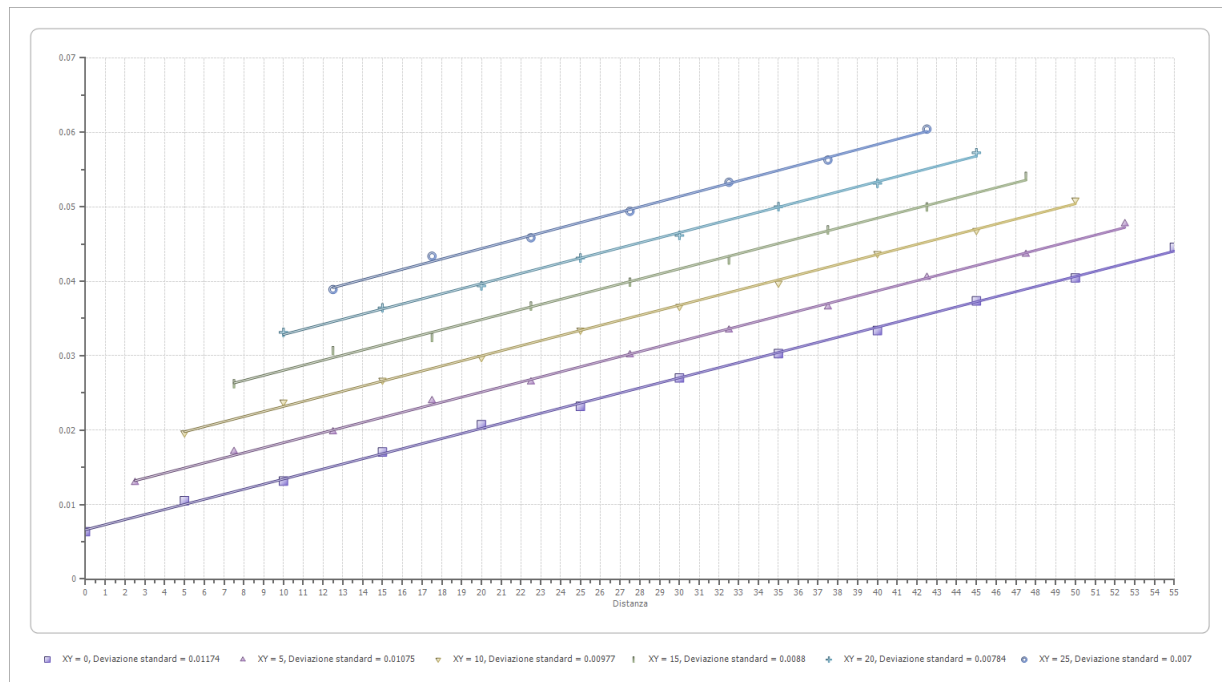
	Strato n. 1	Strato n. 2
Coefficiente Poisson	0.35	0.31
Densità [kg/m³]	1800.00	1800.00
Vp [m/s]	858.99	1469.65
Vs [m/s]	412.65	771.20
G0 [MPa]	306.50	1070.55
Ed [Mpa]	1328.16	3887.77
M0 [MPa]	1021.66	2817.23
Ey [Mpa]	827.54	2804.83

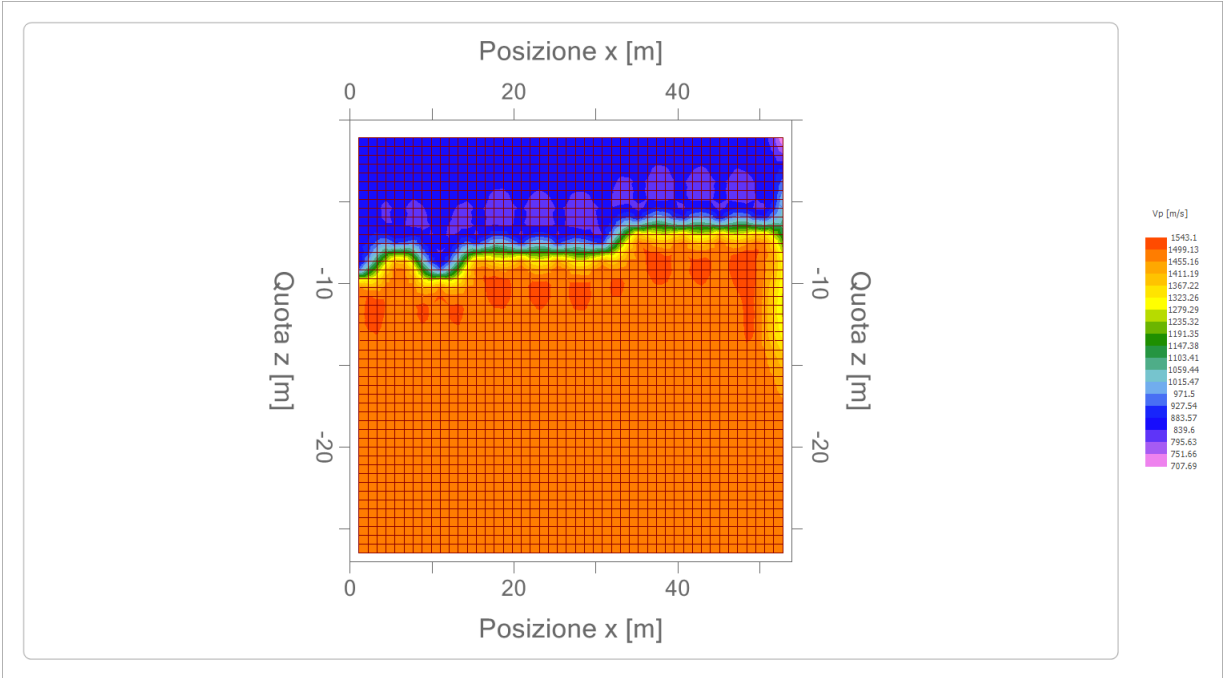
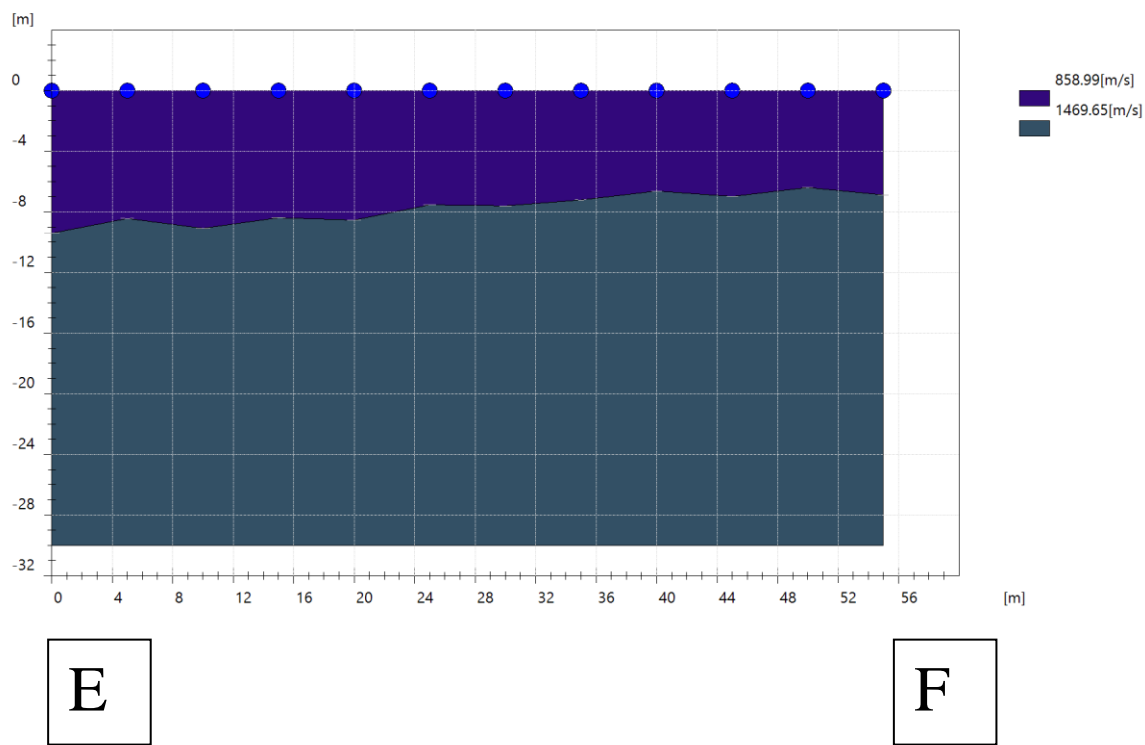
G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;





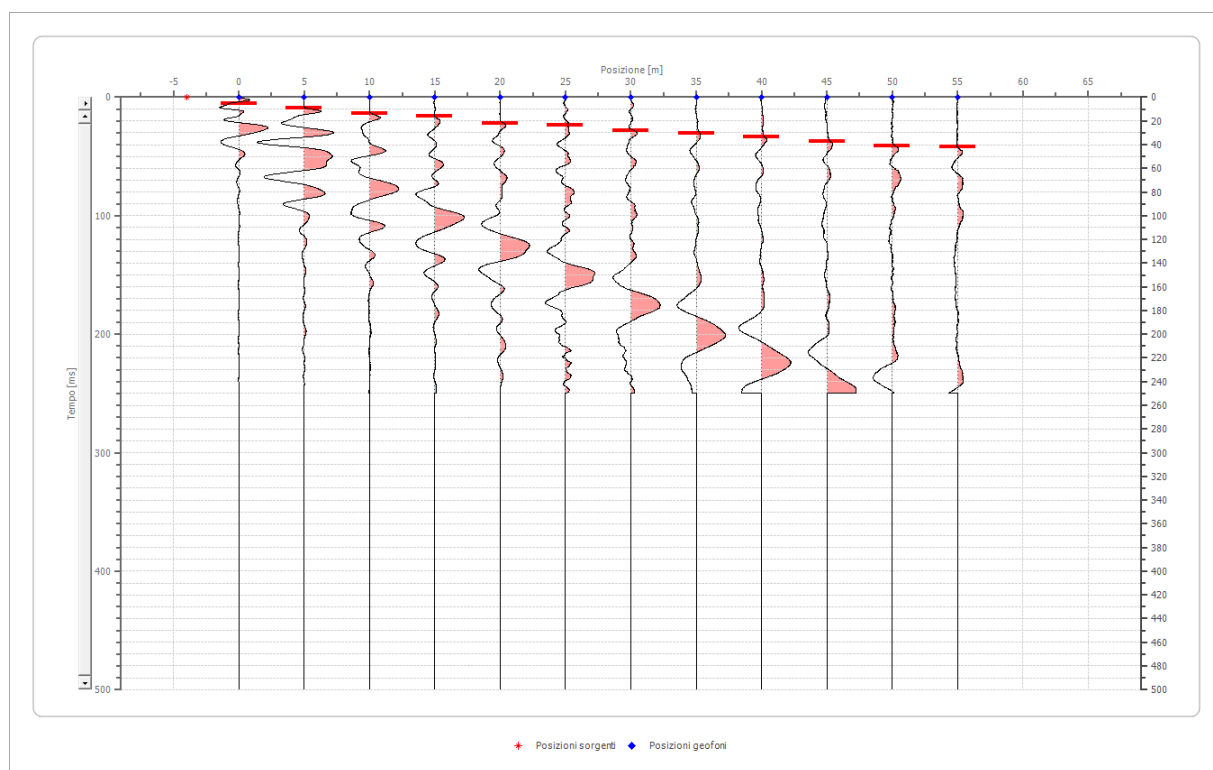
## Geometria geofoni STENDIMENTO G-H

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	5.0	0.0
3	10.0	0.0
4	15.0	0.0
5	20.0	0.0
6	25.0	0.0
7	30.0	0.0
8	35.0	0.0
9	40.0	0.0
10	45.0	0.0
11	50.0	0.0
12	55.0	0.0

## Dati battute

### Battuta 1

Posizione sorgente X -4 [m]  
Posizione sorgente Z 0 [m]



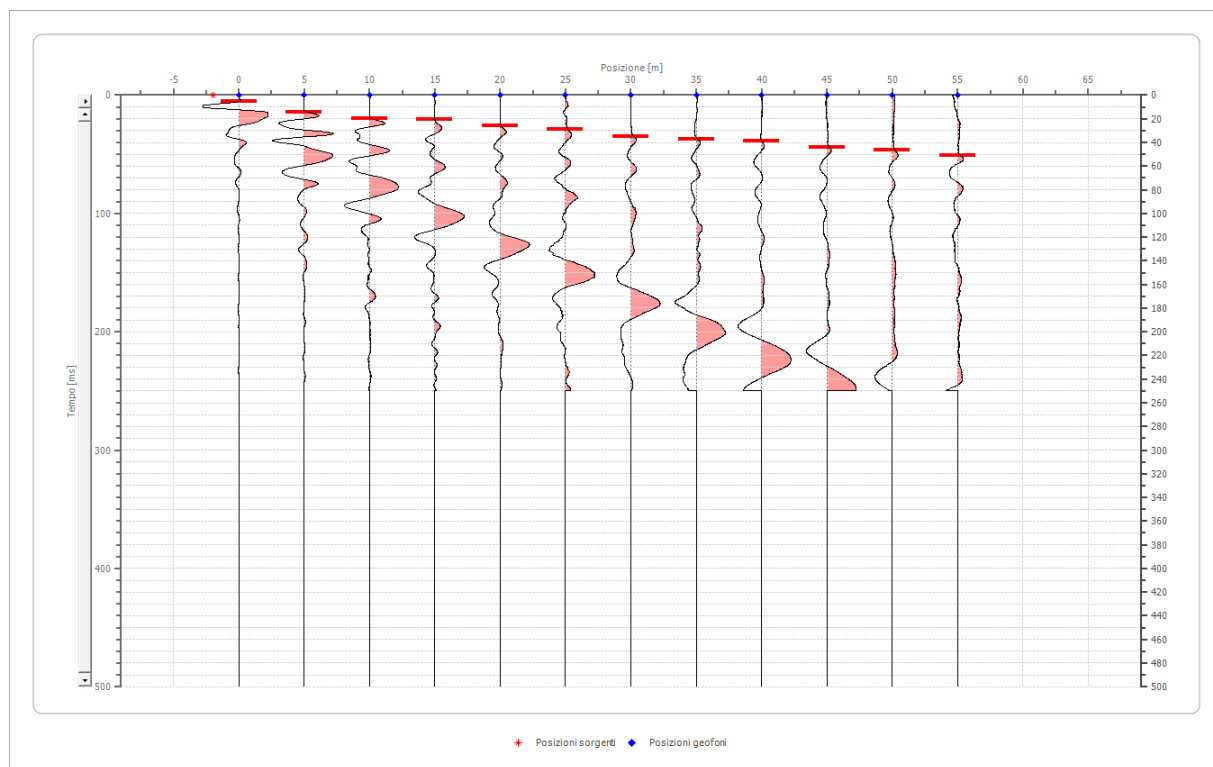
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	5.3294
5.0	9.1361
10.0	13.7041

