RELAZIONE GEOLOGICA



COMUNE DI S. STEFANO AL MARE (IM)

Intervento di mitigazione del rischio idrogeologico attuale del Rio Torre nel centro abitato di Santo Stefano al Mare.

ENTHÉOS
STUDIO DI GEOLOGIA

Progettista: Studio De Silvestri

Committente: Comune di S. Stefano al mare

Sanremo, 21/11/2024

Enthéos s.r.l. s.t.p.

Amministratore unico Dott. Geol. Marco Abbo

Via G. Pascoli, 259 – 18038 – Sanremo (IM)

Cell: 338 8806983 E-mail: marcoabbo4@gmail.com

Posta certificata: entheossrlstp@cgn.legalmail.it

P. IVA, C.F. e n° iscrizione Registro Imprese: 01754090080

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA
A.P. n° 289
MARCO ABBO
GEOLOGO
data iscr. 30-09-1994
O.R.

Firmato digitalmente da

Marco Abbo

CN = Abbo Marco
C = IT

Sommario

Premessa 4
Opere previste 7
Modello geologico 11
Geologia e stratigrafia 11
Geomorfologia 14
Idrogeologia 14
Indagini svolte in sito 15
Prove penetrometriche dinamiche 18
Commento alle prove penetrometriche 21
Indagini sismiche 23
Prova HVSR 23
Il modulo di reazione (costante di Winkler) 31
Il modulo di reazione (costante di Winkler) 36
Il modulo di reazione (costante di Winkler) 40
Stesa sismica a rifrazione ribattuta come MASW 42
Prova a rifrazione 42
Prova MASW 42
Il modulo di reazione (costante di Winkler) 49
Il modulo di reazione (costante di Winkler) 57
Prelievo dei campioni ambientali 58
La sezione geologica 59
Aspetti geotecnici-geomeccanici 71
Modello geotecnico 71
Il substrato roccioso 71
Materiali di copertura 76
Stima della pericolosità sismica 76
Analisi geotecnica del progetto 82
PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI 82
Valutazione del volume significativo 83
Calcolo portanza 84
Analisi di stabilità 88
Stabilità del fronte di scavo 88
Mantenimento del traffico veicolare 90

Stabilità globale 92
PRESCRIZIONI 92
Controlli generali 92
Fondazioni 92
Sostegno del fronte di scavo 92
Scarico delle acque 93
CONCLUSIONI 93
Allegato: tabulati analisi chimiche Codice C.E.R. 94
Allegato: prova MASW 1 103
Allegato: prova MASW 2 110
Allegato: analisi di portanza 117
Allegato: analisi di stabilità fronte di scavo in sinistra 128
Allegato: Analisi di stabilità fronte di scavo in destra (lato strada), breve termine in presenza dei carichi stradali 142

Premessa

In riferimento al progetto in oggetto ubicato nella cartografia allegata in Comune di **Santo Stefano al Mare**, si presenta a codesto Ufficio la relazione geologica, per conto della Committenza, **Comune di S. Stefano al Mare**, in cui si analizzano le caratteristiche del terreno di un'area significativa circostante il sito di progetto, verificando la conformità dell'intervento in oggetto con:

- quanto previsto dalle N.T.C. 2018;
- quanto previsto dagli EC 7/8;
- quanto previsto dall'attuale normativa sismica (EC7/8; O.P.C.M 20.03.2003; O.P.C.M. 3519/2006; NTC.2008-2018); per cui **S. Stefano al Mare** risulta Comune sismico di **zona 2** (PGA **0.25g** - DGR 13.03.2017 n° 216). La sismicità del sito secondo la NTC 2018 verrà calcolata in seguito in quanto "sito dipendente" e quindi variabile da punto a punto;
- quanto previsto dal vigente Piano di Bacino (zona **P1, P2b**), esterna alle fasce esondabili delle acque pubbliche e alla fascia di inedificabilità e di rispetto dei 40 m, ed esterna alle aree percorse dagli incendi ed alle aree sottoposte a vincolo idrogeologico, storico e archeologico.

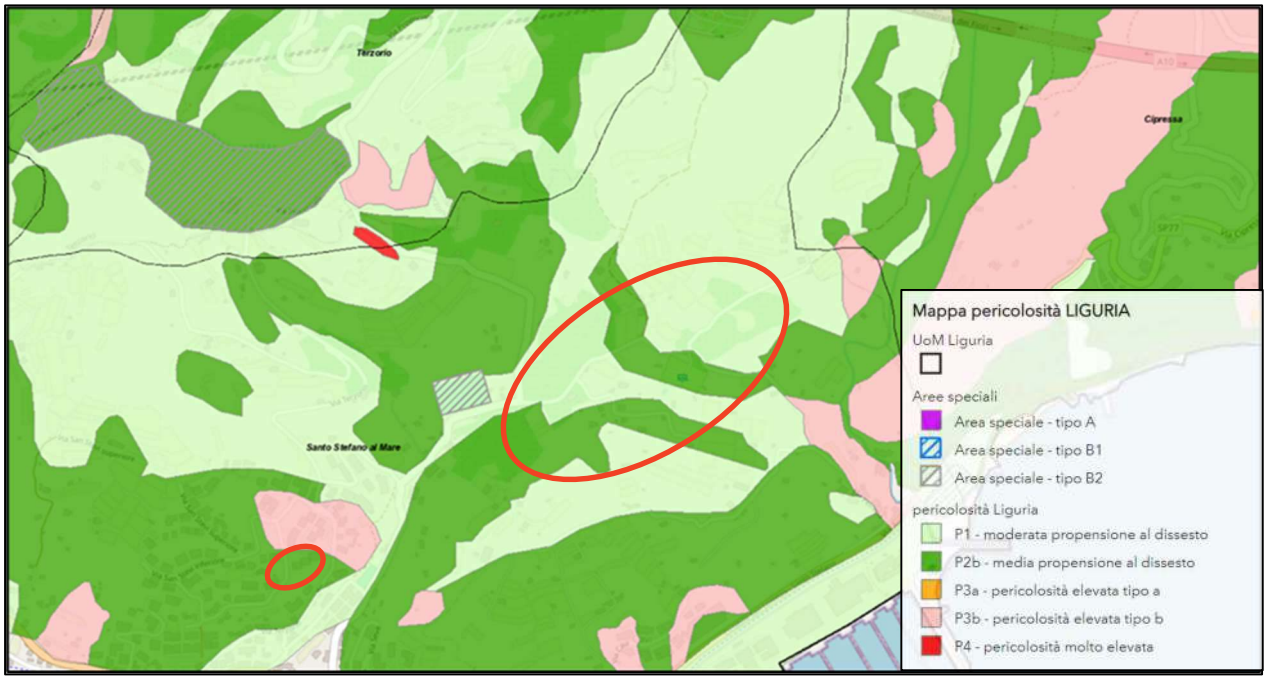


FIGURA 1: STRALCIO MAPPA DELLA PERICOLOSITÀ LIGURIA.

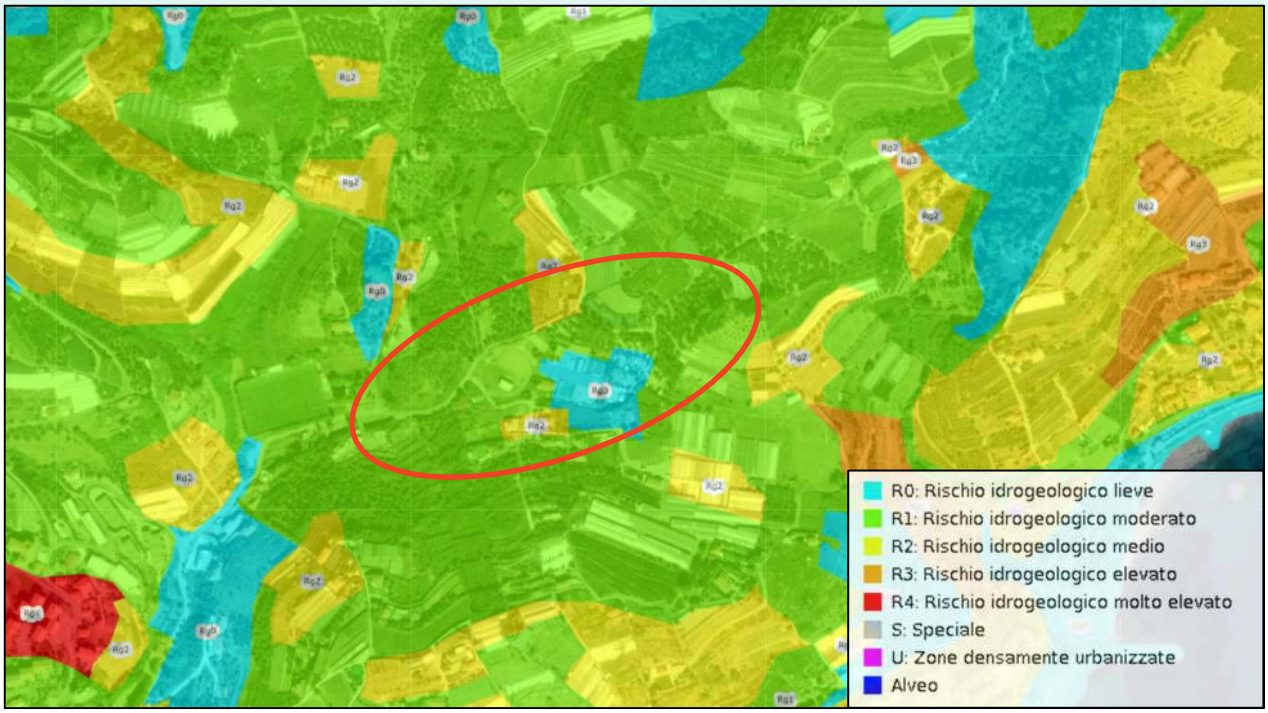


FIGURA 2: CARTA DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO (R0/R1/R2).

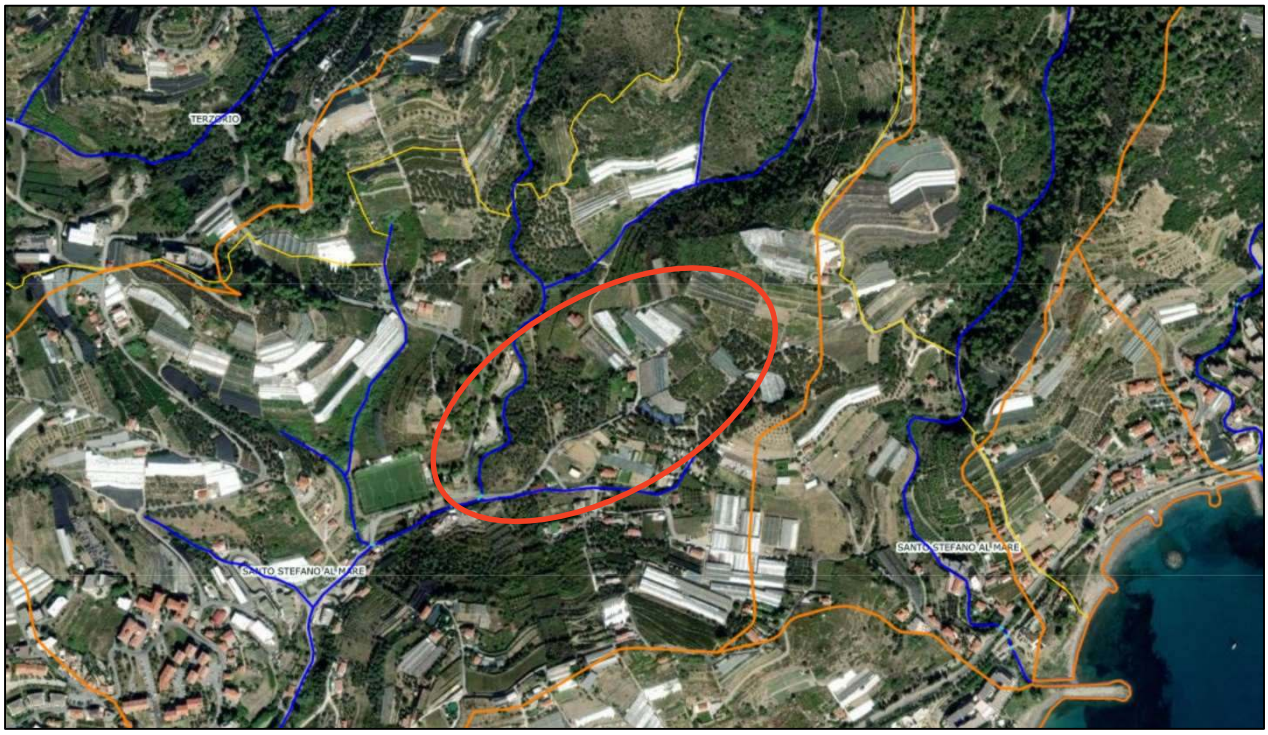


FIGURA 3: CARTA DEL RETICOLO IDROGRAFICO DELLA REGIONE LIGURIA.

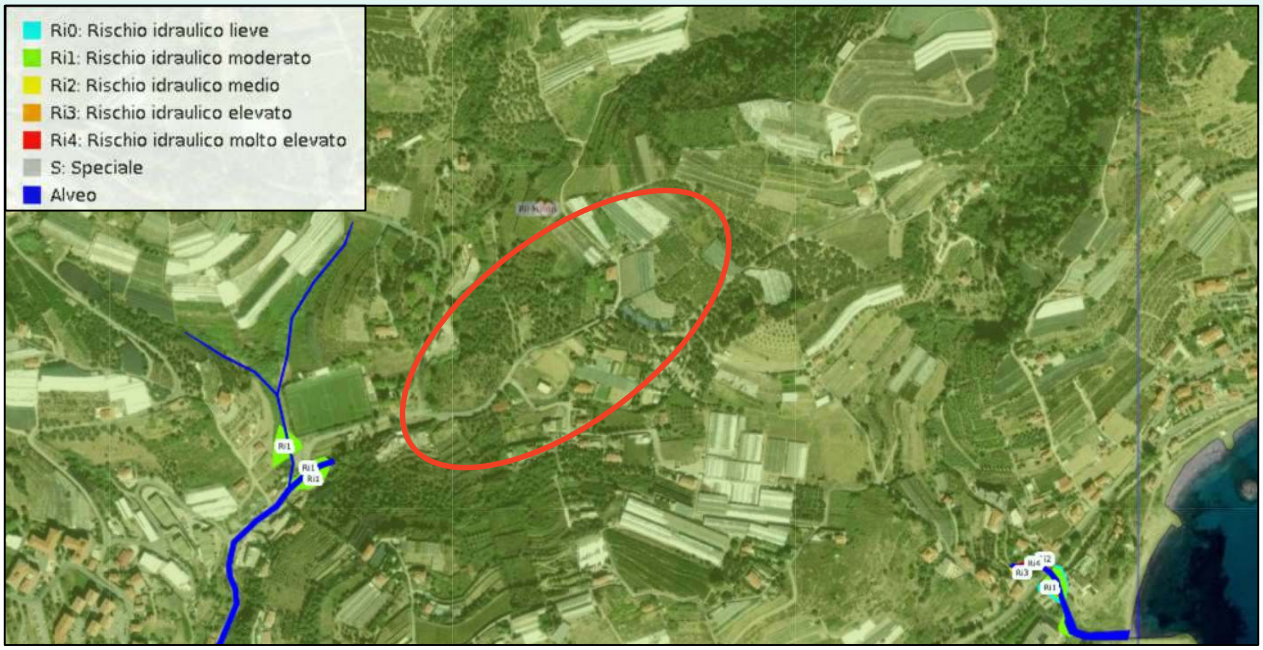


FIGURA 4: CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO E IDROGEOLOGICO REGIONE LIGURIA.



FIGURA 5: CARTA DELLA SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO REGIONE LIGURIA (PG1/PG2).

Opere previste

Il progetto prevede:

1) lavori di scavo stradale costituiti dalla posa della tubazione di diametro variabile fra 400-600 mm, che verrà indagata solo alla ricerca di eventuali evidenze di movimenti franosi in grado di provocare rotture dell'opera stessa e che non presenta tuttavia necessità progettuali particolari, il dimensionamento strutturale e/o particolari problematiche per la stabilità degli scavi stessi;

2) La problematica connessa alla realizzazione del canale a cielo aperto, al netto dell'erodibilità idraulica spondale, inevitabile in assenza di arginature antropiche, comporta la verifica della stabilità delle sponde in presenza di vincoli di sovrassuolo, ove il profilo del terreno originario viene abbassato;

3) L'unica vera opera d'arte da dimensionarsi con i canoni propri è costituita dal pozzettone di raccolta e dal canale scatolare in c.a., per cui andranno definiti stratigrafia locale, azione del sisma, deformazioni, portanza stabilità degli scavi.

Tali opere ricadono, secondo i dettami dell'EC 8 e delle NTC 2018, nelle opere con Vita nominale (VN) pari a **50 anni,** con vita di riferimento (VR) che ottenuta moltiplicando il valore di VN per il coefficiente d'uso CU, pari a **1.0**, stante i normali affollamenti previsti nella **Classe d'uso 2**.

Tab. 2.4.1 NTC 2018

	Tipi di costruzioni	Valori minimi di VN (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazione ordinari	**50**
3	Costruzioni con livelli di prestazione elevati	100

Tab. 2.4.1I NTC 2018

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente Cu	0.7	1.0	1.5	2.0
Note	Presenza occasionale	Normali affollamenti	Affollamenti significativi	Funzioni strategiche

Tab. C2.4.1 NTC 2018

Vita nominale Vn	Valori di Vr			
	Classe d'uso			
	I	II	III	IV
≤10	35	35	35	35
≤50	≤35	**≤50**	≤75	≤100
≤100	≤70	≤100	≤150	≤200

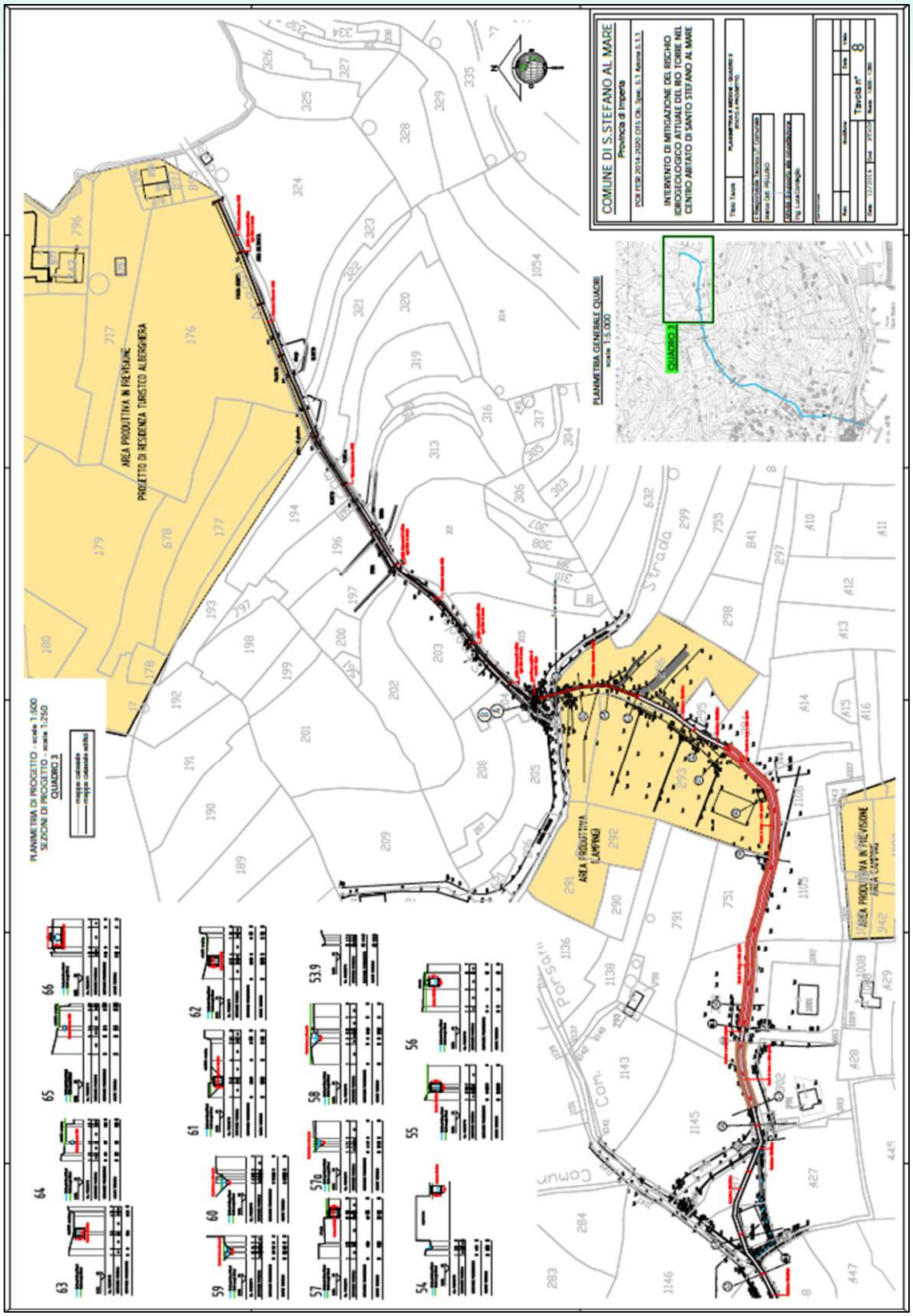


FIGURA 6: PLANIMETRIA GENERALE E SEZIONI DEL PROGETTO.

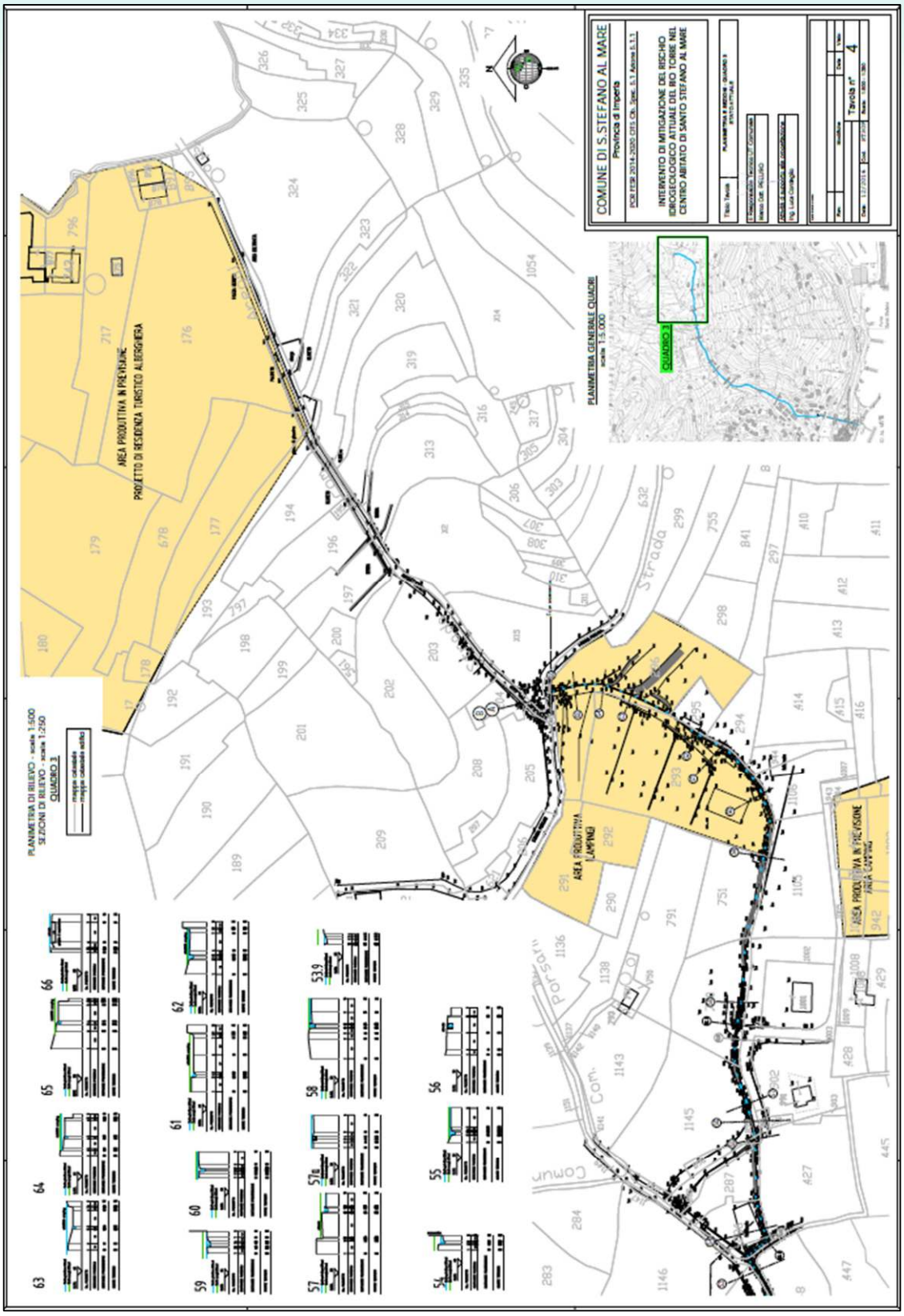


FIGURA 7: PLANIMETRIA E SEZIONI DEL PROGETTO.



FIGURA 8: VISTA AEREA DELL'AREA DI INTERVENTO.



FIGURA 9: VISTA AEREA DELL'AREA DI INTERVENTO.

Modello geologico

Attraverso il rilievo geologico di superficie, la ricerca bibliografica e cartografica, nonché l'esecuzione di specifiche prove e numerose prove in sito, viene definito il modello geologico locale.

Geologia e stratigrafia

L'area in studio appartiene alla Falda dei Flysch ad Elmintoidi delle Alpi Liguri Occidentali e in sottordine all'unità tettonica del Flysch di Sanremo-Monte Saccarello. La falda dei Flysch ad Elmintoidi nel suo bordo occidentale è accavallata sopra la zona delfinese - provenzale, con l'interposizione degli "schistes à blocs", mentre a Est è sovrapposta alle unità "prepiemontesi" e al Brianzonese ligure (Vanossi *et Alii*, 1984), con rapporti reciproci assai complessi.

All'interno dell'unità tettonica del Flysch di Sanremo-Monte Saccarello si distinguono dal basso:

- un "complesso di base" pelitico (Formazione di S. Bartolomeo, indicata con la sigla "ps" nella Carta Geologica Italiana del Franchi, mentre gli Autori francesi parlano di "*sèriè du complexe de base*";

-un corpo arenaceo (Arenarie di Bordighera, identificate dalla sigla "Ha" del Franchi, corrispondono alla "*sériè à dominante grèseuse*" degli autori francesi, che costituisce una grossa lente arenaceo-conglomeratica; che affiora decisamente ad W dell'area di interesse;

-il Flysch di Sanremo, costituito prevalentemente da torbiditi marnoso-arenacee, generalmente in strati spessi. Il Franchi, seguendo gli autori francesi, distingue una litozona "H2" (corrispondente alla "*sériè à dominante merneuse*" e al "complesso a, flysch arenaceo-marnoso-argilloso" di Boni & Vanossi), sormontante i tipi litologici indicati con la sigla "H1" ("*sèriè à dominante calcaire*").

L'area di interesse risulta appoggiata alla Flysch di Sanremo, nella sua litofacies a componente calcarea (h1 *auct*., FSM2 odierna). Questa formazione è caratterizzata dalla fitta alternanza di materiali a comportamento rigido (arenarie e siltiti) e da livelletti argillo-marnosi plastici. I primi si fratturano secondo il campo di stress "neotettonico", i secondi si deformano plasticamente, sviluppando sovente una fitta famiglia di piani di laminazione subparalleli alla stratificazione (senza presentare un fitto reticolo fratturativo), oltre che a sviluppare una scistosità egualmente orientata per rigonfiamento e alterazione a contatto con l'aria e con gli sbalzi di temperatura.

Ciò comporta il rapido disfacimento della parte più superficiale esposta di tali livelletti e, conseguentemente, la messa in rilievo dei materiali meno erodibili arenaceo-siltosi, che risultano aggettanti nei versanti acclivi o emergenti in rilievo come "costole" del versante.

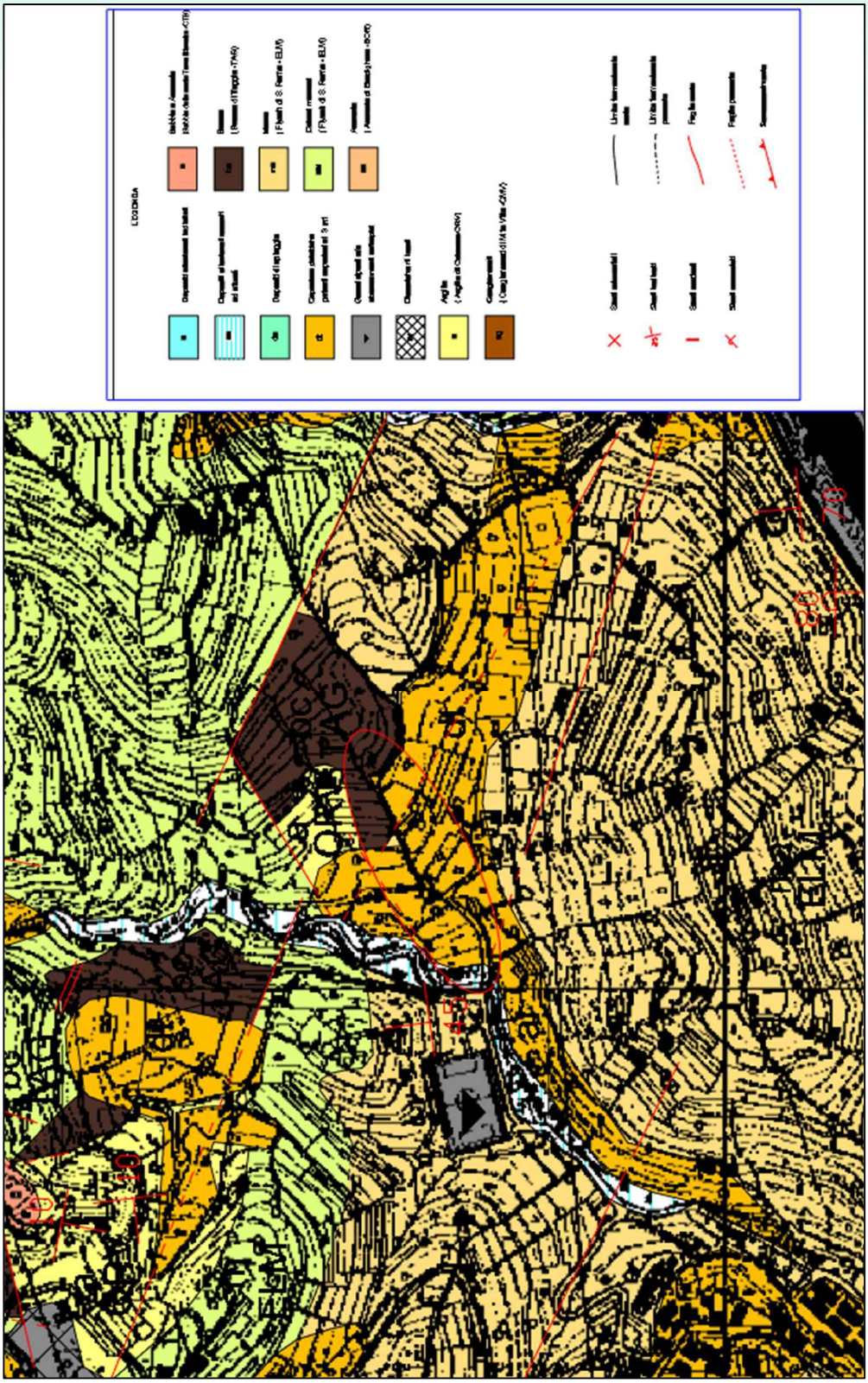
Gli strati risultano mediamente immergenti verso ESE con prevalente traversopoggio, con inclinazione variabile e generalmente pari a 30°-35°, anche se gli affioramenti sono noti allo scrivente solo per esperienze locali di scavo e non vi sono dirette emergenze del substrato roccioso e presentano sovente alto grado di tettonizzazione. Il substrato risulta situato ad una profondità media variabile fra i 2.0.-4.0 m, con spessore variabile in funzione del terrazzamento antropico e della morfologia superficiale, con massimo spessore a ridosso dei cigli di terrazzamento. La parte più superficiale ed allentata del substrato roccioso, noto

come cappellaccio di alterazione si estende per spessori variabili fra gli 8-10 m, a riprova dell'ampia tettonizzazione subita dall'ammasso roccioso.





FIGURA 10: DETTAGLIO CARTA GEOLOGICA. SOTTO: CARTA GEOLOGICA DI DETTAGLIO



Geomorfologia

L'area risulta collocata in posizione basale, caratterizzata dalla presenza di terrazzamenti e edificazioni, ad una quota tra +**30 m** e **+110 m** sul livello del medio mare.

Nella determinazione della valutazione dell'azione sismica tale versante ricade nella Categoria Topografica **T1**, con pendii ad inclinazione media **minore di 15°**.

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

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

Ne deriva un coefficiente di amplificazione topografica S_T di **1.0**, stante la posizione medio-basale dell'area rispetto alla cresta del pendio.

Tabella 3.2.VI – *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 del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Idrogeologia

La zona è caratterizzata da una sostanziale impermeabilità del substrato roccioso: esso può infatti presentare al più una bassa permeabilità secondaria per circolazione di acqua lungo le fratture dell'ammasso, con carattere però molto discontinuo e variabile arealmente, con valore crescente in funzione del grado di fratturazione, fagliazione ed alterazione dell'ammasso roccioso ove flyschioide, in funzione degli orizzonti sabbiosi poco cementati nel caso dei depositi pliocenici.

La permeabilità complessiva che ne risulta è stimata come pari a $k < 10^{-7}$ m/sec

I materiali di coltre superficiale e il cappellaccio di alterazione presentano permeabilità primaria da discreta a scarsa ($k = 10^{-5}$-10^{-6} m/sec).

L'imbibizione completa della pur sottile coltre detritica appare abbastanza improbabile, in quanto il regime delle piogge medie annue è tale da saturare solo spessori minimi del terreno (inferiori a 0.5 m, secondo studi condotti dallo scrivente mediante il modello di Pradel & Raad). Si rimarca altresì la forte azione erosiva che deriva dal ruscellamento della quasi totalità delle acque precipitate. Le prove non hanno incontrato il piano di falda.

Le prove effettuate in sito non hanno incontrato il piano di falda.

Indagini svolte in sito

Nel sito in oggetto sono state eseguite n° 6 prove penetrometriche al fine di controllo locale dei modesti spessori di ricoprimento noti per l'area. Tutte le prove **non incontrano il piano di falda a fondo foro**.

Ai fini della caratterizzazione sismica sono state eseguite tre prove HVSR e due prove sismiche a rifrazione, ribattuta come MASW.

È stato inoltre prelevato un campione di terreno per la caratterizzazione chimica ambientale.

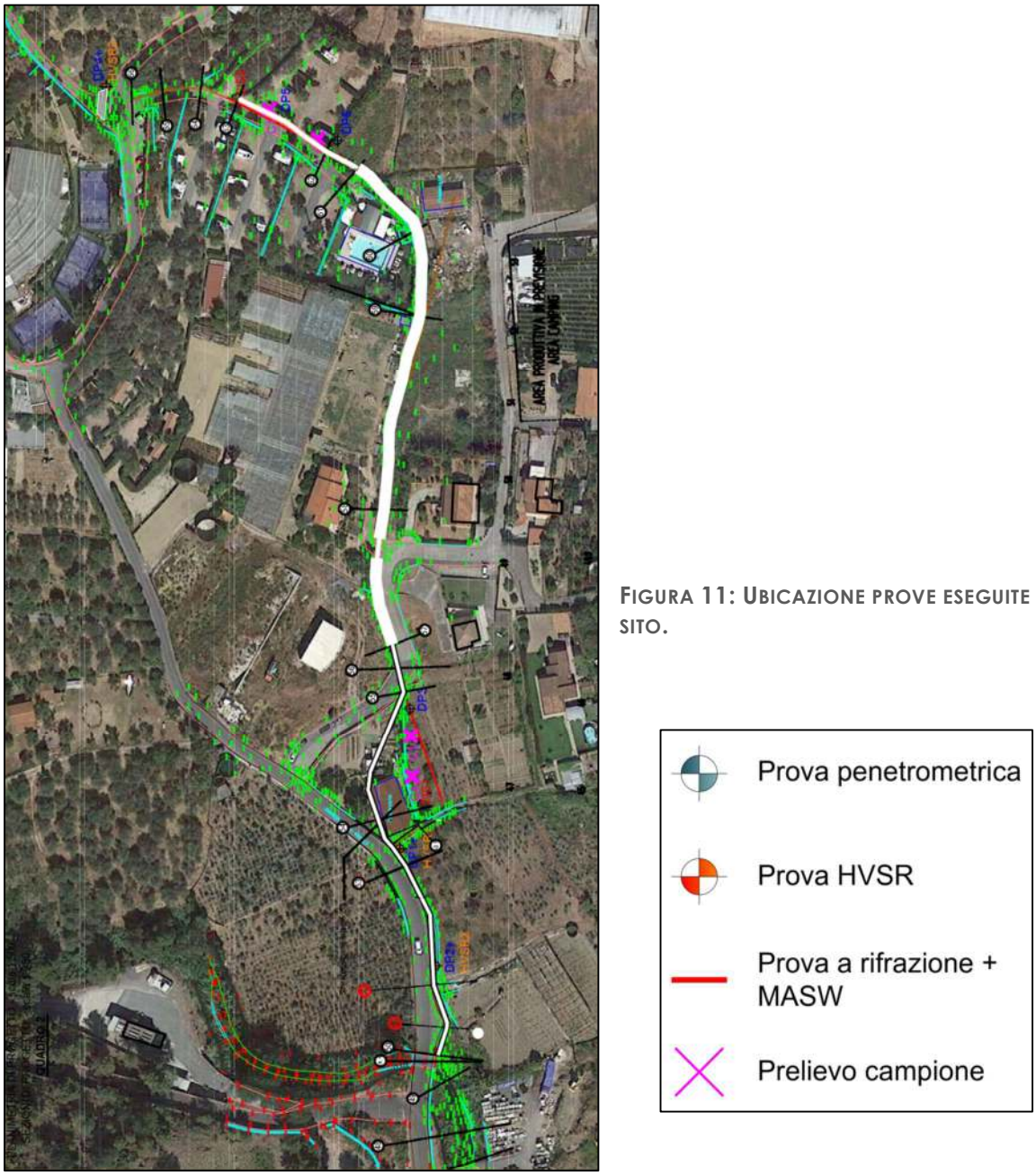


FIGURA 11: UBICAZIONE PROVE ESEGUITE IN SITO.

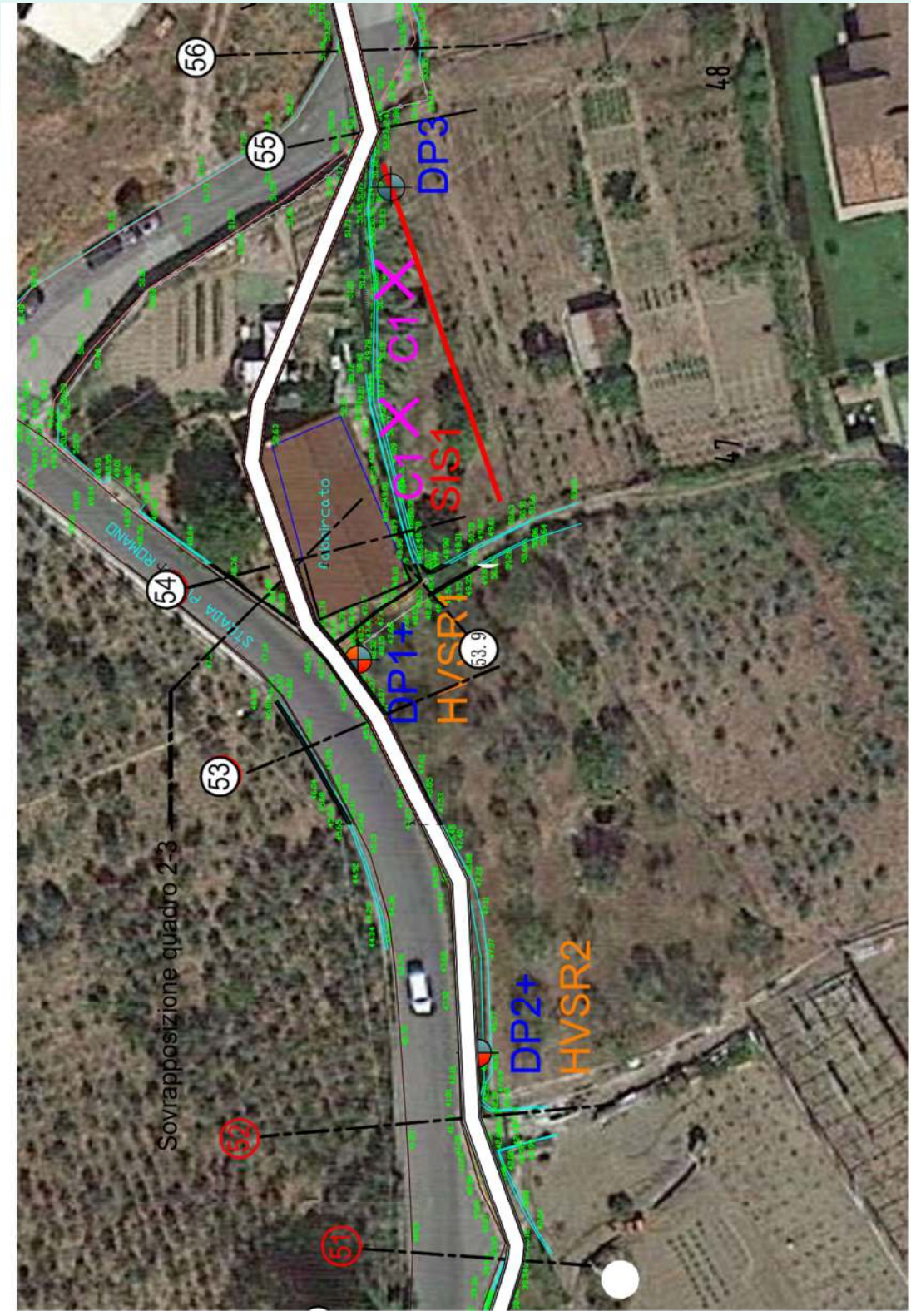


FIGURA 12: DETTAGLIO UBICAZIONE PROVE ESEGUITE IN SITO.

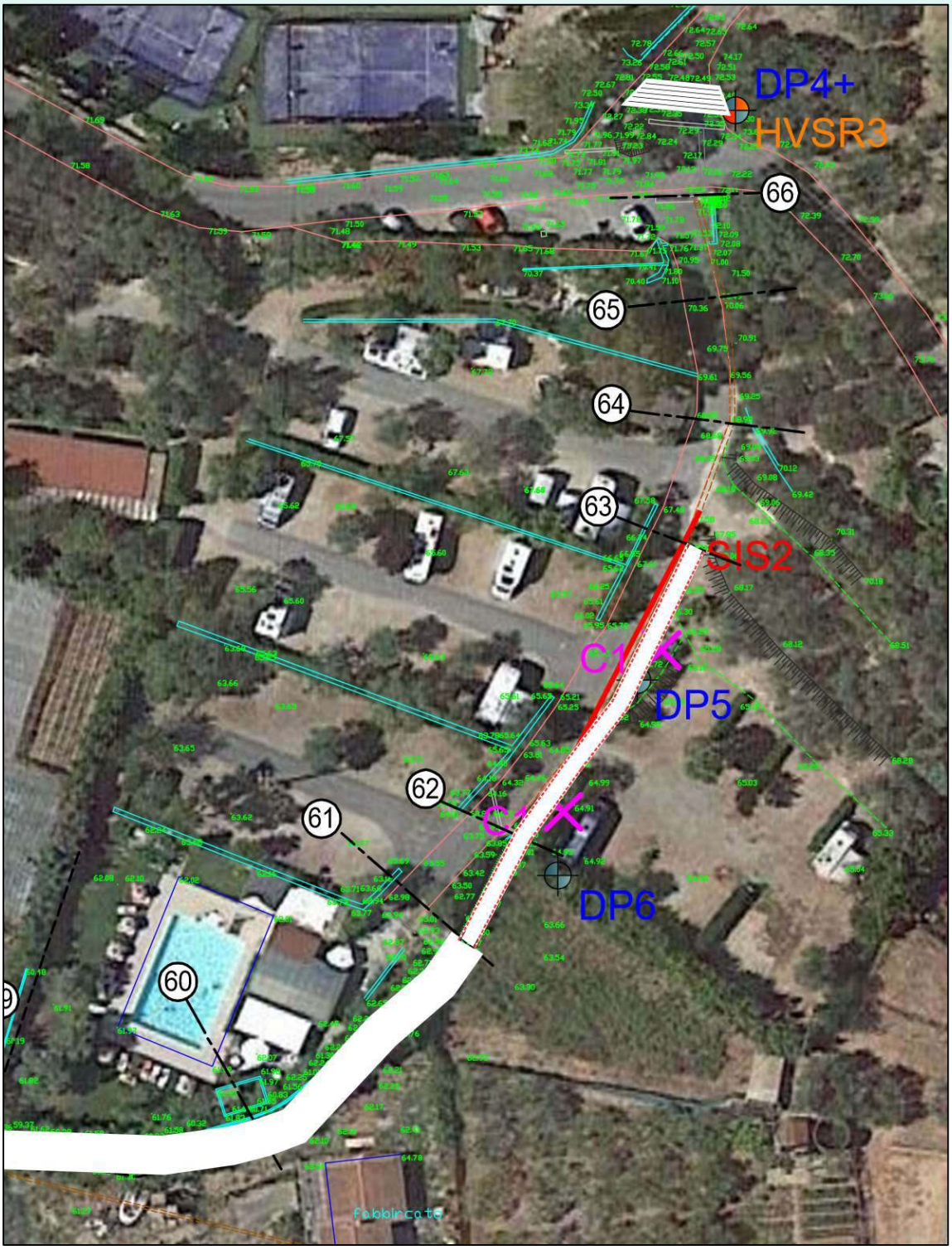


FIGURA 13: DETTAGLIO UBICAZIONE PROVE ESEGUITE IN SITO.

Prove penetrometriche dinamiche

Le prove DP1 e DP2 si arrestano a circo 0,8-0,9 m dal piano campagna.



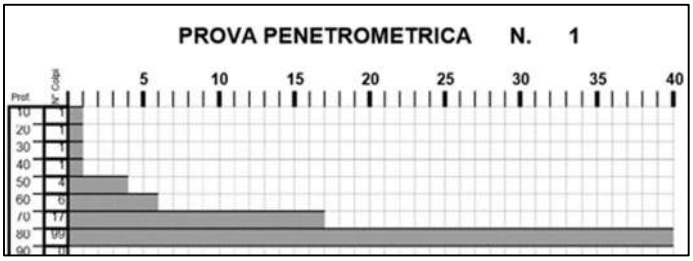


FIGURA 14: PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LEGGERA DP1.



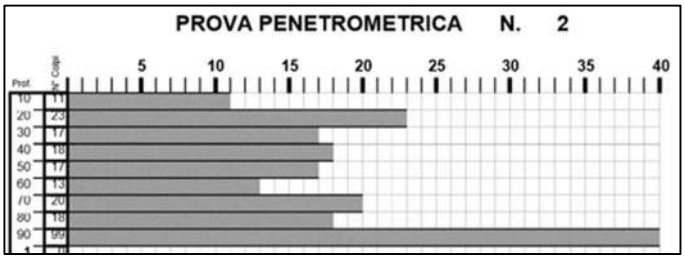


FIGURA 15: PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LEGGERA DP2.

La prova DP3 si arresta a circa -1,3 m dal piano campagna. La DP4 invece incontra i termini del substrato roccioso a circa -2,3 m di profondità.

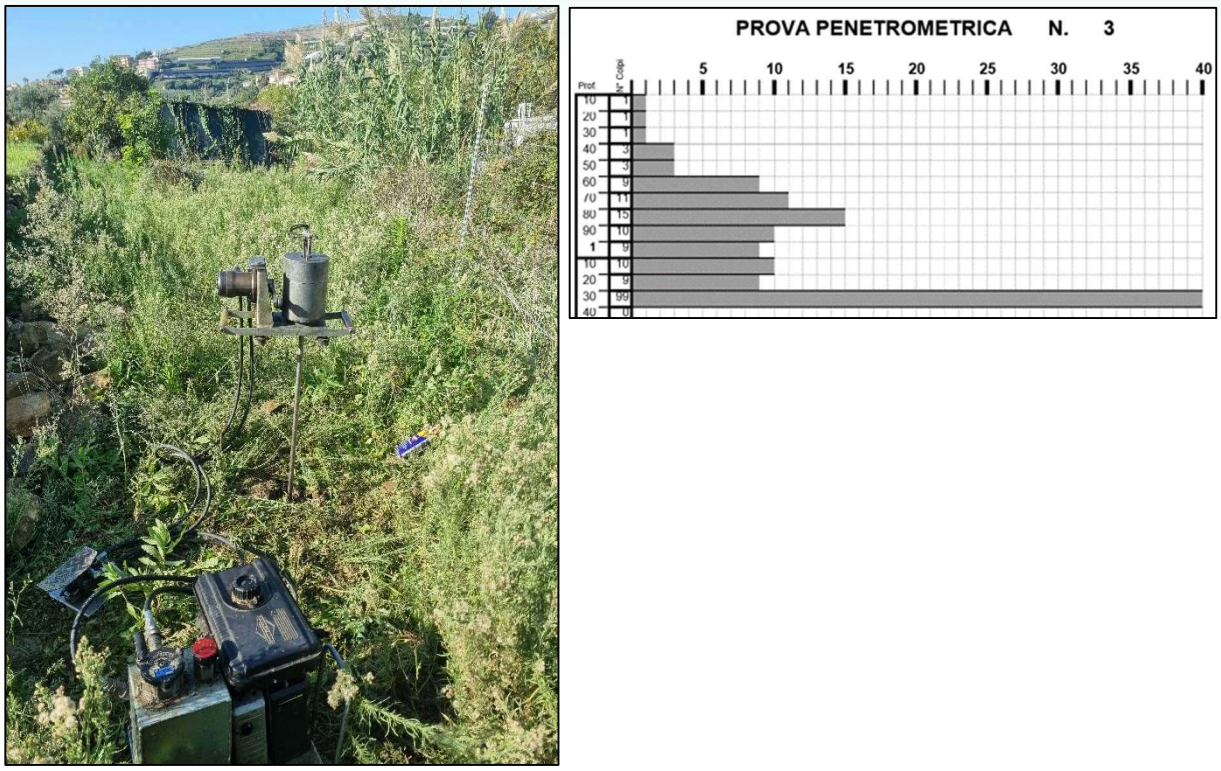


FIGURA 16: PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LEGGERA DP3.

