

Regione
Toscana



Regione
Marche



Provincia di
Arezzo



Provincia di
Pesaro-Urbino



Comune di
Sestino



Comune di
Badia Tedalda



Comune di
Borgo Pace



Comune di
Mercatello sul Metauro



Committente:

RWE

RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L.
via Andrea Doria, 41/G - 00192 Roma
P.IVA/C.F. 06400370968
PEC: rwerenewablesitaliasrl@legalmail.it

Collaborazione tecnica:

PCR

PCR ENERGY S.R.L.
via Nazionale -Fraz. Zuppino
84029-Sicignano degli Alburni (SA)
P.IVA/C.F. 05857410657
PEC: pcrenergysrl@pec.it

Titolo del Progetto:

**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA
ELETTRICA DA FONTE EOLICA NEL COMUNE DI SESTINO (AR)**

Documento:

PROGETTO DEFINITIVO

N° Documento:

PESEST-P.R-0084

ID PROGETTO:

PESEST

DISCIPLINA:

PD

TIPOLOGIA:

R

FORMATO:

A4

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

FOGLIO:

SCALA:

Nome file:

PESEST-P.R-0084.pdf

Progettazione:

gaia
tech

GaiaTech S.r.l.
Via Beato F. Marino, snc-Z.I.
87040 Zumpano (CS)
www.gaiatech.it
P.IVA 03497340780
REA CS/239194

DIRETTORE TECNICO

Ing. Dario DOCIMO



GRUPPO TECNICO

Ing. Denise Esposito
Ing. Gaetano De Rose
Ing. Eugenio Greco
Ing. Graziana Filippelli
Dott. Geol. Luigi De Prezii
Dott.ssa Mirian Palacios
Dott.ssa Deneb Frances Oliva

SPECIALISTI



Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. PROGETTO PROPOSTO	3
3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	6
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE	8
5. GEOMORFOLOGIA.....	15
6. IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA.....	18
6.1. IDROLOGIA	18
6.2. IDROGEOLOGIA	20
6.3. INTERFERENZE CON I RAMI DEL RETICOLO IDROGRAFICO	22
6.4. CONFRONTO CON IL PAI.....	25
6.5. INTERFERENZE CON POZZI E SORGENTI	32
7. INDAGINI GEOGNOSTICHE	33
7.1. INDAGINI GEOFISCHE ESEGUITE	34
7.2. CAMPAGNA INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE DA ESEGUIRE IN FASE DI PROGETTAZIONE ESECUTIVA	46
8. MODELLO GEOLOGICO - GEOTECNICO.....	47
9. SISMICITÀ DELL'AREA DI STUDIO.....	51
9.1. SISMICITÀ STORICA E SORGENTI SIMOGENETICHE	51
9.2. PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO	56
10. CONCLUSIONI.....	62

1. PREMESSA

Su incarico ricevuto dalla committenza è stata redatta la seguente RELAZIONE GEOLOGICA, che ha lo scopo di definire gli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici e sismici relativi al progetto di un parco eolico ricadente nel territorio comunale di Sestino (AR).

Lo studio in oggetto è mirato alla caratterizzazione e modellazione geologica del sito. Il modello geologico di riferimento è la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell'area di studio, attraverso la descrizione delle peculiarità genetiche dei diversi terreni presenti, delle dinamiche dei diversi termini litologici, dei rapporti di giustapposizione reciproca, delle vicende tettoniche subite e dell'azione dei diversi agenti morfogenetici. La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito comprende la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, idrogeologici, geomorfologici, geostrutturali e le condizioni di pericolosità sismica dell'area interessata dalle strutture in progetto.

Per quanto riguarda la definizione della stratigrafia dei terreni interessati dall'intervento è stato ritenuto necessario effettuare una campagna di indagini geofisiche, tramite l'esecuzione di una serie di prospezioni sismiche.

Il seguente elaborato si è basato anche su dati ricavati da ricerca bibliografica inerente a studi e prove eseguite nei dintorni del sito interessato dal parco eolico in progetto.

2. PROGETTO PROPOSTO

Il progetto prevede la realizzazione di un parco eolico avente potenza pari a 39,6 MW che la società RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L." che intende realizzare nel Comune di SESTINO (AR).

L'impianto in oggetto prevede l'installazione di numero 6 aerogeneratori tripala aventi una potenza singola pari a 6,6 MW. Gli Aerogeneratori scelti avranno un'altezza massima al mozzo di 115 m ed un diametro massimo del rotore di 170 m, per un'altezza massima di 200 m.

Gli aerogeneratori verranno collegati tra loro tramite cavi in MT a 30 kV che trasporteranno l'energia prodotta attraverso i comuni di Sestino (AR), Badia Tebalda (AR), Borgo Pace (PU) fino alla cabina di trasformazione , da realizzare, ubicata nel Comune di Mercatello sul Metauro (PU), adiacente all'esistente sottostazione Terna. Per quanto riguarda il cavidotto interrato esterno al parco e di collegamento alla sottostazione, è previsto un percorso di lunghezza pari a circa 33000 m, caratterizzato da uno scavo di profondità media pari a 1,20 m e larghezza di circa 1,00 m.

Per quanto riguarda il cavidotto interrato interno al parco, è previsto un percorso di lunghezza pari a circa 6000 m, caratterizzato da uno scavo di profondità media pari a 1,20 m e larghezza variabile da 0,6 m di circa 1,20 m.

Sintetizzando, la realizzazione di un impianto eolico prevede sia la costruzione di infrastrutture ed opere civili sia la costruzione di tutte le opere impiantistiche.

Le infrastrutture e le opere civili sono schematicamente elencate di seguito:

- Realizzazione della nuova viabilità interna al sito;
- Adeguamento della viabilità esistente esterna ed interna al sito;
- Realizzazione delle piazzole di stoccaggio e installazione aerogeneratori;

- Esecuzione delle opere di fondazione degli aerogeneratori;
- Esecuzione dei cavidotti;
- Realizzazione di cabina di consegna.

Il programma di realizzazione dei lavori, IN FASE ESECUTIVA, sarà articolato in una serie di fasi lavorative che si svilupperanno nella sequenza di seguito descritta:

1. allestimento cantiere, sondaggi geognostici e prove in situ;
2. adeguamento, se necessario, della viabilità esistente per l'accesso al sito;
3. realizzazione della viabilità di servizio, per il collegamento tra i vari aerogeneratori;
4. realizzazione delle piazzole di stoccaggio e installazione aerogeneratori;
5. eventuale esecuzione di opere di contenimento e di sostegno terreni;
6. esecuzione delle opere di fondazione per gli aerogeneratori;
7. realizzazione dei cavidotti interrati per la posa dei cavi elettrici, da ubicare in adiacenza alla viabilità di servizio;
8. Realizzazione delle opere di deflusso delle acque meteoriche (canalette, trincee drenanti, ecc.);
9. Trasporto, scarico e montaggio aerogeneratori;
10. Connessioni elettriche;
11. Realizzazione dell'impianto elettrico e di messa a terra;
12. Start up impianto eolico;
13. Ripristino dello stato dei luoghi;
14. Esecuzione di opere di ripristino ambientale;
15. Smobilitazione del cantiere.

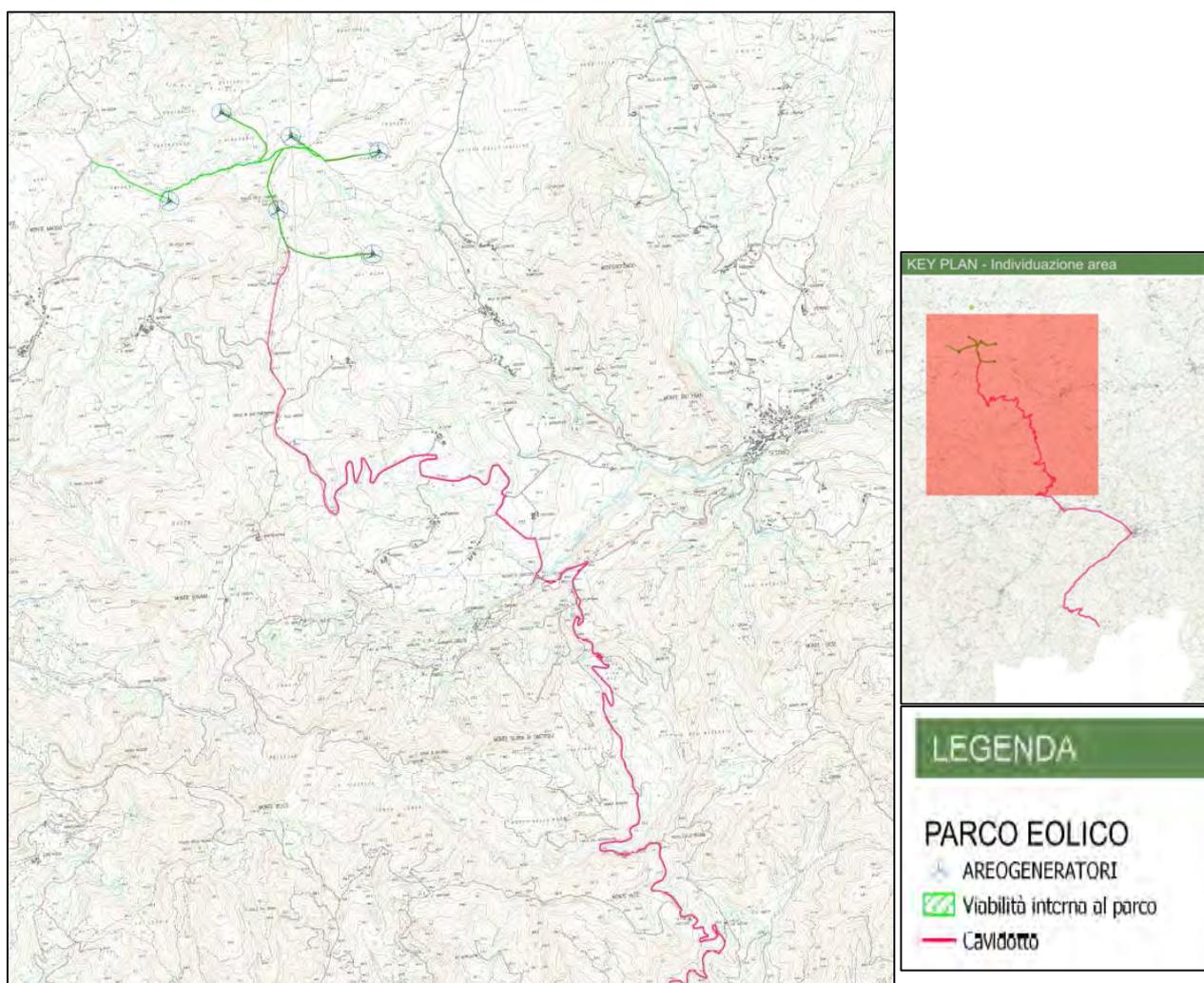
Le terre e rocce derivanti dagli scavi verranno riutilizzate in loco per l'esecuzione dei riporti previsti dal progetto e che riguardano la realizzazione delle piazzole delle torri eoliche, il rinterro delle fondazioni e l'adeguamento della strada di accesso. In ottemperanza di quanto previsto dal D. Lgs. 3 aprile 2006, n° 152, "Norme in materia ambientale, corretto ed integrato dal D. Lgs. 16 gennaio 2008, n° 4, sarà cura della società committente predisporre la documentazione richiesta per il riutilizzo dei materiali di risulta in sito, prima dell'inizio dei lavori. Eventuali esuberanti derivanti dagli scavi saranno caratterizzati e smaltiti secondo la normativa vigente.

Tale argomento verrà meglio esplicitato nell'elaborato PESEST-P.R-0089 – "Piano preliminare di utilizzo delle terre e rocce da scavo".

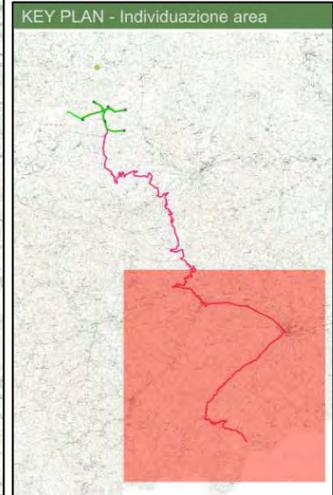
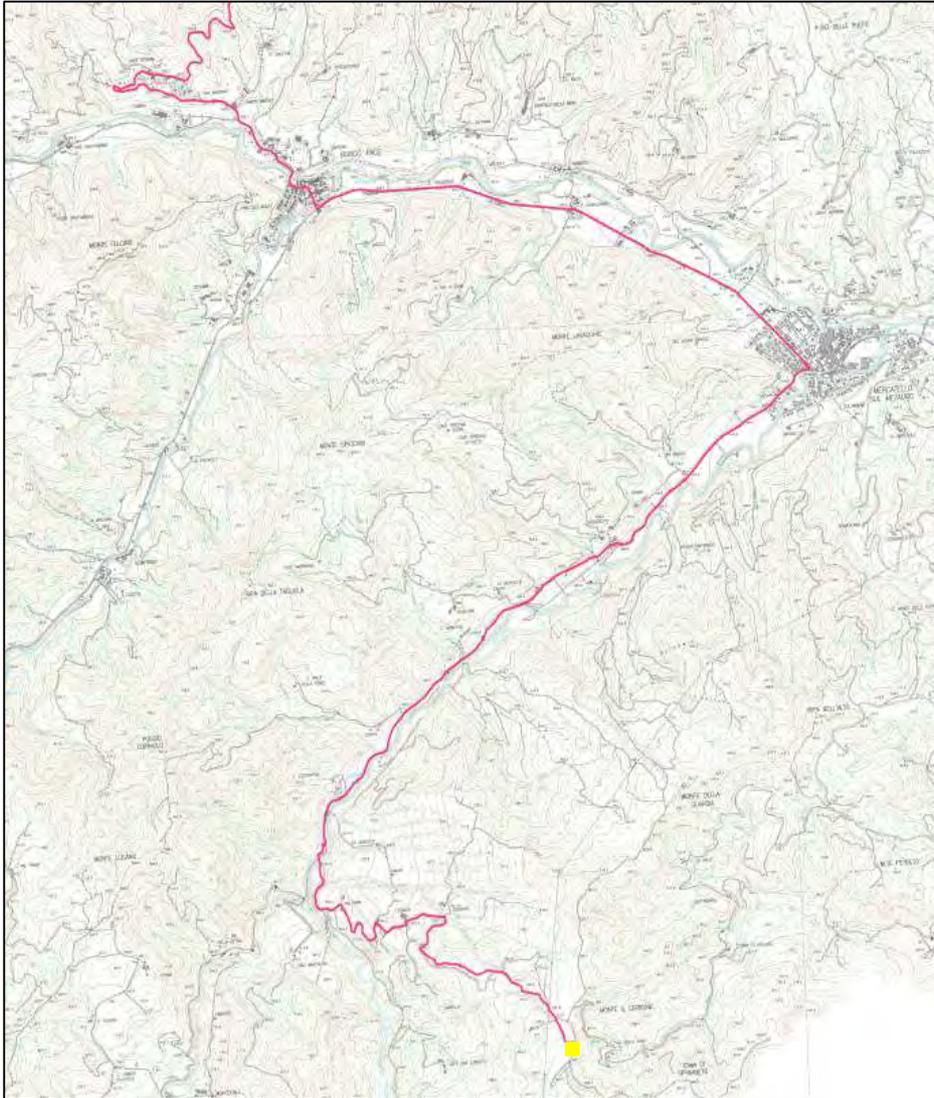
3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il sito di installazione del futuro impianto eolico è collocato all'interno del territorio afferente al Comune di Sestino presso la località Poggio delle Campane.

Gli aerogeneratori verranno collegati tra loro tramite cavi in MT a 30 kV che trasporteranno l'energia prodotta attraverso i comuni di Sestino (AR), Badia Tebalda (AR), Borgo Pace (PU) fino alla cabina di trasformazione, da realizzare, ubicata nel Comune di Mercatello sul Metauro (PU), adiacente all'esistente sottostazione Terna.



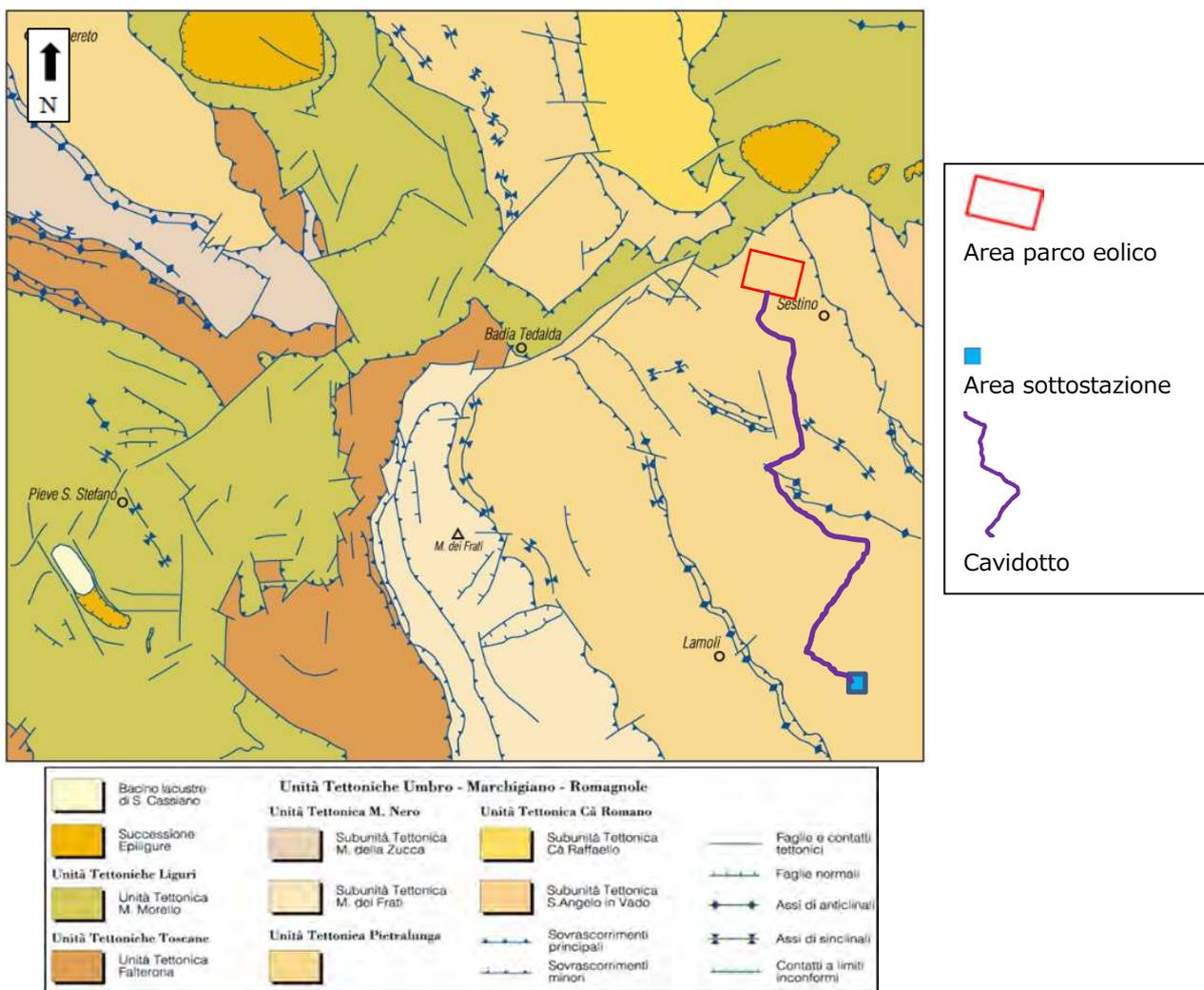
Inquadramento su ctr zona parco eolico



Inquadramento su ctr zona sottostazione

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

L'area oggetto di studio è situata nel settore di catena appenninica compresa tra le regioni Toscana, Emilia Romagna e Marche in una zona di raccordo fra le principali dorsali carbonatiche e le adiacenti depressioni, colmate da successioni silicoclastiche. Il sito di installazione del futuro impianto eolico è collocato all'interno del territorio afferente al Comune di Sestino (AR) presso la località Poggio delle Campane, mentre la sottostazione verrà realizzata nel comune di Mercatello sul Metauro (PU), adiacente alla sottostazione Terna esistente nei pressi del Monte il Cerrone. Da un punto di vista strutturale questo settore dell'Appennino Settentrionale è caratterizzato dalla presenza di thrust a direzione appenninica e vergenza NE che sovrappongono le Unità Toscane a quelle Romagnole.



Le osservazioni si basano sul consulto della cartografia ISPRA; in particolare le aree interessate dall'intervento in progetto (parco eolico-cavidotto-stazione di trasformazione) ricadono nel foglio 278 "Pieve Santo Stefano" della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA 1:50000-PROGETTO CARG.

Di seguito si riporta la descrizione delle Unità Geologiche affioranti:

DEPOSITI QUATERNARI ALLUVIO-COLLUVIALI

– Detrito di versante (a) (Pleistocene medio finale-Olocene)

Affiorano in maniera limitata in tutta l'area rilevata ed è costituita da depositi di versante sabbioso limosi con dispersi frammenti calcareo marnosi eterometrici, con dimensioni massime di 20 cm circa.

– Depositi alluvionali attuali (b) (Olocene)

E' costituita da ciottolami a componente calcareo marnosa con diametri massimi 10-15 cm in matrice sabbioso limosa.

– Depositi alluvionali antichi terrazzati e recenti (bI-n) (Pleistocene medio-Olocene)

Si tratta di depositi di ambiente di piana alluvionale, rappresentati da ciottolami eterometrici e poligenici in matrice limoso-sabbiosa con tessitura da clasto- a matrice-sostenuta, ghiaie, sabbie e limi. I ciottoli, da subarrotondati ad arrotondati, hanno sfericità bassa. Questi depositi sono numerati a partire dal terrazzo morfologicamente più alto fino alla pianura alluvionale recente. Quest'ultima può essere localmente soggetta ad esondazioni.

– Depositi eluvio-colluviali (b8) (Pleistocene-Olocene)

Si tratta di un deposito ad elementi eterometrici e poligenici dispersi in matrice limoso-argillosa, a granulometria minore rispetto al detrito di versante. Si forma per alterazione superficiale e può accumularsi in posto o ai piedi dei versanti stessi dopo un breve trasporto per ruscellamento.

– Corpi di Frana (a-a1) (Olocene)

sono presenti in maniera diffusa fenomeni di instabilità costituiti da frane di scorrimento, posizionate prevalente nei depositi torbiditici della Formazione marnoso arenacea e da colate, che interessano in prevalenza le coperture ed il substrato con prevalente componente marnoso-argillitica.

SUBSTRATO PRE-PLIOCENICO

Nelle aree del Comune di Sestino e Mercatello del Metauro interessate dal progetto affiora diffusamente il substrato pre-quadernario, costituito da unità appartenenti al Dominio Ligure, e al Dominio Romagnolo. Le formazioni, i membri e le litofacies, in cui è suddiviso il substrato pre-quadernario, sono raggruppate per unità tettoniche.

UNITA' TETTONICHE LIGURI

L'unica unità del Dominio Ligure affiorante nell'area in esame è l'Unità Tettonica Morello, che risulta geometricamente sovrapposta all'unità Romagnola

UNITA' TETTONICA MORELLO

Formazione di Monte Morello (MLL) (Eocene Inf-Medio)

La Formazione di Monte Morello affiora in prossimità degli abitati di Ponte presale e Colcellalto. Essa costituisce il termine stratigraficamente superiore dell'Unità Tettonica Morello ed è formata da un'alternanza di marne giallo bruno con frattura a saponetta, calcari marnosi bianco giallastri a grana finissima e frattura concoide, argilliti e argilliti marnose grigie, arenarie calcarifere micacee avana e rare calcareniti biancastre; lo spessore degli strati varia da pochi centimetri ad alcuni metri.

Verso la base passa a strati torbidity calcareo-marnosi di notevole spessore, alternati a pacchi di torbidity arenaceo-pelitiche in strati sottili.

Formazione di Sillano (SIL) (Cretaceo superiore - Eocene inferiore)

Questa formazione è costituita da argilliti varicolori, da brune a verdi fino a rosse, con irregolari intercalazioni di arenarie quarzoso-calcaree e calcarenitiche, finemente stratificate, di marne e calcari marnosi grigio chiari. La formazione affiora limitatamente in località Ponte Presale, lungo il corso dell'omonimo torrente.

UNITA' TETTONICA ROMAGNOLA

Questa unità affiora nel centro abitato di sestino ed in località Colcellalto, ville di Sopra, Piego e Monterone. Le esposizioni migliori si hanno lungo il corso del fiume Foglia. Essa è rappresentata dalle Marne di San Paolo (SPL) esclusivamente in località Colcellalto e dalla Formazione Marnoso Arenacea in località Sestino, Ville di Sopra, Colcellalto, Piego e Monterone.

UNITA' TETTONICA PIETRALUNGA

Marne di San Paolo (SPL) (Miocene)

Questa formazione è costituita da marne e marne argillose di colore grigio azzurro, organizzate in strati sottili, con intercalazioni di livelletti di arenarie fini. Si hanno slump intraformazionali. L'età di questa formazione è compresa tra il serravalliano ed il Tortoniano inferiore. Affiora esclusivamente in località Colcellalto ed è in contatto tettonico con la formazione marnoso Arenacea (FMA1) e con la Formazione di Monte Morello (FMM).

Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola (FMA) (Miocene)

Tale formazione affiora diffusamente in tutta la zona studiata, in particolare nella zona di progetto (parco eolico-cavidotto-sottostazione) affiorano principalmente i membri FMA₂, FMA₄ ed FMA₅.

La Formazione Marnoso-Arenacea è una successione torbidityca miocenica con potenza superiore a 3.000 metri, costituita da alternanze arenite-pelite e subordinate emipelagiti marnose. A scala regionale è stata suddivisa in 14 membri parzialmente eteropici. I limiti tra i vari membri, trattandosi spesso di 25 contatti graduali sfumati, sono stati posti convenzionalmente in corrispondenza di orizzonti guida di importanza regionale.

FMA₂ MEMBRO DI CORNIOLO (BURDIGALIANO - MESSINIANO)

Alternanze di arenarie torbidityche silicoclastiche, da grossolane a fini, siltiti e marne in strati da sottili a molto spessi. Le arenarie sono in strati prevalentemente molto sottili e medi a grana fine di colore grigiastro Tali sedimenti affiorano in località ville di Sopra e culminano presso il toponimo Poggio delle Campane in cui affiora il membro FMA₄.

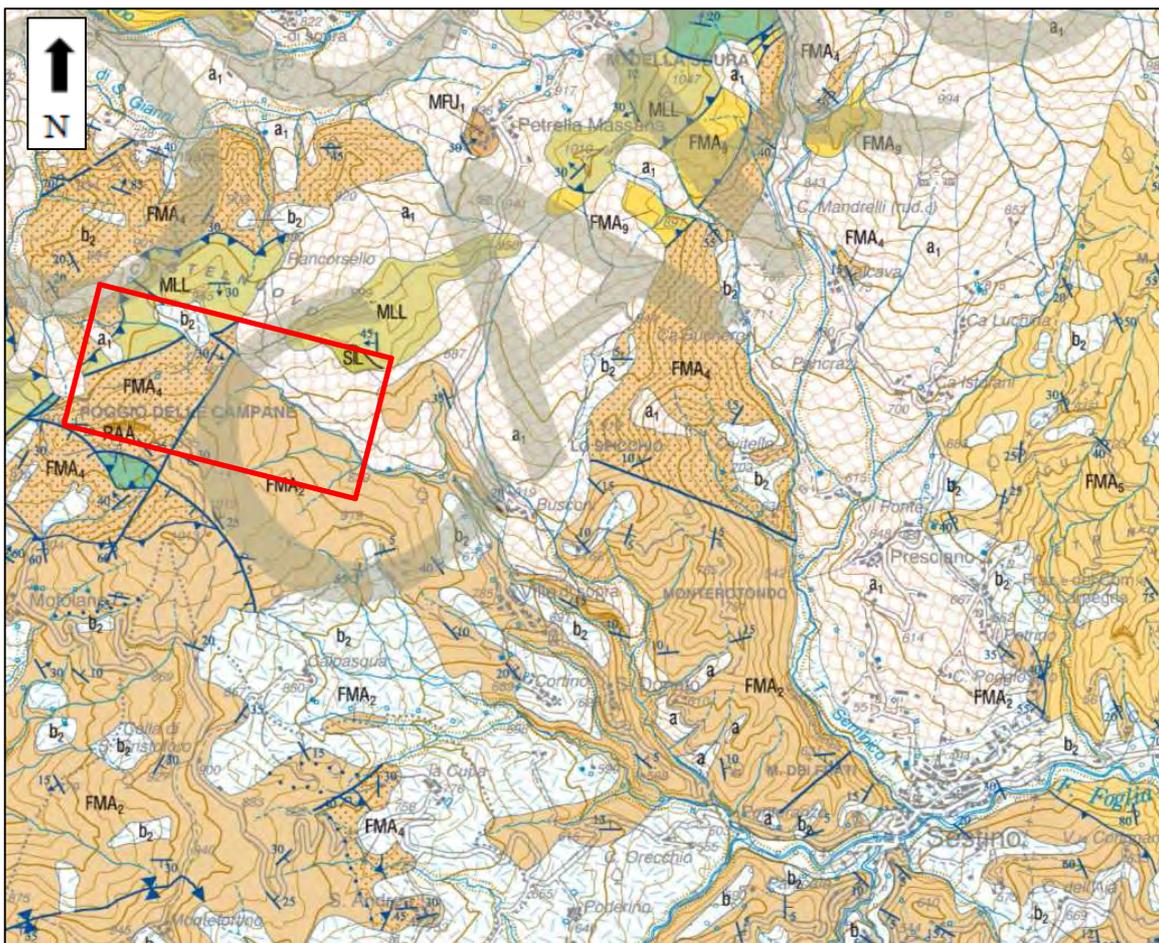
FMA₄ MEMBRO DI GALEATA (BURDIGALIANO - MESSINIANO)

Alternanze di arenarie torbidityche silicoclastiche, da grossolane a fini, siltiti e marne in strati da sottili a molto spessi. Le arenarie, in strati da sottili a molto spesse, hanno grana fine. La frazione pelitica è costituita da marnosiltiti fini grigie. Tale membro contiene lo "strato Contessa" che si presenta come un banco di spessore da 3 a 4 metri di calcarenite fine a base arenacea. Tali sedimenti affiorano presso il toponimo Poggio delle Campane tramite faglia con direzione NO-SE rispetto al membro FMA₂.

FMA₅ MEMBRO DI COLLINA (LANGHIANO - SERRAVALLIANO)

Torbiditi pelitico arenacee; le arenarie sono di colore marrone, in strati molto sottili a grana fine mentre la parte pelitica è costituita da marnosiltiti grigie finemente stratificate. Sono frequenti gli strati di calcareniti fini di colore grigio chiaro spessi da 20 a 40 cm. La base di questo membro raggiunge talora lo strato Contessa; alternativamente il passaggio laterale al MEMBRO DI GALEATA avviene per progressivo aumento della frazione arenitica. Il massimo spessore è di circa 300 m. Tale formazione affiora in particolare nella zona della sottostazione sita in località del Monte il Cerrone nel comune di Mercatello sul Metauro.

Di seguito si riportano stralcio della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA 1:50.000 ISPRA (PROGETTO CARG) FOGLIO 278 PIEVE SANTO STEFANO, con evidenza della zona su cui sorgerà l'impianto eolico in progetto (rettangolo rosso).



Di seguito si riportano stralcio della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA 1:50.000 ISPRA (PROGETTO CARG) FOGLIO 278 PIEVE SANTO STEFANO, con evidenza della zona su cui sorgerà la stazione di trasformazione (rettangolo rosso).



5. GEOMORFOLOGIA

Gli aerogeneratori verranno realizzati nel territorio comunale di Sestino, presso la località Poggio delle Campane. Tale settore è attraversato da alcuni sentieri e da una viabilità sterrata e presentano una quota media di circa 900 m slm.

L'assetto morfologico generale dell'area risente in modo marcato della forte eterogeneità litologica delle formazioni affioranti e della complessità strutturale che caratterizzano questo settore dell'Appennino Settentrionale.

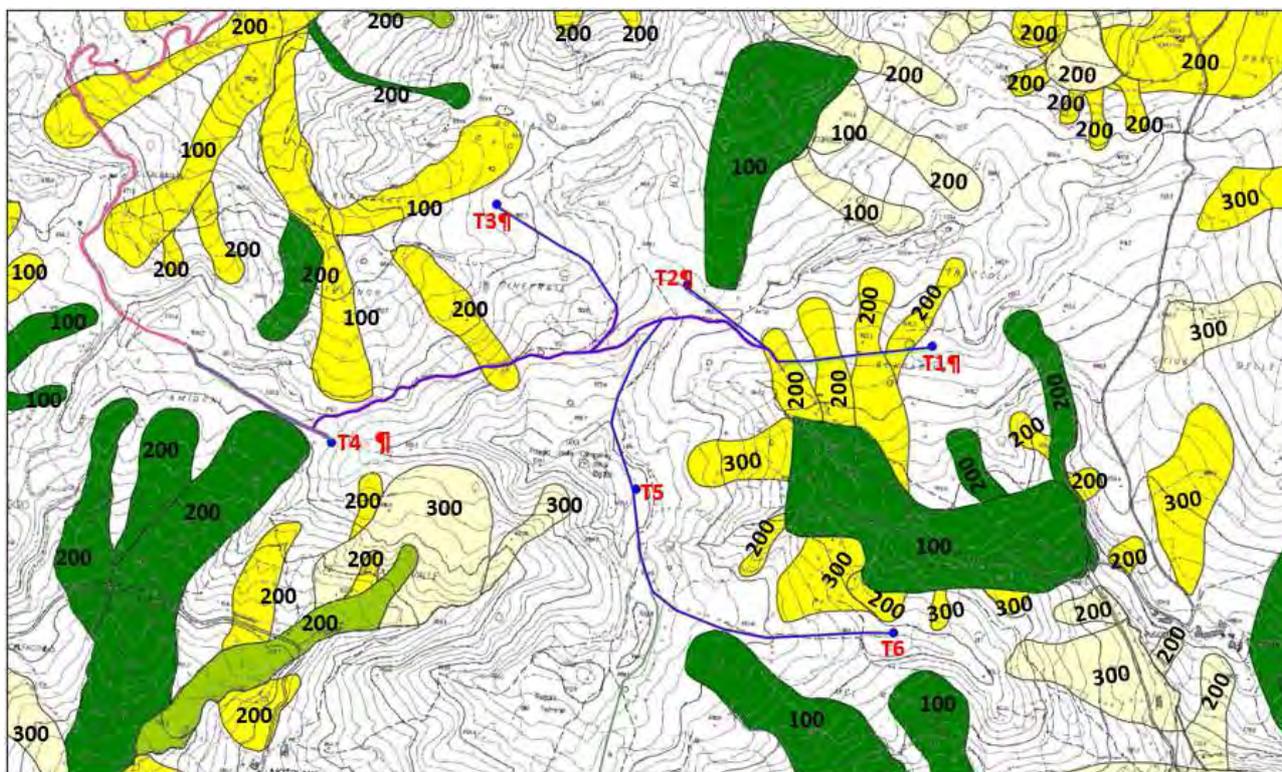
I processi morfologici hanno agito, per lo meno a grande scala, attraverso dinamiche prevalentemente morfoselettive. Secondariamente, in particolar modo nelle litologie con notevole componente argillitica, lo sviluppo di processi gravitativi dei versanti ha contribuito alla modellazione del paesaggio.

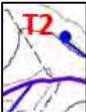
Il paesaggio si presenta con una forte impronta fluviale, con valli profondamente incise in corrispondenza delle litologie più resistenti (calcari ed arenarie), ampie ed aperte in corrispondenza di litologie facilmente erodibili come marne ed argilliti. L'assetto orografico è nel complesso piuttosto articolato e caratteristico di un territorio montano. Non sono presenti aree pianeggianti propriamente dette ad eccezione di limitate fasce contigue ai fiumi principali dell'area come il Marecchia e/o il Foglia.

L'acclività dei versanti è fortemente influenzata dalla resistenza delle litologie all'erosione: le aree di affioramento delle formazioni più resistenti (come nell'area interessata dagli aerogeneratori del parco eolico in progetto), a composizione arenitica o calcarea come la Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola e la Formazione di Monte Morello hanno pendenze comprese tra il 20-40%, con accumulo di coltri detritiche alla base; in tali aree sono presenti fenomeni di instabilità da scorrimento attive e quiescenti. Le aree con substrato costituito da argilliti e marne sono caratterizzate da pendenze medie dell'ordine del 10-20%

presentano una dinamica dei versanti ben sviluppata con aree interessate da fenomeni superficiali e frane per colate, per lo più quiescenti.

In dettaglio le aree interessate dagli aerogeneratori, dal cavidotto e dalla viabilità interna in progetto sono state confrontate con il database fornito della Regione Toscana- DB - Geomorfologico (<http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/geomorfologia.html>).





T2
AEROGENERATORI, VIABILITÀ INTERNA E CAVIDOTTO INTERNO IN PROGETTO



CAVIDOTTO ESTERNO FINO ALLA SOTTOSTAZIONE IN PROGETTO

Legenda

FI - Frane IFFI

n.d.
Scivolamento rotazionale/traslattivo
Colamento lento
Colamento rapido

VIABILITÀ ACCESSO AL PARCO (ADEGUAMENTO STRADA ESISTENTE)

Tabella FI_cod_stato	
cod_stato	Descrizione
0	Non determinato
100	Attivo/riattivato/sospeso
200	Quiescente
300	Stabilizzato
400	Relitto

Tale raffronto, avallato dai sopralluoghi eseguiti, ha evidenziato che nessuna delle torri ricade in zone di dissesto attivo e non si segnalano fenomeni gravitativi o di scorrimento in atto; in alcuni tratti la viabilità interna ed il cavidotto interno (tra le torri T1 e T2) intercettano zone in cui sono cartografate frane quiescenti, per cui gli interventi previsti non andranno a creare problematiche rispetto alla stabilità dei terreni interessati. Tutte le torri eoliche verranno realizzate in quelle zone del crinale rialzate ma che presentano comunque una morfologia sub pianeggiante.

6. IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA

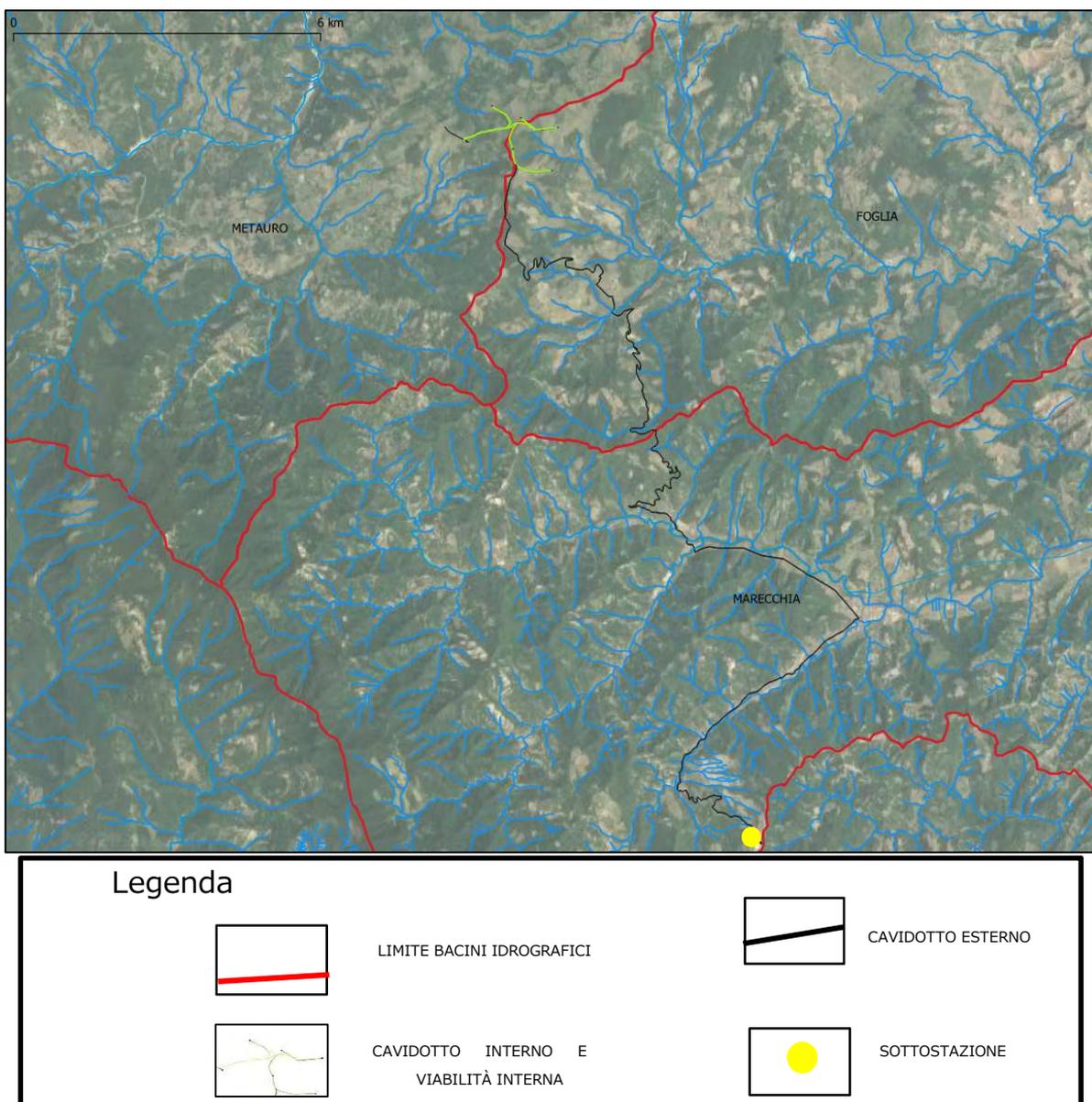
In questa sede si riportano studi e considerazioni di carattere generale su idrologia, idrogeologia e su eventuali interferenze delle opere in progetto con aree vincolate e/o ricadenti in aree a pericolosità idraulica delle autorità di bacino competenti. Maggiori dettagli, con dati pluviometrici e caratteristiche idrauliche dei corsi d'acqua interferenti con le opere in progetto saranno approfonditi nel documento PESEST-P.R-0003 "relazione idraulica con verifica interferenze reticolo idrografico".

6.1. IDROLOGIA

Dal punto di vista idrologico ed idraulico la zona oggetto di studio ricade nell'ambito dei Bacini idrografici dei Fiume Foglia, Marecchia e Metauro e comprende da un punto di vista amministrativo la provincia di Arezzo nella regione Toscana (parco eolico - cavidotto) e la provincia di Pesaro Urbino nella regione Marche (cavidotto e sottostazione). Nella figura sottostante si evidenzia che il Bacino Idrografico del Fiume Marecchia è interessato per la presenza di tre torri aerogeneratrici, le restanti pale (3) del parco eolico, il cavidotto interno e quello esterno sono di pertinenza dei Bacini idrografici dei fiumi Foglia e Metauro. Tali fiumi hanno destinazione adriatica con direzione di scorrimento verso NNE ed E.

Il reticolo idrografico, nel complesso a struttura dendritica mediamente gerarchizzato, comprende le alte valli dei bacini dei fiumi Marecchia, Foglia e Metauro.

A scala locale la densità del reticolo è influenzata da fattori geologici locali a seconda della presenza di litotipi ad elevata permeabilità (con rarefazione del drenaggio superficiale nelle formazioni carbonatiche) o di litotipi a bassa permeabilità (con aumento del drenaggio superficiale nelle formazioni Marnoso arenacee, come accade nelle aree interessate dal progetto (figura sottostante), dove le acque di ruscellamento superficiale si convogliano negli impluvi presenti.



6.2. IDROGEOLOGIA

Dalle valutazioni geologiche degli affioramenti presenti, risulta che i terreni interessati dal progetto proposto appartengono alla formazione marnoso-arenacea e quindi con condizioni di porosità e permeabilità poco favorevoli alla presenza di acque in profondità, con sviluppo prevalente di idrologia superficiale con la presenza di numerosi rii, canali ed impluvi.

Per quanto riguarda i fattori che condizionano la circolazione delle acque nel sottosuolo va detto che questi sono essenzialmente legati alle caratteristiche idrogeologiche delle rocce ed ai rapporti stratigrafici e tettonici esistenti tra complessi a diversa permeabilità relativa.

Il consulto del database della REGIONE TOSCANA – SITA CARTOTECA (<http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/cartoteca.html>) ha messo in evidenza che la zona su cui insisteranno gli aerogeneratori in progetto è priva di importanti acquiferi (Corpi Idrici Sotterranei) come evidenziato nelle figure sottostanti; tale situazione rispecchia la geologia del sito dove la presenza di un substrato marnoso (poco permeabile) favorisce fenomeni di ruscellamento superficiale a scapito dei fenomeni di infiltrazione delle acque piovane.





In dettaglio nelle aree in esame vi è l'esistenza di un sensibile contrasto di permeabilità tra la coltre detritica (costituita dai depositi marnoso-arenacei degradati ed alterati) ed il substrato roccioso marnoso-arenaceo integro e/o poco alterato. Le indagini geofisiche svolte presso gli aerogeneratori in progetto ha evidenziato una coltre permeabile per porosità che ha una profondità variabile rispetto all'attuale piano campagna.

Infatti, mentre la coltre è da considerarsi sostanzialmente permeabile per porosità, la roccia sana è pressochè impermeabile o moderatamente permeabile per fessurazione, in relazione al grado di fratturazione. Tale considerazione, avallata da dati di letteratura e dalle indagini geofisiche svolte, confermano l'assenza di falde idriche nei pressi delle aree interessate dal progetto in itinere. Tale condizione può favorire la presenza di falde sospese: la circolazione idrica è limitata solo nei corpi arenacei e conglomeratici sovrapposti al basamento marnoso, per lo più impermeabile e/o poco impermeabile.

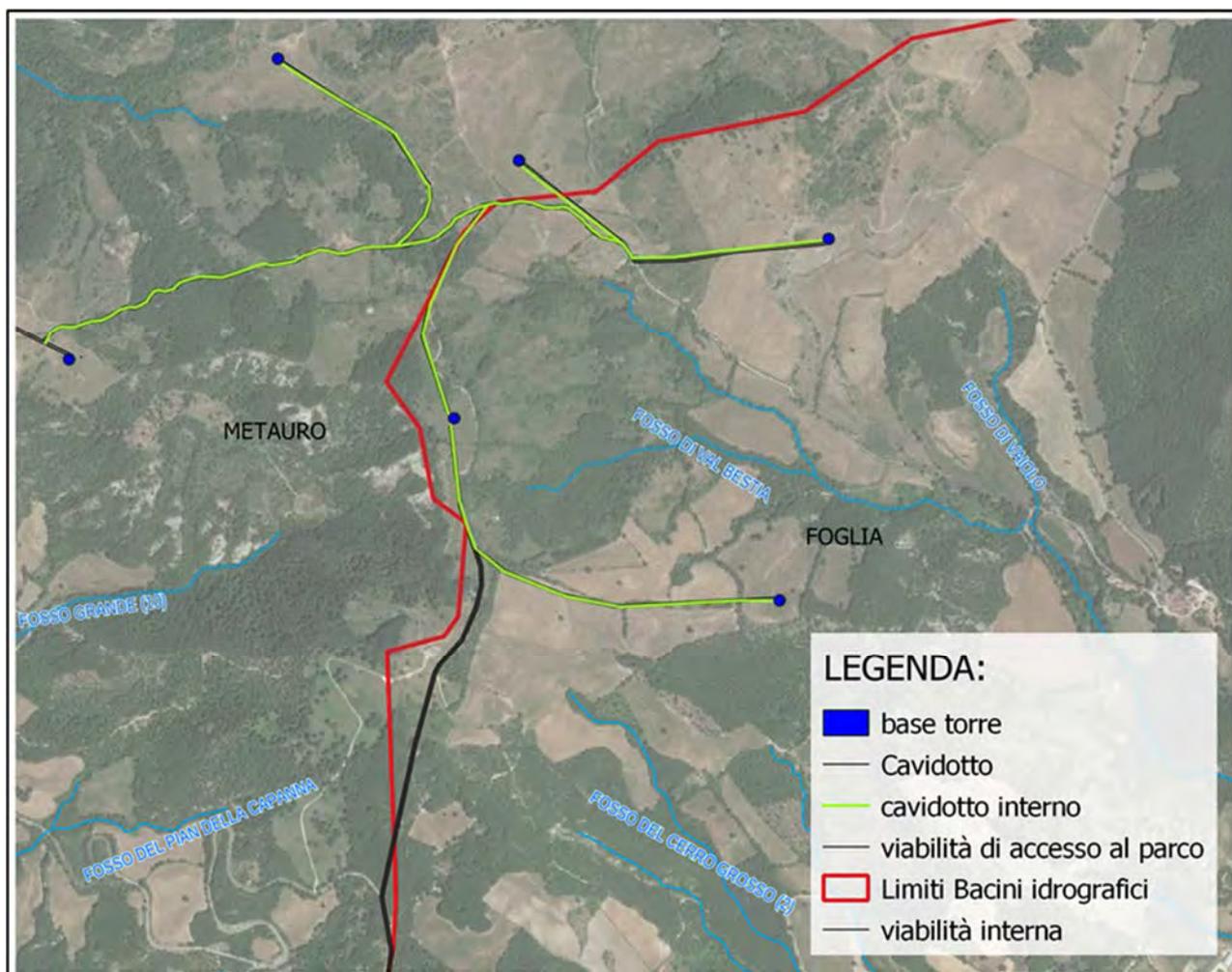
In fase esecutiva, nel corso dei sondaggi geognostici previsti, saranno installati dei piezometri per monitorare l'eventuale presenze di falde idriche che possano essere interessate dalla realizzazione delle fondazioni profonde da realizzare.

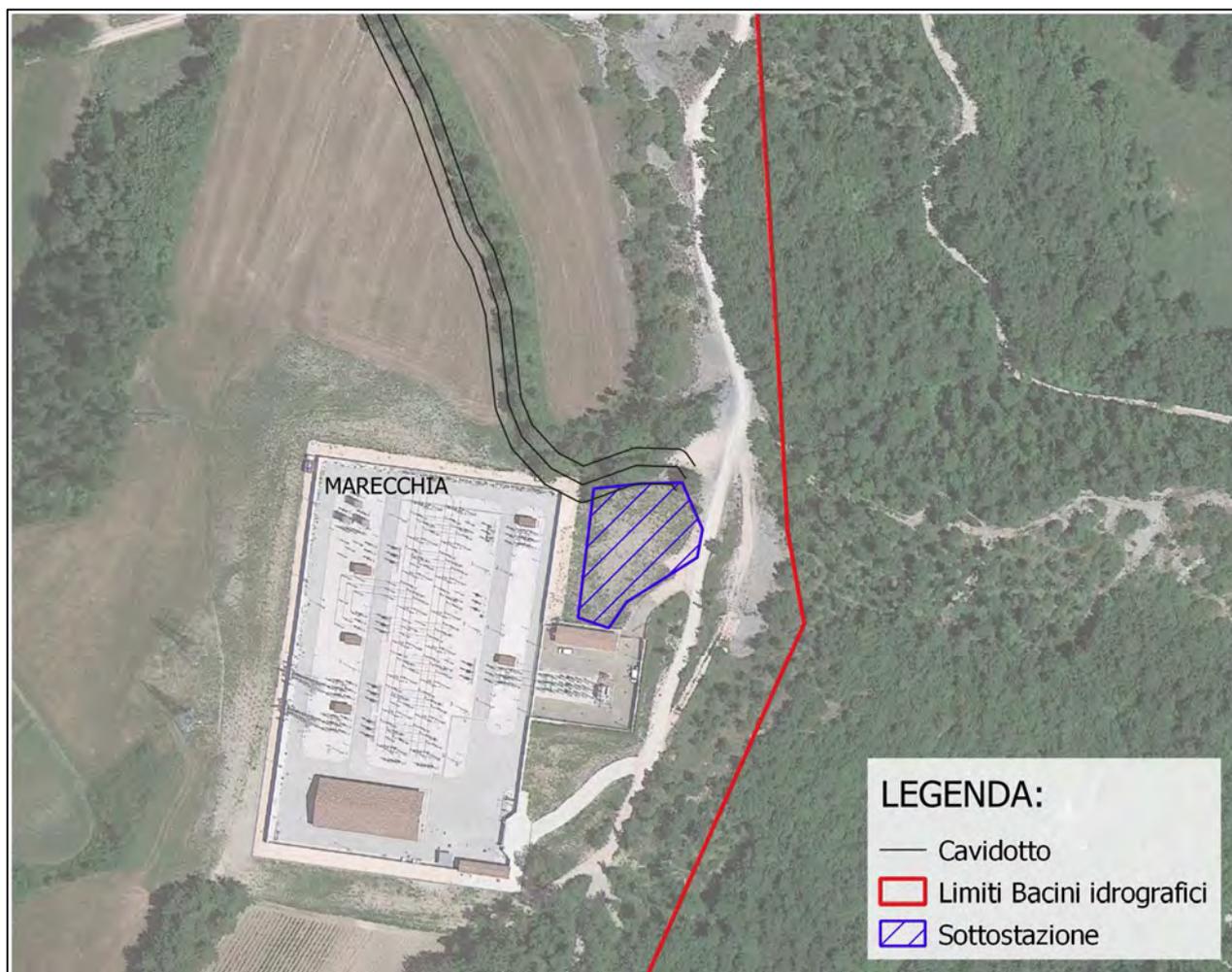
6.3. INTERFERENZE CON I RAMI DEL RETICOLO IDROGRAFICO

Le interferenze delle opere previste in progetto possono essere distinte in tre sottocategorie:

- Interferenze con aerogeneratori;
- Interferenze con la sottostazione;
- Interferenze con il cavidotto.

Per quanto riguarda l'area di installazione degli aerogeneratori e la sottostazione non sono state individuate interferenze con il reticolo idrografico principale e secondario (figure sotto riportate)

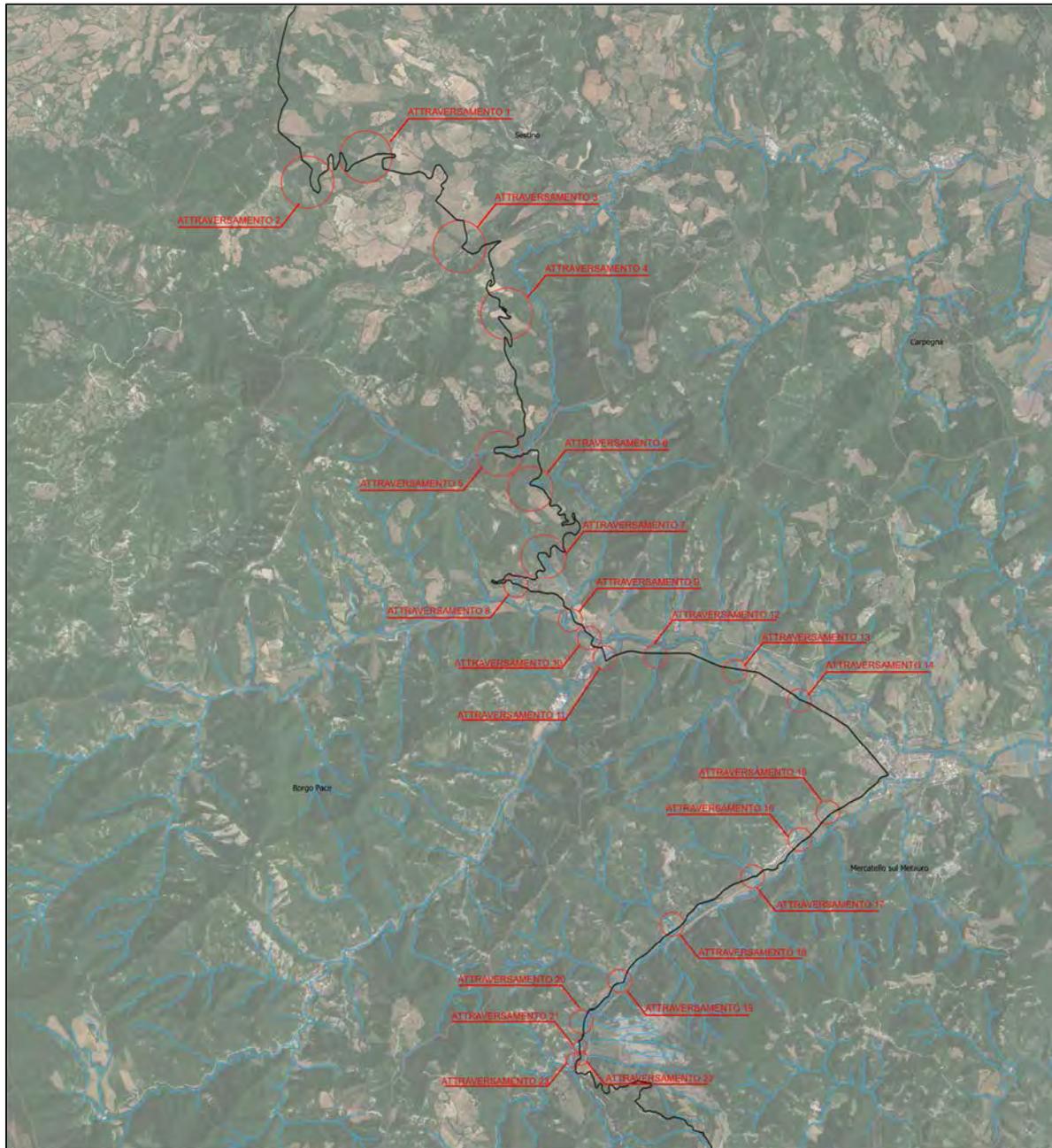




Per quanto riguarda il tracciato del cavidotto sono presenti 23 interferenze con il reticolo idrografico, Le interferenze essenzialmente si presentano di entità diversa fra loro in quanto oltre a fiumi e torrenti, la maggior parte di essi sono rivoli o canali di scolo, comunque presenti nella carta catastale riferita al 2023.

Gli attraversamenti dei corpi idrici principali saranno effettuati mediante trivellazione orizzontale controllata (T.O.C). La TOC una tecnologia no dig per la posa di tubazioni senza la necessità di realizzare scavi a cielo aperto e sono particolarmente adatte per il superamento di ostacoli, quali fiumi, canali, strade di grande comunicazione. Per quanto riguarda gli attraversamenti di lieve entità come canali di scolo e reticoli secondari saranno esaminati caso per caso nel corso della progettazione esecutiva.

