REGIONE LIGURIA

COMUNE DI BORDIGHERA

Provincia di Imperia

SETTORE TECNICO
SERVIZIO LAVORI PUBBLICI

PROGETTO DI REALIZZAZIONE NUOVO CAMPO SPORTIVO
IN LOCALITA' DUE STRADE-PRIMO LOTTO FUNZIONALE
STRALCIO FINANZIARIO INTERMEDIO

PROGETTO ESECUTIVO

TAV.R05S

Oggetto

D06- RELAZIONE GEOLOGICA

Scala	
1/200	15/06/2022

Data	Revisioni

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
Dott. Arch. Monica Rossi

PROGETTISTA
OPERE EDILI E STRUTTURE

Dott. Ing. Andrea Palmero

Studio Tecnico Palmero
Via Cavour n°1 18039-Ventimiglia (IM)
Tel: 0184/351790
email: palmeroandrea@gmail.com

INDAGINI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE

Dott. Geol. Massimo Spano

Via Giovanni XXIII, n°25 18019-Vallecrosia (IM)
Tel: +39-3287410174
email: massimo.spano71@gmail.com

Geologo Massimo SPANO
Via Giovanni XXIII, 25 - 18019 – VALLECROSIA (IM)
Cell. +39 328 7410174 - e-mail: massimo.spano71@gmail.com
P. I.V.A.: 01212960080 – C.F.: SPNMSM71B14L741N

COMUNE DI BORDIGHERA

Località Due Strade
PROVINCIA DI IMPERIA

RELAZIONE GEOLOGICA

PROGETTO DI REALIZZAZIONE NUOVO CAMPO SPORTIVO

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Bordighera
PROGETTISTA STRUTTURE: Ing. Andrea PALMERO

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA
Dott. Geol. MASSIMO SPANO
A.F.n. 308
data iscr. 23-07-98

INDICE.

CAPITOLO	PAG
Premesse	*3*
Tipologia dell'intervento	*3*
Condizioni morfologiche, geologiche e idrologico-idrogeologche	*5*
Accertamenti in situ	*9*
Considerazione sul rischio sismico	*42*
Caratteristiche geotecniche dei terreni indagati	*45*
Considerazioni conclusive	46
Allegati	

PREMESSE.

Lo scrivente Geologo Massimo Spano iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi della Liguria con il numero 398, ha redatto la presente relazione geologica su incarico conferito dall'Amministrazione Comunale di Bordighera per la realizzazione di un nuovo campo sportivo in Località Due Strade – Comune di Bordighera, in ottemperanza a quanto prescritto dalla Normativa Nazionale e Regionale, dal Piano di Bacino e al nuovo Piano Urbanistico Comunale.

L'indagine ha comportato il rilievo di superficie in un contorno sufficientemente esteso all'area interessata, l'esecuzione di 2 sondaggi verticali a carotaggio continuo, 2 prove penetrometriche dinamiche leggere, 2 prove sismiche a rifrazione, 1 prova MASW e 2 prove sismiche di tipo passivo (HVSR) al fine di caratterizzarla dal punto di vista morfologico, idrologico-idrogeologico, geologico-strutturale e sismico.

Come base cartografica per il rilevamento è stata utilizzato un stralcio della C.T.R. in scala 1: 5000 (All. 1), mentre per lo stato attuale e di progetto dei luoghi è stato fatto riferimento alle Tavole redatte dai Progettisti.

Alla luce degli elementi emersi dall'indagine svolta nel periodo gennaio-febbraio 2020, si ritiene di poter esporre quanto segue.

TIPOLOGIA DELL'INTERVENTO.

Il presente progetto prevede la realizzazione di un nuovo campo sportivo in località Due Strade ubicato in corrispondenza di un pianoro in sponda sinistra del Torrente Borghetto.

In particolare il progetto prevede il livellamento del terreno, attraverso una compensazione (scavo a monte e riporto a valle) creando un terreno di gioco omologato per la Lega Nazionale Dilettanti.

Parte del terreno di riporto sarà reperito da altri cantieri e dovrà avere caratteristiche adatte.

Per la sua esecuzione sono previsti importanti movimenti terra per ottenere un rettangolo di gioco livellato, con esecuzione di un contenimento in cemento armato lato corso d'acqua che nella parte più rialzata avrà un'altezza di circa 3 m.

Dopo l'esecuzione del campo è prevista la realizzazione degli spogliatoi, delle tribune, della viabilità di accesso e dei parcheggi che probabilmente saranno però costruiti in diversi lotti.

Per meglio focalizzare il lavoro in progetto si rimanda alle tavole redatte dai Progettisti.

Tutto il materiale di sterro andrà condotto in discarica autorizzata o essere riutilizzato secondo le procedure prescritte dal D.P.R 120/2017.

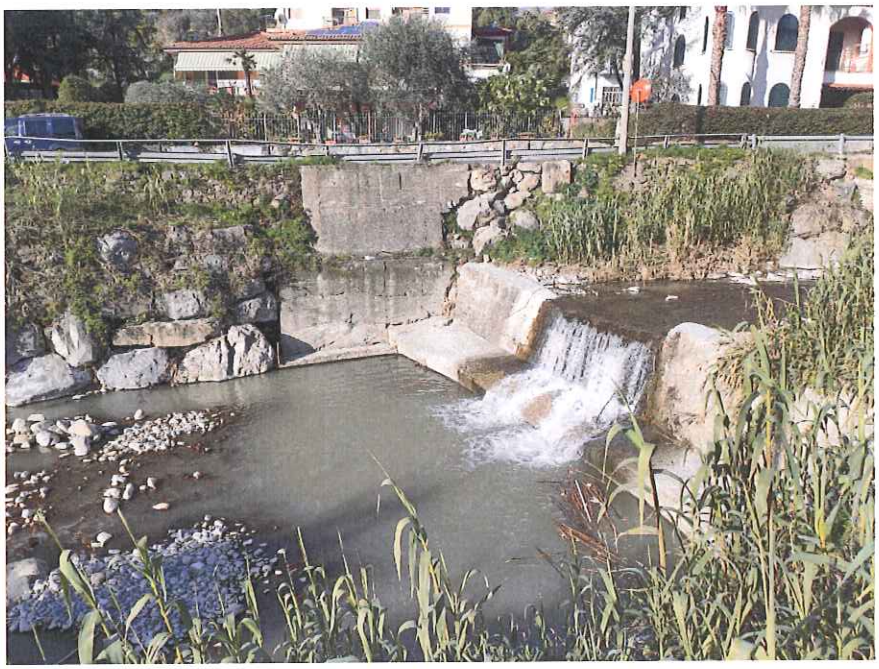
CONDIZIONI MORFOLOGICHE, GEOLOGICHE, IDROLOGICHE E IDROGEOLOGICHE.

Il settore in studio si trova in località Due Strade in sponda sinistra del Torrente Borghetto lungo il fondovalle pianeggiante in un'area attualmente abbandonata (All. 1).

In particolare il sedime in cui verrà realizzato il nuovo edificio scolastico attualmente è incolto e vi è la presenza di alcuni manufatti abbandonati.

A monte dei campi è presente un terreno da mediamente a poco acclive costituito da terrazzamenti in cui sono presenti serre con teli ombreggianti e terrazzamenti coltivati a olivi e alberi ornamentali.

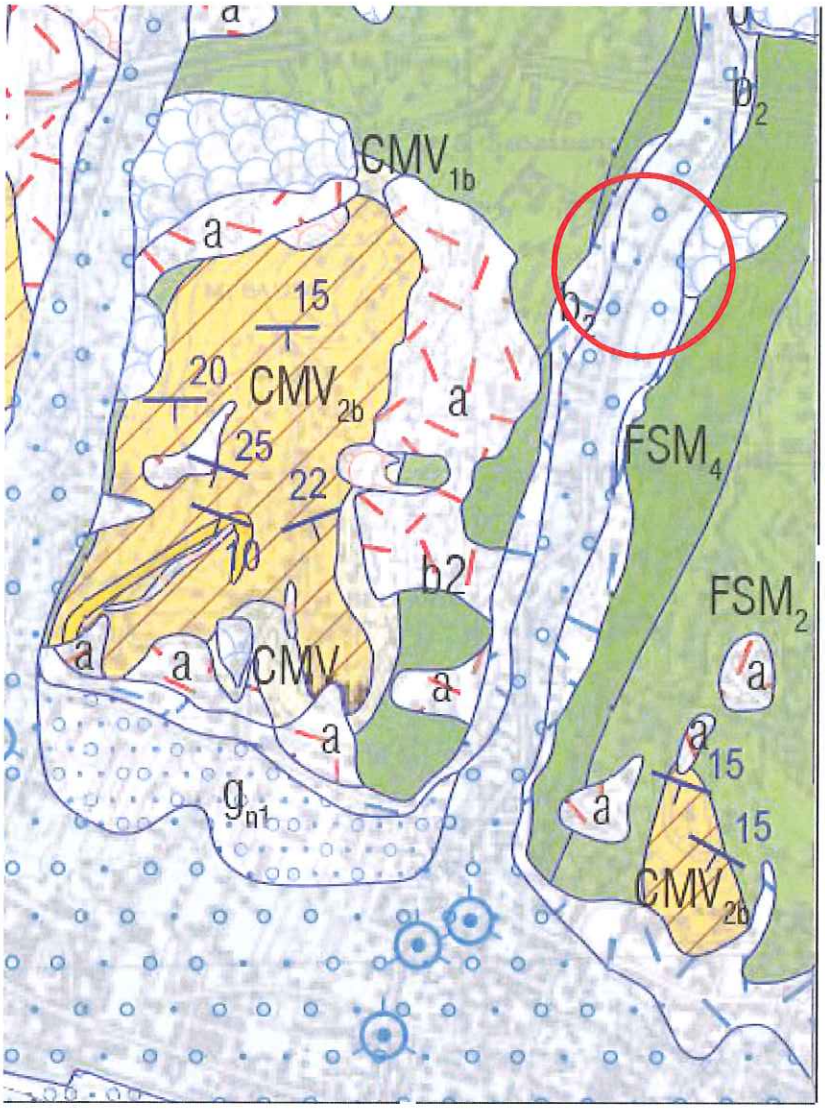
La zona confina a valle con l'alveo del Torrente Borghetto, proprio in corrispondenza della piana alluvionale; in particolare nel settore in studio il corso d'acqua è provvisto di argini e difese.



Per appurare lo spessore della coltre e dei depositi e le loro caratteristiche sono stati realizzati 2 sondaggi verticali a carotaggio continuo e 2 prove penetrometriche dinamiche leggere che hanno permesso di ricostruire la stratigrafia dei luoghi (All. 2).

A compendio dell'indagine geognostica sono state eseguite prove sismiche orientate ortogonalmente tra loro.

Per quanto concerne l'aspetto geologico l'area è associabile interamente alle litologie flyschoidi, a monte e lateralmente sono presenti affioramenti appartenenti alla Formazione del Flysch di Sanremo che nell'area in studio sono celati da più di 10 m di sedimenti alluvionali.



Le giaciture del flysch si può ipotizzare che nell'area variano da 20° a 60° N inclinazione da 20° a 60° e immersione a est.

Vi sono alternanze di livelli calcareo-marnosi e marne, spesso finemente fratturati e alterati a causa della circolazione idrica lungo i piani di discontinuità.

Dal punto di vista idrologico, le acque nel settore sono parzialmente regolamentate a monte dalle opere di regimazione e smaltimento presenti nei manufatti e nelle strade e sentieri, mentre nell'area in studio essendo incolta, pianeggiante e non antropizzata le acque meteoriche tendono immediatamente a penetrare nel terreno avente caratteristiche di medio-alta permeabilità.

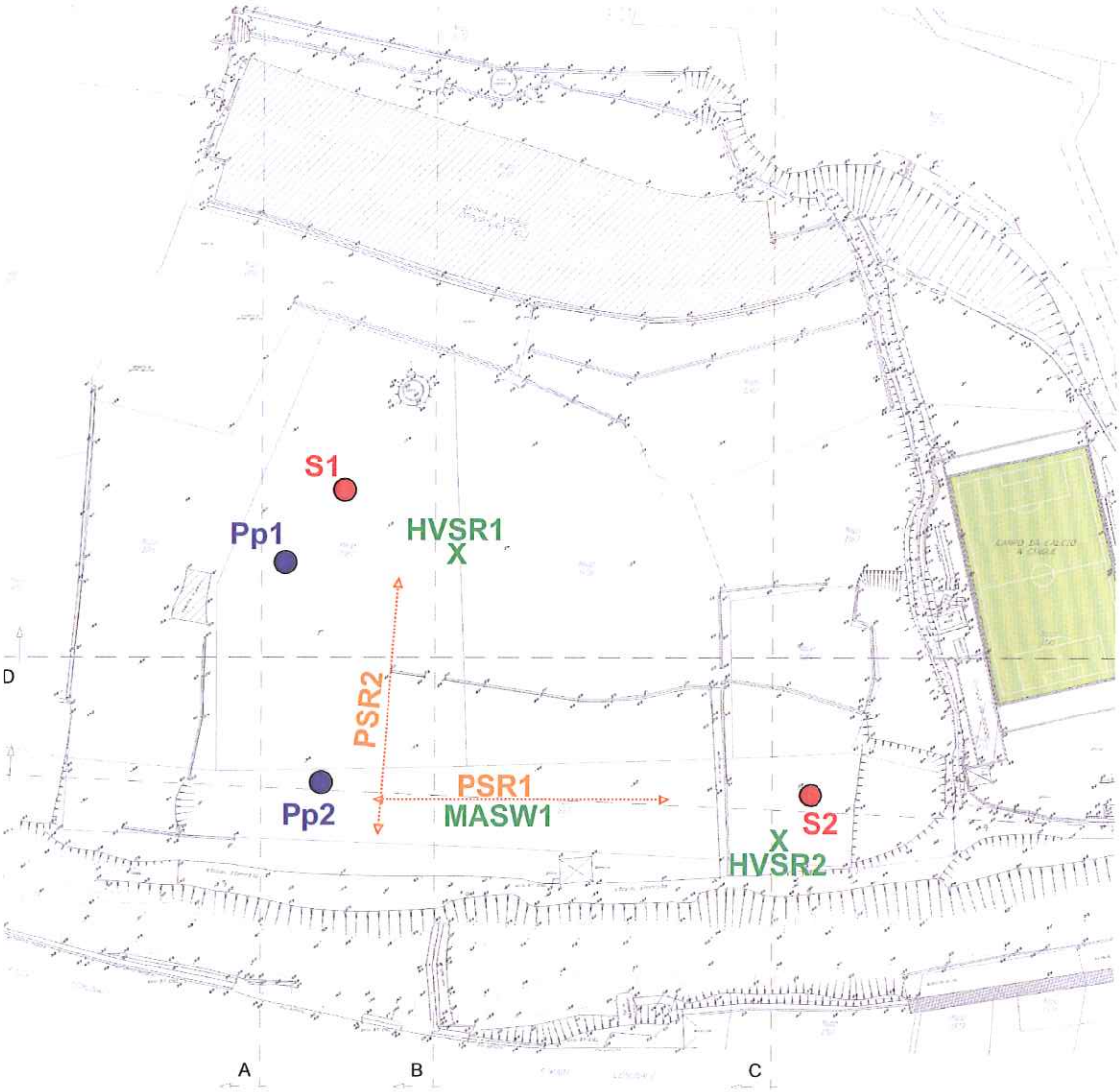
Dal punto di vista idrogeologico le indagini operate in loco (sondaggi) e le informazioni raccolte hanno evidenziato che al di sotto dell'area vi sia una circolazione idrica continua che alimenta l'alveo del Torrente Borghetto la cui variazione nell'arco dell'anno dipende molto dalle precipitazioni.

All'epoca dei sondaggi, eseguiti dopo un periodo di intense pioggie, nel piezometro installato in S1 è stata rilevata la falda a circa -4,40 m dal piano campagna.

ACCERTAMENTI IN SITU.

Come detto nelle premesse sono stati realizzati 2 sondaggi verticali a carotaggio continuo, 2 prove penetrometriche dinamiche leggere, 2 prove sismiche a rifrazione, 1 prova MASW e 2 prove sismiche di tipo passivo (HVSR) per verificare gli spessori e le caratteristiche dei livelli di coltre/roccia presenti nel settore e ovviamente accertarsi della presenza della falda e della profondità alla quale si riscontra.

L'ubicazione è stata approssimativamente riportata nella seguente planimetria che rappresenta il rilievo topografico dell'area.



Sondaggio verticale a carotaggio continuo S1

Tale prova è stata spinta fino a una profondità di - 10,00 m dal piano campagna attuale, per attraversare tutti i livelli di coltre significativi per la progettazione del nuovo campo sportivo.

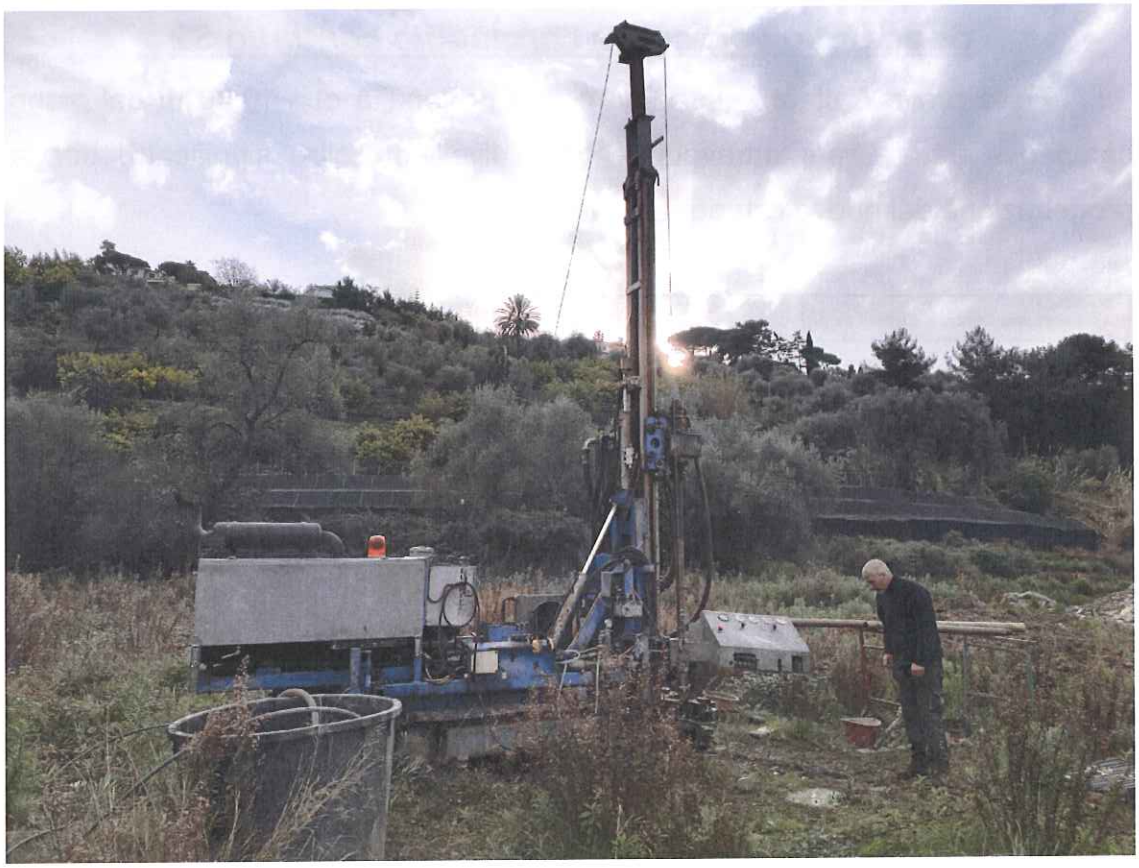
Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Amministrazione Comunale di Bordighera	-10 m			
Operatore	Indagine	Note1		Inizio/Fine Esecuzione
	Nuovo campo sportivo			
Responsabile	Sondaggio	Tipo Carotaggio	Tipo Sonda	Coordinate X Y
	S1	Continuo		

Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	Parametri geotecnici	S.P.T.	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Falda	Altre prove	Altre prove
1		Coltre detritica	1.40		3-4-5									
2		Depositi ghiaio-sabbio-limosi			1.00 PC RIF									
3			3.40		2.00 PC 12-RIF									
4					3.00 PC 12-15-RIF									
5		Trovanti e ciotoli grossolani calcari marnosi			4.00 PC							4.40		
6			2.85											
7														
8		Depositi ghiaio-sabbio-limosi												
9			2.35											
10														

Come detto durante l'esecuzione del carotaggio sono state eseguite 4 prove SPT (stadard penetration test) in foro per verificare le caratteristiche dei primi metri di terreno, nel foro è stato installato un piezometro per verificare il livello freatico.

Solo la SPT1 realizzata a partire da - 1 m dal p.c. è stata completata, le altre hanno dato rifiuto.

Il piezometro nelle settimane successive all'installazione ha fornito il dato del livello della falda che è risultato mediamente a -4,40 m dal p.c.



Nel seguente schema sono riportati i dati delle prove SPT effettuate:

SONDAGGIO	DENOMINAZIONE	PROFONDITA'	N°COLPI
S1	SPT1	-1,00 m	3-4-5
S1	SPT2	-3,85m	RIF
S1	SPT3	-5,15m	12-RIF
S1	SPT4	-6,15	12-15-RIF

Sondaggio verticale a carotaggio continuo S2

Tale prova è stata spinta fino a una profondità di - 10,00 m dal piano campagna attuale, per attraversare tutti i livelli di coltre significativi per la progettazione del nuovo campo sportivo.

