# STUDIO GEOLOGICO TECNICO AMBIENTALE

## Dott. Geol. ANDREA VALENTE ARNALDI

Geotecnica - Indagini sismiche - Prove geotecniche e geomeccaniche in sito e di laboratorio
Sondaggi geognostici - Palificazioni - Tiranti - Consolidamenti - Monitoraggio geotecnico, sismico e strutturale
Verifiche di stabilità di pendii e di fronti di scavo - Messa in sicurezza movimenti franosi e valanghivi
Idrogeologia - Pozzi per acqua - Geotermia - Opere sotterranee (Tunnel) - Discariche - Cave - Dighe
Idrologia e Idraulica - Sistemazioni fluviali e marittime - Ingegneria naturalistica
Valutazione d'Impatto Ambientale (VIA) - Valutazione Ambientale Strategica (VAS)
Studi di Prefattibilità e Fattibilità Ambientale - Valutazione d'Incidenza Ambientale
Caratterizzazioni, bonifiche e recuperi ambientali - Consulenze ambientali - Utilizzazione terre e rocce da scavo
Pianificazione territoriale - Studi di microzonazione sismica - Piani di Protezione Civile
Valutazione rischio sismico, idrogeologico e ambientale

| **Provincia** | IMPERIA | **Comune** | CIPRESSA |
|---|---|---|---|
| Oggetto | **Strumento Urbanistico Attuativo (S.U.A.) per zona di pianificazione PRUSST - Intervento 8.60 AF Zona LTR "Riqualificazione del litorale Torre dei Marmi" Località: zona litoranea Camping Cipressa**<br>**RELAZIONE GEOLOGICO E GEOTECNICA** | | |

DOCUMENTO DA CUI SONO STATE ESTRATTE LE INDICAZIONI GEOLOGICO TECNICHE
TIZIANO DE SILVESTRI
09.04.2026 15:00:29 GMT+01:00

| **Dati catastali** | **Riferimenti normativi nazionali** | **Riferimenti normativi locali** |
|---|---|---|
| Catasto e Mappali:<br>*fasi elaborati progettuali* | D.M. 14.01.2008.<br>D.M. 17.01.2018.<br>D.L n. 152 del 03.04.2006 | L.R. 36/1997<br>L.R. 32/2012<br>L.R. 15/2018<br>Piano di Bacino Rii Minori.<br>P.R.G.C. |

| | | |
|---|---|---|
| **Committenti** | **Denominazione** | Spett. Società Hanbury s.r.l. |
| | Indirizzo | Corso Re Umberto, 23 – 10128 TORINO |
| | **Progettista** | Egr. Arch. Flavio Gaudino |
| | Indirizzo | Via Piani, 28 – 10100 IMPERIA |
| **Il Tecnico** | Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI | |
| Codice documento | 19.CIP.HANBURY.geo | |

| Rev. | Copie | Data | Redazione | Verifica | Approvazione | Descrizione |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 01 | n. 3 | 25.02.2020 | Geol. Valente Arnaldi | Geol. Valente Arnaldi | Geol. Valente Arnaldi | 1° emissione |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

**18038 SANREMO (IM) - Via Manzoni 61 (Piazza Colombo) - Tel./Fax +39 0184.570051**
**10124 TORINO - Via Denina 3 (Giardini Reali) - Tel./Fax +39 011.6960115**
**12042 BRA (CN) - Strada San Michele 14 - Tel./Fax +39 0172.44016**
**Mob. +39 335.6458897**
**E-mail: info@geostudiovalente.com**
**www.geostudiovalente.com**

# INDICE

1 PREMESSA ..... 4
2 DESCRIZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO ..... 9
3 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI DALLO S.U.A. ..... 15
4 VINCOLISTICA GEOLOGICA, TERRITORIALE E PAESAGGISTICA ..... 23
5 INQUADRAMENTO TERRITORIALE ED AMBIENTALE DELL'AREA INTERESSATA DALLO S.U.A. CONSIDERATA COME AREA VASTA ..... 40
6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE L.S. DELL'AREA E DEL SUO INTORNO ..... 47
7 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE ..... 48
8 PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA ..... 49
9 CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE ..... 50
10 INDAGINI E RISULTANZE DELLE PROVE GEOGNOSTICHE ESEGUITE NEL SITO D'INTERVENTO ..... 52
11 RILIEVO GEOLOGICO – STRUTTURALE E GEOMECCANICO (ANNO 2017) ..... 153
12 PROVE E ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO (ANNO 2017) ..... 165
13 CARATTERI SISMICI LOCALI ..... 166
14 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE E IDROLOGICHE ..... 172
15 MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO ..... 174
16 INDIVIDUAZIONE DELLE PRINCIPALI PROBLEMATICHE CHE COINVOLGONO LA COMPONENTE GEOLOGICA L. S. RISCONTRATE NELLA ZONA DI INTERVENTO IN RELAZIONE ALLE OPERE IN PROGETTO. INDICAZIONE DELLE SOLUZIONI PROGETTUALI ESECUTIVE ..... 181
17 OPERE DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO ..... 185
18 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE ..... 187
19 BIBLIOGRAFIA ..... 192
20 ALLEGATI ..... 193

- Inquadramento topografico (scala 1:10.000).
- Inquadramento topografico (scala 1:5.000).
- Documentazione fotografica aerea.
- Documentazione fotografica aerea di dettaglio.
- Carta geomorfologica.
- Carta geologica.
- Carta della pericolosità o suscettività al dissesto (Estratto dalla Tav. N. 13 "Carta della pericolosità o suscettività al dissesto" del Piano di Bacino "Rii Minori" – Provincia di Imperia).
- Carta del rischio geomorfologico (Estratto dalla Tav. N. 14 "Carta del rischio geomorfologico" del Piano di Bacino "Rii Minori" – Provincia di Imperia).
- Carta del rischio idraulico (Estratto dalla Tav. N. 14 bis "Carta del Rischio Idraulico" del Piano di Bacino "Rii Minori" – Provincia di Imperia).
- Ubicazione indagini e prove geognostiche, geotecniche e sismiche (scala 1: 2.000).
- Carta di analisi e degli accertamenti geognostici e geotecnici (scala 1: 2.000).
- Caratteristiche penetrometro dinamico DPM 30.
- N. 8 diagrammi Rpd – profondità ottenuti dalle n. 8 prove penetrometriche dinamiche tipo SCPT eseguite.
- Stratigrafie dei sondaggi (2017).
- Fotografie delle cassette dei sondaggi.
- Analisi granulometriche (2017).
- Sezione stratigrafica e litologica (Sezione 1 di progetto modificata - scala 1:100).
- Sezione stratigrafica e litologica (Sezione 7 di progetto modificata - scala 1:100).
- Sezione stratigrafica e litologica (Sezione 8 di progetto modificata - scala 1:100).

# 1 PREMESSA

La presente **relazione geologica e geotecnica sulla fattibilità di uno Strumento Urbanistico Attuativo (S.U.A.) per zona di pianificazione PRUSST - Intervento 8.60 AF "Riqualificazione del litorale Torre dei Marmi",** in Comune di **CIPRESSA (IM),** all'interno di un lotto di terreno sito nella **zona litoranea del Camping Cipressa,** fa seguito all'incarico conferito allo scrivente dalla **Società Hanbury s.r.l.** con sede in corso Re Umberto 23 - Torino, nonché dal Progettista dell'intervento, **Dott. Arch. Flavio Gaudino.**

Le indagini eseguite, estese ad un significativo intorno dell'area interessata dagli interventi, in ottemperanza al Testo Unitario - Norme tecniche per le costruzioni (**D.M. 17.01.2018**) nonché alla **normativa urbanistica regionale (L.R. 15/2018)**, sono state finalizzate a verificare la fattibilità geologica l. s. delle opere previste dallo strumento urbanistico attuativo in oggetto, nonchè di definire le potenzialità di fruizione dei terreni coinvolti, in relazione all'assetto territoriale, traendone le opportune valutazioni sulla compatibilità delle opere in progetto con la situazione idrogeologica e geomorfologica locale.

Verranno inoltre fornite al Progettista dell'intervento utili indicazioni preliminari sui termini litologici presenti, sulla scelta di massima del più idoneo piano di appoggio alle opere di fondazione dei manufatti in progetto, sull'eventuale presenza di fenomeni di dissesto in atto o potenziali (allo stato attuale ed alla luce degli interventi previsti), sulla presenza di acque sotterranee (soprattutto a ridotta soggiacenza), nonché sulle corrette modalità di raccolta e smaltimento delle acque di precipitazione diretta ed indiretta.

Più precisamente è stato definito un modello geologico - tecnico preliminare del volume di sottosuolo interagente con le opere da realizzare all'interno del contesto dello S.U.A., determinando le proprietà geotecniche - geomeccaniche iniziali per i diversi litotipi e le diverse zone d'omogeneità con riferimento al volume significativo, al fine permettere la corretta classificazione del sottosuolo.

Si è pertanto proceduto all'esecuzione di una serie di indagini di natura geologica, le risultanze delle quali sono state riportate nella ***relazione geologica***, quest'ultima finalizzata alla costruzione del ***modello geologico preliminare***; nella ***relazione geotecnica***, sulla base del modello geologico e delle indagini geotecniche eseguite in sito, seguendo i dettami della normativa vigente (Decreto Ministeriale 17.01.2018) e dello stato dell'arte, è stato poi ricostruito il locale ***modello geotecnico preliminare***.

Si elencano di seguito i contenuti principali del presente elaborato:

- Inquadramento normativo di riferimento ed esame dell'intervento nel contesto degli strumenti di pianificazione vigenti con analisi del quadro conoscitivo esistente.
- Caratteristiche generali del progetto e suo inquadramento in ambito territoriale.
- Definizione delle caratteristiche tettonico - strutturali dell'area d'intervento.
- Definizione dei lineamenti geomorfologici della zona ed analisi dei processi morfogenetici, con specifico riferimento ai dissesti in atto o potenziali ed alla loro tendenza evolutiva, al fine di una valutazione delle reali incidenze dell'intervento sulle condizioni di stabilità pre- e post-intervento.

- Definizione delle caratteristiche geologiche del sito: caratterizzazione della successione litostratigrafia per un intorno areale significativo al fine di caratterizzare il "volume significativo".
- Definizione della distribuzione areale e volumetrica dei litotipi, il loro stato di fratturazione e alterazione ed un primo giudizio qualitativo sulle loro caratteristiche geomeccaniche.
- Definizione delle condizioni idrogeologiche del sito, tenendo conto dello schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea.
- Cenni sulle metodologie di scavo per la realizzazione delle fondazioni e delle opere in progetto.
- Valutazioni specifiche degli effetti indotti complessivamente dalle opere in progetto anche in relazione a tutti gli interventi necessari per la loro realizzazione (scavi, riporti e drenaggi).
- Definizione di "zona nota" o "zona non nota" in relazione alla stabilità complessiva struttura/opera-terreno.
- Risultanze di eventuali prove ed indagini geognostiche e geotecniche eseguite in siti limitrofi o ricavati da bibliografia, particolarmente per le "zone note".
- Considerazioni sulla stabilità dei fronti di scavo previsti in fase esecutiva.
- Definizione preliminare della Zona sismica d'appartenenza e della Categoria di suolo di fondazione del sito in relazione alla normativa adottata.
- Valutazioni sulle problematiche sismiche locali presenti nel sito anche in riferimento agli elementi di pericolosità sismica locali e valutazione delle condizioni predisponenti per la suscettibilità a liquefazione dei terreni nei casi previsti dalla normativa vigente.

Si rappresenta che preliminarmente agli studi di carattere geologico, geotecnico e simico sono state eseguite in sito le seguenti prove ed indagini di carattere geognostico, geotecnico e sismico, nonché una ricerca dei dati bibliografici e della cartografia tecnica disponibili riguardanti l'area in oggetto.

Le indagini condotte vengono così suddivise:

**Sondaggi geognostici a rotazione e a carotaggio continuo (Anno 2017)**

Esecuzione di n. 3 sondaggi geognostici a rotazione e a carotaggio continuo della lunghezza di m 10 ciascuno, comprensiva di:

- Approntamento dell'attrezzatura di perforazione, compreso il carico e scarico, il trasporto in andata e ritorno dell'attrezzatura ed il viaggio del personale di cantiere.
- Installazione di attrezzatura per sondaggio a rotazione in corrispondenza di ciascun punto di perforazione, su aree accessibili alle attrezzature di perforazione, compreso l'onere per lo spostamento da un foro al successivo.
- Perforazione ad andamento verticale eseguita a rotazione con carotaggio continuo del terreno attraversato, diametro mm 101, nei terreni e rocce caratteristici della zona per una lunghezza complessiva di m 30 (n. 3 x 10 m).

**Prove Standard Penetration Test (S.P.T.) (Anno 2017)**

Esecuzione di prove Standard Penetration Test (S.P.T.), comprensive di:

- Esecuzione di n. 8 prove Standard Penetration Test (S.P.T.) nel corso dei sondaggi con l'impiego di campionatore standard dotato di sgancio automatico del maglio. La prova consiste nel far cadere, con un ritmo di 20 - 25 colpi al minuto, una massa di peso di kg 63,5 da un'altezza di mm 76,2 (standard europeo) su una batteria di aste che possiedono nella parte terminale un campionatore cilindrico oppure, in alternativa, una punta conica. Si registra il numero di colpi necessario ad ottenere una penetrazione dello strumento penetratore nel terreno pari a cm 30: tale valore rappresenta la resistenza alla penetrazione operata dal terreno indagato.

**Tubi piezometrici (Anno 2017)**

Installazione di n. 3 tubi piezometrici per la misurazione del livello della falda idrica all'interno dei fori di sondaggio, comprensiva di:
- Fornitura ed installazione all'interno di ciascun sondaggio di n. 1 tubo piezometrico microfessurato a tubo aperto in PVC con posa di ghiaia calibrata tra il foro e la tubazione, della lunghezza di m 10.
- Fornitura e posa in opera di n. 1 pozzetto di protezione della strumentazione.
- Rilievo di falda acquifera, all'interno del tubo piezometrico opportunamente predisposto, mediante l'utilizzo di freatimetro. È compresa la restituzione grafica dei dati. È inoltre compreso quanto altro occorre per dare i risultati della misurazione completi.

**Prove ed analisi geotecniche di laboratorio necessarie alla caratterizzazione fisica dei campioni (Anno 2017)**

Esecuzione di prove ed analisi geotecniche di laboratorio necessarie alla caratterizzazione fisica dei campioni prelevati durante i sondaggi per un totale di n. 9 campioni (n. 3 campioni per sondaggio), comprensiva di:
- Analisi granulometrica mediante setacciatura, per quantità inferiori o uguali a 5 kg, con un massimo di 8 setacci, compresa la determinazione degli indici granulometrici caratteristici, per un totale di n. 6 campioni di terreno prelevati dalle carote ottenute dai sondaggi geognostici.
- Determinazione del peso di volume allo stato naturale (peso specifico apparente) dei terreni, per un totale di n. 3 campioni di terreno prelevati dalle carote ottenute dai sondaggi geognostici.

**Indagine sismica attiva del tipo MASW (Anno 2017)**

Esecuzione di indagine sismica del tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), finalizzata alla definizione del parametro Vs30 (velocità media delle onde S nei primi 30 m di sottosuolo), mediante la realizzazione di n. 3 stendimenti, comprensiva di:
- acquisizione dei dati sismici con sismografo a 12/24 canali. Lo strumento è fornito di una connessione di rete standard per la comunicazione con un computer portatile su cui è installato un apposito programma che gestisce la visualizzazione, l'analisi e la memorizzazione delle forme d'onda registrate. I geofoni utilizzati, da disporsi lungo uno stendimento lineare, possiedono una frequenza di risonanza pari 4.5 Hz con distorsione

inferiore allo 0.2%. L'energizzazione si ottiene con massa battente da 10 kg su piastra metallica. Per l'innesco (trigger) si utilizzerà uno "shock sensor" collegato alla mazza battente e connesso via cavo al sismografo.

**Indagine sismica attiva a rifrazione (Anno 2017)**

Esecuzione di indagine sismica a rifrazione, finalizzata alla definizione dell'andamento delle velocità delle onde P, mediante la realizzazione di n. 3 stendimenti, comprensiva di:

- acquisizione dei dati sismici con sismografo a 12/24 canali. Lo strumento è fornito di una connessione di rete standard per la comunicazione con un computer portatile su cui è installato un apposito programma che gestisce la visualizzazione, l'analisi e la memorizzazione delle forme d'onda registrate. 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 dello stendimento, quindi per la prospezione sismica prevista è pari a circa 10 m dal piano di campagna. I geofoni utilizzati, da disporsi lungo uno stendimento lineare ciascuno di lunghezza pari a 30 m, possiedono una frequenza di risonanza pari 4.5 Hz con distorsione inferiore allo 0.2%. L'energizzazione si ottiene con massa battente da 10 kg su piastra metallica. Per l'innesco (trigger) si utilizzerà uno "shock sensor" collegato alla mazza battente e connesso via cavo al sismografo. I dati acquisiti vengono elaborati con il software Easy REFRACT della Geostru.

**Esecuzione di indagine sismica passiva a stazione singola del tipo HVSR (Anno 2017)**

Esecuzione di indagine sismica passiva a stazione singola (metodo HVSR), mediante la realizzazione di n. 10 acquisizioni, comprensiva di:

- acquisizione dei dati sismici con geofono 3D costituito da un unico contenitore waterproof con integrati una terna di geofoni a bassa frequenza da 2Hz accuratamente accoppiati e un acquisitore dati 24 bit. L'indagine si basa sulla misurazione, e nella successiva elaborazione, del microtremore ambientale nelle sue tre componenti spaziali (x, y e z opp. E-W, N-S e Up-Down) a varie frequenze. I dati acquisiti vengono elaborati con il software Geopsy. Dall'analisi delle componenti spettrali delle tracce registrate è possibile:
  - ricavare la frequenza fondamentale (o di risonanza) del sito;
  - ottenere un'interpretazione del profilo stratigrafico-sismico ad elevata profondità con stima sulla profondità del bedrock (substrato sismico o litologico);
  - ottenere una stima del valore di $Vs_{30}$.

**Rilievo geologico – strutturale e geomeccanico (Anno 2017)**

Esecuzione di rilievo geologico – strutturale e geomeccanico su n. 3 finestre strutturali (substrato roccioso in affioramento ai piedi del muro frangiflutti), comprensiva di:

- rilievo geologico – strutturale e geomeccanico su n. 3 finestre strutturali. Nel campo della progettazione di infrastrutture di ingegneria civile, siano esse legate alla stabilità di un versante o alla stabilità di un'opera in sotterraneo, difficilmente si possono avere informazioni dettagliate sulle caratteristiche di resistenza e di deformabilità dell'ammasso roccioso interessato alla progettazione. Allora diventa importante poter utilizzare uno schema che possa soddisfare le richieste, ovvero un metodo empirico che permetta di risolvere i problemi dovuti alla scarsa conoscenza o esperienza di una determinata area. Le classificazioni di Beniawsky e Romana (la seconda è derivata dalla prima, che risultava troppo "conservativa") consentono di soddisfare i quesiti richiesti e le problematiche che si presentano. La classificazione di Beniawsky si basa sul rilievo, in campagna o in laboratorio, di sei parametri:
  - A1 = resistenza a compressione uniassiale;
  - A2 = Rock Quality Designation Index (Indice RQD);
  - A3 = spaziatura delle discontinuità;
  - A4 = condizioni delle discontinuità;
  - A5 = condizioni idrauliche;
  - A6 = orientamento delle discontinuità.

  Da questi n. 6 parametri si ricava l'Rock Mass Rating (RMR, Beniawsky) e, con le dovute correzioni apportate da Romana nel 1985, lo Slope Mass Rating (SMR) ed una parametrizzazione del substrato di fondazione fondamentale per consentire la verifica strutturale e la progettazione delle opere di consolidamento.

**Prove Standard Penetration Test (S.C.P.T.) (Anno 2007)**

Esecuzione di n. 8 prove penetrometriche dinamiche di tipo SCPT, eseguite con penetrometro DPM medio (peso massa battente Kg 30).

La presente indagine è eseguita ai sensi della seguente Normativa di riferimento:

- D.M. 17.01.2018.
- L.R. 15/2018.
- Piano di Bacino Rii minori (Ambito di bacino n. 5 - Prino).
- P.R.G.C.

Vengono di seguito esposte alcune note circa le caratteristiche geomorfologiche, geolitologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche dell’area d’indagine.

# 2 DESCRIZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO

## 2.1 L'area oggetto dello S.U.A.

L'area interessata dallo S.U.A. è ubicata all'estremità meridionale del territorio comunale di Cipressa (IM), in corrispondenza della fascia litoranea ove ebbero sede un campeggio ed alcuni edifici attualmente in condizioni di abbandono e degrado.



*Vista aerea dell'area dello S.U.A.*

Tale area si colloca a valle della Strada Statale n. 1, "Aurelia", in un ambito territoriale caratterizzato da un versante collinare affacciato sul mare, connotato da una modesta acclività che si articola nell'alternarsi di fasce terrazzate e piccole scarpate. La linea di costa risulta poco accessibile per la presenza di un lungo muraglione frangiflutti, sulla cui sommità si estende una stretta porzione di territorio scandita da fasce, in parte coltivate ed in parte occupate da serre o volumi incongrui.

La via Aurelia costituisce l'asse di attraversamento principale, da esso si innestano una serie di percorsi secondari carrabili che risalgono il versante e che svolgono la funzione di accesso alle parti di territorio urbanizzate.

La mancata organizzazione degli insediamenti ha prodotto un tessuto disomogeneo, composto prevalentemente da edifici a blocco, eterogenei nella forma e nella dimensione. Le poche zone non modificate dall'opera dell'uomo, quindi rimaste allo stato originario, sono per lo più prive di vegetazione arborea; solo alcune aree presentano ancora le caratteristiche di macchia mediterranea con qualche alberatura di rilievo. Nelle parti residue è presente una flora arbustiva, poco significativa sotto il profilo paesaggistico. La parte di versante a monte dell'Aurelia, escludendo quella urbanizzata, è caratterizzata da una situazione orografica omogenea a profilo costante con una diffusa sistemazione a serre e fasce terrazzate.

Nel terreno interessato dallo S.U.A. in oggetto, sono presenti, allo stato attuale, alcuni modesti fabbricati di tipo turistico - residenziale annessi al campeggio ed alcune serre in parziale stato di abbandono. Il lotto si presenta immergente verso S, in quanto rispecchia l'andamento della parte

terminale del versante, fortemente antropizzata degradante verso la linea di costa, ove termina con una parete sub - verticale. La morfologia dell'area suggerisce l'esistenza, nel sito in oggetto, di una passata diffusa attività di riporto antropico di materiale inerte eterometrico. Dalle indagini eseguite in sito, nonché dall'analisi della documentazione storica analizzata, all'interno dell'area in oggetto risultano presenti alcune opere di drenaggio delle acque sub - superficiali di vecchia realizzazione, annesse all'ex sede ferroviaria e/o alla realizzazione dei fabbricati esistenti.



*Vista da E del settore di valle dello S.U.A. (marzo 2016)*

## 2.2 Il muro frangiflutti

Come si legge nel documento "*Regione Liguria, 1999. Difesa costiera e ripascimento delle spiagge",* fino all'anno 1800 circa le spiagge presenti lungo il tratto di costa in esame subirono un graduale aumento raggiungendo in quel periodo la massima estensione della linea di costa (fine della "piccola età glaciale"). L'inversione di tendenza iniziò nei primi anni dell'800, proseguendo nella seconda metà del secolo con la costruzione della linea ferroviaria costiera. Il suo passaggio portò non solo alla riduzione diretta della superficie delle spiagge, ma alla realizzazione di consistenti opere di difesa costituite generalmente da scogliere di massi radenti la costa, che costituirono il primo elemento di turbativa nelle dinamiche meteo-marine e che crearono i primi processi erosivi, innescando un effetto a catena di un'opera per far fronte alla erosione provocata da una precedente.