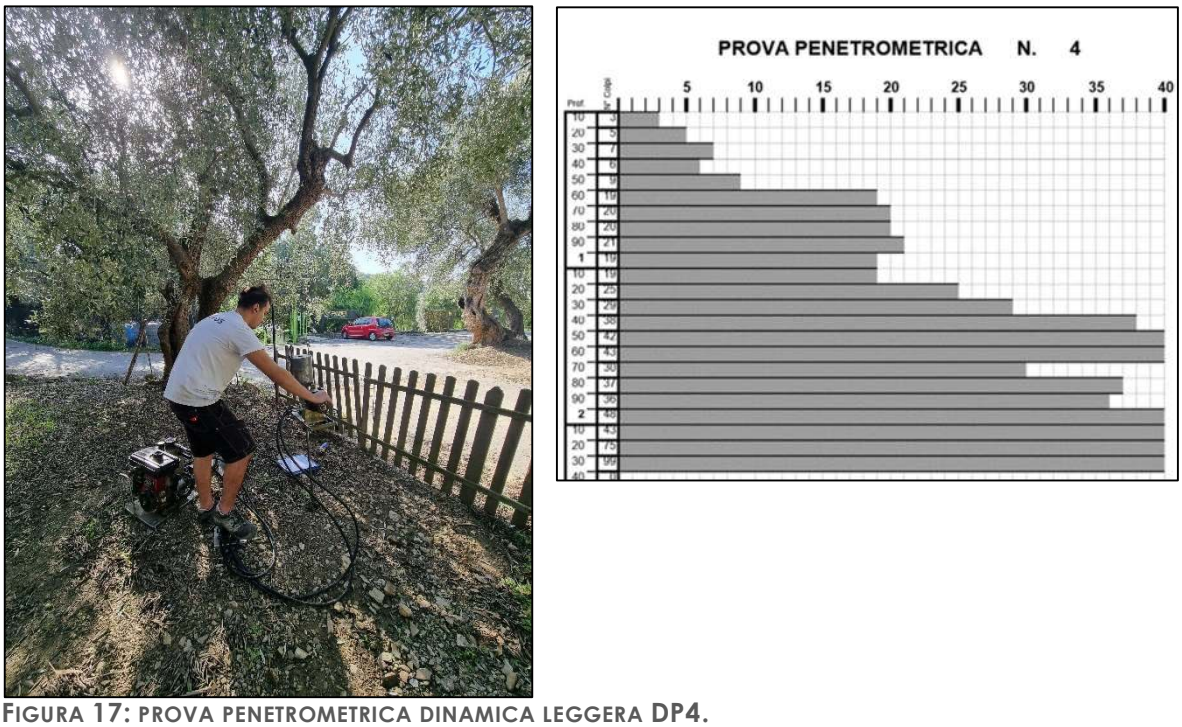


FIGURA 17: PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LEGGERA DP4.

La prova DP5 si arresta a circa -2,4 m dal piano campagna. La DP6



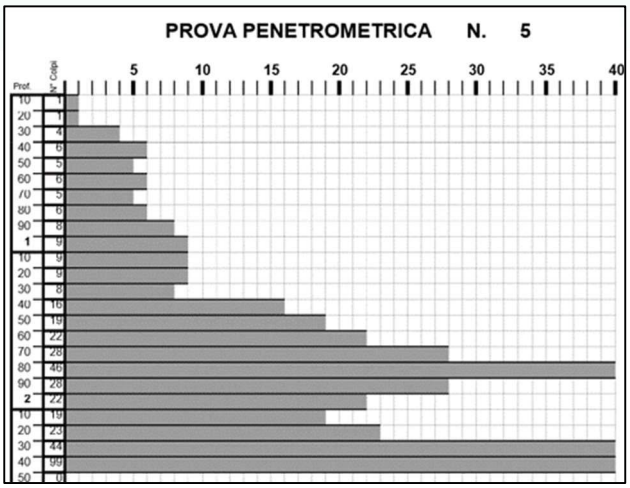


FIGURA 18: PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LEGGERA DP5.



FIGURA 19: PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LEGGERA DP6.

Commento alle prove penetrometriche

Le risultanze delle prove penetrometriche dinamiche sono un eccellente esempio di come la prova abbia inevitabilmente bisogno di una fase di confronto/correlazione con altri dati geognostici, nel caso in esame con i dati sismici, ai fini di una corretta interpretazione.
Infatti, i termini più alterati del cosiddetto "cappellaccio di alterazione", sovente sono costituiti dai termini più argillosi della sequenza torbiditica flyschioide e possono presentare valori di N10 relativamente bassi e simili ai valori propri delle coperture sciolte addensate. In assenza di un utile confronto con altri dati è virtualmente impossibile distinguere con certezza le coltri detritiche addensate da un substrato roccioso marnoso-argilloso alterato, che può presentare gli stessi parametri di resistenza.
In tutte le prove si riscontra dunque la presenza dei termini più superficiali ed alterati del substrato roccioso, ubicato quindi in posizione subaffiorante, solo parzialmente perforato con medio-alto numero di colpi nelle prove.

Non si riscontra la presenza di acqua a fondo foro in tutte le prove.

Le prove possono essere così analizzate per la definizione dei parametri caratteristici: Distribuzione di probabilità per i terreni superficiali ed alterati del substrato roccioso sino a -5.0 m di profondità, laddove si oppongono efficacemente alla penetrazione.

Tipo di elaborazione	Distribuzione standard
Valore considerato	5° percentile media
N° misure	73
Valore caratteristico	**13,68**
Minimo	1
Massimo	75
Valore medio	16,50
Varianza	211,69
Dev. St.	14,55
Dev. St. Med.	1,71
C.O.V.	0,88

Per i terreni di riporto e le coltri sino a circa 1 m di profondità, sfumanti nella porzione più alterata e superficiale del cappellaccio di alterazione sino a -5 m circa, si ottiene un valore caratteristico di N10 pari a circa **14 colpi**, corrispondente a **10 colpi di Nspt standard.**

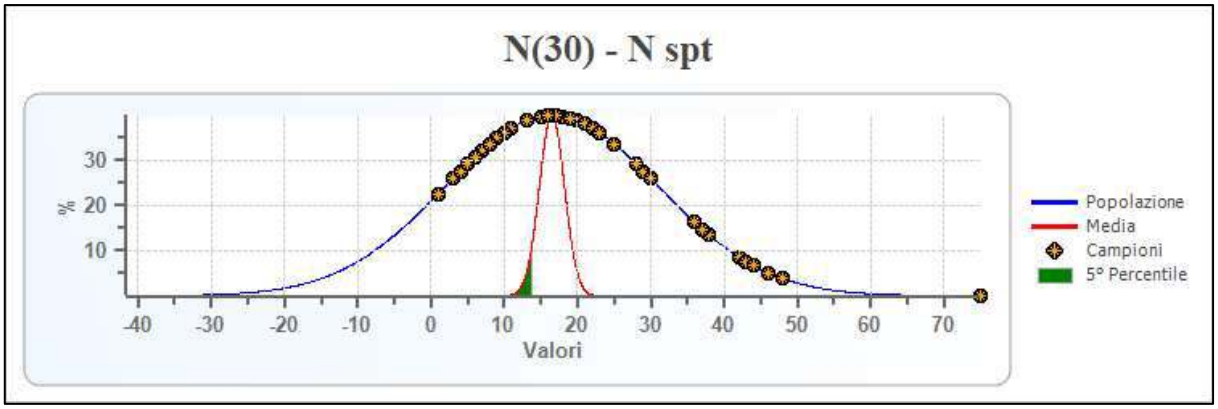


FIGURA 20: CURVE STANDARDIZZATE.

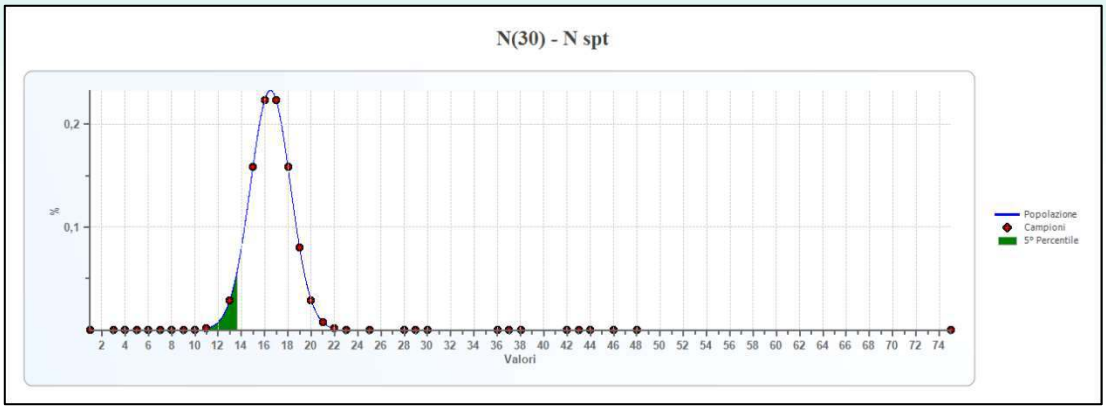
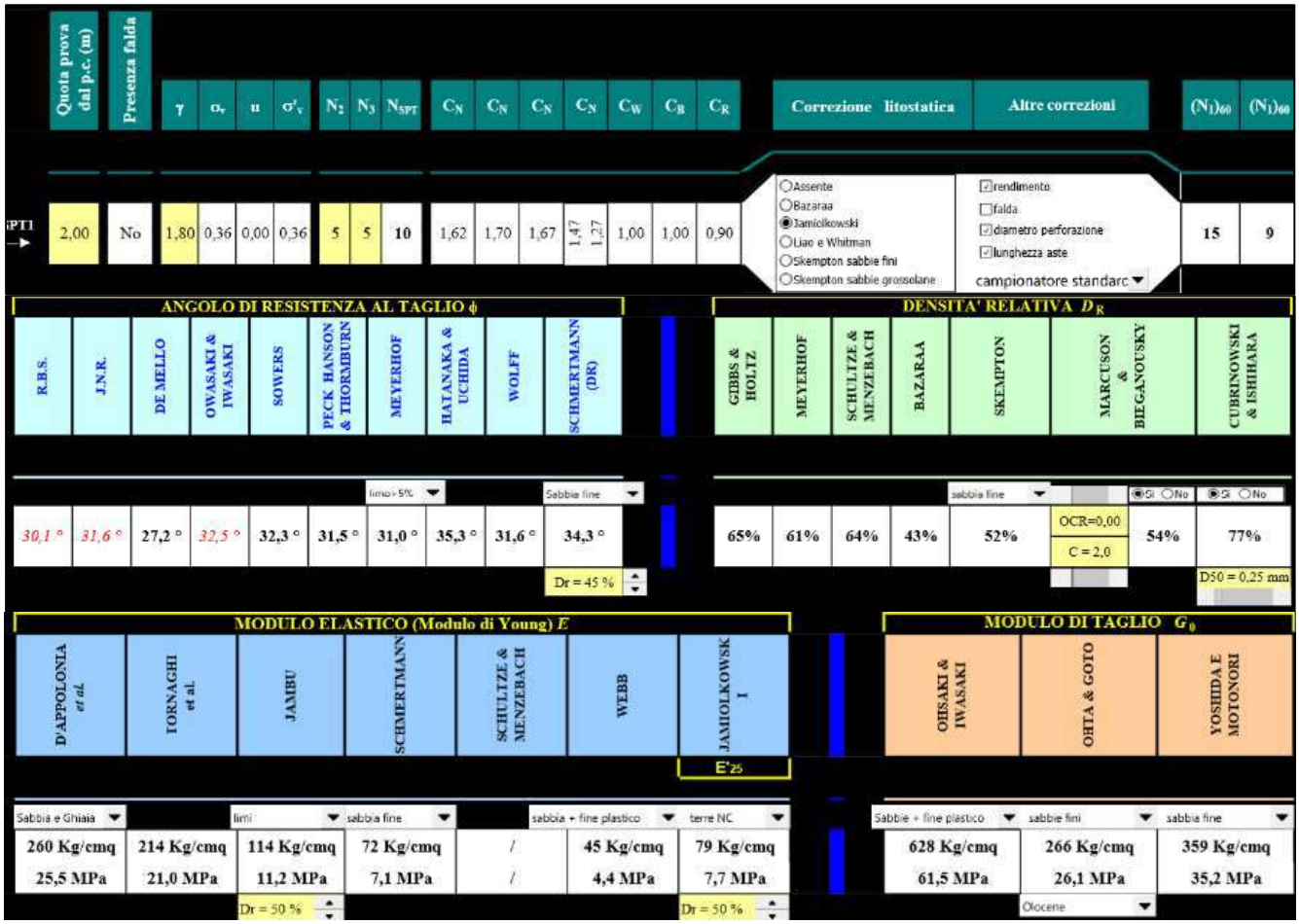


FIGURA 21: DISTRIBUZIONE DI PROBABILITÀ.

I dati possono essere correlati utilmente con le grandezze sottoesposte:



Indagini sismiche

Prova HVSR

Il metodo HVSR, come tutti gli altri metodi geofisici, ha bisogno di essere interpretato dall'utente sulla base delle conoscenze geologiche dell'area. Esso si basa sulla misura dei microtremori ambientali (derivanti ad esempio da attività antropica, dal moto ondoso del mare, dal vento, ecc..), misurati nelle tre componenti (due orizzontali e una verticale).

Come tutte le indagini indirette hanno il vantaggio di misurare i parametri geofisici del terreno in sito ma non è sempre facile risalire al profilo geologico reale.

La tecnica HVSR consente di valutare la frequenza di risonanza di uno strato soffice a partire dalle sole registrazioni di superficie. In particolare, Nakamura (1989) ha ipotizzato che la componente verticale del rumore sismico ambientale (di varia origine, come sopra indicato) fosse relativamente non influenzata dai sedimenti. Per cui il rapporto H/V tra lo spettro di Fourier delle componenti orizzontale e verticali è stato messo in evidenza come una stima affidabile della risposta di sito alle onde S, non solo per la frequenza di risonanza, ma anche per la relativa amplificazione, partendo dall'ipotesi che la divisione della componente verticale assunta come riferimento, permettesse di rimuovere gli effetti della sorgente, oltre a quelli dovuti alle onde di Rayleigh.

Se ad esempio consideriamo la struttura geologica di un deposito sedimentario (ad esempio depositi alluvionali in una valle fluviale), si nota che il tremore misurato in superficie può essere considerato come costituito da onde superficiali e da onde di volume (come le onde longitudinali). Queste sono modificate dall'azione filtrante operata dallo strato soffice. In base a questo si possono definire due spettri relativi alle misure del moto superficiale orizzontale (misurati dai due geofoni orizzontali) e verticale (misurati dal geofono verticale).

Il software open source Geopsy permette di definire il rapporto H/V, secondo i criteri di attendibilità stabiliti dal progetto SESAME (che sono verificati dal software in maniera automatica), partendo dalle registrazioni delle vibrazioni misurate sui tre assi dal tromografo digitale. Nel caso in cui Geopsy riscontrasse una non perfetta corrispondenza dell'acquisizione effettuata con i criteri SESAME, lo evidenzierebbe riportando un'area tratteggiata nel grafico H/V – frequenza (o grafico di ellitticità) negli intervalli di frequenza che non soddisfano tali criteri.

I metodi d'inversione tendono a comparare i dati acquisiti con quelli calcolati fino a quando non si riesce a trovare la migliore sovrapposizione (come nel caso del programma Dinver, collegato al programma open source Geopsy). Quindi è eseguita una serie di tentativi, sulla base di algoritmi di calcolo, al fine di ottenere la sovrapposizione migliore con i dati sperimentali (ovvero quelli acquisiti durante le registrazioni dei microtremori).

Sulla base di queste sovrapposizioni e di calcoli il software Dinver permette di ottenere una stima dell'andamento delle velocità delle onde P (longitudinali) e delle onde S (di taglio o seconde) in base alla profondità (e quindi di determinare il valore delle Vs30 richiesto dalla normativa italiana), previa la definizione di una modellazione del terreno investigato. Quindi i calcoli sono vincolati alla preliminare conoscenza della stratigrafia di massima del terreno investigato (nel nostro caso grazie ad un preliminare rilevamento geologico di superficie e

alle prove penetrometriche). Questo al fine di evitare di ottenere delle stratigrafie sismiche delle onde P e S non veritiere rispetto al modello geologico che si sta analizzando.

Nel caso di situazioni stratigrafiche consone con il metodo utilizzato generalmente si ottengono dati molto simili alla situazione geologica reale.

La strumentazione e il software utilizzati in questo caso sono costituiti da Geobox di Sara Electronic Instruments s.r.l.:

- convertitore sismico SADC20;

- ADC 24 bit;

- n. 2 geofoni orizzontali da 4,5 hz;

- n. 1 geofono verticale da 4,5 hz;

- Frequenza di campionamento 10, 20, 50, 100, 200, 300, 400, 480, 600Hz;

- Durata acquisizione 10, 20, 30 minuti;

- Registrazione dei dati acquisiti in formato *.SAF;

- pc Windows compatibile con software Log-Mt (Suite SeismoWin) (per visionare e acquisire i dati in tempo reale);

- software open source "geopsy", per l'elaborazione del diagramma H/V-frequenza;

- software open source "dinver", per l'elaborazione di stratigrafie indicative delle onde S, P e della densità sismica dei terreni investigati.

PARAMETRI DI ACQUISIZIONE:

CONDIZIONI METEO	Assenza di pioggia e assenza di vento
FREQUENZA DI CAMPIONAMENTO	500 Hz
DURATA ACQUISIZIONE	20 minuti per HVSR 1 e 2; 15 minuti per HVSR 3
ORIENTAMENTO STRUMENTO	Nord dello strumento parallelo al Nord magnetico
CONDIZIONI DI RUMOROSITA' DEL SITO	Bassa rumorosità
VERIFICA DEI CRITERI SESAME	Positiva, in quanto nel grafico H/V – frequenza non sono presenti aree tratteggiate



FIGURA 22: UBICAZIONE ACQUISIZIONE HVSR 1.



FIGURA 23: UBICAZIONE ACQUISIZIONE HVSR 2.



FIGURA 24: UBICAZIONE ACQUISIZIONE HVSR 3.

Il segnale è stato elaborato con il software Geopsy per definire la frequenza propria del terreno (vedere figura sotto riportata).
Una prima stima dello spessore del livello detritico superficiale può essere eseguita con l'uso della tabella sotto riportata (da http://comunitadigeologia.blogspot.it/2015/03/4-correlazione-vs-hz-per-hvsr.html).
CORRELAZIONE VS - Hz per HVSR - (Calcolo empirico per determinare la stratigrafia tramite un sondaggio HVSR)
In presenza di sedimenti granulari si può ipotizzare che la Vs dipenda principalmente dal carico della colonna stratigrafica soprastante.
Se il sedimento risponde a tale legge si può considerare valida la seguente relazione che lega la frequenza di risonanza con la profondità.
La tabella sottostante riporta la frequenza di risonanza (prima colonna) con la profondità di tre tipi di terreni:

1) terreni coesivi
2) sabbie
3) terreni rimaneggiati

Tali tabelle sono state ricavate sperimentalmente calcolando la funzione interpolatrice di un certo numero di sondaggi; pertanto, i dati così calcolati sono puramente indicativi ed utili per valutare le profondità corrispondenti ai principali picchi di un sondaggio HVSR per avere una idea di massima della stratigrafia del sito. Nel caso in esame, per quanto il picco relativo a circa 23 Hz e il picco a circa 40 Hz potrebbero essere dovuti alla presenza del substrato roccioso fratturato alla profondità di 1,0-2 m, al di sotto di un livello detritico superficiale.

	terreni coesivi	sabbie	terreni rimaneggiati coesivi		terreni coesivi	sabbie	terreni rimaneggiati coesivi
Vo=	190,0	170,0	110,0	Vo=	190,0	170,0	110,0
a=	0,20	0,25	0,40	a=	0,20	0,25	0,40
Hz	H	H	H	Hz	H	H	H
100,00	0,50	0,45	0,29	4,80	14	14	11
95,00	0,52	0,47	0,31	4,50	16	15	12
90,00	0,55	0,50	0,32	4,20	17	17	13
85,00	0,59	0,53	0,34	4,00	18	18	14
80,00	0,63	0,56	0,37	3,80	19	19	15
75,00	0,67	0,60	0,39	3,60	20	20	17
70,00	0,72	0,65	0,42	3,40	22	22	18
65,00	0,78	0,70	0,46	3,30	23	22	19
60,00	0,85	0,76	0,50	3,10	24	24	21
55,00	0,93	0,84	0,55	3,00	25	25	22
50,00	1,03	0,93	0,61	2,90	26	26	23
45,00	1,1	1,0	0,7	2,80	27	28	24
43,00	1,2	1,1	0,7	2,70	29	29	25
40,00	1,3	1,2	0,8	2,60	30	30	50
37,00	1,4	1,3	0,8	2,50	32	32	
34,00	1,6	1,4	0,9	2,40	33	34	
32,00	1,7	1,5	1,0	2,30	35	36	
30,00	1,8	1,6	1,1	2,20	37	38	
28,00	1,9	1,8	1,2	2,10	39	40	
27,00	2,0	1,8	1,2	2,00	41	42	
25,00	2,2	2,0	1,3	1,90	44	45	
24,00	2,3	2,1	1,4	1,80	47	49	
23,00	2,4	2,2	1,5	1,70	50	52	
22,00	2,5	2,3	1,5	1,60	54	57	
21,00	2,6	2,4	1,6	1,50	59	62	
20,00	2,8	2,6	1,7	1,40	64	67	
19,00	2,9	2,7	1,8	1,30	70	74	
18,00	3,1	2,9	2,0	1,20	77	82	
17,00	3,3	3,1	2,1	1,10	86	92	
16,00	3,6	3,3	2,3	1,00	96	104	
15,00	3,8	3,6	2,4	0,95	103	112	
14,00	4,2	3,9	2,7	0,90	110	120	
13,00	4,5	4,2	2,9	0,85	118	129	
12,00	5,0	4,6	3,2	0,80	127	140	
11,00	5,5	5,1	3,6	0,75	138	152	
10,00	6,1	5,7	4,1	0,70	150	166	
9,00	6,9	6,5	4,7	0,65	164	183	
8,50	7,4	7,0	5,0	0,60	181	204	
8,00	7,9	7,5	5,5	0,55	202	228	
7,50	8,5	8,1	6	0,50	227	259	
7,00	9,2	8,8	7				
6,50	10,1	9,7	7				
6,00	11	11	8				
5,30	13	12	10				
5,10	13	13	10				

La tabella sopra indicata è ricavata da quanto riportato nell'articolo "INDAGINI GEOFISICHE DI SUPERFICIE A SUPPORTO DELLA RICOSTRUZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO" - Dario Albarello - Università di Siena (Italy).

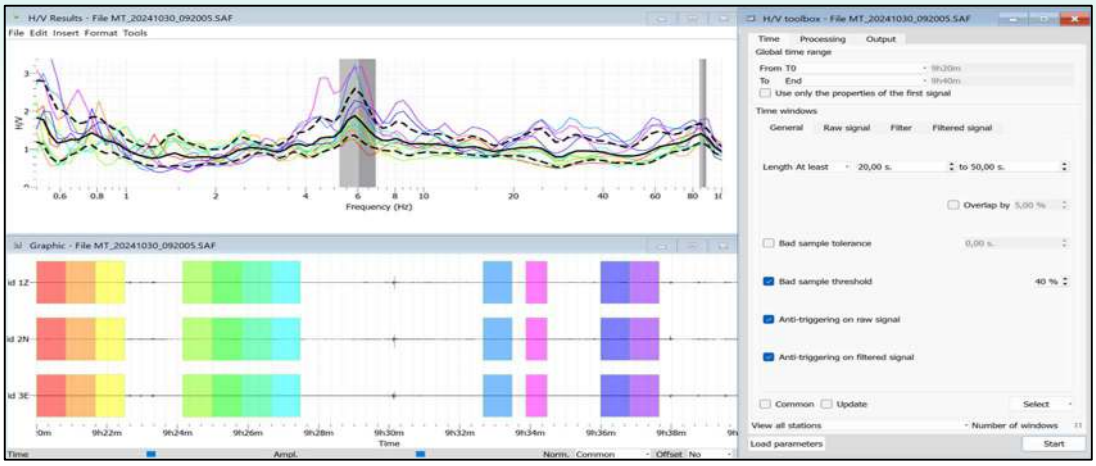


FIGURA 25: GRAFICO H/V-FREQUENZA DELLA REGISTRAZIONE (O ELLITTICITÀ) - HVSR 1.

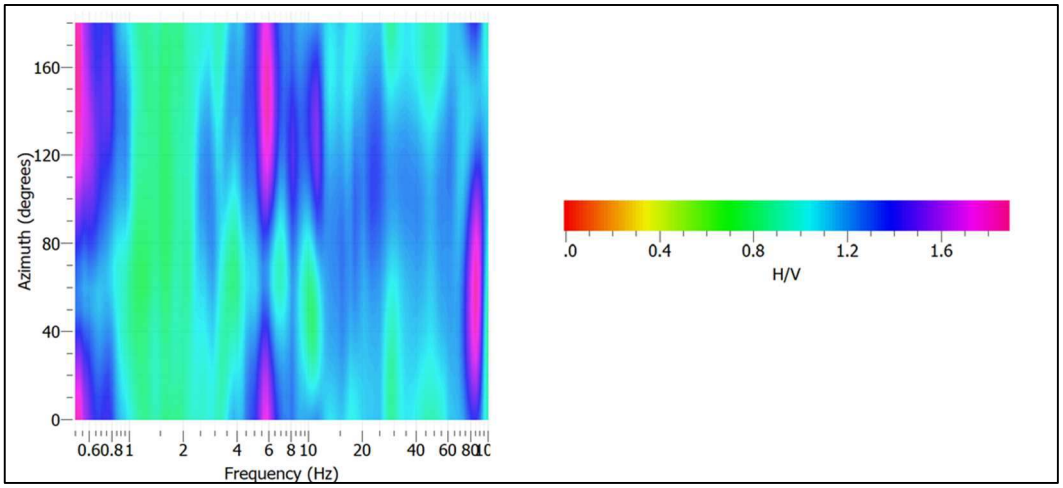


FIGURA 26: GRAFICO HV/ROTATE DELLA REGISTRAZIONE CON DIREZIONALITÀ DEL SEGNALE – HVSR 1.

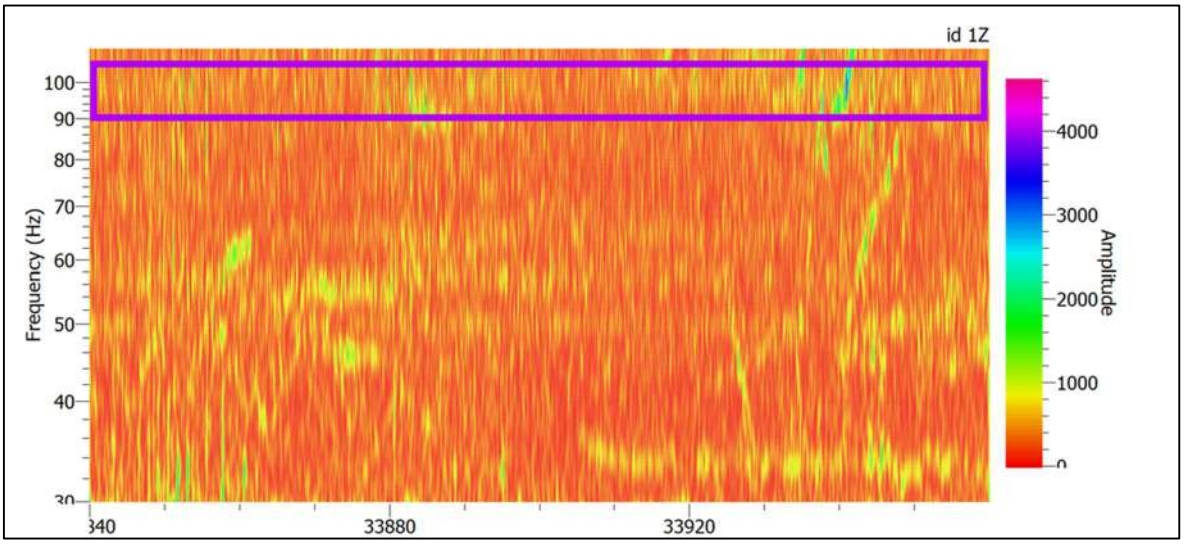


FIGURA 27: GRAFICO DELLA STAZIONARIETÀ DEL SEGNALE NELL'ACQUISIZIONE – HVSR 1.

Stima delle velocità delle onde P e delle onde S attraverso l'uso delle registrazioni effettuate con il tromografo digitale

Attraverso il programma Dinver precedentemente indicato è stata ricavata una stima preliminare ed indicativa delle velocità delle onde di taglio S e delle onde longitudinali P, per quanto riguarda l'acquisizione HVSR, come sotto riportato:

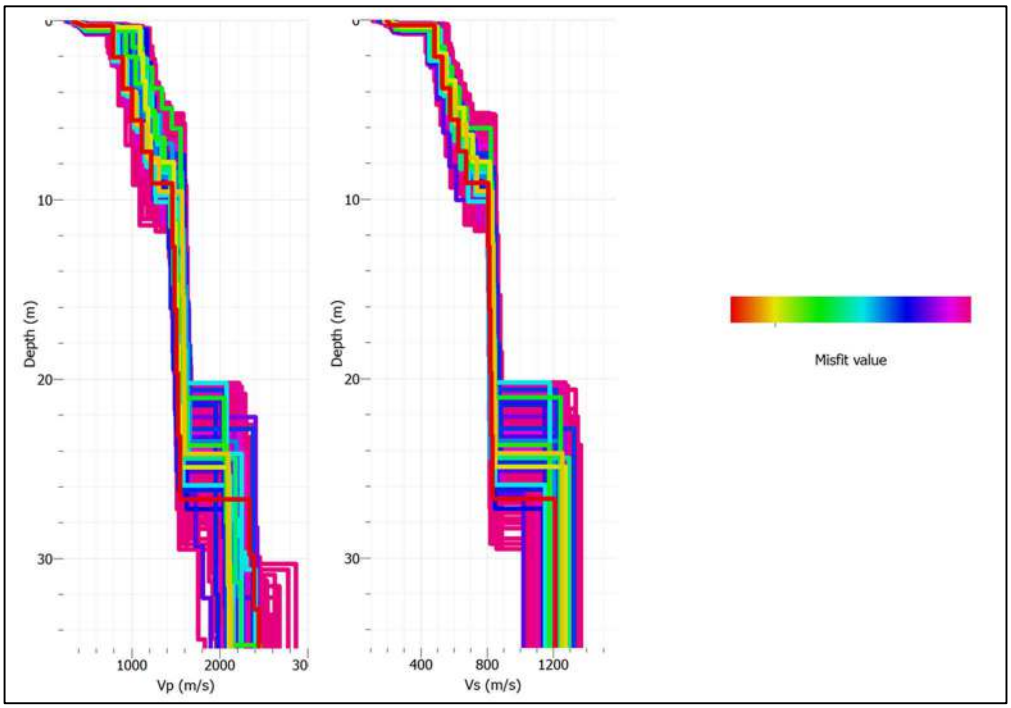


FIGURA 28: ELABORAZIONE ACQUISIZIONE HVSR 1.

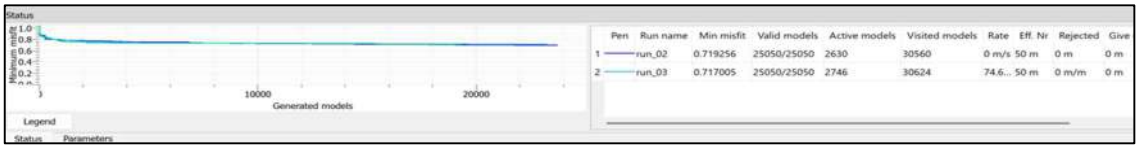


FIGURA 29: VALORE DELL'ERRORE NEL CALCOLO DELLA CURVA DI INVERSIONE CON DINVER (LA CURVA SINTETICA PRESA IN CONSIDERAZIONE È QUELLA RELATIVA ALL'ULTIMA RIGA) – HVSR 1.

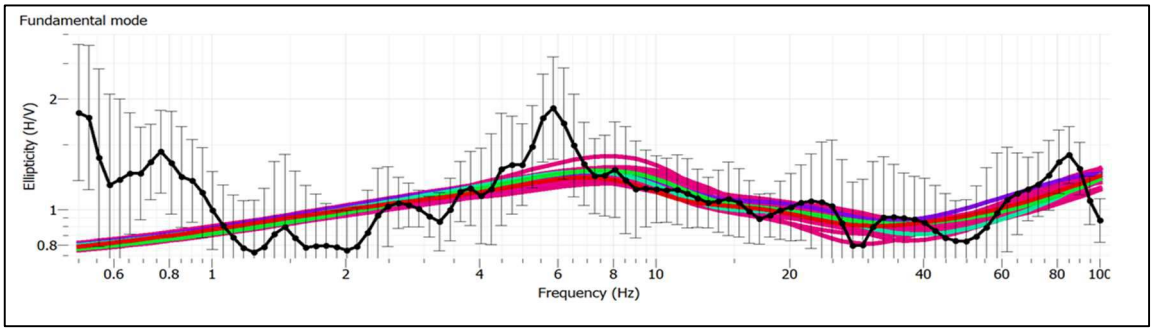


FIGURA 30: SOVRAPPOSIZIONE TRA LA CURVA SINTETICA (CALCOLATA DAL SOFTWARE E CON DIVERSI COLORI) E CURVA SPERIMENTALE H/V (DERIVANTE DALL'ACQUISIZIONE CON IL TOMOGRAFO, DI COLORE NERO) – HVSR 1.

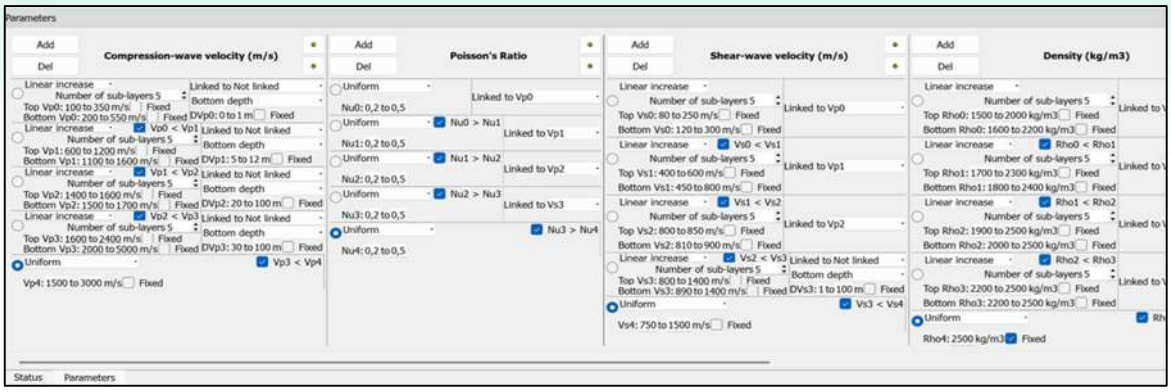


FIGURA 31: PARAMETRI UTILIZZATI NEL PROGRAMMA DINVER PER LA DEFINIZIONE DELLA CURVA SINTETICA

Velocità delle onde Trasversali (onde S):

Profondità (m)	Vs (m/s)
da 0,00 a -0,49	205
da -0,49 a – 9,03	576
da -9,03 a -26,60	843
da -26,60 a -30,00	1195

Velocità delle onde Longitudinali (onde P):

Profondità (m)	Vp (m/s)
da 0,00 a -0,49	399
da -0,49 a – 9,03	1020
da -9,03 a -30,00	1501
da -26,60 a -30,00	2293

Come si può notare il valore di **Vs30 (NTC 2008)** è pari a **733 m/s**, mentre il valore delle **Vs equivalenti (NTC 2018)** è pari a **524 m/s** tenuto conto della taratura eseguita con le prove penetrometriche.
I dati possono essere utilmente elaborati per ricavare le grandezze sotto descritte.

Vp (m/s)	Vs (m/s)	spessore (m)	profondità (m)	h/V	Vs30	Vs equivalenti
399	205	0,49	0,49	0,002390244	m/sec	m/sec
1020	576	8,54	9,03	0,014826389		
1501	843	17,57	26,6	0,02084223		
2293	1195	3,4	30	0,002845188		
				0,040904051	**733**	**524**

	Acquisizioni con HVSR 1						
	Riporti e coltri		Substrato alterato		Substrato roccioso		**unità di misura**
note		dati		dati		dati	
velocità onda longitudinale	Vp =	399	Vp =	1020	Vp =	1501	**m/s**
velocità onda trasversale	Vs =	205	Vs =	576	Vs =	843	**m/s**
densità	γ =	1,80	γ =	2,40	γ =	2,50	**t/mc**
accelleraz. gravitaz.	g =	9,81	g =	9,81	g =	9,81	**m/sq**
Modulo elastico dinamico	Edin =	2037	Edin =	20550	Edin =	45987	**kg/cmq**
Coeff. di Poisson	ν =	0,32	ν =	0,27	ν =	0,27	
Mod. deform. al taglio, mezzo elastico	Gmax =	771	Gmax =	8117	Gmax =	18110	**kg/cmq**

Il modulo di reazione (costante di Winkler)

Vesic propone di legare il modulo di deformazione k alla dimensione in pianta delle fondazioni B, e al valore del modulo di deformazione dei terreni Ev. Tale modulo, ricavabile da prove di piastra, coincide con il modulo elastico di Young (E) sotto ricavato, per terreni con coefficiente di Poisson pari a 0.2 (tipico delle sabbie) e prove con piastra circolare e superficiali (Cestari, 1990). La formulazione utilizzata è la seguente (Cetraro 2007):

La relazione proposta da *Vesic* (1961) è la seguente:

$$k = \frac{1}{B} \cdot 0{,}65 \cdot \left[\frac{(Et \cdot B^4)}{(Ef \cdot If)}\right]^{1/12} \cdot \frac{Et}{(1-\Pi^2)} = [kg/cm^3]$$

dove

Et **e** ***Ef***	rispettivamente i moduli di deformazione del terreno e della fondazione
If	momento d'inerzia della fondazione
B	larghezza fondazione
Π	rapporto di *Poisson*

In considerazione del termine $0{,}65 \cdot \left[\frac{(Et \cdot B^4)}{Ef \cdot If}\right]^{1/12} \cong 1$ l'equazione può essere semplificata nel seguente modo:

$$k = \frac{1}{B} \cdot \frac{Et}{(1-\Pi^2)} = [kg/cm^3]$$

Si ottiene quindi:

formula di Vesic semplificata (1961)			**HVSR 1**	
Ev ricavato da prove di piastra tradizionali coincide con E per ν=0.2				
Modulo Elastico pari a 1/20 del valore di Edyn				
E kg/cmq	ν	B (cm)	K (kg/cmc)	Litologia
101,84	0,32	100,00	**1,14**	Coltri e riporti
1027,51	0,27	100,00	**11,06**	Substrato alterato
2299,33	0,27	100,00	**24,80**	Substrato roccioso

HVSR 2

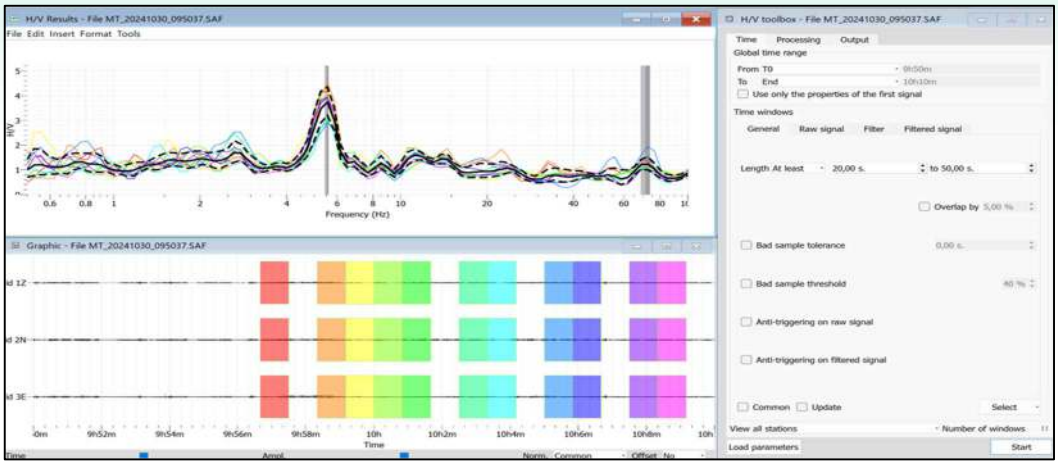


FIGURA 32: GRAFICO H/V-FREQUENZA DELLA REGISTRAZIONE (O ELLITTICITÀ) – HVSR 2.

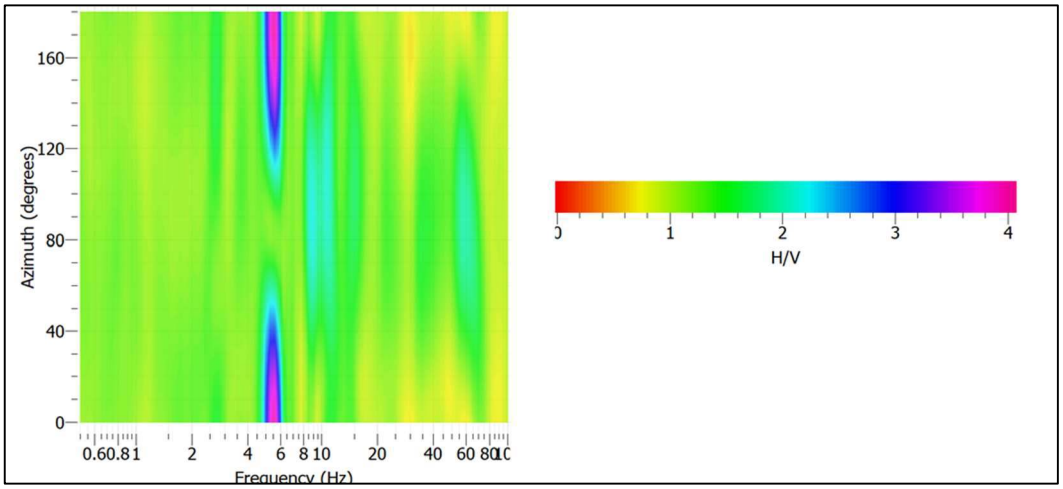


FIGURA 33: GRAFICO HV/ROTATE DELLA REGISTRAZIONE CON DIREZIONALITÀ DEL SEGNALE – HVSR 2.

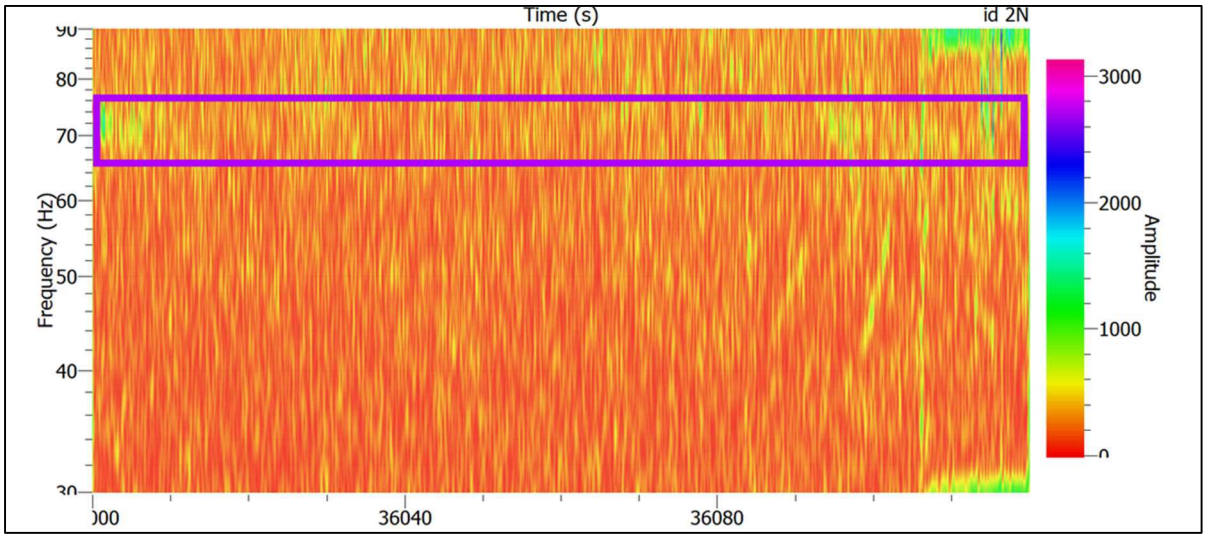


FIGURA 34: GRAFICO DELLA STAZIONARIETÀ DEL SEGNALE NELL'ACQUISIZIONE – HVSR 2.

Stima delle velocità delle onde P e delle onde S attraverso l'uso delle registrazioni effettuate con il tromografo digitale

Attraverso il programma Dinver precedentemente indicato è stata ricavata una stima preliminare ed indicativa delle velocità delle onde di taglio S e delle onde longitudinali P, per quanto riguarda l'acquisizione HVSR, come sotto riportato:

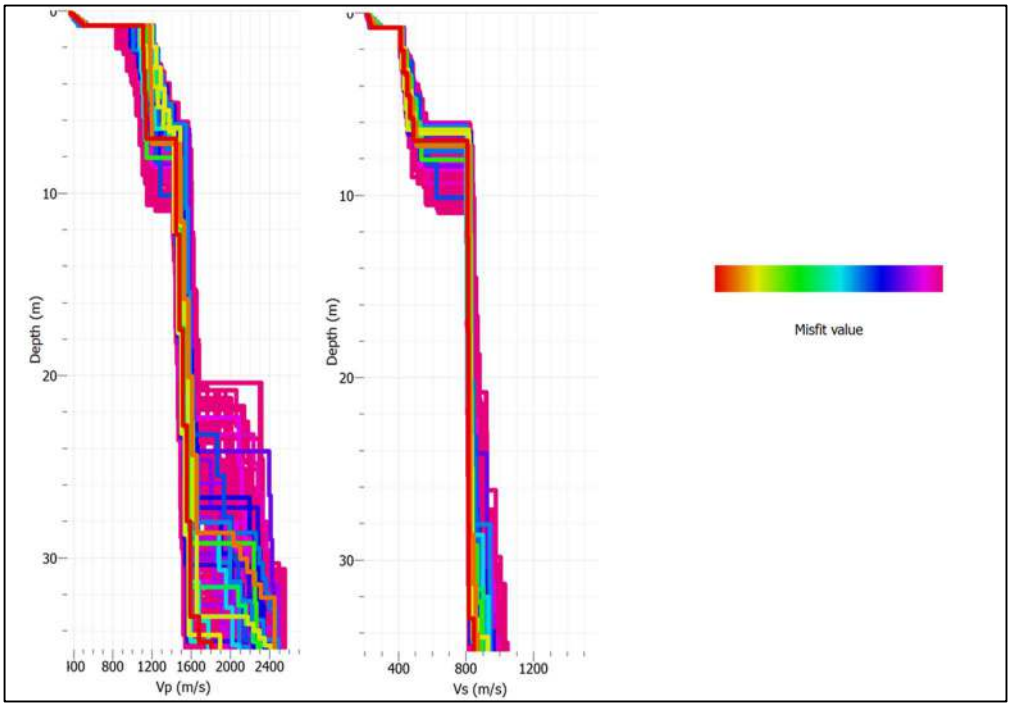


FIGURA 35: ELABORAZIONE ACQUISIZIONE HVSR 2.



FIGURA 36: VALORE DELL'ERRORE NEL CALCOLO DELLA CURVA DI INVERSIONE CON DINVER (LA CURVA SINTETICA PRESA IN CONSIDERAZIONE È QUELLA RELATIVA ALL'ULTIMA RIGA) – HVSR 2.

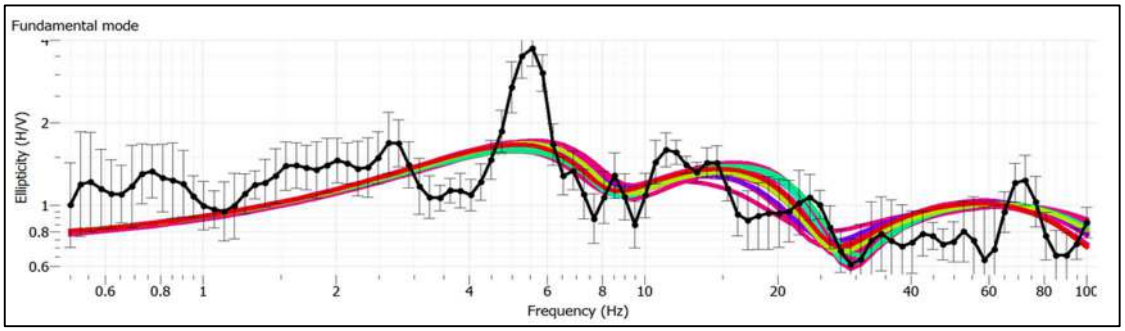


FIGURA 37: SOVRAPPOSIZIONE TRA LA CURVA SINTETICA (CALCOLATA DAL SOFTWARE E CON DIVERSI COLORI) E CURVA SPERIMENTALE H/V (DERIVANTE DALL'ACQUISIZIONE CON IL TOMOGRAFO, DI COLORE NERO) – HVSR 2.