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Amministrazione Comunale di Bordighera	-10 m			
Operatore	Indagine Nuovo campo sportivo	Note1		Inizio/Fine Esecuzione
Responsabile	Sondaggio S2	Tipo Carotaggio Continuo	Tipo Sonda	Coordinate X Y

Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	Parametri geotecnici	S.P.T.	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Falda	Altre prove	Altre prove
		Coltre detritica	0.70		RIF									
1		Depositi ghiaio-sabbio-limosi			1.00 PC 15-17-RIF									
2					2.00 PC 15-17-15									
3			4.90		3.00 PC RIF									
4					4.00 PC							4.40		
5														
6		Trovanti e ciotoli grossolani calcari	0.90											
7		Depositi ghiaio-sabbio-limosi												
8			3.50											
9														
10														

Come detto durante l'esecuzione del carotaggio sono state eseguite 4 prove SPT (stadard penetration test) in foro per verificare le caratteristiche dei primi metri di terreno, nel foro è stato installato un piezometro per verificare il livello freatico.

Solo la SPT3 realizzata a partire da - 3 m dal p.c. è stata completata, le altre hanno dato rifiuto.

Il piezometro nelle settimane successive all'installazione ha fornito il dato del livello della falda che è risultato mediamente a -4,40 m dal p.c.

Nel seguente schema sono riportati i dati delle prove SPT effettuate:

SONDAGGIO	DENOMINAZIONE	PROFONDITA'	N°COLPI
S1	SPT1	-1,00 m	RIF
S1	SPT2	-3,85m	15-17-RIF
S1	SPT3	-5,15m	15-17-15
S1	SPT4	-6,15	RIF

Prove penetrometriche dinamiche leggere

Come già detto sono state anche eseguite, come richiesto dal bando, 2 prove penetrometriche dinamiche leggere utilizzando il Penetrometro Pagani DMP20.

Tali prove ubicate nel settore nord dell'area, 1 in prossimità del pendio e 1 vicino all'argine, avrebbero dovuto completare i dati raccolti dalle prove SPT

in foro e caratterizzare dal punto di vista geotecnico i livelli di terreno subsuperficiali.

In generale le prove hanno evidenziato come vi sia un livello di terreno vegetale/coltre detritica avente una potenza di circa 1 m massimo al di sotto del quale cominciano "passate" deposizionali composte da ciottoli sabbia e limo nei quali le prove penetrometriche si arrestano.

In particolare la PP1 ha raggiunto la profondità di 1,8 m dal p.c. e PP2 i-1,5 m dal p.c.

Non è stata rilevata in fase di estrazione delle aste la presenza di acqua nel foro di sondaggio e la prova si è arrestata in maniera graduale (la punta si è progressivamente piantata nei ciottoli grossolani).

In fondo alla relazione (All. 3) sono presenti i grafici relativi alle prove eseguite e le elaborazioni che hanno fornito parametri indicativi sui terreni interessati.

Prospezioni sismiche a rifrazione

Nell'area di intervento sono stati condotti accertamenti geofisici tra cui 2 prospezioni sismiche a rifrazione ubicate 1 longitudinalmente all'argine (PSR1) e l'altro perpendicolarmente (PSR2) (vedi figura pagina 9) ai fini di individuare in linea di massima lo spessore dei materiali sciolti, le loro principali caratteristiche sismiche nonché l'andamento e geometria del basamento roccioso sepolto.

L'indagine geofisica indiretta di tipo sismico a rifrazione consente di rilevare e registrare le onde elastiche di compressione e/o taglio generate e prodotte alla superficie da energizzazioni artificiali, ricostruendone il tragitto e il percorso soggetto a rifrazione e riflessione indotte da discontinuità fisico-chimiche sepolte riconducibili a differenti stati elastici dei terreni, quali orizzonti e contatti stratigrafici, interfaccia tra materiali sciolti e roccia, faglie, vuoti, cavità. La ricezione e la trasmissione della perturbazione alla superficie viene rilevata da trasduttori elettromagnetici, chiamati geofoni, i quali, attraverso un cavo schermato multipolare, inviano il dato al ad un sismografo multicanale che misura e registra i tempi di percorrenza dell'impulso elastico, memorizzando i ritardi sequenziali di arrivo tra i vari geofoni. Tali ritardi, graficati in funzione della distanza e della spaziatura indotta nella stesa, consentono di elaborare le dromocrone, attraverso le quali è possibile interpretare la prospezione e ricostruire un modello stratigrafico del sottosuolo.

L'acquisizione dei dati è stata effettuata mediante un sismografo PASI GEA24 a 12 canali con memorizzazione incrementale dei segnali per ogni traccia, digitalizzati mediante convertitore A/D a 16 bit in 260 campioni per una lunghezza di registrazione pari a 256 millesimi di secondo. L'energizzazione nel terreno, per la generazione delle onde di compressione, è stata ottenuta mediante percussione con massa battente (mazza con testa da 9 kg) su piastra di acciaio.

La spaziatura dei geofoni, pari a 3 m, è stata decisa sulla base del *target* d'indagine, ovvero del presunto spessore minimo di materiali sciolti da indagare nonché soprattutto dalle potenziali condizioni logistico di sviluppo della stesa. La lunghezza dello stendimento, considerando le energizzazioni agli estremi (S1 e S5) con *offset* pari a 3 m, è stata pertanto di circa 39 m.

Per la ricezione delle onde sono stati utilizzati geofoni verticali Oyo *Geospace* con frequenza naturale di 14 Hz. I tempi zero di energizzazione sono stati rilevati mediante l'utilizzo di geofono starter collegato direttamente alla mazza perturbante.

L'interpretazione dei dati è stata condotta mediante software specialistico di tomografia sismica SmartTomo.

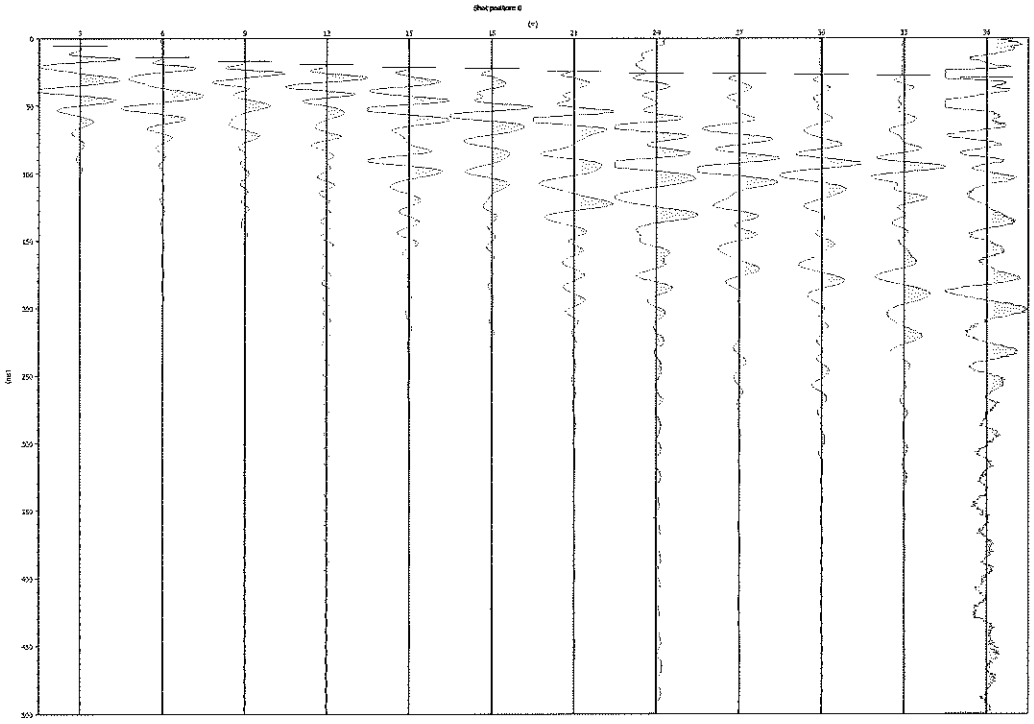
La sequenza degli strati sismici, discretizzati da intervalli di velocità, viene quindi inevitabilmente ricondotta ai terreni e alle litologie presenti nell'area in studio, coltre detritica, substrato alterato e bedrock.

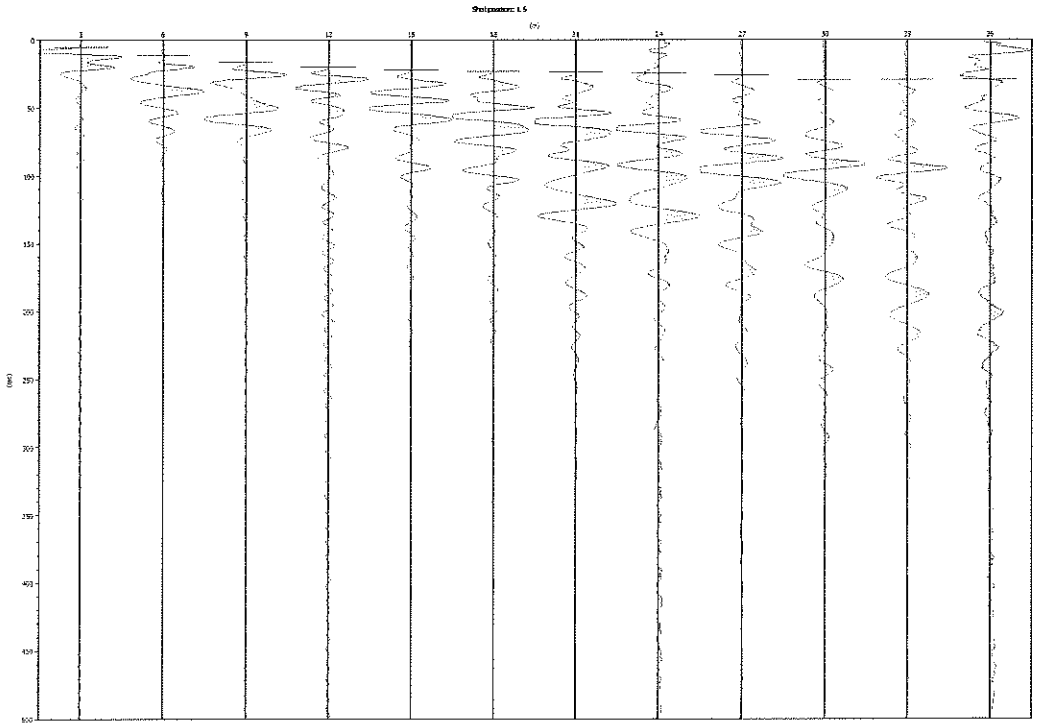
L'individuazione dei primi arrivi permette di individuare le dromocrone e quindi la sezione sismostratigrafica.

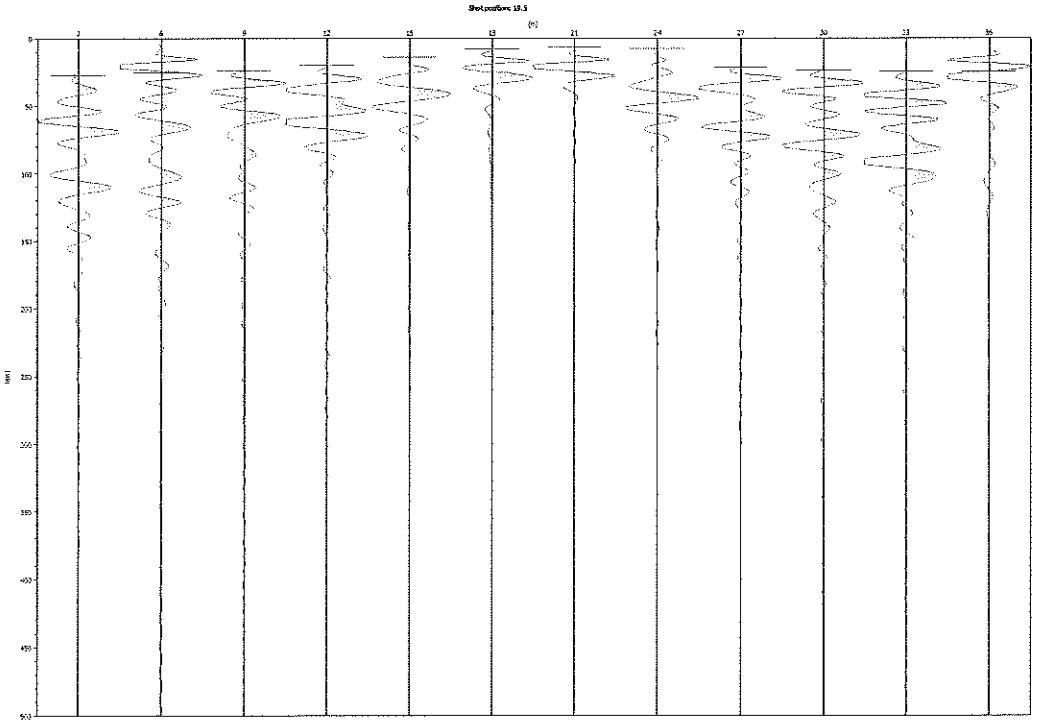
PSR1

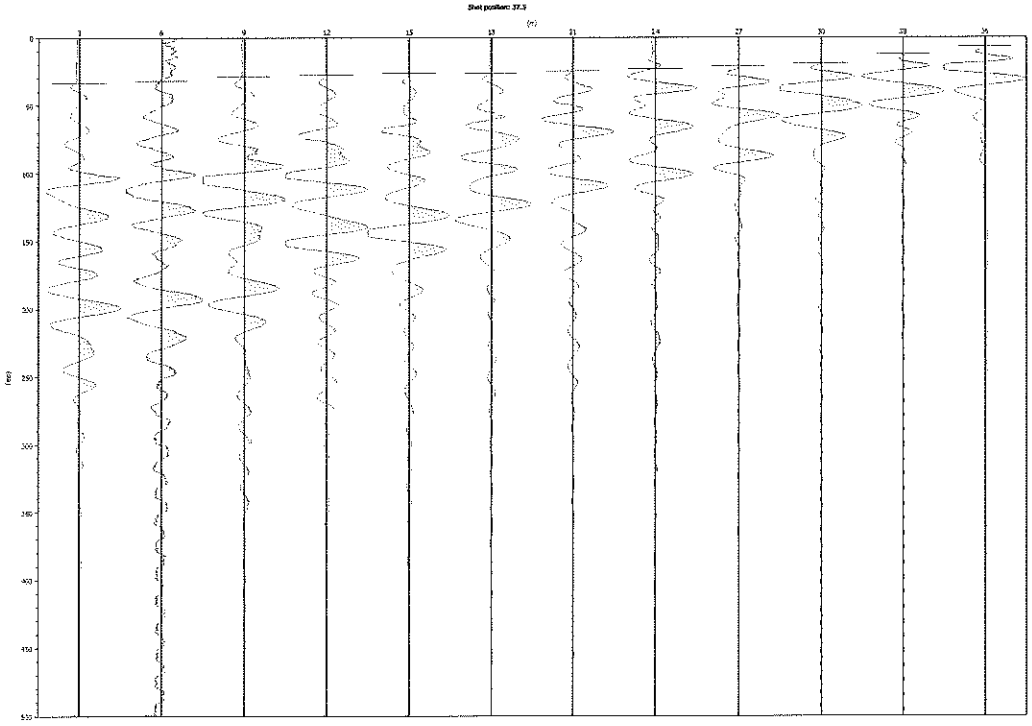
Come detto questa prova è stata eseguita parallelamente all'argine, nella parte più ribassata del terreno in studio, dove verrà realizzato il muro in c.a.

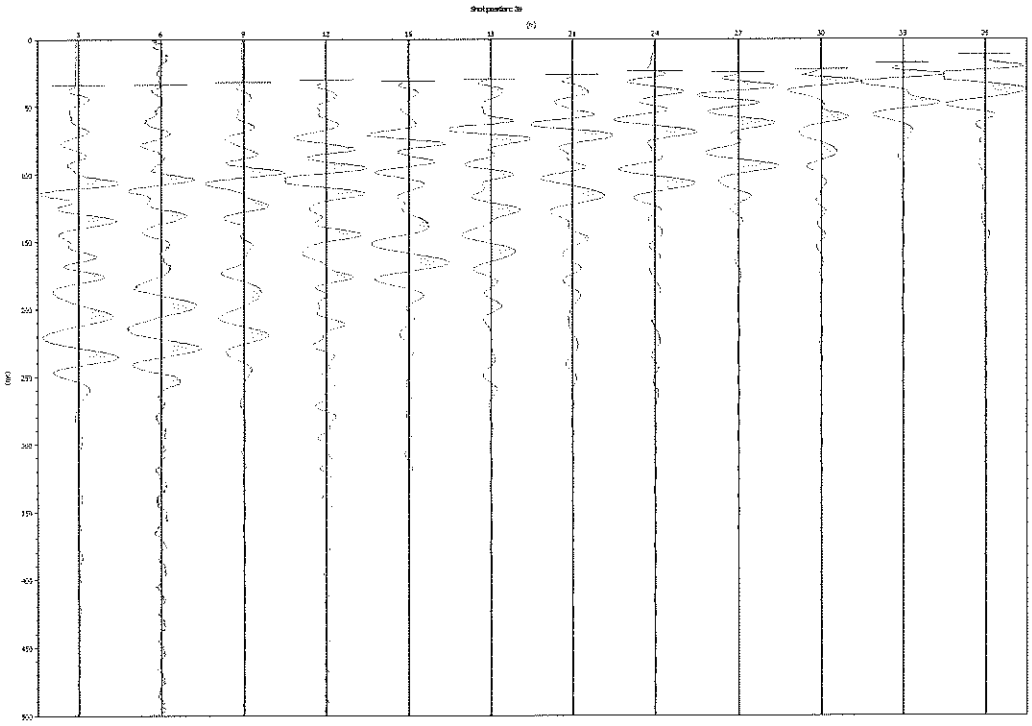
ID:geophone#	X	Y	2020-01-14_11-54campo_bordi0.seg2	2020-01-14_11-55campo_bordi1-5.seg2	2020-01-14_11-58campo_bordi19-5.seg2	2020-01-14_12-01campo_bordi37-5.seg2	2020-01-14_12-02campo_bordi39.seg2
0:0	3	0	0.00540958 0.00588598	0.00540958 0.00472883	0.0270479 0.0268167	0.0332303 0.0324773	0.0340031 0.0352006
1:0	6	0	0.0139104 0.0134728	0.011592 0.0123156	0.0255023 0.0258672	0.0316847 0.031221	0.0340031 0.0337907
2:0	9	0	0.0170015 0.0166625	0.0162287 0.0168828	0.0239567 0.0238029	0.0285935 0.0289995	0.0316847 0.0315693
3:0	12	0	0.0193199 0.0195506	0.0200927 0.0196413	0.0200927 0.0201158	0.0278207 0.0276705	0.0301391 0.0302402
4:0	15	0	0.0216383 0.0218131	0.0224111 0.0220669	0.0139104 0.0139104	0.0262751 0.0272747	0.0309119 0.0298444
5:0	18	0	0.0224111 0.0225835	0.0231839 0.0228373	0.00772798 0.00611347	0.0262751 0.0265354	0.0293663 0.0291051
6:0	21	0	0.0247295 0.0243918	0.0239567 0.0246456	0.00695518 0.00621994	0.0247295 0.0242542	0.0262751 0.026824
7:0	24	0	0.0262751 0.0256589	0.0247295 0.0259127	0.00772798 0.007729	0.0231839 0.0223299	0.0239567 0.0248997
8:0	27	0	0.0262751 0.0260572	0.0262751 0.026311	0.0216383 0.0218449	0.0208655 0.021474	0.0247295 0.0240438
9:0	30	0	0.0270479 0.0278124	0.0293663 0.0280662	0.0239567 0.0238689	0.0193199 0.0194281	0.0224111 0.0222815
10:0	33	0	0.0278207 0.0284909	0.0293663 0.0287447	0.0247295 0.0243532	0.0123648 0.0125677	0.0177743 0.0175229
11:0	36	0	0.0293663 0.0291209	0.0293663 0.0293747	0.0247295 0.0249832	0.00695518 0.00680088	0.011592 0.0117561