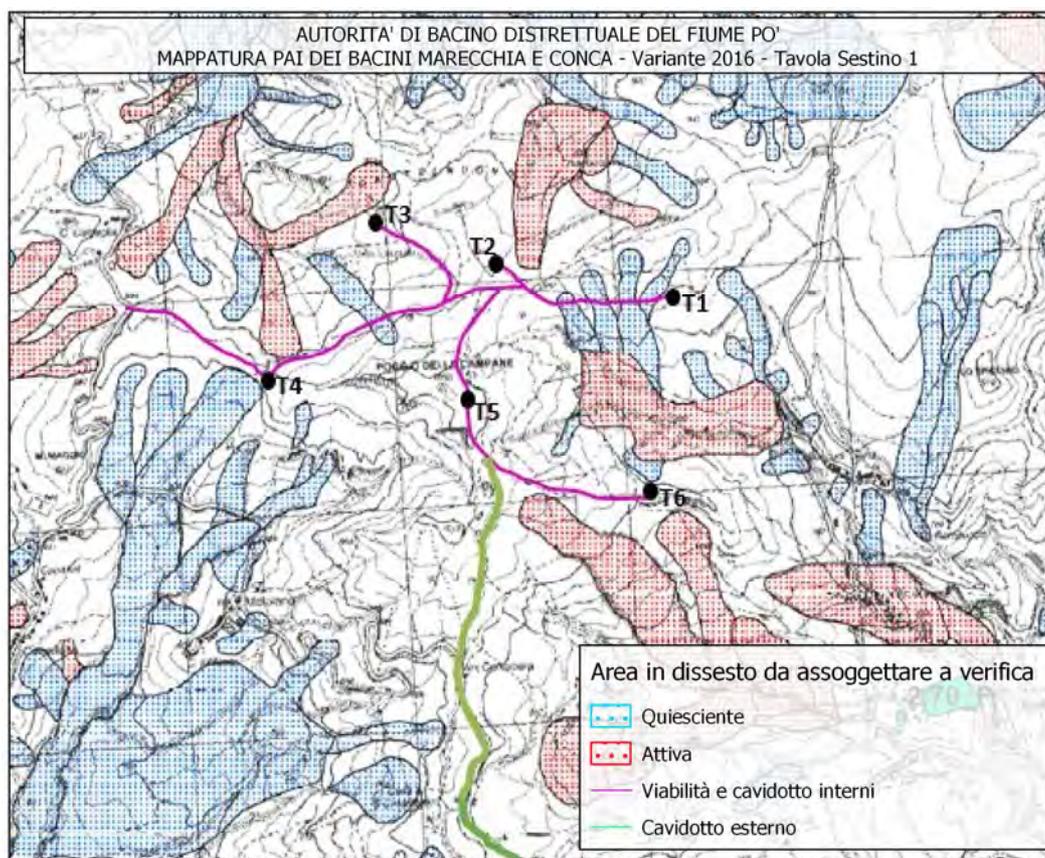
Le aree di attraversamento sono state individuate nella seguente figura:

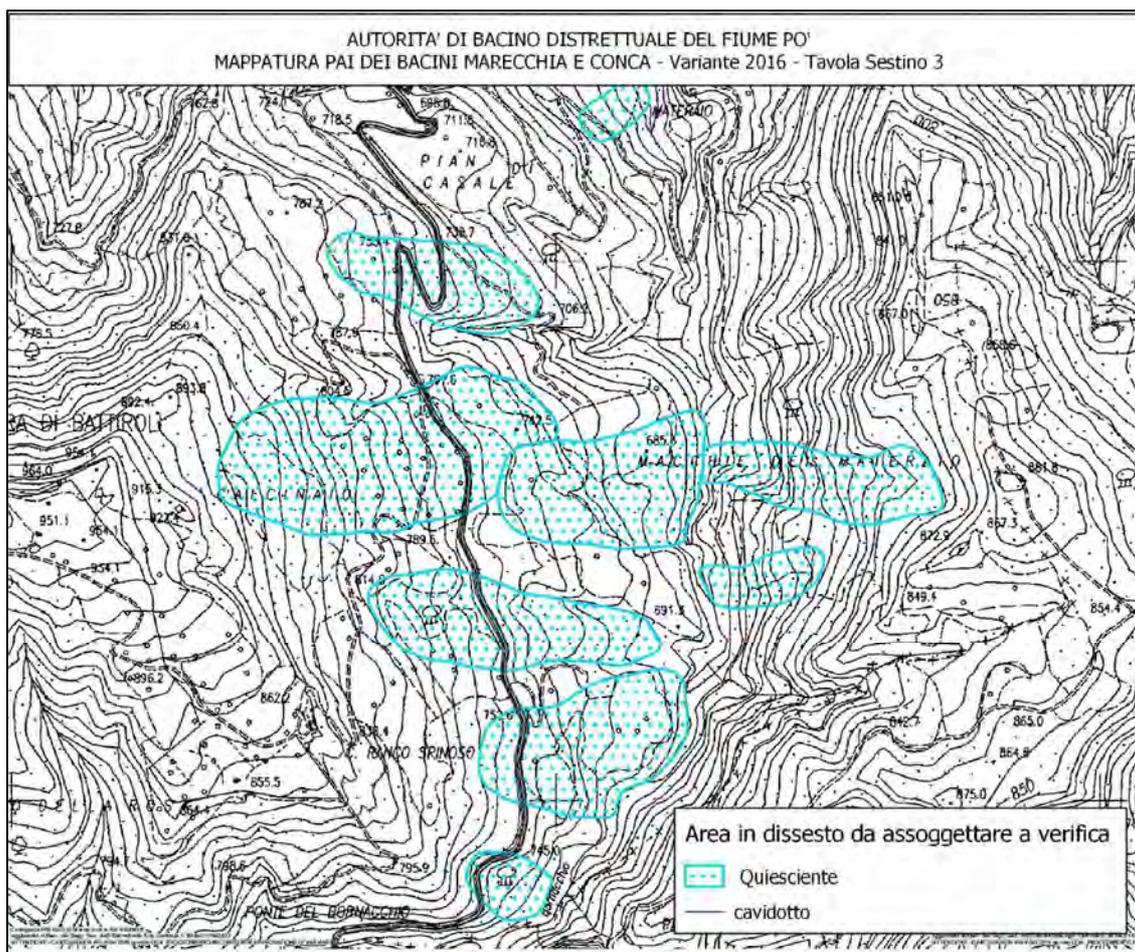


Maggiori dettagli, sulle caratteristiche idrauliche dei corsi d'acqua interferenti con le opere in progetto, saranno approfonditi nel documento PESEST-P.R-0003 "Relazione idraulica con verifica interferenze reticolo idrografico".

6.4. CONFRONTO CON IL PAI

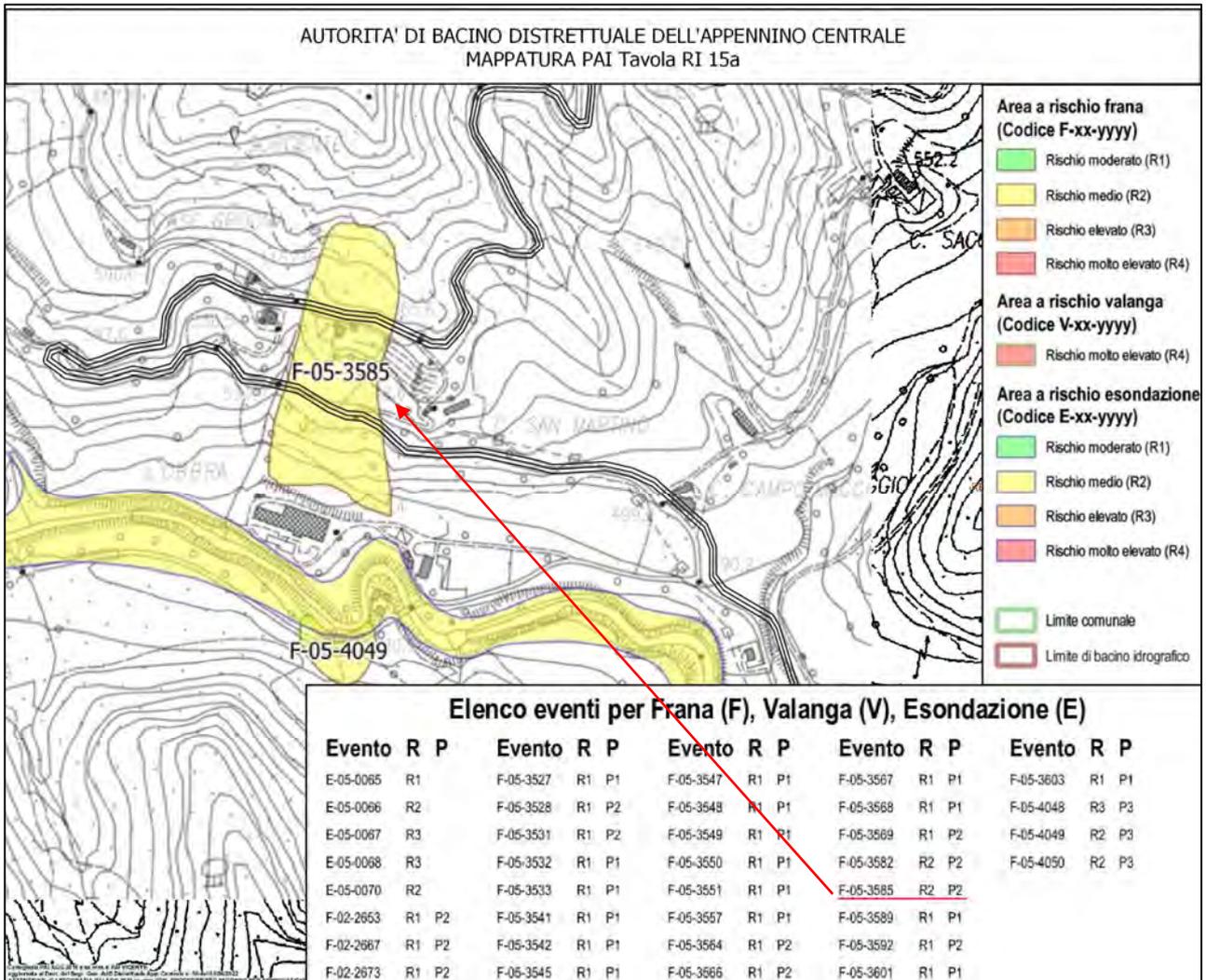
Le aree interessate dagli aerogeneratori, dal cavidotto e dalla viabilità interna in progetto sono state confrontate con il PAI vigente, che dal 17 febbraio 2017 è diventato di pertinenza dell’Autorità di bacino distrettuale del fiume PO vista la soppressione, su tutto il territorio nazionale, delle Autorità di bacino nazionali, interregionali e regionali; precedentemente l’area di studio ricadeva nel territorio di competenza dell’ **AUTORITA' DI BACINO INTERREGIONALE MARECCHIA-CONCA**. Il consulto delle tavole **SESTINO 1 VARIANTE 2016** e **SESTINO 3 VARIANTE 2016** (*i cui stralci sono riportati in basso*) hanno evidenziato che, nessuna delle torri ricade in zone di dissesto attivo; in alcuni tratti la viabilità interna ed il cavidotto interno (tra le torri T1 e T2) e tratti del cavidotto in uscita intercettano zone in cui sono cartografate frane quiescenti, per cui gli interventi previsti non andranno a creare problematiche rispetto alla stabilità dei terreni interessati.



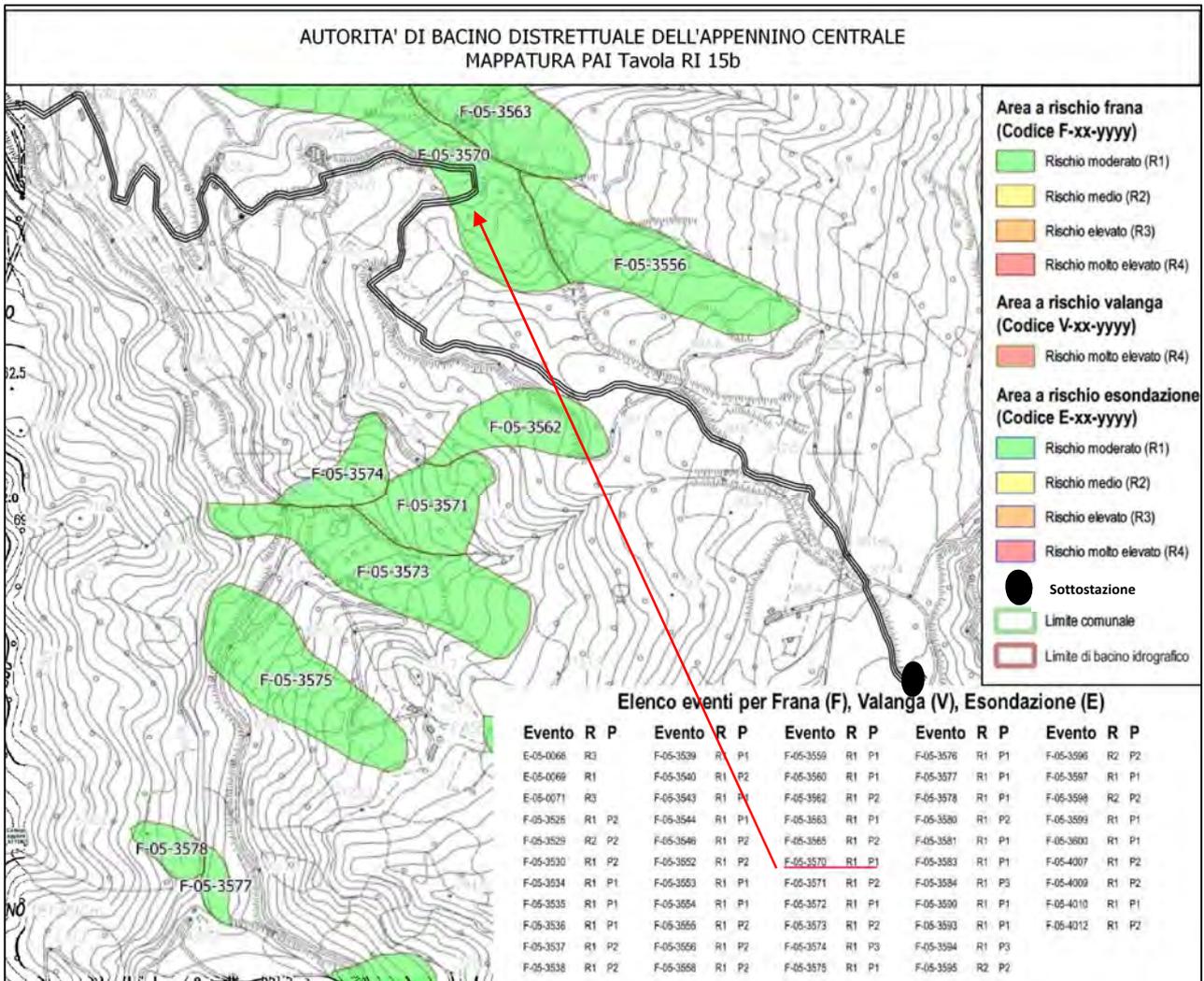


La restante parte del cavidotto e la sottostazione invece rientrano nel PAI dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale (ex PAI MARCHE) AGGIORNATA AL 14 MARZO 2022, ricadenti rispettivamente nei comuni di Borgo Pace (PU) e Mercatello sul Metauro (PU). Il consulto delle tavole RI 15a e RI 15b (*i cui stralci sono riportati in basso*) hanno evidenziato che il cavidotto interferisce con alcune aree in frana attiva, ricadenti su strada provinciale.

La quasi totalità del cavidotto di collegamento, tra il parco eolico e la sottostazione, verrà realizzato su strade praticando opportuni scavi all'interno dell'asse viario (SP49 IN TOSCANA -SP61 NELLE MARCHE e nelle strade di pertinenza comunale di accesso alle strade provinciali). Tale scelta progettuale è stata dettata dall'esigenza di NON ALTERARE, e quindi di non peggiorare, la stabilità di aree sottoposte a vincoli PAI.



La tavola evidenzia che il cavidotto interesserà un tratto della del SP61 in cui è cartografata un'area con rischio frana R2 associata ad una pericolosità P2.



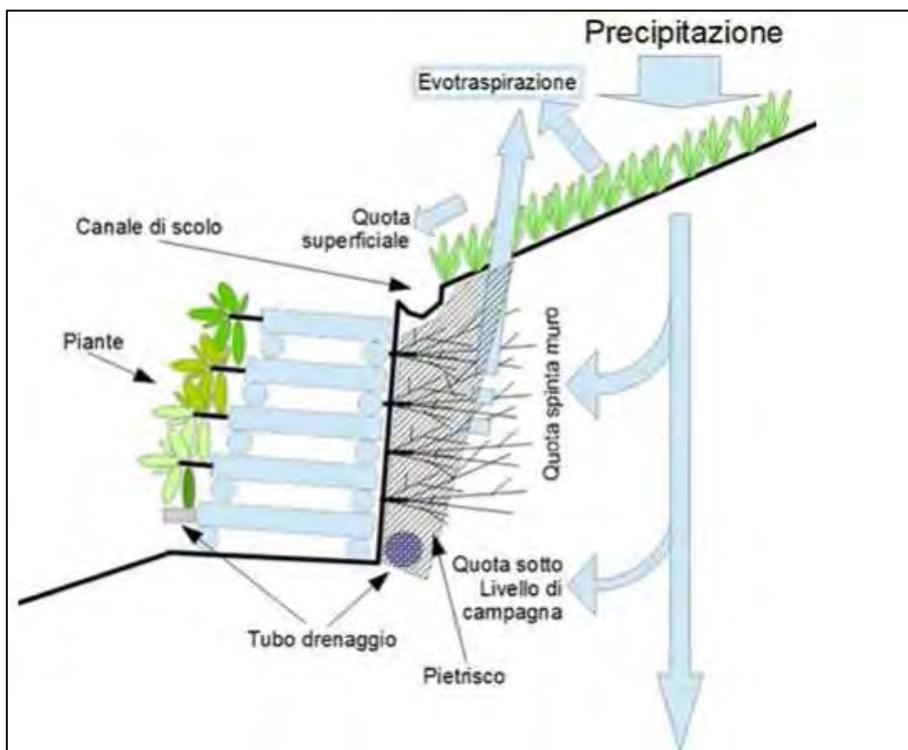
La tavola evidenzia che il cavidotto interesserà un tratto della strada comunale nel comune di Mercatello sul Metauro in cui è cartografata un'area con rischio frana R1 associata ad una pericolosità P1.

Come sopra evidenziato, rispetto alla vincolistica dei PAI a cui sono correlate le aree di progetto, il cavidotto, che si sviluppa in corrispondenza della viabilità esistente va ad interessare, in alcuni punti zone a rischio frana. Ciò però non va ad inficiare l'opera in quanto i ridotti tagli sulla viabilità verranno ripristinati nell'immediato pertanto non vanno assolutamente a modificare la situazione pre

opera e ad aggravare le condizioni di rischio associato. In ogni caso si sottolinea che verranno realizzate opere di ingegneria naturalistica.

Nella fattispecie si propongono delle “PALIFICATE DOPPIE VIVE IN LEGNO” al fine di consolidare i tratti di versante, interessati e cartografati nel PAI, su cui insistono le strade interessate dalla posa del cavidotto.

Di seguito si mostra lo schema esemplificativo rispetto alla funzionalità dell’opera proposta, che oltre al compito di consolidamento raccoglie e smaltisce le acque meteoriche tramite opportuni sistemi di drenaggio superficiale.



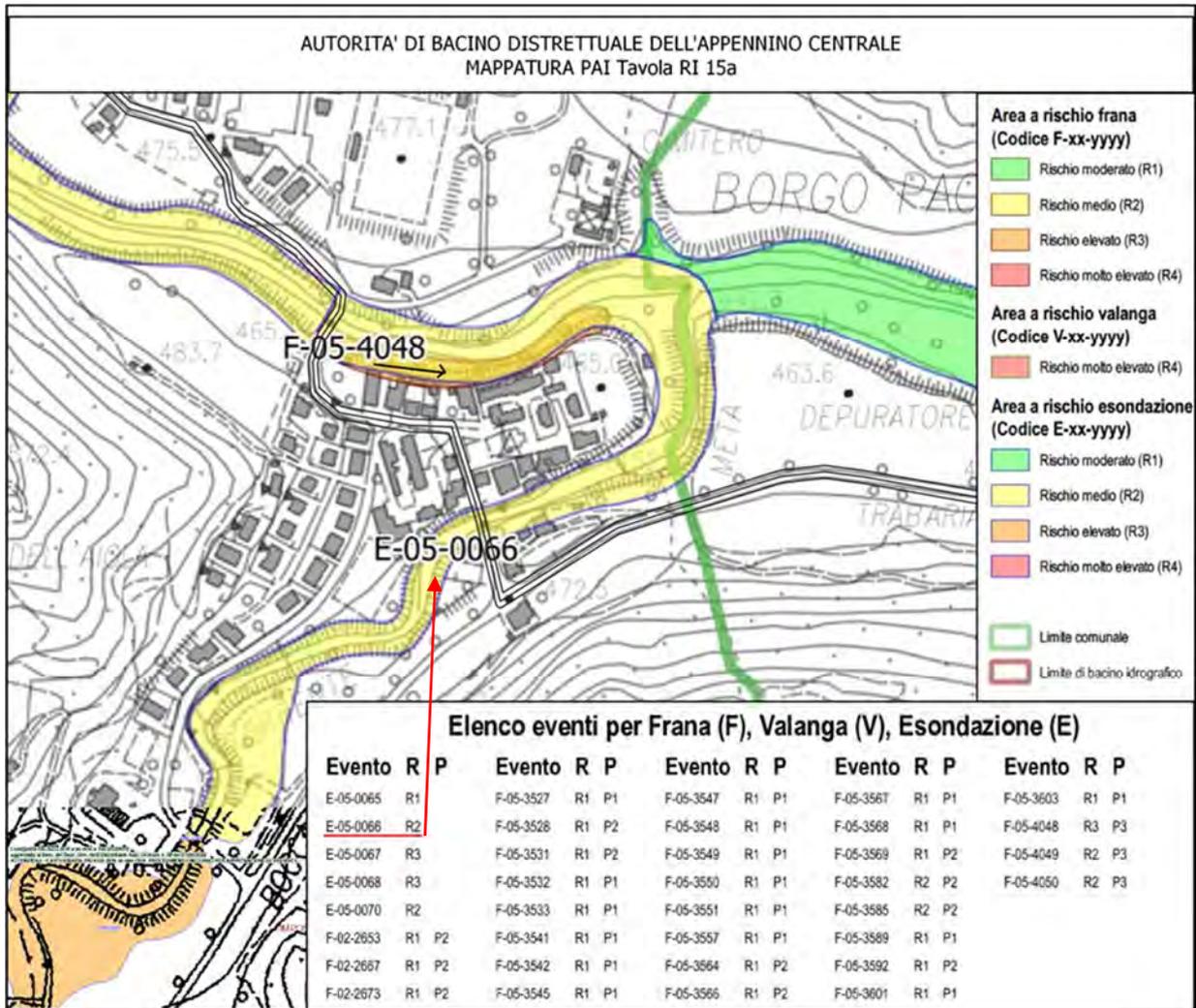
Le palificate in legname sono opere diffusamente utilizzate in lavori di consolidamento dei versanti, difesa spondale, recupero frane e smottamenti.

L'azione stabilizzante è data da una struttura in legno realizzata tramite incastellatura di pali in legno disposti alternativamente in senso longitudinale e trasversale e collegati tra loro per mezzo di chiodature effettuate con tondini di legno.

Tra le intercapedini originate dai pali è possibile inserire piante radicate, talee di specie arbustive o arboree, piante erbacee con apparato radicale profondo come il vetiver. Le radici delle piante che vengono messe a dimora nel tempo andranno a rafforzare ed a coadiuvare fino a sostituire la funzione stabilizzante dei pali.

La relativa semplicità di realizzazione di questa struttura in confronto ad un tradizionale muro in c.a. e l'ottimo inserimento ambientale, il cui ridotto impatto si realizza nel tempo grazie alle piante in esso inserite, la vedono utilizzata frequentemente per interventi su aree franose.

Dal confronto delle aree in progetto con il PAI RISCHIO IDRAULICO dell'Autorità di bacino distrettuale del fiume PO e dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale viene evidenziata una zona di attraversamento a rischio esondazione medio R2, nei pressi di Borgo Pace (PU). Sulla zona di attraversamento, viene segnalata la presenza di un ponte, come visibile dalla figura in basso.

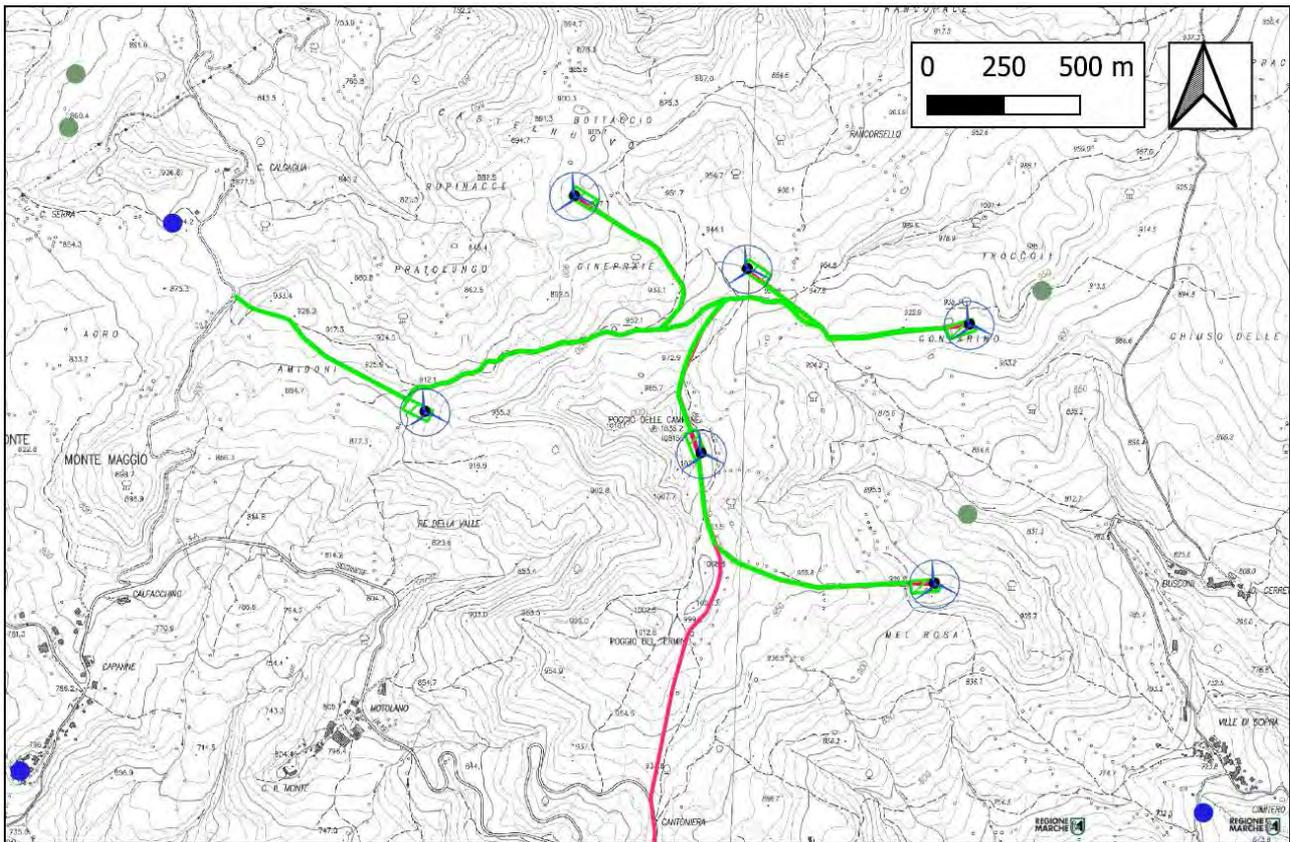


Le zone invece, a rischio esondazione verranno bypassate mediante trivellazione orizzontale controllata (T.O.C). La TOC una tecnologia no dig per la posa di tubazioni senza la necessità di realizzare scavi a cielo aperto e sono particolarmente adatte per il superamento di ostacoli, quali fiumi, canali, strade di grande comunicazione.

6.5. INTERFERENZE CON POZZI E SORGENTI

Le interferenze con pozzi e sorgenti saranno verificate esclusivamente nelle zone interessate da fondazioni profonde, cioè alla base delle torri.

L'area oggetto di interesse, cioè la base delle torri, non intercetta nessun pozzo o sorgente per un raggio di 200 m come visibile dalla figura in basso ricavato dalla sito della Regione Toscana - Banca dati Sottosuolo e Risorsa Idrica (BDSRI).



7. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Tenendo conto delle conoscenze geologiche in possesso dello scrivente e della bibliografia esistente riferita all'area esaminata è stato ritenuto sufficiente, in questa fase progettuale, effettuare 6 stese sismiche combinate (rifrazione/masw) nei pressi degli aerogeneratori previsti in progetto.

Le indagini sono state ritenute necessarie per meglio identificare e verificare il grado di omogeneità e compattezza, la natura e le caratteristiche peculiari del sottosuolo in termini litostratigrafici, fisico - meccanici ed elastico - meccanici, quindi geotecnici e geofisici. Tutto ciò è stato eseguito in osservanza alle direttive emanate dal D.M. 17/01/2018 (aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni). Le prospezioni ad onde s con metodologia masw, sono indispensabili per catalogare il suolo di fondazione secondo la normativa vigente D.M. 17/01/2018, NTC 18 -aggiornamento delle NTC 08 e quindi determinare parametri e coefficienti sismici.

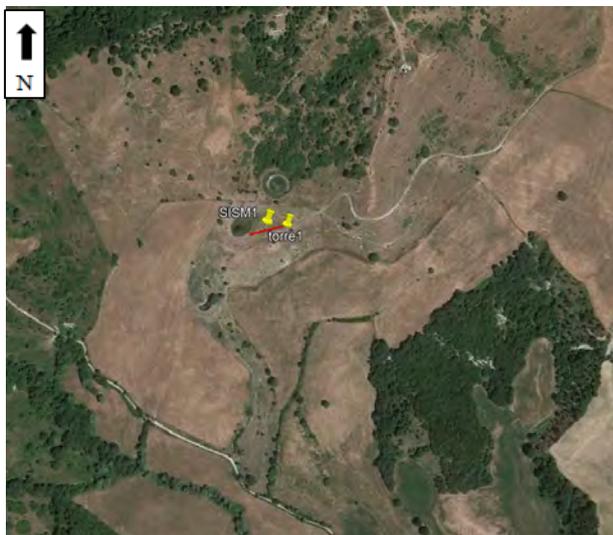
L'elaborazione dei dati acquisiti dalle prove hanno permesso di ricavare la stratigrafia, lo spessore degli strati individuati e la velocità delle onde P ed S, attraverso ogni singolo strato del terreno; da queste è stato possibile ricavare anche alcuni parametri geotecnici dei terreni di sedime su cui insisteranno gli aerogeneratori in progetto.

E' prevista, in fase esecutiva, l'esecuzione di alcune indagini di dettaglio (sondaggi), che verranno concordate con i progettisti e la società che realizzerà l'intervento.

Di seguito si riporta una sintesi dei risultati ottenuti; in allegato è presente il report completo delle prove geofisiche eseguite.

7.1. INDAGINI GEOFISCHE ESEGUITE

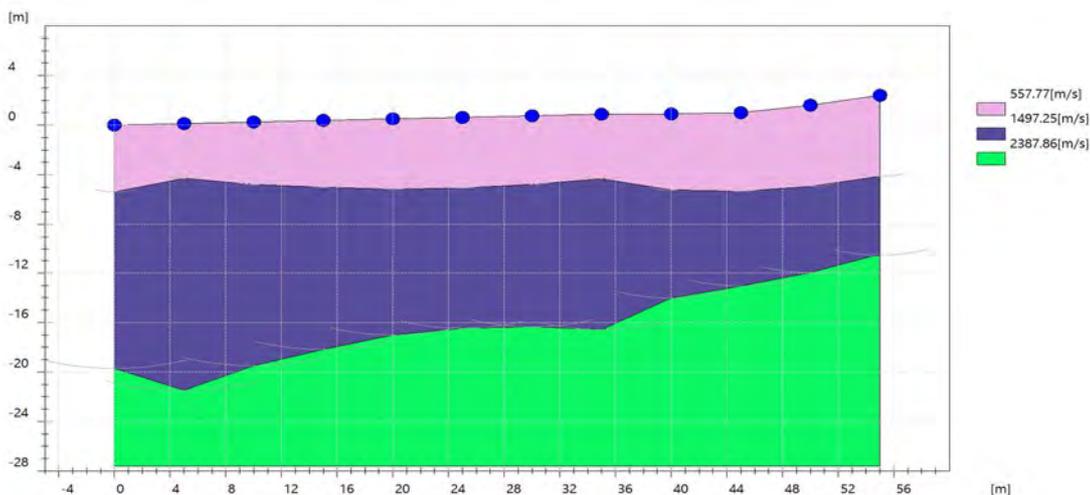
Indagini geofisiche eseguite nei pressi della Torre 1



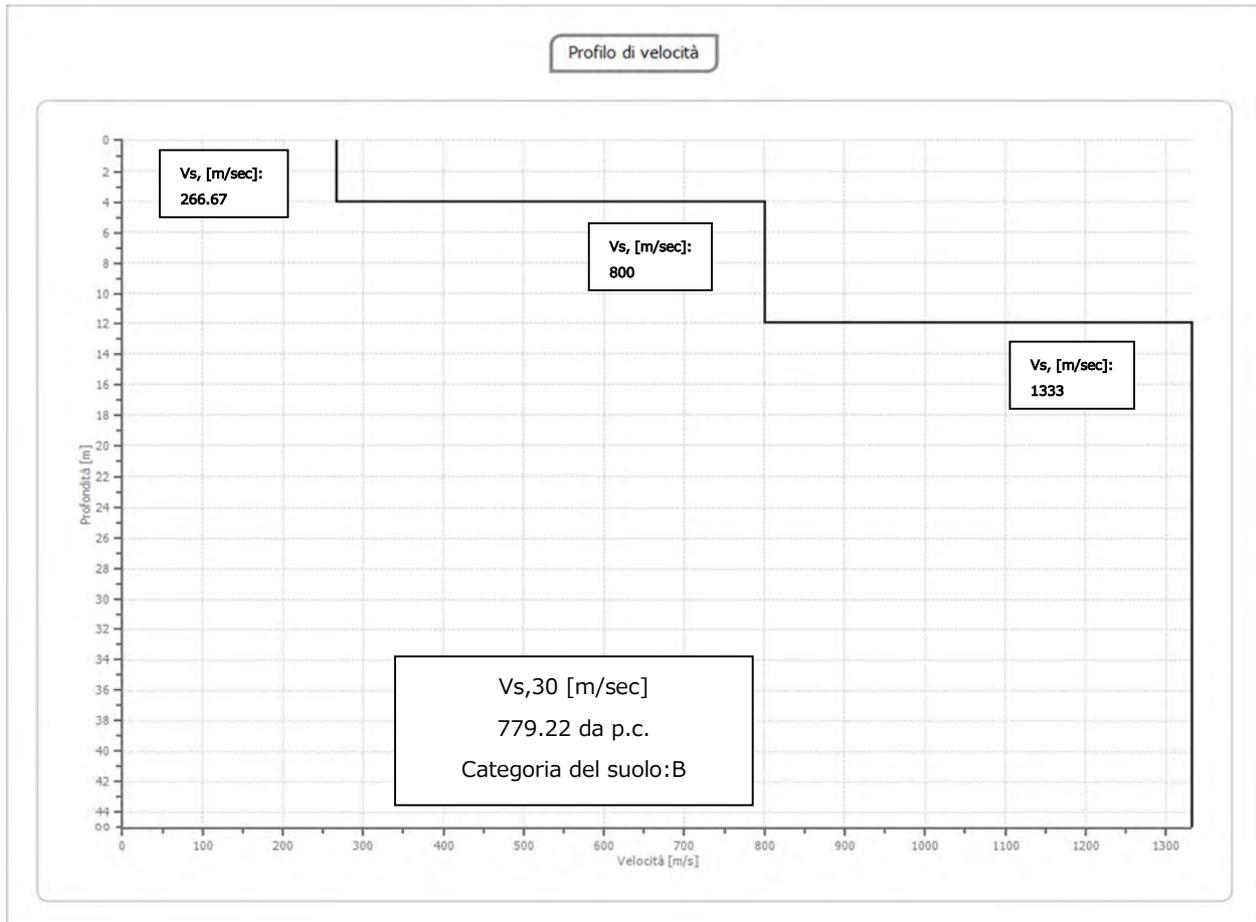
Coordinate al centro dello stendimento
(WGS84/ UTM zone 33N):
 Latitudine 4845690.61 N
 Longitudine 279140.27 E

La lunghezza dello stendimento (utilizzato sia per la Masw che per la Rifrazione) e' stata di 60 metri, costituito da 12 geofoni verticali di 4,5 Hz, aventi distanza intergeofonica di 5 metri, shot esterni a distanza di 3-5-7 metri dal primo geofono. L' energizzazione è stata ottenuta tramite mazza da 8 kg, battente su piastra metallica.

PROVA SISMICA A RIFRAZIONE: si evidenzia la sezione con l'individuazione dei tre sismostrati intercettati in funzione della velocità delle onde p (Vp).



PROVA SISMICA MASW: si evidenzia il profilo delle velocità delle onde S, che evidenzia un aumento delle velocità con la profondità indice di maggiore compattezza/addensamento degli strati intercettati.



Alla luce delle informazioni riportate dall'acquisizione delle prove sismiche (rifrazione e masw) presso la TORRE 1, si può ipotizzare una presumibile stratigrafia che in ogni caso deve essere supportata da indagini geomeccaniche dirette :

- 0-4 (m da p.c.) - Marne ed arenarie abbastanza alterate
- 4-12 (m da p.c.) - Marne ed arenarie debolmente compatte
- 12-30 (m da p.c.) - Marne ed arenarie compatte.

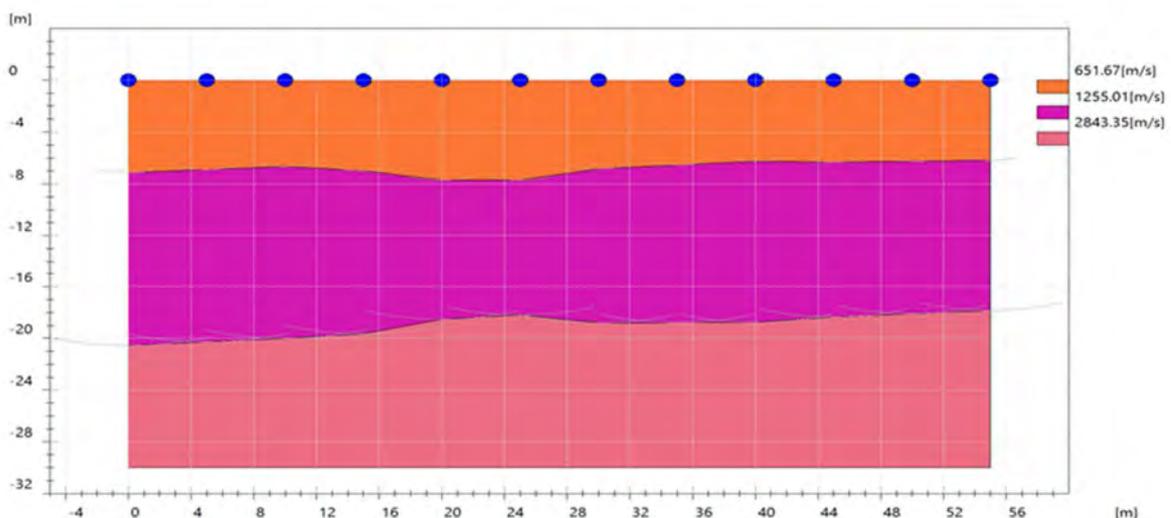
Indagini geofisiche eseguite nei pressi della Torre 2



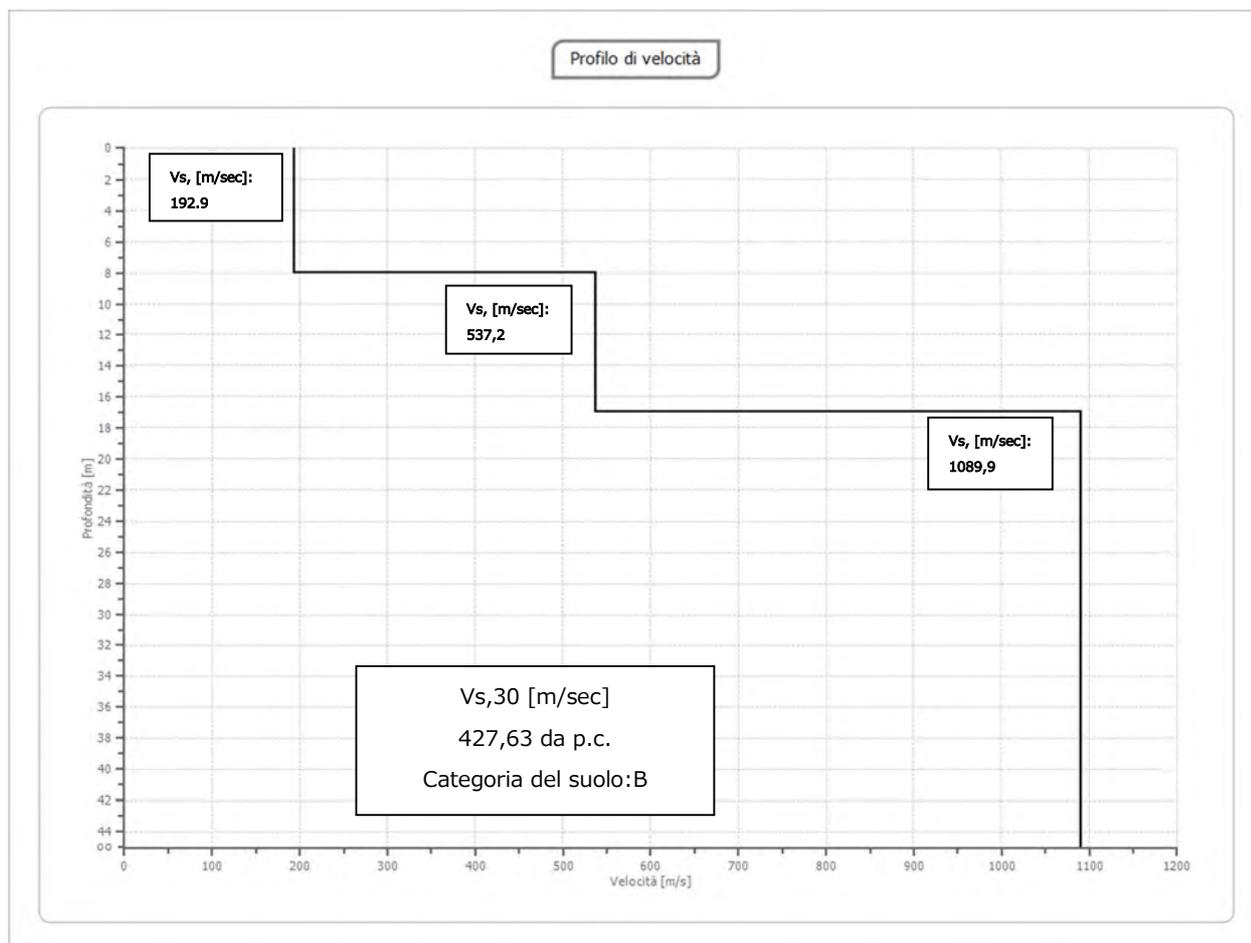
Coordinate al centro dello stendimento
(WGS84/ UTM zone 33N):
 Latitudine 4845847,74 N
 Longitudine 278466,42 E

La lunghezza dello stendimento (utilizzato sia per la Masw che per la Rifrazione) e' stata di 60 metri, costituito da 12 geofoni verticali di 4,5 Hz, aventi distanza intergeofonica di 5 metri, shot esterni a distanza di 3-5-7 metri dal primo geofono. L' energizzazione è stata ottenuta tramite mazza da 8 kg, battente su piastra metallica.

PROVA SISMICA A RIFRAZIONE: si evidenzia la sezione con l'individuazione dei tre sismostrati intercettati in funzione della velocità delle onde p (Vp).



PROVA SISMICA MASW: si evidenzia il profilo delle velocità delle onde S, che evidenzia un aumento delle velocità con la profondità indice di maggiore compattezza/addensamento degli strati intercettati.



Alla luce delle informazioni riportate dall'acquisizione delle prove sismiche (rifrazione e masw) presso la TORRE 2, si può ipotizzare una presumibile stratigrafia che in ogni caso deve essere supportata da indagini geomeccaniche dirette :

0-8 (m da p.c.) - Marne ed arenarie abbastanza alterate

8-20 (m da p.c.) - Marne ed arenarie debolmente compatte

20-30 (m da p.c.) - Marne ed arenarie compatte.

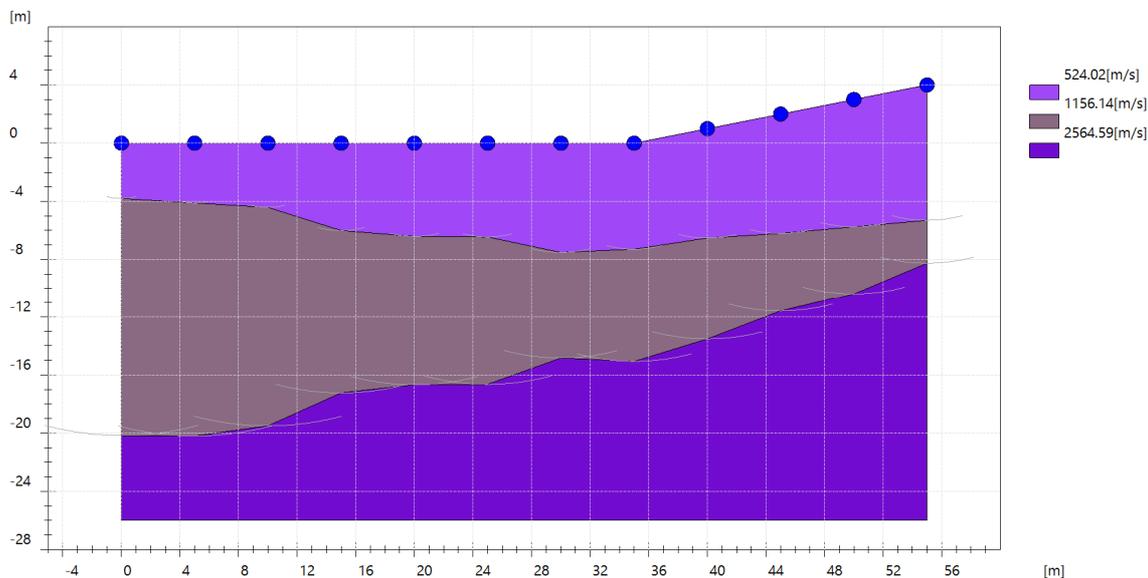
Indagini geofisiche eseguite nei pressi della Torre 3



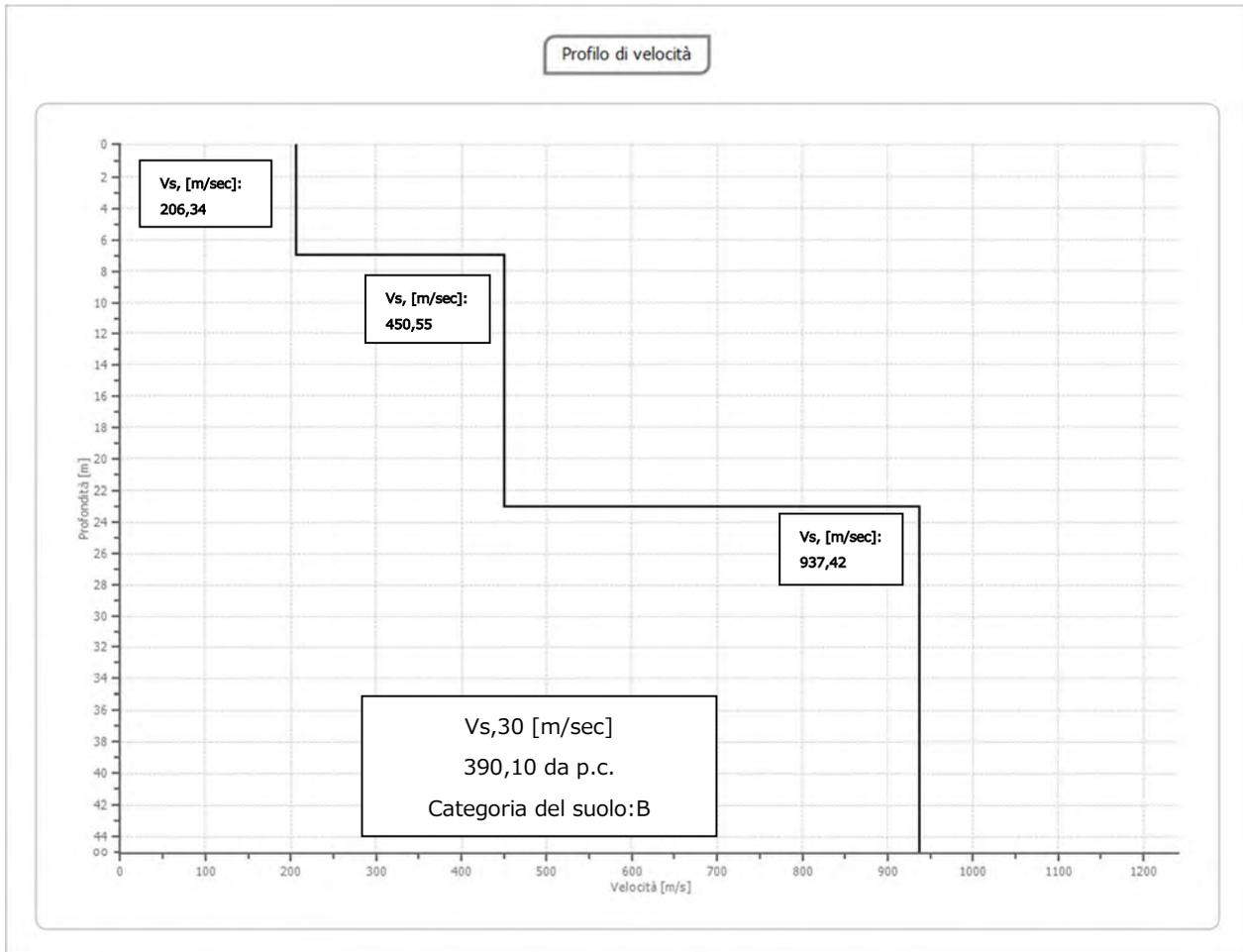
Coordinate al centro dello stendimento
(WGS84/ UTM zone 33N):
 Latitudine 4846130 N
 Longitudine 277882,9 E

La lunghezza dello stendimento (utilizzato sia per la Masw che per la Rifrazione) e' stata di 60 metri, costituito da 12 geofoni verticali di 4,5 Hz, aventi distanza intergeofonica di 5 metri, shot esterni a distanza di 3-5-7 metri dal primo geofono. L' energizzazione è stata ottenuta tramite mazza da 8 kg, battente su piastra metallica.

PROVA SISMICA A RIFRAZIONE: si evidenzia la sezione con l'individuazione dei tre sismostrati intercettati in funzione della velocità delle onde p (Vp).



PROVA SISMICA MASW: si evidenzia il profilo delle velocità delle onde S, che evidenzia un aumento delle velocità con la profondità indice di maggiore compattezza/addensamento degli strati intercettati.



Alla luce delle informazioni riportate dall'acquisizione delle prove sismiche (rifrazione e masw) presso la TORRE 3, si può ipotizzare una presumibile stratigrafia che in ogni caso deve essere supportata da indagini geomeccaniche dirette :

0-7 (m da p.c.) - Marne ed arenarie abbastanza alterate

7-23 (m da p.c.) - Marne ed arenarie debolmente compatte

23-30 (m da p.c.) - Marne ed arenarie compatte.

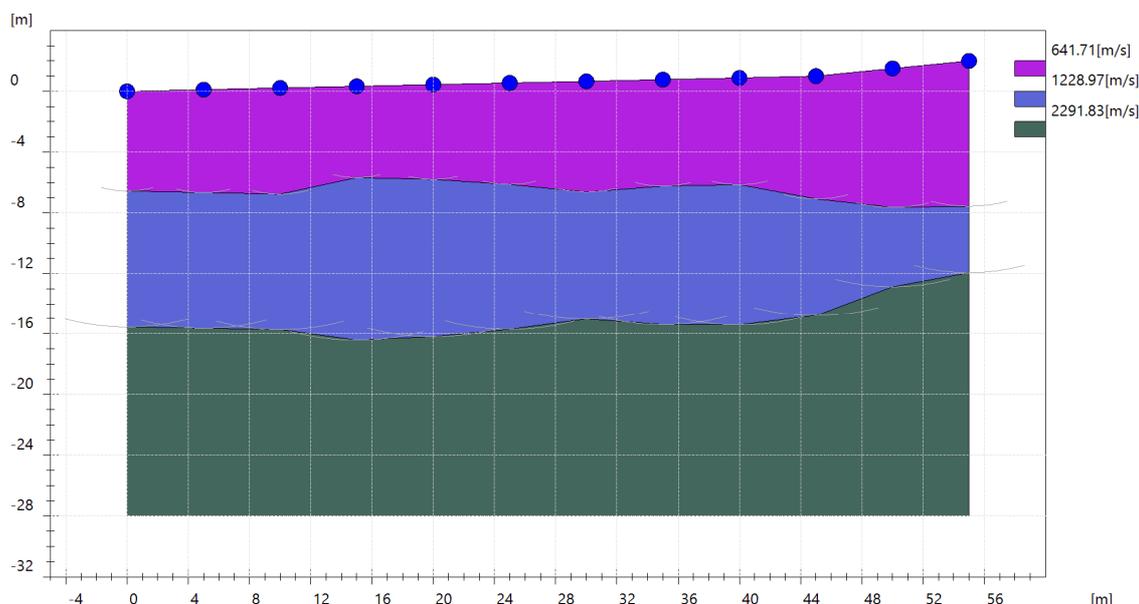
Indagini geofisiche eseguite nei pressi della Torre 4



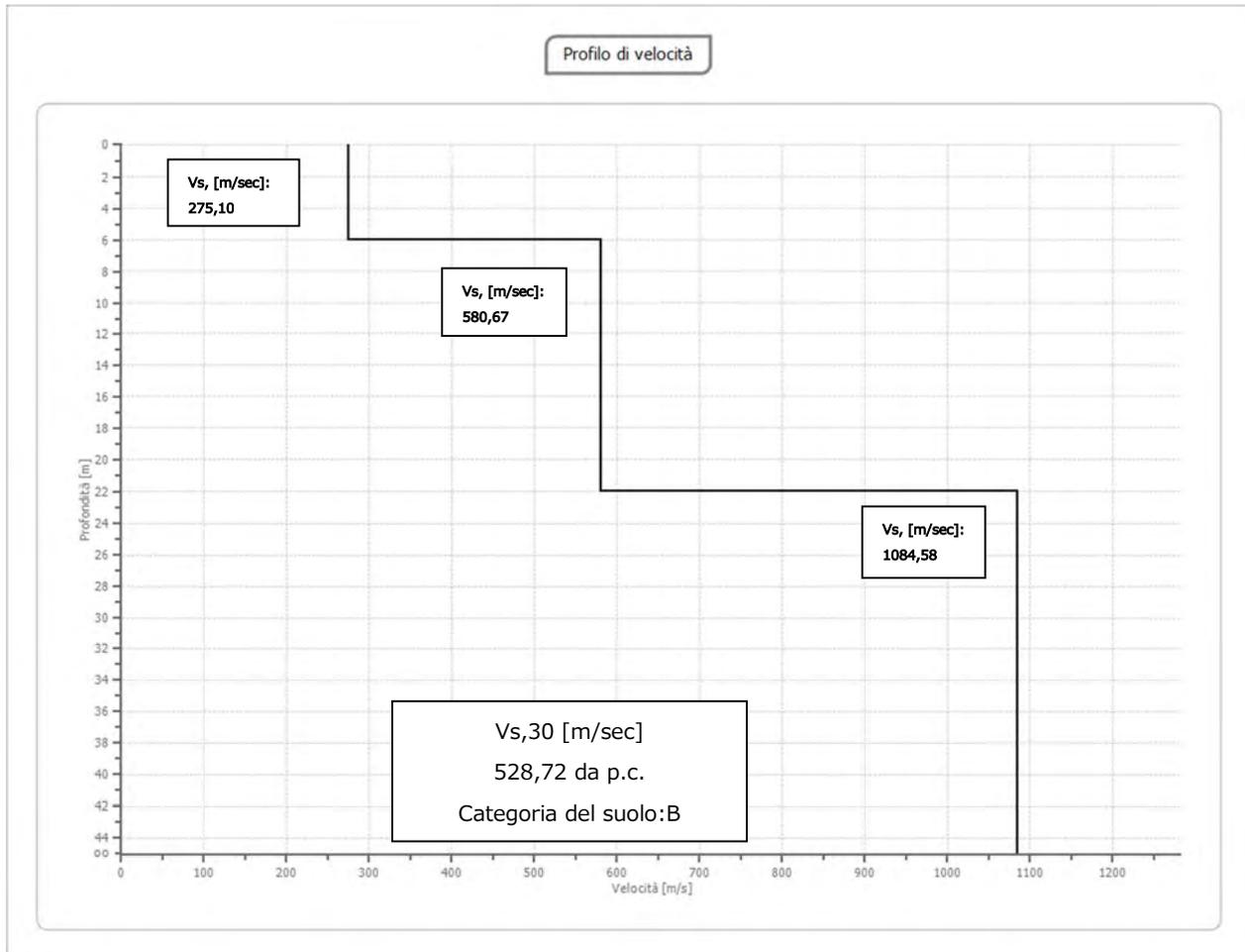
Coordinate al centro dello stendimento
(WGS84/ UTM zone 33N):
 Latitudine 4845432,39 N
 Longitudine 277402,19 E

La lunghezza dello stendimento (utilizzato sia per la Masw che per la Rifrazione) e' stata di 60 metri, costituito da 12 geofoni verticali di 4,5 Hz, aventi distanza intergeofonica di 5 metri, shot esterni a distanza di 3-5-7 metri dal primo geofono. L' energizzazione è stata ottenuta tramite mazza da 8 kg, battente su piastra metallica.

PROVA SISMICA A RIFRAZIONE: si evidenzia la sezione con l'individuazione dei tre sismostrati intercettati in funzione della velocità delle onde p (Vp).



PROVA SISMICA MASW: si evidenzia il profilo delle velocità delle onde S, che evidenzia un aumento delle velocità con la profondità indice di maggiore compattezza/addensamento degli strati intercettati.



Alla luce delle informazioni riportate dall'acquisizione delle prove sismiche (rifrazione e masw) presso la TORRE 4, si può ipotizzare una presumibile stratigrafia che in ogni caso deve essere supportata da indagini geomeccaniche dirette :

0-6 (m da p.c.) - Marne ed arenarie abbastanza alterate

6-22 (m da p.c.) - Marne ed arenarie debolmente compatte

22-30 (m da p.c.) - Marne ed arenarie compatte.