15.0	15.9881
20.0	22.0788
25.0	23.6015
30.0	28.1696
35.0	30.4536
40.0	33.4989
45.0	37.3056
50.0	41.1123
55.0	41.8737

## Battuta 2

Posizione sorgente X -2 [m]

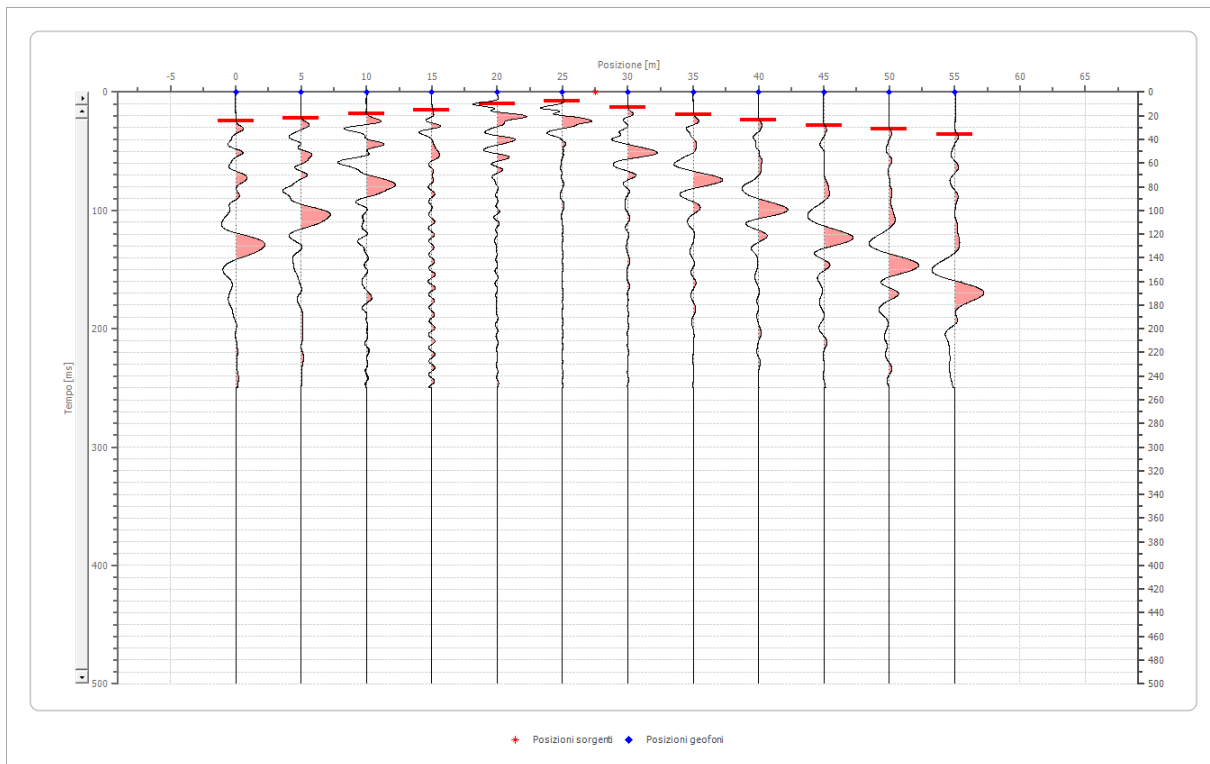
Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	5.3294
5.0	14.4654
10.0	19.7948
15.0	20.5562
20.0	25.8855
25.0	28.9309
30.0	35.0216
35.0	37.3056
40.0	38.8283
45.0	44.1577
50.0	46.4417
55.0	51.0097

Battuta 3

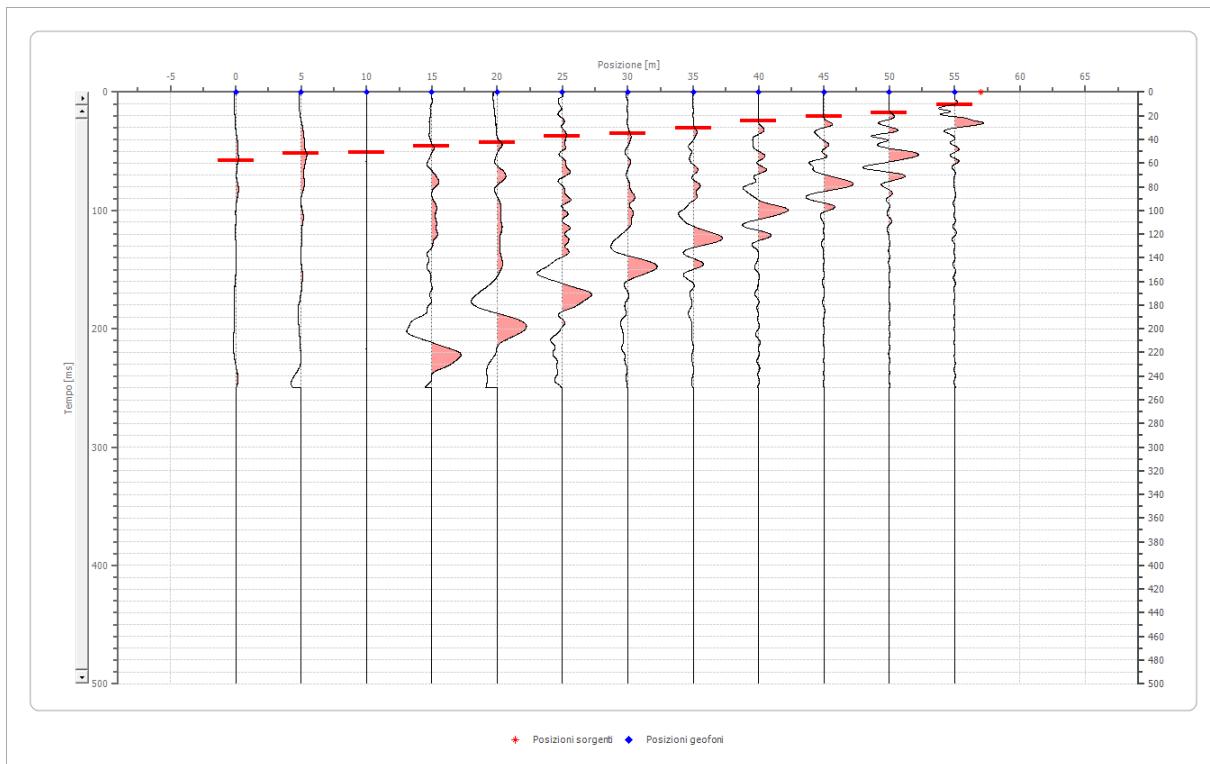
Posizione sorgente X 28 [m]  
Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	24.3629
5.0	22.0788
10.0	18.2721
15.0	15.2268
20.0	9.8974
25.0	7.6134
30.0	12.9428
35.0	19.0335
40.0	23.6015
45.0	28.1696
50.0	31.2149
55.0	35.7830

Battuta 4

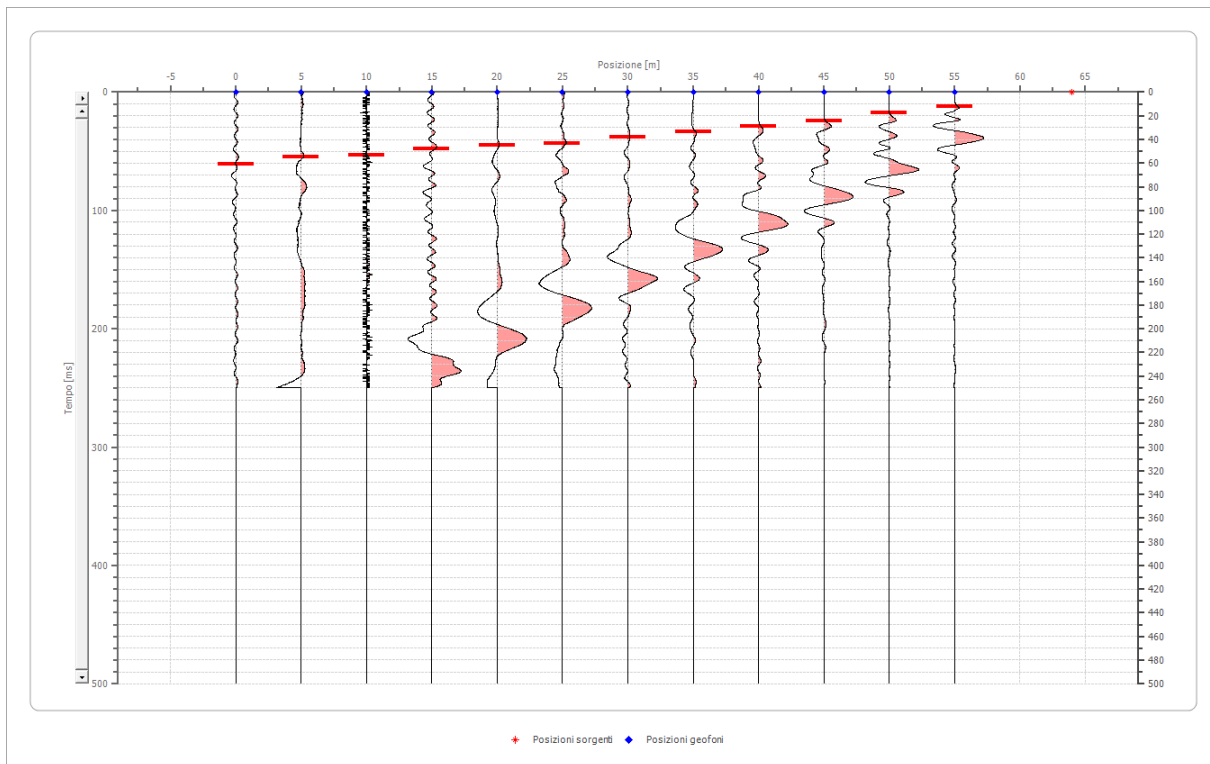
Posizione sorgente X 57 [m]  
Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	57.8618
5.0	51.7711
10.0	51.0097
15.0	45.6804
20.0	42.6350
25.0	37.3056
30.0	35.0216
35.0	30.4536
40.0	24.3629
45.0	20.5562
50.0	17.5108
55.0	10.6588

Battuta 5

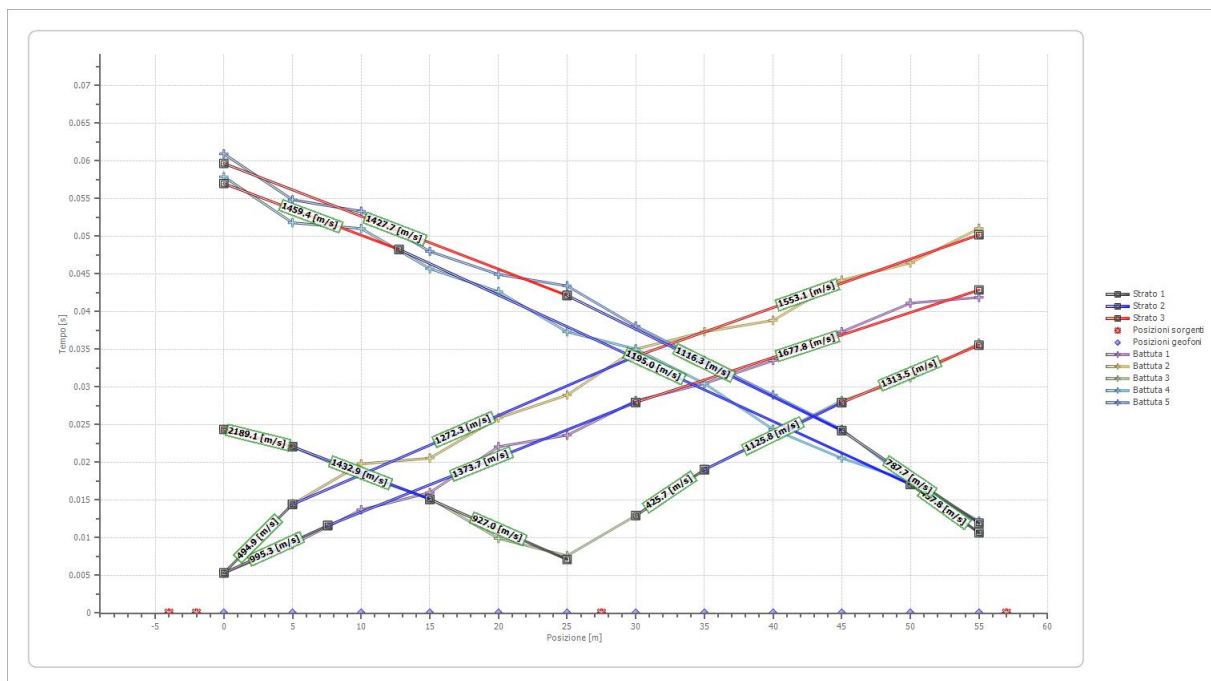
Posizione sorgente X 64 [m]  
Posizione sorgente Z 0 [m]