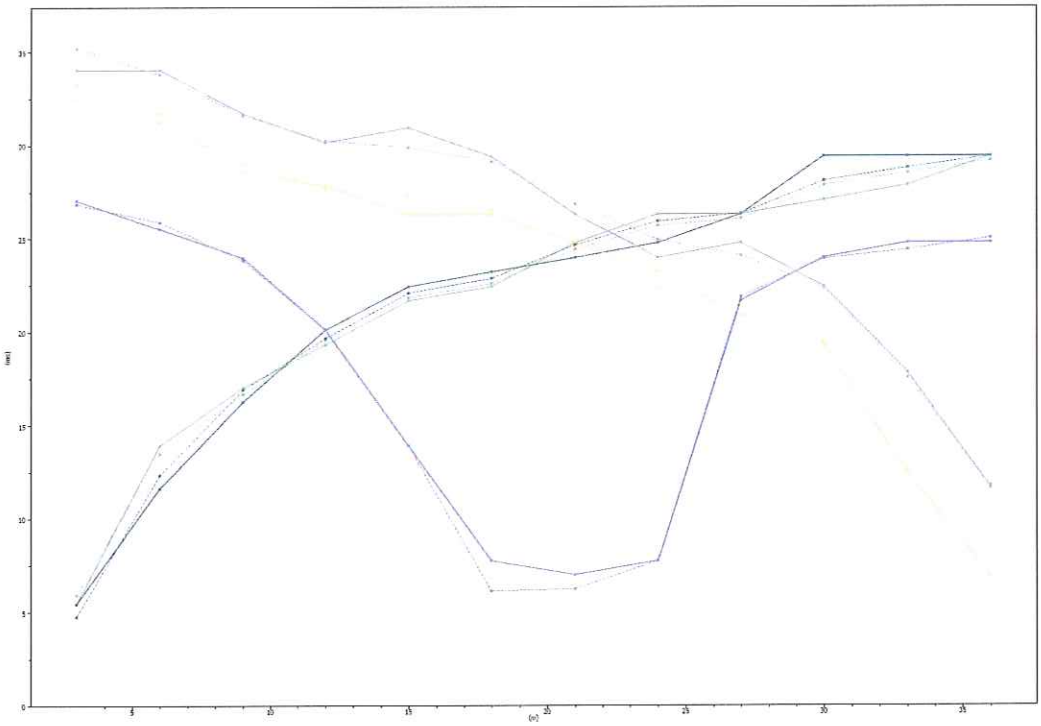




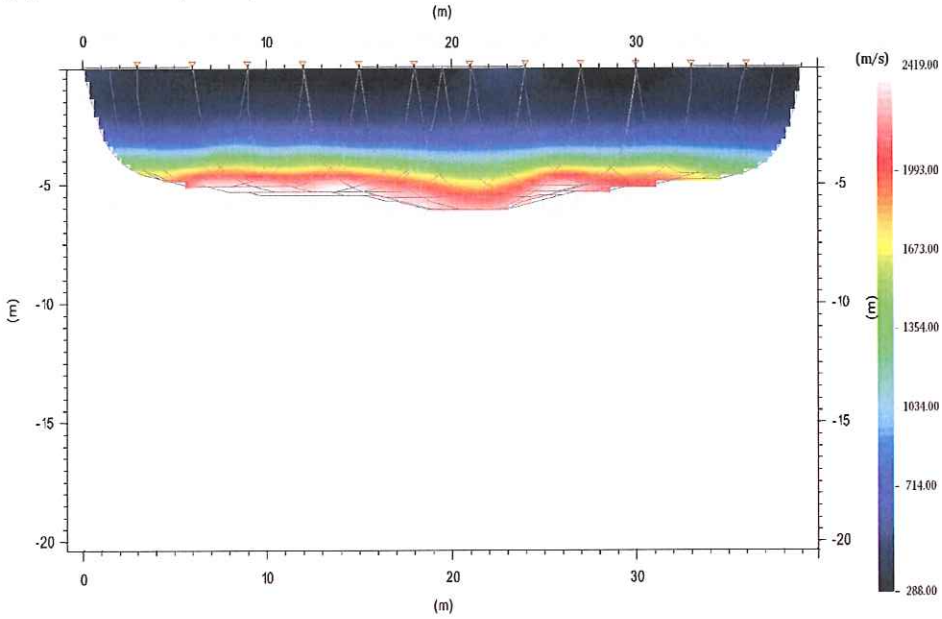


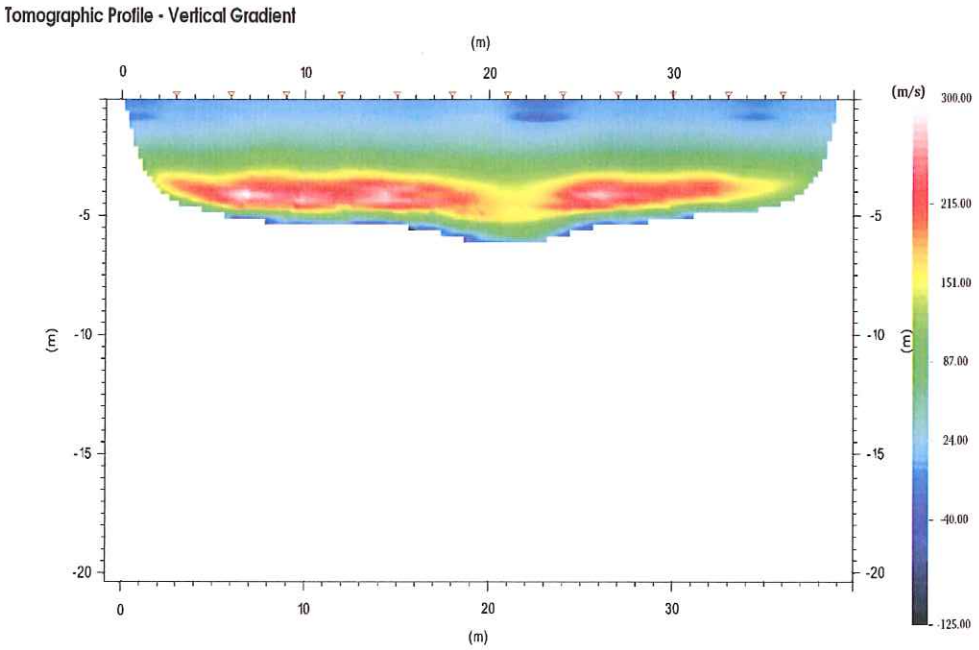






Tomographic Profile - Velocity with Rays



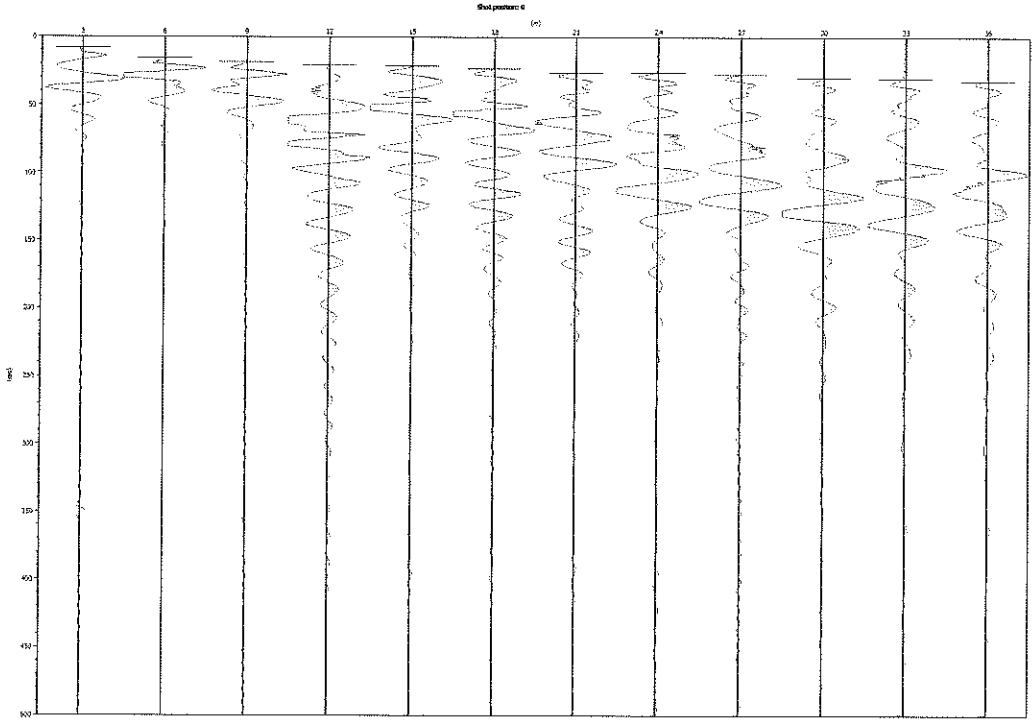


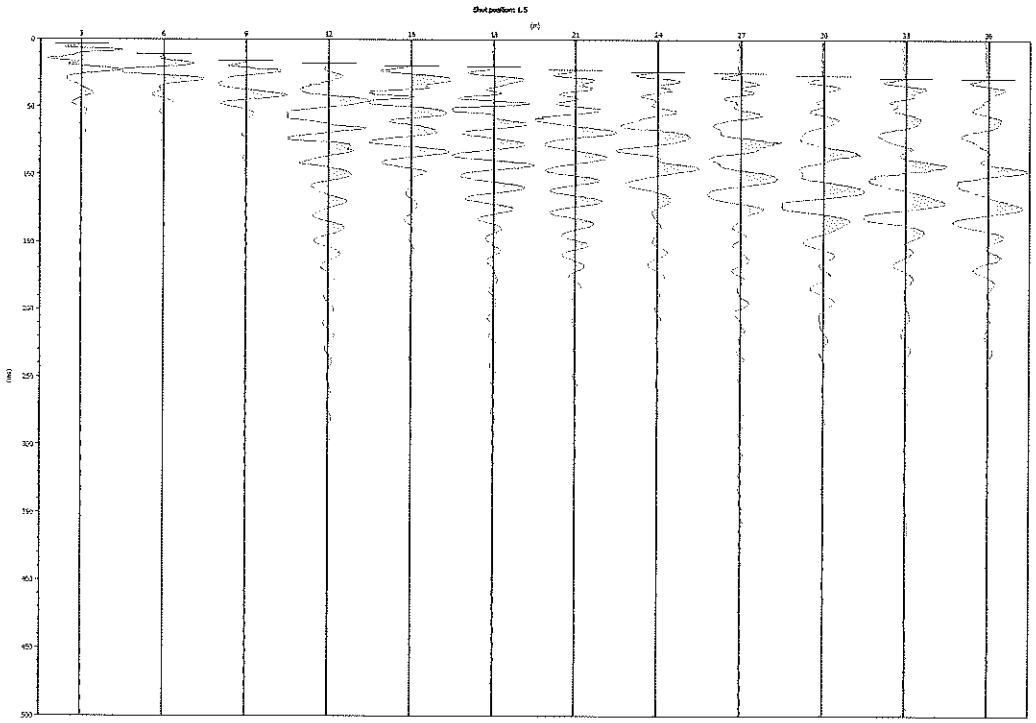
Le velocità delle onde P riscontrati dall'elaborazione tomografica hanno evidenziato come vi siano circa 4 metri di depositi sciolti con velocità piuttosto basse, poi le velocità aumentano, probabilmente anche a causa del disturbo operato dalla falda freatica che è stata rilevata tra i 4 e i 5 metri dal piano campagna. Importante risultato è comunque aver capito l'andamento orizzontale dei livelli deposizionali.

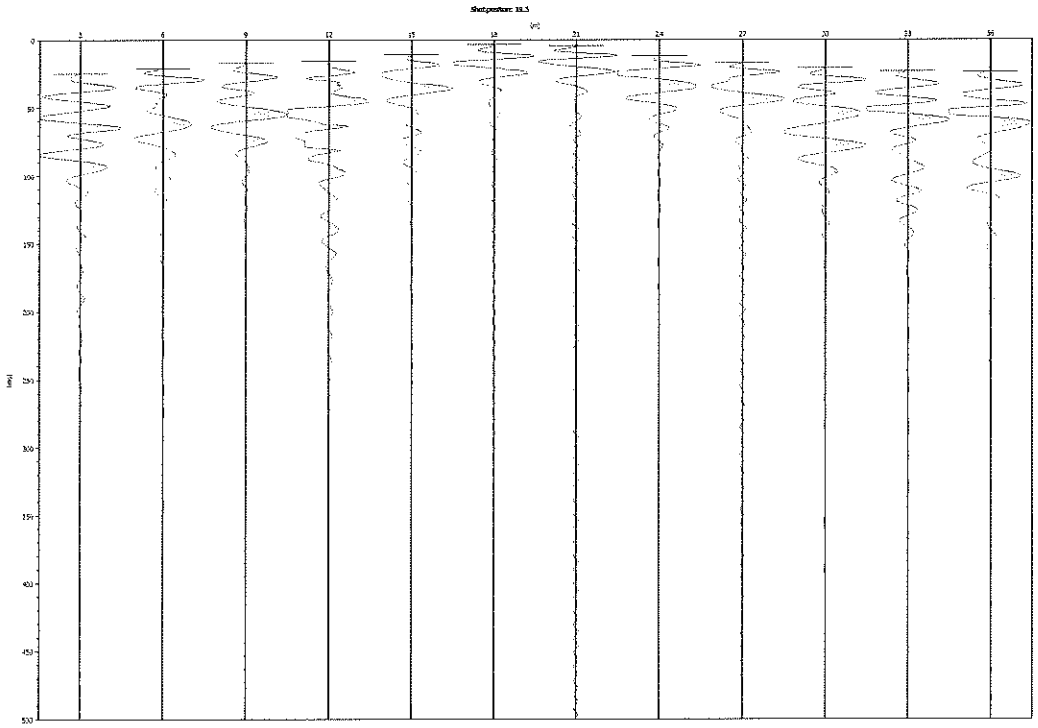
PSR2

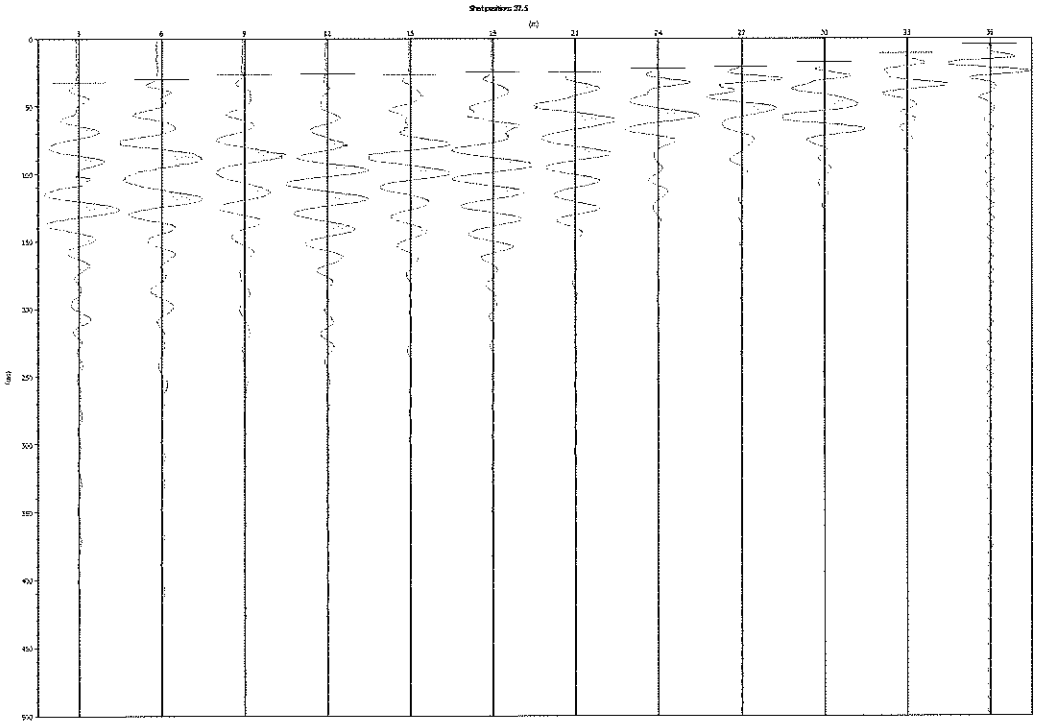
Questa prova è stata eseguita ortogonalmente alla precedente, con andamento W-E.

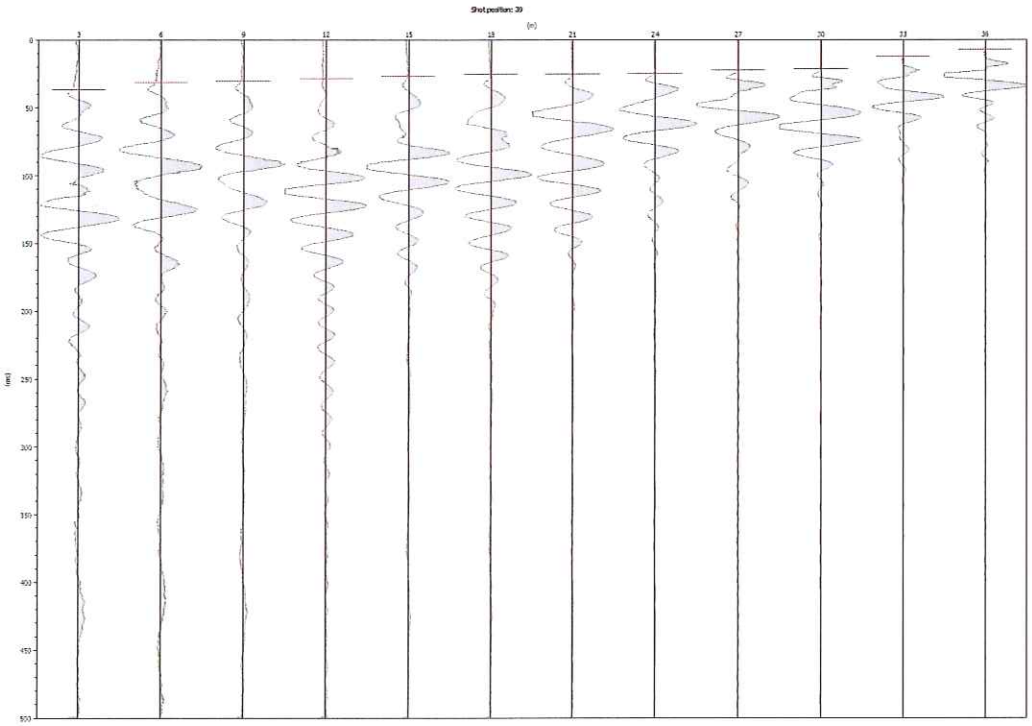
ID:geophone#	X	Y	2020-01-14_12-22campo_bordibis0.seg2	2020-01-14_12-22campo_bordibis1-5.seg2	2020-01-14_12-24campo_bordibis19-5.seg2	2020-01-14_12-26campo_bordibis37-5.seg2	2020-01-14_12-27campo_bordibis39.seg2
0:0	3	0	0.00822123 0.00819321	0.00373692 0.00383174	0.0246637 0.0241491	0.0321375 0.033633	0.0366218 0.0355127
1:0	6	0	0.0156951 0.0156424	0.0112108 0.011281	0.0209268 0.020445	0.0298954 0.0301027	0.0313901 0.0319824
2:0	9	0	0.0186846 0.0186433	0.0156951 0.0158072	0.0171898 0.0176359	0.0269058 0.0272936	0.0306428 0.0291733
3:0	12	0	0.0209268 0.0208652	0.0179372 0.0180196	0.0156951 0.0161035	0.0261584 0.0260239	0.0284006 0.0279036
4:0	15	0	0.0216741 0.0218783	0.019432 0.0190326	0.0112108 0.0112098	0.0269058 0.02607	0.0269058 0.0279497
5:0	18	0	0.0231689 0.0231071	0.0201794 0.0202615	0.00373692 0.00373651	0.0246637 0.0242388	0.0254111 0.0261185
6:0	21	0	0.0261584 0.0258665	0.0224215 0.0230209	0.0044843 0.0044819	0.0246637 0.0241641	0.0254111 0.0260438
7:0	24	0	0.0261584 0.026407	0.0239163 0.0235614	0.0119581 0.0119591	0.0224215 0.0225918	0.0246637 0.0244715
8:0	27	0	0.0276532 0.0273375	0.0246637 0.0244919	0.0171898 0.0178917	0.0209268 0.020606	0.0224215 0.022808
9:0	30	0	0.0298954 0.0297491	0.0269058 0.0269035	0.0209268 0.0210413	0.0179372 0.0183581	0.0216741 0.0212339
10:0	33	0	0.0306428 0.0313729	0.0284006 0.0284887	0.0231689 0.0223098	0.0112108 0.0107383	0.0127055 0.0133413
11:0	36	0	0.0321375 0.0320854	0.029148 0.0292397	0.0239163 0.0237382	0.0044843 0.00459714	0.00747384 0.00720007