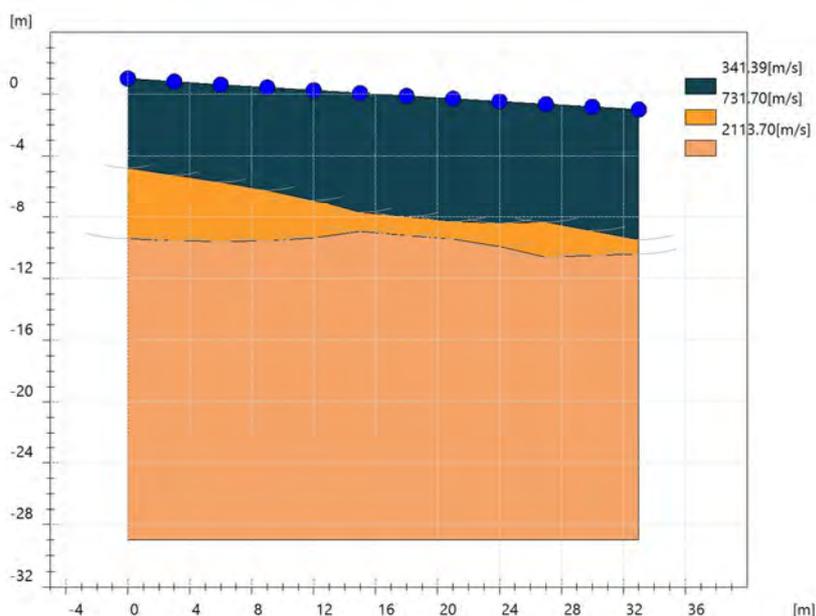
Indagini geofisiche eseguite nei pressi della Torre 5



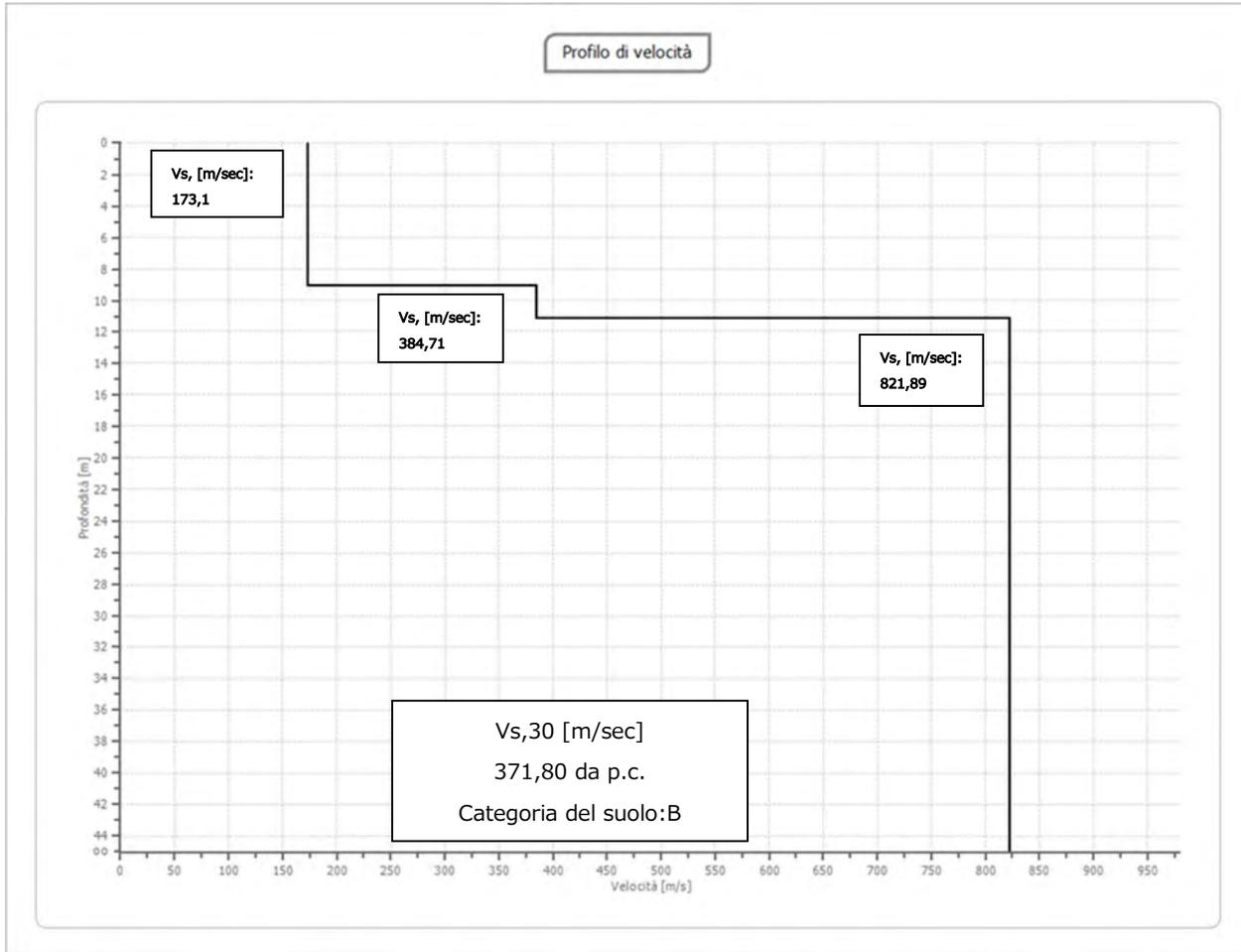
Coordinate al centro dello stendimento
(WGS84/ UTM zone 33N):
 Latitudine 4845432,39 N
 Longitudine 277402,19 E

La lunghezza stendimento e' stato di 36 metri, costituito da 12 geofoni verticali di 4,5 Hz, aventi distanza intergeofonica di 3 metri, shot esterni a distanza di 3-5-7 metri dal primo geofono. L' energizzazione è stata ottenuta tramite mazza da 8 kg, battente su piastra metallica.

PROVA SISMICA A RIFRAZIONE: si evidenzia la sezione con l'individuazione dei tre sismostrati intercettati in funzione della velocità delle onde p (Vp).



PROVA SISMICA MASW: si evidenzia il profilo delle velocità delle onde S, che evidenzia un aumento delle velocità con la profondità indice di maggiore compattezza/addensamento degli strati intercettati.



Alla luce delle informazioni riportate dall'acquisizione delle prove sismiche (rifrazione e masw) presso la TORRE 5, si può ipotizzare una presumibile stratigrafia che in ogni caso deve essere supportata da indagini geomeccaniche dirette :

0-9 (m da p.c.) - Marne ed arenarie abbastanza alterate

9-11 (m da p.c.) - Marne ed arenarie debolmente compatte

11-30 (m da p.c.) - Marne ed arenarie compatte.

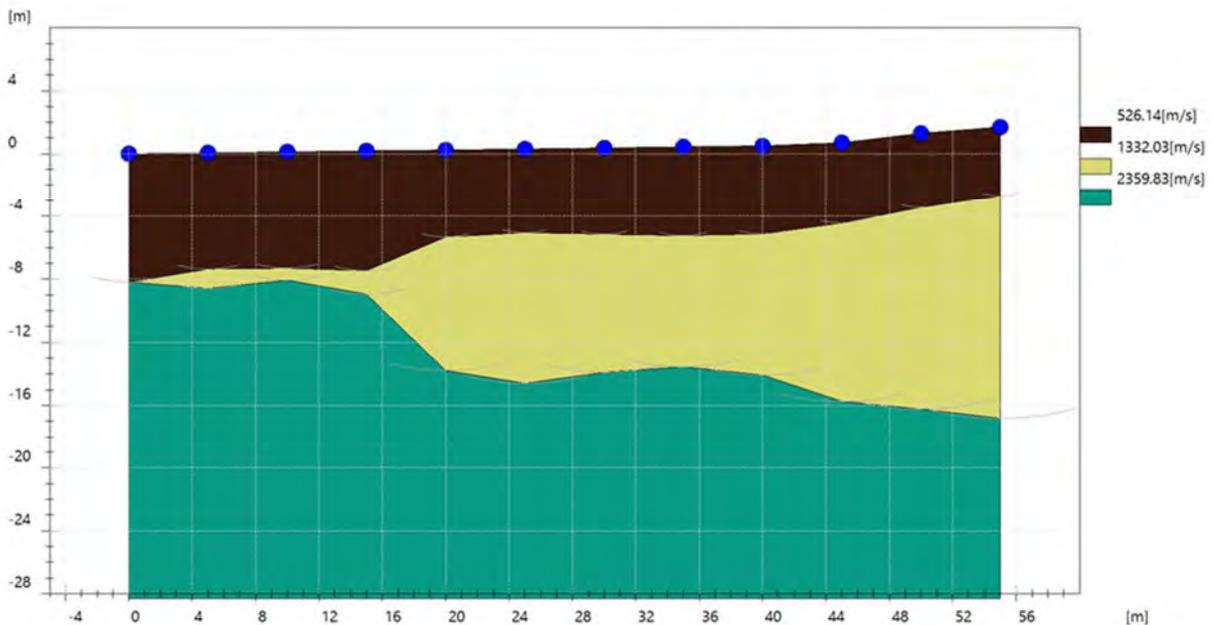
Indagini geofisiche eseguite nei pressi della Torre 6



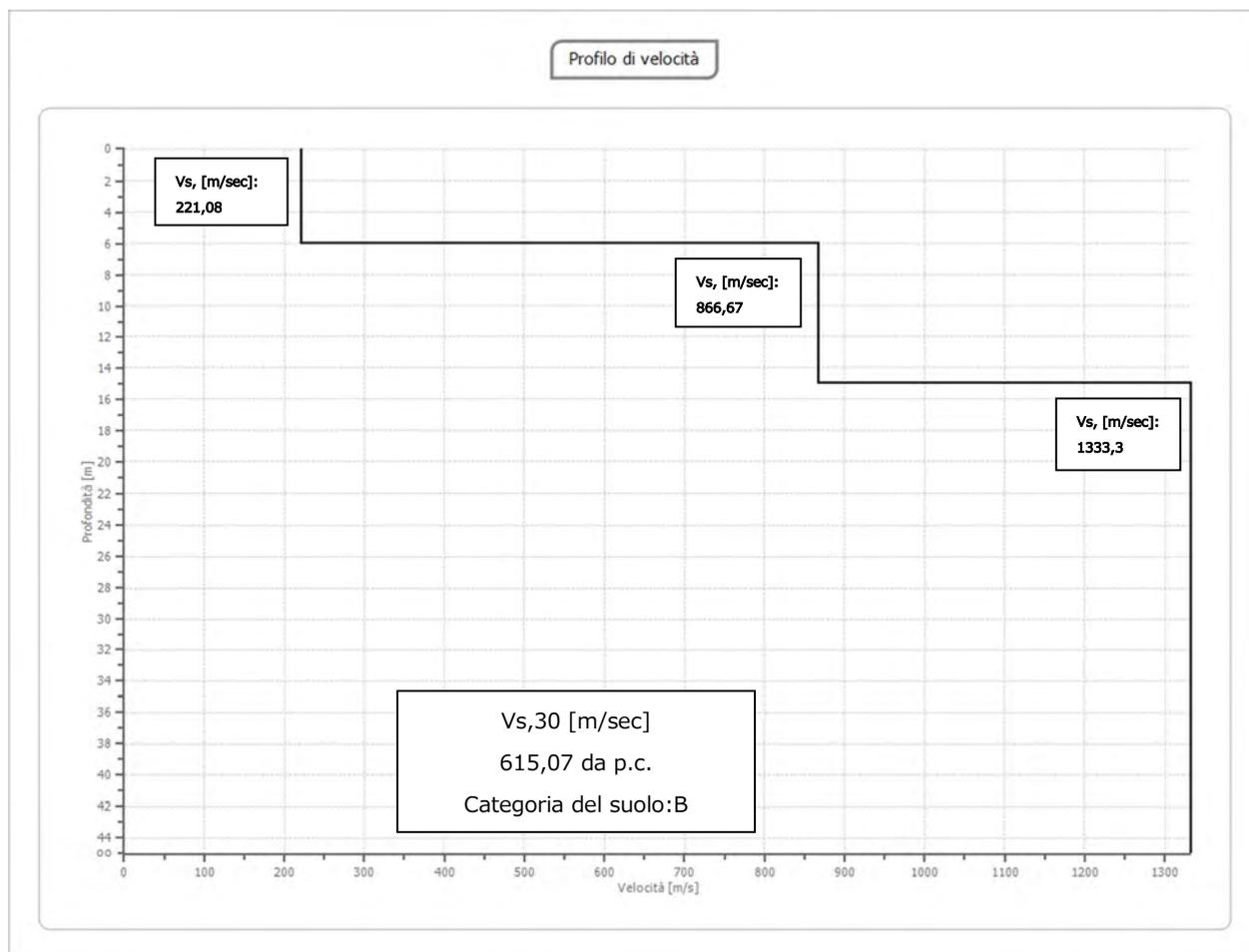
Coordinate al centro dello stendimento
(WGS84/ UTM zone 33N):
 Latitudine 4844826 N
 Longitudine 279044,60 E

La lunghezza dello stendimento e' stata di 60 metri, costituito da 12 geofoni verticali di 4,5 Hz, aventi distanza intergeofonica di 5 metri, shot esterni a distanza di 3-5-7 metri dal primo geofono. L' energizzazione è stata ottenuta tramite mazza da 8 kg, battente su piastra metallica.

PROVA SISMICA A RIFRAZIONE: si evidenzia la sezione con l'individuazione dei tre sismostrati intercettati in funzione della velocità delle onde p (Vp).



PROVA SISMICA MASW: si evidenzia il profilo delle velocità delle onde S, che evidenzia un aumento delle velocità con la profondità indice di maggiore compattezza/addensamento degli strati intercettati.



Alla luce delle informazioni riportate dall'acquisizione delle prove sismiche (rifrazione e masw) presso la TORRE 6, si può ipotizzare una presumibile stratigrafia che in ogni caso deve essere supportata da indagini geomeccaniche dirette :

0-6 (m da p.c.) - Marne ed arenarie abbastanza alterate

6-15 (m da p.c.) - Marne ed arenarie debolmente compatte

15-30m da p.c.) - Marne ed arenarie compatte.

7.2. CAMPAGNA INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE DA ESEGUIRE IN FASE DI PROGETTAZIONE ESECUTIVA

Fermo restando che il piano di indagini sotto indicato sarà individuato in modo definitivo prima della redazione della progettazione esecutiva utile per la realizzazione dell'impianto, sulla base di un'analisi preliminare si ritiene opportuno eseguire, nelle successive fasi di progettazione, le indagini dirette di seguito elencate. In corrispondenza di ciascun aerogeneratore e della sottostazione:

- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo di profondità pari a 30 mt. dal p.c. ;
- prelievo di n. 3 campioni indisturbati sui quali eseguire le prove geotecniche in laboratorio per la caratterizzazione fisicomeccanica;
- n. 5 S.P.T. in foro;

8. MODELLO GEOLOGICO - GEOTECNICO

Alla luce dei risultati e delle elaborazioni ottenute tramite le indagini geognostiche indirette realizzate, si è arrivati alla definizione del modello geologico-geotecnico della zona di studio, così come prescritto nel D.M.17/01/2018.

Il contesto geolitologico nella zona dove sorgeranno gli aerogeneratori vede alternanze di arenarie torbiditiche silicoclastiche, da grossolane a fini, siltiti e marne in strati da sottili a molto spessi. Le arenarie, in strati da sottili a molto spesse, hanno grana fine. La frazione pelitica è costituita da marnosiltiti fini grigie. Dalle prove eseguite si evidenzia un aumento della compattezza/addensamento degli strati intercettati con la profondità. Alla luce delle informazioni riportate dall'acquisizione delle prove sismiche eseguite (rifrazione e masw), si può ipotizzare una presumibile stratigrafia (con dati geotecnici di sintesi) sotto ogni aerogeneratore in progetto, che in ogni caso deve essere supportata da indagini geomeccaniche dirette in fase esecutiva.

TORRE 1 (coordinate WGS 84 / UTM zone 33N: Lat. 4845686.32, Long. 279170.53)

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Descrizione litologica	Marne ed arenarie abbastanza alterate	Marne ed arenarie debolmente compatte	Marne ed arenarie compatte
Profondità [m da p.c.]	4.00	12.00	30.00
Spessore [m]	4.00	8.00	18.00
Coefficiente Poisson	0.35	0.30	0.32
Peso unità di volume [kg/m ³]	1900.00	2000.00	2200.00
Vp [m/s]	557.77	1497.25	2387.86
Vs [m/s]	266.7	800	1333
G0 [MPa]	129.30	1086.92	3320.52
Ed [Mpa]	591.10	4483.53	12544.17
M0 [MPa]	461.80	3396.61	9223.66
Ey [Mpa]	351.70	2912.94	8766.16

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

Ey: Modulo di Young

TORRE 2 (coordinate WGS 84 / UTM zone 33N: Lat. 4845870.64, Long. 278446.23)

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Descrizione litologica	Marne ed arenarie abbastanza alterate	Marne ed arenarie debolmente compatte	Marne ed arenarie compatte
Profondità [m da p.c.]	8.00	17.00	30.00
Spessore [m]	8.00	9.00	13.00
Coefficiente Poisson	0.37	0.36	0.30
Densità [kg/m ³]	1900.00	1950.00	2300.00
Vp [m/s]	651.67	1255.01	2843.35
Vs [m/s]	193	537.2	1089.9
G0 [MPa]	166.50	671.86	5312.78
Ed [Mpa]	806.88	3071.35	18594.72
M0 [MPa]	640.38	2399.49	13281.94
Ey [Mpa]	456.21	1827.45	13813.22

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

TORRE 3 (coordinate WGS 84 / UTM zone 33N: Lat. 4846110.36, Long. 277883.08)

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Descrizione litologica	Marne ed arenarie abbastanza alterate	Marne ed arenarie debolmente compatte	Marne ed arenarie compatte
Profondità [m da p.c.]	7.00	23.00	30.00
Spessore [m]	7.00	16.00	7.00
Coefficiente Poisson	0.35	0.34	0.30
Densità [kg/m ³]	1800.00	1950.00	2200.00
Vp [m/s]	524.02	1156.14	2564.59
Vs [m/s]	206.34	450.55	937.42
G0 [MPa]	114.06	631.88	4134.19
Ed [Mpa]	494.27	2606.50	14469.68
M0 [MPa]	380.21	1974.62	10335.49
Ey [Mpa]	307.97	1693.43	10748.90

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

TORRE 4 (coordinate WGS 84 / UTM zone 33N: Lat. 4845398.69, Long. 277393.53)

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Descrizione litologica	Marne ed arenarie abbastanza alterate	Marne ed arenarie debolmente compatte	Marne ed arenarie compatte
Profondità [m da p.c.]	6.00	22.00	30.00
Spessore [m]	6.00	16.00	8.00
Coefficiente Poisson	0.35	0.33	0.30
Densità [kg/m ³]	1900.00	2000.00	2200.00
Vp [m/s]	641.71	1228.97	2291.83
Vs [m/s]	275.10	580.67	1084.58
G0 [MPa]	171.15	732.30	3058.81
Ed [Mpa]	782.40	3020.76	11555.49
M0 [MPa]	611.25	2288.45	8496.68
Ey [Mpa]	465.53	1962.58	8075.25

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

TORRE 5 (coordinate WGS 84 / UTM zone 33N: Lat. 4845258.00, Long. 278295.00)

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Descrizione litologica	Marne ed arenarie abbastanza alterate	Marne ed arenarie debolmente compatte	Marne ed arenarie compatte
Profondità [m da p.c.]	9.00	11.00	30.00
Spessore [m]	9.00	2.00	19.00
Coefficiente Poisson	0.37	0.35	0.33
Densità [kg/m ³]	1800.00	1900.00	2200.00
Vp [m/s]	341.39	731.70	2113.70
Vs [m/s]	173.10	384.71	821.89
G0 [MPa]	43.29	234.74	2493.92
Ed [Mpa]	209.79	1017.23	9828.97
M0 [MPa]	166.50	782.48	7335.05
Ey [Mpa]	118.61	633.81	6633.82

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

TORRE 6 (coordinate WGS 84 / UTM zone 33N: Lat. 4844830.85, Long. 279055.92)

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Descrizione litologica	Marne ed arenarie abbastanza alterate	Marne ed arenarie debolmente compatte	Marne ed arenarie compatte
Profondità [m da p.c.]	6.00	15.00	30.00
Spessore [m]	6.00	9.00	15.00
Coefficiente Poisson	0.36	0.35	0.30
Densità [kg/m ³]	1850.00	2000.00	2300.00
Vp [m/s]	526.14	1332.03	2359.83
Vs [m/s]	252.75	655.85	1188.69
G0 [MPa]	118.18	838.77	3249.86
Ed [Mpa]	512.13	3459.91	12808.26
M0 [MPa]	393.95	2621.14	9558.40
Ey [Mpa]	319.10	2247.89	8644.62

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

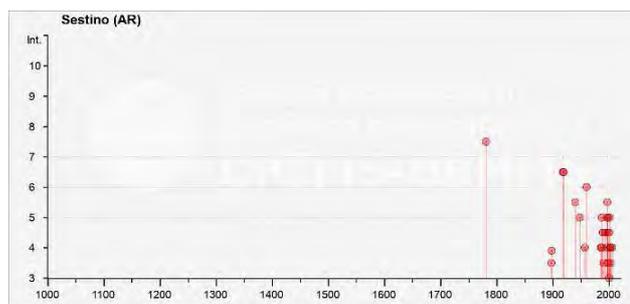
9. SISMICITÀ DELL'AREA DI STUDIO

9.1. SISMICITÀ STORICA E SORGENTI SISMOGENETICHE

Le informazioni storiche necessarie sono state recuperate sul Database Macrosismico Italiano 2015 (https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/ dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) utilizzato per compilare il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (dal 1000 al 2020).

L'area su cui sorgerà il parco eolico con i sei (6) aerogeneratori si trova nel comune di Sestino (AR). Di seguito si riporta la tabella contenente le informazioni relative ai terremoti verificatisi nel territorio di in esame.

File downloaded from CPTI15-DBMI15 v4.0	
Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani - Database Macrosismico Italiano Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)	
Seismic history of	Sestino
PlaceID	IT_47446
Coordinates (lat, lon)	43.708, 12.297
Municipality (ISTAT 2015)	Sestino
Province	Arezzo
Region	Toscana
No. of reported earthquakes	36



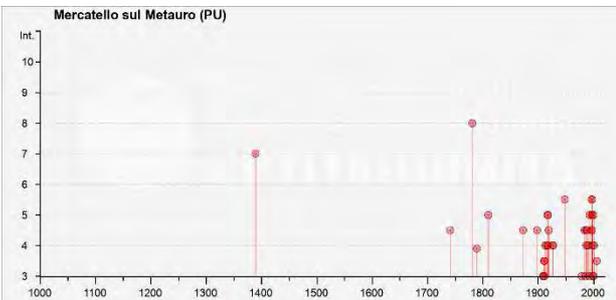
Int. at place	N	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	EpicentralArea	LatDef	LonDef	DepDef	IoDef	MwDef	ErMwDef	
7-8	884	1781	6	3				Cagliese	43,596	12,512		10	6,51	0,1	
3-4	1722	1897	12	18	7	24	20	Alta Valtiberina	43,498	12,382		7	5,09	0,12	
F	1741	1898	11	22	23	10		Borgo Pace	43,653	12,316		4-5	3,93	0,46	
6-7	2226	1918	11	10	15	12	28	Appennino forlivese	43,917	11,933		9	5,96	0,08	
6-7	2235	1919	6	29	15	6	13	Mugello	43,957	11,482		10	6,38	0,08	
5-6	2566	1940	10	10	16	44		Sestino	43,708	12,297		5-6	4,4	0,46	
5	2631	1948	6	13	6	33	36	Alta Valtiberina	43,598	12,127		7	5,04	0,09	
4	2767	1957	4	30	6	5	8	Alta Valtiberina	43,733	12,013		5	4,23	0,2	
6	2816	1960	4	15	2	45	11	Montefeltro	43,708	12,297		5-6	4,45	0,35	
NF	2990	1969	8	9	9	20	57	Appennino toscano-romagnolo	43,76	11,962		5	4,2	0,18	
4	3463	1985	11	24	6	54	4,08	Appennino forlivese	43,844	12,017		21,2	5-6	4,29	0,18
5	3531	1987	7	5	13	12	37,46	Montefeltro	43,758	12,208		15,4	6	4,44	0,1
4	3533	1987	7	8	4	29	15,91	Montefeltro	43,779	12,245		4,3	4-5	3,7	0,17
4-5	3589	1989	7	9	3	54	37,25	Montefeltro	43,67	12,209		4,1	5	4,09	0,14
3-4	3629	1990	5	8	22	33	15,91	Alta Valtiberina	43,576	12,18		3,7	5	3,77	0,13
NF	3647	1991	1	14	7	38	36,65	Casentino	43,781	11,853		0,1	5	4,26	0,11
4-5	3703	1993	1	17	10	51	23,39	Alta Valtiberina	43,614	12,21		7,9	5	4,26	0,14
NF	3708	1993	6	5	19	16	17,02	Valle del Topino	43,121	12,724		7,7	6	4,72	0,1
4	3850	1997	9	26	0	33	12,88	Appennino umbro-marchigiano	43,022	12,891		3,5	7-8	5,66	0,07
5	3853	1997	9	26	9	40	26,6	Appennino umbro-marchigiano	43,014	12,853		9,8	8-9	5,97	0,07
5-6	3868	1997	10	2	19	38	2,29	Alta Valtiberina	43,627	12,172		0,9		4,42	0,07
5	3876	1997	10	6	23	24	53,29	Appennino umbro-marchigiano	43,027	12,846		3,9		5,47	0,07
2-3	3890	1997	10	14	15	23	10,64	Valnerina	42,898	12,898		7,3		5,62	0,07
4-5	3941	1998	4	5	15	52	21,01	Appennino umbro-marchigiano	43,189	12,767		4,4		4,78	0,07
3-4	3979	1999	1	25	22	45	58,08	Appennino forlivese	43,98	11,962		27,9	5	4,36	0,07
NF	4023	2000	5	8	12	29	56,2	Faentino	44,279	11,917		25,5	5	4,67	0,07
NF	4025	2000	5	10	16	52	11,6	Faentino	44,243	11,932		23,1	5-6	4,82	0,07
3	4034	2000	6	22	12	16	35,58	Bacino di Gubbio	43,345	12,433		39,6	5	4,47	0,07
4-5	4041	2000	8	1	2	34	31	Montefeltro	43,905	12,337		26,5	5-6	4,27	0,07
5	4116	2001	11	26	0	56	55,46	Casentino	43,6	12,108		5,5	5-6	4,63	0,07
4	4119	2002	2	21	14	36		Casentino	43,76	12,033		5		4,09	0,07
3-4	4199	2003	1	26	20	15	3,07	Appennino forlivese	43,875	11,959		7	5-6	4,5	0,07
4	4201	2003	1	29	23	50	16,38	Appennino forlivese	43,898	11,926		9,7	4-5	4,06	0,08
NF	4227	2003	12	7	10	20	33,04	Forlivese	44,162	12,18		9,2	5	4,18	0,07
NF	4274	2005	7	15	15	17	18	Forlivese	44,207	12,117		22,8	4-5	4,29	0,07
4	4303	2006	10	21	7	4	10,01	Anconetano	43,628	12,98		36,3	5	4,21	0,07

L'area su cui sorgerà la sottostazione si trova nel comune di Mercatello sul Metauro (PU). Di seguito si riporta la tabella contenente le informazioni ai terremoti verificatisi nel territorio di in esame.

File downloaded from CPTI15-DBMI15 v4.0

Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani - Database Macrosismico Italiano
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)

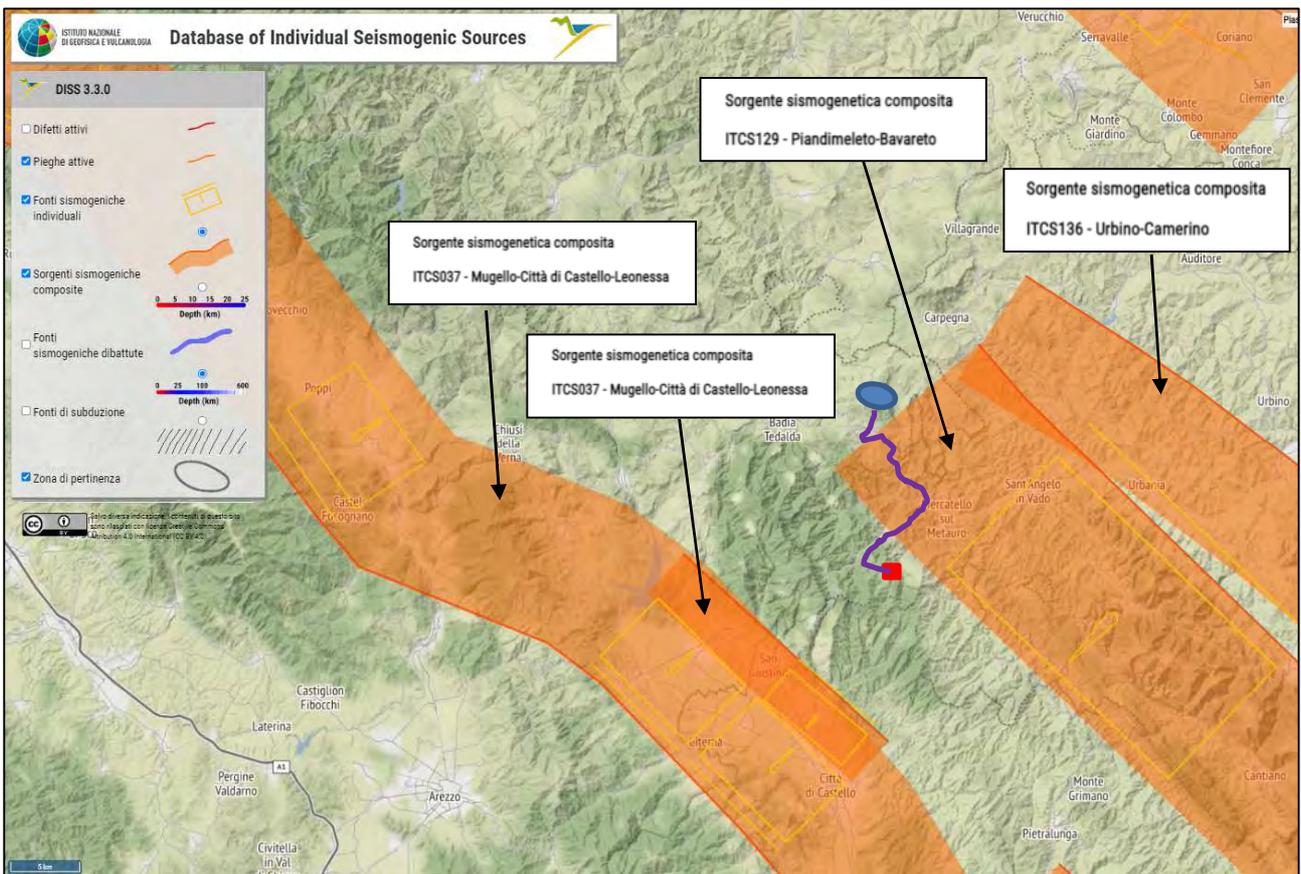
Seismic history of	Mercatello sul Metauro
PlaceID	IT_50556
Coordinates (lat, lon)	43.647, 12.337
Municipality (ISTAT 2015)	Mercatello sul Metauro
Province	Pesaro e Urbino
Region	Marche
No. of reported earthquakes	51



Int. at place	N	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	EpicentralArea	LatDef	LonDef	DepDef	IoDef	MwDef	ErMwDef
7	122	1389	10	18				Alta Valtiberina	43,527	12,299		9	6,03	0,46
4-5	722	1741	4	24	9	20		Fabrianese	43,425	13,005		9	6,17	0,1
8	884	1781	6	3				Cagliese	43,596	12,512		10	6,51	0,1
F	943	1789	9	30	10			Alta Valtiberina	43,51	12,217		9	5,89	0,13
5	1016	1810	9	30				Valle del Metauro	43,608	12,239		4-5	3,93	0,46
4-5	1356	1873	3	12	20	4		Appennino marchigiano	43,089	13,244		8	5,85	0,1
4-5	1741	1898	11	22	23	10		Borgo Pace	43,653	12,316		4-5	3,93	0,46
3	1976	1909	1	13	0	45		Emilia Romagna orientale	44,579	11,688		6-7	5,36	0,08
3	1989	1909	8	25	0	22		Crete Senesi	43,15	11,403		7-8	5,34	0,08
3-4	2033	1911	2	19	7	18	30	Forlivese	44,117	12,074		7	5,26	0,08
2	2037	1911	3	20	15	47		Forlivese	44,189	12,193		6	5,09	0,12
2	2039	1911	3	26	20	20	50	Casentino	43,811	11,816		6	4,54	0,38
3-4	2048	1911	9	13	22	29	2	Chianti	43,436	11,344		7	5,08	0,09
3	2060	1912	5	11	5	14		Cagliese	43,58	12,609		4-5	3,96	0,56
4	2083	1913	7	29	22	24		Casentino	43,814	11,89		5-6	4,54	0,43
2-3	2110	1915	1	13	6	52	43	Marsica	42,014	13,53		11	7,08	0,08
4	2145	1916	5	17	12	50		Riminese	44,119	12,748		8	5,82	0,08
5	2192	1917	4	26	9	35	59	Alta Valtiberina	43,467	12,129		9-10	5,99	0,08
4	2215	1918	3	22	4	43	20	Alta Valtiberina	43,335	12,254		4	4,13	0,5
5	2226	1918	11	10	15	12	28	Appennino forlivese	43,917	11,933		9	5,96	0,08
4-5	2242	1919	10	25	13	51		Alta Valtiberina	43,571	12,132		6	5,03	0,11
4	2363	1927	11	30	2	58	24	Bacino di Gubbio	43,451	12,453		5	4,29	0,39
4	2364	1927	12	1	9	55	37	Bacino di Gubbio	43,417	12,417		5-6	4,56	0,38
5-6	2631	1948	6	13	6	33	36	Alta Valtiberina	43,598	12,127		7	5,04	0,09
2	2767	1957	4	30	6	5	8	Alta Valtiberina	43,733	12,013		5	4,23	0,2
3	3219	1979	9	19	21	35	37	Valnerina	42,73	12,956		8-9	5,83	0,1
NF	3350	1982	10	17	4	50	11	Perugino	43,139	12,501		5-6	4,36	0,19
4-5	3388	1984	4	29	5	2	59	Umbria settentrionale	43,262	12,525		7	5,62	0,1
3	3463	1985	11	24	6	54	4,08	Appennino forlivese	43,844	12,017	21,2	5-6	4,29	0,18
4	3531	1987	7	5	13	12	37,46	Montefeltro	43,758	12,208	15,4	6	4,44	0,1
4-5	3533	1987	7	8	4	29	15,91	Montefeltro	43,779	12,245	4,3	4-5	3,7	0,17
4-5	3589	1989	7	9	3	54	37,25	Montefeltro	43,67	12,209	4,1	5	4,09	0,14
4	3629	1990	5	8	22	33	15,91	Alta Valtiberina	43,576	12,18	3,7	5	3,77	0,13
5	3703	1993	1	17	10	51	23,39	Alta Valtiberina	43,614	12,21	7,9	5	4,26	0,14
3	3708	1993	6	5	19	16	17,02	Valle del Topino	43,121	12,724	7,7	6	4,72	0,1
4-5	3850	1997	9	26	0	33	12,88	Appennino umbro-marchigiano	43,022	12,891	3,5	7-8	5,66	0,07
5	3853	1997	9	26	9	40	26,6	Appennino umbro-marchigiano	43,014	12,853	9,8	8-9	5,97	0,07
5-6	3868	1997	10	2	19	38	2,29	Alta Valtiberina	43,627	12,172	0,9		4,42	0,07
5	3870	1997	10	3	8	55	22,07	Appennino umbro-marchigiano	43,042	12,824	12		5,22	0,07
5-6	3876	1997	10	6	23	24	53,29	Appennino umbro-marchigiano	43,027	12,846	3,9		5,47	0,07
4-5	3890	1997	10	14	15	23	10,64	Valnerina	42,898	12,898	7,3		5,62	0,07
4	3941	1998	4	5	15	52	21,01	Appennino umbro-marchigiano	43,189	12,767	4,4		4,78	0,07
3	3979	1999	1	25	22	45	58,08	Appennino forlivese	43,98	11,962	27,9	5	4,36	0,07
NF	4025	2000	5	10	16	52	11,6	Faentino	44,243	11,932	23,1	5-6	4,82	0,07
3	4034	2000	6	22	12	16	35,58	Bacino di Gubbio	43,345	12,433	39,6	5	4,47	0,07
5	4041	2000	8	1	2	34	31	Montefeltro	43,905	12,337	26,5	5-6	4,27	0,07
4	4116	2001	11	26	0	56	55,46	Casentino	43,6	12,108	5,5	5-6	4,63	0,07
2	4119	2002	2	21	14	36		Casentino	43,76	12,033	5		4,09	0,07
NF	4227	2003	12	7	10	20	33,04	Forlivese	44,162	12,18	9,2	5	4,18	0,07
NF	4274	2005	7	15	15	17	18	Forlivese	44,207	12,117	22,8	4-5	4,29	0,07
3-4	4303	2006	10	21	7	4	10,01	Anconetano	43,628	12,98	36,3	5	4,21	0,07

Da un punto di vista sismogenetico, l'intera zona interessata dal progetto (parco eolico-cavidotto-sottostazione) è confinata tra le aree ad elevato potenziale dell'appennino Romagnolo, della Val Tiberina e dell'Appennino Marchigiano.

Il grado di pericolosità sismica del territorio oggetto di studio risulta in prevalenza legato alla presenza di aree sismogenetiche situate in posizione geografica prossimale. L'incidenza di tale aspetto appare evidente consultando lo strumento cartografico DISS (Database of Individual Seismogenic Sources), come evidenziato nella figura sottostante.



LEGENDA

PARCO EOLICO 

CAVIDOTTO 

SOTTOSTAZIONE 

Di seguito si evidenziano le informazioni relative alle sorgenti sismogenetiche composite più prossime all'area di studio, come evidenziato dalla figura sopra riportata:

SORGENTI SISMOGENICHE COMPOSITE	
ID DISS	ITCS037
Nome	Mugello-Città di Castello-Leonessa

Questa Sorgente Composita corre per oltre 200 km lungo la dorsale dell'Appennino Settentrionale, da ca. la latitudine della città di Pistoia (a nord-ovest) verso l'alta Val Nera R. (a sud-est), e costituisce il nucleo della cintura estensionale del sistema di faglie etrusche. Questa Sorgente è una complessa matrice di faglie poco profonde a basso angolo che segna il confine estensionale occidentale dell'Appennino Settentrionale. I cataloghi storici e strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) mostrano un intermedio denso ($4.5 < Mw < 5.0$) a sismicità dannosa all'interno dell'area, in particolare nei settori nord-occidentali e sud-orientali. Inoltre, i principali terremoti dannosi e distruttivi si sono verificati (da nord-ovest a sud-est): 13 giugno 1542 (Mw 5.9, Mugello), 29 giugno 1919 (Mw 6.2, Mugello), 26 aprile 1917 (Mw 5.8, Monterchi-Citerna), 25 dicembre 1352 (Mw 6.0, Monterchi), 26 aprile 1458 (Mw 5.9, Città di Castello), 13 gennaio 1832 (Mw 5.8, Foligno), 15 settembre 1878 (Mw 5.5, Montefalco) e 5 giugno 1767 (Mw 5.4, Spoleto). Il Sistema di Faglia Etrusco (indicato in letteratura anche come "Faglia Altotiberina") è una faglia normale a basso angolo di estensione regionale, riconosciuta mediante prove di campo (Boncio et al., 1998) e dati di sottosuolo (Anelli et al., 1994; Barchi et al., 1998). Il sistema di faglie etrusche ss raggiunge profondità di 12-14 km al di sotto della fascia umbro-marchigiana (Boncio et al., 1998 e 2000). I numerosi studi geologici e sismologici indicano l'attività della cintura estensionale, suggerendo il suo ruolo di distacco basale delle faglie normali sismogeniche a immersione W che si trovano ad est. In particolare, Boncio et al. (2000b) propongono che (a) il sistema di faglie etrusche eserciti un controllo strutturale sulla profondità inferiore dello strato sismogenico in questa regione.

SORGENTI SISMOGENICHE COMPOSITE	
ID DISS	ITCS129
Nome	Piandimeleto-Bavareto

Questa Sorgente Composita rappresenta la dorsale interna del sistema di spinta Umbro-Marchigiano ereditato, eventualmente invertito e riattivato nell'attuale regime estensionale. A seguito della sequenza sismica dell'Italia centrale del 2016-17, un numero crescente di evidenze suggerisce che i sistemi di spinta su larga scala, originati dalla formazione dell'Appennino durante il Miocene, stiano attualmente sperimentando un'inversione cinematica nel regime estensionale quaternario (Scognamiglio et al., 2018; Bonini et al., 2019; Buttinelli et al., 2021). Il ruolo attivo del sistema di spinta ereditato nell'attuale regime estensivo è stato confermato anche da esperimenti su modelli analogici (Del Ventisette et al., 2021). Questa Sorgente si trova a cavallo della parte centrale della fascia umbro-marchigiana da NNW a SSE. Durante il Miocene questo sistema di faglia controllava l'insorgere delle anticlinali lungo la dorsale interna della catena (tra molti altri, Bally et al., 1986; Cello et al., 1997; Vai, 2001; Basili e Barba, 2007; Barchi et al., 2018) tra cui, da nord a sud: l'Anticlinale Montiego-Monte Nerone (Barchi et al., 1998; Mirabella et al., 2008; De Donatis et al., 2020), l'Anticlinale Monte Catria (Tavani et al., 2008), e il sistema di spinta Monte Igno-Valnerina (Scisciani et al., 2014). I cataloghi storici e strumentali (ISiDe Working Group, 2007; Guidoboni et al., 2019; Rovida et al., 2021) mostrano una sismicità intermedia molto densa ($4.5 < Mw < 5.0$) a dannosa all'interno della regione. Inoltre, quest'area dell'Appennino è stata teatro di numerosi terremoti distruttivi, tra cui l'Appennino Umbro-Marchigiano del 30 aprile 1279 (Mw 6,2), l'Appennino Umbro-Marchigiano del 17 aprile e del 22 settembre 1747 (rispettivamente Mw 6,1 e Mw 5,4) dell'Appennino Umbro-Marchigiano, il 27 luglio 1751 (Mw 6,4) dell'Appennino Umbro-Marchigiano, e il 3 giugno 1781 (Mw 6,5) del Cagliese.

SORGENTI SISMOGENICHE COMPOSITE

ID DISS	ITCS136
Nome	Urbino-Camerino

Questa Sorgente Composita rappresenta la dorsale esterna del sistema di spinta Umbro-Marchigiano ereditato, eventualmente invertito e riattivato nell'attuale regime estensionale. Questo sistema di faglia normale con andamento NW-SE, di basso angolo e discendente da SW è il più orientale dell'Appennino centrale in fase di estensione, appena ad ovest della regione in cui prevale l'attività compressiva, nella parte orientale dell'Appennino centrale e settentrionale. A seguito della sequenza sismica dell'Italia centrale del 2016-17, un numero crescente di evidenze suggerisce che i sistemi di spinta su larga scala, originati dalla formazione montana dell'Appennino durante il Miocene, stiano attualmente sperimentando un'inversione cinematica nel regime estensivo quaternario (Scognamiglio et al., 2018; Bonini et al., 2019; Buttinelli et al., 2021). Il ruolo attivo dei sistemi di spinta ereditari nel regime estensivo è stato confermato anche da esperimenti su modelli analogici (Del Ventisette et al., 2021). Questa Sorgente Composita si trova a cavallo della parte esterna della cintura di piega e spinta umbro-marchigiana. Durante il Miocene, questo sistema di faglia controllava la formazione di a) le anticlinali (es. Monte Pietralata e Monte San Vicino) lungo la dorsale esterna della catena (Barchi et al., 1998; Mazzoli et al., 2002, 2005; Basili e Barba, 2007), eb) il bacino di spinta di Camerino ad ovest. I cataloghi storici e strumentali (ISIDe Working Group, 2007; Guidoboni et al., 2019; Rovida et al., 2021) mostrano una sismicità intermedia molto densa ($4.5 < M_w < 5.0$) a dannosa all'interno dell'area, inclusa quella distruttiva del 28 luglio 1799 (M_w 6,2) e 12 marzo 1873 (M_w 5,9) dell'Appennino Marchigiano.

SORGENTI SISMOGENICHE COMPOSITE

ID DISS	ITCS041
Nome	Sansepolcro

Questa Fonte Composita si trova a cavallo di un breve tratto della media valle del F. Tevere lungo la dorsale dell'Appennino Settentrionale nel Bacino di Sansepolcro, ad est della città di Arezzo. Questo è un antitetico locale a immersione SW della cintura estensionale del sistema di faglie etrusche. I cataloghi storici e strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) mostrano una sismicità intermedia ($4.5 < M_w < 5.0$) a dannosa nell'area, compreso il terremoto del 1270 d.C. (M_w 5.4, Sansepolcro). Inoltre, i principali eventi dannosi e distruttivi si sono verificati nel settore meridionale della fonte: 18 ottobre 1389 (M_w 6,0, Bocca Serriola), 26 aprile 1458 (M_w 5,9, Città di Castello), e 30 settembre 1789 (M_w 5,9, Val Tiberina). Tale Sorgente è una faglia antitetica del Sistema di Faglia Etrusco (indicato in letteratura anche come "Faglia Altotiberina"), faglia normale ad angolo basso di estensione regionale, riconosciuta mediante prove di campo (Boncio et al., 1998) e dati di sottosuolo (Anelli et al., 1994; Barchi et al., 1998). Il sistema di faglie etrusche ss raggiunge profondità di 12-14 km al di sotto della fascia umbro-marchigiana (Boncio et al., 1998 e 2000). I numerosi studi geologici e sismologici indicano l'attività della cintura estensionale, suggerendo il suo ruolo di distacco basale delle faglie normali sismogeniche a immersione W che si trovano ad est come questa sorgente composita. In particolare, Boncio et al. (2000b) propongono che il sistema di faglie etrusche eserciti un controllo strutturale sulla profondità inferiore dello strato sismogenico in questa regione. Un segmento di questa Fonte è stato associato al terremoto del 1789. Per un'analisi approfondita della sismogenesi in questa regione,

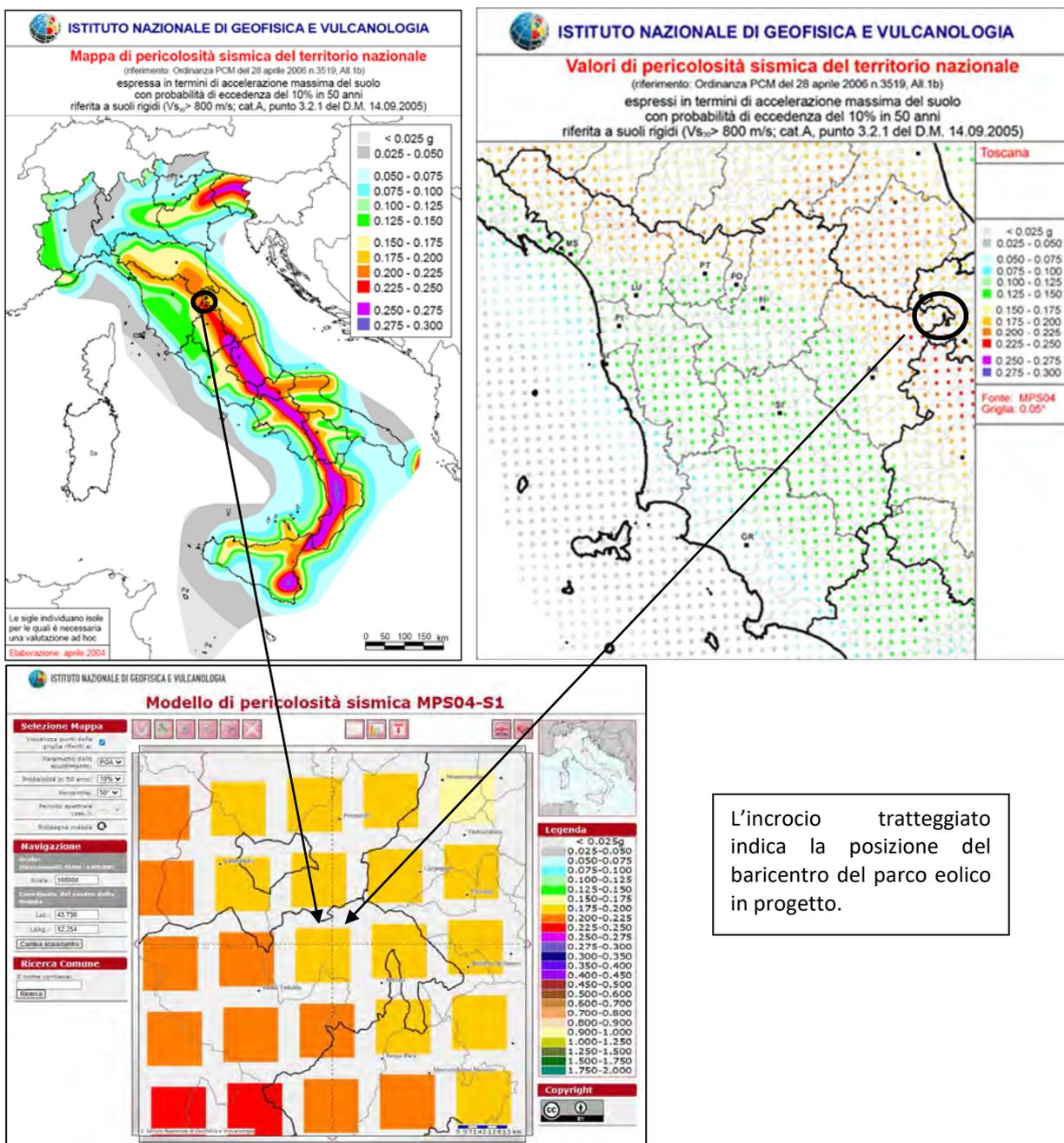
9.2. PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO

Il metodo probabilistico, con cui è stata costruita la carta nazionale della pericolosità di base considera il processo sismico come un processo statistico ed utilizza l'intero database o catalogo dei terremoti al di sopra di una prefissata soglia di magnitudo. Pertanto, la pericolosità viene definita come la probabilità di eccedenza di un parametro descrittivo del moto del terreno in un determinato intervallo di tempo. Tale parametro è espresso generalmente in termini di accelerazione al bedrock mediante metodi probabilistici che consentono di associare una probabilità, e quindi una incertezza, a un fenomeno tipicamente aleatorio quale il terremoto.

In basso è riportata la zona sismica per il territorio di Sestino (AR), in cui rientra il parco eolico in progetto, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Deliberazione della Giunta Regionale Toscana n. 421 del 26 maggio 2014. Il comune di Sestino viene classificato come "Zona 2", con accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni comprese tra $0,15 < a_g \leq 0,25$ g, nonché accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastica = 0,25 g.

Zona sismica 2	Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti.	
zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a_g/g]
1	> 0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

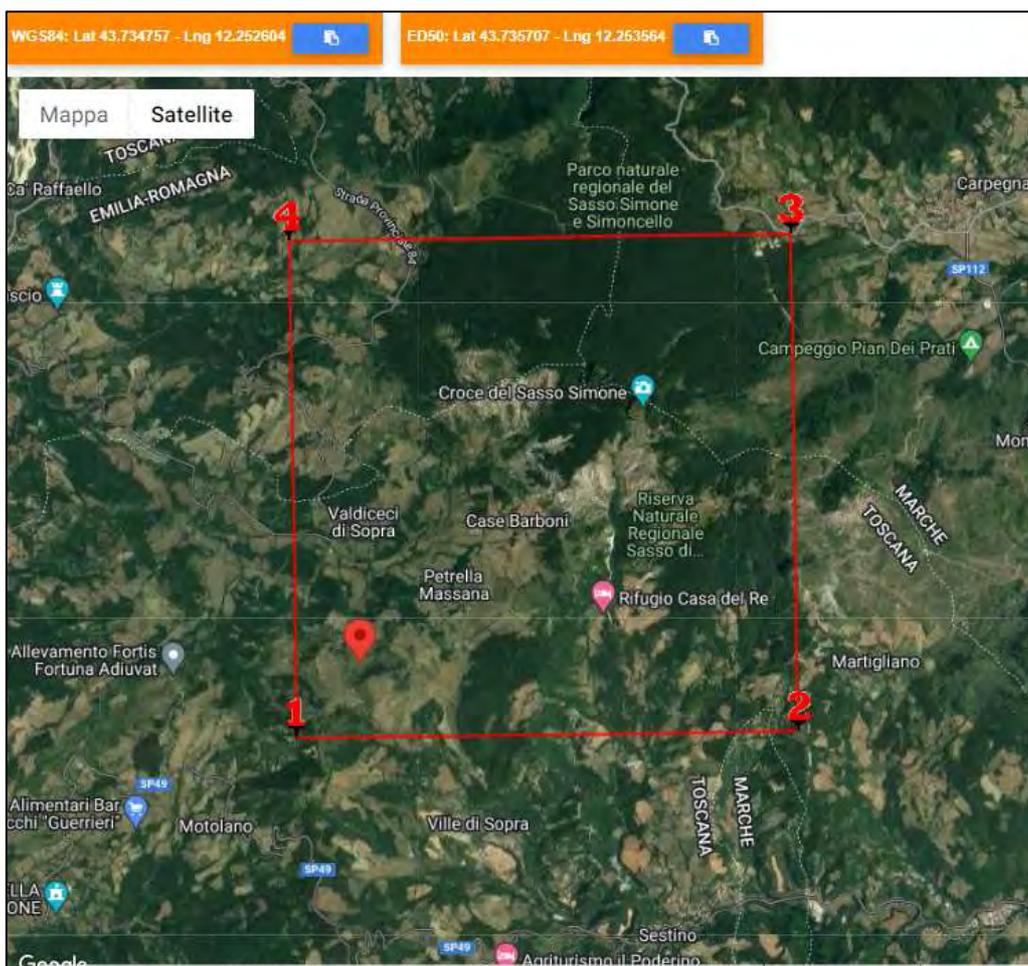
I criteri per l'aggiornamento della mappa di "pericolosità sismica" sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (ag) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni secondo una griglia territoriale di 0,05° (v. figure sottostanti). Il baricentro del parco eolico ricadente nel territorio di sestino (AR) ricade nella classe 0.175 < ag ≤ 0.200 g



Per il sito in esame, su cui sorgerà il parco eolico, ecco la maglia del reticolo di riferimento nella quale ricercare, per ogni Stato Limite, i parametri ag (accelerazione orizzontale massima del terreno), F0 (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale), TC* (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) ed i relativi coefficienti sismici.

siti di riferimento (coordinate ED50)

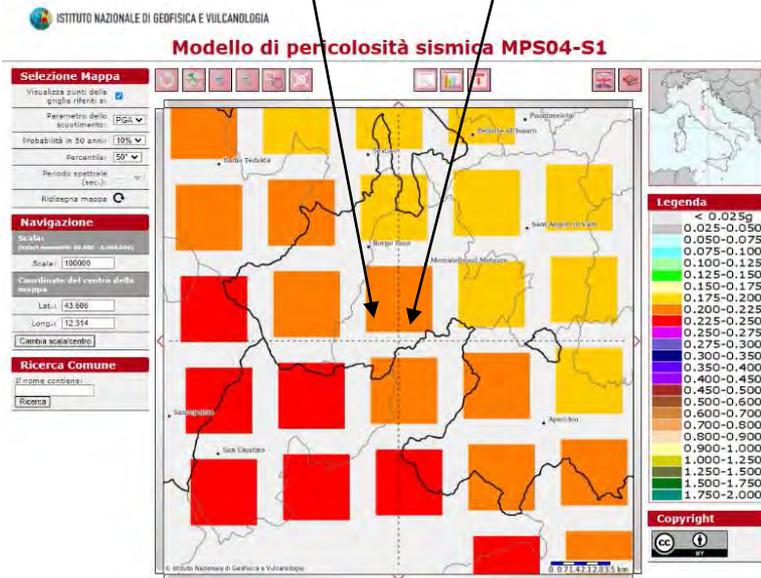
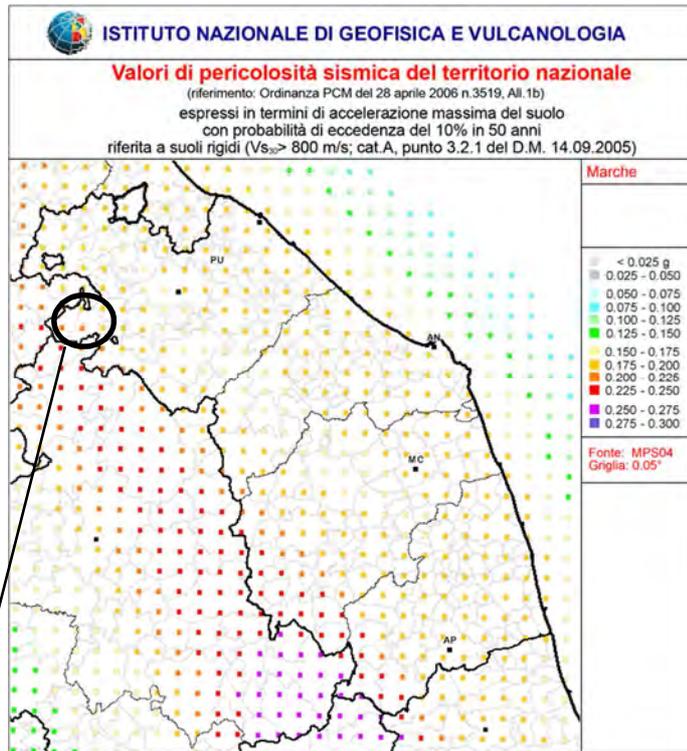
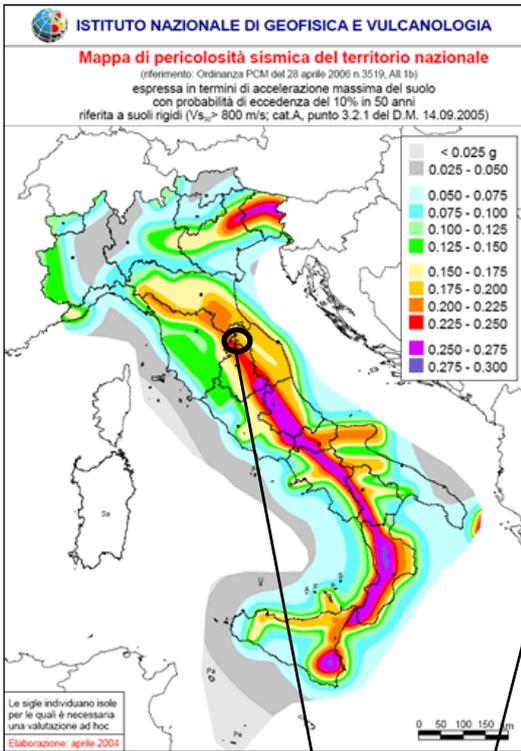
Sito 1 ID: 20295	Lat: 43,7283	Lon: 12,2448	Distanza: 1085,101
Sito 2 ID: 20296	Lat: 43,7290	Lon: 12,3140	Distanza: 4913,745
Sito 3 ID: 20074	Lat: 43,7790	Lon: 12,3130	Distanza: 6779,541
Sito 4 ID: 20073	Lat: 43,7783	Lon: 12,2439	Distanza: 4795,564



In basso è riportata la zona sismica per il territorio di Mercatello sul Metauro (PU), in cui rientra la sottostazione in progetto, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale delle Marche n. 1046 del 29.07.2003. Il comune di Mercatello sul Metauro viene classificato come "Zona 2", con accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni comprese tra $0,15 < a_g \leq 0,25$ g, nonché accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastica = 0,25 g.