Nel periodo post - bellico le dinamiche costiere vennero squilibrate da 3 processi principali:

- forte prelievo di inerti dai principali bacini imperiesi, che riduce ai minimi il trasporto di materiali verso le spiagge;

- sviluppo dell'economia turistica, che porta non solo alla espansione lungo costa dei centri abitati, ma anche alla realizzazione dei primi porti turistici. La loro ubicazione, non ponderata rispetto agli effetti sul rimanente litorale, accentua in molti casi i fenomeni erosivi nei litorali di sottoflutto;
- costruzione di scogliere aderenti e pennelli, finalizzati alla difesa di singole spiagge, realizzati in modo "disordinato" in quasi tutti i golfi del Ponente ligure.

Sempre in base alla predetta pubblicazione, il tratto di costa in esame, risulta interessato, al pari di molte altre unità fisiografiche liguri, da problemi connessi all'erosione costiera, con la presenza di tratti che manifestano pericoli di attacco alle strutture più prossime al mare. In particolare, si deve segnalare il tratto compreso tra Riva Ligure e San Lorenzo al Mare (all'interno del quale ricade l'area in esame) caratterizzato da un dispositivo di difesa formato da barriere longitudinali molto ravvicinate alla battigia. Queste ultime, rese necessarie in un recente passato da esigenze di difesa degli abitati, oltre a non offrire una valida difesa agli arenili, costituiscono un serio impedimento alla balneazione.

Tralasciando i predetti aspetti generali ed entrando nel dettaglio dell'area oggetto di studio, lungo il confine di valle dello S.U.A. in oggetto è possibile osservare la presenza di un muro frangiflutti in pietra e cemento di importanti dimensioni (altezza variabile, mediamente m 6), realizzato a protezione della costa nei primi anni del '900.



*Vista panoramica del muro frangiflutti ante dissesto in corrispondenza dell'area di studio (direzione W) (marzo 2016)*



*Vista panoramica del muro frangiflutti ante dissesto in corrispondenza dell'area di studio (direzione E) (marzo 2016)*

Tale opera di difesa, finalizzata proprio ad evitare fenomeni erosivi da parte del moto ondoso che avrebbero potuto destabilizzare parte della linea di costa, si presenta in buone condizioni di conservazione, dimostrando quindi l'effettiva efficacia e l'adeguatezza a garantire una buona difesa dall'azione erosiva del moto ondoso in corrispondenza dell'area di studio, ma non solo.

Sono visibili unicamente alcuni settori basali soggetti a fenomeni di sgrottamento più o meno significativi, causati, peraltro, con ogni probabilità, sia dal moto ondoso stesso che dall'irregolarità del piano di appoggio, costituito dal substrato litoide integro e compatto a componente calcareo marnosa prevalente. Tale substrato rappresenta il piano di sostegno all'intera opera di contenimento in corrispondenza dell'area in esame, garantendo pertanto un elevato livello di stabilità fondazionale.

Si rappresenta che, preliminarmente ad ogni altro intervento previsto dallo strumento urbanistico in oggetto, dovrà essere eseguita un'attività di manutenzione straordinaria del muro frangiflutti, finalizzata, ma non solo, all'eliminazione degli sgrottamenti presenti al piede del manufatto, nonché a locali consolidamenti. Sarà inoltre da prevedersi una periodica attività di monitoraggio (strumentale e visiva) dell'opera in oggetto, sia durante i lavori che nel tempo. In riferimento a quanto sopra si rimanda alla specifica documentazione a firma del responsabile delle strutture Ing. Paolo Turbiglio.



*Documentazione fotografica di un modesto sgrottamento al piede del muro, che interessa unicamente il rivestimento esterno (marzo 2016)*



*Documentazione fotografica di un modesto sgrottamento al piede del muro, che interessa unicamente il rivestimento esterno (marzo 2016)*



*Vista del settore orientale del muro frangiflutti.*
*E' ben visibile il piano di appoggio del manufatto costituito dal substrato litoide (marzo 2016)*

# 3 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI DALLO S.U.A.

## 3.1 Premessa

*Si rappresenta, preliminarmente, che, in caso di eventuale riscontro di differenze numeriche, descrittive o di altro tipo tra quanto di seguito riportato e quanto più approfonditamente descritto negli appositi elaborati progettuali, sarà da considerarsi corretto quanto indicato in questi ultimi, valutando come un mero errore di trascrizione quanto scritto nel presente documento.*

Il progetto dello S.U.A. è stato redatto in assoluta conformità ai parametri dimensionali e di destinazione d'uso previsti dal PRUSST nella zona LTR.

Negli elaborati progettuali sono riportati i criteri e gli schemi di calcolo attraverso i quali si è pervenuti alla definizione dei seguenti dati progettuali:

- Superficie totale oggetto di S.U.A. Zona LTR: $m^2$ 9.153
- Superficie intera proprietà disponibile: $m^2$ 18.271
- Volumetria massima realizzabile: $m^3$ 7.900
- Volumetria esistente (da eliminare): $m^3$ 550
- Volumetria esistente mantenuta: $m^3$ 0
- Volumetria a progetto nello S.U.A.: $m^3$ 7.899
- Superficie lorda d'uso (SLU) in progetto: $m^2$ 2.592
- Superficie coperta in progetto: $m^2$ 1.673
- Superficie interrata complessiva in progetto: $m^2$ 1.486
- Abitanti insediabili ($m^2$ 7.900: 80 $m^3$/ab) 99
- Standard richiesti nello S.U.A. (99 ab x 24 $m^2$): $m^2$ 2.376
- Standard a progetto nello S.U.A.: $m^2$ 3.150

## 3.2 L'intervento S.U.A. / PRUSST

L'intervento in progetto sarà effettuato per comparti, suddivisi e perimetrati in n. 4 unità:

- Comparto 1 (residenza) = $m^2$ 1.536,96
- Comparto 2 (residenza) = $m^2$ 831,81

Totale parziale = $m^2$ 2.368,77

- Comparto 3 (unità ricettive) = $m^2$ 1.276,32
- Comparto 4a (unità ricettive) = $m^2$ 2.906,91
- Comparto 4b (blocco servizi) = $m^2$ 1.346,37

Totale complessivo = $m^2$ 7.898,37 = arrotondato a $m^2$ 7899

Il volume massimo autorizzato dal PRUSST è di $m^3$ 7.900, per le seguenti destinazioni ammesse:

- Turistico – ricettive anche di tipo extra alberghiero, balneari, ristorante
- Residenza: non oltre il 30%
- Commerciale: non superiore a 500 $m^3$
- Servizi
- Pista ciclabile e passeggiata a mare

Tutti i dati di progetto e il calcolo delle superfici da edificarsi e delle relative cubature di ogni comparto, sono contenuti negli elaborati progettuali.

### 3.3 Il progetto

La conoscenza della natura e delle attitudini dell'ambito nel quale si dovrà intervenire è stata determinante per raggiungere le soluzioni progettuali proposte, che appaiono in grado di garantire il miglior rapporto di compatibilità con i luoghi ed il contesto.

La scelta di un modello di urbanizzazione di tipo lineare, oltre a rispecchiare quello ricorrente per gli insediamenti che si sono sviluppati lungo il "percorso matrice" rappresentato dalla via Aurelia, è stata praticamente imposta sia dalla conformazione del sito che dal profilo del PRUSST. L'impianto lineare delle volumetrie progettate accompagna il percorso della pista ciclabile, senza però mai interferire con essa; anzi, la pista e la passeggiata a mare potranno beneficiare di gran parte delle infrastrutture di servizio proposte dal progetto ed il sistema del fronte mare sarà riqualificato nell'immagine complessiva attraverso questo disegno del sistema pedonale e ciclabile di lungomare e con il miglioramento dei collegamenti con le aree retrostanti e l'Aurelia.

L'aver gestito una progettazione estesa ad un territorio più ampio del PRUSST ha consentito di poter pianificare al meglio le aree da cedere ad uso pubblico, localizzandole nei punti più strategici per ottimizzarne la effettiva fruizione.

Le superfici a progetto previste per il soddisfacimento degli standard urbanistici risultano così ripartite:

- parcheggio pubblico a raso (PP2): $m^2$ 370,43;
- parcheggio pubblico a raso (PP3): $m^2$ 443,35;
- ampliamento park area AP1: $m^2$ 148,54;
- parcheggio pubblico interrato PP1bis $m^2$ 486,70;
- Verde pubblico attrezzato (Vp) $m^2$ 1.704,71.

Totale standard a progetto $m^2$ 3.153,73.

Si evidenzia che la pista ciclabile e passeggiata a mare di $m^2$ 1976 non sono state computate come standard e anche la viabilità soggetta a servitù di uso pubblico, corrispondente all'area AP2 di $m^2$ 483.

La trama di percorsi pedonali e luoghi di aggregazione pubblici o di uso pubblico, sono tali da garantire una effettiva possibilità di incrementare le attività balneari e sportive, nonché le relazioni sociali fra gli abitanti, i turisti e i fruitori della pista ciclabile. La pista ciclabile prevista dal

PRUSST in sostituzione di parte del tracciato del tunnel lungo 1600 m, sarà realizzata completamente a cielo aperto e lungo il fronte mare.

Tutte le costruzioni incongrue e/o precarie attualmente esistenti (serre, roulotte, bungalow, servizi igienici del campeggio, etc.) saranno eliminate. L'impostazione planimetrica adottata e la disposizione dei corpi di fabbrica ha voluto esaltare la componente orizzontale, che costituisce il motivo ricorrente nel tratto di costa interessato dall'intervento (serre, fasce terrazzate, muro frangiflutti, volumi degli edifici esistenti, etc.).

Il volume complessivo degli edifici viene composto in elementi semplici, che unitamente ad una serie di sistemazioni del terreno riesce così da integrarsi nella morfologia dei luoghi e mantenere l'aspetto prospettico originario. Il modello definito segue quindi alcune regole precise:

- i percorsi, pedonali e carrabili costituiscono la trama organizzativa del complesso
- lo sviluppo planimetrico segue il disegno dei percorsi secondo un andamento rettilineo
- la viabilità di progetto si sviluppa in maniera da servire al meglio il nuovo insediamento, ma assecondandone l'impostazione planimetrica e garantendo, con i 3 parcheggi pubblici ripartiti lungo tutto il fronte d'intervento, un agevole collegamento con gli accessi alla pista e passeggiata; per tutto il nuovo complesso la pista ciclabile e la passeggiata a mare sono accessibili soltanto mediante camminamenti pedonali o ciclabili, che garantiscono la massima sicurezza e una alta qualità di fruizione
- la viabilità condominiale si sviluppa parte a cielo libero e parte in interrato, attraversando e servendo tutto il complesso, ma senza alcuna interferenza con gli spazi pubblici, di relazione o sport
- rispetto ai fabbricati, gli spazi per verde, gioco o balneazione saranno collocati sia in posizione baricentrica che alle estremità, garantendo così una migliore qualità di utilizzo
- tutti i parcheggi pertinenziali sono collocati sotto gli edifici, essendo serviti da una vera e propria viabilità coperta non risultano percepibili dall'esterno
- il verde pubblico e quello privato sono stati utilizzati come un tessuto connettivo di collegamento, in modo da permeare tutto il nuovo insediamento e orientarlo con una "direttrice vegetazionale" lungo la passeggiata a mare
- il verde privato è stato gestito come una "quinta scenografica" posta a coronamento e mitigazione dell'edificato previsto, in maniera da incrementare ulteriormente l'effetto di compenetrazione dei volumi progettati con gli elementi naturali circostanti
- la progettazione ha teso all'abbattimento delle barriere architettoniche, i vari ascensori favoriranno al massimo l'accesso e la visitabilità sia delle abitazioni che degli spazi verdi o di aggregazione.

Si è dunque scelta una impostazione progettuale coerente con lo stato dei luoghi, compatibile con l'organizzazione del territorio, prevedendo un insediamento che fosse in grado di non interferire con la natura del sito e nel contempo, con le sue forme, di prevalere sul disordine compositivo dell'abitato circostante anche per quanto riguarda la localizzazione, il dimensionamento e la qualità degli spazi pubblici/privati (sotto il profilo architettonico, dell'accessibilità e della fruibilità, dell'efficienza energetica) e il ridisegno della trama dei percorsi.

Una riqualificazione dell'ambito, migliorando la fruizione sportiva e balneare, sotto il profilo della qualificazione paesaggistica e della fruibilità delle strutture, il completamento della viabilità

pedonale e ciclabile lungo il margine costiero con la scelta di funzioni pregiate possono contribuire al miglioramento della capacità attrattiva nei confronti del turismo attraverso il rilancio di spazi oggi in grave stato di degrado e fatiscenza.

## 3.4 La tipologia

L'indagine sulle tipologie ricorrenti, presenti nell'ambito territoriale circostante la zona d'intervento, ha evidenziato una molteplicità di elementi edilizi diversi fra di loro e non particolarmente idonei ad essere assunti come riferimento.

Non avendo individuato ricorrenze significative nella tipologia esistente, la soluzione progettuale adottata è stata quella di attenuare il livello scadente dell'edificato esistente, proponendo schemi compositivi costituiti dall'aggregazione di elementi semplici e tipici della tradizione mediterranea.

Per quanto riguarda un miglior dettaglio delle tipologie adottate si rimanda agli elaborati progettuali.

I comparti sono costituiti da edifici che rispettano le caratteristiche morfologiche e vegetazionali del territorio, nonché le caratteristiche delle tipologie insediative ricorrenti.

Verrà migliorata la funzionalità dei servizi e delle infrastrutture primarie, esaltando le valenze ambientali e salvaguardando le visuali verso il mare lasciando ampi spazi liberi. Nei comparti 1-2-3 le unità abitative e/o ricettive sono costituite da:

– 1 soggiorno e 1 o 2 camere da letto con minimo di 9 $m^2$ netti per un letto e minimo 14 $m^2$ netti per 2 letti.
– Ogni unità immobiliare è dotata di almeno un box collocato nel piano interrato.

Il comparto 4 prevede, oltre le unità immobiliari, i seguenti servizi turistico-ricettivi:

- <u>al piano terreno</u>:
reception
ufficio del complesso
lavanderia automatica
magazzini e dispensa
ascensore e montacarichi

- <u>al piano primo</u>:
sala soggiorno / ristorante
sala prima colazione
sala televisione
bar
cucina - frigoriferi

- <u>al piano secondo</u>:
sala ristorante panoramico
terrazza per ristorante all'aperto con pergola.

Tutti gli edifici dei comparti 1-3-4 saranno, oltre al piano totalmente interrato per le autorimesse, di 2 piani fuori terra, salvo casi isolati a 3 piani come anche l'edificio turistico ricettivo attrezzato a servizi. Gli edifici del comparto 2, abitazioni unifamiliari ipogee, saranno sovrastate da manto erboso con una sola facciata rivolta verso mare.

Per tutte le unità immobiliari poste al piano terra è prevista una dotazione di porticati e giardini. Le unità disposte al primo e secondo piano avranno terrazze pensili con aree verdi e pergolati; ove accessibili le coperture saranno attrezzate in parte con manto erboso. Le pareti esterne saranno rivestite in scapoli di pietra locale sovrapposti oppure rifinite con intonachino colorato in tinte tradizionali.

### 3.5 PRUSST / Pista ciclabile e passeggiata a mare

Come già esposto nella premessa il progetto recepisce in toto i dettami della pianificazione del PRUSST, privilegiando e assumendo come obiettivo primario la progettazione e realizzazione della pista ciclabile e passeggiata a mare pubblica.

La zona verrà indubbiamente riqualificata dalla trasformazione dell'area, attualmente adibita a campeggio e serre inutilizzate, in un complesso edilizio ben inserito nel contesto ambientale. Entro il perimetro del PRUSST verranno create nuove aree verdi, parcheggi pubblici nonché la pista ciclabile, panoramica e completamente a cielo aperto.

L'estensione delle proprietà del soggetto attuatore è tale da poter garantire il passaggio a cielo libero della pista lungo tutto il fronte mare, anche ben oltre il tratto perimetrato dal PRUSST. Ciò ha consentito di prevedere un *nuovo by-pass in galleria* che consentirà un agevole innesto della pista nel tunnel già esistente.

L'area di proprietà del soggetto attuatore al di fuori del perimetro dello S.U.A. ha una superficie pari a $m^2$ 9.067.

In particolare il soggetto attuatore si è reso disponibile alla cessione della porzione di terreno necessaria per il proseguimento della nuova pista ciclabile pubblica fino all'innesto nella vecchia galleria ferroviaria e quindi al collegamento con la pista ciclabile proveniente da ovest.

### 3.6 Viabilità e parcheggi

L'area oggetto dello S.U.A. è già attualmente dotata di un accesso dalla via Aurelia sul lato ovest (già ad oggi utilizzato per l'ingresso al camping dismesso).

L'accessibilità all'area d'intervento sarà integrata con un secondo ingresso da est, previsto dall'Aurelia nella zona dell'attuale parcheggio pubblico comunale.

Tali vie d'ingresso consentiranno un percorso alternativo d'ingresso ed uscita sia dal nuovo complesso che dalla futura pista ciclabile pubblica.

Il percorso carrabile, che attraversa in senso longitudinale la proprietà privata condominiale, è stato progettato in gran parte interrato e sottostante le nuove costruzioni, in modo da non interferire con la pista ciclabile e non costituire impatto ambientale con la presenza in superficie di automobili e traffico.

La scelta dei percorsi coperti, pur se più onerosa, permette l'accesso a tutte le autorimesse interrate pertinenziali e consente, inoltre, di entrare direttamente all'interno degli edifici tramite scale e ascensori, nel rispetto della Legge 13/89 e DM 236/89 per le persone portatrici di handicap.

Il sistema di percorso stradale, parzialmente interrato, (con relative uscite di sicurezza ed aerazioni prescritte dal DM 01/02/86) è progettato parallelamente e a monte della pista ciclabile, proprio perché quest'ultima possa essere, come già detto, panoramica e disposta a bordo mare.

Per il rispetto dell'art. 19 della Legge Regionale 06.06.2008 n. 16 e s. m. i. è stata prevista una congrua dotazione di parcheggi pertinenziali sia a raso che nell'interrato.

Più precisamente si realizzeranno:

- $m^2$ 36,16 di parcheggi pertinenziali a raso;
- $m^2$ 760,77 di parcheggi pertinenziali coperti;
- $m^2$ 81,70 di parcheggi privati coperti.

La dotazione di parcheggi pubblici a progetto (individuati con le sigle AP1, PP1 bis, PP2 e PP3 nella tavola n. 5 e nell'allegato B2) ammonta a complessivi $m^2$ 1.447 e, fra questi, spicca il nuovo parcheggio interrato che sarà realizzato sotto quello esistente, già di proprietà comunale.

Ciò consentirà di non penalizzare l'attuale dotazione di posti auto della zona, e di rendere più agevole la frequentazione del sito e della passeggiata a mare.

### 3.7 Verde pubblico attrezzato

Particolare attenzione è stata posta nella progettazione della sistemazione a verde, predisponendo una soluzione che si è basata sui seguenti presupposti fondamentali:

- ottenere ampie zone verdi effettivamente fruibili;
- separare i percorsi carrabili da quelli pedonali;
- creare una direttrice di collegamento fra il nuovo complesso e le infrastrutture in esso previste;
- ricostituire la vegetazione arborea ed arbustiva;
- salvaguardare i fruitori della pista ciclabile;
- creare, in prossimità del depuratore consortile, un polmone verde in grado di mitigarne l'impatto e schermarne le interferenze.

Tutto ciò è stato ottenuto prevedendo una sistemazione del verde costituita dall'area verde pubblico Vp di 1.704 $m^2$, nonché dalla notevolissima dotazione di verde della pista ciclabile, che fiancheggia la stessa come una ininterrotta quinta scenografica.

Questi interventi costituiscono indubbiamente una riqualificazione dell'area sotto il profilo paesaggistico e attenueranno notevolmente, con le masse arboree, l'impatto delle parti costruite.

La collocazione degli edifici adottata ha permesso di mantenere ampi spazi liberi, dove è stata salvaguardata la vegetazione originaria che comunque sarà incrementata da nuove essenze tipiche della macchia mediterranea.

Le sistemazioni del terreno, laddove fosse necessario modificarne la morfologia, saranno realizzate tenendo conto dell'attuale conformazione e, in presenza di fasce terrazzate, le stesse

verranno salvaguardate e ricostruite senza soluzione di continuità anche per quanto riguarda le tecniche costruttive ed i materiali (rivestimento in pietra o ripristino delle murature esistenti).

Le aree verdi saranno trattate come un giardino mediterraneo dove sono previste le essenze arboree caratteristiche della zona insieme a vegetazione proveniente da altre aree mediterranee, comunque adatte al clima locale in vicinanza del mare.

Saranno anche disposte a protezione della passeggiata e della pista ciclabile alberature e cespugli a foglia perenne per ombreggiare e riparare la pista stessa

## 3.8 Standards urbanistici

Per gli standard urbanistici si sono adottati i parametri previsti dall'Art.4 comma 3 del D.I. 2/4/68 n. 1444 e va evidenziato che nel progetto il loro dimensionamento è sempre ampiamente superiore alla dotazione minima richiesta.

Non sono stati soddisfatti soltanto i bisogni del nuovo carico insediativo, ma si è colta l'opportunità offerta dall'intervento per realizzare anche altre opere necessarie alla collettività della zona.

La quota da destinare ad aree per l'istruzione o per altre attrezzature di interesse pubblico è stata ripartita fra parcheggi ed aree verdi.

Nella Tavola 5 e negli allegati B/4.1, B/4.2 e B/5, sono evidenziati il dimensionamento e la verifica degli Standard Urbanistici di progetto.

In sintesi la dotazione minima di spazi pubblici deriva dal seguente computo:
a progetto $m^3$ 7.900: 80 $m^3$/ab = 99 abitanti insediabili
99 ab. x 24 $m^2$/ab. = $m^2$ 2.376 di spazi pubblici necessari.

Le superfici a progetto previste per il soddisfacimento degli standard risultano così ripartite:

- Parcheggio pubblico a raso PP2 $m^2$ 370,43
- Parcheggio pubblico a raso PP3 $m^2$ 443,35
- ampliamento park area AP1 $m^2$ 148,54
- Parcheggio pubblico interrato PP1bis $m^2$. 486,70
- Verde pubblico attrezzato (Vp) $m^2$ 1.704,71
- Totale standard a progetto $m^2$ 3.153,73 arrotondato $m^2$ 3.153

VERIFICA: $m^2$ 3.153 > $m^2$ 2.376
Si evidenzia che: la pista ciclabile e passeggiata a mare di $m^2$ 1.976 non sono state computate come standard ed anche la viabilità soggetta a servitù di uso pubblico, corrispondente all'area AP2 di $m^2$ 48.

## 3.9 Allacci alle pubbliche utenze

Con la sola eccezione della rete fognaria, allo stato attuale il sito risulta già sufficientemente urbanizzato e, pertanto, sarà necessario realizzare soltanto le opere funzionali all'allaccio dei nuovi fabbricati alla rete infrastrutturale esistente (fognatura acque bianche, rete idrica pubblica, rete elettrica, rete telefonica).

Sarà realizzata completamente ex novo la fognatura condominiale, con una condotta che attraverserà longitudinalmente l'intero complesso e sfocerà in una vasca di accumulo.

Da questa si provvederà al pompaggio in un nuovo tratto di fognatura che, per gravità, scaricherà direttamente nel depuratore consortile.

Particolare attenzione verrà posta nello smaltimento delle acque meteoriche, che avverrà sia mantenendo una buona permeabilità dei suoli, sia mediante la realizzazione di idonee opere di captazione e convogliamento (condotte, canalette, pozzetti, etc.).

Gli attuali collettori di deflusso, che provvedono in oggi a convogliare le acque meteoriche verso il mare, saranno potenziati nei tratti ove necessario, utilizzando collettori sovradimensionati.

Tutta la nuova viabilità, pubblica e privata, sarà percorsa da tubazioni di drenaggio che s'immetteranno nei collettori precitati.

La linea aerea ENEL che attualmente serve il sito, verrà completamente interrata per non interferire con i fabbricati da realizzare.