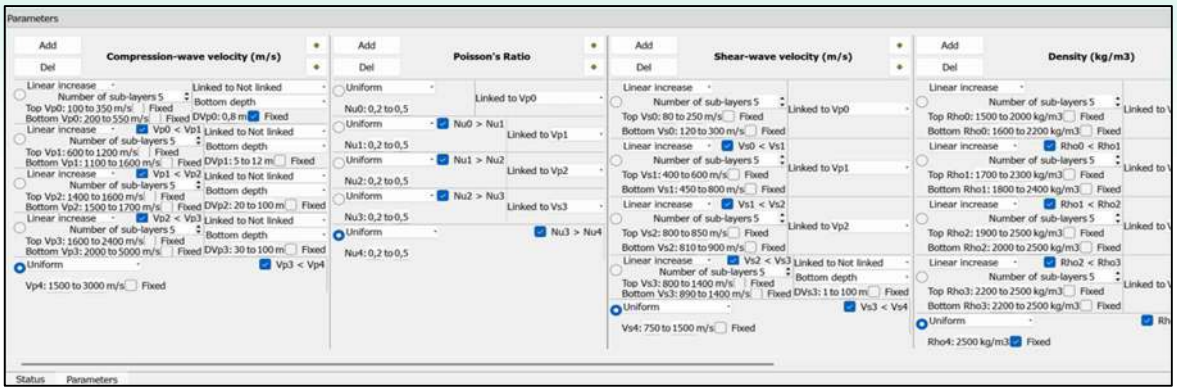


FIGURA 38: PARAMETRI UTILIZZATI NEL PROGRAMMA DINVER PER LA DEFINIZIONE DELLA CURVA SINTETICA

Velocità delle onde Trasversali (onde S):

Profondità (m)	Vs (m/s)
da 0,00 a -0,84	240
da -0,84 a -7,13	473
da -7,13 a -30,00	834

Velocità delle onde Longitudinali (onde P):

Profondità (m)	Vp (m/s)
da 0,00 a -0,84	467
da -0,84 a -7,13	1148
da -7,13 a -30,00	1484

Come si può notare il valore di **Vs30 (NTC 2008)** è pari a **678 m/s**, mentre il valore delle **Vs equivalenti (NTC 2018)** è pari a **424 m/s** tenuto conto della taratura eseguita con le prove penetrometriche.
I dati possono essere utilmente elaborati per ricavare le grandezze sotto descritte.

Vp (m/s)	Vs (m/s)	spessore (m)	profondità (m)	h/V	Vs30	Vs equivalenti
467	240	0,84	0,84	0,0035	m/sec	m/sec
1148	473	6,29	7,13	0,013298097		
1484	834	22,87	30	0,027422062		
				0,04422016	**678**	**424**

Acquisizioni con HVSR 2							
	Riporti e coltri		Substrato alterato		Substrato roccioso		unità di misura
note		dati		dati		dati	
velocità onda longitudinale	Vp =	467	Vp =	1148	Vp =	1484	**m/s**
velocità onda trasversale	Vs =	240	Vs =	473	Vs =	834	**m/s**
densità	γ =	1,80	γ =	2,40	γ =	2,50	**t/mc**
accelleraz. gravitaz.	g =	9,81	g =	9,81	g =	9,81	**m/sq**
Modulo elastico dinamico	Edin =	2791	Edin =	15301	Edin =	44994	**kg/cmq**
Coeff. di Poisson	ν =	0,32	ν =	0,40	ν =	0,27	
Mod. deform. al taglio, mezzo elastico	Gmax =	1057	Gmax =	5473	Gmax =	17726	**kg/cmq**

Il modulo di reazione (costante di Winkler)

Vesic propone di legare il modulo di deformazione k alla dimensione in pianta delle fondazioni B, e al valore del modulo di deformazione dei terreni Ev. Tale modulo, ricavabile da prove di piastra, coincide con il modulo elastico di Young (E) sotto ricavato, per terreni con coefficiente di Poisson pari a 0.2 (tipico delle sabbie) e prove con piastra circolare e superficiali (Cestari, 1990). La formulazione utilizzata è la seguente (Cetraro 2007):

La relazione proposta da *Vesic* (1961) è la seguente:

$$k = \frac{1}{B} \cdot 0{,}65 \cdot \left[\frac{(Et \cdot B^4)}{(Ef \cdot If)}\right]^{1/12} \cdot \frac{Et}{(1-\Pi^2)} = [kg/cm^3]$$

dove

Et e **Ef** rispettivamente i moduli di deformazione del terreno e della fondazione

If momento d'inerzia della fondazione

B larghezza fondazione

Π rapporto di *Poisson*

In considerazione del termine $0{,}65 \cdot \left[\frac{(Et \cdot B^4)}{Ef \cdot If}\right]^{1/12} \cong 1$ l'equazione può essere semplificata nel seguente modo:

$$k = \frac{1}{B} \cdot \frac{Et}{(1-\Pi^2)} = [kg/cm^3]$$

Si ottiene quindi:

formula di Vesic semplificata (1961)			HVSR 2	
Ev ricavato da prove di piastra tradizionali coincide con E per ν=0.2				
Modulo Elastico pari a 1/20 del valore di Edyn				
E kg/cmq	ν	B (cm)	K (kg/cmc)	Litologia
139,57	0,32	100,00	1,56	Coltri e riporti
765,06	0,40	100,00	9,09	Substrato alterato
2249,71	0,27	100,00	24,25	Substrato roccioso

HVSR 3



FIGURA 39: GRAFICO H/V-FREQUENZA DELLA REGISTRAZIONE (O ELLITTICITÀ) – HVSR 3.

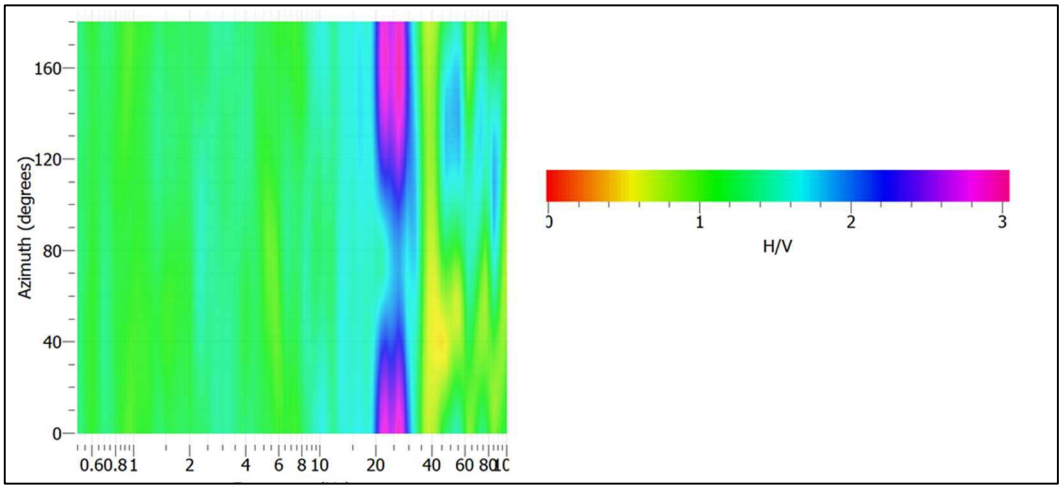


FIGURA 40: GRAFICO HV/ROTATE DELLA REGISTRAZIONE CON DIREZIONALITÀ DEL SEGNALE – HVSR 3.

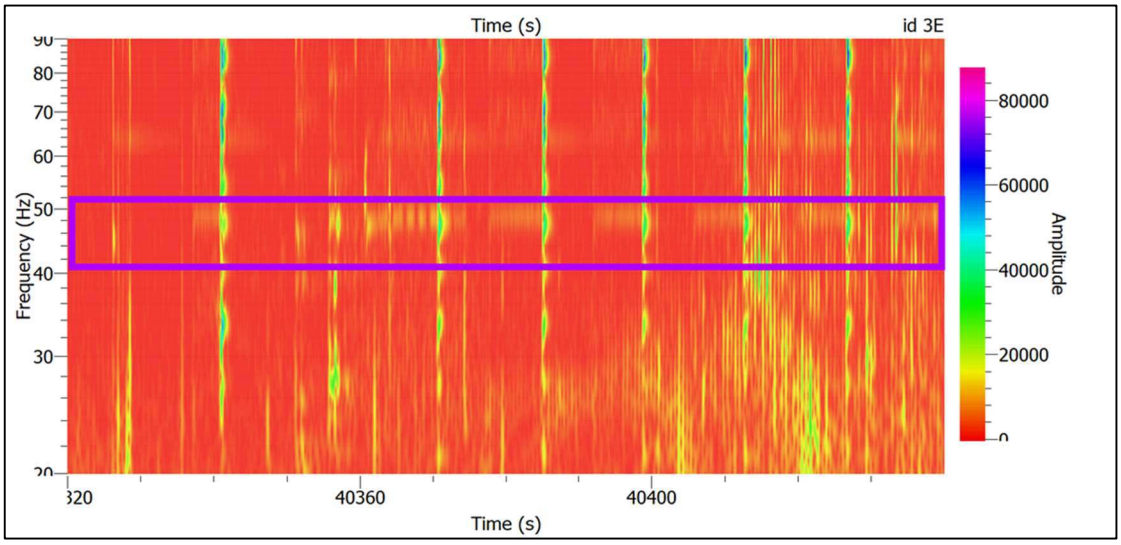


FIGURA 41: GRAFICO DELLA STAZIONARIETÀ DEL SEGNALE NELL'ACQUISIZIONE – HVSR 3.

Stima delle velocità delle onde P e delle onde S attraverso l'uso delle registrazioni effettuate con il tromografo digitale

Attraverso il programma Dinver precedentemente indicato è stata ricavata una stima preliminare ed indicativa delle velocità delle onde di taglio S e delle onde longitudinali P, per quanto riguarda l'acquisizione HVSR, come sotto riportato:

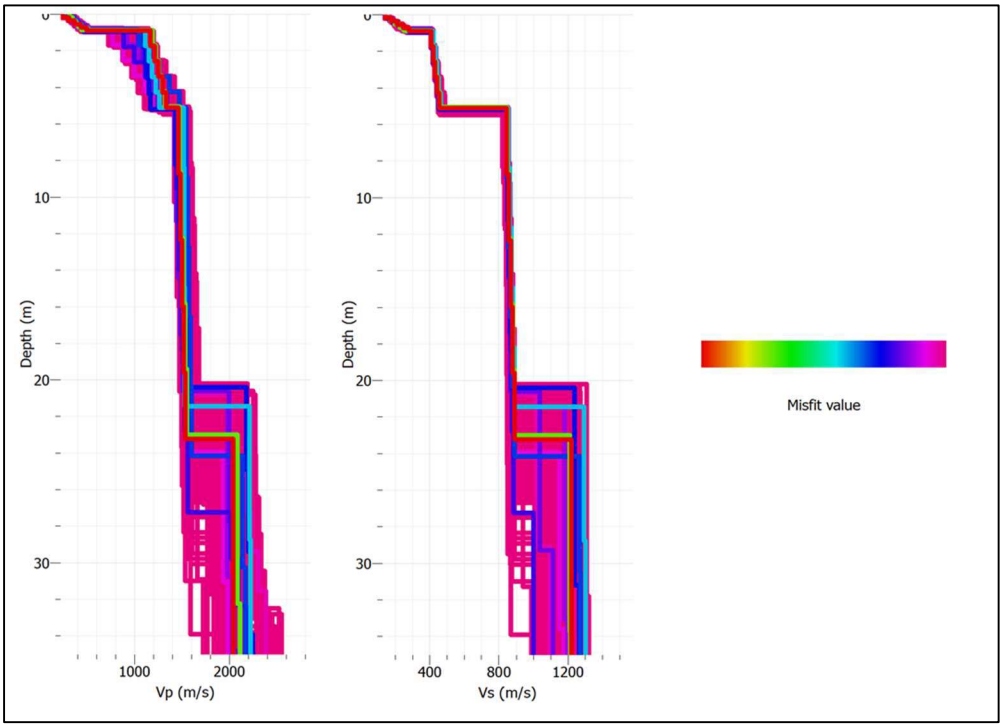


FIGURA 42: ELABORAZIONE ACQUISIZIONE HVSR 3.



FIGURA 43: VALORE DELL'ERRORE NEL CALCOLO DELLA CURVA DI INVERSIONE CON DINVER (LA CURVA SINTETICA PRESA IN CONSIDERAZIONE È QUELLA RELATIVA ALL'ULTIMA RIGA) – HVSR 3.

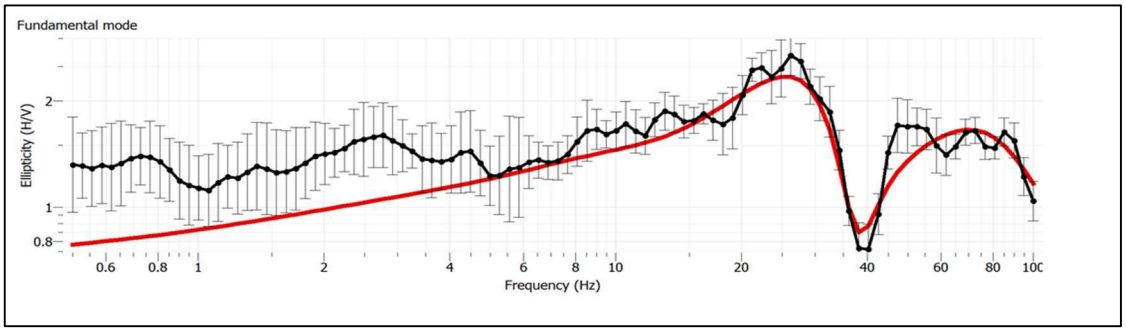


FIGURA 44: SOVRAPPOSIZIONE TRA LA CURVA SINTETICA (CALCOLATA DAL SOFTWARE E CON DIVERSI COLORI) E CURVA SPERIMENTALE H/V (DERIVANTE DALL'ACQUISIZIONE CON IL TOMOGRAFO, DI COLORE NERO) – HVSR 3.

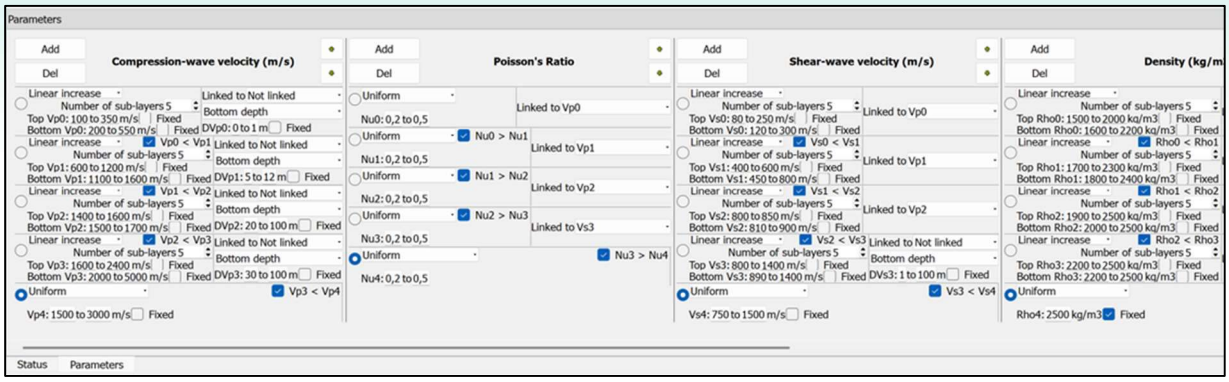


FIGURA 45: PARAMETRI UTILIZZATI NEL PROGRAMMA DINVER PER LA DEFINIZIONE DELLA CURVA SINTETICA

Velocità delle onde Trasversali (onde S):

Profondità (m)	Vs (m/s)
da 0,00 a -0,95	234
da -0,95 a – 5,16	457
da -5,16 a -23,20	868
da -23,20 a -30,00	1230

Velocità delle onde Longitudinali (onde P):

Profondità (m)	Vp (m/s)
da 0,00 a -0,95	382
da -0,95 a – 5,16	1266
da -5,16 a -23,20	1511
da -23,20 a -30,00	2045

Come si può notare il valore di **Vs30 (NTC 2008)** è pari a **758 m/s**, mentre il valore delle **Vs equivalenti (NTC 2018)** è pari a **389 m/s** tenuto conto della taratura eseguita con le prove penetrometriche.
I dati possono essere utilmente elaborati per ricavare le grandezze sotto descritte.

Vp (m/s)	Vs (m/s)	spessore (m)	profondità (m)	h/V	Vs30	Vs equivalenti
382	234	0,95	0,95	0,004059829	m/sec	m/sec
1266	457	4,21	5,16	0,009212254		
1511	868	18,04	23,2	0,02078341		
2045	1230	6,8	30	0,005528455		
				0,039583948	**758**	**389**

	Acquisizioni con HVSR						
	Riporti e coltri		Substrato alterato		Substrato roccioso		**unità di misura**
note		dati		dati		dati	
velocità onda longitudinale	Vp =	382	Vp =	1266	Vp =	1511	**m/s**
velocità onda trasversale	Vs =	234	Vs =	457	Vs =	868	**m/s**
densità	γ =	1,80	γ =	2,40	γ =	2,50	**t/mc**
accelleraz. gravitaz.	g =	9,81	g =	9,81	g =	9,81	**m/sq**
Modulo elastico dinamico	Edin =	2411	Edin =	14563	Edin =	48144	**kg/cmq**
Coeff. di Poisson	ν =	0,20	ν =	0,43	ν =	0,25	
Mod. deform. al taglio, mezzo elastico	Gmax =	1005	Gmax =	5109	Gmax =	19200	**kg/cmq**

Il modulo di reazione (costante di Winkler)

Vesic propone di legare il modulo di deformazione k alla dimensione in pianta delle fondazioni B, e al valore del modulo di deformazione dei terreni Ev. Tale modulo, ricavabile da prove di piastra, coincide con il modulo elastico di Young (E) sotto ricavato, per terreni con coefficiente di Poisson pari a 0.2 (tipico delle sabbie) e prove con piastra circolare e superficiali (Cestari, 1990). La formulazione utilizzata è la seguente (Cetraro 2007):

La relazione proposta da *Vesic* (1961) è la seguente:

$$k = \frac{1}{B} \cdot 0{,}65 \cdot \left[\frac{(Et \cdot B^4)}{(Ef \cdot If)}\right]^{1/12} \cdot \frac{Et}{(1-\Pi^2)} = [kg/cm^3]$$

dove

Et **e** ***Ef***	rispettivamente i moduli di deformazione del terreno e della fondazione
If	momento d'inerzia della fondazione
B	larghezza fondazione
Π	rapporto di *Poisson*

In considerazione del termine $0{,}65 \cdot \left[\frac{(Et \cdot B^4)}{Ef \cdot If}\right]^{1/12} \cong 1$ l'equazione può essere semplificata nel seguente modo:

$$k = \frac{1}{B} \cdot \frac{Et}{(1-\Pi^2)} = [kg/cm^3]$$

Si ottiene quindi:

formula di Vesic semplificata (1961)			**HVSR**	
Ev ricavato da prove di piastra tradizionali coincide con E per ν=0.2				
Modulo Elastico pari a 1/20 del valore di Edyn				
E kg/cmq	ν	B (cm)	K (kg/cmc)	Litologia
120,53	0,20	100,00	**1,26**	Coltri e riporti
728,14	0,43	100,00	**8,89**	Substrato alterato
2407,22	0,25	100,00	**25,73**	Substrato roccioso

Stesa sismica a rifrazione ribattuta come MASW

Prova a rifrazione

Per le stese sono state fatte delle energizzazioni di andata, delle energizzazioni di ritorno, oltre che una energizzazione centrale presso cui è stata eseguita la prova penetrometrica atta alla taratura della risposta sismica.
Per le prove in situ è stata utilizzata un'apparecchiatura costituita da un sismografo DoReMi di Sara Electronic Instruments a 24 bit, con 18 canali modulari con geofoni verticali ad alta sensibilità da 4,5 Hz. Frequenze selezionabili dal sismografo da 500 a 20000 Hz (passi di campionamento da 2 a 0.05 ms).
La durata delle acquisizioni per la stesa sismica a rifrazione è stata pari a 0,250 s, per l'acquisizione Masw pari a 2 s.
Per l'energizzazione è utilizzata una mazza da 8 kg con battuta su piastra metallica. Il sismografo è collegato ad un pc Windows compatibile, tramite porta USB, su cui è installato il software di gestione omonimo DoReMi che consente di controllare le numerose possibilità di acquisizione dello strumento.
Per l'elaborazione della stesa sismica a rifrazione è stato utilizzato il software Easyrefract di Geostru (metodo GRM o di Palmer) e con il metodo delle intercette.

La prospezione sismica a rifrazione si basa sulla determinazione delle velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P) nel terreno.
Le onde generate da una massa battente si propagano nel terreno e vengono rilevate dai geofoni, mentre i tempi di arrivo delle onde sono registrati e visualizzati sul sismografo.
Dall'elaborazione matematica dei dati si risale alla geometria dei mezzi attraversati e quindi si opera l'interpretazione grafica mediante sezioni interpretative.

La profondità di investigazione è pari a circa 1/3 della lunghezza dello stendimento.

Prova MASW

Per una valutazione della velocità delle onde sismiche trasversale (Vs) nei primi 30 metri di profondità (a partire dalla quota 0 m costituita dal piano campagna esistente), è stata eseguita anche una acquisizione MASW sui singoli profili. L'apparecchiatura impiegata è quella descritta nel precedente paragrafo, mentre le registrazioni sono state eseguite in corrispondenza dell'andata e del ritorno della prospezione sismica a rifrazione. Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè le onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che le onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali del suolo, invece, onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli stati più profondi del suolo. Il metodo MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo, nel nostro caso è stato considerato il metodo attivo, ovvero eseguendo una energizzazione tramite mazza battente.

Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70 Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, in funzione della rigidezza del suolo. Il metodo MASW (attivo) consiste in tre fasi (Roma 2002): la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale, la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica, la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, modificando opportunamente lo spessore h, le velocità delle onde di taglio Vs e di compressione Vp (o in maniera alternativa alle velocità Vp è possibile assegnare il coefficiente di Poisson), la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo assegnato. Per l'elaborazione è stato impiegato il software "MASW" dell'Ing. Vitantonio Roma, per una dettagliata descrizione del metodo Masw e del programma fare riferimento a "Caratterizzazione sismica dei suoli con il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) di Vitantonio Roma (Libri Tecnici Professionali Editrice – 2006). Nel dettaglio sono state eseguite circa quattro registrazioni MASW (in seguito, in fase di elaborazione è stata effettuata una scelta della registrazione migliore), in corrispondenza di entrambi gli estremi della stesa, energizzando con la mazza per una durata ciascuna pari a due secondi.

La geometria del primo stendimento è la seguente:

nome	Lunghezza (m)	Interasse geofoni (m)	N° geofoni	Offset sparo
SIS1	36	1.5	24	1.5



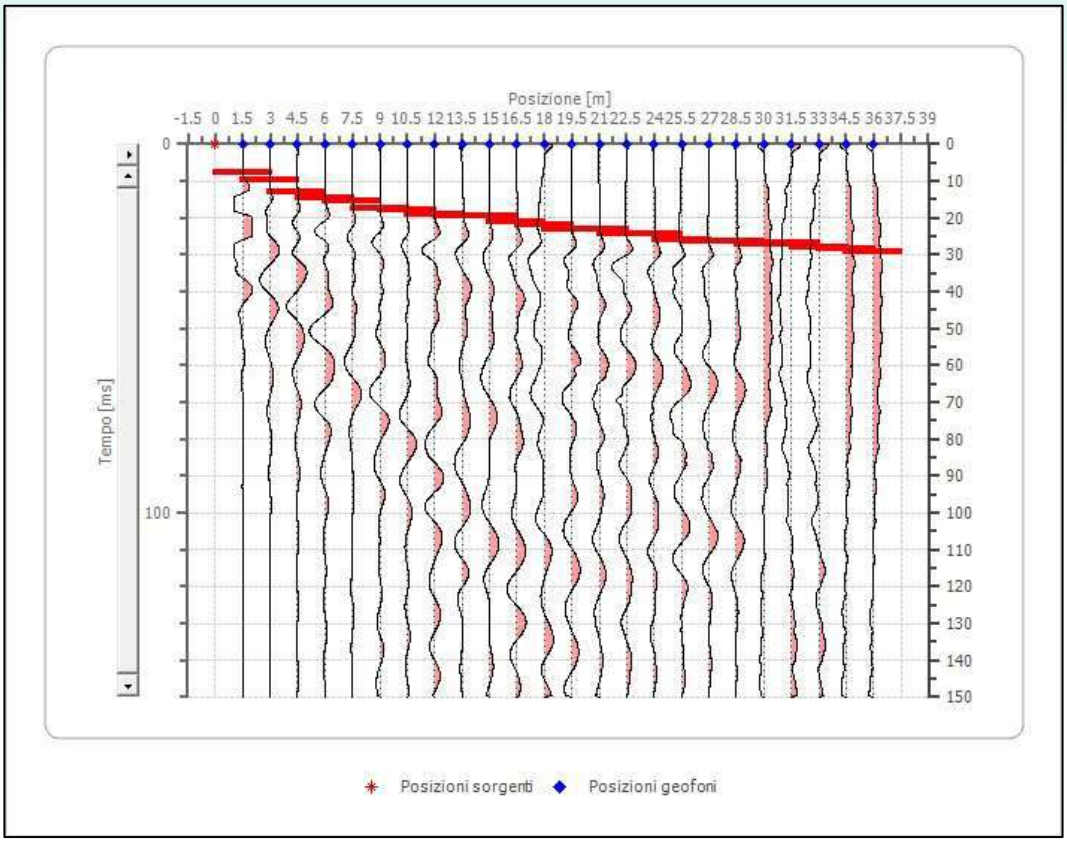
FIGURA 46: VISTA AEREA DELLA PROVA SISMICA A RIFRAZIONE SIS1 RIBATTUTA COME MASW.

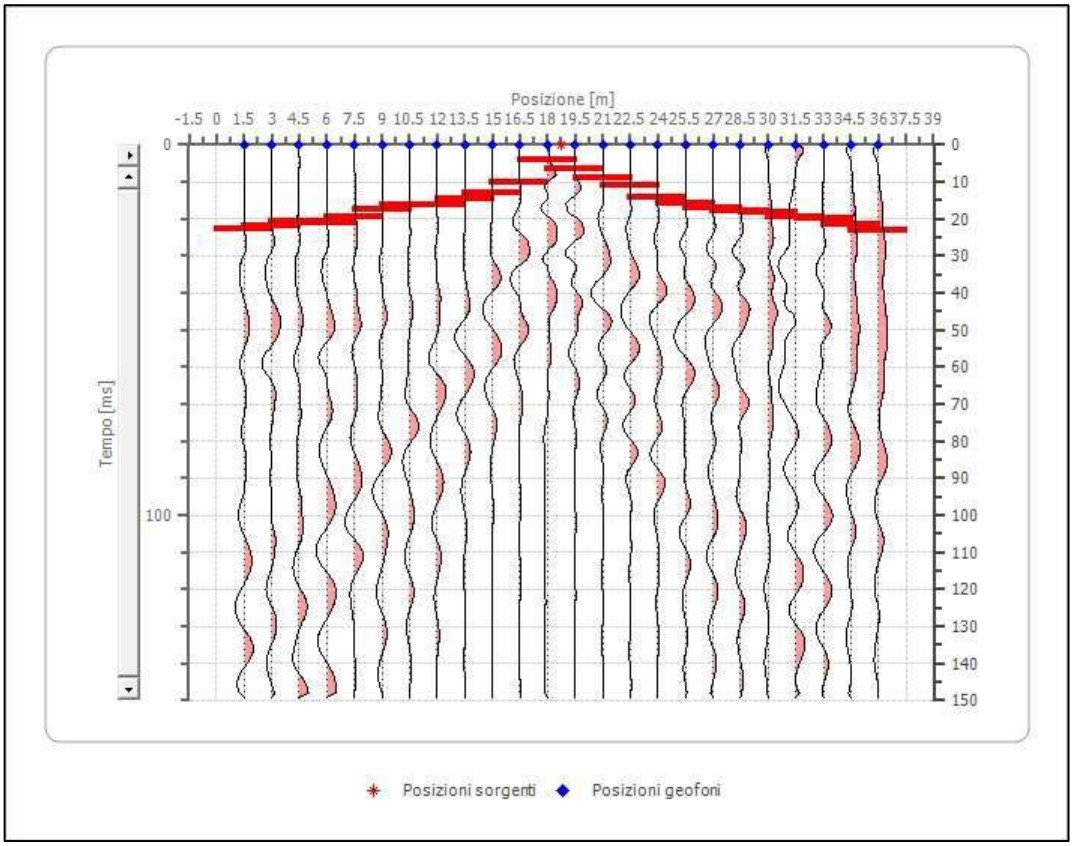


FIGURA 47: PROVA SISMICA A RIFRAZIONE RIBATTUTA COME MASW SIS1.



FIGURA 48: VISTA A TERRA DELLA PROVA SISMICA A RIFRAZIONE + MASW.


Posizione [m]
-1.5 0 1.5 3 4.5 6 7.5 9 10.5 12 13.5 15 16.5 18 19.5 21 22.5 24 25.5 27 28.5 30 31.5 33 34.5 36 37.5 39
Tempo [ms]
0
100
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150
Posizioni sorgenti
Posizioni geofoni


Posizione [m]
-1.5 0 1.5 3 4.5 6 7.5 9 10.5 12 13.5 15 16.5 18 19.5 21 22.5 24 25.5 27 28.5 30 31.5 33 34.5 36 37.5 39
Tempo [ms]
0
100
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150
Posizioni sorgenti
Posizioni geofoni

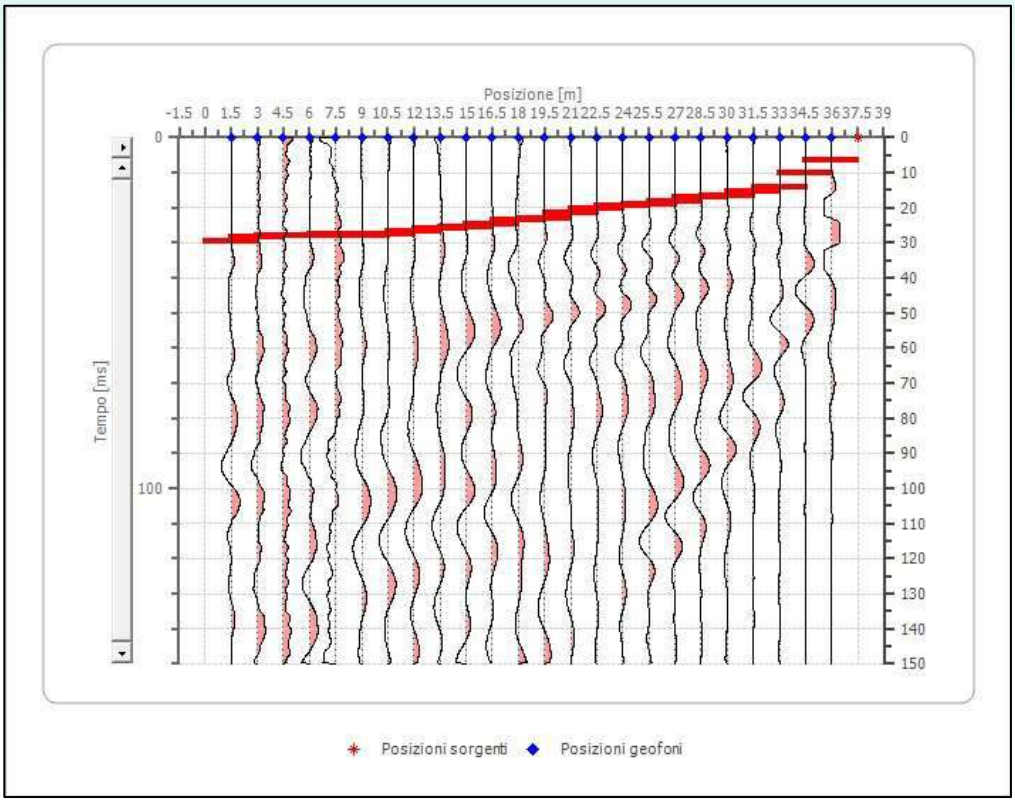


FIGURA 49: IN ORDINE. SCOPPIO DI ANDATA RIFRAZIONE, SCOPPIO CENTRALE E SCOPPIO DI RITORNO

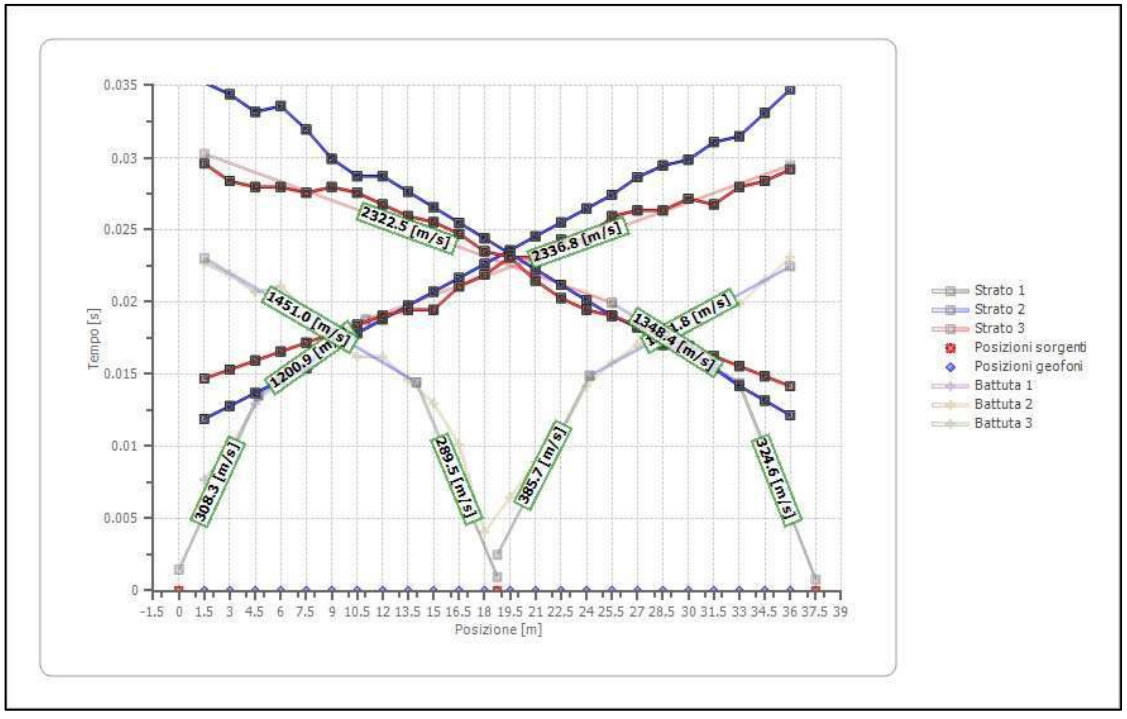


FIGURA 50: DROMOCRONE INTERPRETATO SIS1

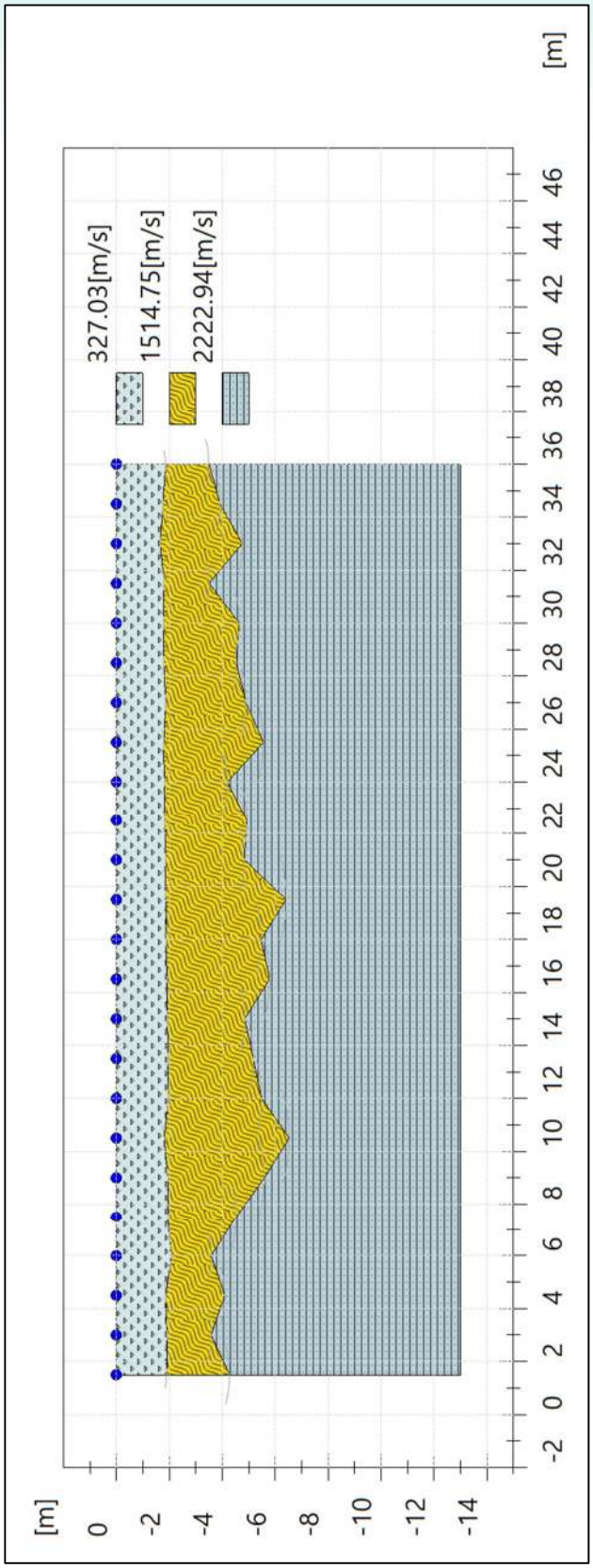


FIGURA 51: SEZIONE SISMICA E VELOCITÀ VP SIS1.

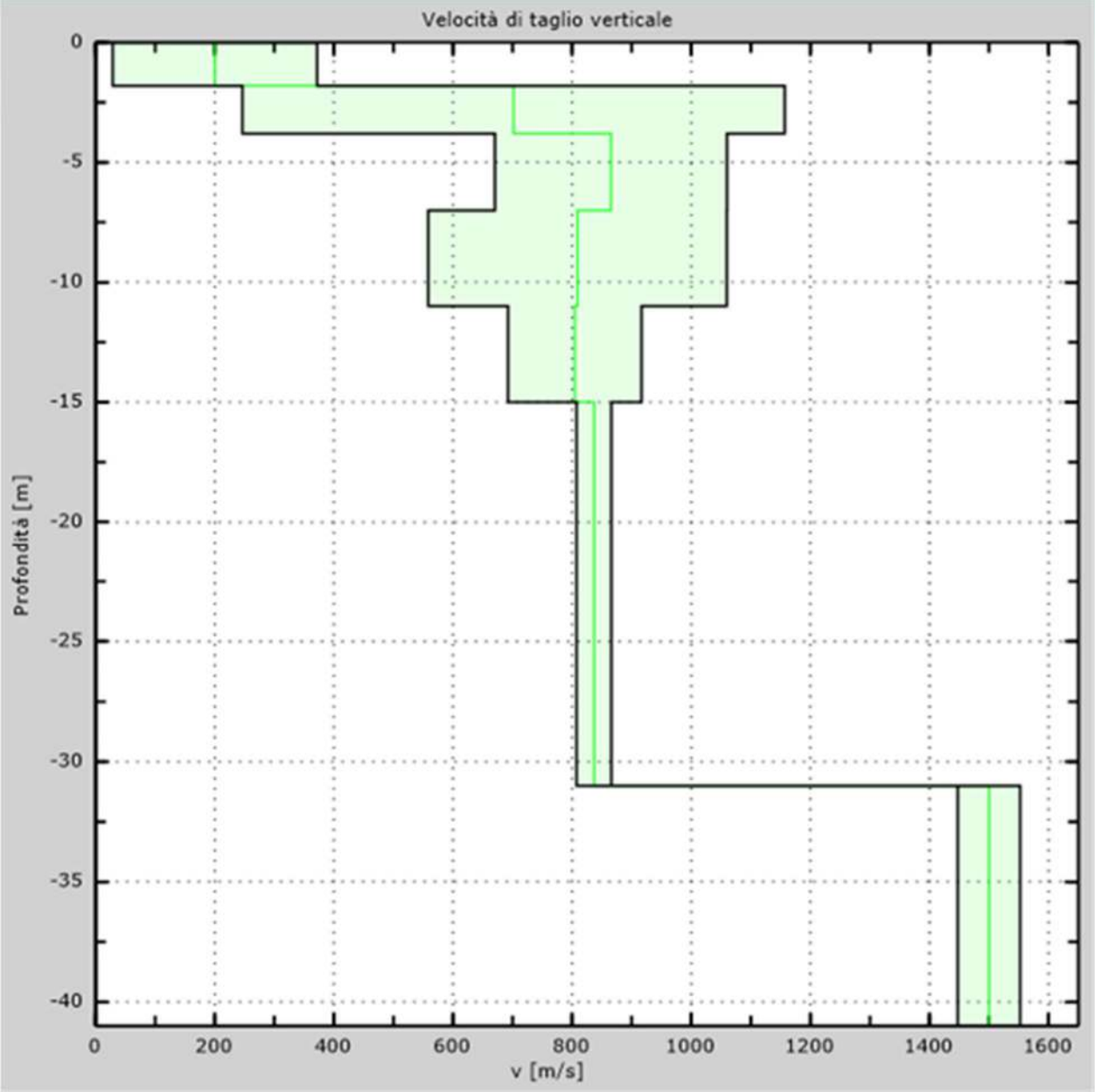


FIGURA 52: PROFILO VS NUMERICO MASW1

La modesta inversione di velocità registrata è afferibile ad una maggior composizione percentuale della componente argillo-marnosa nella sequenza torbiditica (o viceversa alla presenza di un livello calcarenitico particolarmente potente e veloce al tetto del substrato) e non comporta significativi contrasti d'impedenza nella sequenza litoide.

Come si può notare il valore di **Vs30 (NTC 2008)** è pari a **691 m/s**, mentre il valore delle **Vsequivalenti (NTC 2018)** è pari a **321 m/s** tenuto conto della taratura eseguita con le prove penetrometriche.
I dati possono essere utilmente elaborati per ricavare le grandezze sotto descritte.

PROVA MASW1

Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	Spessore (m)	Profondità (m)	h/V	Vs30	Vs equivalenti (m/sec)
327	200	1,8	1,8	0,009	m/sec	
1500	701	2	3,8	0,002853067		
1850	865	3,2	7	0,003699422		
1730	809	4	11	0,004944376		
1720	804	4	15	0,004975124		
1789	837	5	20	0,005973716		
1789	836	5	25	0,005980861		
1789	837	5	30	0,005973716		
				0,043400282	691	321

	Acquisizioni con MASW1						
	Riporti		Substrato alterato		Substrato roccioso		unità di misura
note		dati		dati		dati	
velocità onda longitudinale	Vp =	360	Vp =	1400	Vp =	1600	m/s
velocità onda trasversale	Vs =	134	Vs =	275	Vs =	324	m/s
densità	γ =	1,80	γ =	2,00	γ =	2,50	t/mc
accelleraz. gravitaz.	g =	9,81	g =	9,81	g =	9,81	m/sq
Modulo elastico dinamico	Edin =	935	Edin =	4564	Edin =	7911	kg/cmq
Coeff. di Poisson	ν =	0,42	ν =	0,48	ν =	0,48	
Mod. deform. al taglio, mezzo elastico	Gmax =	329	Gmax =	1542	Gmax =	2675	kg/cmq

Il modulo di reazione (costante di Winkler)

Vesic propone di legare il modulo di deformazione k alla dimensione in pianta delle fondazioni B, e al valore del modulo di deformazione dei terreni Ev. Tale modulo, ricavabile da prove di piastra, coincide con il modulo elastico di Young (E) sotto ricavato, per terreni con coefficiente di Poisson pari a 0.2 (tipico delle sabbie) e prove con piastra circolare e superficiali (Cestari, 1990). La formulazione utilizzata è la seguente (Cetraro 2007):

La relazione proposta da *Vesic* (1961) è la seguente:

$$k = \frac{1}{B} \cdot 0{,}65 \cdot \sqrt[1/12]{\left[\frac{(Et \cdot B^4)}{(Ef \cdot If)}\right]} \cdot \frac{Et}{(1-\Pi^2)} = [kg/cm^3]$$

dove

Et e Ef	rispettivamente i moduli di deformazione del terreno e della fondazione
If	momento d'inerzia della fondazione
B	larghezza fondazione
Π	rapporto di *Poisson*

In considerazione del termine $0{,}65 \cdot \sqrt[1/12]{\left[\frac{(Et \cdot B^4)}{Ef \cdot If}\right]} \equiv 1$ l'equazione può essere semplificata nel seguente modo:

$$k = \frac{1}{B} \cdot \frac{Et}{(1-\Pi^2)} = [kg/cm^3]$$

Si ottiene quindi:

formula di Vesic semplificata (1961)		**MASW 1**		
Ev ricavato da prove di piastra tradizionali coincide con E per ν=0.2				
Modulo Elastico pari a 1/20 del valore di Edyn				
E kg/cmq	ν	B (cm)	K (kg/cmc)	Litologia
88,16	0,20	100,00	**0,92**	Coltri e riporti
1362,78	0,36	100,00	**15,66**	Substrato alterato
2593,44	0,36	100,00	**29,80**	Substrato roccioso

La geometria del secondo stendimento è la seguente:

nome	Lunghezza (m)	Interasse geofoni (m)	N° geofoni	Offset sparo
SIS2	36	1.5	24	1.5



FIGURA 53: VISTA AEREA DELLA PROVA SISMICA A RIFRAZIONE SIS2 RIBATTUTA COME MASW.

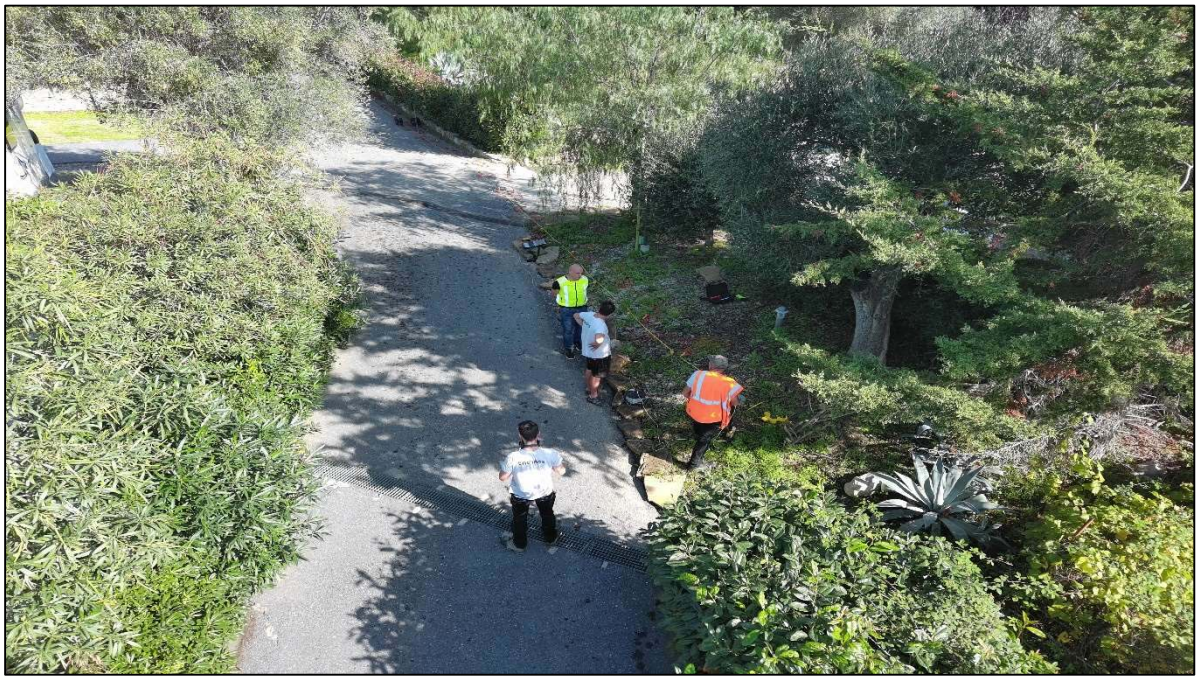


FIGURA 54: PROVA SISMICA A RIFRAZIONE RIBATTUTA COME MASW SIS2.