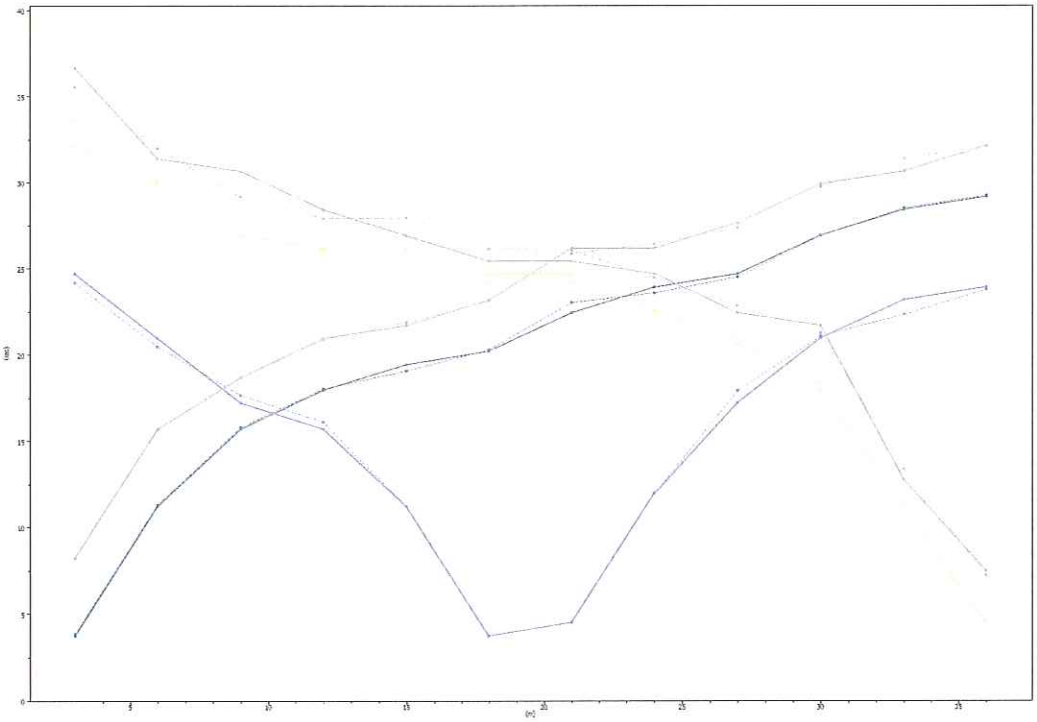


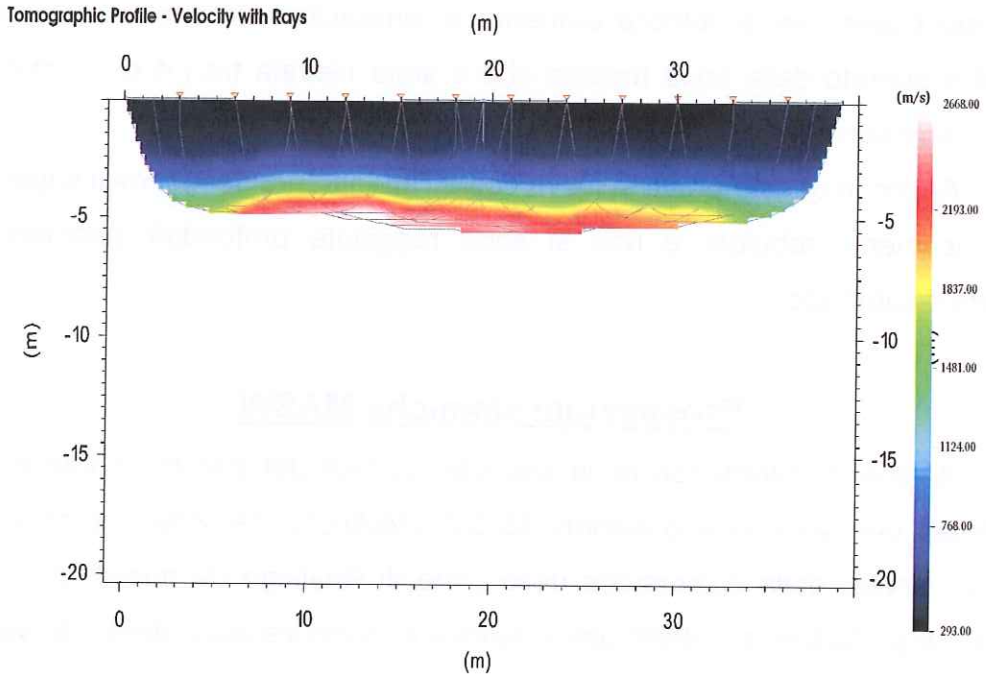


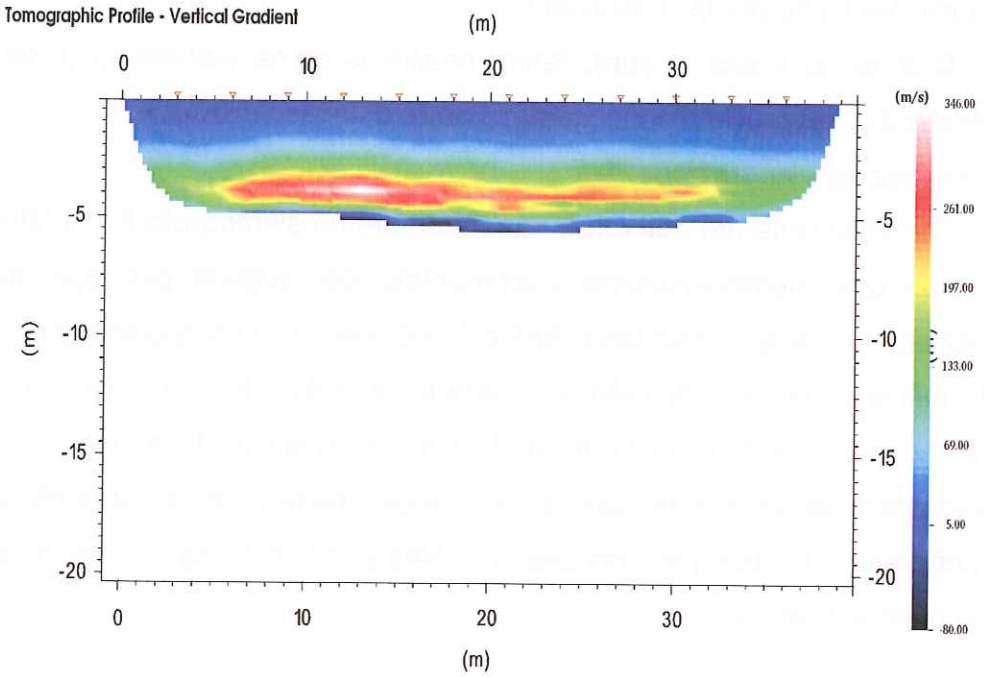





Shot position: 39
(m)
(ms)


(ms)
(m)


Tomographic Profile - Velocity with Rays
(m)
0
10
20
30
(m/s)
2668.00
2193.00
1837.00
1481.00
1124.00
768.00
293.00
-5
-10
-15
-20
(m)


Tomographic Profile - Vertical Gradient
(m)
0
10
20
30
(m/s)
346.00
261.00
197.00
133.00
69.00
5.00
-80.00
-5
-10
-15
-20
(m)

Le velocità delle onde P riscontrati dall'elaborazione tomografica hanno evidenziato così come nella PSR1 circa 4 metri di depositi sciolti con velocità piuttosto basse, poi le velocità aumentano, probabilmente anche a causa del disturbo operato dalla falda freatica che è stata rilevata tra i 4 e i 5 metri dal piano campagna.

Anche in questa prova si rileva come l'andamento dei depositi superficiali è praticamente tabulare e non si sono raggiunte profondità sufficienti per rilevare il substrato.

Prospezioni sismiche MASW

Al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame è stata effettuata una serie di acquisizioni *MASW* (*Multi-channel Analysis of Surface Waves,* analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999) utili a definire il profilo verticale della VS (velocità di propagazione delle onde di taglio).

Nel loro insieme, le procedure adottate sono state eseguite in accordo alle norme tecniche per le costruzioni.

Queste, in buona misura, fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio (VS).

Acquisizione ed elaborazione dati

L'acquisizione dei dati effettuata mediante un sismografo PASI GEA24 a 12 canali con memorizzazione incrementale dei segnali per ogni traccia, digitalizzati mediante convertitore A/D a 16 bit con tempo di registrazione pari a 2048 millisecondi e intervallo di campionamento di 1 millisecondo con guagagno, sui geofoni verticali a frequenza propria di 4.5Hz, costante. L'energizzazione nel terreno, per la generazione delle onde di compressione, è stata ottenuta mediante percussione con massa battente (mazza con testa da 9 kg) su piastra di acciaio.

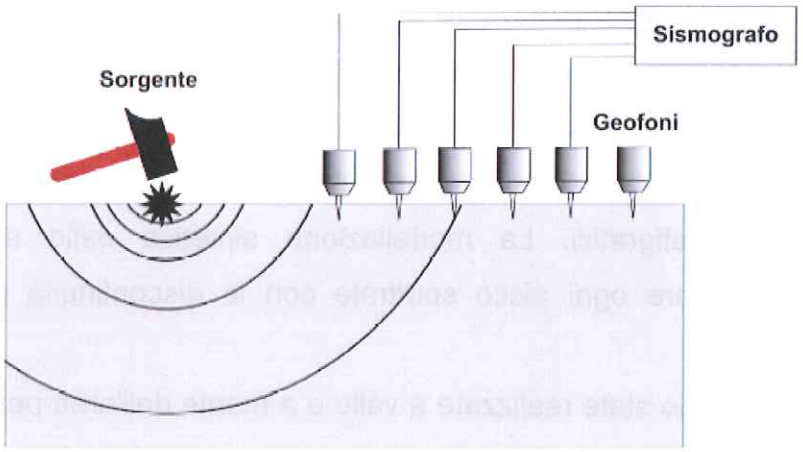


Figura 1. Stendimento sismico. Nel caso si utilizzi una sorgente ad impatto verticale e geofoni a componente verticale, si acquisiranno dati utili all'analisi delle onde di Rayleigh.

Per le analisi dei dati acquisiti si è adottato il software *EasyMASW* (GeoStru).

I dati *MASW* sono stati elaborati (determinazione spettro di velocità, identificazione curve di dispersione, inversione/modellazione di queste ultime) per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio (VS).

E' stata utilizzata la stesa della PSR1 per l'esecuzione della prova.

I risultati hanno evidenziato come probabilmente il substrato sia a circa 15 m dal piano campagna. L'elaborazione ha suggerito un suolo di tipo C, vista la velocità ottenuta, ma lo scrivente per caratterizzare il suolo preferisce mediate con le prove HVSR e la conoscenza del luogo.

Prospezione sismica passiva

Per concludere sono state realizzate 2 prove di simica di tipo HVSR, tale tecnica permette la parametrizzazione sismica dei terreni mediante l'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito, correlabili ai cambi litologici-stratigrafici. La modellazione sintetica dello spettro H/V, permette di correlare ogni picco spettrale con le discontinuità presenti nel sottosuolo.

Le prove sono state realizzate a valle e a monte dell'area per individuare eventuali discontinuità litologiche rilevanti per la caratterizzazione sismica del suolo (ubicazione vedi pagina 9).

I dati che si ricavano sono relativi alla frequenza propria del sito d'indagine, dal quale attraverso correlazioni e rielaborazioni si possono desumere spessori, profondità e velocità di propagazione delle onde di taglio all'interno dei sismostrati presenti.

Per tale indagine è stato utilizzato un acquisitore dati digitale Gemini 4 della PASI capace di acquisire e registrare i microtremori o rumore sismico ambientale, mediante una terna di geofoni con frequenza di risonanza ,5 Hz, accuratamente accoppiati meccanicamente ed elettricamente ed orientati N-S, E–W e verticalmente.

Per l'elaborazione dei dati è stato quindi utilizzato il software *WinMaswHVSR* della Eliosoft. I risultati ottenuti in merito alla frequenza fondamentale del sito vengono di seguito riportati:

PROVA HVSR1

Date: 21 2 2020
Time: 10 17

Dataset: SITE_20200221_0925campoborest.SAF
Sampling frequency (Hz): 128
Window length (sec): 40
Length of analysed temporal sequence (min): 12.0
Tapering (%): 10

==========

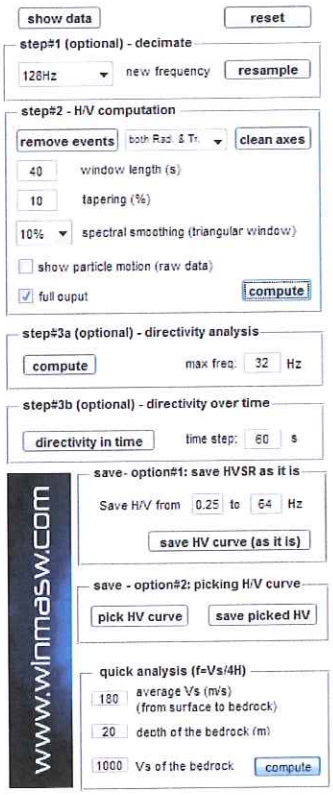
In the following the results considering the data in the 0.5-30.0Hz frequency range

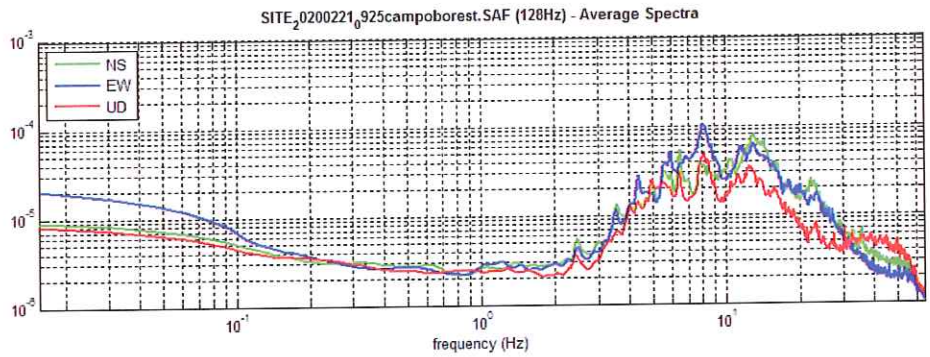
Peak frequency (Hz): 22.2 (±1.8)
Peak HVSR value: 3.8 (±0.6)

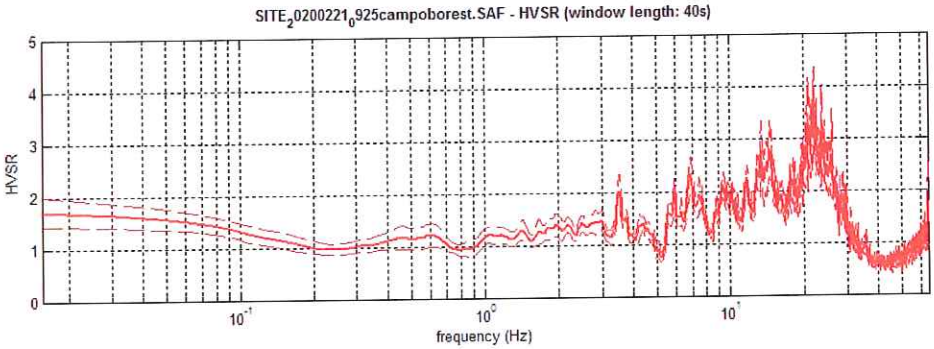
=== Criteria for a reliable H/V curve ==========
#1. [f0 > 10/Lw]: 22.2 > 0.25 (OK)
#2. [nc > 200]: 30246 > 200 (OK)
#3. [f0>0.5Hz; sigmaA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fullfilled) ==========
#1. [exists f- in the range [f0/4, f0] | AH/V(f-) < A0/2]: yes, at frequency 19.3Hz (OK)
#2. [exists f+ in the range [f0, 4f0] | AH/V(f+) < A0/2]: yes, at frequency 27.1Hz (OK)
#3. [A0 > 2]: 3.8 > 2 (OK)
#4. [fpeak[Ah/v(f) ± sigmaA(f)] = f0 ± 5%]: (OK)
#5. [sigmaf < epsilon(f0)]: 1.824 > 1.112 (NO)
#6. [sigmaA(f0) < theta(f0)]: 0.605 < 1.58 (OK)

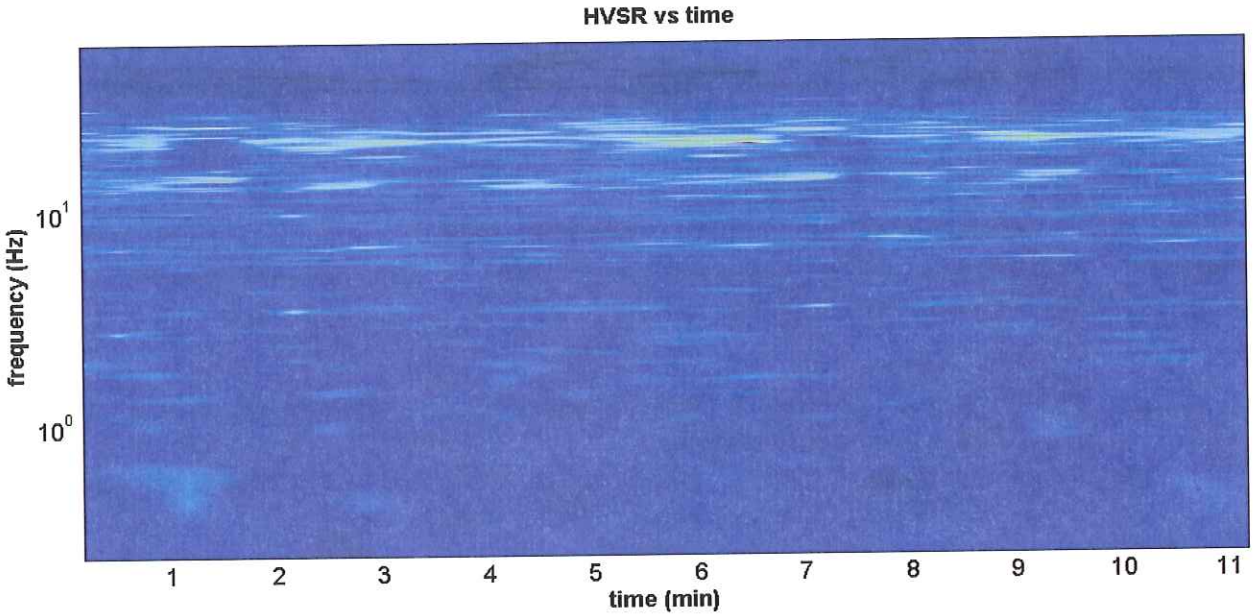
Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities.
Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters they can change.







To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMi data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrum/a, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

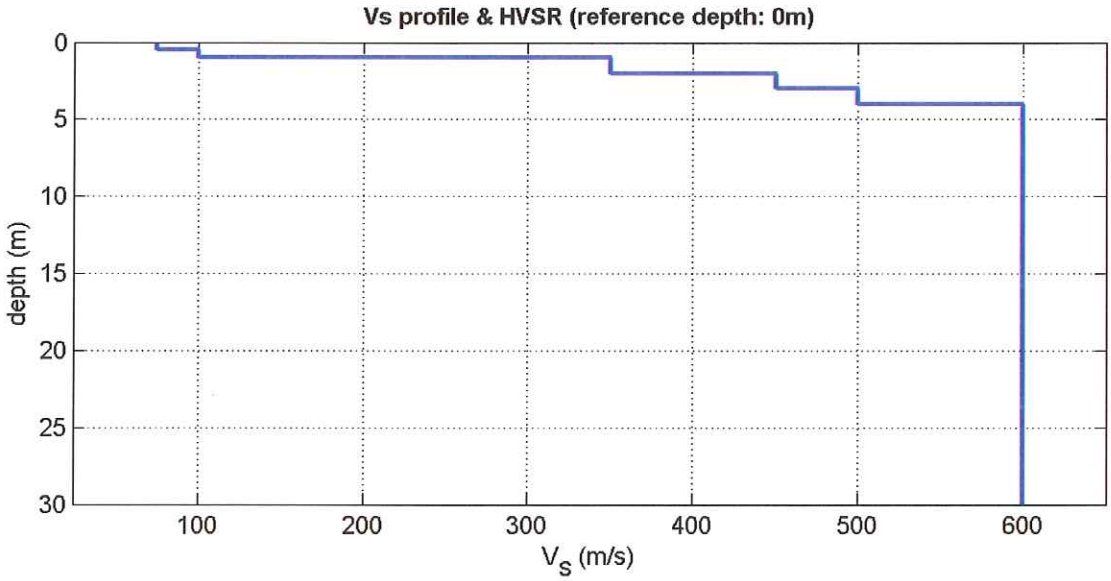


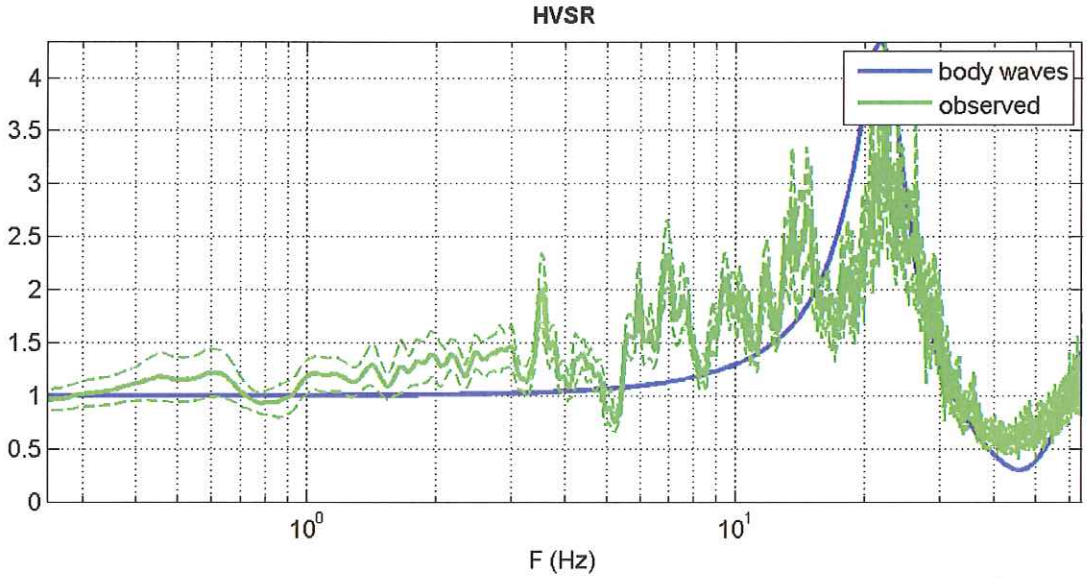
La frequenza fondamentale del sito risulta essere quindi di 22,2 Hz.
Attraverso la relazione

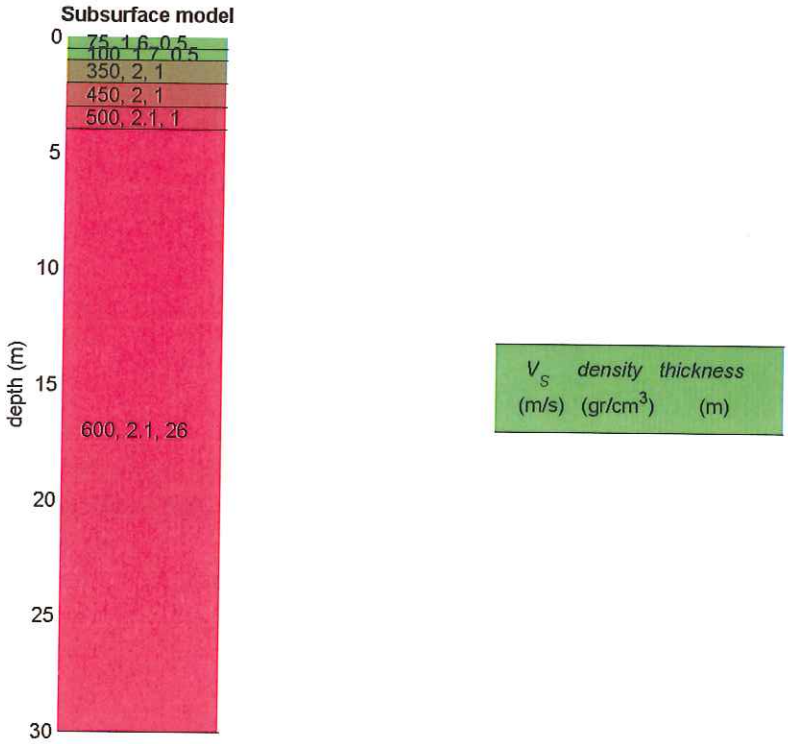
$$h = \frac{Vs}{4f_0}$$

che lega frequenza di risonanza, spessore della coltre sovrastante il bedrock e velocità delle onde di taglio, utilizzando i dati emersi dagli accertamenti eseguiti nonché i dati di bibliografia disponibili è stato calcolato il profilo Vs per l'area in esame.