<u>In sintesi gli obiettivi/interventi previsti dallo strumento urbanistico in esame sono</u>:

- Riqualificazione dell'ambito, migliorando la fruizione sportiva e balneare, sotto il profilo della qualificazione paesaggistica e della fruibilità degli accessi a mare
- Cessione di aree per il completamento della viabilità pedonale e ciclabile ad uso pubblico
- Realizzazione di nuove unità turistico/residenziali che si integrino nella morfologia dei luoghi così da mantenere l'aspetto lineare/prospettico originario
- Cessione di aree per la realizzazione di verde pubblico utilizzato come un tessuto connettivo di collegamento e di organizzazione
- Realizzazione di opere per l'aumento della sicurezza dal punto di vista idraulico
- Cessione di aree per la realizzazione di opere di miglioramento della viabilità e dei parcheggi
- Realizzazione di strutture turistico/ricettive di ristorazione e accoglienza per un'offerta turistica qualificata
- Interventi di manutenzione dell'ambiente, con la riqualificazione degli spazi esterni e del verde con particolare riferimento all'impatto ambientale delle nuove costruzioni e delle attività di ricezione, in modo da permeare tutto il nuovo insediamento e orientarlo con una "direttrice vegetazionale" lungo la passeggiata a mare.

Si rappresenta che la corretta ubicazione dei fabbricati e delle infrastrutture è evidenziata nelle tavole del progetto architettonico a firma del Dott. Arch. Flavio Gaudino, alle quali si rimanda.

*Si ribadisce, che, in caso di eventuale riscontro di differenze numeriche, descrittive o di altro tipo tra quanto sopra riportato e quanto più approfonditamente descritto negli appositi elaborati progettuali, sarà da considerarsi corretto quanto indicato in questi ultimi, valutando come un mero errore di trascrizione quanto scritto nel presente documento.*

# 4 VINCOLISTICA GEOLOGICA, TERRITORIALE E PAESAGGISTICA

## 4.1 Piani territoriali e paesaggistici

### *4.1.1 Piano Territoriale Regionale (PTR)*

Il Piano Territoriale Regionale (PTR), previsto dalla legge urbanistica regionale, rappresenta il nuovo strumento per la pianificazione del territorio. Costituisce il riferimento per i piani provinciali e comunali e contiene gli obiettivi, i temi e i progetti che la Regione vuole promuovere in Liguria. Il Piano, inoltre, rappresenta una "fotografia" del territorio regionale che sta cambiando e contiene materiali a disposizione di tutti gli enti e della collettività.

In termini di obiettivi, il Piano è volto a promuovere la nascita di una nuova progettualità, promuovendo la formazione di progetti integrati per i diversi ambiti territoriali ed esprime le linee guida e gli obiettivi di pianificazione da assumere a livello comunale e provinciale. Relativamente agli ambiti territoriali (Ambiti di Progetto), il PTR attribuisce, ad ognuno di questi, obiettivi specifici, riportando l'insieme degli elementi riferiti ad ognuna di queste realtà territoriali in apposite schede ed elaborati cartografici.

*Indicazioni relative all'area in esame fornite dal Piano*

Come evidenziato negli elaborati costituenti parte del Quadro Strutturale del PTR, l'area in oggetto viene ricompresa nell'Ambito ATA (Area di Tutela Attiva) n. 4 "Costa tra Cipressa e Costarainera".

Per tale ambito, come evidenziato in sintesi nell'elaborato sopra indicato, viene identificato come obiettivo l'integrazione di questo nel PRUSST (Programma di Riqualificazione Urbana e di Sviluppo Sostenibile del Territorio) regionale. La strategia di riferimento è quella del rilancio turistico, da ottenersi mediante attuazione delle indicazioni del Piano della Costa previste per gli Ambiti di Tutela Attiva.

### *4.1.2 Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico (PTCP)*

Il Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico (PTCP) rappresenta uno strumento, previsto dalla L. 431/1985, preposto a governare, sotto il profilo paesistico, le trasformazioni del territorio ligure: adottato nel 1986 ed approvato nel 1990, tale Piano comprende l'intero territorio regionale.

Il Piano è stato redatto sulla base di un complesso di studi e di analisi, i quali hanno consentito di leggere e interpretare il territorio ligure a livello di ambiti paesistici e alla scala locale (1:25.000), con riferimento a 3 assetti del territorio:

a) assetto insediativo
b) assetto geomorfologico
c) assetto vegetazionale.

Il Piano è articolato in 3 livelli:

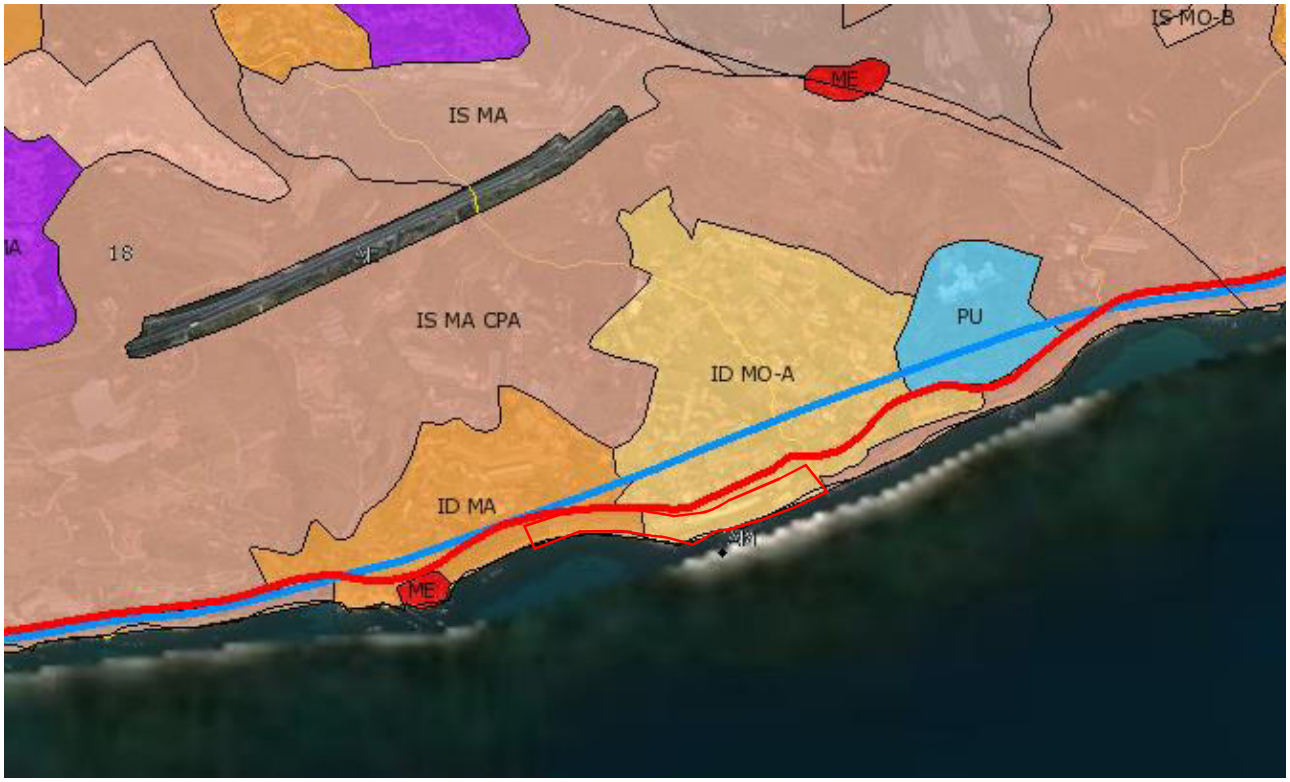
- livello territoriale, le cui indicazioni hanno carattere soprattutto di indirizzo e proposta per le azioni di pianificazione

- livello locale, alle cui indicazioni devono adeguarsi gli strumenti urbanistici comunali
- livello puntuale, che prevede indicazioni di specificazione del livello locale sviluppate dai Comuni, con particolare riguardo agli aspetti qualitativi.

Di seguito verranno analizzate le possibili interferenze tra l'intervento previsto da progetto, ricadente all'interno dell'Ambito territoriale 18 - Punta S. Stefano, e le previsioni del Piano nei suddetti assetti.

*a) PTCP Regione Liguria - assetto insediativo*

L'intervento in oggetto ricade in un'area compresa in all'interno della classe ID – MA, ovvero: "Insediamento Diffuso a regime normativo di Mantenimento" (porzione W dell'area) e in classe ID – MO-A, ovvero. "Insediamento Diffuso a regime normativo di Modificabilità di tipo A" (porzione E dell'area). Di seguito si riporta un estratto della cartografia relativo all'assetto insediativo locale.




Si riportano, di seguito, le prescrizioni previste per tali classi, come indicato nelle vigenti Norme di Attuazione del Piano.

**Art. 44**
**Insediamenti Diffusi - Regime normativo di MANTENIMENTO (ID-MA)**

1. Tale regime si applica là dove l'assetto insediativo abbia conseguito una ben definita caratterizzazione e un corretto inserimento paesistico, tali da consentire un giudizio positivo sulla situazione complessiva in atto, non suscettibile peraltro di essere compromesso dalla modificazione di singoli elementi costituenti il quadro d'insieme o da contenute integrazioni dei tessuto edilizio.
2. L'obiettivo della disciplina è quello di mantenere sostanzialmente immutati i caratteri complessivi dell'insediamento in quanto vi si riconosce l'espressione di un linguaggio coerente ed un equilibrato rapporto con il contesto ambientale.
3. Sono pertanto consentiti esclusivamente interventi di limitata modificazione delle preesistenze ed eventualmente di contenuta integrazione dell'insediamento purché nel rispetto dei caratteri peculiari della zona e dei suoi rapporti con l'ambito paesistico.
4. Per far fronte a quelle carenze di ordine funzionale che possono influire sulla stessa qualità dell'ambiente e sulla sua fruizione, con particolare riferimento alla accessibilità ed ai parcheggi, sono consentiti interventi anche relativamente più incidenti sull'assetto dell'insediamento.

**Art. 46**
**Insediamenti Diffusi**
**Regime normativo di MODIFICABILITA di tipo A (ID-MO-A)**

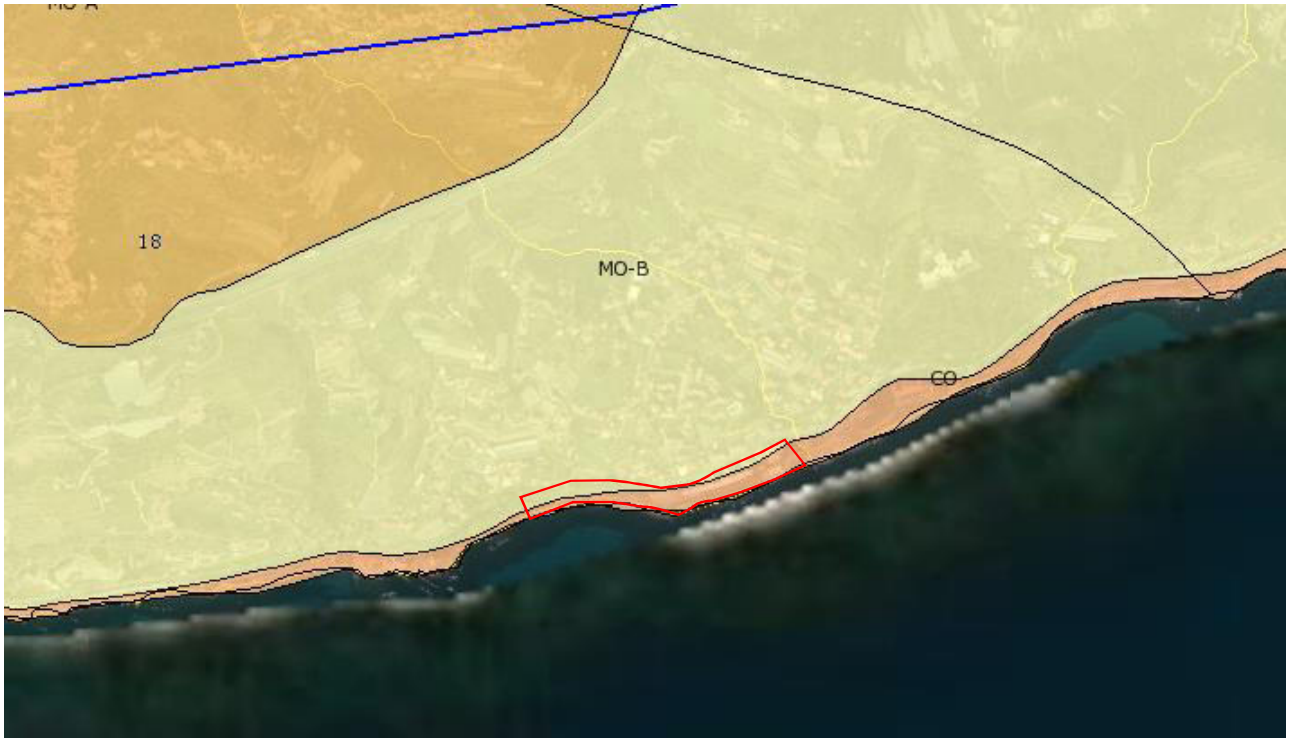
1. Tale regime si applica nei casi in cui l'insediamento presenti aspetti di forte eterogeneità e disorganizzazione, tali che nello stesso non siano riconoscibili né caratteri prevalenti, né uno schema organizzativo cui attenersi.

2. L'obiettivo della disciplina è quello di assicurare, mediante la definizione di nuove regole, lo sviluppo dell'insediamento verso un assetto maggiormente ordinato e confacente sotto il profilo paesistico-ambientale.

3. Gli interventi di urbanizzazione e di nuova edificazione o comunque incidenti in misura rilevante sull'assetto della zona devono pertanto essere riferiti a regole e schemi di organizzazione e riqualificazione ambientale dell'insediamento o di parti significative di esso, da definirsi mediante Studio Organico d'Insieme, ferma restando la conferma dei suo carattere diffuso.

*b) PTCP Regione Liguria - assetto geomorfologico*

L'intervento in oggetto ricade in un'area compresa in prevalenza all'interno della Classe CO, ovvero: "Consolidamento" e secondariamente in Classe MO – B, ovvero: "Modificabilità di tipo B. Di seguito si riporta un estratto della cartografia relativo all'assetto geomorfologico locale.




Si riportano, di seguito, le prescrizioni previste per tali classi, come indicato nelle vigenti Norme di Attuazione del Piano.

**Art. 65**
**Regime normativo di CONSOLIDAMENTO (CO)**

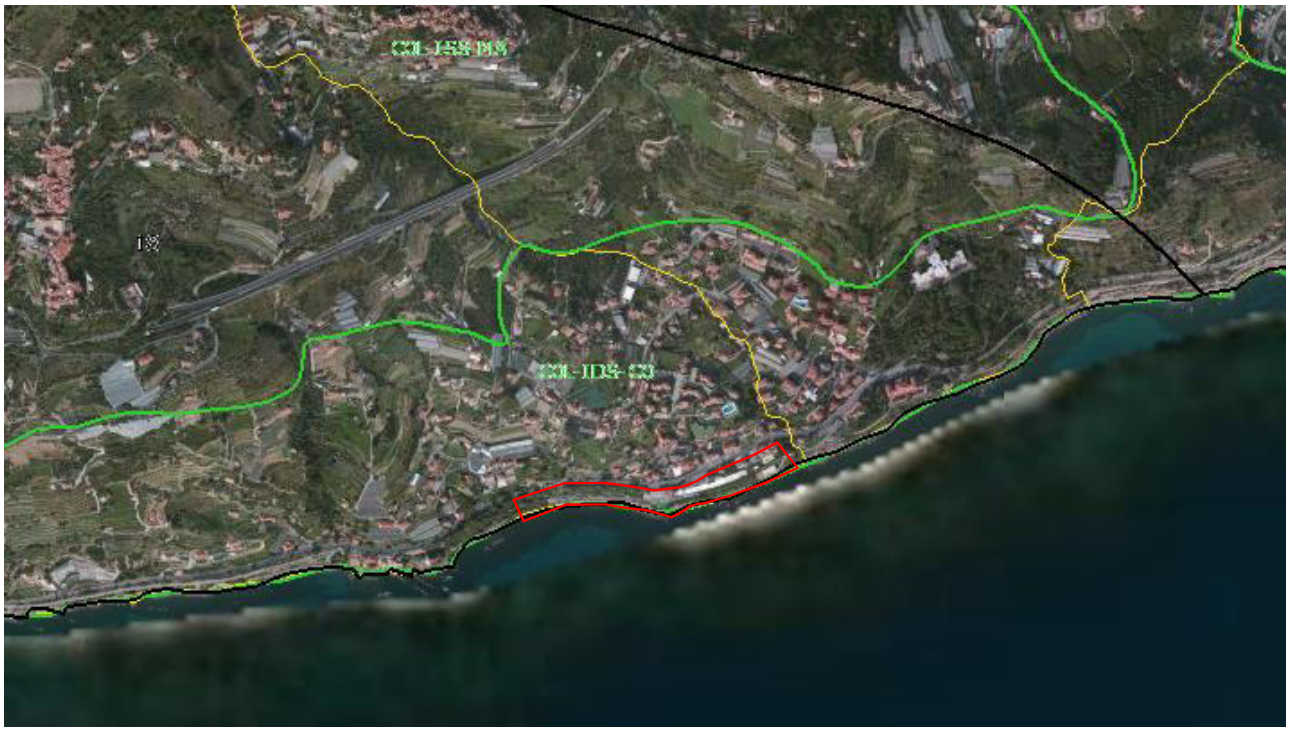
1. Tale regime si applica nelle parti dei territorio che presentano condizioni idrogeologiche comportanti rischi di compromissione per l'ambiente e/o pericoli per le attività insediate, e nelle quali peraltro si riscontrano valori paesaggistici o di fruizione che richiedono particolare attenzione.
2. L'obiettivo della disciplina è quello di far sì che gli interventi che incidono sull'assetto geomorfologico, ed in particolare quelli eventualmente necessari per la prevenzione dei rischi e l'eliminazione dei pericoli, tengano conto dell'esigenza di salvaguardare i valori individuati.
3. Gli interventi preordinati alla prevenzione dei rischi ed all'eliminazione dei pericoli, qualora incidano in misura rilevante sull'assetto paesistico-ambientale, dovranno fare riferimento ad uno Studio Organico d'Insieme che ne garantisca il migliore inserimento nel contesto d'ambito, anche attraverso la definizione di appropriata modalità esecutive.

**Art. 67**
**Regime normativo di MODIFICABILITA' di tipo B (MO-B)**

1. Tale regime si applica in tutte le parti dei territorio non assoggettate ai regimi normativi di cui ai restanti articoli della presente Sezione.
2. Gli interventi in tali zone, oltre a rispettare la specifica disciplina di settore, dovranno conformarsi a criteri di corretto inserimento ambientale delle opere.

*c) PTCP Regione Liguria - assetto vegetazionale*

L'intervento in oggetto ricade in un'area compresa all'interno della Classe COL – IDS – CO, ovvero: "Colture agricole – Impianti Diffusi di Serre soggetta a regime normativo di Consolidamento". Di seguito si riporta un estratto della cartografia relativo all'assetto vegetazionale locale.



Si riportano, di seguito, le prescrizioni previste per tale classe, come indicato nelle vigenti Norme di Attuazione del Piano.

**Sezione X - Colture Agricole - COL**

**Art. 58**
**Generalità**

1. Il Piano, pur non disciplinando le modalità di esercizio delle attività agricole, interferisce con le stesse nei casi in cui comportino la realizzazione di edifici, impianti ed infrastrutture, in quanto per tali opere valgono le pertinenti norme relative all'assetto insediativo.
2. Per quanto concerne l'estensione delle aree che possono essere interessate a tali attività, il Piano non pone limitazioni all'interno delle zone appositamente indicate con la sigla COL nella cartografia dell'assetto vegetazionale, mentre nelle restanti parti dei territorio eventuali modificazioni dello stato attuale sono subordinate alla verifica di compatibilità con gli obiettivi definiti per l'assetto vegetazionale.
3. E comunque vietato costruire nuovi impianti di serre nelle zone sottoposte al regime normativo di CONSERVAZIONE degli assetti insediativo e geomorfologico.

**Art. 59**
**Impianti diffusi di Serre - IDS**

1. Gli impianti diffusi di serre sono assoggettati al regime normativo del CONSOLIDAMENTO interessando le parti del territorio di cui all'articolo precedente e nelle quali l'attuale diffusione degli impianti di serre caratterizza il paesaggio agrario in forme tali che lo stesso non risulta passibile di significative alterazioni per effetto di un ulteriore sviluppo.
2. L'obiettivo della disciplina è, da un lato, quello di indirizzare l'eventuale espansione di tali impianti verso le parti dei territorio che storicamente ne hanno registrato il maggiore sviluppo, e dall'altro lato, quello di conseguire, attraverso i nuovi interventi, più elevati livelli di infrastrutturazione dei territorio e quindi di presidio dell'ambiente.
3. Sono pertanto consentiti quegli interventi di nuova costruzione nonché di ristrutturazione degli impianti esistenti che, adeguandosi sostanzialmente alle linee morfologiche dei territorio e rispettando le eventuali emergenze puntuali di carattere storico-architettonico e vegetazionale, assicurano adeguate sistemazioni idrogeologiche ed infrastrutturali dell'area di pertinenza.

### *4.1.3 Piano della Costa della Regione Liguria*

Il Piano prende le mosse dall'esame delle condizioni attuali della costa ligure, alla fine di un ciclo espansivo fondato su un accrescimento solo quantitativo dell'edificazione e contrassegnato da una trasformazione spesso anche brutale dell'ambiente costiero. Nel contempo la dotazione di servizi ed infrastrutture mostra evidenti carenze che incidono sull'efficienza del sistema economico, sull'attrattività turistica e sulla qualità complessiva della vita dei residenti.

In questo contesto il Piano punta a perseguire i seguenti obiettivi:

- la tutela e la valorizzazione dei tratti di costa emersa e sommersa che rivestono valore paesaggistico, naturalistico ed ambientale
- la riorganizzazione e la riqualificazione dei tratti costieri urbanizzati
- la difesa del litorale dall'erosione marina ed il ripascimento degli arenili
- lo sviluppo della fruizione pubblica e dell'uso turistico e ricreativo della zona costiera (anche in vista della formazione del Piano di utilizzo delle aree del demanio marittimo previsto dalla L. 494/1993)
- l'adeguamento e lo sviluppo del sistema della portualità turistica
- il riuso, in forma integrata e coordinata, dei tratti di ferrovia dismessi o da dismettere lungo la costa
- il miglioramento delle condizioni della viabilità costiera.

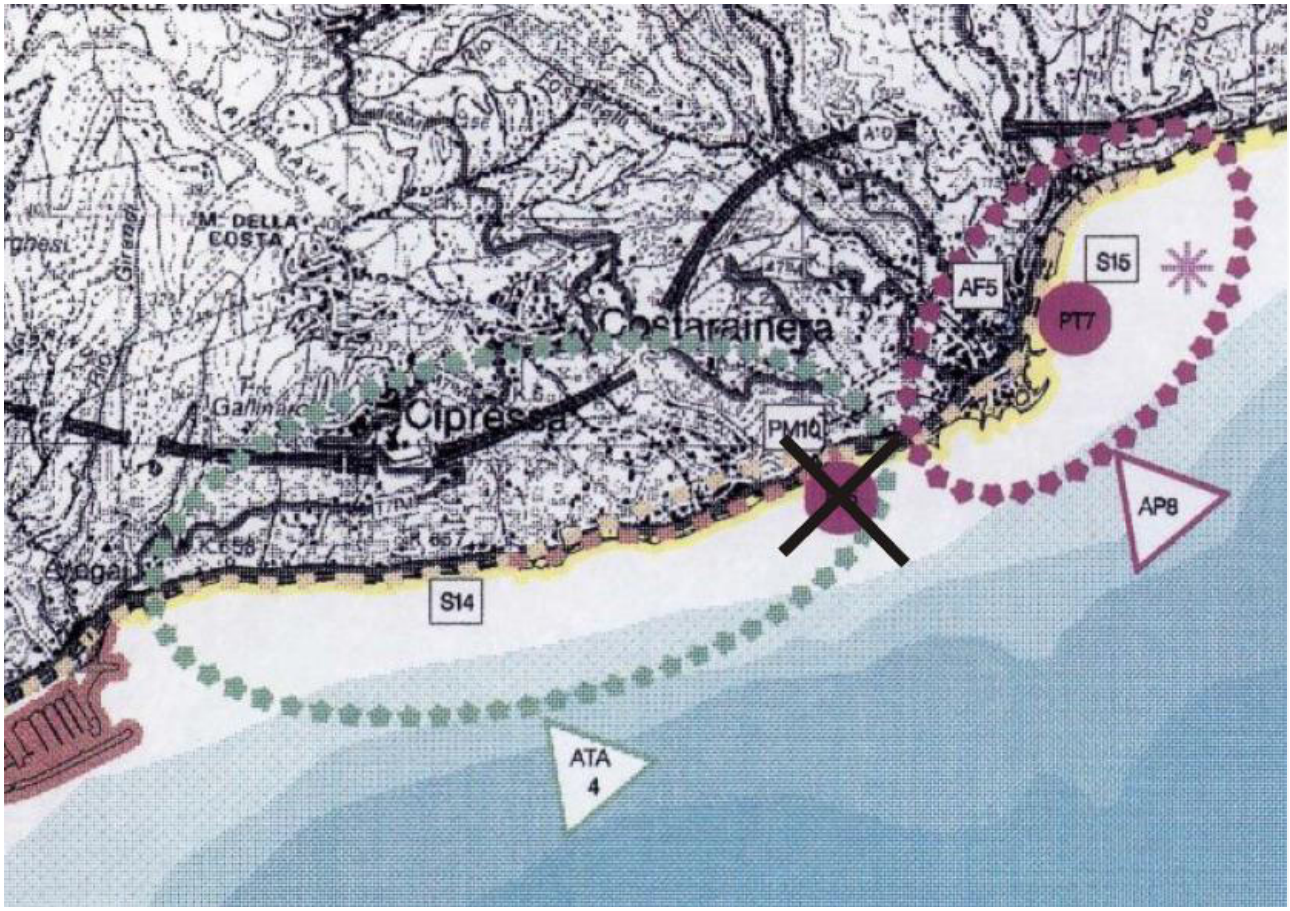
La zona costiera definita dal Piano contempla un ambito di studio (a terra: ambiti di bacino e fascia costiera compresa al di sotto della curva di livello dei 200 m / a mare: fascia compresa nella batimetrica -100 m) e un ambito di applicazione (i 63 comuni costieri). Questo perché la definizione di "zona costiera" varia estremamente in funzione delle caratteristiche morfologiche del territorio interessato e delle ricadute che si vogliono ottenere.