Zona sismica 2	Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti.	
zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a_g/g]
1	> 0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

I criteri per l'aggiornamento della mappa di "pericolosità sismica" sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'**accelerazione orizzontale massima (a_g)** su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni secondo una griglia territoriale di $0,05^\circ$ (v. figure sottostanti). Il baricentro dell'area dove sorgerà la sottostazione ricadente nel territorio di Mercatello sul Metauro (PU), ricade nella classe $0.200 < a_g \leq 0.225$ g.

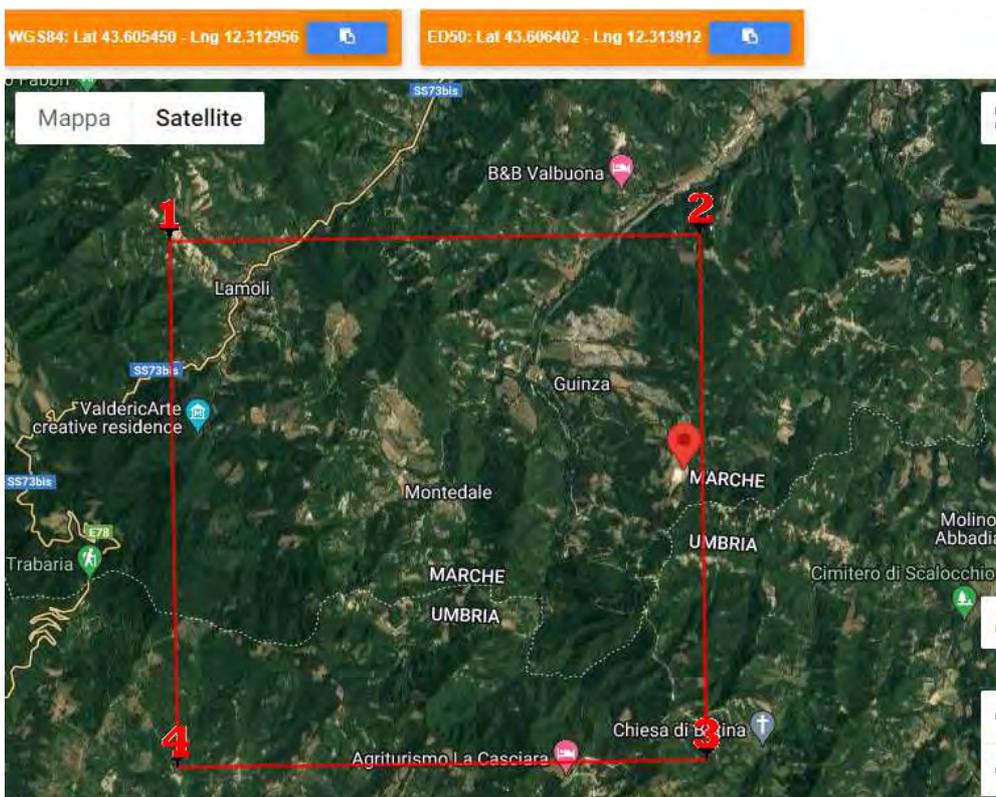


L'incrocio tratteggiato indica la posizione del baricentro del lotto su cui insisterà la sottostazione in progetto.

Per il sito in esame, su cui sorgerà la sottostazione, ecco la maglia del reticolo di riferimento nella quale ricercare, per ogni Stato Limite, i parametri ag (accelerazione orizzontale massima del terreno), F0 (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale), TC* (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) ed i relativi coefficienti sismici.

siti di riferimento (coordinate ED50)

Sito 1	ID: 20739	Lat: 43,6283	Lon: 12,2469	Distanza: 5920,633
Sito 2	ID: 20740	Lat: 43,6290	Lon: 12,3159	Distanza: 2518,029
Sito 3	ID: 20962	Lat: 43,5790	Lon: 12,3169	Distanza: 3056,262
Sito 4	ID: 20961	Lat: 43,5783	Lon: 12,2479	Distanza: 6166,327



10. CONCLUSIONI

La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito ha compreso la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, idrogeologici, geomorfologici, geostrutturali-sismogenetici e le condizioni di pericolosità sismica delle aree interessate dalle opere oggetto di valutazione.

- Da un punto di vista geo-litologico nelle aree interessate dal progetto affiora diffusamente il substrato pre-quadernario, costituito da unità appartenenti al Dominio Ligure, e al Dominio Romagnolo. Limitatamente affiorano depositi alluvionali.
- Nell'area dove verrà realizzato l'aerogeneratore AG01 affiora la formazione di Sillano (SIL), appartenente all'Unità tettonica del DOMINIO LIGURE; questa formazione è costituita da argilliti varicolori, da brune a verdi fino a rosse, con irregolari intercalazioni di arenarie quarzoso-calcaree e calcarenitiche, finemente stratificate, di marne e calcari marnosi grigio chiari.
- Nelle aree dove verranno realizzati gli aerogeneratori AG02 ed AG04 affiora il MEMBRO DI GALEATA (FMA4), appartenente alla FORMAZIONE MARNOSO-ARENCEA ROMAGNOLA (FMA), da costituita alternanze di arenarie torbiditiche silicoclastiche, da grossolane a fini, siltiti e marne in strati da sottili a molto spessi. Le arenarie, in strati da sottili a molto spesse, hanno grana fine. La frazione pelitica è costituita da marnosiltiti fini grigie.
- Nella zona dove sorgerà l'aerogeneratore AG03 affiora la formazione di Monte Morello (MLL), appartenente all'Unità tettonica del DOMINIO LIGURE, formata da un'alternanza di marne giallo brune con frattura a saponetta, calcari marnosi bianco giallastri a grana finissima e frattura concoide, argilliti e argilliti marnose grigie, arenarie calcarifere micacee avana e rare calcareniti biancastre.

- Nelle aree dove verranno realizzati gli aerogeneratori AG05 ed AG06 affiora il MEMBRO DI CORNIOLO (FMA2), costituito da alternanze di arenarie torbiditiche silicoclastiche, da grossolane a fini, siltiti e marne in strati da sottili a molto spessi. Le arenarie sono in strati prevalentemente molto sottili e medi a grana fine di colore grigiastro Tali sedimenti affiorano in località ville di Sopra e culminano presso il toponimo Poggio delle Campane in cui affiora il membro FMA4.
- I suddetti terreni, investigati tramite stendimenti sismici combinati (rifrazione e masw) sono caratterizzati da una stratigrafia caratterizzata da sedimenti che presentano un grado di alterazione variabile nei primi metri (variabile da 4 m a circa 12 m dal p.c.) che decresce con la profondità fino ad incontrare strati marnoso-arenacei abbastanza compatti. Si evidenzia che in fase esecutiva tali stratigrafie dovranno essere supportate da indagini geomeccaniche dirette.
- Da un punto di vista geomorfologico le aree interessate dagli aerogeneratori, dal cavidotto e dalla viabilità interna in progetto sono state confrontate con il database fornito della Regione Toscana- DB – Geomorfologico; tale raffronto, avallato dai sopralluoghi eseguiti, ha evidenziato che nessuna delle torri ricade in zone di dissesto attivo e non si segnalano fenomeni gravitativi o di scorrimento in atto; in alcuni tratti la viabilità interna ed il cavidotto interno (tra le torri T1 e T2) intercettano zone in cui sono cartografate frane quiescenti, per cui gli interventi previsti non andranno a creare problematiche rispetto alla stabilità dei terreni interessati. Tutte le torri eoliche verranno realizzate in quelle zone del crinale rialzate ma che presentano comunque una morfologia sub pianeggiante.
- Da un punto di vista idrogeologico i terreni di sedime interessati appartenenti alla formazione marnoso-arenacea presentano condizioni di porosità e permeabilità poco favorevoli alla presenza di acque in profondità, con sviluppo prevalente di idrologia superficiale con la presenza di numerosi rii, canali ed impluvi. Nelle aree in esame vi è l'esistenza di un sensibile contrasto di permeabilità tra la coltre alterata (costituita dai depositi marnoso-arenacei degradati ed alterati) ed il

substrato roccioso marnoso-arenaceo integro e/o poco alterato. Tale considerazione, avallata da dati di letteratura e dalle indagini geofisiche svolte, confermano l'assenza di falde idriche nei pressi delle aree interessate dal progetto in itinere. Tale condizione può favorire la presenza di falde sospese: la circolazione idrica è limitata solo nei corpi arenacei e conglomeratici sovrapposti al basamento marnoso, per lo più impermeabile e/o poco impermeabile. In fase esecutiva, nel corso dei sondaggi geognostici previsti, saranno installati dei piezometri per monitorare l'eventuale presenze di falde idriche che possano essere interessate dalla realizzazione delle fondazioni profonde da realizzare.

- Il confronto delle aree in progetto con il PAI FRANA vigente (Autorità di bacino distrettuale del fiume PO, nella regione Toscana e dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale nella regione Marche) ha messo in evidenza che il cavidotto esterno di collegamento tra il parco eolico e la sottostazione, che si sviluppa quasi totalmente su strade provinciali (SP49 in Toscana - SP61 nelle Marche), interferisce con alcune aree in frana attiva. Per mitigare e non aggravare i rischi associati alle aree in frana, si prospettano opere di ingegneria naturalistica; nella fattispecie si propongono delle "PALIFICATE DOPPIE VIVE IN LEGNO" al fine di consolidare i tratti di versante, interessati e cartografati nel PAI, su cui insistono le strade interessate dalla posa del cavidotto.
- Il confronto delle aree in progetto con il PAI IDRAULICO vigente evidenzia una zona di attraversamento a rischio esondazione medio R2, nei pressi di Borgo Pace (PU). Tali zone verranno bypassate mediante trivellazione orizzontale controllata (T.O.C). La TOC una tecnologia no dig per la posa di tubazioni senza la necessità di realizzare scavi a cielo aperto e sono particolarmente adatte per il superamento di ostacoli, quali fiumi, canali, strade di grande comunicazione.
- Ai sensi del DM 17/01/2018 la categoria di suolo in corrispondenza di tutti gli aerogeneratori è la B ovvero " Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un

miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente (oppure di valori di Vs30 se il substrato ha una profondità minore dei 30 m dal p.c.) compresa tra 360 m/s e 800 m/s.

- Si evidenzia che in fase esecutiva saranno eseguite indagini geognostiche dirette; in corrispondenza di ciascun aerogeneratore e della sottostazione saranno effettuati: n. 1 sondaggio a carotaggio continuo di profondità pari a 30 mt. dal p.c. , prelievo di n. 3 campioni indisturbati sui quali eseguire le prove geotecniche in laboratorio per la caratterizzazione fisicomeccanica e n. 5 S.P.T. in foro.

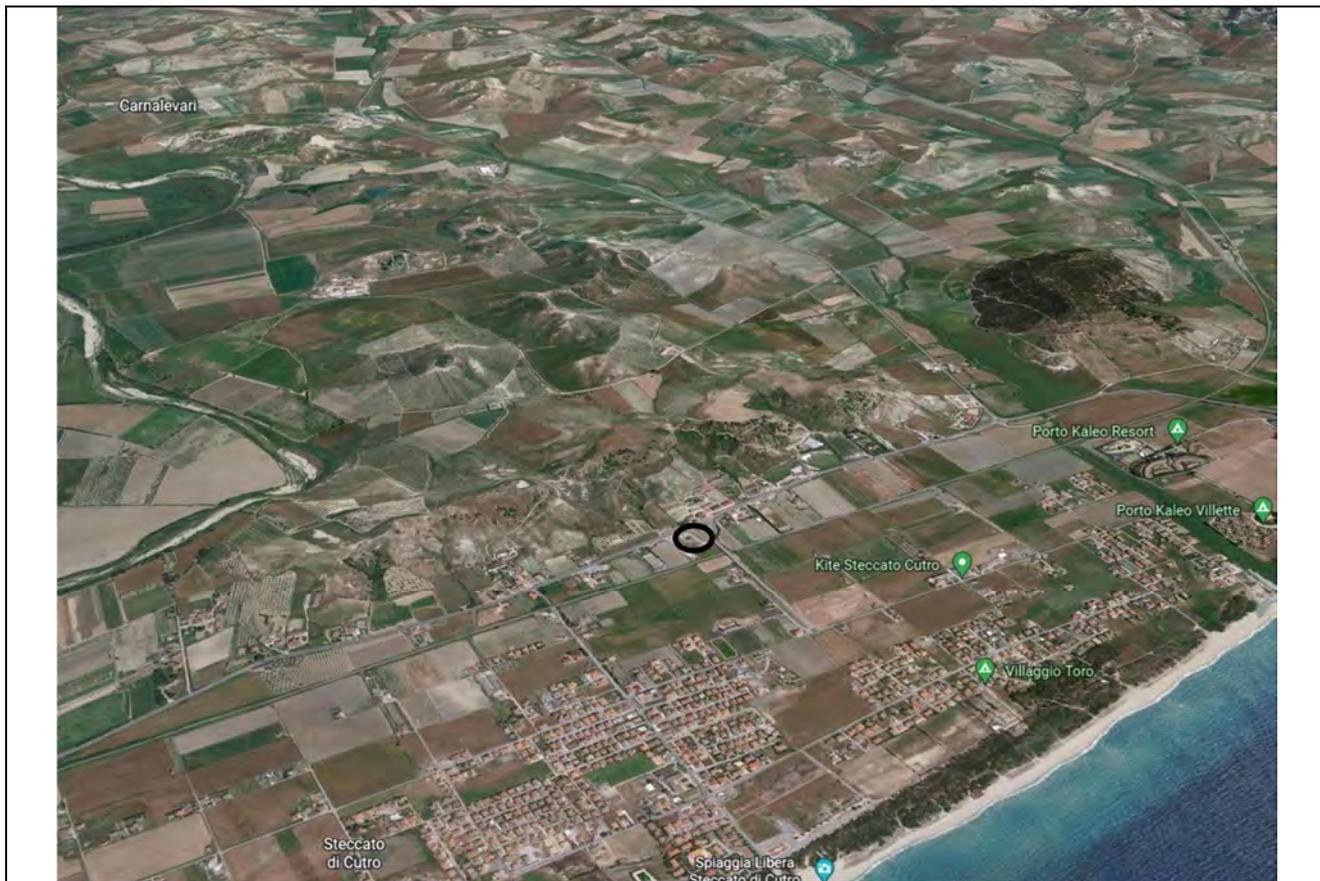
-

Dott. Geol. Luigi De Prezii



ALLEGATI:

-REPORT INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE;



**Studio tecnico di Fisica
ambientale e Geologia
C.FISC:
P.IVA: 03890240793**

**Via: Cavour IV trav.1
88050 Sellia Marina - Catanzaro**

Tel: 0961355496 - 3358420351

Fax: 0000

**Email: geosudambiente@gmail.com Web:
www.campolettromagnetico.it**

RELAZIONE INDAGINE SISMICHE

Indagini sismiche

Nel presente lavoro sono state eseguite alcune prospezioni sismiche nel comune di Sestino, provincia di Arezzo. La finalita' di tale lavoro sarà quella di definire le caratteristiche geosismiche dell'area di studio . A tal fine sono state realizzate rispettivamente n°6 prospezioni sismiche di tipo a Rifrazione e n°6 di tipo Masw (Multichannel Analysis of Surface Waves). Le indagini svolte ,sia per condizioni meteo sfavorevoli, sia per una morfologia irregolare ed accidentata , sono state caratterizzate da un forte rumore di fondo e da "disturbi" ambientali. Le prospezioni sono state effettuate in prossimità di degli aerogeneratori previsti in progetto, nei punti logisticamente piu' favorevoli per la realizzazione di suddette indagini. Tutte le prospezioni svolte, sono state eseguite lungo gli stessi stendimenti, sia per le Masw che per la Rifrazione. L'indagine è stata condotta mediante l'utilizzo di un Sismografo Pasi, Modello GEA 24 Serie N° 18258, di cui in Fig.1 le caratteristiche. I profili sismici sono stati eseguiti con geometrie variabili, in funzione della morfologia del territorio. Al fine di ridurre il "rumore di fondo" e migliorare i segnali acquisiti, sono state eseguite le amplificazioni dei guadagni in ingresso di tutti i geofoni. L'acquisizione del segnale ha avuto una lunghezza temporale variabile da 2000ms fino a 300 ms, ed e' stato utilizzato un intervallo di campionamento di 0,001 s . L'elaborazione è stata eseguita tramite software Easy Masw e Refract della Geostrù.

Dr. Vincenzo Londino



24-CHANNELS SEISMOGRAPH - 24 BITS PASI MOD. GEA 24

www.pasigeophysics.com

TECHNICAL SPECIFICATIONS GEA 24	
Number of channels	24 chs + trigger (AUX ch) - 2 units can be serialized for a total of 48 chs
Data Conversion	24 real bits Sigma-Delta ADC (compatible with analog geophones of any resonance frequency)
Sampling intervals	Active Acquisitions: - up to 125 microsec (8000sps) on 24 chs, - up to 31.25 microsec (32000sps) on 6 chs Passive Acquisitions: - up to 4000 microsec (250sps) on 24 ch - up to 500 microsec (2000sps) on 3 chs
Acquisition length	27500 samples @ 24 chs (+aux) 174500 samples @ 3 chs (+aux) Unlimited samples for continuous acquisitions
Preamp. gain	0/52 dB, software selectable
Stacking	Unlimited number of stackings
Input impedance	2M Ω // 22nF
S/N ratio	117db @1ksps
Distortion	0.007% @16kHz
Bandwidth -3dB Bandwidth +/- 0.1dB	6.8kHz@32ksps - 0.21 kHz@1ksps 3.5 kHz@32ksps - 0.11 kHz@1ksps
Filters	Low Pass: 125-200-500-1000Hz High Pass: 10-20-30-40-50-70-100-150-200-300-400Hz
Notch Filter	50-60Hz + harmonics
Trigger	Normally closed contact, normally open contact (e.g. with explosive), analog signal (starter geophone, hammer switch), TTL triggering. Trigger sensibility adjustable via software
Trace Display	Wiggle-trace / variable area
Noise-monitor	All channels + trigger; real time bar display
AUX channel	1x (for trigger or any other input signal)
External interface	1x USB 2.0 to external PC (not included)
Data format	SEG2, SAF (other formats available on request)
Power supply	5VDC from USB, 0.25A
Operating/Storage Temp.	-30°C to +80°C
Humidity	80% relative humidity, non condensing
Dimension	24cm x 19.5cm x 11cm
Weight	2 Kg

Available accessories:

- Seismic Cables
- Horizontal and Vertical Geophones
- 3D Land geophones
- Striking plate for "P and/or "S" waves
- Seismic Energizer "ISOTTA"
- 3D Borehole geophones
- Crosshole energizer
- Hammer Switch / Starter Geophone
- GPS option (georeferencing & timing)
- Radiotrigger

P.A.S.I. S.R.L. — Via Galliani 5/E — 10125 Torino - Italy
tel. +39 (0)11 6507033 - sales@pasisrl.it - www.pasigeophysics.com

Specifications subject to change without notice



Prospezione di sismica a rifrazione

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte 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 θ_i mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione θ_r . La formulazione matematica è:

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

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

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

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

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo T dato dalla relazione

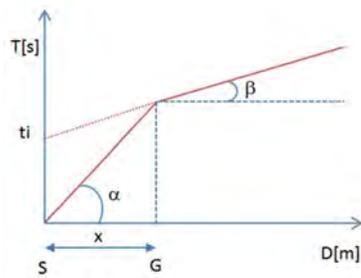
$$T = x_i / V_1$$

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

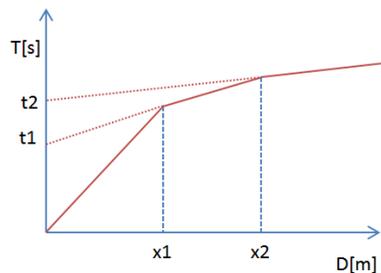
L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità V_1 del primo mezzo come

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

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



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

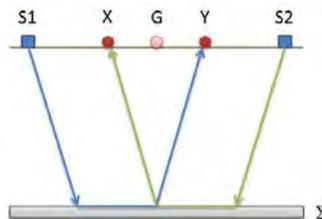


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

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

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.

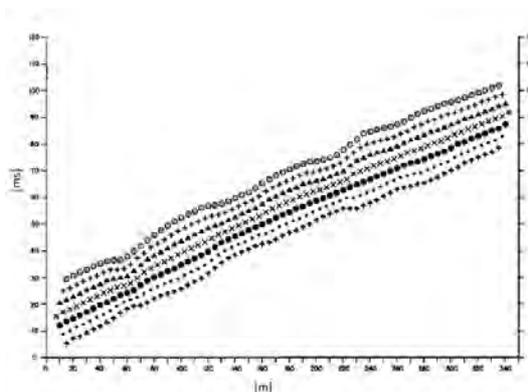


Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più

punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori.

Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare **la funzione velocità** secondo l'equazione

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



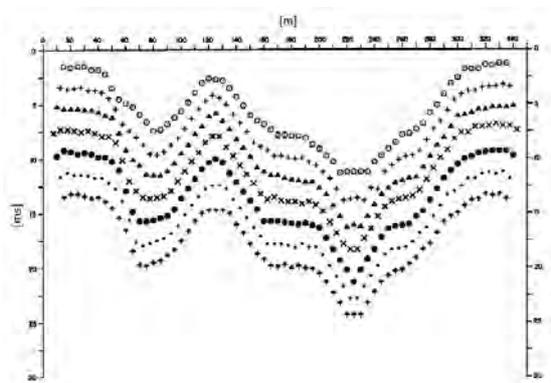
dove T_{S_1Y} e T_{S_2X} sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre $T_{S_1S_2}$ è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento. T_v è il tempo calcolato 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 rifratore 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 rifratore 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°

Prospezione sismica di tipo 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

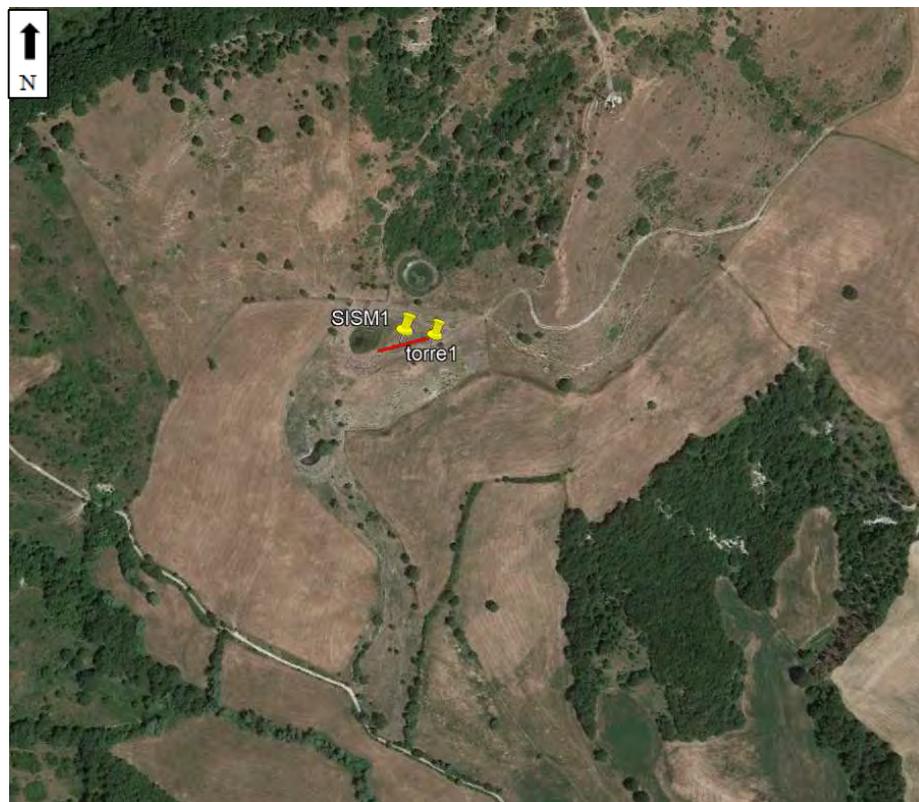
Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

Località Comune di Sestino
INDAGINI SISMICHE PRESSO WTG1

Data 20/12/2022

Latitudine 4845690.61 (WGS 84 / UTM zone 33N)

Longitudine 279140.27 (WGS 84 / UTM zone 33N)



La lunghezza dello stendimento e' stata di 60 metri, costituito da 12 geofoni verticali di 4,5 Hz, aventi distanza intergeofonica di 5 metri, shot esterni a distanza di 3-5-7 metri dal primo geofono. L'energizzazione è stata ottenuta tramite mazza da 8 kg, battente su piastra metallica

Prospezione di sismica a rifrazione 1

Geometria geofoni

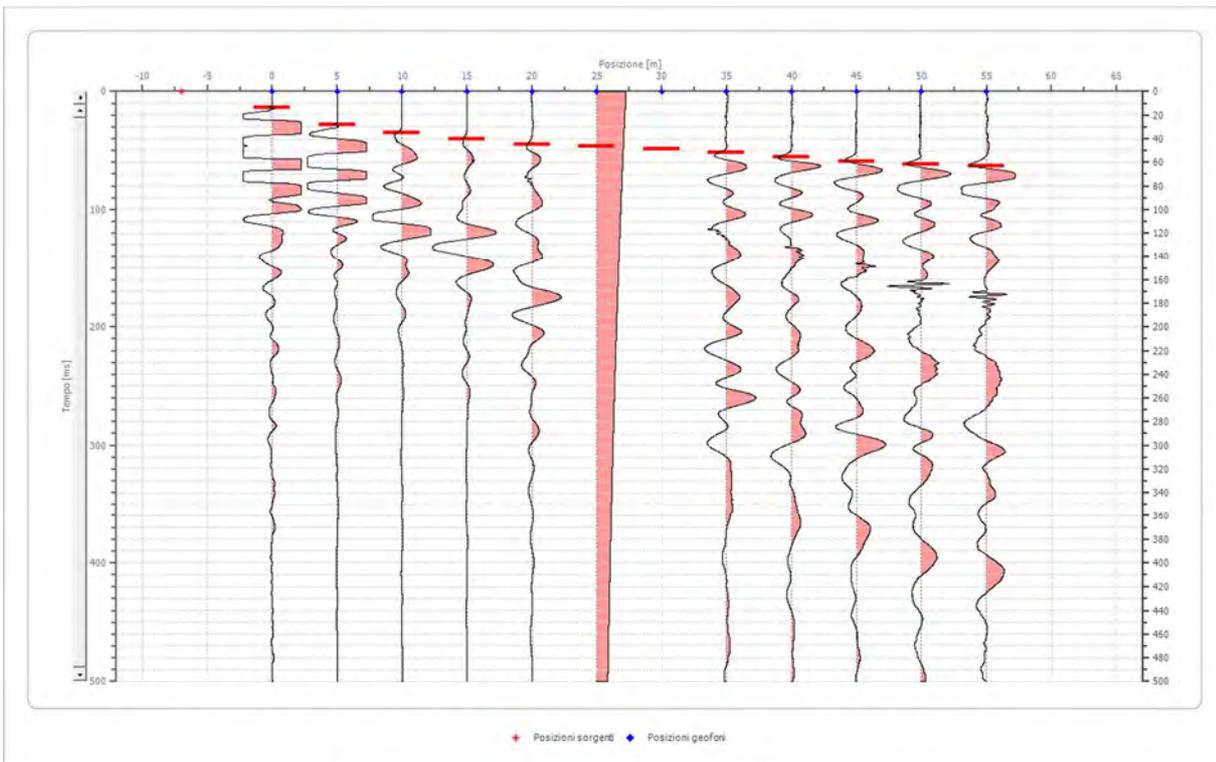
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	5.0	0.1
3	10.0	0.3
4	15.0	0.4
5	20.0	0.5
6	25.0	0.6
7	30.0	0.8
8	35.0	0.9
9	40.0	0.9
10	45.0	1.0
11	50.0	1.6
12	55.0	2.4

Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente X -7 [m]

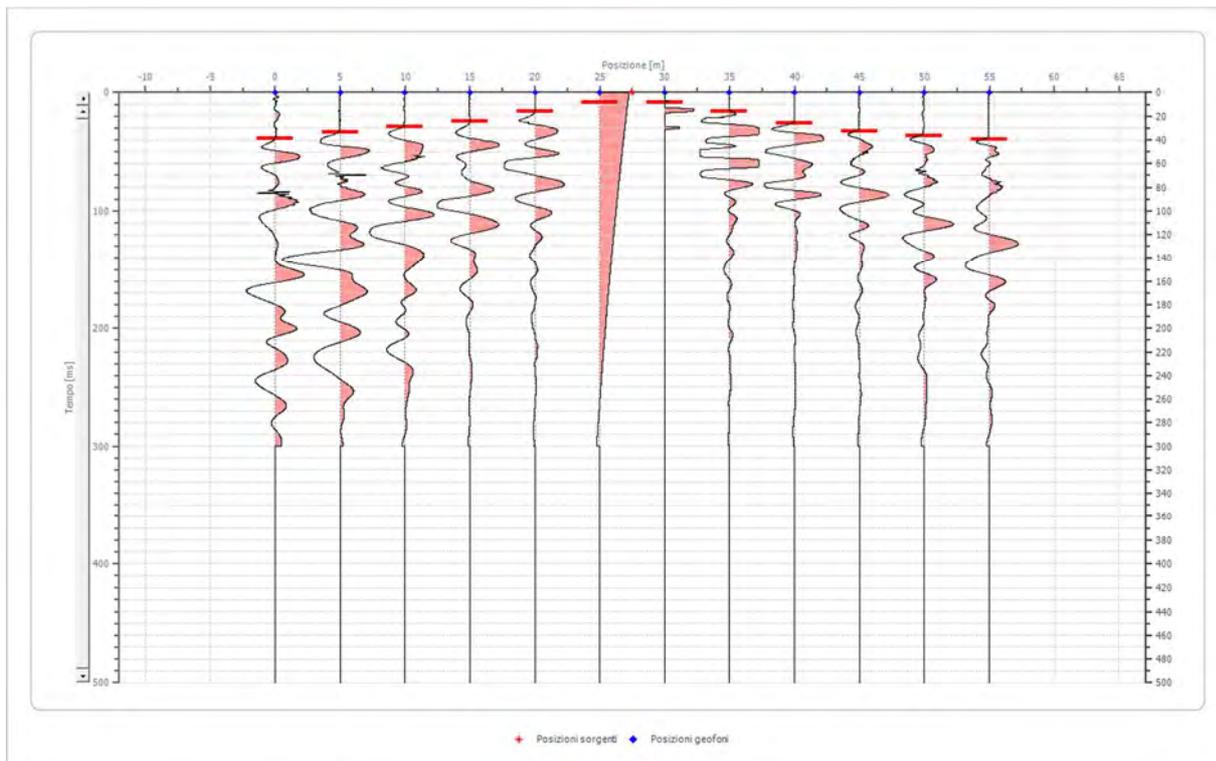
Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	13.7021
5.0	28.1653
10.0	35.0164
15.0	40.3449
20.0	44.9123
25.0	46.5000
30.0	49.0000
35.0	51.7633
40.0	55.5695
45.0	59.3756
50.0	61.6593
55.0	63.1817

Battuta 2

Posizione sorgente X 28 [m]
 Posizione sorgente Z 1 [m]



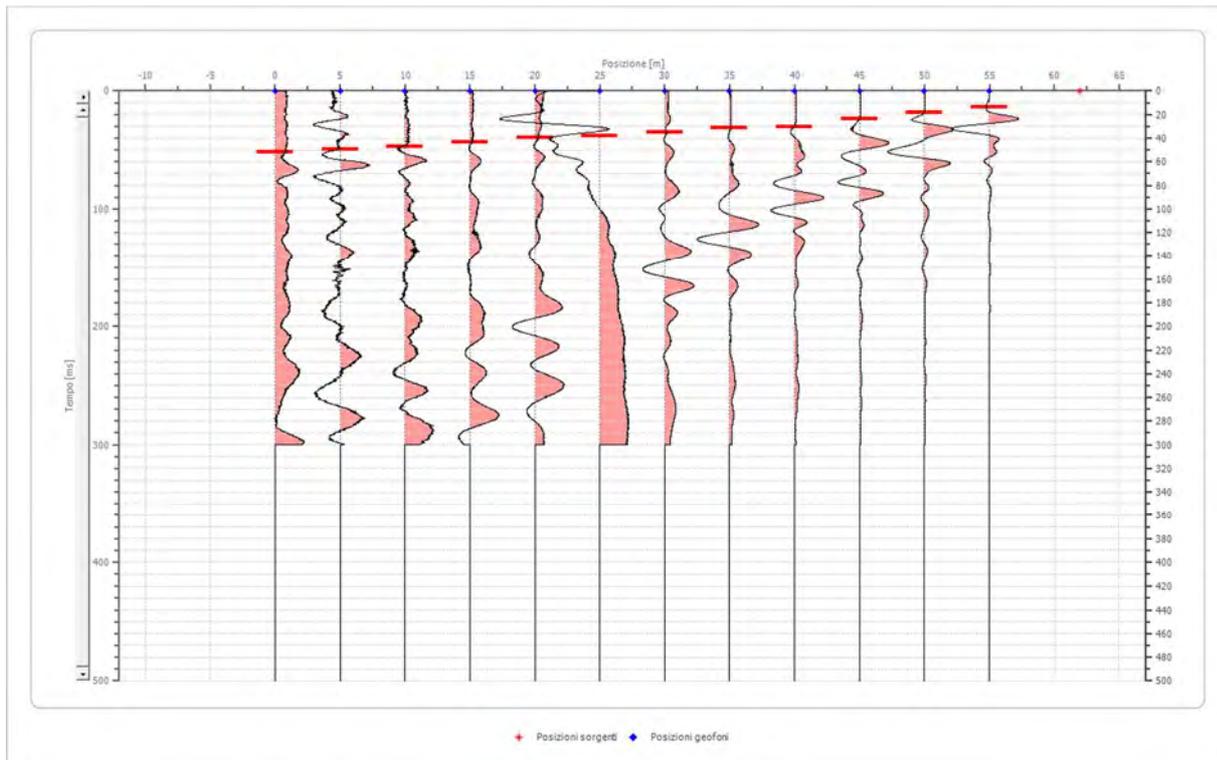
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	38.8225
5.0	33.4939
10.0	28.9266
15.0	24.3592
20.0	15.9857
25.0	8.3735

Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina,
 (Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com,
 web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

	30.0	8.3735
	35.0	15.9857
	40.0	25.8817
	45.0	32.7327
	50.0	36.5388
	55.0	39.5837

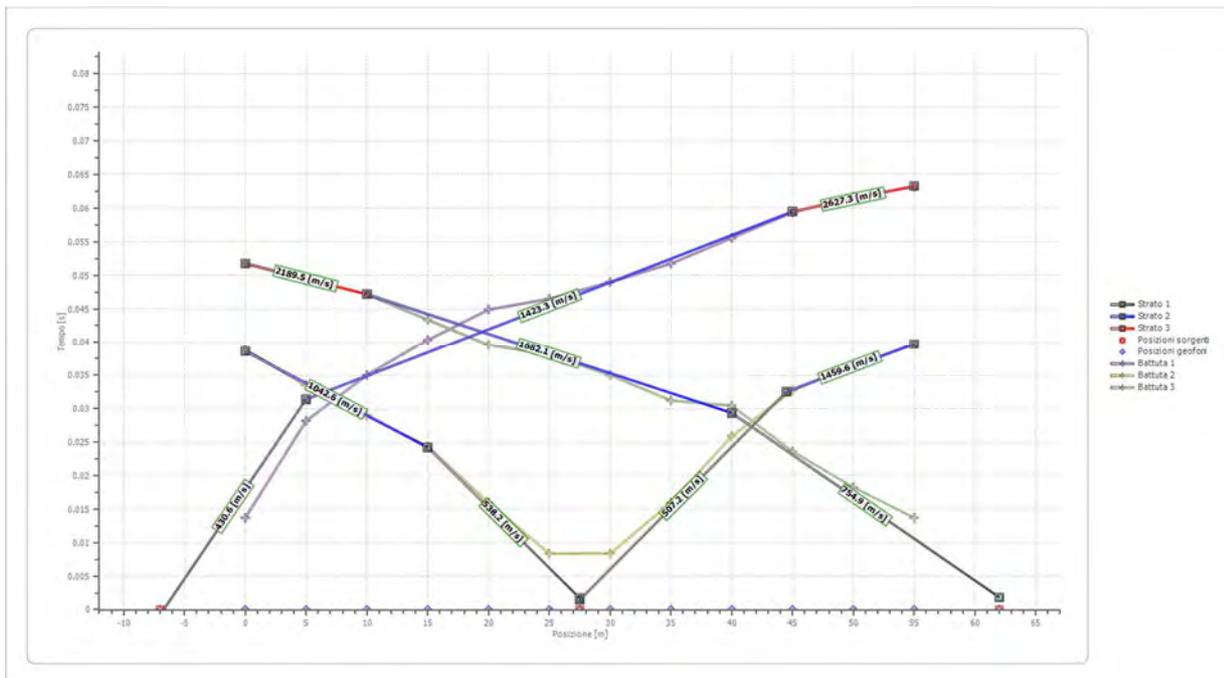
Battuta 3

Posizione sorgente X 62 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

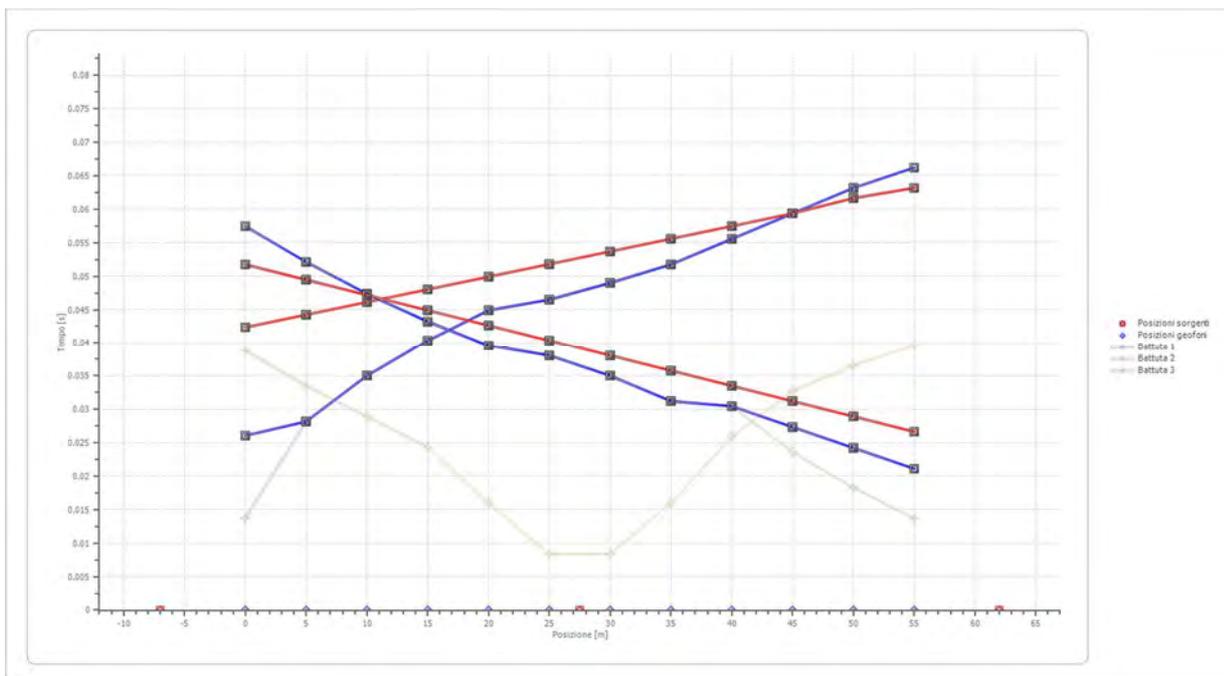


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	51.7633
5.0	49.4796
10.0	47.1960
15.0	43.3898
20.0	39.5837
25.0	38.0613
30.0	35.0164
35.0	31.2102
40.0	30.4490
45.0	23.5980
50.0	18.2694
55.0	13.7021

Dromocrone



Dromocrone traslate



Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina, (Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com, web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

Interpretazione col metodo G.,R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 0.0 [m]	5.4	19.7	--
G= 5.0 [m]	4.4	21.6	--
G= 10.0 [m]	5.0	19.7	--
G= 15.0 [m]	5.4	18.6	--
G= 20.0 [m]	5.7	17.5	--
G= 25.0 [m]	5.7	17.1	--
G= 30.0 [m]	5.5	17.1	--
G= 35.0 [m]	5.2	17.5	--
G= 40.0 [m]	6.1	14.9	--
G= 45.0 [m]	6.3	14.1	--
G= 50.0 [m]	6.5	13.6	--
G= 55.0 [m]	6.5	12.9	--
Velocità [m/sec]	557.8	1497.3	2387.9
Descrizione			

Altri parametri geotecnici

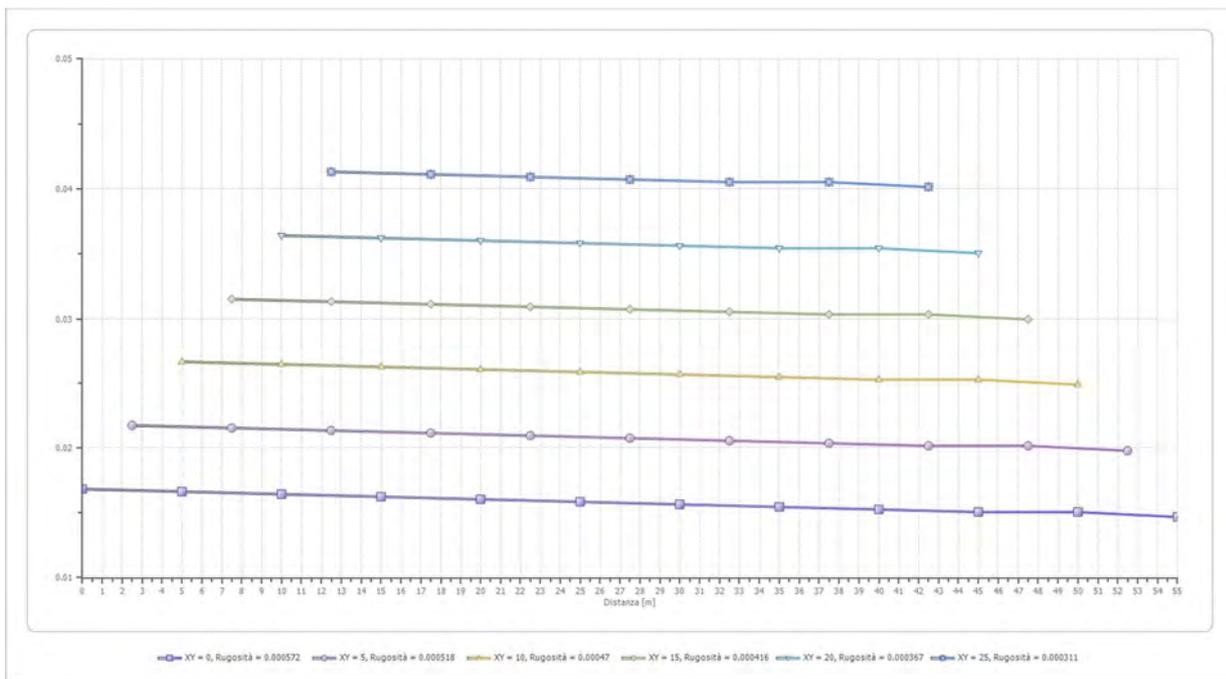
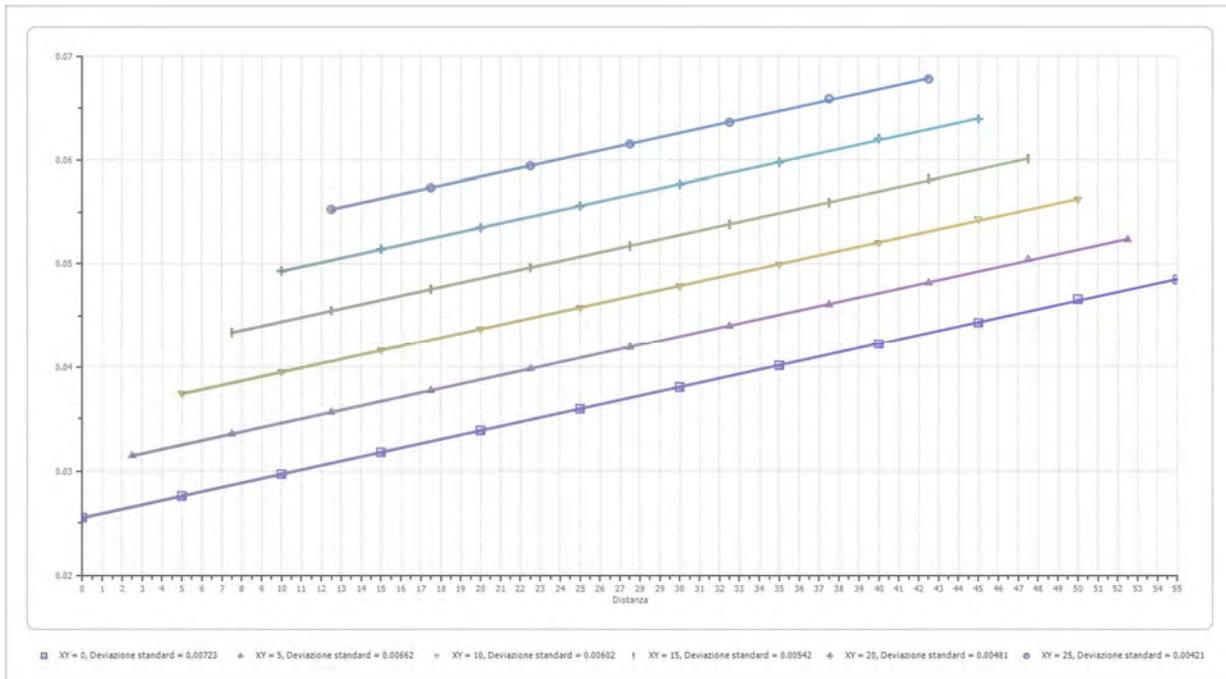
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.36	0.34	0.32
Densità [kg/m ³]	1900.00	2000.00	2200.00
Vp [m/s]	557.77	1497.25	2387.86
Vs [m/s]	260.87	737.20	1228.55
G0 [MPa]	129.30	1086.92	3320.52
Ed [Mpa]	591.10	4483.53	12544.17
M0 [MPa]	461.80	3396.61	9223.66
Ey [Mpa]	351.70	2912.94	8766.16

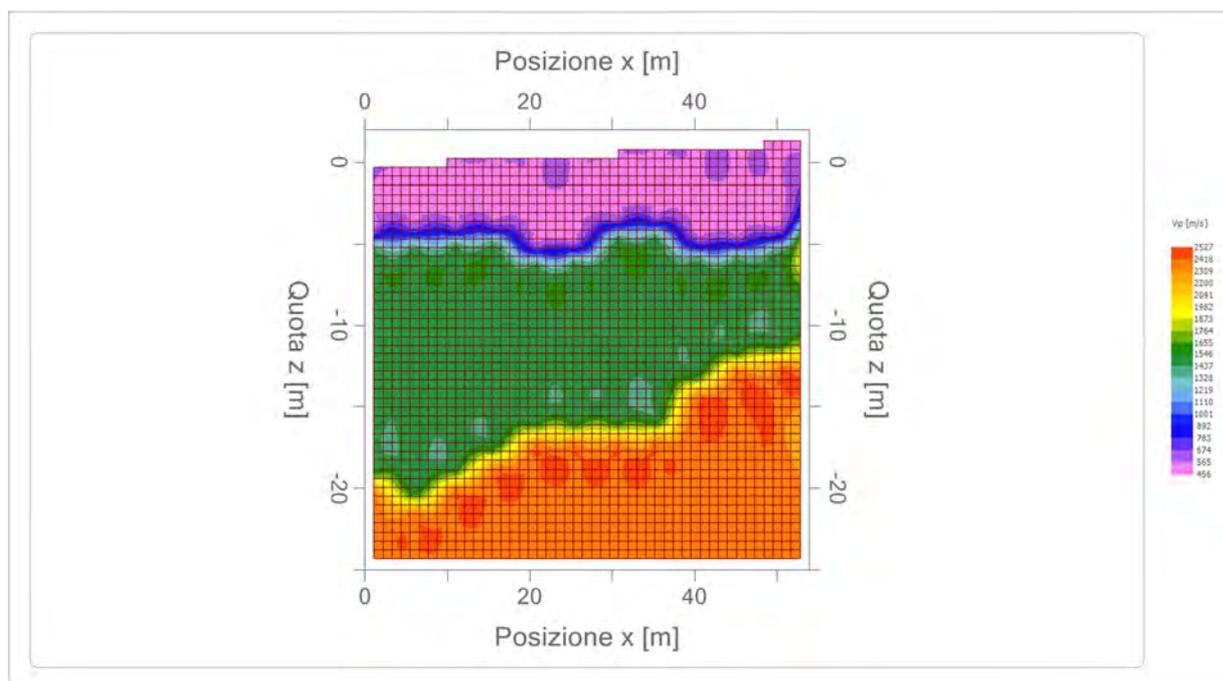
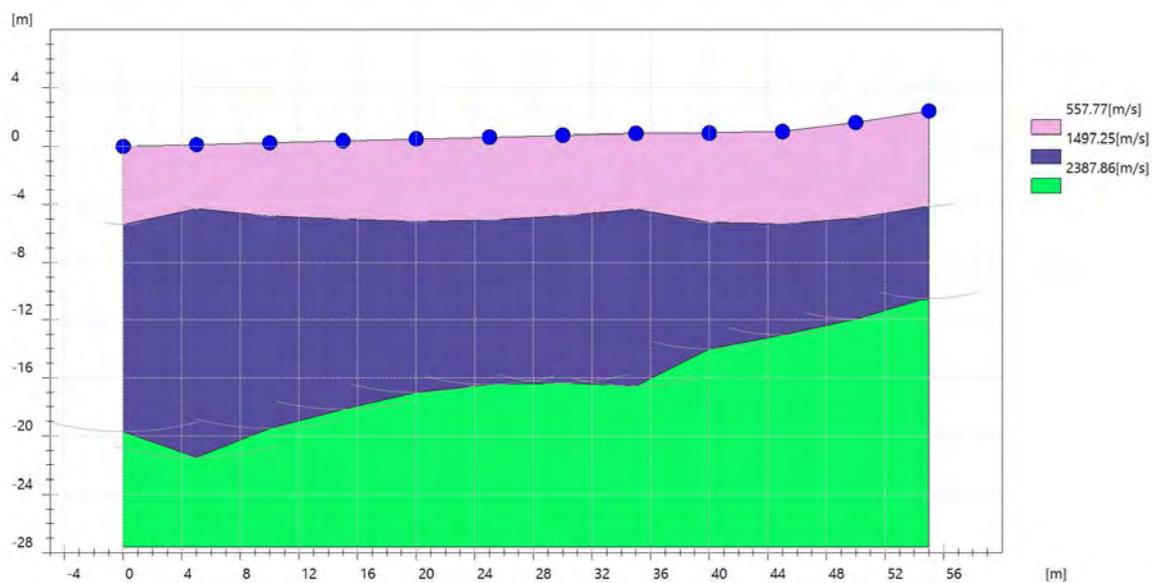
G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



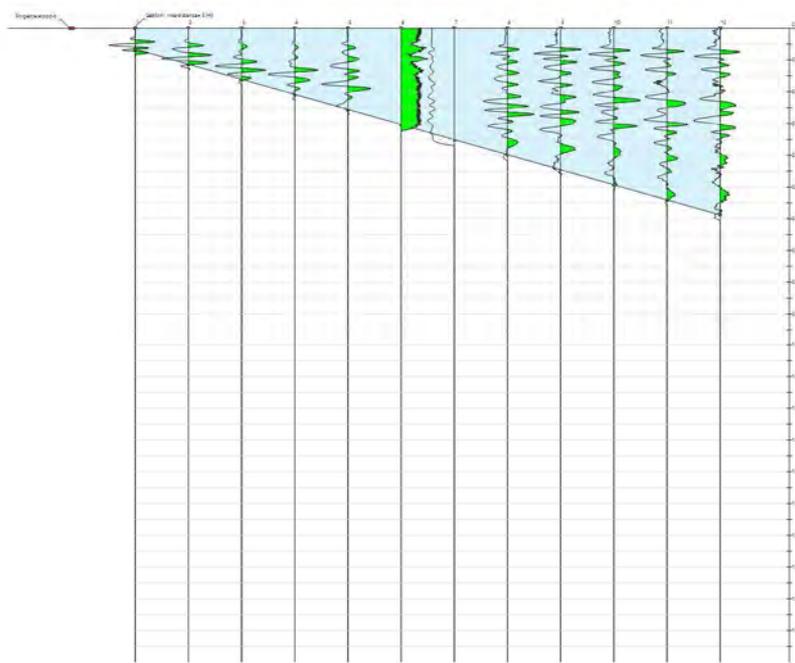


Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina,
 (Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com,
 web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

Prospezione sismica di tipo Masw 1

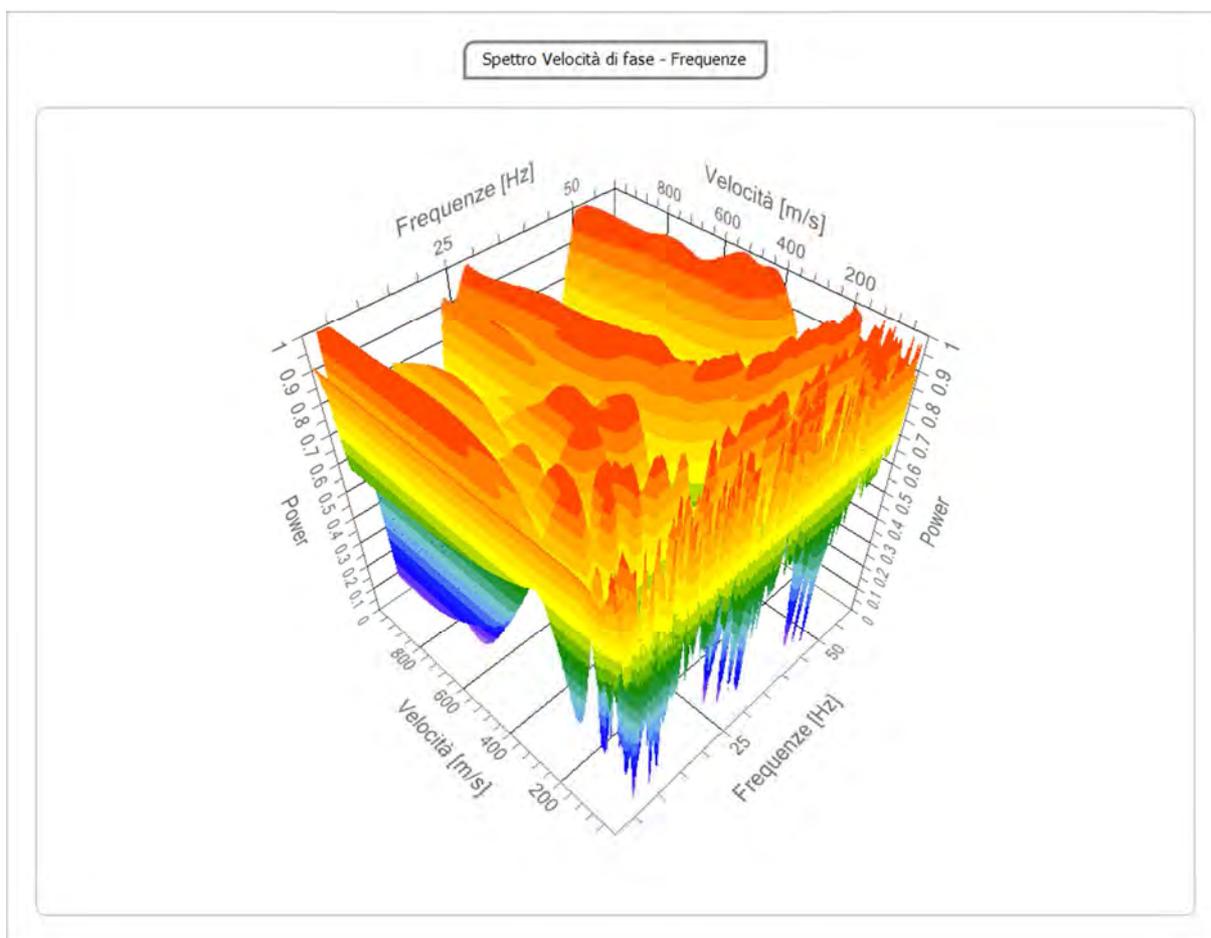
Tracce

N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	5.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1000
Intervallo velocità [m/sec]	1