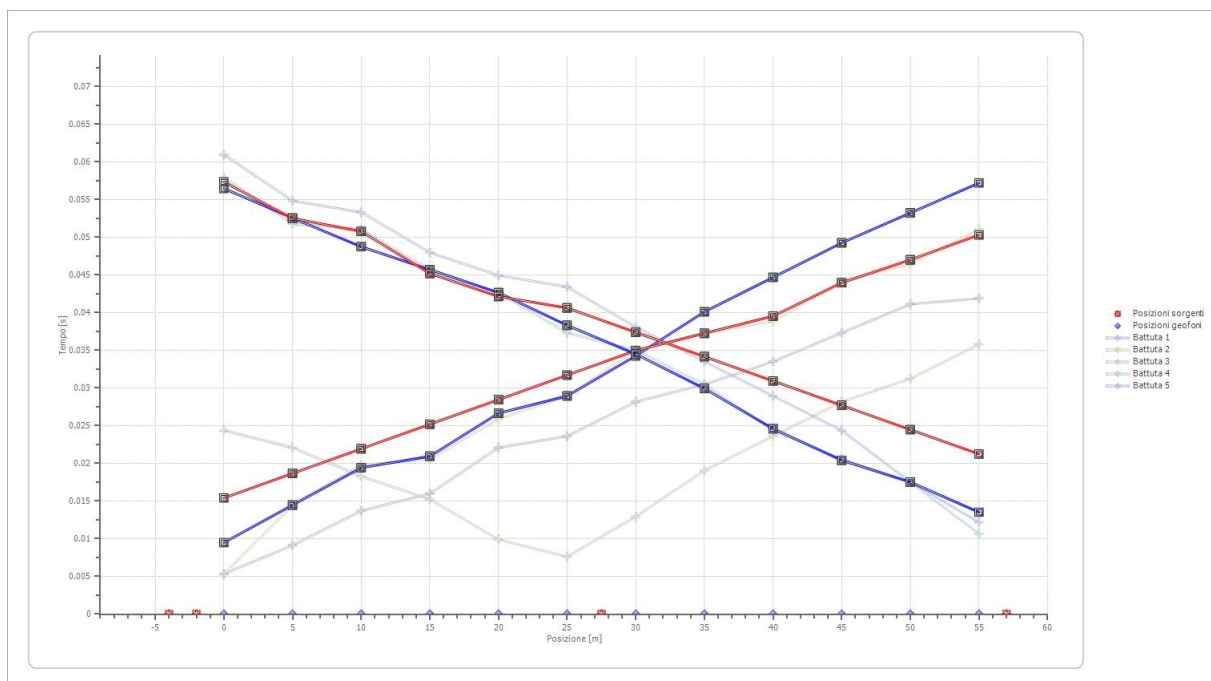
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	60.9072
5.0	54.8164
10.0	53.2938
15.0	47.9644
20.0	44.9190
25.0	43.3963
30.0	38.0670
35.0	33.4989
40.0	28.9309
45.0	24.3629
50.0	17.5108
55.0	12.1814



## Dromocrone



## Dromocrone traslate



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

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 0.0 [m]	2.9	12.4	--
G= 5.0 [m]	3.3	10.4	--
G= 10.0 [m]	3.8	11.1	--
G= 15.0 [m]	3.2	9.9	--
G= 20.0 [m]	4.2	8.5	--
G= 25.0 [m]	3.4	11.3	--
G= 30.0 [m]	4.0	10.4	--
G= 35.0 [m]	4.5	8.8	--
G= 40.0 [m]	4.2	8.4	--
G= 45.0 [m]	4.4	9.2	--
G= 50.0 [m]	4.8	8.4	--
G= 55.0 [m]	4.8	8.5	--
Velocità [m/sec]	678.1	1201.9	1586.1
Descrizione			

**Altri parametri geotecnici**

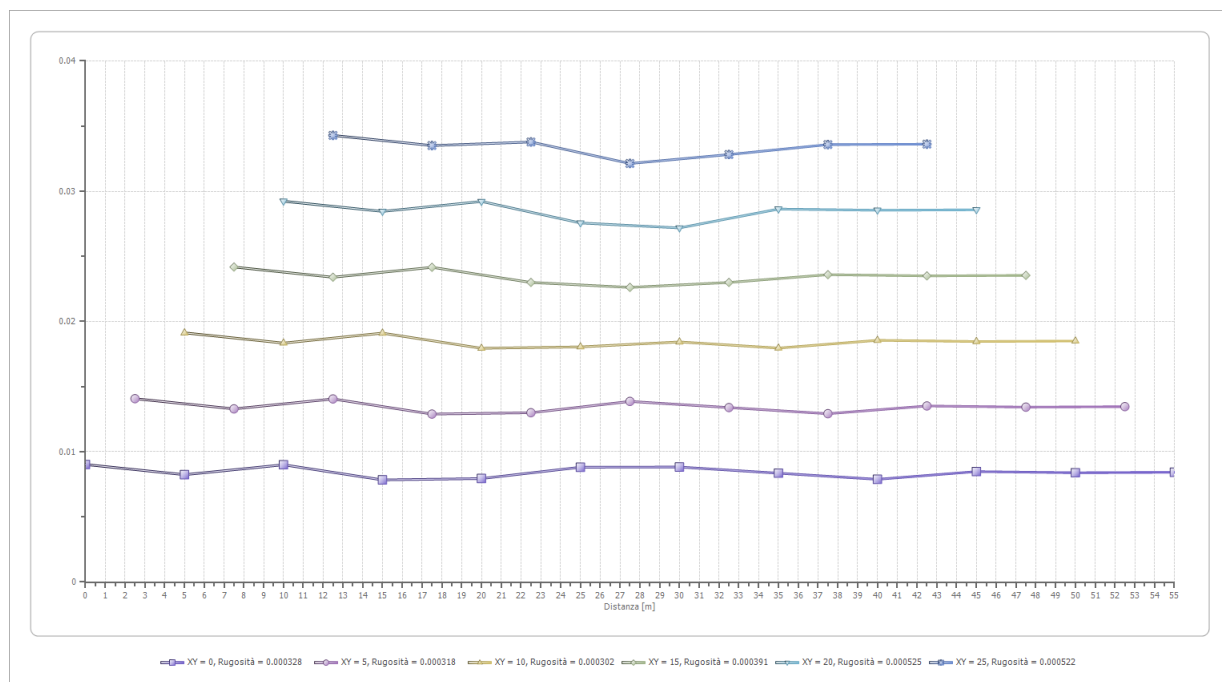
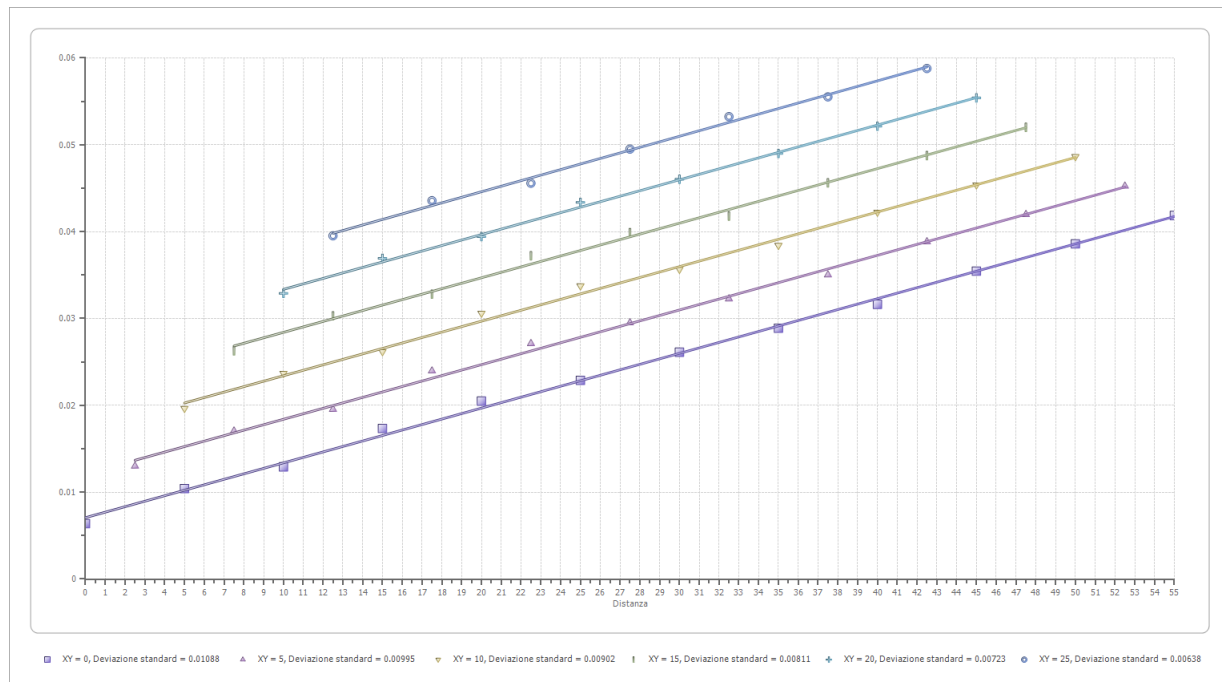
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.35	0.31	0.35
Densità [kg/m³]	1800.00	1800.00	1800.00
Vp [m/s]	678.06	1201.90	1586.12
Vs [m/s]	325.73	630.70	761.95
G0 [MPa]	190.98	716.01	1045.01
Ed [Mpa]	827.59	2600.23	4528.38
M0 [MPa]	636.61	1884.22	3483.37
Ey [Mpa]	515.65	1875.93	2821.53

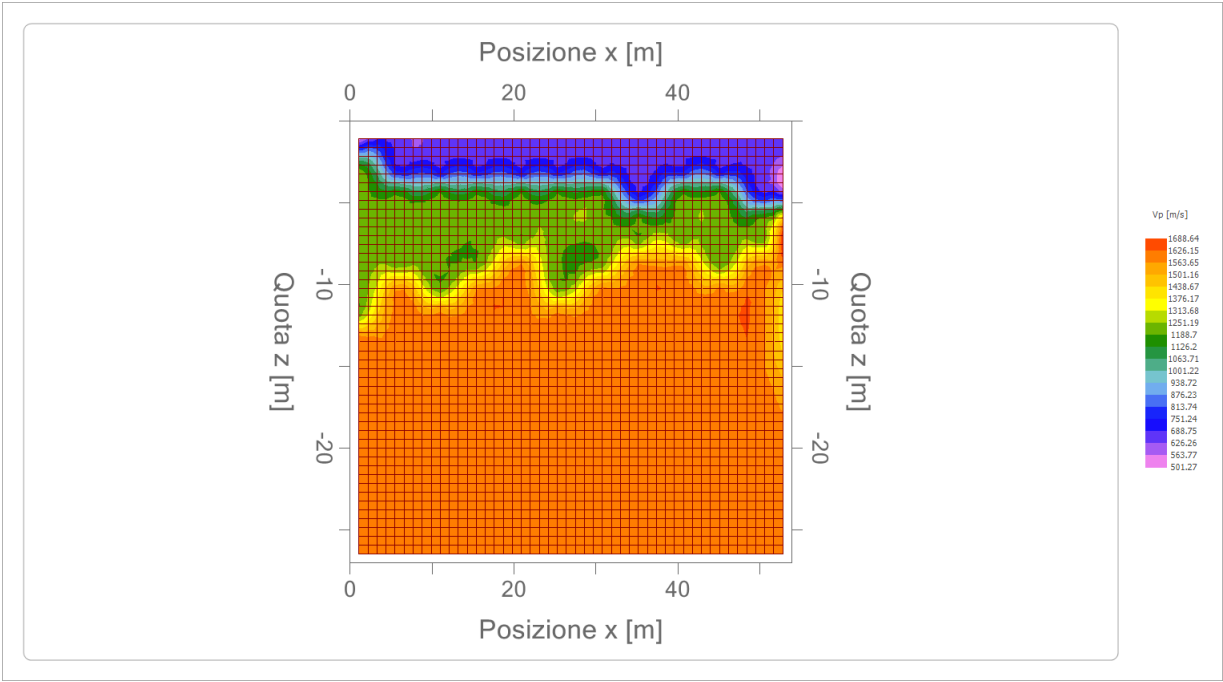
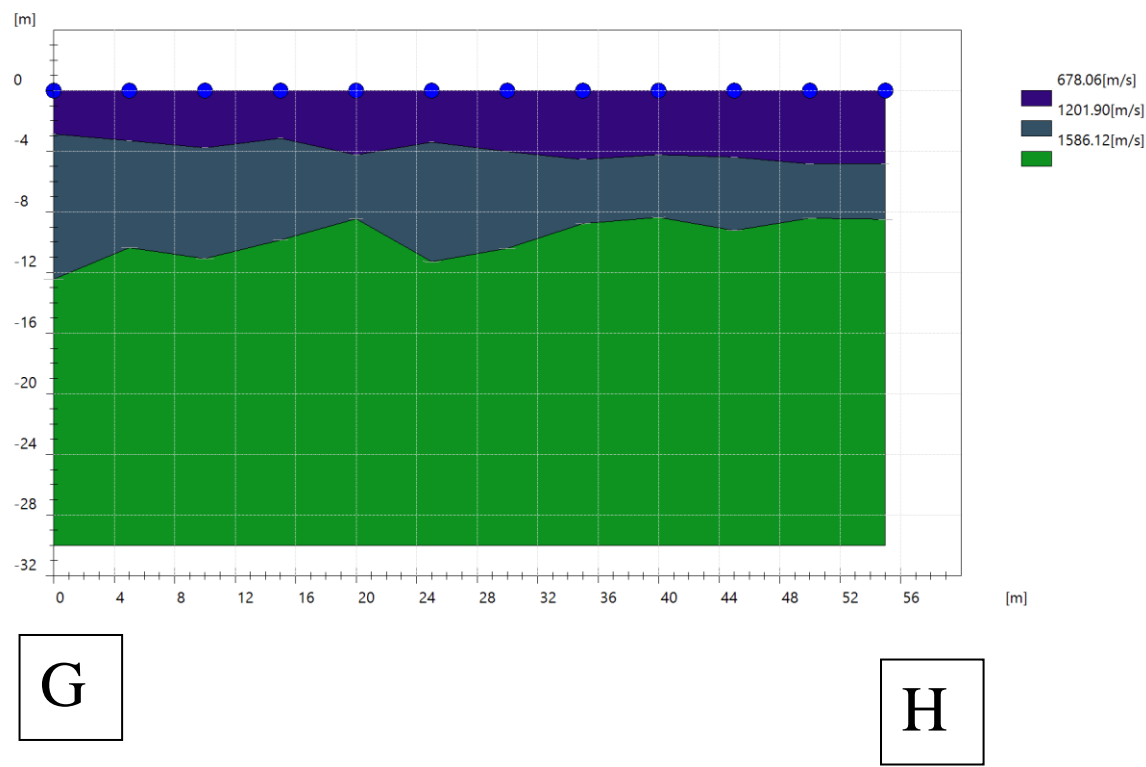
G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;





## Easy 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.

### Moto del segnale sismico

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.

### Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (onde P, onde 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.

### Analisi del segnale con tecnica MASW

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.

### Modellizzazione

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.

### **Modi di vibrazione**

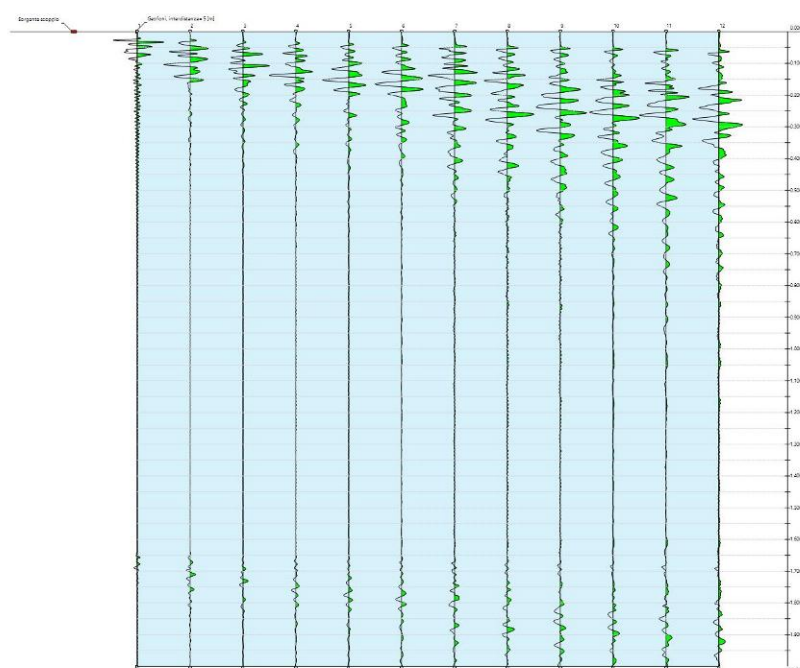
Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle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

### **Profondità di indagine**

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.

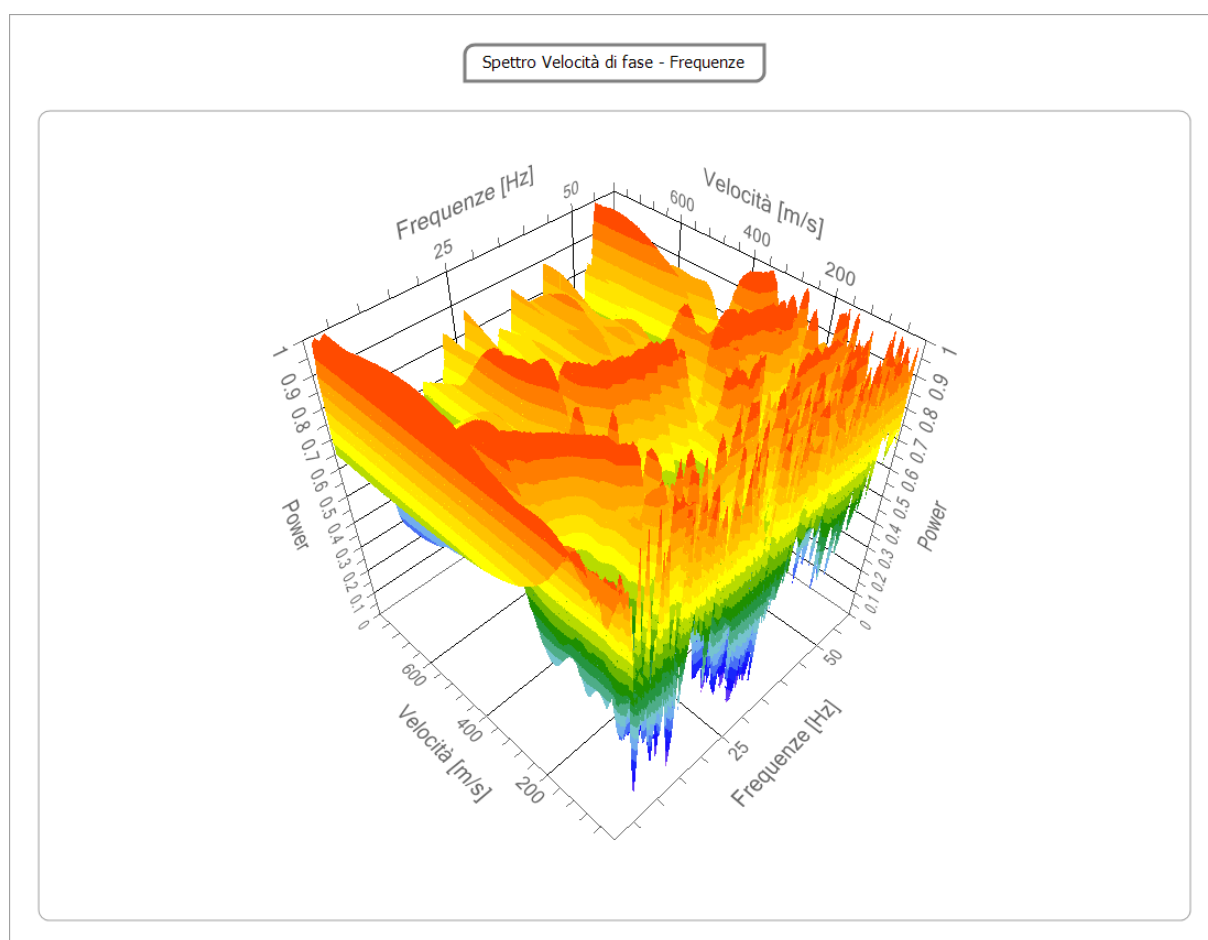
**Tracce STENDIMENTO A-B**

<b>N. tracce</b>	12
<b>Durata acquisizione</b> [msec]	2000.0
<b>Interdistanza geofoni</b> [m]	5.0
<b>Periodo di</b> <b>campionamento</b> [msec]	0.50



## Analisi spettrale

<b>Frequenza minima di elaborazione [Hz]</b>	1
<b>Frequenza massima di elaborazione [Hz]</b>	60
<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

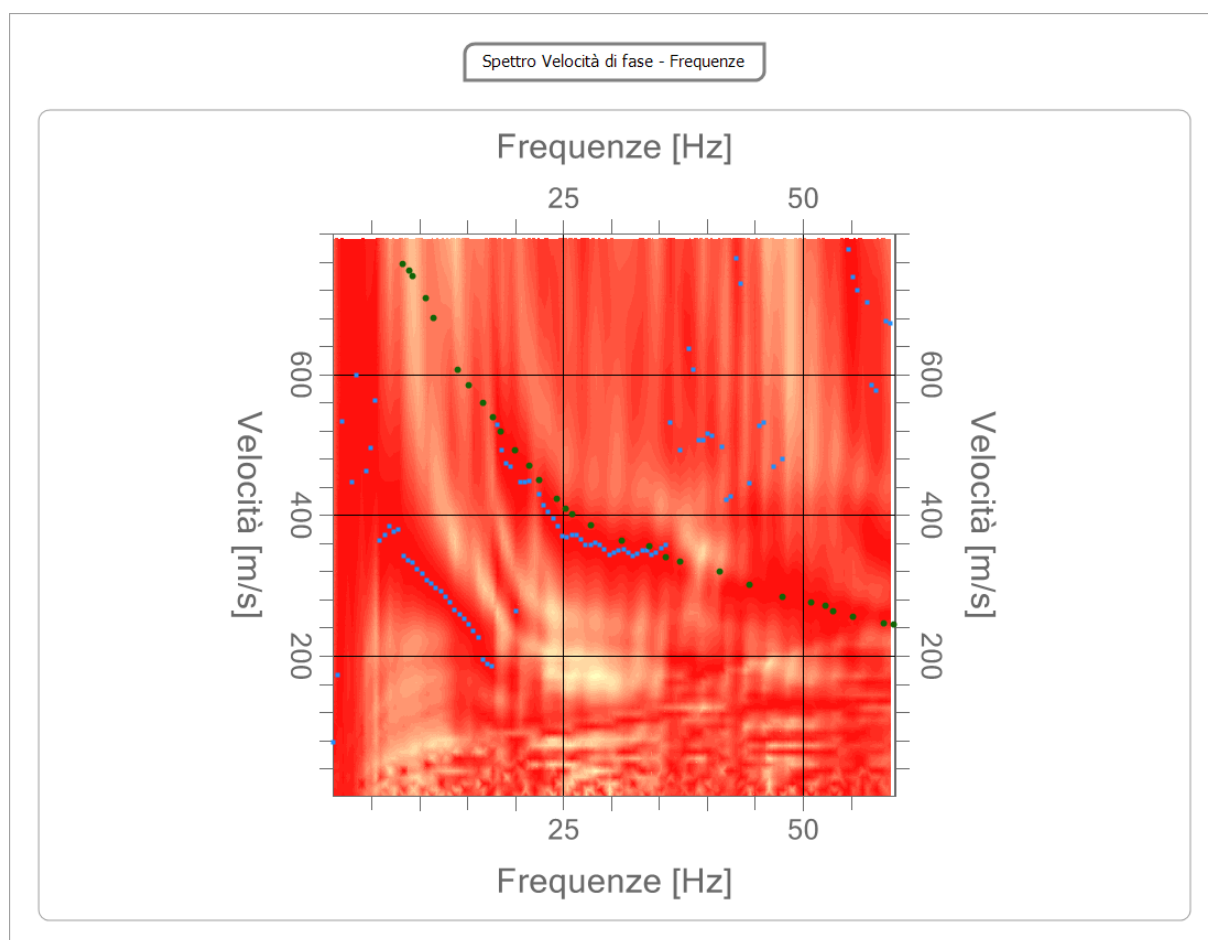




**Curva di dispersione**

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	8.2	757.5	0
2	8.9	747.7	0
3	9.3	739.5	0
4	10.6	708.5	0
5	11.4	680.7	0
6	14.0	607.2	0
7	15.2	584.3	0
8	16.6	559.8	0
9	17.7	538.6	0
10	18.4	519.0	0
11	20.0	492.8	0
12	21.4	469.9	0
13	22.5	450.3	0
14	24.3	422.6	0
15	25.3	409.5	0
16	26.0	401.3	0
17	27.9	385.0	0
18	31.1	363.7	0
19	34.0	355.6	0
20	35.7	340.9	0
21	37.1	334.3	0
22	41.3	319.6	0

23	44.5	301.6	0
24	47.8	283.7	0
25	50.8	275.5	0
26	52.4	270.6	0
27	53.1	264.1	0
28	55.3	255.9	0
29	58.4	246.1	0
30	59.5	244.5	0