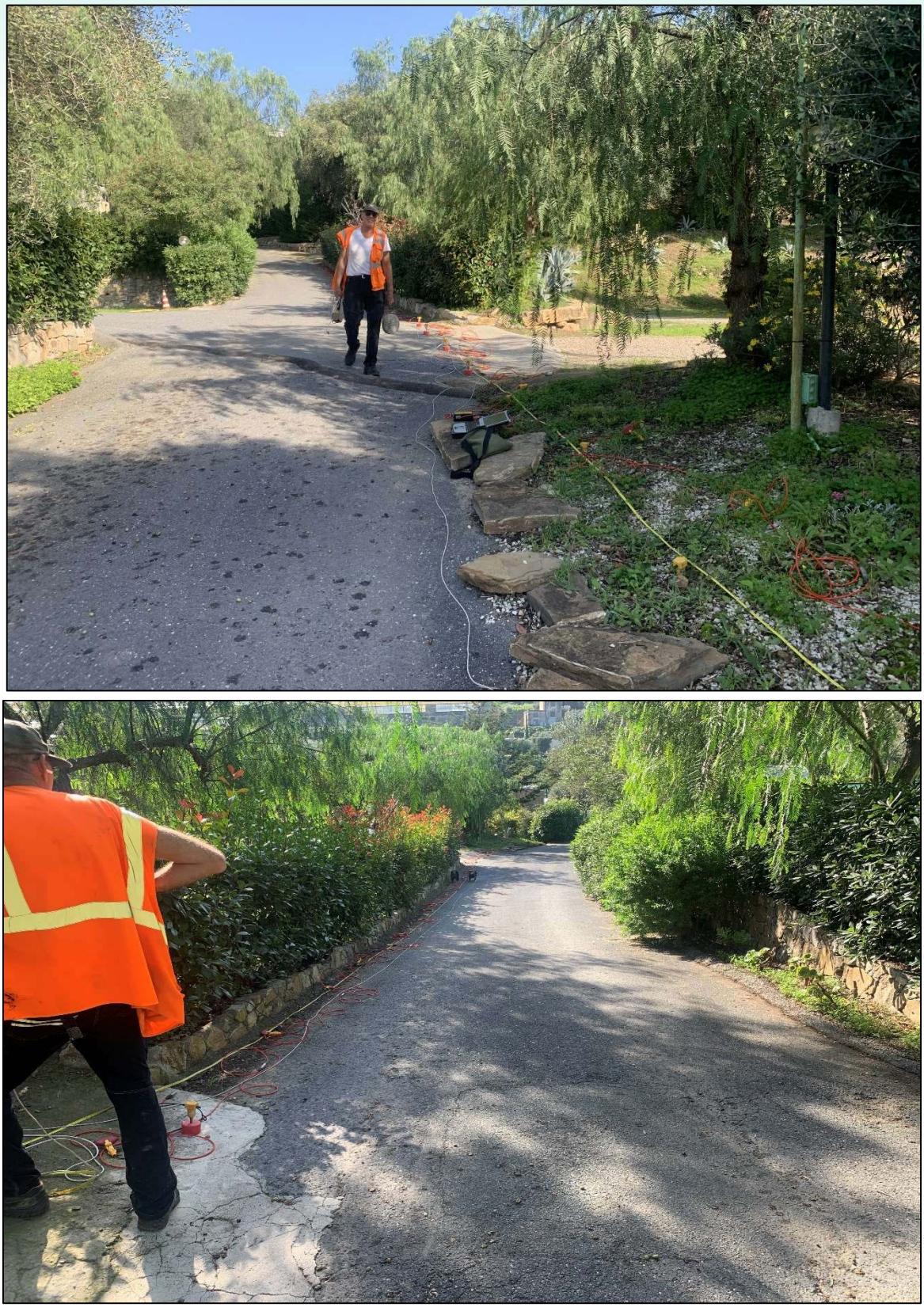
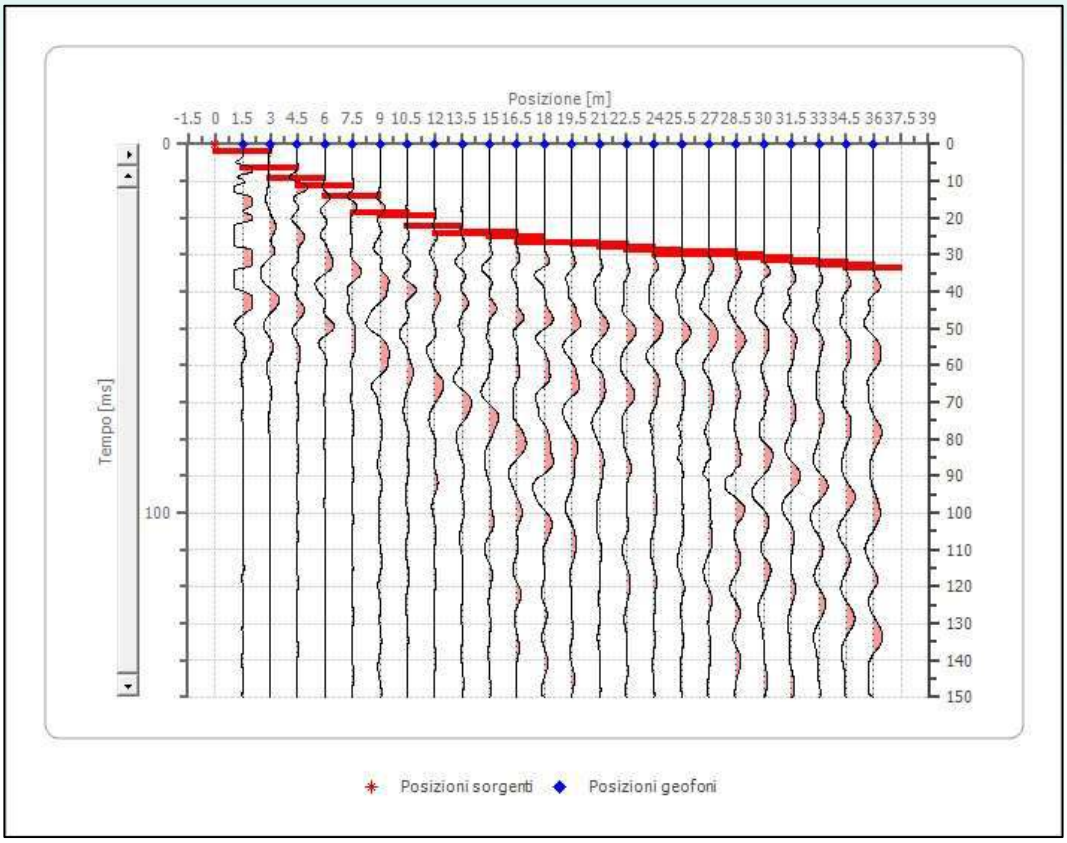
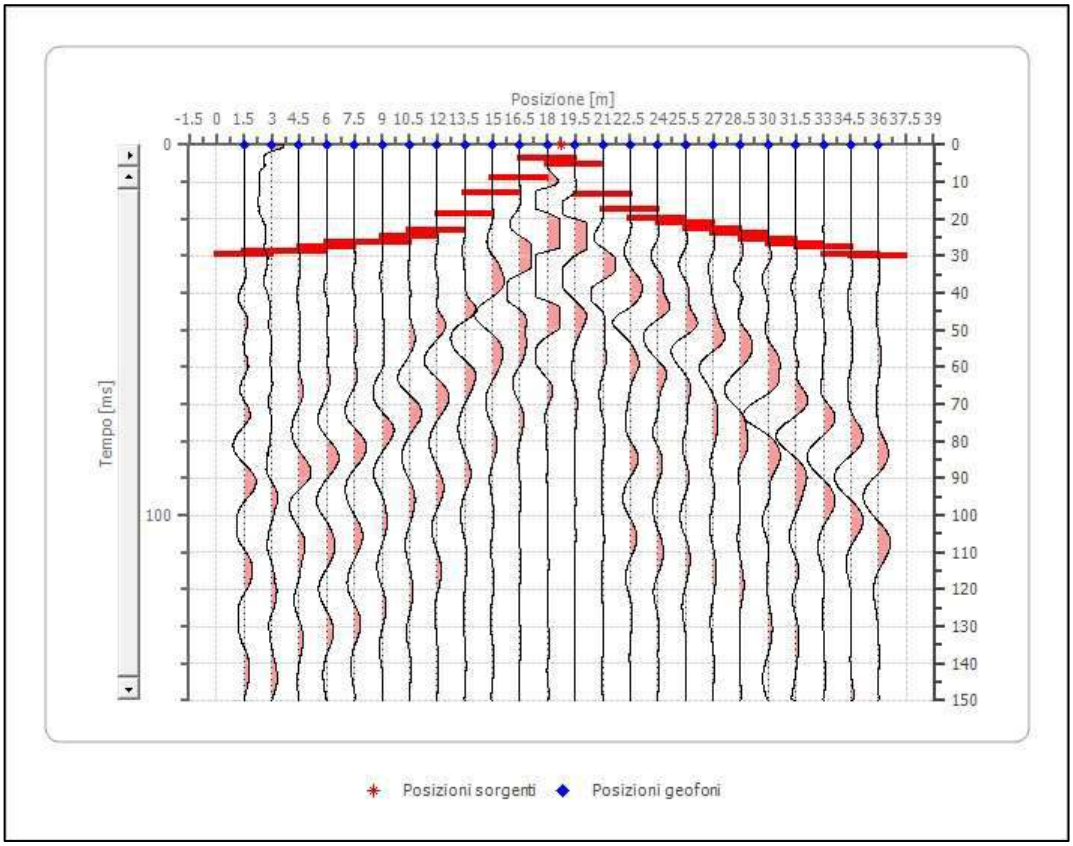


FIGURA 55: VISTA A TERRA DELLA PROVA SISMICA A RIFRAZIONE + MASW.


Posizione [m]
-1.5 0 1.5 3 4.5 6 7.5 9 10.5 12 13.5 15 16.5 18 19.5 21 22.5 24 25.5 27 28.5 30 31.5 33 34.5 36 37.5 39
Tempo [ms]
0
100
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150
Posizioni sorgenti
Posizioni geofoni


Posizione [m]
-1.5 0 1.5 3 4.5 6 7.5 9 10.5 12 13.5 15 16.5 18 19.5 21 22.5 24 25.5 27 28.5 30 31.5 33 34.5 36 37.5 39
Tempo [ms]
0
100
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150
Posizioni sorgenti
Posizioni geofoni

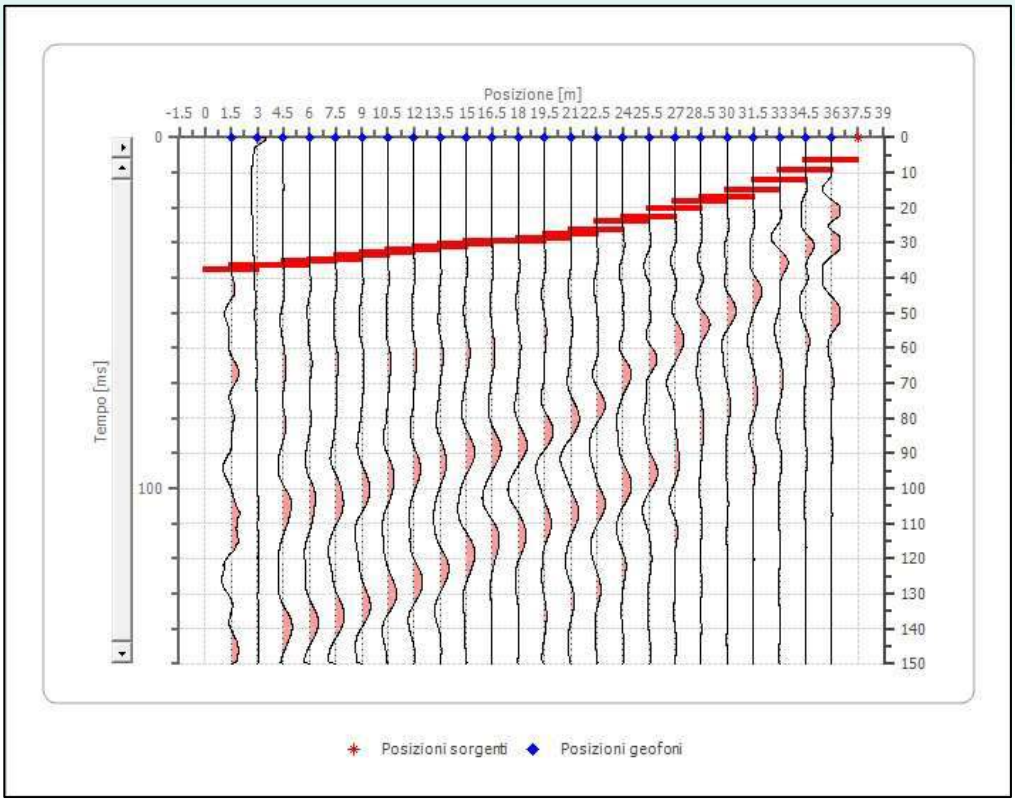


FIGURA 56: IN ORDINE. SCOPPIO DI ANDATA RIFRAZIONE, SCOPPIO CENTRALE E SCOPPIO DI RITORNO.

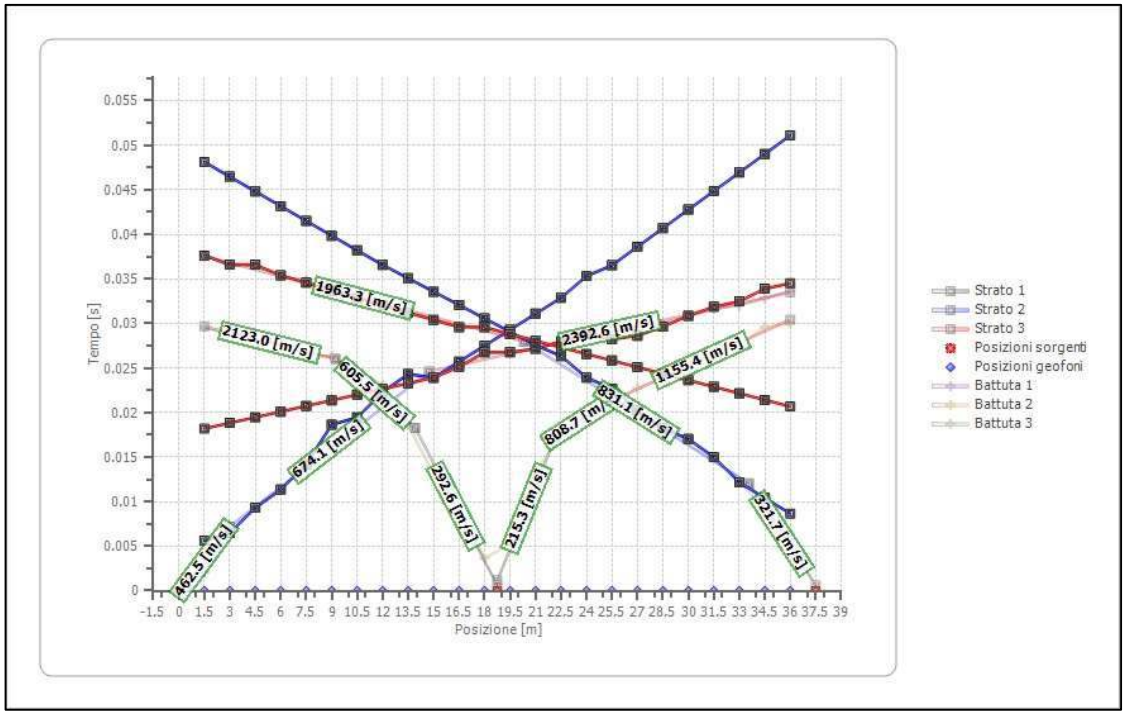


FIGURA 57: DROMOCRONE INTERPRETATO SIS2.

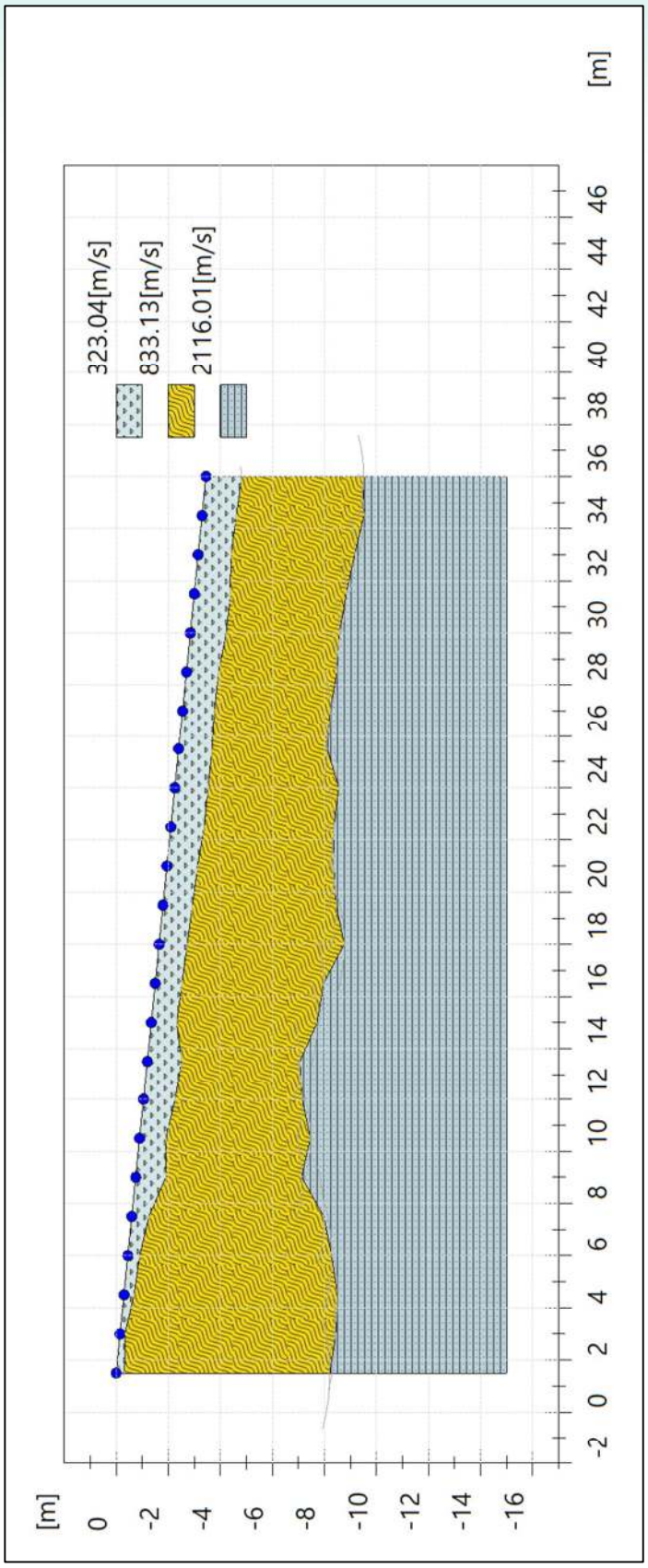


FIGURA 58: SEZIONE SISMICA E VELOCITÀ VP SIS2.

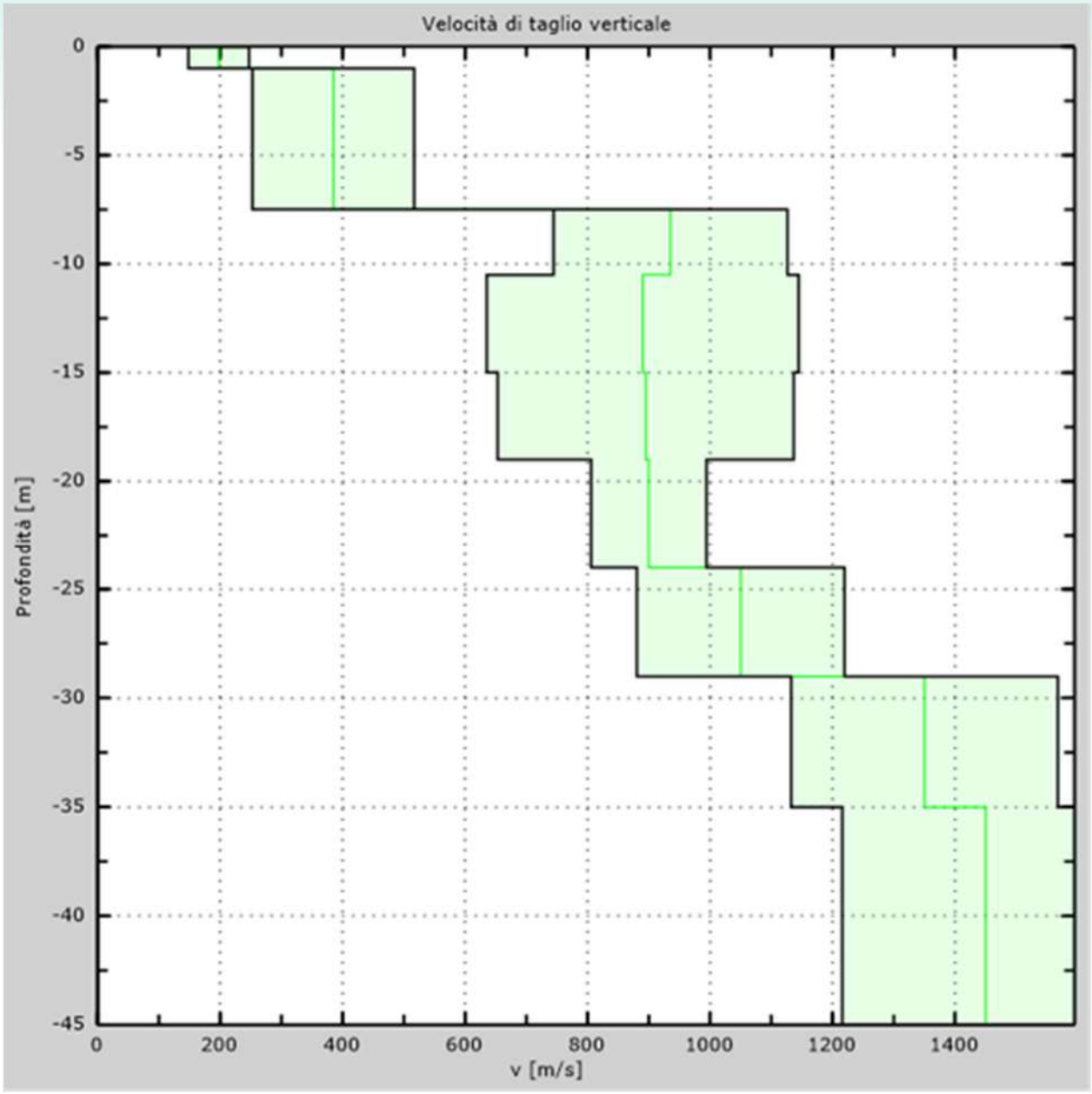


FIGURA 59: PROFILO VS NUMERICO MASW2

La modesta inversione di velocità registrata è afferibile ad una maggior composizione percentuale della componente argillo-marnosa nella sequenza torbiditica (o viceversa alla presenza di un livello calcarenitico particolarmente potente e veloce al tetto del substrato) e non comporta significativi contrasti d'impedenza nella sequenza litoide.

Come si può notare il valore di **Vs30 (NTC 2008)** è pari a **656 m/s**, mentre il valore delle **Vsequivalenti (NTC 2018)** è pari a **342 m/s** tenuto conto della taratura eseguita con le prove penetrometriche.
I dati possono essere utilmente elaborati per ricavare le grandezze sotto descritte.

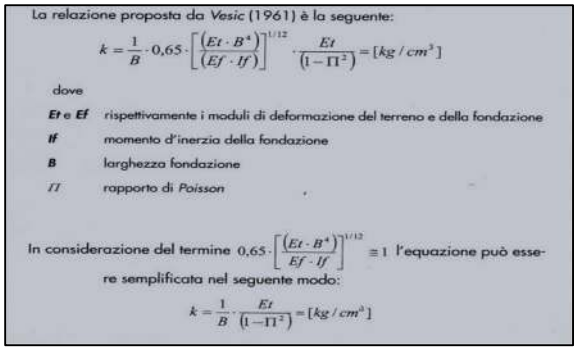
PROVA MASW2

Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	Spessore (m)	Profondità (m)	h/V	Vs30	Vs equivalenti (m/sec)
323	198	1	1	0,005050505	m/sec	
822	385	6,5	7,5	0,016883117		
2000	935	3	10,5	0,003208556		
1902	890	4,5	15	0,00505618		
1913	895	4	19	0,004469274		
1924	900	5	24	0,005555556		
2245	1050	5	29	0,004761905		
2886	1350	1	30	0,000740741		
				0,045725833	656	342

	Acquisizioni con MASW2						
	Riporti		Substrato alterato		Substrato roccioso		unità di misura
note		dati		dati		dati	
velocità onda longitudinale	Vp =	323	Vp =	822	Vp =	2000	m/s
velocità onda trasversale	Vs =	198	Vs =	385	Vs =	935	m/s
densità	γ =	1,80	γ =	2,00	γ =	2,50	t/mc
accelleraz. gravitaz.	g =	9,81	g =	9,81	g =	9,81	m/sq
Modulo elastico dinamico	Edin =	1725	Edin =	8217	Edin =	60606	kg/cmq
Coeff. di Poisson	ν =	0,20	ν =	0,36	ν =	0,36	
Mod. deform. al taglio, mezzo elastico	Gmax =	719	Gmax =	3022	Gmax =	22279	kg/cmq

Il modulo di reazione (costante di Winkler)

Vesic propone di legare il modulo di deformazione k alla dimensione in pianta delle fondazioni B, e al valore del modulo di deformazione dei terreni Ev. Tale modulo, ricavabile da prove di piastra, coincide con il modulo elastico di Young (E) sotto ricavato, per terreni con coefficiente di Poisson pari a 0.2 (tipico delle sabbie) e prove con piastra circolare e superficiali (Cestari, 1990). La formulazione utilizzata è la seguente (Cetraro 2007):


La relazione proposta da *Vesic* (1961) è la seguente:

$$k = \frac{1}{B} \cdot 0{,}65 \cdot \sqrt[12]{\left[\frac{(Et \cdot B^4)}{(Ef \cdot If)}\right]} \cdot \frac{Et}{(1-\Pi^2)} = [kg/cm^3]$$

dove

Et e Ef	rispettivamente i moduli di deformazione del terreno e della fondazione
If	momento d'inerzia della fondazione
B	larghezza fondazione
Π	rapporto di *Poisson*

In considerazione del termine $0{,}65 \cdot \sqrt[12]{\left[\frac{(Et \cdot B^4)}{Ef \cdot If}\right]} \cong 1$ l'equazione può essere semplificata nel seguente modo:

$$k = \frac{1}{B} \cdot \frac{Et}{(1-\Pi^2)} = [kg/cm^3]$$

Si ottiene quindi:

formula di Vesic semplificata (1961)		MASW 2		
Ev ricavato da prove di piastra tradizionali coincide con E per ν=0.2				
Modulo Elastico pari a 1/20 del valore di Edyn				
E kg/cmq	ν	B (cm)	K (kg/cmc)	Litologia
86,25	0,20	100,00	**0,90**	Coltri e riporti
410,83	0,36	100,00	**4,72**	Substrato alterato
3030,29	0,36	100,00	**34,82**	Substrato roccioso

Prelievo dei campioni ambientali

Viene formato un campione composito con il prelievo di n° 4 aliquote di campione del primo metro in corrispondenza degli scavi previsti per la realizzazione degli scavi dedicati all'imbasamento dei due tratti tombinati.

I risultati analitici allegati a fondo testo permettono di identificare un Codice **C.E.R. 17 05 04 terra e rocce, diverse da quelle a di cui alla voce 17 05 03.**

Il rifiuto può essere conferito in discarica per rifiuti NON pericolosi



FIGURA 60: FOTO PRELIEVO ALIQUOTE CAMPIONE C1

La sezione geologica

In base ai dati raccolti è possibile ricostruire le seguenti sezioni geologiche.

L'insieme dei dati raccolti è molto omogeneo ed indica la presenza di sottili ricoprimenti di coltri detritiche e riempimenti antropici dei terrazzamenti, posti al di sopra di coltri addensate rapidamente sfumanti in un "cappellaccio di alterazione" del substrato roccioso con caratteristiche in miglioramento in profondità, sino ad assumere consistenza litoide, a profondità variabili, ma comunque compresa fr ai 5-10 m dal piano campagna di misura.

Ciò consente di estrapolare i dati puntuali ed areali anche all'intorno dei punti di misura, laddove le caratteristiche salienti appaiono costanti in tutta l'area.