Una volta ipotizzata la stratigrafia del sottosuolo si è quindi cercato di modellare la curva H/V ottenuta, come di seguito evidenziato:


Vs profile & HVSR (reference depth: 0m)
depth (m)
0
5
10
15
20
25
30
100
200
300
400
500
600
V_S (m/s)


HVSR
body waves
observed
4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
10^0
10^1
F (Hz)



Mean model
Vs (m/s): 75 100 350 450 500 600
Thickness (m): 0.5, 0.5, 1.0, 1.0, 1.0
Density (gr/cm3) (approximate values): 1.61 1.68 1.98 2.04 2.06 2.11
Shear modulus (MPa) (approximate values): 9 17 242 413 516 759
Analyzing Phase velocities
Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)
Vp (m/s): 156 208 729 937 1041 1249
Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35

Vs30 (m/s): 483

PROVA HVSR2

Date: 21 2 2020
Time: 10 22

Dataset: SITE_20200221_0945b.SAF
Sampling frequency (Hz): 128
Window length (sec): 40
Length of analysed temporal sequence (min): 12.0
Tapering (%): 10

==========

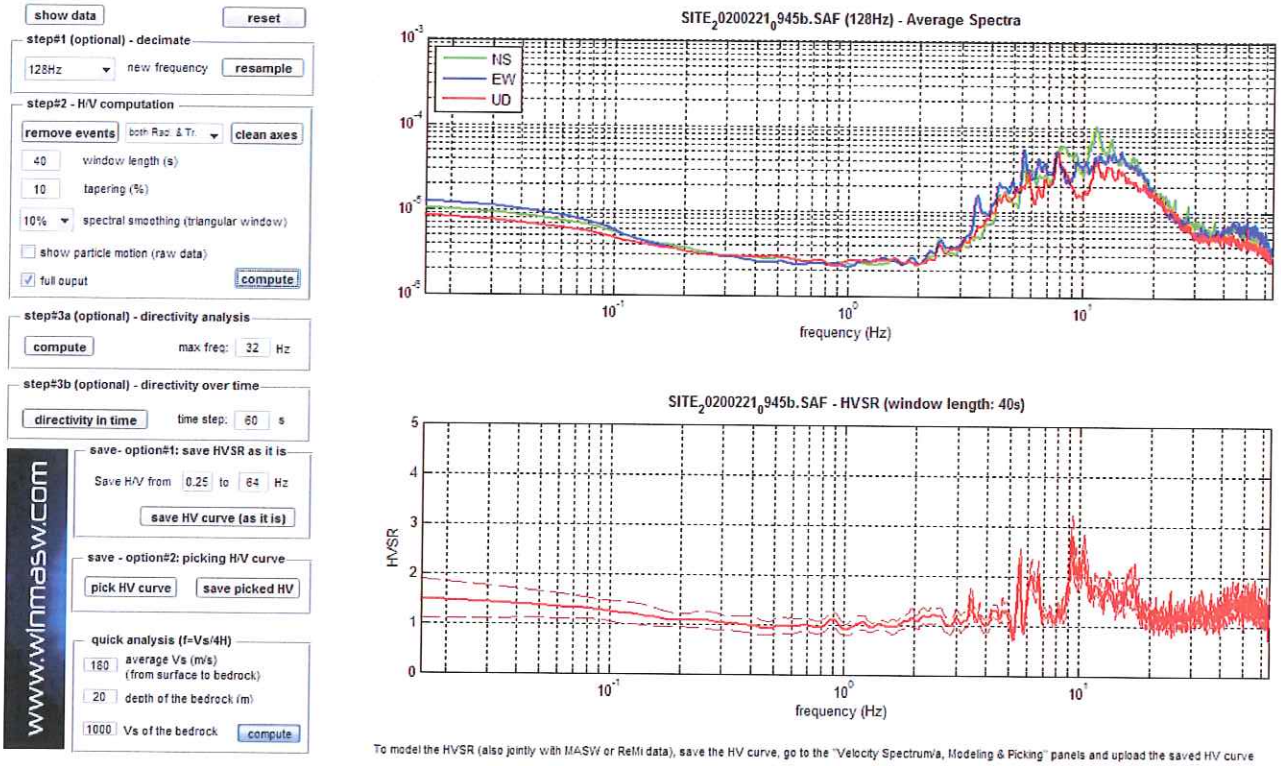
In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

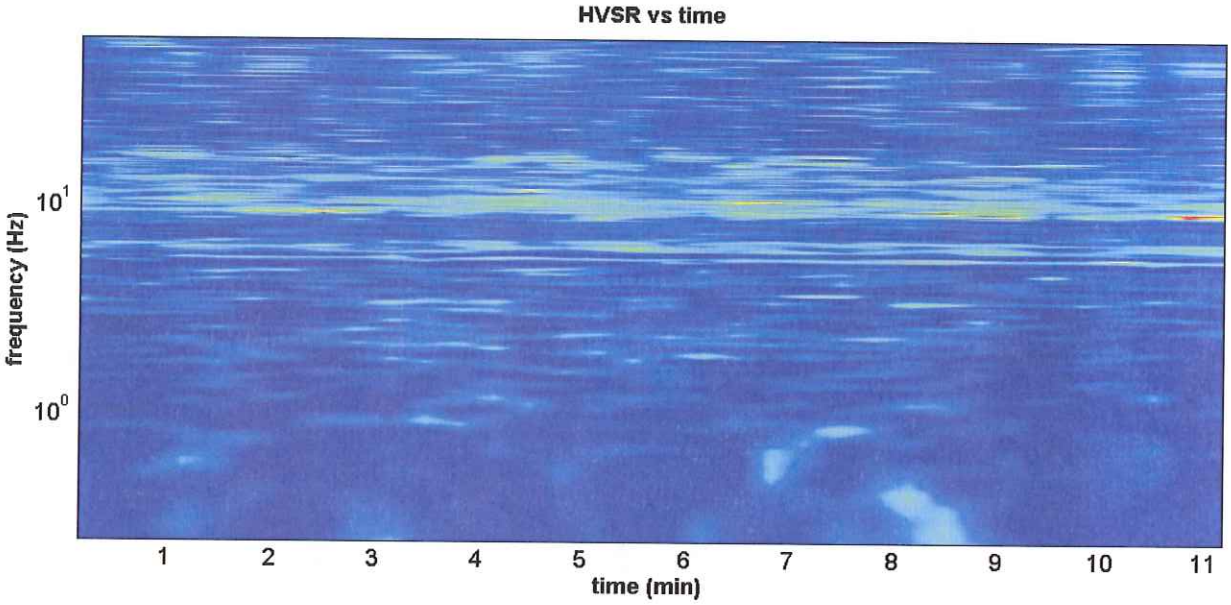
Peak frequency (Hz): 9.4 (±3.5)
Peak HVSR value: 2.8 (±0.4)

=== Criteria for a reliable H/V curve ==========
#1. [f0 > 10/Lw]: 9.4 > 0.25 (OK)
#2. [nc > 200]: 12774 > 200 (OK)
#3. [f0>0.5Hz; sigmaA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fullfilled) ==========
#1. [exists f- in the range [f0/4, f0] | AH/V(f-) < A0/2]: yes, at frequency 8.8Hz (OK)
#2. [exists f+ in the range [f0, 4f0] | AH/V(f+) < A0/2]: yes, at frequency 12.7Hz (OK)
#3. [A0 > 2]: 2.8 > 2 (OK)
#4. [fpeak[Ah/v(f) ± sigmaA(f)] = f0 ± 5%]: (OK)
#5. [sigmaf < epsilon(f0)]: 3.543 > 0.470 (NO)
#6. [sigmaA(f0) < theta(f0)]: 0.439 < 1.58 (OK)

Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities.
Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters they can change.


show data
reset
step#1 (optional) - decimate
128Hz
new frequency
resample
step#2 - H/V computation
remove events
both Rad. & Tr.
clean axes
40
window length (s)
10
tapering (%)
10%
spectral smoothing (triangular window)
show particle motion (raw data)
full ouput
compute
step#3a (optional) - directivity analysis
compute
max freq: 32 Hz
step#3b (optional) - directivity over time
directivity in time
time step: 60 s
www.winmasw.com
save- option#1: save HVSR as it is
Save H/V from 0.25 to 64 Hz
save HV curve (as it is)
save - option#2: picking H/V curve
pick HV curve
save picked HV
quick analysis (f=Vs/4H)
180
average Vs (m/s)
(from surface to bedrock)
20
depth of the bedrock (m)
1000
Vs of the bedrock
compute
SITE_20200221_0945b.SAF (128Hz) - Average Spectra
NS
EW
UD
frequency (Hz)
SITE_20200221_0945b.SAF - HVSR (window length: 40s)
HVSR
frequency (Hz)
To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMi data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrum/a, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve


HVSR vs time
frequency (Hz)
time (min)

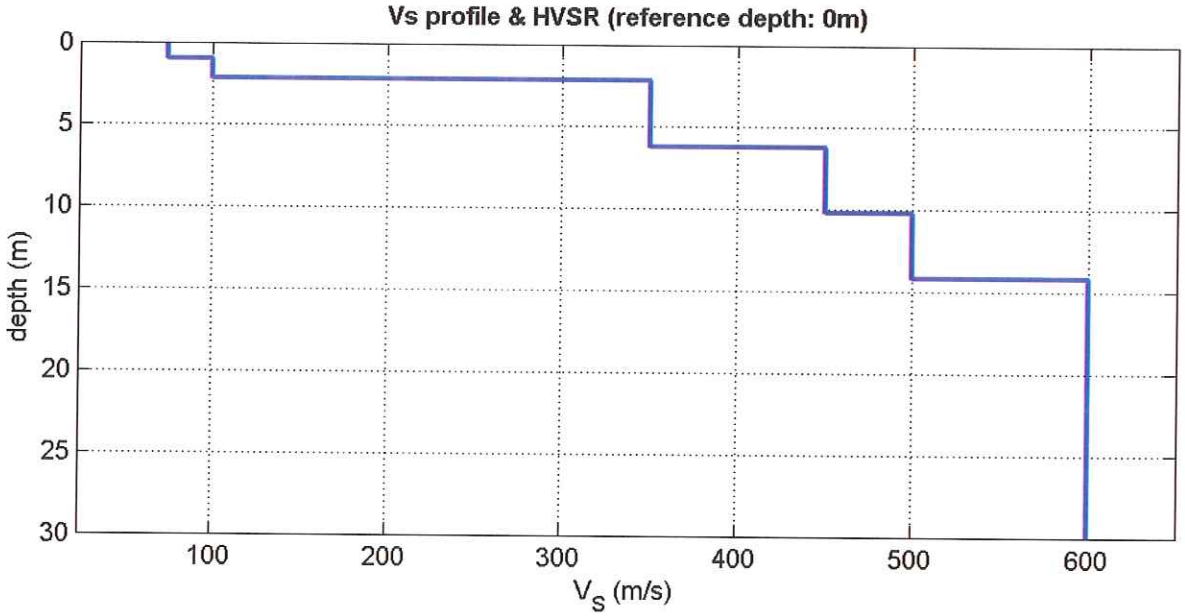
La frequenza fondamentale del sito risulta essere quindi di 9,4 Hz.

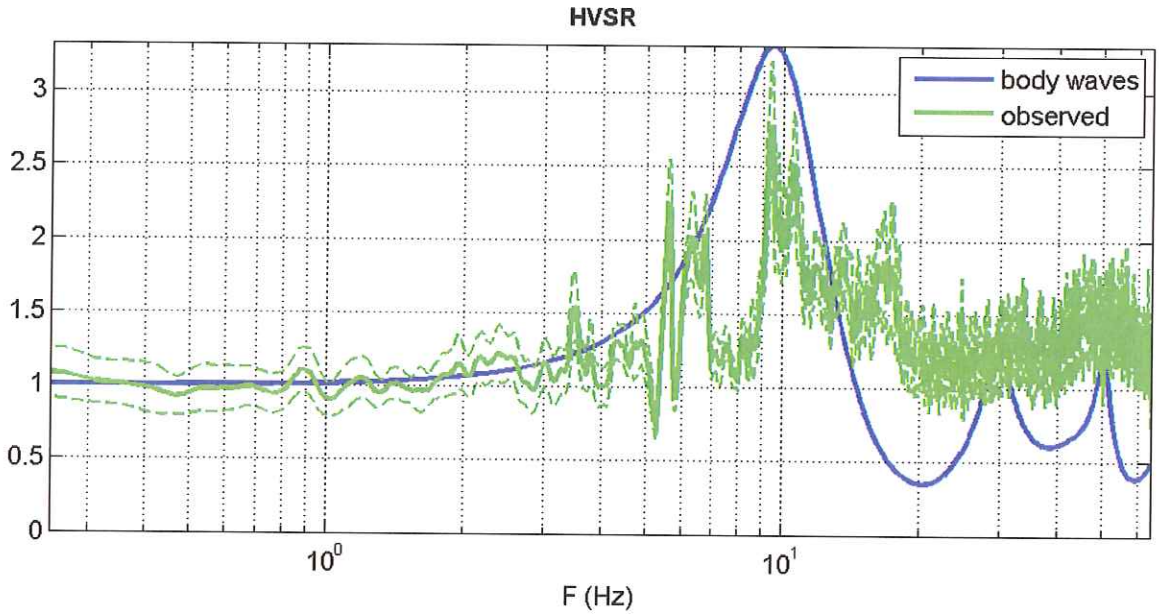
Attraverso la relazione

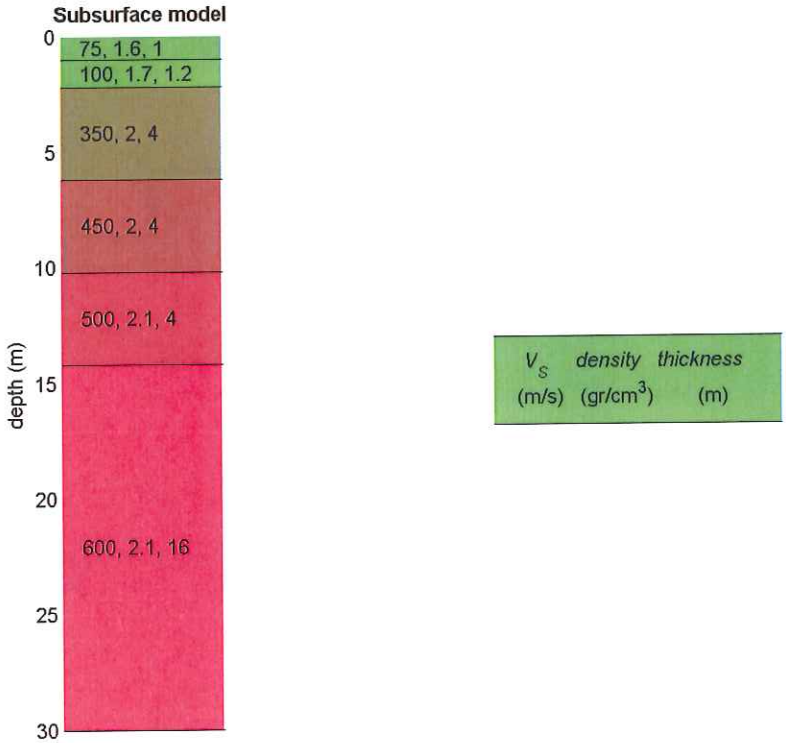
$$h = \frac{Vs}{4f_0}$$

che lega frequenza di risonanza, spessore della coltre sovrastante il bedrock e velocità delle onde di taglio, utilizzando i dati emersi dagli accertamenti eseguiti nonché i dati di bibliografia disponibili è stato calcolato il profilo Vs per l'area in esame.

Una volta ipotizzata la stratigrafia del sottosuolo si è quindi cercato di modellare la curva H/V ottenuta, come di seguito evidenziato:


Vs profile & HVSR (reference depth: 0m)
depth (m)
0
5
10
15
20
25
30
100
200
300
400
500
600
V_S (m/s)


HVSR
body waves
observed
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
10^0
10^1
F (Hz)



Mean model
Vs (m/s): 75 100 350 450 500 600
Thickness (m): 1.0, 1.2, 4.0, 4.0, 4.0
Density (gr/cm3) (approximate values): 1.61 1.68 1.98 2.04 2.06 2.11
Shear modulus (MPa) (approximate values): 9 17 242 413 516 759
Analyzing Phase velocities
Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)
Vp (m/s): 156 208 729 937 1041 1249
Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35

Vs30 (m/s): 375

CONSIDERAZIONI SUL RISCHIO SISMICO.

Alla luce di quanto previsto dalla vigente Normativa Regionale in materia di rischio sismico in vigore dal 19 Luglio 2017 (D.G.R. 2655 del 17/03/2017) il Comune di Bordighera viene classificato in *Zona simica di tipo 3.*

Secondo le Norme Tecniche le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto degli stati limite, sia di esercizio che ultimi, si definiscono, invece, a partire dalla "pericolosità sismica di base" caratteristica del sito d'intervento. Tale pericolosità di base deriva da studi condotti a livello nazionale, è riferita a condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale ed è definita da forme spettrali determinate in funzione dell'accelerazione orizzontale massima attesa al sito (a_g), del valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (F_0) e del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (T_c*).

L'azione sismica così individuata, subordinata esclusivamente al posizionamento del sito d'intervento (in termini di latitudine e longitudine), deve essere quindi variata in funzione delle condizioni stratigrafiche del sottosuolo e della morfologia dei luoghi al fine di caratterizzare la risposta sismica locale.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi; in alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella successiva Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, Vs. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, VS,eq (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

hi spessore dell'i-esimo strato;

VS,i velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Vista la situazione stratigrafica e le velocità sismiche dei livelli costituenti il sottosuolo, tenuto conto anche del disturbo operato dalla falda, lo scrivente ritiene corretto assegnare al suolo di fondazione la categoria sismica di tipo E.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq è definita dal parametro VS,30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella successiva Tab. 3.2.II:

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
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.
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D*, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

La forma spettrale viene così modificata in funzione della stratigrafia attraverso la determinazione del Coefficiente di Amplificazione Stratigrafica S_s e del coefficiente C_c che modifica il valore del periodo Tc corrispondente all'inizio nel tratto a velocità costante dello spetto ($T_c=C_c x T_c^*$) secondo le seguenti modalità:

Tab. 3.2.IV – *Espressioni di S_S e di C_C*

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1.00 \le 1.40 - 0.40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1.20$	$1.10 \cdot (T_C^*)^{-0.20}$
C	$1.00 \le 1.70 - 0.60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1.50$	$1.05 \cdot (T_C^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \le 2.40 - 1.50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1.80$	$1.25 \cdot (T_C^*)^{-0.50}$
E	$1.00 \le 2.00 - 1.10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1.60$	$1.15 \cdot (T_C^*)^{-0.40}$

Per tenere conto invece delle condizioni topografiche del sito d'intervento, in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del Coefficiente di Amplificazione Topografica S_T riportato di seguito e variabile in funzione delle categorie topografiche definite e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \le 15°$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15°$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15° \le i \le 30°$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30°$

Tab. 3.2.V – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica* S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Per il caso in esame si ritiene opportuno l'utilizzo di un coefficiente S_T pari a 1 in quanto la proprietà in esame si colloca in un settore limitrofo a un crinale principale morfologicamente riconducibile alla categoria T1.