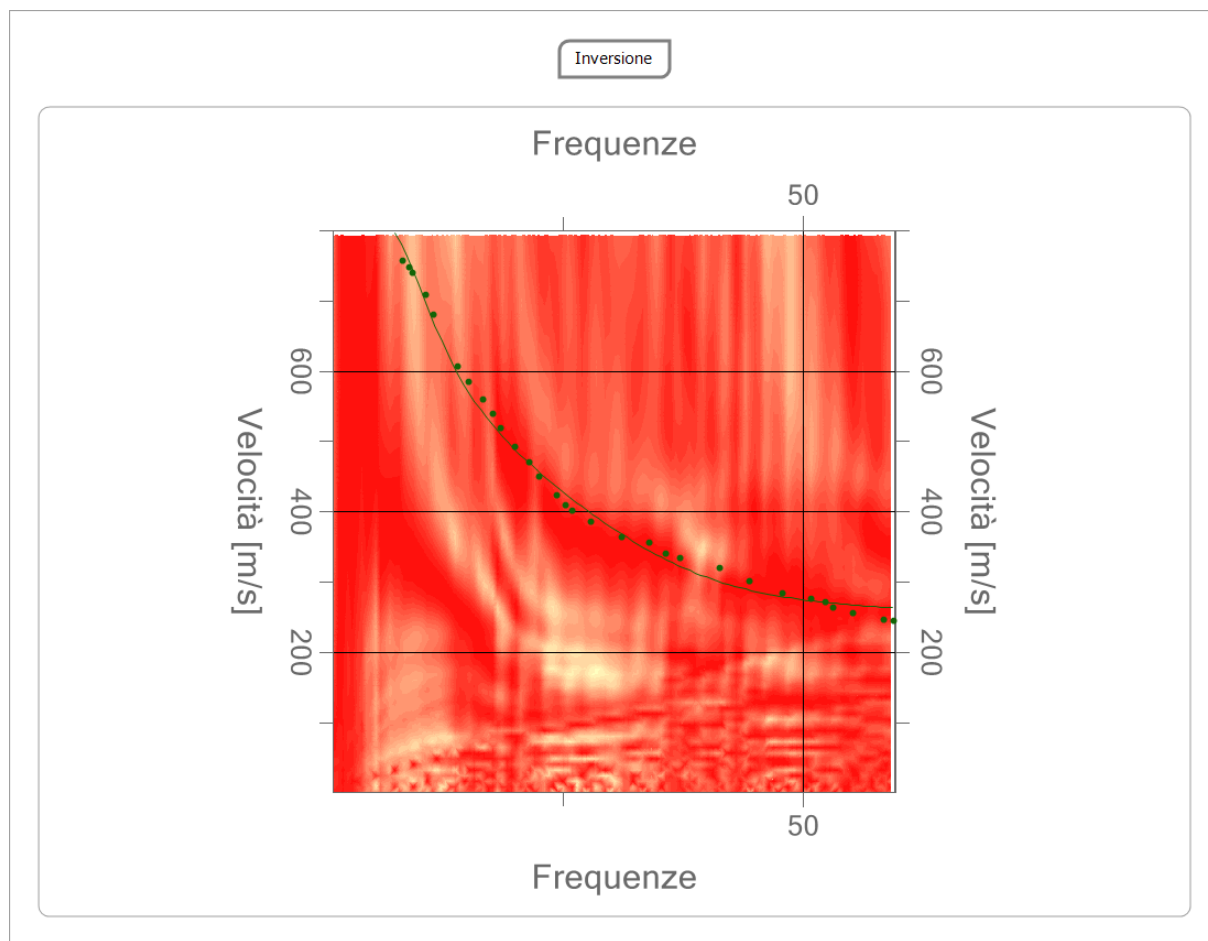


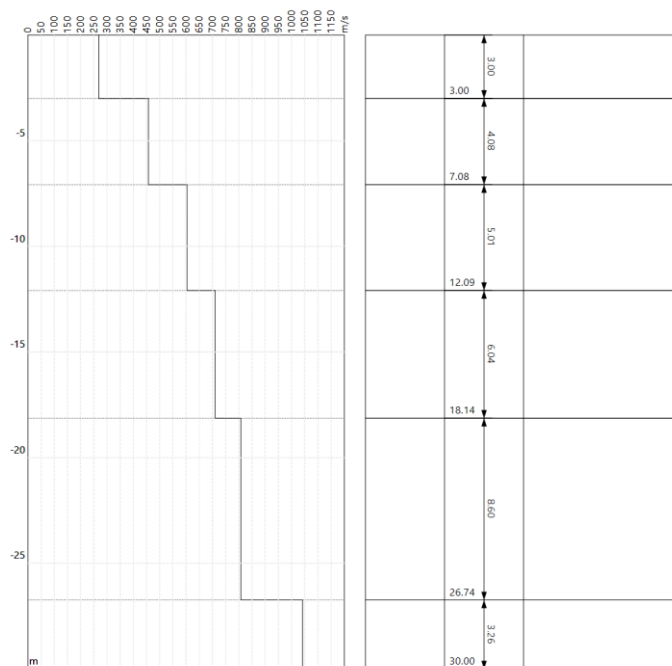
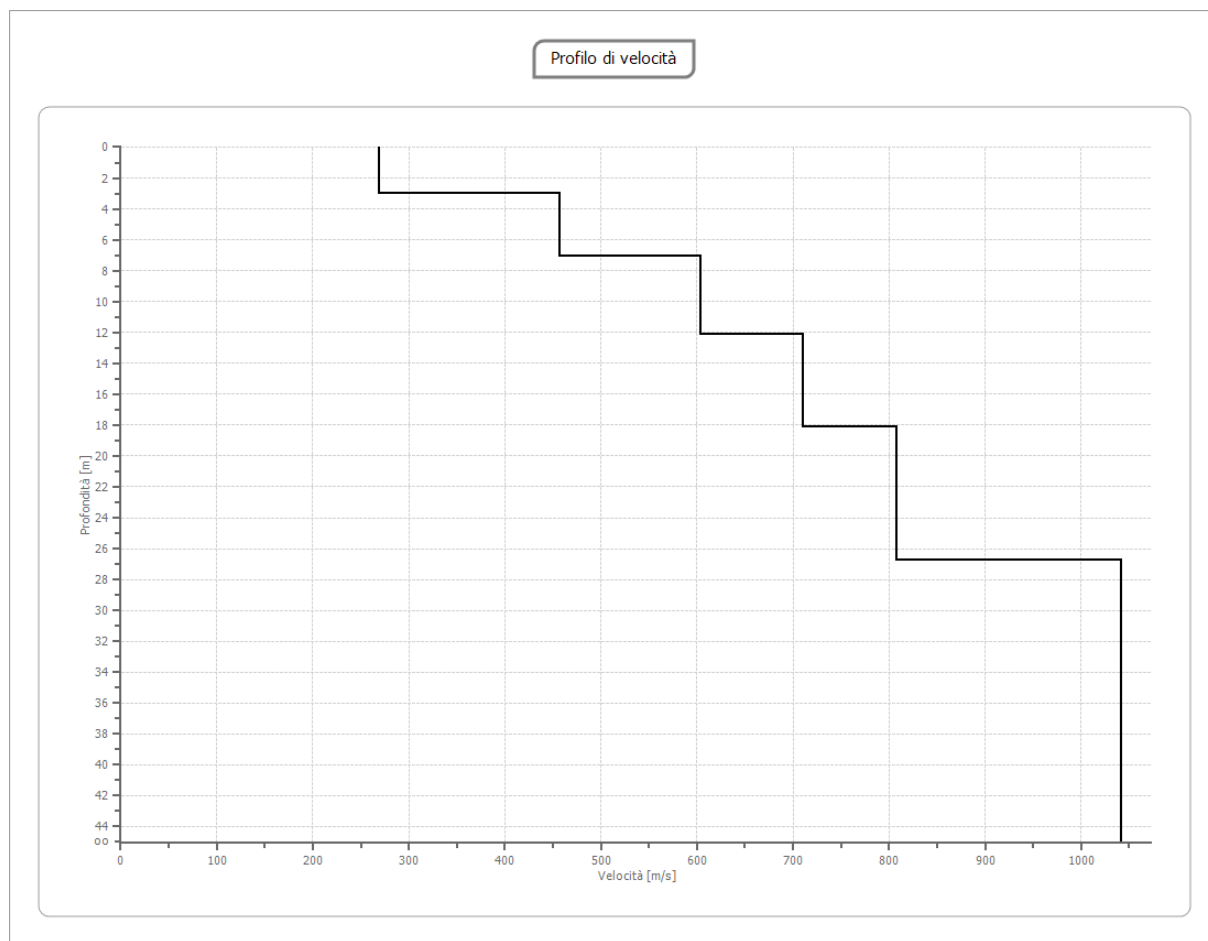
**Inversione**

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3.00	3.00	1800.0	0.35	No	559.0	268.5
2		7.08	4.08	1800.0	0.32	No	888.4	457.1
3		12.09	5.01	1800.0	0.31	No	1149.2	603.0
4		18.14	6.04	1800.0	0.30	No	1329.1	710.4
5		26.74	8.60	1800.0	0.29	No	1484.8	807.5
6		oo	oo	1800.0	0.25	No	1803.9	1041.5

Percentuale di errore 0.064 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.033





## Risultati

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b>Vs,eq [m/sec] (H=18.14 m)</b>	491.25
<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.	Profo ndità [m]	Spess ore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densi tà [kg/m c]	Coeffi ciente Poiss on	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	3.00	3.00	268.5 2	558.9 7	1800. 00	0.35	129.7 8	562.4 0	389.3 5	350.4 2	N/A	3342. 10
2	7.08	4.08	457.0 9	888.4 3	1800. 00	0.32	376.0 8	1420. 75	919.3 1	992.8 5	N/A	N/A
3	12.09	5.01	603.0 5	1149. 21	1800. 00	0.31	654.6 0	2377. 24	1504. 44	1715. 06	N/A	N/A
4	18.14	6.04	710.4 4	1329. 11	1800. 00	0.30	908.5 0	3179. 74	1968. 41	2362. 10	N/A	N/A
5	26.74	8.60	807.5 0	1484. 79	1800. 00	0.29	1173. 71	3968. 27	2403. 32	3028. 18	N/A	N/A
6	oo	oo	1041. 46	1803. 86	1800. 00	0.25	1952. 34	5857. 01	3253. 89	4880. 84	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

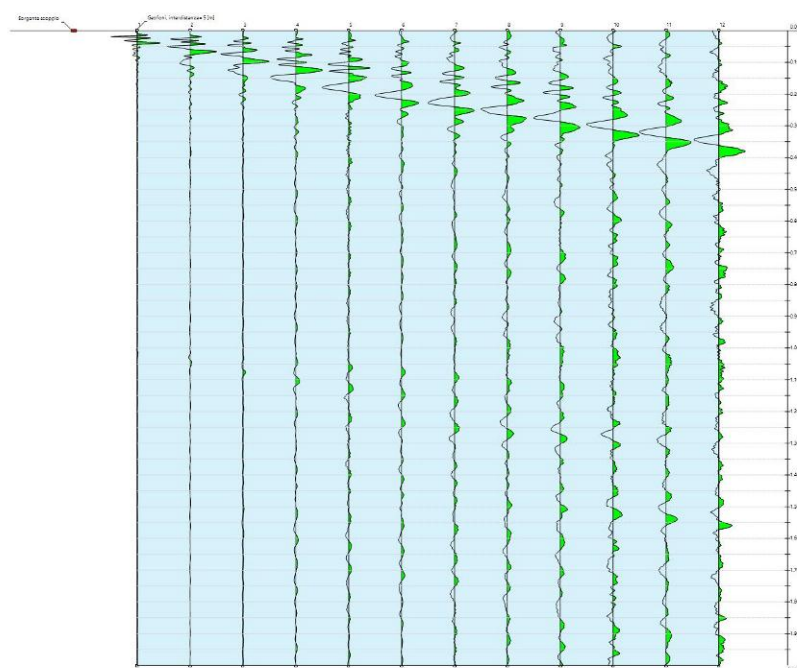
Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

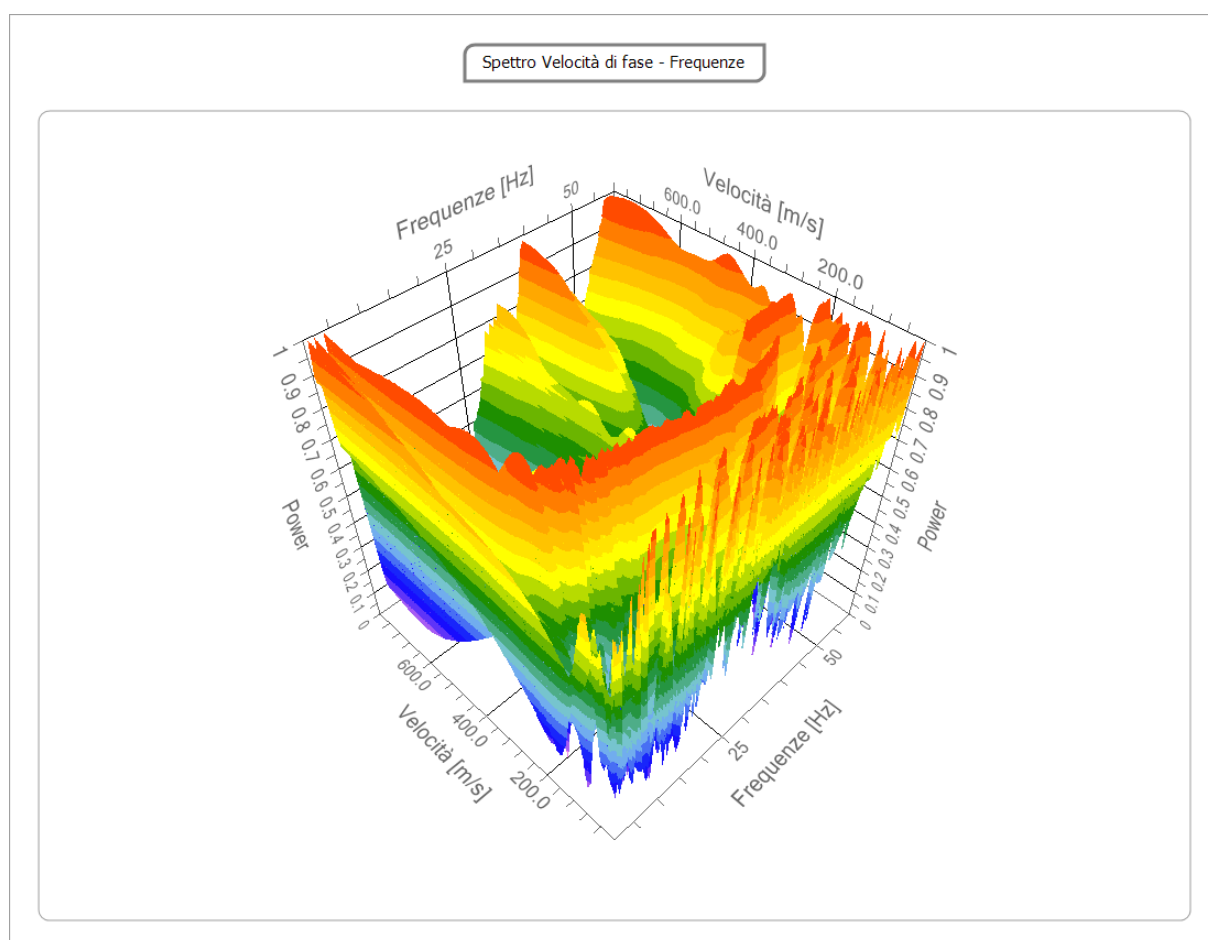
### Tracce STENDIMENTO E-F

<b>N. tracce</b>	12
<b>Durata acquisizione</b> [msec]	2000.0
<b>Interdistanza geofoni</b> [m]	5.0
<b>Periodo di</b> <b>campionamento</b> [msec]	0.50



## Analisi spettrale

<b>Frequenza minima di elaborazione [Hz]</b>	1
<b>Frequenza massima di elaborazione [Hz]</b>	60
<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