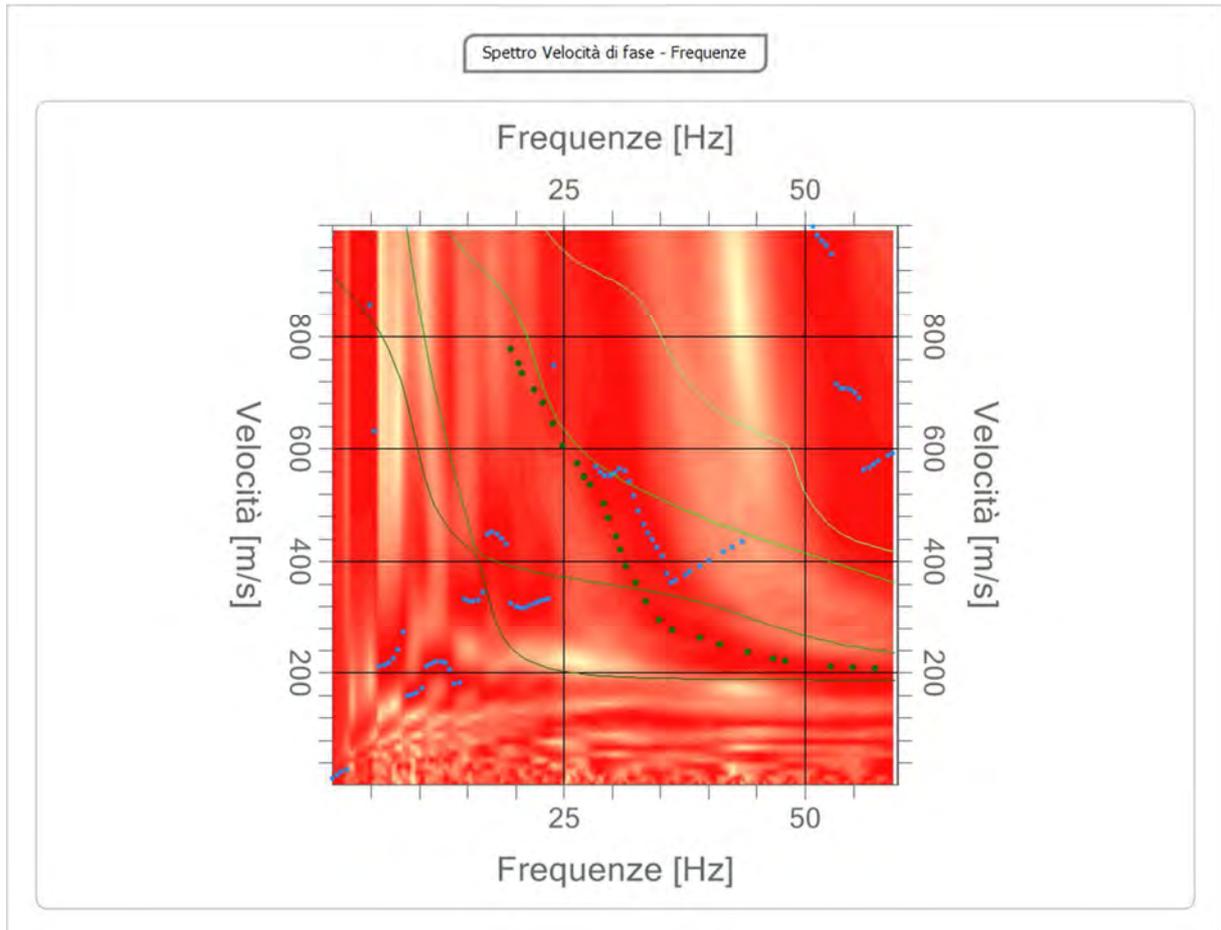
Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina, (Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com, web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	20.3	752.6	0
2	19.5	777.1	0
3	20.7	734.6	0
4	21.9	705.2	0
5	22.9	680.7	0
6	23.8	644.8	0
7	26.3	574.5	0
8	24.9	605.6	0
9	27.8	536.9	0
10	27.1	550.0	0
11	29.1	502.6	0
12	29.6	478.1	0
13	30.4	443.8	0
14	30.9	420.9	0
15	31.5	391.5	0
16	32.5	362.1	0
17	33.5	329.4	0
18	34.9	295.1	0
19	36.3	277.1	0
20	39.2	262.4	0
21	41.2	251.0	0
22	44.1	237.9	0
23	46.7	224.9	0
24	47.9	221.6	0
25	52.7	211.8	0

Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina,
(Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com,
web:www.campoelettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

26	55.0	210.1	0
27	57.3	206.9	0



Inversione

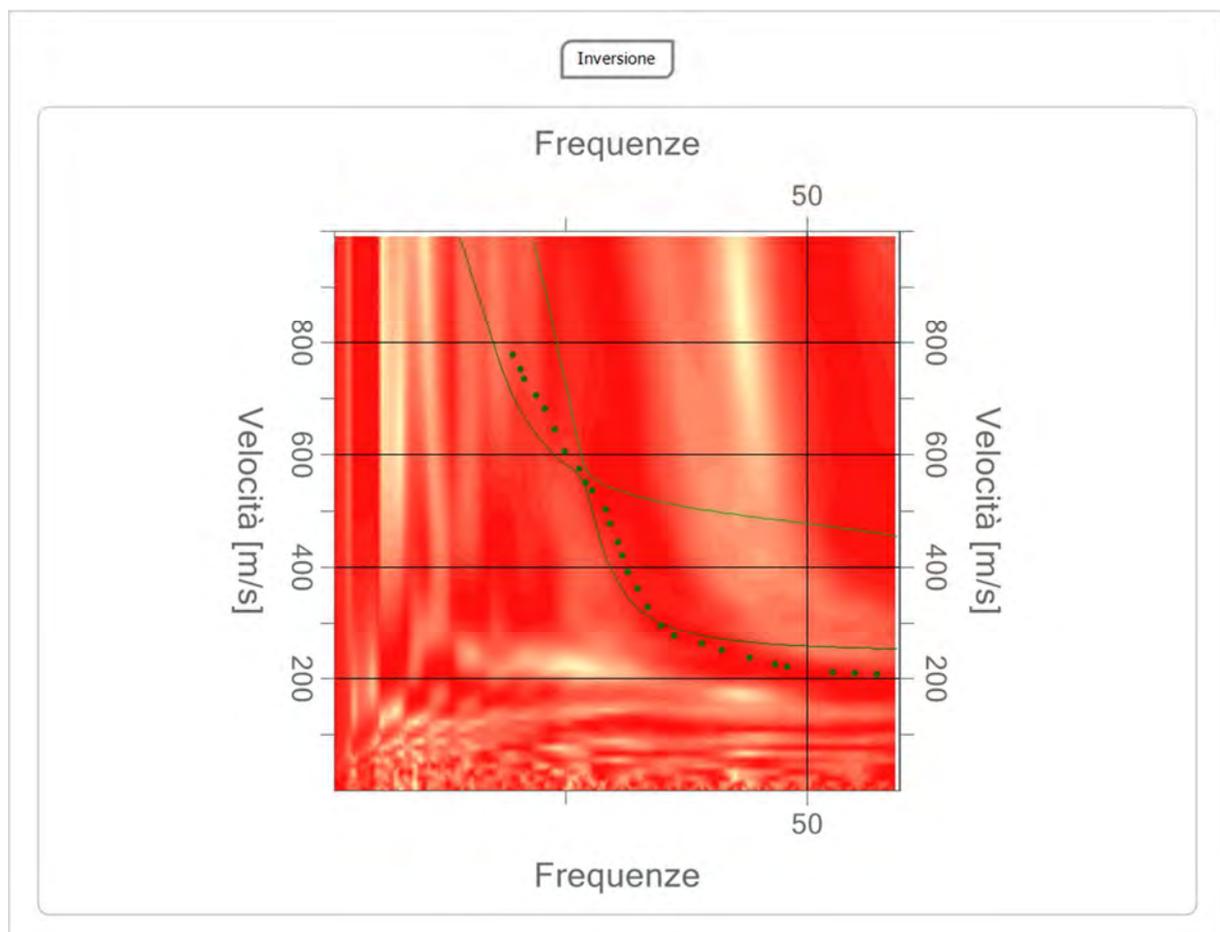
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficient e Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		4.00	4.00	1900.0	0.34	No	541.6	266.7
2		12.00	8.00	2050.0	0.32	No	1554.9	800.0
3		oo	oo	2200.0	0.30	No	2494.4	1333.3

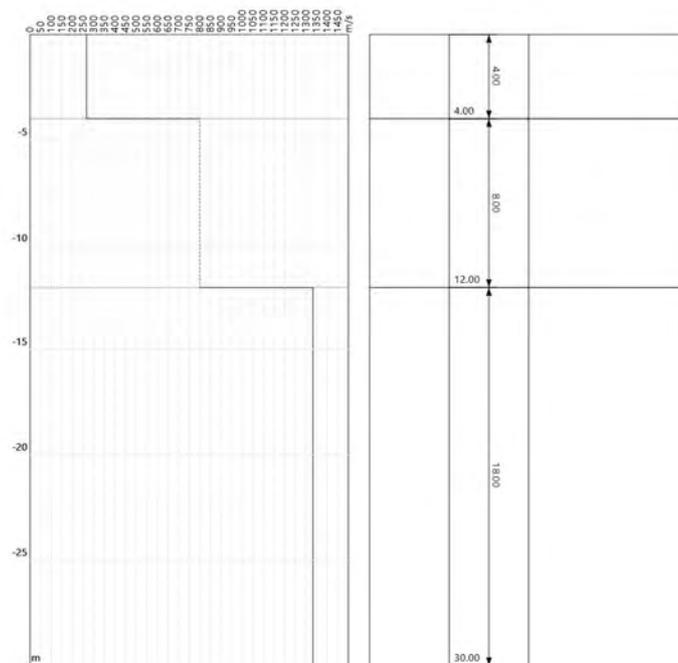
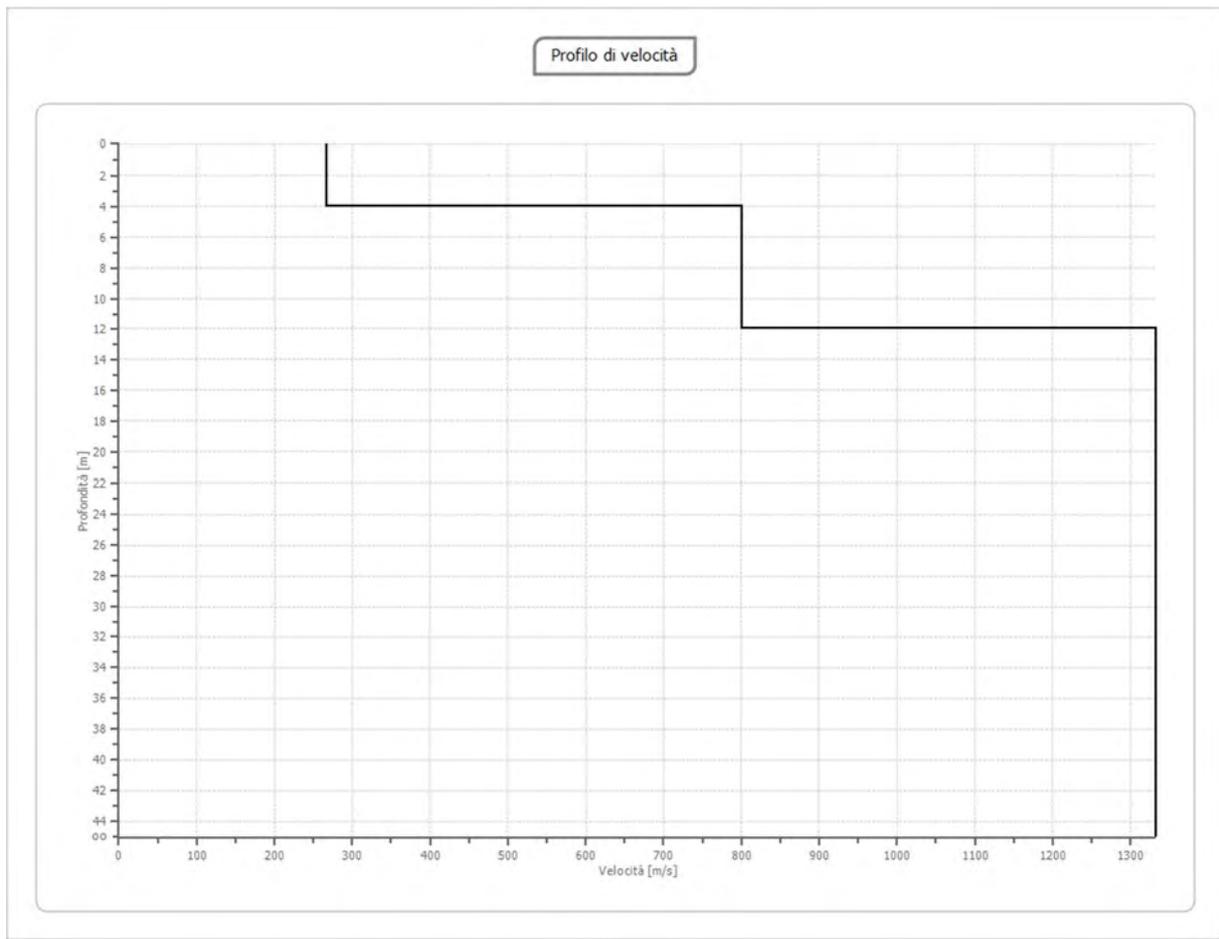
Percentuale di errore

1.016 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.121





Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,30 [m/sec]	779.22
Categoria del suolo	B

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

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson n	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NS PT	Qc [kPa]
1	4.00	4.00	266.67	541.60	1900.00	0.34	135.11	557.33	377.19	362.10	N/A	3227.9
2	12.00	8.00	800.00	1554.9	2050.00	0.32	1312.0	4956.44	3207.1	3463.7	N/A	N/A
3	oo	oo	1333.3	2494.4	2200.00	0.30	3911.1	13688.9	8474.07	10168.9	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

Alla luce delle informazioni riportate dall'acquisizione delle prove sismiche presso WTG1 e dallo studio generico delle carte geologiche dell'area di lavoro, si può ipotizzare una presumibile stratigrafia che in ogni caso deve essere supportata da indagini geomeccaniche dirette :

0-4 Metri - Marne ed arenarie abbastanza alterate

4-12 “ - Marne ed arenarie debolmente compatte

12-30 “ - Marne ed arenarie compatte.

Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina,
(Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com,
web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

Località Comune di Sestino
INDAGINI SISMICHE PRESSO WTG2

Data 20/12/2022

Latitudine 4845847,74 (WGS 84 / UTM zone 33N)

Longitudine 278466,42 (WGS 84 / UTM zone 33N)



La lunghezza dello stendimento e' stata di 60 metri, costituito da 12 geofoni verticali di 4,5 Hz, aventi distanza intergeofonica di 5 metri, shot esterni a distanza di 3-5-7 metri dal primo geofono. L' energizzazione è stata ottenuta tramite mazza da 8 kg, battente su piastra metallica.

Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina,
(Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com,
web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

Prospezione di sismica a rifrazione 2

Geometria geofoni

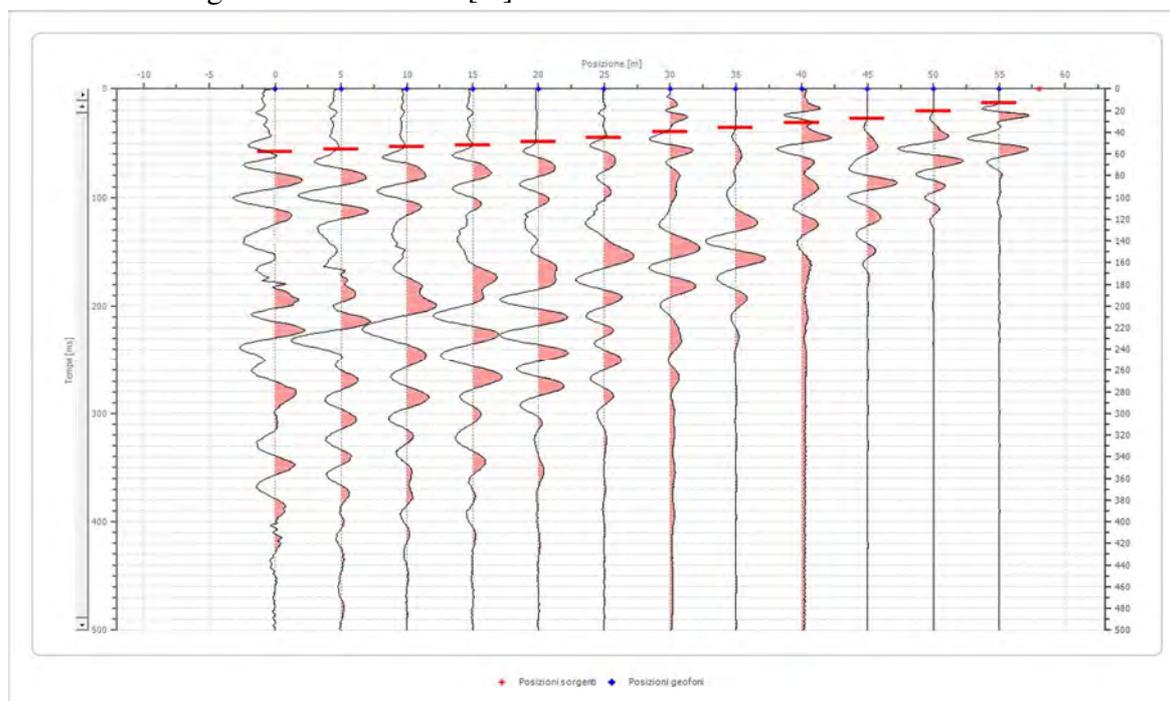
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	5.0	0.0
3	10.0	0.0
4	15.0	0.0
5	20.0	0.0
6	25.0	0.0
7	30.0	0.0
8	35.0	0.0
9	40.0	0.0
10	45.0	0.0
11	50.0	0.0
12	55.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente X 58 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

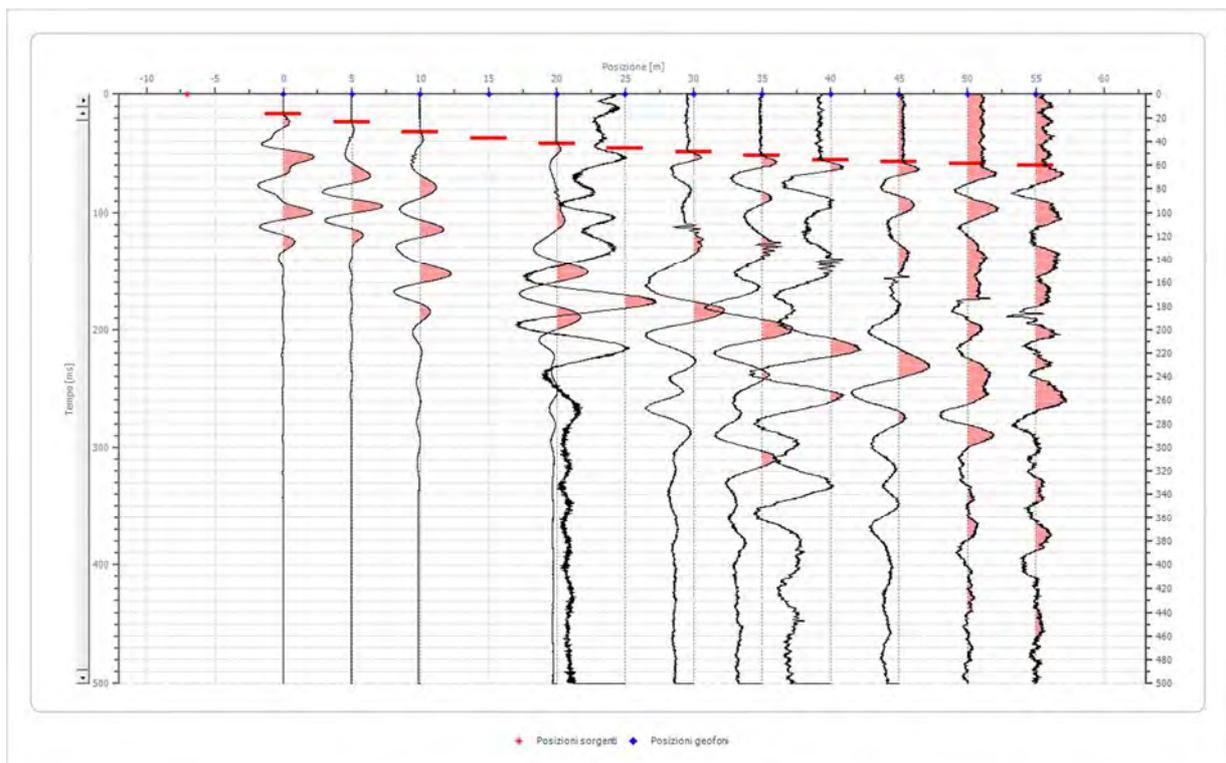


Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina,
(Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com,
web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	57.9543
5.0	55.6667
10.0	53.3790
15.0	51.8539
20.0	48.8037
25.0	44.9909
30.0	39.6530
35.0	35.8402
40.0	31.2648
45.0	27.4521
50.0	20.5890
55.0	12.9635

Battuta 2

Posizione sorgente X -7 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

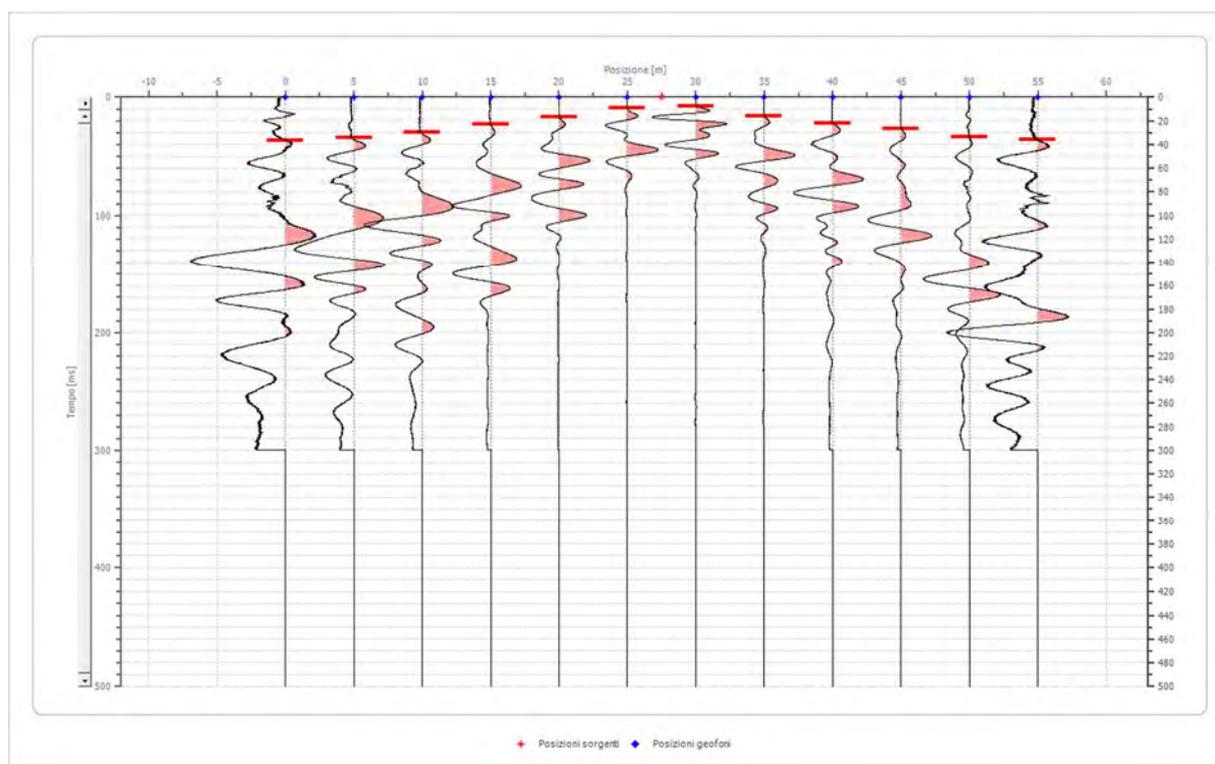


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	16.7763
5.0	23.6393
10.0	32.0274
15.0	37.0000
20.0	41.9406
25.0	45.7534
30.0	48.8037
35.0	51.8539
40.0	55.6667
45.0	57.1918
50.0	58.7169
55.0	60.2420

Battuta 3

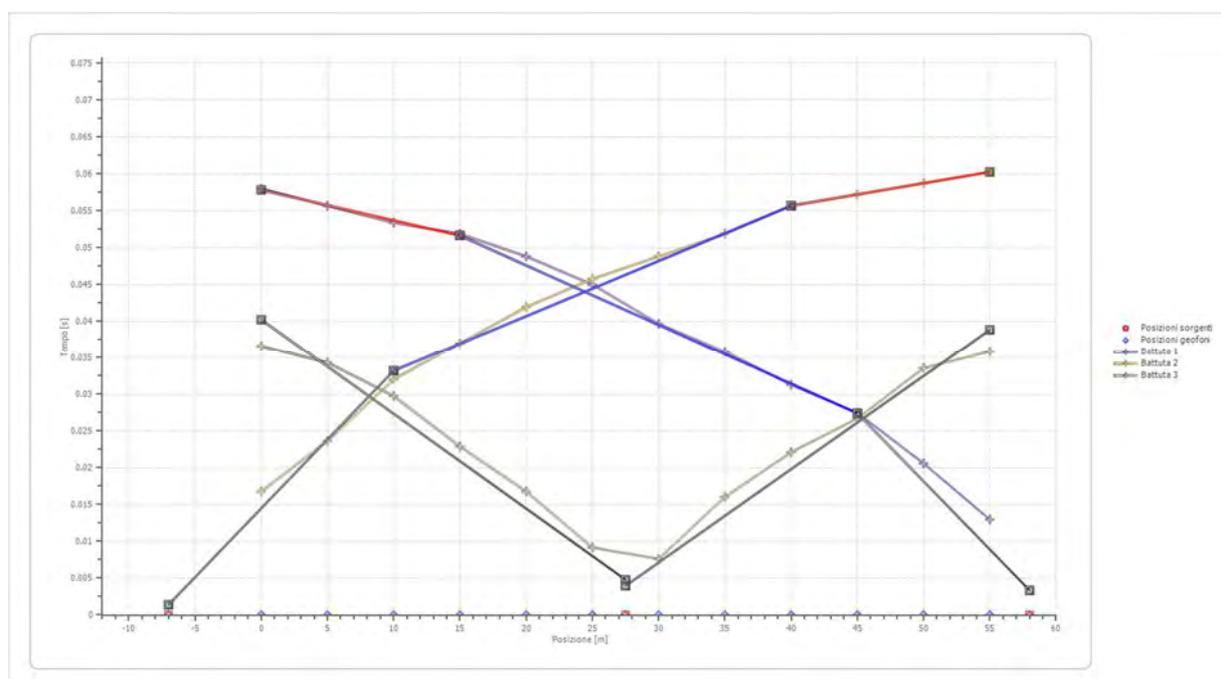
Posizione sorgente X 28 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]



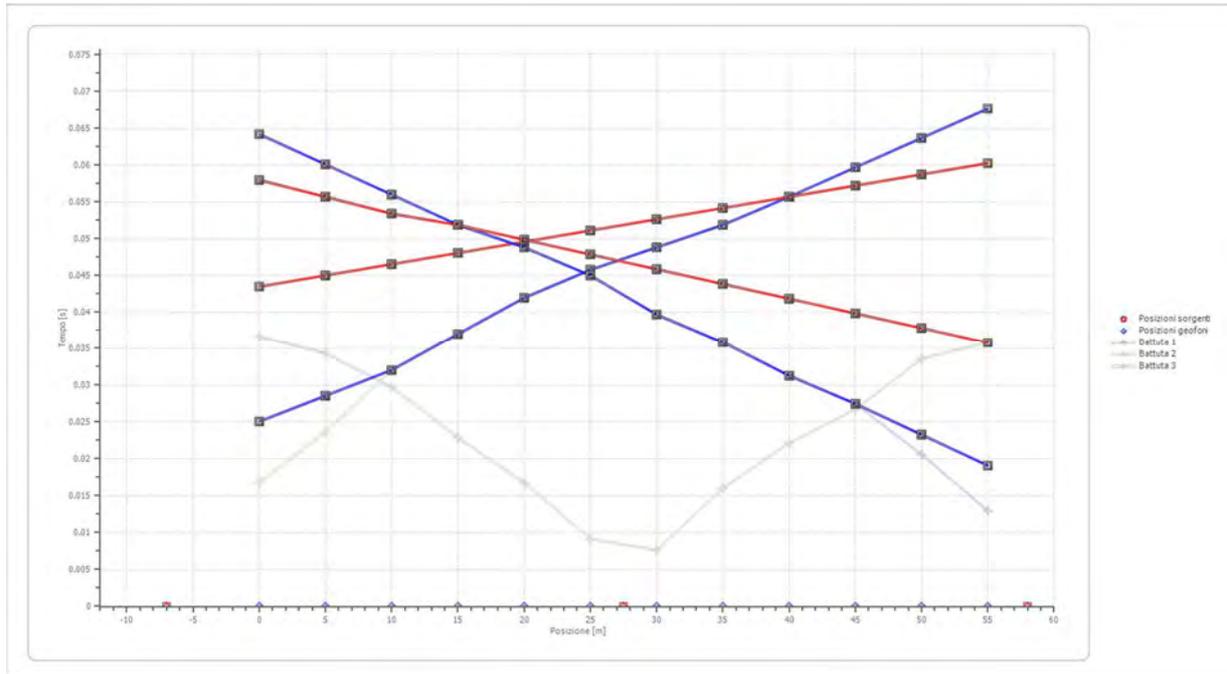
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	36.6027
5.0	34.3151
10.0	29.7397
15.0	22.8767
20.0	16.7763
25.0	9.1507
30.0	7.6256
35.0	16.0137
40.0	22.1142
45.0	26.6895
50.0	33.5525
55.0	35.8402

Dromocrone



Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina, (Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com, web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G,,R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 0.0 [m]	7.1	20.6	--
G= 5.0 [m]	6.9	20.3	--
G= 10.0 [m]	6.7	20.0	--
G= 15.0 [m]	7.0	19.6	--
G= 20.0 [m]	7.7	18.5	--
G= 25.0 [m]	7.7	18.2	--
G= 30.0 [m]	6.8	18.8	--
G= 35.0 [m]	6.5	18.8	--
G= 40.0 [m]	6.3	18.8	--
G= 45.0 [m]	6.3	18.3	--
G= 50.0 [m]	6.2	18.1	--
G= 55.0 [m]	6.2	17.8	--
Velocità [m/sec]	651.7	1255.0	2843.4
Descrizione			

Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina, (Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com, web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

Altri parametri geotecnici

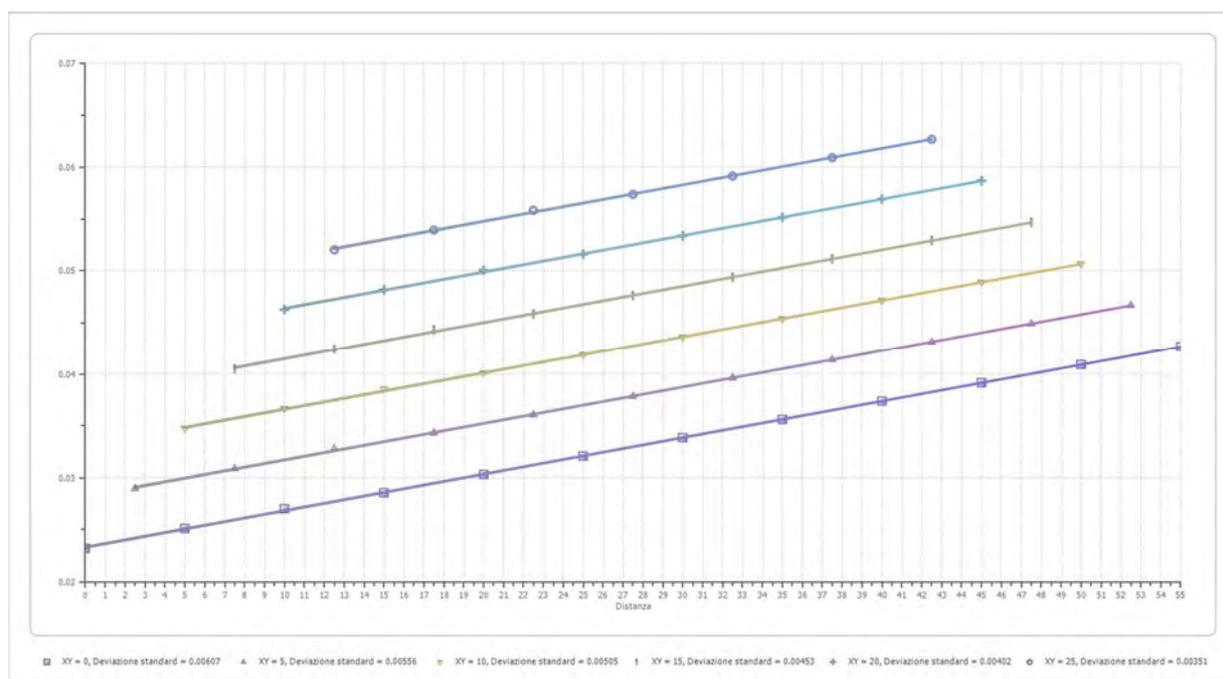
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.37	0.36	0.30
Densità [kg/m ³]	1900.00	1950.00	2300.00
Vp [m/s]	651.67	1255.01	2843.35
Vs [m/s]	296.03	586.98	1519.84
G0 [MPa]	166.50	671.86	5312.78
Ed [Mpa]	806.88	3071.35	18594.72
M0 [MPa]	640.38	2399.49	13281.94
Ey [Mpa]	456.21	1827.45	13813.22

G0: Modulo di deformazione al taglio;

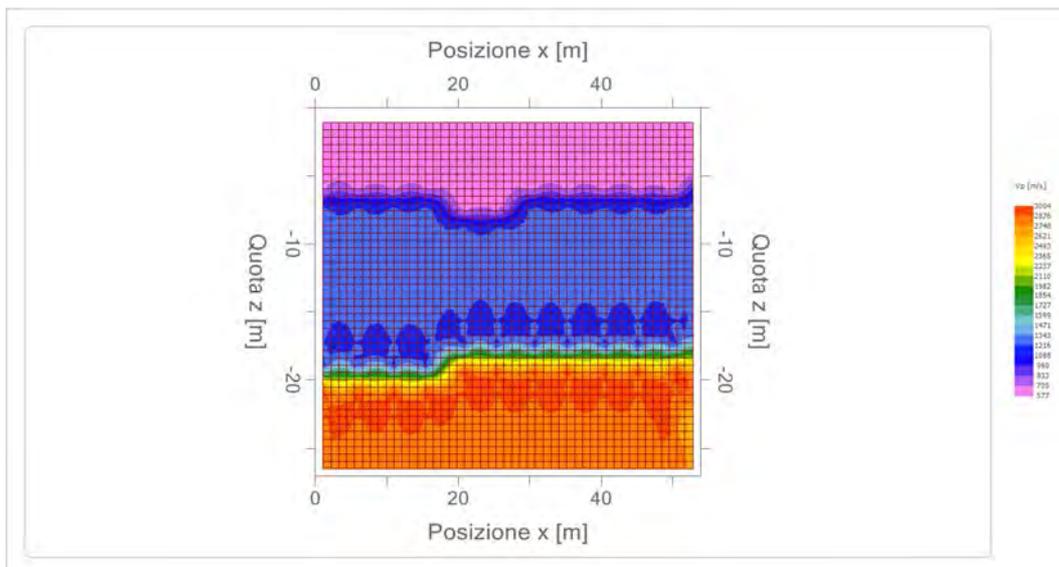
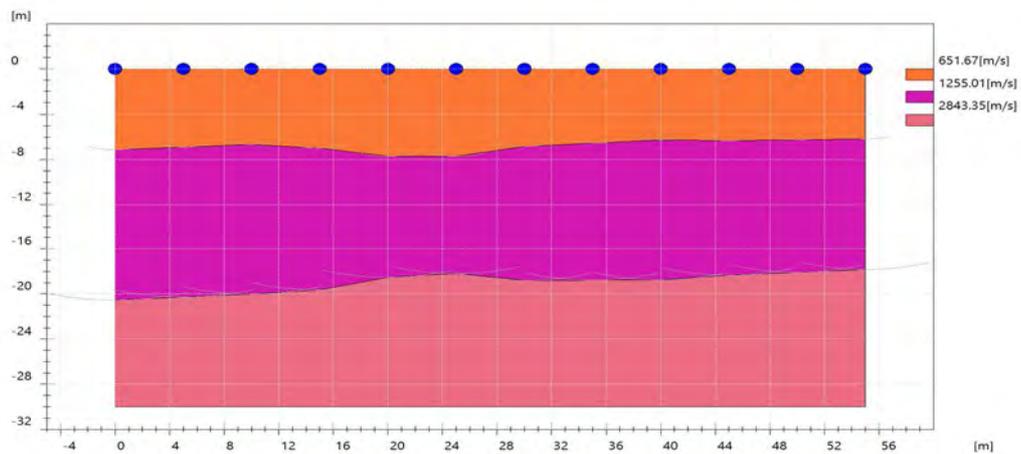
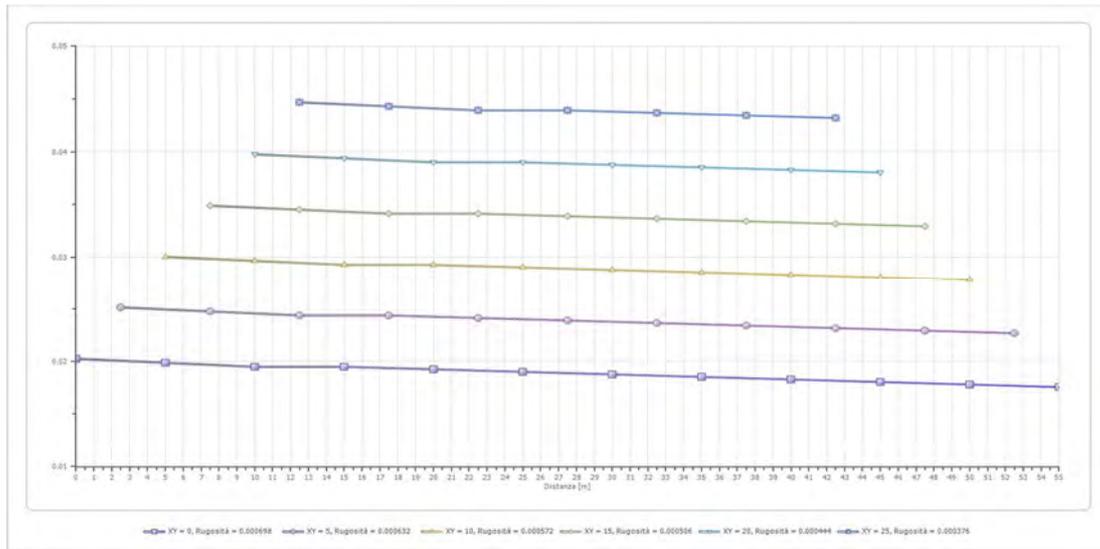
Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



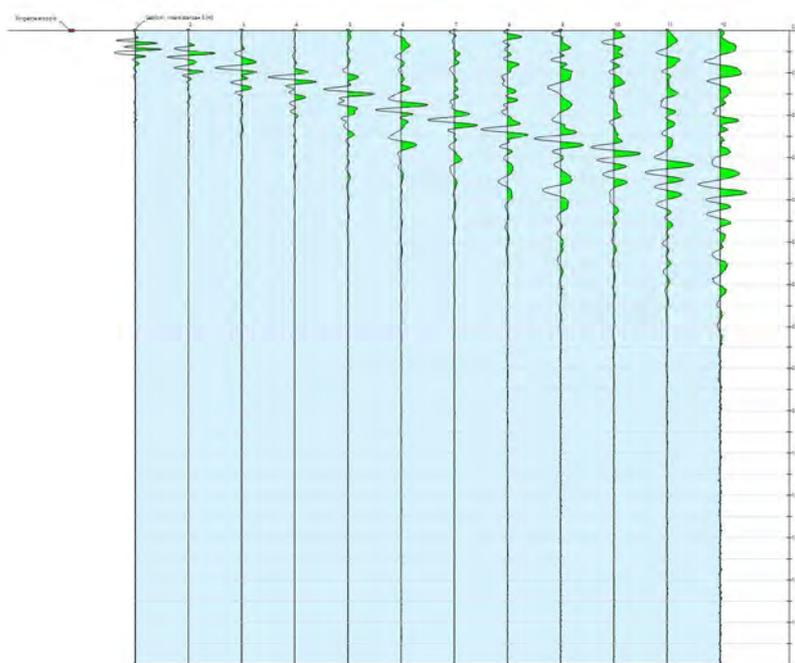
Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina,
 (Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com,
 web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793



Prospezione sismica di tipo Masw 2

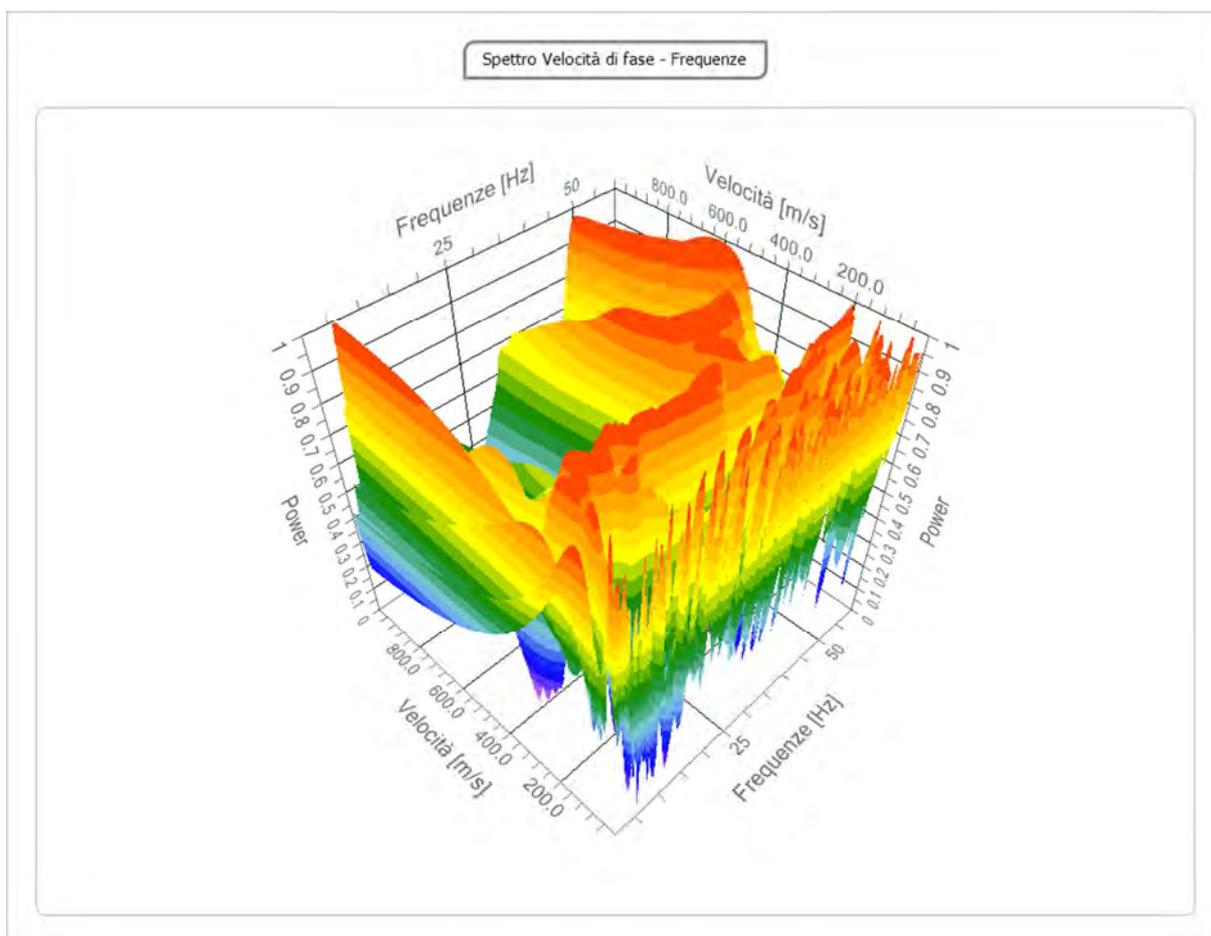
Tracce

N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	1500.0
Interdistanza geofoni [m]	5.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1000
Intervallo velocità [m/sec]	1



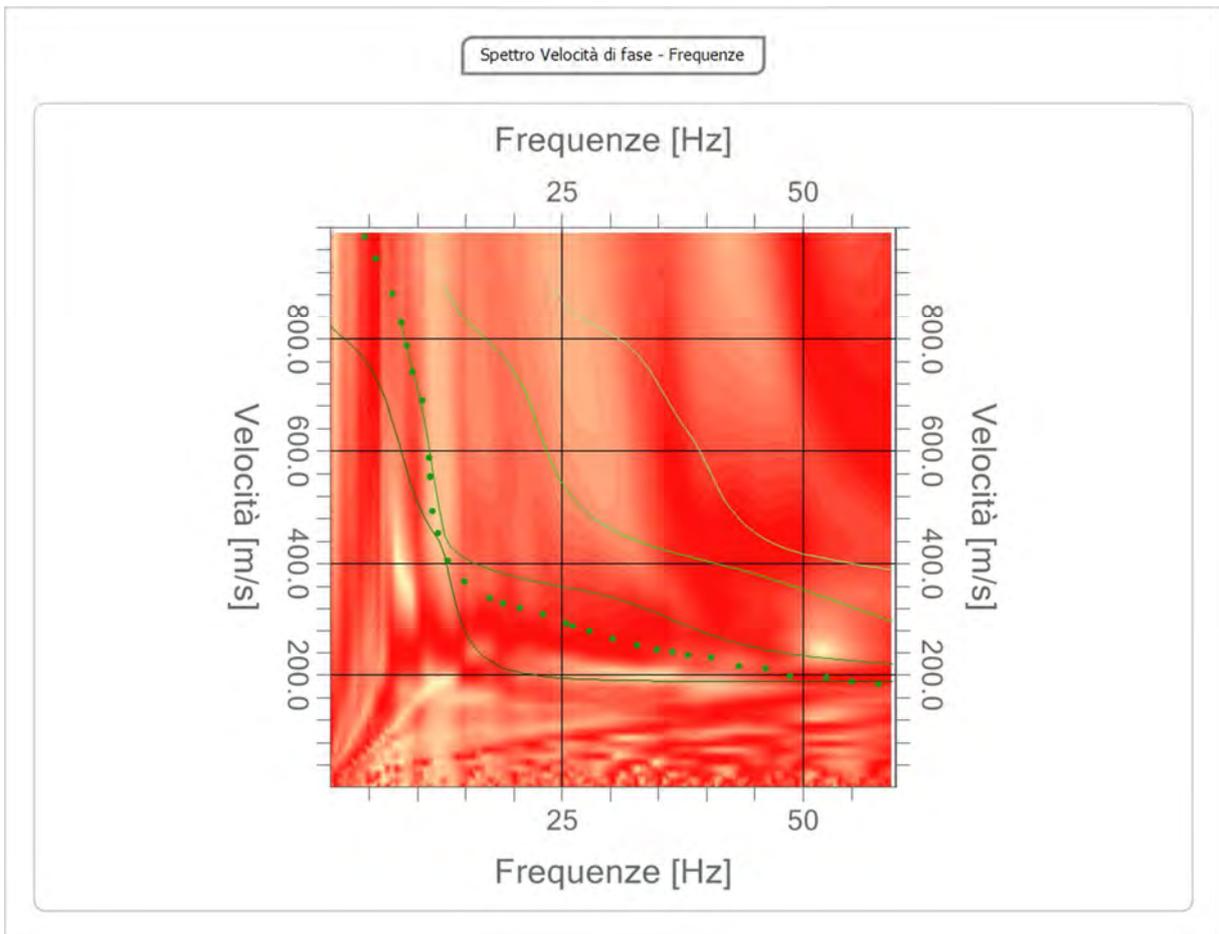
Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina, (Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com, web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	4.6	983.7	1
2	5.7	944.8	1
3	7.5	881.5	1
4	8.3	828.4	1
5	8.9	787.5	1
6	9.5	740.5	1
7	10.5	689.5	1
8	11.2	587.3	1
9	11.3	554.6	1
10	11.6	493.3	1
11	12.2	454.5	1
12	13.1	405.5	1
13	14.9	368.7	1
14	17.6	338.1	1
15	18.9	329.9	1
16	20.7	321.7	1
17	23.1	309.5	1
18	25.5	293.1	1
19	26.2	287.0	1
20	27.9	278.8	1
21	30.3	264.5	1
22	32.8	252.3	1
23	34.9	244.1	1
24	36.5	240.0	1
25	38.1	235.9	1

Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina,
(Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com,
web:www.campoelettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

26	40.5	231.9	1
27	43.4	215.5	1
28	46.1	211.4	1
29	48.7	197.1	1
30	52.5	195.1	1
31	55.2	189.0	1
32	57.9	184.9	1



Inversione

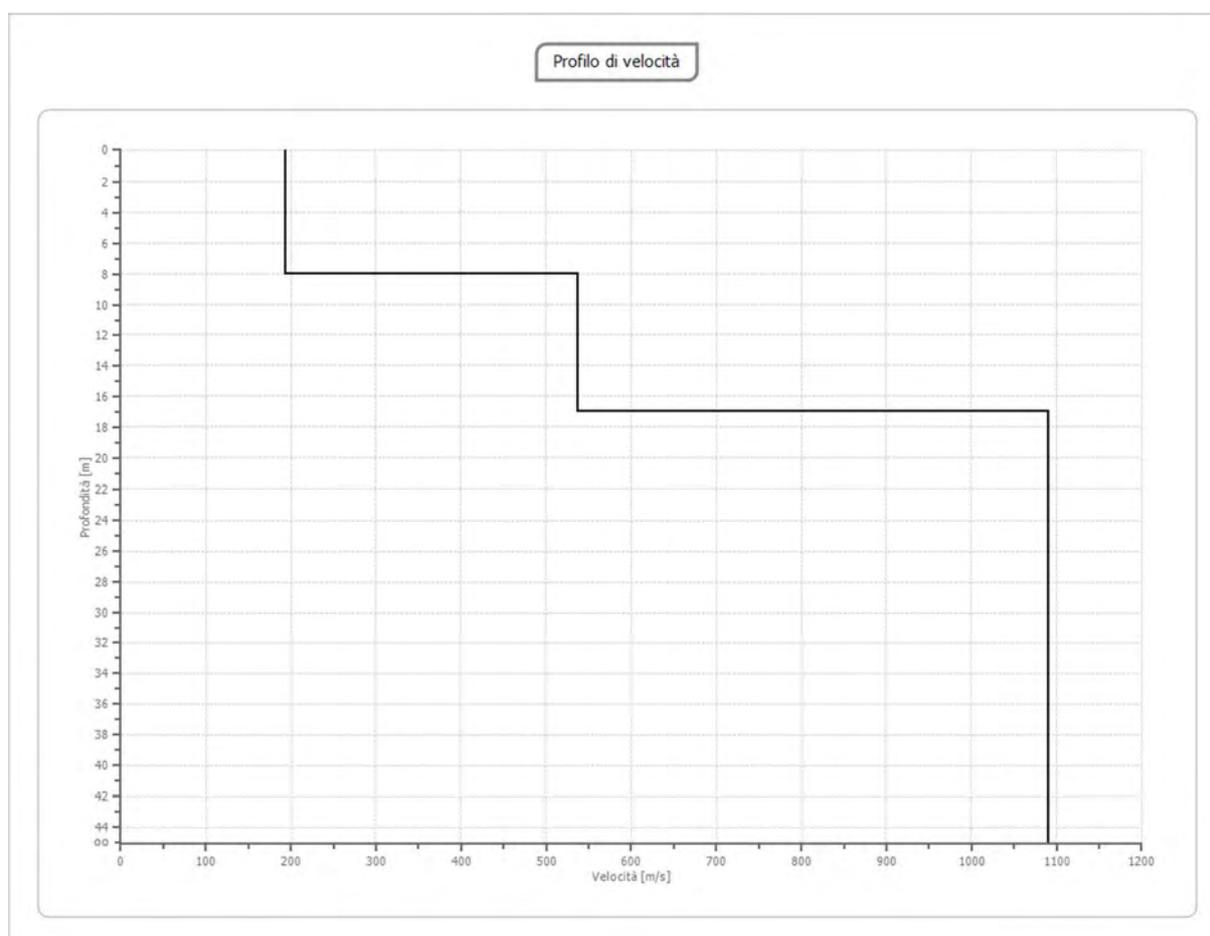
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		8.00	8.00	1900.0	0.37	No	424.6	192.9
2		17.00	9.00	1950.0	0.36	No	1148.7	537.2
3		∞	∞	2300.0	0.30	No	2039.1	1089.9

Percentuale di errore

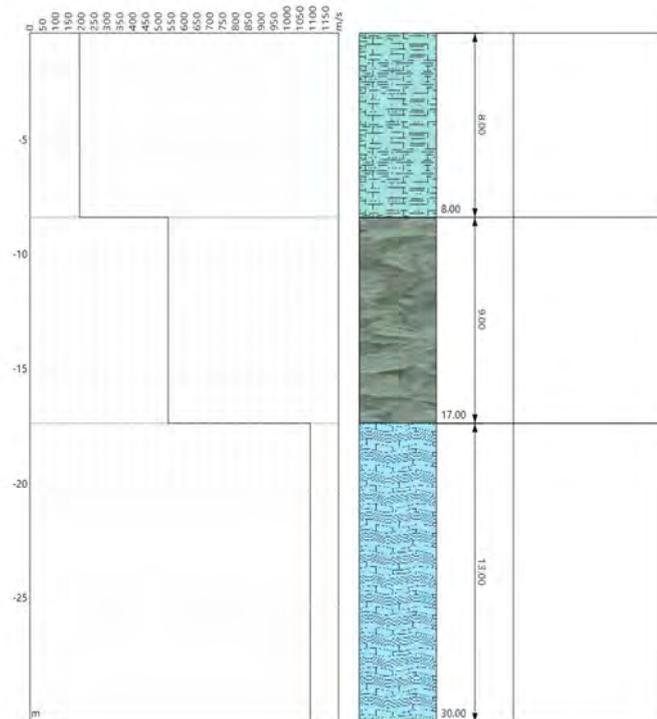
1.799 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.206



Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina, (Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com, web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,30 [m/sec]	427.63
Categoria del suolo	B

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

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	8.00	8.00	192.89	424.62	1900.0	0.37	70.69	342.58	248.33	193.69	85	633.97
2	17.00	9.00	537.24	1148.67	1950.0	0.36	562.83	2572.9	1822.49	1530.9	N/A	N/A
3	oo	oo	1089.94	2039.09	2300.0	0.30	2732.32	9563.14	5920.04	7104.04	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

Alla luce delle informazioni riportate dall'acquisizione delle prove sismiche e dallo studio generico delle carte geologiche dell'area di lavoro, si può ipotizzare una presumibile stratigrafia che in ogni caso deve essere supportata da indagini geomeccaniche dirette :

0-8 Metri - Marne ed arenarie abbastanza alterate

8-20 “ - Marne ed arenarie debolmente compatte

20-30 “ - Marne ed arenarie compatte.

Località	Comune di Sestino INDAGINI SISMICHE PRESSO WTG3
Data	20/12/2022
Latitudine	4846130 (WGS 84 / UTM zone 33N)
Longitudine	277882,9 (WGS 84 / UTM zone 33N)



La lunghezza dello stendimento e' stata di 60 metri, costituito da 12 geofoni verticali di 4,5 Hz, aventi distanza intergeofonica di 5 metri, shot esterni a distanza di 3-5-7 metri dal primo geofono. L'energizzazione è stata ottenuta tramite mazza da 8 kg, battente su piastra metallica.