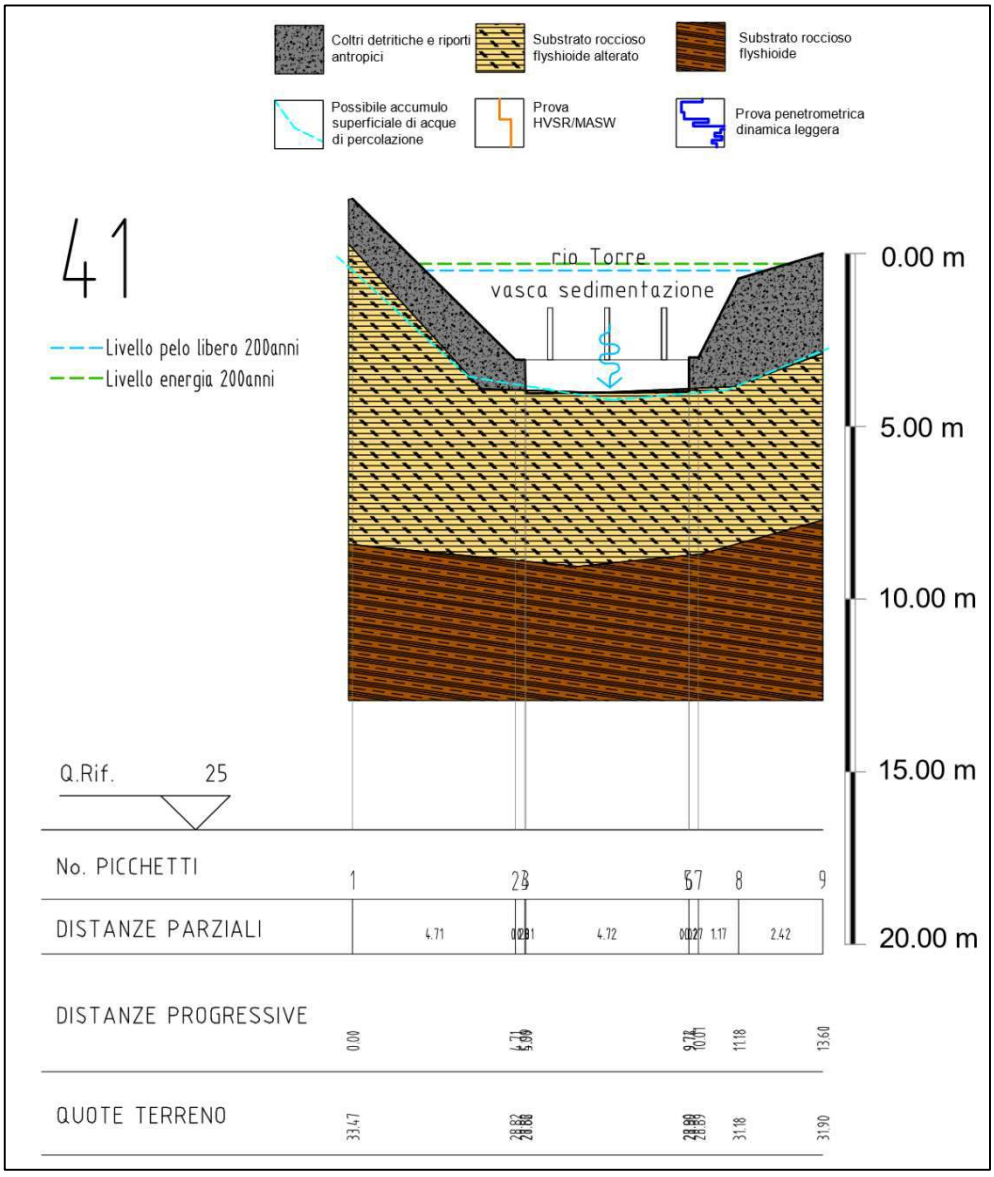


FIGURA 61: SEZIONE GEOLOGICA N° 41

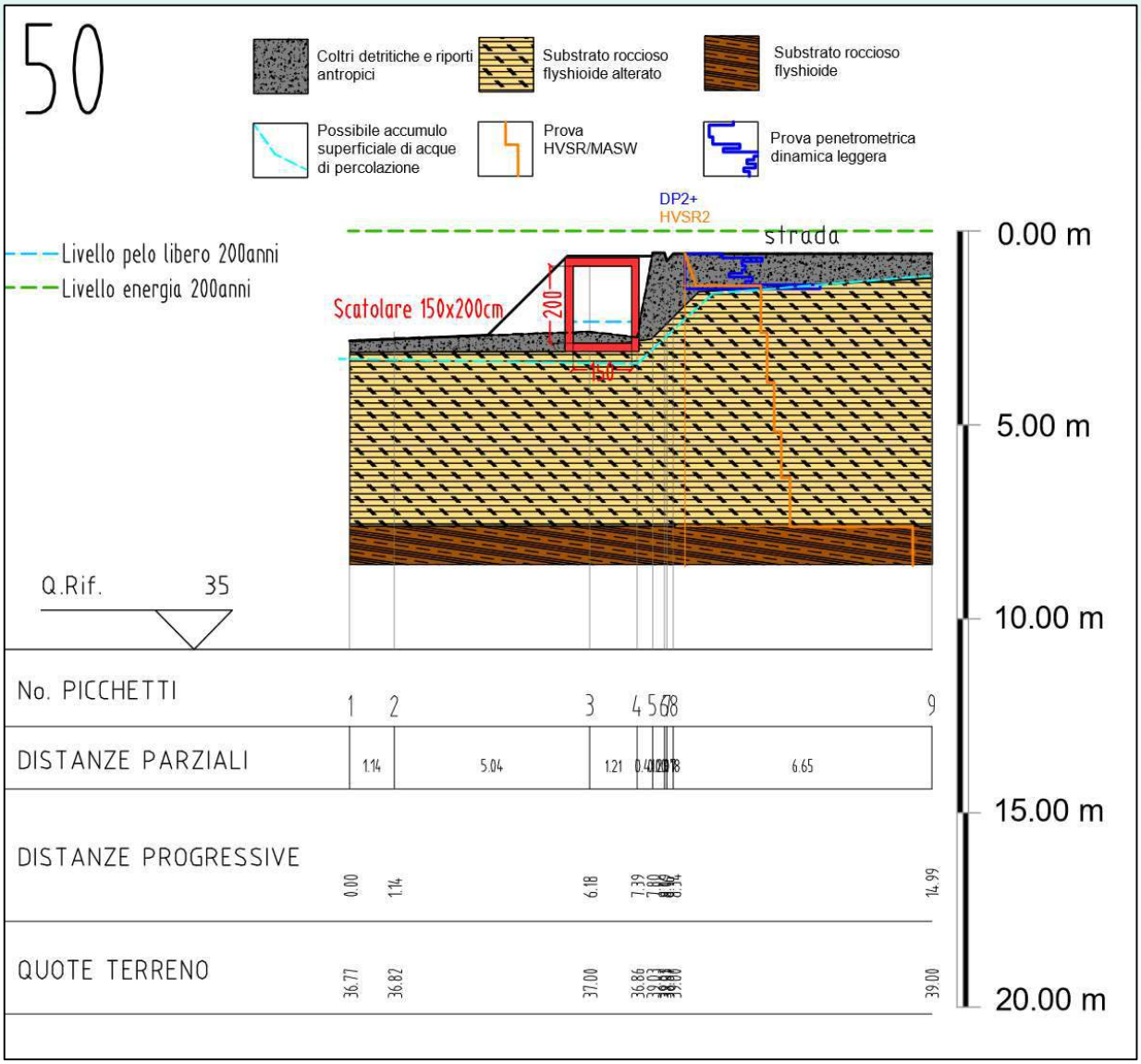


FIGURA 62: SEZIONE GEOLOGICA N° 50

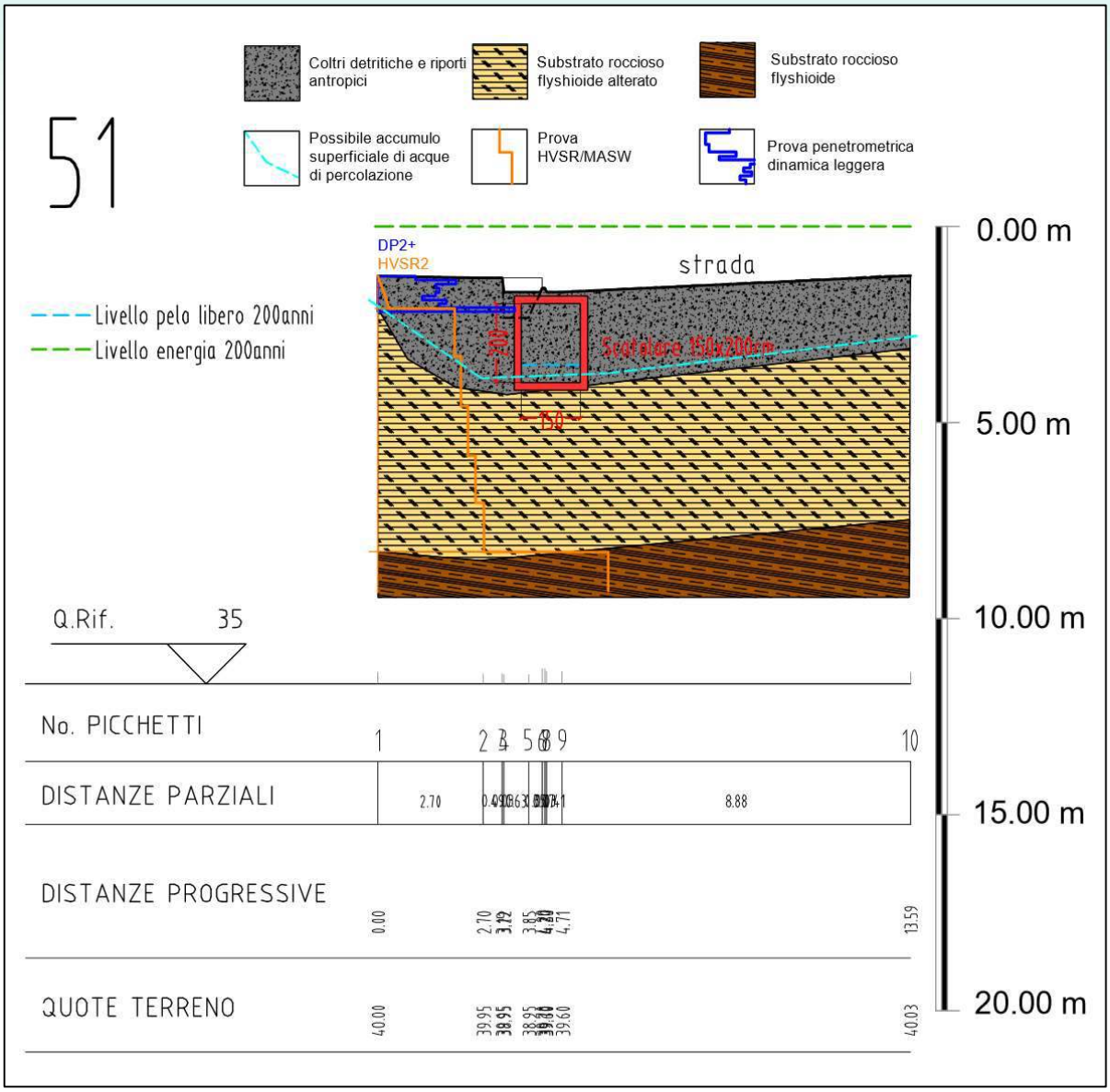


FIGURA 63: SEZIONE GEOLOGICA N° 51

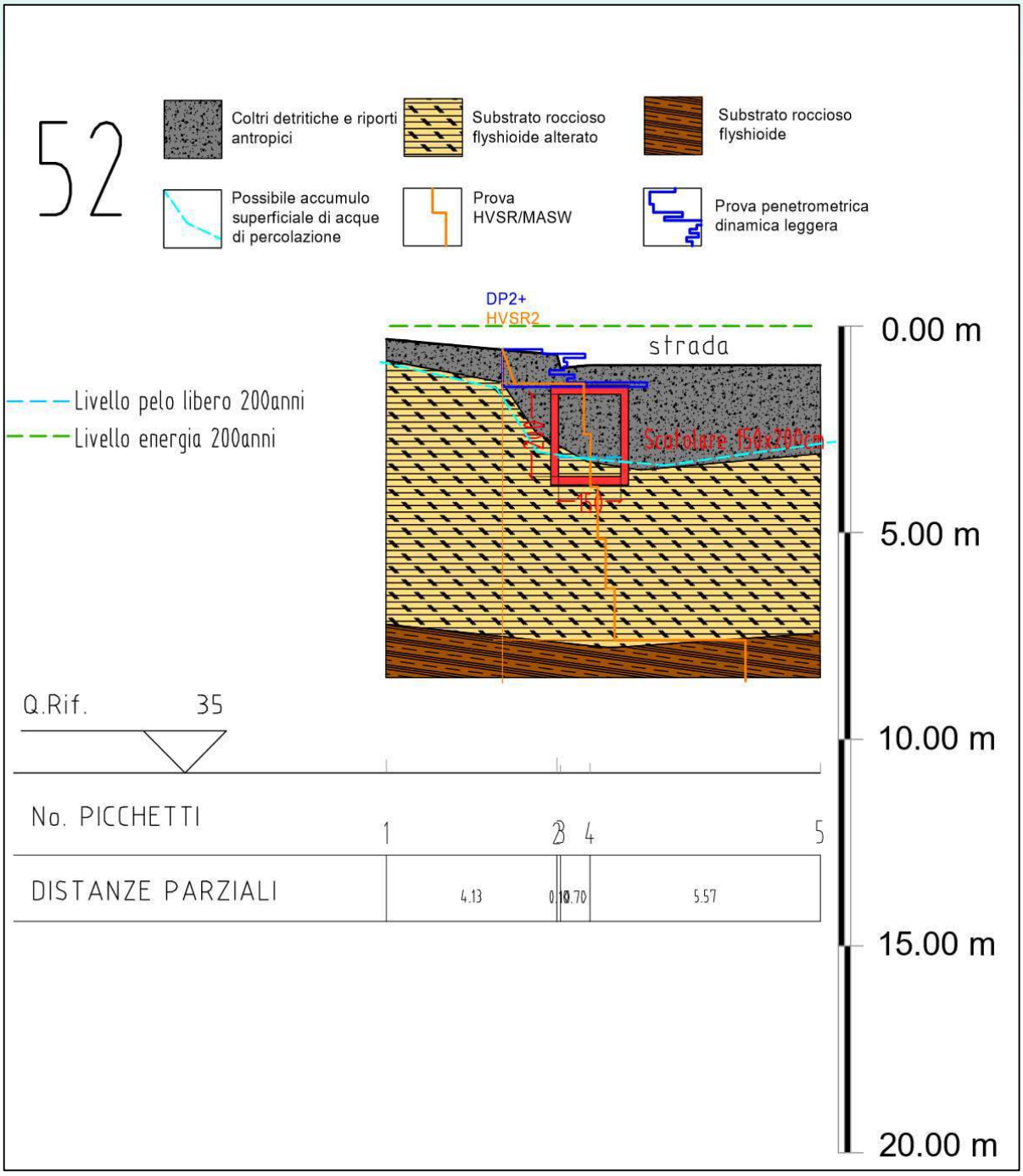


FIGURA 64: SEZIONE GEOLOGICA N° 52

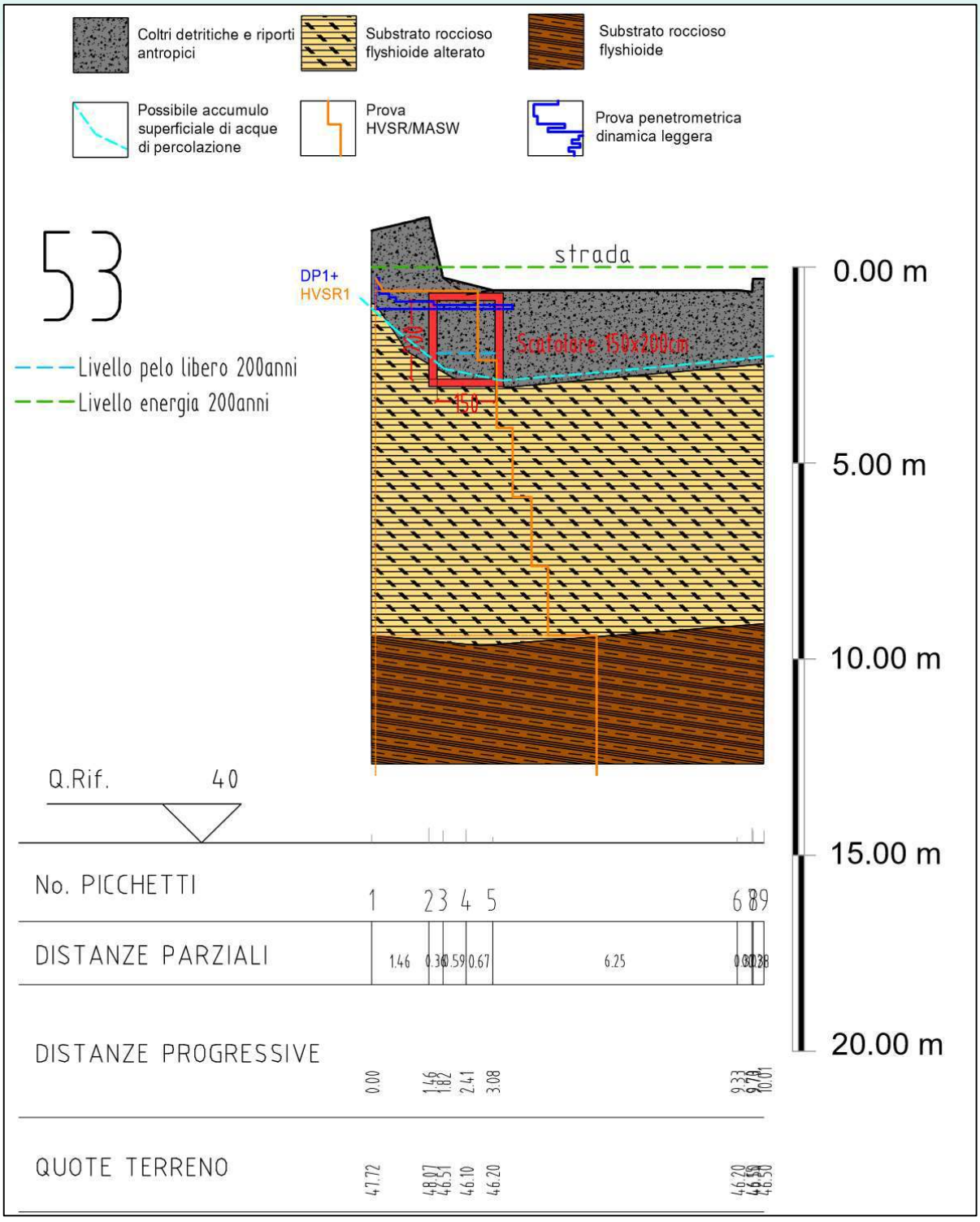


FIGURA 65: SEZIONE GEOLOGICA N° 53

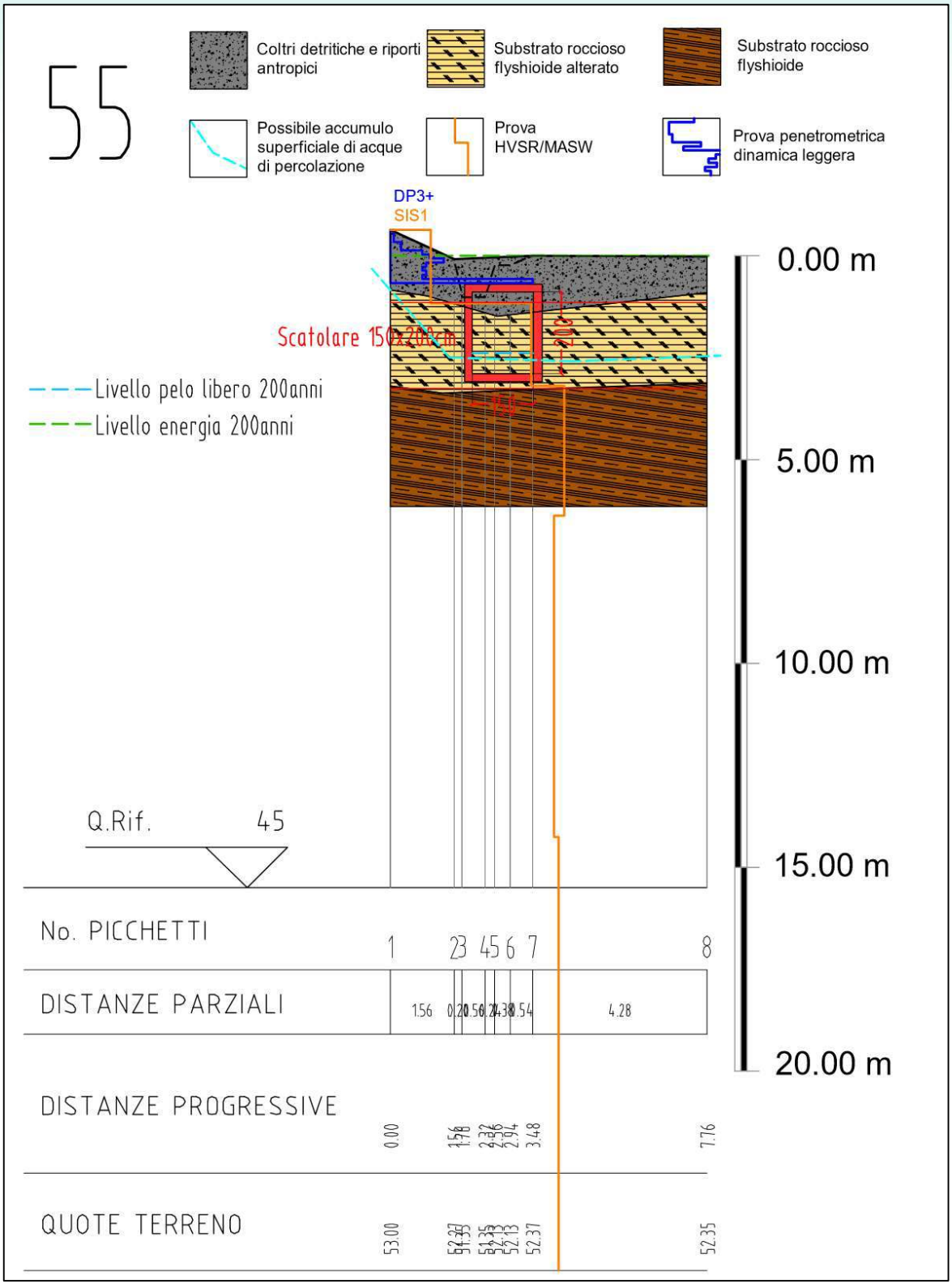


FIGURA 66: SEZIONE GEOLOGICA N° 55

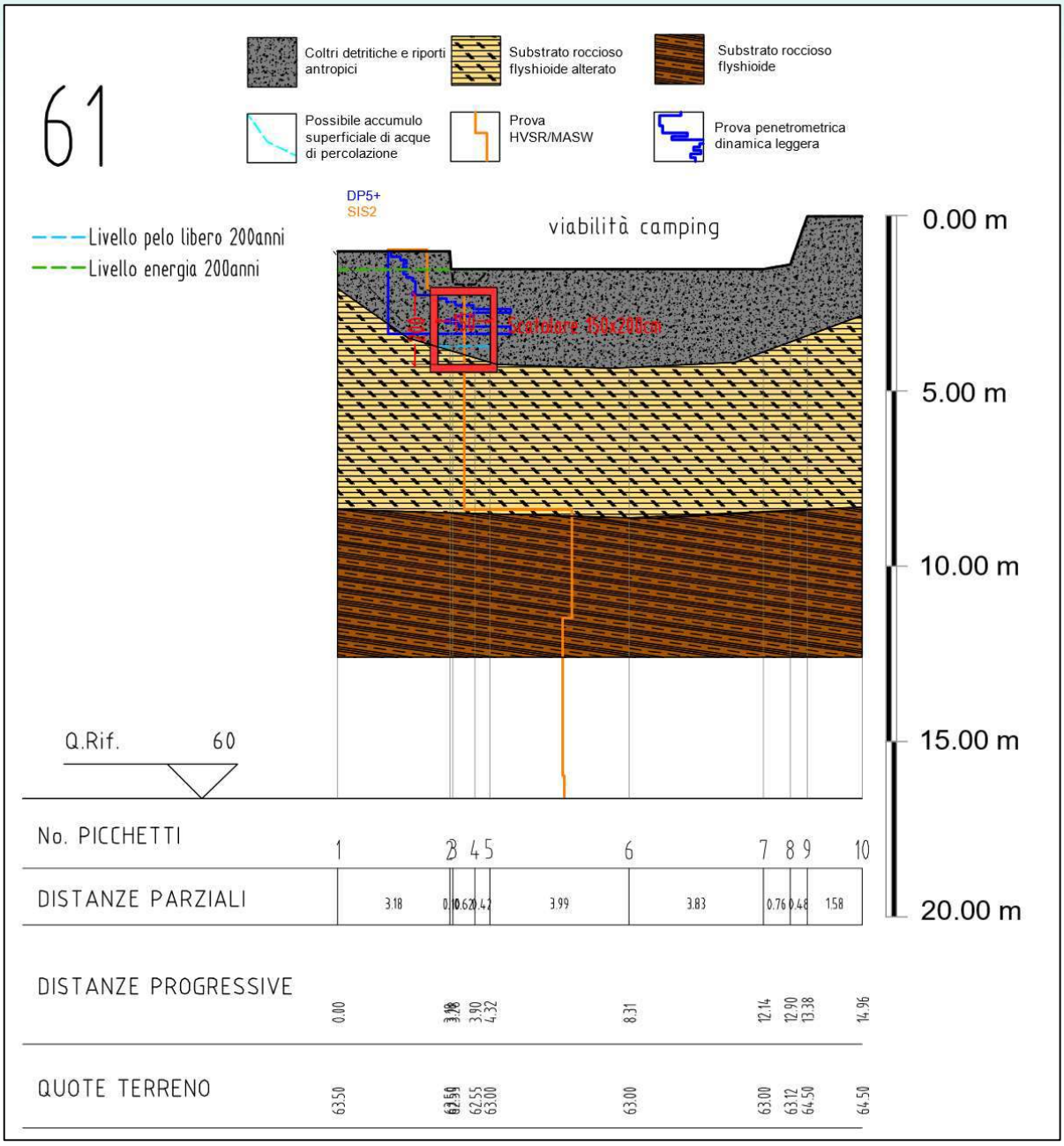


FIGURA 67: SEZIONE GEOLOGICA N° 61

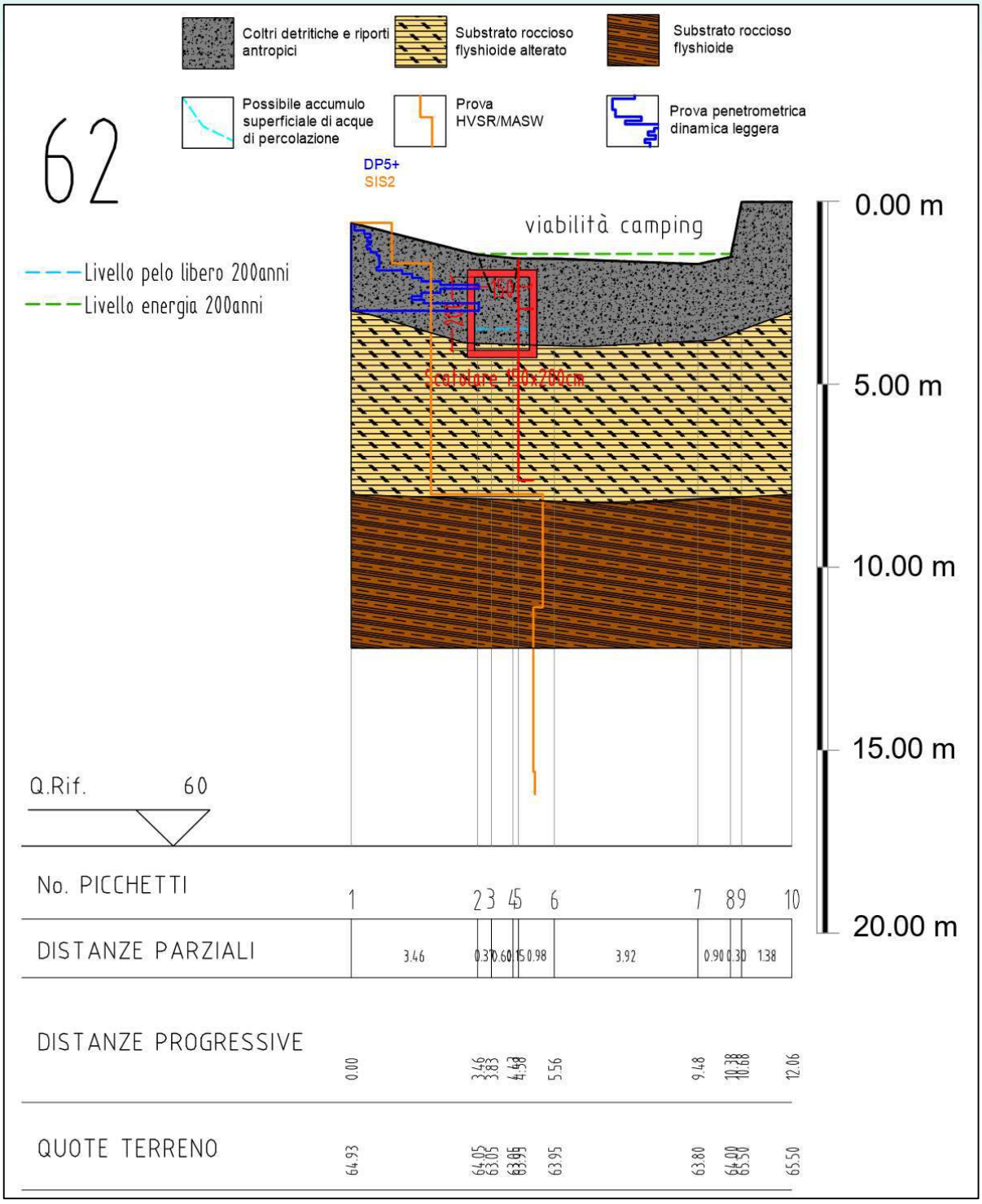


FIGURA 68: SEZIONE GEOLOGICA N° 62

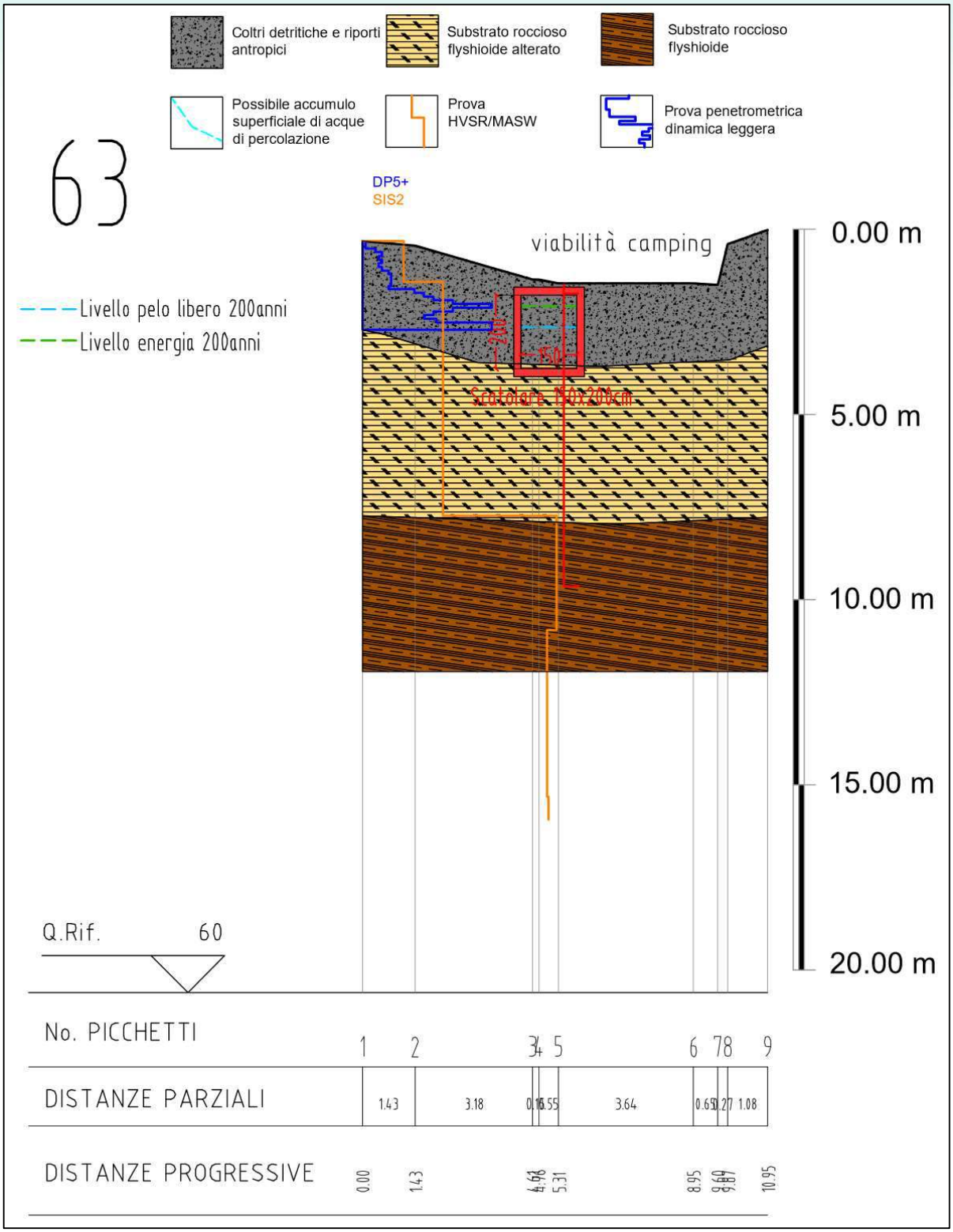


FIGURA 69: SEZIONE GEOLOGICA N° 63

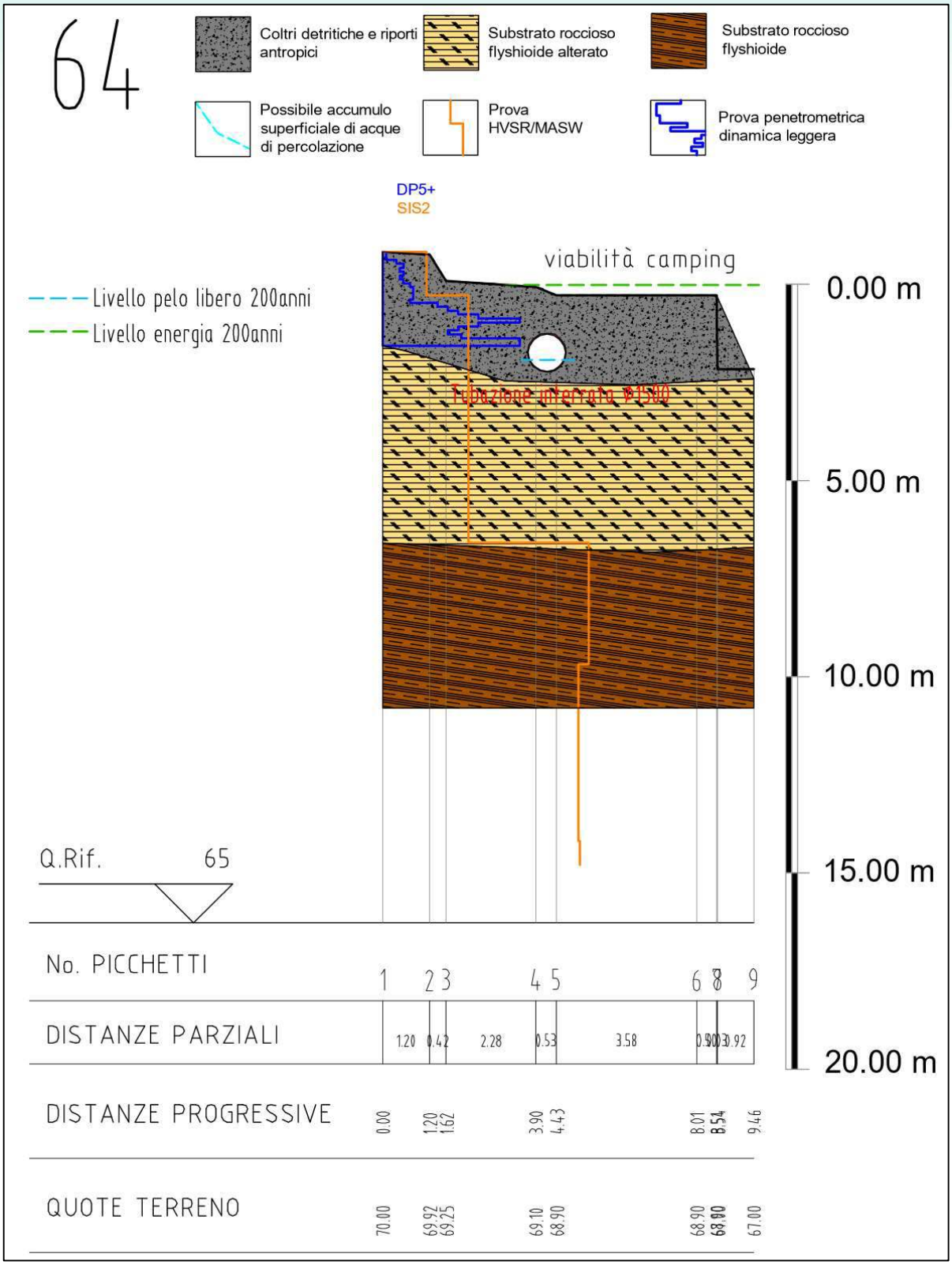


FIGURA 70: SEZIONE GEOLOGICA N° 64

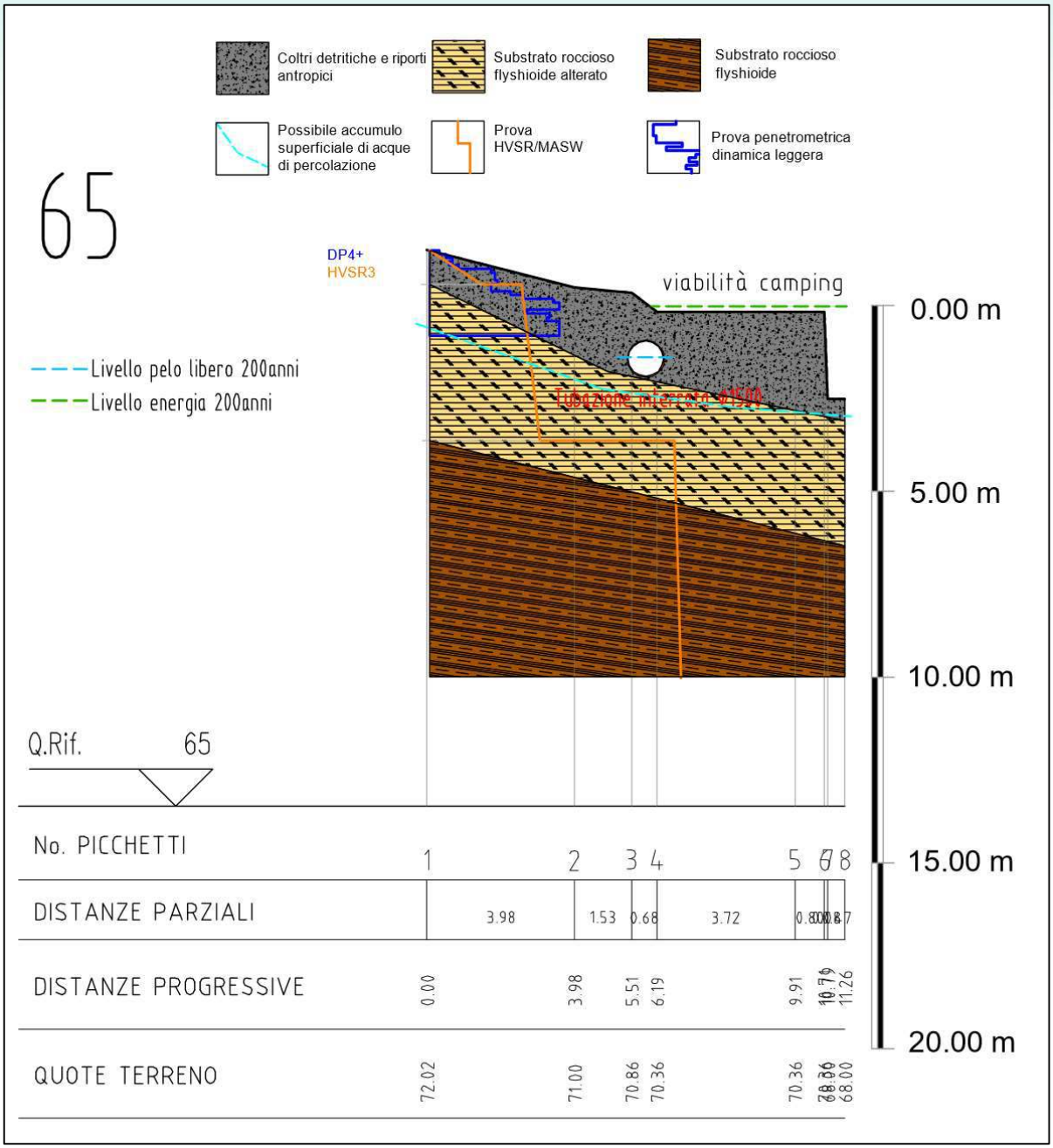


FIGURA 71: SEZIONE GEOLOGICA N° 65

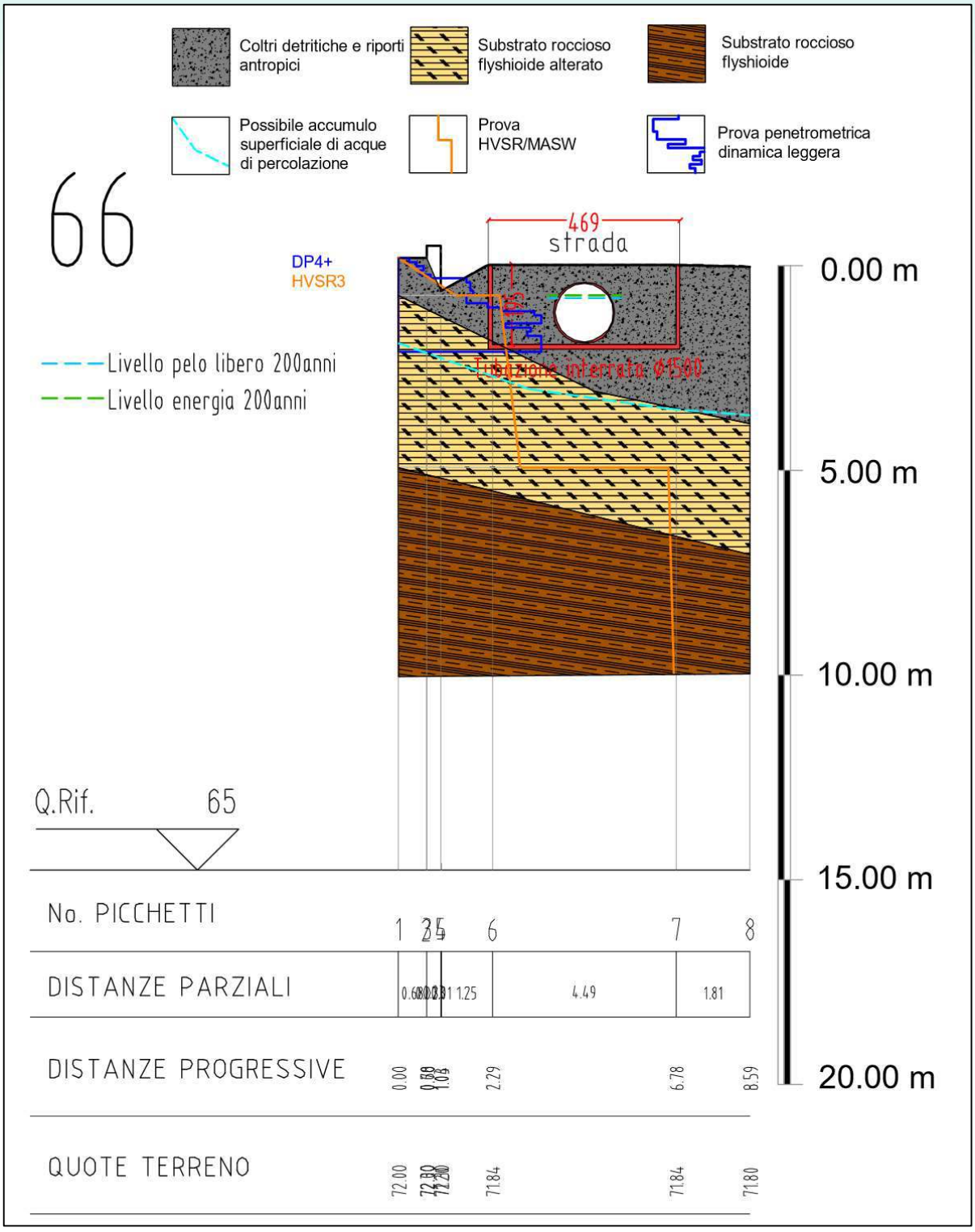


FIGURA 72: SEZIONE GEOLOGICA N° 66

Aspetti geotecnici-geomeccanici

Modello geotecnico

Il modello geologico individua una stratigrafia a tre strati (riporti e coltri detritiche, substrato roccioso alterato e substrato roccioso sano.
Il modello geotecnico parametrizza il sedime di studio in tre livelli:

1) coltri e riporti;
2) substrato roccioso alterato ("cappellaccio di alterazione");
3) Substrato roccioso flyschioide.

La falda appare confinata all'interno delle discontinuità del substrato roccioso e del livello alterato dello stesso. E' da prevedersi, tuttavia, la possibilità di formazione di "falda sospesa" in occasione di piogge persistenti, laddove la relativa impermeabilità del substrato roccioso, rispetto alle coperture sciolte, può determinare occasionale accumulo e scorrimento sotterraneo delle acque di percolazione superficiale.

Il substrato roccioso

La formazione flyschioide interessata dal progetto rappresenta un ammasso roccioso litologicamente eterogeneo; ad ogni distinto livello (arenaria, calcilutite, marna ed argillite) è quindi associabile uno specifico comportamento geomeccanico.

Parametri	Arenaria:	Marna e marna argillosa	Calcilutiti	Argilliti
peso di volume (t/m3)	2.58 - 2.68	2.48 - 2.72	2.61-2.72	2.2-2.5
coesione (t/m3)	51.7 - 61.5	32 - 48		2
angolo di resistenza al taglio	33° - 34°	17° - 20°		25°
coesione residua (t/m3)		11 - 17		1
angolo di resistenza al taglio residuo		12° - 14°		16°
resist. a compress. uniass. (MPa)	107	1.6-100		0.28-5.74
resist. a compress. uniass. (sclerometrie MPa)	77	35	128	
resist. a compress. uniass. (point load test; MPa)		18	65	
vel. onde longit. (campione integro; Km/sec)	5.5	3.7	5.6	
modulo elastico (Gpa)	23		13.5	
Contenuto in CaCO3(%)		15-50 %	88-90	0-6

Dalle misure di velocità sonica su campione di roccia intatto si ricava il valore medio della velocità su ammasso non fratturato:

Calcarenite	5506
Calcilutite	5609
Marne	3677
Media	**4053**

Da cui, noti i valori di Vp misurati in sito, è possibile ricavare i valori di R.Q.D., secondo la classica relazione di Deere e Miller, che lega il valore dell'indice di Velocità (Iv) al vaore dell'RQD (%)

$(V_{psito})^2/(V_{plaboratorio})^2 = Ip = R.Q.D.\%$

Vlaboratorio	Vp sito	Vs sito	R.Q.D. Miller	HVSR 1
m/sec	m/sec	m/sec	%	
4053	1020	576	6,3	cappellaccio
4053	1501	843	13,7	substrato

Vlaboratorio	Vp sito	Vs sito	R.Q.D. Miller	HVSR 2
m/sec	m/sec	m/sec	%	
4053	1148	473	8,0	cappellaccio
4053	1484	834	13,4	substrato

Vlaboratorio	Vp sito	Vs sito	R.Q.D. Miller	HVSR 3
m/sec	m/sec	m/sec	%	
4053	1266	457	9,8	cappellaccio
4053	1511	868	13,9	substrato

Vlaboratorio	Vp sito	Vs sito	R.Q.D. Miller	MASW 1
m/sec	m/sec	m/sec	%	
4053	1500	701	13,7	cappellaccio
4053	1850	865	20,8	substrato

Vlaboratorio	Vp sito	Vs sito	R.Q.D. Miller	MASW 2
m/sec	m/sec	m/sec	%	
4053	822	385	4,1	cappellaccio
4053	2000	935	24,3	substrato

Palmström (1995) ha proposto due differenti correlazioni per legare le velocità Vp misurate in sito e delle velocità di laboratorio su campione intatto, con il numero di giunti per metro (Nl), inteso come numero di fratture monodimensionali:

$Nl = (V_{laboratorio})^{3.4}*(Vp)^{-2.8}$; $Nl = 3*(V_{laboratorio}/Vp)^{0.5}*V_{laboratorio}$

Dal valore di Nl si risale al valore di R.Q.D. secondo le formulazioni di Priest &Hudson (1981) e di Palmström (2005), calcolate per il substrato roccioso:

Priest & Hudson : RQD = 100 $e^{-0.1\lambda}(1+0.1\lambda)$; λ = n° fratture/ml
Palmström: RQD = 110-2.5 Jv;
Jv = n° fratture/dell'ammasso per mc

HVSR 1

Nl n° giunti/ml una dimens.	Jv n° giunti /m nell'ammasso	R.Q.D. Palmstrom 2005	R.Q.D. (Priest e Hudson 1981)	Litotipo
37,4	74,8	N.C.	3,3	Cappellaccio
20,0	40,0	10,1	23,2	Substrato

HVSR 2

Nl n° giunti/ml una dimens.	Jv n° giunti /m nell'ammasso	R.Q.D. Palmstrom 2005	R.Q.D. (Priest e Hudson 1981)	Litotipo
38,6	77,2	N.C.	2,9	Cappellaccio
20,1	40,2	9,5	22,9	Substrato

HVSR 3

Nl n° giunti/ml una dimens.	Jv n° giunti /m nell'ammasso	R.Q.D. Palmstrom 2005	R.Q.D. (Priest e Hudson 1981)	Litotipo
36,7	73,4	N.C.	3,6	Cappellaccio
19,9	39,8	10,4	23,3	Substrato

MASW 1

Nl n° giunti/ml una dimens.	Jv n° giunti /m nell'ammasso	R.Q.D. Palmstrom 2005	R.Q.D. (Priest e Hudson 1981)	Litotipo
20,8	41,6	5,9	21,2	Cappellaccio
18,0	36,0	20,0	28,3	Substrato

MASW 2

Nl n° giunti/ml una dimens.	Jv n° giunti /m nell'ammasso	R.Q.D. Palmstrom 2005	R.Q.D. (Priest e Hudson 1981)	Litotipo
16,7	33,5	26,3	32,1	Cappellaccio
17,3	34,6	23,5	30,3	Substrato

Dalle misure eseguite in sito, facendo riferimento alla classificazione della qualità della roccia di Deere (1965): si ottiene una qualità della roccia da **molto scadente**.

R.Q.D. (%)	Qualità della Roccia
0-25	Molto scadente
25-50	Scadente
50-75	Discreta
75-90	Buona
90-100	Eccellente

In geomeccanica è evidente già da lungo tempo l'accortezza da porre nella valutazione del parametro RQD, rispetto al parametro Jv (n° di fratture a mc), come visibile dalle figure seguenti (Palmström, 2005):

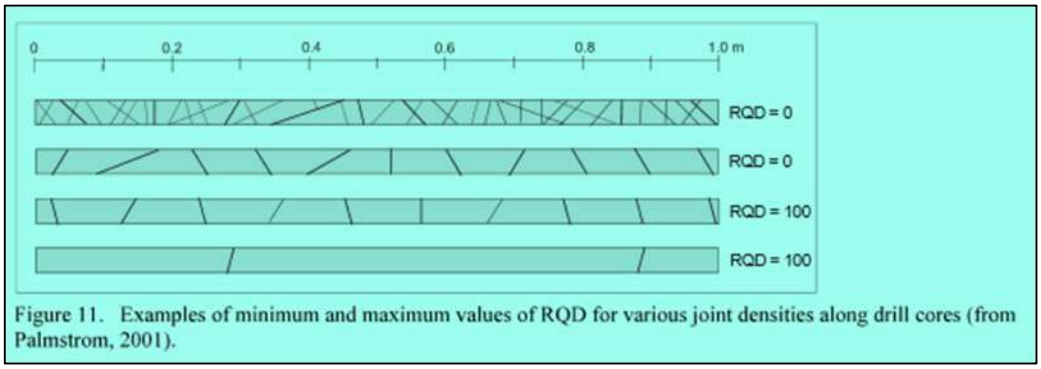


Figure 11. Examples of minimum and maximum values of RQD for various joint densities along drill cores (from Palmstrom, 2001).

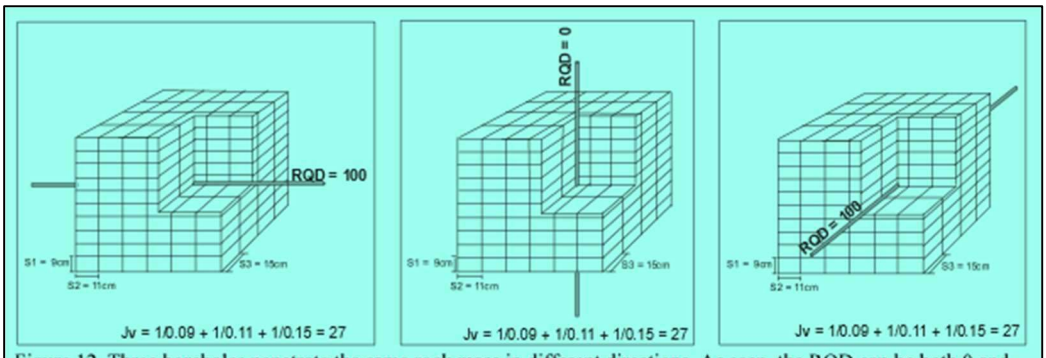
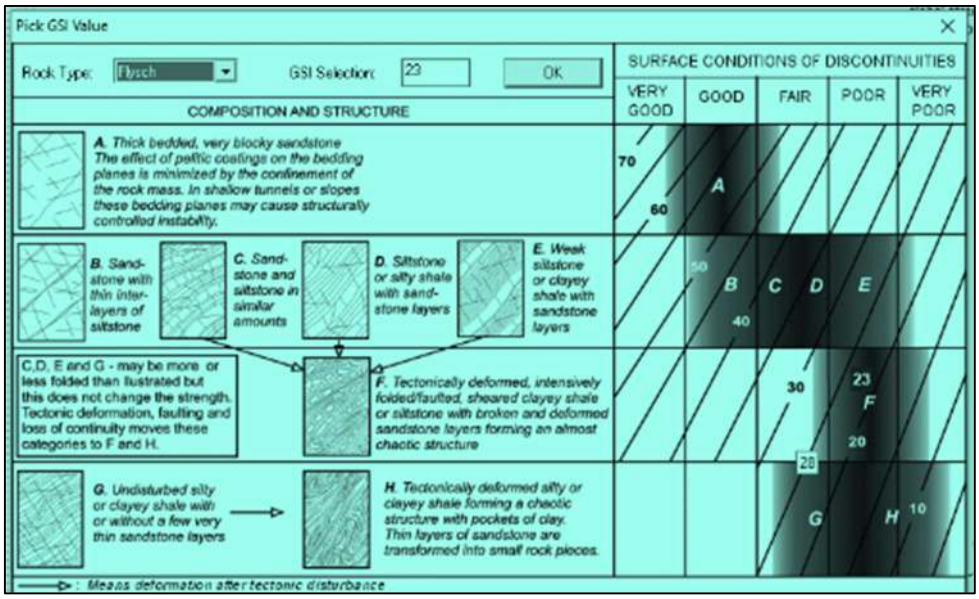


Figure 12. Three boreholes penetrate the same rock mass in different directions. As seen, the RQD can be both 0 and 100

È quindi evidente come si faccia riferimento ad uno stato fratturativo "di volume" della roccia, laddove lo stesso viene determinato dalla modalità di propagazione dell'onda sismica in una porzione significativa dell'ammasso, con un riferimento di caratterizzazione ben più ampio, quindi, del singolo spezzone di carota.

In tal modo, anche in assenza di affioramenti diretti, è possibile risalire ad una parametrizzazione dell'ammasso, procedendo secondo quanto indicato da Marinos e Hoek (Bull. Eng. Geol. Env n° 60 pp 85-92 del 2001), individuando un indice rappresentativo del G.S.I. pari a 23-30, coerente con lo stato di fratturazione indicato della roccia.



Si possono quindi ricavare i parametri di Mohr-Coulomb equivalenti al livello del campo tensionale indicato:

Sigci (Mpa)	**23**
GSI	**23-30**
Mi	**7**
D	**0.9**
H slope (m)	**5**
Coesione (kpa)	**20-30**
Angolo di resistenza al taglio (°)	**30-35**

Il valore di 23 Mpa per la resistenza a compressione monoassiale è ricavato utilizzando un valore medio di 64 Mpa per la parte calcarenitica e di 6 Mpa per la parte argillo/marnosa, con la combinazione di media propria del tipo F del valore di GSI

Table 5: Suggested proportions of parameters σ_{ci} and m_i for estimating rock mass properties for flysch

Flysch type see table 4	Proportions of values of σ_{ci} and m_i for each rock type to be included in rock mass property determination
A and B	Use values for sandstone beds
C	Reduce sandstone values by 20% and use full values for siltstone
D	Reduce sandstone values by 40% and use full values for siltstone
E	Reduce sandstone values by 40% and use full values for siltstone
F	Reduce sandstone values by 60% and use full values for siltstone
G	Use values for siltstone or shale
H	Use values for siltstone or shale

Tali valori, riferiti ad un volume d'indagine molto ampio, sono da ritendersi come **parametri caratteristici**.

Materiali di copertura

Si vedano le elaborazioni per le prove DP.

Stima della pericolosità sismica

Il valore delle Vsequivalenti (**NTC 2018**), riferito alla prova MASW, è variabile da un minimo di 385 m/se ad un massimo di 701 m/sec al piano di fondazione, corrispondente ad una classificazione del suolo nel tipo "**B**", laddove il cappellaccio di alterazione del substrato roccioso costituente il sedime di fondazione è inquadrabile fra le "rocce tenere" con caratteristiche in miglioramento con la profondità e valori di Vs maggiori di 360 m/s.

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

Categoria	Descrizione
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 determinare la stima della pericolosità sismica del sito in oggetto si deve ricercare a_g (accelerazione orizzontale massima attesa su un sito di riferimento rigido). Per poterlo determinare è necessario conoscere le coordinate geografiche dell'opera da verificare in gradi decimali. Procedendo in tal modo si determina quindi la maglia di riferimento, in base alle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero e, sulla base della maglia interessata,

si determinano i valori di riferimento del punto in esame. Oltre alle coordinate geografiche si deve disporre della Classe d'uso **CU** del progetto, della sua vita nominale **VN**, della categoria di sottosuolo e di quella topografica. Nel caso in esame tali parametri sono stati tutti ricavati nei capitoli precedenti e sono i seguenti:

Stabilità dei pendii e fondazioni:

VN	>50
Classe edificio	II
Periodo di riferimento	50
Categoria di sottosuolo	B
Categoria topografica	T1
Amplificazione topografica	1.0 (base pendio)
Kh	0.057
Kv	0.028
Ag/g (SLC)	0.198
WGS84 latitudine, longitudine	43.843253,7.907202

Fronti di scavo muri di sostegno e rilevati:

VN	>50
Classe edificio	II
Periodo di riferimento	50
Categoria di sottosuolo	B
Categoria topografica	T1
Amplificazione topografica	1.0 (base pendio)
Kh	0.067
Kv	0.033
Ag/g (SLV)	0.147
WGS84 latitudine, longitudine	43.843253,7.907202

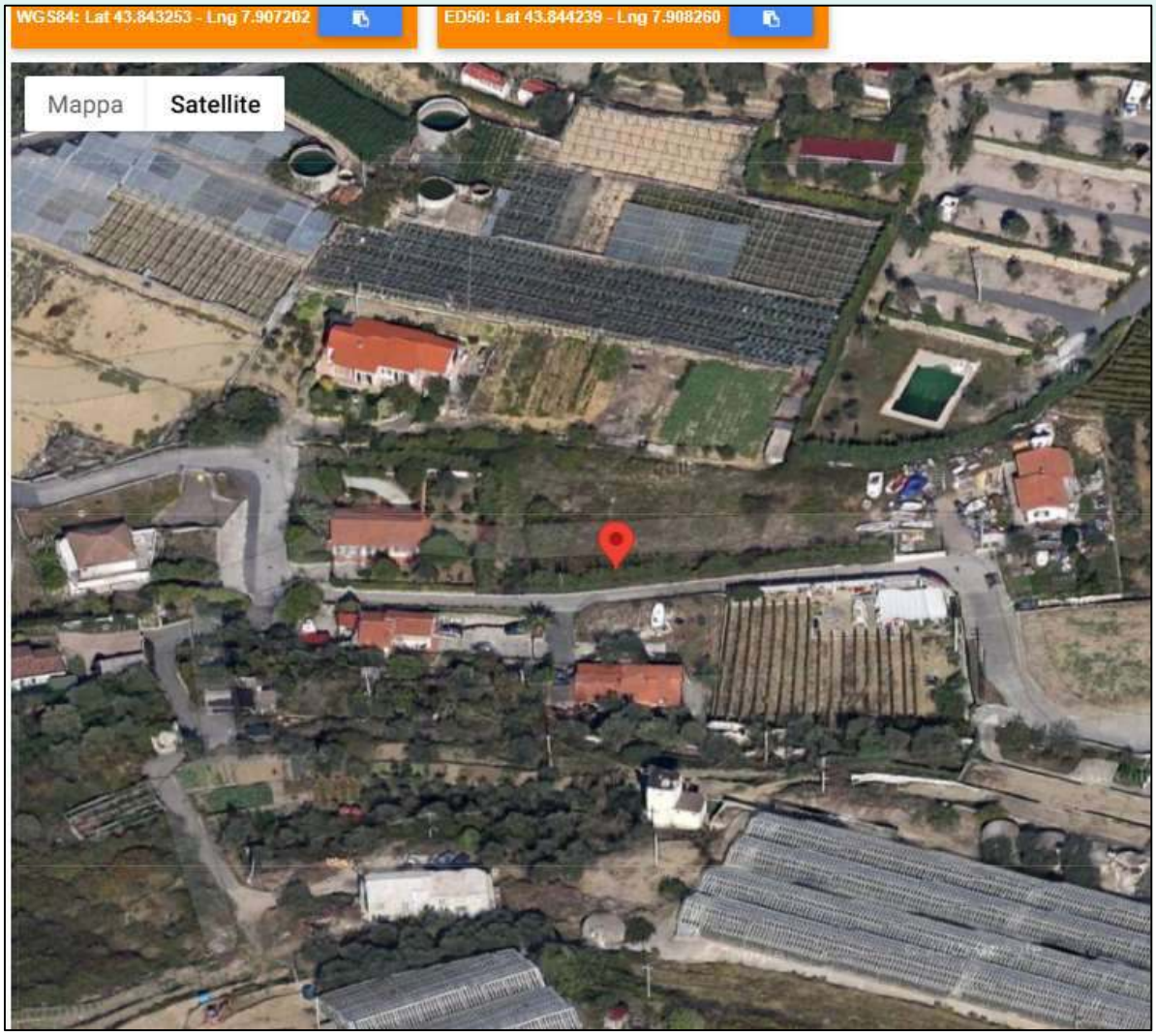


FIGURA 73: UBICAZIONE DEL SITO

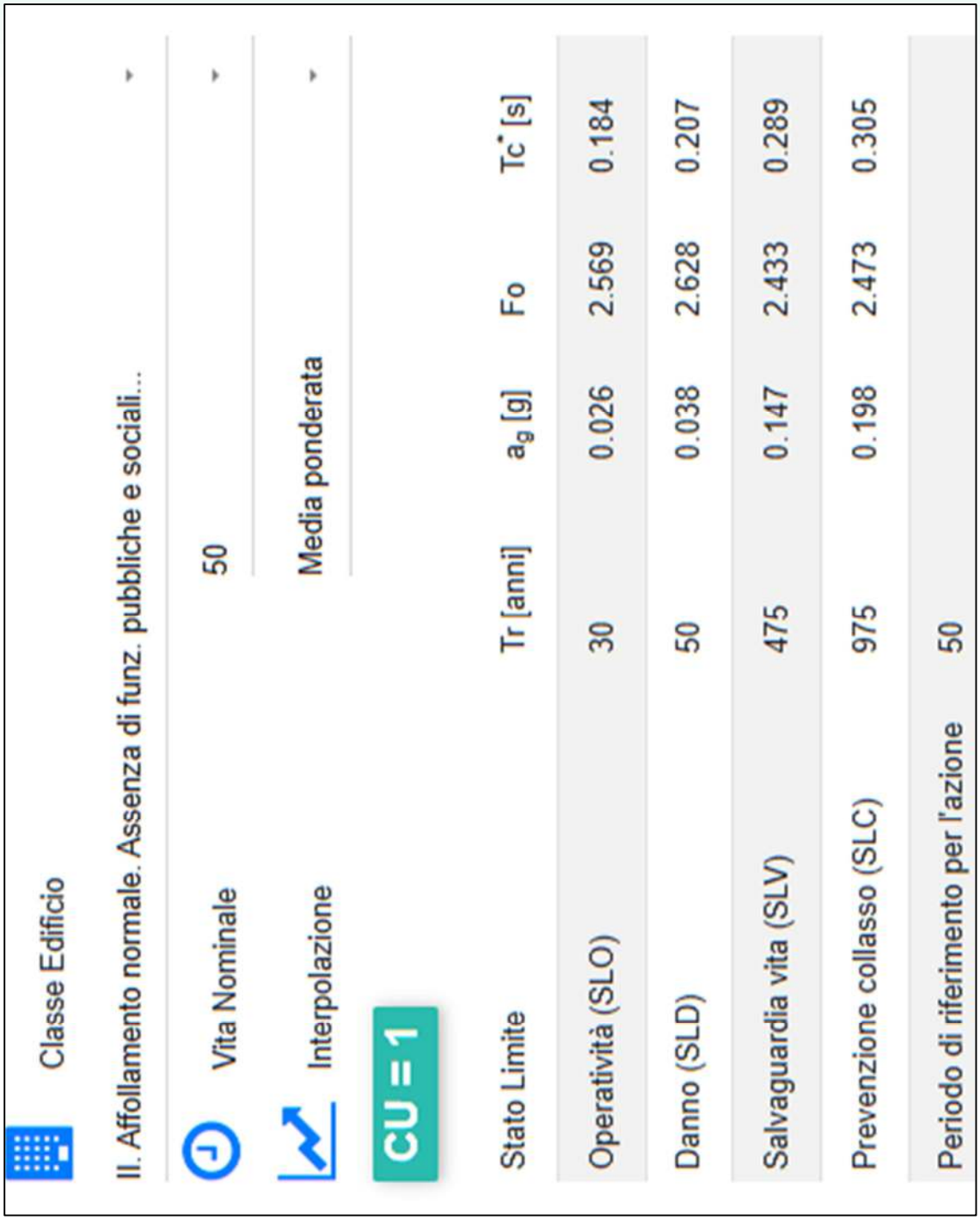


FIGURA 74: SINTESI PARAMETRI STATI LIMITE.

Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1 — us (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: B

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,54	1,51	1,41	1,40
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.006	0.009	0.042	0.057
kv	0.003	0.005	0.021	0.028
Amax [m/s²]	0.307	0.451	1.728	2.326
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

FIGURA 75: SINTESI PARAMETRI SISMICI SLC

Coefficienti sismici

Tipo: Fronti di scavo e rilevati

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1 — us (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: B

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,54	1,51	1,41	1,40
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.000	0.022	0.067	0.000
kv	--	0.011	0.033	--
Amax [m/s²]	0.307	0.451	1.728	2.326
Beta	--	0.470	0.380	--

FIGURA 76: SINTESI PARAMETRI SISMICI SLV

Analisi geotecnica del progetto

L'opera presenta modeste problematiche di tipo geotecnico, laddove le altezze di scavo si mantengono intorno ai tre metri e non presentano significativi vincoli in fregio.

In tal senso occorrerà semplicemente procedere ad un corretto imbasamento della nuova struttura in c.a., verificando solo ove necessario, la stabilità del fronte di scavo e/o l'assenza di cedimenti in fregio.

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

Dalle prove eseguite in sito è possibile indicare il seguente quadro sintetico delle principali caratteristiche geotecniche dei materiali.

Materiali di copertura sciolti, riporti antropici, coltri detritiche, in miglioramento con la profondità

peso di volume	γ = 1.9-2.1 t/m^3
coesione	c' = 0 t/m^2
angolo di attrito	ϕ' = 32°-35°
Modulo elastico (10% Edyn)	E' = 200 Kg/cm^2
Coeff. di Poisson	ν = 0.20
Tipo suolo	"B"
Nspt	10 colpi
Modulo di reazione (c. di Winkler unitario)	1.1 kg/cm^3

Substrato roccioso alterato

peso di volume	γ = 2.2-2.3 t/m^3
coesione	c' = 25 kPa
angolo di attrito	ϕ' = 35°
Modulo elastico (10% Edyn)	E' = 2000 kg/cm^2
Coeff. di Poisson	ν = 0.36
Modulo di reazione (c. di Winkler unitario)	7.0 kg/cm^3

Substrato roccioso

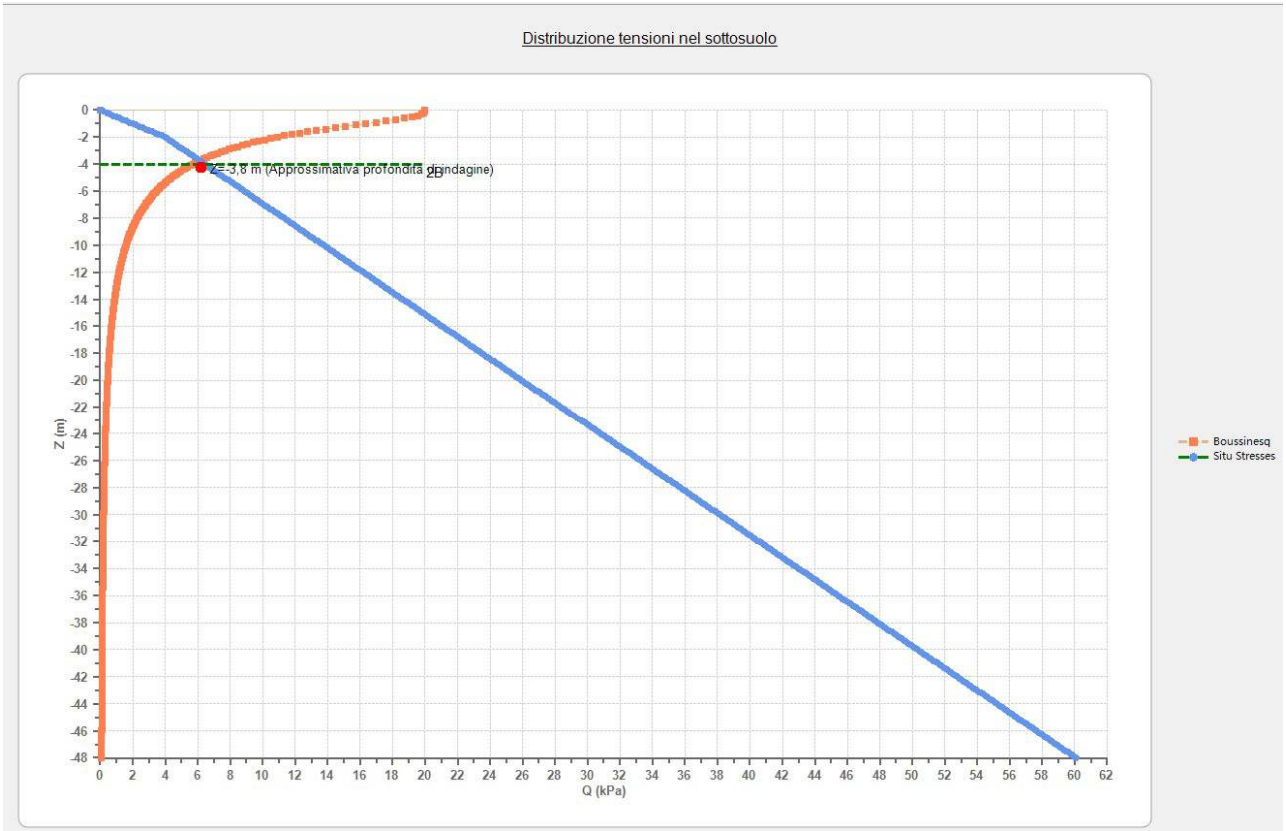
peso di volume	γ = 2.5-2.6 t/m^3
coesione	c' = 40 kPa
angolo di attrito	ϕ' = 35°
Modulo elastico (10% Edyn)	E' = 5000 kg/cm^2
Coeff. di Poisson	ν = 0.33
Modulo di reazione (c. di Winkler unitario)	30 kg/cm^3

Parametri in miglioramento con l profondità

Valutazione del volume significativo

In prima approssimazione, sulla base delle sole condizioni a contorno, è possibile indicare un volume significativo (e una profondità d'indagine necessaria) pari a circa **3.8 m**, compreso nel livello indagato direttamente ed indirettamente con le prove eseguite in sito.