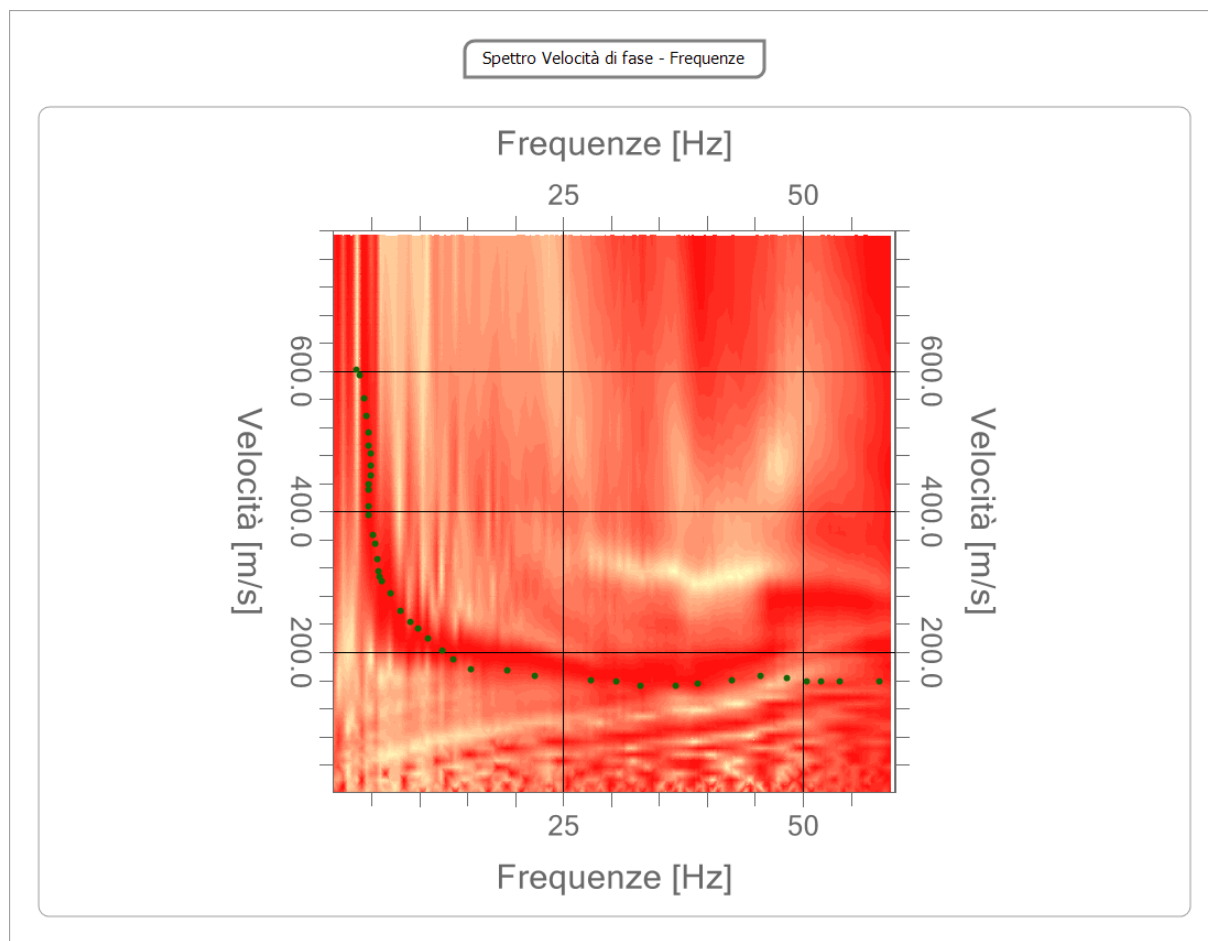




**Curva di dispersione**

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	3.4	602.3	0
2	3.8	594.1	0
3	4.2	561.4	0
4	4.5	535.3	0
5	4.7	394.8	0
6	4.7	430.7	0
7	4.7	407.9	0
8	4.7	494.5	0
9	4.7	438.9	0
10	4.7	512.4	0
11	5.0	483.0	0
12	5.0	465.0	0
13	5.0	452.0	0
14	5.1	367.0	0
15	5.3	353.9	0
16	5.6	332.7	0
17	5.7	314.7	0
18	5.8	306.5	0
19	6.0	301.6	0
20	7.0	283.7	0
21	8.0	259.2	0
22	9.0	242.8	0

23	9.9	233.0	0
24	10.8	219.9	0
25	12.4	202.0	0
26	13.5	190.5	0
27	15.4	175.8	0
28	19.1	174.2	0
29	22.0	166.0	0
30	27.9	159.5	0
31	30.5	157.9	0
32	33.1	153.0	0
33	36.8	153.0	0
34	39.1	154.6	0
35	42.5	159.5	0
36	45.5	166.0	0
37	48.3	162.8	0
38	50.3	157.9	0
39	51.9	157.9	0
40	53.8	157.9	0
41	58.0	157.9	0

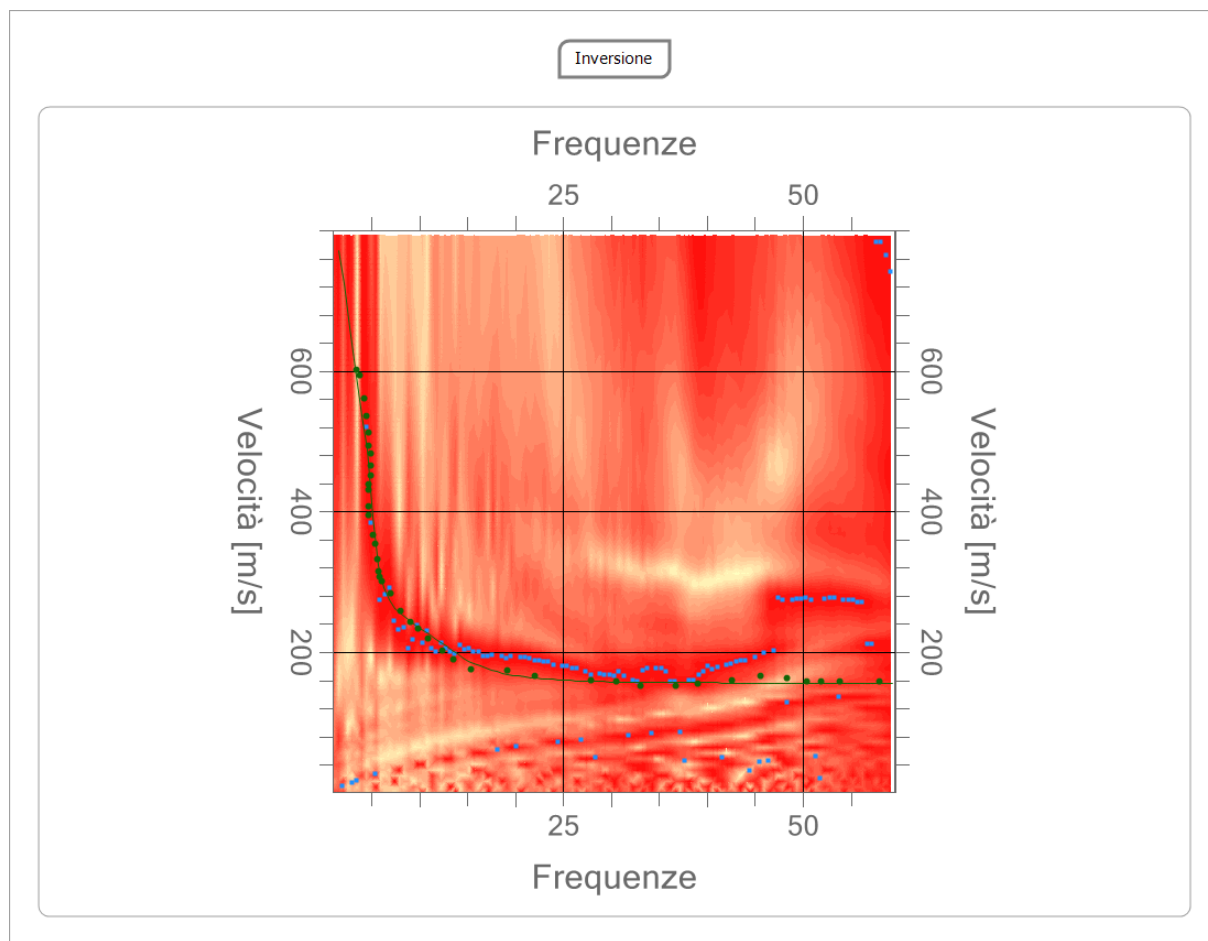


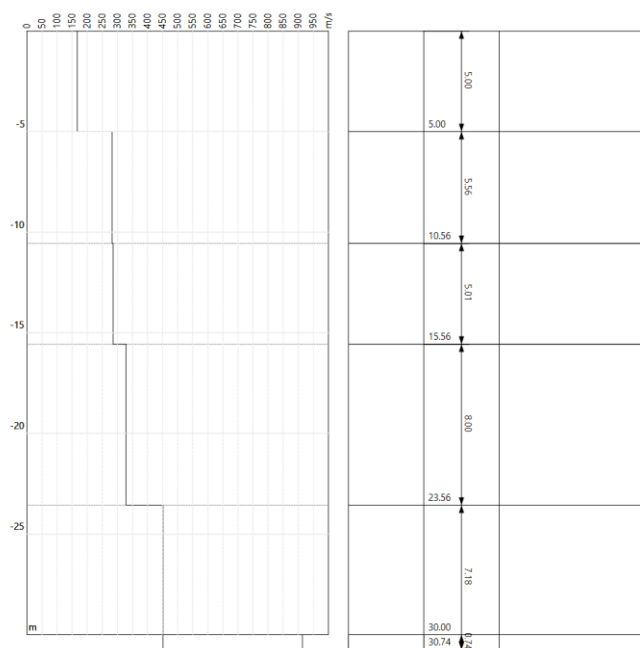
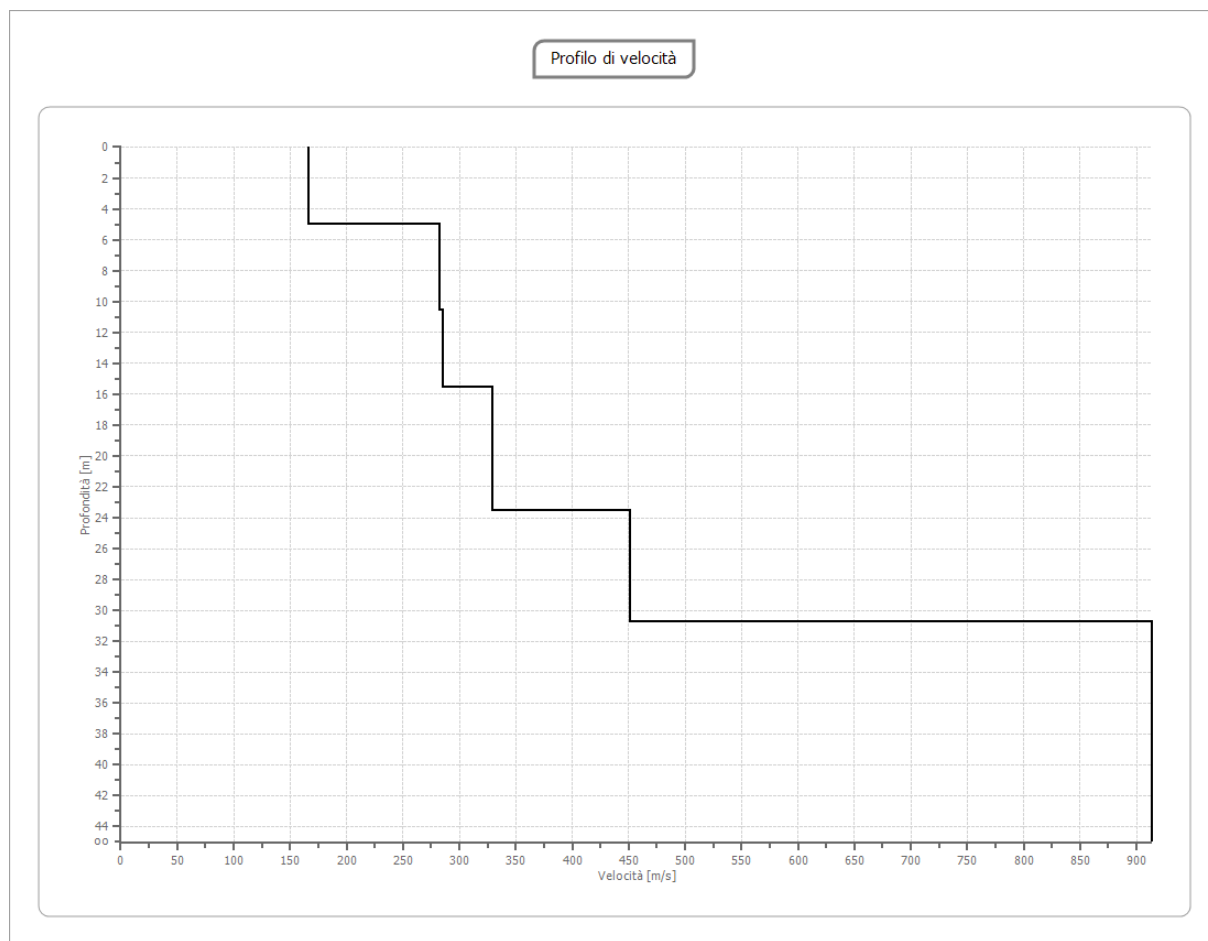
**Inversione**

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		5.00	5.00	1800.0	0.35	No	346.8	166.6
2		10.56	5.56	1800.0	0.33	No	560.4	282.3
3		15.56	5.01	1800.0	0.31	No	544.5	285.7
4		23.56	8.00	1800.0	0.30	No	615.8	329.1
5		30.74	7.18	1800.0	0.29	No	830.1	451.5
6		oo	oo	1800.0	0.28	No	1653.7	914.1

Percentuale di errore 0.354 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.044





## Risultati

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b>Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)</b>	283.62
<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	5.00	5.00	166.61	346.82	1800.00	0.35	49.96	216.51	149.89	134.90	62	303.66
2	10.56	5.56	282.30	560.43	1800.00	0.33	143.45	565.35	374.09	381.57	N/A	4297.72
3	15.56	5.01	285.72	544.48	1800.00	0.31	146.94	533.64	337.71	384.99	N/A	4565.82
4	23.56	8.00	329.15	615.77	1800.00	0.30	195.01	682.52	422.51	507.01	N/A	N/A
5	30.74	7.18	451.46	830.12	1800.00	0.29	366.87	1240.37	751.21	946.52	N/A	N/A
6	oo	oo	914.12	1653.70	1800.00	0.28	1504.10	4922.51	2917.04	3850.50	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