In allegato 5 si riportano i parametri caratteristici delle azioni sismiche di progetto, per i vari stati limite, calcolati alla luce delle condizioni stratigrafiche e topografiche del sito d'intervento, della collocazione dello stesso, nonché sulla base della presunta vita nominale delle opere da sanare e dell'uso e destinazione delle stesse. Valutata quindi la risposta sismica locale come fin qui esposto, non resta che verificare la stabilità del sito coinvolto dal progetto alla liquefazione del terreno; in merito a ciò, vista la discreta percentuale di ciottoli, limi e argilla nella coltre *lo scrivente ritiene improbabile l'innesco, anche a seguito di azioni cicliche e dinamiche in condizioni non drenate di discreta entità, dei menzionati fenomeni di perdita di resistenza al taglio del terreno*.

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI INDAGATI.

Sulla scorta delle indagini effettuate in situ e su terreni limitrofi di analoghe caratteristiche litologiche, da indagini bibliografiche e dai dati reperiti per l'esecuzione di cantieri adiacent,i si ritiene che i principali parametri geotecnici cautelativi da adottarsi nelle fasi progettuali siano i seguenti:

- **Strato 1: Terreno di riporto:**
  peso di volume secco γ = 1,65 t/mc
  peso di volume saturo γs = 1,75 t/mc
  angolo di attrito φ = 24°
  coesione c= 0 kg/cm^2

- **Strato 2: Depositi alluvionali ghiaio-sabbio-limosi:**
  peso di volume secco γ = 1,75 t/mc
  peso di volume saturo γs = 1,90 t/mc
  angolo di attrito φ = 28°-30°
  coesione c= 0-0,01 kg/cm^2

- **Strato 3: Flysch di Sanremo:**
  peso di volume γs = 2,2 –2,3 t/mc
  angolo di attrito φ = 35°-38°
  coesione c_u= 0,5-3 kg/cm^2

Il "range" parametrale è legato alle condizioni di integrità litologica dei livelli attraversati, a seconda del loro grado di alterazione fisico-chimica-meccanica.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.

Dal punto di vista dei Piani di Bacinodel Fiume Roja l'areale è:

- a debita distanza dal reticolo idrologico primario > 10 m inedificabilità assoluta (All. 6);
- zona Pg0 nella carta della "suscettività al dissesto di versante": "***aree, in cui sono presenti elementi geomorfologici e di uso del suolo caratterizzati da una molto bassa incidenza sulla instabilità***" (All. 7);
- area in fascia b e c della carta delle fasce fluviali (All. 8), gli studi idraulici per la compatibilità del progetto alle criticità fluviali sono state trattate a parte dal tecnico preposto.

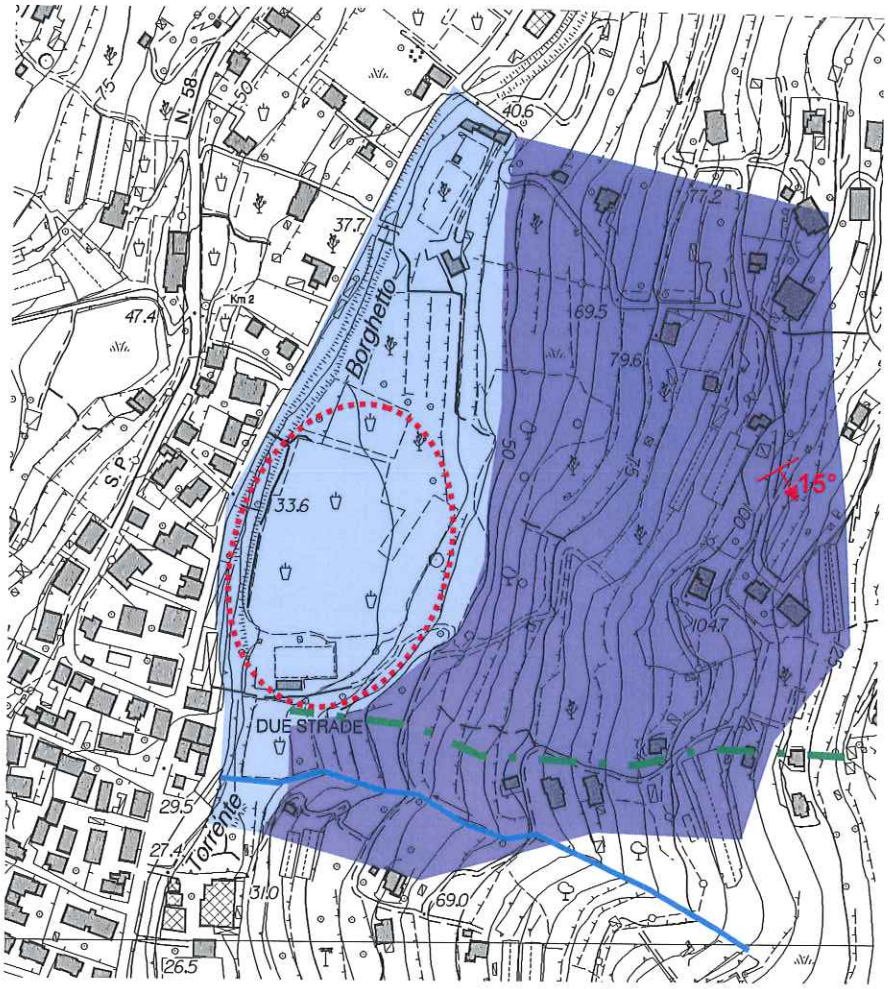
Visto quanto emerso dagli accertamenti i situ, dal rilevamento effettuato e dalle risultanze degli strumenti normativi considerati, considerato la tipologia di intervento, si ritiene di poter affermare **la fattibilità dell'intervento** oggetto

della presente relazione, a condizione che vengano rispettate le prescrizioni sotto indicate, in particolare:

- Le tipologie costruttive e il dimensionamento delle fondazioni del contenimento previsto andranno pensate in funzione delle caratteristiche del sottosolo.
- Il piano fondazionale andrà posato su livelli deposizionali compatti e sufficientemente portanti.
- Il terreno di riporto necessario a raggiungere le quote progetto dovrà essere di materiale idoneo opportunamente costipato e rullato.
- Per quanto concerne lo smaltimento delle acque intercettate dalle superfici impermeabili andranno captate e convogliate in vasche di ritardo opportunamente dimensionate e successivamente condotte nel Torrente Borghetto.
- Tutto il materiale di sterro andrà condotto in discarica autorizzata o essere riutilizzato secondo le procedure prescritte dal D.P.R 120/2017.
- Dovrà essere operata una puntiforme regolamentazione idrologica di superficie all'intorno dell'areale interessato, provvedendo alla corretta costipazione e livellatura del terreno, conferendogli adeguata pendenza verso canalette di raccolta che consentiranno lo smaltimento dell'acqua verso la rete idrologica primaria.

Geologo Massimo Spano

Ventimiglia, 02 marzo 2020



Depositi alluvionali

Formazione del Flysch di Sanremo

26° Giacitura degli strati

Incisione di versante

Traccia crinale

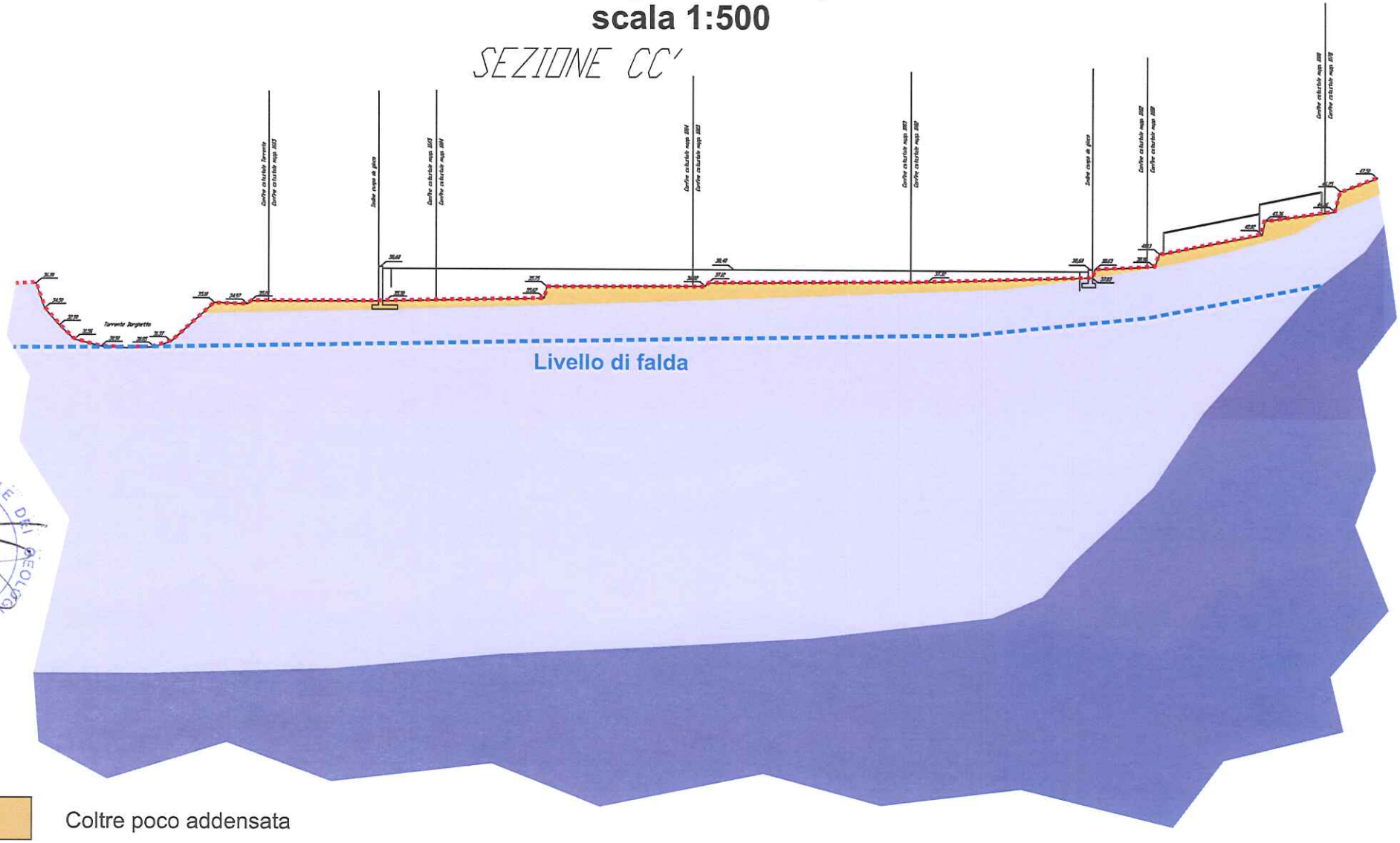
Ubicazione approssimativa dissesto

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA
Dott. Geol. MASSIMO SPANO

All. 1

Scala 1 : 5000

Sezione stratigrafica interpretativa
scala 1:500



Coltre poco addensata

Livelli deposizionali ghiaio-sabbio-limosi

Formazione Flysch di Sanremo

All. 2

ALLEGATO 3

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Amministrazione Comunale di Bordighera Descrizione: Realizzazione nuovo campo sportivo Bordighera Località:	

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPM (DL030 10) (Medium)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m
Peso sistema di battuta	21 Kg
Diametro punta conica	35,68 mm
Area di base punta	10 cm²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2,9 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0,761
Rivestimento/fanghi	Si
Angolo di apertura punta	60 °

Signature 1

Signature 2

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA
Dott. Geol. MASSIMO SPANO
A.P. n. 208
data iscr. 6-07-88

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING)
DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α);
- avanzamento (penetrazione) δ ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	**Sigla di riferimento**	**peso della massa M** *(kg)*	**prof. max indagine battente** *(m)*
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento δ = 10 cm, punta conica (α=60-90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm^2 rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H=0.20 m, avanzamento δ = 10 cm, punta conica (α= 60-90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm^2rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H=0.75 m, avanzamento δ=30 cm, punta conica (α = 60°), diametro D = 50.8 mm, area base cono A=20.27 cm^2 rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
massa battente M=63.5 kg, altezza caduta H=0.75 m, avanzamento δ=20-30 cm, punta conica conica (α = 60°-90°) diametro D = 50.5 mm, area base cono A = 20 cm^2, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con Nspt

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi Nspt ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con Nspt. Il passaggio viene dato da:

$$NSPT = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Qspt è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.
δ	passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

$$Rpd = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M+P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M+P)]}$$

Rpd	resistenza dinamica punta (area A).
e	infissione media per colpo (δ/N).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$(N_1)_{60} = CN \cdot N60$ con $CN = \sqrt{(Pa/\sigma_{vo})}$ $CN < 1.7$ $Pa = 101.32\,kPa$ *(Liao e Whitman 1986)*

$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_S \cdot C_r \cdot C_d$

ER/60	rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
C_S	parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
C_d	funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
C_r	parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software.*

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media
Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima
Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo
Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo
Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio
Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata
Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

***Media* (+ s)**
Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

***Media* (– s)**
Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.
Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$Nspt_{,k} = Nspt_{,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{Nspt})$$

dove σ_{Nspt} è la deviazione standard di Nspt

Distribuzione normale R.N.C.
Il valore di Nspt,k viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di Nspt distribuiti normalmente:

$$Nspt_{,k} = Nspt_{,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{Nspt}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immorsamento d = 1 m.

PROVA ...PP1

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)
Prova eseguita in data 02/03/2020
Profondità prova 1,50 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	9	0	0,857	25,75	30,06	1,29	1,50
0,20	12	0	0,855	34,25	40,07	1,71	2,00
0,30	10	0	0,853	28,48	33,40	1,42	1,67
0,40	9	0	0,851	25,57	30,06	1,28	1,50
0,50	11	0	0,849	31,18	36,73	1,56	1,84
0,60	19	0	0,797	50,57	63,45	2,53	3,17
0,70	14	0	0,795	37,18	46,75	1,86	2,34
0,80	18	0	0,793	47,69	60,11	2,38	3,01
0,90	15	0	0,792	37,63	47,54	1,88	2,38
1,00	13	0	0,790	32,54	41,20	1,63	2,06
1,10	19	0	0,788	47,45	60,21	2,37	3,01
1,20	21	0	0,736	49,00	66,55	2,45	3,33
1,30	19	0	0,785	47,24	60,21	2,36	3,01
1,40	23	0	0,733	53,42	72,89	2,67	3,64
1,50	31	0	0,681	66,92	98,24	3,35	4,91

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,5	10,2	34,07	Incoerente	0	1,65	1,9	0,04	0,76	7,76	Coltre detritica
1,5	19,2	61,71	Incoerente	0	1,3	1,86	0,15	0,76	14,61	depositi ciottolosi

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Coltre detritica	7,76	0,50	34,96	67,95	100	27,83
[2] - depositi ciottolosi	14,61	1,50	46,51	87,19	100	42,3

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Coltre detritica	7,76	0,50	7,76	29,22	22,22	30,17	35,24	32,8	0	<30	25,79	29,33	36,73	27,46
[2] - depositi ciottolosi	14,61	1,50	14,61	31,17	24,17	32,09	33,5	35,34	40,21	30-32	29,8	31,38	41,85	32,09

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Coltre detritica	7,76	0,50	7,76	---	62,08	---	---	---
[2] - depositi ciottolosi	14,61	1,50	14,61	272,83	116,88	173,10	289,58	148,05

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Coltre detritica	7,76	0,50	7,76	---	43,40	55,10	72,61
[2] - depositi ciottolosi	14,61	1,50	14,61	87,66	57,47	103,73	103,16

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Coltre detritica	7,76	0,50	7,76	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - depositi ciottolosi	14,61	1,50	14,61	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] - Coltre detritica	7,76	0,50	7,76	Meyerhof et al.	1,65
[2] - depositi ciottolosi	14,61	1,50	14,61	Meyerhof et al.	1,87

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] - Coltre detritica	7,76	0,50	7,76	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,90
[2] - depositi ciottolosi	14,61	1,50	14,61	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,95

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Coltre detritica	7,76	0,50	7,76	(A.G.I.)	0,34
[2] - depositi ciottolosi	14,61	1,50	14,61	(A.G.I.)	0,33

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Coltre detritica	7,76	0,50	7,76	446,05	437,13
[2] - depositi ciottolosi	14,61	1,50	14,61	808,51	643,44

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Coltre detritica	7,76	0,50	7,76	Ohta & Goto (1978) Limi	74,62
[2] - depositi ciottolosi	14,61	1,50	14,61	Ohta & Goto (1978) Limi	108,79

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Coltre detritica	7,76	0,50	7,76	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - depositi ciottolosi	14,61	1,50	14,61	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Coltre detritica	7,76	0,50	7,76		---
[2] - depositi ciottolosi	14,61	1,50	14,61		---

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Coltre detritica	7,76	0,50	7,76		---
[2] - depositi ciottolosi	14,61	1,50	14,61		---

PROVA ...PP2

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)
Prova eseguita in data 02/03/2020
Profondità prova 1,80 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	8	0	0,857	22,89	26,72	1,14	1,34
0,20	9	0	0,855	25,69	30,06	1,28	1,50
0,30	7	0	0,853	19,93	23,38	1,00	1,17
0,40	10	0	0,851	28,41	33,40	1,42	1,67
0,50	9	0	0,849	25,51	30,06	1,28	1,50
0,60	8	0	0,847	22,63	26,72	1,13	1,34
0,70	8	0	0,845	22,58	26,72	1,13	1,34
0,80	10	0	0,843	28,16	33,40	1,41	1,67
0,90	11	0	0,842	29,34	34,86	1,47	1,74
1,00	13	0	0,790	32,54	41,20	1,63	2,06
1,10	16	0	0,788	39,95	50,70	2,00	2,54
1,20	19	0	0,786	47,34	60,21	2,37	3,01
1,30	12	0	0,835	31,74	38,03	1,59	1,90
1,40	21	0	0,733	48,77	66,55	2,44	3,33
1,50	19	0	0,781	47,04	60,21	2,35	3,01
1,60	24	0	0,730	55,49	76,06	2,77	3,80
1,70	29	0	0,728	66,90	91,90	3,34	4,60
1,80	35	0	0,676	75,02	110,92	3,75	5,55

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1	9,3	30,65	Incoerente	0	1,62	1,9	0,08	0,76	7,08	Coltre detritica
1,8	21,88	69,32	Incoerente	0	1,92	1,96	0,24	0,76	16,65	Depositi ciottolosi

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Coltre detritica	7,08	1,00	32,13	63,23	84,27	26,17
[2] - Depositi ciottolosi	16,65	1,80	47,48	88,44	95,54	45,91

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki

											SPECIFICATION)			
[1] - Coltre detritica	7,08	1,00	7,08	29,02	22,02	29,98	33,63	32,53	0	<30	25,31	29,12	35,78	26,9
[2] - Depositi ciottolosi	16,65	1,80	16,65	31,76	24,76	32,66	32,67	36,02	40,38	30-32	30,8	31,99	42,64	33,25

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Coltre detritica	7,08	1,00	7,08	---	56,64	---	---	---
[2] - Depositi ciottolosi	16,65	1,80	16,65	291,26	133,20	197,17	304,88	158,25

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Coltre detritica	7,08	1,00	7,08	---	42,01	50,27	69,58
[2] - Depositi ciottolosi	16,65	1,80	16,65	99,90	61,66	118,21	112,26

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Coltre detritica	7,08	1,00	7,08	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - Depositi ciottolosi	16,65	1,80	16,65	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] - Coltre detritica	7,08	1,00	7,08	Meyerhof et al.	1,62
[2] - Depositi ciottolosi	16,65	1,80	16,65	Meyerhof et al.	1,92

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] - Coltre detritica	7,08	1,00	7,08	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,90
[2] - Depositi ciottolosi	16,65	1,80	16,65	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,96

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Coltre detritica	7,08	1,00	7,08	(A.G.I.)	0,34
[2] - Depositi ciottolosi	16,65	1,80	16,65	(A.G.I.)	0,32

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Coltre detritica	7,08	1,00	7,08	409,21	413,31
[2] - Depositi ciottolosi	16,65	1,80	16,65	914,20	696,94

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Coltre detritica	7,08	1,00	7,08	Ohta & Goto (1978)	83,96

				Limi	
[2] - Depositi ciottolosi	16,65	1,80	16,65	Ohta & Goto (1978) Limi	118,75

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Coltre detritica	7,08	1,00	7,08	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - Depositi ciottolosi	16,65	1,80	16,65	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Coltre detritica	7,08	1,00	7,08		---
[2] - Depositi ciottolosi	16,65	1,80	16,65		---