Sovraccarico	20 kPa
Profondità fondazione	2 m
Dimensione massima in pianta (lato lungo)	10 m
Dimensione massima in pianta (lato corto)	2 m



Il metodo delle tensioni fornisce risultati compatibili con le indicazioni dell'Eurocodice e il metodo suggerito da Lancellotta e Calavera (profondità significativa 3.0 m)



Calcolo portanza

I valori di portanza sono ottenuti mediante il calcolo con apposito software, nel rispetto delle seguenti condizioni:

- carico centrato;
- fondazione con murature portanti assimilate a platea con B = 1.5 m
- condizioni sismiche con correzione di Vesic. Tipo suolo **B**
- Rottura generale. Non vengono applicatele correzioni di Terzaghi su angolo di resistenza al taglio e coesione

Allo stato di fatto si pone una stima del carico limite pari a

Condizioni a contorno	***Kg/cmq***
Stima Carico Limite di progetto (E_d)	1.0

Ora si confronta il carico di progetto con la resistenza di progetto del terreno ridotto dal coefficiente parziale.
Il valore minimo di portanza si ottiene nella formulazione di Hansen (1970), combinazione A1 M1 R3:

Condizioni a contorno	***Kg/cmq***
Resistenza di progetto del terreno (Rd)	*16.21*

In base a quanto sopra esposto si può affermare che i carichi di progetto sono inferiori alla resistenza di progetto del terreno

$$E_d \leq R_d$$

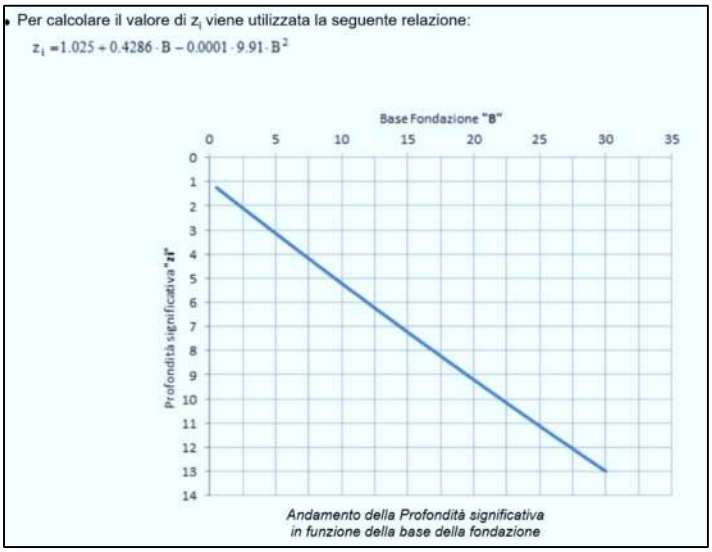
ne consegue che la **verifica della capacità portante è soddisfatta**.

Il programma di calcolo utilizzato consente anche di determinare in automatico la tipologia di rottura, di seguito indicata

Condizioni a contorno	*Meccanismo di rottura*
Ir = 1399 *Ic = 244* *Ir < Ic*	Rottura GENERALE

I cedimenti elastici correlati ai carichi in progetto sono pari a:

Cedimenti al centro della fondazione: **1.80 mm**
Cedimenti al bordo: **0.58 mm**



Il terreno risulta non liquefacibile (Metodo C.N.R. da Seed & Idriss).
Il cedimento secondo la formula di Burland&Burbidge è di **1.81 mm**.
La costante di sottofondo (formula empirica di Bowles) è **11.67 kg/cmc**.

Dal grafico seguente si apprezza l'aumento di portanza generato dall'approfondimento del piano di fondazione (si noti l'aumento della portanza una volta raggiunto il cappellaccio di alterazione).

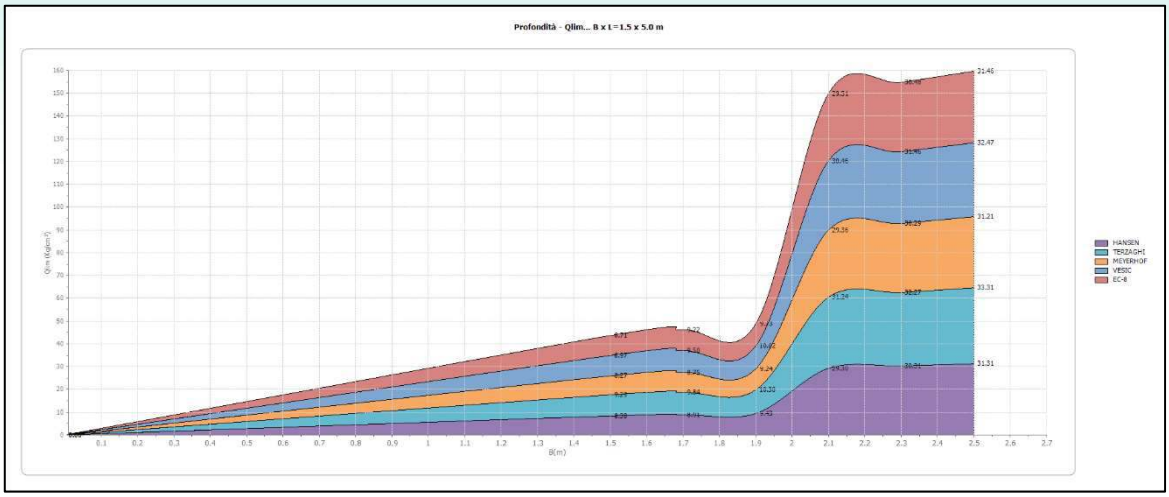


FIGURA 77: VARIAZIONE DELLA RESISTENZA DI PROGETTO IN FUNZIONE DELL'APPROFONDIMENTO DEL PIANO DI POSA

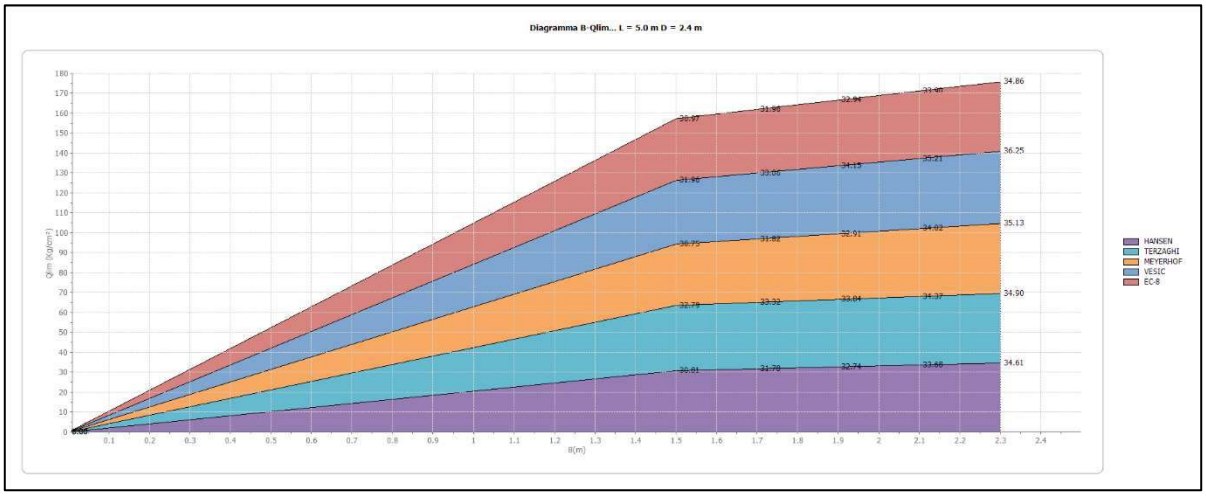


FIGURA 78: VARIAZIONE PORTANZA IN FUNZIONE DELLA DIMENSIONE IN PIANTA DELLE FONDAZIONI.

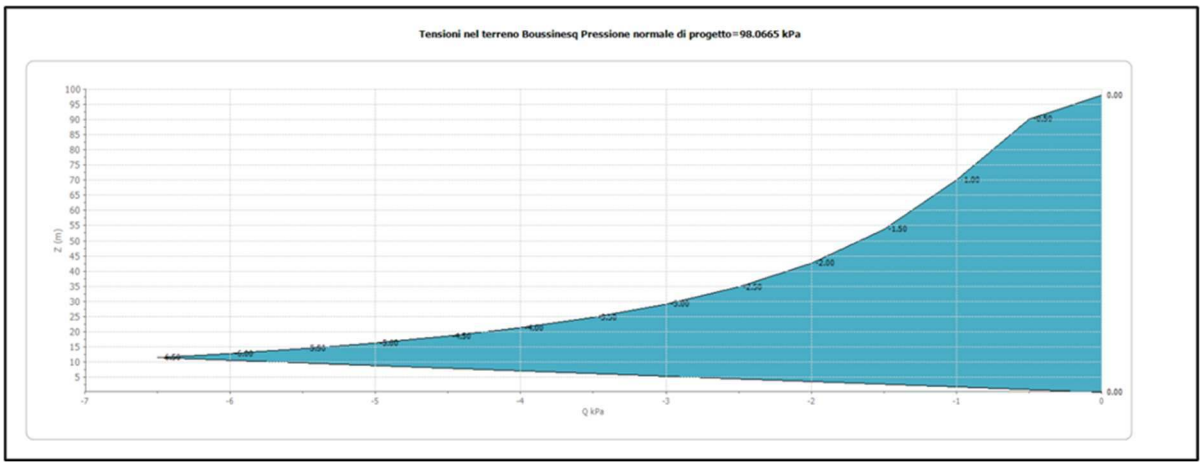


FIGURA 79: BULBO DELLE TENSIONI

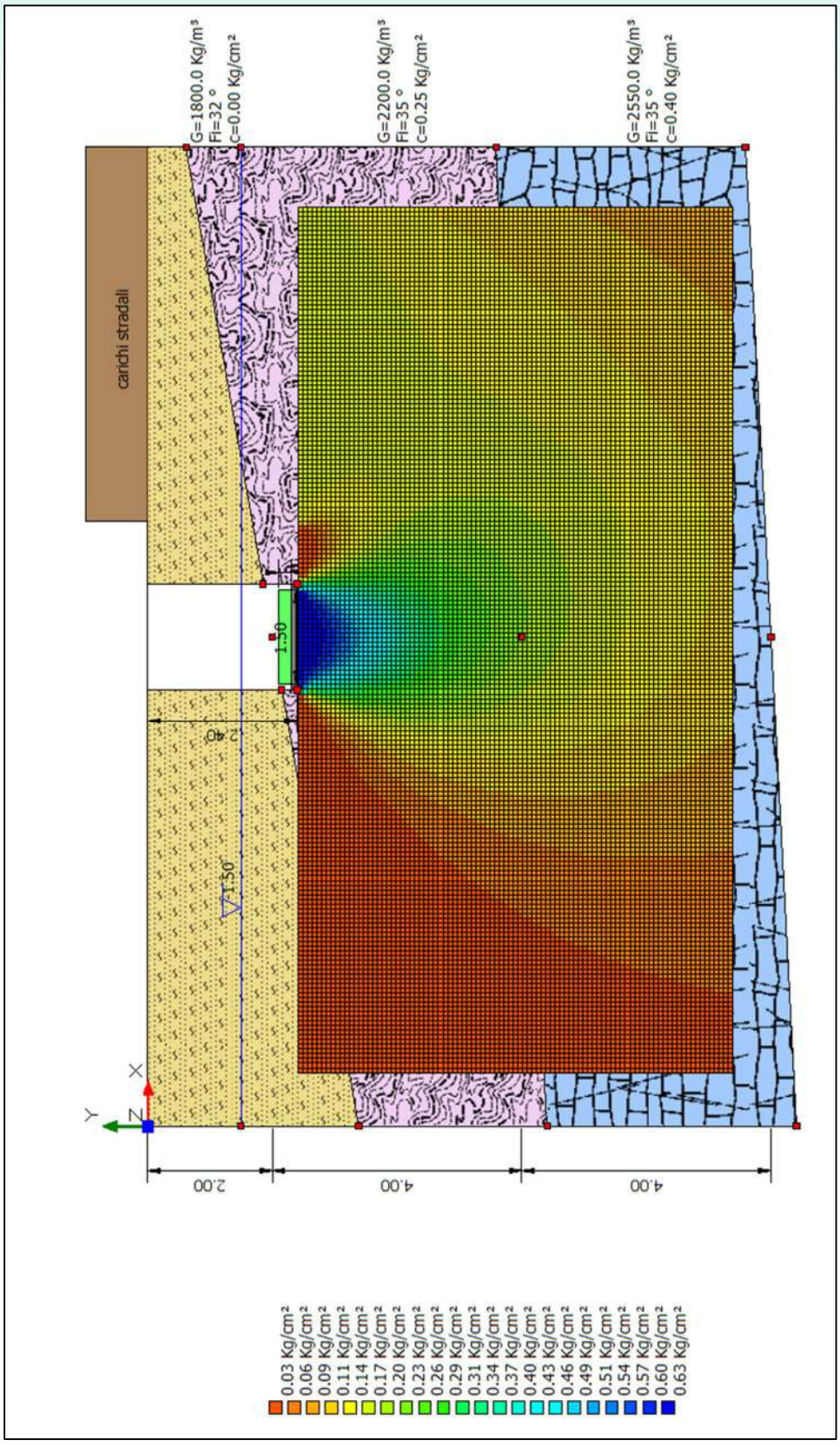


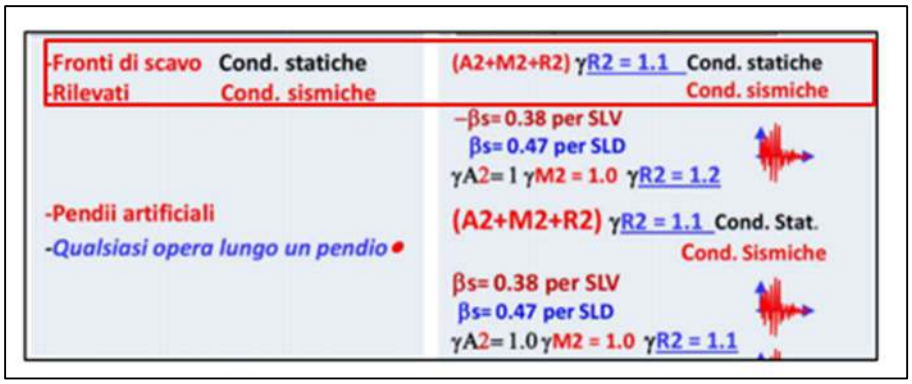
FIGURA 80: BULBO DELLE TENSIONI E SCHEMA DI CALCOLO

Analisi di stabilità

Gli scavi connessi con la realizzazione delle opere in sito sono pari a circa 3 m, e non insistono, generalmente, con importanti vincoli in fregio, fatta eccezione - ovviamente – con il transito veicolare sulla strada, inevitabile stante appunto la collocazione della tombinatura a sedime della strada stessa. In talune porzioni possono interferire con il muro della fascia superiore o con un edificio a un piano fuori terra, per un tratto limitato. In tali punti ovviamente, in sede realizzativa andranno adottate tutte le cautele del caso, limitando la lunghezza del tratto libero degli scavi, o prevedendo opere provvisionali ad hoc, quali ad esempio sbadacchiature degli scavi o altra tipologia di protezione, idonea sia a minimizzare gli effetti del detensionamento dei suoli sui vincoli in fregio, sia a proteggere le maestranze eventualmente impegnate nelle lavorazioni a fondo scavo. Di seguito viene analizzata la stabilità del fronte di scavo della sezione tipo, identificata geometricamente nella sezione n°52. **La stabilità globale dell'opera, una volta ripristinato il piano stadale, è lapalissianamente verificata ove risulti correttamente progettata la struttura della tombinatura stessa, decisamente dotata di migliori caratteristiche di resistenza del terreno stesso che sostituisce e quindi – ad opere finita – con funzione decisamente migliorativa della stabilità generale, a parità di conformazione dei luoghi.**

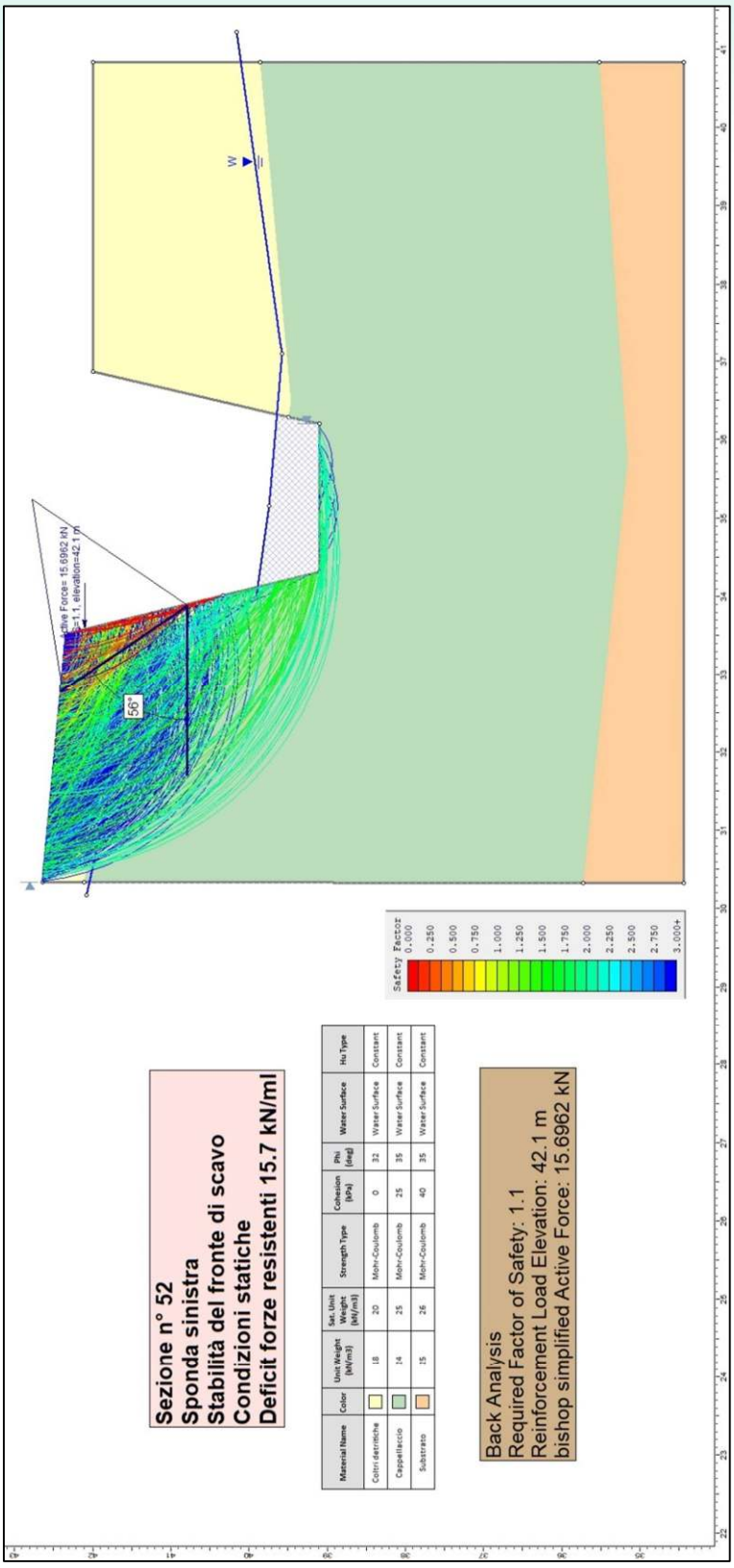
Stabilità del fronte di scavo

Per quanto attiene l'analisi dello stabilità del fronte di scavo in fase provvisionale, ossia in assenza di sisma, si utilizza, secondo quanto esplicato dal NTC, l'Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2), ricavando così i coefficienti parziali delle Azioni A(1.0), dei Parametri Geotecnici M(1.25) e della Resistenza Globale del Sistema R(1.1).



Come si può vedere le superfici potenzialmente instabili interessano il fronte di scavo, secondo una geometria di scivolamento ubicata all'interno del cuneo di spinta attivo inclinato di circa 56° sull'orizzontale, per le superfici di potenziale scorrimento con un fattore di sicurezza inferiore a 1.1.

Il valore del deficit delle forze resistenti, da porre a carico della opera definitiva o provvisionale è teoricamente pari a circa 15 t/ml per il fronte di scavo in sinistra.



E' tuttavia evidente come risulti **maggiormente conveniente scarpare leggermente la parete**, laddove le parti instabili riguardano essenzialmente la porzione in terreni sciolti fino al ritrovamento dei termini più alterati del substrato roccioso.

FIGURA 81: STABILITÀ DEL FRONTE DI SCAVO NON SOSTENUTO SEZIONE N° 52 IN SINISTRA OROGRAFICA DELLO SCAVO

Mantenimento del traffico veicolare

Analizzando la stabilità del fronte di scavo in destra, ossia la porzione di scavo che insiste sulla viabilità esistente, sono necessarie alcune considerazioni preliminari.

Le analisi di stabilità sopra svolta è eseguita nello scenario peggiore, ossia in presenza di acqua e in assenza della coesione propria dei terreni superficiali, che – come è noto – sviluppano una resistenza aggiuntiva nel breve termine, determinata dalla suzione matriciale, laddove in assenza di acqua si sviluppa una coesione apparente per valori compresi fra 5-10 kPa, in grado di garantire la stabilità del fronte di scavo di circa 3 m di altezza con scarpa subverticale, come è possibile verificare in ogni scavo "reale" in terreni sciolti del tipo qui analizzato.

Poiché tale resistenza "aggiuntiva" si sviluppa in assenza di percolazioni d'acqua, si definisce un "breve termine" pari a 48 h, laddove le previsioni meteo sono sufficientemente affidabili e garantiscono assenza di precipitazioni, e si considera un valore aggiuntivo di coesione pari a 5 kPa.

Quanto sopra equivale e definire la lunghezza dello scavo parzializzato a campioni, come l'effettiva lunghezza dell'opera che è ragionevolmente possibile realizzare, armare e gettare nelle 48 ore di tempo "utile" garantito dalla previsione meteo in modo affidabile.

Ciò detto, riassumendo, si allega la seguente analisi di stabilità del fronte di scavo, inteso come applicato ad una realizzazione a campioni dell'opera, ossia per singoli tratti che possono venire completati in un lasso di tempo pari a 48 ore.

Come è possibile osservare sono possibili destabilizzazioni parziali del fronte di scavo fino a 1.8 m dal piede dello scavo, ossia nel volume compreso al di sopra del piano inclinato di circa 59° sull'orizzontale, compreso quindi nel cuneo di spinta attiva.

Adottando un evidente criterio di sicurezza (massima scarpa dell'area potenzialmente instabile pari a 45° ossia con scarpa 1:1) il sedime stradale di circa 6 m di larghezza dovrà essere parzializzato nella mezzeria, ossia adottando una circolazione a senso unico alternato che si collochi a circa 3 m dal piede dello scavo e abbia una larghezza viabile di circa 3.0 m.

E' quindi possibile affermare che, nelle condizioni di calcolo sopra descritte e motivate, è possibile mantenere il traffico veicolare, sia pure parzializzato e in senso unico alternato per l'area in fregio allo scavo, eventualmente ricorrendo anche ad una limitazione sul peso massimo dei veicoli che possono transitare.

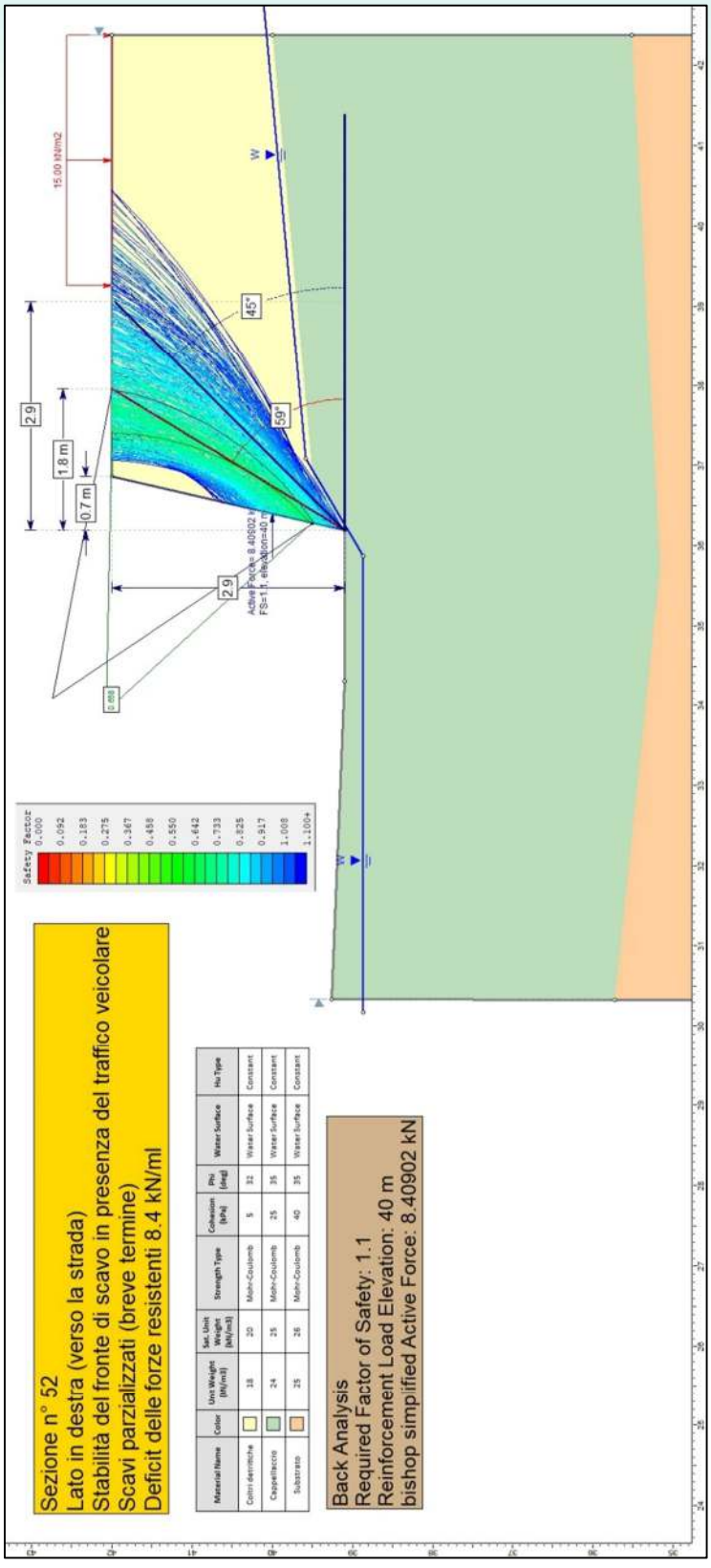


FIGURA 82: SEZIONE N° 52. STABILITÀ DEL FRONTE DI SCAVO NON SOSTENUTO NEL BREVE TERMINE IN PRESENZA DEI CARICHI STRADALI

Stabilità globale

Come sopra accennato il ripristino dello stato dei luoghi esattamente con la morfologia originaria, ma con l'inserimento della struttura rigida scatolare, comporta un evidente aumento delle condizioni di stabilità locale, sia in condizioni statiche che sismiche.

PRESCRIZIONI

In sede esecutiva, ai fini della redazione della "**relazione geologica di fine lavori**", dovrà essere prevista una assistenza geologica alla D.L. al fine di confermare le previsioni della presente relazione

Controlli generali

In funzione del tipo di conferimento per i materiali di risulta degli scavi, scelto in sede esecutiva, occorrerà comunque ottenere la certificazione del materiale, per l'eventuale riutilizzo o per il deposito in sito autorizzato, per la parte in eccedenza eventualmente da trasportare fuori sede o per le parti mancanti da portare in cantiere.

Il codice CER accertato per i terreni oggetto di scavo nella presente è il 17.05.04, conferibile a discarica d'inerti per rifiuti non pericolosi.

L'eventuale materiale di demolizione sarà conferito quale rifiuto con opportuno codice CER, separato per categorie merceologiche.

Durante l'esecuzione delle opere dovrà essere osservata la rispondenza effettiva della stratigrafia locale con le previsioni di progetto. Si dovrà inoltre provvedere alla verifica dell'effettivo livello della falda acquifera, in rapporto al regime pluviometrico del momento. Si raccomandala realizzazione di opportuno strato drenante e isolante a sedime delle nuove opere di fondazione previste.

Fondazioni

La realizzazione delle opere di fondazione deve raggiungere il livello più alterato del substrato roccioso, pareggiando ogni possibile disuniformità litologica del sedime di appoggio eventualmente ricorrendo alla bonifica del sedime di fondazione fino al raggiungimento del substrato alterato con sufficienti caratteristiche di resistenza, sostituendo la parte più degradata con calcestruzzo alveolare, o scapolame di cava a granulometria mista, adeguatamente compattato.

Sostegno del fronte di scavo

Le eventuali opere provvisionali da dimensionare con opportuno progetto geotecnico possono essere sostituite, con adeguata sagomatura del fronte di scavo, salvo i casi da valutarsi singolarmente in sede di DL di eccessiva prossimità di vincoli infregio (edificio monopiano ed opere di sostegno).

Per quanto attiene il mantenimento del traffico veicolare esso deve essere regolamentato con opportuna riduzione del tonnellaggio assentibile, distanza di almeno 3.0 m dal piede

dello scavo, realizzazione di campioni compatibili con previsioni meteo di adeguata accuratezza.

In caso di lavorazioni che impongano la presenza prolungata delle maestranze a fondo scavo dovranno essere realizzate opportune opere provvisionali quali sbadacchiature o utilizzo di cassoni autoaffondanti o similari precauzioni per garantire la sicurezza delle maestranze stesse.

Scarico delle acque

La realizzazione di tratti tombinati impone il collettamento integrale di tutte le acque, beodi, rivi e contributi presenti, laddove il versamento in fregio di tali portate comporta inevitabilmente azioni erosive e svuotamenti del sedime stradale.

Le tombinature, ove possibile, devono essere protette da eccessivo trasporto solido e flottante, sia per evitare occlusioni, sia per evitare eccessiva corrasione del copriferro di fondo.

CONCLUSIONI

Sulla base di quanto sopra specificato, il sottoscritto Dott. Geol. Marco ABBO, come Tecnico Incaricato per la redazione della presente Relazione per gli aspetti geologici e di parametrizzazione del terreno, attraverso il rilievo geologico di superficie e un attento esame dei dati bibliografici e delle risultanze dei sondaggi noti ed eseguiti nell'area, si è ricostruito l'andamento della stratigrafia locale, fornendo gli elementi di base utili alla progettazione.

Pertanto, si

attesta

come le opere previste dal Progetto siano fattibili sotto il profilo geologico, idrogeologico e sismico

Le opere sono soggette a prescrizioni e a DL geologica esecutiva.
Quanto sopra a sgravio di responsabilità per gli Uffici competenti.

Sanremo Novembre 2023



dott. Geol. Marco Abbo

Allegato: tabulati analisi chimiche Codice C.E.R.

so spe rit società sperimentazione ricerca idoneità tecnica s.r.l.
Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da RINA UNI EN ISO 9001:2015

CENTRO PROVE - RICERCHE - AMBIENTE - SERVIZI PER INGEGNERIA GEOTECNICA - TESTING CENTER - RESEARCH - ENVIRONMENT - ENGINEERING AND GEOTECHNICS SERVICES - TESTING ON: AGGREGATES - CONCRETE ROCKS - CEMENT - BRICKS - STEEL - SOIL - WATER - ASPHALT & BITUMEN
AUTORIZZATO DAL MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 CIRC. 7617/STC SETTORE A
Via Periane, 212 • 18018 TAGGIA (IM) • Tel. 0184.477434 • Fax 0184.055002
web site: www.sosperit.it • e-mail: info@sosperit.it • Pec: sosperit@worldpec.it

Committente:
COMUNE DI SANTO STEFANO AL MARE
LUNGOMARE E. D'ALBERTIS, 4
SANTO STEFANO AL MARE (IM)

RAPPORTO DI PROVA N° 6454/R DEL 22/11/2024	*Pagina n° 1 di 8*
Verbale Accett. n° 20917 del 08/11/2024 Vs. rif.	

SETTORE	**AMBIENTE**
CANTIERE	**Mitigazione del rischio idrogeologico attuale del Rio Torre nel centro abitato di Santo Stefano al Mare (IM)**
PROPRIETA'	**Comune di Santo Stefano al Mare**
DESCRIZIONE E PROVENIENZA DEL MATERIALE	**N° 1 campione di TERRA 17 05 04**
DATA ARRIVO AL LABORATORIO	**08/11/2024**
MODALITA'	**da Geol. Marco Abbo**

PROVE ESEGUITE	*NORMA DI RIFERIMENTO*
Analisi chimiche su terra: **- Classificazione della pericolosità di un rifiuto** **- Caratterizzazione di base ai fini dello smaltimento in discarica**	**D.Lgs. 03/04/2006 n. 152** **D.Lgs. 121/2020**

ALLEGATI	**- Rapporto di prova n° 13521/43/90 del 22/11/2024**

I risultati si riferiscono esclusivamente ai campioni sottoposti a prova

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO	Dr. Ing. Michele Canevello

È vietata la riproduzione anche parziale di questo documento, senza autorizzazione scritta della So. Spe. R.I.T. srl

TECNO PIEMONTE S.p.A.

apave

CENTRO PROVE - RICERCHE - AMBIENTE - SERVIZI PER L'INGEGNERIA
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
ART. 59 comma 2 lettere a-c-c bis - D.P.R. 380/01 - MATERIALI DA COSTRUZIONE
GEOTECNICA TERRE E ROCCE - STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI Settori A e B
MARCATURA CE ORGANISMO NOTIFICATO N. 1372

ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO
LAB N° 1254 L
Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF e ILAC
Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

Committente: **Comune di Santo Stefano al Mare**
Lungomare E. D'Albertis, 4
18010 Santo Stefano al Mare (IM)

RAPPORTO DI PROVA N° 13521/43/90 del 22/11/2024 | **Pagina 1 di 5**

Verbale di accettazione n° 7930/AF **del** 12/11/2024 | **Vs. rif. Prot.** 98/24/se

SETTORE	**AMBIENTE**

DATI FORNITI DAL COMMITTENTE

DIRETTORE DEI LAVORI :	-
PROPRIETA' O ENTE APPALTANTE:	Comune di Santo Stefano al Mare
CANTIERE :	Mitigazione del rischio idrogeologico attuale del Rio Torre nel centro abitato di Santo Stefano al Mare (IM)
METODO DI CAMPIONAMENTO:	A cura e responsabilità del Geol. Abbo Marco
VERBALE DI CAMPIONAMENTO:	-
MODALITA' DI PRELIEVO:	A cura e responsabilità del Geol. Abbo Marco
DATA DI CAMPIONAMENTO :	30/10/2024
UBICAZIONE PRELIEVO :	Mitigazione del rischio idrogeologico attuale del Rio Torre nel centro abitato di Santo Stefano al Marc (IM)
PUNTO DI CAMPIONAMENTO:	-
CONTRASSEGNO CAMPIONE:	**Terra 17 05 04**

DATI ACQUISITI DAL LABORATORIO

DATA E ORA DI RICEZIONE CAMPIONE :	12/11/2024 ore 14:00
NATURA DEL CAMPIONE:	Terreno
NUMERO DI PROTOCOLLO CAMPIONE:	24-V-07930_1
	-
NORMATIVA DI RIFERIMENTO:	**D.Lgs. 03/04/2006 n. 152** **Classificazione della pericolosità di un rifiuto** **D.Lgs. 36/2003 come modificato dal D.Lgs. 121/2020** **Caratterizzazione di base ai fini dello smaltimento in discarica** Eluato per accettabilità in discarica

I risultati si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova, così come ricevuto

IL RESPONSABILE DEL SETTORE AMBIENTE	*Dott.ssa Irene SBERNA*
LO SPERIMENTATORE	*P.I. Edoardo PIROZZI*

È vietata la riproduzione parziale di questo documento, senza autorizzazione scritta della Tecno Piemonte.

Sede Amministrativa
Statale Valsesia, 20
13035 Lenta (Vc)
Tel. +39-0163.885.111
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 1
Statale Valsesia, 20
13035 Lenta (Vc)
Tel. +39-0163.885.111
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 2
Via Ponte Romano, 228-230
11027 Saint-Vincent (Ao)
Tel. +39-0166.537.780
Fax +39-0166.510.914

Sede legale
Via Carlo Pizzorno, 12
28078 Romagnano Sesia (No)
tecnopiemonte@tecnopiemonte.com
www.tecnopiemonte.com

P. IVA 00590090031 - R.E.A. NO 136553 - CAP. SOC. a 2.400.000,00 I.V. - TRIB. NO 7192

002 - F

TECNO PIEMONTE S.p.A.

apave

CENTRO PROVE - RICERCHE - AMBIENTE - SERVIZI PER L'INGEGNERIA
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
ART. 59 comma 2 lettere a-c-c bis - D.P.R. 380/01 - MATERIALI DA COSTRUZIONE
GEOTECNICA TERRE E ROCCE - STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI Settori A e B
MARCATURA CE ORGANISMO NOTIFICATO N. 1372

ACCREDIA L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO
LAB N° 1254 L
Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF e ILAC
Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

RAPPORTO DI PROVA N° 13521/43/90 del 22/11/2024	Pagina 2 di 5
Verbale di accettazione n° 7930/AF del 12/11/2024	

Natura del campione: *Terreno* ***Colore:*** *Marrone*
Stato fisico: *Solido* ***Odore:*** *Caratteristico*

Parametro	*U.M.*	*Risultati*	*Incertezza di misura (1)*	*LoQ (2)*	*Metodi di analisi*	*Data inizio analisi*	*Data fine analisi*	*Note*
Residuo secco a 105°C	%	97,8	± 0,4	-	UNI EN 14346:2007	14/11/2024	19/11/2024	NA
Ceneri a 600°C	%	92,1	± 5,5	0,01	ASTM D2974 - 20 Metodo C	14/11/2024	19/11/2024	
pH	U pH	7,89	± 0,05	-	CNR IRSA 1 Q 64 Vol. 3 1985 + APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003	14/11/2024	19/11/2024	
Carbonio Organico Totale (T.O.C)	mg/kg	22700	± 1852	500	UNI EN 13137:2002 - Met. A	14/11/2024	19/11/2024	
COMPOSTI INORGANICI								
Antimonio (Sb)	mg/kg	0,90	± 0,20	0,5	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	14/11/2024	19/11/2024	§
Arsenico (As)	mg/kg	8,1	± 1,8	0,5	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	14/11/2024	19/11/2024	§
Berillio (Be)	mg/kg	1,10	± 0,25	0,5	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	14/11/2024	19/11/2024	§
Cadmio (Cd)	mg/kg	< 0,5	-	0,5	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	14/11/2024	19/11/2024	§
Cobalto (Co)	mg/kg	9,2	± 2,1	0,5	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	14/11/2024	19/11/2024	§
Cromo totale (Cr)	mg/kg	40,5	± 9,1	5	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	14/11/2024	19/11/2024	§
Cromo esavalente (Cr VI)	mg/kg	< 0,2	-	0,2	EPA 3060A 1996 + EPA 7196A1992	14/11/2024	19/11/2024	
Mercurio (Hg)	mg/kg	< 0,5	-	0,5	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	14/11/2024	19/11/2024	§
Nichel (Ni)	mg/kg	30,7	± 6,9	5	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	14/11/2024	19/11/2024	§
Piombo (Pb)	mg/kg	20,4	± 4,6	5	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	14/11/2024	19/11/2024	§
Rame (Cu)	mg/kg	84,0	± 18,8	5	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	14/11/2024	19/11/2024	§
Selenio (Se)	mg/kg	< 0,5	-	0,5	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	14/11/2024	19/11/2024	§
Stagno (Sn)	mg/kg	< 0,5	-	0,5	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	14/11/2024	19/11/2024	§
Tallio (Tl)	mg/kg	0,70	± 0,16	0,5	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	14/11/2024	19/11/2024	§
Vanadio (V)	mg/kg	32,3	± 7,2	5	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	14/11/2024	19/11/2024	§
Zinco (Zn)	mg/kg	82,0	± 18,4	5	EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	14/11/2024	19/11/2024	§

1 Incertezza estesa espressa con gradi di libertà=9 fattore di copertura k = 2, livello di fiducia 95%
2 LoQ (limite di quantificazione)
§ Mineralizzazione in acido nitrico
mg/kg: milligrammi/kilo
I recuperi, se non diversamente specificato, sono conformi a quanto prescritto dal metodo, se presenti.
Il risultato preceduto dal simbolo "<" indica un valore inferiore a LoQ (limite inferiore di quantificazione)
NA: Prova non accreditata da Accredia

È vietata la riproduzione parziale di questo documento, senza autorizzazione scritta della Tecno Piemonte.

Sede Amministrativa
Statale Valsesia, 20
13035 Lenta (Vc)
Tel. +39-0163.885.111
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 1
Statale Valsesia, 20
13035 Lenta (Vc)
Tel. +39-0163.885.111
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 2
Via Ponte Romano, 228-230
11027 Saint-Vincent (Ao)
Tel. +39-0166.537.780
Fax +39-0166.510.914

Sede legale
Via Carlo Pizzorno, 12
28078 Romagnano Sesia (No)
tecnopiemonte@tecnopiemonte.com
www.tecnopiemonte.com

002 - F

P. IVA 00590090031 - R.E.A. NO 136553 - CAP. SOC. a 2.400.000,00 I.V. - TRIB. NO 7192

TECNO PIEMONTE S.p.A.

apave

CENTRO PROVE - RICERCHE - AMBIENTE - SERVIZI PER L'INGEGNERIA
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
ART. 59 comma 2 lettere a-c-c bis - D.P.R. 380/01 - MATERIALI DA COSTRUZIONE
GEOTECNICA TERRE E ROCCE - STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI Settori A e B
MARCATURA CE ORGANISMO NOTIFICATO N. 1372

ACCREDIA L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO
LAB N° 1254 L
Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF e ILAC
Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

RAPPORTO DI PROVA N° 13521/43/90 del 22/11/2024 — Pagina 3 di 5

Verbale di accettazione n° 7930/AF del 12/11/2024

Parametro	*U.M.*	*Risultati*	*Incertezza di misura (1)*	*LoQ (2)*	*Metodi di analisi*	*Data inizio analisi*	*Data fine analisi*	*Note*
AMIANTO								
Amianto	mg/kg	< 100	-	100	Metodo interno PP/CH/AM-06	14/11/2024	19/11/2024	#
Tipo di amianto rilevato	P/A	Assente	-	-				
IDROCARBURI PESANTI								
Idrocarburi C10-C40	mg/kg	< 100	-	100	UNI EN 14039:2005	14/11/2024	19/11/2024	
AROMATICI POLICICLICI								
Naftalene	mg/kg	< 0,01	-	0,01	EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	14/11/2024	19/11/2024	NA
Acenaftilene	mg/kg	< 0,01	-	0,01	EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	14/11/2024	19/11/2024	
Acenaftene	mg/kg	< 0,01	-	0,01	EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	14/11/2024	19/11/2024	
Fluorene	mg/kg	< 0,01	-	0,01	EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	14/11/2024	19/11/2024	
Fenantrene	mg/kg	0,02	± 0,01	0,01	EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	14/11/2024	19/11/2024	
Antracene	mg/kg	< 0,01	-	0,01	EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	14/11/2024	19/11/2024	
Fluorantene	mg/kg	0,05	± 0,02	0,01	EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	14/11/2024	19/11/2024	
Pirene	mg/kg	0,05	± 0,02	0,01	EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	14/11/2024	19/11/2024	
Benzo (a) antracene	mg/kg	0,03	± 0,01	0,01	EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	14/11/2024	19/11/2024	
Crisene	mg/kg	0,03	± 0,01	0,01	EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	14/11/2024	19/11/2024	
Benzo (b) fluorantene	mg/kg	0,03	± 0,01	0,01	EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	14/11/2024	19/11/2024	
Benzo (k) fluorantene	mg/kg	0,02	± 0,01	0,01	EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	14/11/2024	19/11/2024	
Benzo (j) fluorantene	mg/kg	0,02	± 0,01	0,01	EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	14/11/2024	19/11/2024	
Benzo (e) pirene	mg/kg	0,02	± 0,01	0,01	EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	14/11/2024	19/11/2024	
Benzo (a) pirene	mg/kg	0,04	± 0,02	0,01	EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	14/11/2024	19/11/2024	
Perilene	mg/kg	0,01	-	0,01	EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	14/11/2024	19/11/2024	
Indenopirene	mg/kg	0,03	± 0,01	0,01	EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	14/11/2024	19/11/2024	
Dibenzo (a,h) antracene	mg/kg	0,01	-	0,01	EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	14/11/2024	19/11/2024	
Benzo (g,h,i) perilene	mg/kg	0,03	± 0,01	0,01	EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	14/11/2024	19/11/2024	
Dibenzo (a,l) pirene	mg/kg	< 0,01	-	0,01	EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	14/11/2024	19/11/2024	
Dibenzo (a,e) pirene	mg/kg	< 0,01	-	0,01	EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	14/11/2024	19/11/2024	
Dibenzo (a,i) pirene	mg/kg	< 0,01	-	0,01	EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	14/11/2024	19/11/2024	
Dibenzo (a,h) pirene	mg/kg	0,01	-	0,01	EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	14/11/2024	19/11/2024	
COMPOSTI ORGANICI AROMATICI								
Benzene	mg/kg	< 0,02	-	0,02	EPA 5021A 2007 + EPA 8260D 2018	14/11/2024	19/11/2024	
Etilbenzene	mg/kg	< 0,02	-	0,02	EPA 5021A 2007 + EPA 8260D 2018	14/11/2024	19/11/2024	
Stirene	mg/kg	< 0,02	-	0,02	EPA 5021A 2007 + EPA 8260D 2018	14/11/2024	19/11/2024	
Toluene	mg/kg	< 0,02	-	0,02	EPA 5021A 2007 + EPA 8260D 2018	14/11/2024	19/11/2024	
Xilene	mg/kg	< 0,02	-	0,02	EPA 5021A 2007 + EPA 8260D 2018	14/11/2024	19/11/2024	

1 Incertezza estesa espressa con gradi di libertà=9 fattore di copertura k = 2, livello di fiducia 95%
2 LoQ (limite di quantificazione)
Parametro Amianto determinato mediante la tecnica della Microscopia Elettronica a Scansione (SEM)
La ricerca di tale parametro, in via cautelativa, è stata effettuata sul campione tal quale, opportunamente trattato per la determinazione analitica
mg/kg: milligrammi/kilo
I recuperi, se non diversamente specificato, sono conformi a quanto prescritto dal metodo, se presenti.
Il risultato preceduto dal simbolo "<" indica un valore inferiore a LoQ (limite inferiore di quantificazione).
NA: Prova non accreditata da Accredia

È vietata la riproduzione parziale di questo documento, senza autorizzazione scritta della Tecno Piemonte.

Sede Amministrativa
Statale Valsesia, 20
13035 Lenta (Vc)
Tel. +39-0163.885.111
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 1
Statale Valsesia, 20
13035 Lenta (Vc)
Tel. +39-0163.885.111
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 2
Via Ponte Romano, 228-230
11027 Saint-Vincent (Ao)
Tel. +39-0166.537.780
Fax +39-0166.510.914

Sede legale
Via Carlo Pizzorno, 12
28078 Romagnano Sesia (No)
tecnopiemonte@tecnopiemonte.com
www.tecnopiemonte.com

002 - F

P. IVA 00590090031 - R.E.A. NO 136553 - CAP. SOC. a 2.400.000,00 I.V. - TRIB. NO 7192

TECNO PIEMONTE S.p.A.
apave
CENTRO PROVE - RICERCHE - AMBIENTE - SERVIZI PER L'INGEGNERIA
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
ART. 59 comma 2 lettere a-c-c bis - D.P.R. 380/01 - MATERIALI DA COSTRUZIONE
GEOTECNICA TERRE E ROCCE - STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI Settori A e B
MARCATURA CE ORGANISMO NOTIFICATO N. 1372
ACCREDIA L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO
LAB N° 1254 L
Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF e ILAC
Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

RAPPORTO DI PROVA N° 13521/43/90 del 22/11/2024	Pagina 4 di 5
Verbale di accettazione n° 7930/AF del 12/11/2024	

MASSA CAMPIONE DI LABORATORIO (kg):	2,0
METODO DI RIDUZIONE DIMENSIONALE :	Frantoio
METODO DI ESSICCAMENTO (se effettuato):	-
FRAZIONE MAGGIORE DI 4 mm (%):	65,4
MASSA MATERIALE NON MACINABILE (g) :	-
TIPOLOGIA MATERIALE NON MACINABILE :	-
MASSA GREZZA DI PORZIONE DI PROVA Mw (g) :	92,0
DATA INIZIO LISCIVIAZIONE :	14/11/2024 ore 10:00
DATA FINE LISCIVIAZIONE:	15/11/2024 ore 10:00
VOLUME AGENTE LISCIVIANTE L (ml) :	898,0
TIPOLOGIA DI SEPARAZIONE SOLIDO/LIQUIDO :	Filtrazione
CARATTERISTICHE FILTRO :	Filtro porosità 0,45µm

È vietata la riproduzione parziale di questo documento, senza autorizzazione scritta della Tecno Piemonte.