Il Piano è articolato in 4 sezioni:

- i materiali ritenuti necessari per l'approfondimento delle conoscenze
- le indicazioni relative a 4 settori tematici di interesse regionale: difesa della costa e spiagge, porti turistici, riuso della ferrovia, viabilità costiera
- le indicazioni di sintesi di livello territoriale, rivolte ad indirizzare Province e Comuni nella formazione dei rispettivi strumenti di Piano e di livello locale, riferite all'assetto di singoli tratti di costa (54) per cui vengono formulate specifiche indicazioni di progetto. In questa sezione confluiscono le indicazioni relative a particolari temi progettuali ricorrenti o problematici per l'assetto della zona costiera (le attività produttive, i porti commerciali, gli impianti di depurazione, etc.)
- le norme d'attuazione.

I 54 tratti di costa selezionati sono suddivisi in Ambiti Progetto (41) e Ambiti per la Tutela Attiva (13).

I primi sono riferiti a tratti di costa urbanizzati, caratterizzati dall'esigenza di interventi di trasformazione di particolare complessità o che richiedono una particolare azione di coordinamento; i secondi sono riferiti a tratti di costa di particolare valore paesaggistico, naturalistico ed ambientale, che non ricadono di norma già in aree parco, suscettibili di costituire una risorsa turistico - ambientale alternativa ai modelli tradizionali.



L'area in esame rientra nell'"ATA (Area di Tutela Attiva) - Costa tra Cipressa e Costarainera" caratterizzata dalle seguenti indicazioni "Nuove condizioni di accessibilità mare, valorizzando ex Istituto Elioterapico e riqualificando campeggi (eventuale ricollocazione), con contenimento nuovi volumi aggiuntivi; valorizzazione mediante ricostituzione spiagge; strutture minime per attracco e ricovero in Comune Costarainera, previa verifica non impatto sulle spiagge di San Lorenzo".

### *4.1.4 Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Imperia*

Nel quadro istituzionale, alle Province è assegnato il ruolo precipuo di Ente di governo di area vasta attraverso funzioni di indirizzo e coordinamento delle Amministrazioni Locali, oltre a molteplici applicazioni attuative in varie materie, con funzioni sia di tutela e controllo che di sviluppo. Strumento di riferimento per l'attuazione di tale ruolo è il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di cui alla L.R. 36/1997 e art. 20 del D.L. n. 267/2000, che costituisce anche elemento di esplicito raccordo delle politiche territoriali di competenza dell'Ente.

Funzione prioritaria del Piano è quella di ricondurre "a sistema" i vari aspetti, lo stato in essere e le prospettive relativamente al proprio ambito territoriale e di valutarne gli effetti in un quadro organico di riferimento, attraverso il quale lo sviluppo può avvenire nel rispetto dei principi di sostenibilità generale.

La legge di recepimento regionale fissa per i Piani Territoriali di Coordinamento i 3 contenuti fondamentali, così distinti:

- la Descrizione fondativa (ovvero il quadro fondativo), che racchiude sostanzialmente la conoscenza analitica e tematica delle peculiarità del territorio
- il Documento degli Obiettivi, che esplicita i fini, di ambito sovracomunale, da perseguire
- la Struttura del Piano, che, sulla base dei documenti precedenti, esplicita le priorità di azioni ed i livelli di interazione.

La Struttura, in particolare, si caratterizza come segue:

- individua le parti del territorio atte a conferire organicità e unitarietà al disegno di tutela e conservazione ambientale
- definisce i criteri d'identificazione delle risorse territoriali da destinare ad attività agricole ed alla fruizione attiva, anche ai fini di presidio ambientale
- individua le preminenti caratteristiche della struttura insediativa, stabilendo l'organizzazione complessiva di livello sovracomunale, con riferimento ad ambiti territoriali omogenei, del verde, delle attrezzature ed impianti pubblici, delle strutture produttive, fornendo indirizzi per il ruolo dell'offerta turistica, le azioni di tutela e riqualificazione degli assetti idrogeologici, le linee d'intervento per la tutela della risorsa idrica.

Sempre la Struttura del Piano contiene normative che traducono i contenuti strutturali in disposizioni attuative, sostanzialmente secondo 3 differenti livelli di efficacia:

- previsioni di orientamento che hanno valore di segnalazione di specifici problemi e di proposta di soluzioni indirizzate agli strumenti urbanistici

- previsioni di indirizzo e di coordinamento che hanno efficacia direttiva per gli strumenti urbanistici comunali
- prescrizioni che impongono l'adeguamento da parte degli strumenti urbanistici comunali.

*Indicazioni relative all'area in esame riportate sulla cartografia del PTC provinciale*

Si riporta, nella tabella successiva, una sintesi delle indicazioni specifiche per l'area d'indagine fornite negli elaborati cartografici allegati al PTC.

| TAVOLA | TITOLO TAVOLA | INDICAZIONI |
|---|---|---|
| 1 | Uso del suolo | Residenziale non saturo |
| 2 | Zone altimetriche e fasce d'acclività | Zona altimetrica = 0 – 100 m, fascia d'acclività 25 – 50 % |
| 3 | Schema geologico d'insieme | maELM: flysch di Sanremo – marne di Sanremo Alternanze torbiditiche di marne argillose, calcari marnosi, arenarie e strati argillosi (H2 di Sagri) |
| 4 | Schema d'inquadramento della vulnerabilità degli acquiferi | Vulnerabilità intrinseca = bassa |
| 5 | Zonazione ittica e IBE | Nessuna indicazione per l'area in esame |
| 6 | Mappatura delle problematiche ecologiche emergenti (della copertura vegetale – primo approccio | Nessuna indicazione per l'area in esame |
| 7 | Incendi storici e infiammabilità della copertura vegetale – primo approccio | n.c. – urbanizzato e zone agricole non classificate |
| 8 | Fasce di inondabilità (pericolosità idraulica) – aree stroricamente inondate | Nessuna indicazione per l'area in esame |
| 9 | Aree ad elevata o molto elevata suscettibilità al dissesto | Nessuna indicazione per l'area in esame |
| 10 | Mappatura pregi naturalistici | Nessuna indicazione per l'area in esame |
| 11 | Regimi di tutela ai fini faunistici | Urbanizzato |
| 12 | Piano Faunistico Venatorio | Oasi di protezione faunistica e Zona esclusa dal Territorio Alpino Silvo Pastorale (TASP) |
| 13 | Terreni agricoli adibiti a colture intensive | Urbanizzato |
| 14 | Territori agricoli ad oliveti, vigneti | Nessuna indicazione per l'area in esame |
| 15 | Territori boscati, arbustati | Nessuna indicazione per l'area in esame |
| 16 | Territori prativi ed alpeggi | Nessuna indicazione per l'area in esame |
| 17 | Ambiti di vocazione agricola | Insediamenti urbano - infrastrutturali |

| | | |
|---|---|---|
| 18 | Sviluppi demografici in serie storica | Flussi migratori – saldo positivo nei periodi di rilevamento<br>Popolazione residente – saldo negativo nei periodi di rilevamento |
| 19 | Sviluppo degli insediamenti urbani nel XX sec. | Nessuna indicazione per l'area in esame |
| 20 | Aree residenziali (uso del suolo) – confronto 1991 - 2001 | Residenziali non sature 2001 |
| 21 | Mosaico degli strumenti urbanistici generali (Regione Liguria) – aggiornamento (provvisorio) al settembre 2001 | G1. zona di protezione ambientale e/o di rispetto, verde privato |
| 22 | Spazio pro capite usi urbani – Classi di pressione antropica | Spazio pro capite della Classe Ia – usi urbani ($m^2$/ab.): 0,037<br>Classi di pressione antropica: classe IB – agricole speciali con serre seconda |
| 23 | Mosaico degli strumenti urbanistici – Zone C e usi attuali del suolo | Aree residenziali non sature |
| 24 | Mappatura Nuclei storici, Beni e Siti vincolati | Nessuna indicazione per l'area in esame |
| 25 | Infrastrutture per la mobilità – stato attuale | Prossimità dell'area alla ex S.S. n. 1 Aurelia |
| 26 | Strade statali e provinciali: caratteristiche principali | Larghezza media provinciale ex statale: 7 – 7,5 m |
| 27 | Autostrada dei Fiori: carico bidirezionale sulle tratte e flussi ai caselli (anno 1997) | Nessuna indicazione per l'area in esame |
| 28 | Rilievi di traffico (autostrada, statali, provinciali) | Nessuna indicazione per l'area in esame |
| 29 | Grafo della rete T.P.L. con carichi di offerta (invernale 1995 – 1996) | Nessuna indicazione per l'area in esame |
| 30 | Visuali panoramiche (viabilità di interesse turistico) | Nessuna indicazione per l'area in esame |
| 31 | Mappatura degli incidenti stradali (2000 – 2002) | Nessuna indicazione per l'area in esame |
| 32 | Mappatura delle Istituzioni Scolastiche (D.C.R. n° 85/22.09.1999) | Nessuna indicazione per l'area in esame |
| 33 | Distribuzione di strutture e | Nessuna indicazione per l'area in esame |

| | | |
|---|---|---|
| | spazi per attività sportive | |
| 34 | Bacini di riferimento per i servizi dello sport | Bacino di Cipressa |
| 35 | Distribuzione delle strutture per i servizi sanitari | Nessuna indicazione per l'area in esame |
| 36 | Mappatura delle strutture per attività culturali | Nessuna indicazione per l'area in esame |
| 37 | Il sistema di depurazione e smaltimento degli scarichi liquidi - Sintesi | L'area risulta servita da una articolata rete fognaria, direttamente collegata con l'impianto di depurazione presente al confine Est dell'area |
| 38 | Piano provinciale per la gestione dei rifiuti (D.C.P. 107 del 28.11.02) - Sintesi | Nessuna indicazione per l'area in esame |
| 39 | Il sistema degli approvvigionamenti idropotabili - Sintesi | Servizio presente |
| 40 | Principali aree ad uso produttivo – commerciale e previsioni zone D nei S.U.G. | Nessuna indicazione per l'area in esame |
| 41 | Piano Terr. Regionale delle attività di cava - Sintesi | Nessuna indicazione per l'area in esame |
| 42 | Distribuzione della ricettività | L'area in esame ricade in un territorio a bassa ricettività turistica |
| 43 | Balneabilità delle acque marine costiere | L'area in esame si pone a monte di un tratto di costa non fruibile alla balneazione per morfologia |
| 44 | Le spiagge | Nessuna indicazione per l'area in esame |
| 45 | Piano Terr.le Reg.le per le aree sciistiche di Monesi | Nessuna indicazione per l'area in esame |
| 46 | Sintesi delle indicazioni propositive del P.T.C. della Costa (D.C.R. n° 64 del 19/12/2000) | ATA (Area di Tutela Attiva) n. 4 Costa tra Cipressa e Costarainera |

Dall'insieme delle indicazioni riportate nella cartografia, è possibile evidenziare, in sintesi, i seguenti caratteri dell'area in esame:

- l'area in oggetto è inserita all'interno di una porzione di territorio comunale caratterizzato da un'urbanizzazione consolidata nel settore costiero, caratterizzato dalle maggiori urbanizzazioni, attualmente in parte destinato ad attività agricole, le quali non vengono più praticate in sito da diversi anni. L'urbanizzato, localmente, è rappresentato da un edificato sparso e discontinuo.
- L'area d'intervento è collocata a valle della strada statale n. 1, via Aurelia, in un ambito territoriale caratterizzato da un versante collinare affacciato sul mare.

- L'area, oltre all'attività agricola e di floricoltura, era quasi totalmente adibita a camping per tale motivo sono presenti sia serre dismesse e fatiscenti sia baracche, superfetazioni, roulotte, bungalow, servizi igienici del campeggio.
- La linea di costa risulta poco accessibile per la poca permeabilità del perimetro dell'area stessa dalla direttrice principale cioè l'Aurelia.
- La mancata organizzazione degli insediamenti ha prodotto un tessuto disomogeneo, composto prevalentemente da edifici a blocco, eterogenei nella forma e nella dimensione. Le tipologie ricorrenti non presentano elementi o caratteristiche architettoniche tali da poter essere prese a riferimento.
- L'area in oggetto, inoltre, risulta servita dalle principali reti di distribuzione pubbliche (acquedotto, fognatura, corrente elettrica).
- Non vengono indicati, nell'area in oggetto, elementi di pregio di alcuna natura (beni ambientali, beni culturali / archeologici, etc.) vincolati.
- L'area in oggetto non ricade in settori del territorio comunale caratterizzati da livelli elevati / molto elevati di pericolosità, sia in termini idrogeologici/geomorfologici che idraulici.
- Per tale zona è indicata una modesta vocazione turistica, da incrementare e promuovere mediante interventi di riqualificazione urbana volti a salvaguardare la qualità ambientale dei luoghi e, ove possibile, migliorarla.

### *4.1.5 Piano Regolatore Generale del Comune di Cipressa*

Il Piano Regolatore Comunale di Cipressa ha individuato nella "Zona litoranea L" lo sviluppo pianificatorio della propria fascia costiera. Detta zona risulta originariamente ripartita in "sottozone", normate nell'Art. 8.7. delle N.T.A., che a loro volta rimandano agli specifici Piani attuativi l'attribuzione dei volumi in esse ammissibili.

Nella fattispecie lo S.U.A. in oggetto viene attuato all'interno del perimetro del PRUSST predisposto dalla Regione Liguria, nella scheda d'intervento 8.60 AF.

Questa specifica zona, classificata dal PRUSST come zona LTR, costituisce il principale parametro di riferimento del presente S.U.A. . Nella Zona LTR, al fine di pervenire ad un recupero ambientale e paesaggistico del litorale, sono ammesse dal PRUSST nuove volumetrie fino a $m^3$ 7.900, in sostituzione di tutti i volumi incongrui rappresentati dalle serre e dai baraccamenti del campeggio.

Per i nuovi volumi a progetto potranno essere ammesse le seguenti destinazioni:

- Turistico – ricettive anche di tipo extra alberghiero, balneari, ristorante
- Residenza: non oltre il 30%
- Commerciale: non superiore a 500 $m^3$
- Servizi
- Pista ciclabile e passeggiata a mare

Le nuove progettazioni a destinazione residenziale e turistico-ricettive, anche di tipo extra alberghiero, dovranno adottare i seguenti principali parametri:

– altezza massima delle fronti degli edifici: m 9,50
– per i fabbricati a servizi (ristorante/bar): m 10,50

Le precitate altezze massime sono incrementate di ulteriori m 2,00 qualora nell'altezza siano computati terrapieni in progetto, il cui ciglio del muro di sostegno disti meno di 4 m dal perimetro dei fabbricati.

- numero massimo dei piani fuori terra: 3
- distanza dai fabbricati: m 10,00
- distanza minima dal ciglio delle strade pubbliche carrabili: m 10,00
- distanza minima dai confini delle proprietà perimetrali allo S.U.A: m 6,00
- distanza minima dai confini delle proprietà demaniali o di Enti pubblici, perimetrali allo S.U.A: in aderenza o m 3,00

Le caratteristiche planivolumetriche dei fabbricati, le superfici lorde di pavimento, le altezze di interpiano e totali, le distanze dai fabbricati, dalle strade e dai confini di proprietà, nonché ogni altro parametro dimensionale si rilevano dagli elaborati grafici dello S.U.A. e dalla Tabella dei Dati di Progetto.

Il progetto in esame, pertanto, risulta compatibile con il vigente Piano Regolatore, recependone le specifiche indicazioni tecniche previste per il settore di territorio comunale in questione.

## 4.2 Piani per la difesa del suolo

### *4.2.1 Piano di Bacino "Rii minori – Ambito n. 5 Prino"*

Il Piano di Bacino, così come definito dalla L. 183/89, è lo strumento di pianificazione in materia di difesa del suolo, con valore normativo prevalente su altri strumenti di pianificazione comunali, provinciali e regionali. In particolare il Piano definisce, attraverso un quadro tecnico e normativo, l'assetto idrogeologico dei versanti e della rete idrografica, la tutela della qualità e l'uso razionale delle risorse idriche, nonché il corretto uso del territorio.

La Provincia di Imperia svolge compiti connessi alla formazione ed approvazione dei Piani di Bacino di rilievo regionale nell'ambito territoriale di competenza.

Il programma provinciale sulla redazione dei piani di bacino per il 1994 - 1995, approvato con deliberazione di Giunta regionale n° 2556 del 07.12.1995, ha previsto di sviluppare i piani di bacino secondo stralci relativi a settori funzionali, anche in relazione alle analoghe iniziative prese da altre province liguri, partendo dallo stralcio idraulico ed idrogeologico, con l'obiettivo di inserirsi in fasi sequenziali e coerenti con i contenuti generali dei piani, come previsto dalla Legge n° 493/93.

Il Piano di Bacino "Rii minori" è stato redatto quale piano di bacino stralcio sul rischio idrogeologico in adempimento all'art. 1, comma 1, del decreto-legge 11 Giugno 1998, n. 180, convertito, con modificazioni, nella legge 3 Agosto 1998 n. 267 e costituisce parte del piano di bacino stralcio per la difesa idrogeologica, nonché del piano di bacino completo, di cui alla legge 18 Maggio 1989, n. 183 e sue modificazioni ed integrazioni.

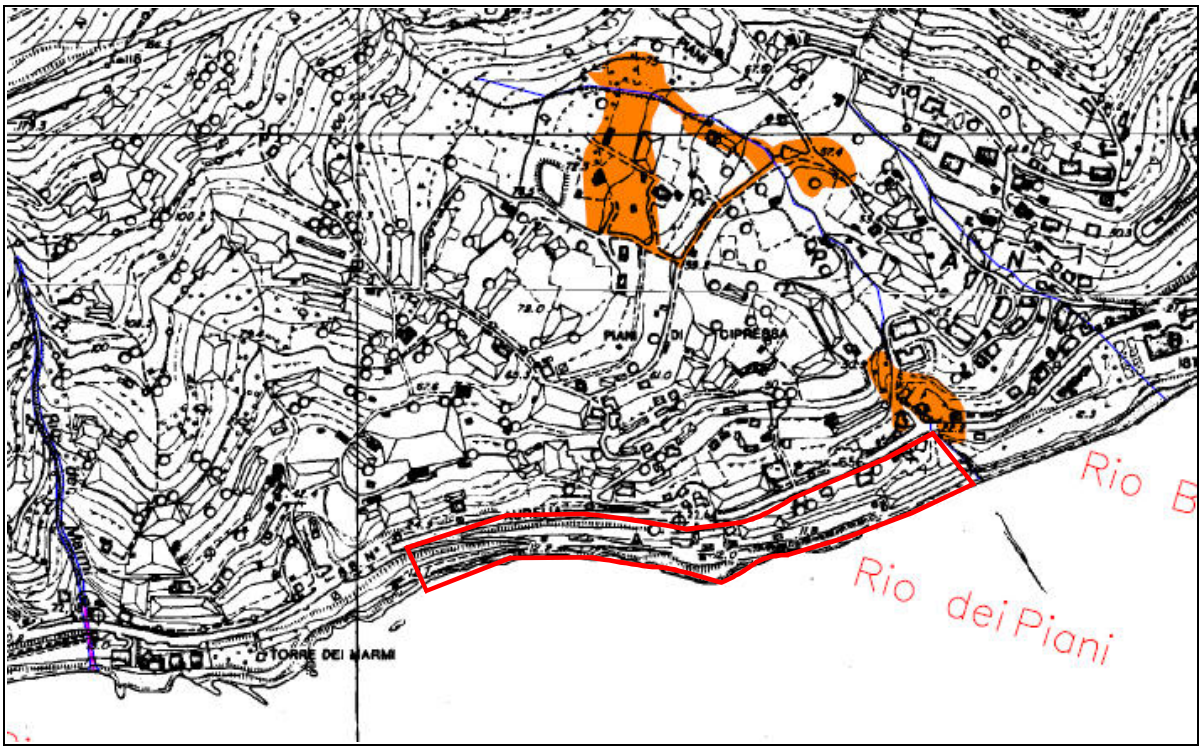
Esso è di conseguenza un primo stralcio funzionale che risponde nei contenuti prioritariamente a quanto richiesto dal citato D.L. 180/98 e dal relativo "*Atto di indirizzo e*

*coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 Giugno 1998, n. 180/98*", pubblicato sulla G.U. del 05.01.1999.

Il percorso di formazione e adozione del presente piano è quello attualmente previsto in generale per i piani di bacino dalla normativa vigente, con particolare riferimento alla legge regionale 21 Giugno 1999, n.18.

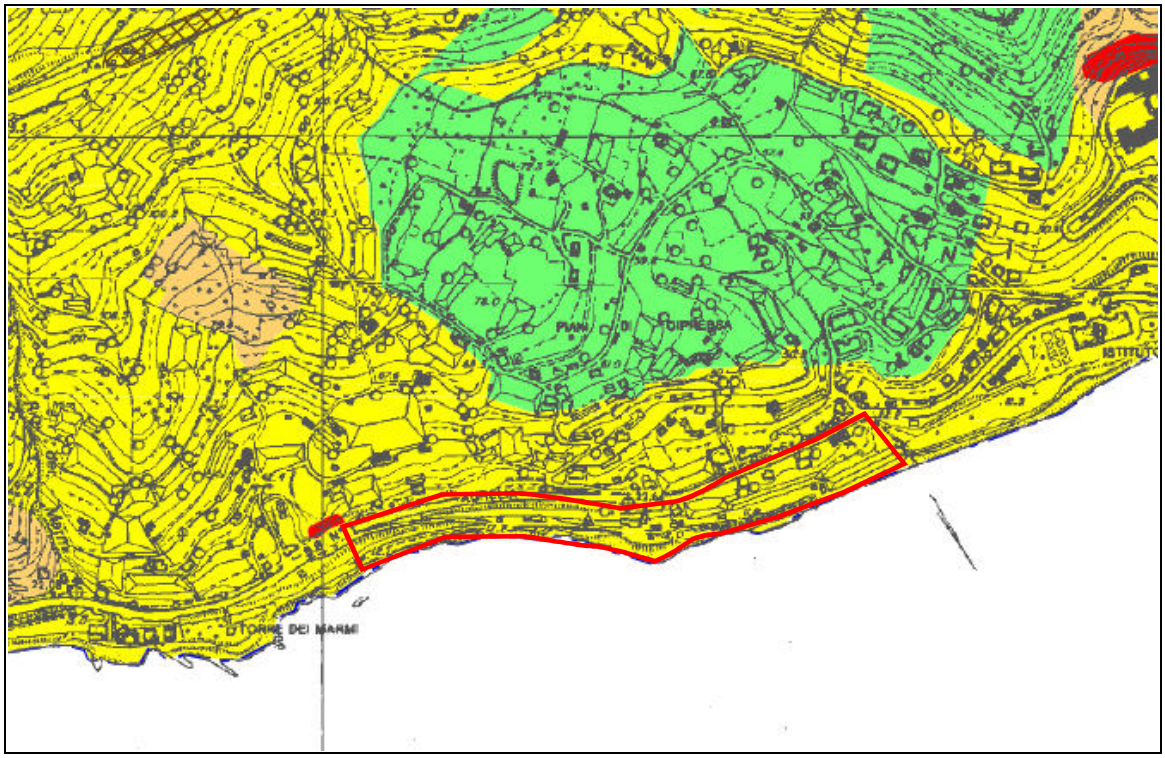
*Indicazioni relative all'area in esame riportate sulla cartografia del Piano*

Di seguito si riportano le risultanze dell'analisi delle tavole tematiche di interesse allegate al vigente Piano di Bacino Ambito n. 5 – Prino redatto dalla Provincia di Imperia.