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Coltre detritica	7,08	1,00	7,08		---
[2] - Depositi ciottolosi	16,65	1,80	16,65		---

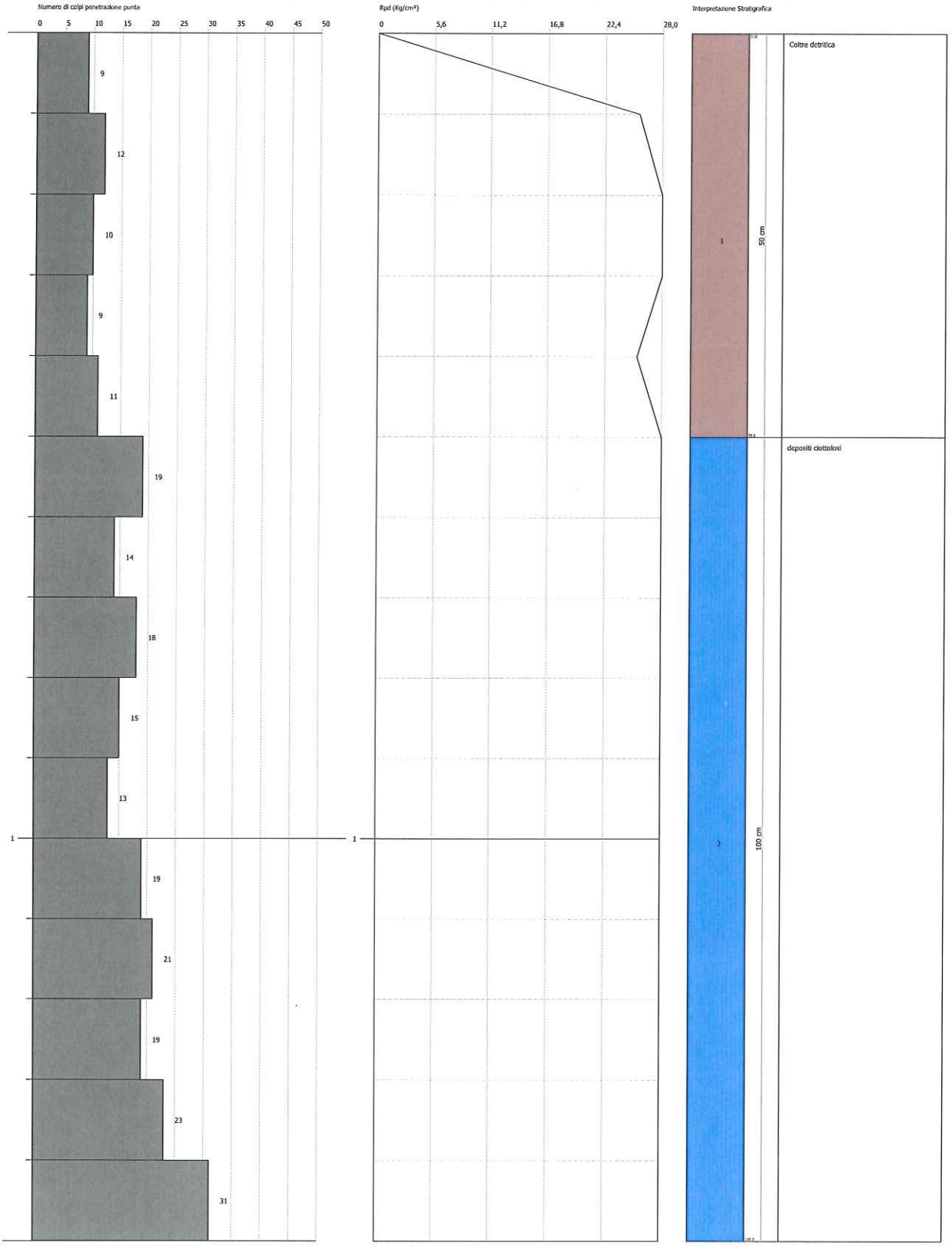
GEOSTRU
CHANGES FROM: PREFERENCES OPTIONS
COMPANY
.....

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PP1
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Committente: Amministrazione Comunale di Bordighera
Descrizione: Realizzazione nuovo campo sportivo Bordighera
Località:

Data: 02/03/2020

Scala 1:7



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

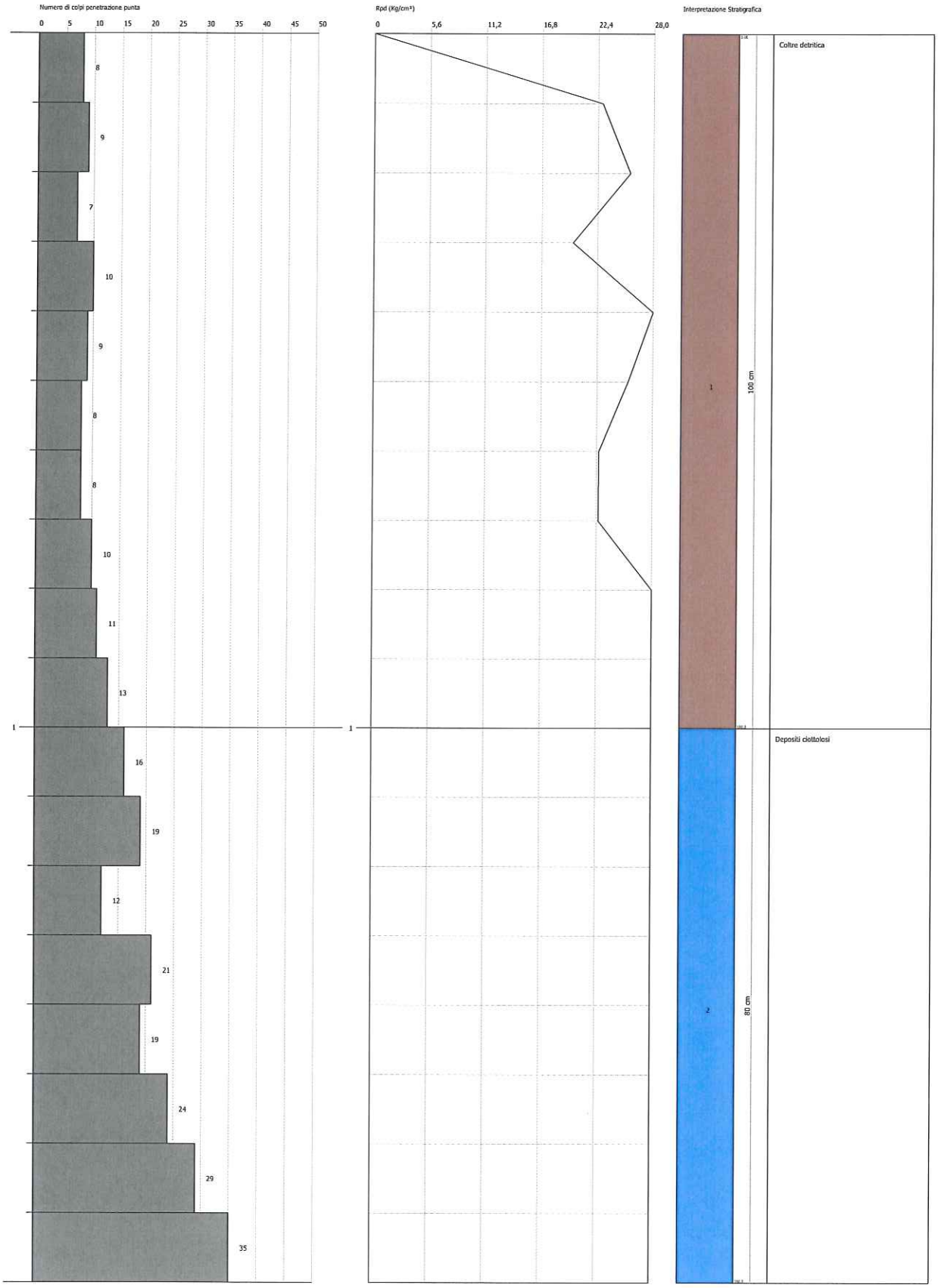
GEOSTRU
CHANGES FROM: PREFERENCES OPTIONS
COMPANY
.....

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PP2
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Committente: Amministrazione Comunale di Bordighera
Descrizione: Realizzazione nuovo campo sportivo Bordighera
Località:

Data: 02/03/2020

Scala 1:8



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

ALLEGATO 4

Easy MASW

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

Moto del segnale sismico

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

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

Onde di Rayleigh – "R"

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

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:

$$v = \lambda \times v$$

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA
Dott. Geol. MASSIMO SPANO

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 rigidezza.

Modi di vibrazione

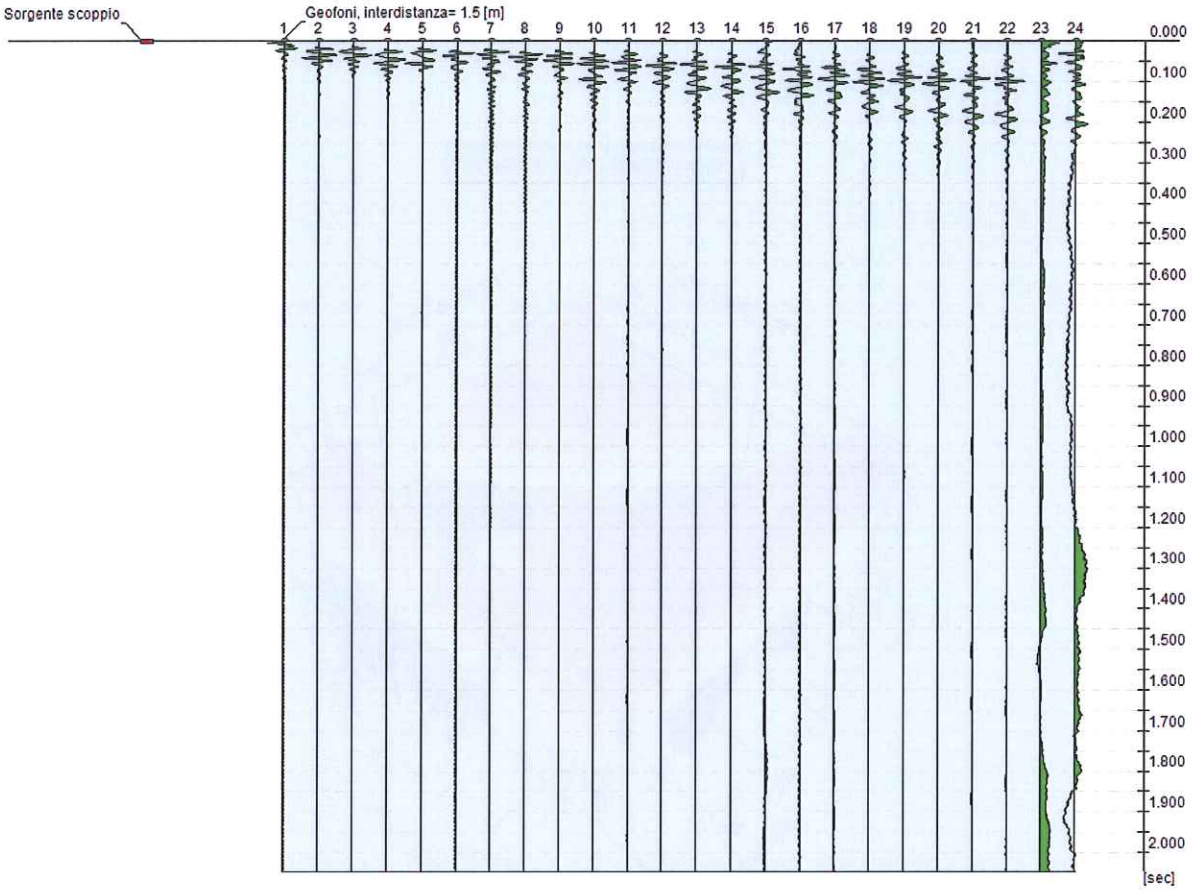
Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle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

Profondità di indagine

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

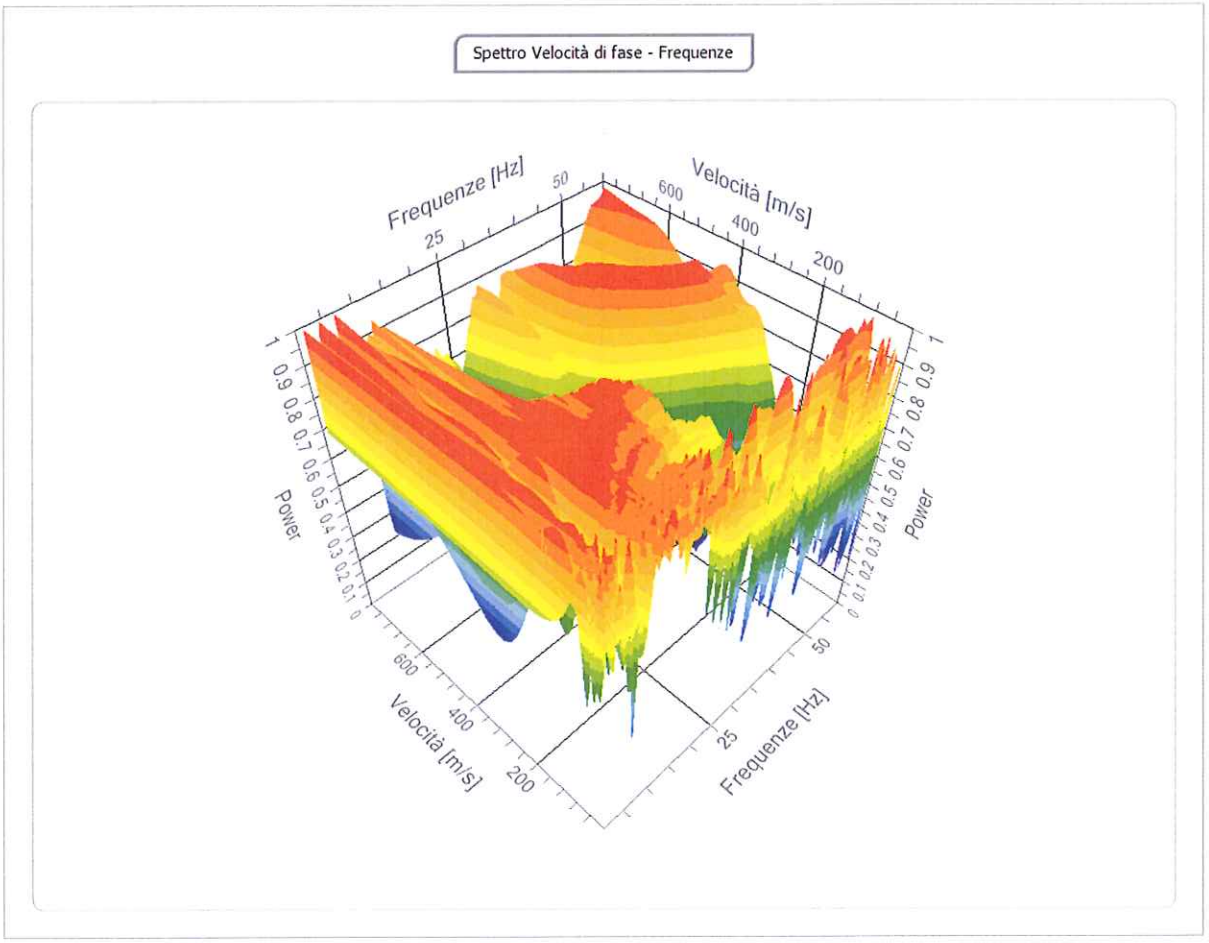
Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2048.0
Interdistanza geofoni [m]	1.5
Periodo di campionamento [msec]	1.00



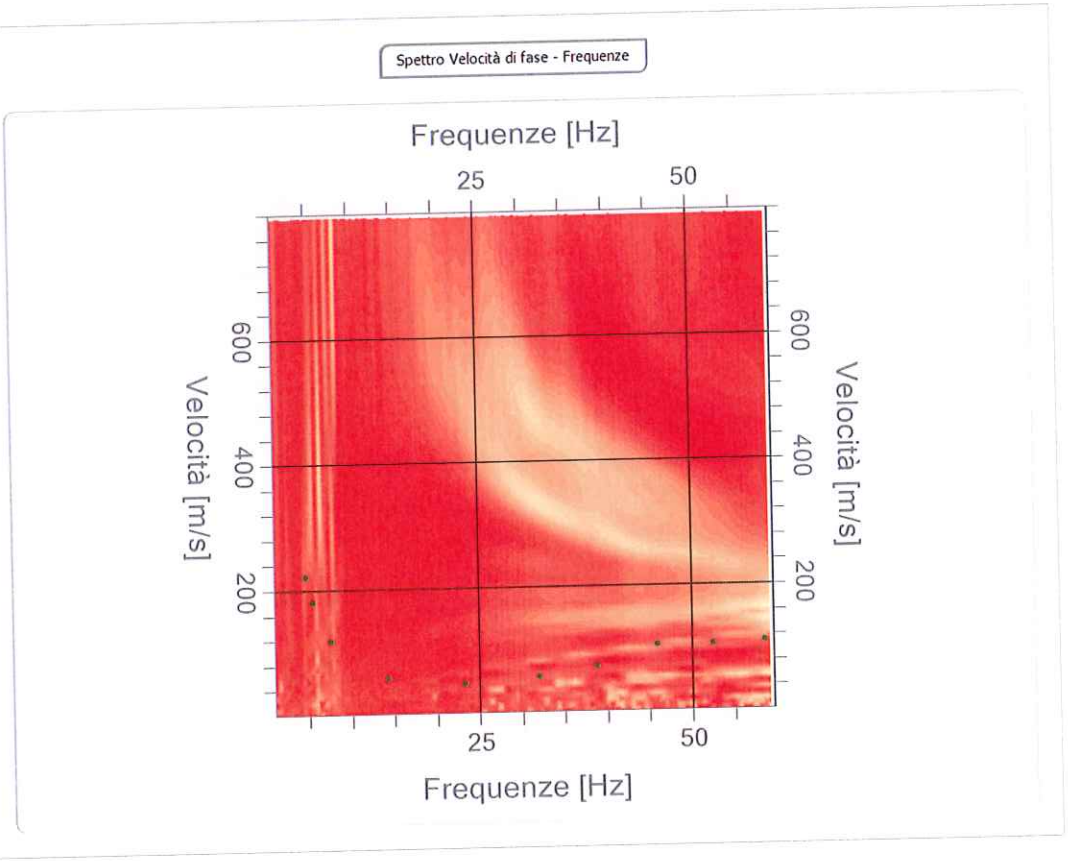
Analisi spettrale

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



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	4.7	221.6	0
2	5.4	180.7	0
3	7.6	117.0	0
4	14.3	58.2	0
5	23.3	46.8	0
6	32.0	56.6	0
7	38.8	72.9	0
8	45.9	105.6	0
9	52.5	105.6	0
10	58.5	110.5	0