Prospezione di sismica a rifrazione 3

Geometria geofoni

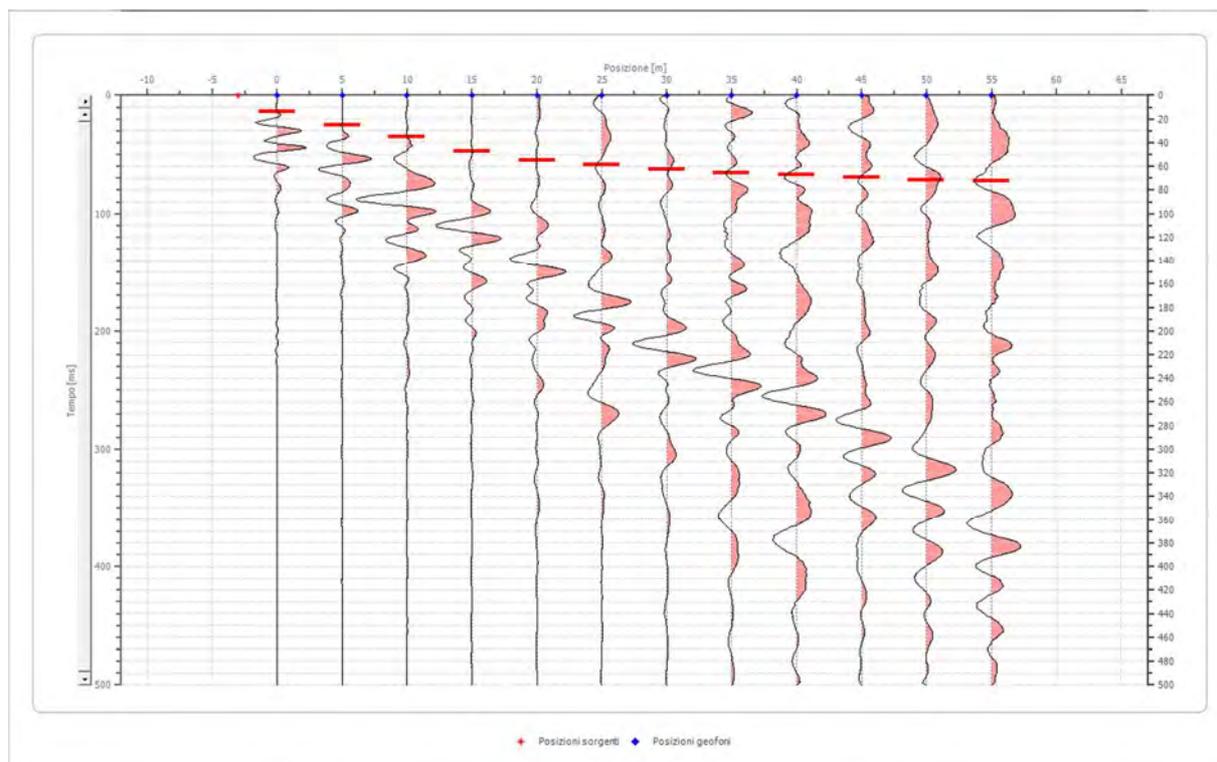
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	5.0	0.0
3	10.0	0.0
4	15.0	0.0
5	20.0	0.0
6	25.0	0.0
7	30.0	0.0
8	35.0	0.0
9	40.0	1.0
10	45.0	2.0
11	50.0	3.0
12	55.0	4.0

Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente X -3 [m]

Posizione sorgente Z -1 [m]

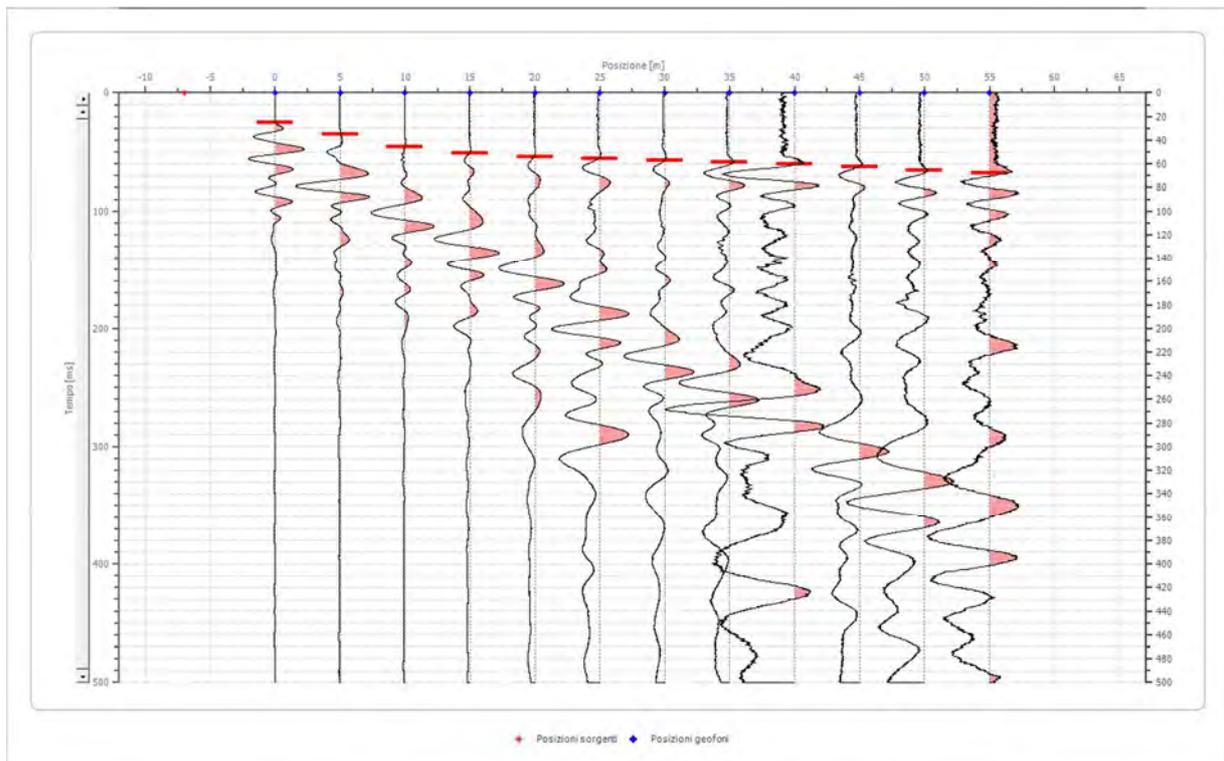


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	13.7260
5.0	25.1644
10.0	35.0776
15.0	47.5132
20.0	54.8455
25.0	58.6582
30.0	62.7643
35.0	65.6972
40.0	67.4570
45.0	69.2167
50.0	71.8564
55.0	72.4429

Battuta 2

Posizione sorgente X -7 [m]

Posizione sorgente Z -1 [m]



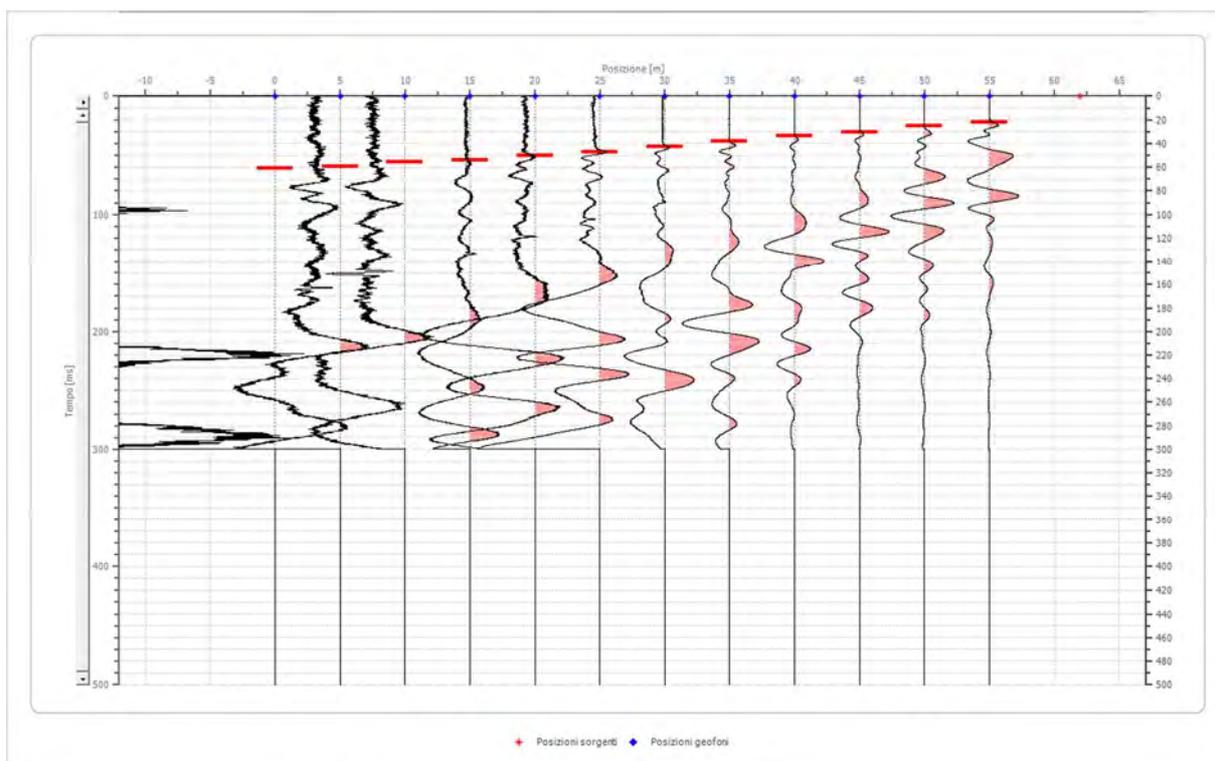
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	25.1644
5.0	35.0776
10.0	45.7534
15.0	51.0913
20.0	54.1416

Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina,
(Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com,
web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

	25.0	55.6667
	30.0	57.1918
	35.0	58.7169
	40.0	60.2420
	45.0	62.5297
	50.0	65.5799
	55.0	67.8676

Battuta 3

Posizione sorgente X 62 [m]
 Posizione sorgente Z 3 [m]



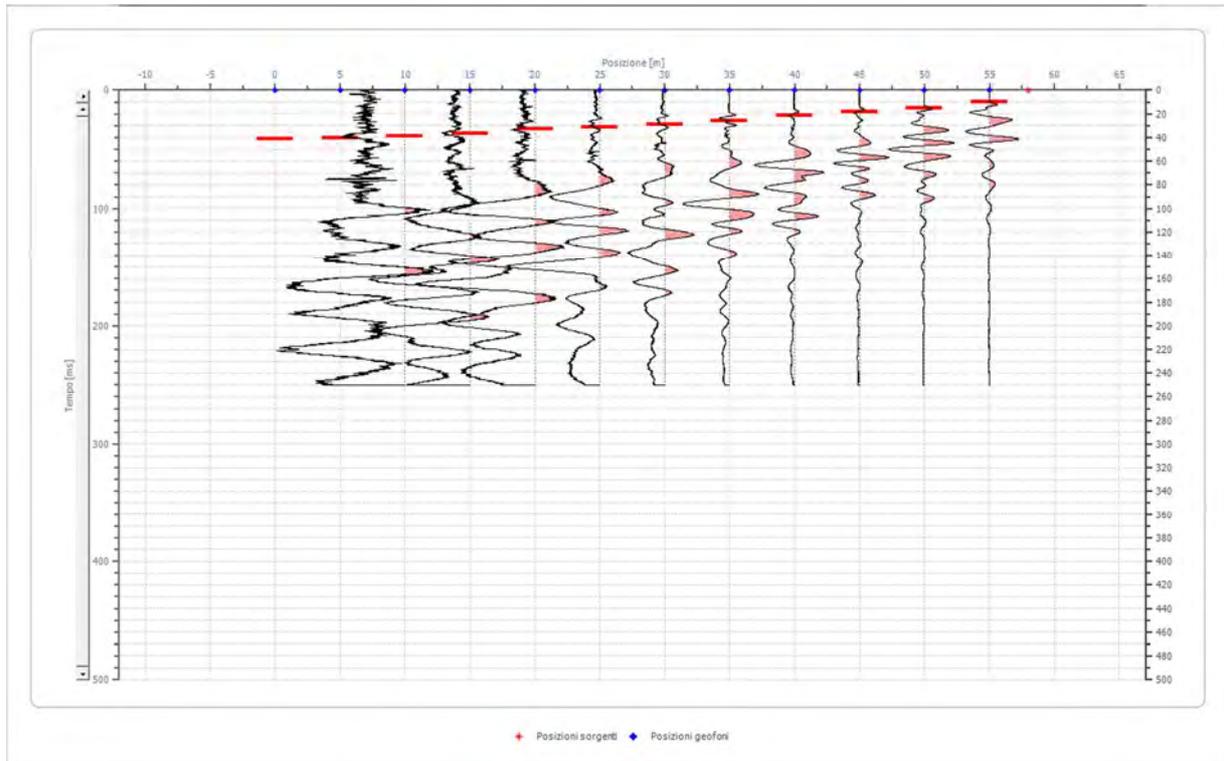
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	61.0046
5.0	59.4795
10.0	55.6667
15.0	54.1416
20.0	50.3288
25.0	46.9266
30.0	42.7032
35.0	38.1279
40.0	33.5525
45.0	30.5023
50.0	25.1644
55.0	22.1142

Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina,
 (Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com,
 web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

Battuta 4

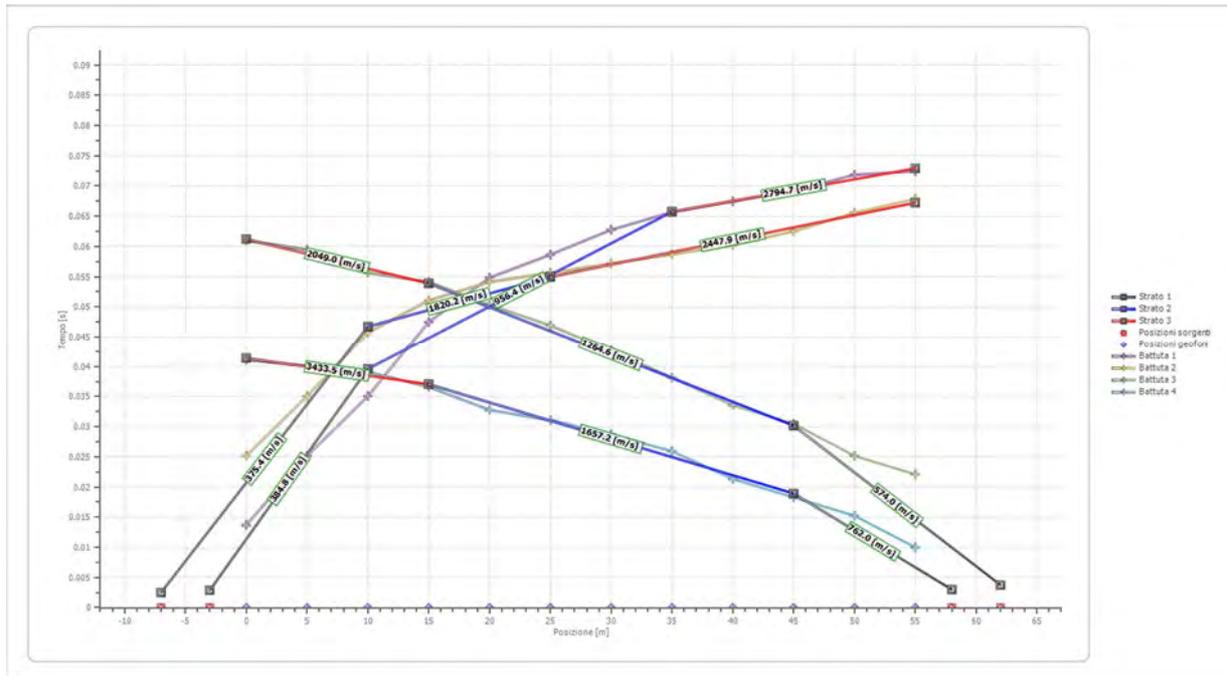
Posizione sorgente X 58 [m]

Posizione sorgente Z -1 [m]

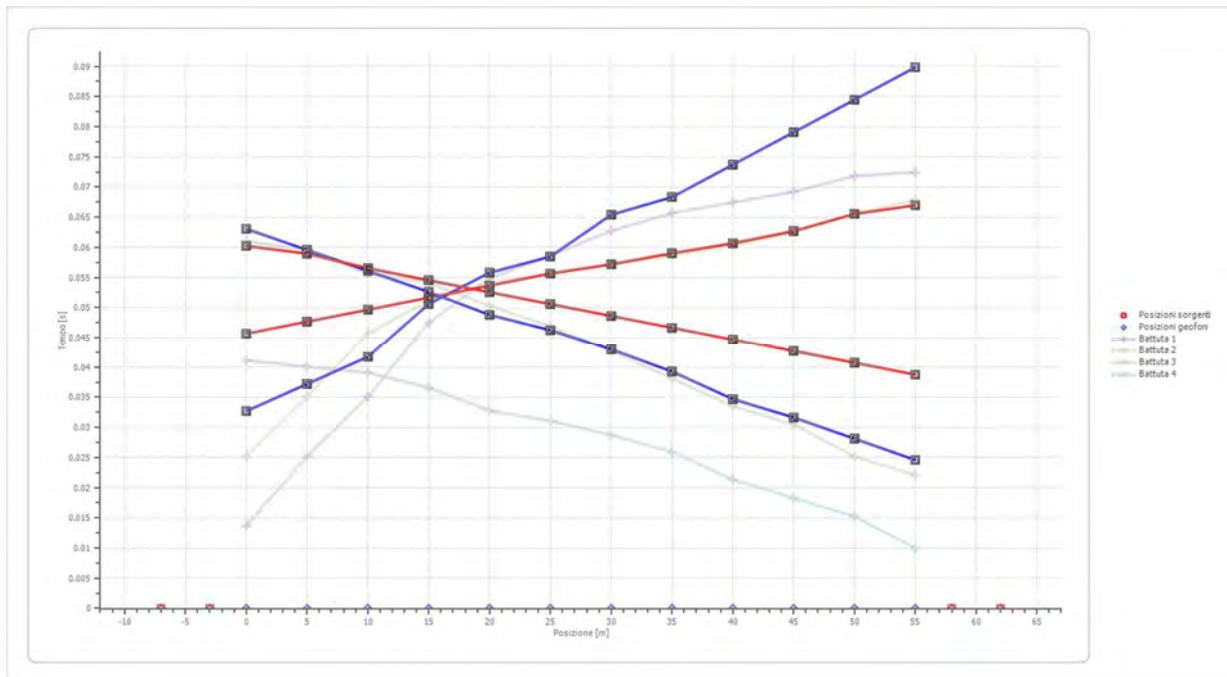


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	41.1242
5.0	40.0945
10.0	39.0965
15.0	36.6027
20.0	32.7900
25.0	31.0889
30.0	28.7425
35.0	25.9269
40.0	21.3516
45.0	18.3014
50.0	15.2511
55.0	10.0000

Dromocrone



Dromocrone traslate



Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina, (Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com, web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

Interpretazione col metodo G_r.R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 0.0 [m]	3.8	20.2	--
G= 5.0 [m]	4.1	20.2	--
G= 10.0 [m]	4.4	19.5	--
G= 15.0 [m]	6.0	17.2	--
G= 20.0 [m]	6.4	16.7	--
G= 25.0 [m]	6.4	16.6	--
G= 30.0 [m]	7.5	14.8	--
G= 35.0 [m]	7.3	15.1	--
G= 40.0 [m]	7.5	14.5	--
G= 45.0 [m]	8.2	13.6	--
G= 50.0 [m]	8.8	13.4	--
G= 55.0 [m]	9.3	12.3	--
Velocità [m/sec]	524.0	1156.1	2564.6
Descrizione			

Altri parametri geotecnici

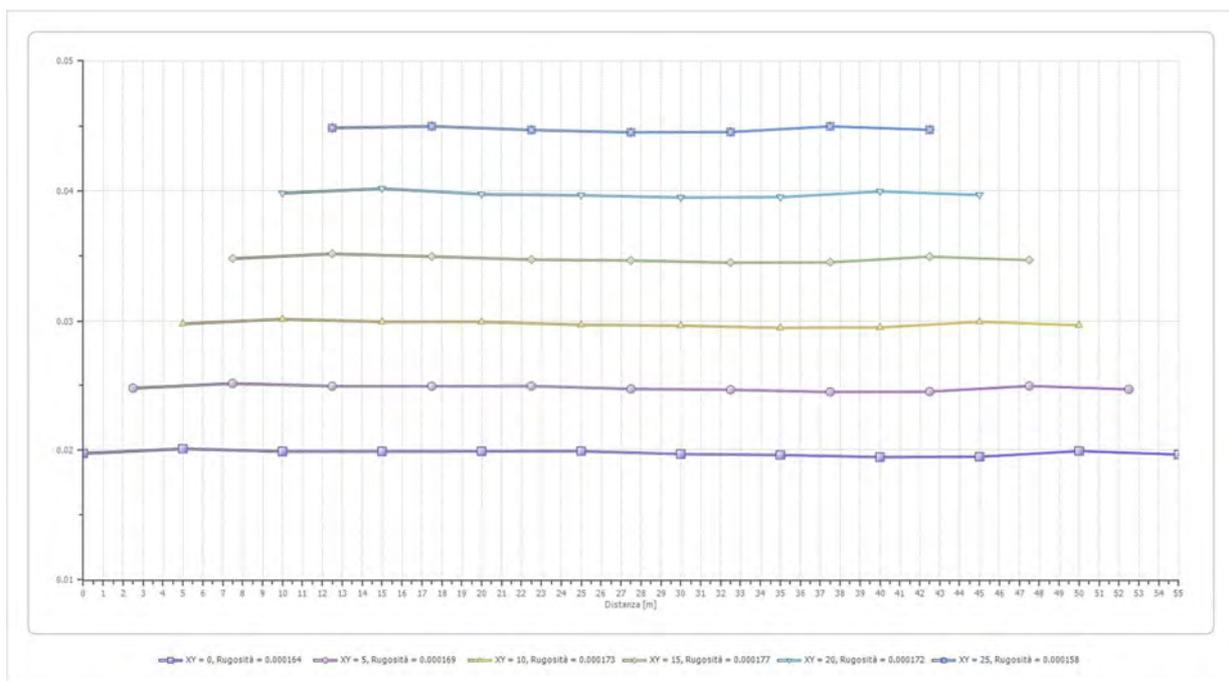
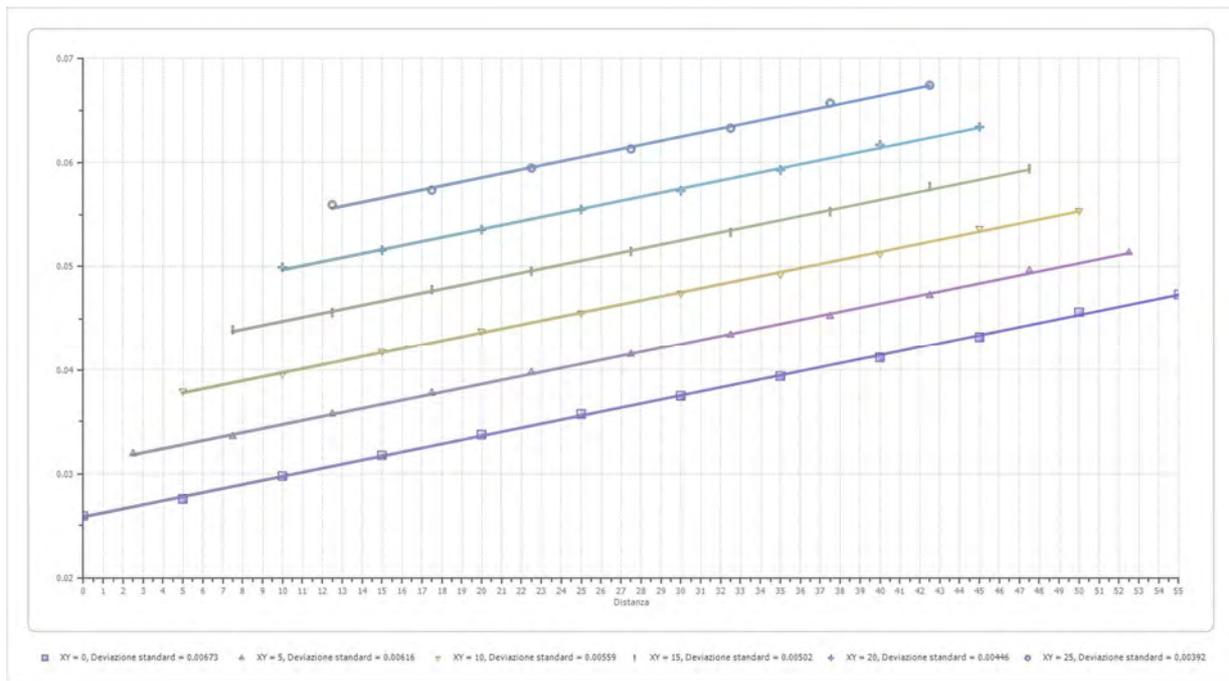
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.35	0.34	0.30
Densità [kg/m ³]	1800.00	1950.00	2200.00
Vp [m/s]	524.02	1156.14	2564.59
Vs [m/s]	251.73	569.24	1370.83
G0 [MPa]	114.06	631.88	4134.19
Ed [Mpa]	494.27	2606.50	14469.68
M0 [MPa]	380.21	1974.62	10335.49
Ey [Mpa]	307.97	1693.43	10748.90

G0: Modulo di deformazione al taglio;

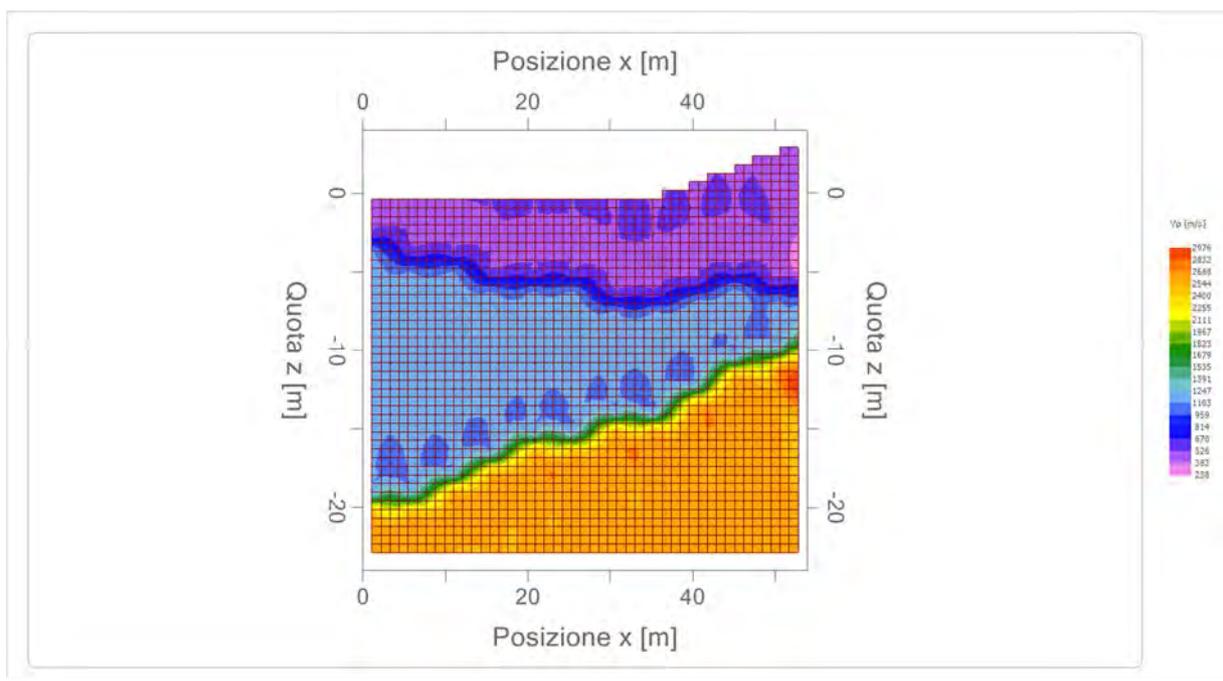
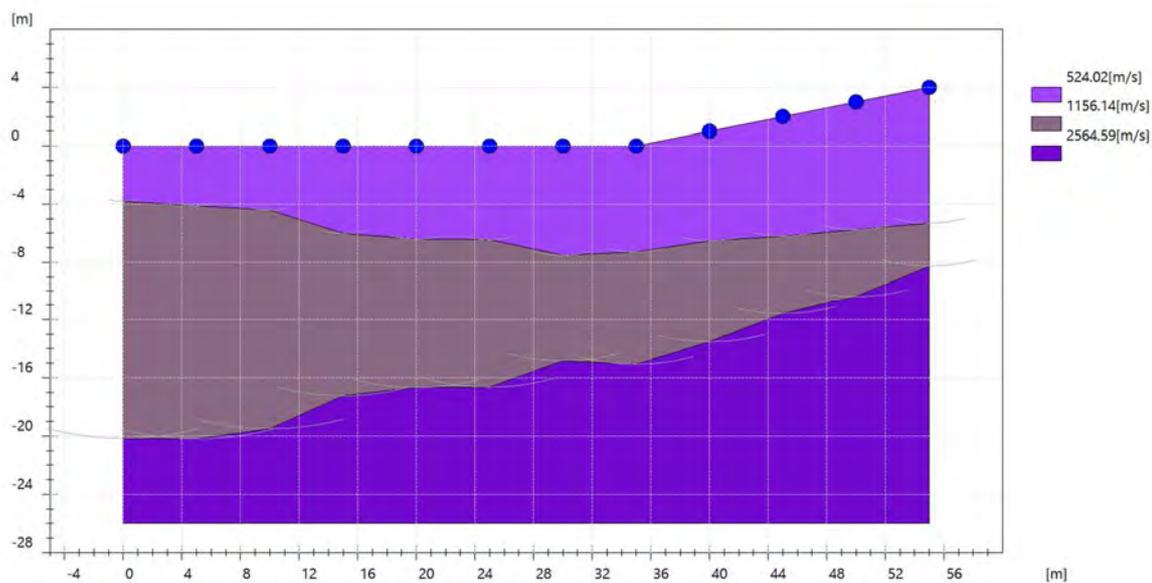
Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



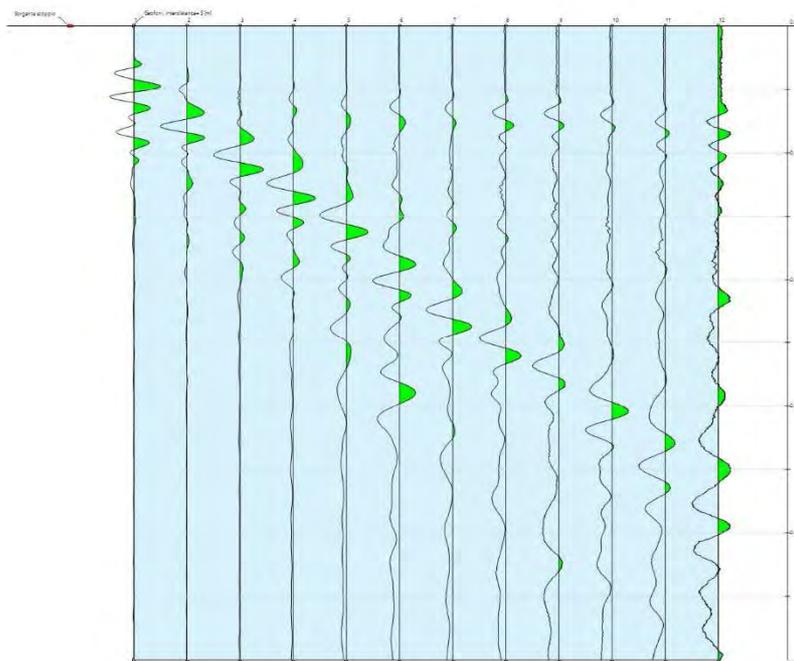
Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina,
 (Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com,
 web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793



Prospezione sismica di tipo Masw 3

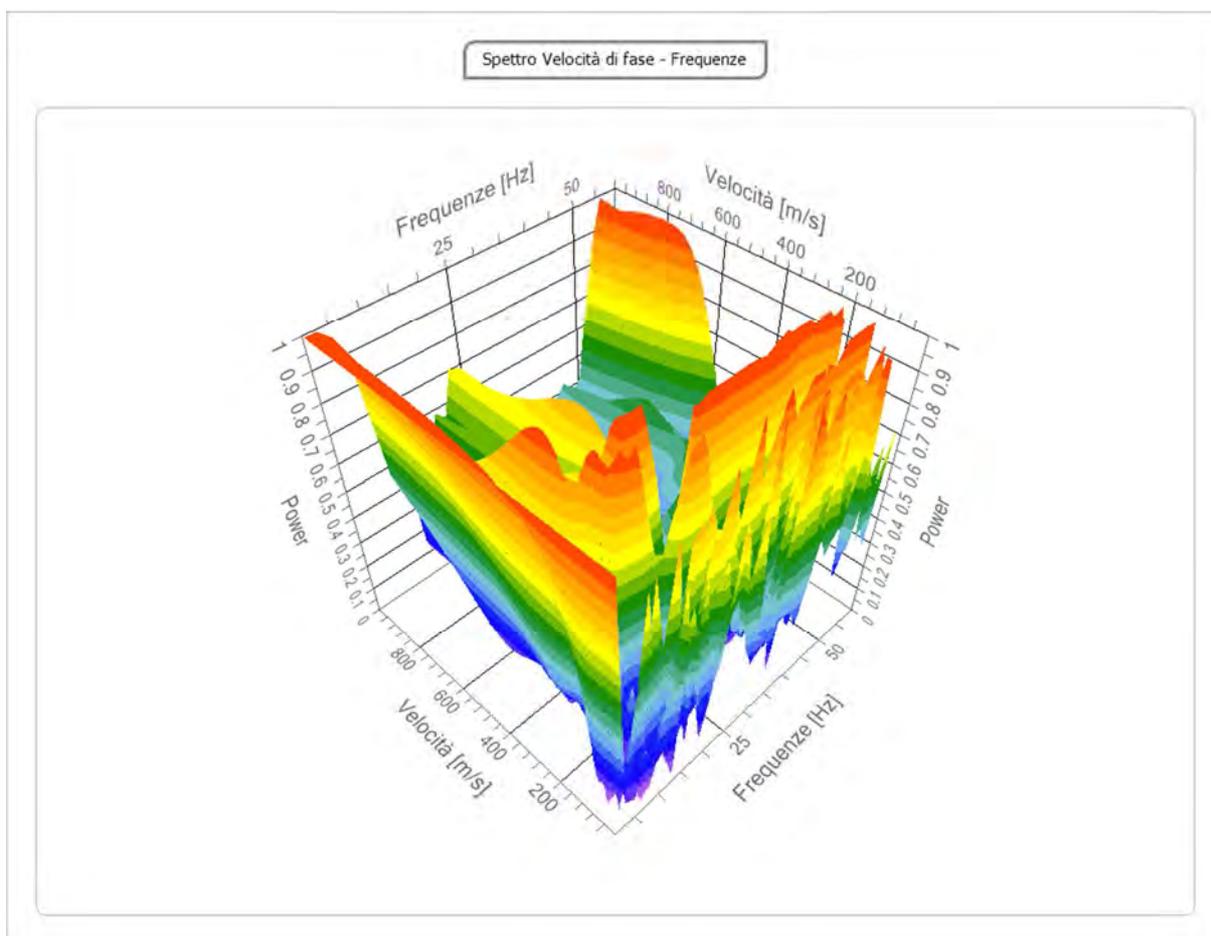
Tracce

N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	500.0
Interdistanza geofoni [m]	5.0
Periodo di campionamento [msec]	0.125



Analisi spettrale

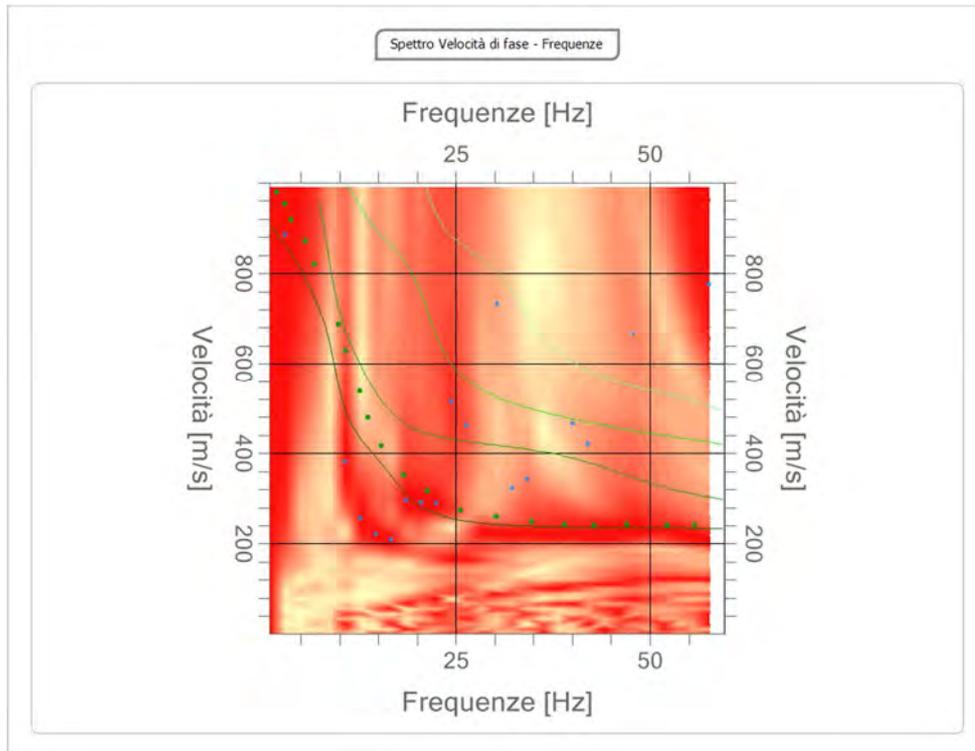
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1000
Intervallo velocità [m/sec]	1



Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina, (Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com, web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	2.0	979.6	1
2	2.9	953.0	1
3	3.8	918.3	1
4	5.6	871.3	1
5	6.8	820.2	1
6	9.9	687.4	1
7	10.7	628.2	1
8	12.6	538.3	1
9	13.6	479.0	1
10	15.4	417.8	1
11	18.3	352.4	1
12	21.3	317.7	1
13	25.6	274.8	1
14	30.2	260.5	1
15	34.7	248.2	1
16	39.1	242.1	1
17	42.8	240.0	1
18	47.1	242.1	1
19	52.3	240.0	1
20	55.8	240.0	1

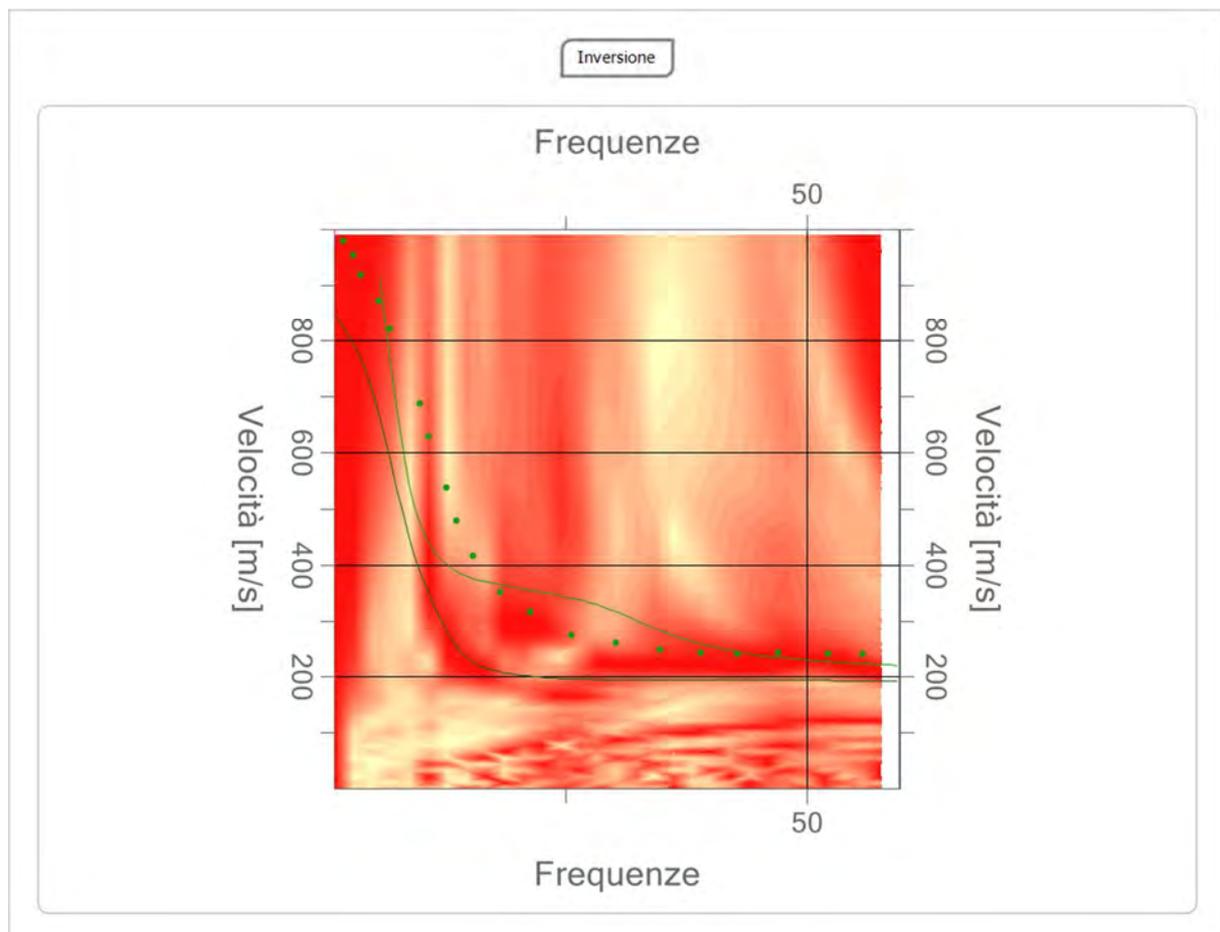


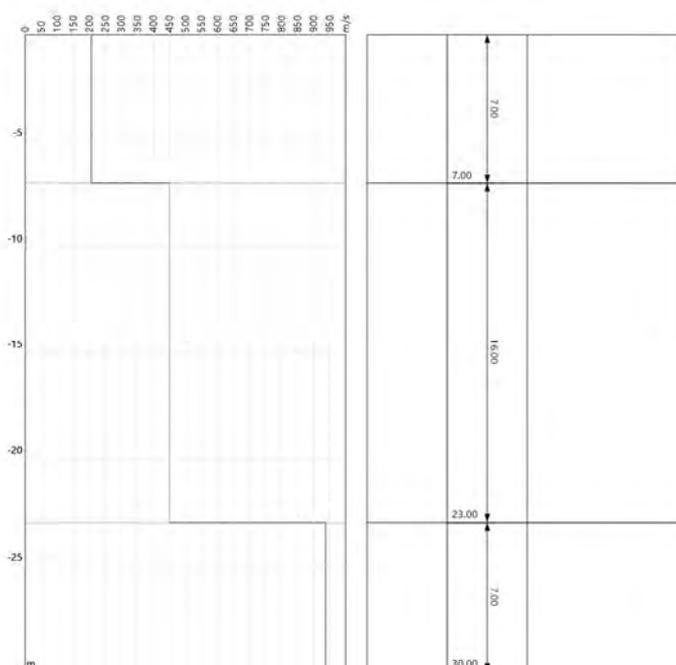
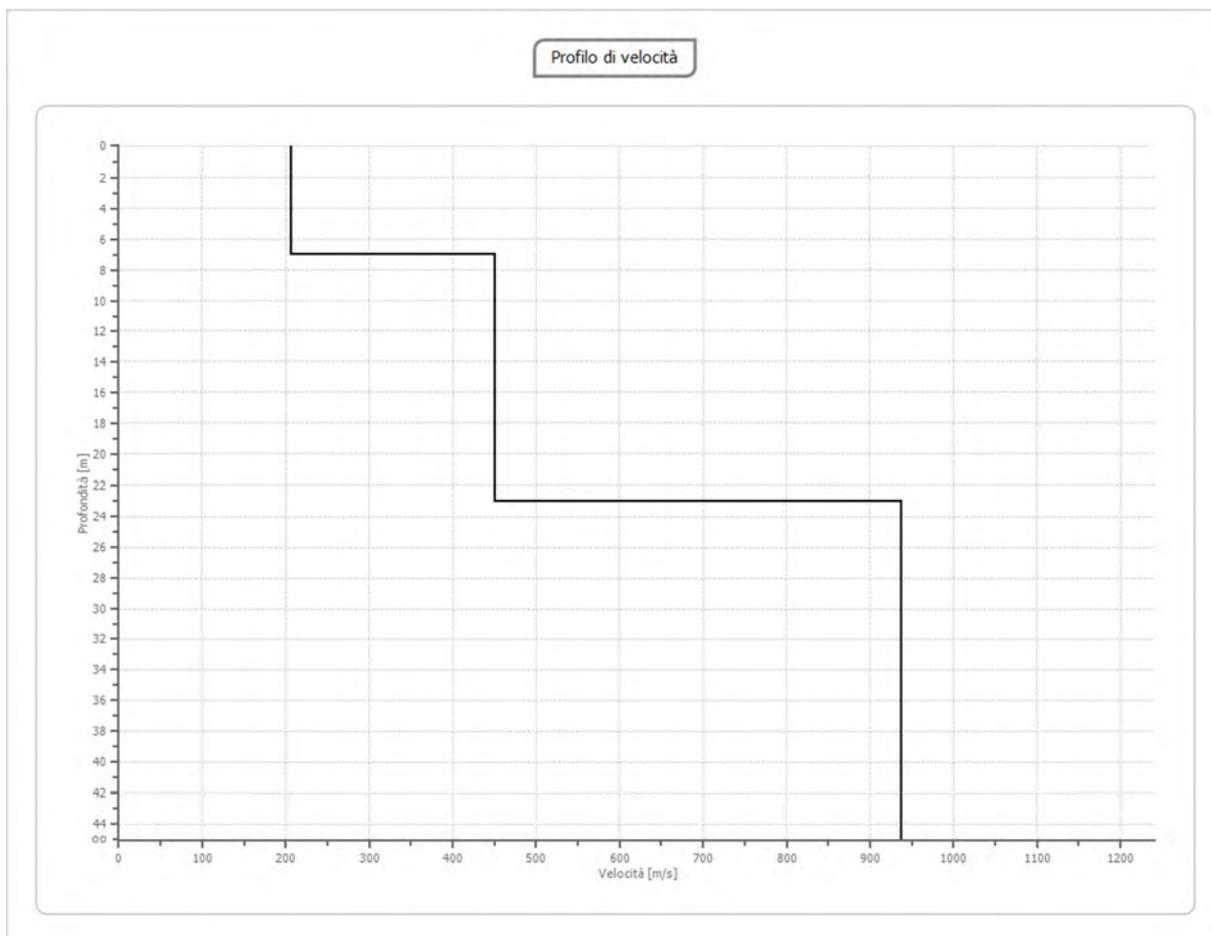
Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		7.00	7.00	1800.0	0.35	No	429.5	206.3
2		23.00	16.00	1950.0	0.34	No	915.1	450.5
3		oo	oo	2200.0	0.30	No	1753.8	937.4

Percentuale di errore 3.388 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.657





Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina,
 (Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com,
 web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,30 [m/sec]	390.10
Categoria del suolo	B

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

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	7.00	7.00	206.34	429.54	1800.00	0.35	76.64	332.10	229.92	206.93	N/A	889.66
2	23.00	16.00	450.55	915.07	1950.00	0.34	395.84	1632.84	1105.05	1060.85	N/A	N/A
3	oo	oo	937.42	1753.76	2200.00	0.30	1933.28	6766.47	4188.77	5026.52	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

Alla luce delle informazioni riportate dall'acquisizione delle prove sismiche e dallo studio delle carte geologiche dell'area di lavoro, si può ipotizzare una presumibile stratigrafia che in ogni caso deve essere supportata da indagini geomeccaniche dirette :

0-7 Metri - Marne ed arenarie abbastanza alterate

7-16 “ - Marne ed arenarie debolmente compatte

16-30 “ - Marne ed arenarie compatte.

Località	Comune di Sestino INDAGINI SISMICHE PRESSO WTG4
Data	20/12/2022
Latitudine	4845432,39 (WGS 84 / UTM zone 33N)
Longitudine	277402,19 (WGS 84 / UTM zone 33N)



La lunghezza dello stendimento e' stata di 60 metri, costituito da 12 geofoni verticali di 4,5 Hz, aventi distanza intergeofonica di 5 metri, shot esterni a distanza di 3-5-7 metri dal primo geofono. L' energizzazione è stata ottenuta tramite mazza da 8 kg, battente su piastra metallica.

Prospezione di sismica a rifrazione 4

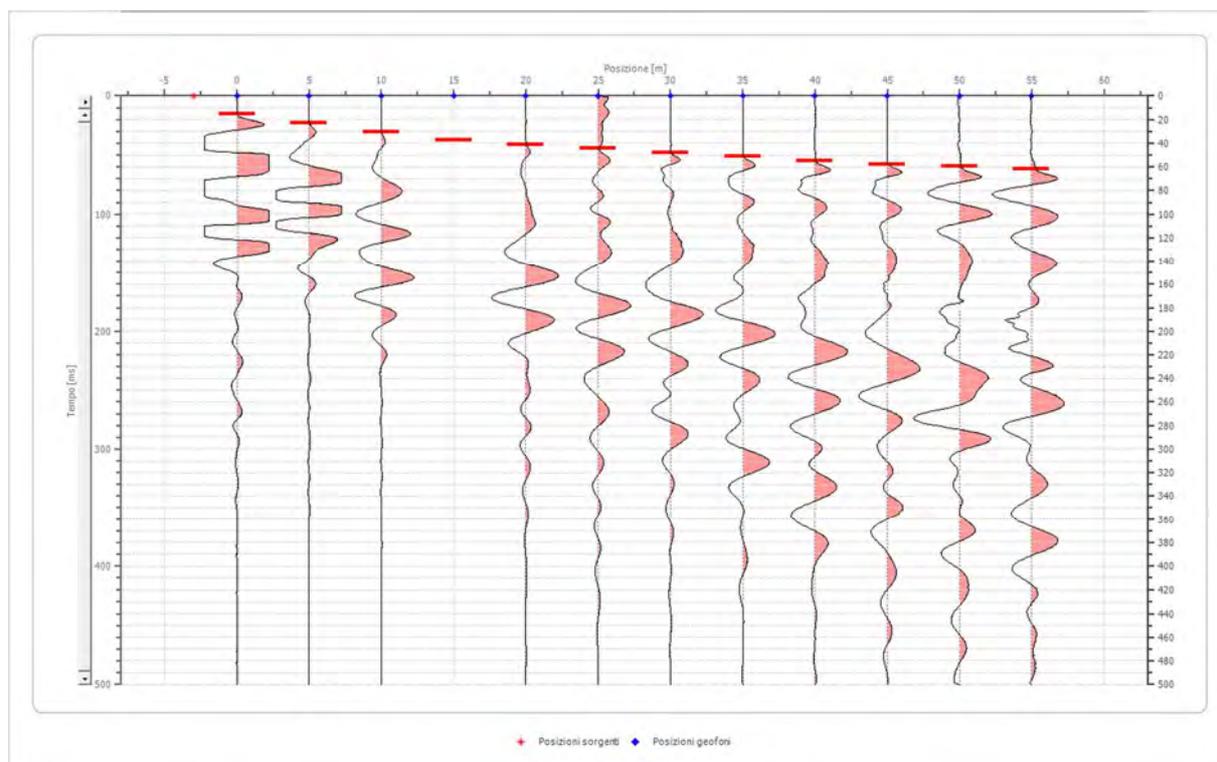
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	5.0	0.1
3	10.0	0.2
4	15.0	0.3
5	20.0	0.4
6	25.0	0.6
7	30.0	0.7
8	35.0	0.8
9	40.0	0.9
10	45.0	1.0
11	50.0	1.5
12	55.0	2.0

Dati battute

Battuta 1

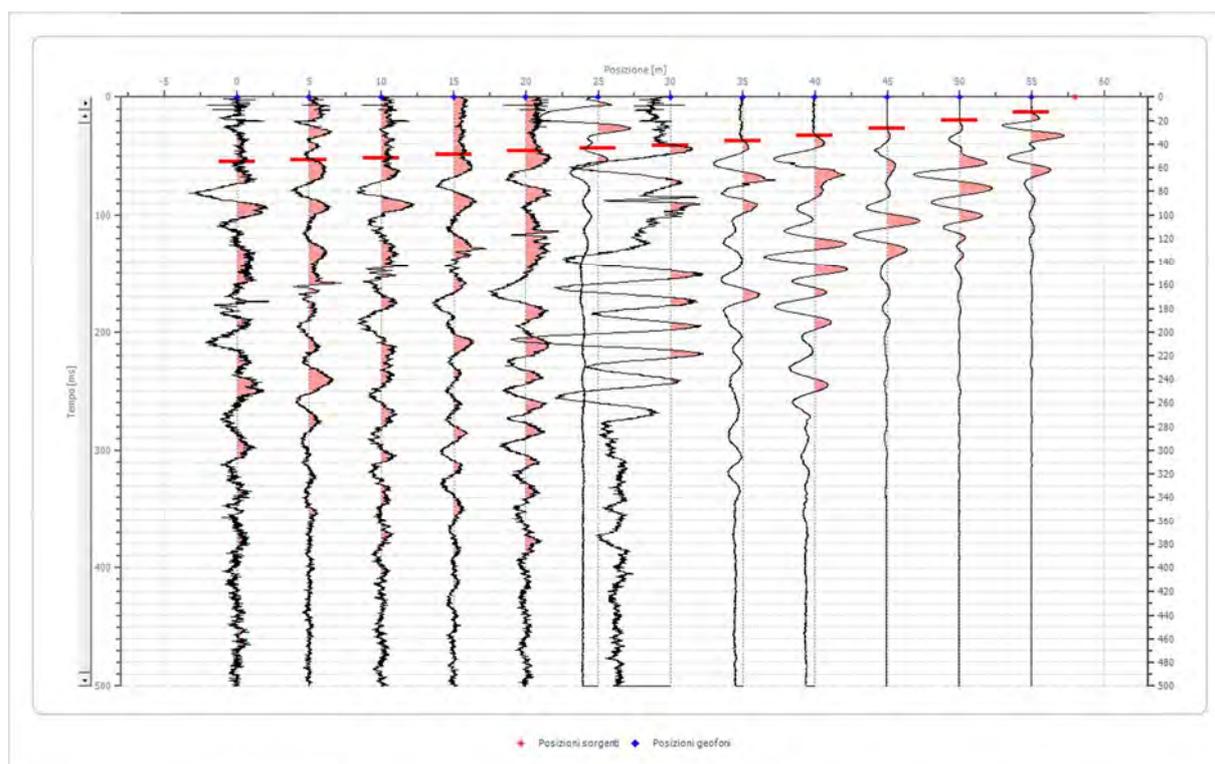
Posizione sorgente X -3 [m]
Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	15.5562
5.0	22.5717
10.0	30.5023
15.0	37.0000
20.0	40.8731
25.0	44.2283
30.0	48.0411
35.0	51.0913
40.0	54.9041
45.0	57.9544
50.0	59.7845
55.0	61.9196

Battuta 2

Posizione sorgente X 58 [m]
 Posizione sorgente Z 2 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	55.0131
5.0	53.3790
10.0	51.7449
15.0	49.0215

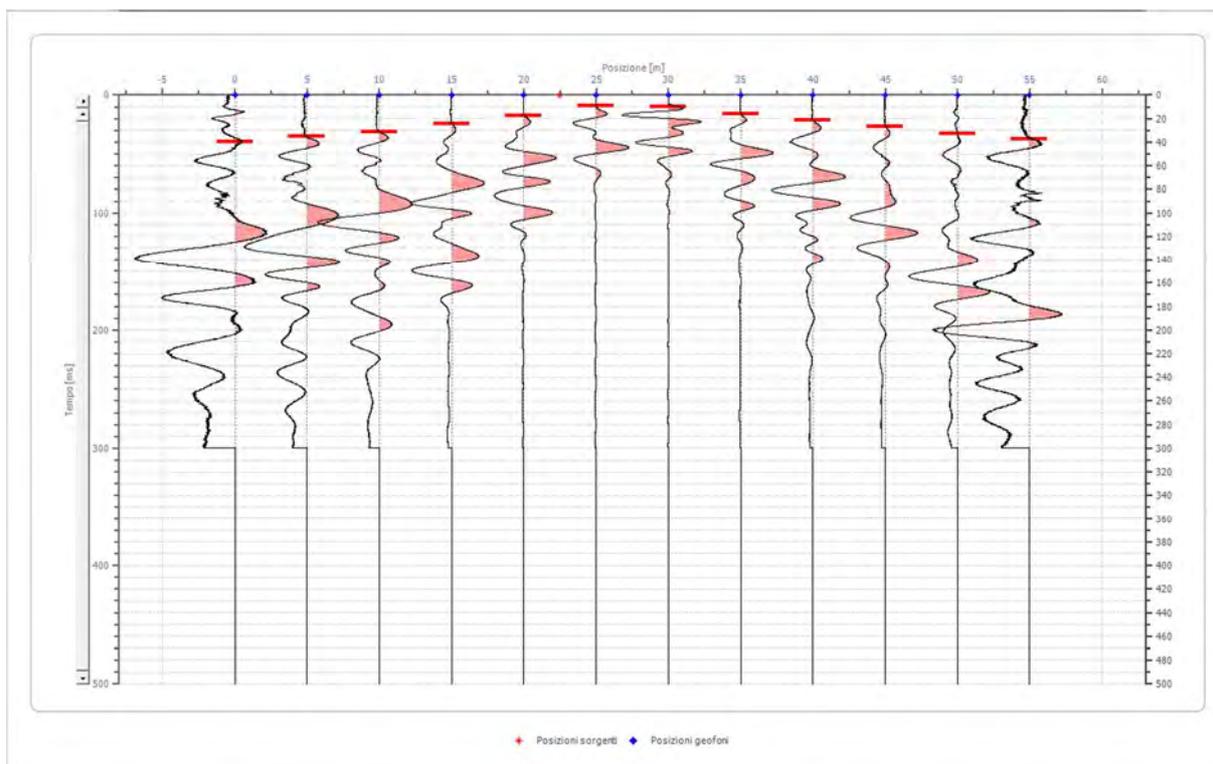
Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina,
 (Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com,
 web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

	20.0	45.7534
	25.0	43.5747
	30.0	41.3960
	35.0	37.5832
	40.0	32.6810
	45.0	26.6895
	50.0	19.6086
	55.0	13.0724

Battuta 3

Posizione sorgente X 23 [m]

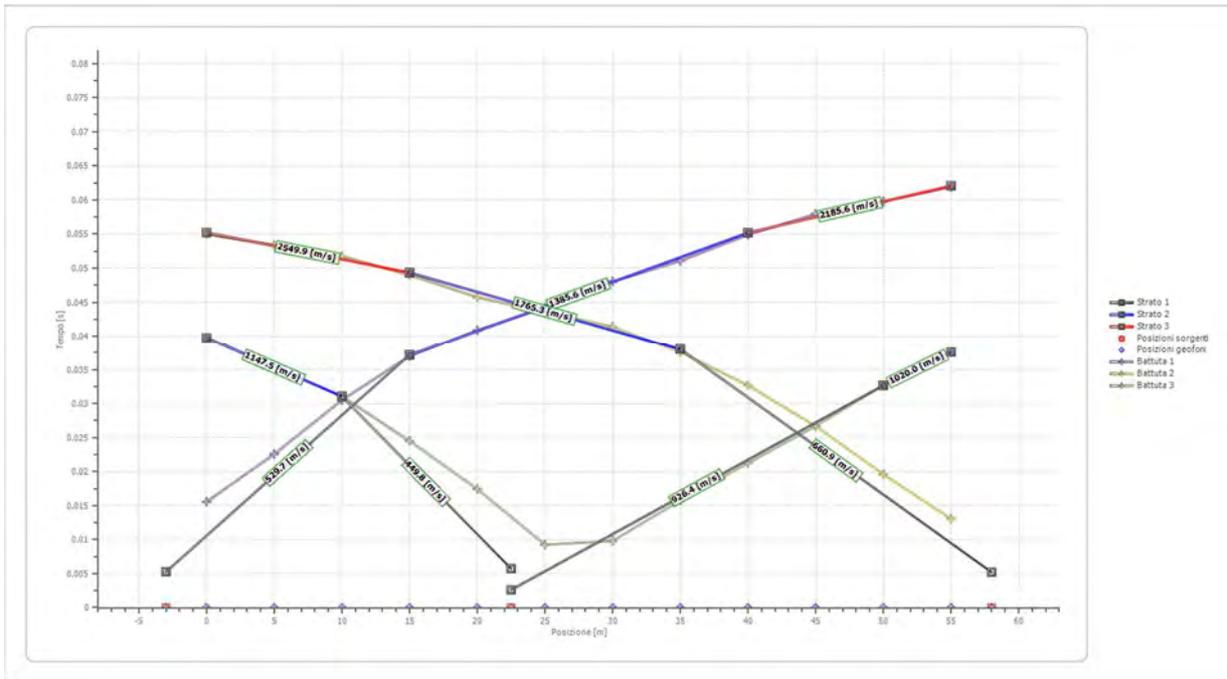
Posizione sorgente Z 1 [m]