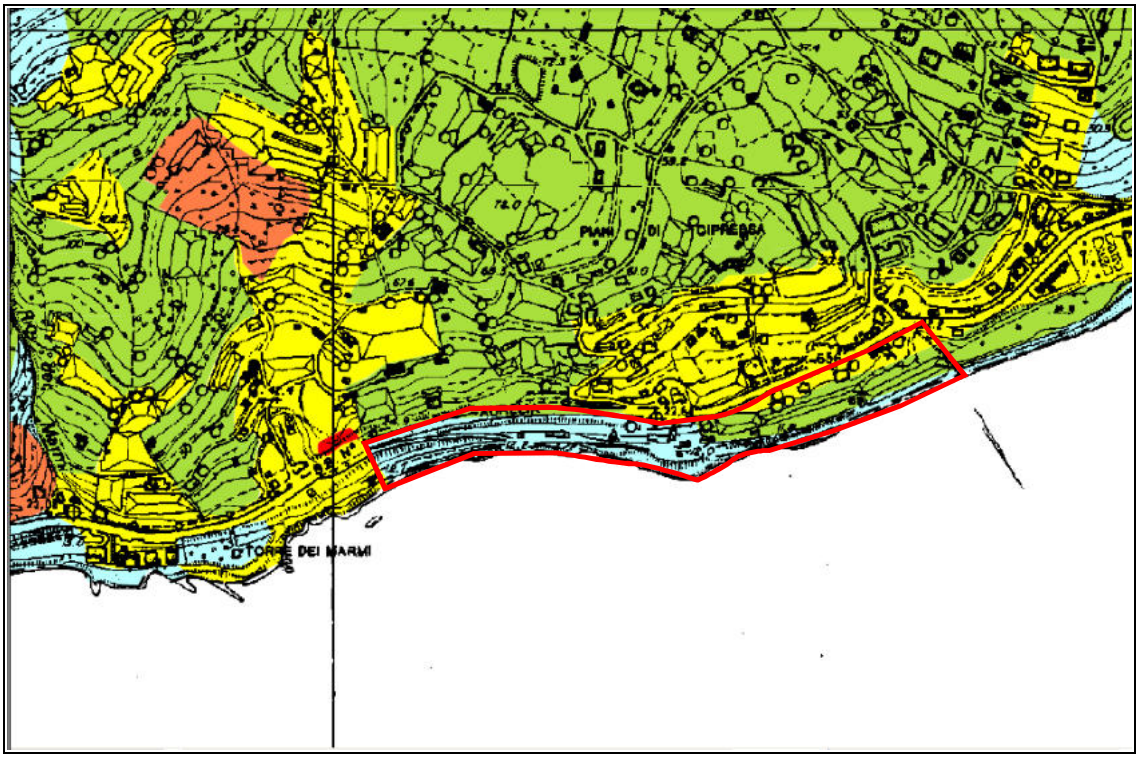

*Piani di Bacino - Ambito n. 5 – Prino - Carta delle Fasce Fluviali - Tav. 12*

Dall'analisi della Carta delle Fasce Fluviali non emergono fasce fluviali che interessano direttamente l'area in esame.




*Piani di Bacino - Ambito n. 5 - Prino - Carta della Suscettività al dissesto - Tav. 13*

Dall'analisi della Carta della Suscettività al dissesto non emergono aree in dissesto che interessano direttamente l'area in esame. L'area rientra in una classe di pericolosità e suscettività al dissesto media.

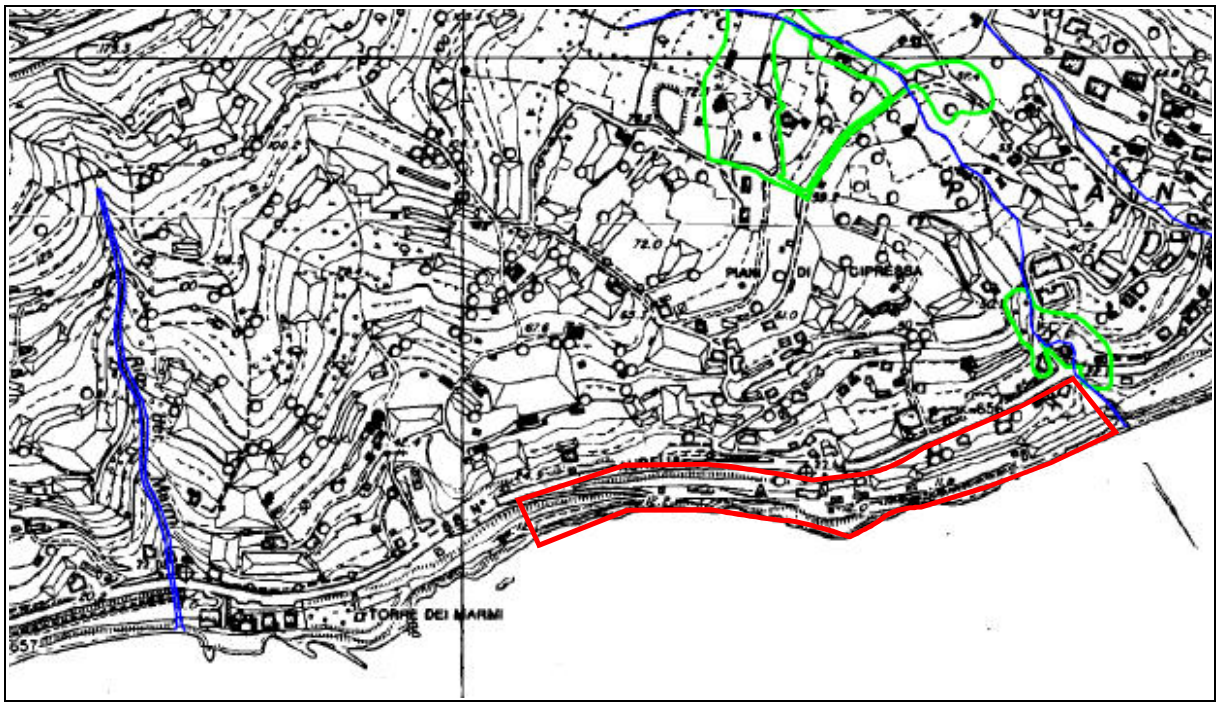



*Piani di Bacino - Ambito n. 5 – Prino - Carta del Rischio - Tav. 14*

Dall'analisi della Carta della Carta del Rischio emergono le seguenti classi che interessano direttamente l'area in esame:

- R0: rischio lieve (colore azzurro)
- R1: rischio moderato (colore verde)
- R2: rischio medio (colore giallo)

La classe a rischio R0 (lieve) e R1 (moderato) interessano la quasi totalità dell'area.




*Piani di Bacino - Ambito n. 5 – Prino - Carta del Rischio - Tav. 14bis*

Dall'analisi della Carta del Rischio (idraulico) non emergono aree in dissesto che interessano direttamente l'area in esame.

Alla luce delle indicazioni riportate nella normativa di Piano sopra elencata, si rappresenta che il progetto in esame risulta compatibile con il vigente Piano di Bacino "Rii minori", recependone le specifiche indicazioni tecniche previste per il settore di territorio in questione.

## 4.3 Programmi territoriali

Programma di riqualificazione urbana e sviluppo sostenibile del territorio del ponente ligure (PRUSST)

Il PRUSST, Programma di riqualificazione urbana e sviluppo sostenibile del territorio del ponente ligure, promosso nel 1999 dalla Regione Liguria, nasce attorno al progetto di raddoppio e di spostamento a monte della linea ferroviaria da Ospedaletti a San Lorenzo al Mare in Provincia di Imperia.

Il finanziamento ministeriale del Prusst ha funzionato come motore della progettazione delle opere pubbliche che costituiscono gli assi portanti dell'intero programma:

- il progetto del riuso del sedime ferroviario dismesso finalizzato alla realizzazione di una pista ciclabile di 24 km, di una riserva di spazio per il passaggio di una linea di trasposto pubblico locale ecocompatibile, per il miglioramento degli accessi al mare e dei tratti di passeggiata a mare esistenti e per la sistemazione a verde di tutto il tracciato
- il progetto di riqualificazione della costa finalizzato a inquadrare le dinamiche costiere dell'intero tratto e alla realizzazione di quattro nuove spiagge.

Il raddoppio ferroviario ha reso disponibile un tracciato di circa 24 chilometri di grande qualità ambientale e paesistica, limitrofo al litorale, che attraversa centri urbani importanti sotto il profilo storico, ambientale, turistico ed economico. L'obiettivo prioritario del Prusst è stato quello di cogliere l'opportunità di riutilizzare le aree della ferrovia nella loro interezza evitando il pericolo di una loro frammentazione.

L'esperienza condotta fino a oggi sul Prusst può essere considerata un banco di prova per proseguire l'attività di programmazione della trasformazione territoriale in relazione alla prossima dismissione che interesserà i comuni da San Lorenzo al Mare fino ad Andora, con un eventuale proseguimento fino a Finale Ligure, e renderà disponibile un tracciato complessivo di 70 km.

Il Prusst è nato come programma integrato di interventi pubblici e privati finalizzati alla realizzazione di una nuova infrastrutturazione per il turismo nel ponente ligure. Successivamente la Regione lo ha inquadrato in un atto di pianificazione territoriale denominato "specificazione d'ambito del PTC della costa", approvato dagli enti locali interessati, con un apposito "Accordo di pianificazione" (sottoscritto il 19 Ottobre 2004) ai sensi della legge urbanistica regionale.

Tale accordo ha permesso di apportare le varianti, necessarie all'attuazione degli interventi Prusst sia pubblici sia privati, agli strumenti urbanistici vigenti di tutti i comuni interessati e di definirne i contenuti e i parametri dimensionali e quantitativi in un quadro organico d'insieme, concertato e condiviso. Tali previsioni urbanistiche sulle aree della ferrovia erano state peraltro già condivise anche dal soggetto proprietario di tali aree, ossia Rfi (Rete ferroviaria italiana), che insieme alla Regione aveva in precedenza redatto un progetto direttore proprio allo scopo di programmare il futuro delle aree dismesse o in dismissione della Liguria.

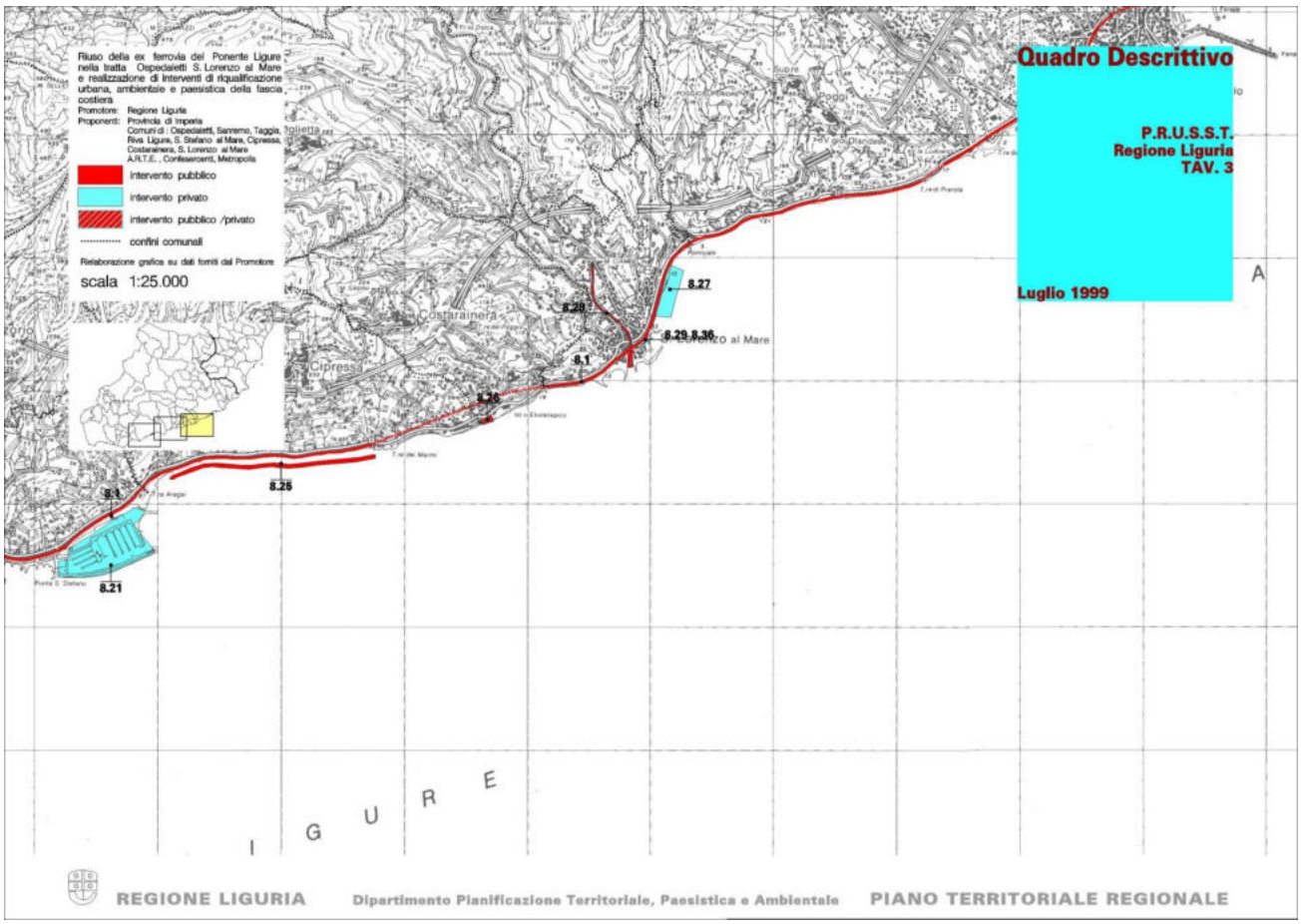
Tale condivisione è poi risultata il presupposto fondamentale per la trattativa di acquisto delle aree in quanto ha costituito un punto di equilibrio fra l'esigenza regionale di prevedere il recupero paesistico delle aree dismesse e la necessità delle Ferrovie di valorizzare il patrimonio per raggiungere il bilancio economico dell'operazione.

Nel Dicembre 2003 la Regione ha acquistato l'intero patrimonio ferroviario dismesso della linea Ospedaletti - San Lorenzo al Mare, quale mandataria dei Comuni. L'atto di vendita è stato siglato con Ferrovie Real Estate s.r.l. il 29 Dicembre 2003.

Per la gestione delle questioni finanziarie connesse all'acquisto delle aree e all'attuazione del progetto di trasformazione, la Regione ha costituito una società di scopo, insieme al Comune di Sanremo e su mandato degli altri sette comuni interessati.

La società è Area 24 S.p.A., costituita per il 43% da Regione Liguria tramite la propria finanziaria Filse, per il 43% dal Comune di Sanremo e per il 14% dalla Banca Carige (socio privato selezionato tramite procedura a evidenza pubblica).

Di seguito si riporta uno stralcio dell'Area di Prusst estratta dal PTR.



# 5 INQUADRAMENTO TERRITORIALE ED AMBIENTALE DELL'AREA INTERESSATA DALLO S.U.A. CONSIDERATA COME AREA VASTA

## 5.1 Inquadramento meteoclimatico

L'intero settore in esame gode di condizioni climatiche privilegiate; in particolare esse sono conseguenza della sua orografia, poichè i rilievi della regione, verso N, non solo costituiscono un efficace schermo contro le fredde correnti settentrionali, ma anche intiepidiscono poi quest'ultime per riscaldamento dinamico durante la loro discesa al mare. La radiazione solare effettiva è elevata.

Queste condizioni particolari agiscono in modo decisivo su tutti gli elementi del clima e, in primo luogo, sulla temperatura, che è eccezionalmente mite. Al fine di fornire un'accurata caratterizzazione termometrica dell'area in esame, si sono attentamente esaminati e interpretati i dati forniti da diverse stazioni prossime all'area in esame (vedasi paragrafi successivi).

Le condizioni altimetriche dell'area ove tali stazioni di misura sono ubicate consentono di estrapolare con buona approssimazione i dati relativi alle condizioni termiche della zona interessata dagli interventi in progetto.

Nel presente studio sono stati riportati i dati registrati dalle stazioni pluviometriche di Dolcedo (77 m. s.l.m.) e Tavole (500 m. s.l.m.), unitamente ai dati registrati dall'osservatorio meteorologico di Imperia (15 m. s.l.m.), osservatorio che registra, oltre alle precipitazioni, anche le temperature e da cui abbiamo tratto i dati inerenti all'umidità relativa dell'aria ed alla direzione dei venti.

Va ricordato, inoltre, che i dati reperiti per la stazione di Dolcedo sono aggiornati solamente al 1983 (attualmente dismessa) e che la stazione di Tavole non è più funzionante dal 1976.

Precipitazioni

Dall' analisi effettuata dei dati del periodo compreso fra il 1923 ed il 1983 per la stazione di Dolcedo, 1935 - 1976 per Tavole, e del periodo compreso fra il 1920 ed il 1995 dell'osservatorio di Imperia, si sono individuati due diversi tipi di grafici: uno, che fornisce le precipitazioni totali annuali nel corso del periodo esaminato, un secondo che mette in risalto il regime pluviometrico, ossia l'andamento della media delle precipitazioni mensili, calcolata nel periodo studiato, nel corso dell'anno solare.

Il primo tipo di grafico fornisce un quadro generale sul ricorso storico di anni di magra ed anni piovosi. Osservando, infatti, gli istogrammi delle tre stazioni è evidente un ricorso di anni di siccità ogni 20 anni (1943 - 1944, 1967, 1983), ed un periodo pressoché uguale per gli anni piovosi (1927, 1960 - 1961, 1977).

Il secondo tipo di grafico fornisce un quadro informativo sul regime climatico della zona. Dall'analisi comparata dei grafici ottenuti dalle tre stazioni di registrazione risulta un regime pluviometrico caratterizzato da due periodi piovosi, intorno ai mesi di Marzo e Novembre, e due periodi di scarse precipitazioni (Luglio e Dicembre).

Questo fenomeno è tipico del regime pluviometrico sublitoraneo appenninico, con massimo autunnale maggiore di quello primaverile (Arredi, 1947).

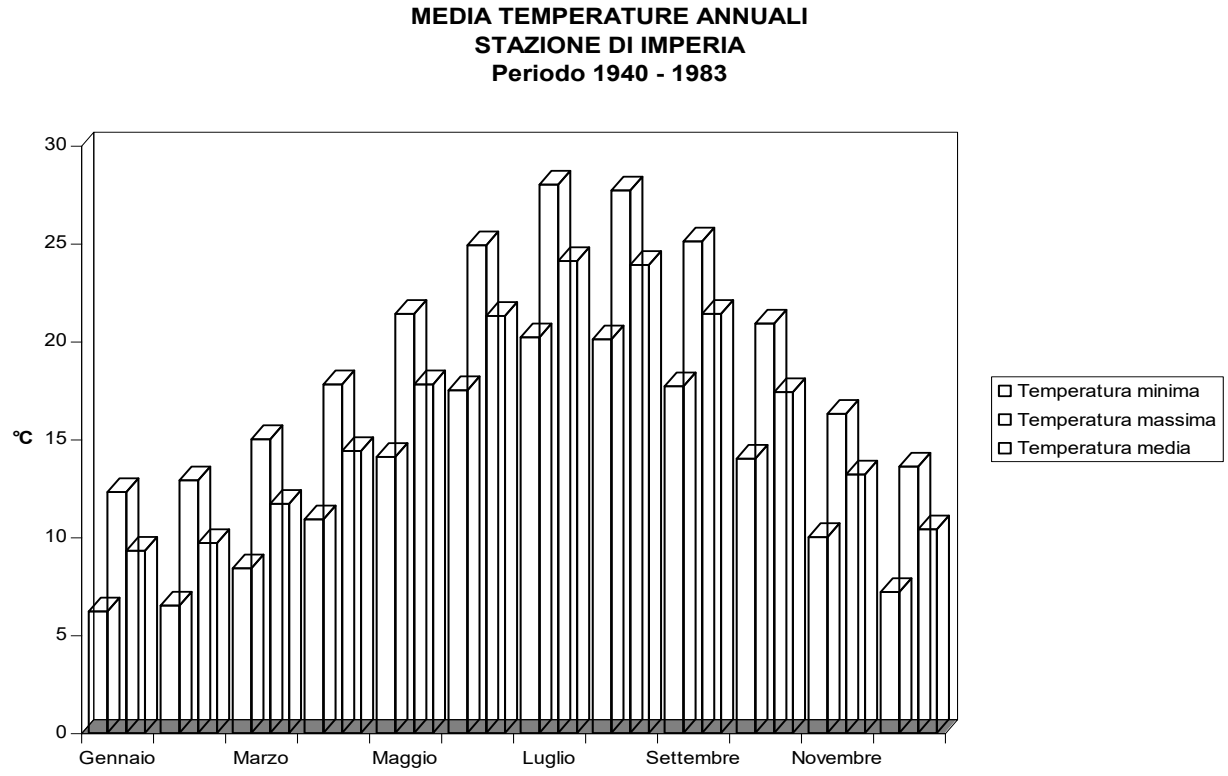
Temperatura

Sono stati analizzati i dati registrati fra l'anno 1940 ed il 1983 dall'osservatorio meteorologico di Imperia, rilevando le temperature minime, medie e massime.

Il grafico ottenuto dalle temperature medie mensili mette in risalto l'andamento termometrico durante il corso dell'anno solare, a cui è strettamente correlato il fenomeno dell'evapotraspirazione, utilizzabile per un eventuale bilancio idrologico (non esistendo ad oggi stazione di misura del deflusso superficiale non è possibile eseguire determinazioni significative).

**TEMPERATURA STAZIONE DI IMPERIA (MEDIA DEL PERIODO 1940 -1983)**

| TEMP | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic | MEDIA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MAX | 12,3 | 12,9 | 15,0 | 17,8 | 21,4 | 24,9 | 28,0 | 27,7 | 25,1 | 20,9 | 16,3 | 13,6 | 19,6 |
| MIN | 6,2 | 6,5 | 8,4 | 10,9 | 14,1 | 17,5 | 20,2 | 20,1 | 17,7 | 14 | 10 | 7,2 | 12,7 |
| **MEDIA** | **9,3** | **9,7** | **11,7** | **14,4** | **17,8** | **21,3** | **24,1** | **23,9** | **21,4** | **17,4** | **13,2** | **10,4** | **16,2** |




Venti

L'osservazione dei fenomeni meteorologici è stata rivolta alle correnti d'aria che predominano nel periodo estivo, correnti che sospingono l'aria ricca di umidità, come è evidenziato nella tabella dal predominare dei venti provenienti da SE e SW, da mare verso terra, favorendo le precipitazioni occulte, ossia la condensazione dell'acqua per escursione termica dovuta all'altitudine.