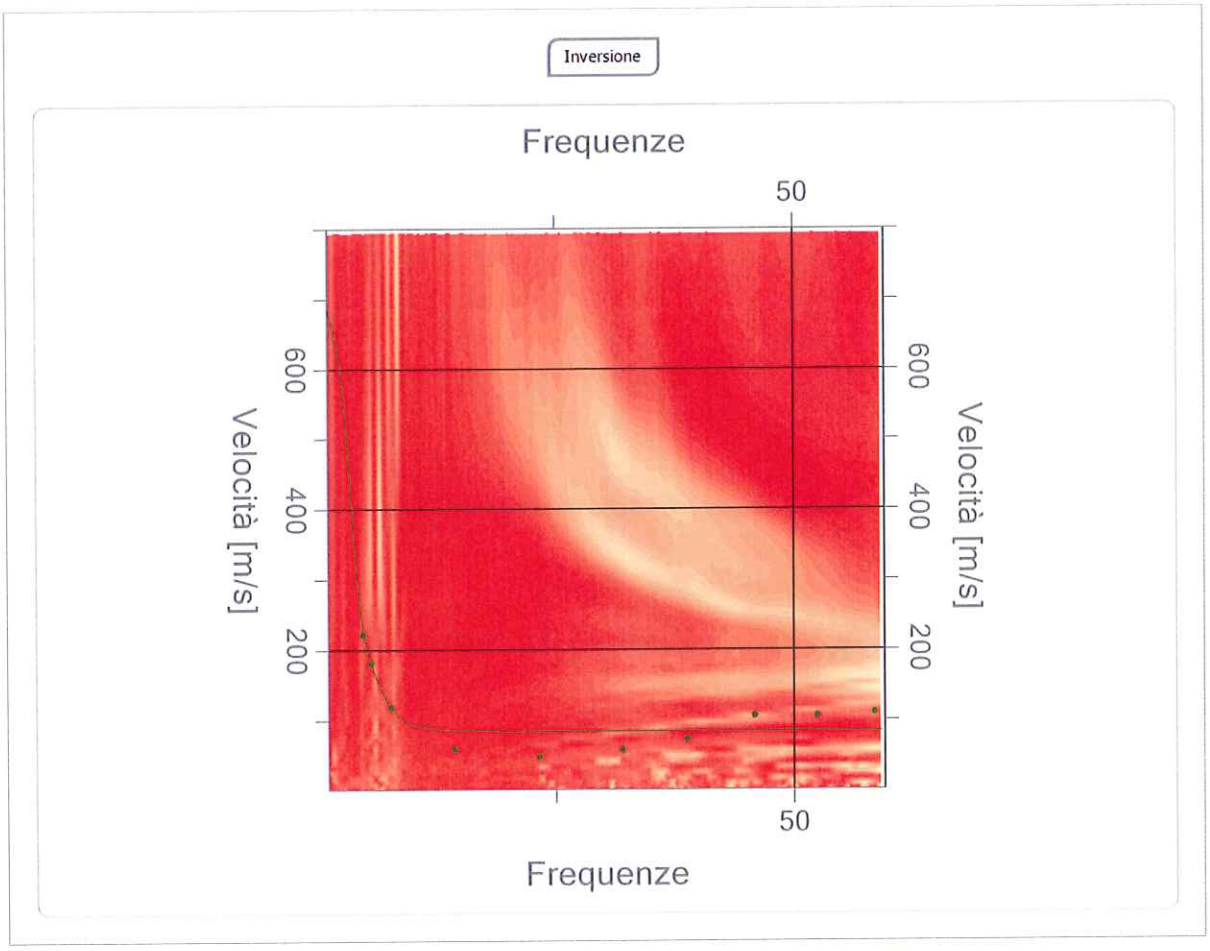


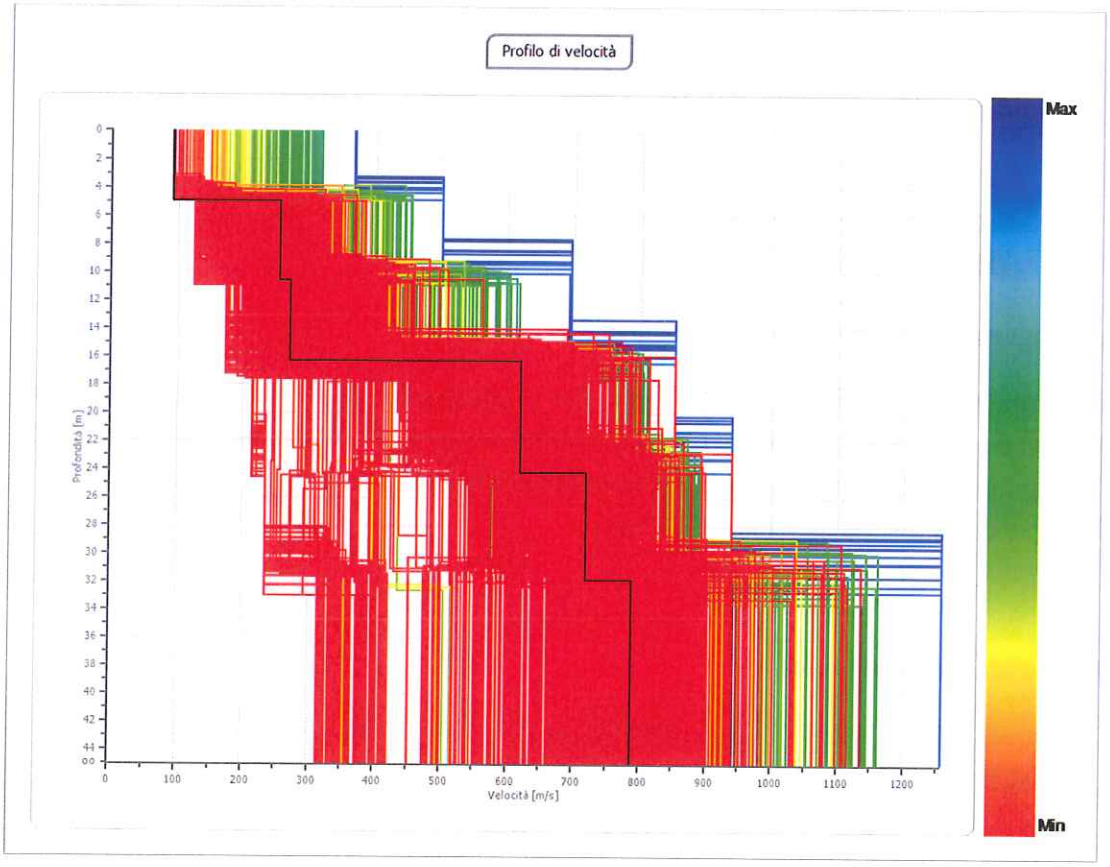
Inversione

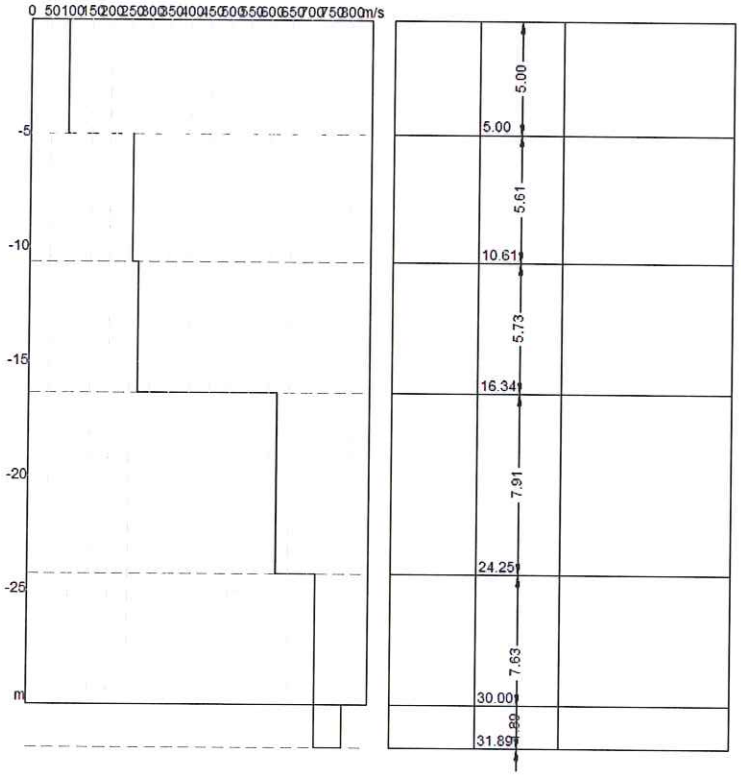
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		5.00	5.00	1800.0	0.20	No	150.0	91.9
2		10.61	5.61	1800.0	0.20	No	414.6	253.9
3		16.34	5.73	1800.0	0.20	No	441.0	270.1
4		24.25	7.91	1800.0	0.20	No	1013.6	620.7
5		31.89	7.63	1800.0	0.20	No	1174.8	719.4
6		oo	oo	1800.0	0.20	No	1286.5	787.8

Percentuale di errore 3.220 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.352




Profilo di velocità
Max
Min
Profondità [m]
Velocità [m/s]


0 50100150200250300350400450500550600650700750800m/s
-5
-10
-15
-20
-25
m
5.00
5.61
5.73
7.91
7.63
5.00
10.61
16.34
24.25
30.00
31.89

Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	253.19
Categoria del suolo	C

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

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	5.00	5.00	91.86	150.00	1800.00	0.20	15.19	40.50	20.25	36.45	2	15.24
2	10.61	5.61	253.87	414.56	1800.00	0.20	116.01	309.35	154.68	278.42	N/A	2521.00
3	16.34	5.73	270.05	440.99	1800.00	0.20	131.27	350.06	175.03	315.05	N/A	3439.19
4	24.25	7.91	620.69	1013.59	1800.00	0.20	693.47	1849.26	924.63	1664.33	N/A	N/A
5	31.89	7.63	719.39	1174.75	1800.00	0.20	931.53	2484.09	1242.04	2235.68	N/A	N/A
6	oo	oo	787.83	1286.52	1800.00	0.20	1117.22	2979.25	1489.62	2681.32	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

ALLEGATO 5

WGS84: Lat 43.796020 - Lng 7.661179 | ED50: Lat 43.797009 - Lng 7.662242

CARATTERISTICHE SISMICHE DEL LUOGO

Parametri sismici

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Opere di sostegno NTC 2018

Sito in esame.

latitudine:	43,797009
longitudine:	7,662242
Classe:	2
Vita nominale:	50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 19340	Lat: 43,7874	Lon: 7,6002	Distanza: 5094,566
Sito 2	ID: 19341	Lat: 43,7909	Lon: 7,6692	Distanza: 883,746
Sito 3	ID: 19119	Lat: 43,8407	Lon: 7,6645	Distanza: 4864,904
Sito 4	ID: 19118	Lat: 43,8373	Lon: 7,5954	Distanza: 6990,234

Parametri sismici

Categoria sottosuolo:	E
Categoria topografica:	T1
Periodo di riferimento:	50anni
Coefficiente cu:	1

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA
Dott. Geol. MASSIMO

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	30	[anni]
ag:	0,025	g
Fo:	2,533	
Tc*:	0,188	[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	50	[anni]
ag:	0,037	g
Fo:	2,608	
Tc*:	0,205	[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	475	[anni]
ag:	0,134	g
Fo:	2,445	
Tc*:	0,290	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	975	[anni]
ag:	0,181	g
Fo:	2,485	
Tc*:	0,305	[s]

Coefficienti Sismici Opere di sostegno NTC 2018

SLO:

Ss:	1,600
Cc:	2,250
St:	1,000
Kh:	0,000
Kv:	0,000
Amax:	0,400
Beta:	0,000

SLD:

Ss:	1,600
Cc:	2,170
St:	1,000
Kh:	0,028
Kv:	0,014
Amax:	0,580
Beta:	0,470

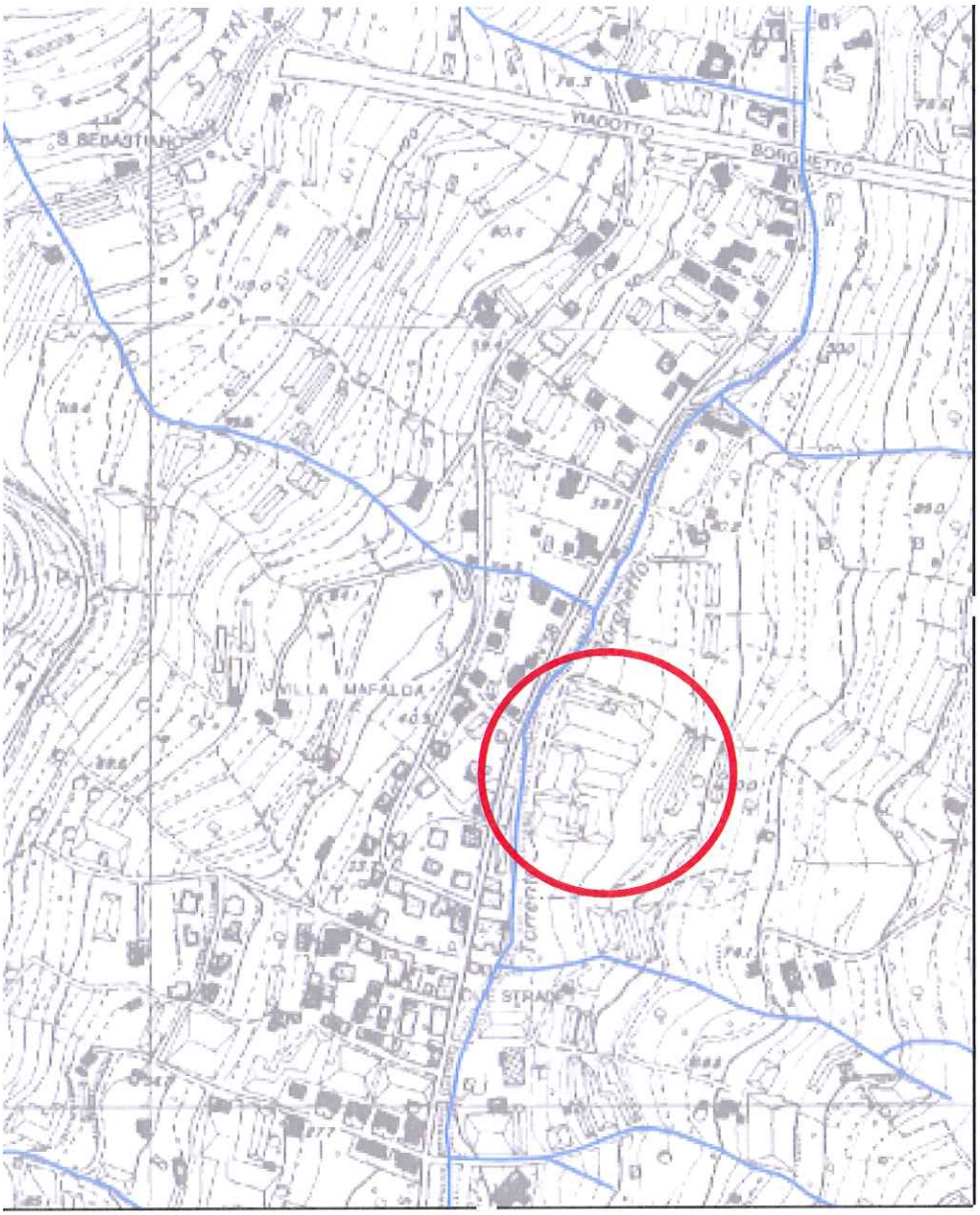
SLV:

Ss:	1,600
Cc:	1,890
St:	1,000
Kh:	0,082
Kv:	0,041
Amax:	2,105
Beta:	0,380

SLC:

Ss:	1,510
Cc:	1,850
St:	1,000
Kh:	0,000
Kv:	0,000
Amax:	2,677
Beta:	0,000

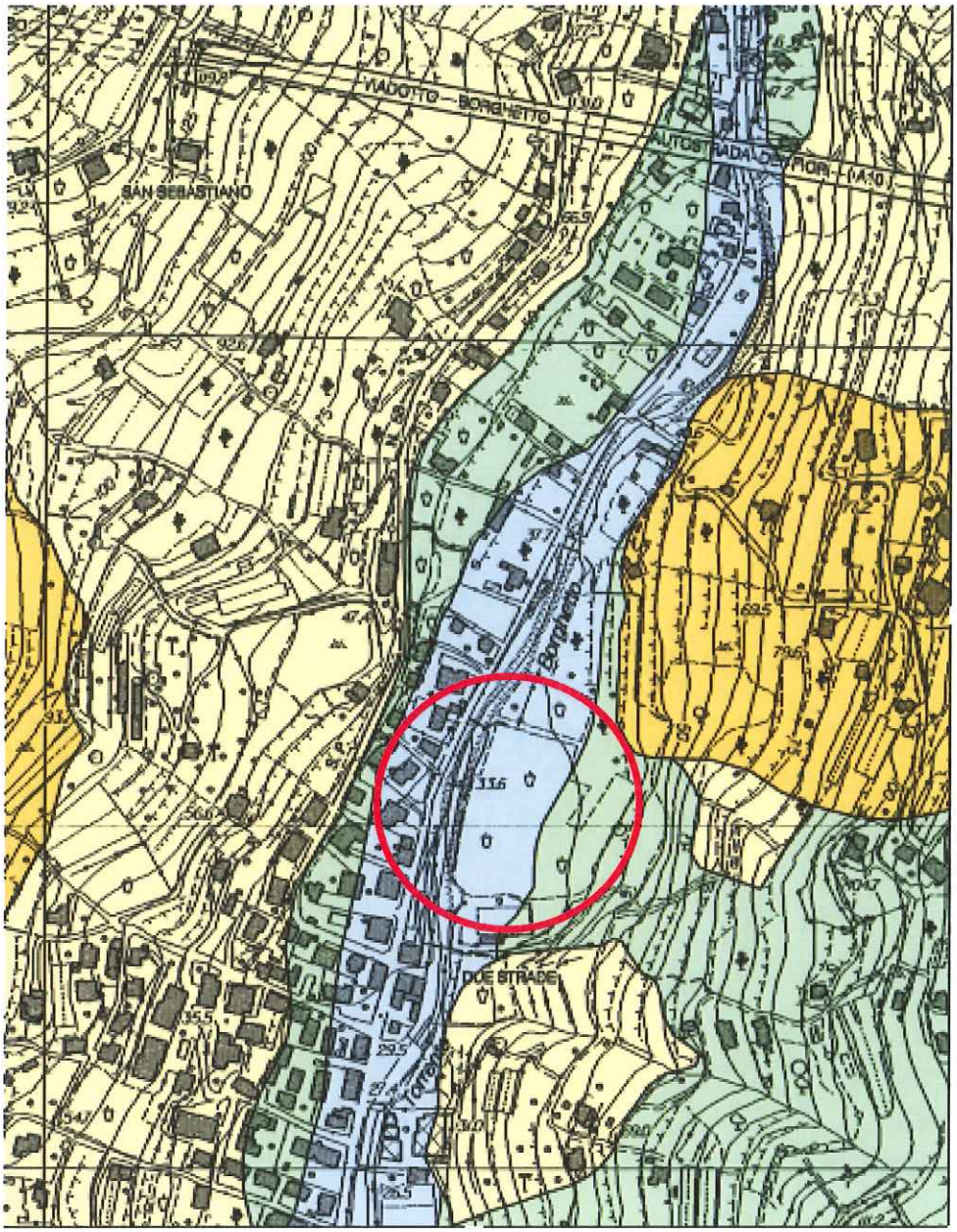
Stralcio Piani di Bacino Rio Vallecrosia-Borghetto
Carta dei corsi d'acqua



Ubicazione area in studio

All. 6

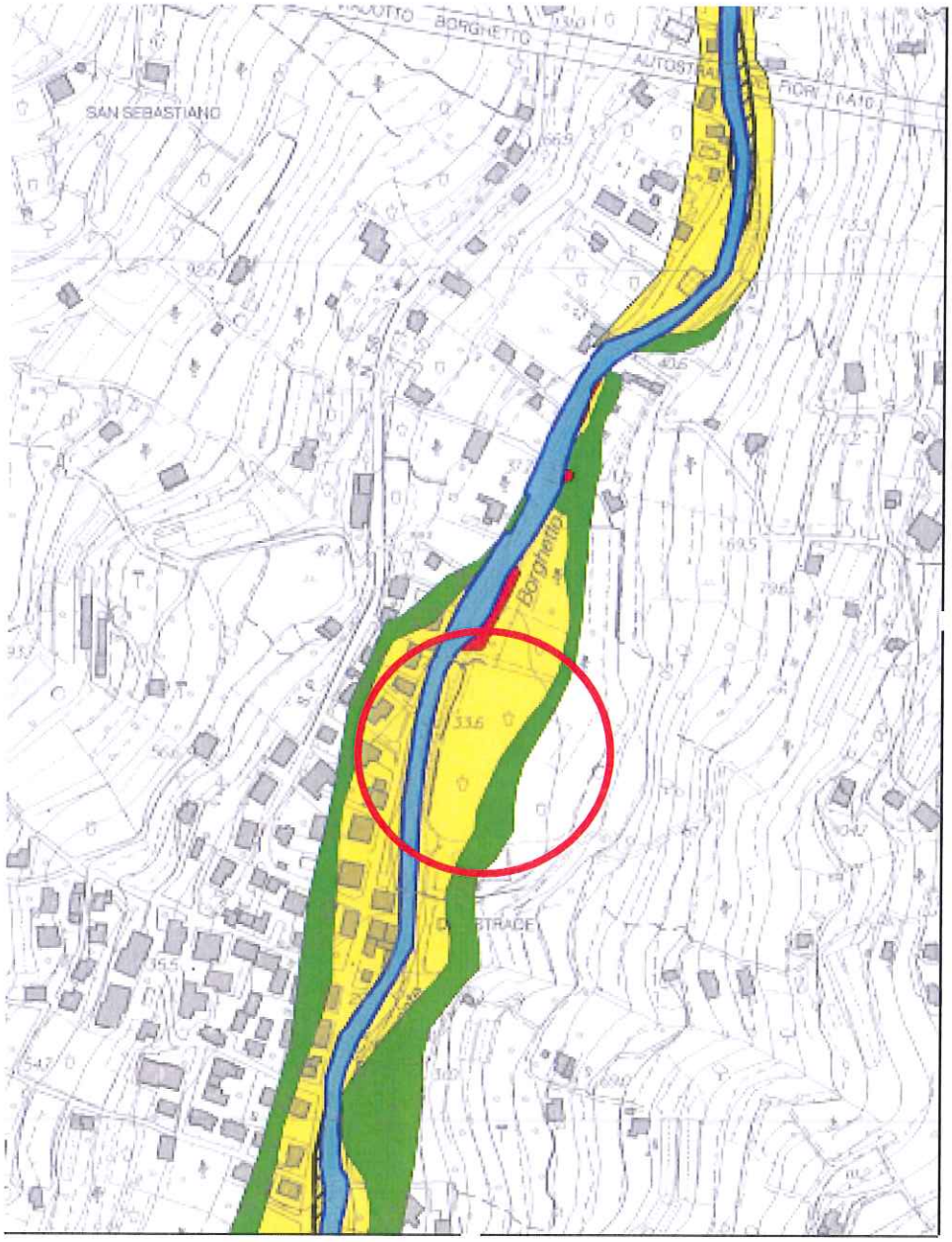
Stralcio Piani di Bacino Rio Vallecrosia-Borghetto
Carta della suscettività al dissesto di versante



Ubicazione area in studio

All. 7

Stralcio Piani di Bacino Rio Vallecrosia-Borghetto
Carta delle fasce fluviali



Ubicazione area in studio

All. 8