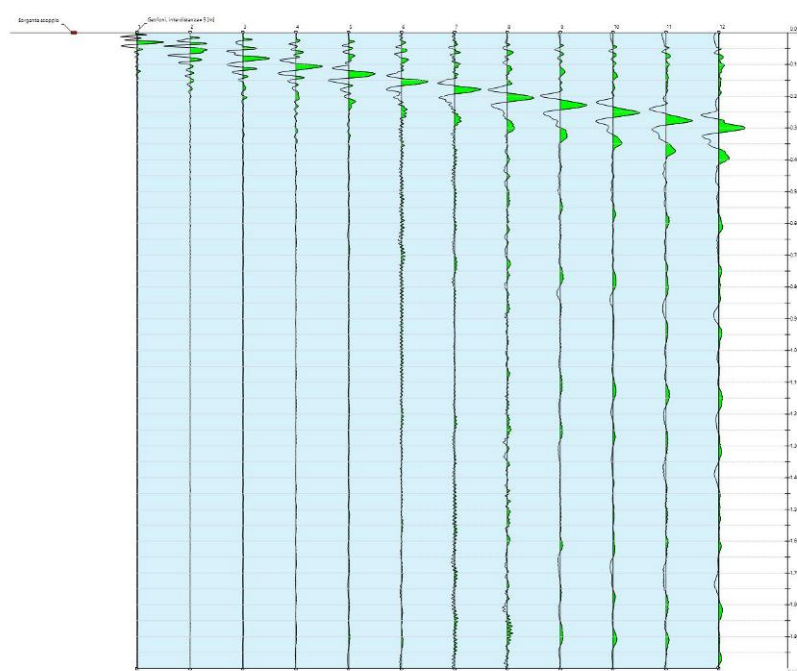
Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

### Tracce STENDIMENTO G-H

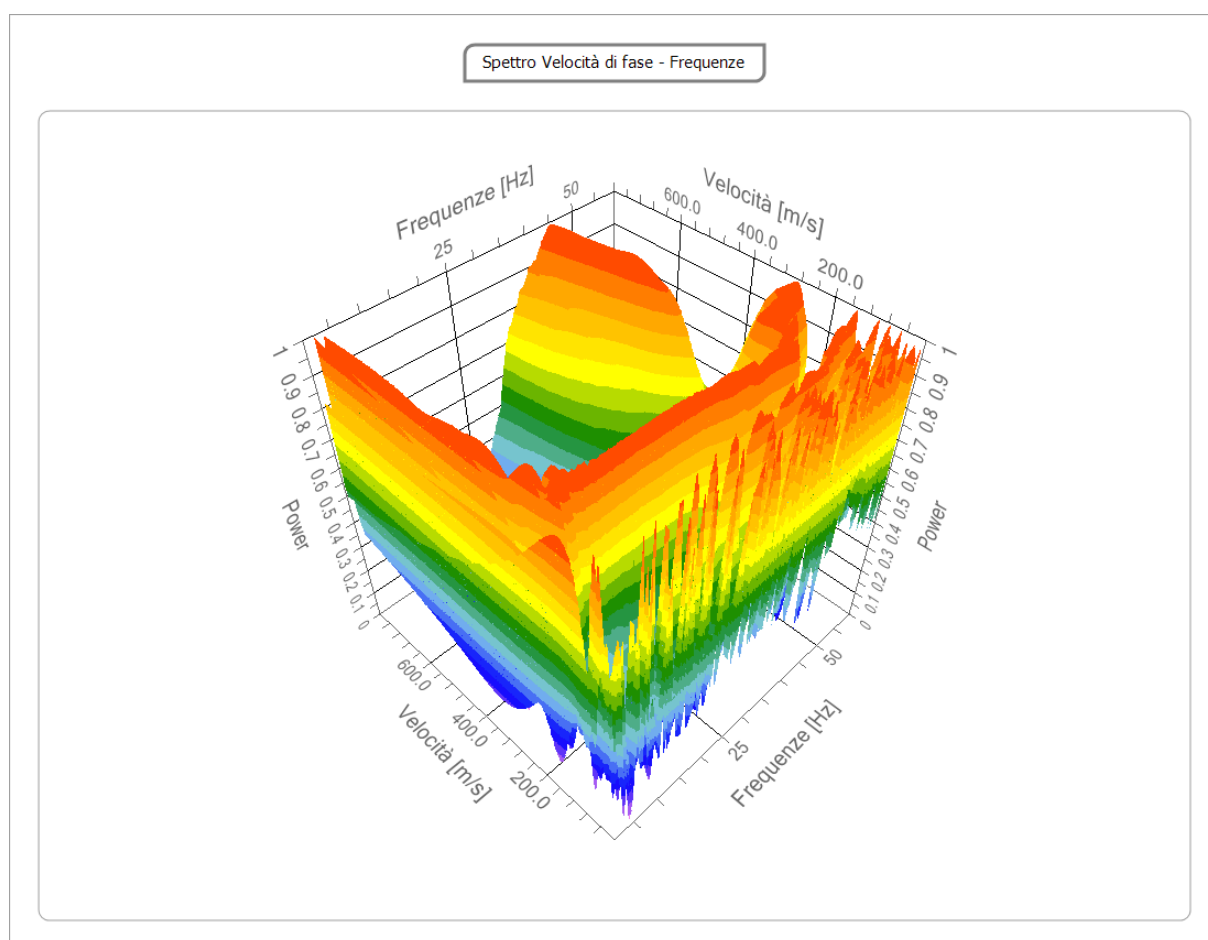
N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	5.0
Periodo di campionamento [msec]	0.50





## Analisi spettrale

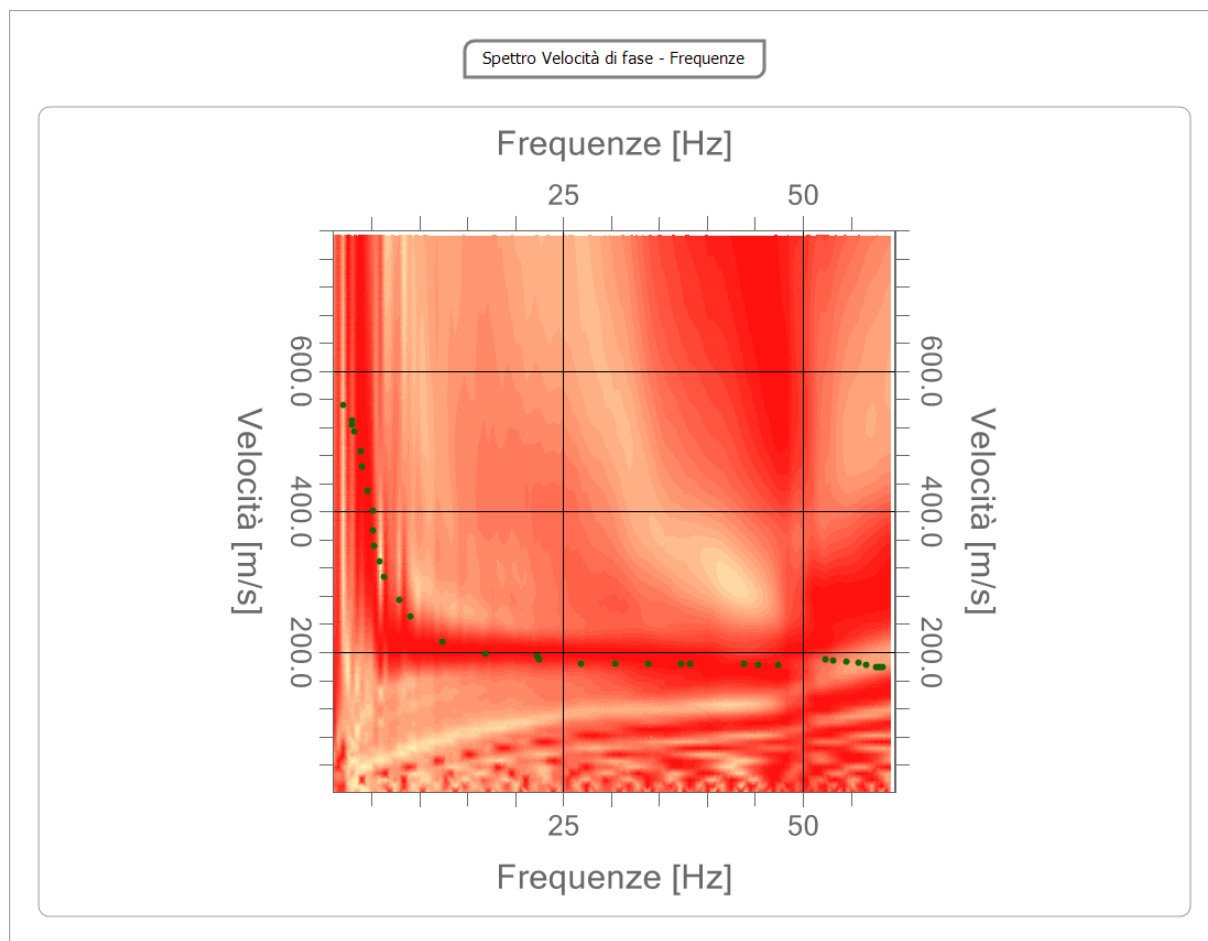
<b>Frequenza minima di elaborazione [Hz]</b>	1
<b>Frequenza massima di elaborazione [Hz]</b>	60
<b>Velocità minima di elaborazione [m/sec]</b>	1
<b>Velocità massima di elaborazione [m/sec]</b>	800
<b>Intervallo velocità [m/sec]</b>	1



**Curva di dispersione**

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	2.1	551.6	0
2	2.9	530.4	0
3	2.9	523.9	0
4	3.2	514.1	0
5	3.9	486.3	0
6	4.0	463.4	0
7	4.6	429.1	0
8	5.1	373.5	0
9	5.1	401.3	0
10	5.2	350.7	0
11	5.8	329.4	0
12	6.3	306.5	0
13	7.8	273.9	0
14	9.0	251.0	0
15	12.4	215.0	0
16	16.8	197.1	0
17	22.3	193.8	0
18	22.5	190.5	0
19	26.8	184.0	0
20	30.4	184.0	0
21	33.9	184.0	0
22	37.3	184.0	0

23	38.2	184.0	0
24	43.9	184.0	0
25	45.3	182.4	0
26	47.5	182.4	0
27	52.4	190.5	0
28	53.1	188.9	0
29	54.6	187.3	0
30	55.8	185.6	0
31	56.6	182.4	0
32	57.7	179.1	0
33	57.9	179.1	0
34	58.2	179.1	0
35	58.3	179.1	0