I dati forniscono la media calcolata per il periodo compreso fra 1949 ed il 1992, dei mesi più interessanti per il fenomeno sopra citato, con la direzione di provenienza delle correnti d'aria e la percentuale delle correnti spiranti.

| | N | NE | E | SE | S | SW | W | NW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **GIUGNO** | 4,3 | 9,8 | 19,2 | 21,5 | 4,0 | 21,3 | 9,1 | 3,7 |
| **LUGLIO** | 4,9 | 9,4 | 13,1 | 23,9 | 2,8 | 25,8 | 10,3 | 4,7 |
| **AGOSTO** | 6,9 | 12,8 | 13,9 | 21,1 | 2,4 | 23,3 | 11,3 | 5,5 |

Umidita' relativa dell'aria

L'umidità relativa dell'aria esprime il rapporto fra la quantità di vapore acqueo effettivamente contenuta nell'atmosfera e l'umidità assoluta di saturazione, ovvero il rapporto fra la tensione di vapore presente nell'atmosfera e la tensione di saturazione.

Il valore dello 0 % corrisponde all'atmosfera secca, mentre il 100 % rappresenta l'atmosfera satura di vapore acqueo.

I dati riportati nella tabella seguente, per la stazione di Imperia, rappresentano la norma calcolata per il periodo compreso fra gli anni 1971 e 1992 durante il corso dell'anno solare, mettendo in risalto un massimo di umidità per i mesi più caldi, quando maggiore è l'evaporazione che avviene sul mare.

| G | F | M | A | M | G | L | A | S | O | N | D | MEDIA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 60,4 | 60,0 | 61,7 | 62,4 | 64,1 | 66,0 | 65,0 | 65,8 | 65,9 | 63,8 | 63,3 | 62,0 | 63,4 |

Si rappresenta che i dati sopra indicati sono stati rilevati in stazioni di misura poste nelle vicinanze del sito in esame, applicando opportunamente il criterio di similitudine idrologica e termica.

## 5.2 Qualità ambientale

La qualità ambientale dell'imperiese risulta complessivamente buona per quanto attiene al sistema aria (se si escludono i corridoi di snodo principali della viabilità costiera dove si concentrano le punte di traffico) ed al sistema mare (anche qui se si escludono alcune problematiche piuttosto localizzate). Condizioni un po' meno favorevoli si registrano sullo stato delle acque superficiali, attesa la ridotta portata dei corsi d'acqua ed il notevole carico insediativi presente in corrispondenza delle loro tratte terminali. Sulla fascia costiera i processi storici di urbanizzazione, il grande boom edilizio che si è aggiunto al fenomeno della diffusione delle serre hanno nel tempo prodotto la "sopraffazione" delle esigenze di tipo naturalistico del territorio su cui le nuove costruzioni venivano a porsi: in particolare la non attenzione verso le necessità della rete idrica scolante, in specie nelle tratte medio - terminali dei corsi d'acqua e nelle zone di foce, ha prodotto nel tempo anche situazioni di rischio idraulico che devono oggi con urgenza essere recuperate.

## 5.3 Uso del suolo

La fascia costiera in esame, sede dello S.U.A. in oggetto, è caratterizzata dalla prevalenza delle colture agricole specializzate, inframmezzate da lembi relitti di vegetazione termofila, mentre, nelle zone collinari retrostanti, dal dominio del paesaggio dell'olivo, quale forma colturale in gran parte in atto. Il territorio litoraneo e precollinare è caratterizzato in prevalenza da vivai e da colture floricole, mentre assai ridotta è la consistenza delle coltivazioni orticole, destinate generalmente al consumo familiare. La superficie utilizzata a seminativo risulta pressoché nulla. Le coltivazioni floricole trovano larga diffusione nei territori agricoli sia di fondovalle che collinari. Nell'area collinare litoranea a partire dagli inizi del Novecento le coltivazioni floricole hanno sostituito pressoché totalmente il presistente oliveto, mentre nelle zone pianeggianti alluvionali sono subentrate gradualmente all'originaria utilizzazione ad orto e frutteto. Le piantagioni floricole vengono distinte in coltivazioni in condizioni di pien'aria o sotto ombraio ed in coltivazioni sotto serra.

## 5.4 Assetto vegetazionale terrestre

A livello di area vasta, il bacino compreso tra i Comuni di Riva ad W, San Lorenzo ad E e Cipressa a N, nel quale ricade l'area oggetto di S.U.A., in una prima classificazione per grandi categorie, rientra secondo PAVARI nella zona fitoclimatica del "Lauretum"; secondo SCHIMIDT nel "cingolo Quercus-ilex"; ovvero alle quote maggiori (iniziando nelle esposizioni più fresche dai m 250-300 s.l.m. fino alla quota massima 779 m s.l.m.) nella fascia "meso-mediterranea" o fascia "mediterranea temperata" del PIGNATTI; mentre alle quote inferiori nella fascia "termo-mediterranea", corrispondente al "cingolo Olea-Ceratonia".

A grandi linee si può indicare una fascia altimetrica superiore di boschi ampiamente devastati dal ripetuto passaggio del fuoco, ed una fascia altimetrica inferiore dei coltivi e degli oliveti, dove la presenza del bosco originario, pineta di pino d'aleppo, è relegata a zone impraticabili alla coltivazione per acclività o roccia affiorante. La fascia superiore termina a ridosso degli oliveti più in quota, ormai abbandonati, ed è suddivisibile in due settori distinti:

- Settore Ovest-centro, Castellaro-Pompeiana-Terzorio, dove sono presenti boschi per lo più radi di roverella e carpino nero, alternati a grandi estensioni a macchia bassa, di cisti e ginestre, e in sommità gariga e praterie;
- Settore Est, Cipressa-Costarainera, in cui si riscontra la presenza di zone a pineta rada, pino marittimo e pino d'aleppo, alternata a macchia bassa e gariga.

La fascia inferiore, quasi completamente antropizzata, sta subendo un regresso delle coltivazioni, soprattutto nei versanti W delle vallecole, i più aridi e meno irrigabili, e alle quote superiori, 250-300 metri, dove si riscontra il maggior abbandono data la marginalità economica dei coltivi. Più in dettaglio, la fascia litoranea, ove ha sede l'area oggetto di S.U.A., presenta limitatissime estensioni, non cartografabili a pineta di pino d'aleppo, talora con associato il cipresso di origine antropica. Qui le coltivazioni scendono in prossimità del mare, arrestandosi alla via Aurelia. Nella fascia litoranea le coltivazioni cedono il posto al tessuto urbano continuo degli abitati, mantenendo comunque una presenza sporadica anche fra gli edifici nelle zone più

periferiche. Il settore litoraneo in oggetto ha inoltre come caratteristica peculiare la presenza di numerosi impianti di serre.

## 5.5 Assetto vegetazionale marino

Per quanto riguarda la costa sommersa, il Mar Ligure presenta ugualmente una notevole varietà ambientale concentrata in una ristrettissima piattaforma continentale: la fascia delle acque costiere è infatti molto esigua e l'estensione dei fondali compresi all'interno della batimetrica dei 50 metri è di soli 481 chilometri quadrati; tale superficie è occupata da fondali rocciosi, fondali detritici fangosi e sabbiosi, praterie di fanerogame marine.

Le "fanerogame marine" sono piante superiori (non alghe), costituite cioè da un apparato radicale, fusto, foglie, fiori e frutti, che formano le "foreste" sommerse della fascia costiera, dal livello del mare fino a circa 40 metri di profondità, e comunque fino alla batimetria in cui la luce è sufficiente per la loro sopravvivenza.

Come i boschi caratteristici dei settori collinari, esse rappresentano l'elemento vegetazionale principale sul fondale costiero e costituiscono ambienti di fondamentale importanza per l'ecosistema marino; in particolare la Posidonia oceanica, la specie più diffusa e di maggiori dimensioni, che rappresenta uno stadio maturo nella serie evolutiva della vegetazione marina, è capace di formare sui fondali sabbiosi di tutto l'arco ligure dense ed estese praterie, la cui importanza per l'equilibrio ecosistemico è oggi universalmente riconosciuta: dal punto di vista prettamente biologico le praterie di Posidonia ospitano, per la ricchezza di nutrimento e di habitat offerta, una grande varietà di forme di vita, comprese le forme giovanili di molte specie pelagiche di interesse commerciale; si tratta quindi di "allevamenti" naturali deputati al rifornimento delle risorse ittiche anche del largo.

Sul piano della stabilità dei litorali la Posidonia contribuisce in modo determinante al consolidamento del fondo e alla difesa delle spiagge dall'erosione: è stato calcolato che ad ogni metro di Posidonia sradicata corrispondano metri di litorale eroso. Una seconda fanerogama marina, la Cymodocea nodosa, di minori dimensioni, costituisce, su substrati a granulometria più fine rispetto a Posidonia, formazioni meno dense e compatte e viene considerata una specie "secondaria", inserita nella serie evolutiva climatica della prateria di Posidonia; tale specie rappresenta uno stadio meno evoluto della vegetazione sommersa ed ha probabilmente accresciuto la sua presenza in seguito al declino della Posidonia, favorita dall'infangamento e dalle altre perturbazioni antropiche; riproponendo il confronto con le associazioni vegetali della terraferma si potrebbe paragonare la Cymodocea agli arbusteti delle nostre colline, mantenuti dal passaggio frequente degli incendi e che in condizioni non perturbate cederebbero il posto al contesto forestale originario.

Sul piano della comunità biologica l'atlante delle fanerogame marine (recentemente pubblicato da Enea) costituisce l'unica fonte di informazioni su scala regionale, peraltro molto significativa dal momento che è ormai riconosciuto come la vegetazione fanerogamica sommersa rappresenti un valido bioindicatore della qualità dell'ambiente marino costiero.

## 5.6 Assetto del litorale

Fino al 1800 le spiagge presenti lungo il tratto di costa in esame hanno subito un graduale aumento raggiungendo in questo periodo la massima estensione della linea di costa (fine della "piccola età glaciale"). L'inversione di tendenza inizia nei primi anni dell'800, con la costruzione dei primi cantieri per la linea ferroviaria costiera. Il suo passaggio portò non solo alla riduzione diretta della superficie delle spiagge, ma alla realizzazione di consistenti opere di difesa costituite generalmente da scogliere di massi radenti la costa, che costituirono il primo elemento di turbativa nelle dinamiche meteomarine e che crearono i primi processi erosivi, innescando un processo di effetto a catena di un'opera per far fronte alla erosione provocata da una precedente. Nel periodo post – bellico le dinamiche costiere vengono squilibrate da tre processi principali:

- forte prelievo di inerti dai principali bacini imperiesi, che riduce ai minimi il trasporto di materiali verso le spiagge;
- lo sviluppo dell'economia turistica, che porta non solo alla espansione lungo costa dei centri abitati, ma anche alla realizzazione dei primi porti turistici. La loro ubicazione, non ponderata rispetto agli effetti sul rimanente litorale, accentua in molti casi i fenomeni erosivi nei litorali di sottoflutto;
- la costruzione di scogliere aderenti e pennelli, finalizzati alla difesa di singole spiagge, realizzati in modo "disordinato" in quasi tutti i golfi della Ponente ligure.

Il tratto di costa in esame, risulta interessato, al pari di molte altre unità fisiografiche liguri, da rilevanti problemi connessi all'erosione costiera, con la presenza di tratti che presentano pericoli di attacco alle strutture più prossime al mare. In particolare, si deve segnalare il tratto compreso tra Riva Ligure e San Lorenzo al Mare (all'interno del quale ricade l'area in esame) caratterizzato da un dispositivo di difesa formato da barriere longitudinali molto ravvicinate alla battigia. Queste ultime, rese necessarie in un recente passato da esigenze di difesa degli abitati, oltre a non offrire una valida difesa agli arenili, costituiscono un serio impedimento alla balneazione.

## 5.7 Assetto insediativo

Il sistema insediativo caratteristico del territorio in esame è sostanzialmente strutturato in nuclei isolati, parte localizzati nella fascia collinare e parte lungo la linea di costa. Gli insediamenti costieri sono stati interessati da estese forme di sviluppo insediativo nel corso del Novecento, a carattere diffuso, scarsamente organizzate, discontinue ed eterogenee. Gli insediamenti collinari, sono invece prevalentemente localizzati in ambito di crinale e hanno viceversa mantenuto sostanzialmente integra la loro identificazione formale e visiva in rapporto al contesto territoriale.

## 5.8 Infrastrutture e mobilità a livello provinciale

<u>Le infrastrutture per la mobilità di relazione con l'esterno</u>

Le infrastrutture stradali preordinate al soddisfacimento della domanda esterna, assolvendo prevalentemente a funzioni di collegamento (in esterno) ed attraversamento del territorio locale,

sono costituite dall'autostrada A10, dalla S.S. 28 e dalla linea ferroviaria Genova/Ventimiglia. Per quanto concerne la rete autostradale, si deve registrare la sostanziale idoneità dell'attuale dotazione rispetto alla dimensione della domanda, pur considerando gli elevati tassi di crescita del traffico pesante e le non evitabili situazioni di congestione in concomitanza con i periodi a maggiore afflusso turistico (peraltro prevalentemente determinate da strozzature a valle dei caselli autostradali). Si rileva, infatti, che:

- i volumi di traffico a km sono largamente inferiori ai valori medi nazionali;
- i livelli di servizio (parametro che esprime il rapporto tra volumi di traffico e capacità della rete) sono in assoluto tra i più bassi della rete ligure, sia nei mesi invernali che in quelli estivi: ciò indica che la capacità della rete è mediamente sotto utilizzata.

La direttrice di penetrazione verticale, rappresentata dalla S.S. 28, offre prestazioni al traffico di valico di modesta qualità, tali da giustificare gli importanti interventi di carattere strutturale che da tempo sono stati prefigurati e in parte realizzati (con l'esclusione al momento dei tratti di valico). Peraltro, in ragione delle caratteristiche del territorio attraversato, l'arteria presenta valori critici del rapporto tra flussi di traffico attivabili e volumi d'investimento, che ne hanno rallentato la realizzazione. Resta l'esigenza imprescindibile di dotare la Provincia di almeno un'infrastruttura di collegamento con il Piemonte occidentale competitiva, in termini di tempo e di costo di percorrenza, con le connessioni autostradali esistenti.

Per quanto riguarda la rete ferroviaria, essendo già stata definita la sua nuova configurazione, non resta che prendere atto delle relative scelte. Si osserva che, mentre è stata dedicata grande attenzione da un lato al progetto della nuova linea, dall'altro per il riuso del tracciato dismesso, resta da dare soluzione attuativa all'esigenza di connettere le nuove stazioni decentrate con il sistema insediativo nonché di integrare il trasporto locale per supplire alla minore capillarità del servizio ferroviario.

<u>Le infrastrutture per la mobilità locale</u>

Pur non disponendo di rilevamenti dei flussi di traffico che consentano di analizzare sotto un profilo quantitativo preciso le esigenze di potenziamento della rete, è tuttavia possibile, sulla base di valutazioni empiriche che trovano ampio riscontro nell'esperienza diretta degli utenti, formulare alcune considerazioni di carattere generale. Le maggiori criticità sono manifeste sulla S.S. 1 "Aurelia" e in particolare in corrispondenza dei tre maggiori centri (ambiti di Sanremo, Imperia e Ventimiglia). La soluzione viene generalmente individuata nella realizzazione di bypass dei centri abitati, comunemente indicati come "Aurelia bis".

La rete provinciale (in oggi ancor più consistente per effetto dei trasferimenti di ex strade statali) presenta caratteri di estesa capillarità e con uno sviluppo globale di circa km 840 copre un territorio esteso, caratterizzato da un basso carico antropico (la popolazione residente servita esclusivamente da viabilità provinciale è stimata pari a circa 29.000 unità) e da un'orografia a prevalente carattere montano. Tali insieme di condizioni determinano livelli di utilizzazione della rete generalmente molto bassi. Buona parte della rete provinciale necessiterebbe di cospicui interventi manutentivi, per i quali non sembrano esistere tutte le risorse finanziarie necessarie. Nel 2001 si era stimato che il fondo stradale fosse in buona - ottima condizione solo per il 9 % del suo

sviluppo e presentasse condizioni di accettabilità (tenuto conto delle caratteristiche della domanda) per il 63 % dello sviluppo. Il complesso di tali condizioni potrebbe costringere ad una progressiva dismissione (quantomeno di fatto) di parte della rete, prospettiva che si scontra con la seguente consapevolezza: la viabilità provinciale è, nella sua gran parte, sistema infrastrutturale indispensabile per garantire l'accessibilità ai nuclei abitati delle aree interne e, inoltre, risorsa strategica per la valorizzazione ai fini turistici del territorio.

# 6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE L.S. DELL'AREA E DEL SUO INTORNO

In generale il tratto meridionale di costa compreso tra i comuni di Riva Ligure e San Lorenzo è caratterizzato geologicamente dalla presenza di un limitato numero di litologie con la netta predominanza dei litotipi appartenenti al Flysch di Sanremo. Seguono, in ordine di estensione, i litotipi appartenenti alle formazioni delle Brecce di Taggia, dei Conglomerati di Monte Villa, delle Arenarie di Bordighera e delle Sabbie della Costa Terre Bianche.

Le unità del substrato prequaternario affioranti nell'area in esame appartengono più in dettaglio al Flysch di Sanremo. La strutturazione molto ordinata del substrato in megapieghe plurichilometriche ad asse circa WNW - ESE ed il sostanziale décalage delle strutture verso S fa sì che le varie unità seguano modalità di affioramento non casuali. Negli stessi settori meridionali affiorano i livelli stratigrafici più elevati del flysch a Helmintoidi, solitamente conservatisi al nucleo di grandi sinclinali. Addentrandosi nella catena emergono invece i livelli stratigrafici via via più bassi. I flysch ad Helmintoidi della Liguria Occidentale sono stati coinvolti nelle fasi dell'orogenesi alpina intervenuta tra il Cretaceo superiore ed il Miocene inferiore, periodo in cui le varie Unità sono state deformate in maniera prevalentemente duttile; successivamente, nel Plio-Quaternario, hanno preso parte alla fase neotettonica associata alle deformazioni di natura fragile.

Nel corso dei parossismi alpini i Flysch sono stati scollati a livello del complesso di base e traslati verso l'esterno della catena: durante questo processo l'Unità di Sanremo-Monte Saccarello ha subito deformazioni riconducibili ad un campo di bassa pressione e bassa temperatura caratteristica del livello strutturale superficiale del Flysch.

Durante le prime due fasi dell'orogenesi, le vicende geologiche hanno coinvolto l'area in strutture plicative plurichilometriche, con assi in direzione E-W e vergenza dapprima verso Sud (Eocene medio-superiore) e successivamente verso Nord (Eocene terminale), mentre nella fase tardiva post-eocenica, dovuta alla rotazione antioraria del blocco sardo-corso e delle Alpi Marittime, le pieghe si evolvono lungo assi in direzione NNW-SSE e vergenza alpina. Su questo quadro deformativo duttile, si sono impostati, nel Plio-Quaternario, diversi sistemi di faglie aventi direzioni principali NW-SE, NE-SW e N-S.

Tale evento ha smembrato il flysch, soprattutto a livello superficiale, determinando la presenza di blocchi in movimento relativo tra loro con importanti fenomeni di basculamento.

L'interpretazione delle foto aeree e le opportune verifiche di campagna hanno individuato 3 sistemi principali, costituiti da lineazioni a sviluppo plurichilometrico, seppur non necessariamente continue, hanno direzioni rispettivamente N 25°, N 50° e N 120°, a cui se ne aggiunge un terzo, meno evidente e costante, a direzione N-S ed un quarto, ancor meno diffuso e marcato, a direzione E-W.

Alla mesoscala si rileva costante la presenza di 2 superfici di clivaggio distinte, subortogonali tra loro con direzioni mediamente coincidenti con le grandi lineazioni di cui sopra. Si tratta di un tipico clivaggio di frattura, definito da superfici nette ma non penetrative, a spaziatura variabile da metrica a centimetrica a seconda del tipo litologico.

L'intersezione di queste superfici di discontinuità, a cui se ne aggiungono talvolta altre che possono anche non essere correlate ad eventi regionali, ma semplicemente a particolarità locali, delimita cunei di roccia che spesso sono caratterizzati da piccole entità di scivolamento relativo. Il fenomeno ha grandissima rilevanza riguardo svariati aspetti sia di natura geologica in senso stretto,

sia geomorfologica, sia geomeccanica, poiché è evidente quale possa essere la sua influenza non solo sulle condizioni statiche e di equilibrio all'interno di una compagine rocciosa, ma anche e soprattutto sulle azioni di degradazione fisico-chimiche.

# 7 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

L'area oggetto d'indagine ricade nel territorio comunale di Cipressa (IM), all'interno del settore meridionale delle Alpi Marittime. Essa è compresa nella cartografia ufficiale del Foglio n. 102 "Sanremo" dell'Istituto Geografico Militare (I.G.M.) alla scala 1:100.000.

La zona interessata dall'indagine, ricompresa tra le quote medie di circa 0,0 m s.l.m. e 20,0 m s.l.m., ha come principale caratteristica, dal punto di vista geomorfologico, quella di formare un ambiente di tipo litoraneo; essa ricade nel tratto terminale (basale) del pendio collinare marittimo, a strapiombo sulla linea di costa, nel tratto in esame, di larghezza modesta. Lungo la parte di versante in esame, l'acclività è media – alta, con pendenza verso S e SW; essa tende ad aumentare in maniera significativa spostandosi verso la linea di costa, dando vita a valle ad una parete ripida e scoscesa, contenuta da un muro frangiflutti in pietra e cemento di significative dimensioni.

Il pendio è interessato da alcune rotture di pendenza e da frequenti terrazzamenti antropici.

# 8 PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

I rilievi eseguiti, le informazioni storiche acquisite nonché l'analisi della Cartografia delle Aree Storicamente Inondate alla scala 1:25.000, elaborata dalla Regione Liguria – Dipartimento Infrastrutture Trasporti ed Opere Pubbliche – Servizio Protezione Civile – Direzione Centrale Affari Legali ed Organizzativi – S.I.T.A.R. (Servizi Informativi Territoriali ed Ambientali Regionali), con D.G.R. del 01.06.2001, non hanno evidenziato il verificarsi di fenomeni di esondazione per piene ordinarie e straordinarie dei corsi d'acqua minori ed artificiali, che hanno coinvolto la zona indagata anche in tempi recenti.

I rilievi eseguiti non hanno evidenziato fenomeni di erosione accelerata o di mobilizzazione riguardanti il tratto di versante indagato; tuttavia da un'analisi storica del sito d'intervento è emerso che nei primi del '900 il tracciato ferroviario è stato traslato verso N, con percorso in galleria, in seguito ad un movimento verso valle del cospicuo riporto antropico (su cui sorgeva il rilevato stesso) realizzato lungo la linea di costa (all'interno dell'area d'indagine), al fine di formare una superficie piana da utilizzarsi per la linea ferroviaria stessa. Tale riporto risulta attualmente stabilizzato da una serie di interventi di contenimento quale il muro frangiflutti presente lungo il confine di valle dello SUA.

I manufatti presenti nell'area in esame e nel suo intorno, allo stato attuale, non manifestano lesioni significative, ad eccezione del muro frangiflutti, il quale evidenzia porzioni più o meno significative interessate da sgrottamenti nel settore basale. La presenza di piccole lesioni in alcuni fabbricati è, presumibilmente, attribuibile ad assestamenti strutturali degli edifici stessi.

Localmente si potranno presentare modeste e puntuali problematiche geomorfologiche connesse con la variazione della composizione e della potenza del materiale sciolto di copertura, del suo stato di consistenza e delle locali condizioni di equilibrio del pendio. Potranno quindi verificarsi fenomeni di piccoli assestamenti legati alla circolazione idrica superficiale e sub-superficiale, anche in settori della zona in esame apparentemente assestati, in tempi più o meno lunghi.

# 9 CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE

Dal punto di vista geolitologico, in base al rilievo effettuato ed a quanto riportato sul Foglio n° 102 "Sanremo" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, i terreni presenti nell'area d'intervento, talvolta in affioramento, sono di origine marina ed appartengono alla Formazione Cretaceo Superiore del Flysch ad Helminthoida (Flysch di Sanremo) e sono costituiti, in prevalenza da argilloscisti e arenarie con fitte intercalazioni di calcari e calcari marnosi.