Sede Amministrativa
Statale Valsesia, 20
13035 Lenta (Vc)
Tel. +39-0163.885.111
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 1
Statale Valsesia, 20
13035 Lenta (Vc)
Tel. +39-0163.885.111
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 2
Via Ponte Romano, 228-230
11027 Saint-Vincent (Ao)
Tel. +39-0166.537.780
Fax +39-0166.510.914

Sede legale
Via Carlo Pizzorno, 12
28078 Romagnano Sesia (No)
tecnopiemonte@tecnopiemonte.com
www.tecnopiemonte.com

002 - F

P. IVA 00590090031 - R.E.A. NO 136553 - CAP. SOC. a 2.400.000,00 I.V. - TRIB. NO 7192

TECNO PIEMONTE S.p.A.

apave

CENTRO PROVE - RICERCHE - AMBIENTE - SERVIZI PER L'INGEGNERIA
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
ART. 59 comma 2 lettere a-c-c bis - D.P.R. 380/01 - MATERIALI DA COSTRUZIONE
GEOTECNICA TERRE E ROCCE - STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI Settori A e B
MARCATURA CE ORGANISMO NOTIFICATO N. 1372

ACCREDIA L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO
LAB N° 1254 L
Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF e ILAC
Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

RAPPORTO DI PROVA N° 13521/43/90 del 22/11/2024 — Pagina 5 di 5

Verbale di accettazione n° 7930/AF del 12/11/2024

Eluato in acqua 24 ore

Parametro	*U.M.*	*Risultati*	*Incertezza di misura* (1)	*Limiti* (2)			*LoQ* (3)	*Metodi di analisi*	*Data analisi*	*Note*
				Rifiuti inerti	*Rifiuti non pericolosi*	*Rifiuti pericolosi*				
Residuo secco a 105°C	%	97,8	± 0,4	-	> 25	> 25	-	ISO 11465:1993/Cor.1:1994	14/11/2024	
Bario (Ba)	mg/l	< 0,05	-	2	10	30	0,05	UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6020B 2014	22/11/2024	
Rame (Cu)	mg/l	0,018	± 0,003	0,2	5	10	0,005	UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6020B 2014	22/11/2024	
Zinco (Zn)	mg/l	< 0,05	-	0,4	5	20	0,05	UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6020B 2014	22/11/2024	
Nichel (Ni)	mg/l	< 0,001	-	0,04	1	4	0,001	UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6020B 2014	22/11/2024	
Arsenico (As)	mg/l	< 0,001	-	0,05	0,2	2,5	0,001	UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6020B 2014	22/11/2024	
Cadmio (Cd)	mg/l	< 0,0005	-	0,004	0,1	0,5	0,0005	UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6020B 2014	22/11/2024	
Cromo totale (Cr)	mg/l	< 0,005	-	0,05	1	7	0,005	UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6020B 2014	22/11/2024	
Piombo (Pb)	mg/l	< 0,001	-	0,05	1	5	0,001	UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6020B 2014	22/11/2024	
Selenio (Se)	mg/l	< 0,001	-	0,01	0,05	0,7	0,001	UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6020B 2014	22/11/2024	
Mercurio (Hg)	mg/l	< 0,0001	-	0,001	0,02	0,2	0,0001	UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6020B 2014	22/11/2024	
Molibdeno (Mo)	mg/l	0,0013	± 0,0002	0,05	1	3	0,001	UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6020B 2014	22/11/2024	
Antimonio (Sb)	mg/l	0,0008	± 0,0001	0,006	0,07	0,5	0,0005	UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6020B 2014	22/11/2024	
Cloruri	mg/l	0,29	± 0,03	80	2500	2500	0,1	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009	22/11/2024	
Fluoruri	mg/l	0,62	± 0,11	1	15	50	0,1	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009	22/11/2024	
Solfati	mg/l	1,69	± 0,08	100	5000	5000	0,1	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009	22/11/2024	
Indice di fenolo	mg/l	< 0,05	-	0,1	-	-	0,05	APAT CNR IRSA 5070 Met. A2 Man 29 2003	22/11/2024	NA
DOC	mg/l	< 2	-	50	100	100	2	APAT CNR IRSA 5040 Man 29 2003	22/11/2024	NA
TDS	mg/l	2163,0	-	400	10000	10000	-	APAT CNR IRSA 2090 Met. B Man 29 2003	22/11/2024	NA
pH	UpH	7,89	± 0,05	-	-	-	-	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10523:2012	22/11/2024	
Conducibilità	µS/cm	147,0	± 23,5	-	-	-	-	APAT CNR IRSA 2030 Man 29 2003	22/11/2024	
Temperatura	°C	25,0	± 0,1	-	-	-	-	APAT CNR IRSA 2100 Man 29 2003	22/11/2024	

1 Incertezza estesa espressa con gradi di libertà=9 fattore di copertura k = 2, livello di fiducia 95%
2 I limiti presi a riferimento sono riportati nel D.lgs n. 36/2003 e.m. dal D.Lgs. n. 121/2020
3 LoQ (limite di quantificazione)
Il risultato preceduto dal simbolo "<" indica un valore inferiore a LoQ (limite inferiore di quantificazione)
NA Prova non accreditata da Accredia

Fine rapporto di prova

Note: Vedere "Osservazioni al Rapporto di prova n. 13521.43.90 del 22/11/2024"

È vietata la riproduzione parziale di questo documento, senza autorizzazione scritta della Tecno Piemonte.

Sede Amministrativa
Statale Valsesia, 20
13035 Lenta (Vc)
Tel. +39-0163.885.111
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 1
Statale Valsesia, 20
13035 Lenta (Vc)
Tel. +39-0163.885.111
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 2
Via Ponte Romano, 228-230
11027 Saint-Vincent (Ao)
Tel. +39-0166.537.780
Fax +39-0166.510.914

Sede legale
Via Carlo Pizzorno, 12
28078 Romagnano Sesia (No)
tecnopiemonte@tecnopiemonte.com
www.tecnopiemonte.com

002 - F
P. IVA 00590090031 - R.E.A. NO 136553 - CAP. SOC. a 2.400.000,00 I.V. - TRIB. NO 7192

TECNO PIEMONTE S.p.A.
apave
CENTRO PROVE - RICERCHE - AMBIENTE - SERVIZI PER L'INGEGNERIA
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
ART. 59 comma 2 lettere a-c-c bis - D.P.R. 380/01 - MATERIALI DA COSTRUZIONE
GEOTECNICA TERRE E ROCCE - STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI Settori A e B
MARCATURA CE ORGANISMO NOTIFICATO N. 1372
1981 - 2021 40° Anniversario

OSSERVAZIONI AL RAPPORTO DI PROVA N. 13521.43.90 DEL 22/11/2024

OSSERVAZIONI PRELIMINARI

I parametri determinati sono stati scelti in base alla tipologia del rifiuto ed al processo produttivo che ha generato il rifiuto, con il fine di ricercare sostanze pericolose pertinenti.

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

Terreno

Classificazione in base al Decreto Legislativo n. 152 del 03/04/2006 e dell'integrazione nella normativa italiana della Classificazione in base al Regolamento 1357/2014 e alla Decisione 2014/955 Ue.

Con riferimento ai codici da HP3 a HP8 ed ai codici HP10, HP11, HP13 e HP14, visti i risultati analitici rilevati sulla frazione di campione analizzata, relativamente ai parametri richiesti e per i soli parametri analizzati, si ritiene che il rifiuto sia

Non Pericoloso

In quanto non presenta una o più caratteristiche di pericolo così come definite dal Regolamento n. 1357/2014:

L'attribuzione delle caratteristiche di pericolo Irritante, Tossico per organi bersaglio, Tossico acuto, Cancerogeno, Corrosivo, Tossico per la riproduzione, Mutageno, Sensibilizzante è effettuata secondo i criteri stabiliti nel Regolamento (UE) n. 1357/2014 del 18 dicembre 2014 che sostituisce l'allegato III della direttiva 2008/98/CE.
L'attribuzione della caratteristica di non pericoloso HP14, Ecotossico è stata effettuata in base al regolamento 8 Giugno 2017 n. 2017/997/UE.
Vista la decisione 2014/955 Ue sono state applicate le note contenute nell'allegato VI del regolamento (CE) n. 1272/2008.
Il giudizio di conformità si riferisce ai parametri analizzati e si basa sul confronto del valore con i valori di riferimento senza considerare l'incertezza della misura, senza considerare i recuperi, applicando il criterio del lower bound per le sommatorie.

Per i metalli, al fine di determinare i codici di indicazione di pericolo, dei composti responsabili della loro presenza, sono stati considerati, ove presenti, i rispettivi composti generici, o in assenza di tale voce, si è applicato il principio di precauzione.

Il codice CER attribuito dal Produttore è il seguente:

C.E.R: 17 05 04 terra e rocce, diverse da quelle di cui alla voce 17 05 03

È vietata la riproduzione parziale di questo documento, senza autorizzazione scritta della Tecno Piemonte.

Sede Amministrativa
Statale Valsesia, 20
13035 Lenta (Vc)
Tel. +39-0163.885.111
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 1
Statale Valsesia, 20
13035 Lenta (Vc)
Tel. +39-0163.885.111
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 2
Via Ponte Romano, 228-230
11027 Saint-Vincent (Ao)
Tel. +39-0166.537.760
Fax +39-0166.510.914

Sede legale
Via Carlo Pizzorno, 12
28078 Romagnano Sesia (No)
tecnopiemonte@tecnopiemonte.com
www.tecnopiemonte.com

P. IVA 00590090031 - R.E.A. NO 136553 - CAP. SOC. a 2.400.000,00 I.V. - TRIB. NO 7192

002 - F

TECNO PIEMONTE S.p.A.
opave
CENTRO PROVE - RICERCHE - AMBIENTE - SERVIZI PER L'INGEGNERIA
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
ART. 59 comma 2 lettere a-c-c bis - D.P.R. 380/01 - MATERIALI DA COSTRUZIONE
GEOTECNICA TERRE E ROCCE - STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI Settori A e B
MARCATURA CE ORGANISMO NOTIFICATO N. 1372
1981 - 2021 40° Anniversario

OSSERVAZIONI AL RAPPORTO DI PROVA N. 13521.43.90 DEL 22/11/2024

IDENTIFICAZIONE DELLA DISCARICA IN CUI IL RIFIUTO PUO' ESSERE CONFERITO (D.Lgs. 13/01/2003 n.36 e s.m.i., D.Lgs 03/09/2020, n. 121).

I valori dei parametri analizzati risultano inferiori ai rispettivi limiti nell'eluato acquoso riportati nella Tabella 5, dell'Allegato 4 del D.Lgs. 3 settembre 2020, n. 121 per i rifiuti non pericolosi.

Il rifiuto risulta pertanto conferibile in discarica per rifiuti **NON PERICOLOSI**.

È vietata la riproduzione parziale di questo documento, senza autorizzazione scritta della Tecno Piemonte.

Sede Amministrativa
Statale Valsesia, 20
13035 Lenta (Vc)
Tel. +39-0163.885.111
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 1
Statale Valsesia, 20
13035 Lenta (Vc)
Tel. +39-0163.885.111
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 2
Via Ponte Romano, 228-230
11027 Saint-Vincent (Ao)
Tel. +39-0166.537.780
Fax +39-0166.510.914

Sede legale
Via Carlo Pizzorno, 12
28078 Romagnano Sesia (No)
tecnopiemonte@tecnopiemonte.com
www.tecnopiemonte.com

P. IVA 00590090031 - R.E.A. NO 136553 - CAP. SOC. a 2.400.000,00 i.V. - TRIB. NO 7192

002 - F

Allegato: prova MASW 1

Sito: Riva Ligure (IM)
Data: 30-10-2024
Stesa sismica S1 – Lunghezza 36 metri (distanza geofoni 1,5 metri)
Acquisizione di ritorno
Redatto da MASW
(c) Vitantonio Roma. All rights reserved.

1 - Dati sperimentali

Nome del file delle tracce .....E:\Relazioni\Marco Abbo\riva ligure 30-10-2024\riva 30102024\s1 36 metri\ritorno\2024-10-30_10-40-43_01000_00400_024_Acq v2.drm
Numero di ricevitori.....24
Numero di campioni temporali 4000
Passo temporale di acquisizione 1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 3999ms
I ricevitori sono invertiti (l'ultimo ricevitore nel file è il primo per l'analisi)

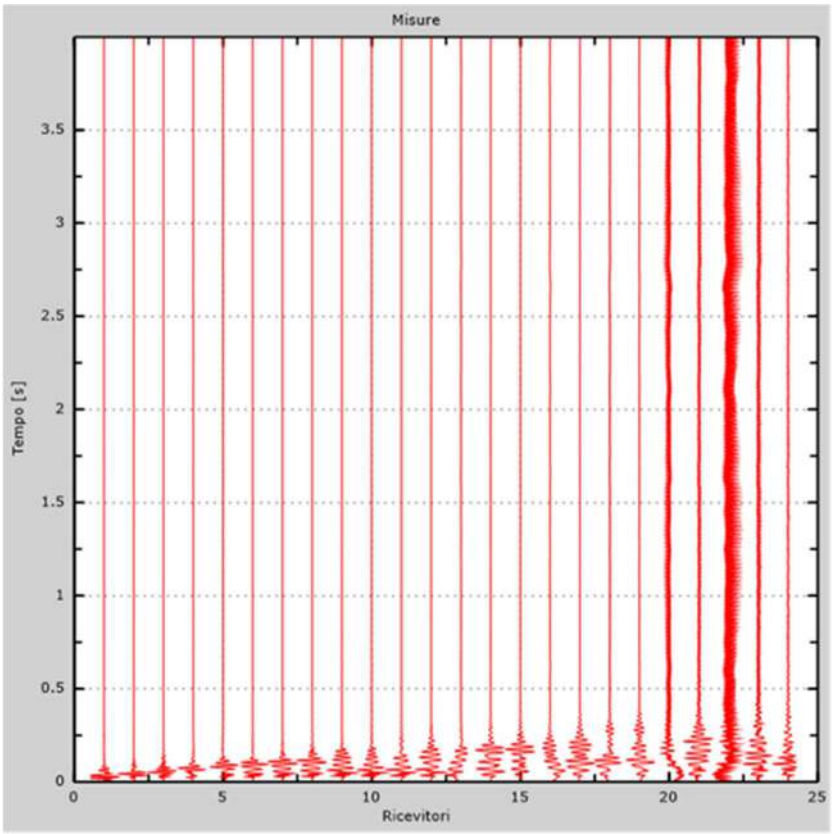


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale.....70Hz
Frequenza iniziale.....2Hz

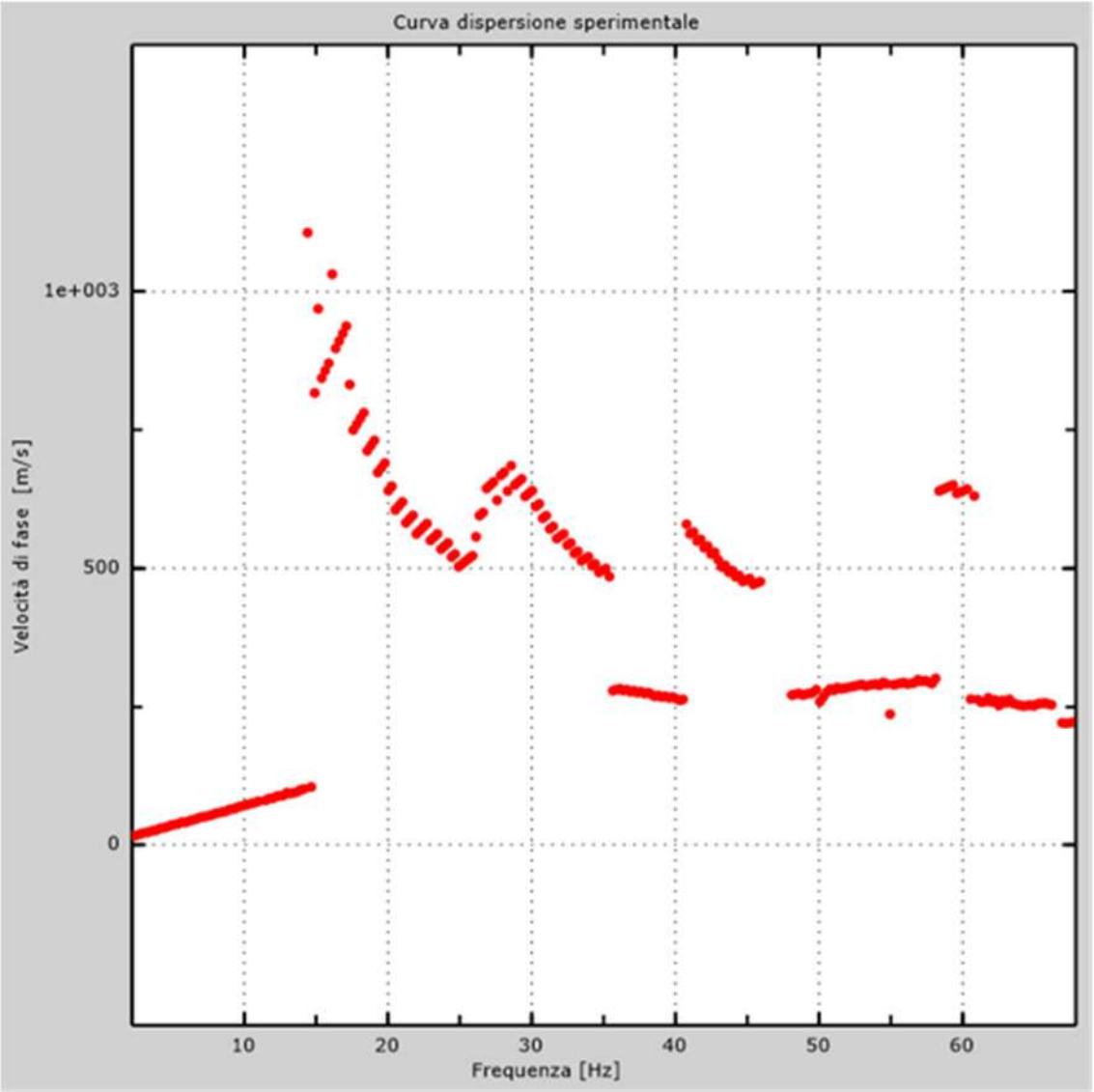


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Curva di dispersione

Tabella 1:Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
18.1661	753.186	743.007	763.365
20.1967	661.577	646.308	676.845
22.3289	577.601	549.61	605.593
25.3748	559.788	529.252	590.325
34.3095	491.081	447.821	534.341
44.8688	452.911	376.57	529.252
56.951	305.318	221.343	389.293

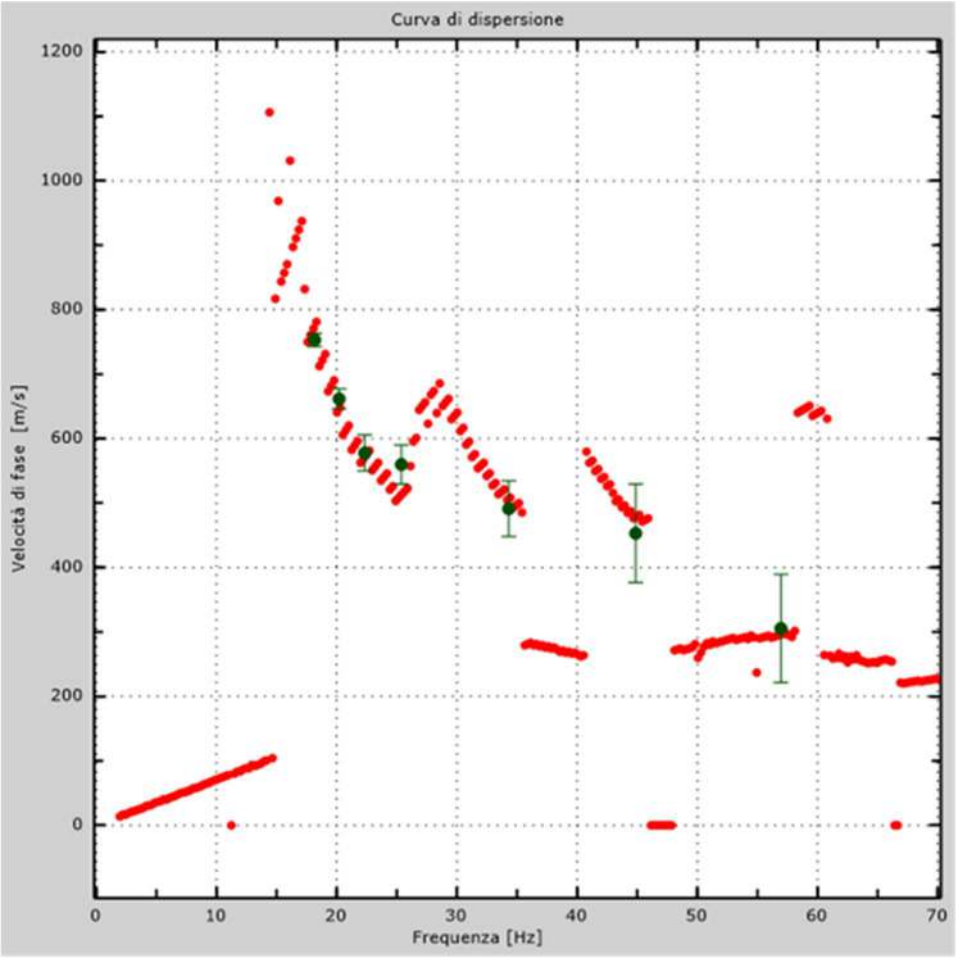


Figura 3: Curva di dispersione

4 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio)..... 9
Spaziatura ricevitori [m]..... 1.5m
Numero ricevitori 24
Numero modi..... 1

Strato 1

h [m] 1.8
z [m] ..... -1.8
Densità [kg/m^3] 1800
Poisson..... 0.2
Vs [m/s] 200.25
Vp [m/s]..... 327.01
Vs min [m/s]..... 169.62
Vs max [m/s] 300.375000
Vs fin.[m/s]..... 200.250

Strato 2

h [m] 2
z [m] ..... -3.8
Densità [kg/m^3] 2500
Poisson..... 0.36
Vs [m/s] 701.56
Vp [m/s]..... 1500.00
Vs min [m/s]..... 251.62
Vs max [m/s] 1052.340000
Vs fin.[m/s]..... 701.560

Strato 3

h [m] 3.2
z [m] ..... -7
Densità [kg/m^3] 2500
Poisson..... 0.36
Vs [m/s] 865.26
Vp [m/s]..... 1850.00
Vs min [m/s]..... 272.82
Vs max [m/s] 1297.890000
Vs fin.[m/s]..... 865.260

Strato 4

h [m] 4
z [m] ..... -11
Densità [kg/m^3] 2500

Poisson..... 0.36
Vs [m/s] 809.13
Vp [m/s]..... 1729.99
Vs min [m/s]..... 320.89
Vs max [m/s] 1213.695000
Vs fin.[m/s]..... 809.130

Strato 5

h [m] 4
z [m] ..... -15
Densità [kg/m^3] 2500
Poisson..... 0.36
Vs [m/s] 804.46
Vp [m/s]..... 1720.01
Vs min [m/s]..... 367.54
Vs max [m/s] 1206.690000
Vs fin.[m/s]..... 804.460

Strato 6

h [m] 5
z [m] ..... -20
Densità [kg/m^3] 2500
Poisson..... 0.36
Vs [m/s] 836.87
Vp [m/s]..... 1789.30
Vs min [m/s]..... 418.44
Vs max [m/s] 1673.75
Vs fin.[m/s]..... 836.870

Strato 7

h [m] 5
z [m] ..... -25
Densità [kg/m^3] 2500
Poisson..... 0.36
Vs [m/s] 836.87
Vp [m/s]..... 1789.30
Vs min [m/s]..... 418.44
Vs max [m/s] 1673.75
Vs fin.[m/s]..... 836.870

Strato 8

h [m] 6
z [m] ..... -31

Densità [kg/m^3] 2500
Poisson..... 0.36
Vs [m/s] 836.87
Vp [m/s]..... 1789.30
Vs min [m/s]..... 418.44
Vs max [m/s] 1673.75
Vs fin.[m/s]..... 836.870

Strato 9

h [m] 0
z [m] ..... -oo
Densità [kg/m^3] 2500
Poisson..... 0.36
Vs [m/s] 1500
Vp [m/s]..... 3207.13
Vs min [m/s]..... 418.44
Vs max [m/s] 2250.000000
Vs fin.[m/s]..... 1500.000

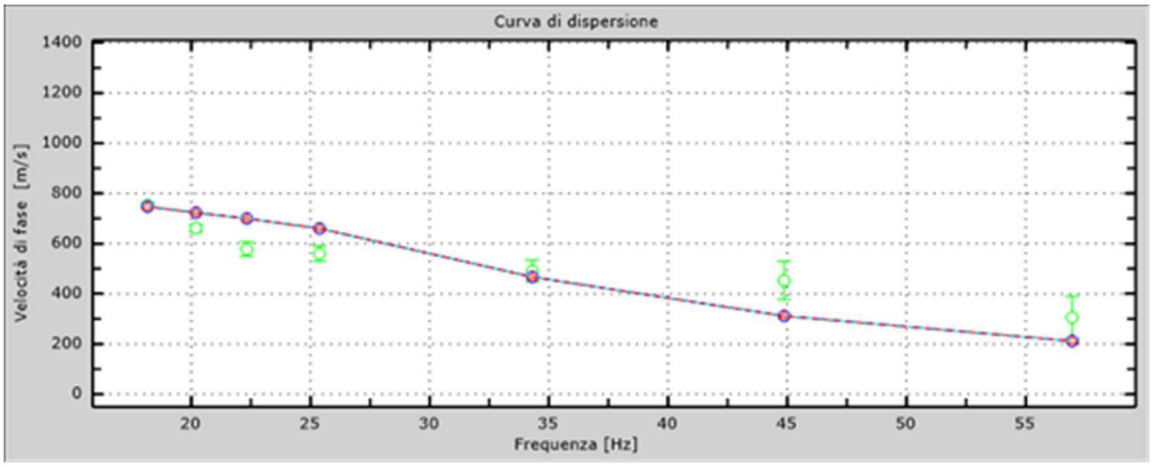


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigth (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso).

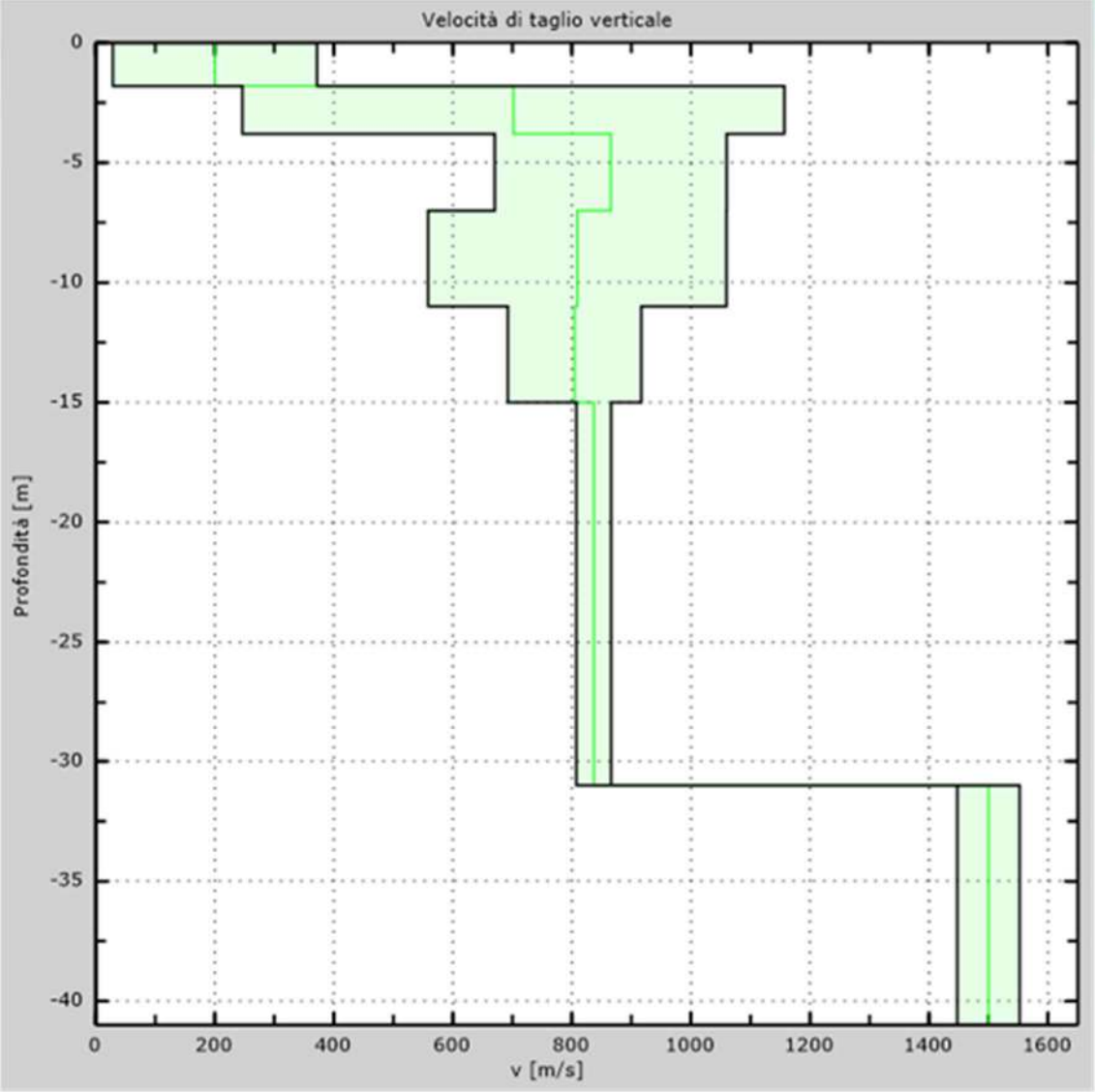


Figura 5: Profilo Vs numerico

5 - Risultati finali

Offset [m] 0
Vs30 (NTC 2008) [m/s] 691
Vsequivalenti (NTC 2018) [m/s]..... 321

Allegato: prova MASW 2

Sito: Riva Ligure (IM)
Data: 30-10-2024
Stesa sismica S2 – Lunghezza 36 metri (distanza geofoni 1,5 metri)
Acquisizione di ritorno
Redatto da MASW
(c) Vitantonio Roma. All rights reserved.

1 - Dati sperimentali

Nome del file delle tracce .....E:\Relazioni\Marco Abbo\riva ligure 30-10-2024\riva 30102024\s2 36 metri\ritorno\2024-10-30_12-07-20_01000_00500_024_Acq v2.drm
Numero di ricevitori.....24
Numero di campioni temporali 5000
Passo temporale di acquisizione 1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 4999ms
I ricevitori sono invertiti (l'ultimo ricevitore nel file è il primo per l'analisi)

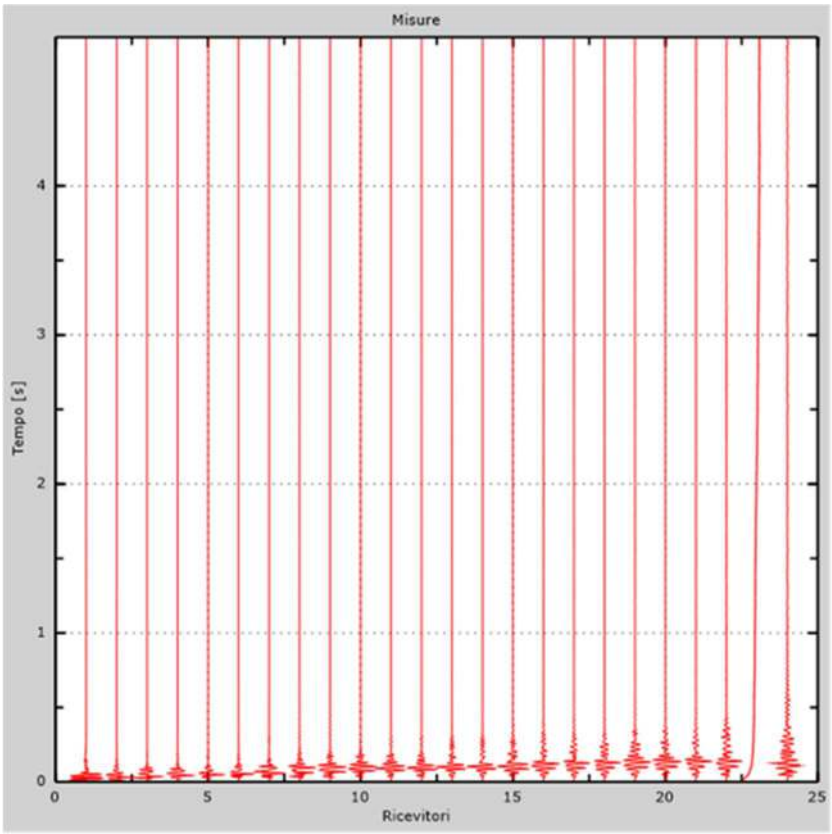


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale.....70Hz
Frequenza iniziale.....2Hz

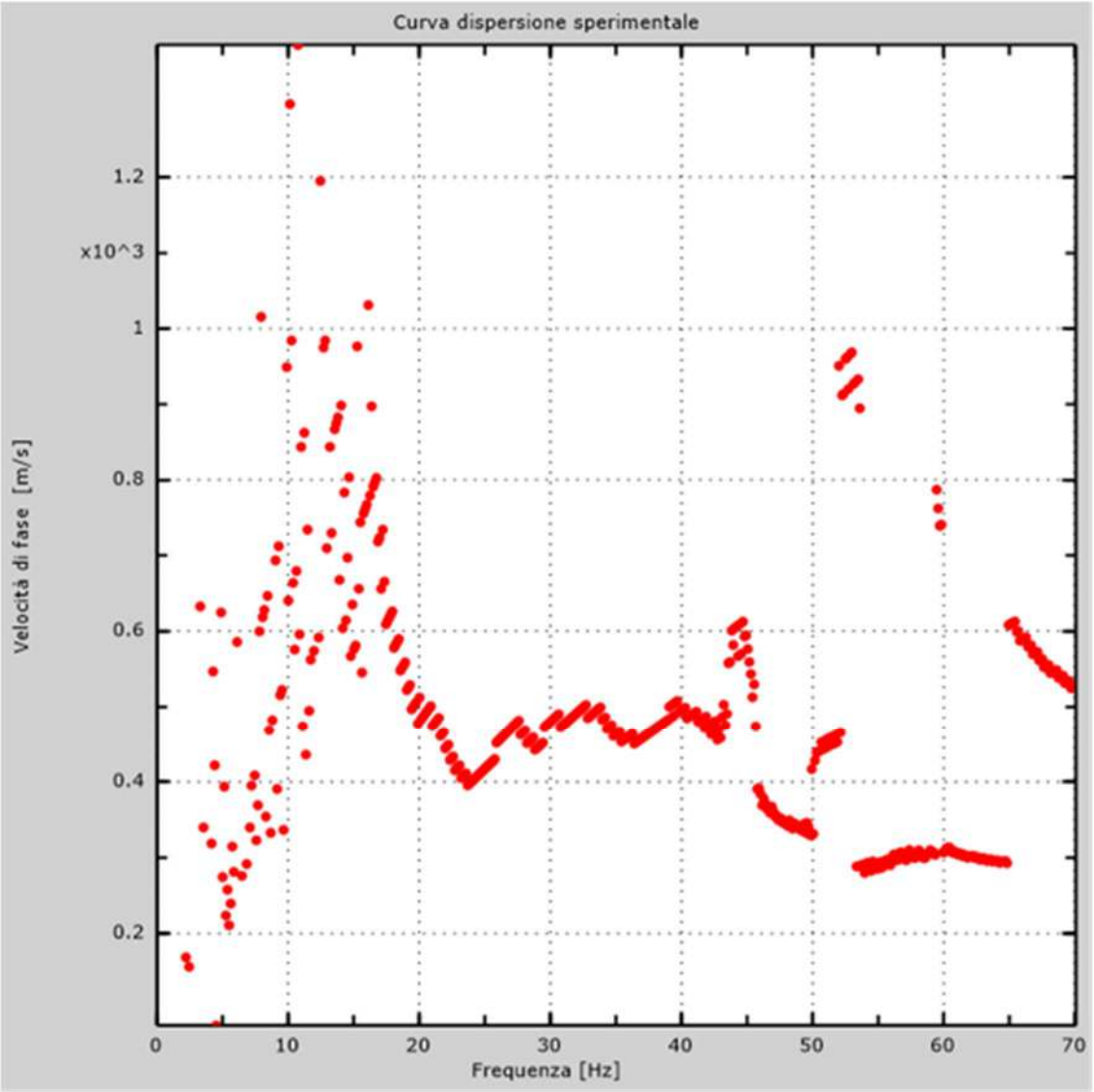


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Curva di dispersione

Tabella 1:Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
15.5276	908.898	903.336	914.459
16.7333	692.001	678.097	705.904
19.0443	558.526	541.841	575.21
21.8577	475.104	452.858	497.35
26.7812	458.419	438.954	477.885
35.1209	447.297	422.27	472.323
44.0635	408.366	380.559	436.174

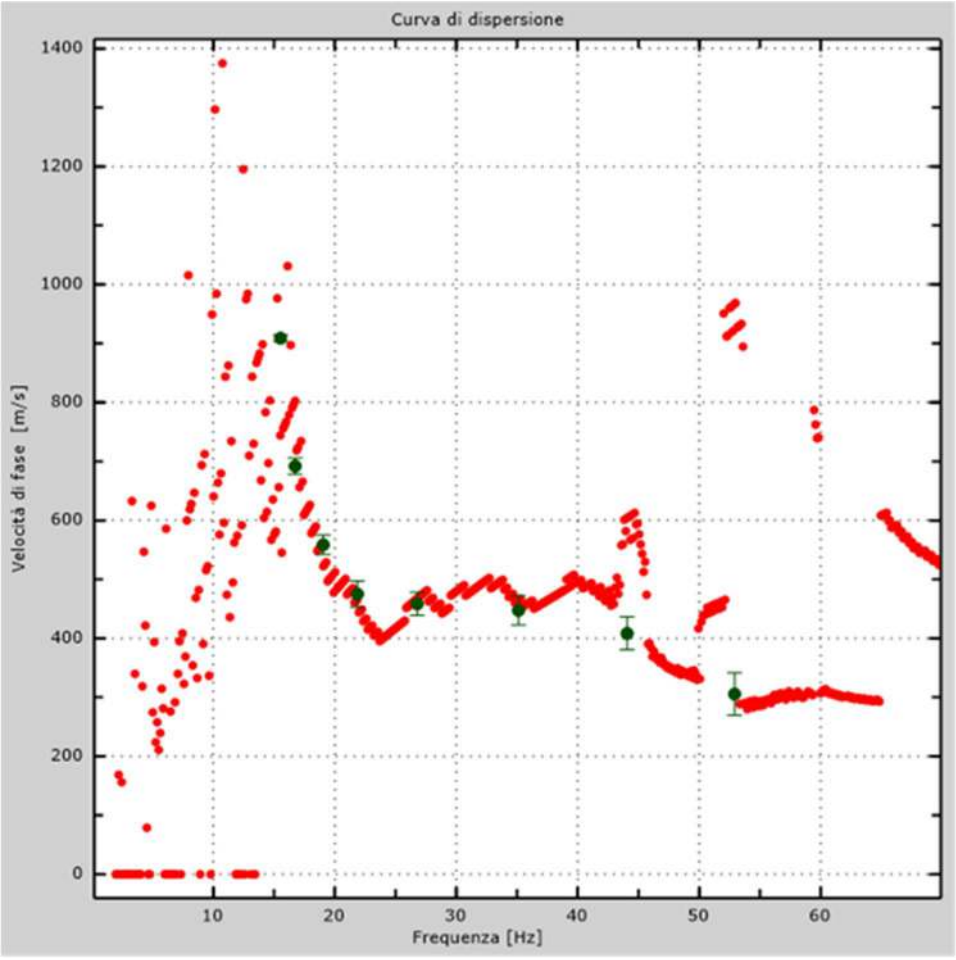


Figura 3: Curva di dispersione

4 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio)..... 9
Spaziatura ricevitori [m]..... 1.5m
Numero ricevitori 24
Numero modi..... 1

Strato 1

h [m] 1
z [m] ..... -1
Densità [kg/m^3] 1800
Poisson..... 0.2
Vs [m/s] 197.80
Vp [m/s]..... 323.01
Vs min [m/s]..... 169.71
Vs max [m/s] 296.700000
Vs fin.[m/s]..... 197.800

Strato 2

h [m] 6.5
z [m] ..... -7.5
Densità [kg/m^3] 2500
Poisson..... 0.36
Vs [m/s] 384.92
Vp [m/s]..... 822.99
Vs min [m/s]..... 226.87
Vs max [m/s] 577.380000
Vs fin.[m/s]..... 384.920

Strato 3

h [m] 3
z [m] ..... -10.5
Densità [kg/m^3] 2500
Poisson..... 0.36
Vs [m/s] 935.41
Vp [m/s]..... 1999.99
Vs min [m/s]..... 254.68
Vs max [m/s] 1403.115000
Vs fin.[m/s]..... 935.410

Strato 4

h [m] 4.5
z [m] ..... -15
Densità [kg/m^3] 2500

Poisson..... 0.36
Vs [m/s] 890
Vp [m/s]..... 1902.90
Vs min [m/s]..... 263.95
Vs max [m/s] 1335.000000
Vs fin.[m/s]..... 890.000

Strato 5

h [m] 4
z [m] ..... -19
Densità [kg/m^3] 2500
Poisson..... 0.36
Vs [m/s] 895
Vp [m/s]..... 1913.59
Vs min [m/s]..... 310.29
Vs max [m/s] 1342.500000
Vs fin.[m/s]..... 895.000

Strato 6

h [m] 5
z [m] ..... -24
Densità [kg/m^3] 2500
Poisson..... 0.36
Vs [m/s] 900
Vp [m/s]..... 1924.28
Vs min [m/s]..... 384.44
Vs max [m/s] 1350.000000
Vs fin.[m/s]..... 900.000

Strato 7

h [m] 5
z [m] ..... -29
Densità [kg/m^3] 2500
Poisson..... 0.36
Vs [m/s] 1050
Vp [m/s]..... 2244.99
Vs min [m/s]..... 504.94
Vs max [m/s] 1575.000000
Vs fin.[m/s]..... 1050.000

Strato 8

h [m] 6
z [m] ..... -35

Densità [kg/m^3] 2500
Poisson..... 0.36
Vs [m/s] 1350
Vp [m/s]..... 2886.42
Vs min [m/s]..... 504.94
Vs max [m/s] 2025.000000
Vs fin.[m/s]..... 1350.000

Strato 9

h [m] 0
z [m] ..... -oo
Densità [kg/m^3] 2500
Poisson..... 0.36
Vs [m/s] 1450
Vp [m/s]..... 3100.23
Vs min [m/s]..... 504.94
Vs max [m/s] 2175.000000
Vs fin.[m/s]..... 1450.000

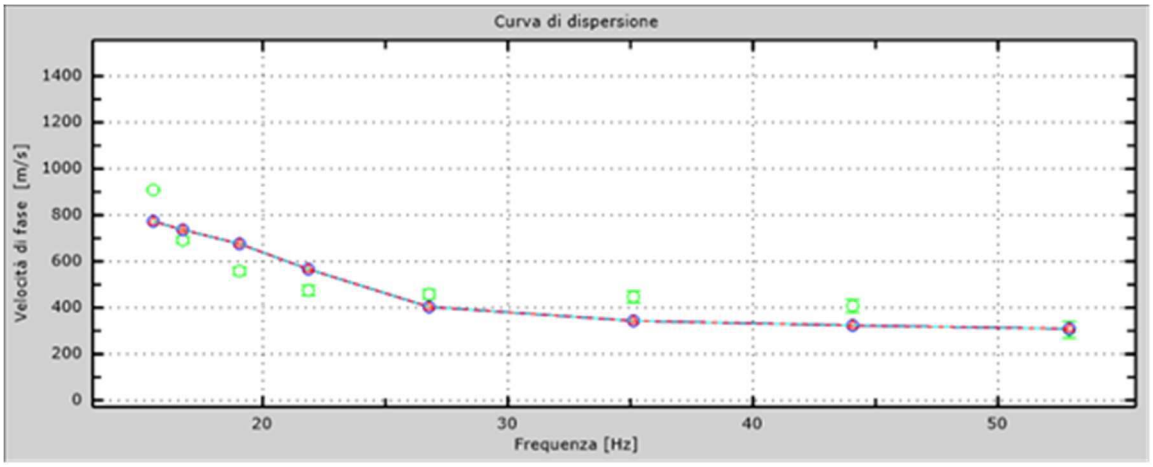


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigth (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso).