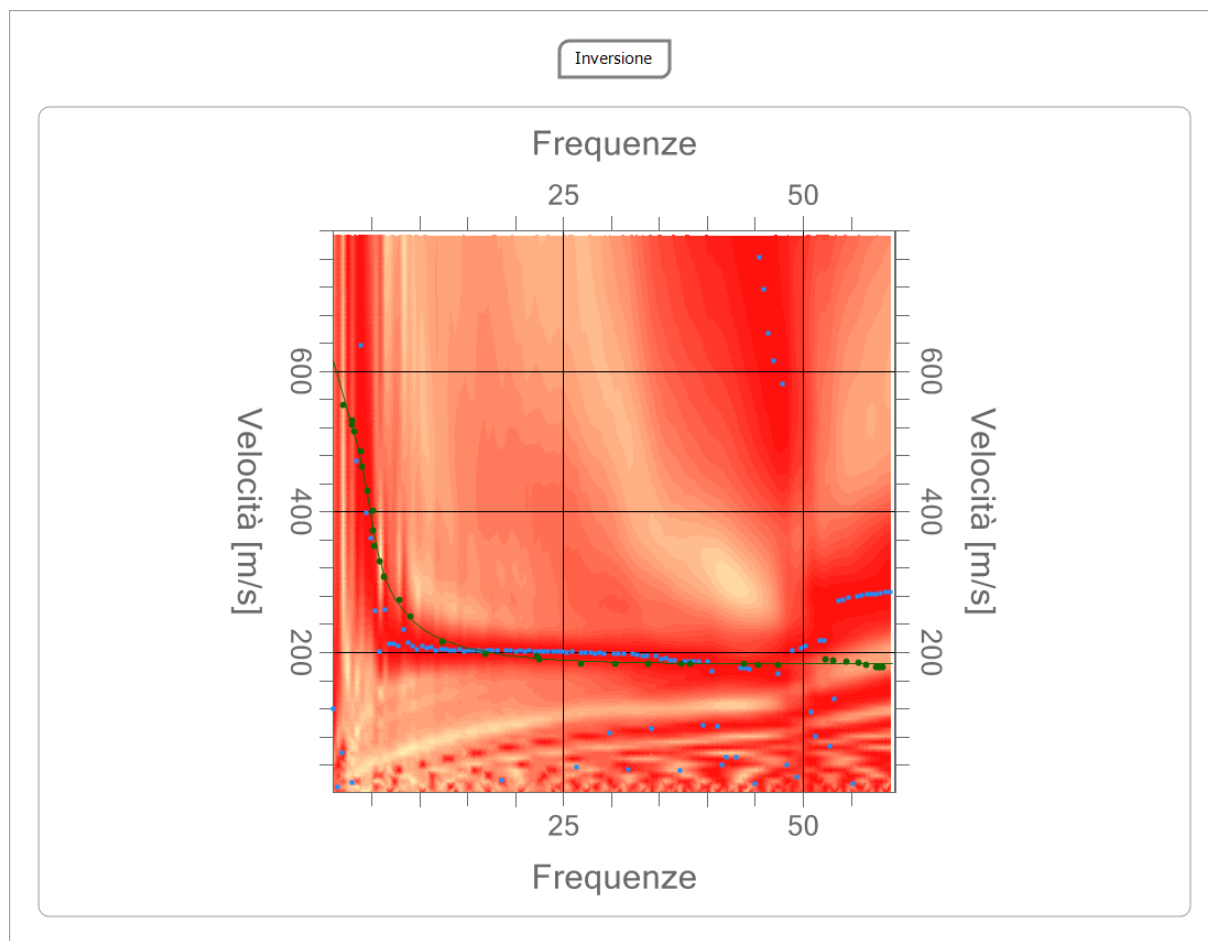


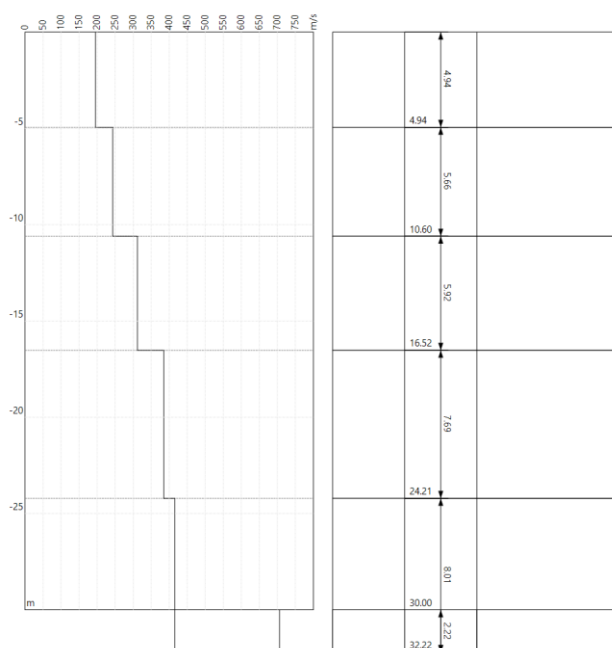
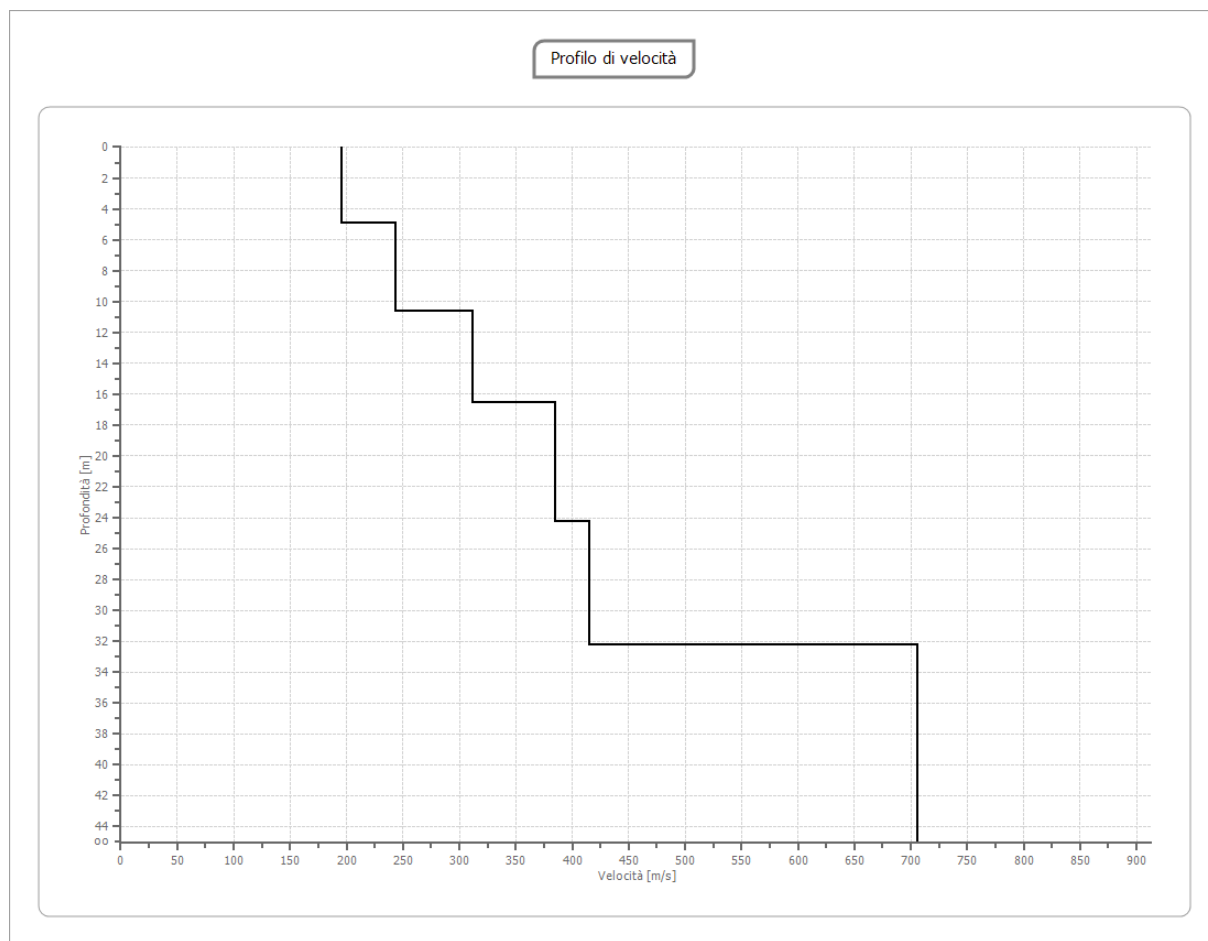
**Inversione**

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		4.94	4.94	1800.0	0.35	No	407.4	195.7
2		10.60	5.66	1800.0	0.33	Si	483.4	243.5
3		16.52	5.92	1800.0	0.31	Si	594.3	311.9
4		24.21	7.69	1800.0	0.29	Si	707.3	384.6
5		32.22	8.01	1800.0	0.28	Si	751.8	415.6
6		oo	oo	1800.0	0.27	Si	1258.1	706.2

Percentuale di errore 0.059 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.022





## Risultati

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b>Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)</b>	295.85
<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	4.94	4.94	195.70	407.38	1800.00	0.35	68.94	298.72	206.81	186.13	N/A	681.76
2	10.60	5.66	243.47	483.35	1800.00	0.33	106.70	420.53	278.26	283.83	N/A	2043.33
3	16.52	5.92	311.88	594.33	1800.00	0.31	175.08	635.82	402.38	458.71	N/A	N/A
4	24.21	7.69	384.64	707.25	1800.00	0.29	266.31	900.37	545.29	687.07	N/A	N/A
5	32.22	8.01	415.60	751.84	1800.00	0.28	310.90	1017.48	602.95	795.90	N/A	N/A
6	oo	oo	706.20	1258.13	1800.00	0.27	897.69	2849.20	1652.28	2280.14	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;





Foto 1: Indagini geofisiche (Sismica a rifrazione e MASW) Stendimento A-B





Foto 2: Indagini geofisiche (Sismica a rifrazione e MASW) Stendimento C-D



Foto 3: Indagini geofisiche (Sismica a rifrazione e MASW) Stendimento E-F



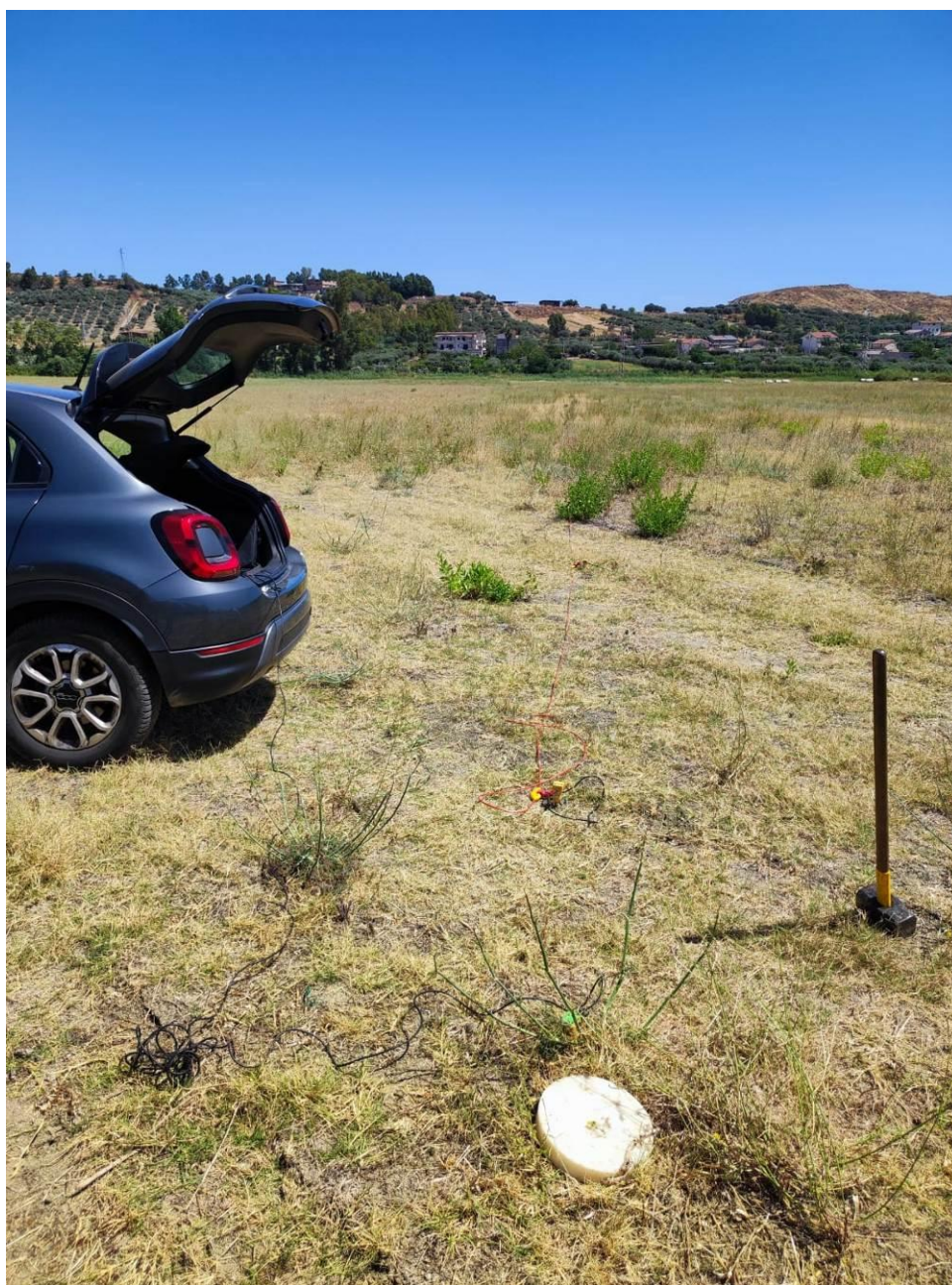
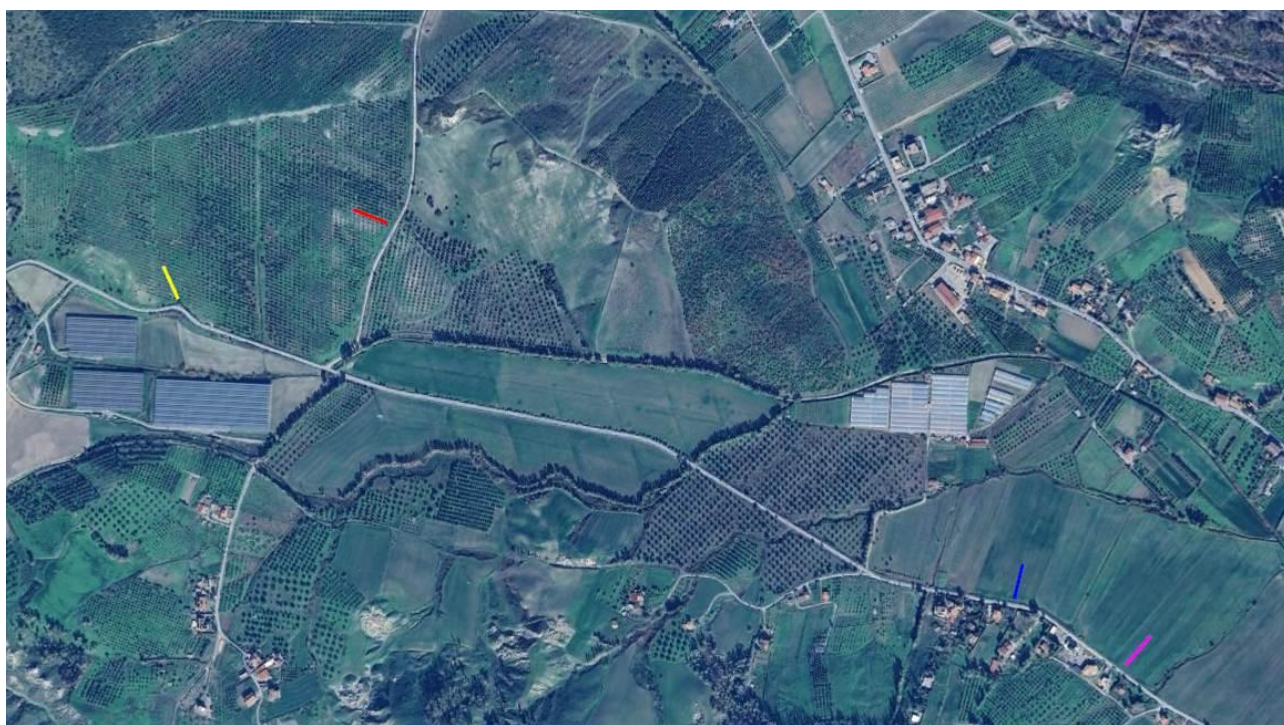






Foto 4: Indagini geofisiche (Sismica a rifrazione e MASW) Stendimento G-H



	STENDIMENTO A-B
	STENDIMENTO C-D
	STENDIMENTO E-F
	STENDIMENTO G-H

Stralcio foto aerea tratta da Google Earth con ubicazione indagini geofisiche (Sismica a rifrazione e MASW)