Il Flysch di Sanremo, nell'area d'indagine, è costituito nel suo insieme da potenti torbiditi marnose, arenaceo-calcaree, depositatesi sul fondo di un bacino marino, lungo una piana piuttosto ristretta caratterizzata da alti tassi di accumulo e ubicata sotto il limite di compensazione dei carbonati. Le torbiditi risultavano pertanto confinate in questa stretta fossa e subivano spesso fenomeni di "rimbalzamento" sui suoi fianchi. La dimensione delle torbiditi (megatorbiditi) attestano un'intensa attività tettonica nel bacino e nelle aree vicine. Tale formazione occupa buona parte del settore centro-orientale della provincia di Imperia ed è databile al Cretaceo superiore.

Il Franchi distingue una litozona "H2" sovrastante ad un'altra litozona denominata "H1".

Membro H1: è un potente complesso litologico a composizione prevalentemente calcareo-marnosa. Al suo interno presenta una notevole variabilità sia laterale che verticale, che permette la distinzione in alcune litofacies caratteristiche: alternanza ritmica di calcari detritici grigio scuri (grigio chiaro sulle superfici esposte agli atmosferili) ed arenarie anche molto grossolane, sino a microconglomeratiche, spesso gradate, con colore di alterazione bruno o giallastro-rossastro. Tipica dell'estremo settore occidentale tende a scomparire verso Est per progressiva diminuzione della facies clastica più grossolana. Questa zona (che corrisponde grossomodo all'Ha di Franchi) rappresenta verosimilmente la porzione più orientale del Bacino di deposizione delle Arenarie di Bordighera. È una facies tipica, visibile sul crinale tra M. Faudo e Passo di Vena e lungo la strada Provinciale n° 46 per Boscomare. Si tratta di livelli stratigraficamente discontinui ma piuttosto omogenei al loro interno, costituiti da marne argillose estremamente fissili e fogliettate per la presenza di un intenso "slaty cleavage". Il colore è grigio scuro, plumbeo, ocraceo sulle superfici alterate. È il livello più ampiamente rappresentato, un tipico Flysch ad Elmintoidi costituito da prevalenti marne e marne calcaree in banchi di spessore generalmente superiori al metro. La componente calcarea è variabile e sono presenti intercalazioni non cartografabili di arenarie e calcareniti. Questo tipo di litotipo costituisce generalmente le costolature e le emergenze morfologiche maggiori. È probabile che l'erosione regionale selettiva ne abbia prodotto la differenziazione rispetto al livello precedente. E costituito da calcari compatti, di colore grigio chiaro se alterati, in strati di spessore intorno ai 60-80 cm, con interstrati argillitico siltosi ed intercalazioni arenacee.

Membro H2: costituisce il tetto del Flysch di Sanremo e si identifica con "Complesso a flysch arenaceo-marnoso-argilloso" di Boni e Vanossi (1960) e con la litofacies D di Sagri (1980). I fattori caratteristici che ne consentono un'agevole distinzione sono essenzialmente la drastica riduzione della frazione carbonatica e la diminuzione dello spessore degli strati. L'aspetto tipico degli affioramenti, che riguardano soprattutto la zona costiera, è conferito dalla presenza di pacchi argillitici con intercalati banchetti di arenarie a grana media, spesso micacee, di spessore raramente superiore ai 50 cm. A luoghi, sono presenti strati per lo più isolati di calcilutiti grigio, biancastre, ad alto contenuto di $CaCO_3$ e frattura concoide tipo "alberese". Raramente sono presenti livelli marnoso arenacei spessi al massimo 1-2 m. Il suo assetto strutturale risulta piuttosto complesso ed i

rapporti stratigrafici con il sottostante H1 non segnano pressoché mai una brusca variazione litologica, ma sono piuttosto individuati da una fascia a volte molto estesa di variazione continua tra un litotipo e l'altro, che corrispondono ad un mutamento progressivo, non omogeneo e spesso eterocrono delle condizioni paleogeografiche.

I processi di alterazione e degradazione (azioni pedogenetiche), sui terreni del tipo di quelli affioranti o sub-affioranti nell'area, danno luogo ad una coltre di copertura sabbioso - argillosa, di origine colluvio - eluviale (terreno vegetale). Tale coltre, che ingloba clasti lapidei di piccola e media pezzatura, è completamente assente negli affioramenti prossimi alla linea di battigia in quanto completamente dilavati dal movimento dell'acqua marina.

In base alle indagini di superficie eseguite, all'analisi di alcune sezioni naturali e fronti di scavo esistenti nella zona, è emerso, localmente, una potenza plurimetrica di materiale di riporto antropico, in corrispondenza del settore più meridionale dell'area d'intervento in prossimità del muro di contenimento di valle, con sottostante la facies litoide fortemente alterata, degradata e fratturata (talvolta affiorante, spesso sub-affiorante), che sovrasta termini a consistenza generalmente lapidea integri e compatti. Tale facies litoide è ben visibile ai piedi del muro di valle realizzato sulla linea di costa dove affiora ampiamente a mare.

La maggior parte del materiale sciolto superficiale è costituito, non tanto dalla coltre naturale, quanto, come detto in precedenza, dalla presenza di una cospicua quantità di materiale di riporto antropico a pezzatura variabile a seconda dei settori, legata alla realizzazione del vecchio tracciato ferroviario ora dimesso e traslato in galleria verso monte.

La totalità dell'area è infatti interessata dalla presenza di materiale sempre di riporto antropico molto eterogeneo ed eterometrico, responsabile del rifiuto all'avanzamento delle prove penetrometiche eseguite, in corrispondenza di blocchi o ciottoli di significative dimensioni.

La disposizione delle bancate arenaceo - marnose ed argillose (globalmente monoclinale, salvo locali variazioni dovute a piegamenti disarmonici che si esauriscono nello spazio di pochi metri), evidente nei diffusi affioramenti della zona (visibili in mare immediatamente a valle dell'area d'intervento), è la seguente:

- Settore E: direzione media WNW – ESE, immersione volta verso NNE e valori d'inclinazione media compresi tra un minimo di 10° ed un massimo di 20°.
- Settore W: direzione media SW – NE, immersione volta verso SE e valori d'inclinazione media compresi tra un minimo di 5° ed un massimo di 15°.

# 10 INDAGINI E RISULTANZE DELLE PROVE GEOGNOSTICHE ESEGUITE NEL SITO D'INTERVENTO

## 10.1 Sondaggi geognostici a rotazione e a carotaggio continuo (ANNO 2017)

Come precedentemente anticipato, in corrispondenza del versante in esame sono stati eseguiti dall'impresa Geofisica e Ambiente s.a.s. di Loano, sotto la Direzione Lavori dello scrivente, n. 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo della lunghezza di 10 m ognuno, immediatamente a monte del muro frangiflutti in esame. L'ubicazione di tali sondaggi, le stratigrafie, la documentazione fotografica delle cassette catalogatrici, le caratteristiche geomeccaniche dei litotipi attraversati ed i relativi dati di perforazione sono riportati in allegato al presente documento.

La terebrazione è stata eseguita impiegando una sonda idraulica montata su carro cingolato. La perforazione è stata condotta con rotazione a carotaggio continuo del terreno attraversato, utilizzando carotieri semplici di diametro 101 mm e 131 mm e carotieri doppi di diametro 101 mm con corona diamantata T6, tali da rendere minimo il disturbo dei materiali attraversati e da consentire il prelievo dei campioni rappresentativi.

La natura del terreno e la finalità dell'intervento hanno determinato la necessità di rivestire ogni foro: a tale scopo sono stati impiegati rivestimenti provvisori costituiti da tubi di acciaio speciale filettati, della lunghezza di 1,5 m e del diametro di 127 mm. Durante le operazioni di perforazione è stato impiegato un sistema di circolazione diretta di acqua chiara.

I fori di sondaggio hanno fatto emergere una stratigrafia (vedasi "*Stratigrafie emerse dai sondaggi geognostici eseguiti a rotazione e carotaggio continuo*" presenti in allegato) caratterizzata da uno strato più superficiale di spessore compreso tra 3,5 m (sondaggio S1) e 5,5 m (sondaggi S2 e S3) di materiale di riporto ghiaioso e ciottoloso in matrice limoso – sabbiosa al di sopra di un substrato alterato, fratturato e localmente disgregato per uno spessore di m 0,5 – 2,5, seguito da un substrato litoide calcareo - marnoso maggiormente integro e compatto presente fino al termine dei sondaggi.



*Fase di realizzazione del sondaggio S1*



*Fase di realizzazione del sondaggio S2*



*Fase di realizzazione del sondaggio S3*

## 10.2 Prove standard penetration test (S.P.T.) (ANNO 2017)

Nei fori di sondaggio sono state eseguite complessivamente n. 8 prove S.P.T. ("Standard Penetration Test"), alle profondità indicate nelle stratigrafie riportate in allegato al presente documento.

La prova, di tipo discontinuo, viene eseguita nel corso della perforazione a carotaggio continuo, interrompendo l'avanzamento del sondaggio ad intervalli regolari o prestabiliti, e consente di ottenere dati sulla consistenza e sul grado di addensamento dei terreni attraversati.

Le prove S.P.T. sono state effettuate tramite l'infissione, a partire dal fondo foro raggiunto, di un campionatore conico (Φ 51 mm, lunghezza utile 562 mm), collegato al p.c. da una batteria di aste di dimensioni standardizzate (Φ 51 mm, massa 7,5 kg/m), per mezzo di un'apparecchiatura a percussione di massa standard pari a 63,5 kg, con sganciamento automatico del maglio (Trip Monkey Pilcon) dall'altezza prefissata di 760 mm. Il dispositivo di sollevamento è fornito dall'argano oleodinamico della sonda perforatrice.

Nei casi in cui non vi è pericolo di repentino collasso del foro, la prova viene eseguita immediatamente dopo la manovra di carotaggio e prima della manovra di rivestimento, per evitare disturbi al terreno, previa verifica della quota del fondo foro.

Il campionatore viene fatto penetrare nel terreno per una profondità di 45 cm, a partire dalla quota di fondo foro (eventualmente ripulito tramite apposita manovra), rilevando il numero di colpi (N) necessari per la penetrazione di ciascun intervallo di 15 cm. Il valore di $N_{SPT}$ è ottenuto sommando i colpi necessari per la penetrazione del 2° e del 3° tratto.

La prova viene sospesa ogni qualvolta il numero di colpi N, per un tratto di 15 cm, supera il valore di 50, annotando in tal caso il rifiuto alla penetrazione e registrando l'infissione in centimetri ottenuta con 50 colpi.

Per l'esecuzione delle prove S.P.T. nei terreni a granulometria fine (limoso - sabbiosa) si è utilizzato il campionatore conico a punta chiusa, la cui lunghezza standard è di 76 mm.

Di seguito vengono riportati i parametri fisici e geotecnici dei materiali, ottenuti dall'interpretazione e dall'elaborazione delle prove eseguite distinte sulla base dei diversi strati individuati nella ricostruzione litostratigrafica del versante. La parametrizzazione geotecnica di sintesi viene invece riportata nel paragrafo successivo, alla luce anche dei risultati delle n. 8 prove penetrometriche dinamiche eseguite in sito.

**SONDAGGIO S1**

PROVE SPT IN FORO

| Profondità (m) | Nr. Colpi |
|---|---|
| 1,15 | 9 |
| 1,30 | 10 |
| 1,45 | 18 |
| | |
| 3,15 | 23 |
| 3,30 | 15 |
| 3,45 | 32 |
| | |
| 5,15 | 50 |
| 5,30 | 50 |
| 5,45 | 50 |

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S1**

**Densità relativa**

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Densità relativa (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - Strato | 25,928 | 1,45 | 25,928 | Skempton 1986 | 59,07 |
| [2] - Strato | 43,522 | 3,45 | 43,522 | Skempton 1986 | 75,15 |
| [3] - Strato | 92,6 | 5,45 | 92,6 | Skempton 1986 | 100 |

**Angolo di resistenza al taglio**

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Angolo d'attrito (°) |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - Strato | 25,928 | 1,45 | 25,928 | Mitchell & Katti (1981) | 32-35 |
| [2] - Strato | 43,522 | 3,45 | 43,522 | Mitchell & Katti (1981) | 35-38 |
| [3] - Strato | 92,6 | 5,45 | 92,6 | Mitchell & Katti (1981) | >38 |

**Classificazione AGI**

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Classificazione AGI |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - Strato | 25,928 | 1,45 | 25,928 | Classificazione A.G.I. 1977 | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| [2] - Strato | 43,522 | 3,45 | 43,522 | Classificazione A.G.I. 1977 | ADDENSATO |
| [3] - Strato | 92,6 | 5,45 | 92,6 | Classificazione A.G.I. 1977 | MOLTO ADDENSATO |

**Peso unità di volume**

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma (t/m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - Strato | 25,928 | 1,45 | 25,928 | Meyerhof ed altri | 2,09 |
| [2] - Strato | 43,522 | 3,45 | 43,522 | Meyerhof ed altri | 2,22 |
| [3] - Strato | 92,6 | 5,45 | 92,6 | Meyerhof ed altri | 2,50 |

**Peso unità di volume saturo**

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma Saturo (t/m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - Strato | 25,928 | 1,45 | 25,928 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 2,50 |
| [2] - Strato | 43,522 | 3,45 | 43,522 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 2,50 |
| [3] - Strato | 92,6 | 5,45 | 92,6 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 2,50 |

# SONDAGGIO S2

PROVE SPT IN FORO

| Profondità (m) | Nr. Colpi |
|---|---|
| 1,15 | 18 |
| 1,30 | 13 |
| 1,45 | 18 |
| | |
| 3,15 | 22 |
| 3,30 | 19 |
| 3,45 | 27 |
| | |
| 5,15 | 27 |
| 5,30 | 22 |
| 5,45 | 50 |

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S2**

**Densità relativa**

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Densità relativa (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - Strato | 31 | 1,45 | 31 | Skempton 1986 | 64,5 |
| [2] - Strato | 46 | 3,45 | 46 | Skempton 1986 | 77,1 |
| [3] - Strato | 72 | 5,45 | 72 | Skempton 1986 | 100 |

**Angolo di resistenza al taglio**

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Angolo d'attrito (°) |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - Strato | 31 | 1,45 | 31 | Mitchell & Katti (1981) | 32-35 |
| [2] - Strato | 46 | 3,45 | 46 | Mitchell & Katti (1981) | 35-38 |
| [3] - Strato | 72 | 5,45 | 72 | Mitchell & Katti (1981) | >38 |

**Classificazione AGI**

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Classificazione AGI |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - Strato | 31 | 1,45 | 31 | Classificazione A.G.I. 1977 | ADDENSATO |
| [2] - Strato | 46 | 3,45 | 46 | Classificazione A.G.I. 1977 | ADDENSATO |
| [3] - Strato | 72 | 5,45 | 72 | Classificazione A.G.I. 1977 | MOLTO ADDENSATO |

**Peso unità di volume**

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma (t/m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - Strato | 31 | 1,45 | 31 | Meyerhof ed altri | 2,14 |
| [2] - Strato | 46 | 3,45 | 46 | Meyerhof ed altri | 2,22 |
| [3] - Strato | 72 | 5,45 | 72 | Meyerhof ed altri | 2,43 |

**Peso unità di volume saturo**

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma Saturo (t/m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - Strato | 31 | 1,45 | 31 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 2,50 |
| [2] - Strato | 46 | 3,45 | 46 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 2,50 |
| [3] - Strato | 72 | 5,45 | 72 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 2,50 |

## SONDAGGIO S3

PROVE SPT IN FORO

| Profondità (m) | Nr. Colpi |
|---|---|
| 1,15 | 18 |
| 1,30 | 13 |
| 1,45 | 16 |
| | |
| 3,15 | 22 |
| 3,30 | 28 |
| 3,45 | 27 |

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S3**

**Densità relativa**

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Densità relativa (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - Strato | 29 | 1,45 | 29 | Skempton 1986 | 62,48 |
| [2] - Strato | 55 | 3,45 | 55 | Skempton 1986 | 84,83 |

**Angolo di resistenza al taglio**

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Angolo d'attrito (°) |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - Strato | 29 | 1,45 | 29 | Mitchell & Katti (1981) | 32-35 |
| [2] - Strato | 55 | 3,45 | 55 | Mitchell & Katti (1981) | >38 |

**Classificazione AGI**

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Classificazione AGI |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - Strato | 29 | 1,45 | 29 | Classificazione A.G.I. 1977 | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| [2] - Strato | 55 | 3,45 | 55 | Classificazione A.G.I. 1977 | MOLTO ADDENSATO |

**Peso unità di volume**

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato | Nspt corretto per | Correlazione | Gamma |
|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | (m) | presenza falda | | (t/m³) |
| [1] - Strato | 29 | 1,45 | 29 | Meyerhof ed altri | 2,13 |
| [2] - Strato | 55 | 3,45 | 55 | Meyerhof ed altri | 2,26 |

**Peso unità di volume saturo**

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma Saturo (t/m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| [1] - Strato | 29 | 1,45 | 29 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 2,50 |
| [2] - Strato | 55 | 3,45 | 55 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 2,50 |

## 10.3 Prove penetrometriche dinamiche di tipo SCPT (ANNO 2007)

I caratteri geotecnici preliminari dei litotipi superficiali presenti sono stati determinati in sito, come si è detto, mediante l'esecuzione di n. 8 prove penetrometriche dinamiche di tipo SCPT, eseguite nell'anno 2007 con penetrometro DPM medio (peso massa battente Kg 30), le cui caratteristiche tecniche sono di seguito descritte. Tali prove sono state spinte fino a rifiuto all'interno dei depositi più grossolani del riporto antropico presente in sito. Per quanto concerne l'ubicazione e l'esatta stratigrafia ricavata dalle prove, si rimanda ai relativi allegati; di seguito si riportano alcune considerazioni generali.

L'elaborazione dei dati ottenuti in seguito alle suddette prove, ha portato alla visualizzazione, sia sotto forma di diagramma che di tabella, del numero dei colpi (N) di penetrazione della punta (avanzamento) e della resistenza dinamica alla punta stessa (Rpd), entrambi in rapporto alla profondità.

$$Rpd = M^2H/[A\ e\ (M+P)] = M^2HN/\ [A\ \delta\ (M+P)]$$

dove:

Rpd = resistenza dinamica alla punta [area A]
M = peso della massa battente = 30 Kg
e = infissione per colpo = δ /N;
P = peso totale delle aste del sistema battuta (dipende dal numero di aste utilizzate)
δ = avanzamento punta = 10 cm
H = Altezza di caduta libera = 0,2 m
N = N° di colpi punta relativo ad un avanzamento di 10 cm
A = Area base punta conica = 10 cm

E' stata poi eseguita una elaborazione statistica delle prove penetrometriche dinamiche effettuate (valori medi, minimi, massimi, scarto quadratico medio, etc.), che ha permesso una correlazione dei valori di N penetrometrico con i corrispondenti valori di Nspt. Questi ultimi risultano essere più facilmente interpretabili, essendo disponibile una notevole e specifica bibliografia relativa ad essi.

Poiché non esiste una standardizzazione delle procedure di esecuzione delle prove SCPT, i valori sono stati convertiti in valori equivalenti di SPT, attraverso un coefficiente di correlazione fornito dai produttori della strumentazione penetrometrica utilizzata. Tale coefficiente, definito βt (Coefficiente Teorico di Energia), viene calcolato nel seguente modo:

$$\beta t = Q/Qspt = 0,77$$

dove:

Qspt = 7,83 Kg/cm$^3$ (ottenuto dai valori di letteratura)
Q = Energia specifica per colpo (prova SCPT) = MH/A δ = 6,00 Kg/cm$^3$
M = peso della massa battente = 30 Kg
δ = avanzamento punta = 10 cm
H = Altezza di caduta libera = 0,2 m

Un'ulteriore e più approfondita elaborazione ha permesso la stesura delle tavole d'interpretazione geotecnica delle prove effettuate indicanti, dopo una preliminare differenziazione a seconda della natura granulare o coesiva del terreno in esame, i valori dei principali parametri, definiti per ogni differente strato, dedotti da note correlazioni con quelli del numero dei colpi (N) di penetrazione della punta (avanzamento).

Gli istogrammi ed i dati geotecnici permettono la distinzione tra gli strati ad elevata compressibilità e limitata resistenza alla punta, da quelli ad alto grado di consolidazione.

Si riportano, di seguito, i parametri geotecnici, da attribuire ai vari terreni, desunti indirettamente dall'elaborazione delle prove SCPT eseguite dallo scrivente nell'area indagata, nonché da valori tabellari di letteratura.

Si rappresenta che i dati di seguito riportati sono stati ricavati mediando i valori ottenuti dall'elaborazione delle prove di profondità all'interno degli stessi livelli, ed escludendo quei valori che si discostavano eccessivamente dalla media di ogni singolo strato, legati soprattutto alla presenza di blocchi e ciottoli di grosse dimensioni.

## PROVA P1

Strumento utilizzato DPM (DL030 10) (Medium)
Prova eseguita in data 10/09/2007
Profondità prova 3,70 m
Falda non rilevata

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Kg/cm²) | Res. dinamica (Kg/cm²) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,10 | 8 | 0,857 | 22,89 | 26,72 | 1,14 | 1,34 |
| 0,20 | 7 | 0,855 | 19,98 | 23,38 | 1,00 | 1,17 |
| 0,30 | 3 | 0,853 | 8,54 | 10,02 | 0,43 | 0,50 |
| 0,40 | 9 | 0,851 | 25,57 | 30,06 | 1,28 | 1,50 |
| 0,50 | 11 | 0,849 | 31,18 | 36,73 | 1,56 | 1,84 |
| 0,60 | 9 | 0,847 | 25,46 | 30,06 | 1,27 | 1,50 |
| 0,70 | 8 | 0,845 | 22,58 | 26,72 | 1,13 | 1,34 |
| 0,80 | 11 | 0,843 | 30,98 | 36,73 | 1,55 | 1,84 |
| 0,90 | 11 | 0,842 | 29,34 | 34,86 | 1,47 | 1,74 |
| 1,00 | 16 | 0,790 | 40,04 | 50,70 | 2,00 | 2,54 |
| 1,10 | 18 | 0,788 | 44,95 | 57,04 | 2,25 | 2,85 |
| 1,20 | 19 | 0,786 | 47,34 | 60,21 | 2,37 | 3,01 |
| 1,30 | 17 | 0,785 | 42,27 | 53,87 | 2,11 | 2,69 |
| 1,40 | 16 | 0,783 | 39,69 | 50,70 | 1,98 | 2,54 |
| 1,50 | 13 | 0,781 | 32,18 | 41,20 | 1,61 | 2,06 |
| 1,60 | 7 | 0,830 | 18,40 | 22,18 | 0,92 | 1,11 |
| 1,70 | 9 | 0,828 | 23,61 | 28,52 | 1,18 | 1,43 |
| 1,80 | 9 | 0,826 | 23,57 | 28,52 | 1,18 | 1,43 |
| 1,90 | 15 | 0,775 | 35,04 | 45,23 | 1,75 | 2,26 |
| 2,00 | 18 | 0,773 | 41,96 | 54,27 | 2,10 | 2,71 |
| 2,10 | 17 | 0,772 | 39,55 | 51,26 | 1,98 | 2,56 |
| 2,20 | 8 | 0,820 | 19,78 | 24,12 | 0,99 | 1,21 |
| 2,30 | 7 | 0,819 | 17,28 | 21,11 | 0,86 | 1,06 |
| 2,40 | 16 | 0,767 | 37,01 | 48,24 | 1,85 | 2,41 |
| 2,50 | 13 | 0,766 | 30,01 | 39,20 | 1,50 | 1,96 |
| 2,60 | 16 | 0,764 | 36,87 | 48,24 | 1,84 | 2,41 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2,70 | 13 | 0,763 | 29,90 | 39,20 | 1,49 | 1,96 |
| 2,80 | 8 | 0,811 | 19,57 | 24,12 | 0,98 | 1,21 |
| 2,90 | 8 | 0,810 | 18,63 | 23,00 | 0,93 | 1,15 |
| 3,00 | 9 | 0,809 | 20,93 | 25,88 | 1,05 | 1,29 |
| 3,10 | 12 | 0,807 | 27,86 | 34,50 | 1,39 | 1,73 |
| 3,20 | 12 | 0,806 | 27,81 | 34,50 | 1,39 | 1,73 |
| 3,30 | 7 | 0,805 | 16,20 | 20,13 | 0,81 | 1,01 |
| 3,40 | 14 | 0,753 | 30,33 | 40,26 | 1,52 | 2,01 |
| 3,50 | 13 | 0,752 | 28,11 | 37,38 | 1,41 | 1,87 |
| 3,60 | 12 | 0,801 | 27,63 | 34,50 | 1,38 | 1,73 |
| 3,70 | 13 | 0,750 | 28,02 | 37,38 | 1,40 | 1,87 |