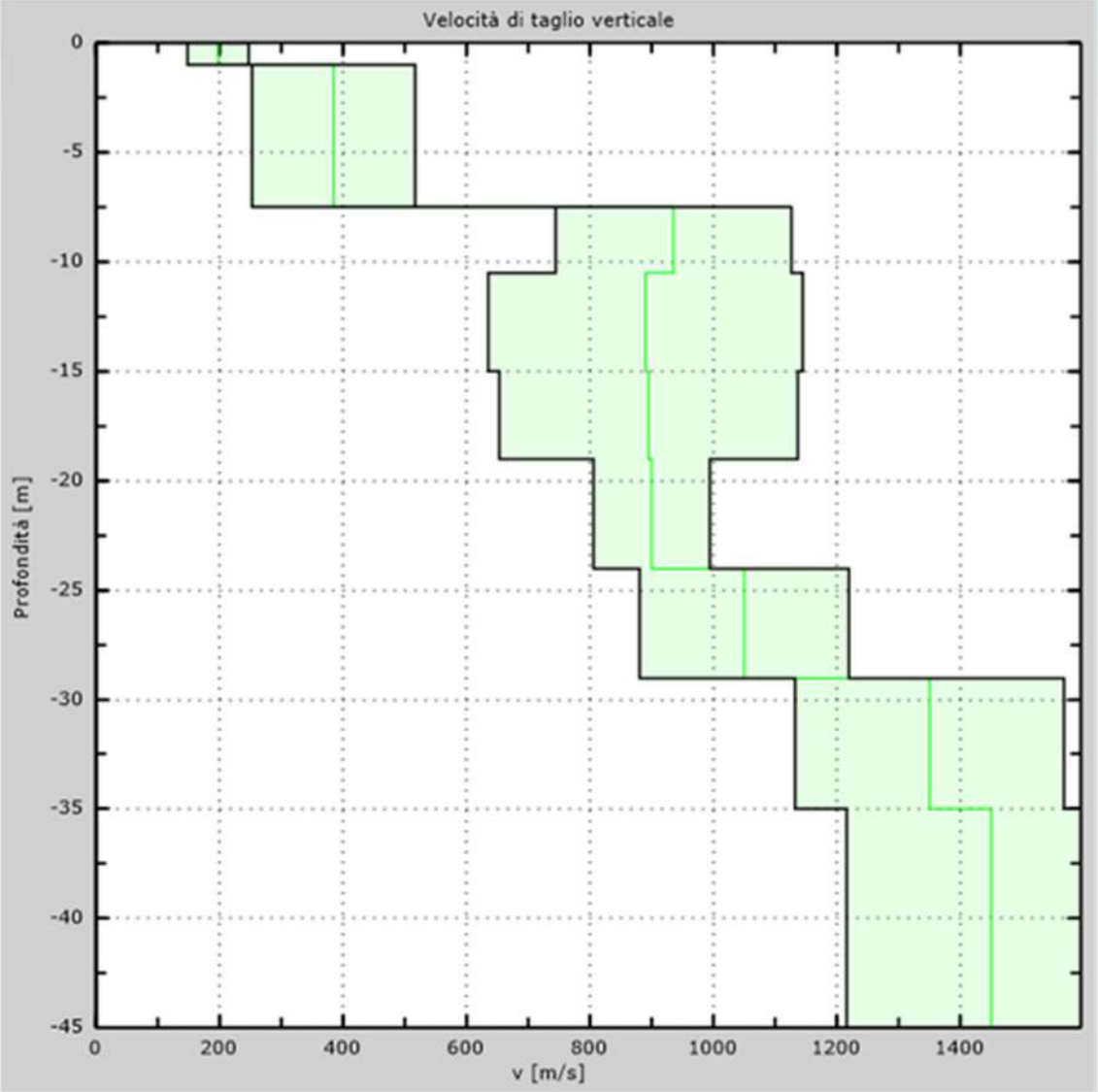


Figura 5: Profilo Vs numerico

5 - Risultati finali

Offset [m] 0
Vs30 (NTC 2008) [m/s] 656
Vsequivalenti (NTC 2018) [m/s]..... 342

Allegato: analisi di portanza

DATI GENERALI
==========
Normativa NTC 2018
Larghezza fondazione 1.5 m
Lunghezza fondazione 10.0 m
Profondità piano di posa 2.4 m
Profondità falda 1.5
Sottofondazione...Sporgenza, Altezza 0.1/0.1 m
==========

SISMA
==========
Accelerazione massima (amax/g) 0.031
Effetto sismico secondo Paolucci, Pecker (1997)
Coefficiente sismico orizzontale 0.0062
==========

Coefficienti sismici [N.T.C.]
==========
Dati generali
Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
Classe d'uso: Classe II
Vita nominale: 50.0 [anni]
Vita di riferimento: 50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento
Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.255	2.569	0.184
S.L.D.	50.0	0.373	2.628	0.207
S.L.V.	475.0	1.442	2.433	0.289
S.L.C.	975.0	1.942	2.473	0.305

Coefficienti sismici orizzontali e verticali
Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.306	0.2	0.0062	0.0031
S.L.D.	0.4476	0.2	0.0091	0.0046
S.L.V.	1.7304	0.24	0.0424	0.0212
S.L.C.	2.3304	0.24	0.057	0.0285

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [Kg/m³]	Peso unità di volume saturo [Kg/m³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [Kg/cm²]	Coesione non drenata [Kg/cm²]	Modulo Elastico [Kg/cm²]	Modulo Edometrico [Kg/cm²]	Poisson	Coeff. consoliaz. primaria [cmq/s]	Coeff. consolidazione secondaria	Descrizione
2.0	1800.0	2000.0	32.0	0.0	0.0	200.0	0.0	0.2	0.0	0.0	riporti
4.0	2200.0	2300.0	35.0	0.25	0.0	2000.0	0.0	0.4	0.0	0.0	cappellaccio alterazione
4.0	2550.0	2600.0	35.0	0.4	0.0	5000.0	0.0	0.3	0.0	0.0	substrato alterato

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [Kg/cm²]	N [Kg]	Mx [Kg·m]	My [Kg·m]	Hx [Kg]	Hy [Kg]	Tipo
1	A1+M1+R3	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	SISMA	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef.Rid. Capacità portante orizzontale
1	Si	1	1	1	1	1	1.8	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	1.8	1.1
3	Si	1	1	1	1	1	1.8	1
4	Si	1	1	1	1	1	1.8	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3
Autore: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult] 29.18 Kg/cm²
Resistenza di progetto[Rd] 16.21 Kg/cm²
Tensione [Ed] 1.0 Kg/cm²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] 29.18
Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)
Costante di Winkler 11.67 Kg/cm³

A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)
==========

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO
==========
Peso unità di volume 2200.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo 2300.0 Kg/m³
Angolo di attrito 35.0 °
Coesione 0.25 Kg/cm²
==========
Fattore [Nq] 33.3
Fattore [Nc] 46.12
Fattore [Ng] 33.92
Fattore forma [Sc] 1.12
Fattore profondità [Dc] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc] 1.0
Fattore inclinazione base [Bc] 1.0
Fattore forma [Sq] 1.12
Fattore profondità [Dq] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq] 1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq] 1.0
Fattore inclinazione base [Bq] 1.0
Fattore forma [Sg] 0.93
Fattore profondità [Dg] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig] 1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg] 1.0
Fattore inclinazione base [Bg] 1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 0.96
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 0.97
==========
Carico limite 29.18 Kg/cm²
Resistenza di progetto 16.21 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata
==========

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)
==========

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO
==========
Peso unità di volume 2200.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo 2300.0 Kg/m³
Angolo di attrito 35.0 °
Coesione 0.25 Kg/cm²
==========

Fattore [Nq] 41.44
Fattore [Nc] 57.75
Fattore [Ng] 42.43
Fattore forma [Sc] 1.0
Fattore forma [Sg] 1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 0.96
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 0.97
==========
Carico limite 33.32 Kg/cm²
Resistenza di progetto 18.51 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata
==========

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)
==========

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO
==========
Peso unità di volume 2200.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo 2300.0 Kg/m³
Angolo di attrito 35.0 °
Coesione 0.25 Kg/cm²
==========
Fattore [Nq] 33.3
Fattore [Nc] 46.12
Fattore [Ng] 37.15
Fattore forma [Sc] 1.12
Fattore profondità [Dc] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0
Fattore forma [Sq] 1.06
Fattore profondità [Dq] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq] 1.0
Fattore forma [Sg] 1.06
Fattore profondità [Dg] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig] 1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 0.96
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 0.97
==========
Carico limite 29.38 Kg/cm²
Resistenza di progetto 16.32 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata
==========

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)
==========

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

==========
Peso unità di volume 2200.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo 2300.0 Kg/m³
Angolo di attrito 35.0 °
Coesione 0.25 Kg/cm²
==========
Fattore [Nq] 33.3
Fattore [Nc] 46.12
Fattore [Ng] 48.03
Fattore forma [Sc] 1.12
Fattore profondità [Dc] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc] 1.0
Fattore inclinazione base [Bc] 1.0
Fattore forma [Sq] 1.12
Fattore profondità [Dq] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq] 1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq] 1.0
Fattore inclinazione base [Bq] 1.0
Fattore forma [Sg] 0.93
Fattore profondità [Dg] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig] 1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg] 1.0
Fattore inclinazione base [Bg] 1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 0.96
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 0.97
==========
Carico limite 30.57 Kg/cm²
Resistenza di progetto 16.98 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata
==========

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)
==========

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO
==========
Peso unità di volume 2200.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo 2300.0 Kg/m³
Angolo di attrito 35.0 °
Coesione 0.25 Kg/cm²
==========
Fattore [Nq] 33.3
Fattore [Nc] 46.12
Fattore [Ng] 45.23
Fattore forma [Sc] 1.1
Fattore profondità [Dc] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc] 1.0

Fattore inclinazione base [Bc] 1.0
Fattore forma [Sq] 1.1
Fattore profondità [Dq] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq] 1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq] 1.0
Fattore inclinazione base [Bq] 1.0
Fattore forma [Sg] 0.95
Fattore profondità [Dg] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig] 1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg] 1.0
Fattore inclinazione base [Bg] 1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 0.96
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 0.97
==========
Carico limite 29.88 Kg/cm²
Resistenza di progetto 16.6 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata
==========

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione drenata)
==========
Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1
Fattore [Nq] 33.3
Fattore [Nc] 46.12
Fattore [Ng] 10.18

Fattori di capacità portante strato 2
Fattore [Nq] 33.3
Fattore [Nc] 46.12
Fattore [Ng] 10.18

Carico limite strato 2 (qb) 68.93 Kg/cm²
Carico limite strato 1 (qt) 33.13 Kg/cm²

Incremento carico limite strato 1 26.48 Kg/cm²
Coefficiente di punzonamento (ks) 8.14
Rapporto (q1/q2) 1.54
==========
Carico limite 33.13 Kg/cm²
Resistenza di progetto 18.41 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata
==========

SISMA

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

==========

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO
==========
Peso unità di volume 2200.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo 2300.0 Kg/m³
Angolo di attrito 35.0 °
Coesione 0.25 Kg/cm²
==========
Fattore [Nq] 33.3
Fattore [Nc] 46.12
Fattore [Ng] 33.92
Fattore forma [Sc] 1.12
Fattore profondità [Dc] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc] 1.0
Fattore inclinazione base [Bc] 1.0
Fattore forma [Sq] 1.12
Fattore profondità [Dq] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq] 1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq] 1.0
Fattore inclinazione base [Bq] 1.0
Fattore forma [Sg] 0.93
Fattore profondità [Dg] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig] 1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg] 1.0
Fattore inclinazione base [Bg] 1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 0.96
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 0.97
==========
Carico limite 29.18 Kg/cm²
Resistenza di progetto 16.21 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata
==========

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)
==========

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO
==========
Peso unità di volume 2200.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo 2300.0 Kg/m³
Angolo di attrito 35.0 °
Coesione 0.25 Kg/cm²
==========
Fattore [Nq] 41.44
Fattore [Nc] 57.75
Fattore [Ng] 42.43
Fattore forma [Sc] 1.0

Fattore forma [Sg] 1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 0.96
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 0.97
==========
Carico limite 33.32 Kg/cm²
Resistenza di progetto 18.51 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata
==========

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)
==========

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO
==========
Peso unità di volume 2200.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo 2300.0 Kg/m³
Angolo di attrito 35.0 °
Coesione 0.25 Kg/cm²
==========
Fattore [Nq] 33.3
Fattore [Nc] 46.12
Fattore [Ng] 37.15
Fattore forma [Sc] 1.12
Fattore profondità [Dc] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0
Fattore forma [Sq] 1.06
Fattore profondità [Dq] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq] 1.0
Fattore forma [Sg] 1.06
Fattore profondità [Dg] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig] 1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 0.96
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 0.97
==========
Carico limite 29.38 Kg/cm²
Resistenza di progetto 16.32 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata
==========

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)
==========

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO
==========
Peso unità di volume 2200.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo 2300.0 Kg/m³
Angolo di attrito 35.0 °

Coesione 0.25 Kg/cm²
==========
Fattore [Nq] 33.3
Fattore [Nc] 46.12
Fattore [Ng] 48.03
Fattore forma [Sc] 1.12
Fattore profondità [Dc] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc] 1.0
Fattore inclinazione base [Bc] 1.0
Fattore forma [Sq] 1.12
Fattore profondità [Dq] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq] 1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq] 1.0
Fattore inclinazione base [Bq] 1.0
Fattore forma [Sg] 0.93
Fattore profondità [Dg] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig] 1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg] 1.0
Fattore inclinazione base [Bg] 1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 0.96
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 0.97
==========
Carico limite 30.57 Kg/cm²
Resistenza di progetto 16.98 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata
==========

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)
==========

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO
==========
Peso unità di volume 2200.0 Kg/m³
Peso unità di volume saturo 2300.0 Kg/m³
Angolo di attrito 35.0 °
Coesione 0.25 Kg/cm²
==========
Fattore [Nq] 33.3
Fattore [Nc] 46.12
Fattore [Ng] 45.23
Fattore forma [Sc] 1.1
Fattore profondità [Dc] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc] 1.0
Fattore inclinazione base [Bc] 1.0
Fattore forma [Sq] 1.1
Fattore profondità [Dq] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq] 1.0

Fattore inclinazione pendio [Gq] 1.0
Fattore inclinazione base [Bq] 1.0
Fattore forma [Sg] 0.95
Fattore profondità [Dg] 1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig] 1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg] 1.0
Fattore inclinazione base [Bg] 1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 0.96
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 0.97
==========
Carico limite 29.88 Kg/cm²
Resistenza di progetto 16.6 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata
==========

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione drenata)
==========
Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1
Fattore [Nq] 33.3
Fattore [Nc] 46.12
Fattore [Ng] 10.18

Fattori di capacità portante strato 2
Fattore [Nq] 33.3
Fattore [Nc] 46.12
Fattore [Ng] 10.18

Carico limite strato 2 (qb) 68.93 Kg/cm²
Carico limite strato 1 (qt) 33.13 Kg/cm²

Incremento carico limite strato 1 26.48 Kg/cm²
Coefficiente di punzonamento (ks) 8.14
Rapporto (q1/q2) 1.54
==========
Carico limite 33.13 Kg/cm²
Resistenza di progetto 18.41 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata
==========

CEDIMENTI ELASTICI
==========
Pressione normale di progetto 1.0 Kg/cm²
Spessore strato 4.0 m
Profondità substrato roccioso 6.0 m
Modulo Elastico 450.0 Kg/cm²

Coefficiente di Poisson 0.3
==========
Coefficiente di influenza I1 0.53
Coefficiente di influenza I2 0.12
Coefficiente di influenza Is 0.6
==========
Cedimento al centro della fondazione 1.8 mm
==========
Coefficiente di influenza I1 0.31
Coefficiente di influenza I2 0.14
Coefficiente di influenza Is 0.39
Cedimento al bordo 0.58 mm
==========

CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE
==========
Pressione normale di progetto 1.0 Kg/cm²
Tempo 50.0
Profondità significativa Zi (m) 9.201
Media dei valori di Nspt all'interno di Zi 45
Fattore di forma fs 1.452
Fattore strato compressibile fh 1
Fattore tempo ft 1.544
Indice di compressibilità 0.008
Cedimento 1.816 mm
==========

VERIFICA A LIQUEFAZIONE - Metodo del C.N.R. - GNDT Da Seed e Idriss
==========
Svo: Pressione totale di confinamento; S'vo: Pressione efficace di confinamento; T: Tensione tangenziale ciclica; R: Resistenza terreno alla liquefazione; Fs: Coefficiente di sicurezza

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Nspt'	Svo (Kg/cm²)	S'vo (Kg/cm²)	T	R	Fs	Condizione:
2	6.00	50.00	55.196	1.290	0.840	0.028	169.201	6008.54	Livello non liquefacibile
3	10.00	100.00	77.984	2.330	1.480	0.027	1479.700	54875.24	Livello non liquefacibile

Allegato: analisi di stabilità fronte di scavo in sinistra

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

- File Name: fronte statico.slim
- Slide Modeler Version: 6.025
- Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
- Date Created: 11/09/2023, 17:27:14

General Settings

- Units of Measurement: Metric Units
- Time Units: days
- Permeability Units: meters/second
- Failure Direction: Left to Right
- Data Output: Standard
- Maximum Material Properties: 20
- Maximum Support Properties: 20

Design Standard

- Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)
- Name: fronte statico

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4

Weight density	1
Shear strength (other models)	1
Earth resistance	1.1
Tensile and plate strength	1.1
Shear strength	1.1
Compressive strength	1.1
Bond strength	1.1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Analysis Methods Used

- Bishop simplified
- GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
- Lowe-Karafiath

- Number of slices: 25
- Tolerance: 0.005
- Maximum number of iterations: 50
- Check malpha < 0.2: Yes
- Initial trial value of FS: 1
- Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m3
- Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

- Surface Type: Circular
- Search Method: Slope Search
- Number of Surfaces: 5000
- Upper Angle: Not Defined
- Lower Angle: Not Defined
- Composite Surfaces: Enabled
- Reverse Curvature: Invalid Surfaces
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined

Back Analysis

- Required Factor of Safety: 1.1
- Reinforcement Load Elevation: 42.1 m

Material Properties

Property	Coltri detritiche	Cappellaccio	Substrato
Color			
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	18	24	25
Saturated Unit Weight [kN/m3]	20	25	26
Cohesion [kPa]	0	25	40
Friction Angle [deg]	32	35	35
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	0.8	0.6	0.5

Global Minimums

Method: bishop simplified

- FS: 0.038086
- Center: 42.781, 43.536
- Radius: 9.318
- Left Slip Surface Endpoint: 33.559, 42.198
- Right Slip Surface Endpoint: 33.975, 40.489

- Resisting Moment=0.301718 kN-m
- Driving Moment=7.92201 kN-m
- Total Slice Area=0.0487421 m2

Method: lowe-karafiath

- FS: 0.117985
- Center: 42.781, 43.536
- Radius: 9.318
- Left Slip Surface Endpoint: 33.559, 42.198
- Right Slip Surface Endpoint: 33.975, 40.489
- Resisting Horizontal Force=0.023481 kN
- Driving Horizontal Force=0.199017 kN
- Total Slice Area=0.0487421 m2

Method: gle/morgenstern-price

- FS: 0.747007
- Center: 33.868, 42.648
- Radius: 1.108
- Left Slip Surface Endpoint: 32.787, 42.406
- Right Slip Surface Endpoint: 33.717, 41.550
- Resisting Moment=3.53177 kN-m
- Driving Moment=4.72789 kN-m
- Resisting Horizontal Force=2.6397 kN
- Driving Horizontal Force=3.53371 kN
- Total Slice Area=0.453722 m2

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

- Number of Valid Surfaces: 952
- Number of Invalid Surfaces: 4048

Error Codes:

  - Error Code -106 reported for 39 surfaces
  - Error Code -108 reported for 426 surfaces
  - Error Code -112 reported for 27 surfaces
  - Error Code -114 reported for 3550 surfaces
  - Error Code -123 reported for 6 surfaces

Method: lowe-karafiath

- Number of Valid Surfaces: 518
- Number of Invalid Surfaces: 4482

Error Codes:

- Error Code -106 reported for 39 surfaces
- Error Code -108 reported for 857 surfaces
- Error Code -111 reported for 3 surfaces
- Error Code -112 reported for 27 surfaces
- Error Code -114 reported for 3550 surfaces
- Error Code -123 reported for 6 surfaces

Method: gle/morgenstern-price

- Number of Valid Surfaces: 616
- Number of Invalid Surfaces: 4384

Error Codes:

- Error Code -106 reported for 39 surfaces
- Error Code -108 reported for 645 surfaces
- Error Code -111 reported for 117 surfaces
- Error Code -112 reported for 27 surfaces
- Error Code -114 reported for 3550 surfaces
- Error Code -123 reported for 6 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

- -106 = Average slice width is less than 0.0001 * (maximum horizontal extent of soil region). This limitation is imposed to avoid numerical errors which may result from too many slices, or too small a slip region.
- -108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
- -111 = safety factor equation did not converge
- -112 = The coefficient M-Alpha = cos(alpha)(1+tan(alpha)tan(phi)/F) < 0.2 for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.
- -114 = Surface with Reverse Curvature.
- -123 = Surface radius equal or less than the internal cutoff of 0.01.

Slice Data

- **Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.038086**

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.016633	0.00623475	Coltri detritiche	0	26.5603	0.053631	0.0020426	0.0044946	0	0.0044946
2	0.016633	0.0175112	Coltri detritiche	0	26.5603	0.162242	0.0061791	0.013597	0	0.013597
3	0.016633	0.026623 8	Coltri detritiche	0	26.5603	0.263178	0.0100234	0.0220561	0	0.0220561
4	0.016633	0.033955	Coltri detritiche	0	26.5603	0.355509	0.0135399	0.029794	0	0.029794
5	0.016633	0.039785 6	Coltri detritiche	0	26.5603	0.438655	0.0167066	0.0367623	0	0.0367623
6	0.016633	0.044329 2	Coltri detritiche	0	26.5603	0.512262	0.01951	0.042931	0	0.042931
7	0.016633	0.047752 7	Coltri detritiche	0	26.5603	0.576112	0.0219418	0.0482822	0	0.0482822
8	0.016633	0.050189 3	Coltri detritiche	0	26.5603	0.630085	0.0239974	0.0528052	0	0.0528052
9	0.016633	0.051747 7	Coltri detritiche	0	26.5603	0.674116	0.0256744	0.0564955	0	0.0564955
10	0.016633	0.052517 7	Coltri detritiche	0	26.5603	0.708189	0.0269721	0.0593511	0	0.0593511
11	0.016633	0.052574 8	Coltri detritiche	0	26.5603	0.732322	0.0278912	0.0613734	0	0.0613734
12	0.016633	0.051983	Coltri detritiche	0	26.5603	0.746539	0.0284327	0.0625649	0	0.0625649

13	0.016633	0.050769	Coltri detritiche	0	26.5603	0.75089	0.028598	0.062997	0	0.062997
14	0.016633	0.049064	Coltri detritiche	0	26.5603	0.745434	0.028390	0.062475	0	0.062475
15	0.016633	0.046825	Coltri detritiche	0	26.5603	0.730232	0.027811	0.061198	0	0.061198
16	0.016633	0.044118	Coltri detritiche	0	26.5603	0.705351	0.026864	0.059113	0	0.059113
17	0.016633	0.040974	Coltri detritiche	0	26.5603	0.670855	0.025550	0.056223	0	0.056223
18	0.016633	0.037421	Coltri detritiche	0	26.5603	0.626824	0.023873	0.052531	0	0.052531
19	0.016633	0.033486	Coltri detritiche	0	26.5603	0.573318	0.021835	0.048047	0	0.048047
20	0.016633	0.029191	Coltri detritiche	0	26.5603	0.510413	0.019439	0.042776	0	0.042776
21	0.016633	0.024556	Coltri detritiche	0	26.5603	0.438177	0.016684	0.036721	0	0.036721
22	0.016633	0.019601	Coltri detritiche	0	26.5603	0.356672	0.013584	0.029891	0	0.029891
23	0.016633	0.014342	Coltri detritiche	0	26.5603	0.265972	0.010129	0.022290	0	0.022290
24	0.016633	0.008796	Coltri detritiche	0	26.5603	0.166134	0.006327	0.013923	0	0.013923
25	0.016633	0.002976	Coltri detritiche	0	26.5603	0.057229	0.002179	0.004795	0	0.004795

- **Global Minimum Query (lowe-karafiath) - Safety Factor: 0.117985**

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]

1	0.016633	0.006234	Coltri detritiche	0	26.5603	0.036223	0.004273	0.009404	0	0.009404
2	0.016633	0.017511	Coltri detritiche	0	26.5603	0.111026	0.013094	0.028824	0	0.028824
3	0.016633	0.026623	Coltri detritiche	0	26.5603	0.18418	0.021730	0.047817	0	0.047817
4	0.016633	0.033955	Coltri detritiche	0	26.5603	0.255738	0.030173	0.066395	0	0.066395
5	0.016633	0.039785	Coltri detritiche	0	26.5603	0.325207	0.038396	0.084407	0	0.084407
6	0.016633	0.044329	Coltri detritiche	0	26.5603	0.391826	0.046229	0.101726	0	0.101726
7	0.016633	0.047752	Coltri detritiche	0	26.5603	0.454709	0.053648	0.118052	0	0.118052
8	0.016633	0.050189	Coltri detritiche	0	26.5603	0.512934	0.060518	0.133169	0	0.133169
9	0.016633	0.051747	Coltri detritiche	0	26.5603	0.56558	0.06673	0.146836	0	0.146836
10	0.016633	0.052517	Coltri detritiche	0	26.5603	0.611763	0.072178	0.158826	0	0.158826
11	0.016633	0.052574	Coltri detritiche	0	26.5603	0.650638	0.076765	0.168919	0	0.168919
12	0.016633	0.051983	Coltri detritiche	0	26.5603	0.681415	0.080396	0.17691	0	0.17691
13	0.016633	0.050796	Coltri detritiche	0	26.5603	0.703356	0.082985	0.182606	0	0.182606
14	0.016633	0.049064	Coltri detritiche	0	26.5603	0.715772	0.084450	0.18583	0	0.18583
15	0.016633	0.046825	Coltri detritiche	0	26.5603	0.718025	0.084716	0.186414	0	0.186414
16	0.016633	0.044118	Coltri detritiche	0	26.5603	0.709526	0.083713	0.184209	0	0.184209

17	0.016633	0.040974	Coltri detritiche	0	26.5603	0.689726	0.081373	0.179067	0	0.179067
18	0.016633	0.037418	Coltri detritiche	0	26.5603	0.658119	0.077648	0.170862	0	0.170862
19	0.016633	0.033486	Coltri detritiche	0	26.5603	0.614238	0.072470	0.159469	0	0.159469
20	0.016633	0.029191	Coltri detritiche	0	26.5603	0.557649	0.065794	0.144777	0	0.144777
21	0.016633	0.024556	Coltri detritiche	0	26.5603	0.487948	0.057570	0.126682	0	0.126682
22	0.016633	0.019601	Coltri detritiche	0	26.5603	0.404762	0.047755	0.105085	0	0.105085
23	0.016633	0.014342	Coltri detritiche	0	26.5603	0.307747	0.036309	0.079897	0	0.079897
24	0.016633	0.008796	Coltri detritiche	0	26.5603	0.196577	0.023193	0.051035	0	0.051035
25	0.016633	0.002976	Coltri detritiche	0	26.5603	0.420193	0.049576	0.109091	0	0.109091

- **Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 0.747007**

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.037206	0.042096	Coltri detritiche	0	26.5603	0.196208	0.146569	0.322519	0	0.322519
2	0.037206	0.113707	Coltri detritiche	0	26.5603	0.631188	0.471502	1.03753	0	1.03753
3	0.037206	0.166728	Coltri detritiche	0	26.5603	1.01165	0.75571	1.66291	0	1.66291
4	0.037206	0.209963	Coltri detritiche	0	26.5603	1.35973	1.01573	2.23508	0	2.23508

5	0.0372061	0.246731	Coltridetritiche	0	26.5603	1.69108	1.26325	2.77973	0	2.77973
6	0.0372061	0.278744	Coltridetritiche	0	26.5603	2.01705	1.50675	3.31553	0	3.31553
7	0.0372061	0.30703	Coltridetritiche	0	26.5603	2.34642	1.75279	3.85695	0	3.85695
8	0.0372061	0.332267	Coltridetritiche	0	26.5603	2.68648	2.00682	4.41592	0	4.41592
9	0.0372061	0.354928	Coltridetritiche	0	26.5603	3.04325	2.27333	5.00237	0	5.00237
10	0.0372061	0.375362	Coltridetritiche	0	26.5603	3.42135	2.55577	5.62386	0	5.62386
11	0.0372061	0.393831	Coltridetritiche	0	26.5603	3.82348	2.85617	6.28488	0	6.28488
12	0.0372061	0.410542	Coltridetritiche	0	26.5603	4.24981	3.17464	6.98567	0	6.98567
13	0.0372061	0.425657	Coltridetritiche	0	26.5603	4.69728	3.5089	7.72119	0	7.72119
14	0.0372061	0.43931	Coltridetritiche	0	26.5603	5.15928	3.85402	8.48063	0	8.48063
15	0.0372061	0.451609	Coltridetritiche	0	26.5603	5.62548	4.20227	9.24691	0	9.24691
16	0.0372061	0.462643	Coltridetritiche	0	26.5603	6.08214	4.5434	9.99756	0	9.99756
17	0.0372061	0.47249	Coltridetritiche	0	26.5603	6.51295	4.86522	10.7057	0	10.7057
18	0.0372061	0.481212	Coltridetritiche	0	26.5603	6.90019	5.15449	11.3423	0	11.3423
19	0.0372061	0.488863	Coltridetritiche	0	26.5603	7.22632	5.39811	11.8783	0	11.8783
20	0.0372061	0.494421	Coltridetritiche	0	26.5603	7.46049	5.57304	12.2632	0	12.2632

21	0.0372061	0.436454	Coltri detritiche	0	26.5603	6.69485	5.0011	11.0047	0	11.0047
22	0.0372061	0.341029	Coltri detritiche	0	26.5603	5.28763	3.9499	8.69159	0	8.69159
23	0.0372061	0.244678	Coltri detritiche	0	26.5603	3.80359	2.84131	6.25219	0	6.25219
24	0.0372061	0.147444	Coltri detritiche	0	26.5603	2.28307	1.70547	3.75282	0	3.75282
25	0.0372061	0.0492872	Coltri detritiche	0	26.5603	0.765531	0.571857	1.25835	0	1.25835

Interslice Data

- **Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.038086**

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	33.5593	42.1984	0	0	0
2	33.576	42.0883	-0.000352037	0	0
3	33.5926	41.9863	-0.00152535	0	0
4	33.6092	41.8907	-0.00357168	0	0
5	33.6259	41.8006	-0.00649722	0	0
6	33.6425	41.715	-0.0102765	0	0
7	33.6591	41.6334	-0.014861	0	0
8	33.6758	41.5554	-0.0201858	0	0
9	33.6924	41.4804	-0.026173	0	0
10	33.709	41.4082	-0.032735	0	0
11	33.7257	41.3385	-0.0397769	0	0
12	33.7423	41.2711	-0.0471977	0	0
13	33.7589	41.2057	-0.0548922	0	0
14	33.7756	41.1422	-0.062751	0	0
15	33.7922	41.0805	-0.0706622	0	0
16	33.8088	41.0204	-0.0785115	0	0
17	33.8255	40.9618	-0.0861825	0	0
18	33.8421	40.9047	-0.0935576	0	0
19	33.8587	40.8488	-0.100518	0	0
20	33.8754	40.7942	-0.106944	0	0

21	33.892	40.7407	-0.112714	0	0
22	33.9086	40.6884	-0.117708	0	0
23	33.9253	40.6371	-0.121805	0	0
24	33.9419	40.5868	-0.124881	0	0
25	33.9585	40.5374	-0.126816	0	0
26	33.9752	40.4889	0	0	0

- **Global Minimum Query (lowe-karafiath) - Safety Factor: 0.117985**

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	33.5593	42.1984	0	0	0
2	33.576	42.0883	0.000444758	0.0022272	78.7069
3	33.5926	41.9863	0.00157823	0.00767951	78.3867
4	33.6092	41.8907	0.00314842	0.0149233	78.0868
5	33.6259	41.8006	0.0049692	0.0229907	77.8037
6	33.6425	41.715	0.00689538	0.0311927	77.5348
7	33.6591	41.6334	0.00881049	0.0390258	77.2781
8	33.6758	41.5554	0.0106203	0.0461197	77.0322
9	33.6924	41.4804	0.0122495	0.0522078	76.7956
10	33.709	41.4082	0.0136393	0.0571071	76.5673
11	33.7257	41.3385	0.014746	0.0607051	76.3466
12	33.7423	41.2711	0.0155402	0.0629496	76.1328
13	33.7589	41.2057	0.016006	0.063841	75.9251
14	33.7756	41.1422	0.0161398	0.0634263	75.7232
15	33.7922	41.0805	0.0159504	0.0617932	75.5264
16	33.8088	41.0204	0.0154576	0.0590663	75.3346
17	33.8255	40.9618	0.0146926	0.0554027	75.1473
18	33.8421	40.9047	0.0136967	0.0509886	74.964
19	33.8587	40.8488	0.012521	0.0460364	74.7847
20	33.8754	40.7942	0.0112263	0.0407818	74.609
21	33.892	40.7407	0.00988197	0.0354813	74.4368
22	33.9086	40.6884	0.00856635	0.0304103	74.2679
23	33.9253	40.6371	0.00736566	0.0258607	74.102
24	33.9419	40.5868	0.00637396	0.0221395	73.9389
25	33.9585	40.5374	0.0056927	0.0195671	73.7786
26	33.9752	40.4889	0	0	0

- **Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 0.747007**

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]

1	32.7868	42.4062	0	0	0
2	32.8241	42.277	0.0343839	0.00227993	3.79362
3	32.8613	42.1854	0.106011	0.013948	7.49542
4	32.8985	42.1117	0.190975	0.0371938	11.0208
5	32.9357	42.0493	0.279963	0.0713553	14.2988
6	32.9729	41.995	0.3683	0.11453	17.2741
7	33.0101	41.9468	0.453228	0.164142	19.9085
8	33.0473	41.9036	0.532875	0.217223	22.1779
9	33.0845	41.8645	0.605772	0.270595	24.0701
10	33.1217	41.829	0.670596	0.321016	25.5806
11	33.1589	41.7965	0.726016	0.365303	26.7098
12	33.1961	41.7669	0.770595	0.400465	27.4601
13	33.2333	41.7397	0.802745	0.423858	27.8345
14	33.2705	41.7148	0.820731	0.433354	27.8345
15	33.3077	41.692	0.822717	0.427552	27.4601
16	33.3449	41.6711	0.806865	0.405983	26.7098
17	33.3821	41.6521	0.771472	0.369306	25.5806
18	33.4193	41.6348	0.715126	0.319443	24.0701
19	33.4566	41.6191	0.636875	0.259618	22.1779
20	33.4938	41.605	0.536369	0.194253	19.9085
21	33.531	41.5924	0.414217	0.128809	17.2741
22	33.5682	41.5812	0.288686	0.0735784	14.2987
23	33.6054	41.5714	0.177361	0.0345424	11.0208
24	33.6426	41.563	0.0887563	0.0116777	7.49538
25	33.6798	41.556	0.0305737	0.00202728	3.79361
26	33.717	41.5502	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
30.1744	42.083
32.9938	41.4514
33.9798	39.9107
35.1507	39.7413
37.0885	39.5795
41.217	40.1572

External Boundary

X	Y
30.3336	42.635
30.333	42.1075
30.3252	35.731
30.3236	34.4408
40.8322	34.4408
40.8278	35.5184
40.8322	39.8623
40.8322	42
36.8603	42
36.2879	39.4984
36.1968	39.1002
34.3129	39.1002
34.0121	40.3371
33.5255	42.3373

Material Boundary

X	Y
30.3252	35.731
35.7494	35.159
40.8278	35.5184

Material Boundary

X	Y
30.333	42.1075
33.1352	41.5896
33.953	40.3702
34.0121	40.3371

Material Boundary

X	Y
36.2879	39.4984
36.4918	39.4663
40.8322	39.8623

Allegato: Analisi di stabilità fronte di scavo in destra (lato strada), breve termine in presenza dei carichi stradali

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

- File Name: fronte statico strada.slim
- Slide Modeler Version: 6.025
- Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
- Date Created: 11/09/2023, 17:27:14

General Settings

- Units of Measurement: Metric Units
- Time Units: days
- Permeability Units: meters/second
- Failure Direction: Right to Left
- Data Output: Standard
- Maximum Material Properties: 20
- Maximum Support Properties: 20

Design Standard

- Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)
- Name: fronte statico

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25

Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1
Earth resistance	1.1
Tensile and plate strength	1.1
Shear strength	1.1
Compressive strength	1.1
Bond strength	1.1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Analysis Methods Used

- Bishop simplified
- GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
- Lowe-Karafiath

- Number of slices: 25
- Tolerance: 0.005
- Maximum number of iterations: 50
- Check malpha < 0.2: Yes
- Initial trial value of FS: 1
- Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m3
- Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

- Surface Type: Circular
- Search Method: Slope Search
- Number of Surfaces: 5000
- Upper Angle: Not Defined
- Lower Angle: Not Defined
- Composite Surfaces: Enabled
- Reverse Curvature: Invalid Surfaces
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined

Loading

- 1 Distributed Load present

Distributed Load 1

- Distribution: Constant
- Magnitude [kPa]: 15
- Orientation: Vertical
- Load Action: Live

Back Analysis

- Required Factor of Safety: 1.1
- Reinforcement Load Elevation: 40 m

Material Properties

Property	Coltri detritiche	Cappellaccio	Substrato
Color			
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	18	24	25
Saturated Unit Weight [kN/m3]	20	25	26
Cohesion [kPa]	5	25	40

Friction Angle [deg]	32	35	35
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	0.8	0.6	0.5

Global Minimums

Method: bishop simplified

- FS: 0.667870
- Center: 33.941, 42.074
- Radius: 3.482
- Left Slip Surface Endpoint: 36.289, 39.504
- Right Slip Surface Endpoint: 37.422, 42.000
- Resisting Moment=43.2073 kN-m
- Driving Moment=64.6942 kN-m
- Total Slice Area=1.21509 m2

Method: lowe-karafiath

- FS: 0.830056
- Center: 33.354, 42.810
- Radius: 4.404
- Left Slip Surface Endpoint: 36.296, 39.534
- Right Slip Surface Endpoint: 37.682, 42.000
- Resisting Horizontal Force=8.68254 kN
- Driving Horizontal Force=10.4602 kN
- Total Slice Area=1.45533 m2

Method: gle/morgenstern-price

- FS: 1.044430
- Center: 33.954, 46.711
- Radius: 7.644
- Left Slip Surface Endpoint: 36.272, 39.427
- Right Slip Surface Endpoint: 39.974, 42.000
- Resisting Moment=446.638 kN-m
- Driving Moment=427.638 kN-m
- Resisting Horizontal Force=48.3272 kN
- Driving Horizontal Force=46.2713 kN
- Total Slice Area=5.03108 m2

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

- Number of Valid Surfaces: 2284
- Number of Invalid Surfaces: 2716

Error Codes:

- Error Code -105 reported for 2 surfaces
- Error Code -106 reported for 56 surfaces
- Error Code -108 reported for 126 surfaces
- Error Code -112 reported for 186 surfaces
- Error Code -114 reported for 2346 surfaces

Method: lowe-karafiath

- Number of Valid Surfaces: 1032
- Number of Invalid Surfaces: 3968

Error Codes:

- Error Code -105 reported for 2 surfaces
- Error Code -106 reported for 56 surfaces
- Error Code -108 reported for 1132 surfaces
- Error Code -111 reported for 246 surfaces
- Error Code -112 reported for 186 surfaces
- Error Code -114 reported for 2346 surfaces

Method: gle/morgenstern-price

- Number of Valid Surfaces: 1709
- Number of Invalid Surfaces: 3291

Error Codes:

- Error Code -105 reported for 2 surfaces
- Error Code -106 reported for 56 surfaces
- Error Code -108 reported for 570 surfaces
- Error Code -111 reported for 131 surfaces
- Error Code -112 reported for 186 surfaces
- Error Code -114 reported for 2346 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

- -105 = More than two surface / slope intersections with no valid slip surface.
- -106 = Average slice width is less than 0.0001 * (maximum horizontal extent of soil region). This limitation is imposed to avoid numerical errors which may result from too many slices, or too small a slip region.
- -108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
- -111 = safety factor equation did not converge
- -112 = The coefficient M-Alpha = cos(alpha)(1+tan(alpha)tan(phi)/F) < 0.2 for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.
- -114 = Surface with Reverse Curvature.

Slice Data

- **Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.66787**

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.0453066	0.0635627	Coltri detritiche	4	26.5603	3.77329	2.52007	-2.45634	0	-2.45634
2	0.0453066	0.19006	Coltri detritiche	4	26.5603	4.8212	3.21994	-0.916328	0	-0.916328
3	0.0453066	0.315268	Coltri detritiche	4	26.5603	5.82294	3.88897	0.555848	0	0.555848
4	0.0453066	0.439115	Coltri detritiche	4	26.5603	6.77709	4.52622	1.9581	0	1.9581
5	0.0453066	0.561521	Coltri detritiche	4	26.5603	7.68206	5.13062	3.28806	0	3.28806
6	0.0453066	0.682397	Coltri detritiche	4	26.5603	8.536	5.70094	4.54302	0	4.54302

7	0.0453066	0.801642	Coltridetritiche	4	26.5603	9.33683	6.23579	5.71994	0	5.71994
8	0.0453066	0.919142	Coltridetritiche	4	26.5603	10.0822	6.73357	6.81529	0	6.81529
9	0.0453066	1.03476	Coltridetritiche	4	26.5603	10.7693	7.19246	7.82506	0	7.82506
10	0.0453066	1.14836	Coltridetritiche	4	26.5603	11.3949	7.61033	8.74456	0	8.74456
11	0.0453066	1.25975	Coltridetritiche	4	26.5603	11.9555	7.98472	9.56839	0	9.56839
12	0.0453066	1.36873	Coltridetritiche	4	26.5603	12.4466	8.31273	10.2902	0	10.2902
13	0.0453066	1.46251	Coltridetritiche	4	26.5603	12.7754	8.53232	10.7734	0	10.7734
14	0.0453066	1.43405	Coltridetritiche	4	26.5603	12.2172	8.15952	9.95304	0	9.95304
15	0.0453066	1.37263	Coltridetritiche	4	26.5603	11.4316	7.63484	8.79849	0	8.79849
16	0.0453066	1.30744	Coltridetritiche	4	26.5603	10.6239	7.09539	7.61145	0	7.61145
17	0.0453066	1.23794	Coltridetritiche	4	26.5603	9.79134	6.53934	6.38789	0	6.38789
18	0.0453066	1.16336	Coltridetritiche	4	26.5603	8.93045	5.96438	5.12272	0	5.12272
19	0.0453066	1.08271	Coltridetritiche	4	26.5603	8.03677	5.36752	3.80935	0	3.80935
20	0.0453066	0.994587	Coltridetritiche	4	26.5603	7.10423	4.7447	2.43886	0	2.43886
21	0.0453066	0.89689	Coltridetritiche	4	26.5603	6.12416	4.09015	0.998538	0	0.998538
22	0.0453066	0.786232	Coltridetritiche	4	26.5603	5.08324	3.39494	-0.531233	0	-0.531233

23	0.0453066	0.656379	Coltri detritiche	4	26.5603	3.95812	2.64351	-2.18473	0	-2.18473
24	0.0453066	0.492716	Coltri detritiche	4	26.5603	2.69639	1.80084	-4.039	0	-4.039
25	0.0453066	0.199903	Coltri detritiche	4	26.5603	0.928459	0.62009	-6.63719	0	-6.63719

- **Global Minimum Query (lowe-karafiath) - Safety Factor: 0.830056**

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.0554571	0.095692	Coltri detritiche	4	26.5603	5.5822	4.63354	2.19426	0	2.19426
2	0.0554571	0.286189	Coltri detritiche	4	26.5603	6.38262	5.29793	3.65622	0	3.65622
3	0.0554571	0.474867	Coltri detritiche	4	26.5603	7.10152	5.89466	4.96928	0	4.96928
4	0.0554571	0.661633	Coltri detritiche	4	26.5603	7.73832	6.42324	6.13241	0	6.13241
5	0.0554571	0.84638	Coltri detritiche	4	26.5603	8.29085	6.88187	7.14162	0	7.14162
6	0.0554571	1.02899	Coltri detritiche	4	26.5603	8.7529	7.2654	7.98556	0	7.98556
7	0.0554571	1.20934	Coltri detritiche	4	26.5603	9.10805	7.56019	8.63423	0	8.63423
8	0.0554571	1.38728	Coltri detritiche	4	26.5603	9.3143	7.73139	9.01096	0	9.01096
9	0.0554571	1.56263	Coltri detritiche	4	26.5603	9.26572	7.69107	8.92222	0	8.92222
10	0.0554571	1.73522	Coltri detritiche	4	26.5603	10.5076	8.72188	11.1905	0	11.1905

11	0.0554571	1.8226	Coltri detritiche	4	26.5603	11.3798	9.4459	12.7837	0	12.7837
12	0.0554571	1.75074	Coltri detritiche	4	26.5603	11.0013	9.13168	12.0922	0	12.0922
13	0.0554571	1.6716	Coltri detritiche	4	26.5603	10.2106	8.4754	10.6481	0	10.6481
14	0.0554571	1.58857	Coltri detritiche	4	26.5603	9.56078	7.93598	9.46113	0	9.46113
15	0.0554571	1.50123	Coltri detritiche	4	26.5603	8.91298	7.39827	8.27793	0	8.27793
16	0.0554571	1.40906	Coltri detritiche	4	26.5603	8.26836	6.8632	7.10053	0	7.10053
17	0.0554571	1.31144	Coltri detritiche	4	26.5603	7.62818	6.33182	5.93124	0	5.93124
18	0.0554571	1.20757	Coltri detritiche	4	26.5603	6.99389	5.80532	4.77271	0	4.77271
19	0.0554571	1.09641	Coltri detritiche	4	26.5603	6.36712	5.28507	3.62792	0	3.62792
20	0.0554571	0.976608	Coltri detritiche	4	26.5603	5.74971	4.77258	2.5002	0	2.5002
21	0.0554571	0.846256	Coltri detritiche	4	26.5603	5.14366	4.26953	1.39326	0	1.39326
22	0.0554571	0.702589	Coltri detritiche	4	26.5603	4.55158	3.77807	0.311818	0	0.311818
23	0.0554571	0.541274	Coltri detritiche	4	26.5603	3.97974	3.30341	-0.732653	0	-0.732653
24	0.0554571	0.354734	Coltri detritiche	4	26.5603	3.46467	2.87587	-1.67342	0	-1.67342
25	0.0554571	0.126967	Coltri detritiche	4	26.5603	3.36103	2.78985	-1.86272	0	-1.86272

- **Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.04443**

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.152287	0.873666	Cappellaccio	20	29.2561	17.1254	17.8863	-0.580258	0	-0.580258
2	0.147926	2.42979	Coltri detritiche	4	26.5603	9.02864	9.42978	12.7482	0	12.7482
3	0.147926	4.00769	Coltri detritiche	4	26.5603	12.8561	13.4273	21.5446	0	21.5446
4	0.147926	5.57418	Coltri detritiche	4	26.5603	16.5852	17.3221	30.1148	0	30.1148
5	0.147926	6.18954	Coltri detritiche	4	26.5603	17.9224	18.7187	33.1881	0	33.1881
6	0.147926	6.01735	Coltri detritiche	4	26.5603	17.3307	18.1007	31.8281	0	31.8281
7	0.147926	5.83512	Coltri detritiche	4	26.5603	16.7283	17.4716	30.4438	0	30.4438
8	0.147926	5.64253	Coltri detritiche	4	26.5603	16.1138	16.8298	29.0315	0	29.0315
9	0.147926	5.43925	Coltri detritiche	4	26.5603	15.4854	16.1735	27.5874	0	27.5874
10	0.147926	5.22491	Coltri detritiche	4	26.5603	14.8415	15.501	26.1075	0	26.1075
11	0.147926	4.99912	Coltri detritiche	4	26.5603	14.1803	14.8104	24.5879	0	24.5879
12	0.147926	4.76141	Coltri detritiche	4	26.5603	13.5002	14.1001	23.0249	0	23.0249
13	0.147926	4.51129	Coltri detritiche	4	26.5603	12.7998	13.3685	21.4152	0	21.4152
14	0.147926	4.24821	Coltri detritiche	4	26.5603	12.0779	12.6145	19.7561	0	19.7561
15	0.147926	3.97155	Coltri detritiche	4	26.5603	11.3336	11.8371	18.0454	0	18.0454
16	0.147926	3.68061	Coltri detritiche	4	26.5603	10.5662	11.0357	16.2819	0	16.2819
17	0.147926	3.3746	Coltri detritiche	4	26.5603	9.77565	10.21	14.465	0	14.465
18	0.147926	3.05264	Coltri detritiche	4	26.5603	8.96203	9.36021	12.5951	0	12.5951
19	0.147926	2.71372	Coltri detritiche	4	26.5603	8.12587	8.4869	10.6734	0	10.6734
20	0.147926	2.35668	Coltri detritiche	4	26.5603	7.26806	7.59098	8.70197	0	8.70197

21	0.147926	1.98018	Coltri detritiche	4	26.5603	11.2759	11.7769	17.913	0	17.913
22	0.147926	1.58265	Coltri detritiche	4	26.5603	11.2024	11.7001	17.7439	0	17.7439
23	0.147926	1.16228	Coltri detritiche	4	26.5603	10.1524	10.6035	15.331	0	15.331
24	0.147926	0.71687	Coltri detritiche	4	26.5603	9.07775	9.48107	12.861	0	12.861
25	0.147926	0.243806	Coltri detritiche	4	26.5603	7.98042	8.33499	10.3392	0	10.3392

Interslice Data

- **Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.66787**

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	36.2891	39.5038	0	0	0
2	36.3344	39.546	0.274421	0	0
3	36.3797	39.5896	0.532837	0	0
4	36.425	39.6349	0.771434	0	0
5	36.4704	39.6819	0.986379	0	0
6	36.5157	39.7308	1.17382	0	0
7	36.561	39.7815	1.32987	0	0
8	36.6063	39.8344	1.45065	0	0
9	36.6516	39.8894	1.53222	0	0
10	36.6969	39.9468	1.57065	0	0
11	36.7422	40.0069	1.56199	0	0
12	36.7875	40.0697	1.50232	0	0
13	36.8328	40.1356	1.38771	0	0
14	36.8781	40.205	1.2193	0	0
15	36.9234	40.2781	1.04451	0	0
16	36.9687	40.3556	0.88074	0	0
17	37.014	40.438	0.73494	0	0
18	37.0593	40.5261	0.615826	0	0
19	37.1046	40.6209	0.534656	0	0
20	37.15	40.7238	0.50648	0	0
21	37.1953	40.837	0.552337	0	0
22	37.2406	40.9634	0.703499	0	0
23	37.2859	41.1084	1.01076	0	0
24	37.3312	41.2819	1.56915	0	0
25	37.3765	41.5098	2.61159	0	0

26	37.4218	42	0	0	0

- **Global Minimum Query (lowe-karafiath) - Safety Factor: 0.830056**

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	36.296	39.5336	0	0	0
2	36.3514	39.5843	0.198407	0.343777	60.0091
3	36.4069	39.6367	0.360646	0.637592	60.5059
4	36.4623	39.691	0.484628	0.87469	61.0111
5	36.5178	39.7473	0.568709	1.04854	61.5254
6	36.5732	39.8056	0.611819	1.15306	62.0494
7	36.6287	39.8662	0.613748	1.18322	62.5838
8	36.6842	39.9291	0.575908	1.13664	63.1298
9	36.7396	39.9944	0.503334	1.01788	63.688
10	36.7951	40.0625	0.410016	0.850418	64.2597
11	36.8505	40.1334	0.199017	0.354002	60.6557
12	36.906	40.2074	-0.116395	-0.0889591	37.3902
13	36.9614	40.2849	-0.44255	-0.230505	27.513
14	37.0169	40.366	-0.74022	-0.39613	28.1535
15	37.0724	40.4512	-1.01632	-0.559108	28.8165
16	37.1278	40.541	-1.26519	-0.715943	29.5046
17	37.1833	40.6359	-1.48042	-0.862375	30.2217
18	37.2387	40.7366	-1.65469	-0.993157	30.9725
19	37.2942	40.844	-1.7795	-1.10172	31.7624
20	37.3496	40.9593	-1.84468	-1.17971	32.5997
21	37.4051	41.084	-1.83771	-1.21612	33.4949
22	37.4606	41.2205	-1.74255	-1.19598	34.4633
23	37.516	41.3719	-1.53736	-1.09779	35.5297
24	37.5715	41.5437	-1.1908	-0.888744	36.7355
25	37.6269	41.7456	-0.66071	-0.51936	38.1696
26	37.6824	42	0	0	0

- **Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.04443**

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	36.2715	39.4268	0	0	0
2	36.4238	39.477	2.63094	-0.0184715	-0.40226
3	36.5717	39.5292	3.29794	-0.0452798	-0.786606
4	36.7196	39.5849	3.99629	-0.0808149	-1.1585
5	36.8676	39.644	4.66163	-0.123053	-1.51208

6	37.0155	39.7068	5.22218	-0.167926	-1.84179
7	37.1634	39.7734	5.66236	-0.211828	-2.14243
8	37.3114	39.8437	5.98916	-0.251991	-2.40927
9	37.4593	39.918	6.21	-0.28614	-2.63817
10	37.6072	39.9964	6.33285	-0.312559	-2.82555
11	37.7551	40.079	6.36639	-0.330139	-2.9685
12	37.9031	40.166	6.32008	-0.338389	-3.0648
13	38.051	40.2576	6.20434	-0.337423	-3.11296
14	38.1989	40.3539	6.0307	-0.327903	-3.11224
15	38.3468	40.4552	5.81196	-0.310964	-3.06264
16	38.4948	40.5617	5.56238	-0.288099	-2.96494
17	38.6427	40.6737	5.29783	-0.261021	-2.82065
18	38.7906	40.7915	5.03604	-0.231504	-2.632
19	38.9385	40.9155	4.79683	-0.201209	-2.40193
20	39.0865	41.0461	4.60236	-0.171497	-2.13402
21	39.2344	41.1837	4.47745	-0.143249	-1.83246
22	39.3823	41.3289	3.54072	-0.0928396	-1.50198
23	39.5302	41.4823	2.472	-0.0495268	-1.14777
24	39.6782	41.6447	1.48119	-0.0200471	-0.77542
25	39.8261	41.8169	0.606136	-0.00413439	-0.390802
26	39.974	42	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
30.1744	38.87
35.875	38.87
37.0885	39.5795
42.777	40.107

Line Load

X	Y
39.2584	42
42.381	42

External Boundary

X	Y
30.3252	35.731
30.3236	34.4408
42.381	34.4408
42.381	35.515
42.381	39.996
42.381	42
36.8603	42
36.2879	39.4984
36.1968	39.1002
34.3129	39.1002
30.3336	39.263

Material Boundary

X	Y
30.3252	35.731
35.7494	35.159
42.381	35.515

Material Boundary

X	Y
36.2879	39.4984
36.4918	39.4663
42.381	39.996