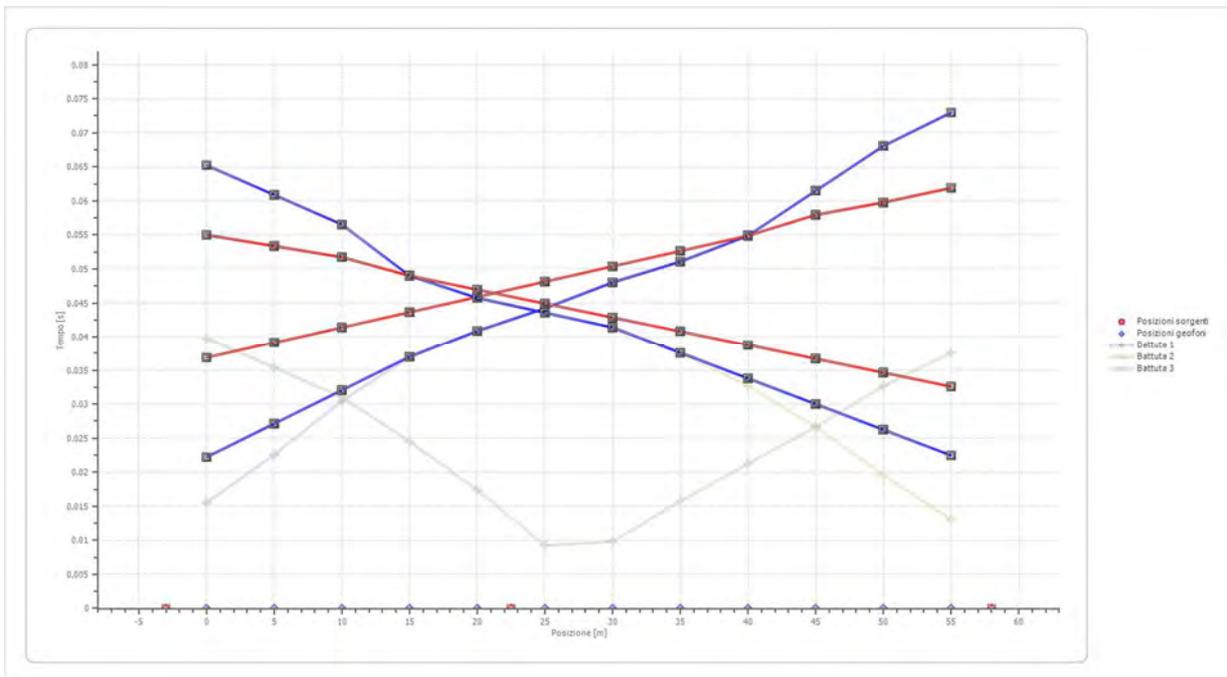
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	39.7619
5.0	35.4044
10.0	31.0470
15.0	24.5108
20.0	17.4299
25.0	9.2596
30.0	9.8043
35.0	15.7958
40.0	21.2427
45.0	26.6895
50.0	32.6810
55.0	37.5832

Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina,
(Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com,
web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

Dromocrone



Dromocrone traslate



Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina, (Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com, web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

Interpretazione col metodo G_r,R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 0.0 [m]	6.6	15.6	--
G= 5.0 [m]	6.8	15.8	--
G= 10.0 [m]	7.0	16.0	--
G= 15.0 [m]	6.0	16.8	--
G= 20.0 [m]	6.2	16.6	--
G= 25.0 [m]	6.7	16.3	--
G= 30.0 [m]	7.3	15.7	--
G= 35.0 [m]	7.0	16.2	--
G= 40.0 [m]	7.0	16.3	--
G= 45.0 [m]	8.1	15.8	--
G= 50.0 [m]	9.1	14.4	--
G= 55.0 [m]	9.6	13.9	--
Velocità [m/sec]	641.7	1229.0	2291.8
Descrizione			

Altri parametri geotecnici

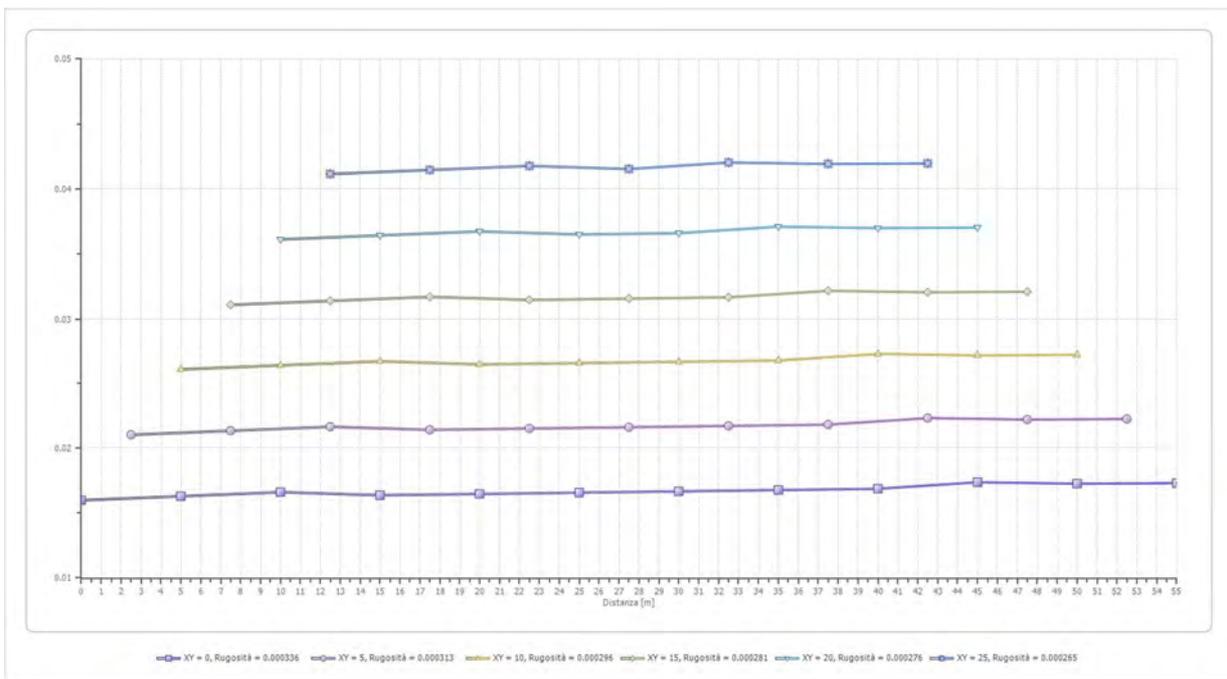
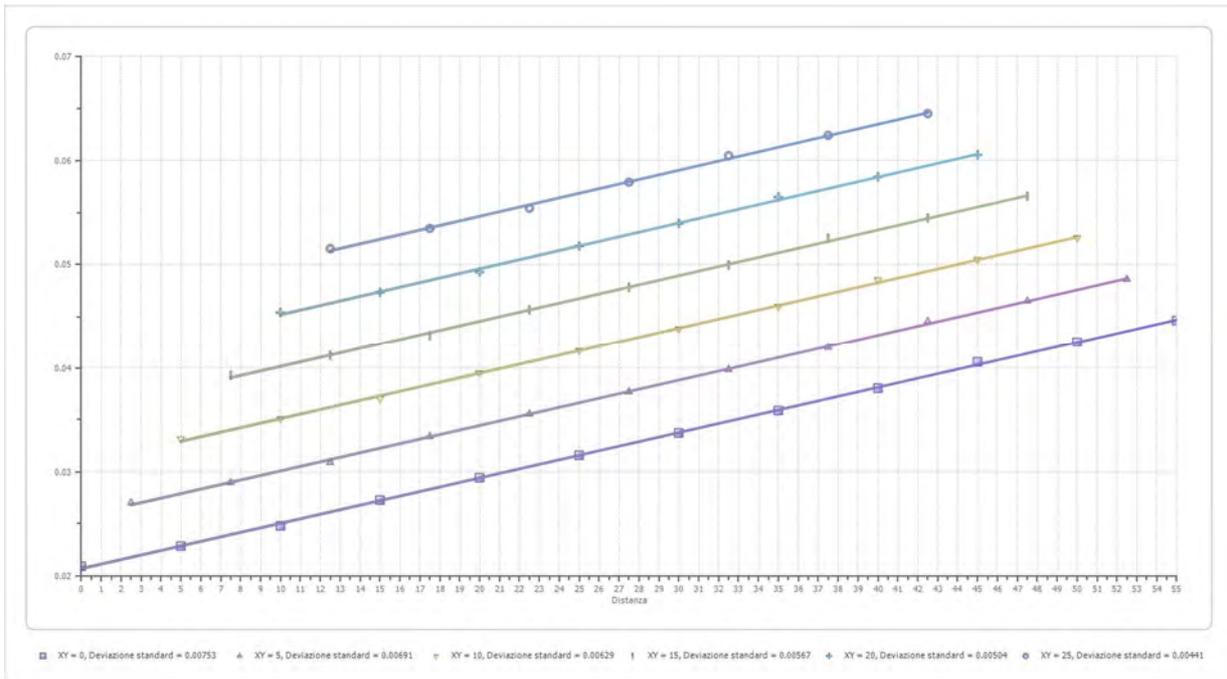
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.36	0.34	0.32
Densità [kg/m ³]	1900.00	2000.00	2200.00
Vp [m/s]	641.71	1228.97	2291.83
Vs [m/s]	300.13	605.11	1179.14
G0 [MPa]	171.15	732.30	3058.81
Ed [Mpa]	782.40	3020.76	11555.49
M0 [MPa]	611.25	2288.45	8496.68
Ey [Mpa]	465.53	1962.58	8075.25

G0: Modulo di deformazione al taglio;

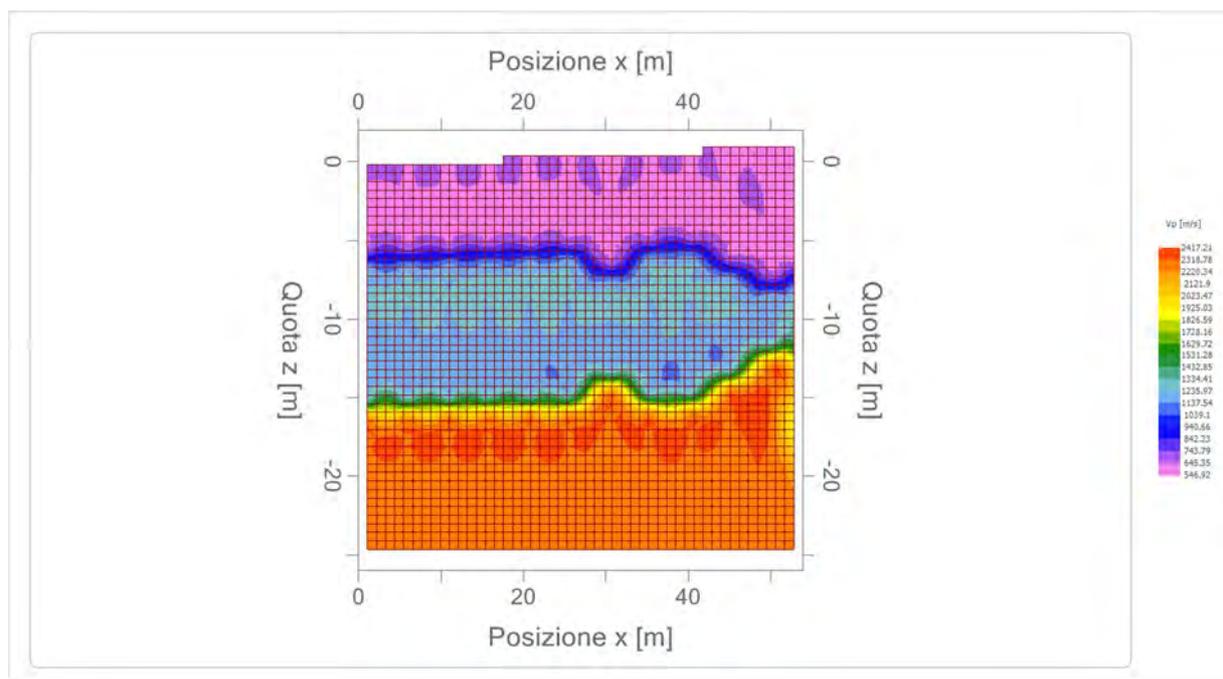
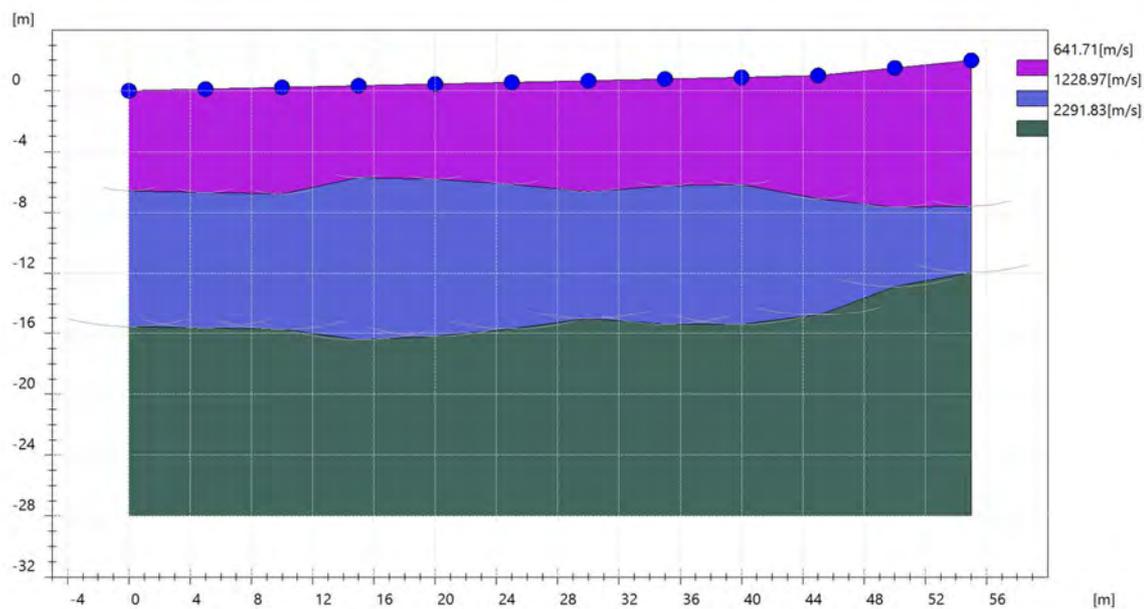
Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina,
 (Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com,
 web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

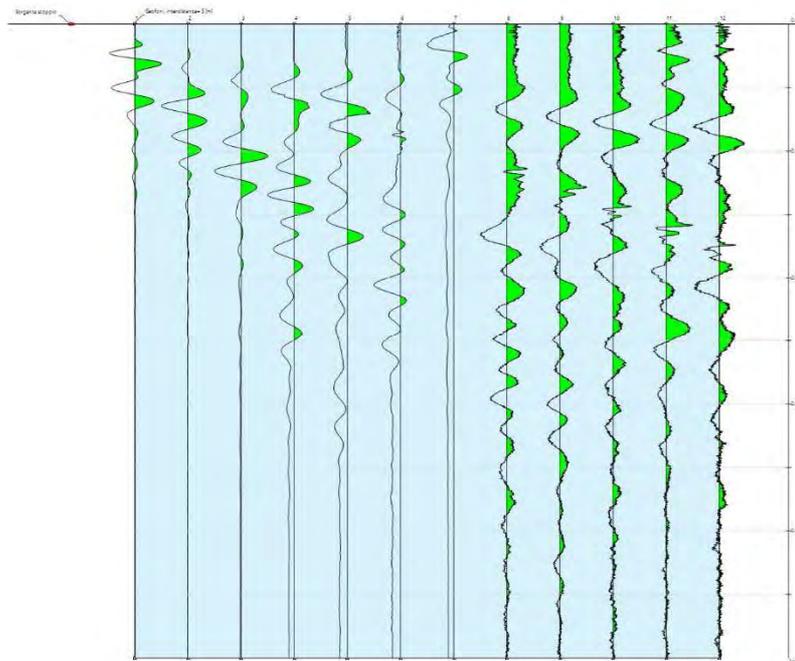


Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina,
 (Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com,
 web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

Prospezione sismica di tipo Masw 4

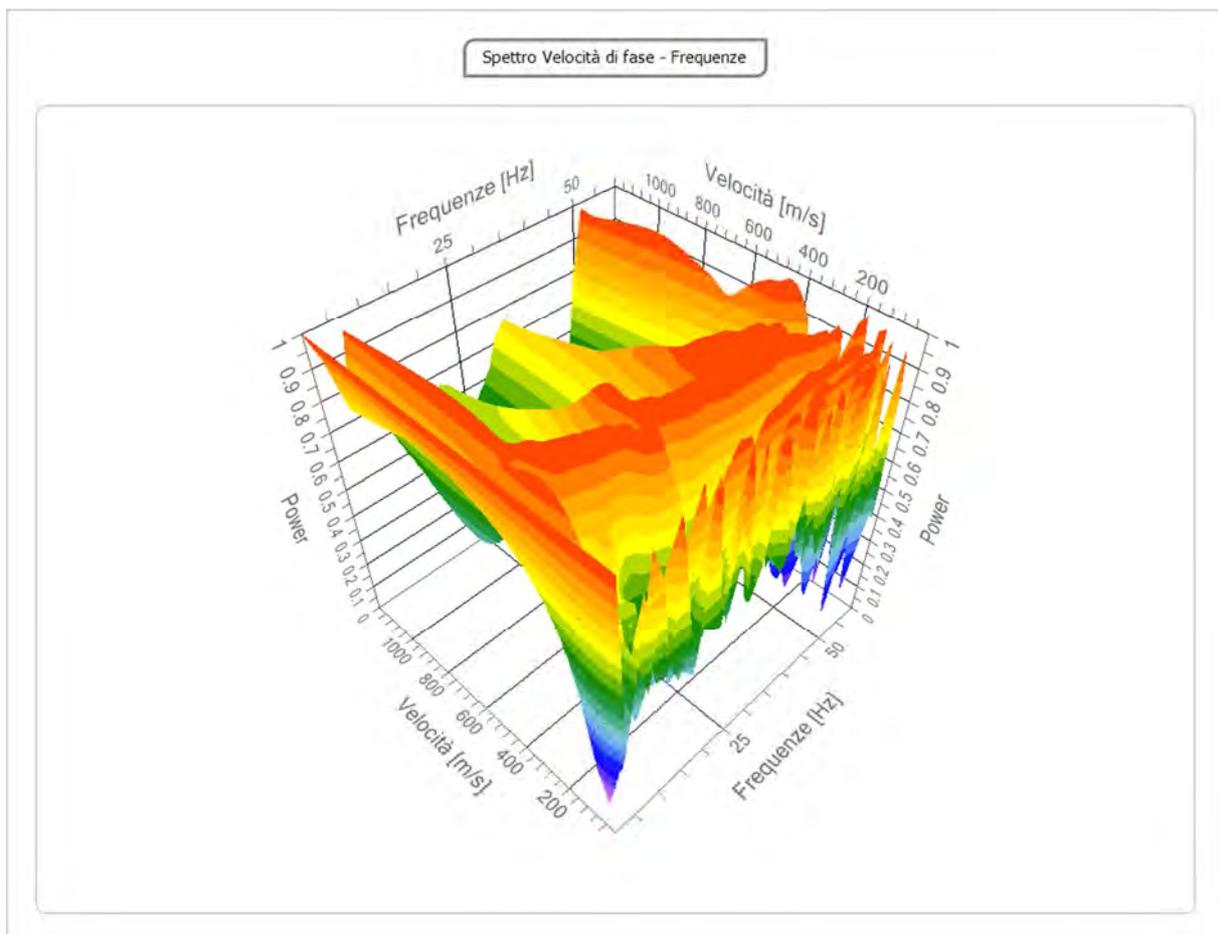
Tracce

N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	500.0
Interdistanza geofoni [m]	5.0
Periodo di campionamento [msec]	0.125



Analisi spettrale

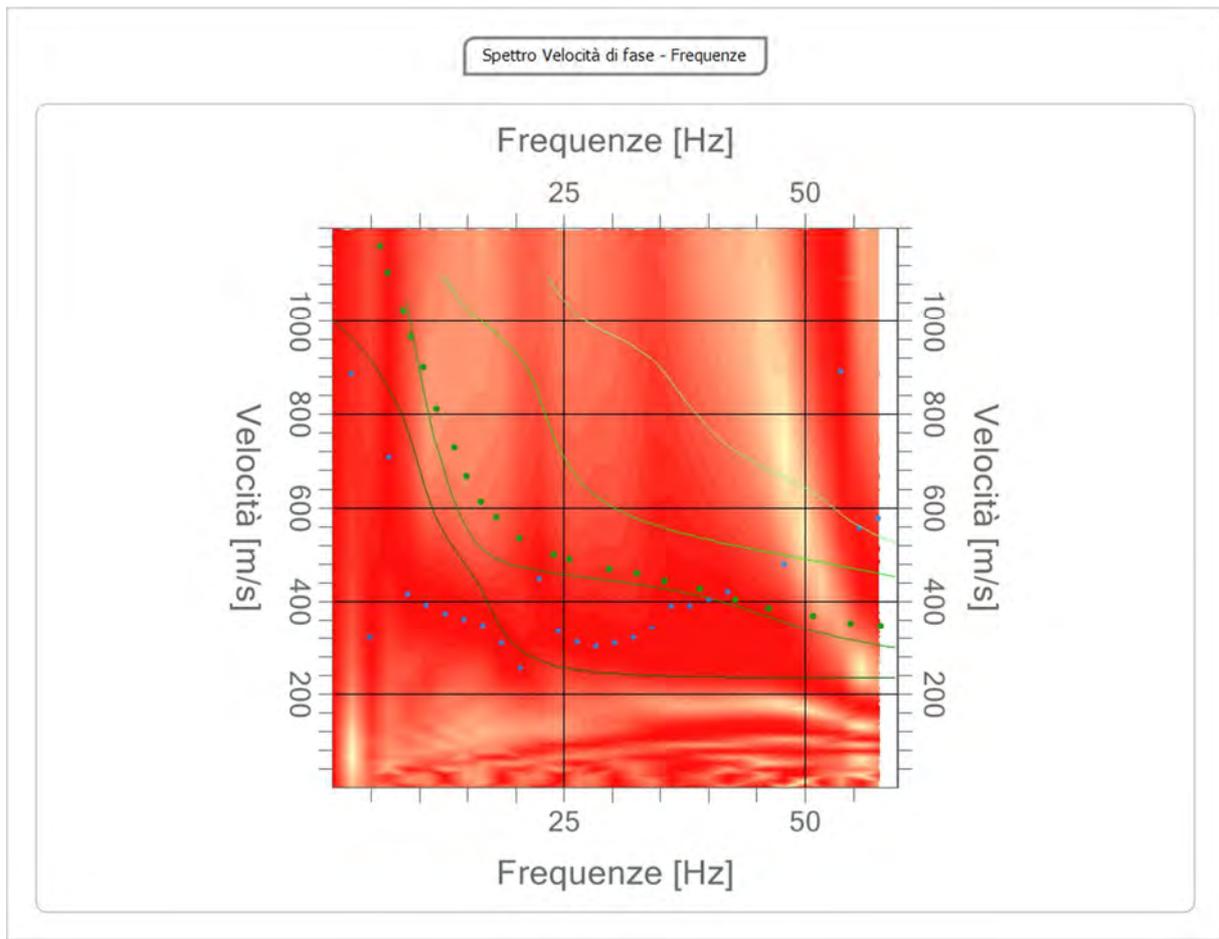
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1200
Intervallo velocità [m/sec]	1



Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina, (Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com, web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	5.9	1160.8	1
2	6.8	1104.4	1
3	8.3	1023.5	1
4	9.2	967.1	1
5	10.4	900.9	1
6	11.8	810.1	1
7	13.6	729.2	1
8	14.9	667.9	1
9	16.4	614.0	1
10	18.0	579.7	1
11	20.5	535.5	1
12	23.9	501.2	1
13	25.6	491.4	1
14	29.7	469.3	1
15	32.6	459.5	1
16	35.5	444.8	1
17	39.2	427.6	1
18	42.8	403.1	1
19	46.3	386.0	1
20	50.8	368.8	1
21	54.8	351.6	1
22	57.9	346.7	1

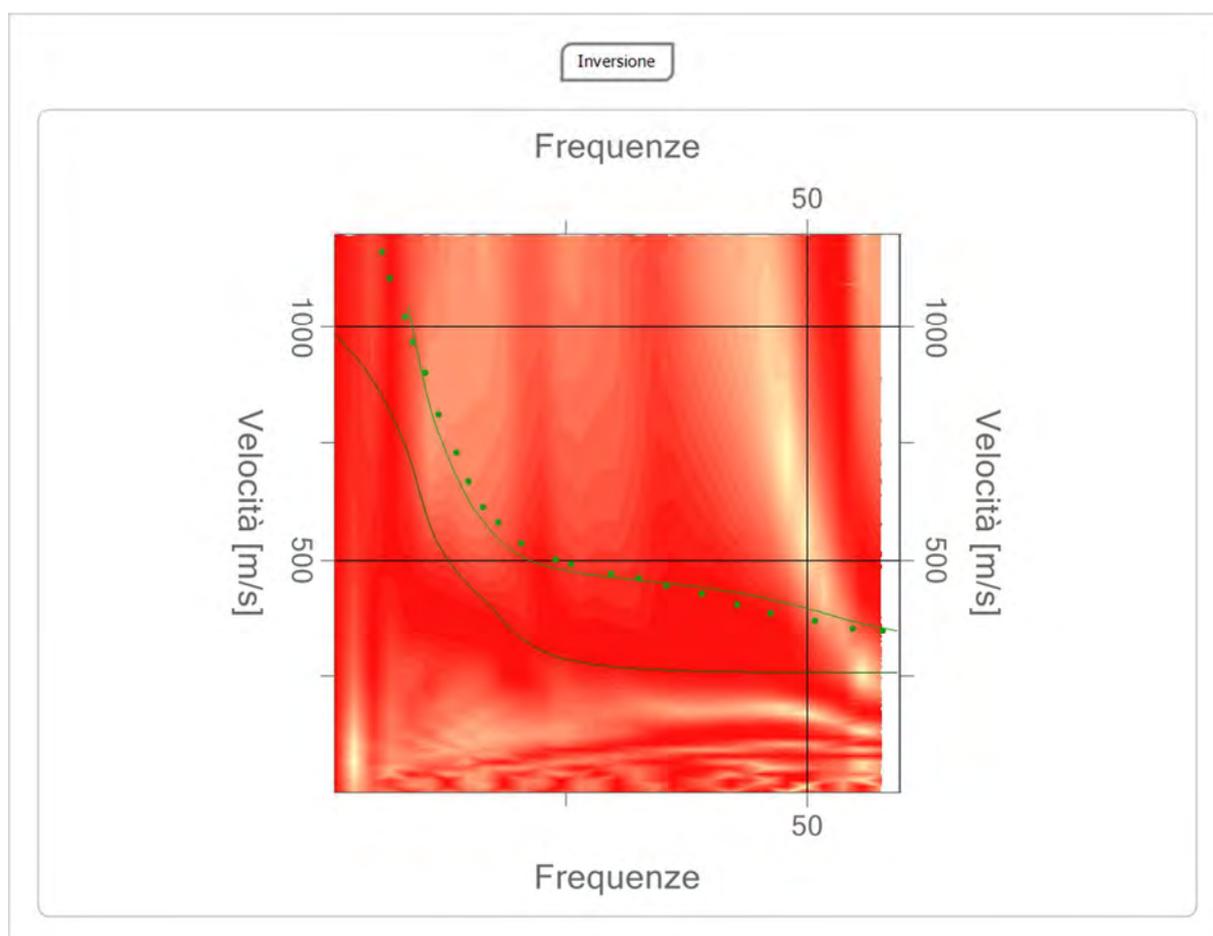


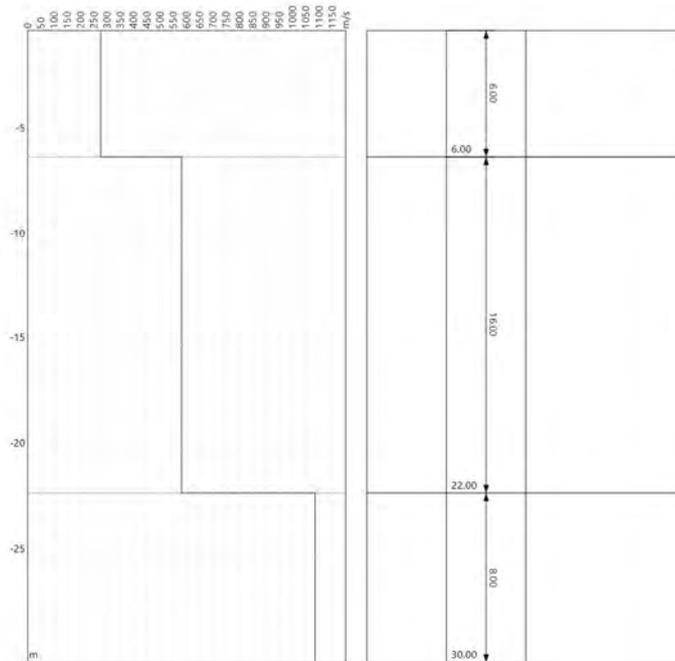
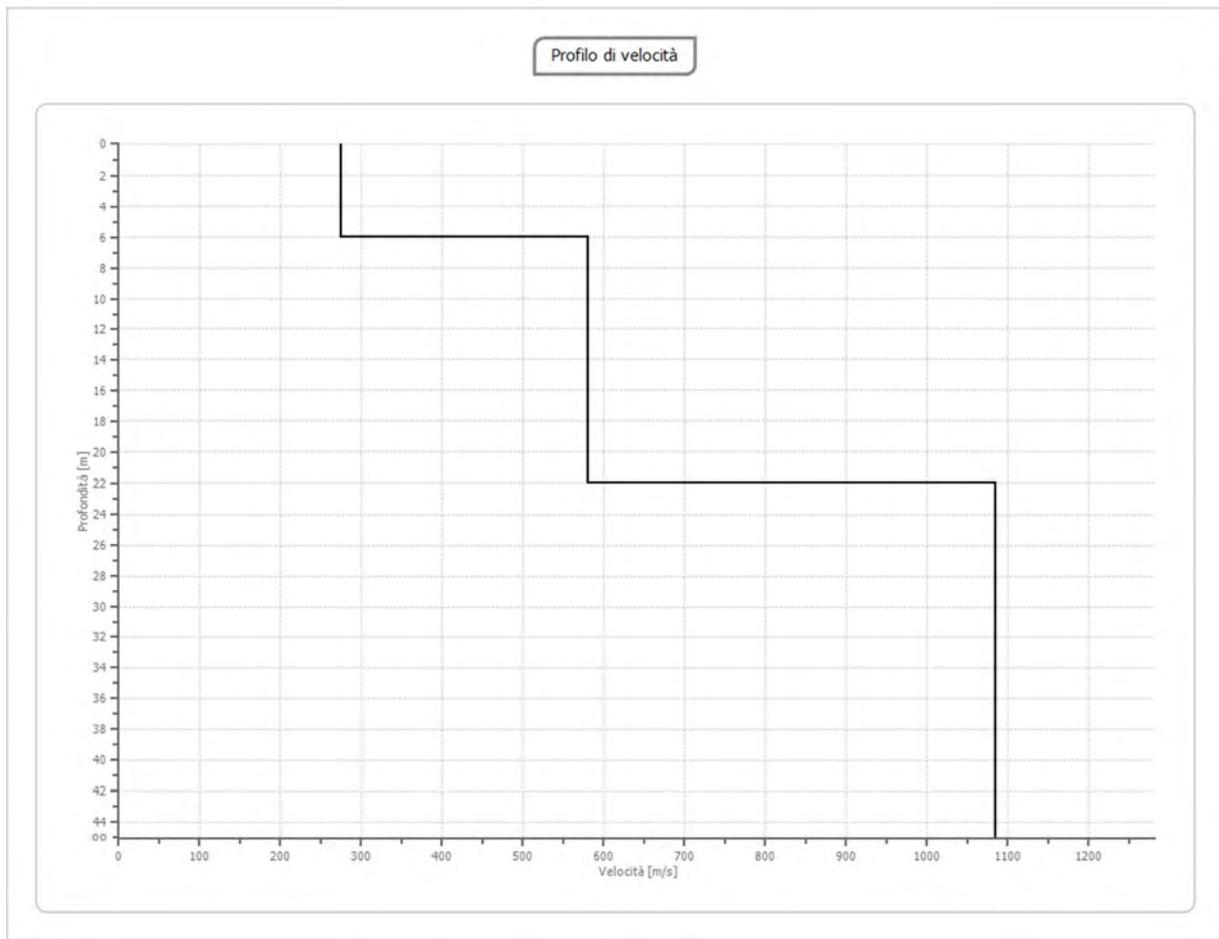
Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		6.00	6.00	1900.0	0.30	No	514.7	275.1
2		22.00	16.00	2000.0	0.30	No	1086.3	580.7
3		oo	oo	2200.0	0.30	No	2029.1	1084.6

Percentuale di errore 0.228 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.143





Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina,
 (Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com,
 web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,30 [m/sec]	528.72
Categoria del suolo	B

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

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	6.00	6.00	275.10	514.66	1900.00	0.30	143.79	503.27	311.55	373.86	N/A	3774.52
2	22.00	16.00	580.67	1086.34	2000.00	0.30	674.36	2360.25	1461.11	1753.33	N/A	N/A
3	oo	oo	1084.58	2029.07	2200.00	0.30	2587.90	9057.66	5607.13	6728.55	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

Alla luce delle informazioni riportate dall'acquisizione delle prove sismiche e dallo studio generico delle carte geologiche dell'area di lavoro, si può ipotizzare una presumibile stratigrafia che in ogni caso deve essere supportata da indagini geomeccaniche dirette :

- 0-6 Metri - Marne ed arenarie abbastanza alterate
- 6-22 “ - Marne ed arenarie debolmente compatte
- 22-30 “ - Marne ed arenarie compatte.

Località	Comune di Sestino INDAGINI SISMICHE PRESSO WTG5
Data	20/12/2022
Latitudine	4845251,03(WGS 84 / UTM zone 33N)
Longitudine	278303,88 (WGS 84 / UTM zone 33N)



La lunghezza stendimento e' stato di 36 metri, costituito da 12 geofoni verticali di 4,5 Hz, aventi distanza intergeofonica di 3 metri, shot esterni a distanza di 3-5-7 metri dal primo geofono. L' energizzazione è stata ottenuta tramite mazza da 8 kg, battente su piastra metallica.

Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina,
(Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com,
web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

Prospezione di sismica a rifrazione 5

Geometria geofoni

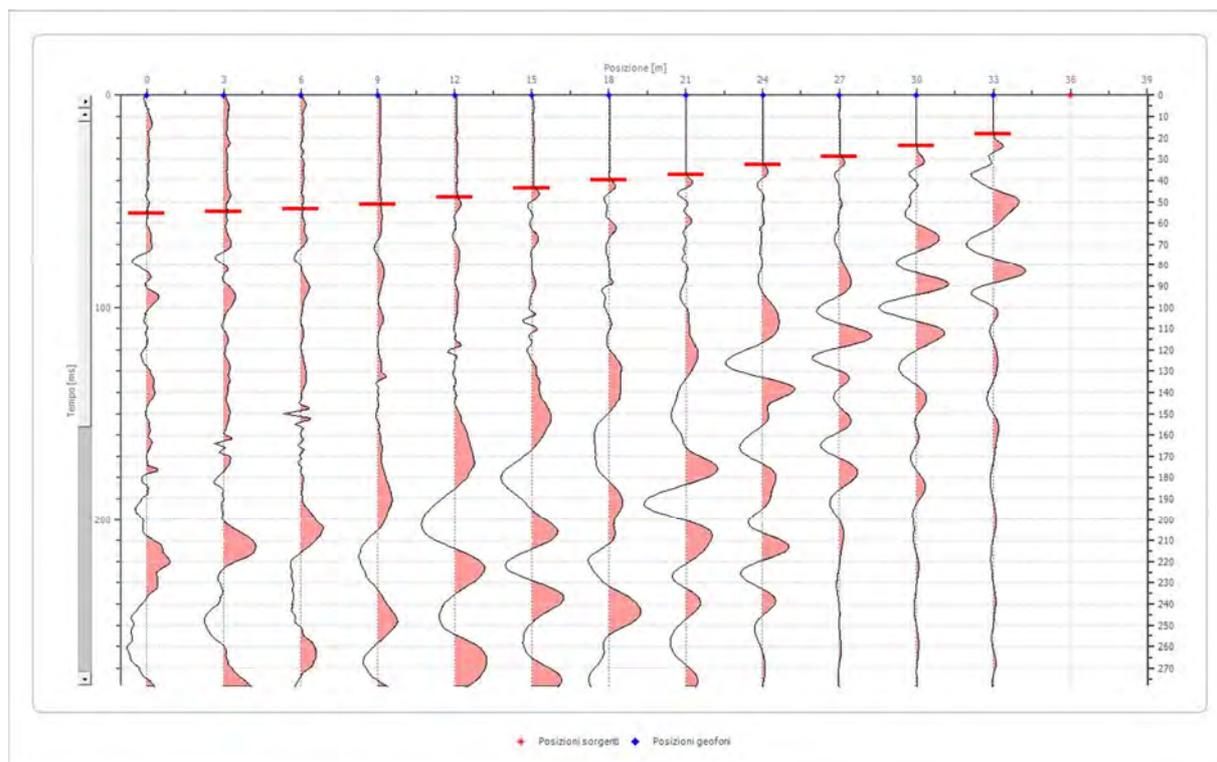
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	1.0
2	3.0	0.8
3	6.0	0.6
4	9.0	0.4
5	12.0	0.2
6	15.0	0.1
7	18.0	-0.1
8	21.0	-0.3
9	24.0	-0.5
10	27.0	-0.7
11	30.0	-0.8
12	33.0	-1.0

Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente X 36 [m]

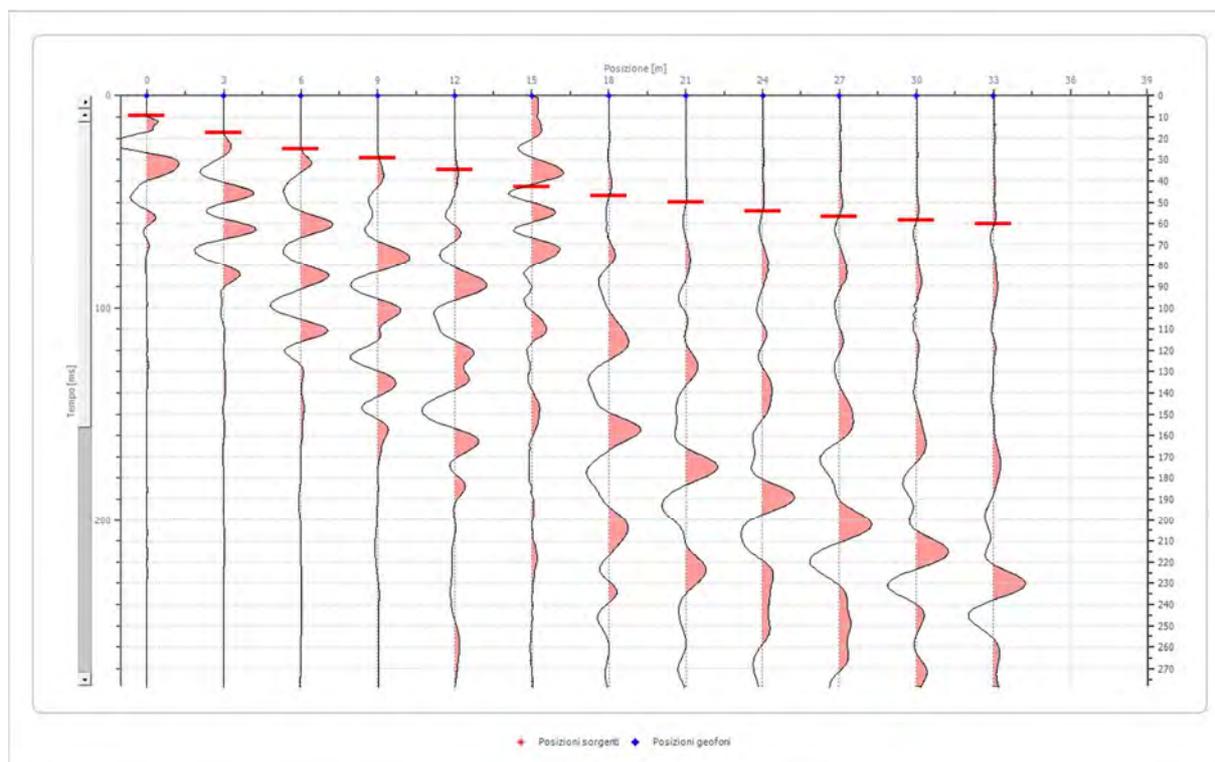
Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	55.6667
3.0	54.6499
6.0	53.3790
9.0	51.0913
12.0	48.0411
15.0	43.4658
18.0	39.6530
21.0	37.3653
24.0	32.7900
27.0	28.9772
30.0	23.6393
33.0	18.3014

Battuta 2

Posizione sorgente X -3 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

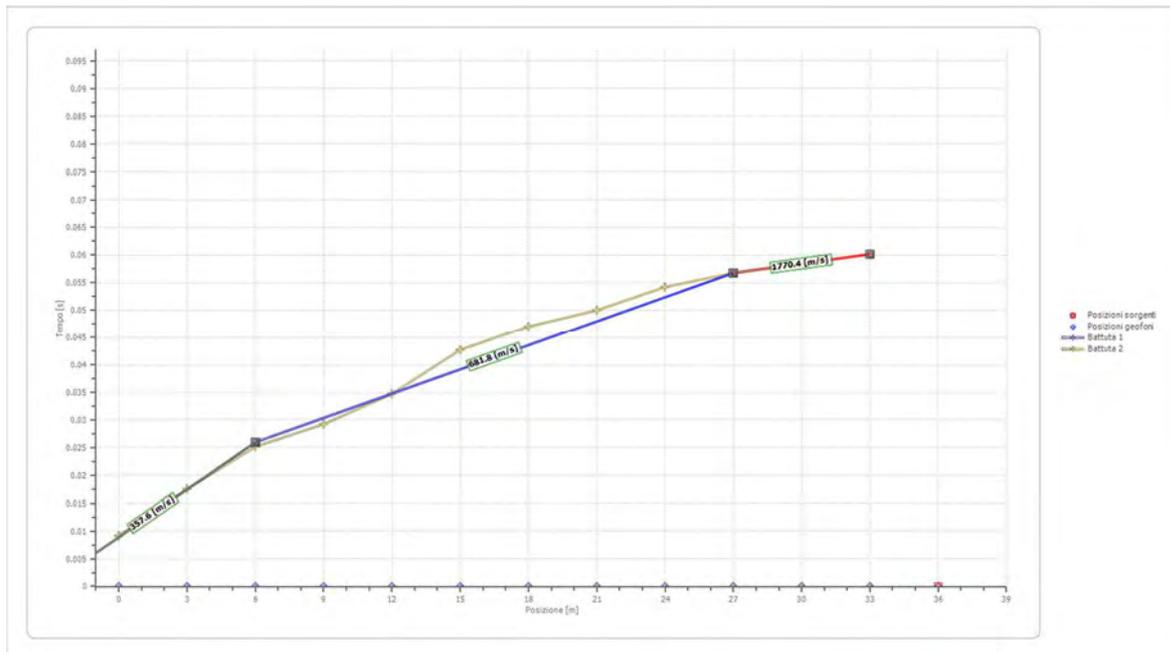


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	9.1507
3.0	17.5388
6.0	25.1644
9.0	29.2314
12.0	34.7387

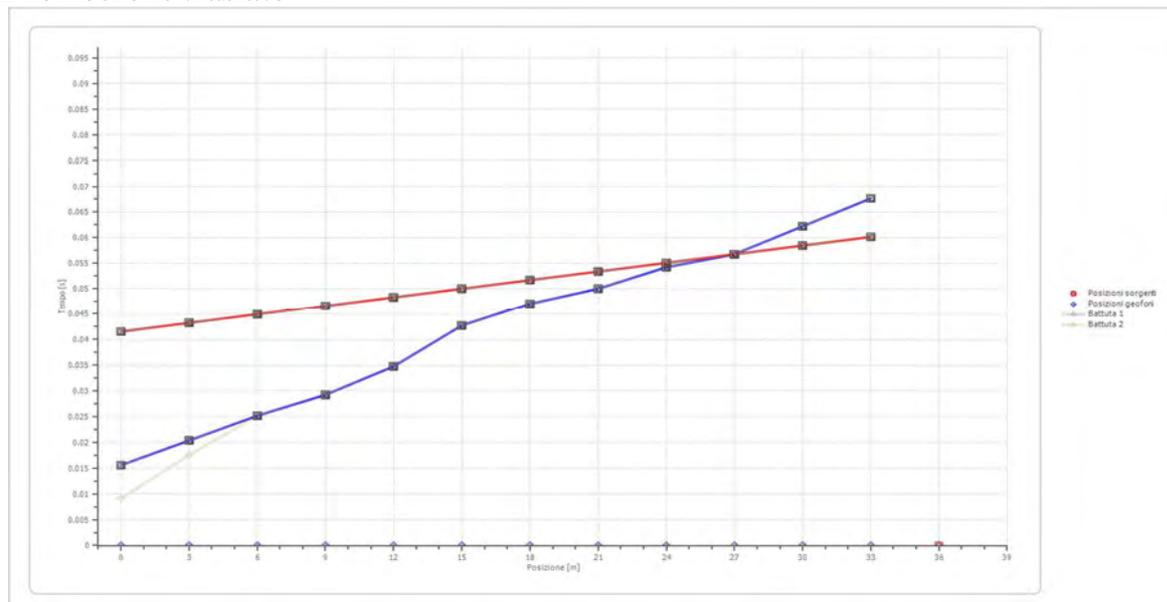
Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina,
 (Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com,
 web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

	15.0	42.7032
	18.0	47.0244
	21.0	49.9899
	24.0	54.2263
	27.0	56.7682
	30.0	58.4627
	33.0	60.1573

Dromocrone



Dromocrone traslate



Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina, (Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com, web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

Interpretazione col metodo reciproco

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 0.0 [m]	5.8	10.4	--
G= 3.0 [m]	6.0	10.4	--
G= 6.0 [m]	6.3	10.2	--
G= 9.0 [m]	6.6	10.0	--
G= 12.0 [m]	7.1	9.6	--
G= 15.0 [m]	7.8	9.0	--
G= 18.0 [m]	7.9	9.1	--
G= 21.0 [m]	8.0	9.1	--
G= 24.0 [m]	7.9	9.4	--
G= 27.0 [m]	7.7	10.0	--
G= 30.0 [m]	8.1	9.7	--
G= 33.0 [m]	8.5	9.4	--
Velocità [m/sec]	341.4	731.7	2113.7
Descrizione			

Altri parametri geotecnici

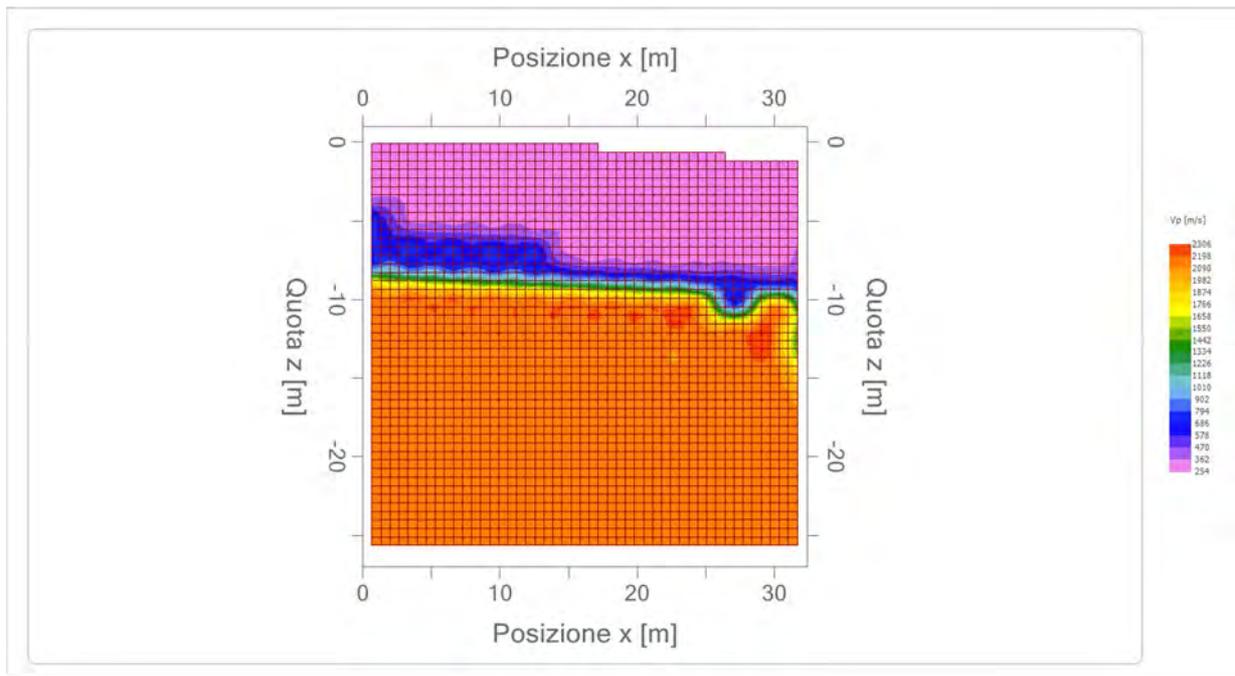
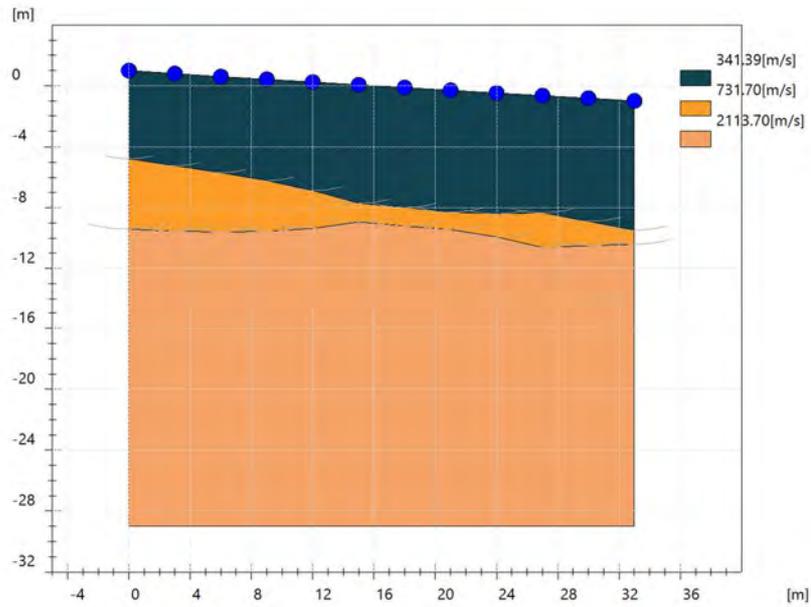
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.37	0.35	0.33
Densità [kg/m ³]	1800.00	1900.00	2200.00
Vp [m/s]	341.39	731.70	2113.70
Vs [m/s]	155.08	351.50	1064.71
G0 [MPa]	43.29	234.74	2493.92
Ed [Mpa]	209.79	1017.23	9828.97
M0 [MPa]	166.50	782.48	7335.05
Ey [Mpa]	118.61	633.81	6633.82

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

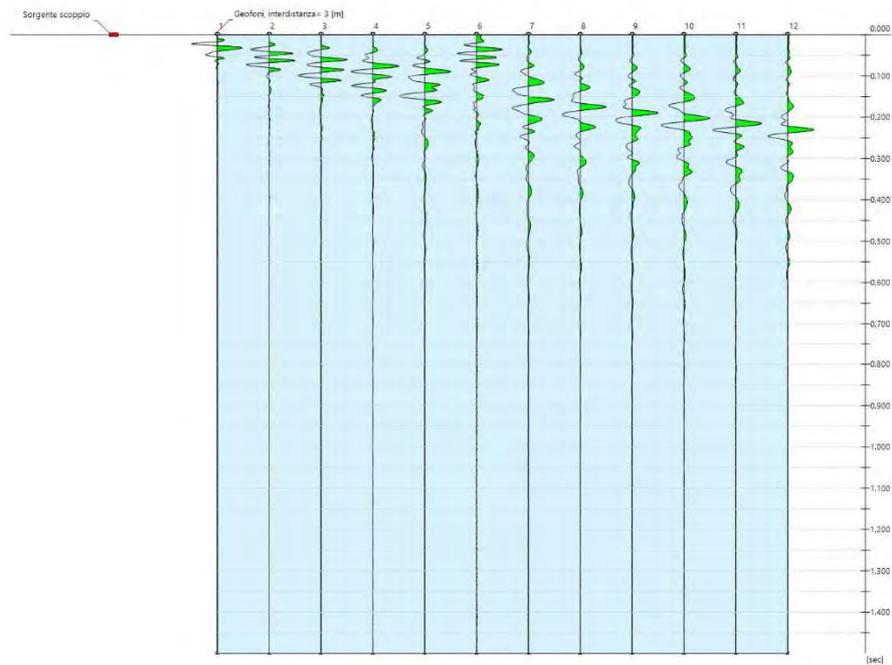
Ey: Modulo di Young;



Prospezione sismica di tipo Masw 5

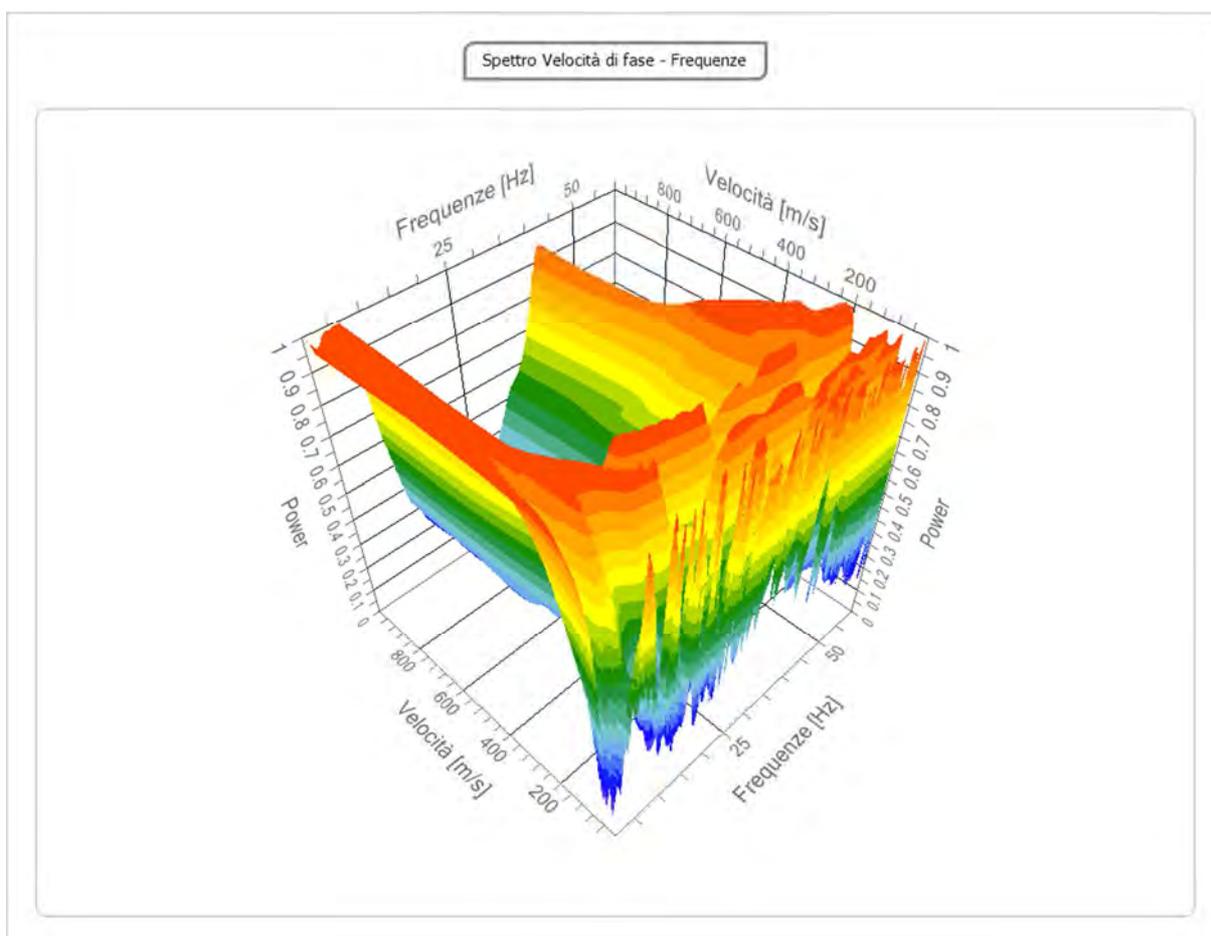
Tracce

N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	1500.0
Interdistanza geofoni [m]	3.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1000
Intervallo velocità [m/sec]	1

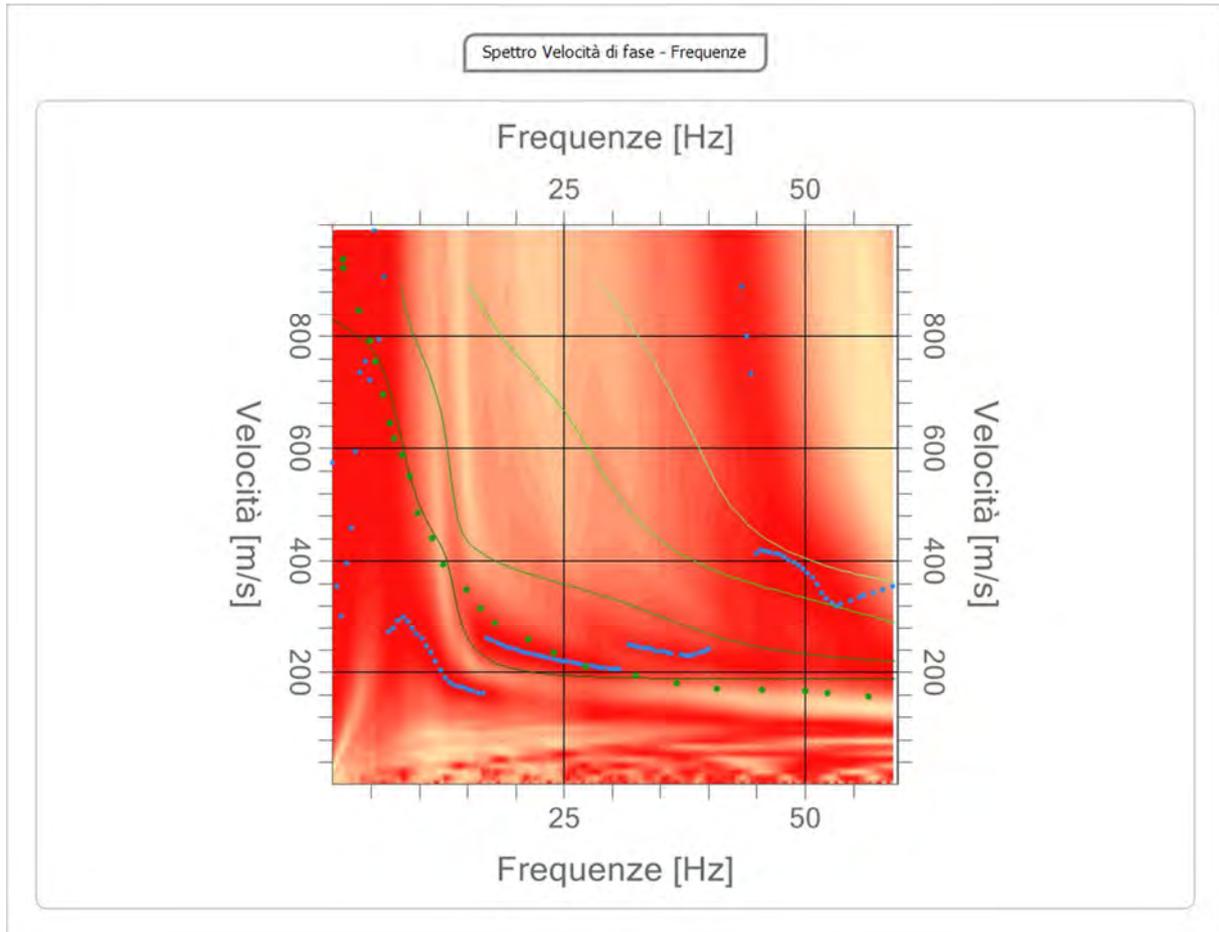


Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	2.2	938.7	1
2	2.2	922.4	1
3	3.8	846.8	1
4	5.0	791.6	1
5	5.4	754.8	1
6	6.3	695.6	1
7	7.0	644.5	1
8	7.5	618.0	1
9	8.2	587.3	1
10	9.0	550.6	1
11	9.9	485.2	1
12	11.3	440.2	1
13	12.5	393.2	1
14	14.9	348.3	1
15	16.4	315.6	1
16	17.9	287.0	1
17	21.3	258.4	1
18	23.9	235.9	1
19	27.3	209.4	1
20	32.5	193.0	1
21	36.8	180.8	1
22	40.9	170.6	1
23	45.5	168.5	1
24	50.1	166.5	1
25	52.4	162.4	1

Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina,
(Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com,
web:www.campoelettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

26	56.6	156.3	1
----	------	-------	---

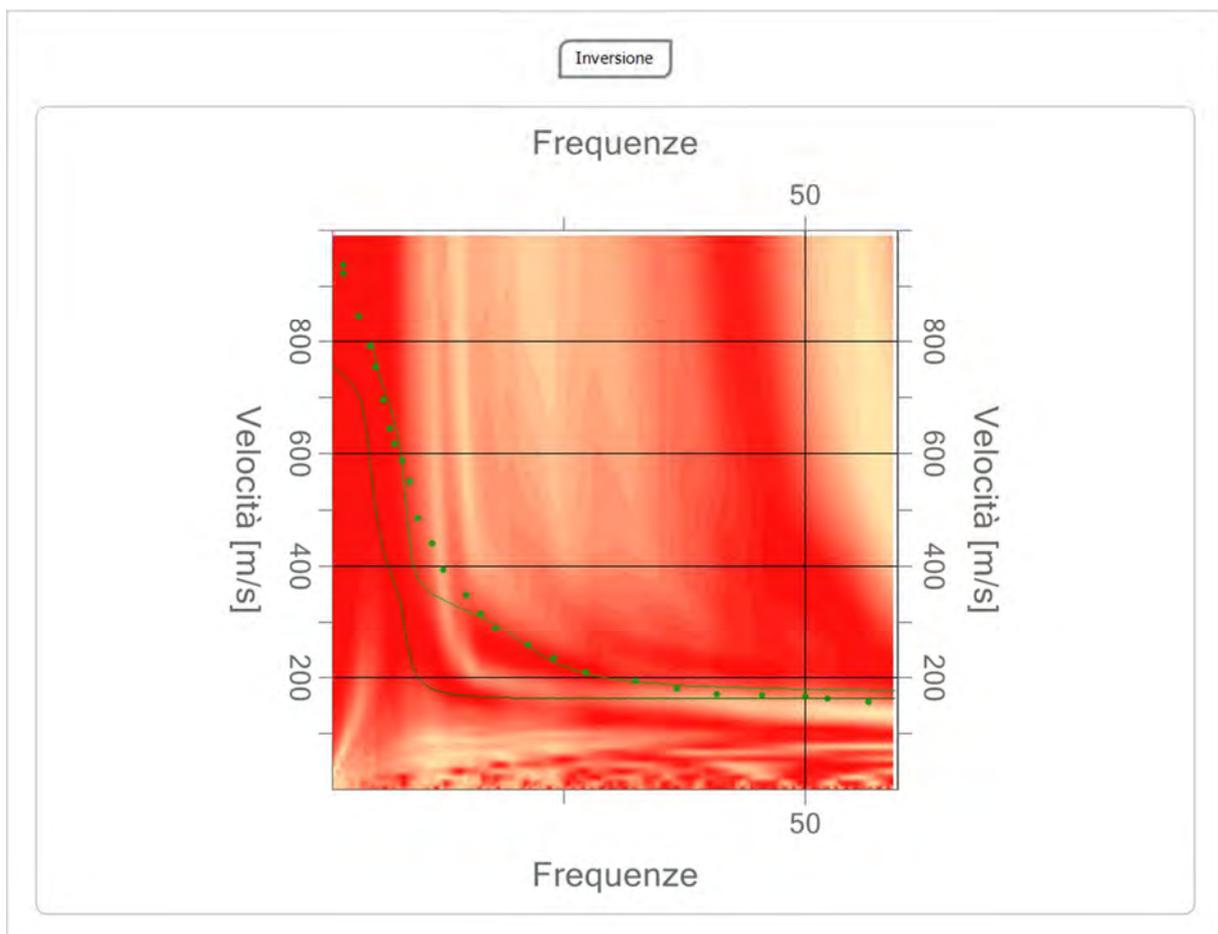


Inversione

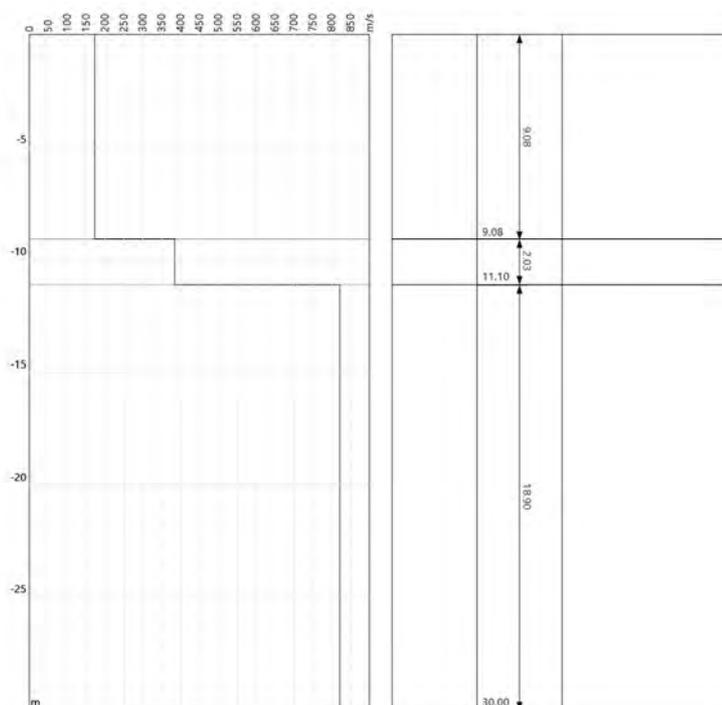
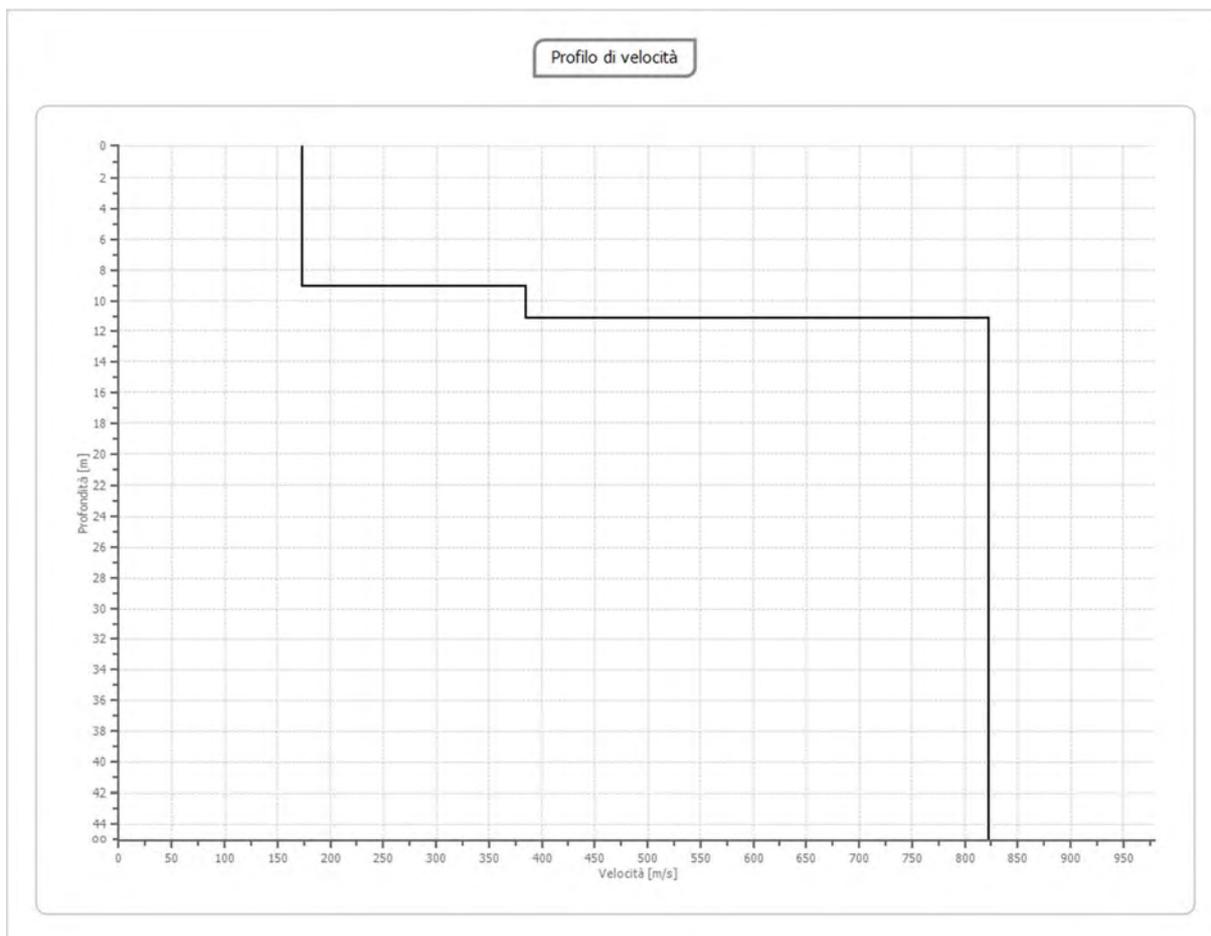
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficient e Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		9.08	9.08	1800.0	0.37	No	381.1	173.1
2		11.10	2.03	1900.0	0.35	No	800.8	384.7
3		oo	oo	2200.0	0.33	No	1631.6	821.9

Percentuale di errore 0.995 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.293



Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina,
 (Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com,
 web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793



Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina, (Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com, web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,30 [m/sec]	371.80
Categoria del suolo	B

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

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coeffic iente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	9.08	9.08	173.1 2	381.11	1800.00	0.37	53.95	261.44	189.51	147.82	40	368.23
2	11.10	2.03	384.7 1	800.84	1900.00	0.35	281.20	1218.55	843.61	759.25	N/A	N/A
3	oo	oo	821.8 9	1631.64	2200.00	0.33	1486.10	5856.97	3875.51	3953.02	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

Alla luce delle informazioni riportate dall'acquisizione delle prove sismiche e dallo studio generico delle carte geologiche dell'area di lavoro, si può ipotizzare una presumibile stratigrafia che in ogni caso deve essere supportata da indagini geomeccaniche dirette :

0-9 Metri - Marne ed arenarie abbastanza alterate

9-11 “ - Marne ed arenarie debolmente compatte

11-30 “ - Marne ed arenarie mediamente compatte.

Località	Comune di Sestino INDAGINI SISMICHE PRESSO WTG6
Data	20/12/2022
Latitudine	4844826 (WGS 84 / UTM zone 33N)
Longitudine	279044,66 (WGS 84 / UTM zone 33N)



La lunghezza dello stendimento e' stata di 60 metri, costituito da 12 geofoni verticali di 4,5 Hz, aventi distanza intergeofonica di 5 metri, shot esterni a distanza di 3-5-7 metri dal primo geofono. L' energizzazione è stata ottenuta tramite mazza da 8 kg, battente su piastra metallica.

Prospezione di sismica a rifrazione 6

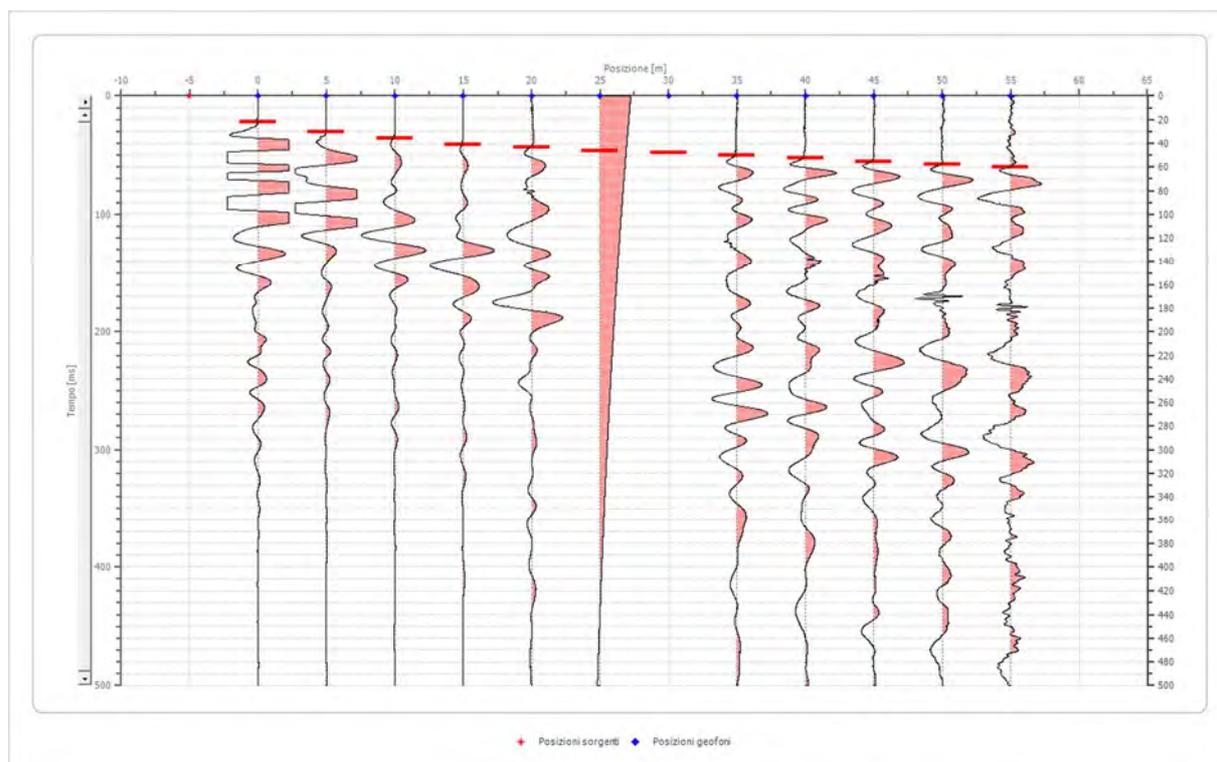
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	5.0	0.1
3	10.0	0.1
4	15.0	0.2
5	20.0	0.2
6	25.0	0.3
7	30.0	0.4
8	35.0	0.4
9	40.0	0.5
10	45.0	0.7
11	50.0	1.3
12	55.0	1.7

Dati battute

Battuta 1

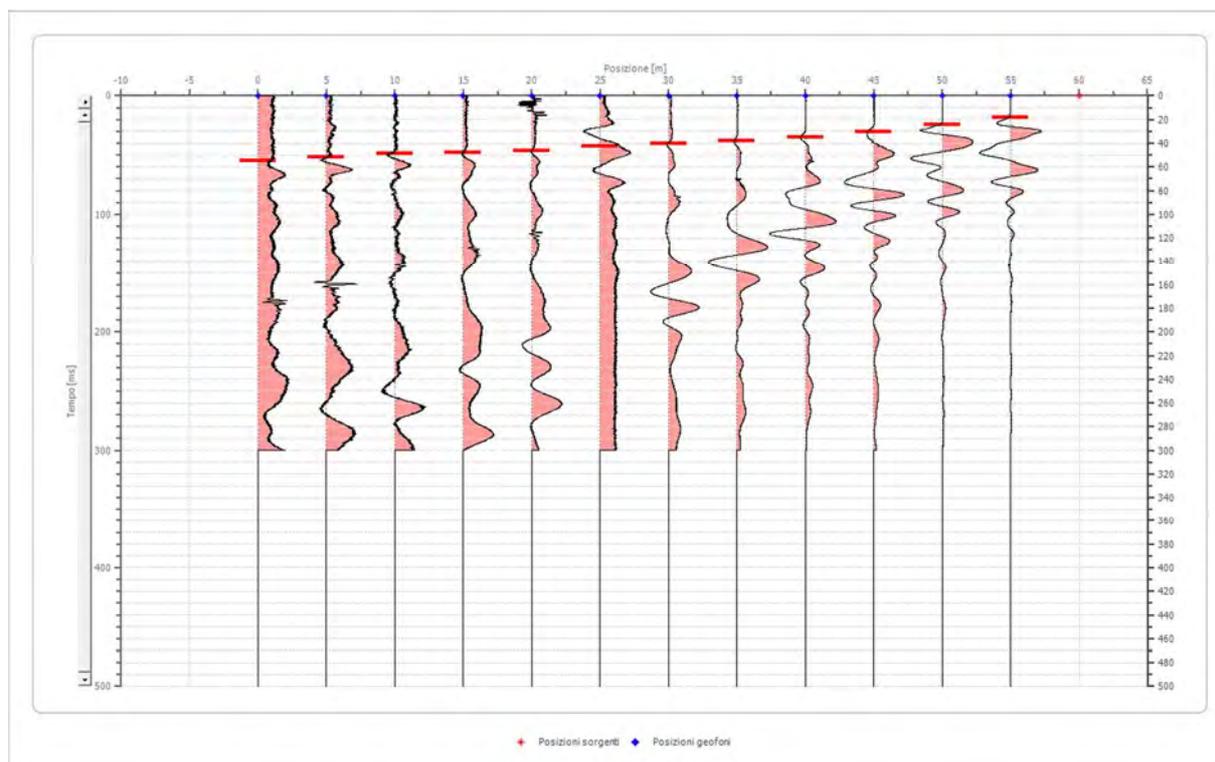
Posizione sorgente X -5 [m]
Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	22.0755
5.0	30.4490
10.0	35.7776
15.0	41.1062
20.0	43.3898
25.0	46.4347
30.0	48.0000
35.0	50.0000
40.0	52.5245
45.0	55.5695
50.0	57.8531
55.0	60.1368

Battuta 2

Posizione sorgente X 60 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



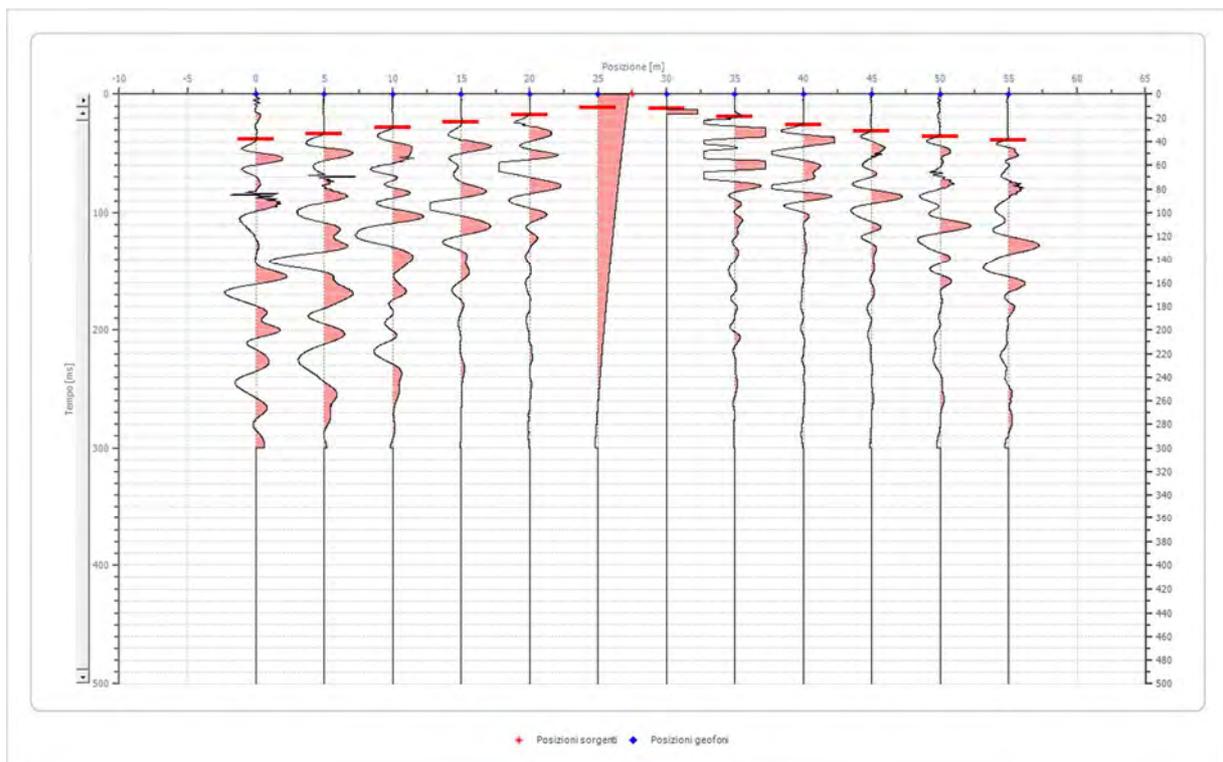
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	54.8082
5.0	51.7633
10.0	48.7184
15.0	47.9572
20.0	46.4347

Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina,
 (Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com,
 web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

	25.0	42.6286
	30.0	40.3449
	35.0	38.0613
	40.0	35.0164
	45.0	30.4490
	50.0	24.3592
	55.0	18.2694

Battuta 3

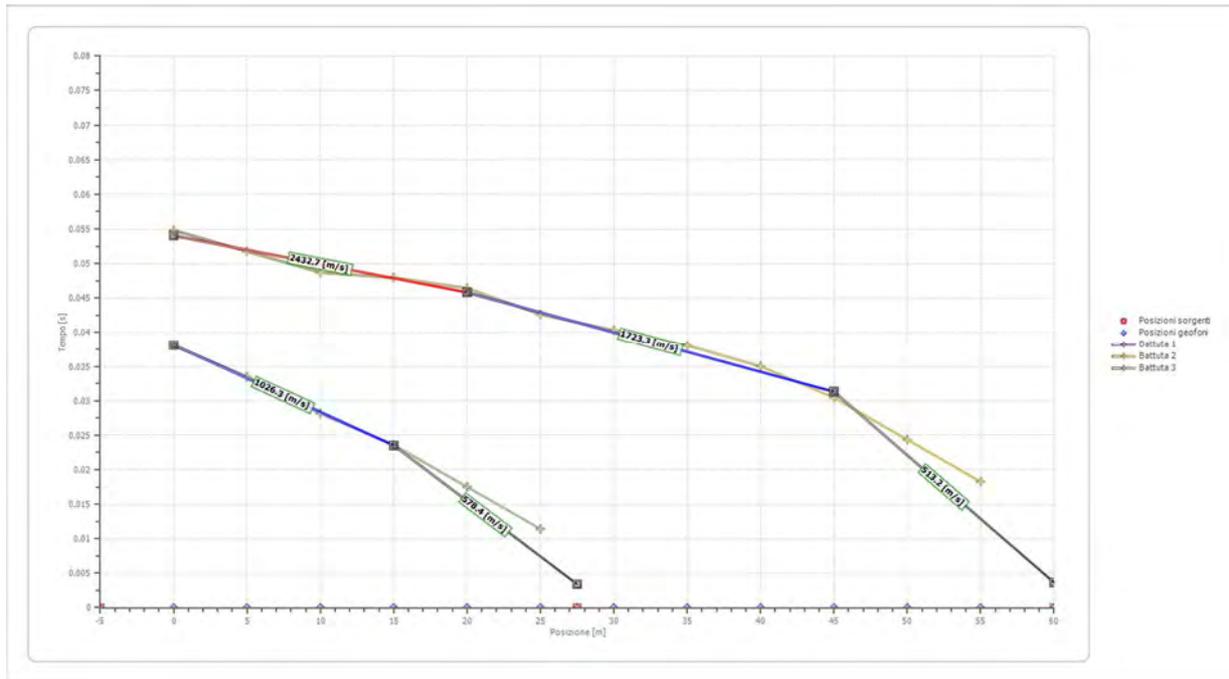
Posizione sorgente X 28 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



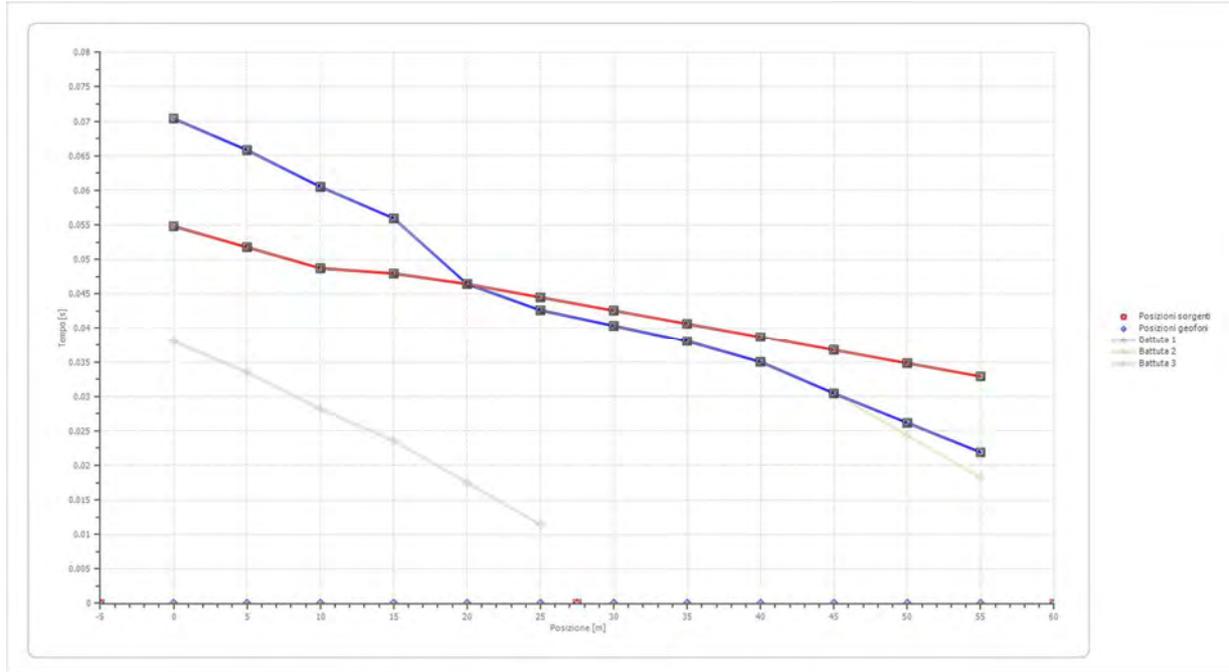
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	38.0613
5.0	33.4939
10.0	28.1653
15.0	23.5980
20.0	17.5082
25.0	11.4184
30.0	12.1796
35.0	19.0306
40.0	25.8817
45.0	31.2102
50.0	35.7776
55.0	38.8225

Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina, (Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com, web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G,,R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 0.0 [m]	8.2	8.2	--
G= 5.0 [m]	7.4	8.7	--
G= 10.0 [m]	7.4	8.2	--
G= 15.0 [m]	7.6	9.1	--
G= 20.0 [m]	5.6	14.0	--
G= 25.0 [m]	5.4	14.9	--
G= 30.0 [m]	5.5	14.3	--
G= 35.0 [m]	5.7	14.0	--
G= 40.0 [m]	5.6	14.6	--
G= 45.0 [m]	5.1	16.4	--
G= 50.0 [m]	4.7	17.5	--
G= 55.0 [m]	4.4	18.5	--
Velocità [m/sec]	526.1	1332.0	2359.8
Descrizione			

Altri parametri geotecnici

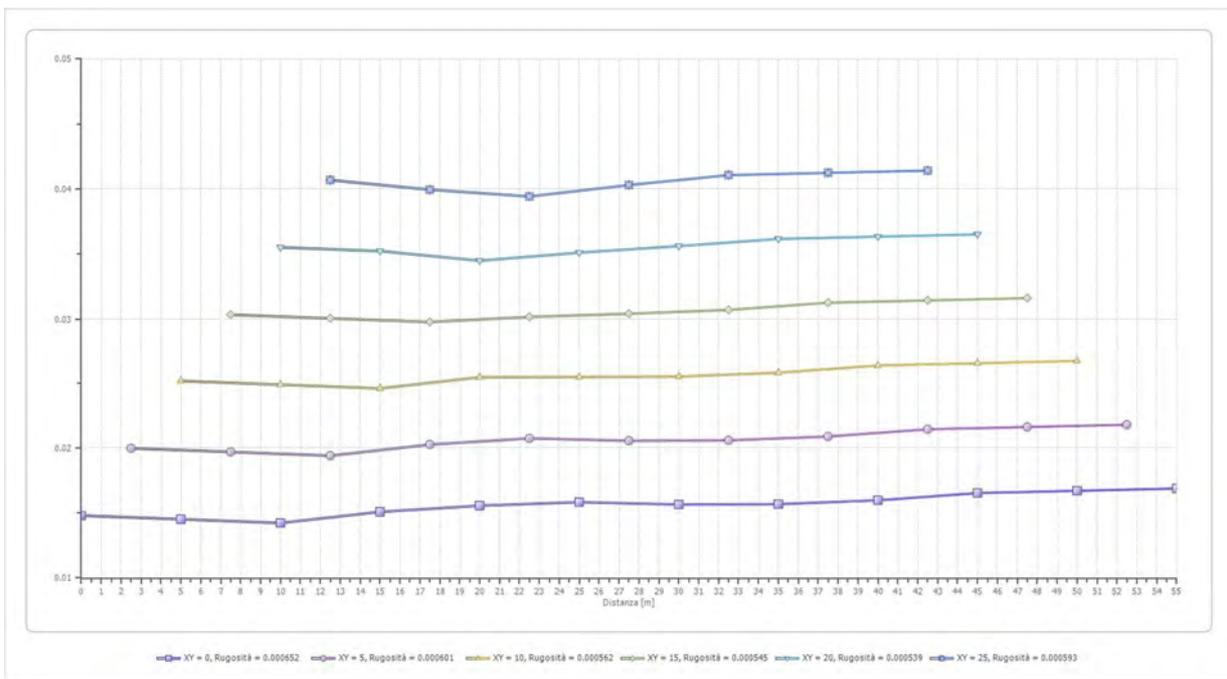
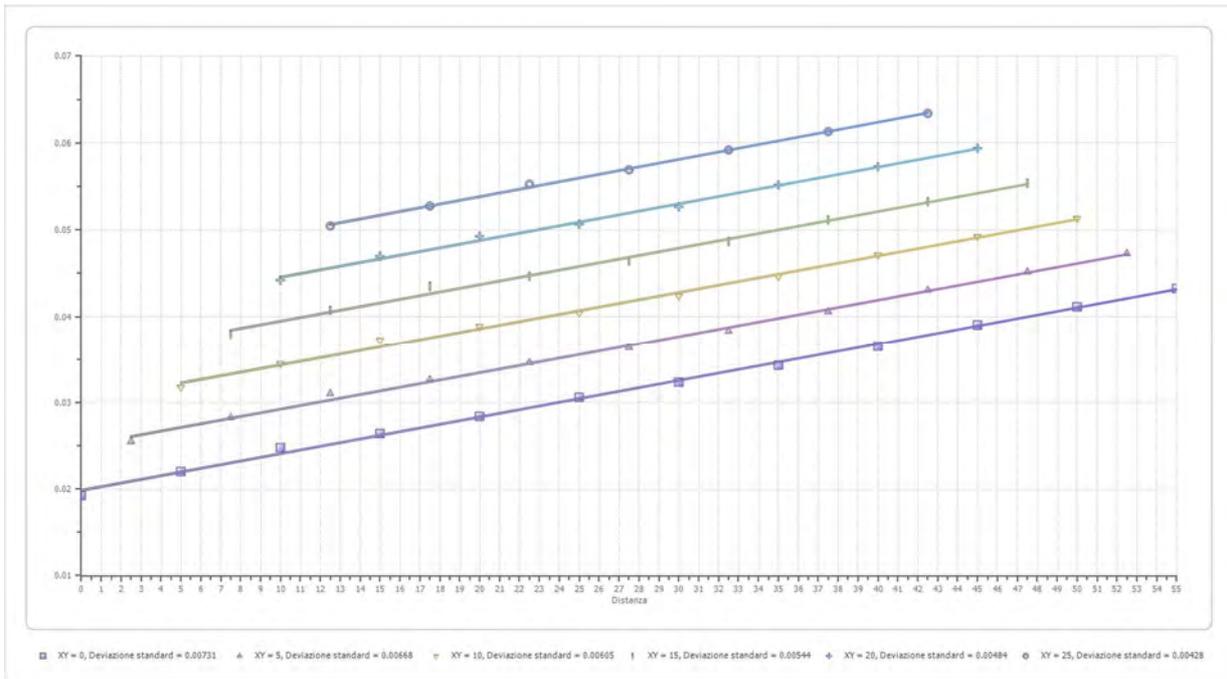
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.35	0.34	0.33
Densità [kg/m ³]	1850.00	1950.00	2300.00
Vp [m/s]	526.14	1332.03	2359.83
Vs [m/s]	252.75	655.85	1188.69
G0 [MPa]	118.18	838.77	3249.86
Ed [Mpa]	512.13	3459.91	12808.26
M0 [MPa]	393.95	2621.14	9558.40
Ey [Mpa]	319.10	2247.89	8644.62

G0: Modulo di deformazione al taglio;

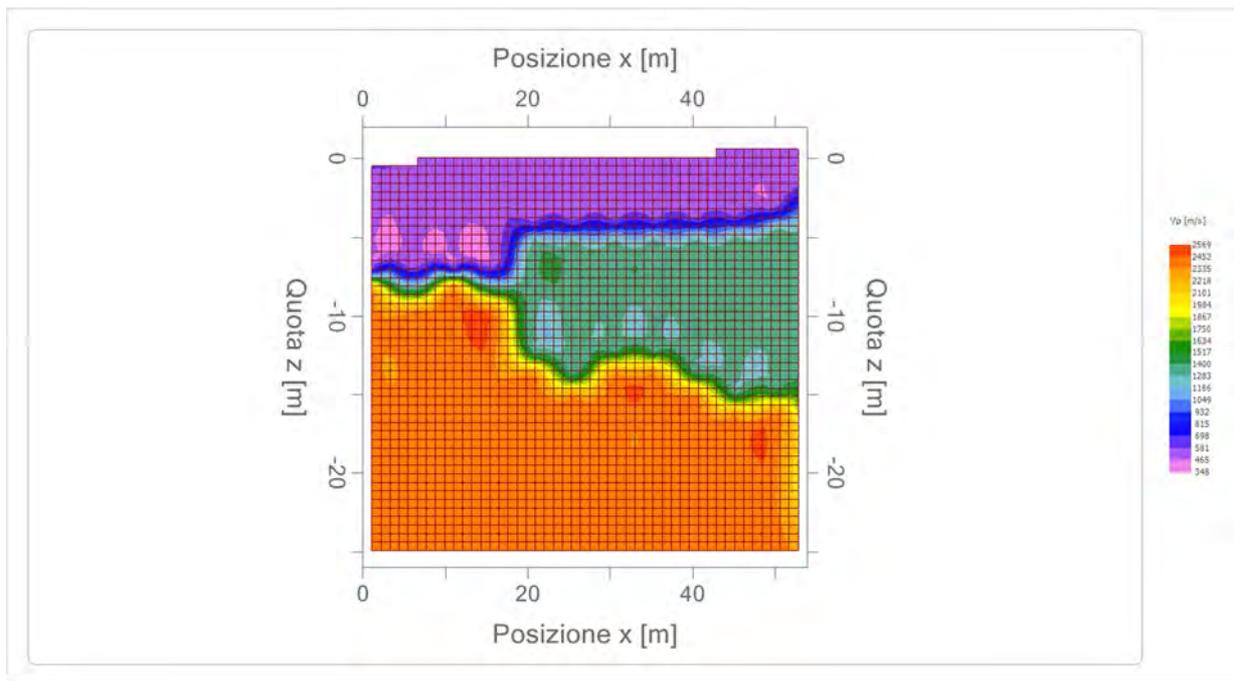
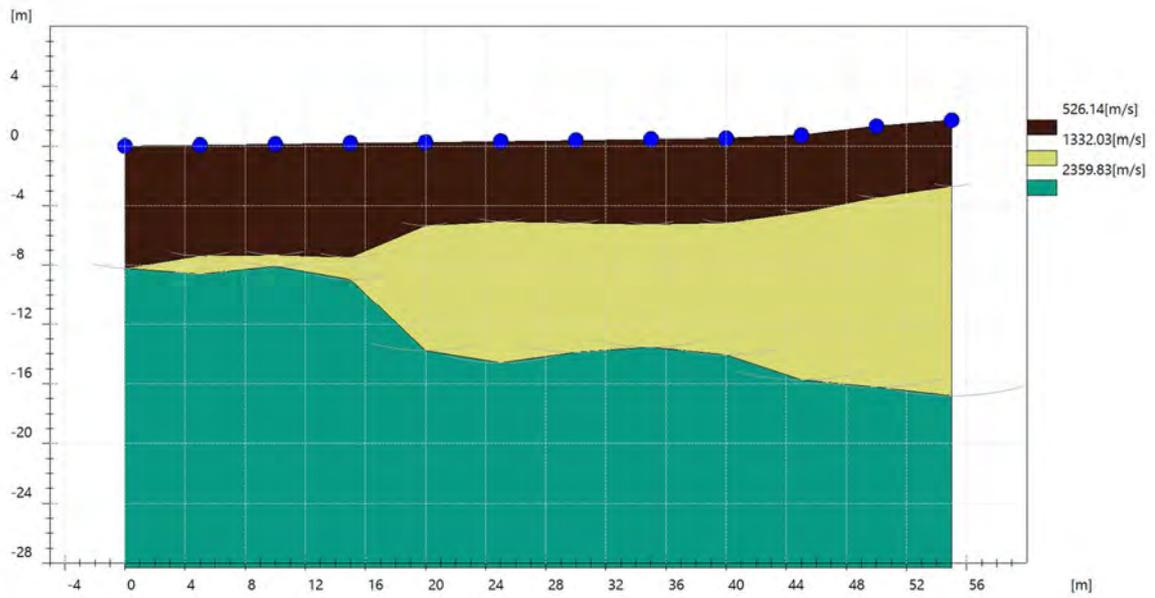
Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



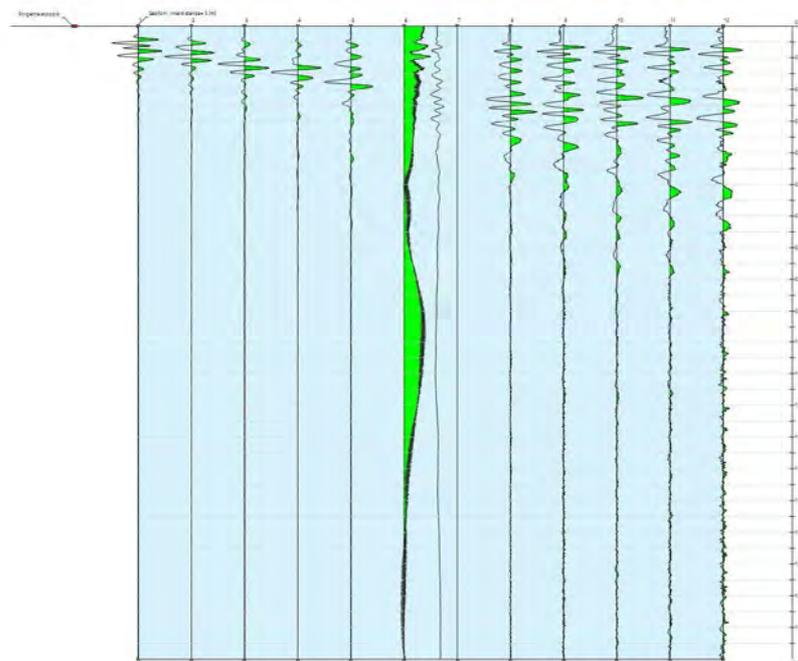
Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina,
 (Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com,
 web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793



Prospezione sismica di tipo Masw 6

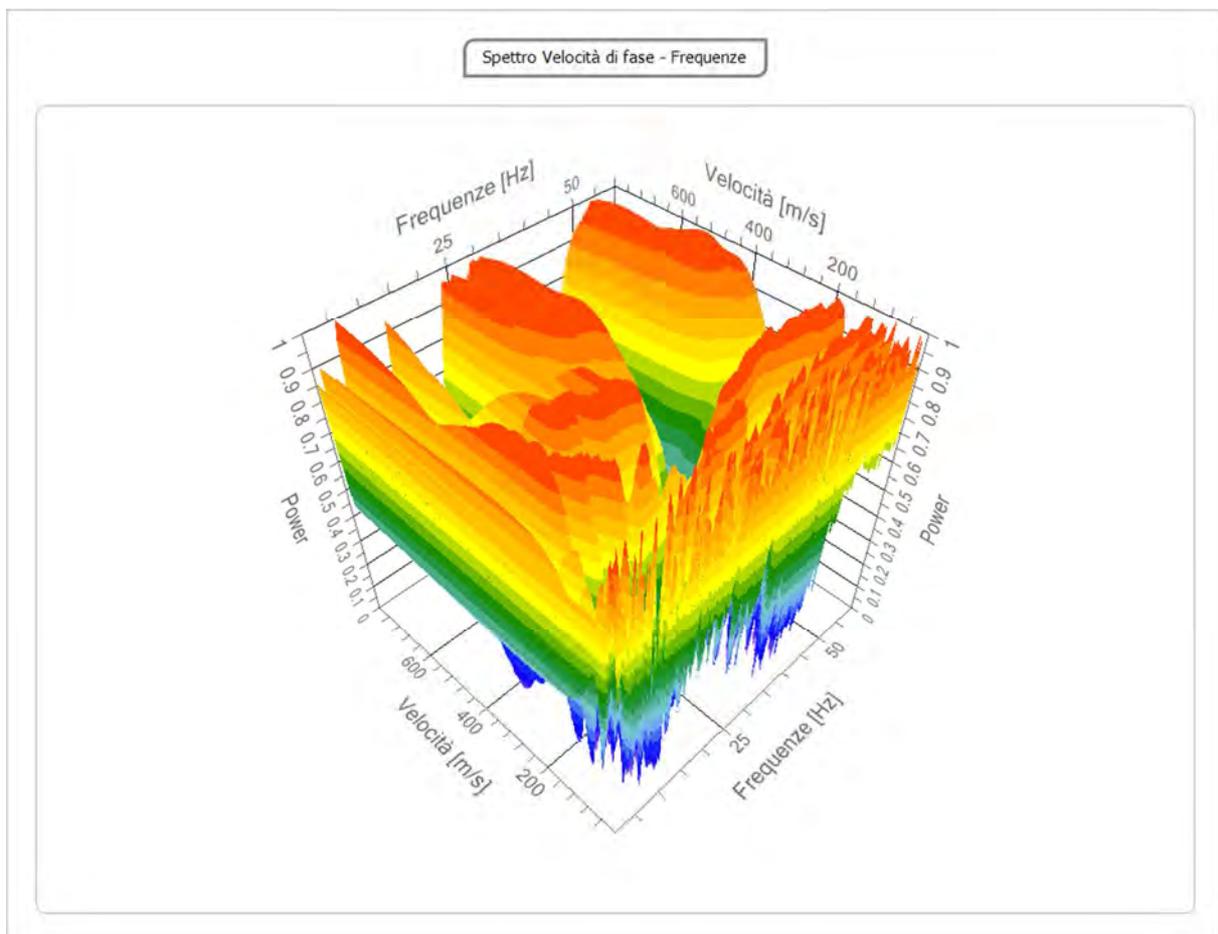
Tracce

N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	5.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



Analisi spettrale

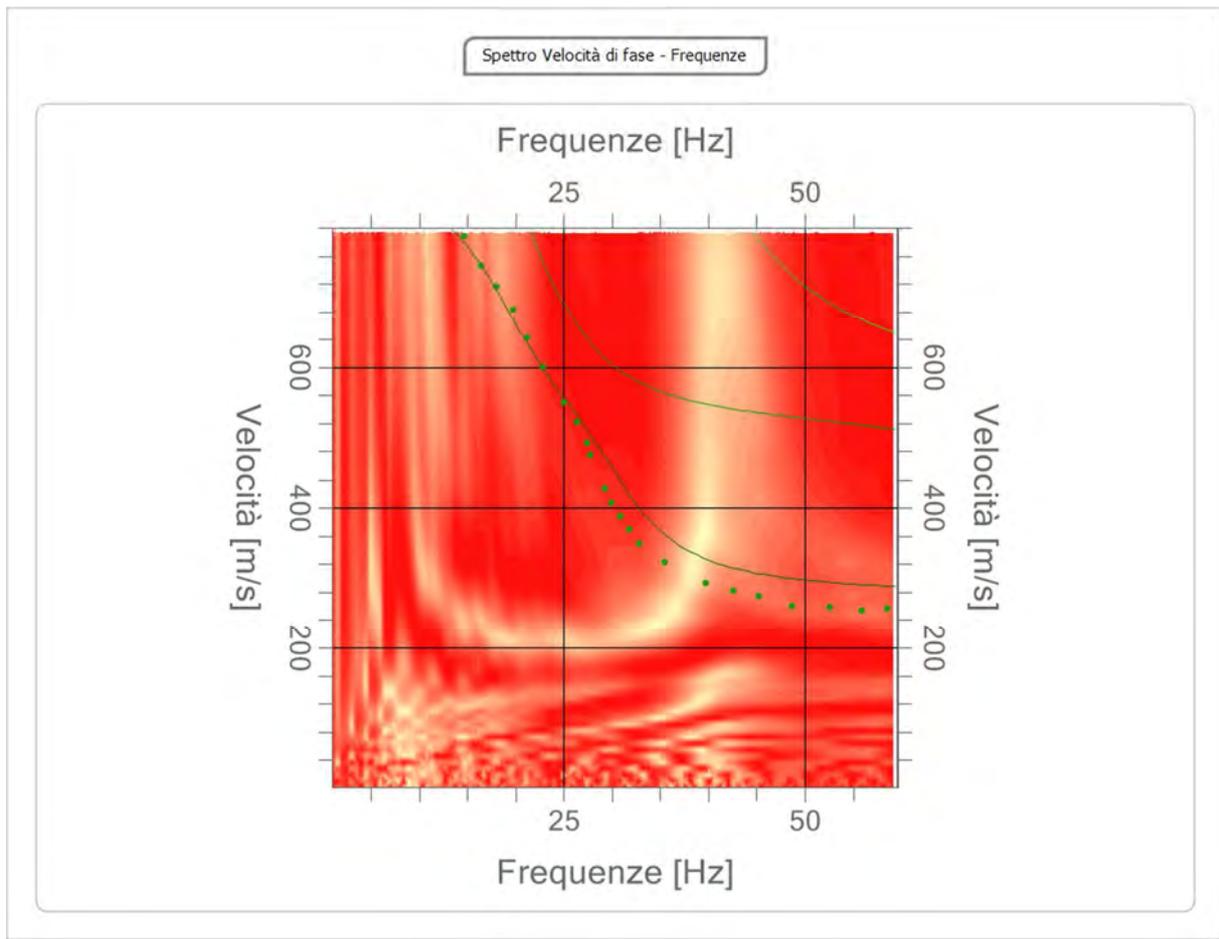
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina, (Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com, web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793

Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	14.7	788.6	1
2	16.4	746.1	1
3	18.0	716.7	1
4	19.7	684.0	1
5	21.2	643.1	1
6	22.9	600.7	1
7	25.0	550.0	1
8	26.3	522.2	1
9	27.4	492.8	1
10	27.8	474.8	1
11	29.2	427.5	1
12	29.9	407.9	1
13	30.9	388.2	1
14	31.7	370.3	1
15	32.8	349.0	1
16	35.5	322.9	1
17	39.7	293.5	1
18	42.5	282.0	1
19	45.2	273.9	1
20	48.7	260.8	1
21	52.6	259.2	1
22	55.9	254.3	1
23	58.5	257.5	1

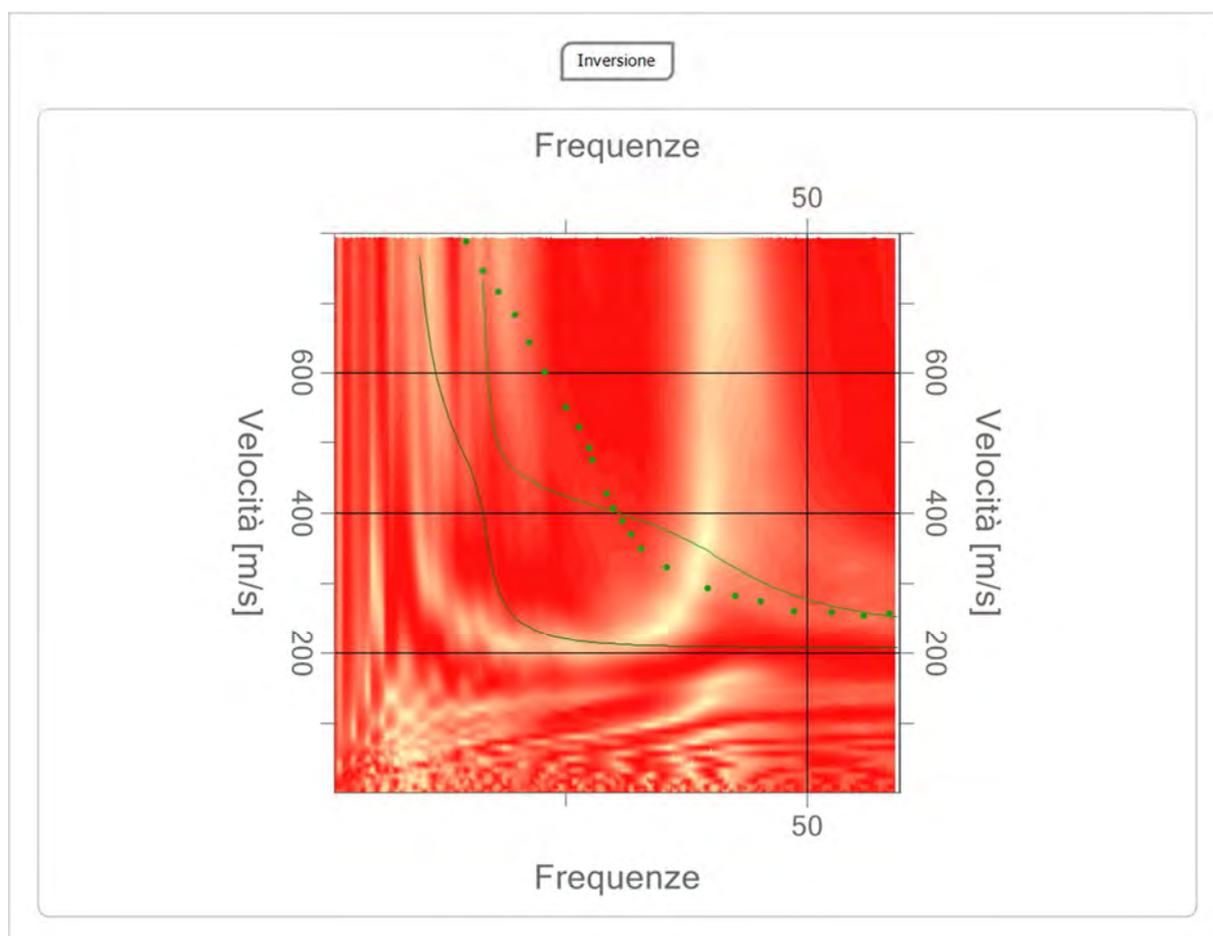


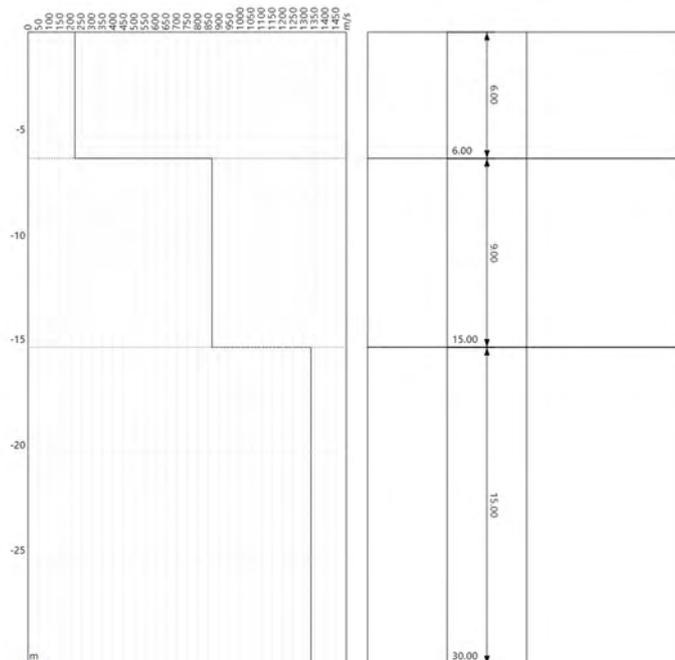
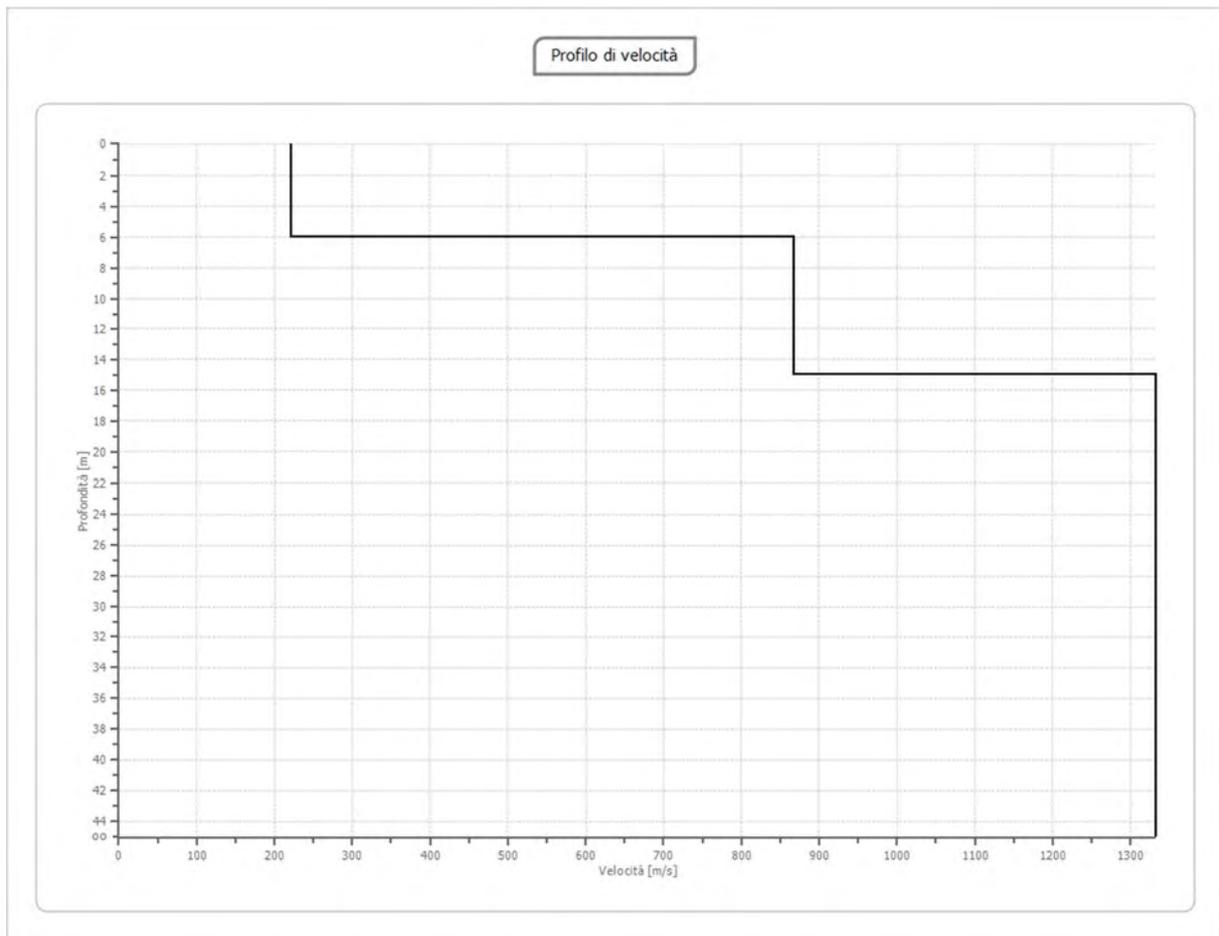
Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficient e Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		6.00	6.00	1850.0	0.36	No	472.7	221.1
2		15.00	9.00	2000.0	0.35	No	1804.1	866.7
3		oo	oo	2300.0	0.30	No	2494.4	1333.3

Percentuale di errore 4.925 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.176





Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,30 [m/sec]	615.07
Categoria del suolo	B

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

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coeffici ente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	6.00	6.00	221.08	472.6 8	1850.00	0.36	90.42	413.34	292.78	245.94	N/A	1258.16
2	15.00	9.00	866.67	1804. 11	2000.00	0.35	1502.22	6509.63	4506.67	4056.0 0	N/A	N/A
3	oo	oo	1333.3	2494. 44	2300.00	0.30	4088.89	14311.1	8859.26	10631. 1	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

Alla luce delle informazioni riportate dall'acquisizione delle prove sismiche e dallo studio generico delle carte geologiche dell'area di lavoro, si può ipotizzare una presumibile stratigrafia che in ogni caso deve essere supportata da indagini geomeccaniche dirette :

0-6 Metri - Marne ed arenarie abbastanza alterate

6-15 “ - Marne ed arenarie debolmente compatte

16-30 “ - Marne ed arenarie compatte.

Studio tecnico di Fisica ambientale e Geologia - Cavour IV trav.1, 88050, Sellia Marina,
(Catanzaro) - Tel.0961355496, Tel.3358420351, Fax:0000, e-mail:geosudambiente@gmail.com,
web:www.campolettromagnetico.it - C.F., P.Iva.03890240793