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P1**
**TERRENI INCOERENTI**

**Densità relativa**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Densità relativa (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 8,96 | 3,70 | 8,96 | Gibbs & Holtz 1957 | 62,13 |

**Angolo di resistenza al taglio**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Angolo d'attrito (°) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 8,96 | 3,70 | 8,96 | Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) | 26,59 |

**Modulo di Young**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo di Young (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 8,96 | 3,70 | 8,96 | Bowles (1982) Sabbia Media | --- |

**Modulo Edometrico**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo Edometrico (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 8,96 | 3,70 | 8,96 | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 45,87 |

**Classificazione AGI**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Classificazione AGI |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 8,96 | 3,70 | 8,96 | Classificazione A.G.I. 1977 | POCO ADDENSATO |

**Peso unità di volume**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma (t/m³) |
|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 8,96 | 3,70 | 8,96 | Meyerhof ed altri | 1,69 |

**Peso unità di volume saturo**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma Saturo (t/m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 8,96 | 3,70 | 8,96 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 1,91 |

**Modulo di Poisson**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Poisson |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 8,96 | 3,70 | 8,96 | (A.G.I.) | 0,34 |

**Modulo di deformazione a taglio**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | G (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 8,96 | 3,70 | 8,96 | Ohsaki (Sabbie pulite) | 510,60 |

**Velocità onde**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Velocità onde m/s |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 8,96 | 3,70 | 8,96 | | 164,63 |

**Liquefazione**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Potenziale Liquefazione |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 8,96 | 3,70 | 8,96 | Seed (1979) (Sabbie e ghiaie) | < 0.04 |

**Modulo di reazione Ko**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Ko |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 8,96 | 3,70 | 8,96 | Navfac 1971-1982 | 1,88 |

**Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Qc (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 8,96 | 3,70 | 8,96 | Robertson 1983 | 17,92 |

## PROVA P2

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)
Prova eseguita in data 10/09/2007
Profondità prova 3,10 m
Falda non rilevata

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Kg/cm²) | Res. dinamica (Kg/cm²) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi |
|---|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | Olandesi (Kg/cm²) | (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,10 | 9 | 0,857 | 25,75 | 30,06 | 1,29 | 1,50 |
| 0,20 | 8 | 0,855 | 22,83 | 26,72 | 1,14 | 1,34 |
| 0,30 | 8 | 0,853 | 22,78 | 26,72 | 1,14 | 1,34 |
| 0,40 | 18 | 0,801 | 48,14 | 60,11 | 2,41 | 3,01 |
| 0,50 | 9 | 0,849 | 25,51 | 30,06 | 1,28 | 1,50 |
| 0,60 | 19 | 0,797 | 50,57 | 63,45 | 2,53 | 3,17 |
| 0,70 | 17 | 0,795 | 45,14 | 56,77 | 2,26 | 2,84 |
| 0,80 | 21 | 0,743 | 52,13 | 70,13 | 2,61 | 3,51 |
| 0,90 | 13 | 0,792 | 32,61 | 41,20 | 1,63 | 2,06 |
| 1,00 | 19 | 0,790 | 47,55 | 60,21 | 2,38 | 3,01 |
| 1,10 | 9 | 0,838 | 23,90 | 28,52 | 1,20 | 1,43 |
| 1,20 | 12 | 0,836 | 31,80 | 38,03 | 1,59 | 1,90 |
| 1,30 | 9 | 0,835 | 23,80 | 28,52 | 1,19 | 1,43 |
| 1,40 | 19 | 0,783 | 47,14 | 60,21 | 2,36 | 3,01 |
| 1,50 | 7 | 0,831 | 18,44 | 22,18 | 0,92 | 1,11 |
| 1,60 | 11 | 0,830 | 28,92 | 34,86 | 1,45 | 1,74 |
| 1,70 | 11 | 0,828 | 28,86 | 34,86 | 1,44 | 1,74 |
| 1,80 | 13 | 0,776 | 31,98 | 41,20 | 1,60 | 2,06 |
| 1,90 | 16 | 0,775 | 37,37 | 48,24 | 1,87 | 2,41 |
| 2,00 | 13 | 0,773 | 30,31 | 39,20 | 1,52 | 1,96 |
| 2,10 | 18 | 0,772 | 41,88 | 54,27 | 2,09 | 2,71 |
| 2,20 | 19 | 0,770 | 44,12 | 57,29 | 2,21 | 2,86 |
| 2,30 | 17 | 0,769 | 39,40 | 51,26 | 1,97 | 2,56 |
| 2,40 | 13 | 0,767 | 30,07 | 39,20 | 1,50 | 1,96 |
| 2,50 | 8 | 0,816 | 19,67 | 24,12 | 0,98 | 1,21 |
| 2,60 | 14 | 0,764 | 32,26 | 42,21 | 1,61 | 2,11 |
| 2,70 | 9 | 0,813 | 22,06 | 27,14 | 1,10 | 1,36 |
| 2,80 | 14 | 0,761 | 32,14 | 42,21 | 1,61 | 2,11 |
| 2,90 | 18 | 0,760 | 39,34 | 51,76 | 1,97 | 2,59 |
| 3,00 | 19 | 0,759 | 41,45 | 54,63 | 2,07 | 2,73 |
| 3,10 | 12 | 0,807 | 27,86 | 34,50 | 1,39 | 1,73 |

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P2**
**TERRENI INCOERENTI**

**Densità relativa**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Densità relativa (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,44 | 3,10 | 10,44 | Gibbs & Holtz 1957 | 68,96 |

**Angolo di resistenza al taglio**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Angolo d'attrito (°) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,44 | 3,10 | 10,44 | Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) | 27,51 |

**Modulo di Young**

| | Nspt | Prof. Strato | Nspt corretto per | Correlazione | Modulo di Young |
|---|---|---|---|---|---|

| | | (m) | presenza falda | | (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,44 | 3,10 | 10,44 | Bowles (1982) Sabbia Media | 127,20 |

**Modulo Edometrico**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo Edometrico (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,44 | 3,10 | 10,44 | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 48,91 |

**Classificazione AGI**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Classificazione AGI |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,44 | 3,10 | 10,44 | Classificazione A.G.I. 1977 | MODERATAMENTE ADDENSATO |

**Peso unità di volume**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma (t/m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,44 | 3,10 | 10,44 | Meyerhof ed altri | 1,74 |

**Peso unità di volume saturo**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma Saturo (t/m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,44 | 3,10 | 10,44 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 1,92 |

**Modulo di Poisson**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Poisson |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,44 | 3,10 | 10,44 | (A.G.I.) | 0,33 |

**Modulo di deformazione a taglio**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | G (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,44 | 3,10 | 10,44 | Ohsaki (Sabbie pulite) | 589,51 |

**Velocità onde**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Velocità onde m/s |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,44 | 3,10 | 10,44 | | 177,71 |

**Liquefazione**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Potenziale Liquefazione |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,44 | 3,10 | 10,44 | Seed (1979) (Sabbie e ghiaie) | < 0.04 |

**Modulo di reazione Ko**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Ko |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,44 | 3,10 | 10,44 | Navfac 1971-1982 | 2,20 |

**Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Qc (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,44 | 3,10 | 10,44 | Robertson 1983 | 20,88 |

## PROVA P3

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)
Prova eseguita in data 10/09/2007
Profondità prova 2,30 m
Falda non rilevata

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Kg/cm²) | Res. dinamica (Kg/cm²) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,10 | 9 | 0,857 | 25,75 | 30,06 | 1,29 | 1,50 |
| 0,20 | 12 | 0,855 | 34,25 | 40,07 | 1,71 | 2,00 |
| 0,30 | 13 | 0,803 | 34,85 | 43,41 | 1,74 | 2,17 |
| 0,40 | 21 | 0,751 | 52,65 | 70,13 | 2,63 | 3,51 |
| 0,50 | 19 | 0,799 | 50,69 | 63,45 | 2,53 | 3,17 |
| 0,60 | 17 | 0,797 | 45,25 | 56,77 | 2,26 | 2,84 |
| 0,70 | 5 | 0,845 | 14,11 | 16,70 | 0,71 | 0,83 |
| 0,80 | 18 | 0,793 | 47,69 | 60,11 | 2,38 | 3,01 |
| 0,90 | 15 | 0,792 | 37,63 | 47,54 | 1,88 | 2,38 |
| 1,00 | 13 | 0,790 | 32,54 | 41,20 | 1,63 | 2,06 |
| 1,10 | 8 | 0,838 | 21,25 | 25,35 | 1,06 | 1,27 |
| 1,20 | 9 | 0,836 | 23,85 | 28,52 | 1,19 | 1,43 |
| 1,30 | 15 | 0,785 | 37,29 | 47,54 | 1,86 | 2,38 |
| 1,40 | 17 | 0,783 | 42,18 | 53,87 | 2,11 | 2,69 |
| 1,50 | 19 | 0,781 | 47,04 | 60,21 | 2,35 | 3,01 |
| 1,60 | 17 | 0,780 | 42,00 | 53,87 | 2,10 | 2,69 |
| 1,70 | 10 | 0,828 | 26,24 | 31,69 | 1,31 | 1,58 |
| 1,80 | 8 | 0,826 | 20,95 | 25,35 | 1,05 | 1,27 |
| 1,90 | 16 | 0,775 | 37,37 | 48,24 | 1,87 | 2,41 |
| 2,00 | 15 | 0,773 | 34,97 | 45,23 | 1,75 | 2,26 |
| 2,10 | 13 | 0,772 | 30,25 | 39,20 | 1,51 | 1,96 |
| 2,20 | 12 | 0,820 | 29,67 | 36,18 | 1,48 | 1,81 |
| 2,30 | 14 | 0,769 | 32,44 | 42,21 | 1,62 | 2,11 |

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P3**
**TERRENI INCOERENTI**

**Densità relativa**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Densità relativa (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,51 | 2,30 | 10,51 | Gibbs & Holtz 1957 | 71,44 |

**Angolo di resistenza al taglio**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Angolo d'attrito (°) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,51 | 2,30 | 10,51 | Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) | 27,56 |

**Modulo di Young**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo di Young (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,51 | 2,30 | 10,51 | Bowles (1982) Sabbia Media | 127,55 |

**Modulo Edometrico**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo Edometrico (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,51 | 2,30 | 10,51 | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 49,05 |

**Classificazione AGI**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Classificazione AGI |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,51 | 2,30 | 10,51 | Classificazione A.G.I. 1977 | MODERATAMENTE ADDENSATO |

**Peso unità di volume**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma (t/m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,51 | 2,30 | 10,51 | Meyerhof ed altri | 1,75 |

**Peso unità di volume saturo**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma Saturo (t/m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,51 | 2,30 | 10,51 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 1,92 |

**Modulo di Poisson**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Poisson |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,51 | 2,30 | 10,51 | (A.G.I.) | 0,33 |

**Modulo di deformazione a taglio**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | G (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,51 | 2,30 | 10,51 | Ohsaki (Sabbie pulite) | 593,23 |

**Velocità onde**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Velocità onde m/s |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,51 | 2,30 | 10,51 | | 178,31 |

**Liquefazione**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Potenziale Liquefazione |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,51 | 2,30 | 10,51 | Seed (1979) (Sabbie e ghiaie) | < 0.04 |

**Modulo di reazione Ko**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Ko |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,51 | 2,30 | 10,51 | Navfac 1971-1982 | 2,21 |

**Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Qc (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,51 | 2,30 | 10,51 | Robertson 1983 | 21,02 |

## PROVA P4

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)
Prova eseguita in data 10/09/2007
Profondità prova 3,40 m
Falda non rilevata

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Kg/cm²) | Res. dinamica (Kg/cm²) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,10 | 12 | 0,857 | 34,33 | 40,07 | 1,72 | 2,00 |
| 0,20 | 11 | 0,855 | 31,39 | 36,73 | 1,57 | 1,84 |
| 0,30 | 9 | 0,853 | 25,63 | 30,06 | 1,28 | 1,50 |
| 0,40 | 9 | 0,851 | 25,57 | 30,06 | 1,28 | 1,50 |
| 0,50 | 11 | 0,849 | 31,18 | 36,73 | 1,56 | 1,84 |
| 0,60 | 9 | 0,847 | 25,46 | 30,06 | 1,27 | 1,50 |
| 0,70 | 13 | 0,795 | 34,52 | 43,41 | 1,73 | 2,17 |
| 0,80 | 19 | 0,793 | 50,34 | 63,45 | 2,52 | 3,17 |
| 0,90 | 12 | 0,842 | 32,00 | 38,03 | 1,60 | 1,90 |
| 1,00 | 16 | 0,790 | 40,04 | 50,70 | 2,00 | 2,54 |
| 1,10 | 17 | 0,788 | 42,45 | 53,87 | 2,12 | 2,69 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,20 | 16 | 0,786 | 39,87 | 50,70 | 1,99 | 2,54 |
| 1,30 | 19 | 0,785 | 47,24 | 60,21 | 2,36 | 3,01 |
| 1,40 | 17 | 0,783 | 42,18 | 53,87 | 2,11 | 2,69 |
| 1,50 | 21 | 0,731 | 48,66 | 66,55 | 2,43 | 3,33 |
| 1,60 | 9 | 0,830 | 23,66 | 28,52 | 1,18 | 1,43 |
| 1,70 | 12 | 0,828 | 31,48 | 38,03 | 1,57 | 1,90 |
| 1,80 | 14 | 0,776 | 34,44 | 44,37 | 1,72 | 2,22 |
| 1,90 | 13 | 0,775 | 30,37 | 39,20 | 1,52 | 1,96 |
| 2,00 | 7 | 0,823 | 17,37 | 21,11 | 0,87 | 1,06 |
| 2,10 | 19 | 0,772 | 44,20 | 57,29 | 2,21 | 2,86 |
| 2,20 | 5 | 0,820 | 12,36 | 15,08 | 0,62 | 0,75 |
| 2,30 | 13 | 0,769 | 30,13 | 39,20 | 1,51 | 1,96 |
| 2,40 | 17 | 0,767 | 39,32 | 51,26 | 1,97 | 2,56 |
| 2,50 | 8 | 0,816 | 19,67 | 24,12 | 0,98 | 1,21 |
| 2,60 | 13 | 0,764 | 29,96 | 39,20 | 1,50 | 1,96 |
| 2,70 | 13 | 0,763 | 29,90 | 39,20 | 1,49 | 1,96 |
| 2,80 | 14 | 0,761 | 32,14 | 42,21 | 1,61 | 2,11 |
| 2,90 | 29 | 0,710 | 59,21 | 83,39 | 2,96 | 4,17 |
| 3,00 | 28 | 0,709 | 57,06 | 80,51 | 2,85 | 4,03 |
| 3,10 | 13 | 0,757 | 28,31 | 37,38 | 1,42 | 1,87 |
| 3,20 | 12 | 0,806 | 27,81 | 34,50 | 1,39 | 1,73 |
| 3,30 | 19 | 0,755 | 41,23 | 54,63 | 2,06 | 2,73 |
| 3,40 | 21 | 0,703 | 42,47 | 60,38 | 2,12 | 3,02 |

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P4**
**TERRENI INCOERENTI**

**Densità relativa**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Densità relativa (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 11,05 | 4,00 | 11,05 | Gibbs & Holtz 1957 | 67,36 |

**Angolo di resistenza al taglio**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Angolo d'attrito (°) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 11,05 | 4,00 | 11,05 | Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) | 27,87 |

**Modulo di Young**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo di Young (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 11,05 | 4,00 | 11,05 | Bowles (1982) Sabbia Media | 130,25 |

**Modulo Edometrico**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo Edometrico (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 11,05 | 4,00 | 11,05 | Begemann 1974 (Ghiaia con | 50,16 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | sabbia) | |

**Classificazione AGI**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Classificazione AGI |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 11,05 | 4,00 | 11,05 | Classificazione A.G.I. 1977 | MODERATAMENTE ADDENSATO |

**Peso unità di volume**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma (t/m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 11,05 | 4,00 | 11,05 | Meyerhof ed altri | 1,76 |

**Peso unità di volume saturo**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma Saturo (t/m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 11,05 | 4,00 | 11,05 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 1,92 |

**Modulo di Poisson**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Poisson |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 11,05 | 4,00 | 11,05 | (A.G.I.) | 0,33 |

**Modulo di deformazione a taglio**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | G (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 11,05 | 4,00 | 11,05 | Ohsaki (Sabbie pulite) | 621,83 |

**Velocità onde**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Velocità onde m/s |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 11,05 | 4,00 | 11,05 | | 182,83 |

**Liquefazione**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Potenziale Liquefazione |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 11,05 | 4,00 | 11,05 | Seed (1979) (Sabbie e ghiaie) | < 0.04 |

**Modulo di reazione Ko**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Ko |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 11,05 | 4,00 | 11,05 | Navfac 1971-1982 | 2,32 |

**Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Qc (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 11,05 | 4,00 | 11,05 | Robertson 1983 | 22,10 |

# PROVA P5

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)
Prova eseguita in data 10/09/2007
Profondità prova 2,60 m
Falda non rilevata

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Kg/cm²) | Res. dinamica (Kg/cm²) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,10 | 13 | 0,807 | 35,02 | 43,41 | 1,75 | 2,17 |
| 0,20 | 13 | 0,805 | 34,93 | 43,41 | 1,75 | 2,17 |
| 0,30 | 7 | 0,853 | 19,93 | 23,38 | 1,00 | 1,17 |
| 0,40 | 19 | 0,801 | 50,81 | 63,45 | 2,54 | 3,17 |
| 0,50 | 8 | 0,849 | 22,68 | 26,72 | 1,13 | 1,34 |
| 0,60 | 17 | 0,797 | 45,25 | 56,77 | 2,26 | 2,84 |
| 0,70 | 8 | 0,845 | 22,58 | 26,72 | 1,13 | 1,34 |
| 0,80 | 12 | 0,843 | 33,80 | 40,07 | 1,69 | 2,00 |
| 0,90 | 12 | 0,842 | 32,00 | 38,03 | 1,60 | 1,90 |
| 1,00 | 19 | 0,790 | 47,55 | 60,21 | 2,38 | 3,01 |
| 1,10 | 16 | 0,788 | 39,95 | 50,70 | 2,00 | 2,54 |
| 1,20 | 7 | 0,836 | 18,55 | 22,18 | 0,93 | 1,11 |
| 1,30 | 18 | 0,785 | 44,75 | 57,04 | 2,24 | 2,85 |
| 1,40 | 13 | 0,783 | 32,25 | 41,20 | 1,61 | 2,06 |
| 1,50 | 16 | 0,781 | 39,61 | 50,70 | 1,98 | 2,54 |
| 1,60 | 17 | 0,780 | 42,00 | 53,87 | 2,10 | 2,69 |
| 1,70 | 12 | 0,828 | 31,48 | 38,03 | 1,57 | 1,90 |
| 1,80 | 14 | 0,776 | 34,44 | 44,37 | 1,72 | 2,22 |
| 1,90 | 8 | 0,825 | 19,89 | 24,12 | 0,99 | 1,21 |
| 2,00 | 7 | 0,823 | 17,37 | 21,11 | 0,87 | 1,06 |
| 2,10 | 17 | 0,772 | 39,55 | 51,26 | 1,98 | 2,56 |
| 2,20 | 19 | 0,770 | 44,12 | 57,29 | 2,21 | 2,86 |
| 2,30 | 15 | 0,769 | 34,76 | 45,23 | 1,74 | 2,26 |
| 2,40 | 16 | 0,767 | 37,01 | 48,24 | 1,85 | 2,41 |
| 2,50 | 8 | 0,816 | 19,67 | 24,12 | 0,98 | 1,21 |
| 2,60 | 13 | 0,764 | 29,96 | 39,20 | 1,50 | 1,96 |

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P5**
**TERRENI INCOERENTI**

**Densità relativa**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Densità relativa (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,15 | 2,60 | 10,15 | Gibbs & Holtz 1957 | 69,67 |

**Angolo di resistenza al taglio**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Angolo d'attrito (°) |
|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,15 | 2,60 | 10,15 | Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) | 27,34 |

**Modulo di Young**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo di Young (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,15 | 2,60 | 10,15 | Bowles (1982) Sabbia Media | 125,75 |

**Modulo Edometrico**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo Edometrico (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,15 | 2,60 | 10,15 | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 48,31 |

**Classificazione AGI**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Classificazione AGI |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,15 | 2,60 | 10,15 | Classificazione A.G.I. 1977 | MODERATAMENTE ADDENSATO |

**Peso unità di volume**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma (t/m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,15 | 2,60 | 10,15 | Meyerhof ed altri | 1,74 |

**Peso unità di volume saturo**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma Saturo (t/m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,15 | 2,60 | 10,15 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 1,92 |

**Modulo di Poisson**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Poisson |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,15 | 2,60 | 10,15 | (A.G.I.) | 0,33 |

**Modulo di deformazione a taglio**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | G (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,15 | 2,60 | 10,15 | Ohsaki (Sabbie pulite) | 574,11 |

**Velocità onde**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Velocità onde m/s |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,15 | 2,60 | 10,15 | | 175,22 |

**Liquefazione**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Potenziale Liquefazione |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,15 | 2,60 | 10,15 | Seed (1979) (Sabbie e ghiaie) | < 0.04 |

**Modulo di reazione Ko**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Ko |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,15 | 2,60 | 10,15 | Navfac 1971-1982 | 2,13 |

**Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Qc (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,15 | 2,60 | 10,15 | Robertson 1983 | 20,30 |

## PROVA P6

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)
Prova eseguita in data 10/09/2007
Profondità prova 3,80 m
Falda non rilevata

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Kg/cm²) | Res. dinamica (Kg/cm²) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,10 | 9 | 0,857 | 25,75 | 30,06 | 1,29 | 1,50 |
| 0,20 | 12 | 0,855 | 34,25 | 40,07 | 1,71 | 2,00 |
| 0,30 | 15 | 0,803 | 40,21 | 50,09 | 2,01 | 2,50 |
| 0,40 | 12 | 0,851 | 34,09 | 40,07 | 1,70 | 2,00 |
| 0,50 | 5 | 0,849 | 14,17 | 16,70 | 0,71 | 0,83 |
| 0,60 | 17 | 0,797 | 45,25 | 56,77 | 2,26 | 2,84 |
| 0,70 | 5 | 0,845 | 14,11 | 16,70 | 0,71 | 0,83 |
| 0,80 | 15 | 0,793 | 39,74 | 50,09 | 1,99 | 2,50 |
| 0,90 | 7 | 0,842 | 18,67 | 22,18 | 0,93 | 1,11 |
| 1,00 | 8 | 0,840 | 21,29 | 25,35 | 1,06 | 1,27 |
| 1,10 | 14 | 0,788 | 34,96 | 44,37 | 1,75 | 2,22 |
| 1,20 | 18 | 0,786 | 44,85 | 57,04 | 2,24 | 2,85 |
| 1,30 | 19 | 0,785 | 47,24 | 60,21 | 2,36 | 3,01 |
| 1,40 | 11 | 0,833 | 29,03 | 34,86 | 1,45 | 1,74 |
| 1,50 | 13 | 0,781 | 32,18 | 41,20 | 1,61 | 2,06 |
| 1,60 | 13 | 0,780 | 32,12 | 41,20 | 1,61 | 2,06 |
| 1,70 | 16 | 0,778 | 39,44 | 50,70 | 1,97 | 2,54 |
| 1,80 | 13 | 0,776 | 31,98 | 41,20 | 1,60 | 2,06 |
| 1,90 | 9 | 0,825 | 22,38 | 27,14 | 1,12 | 1,36 |
| 2,00 | 13 | 0,773 | 30,31 | 39,20 | 1,52 | 1,96 |
| 2,10 | 15 | 0,772 | 34,90 | 45,23 | 1,74 | 2,26 |
| 2,20 | 5 | 0,820 | 12,36 | 15,08 | 0,62 | 0,75 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2,30 | 17 | 0,769 | 39,40 | 51,26 | 1,97 | 2,56 |
| 2,40 | 19 | 0,767 | 43,95 | 57,29 | 2,20 | 2,86 |
| 2,50 | 17 | 0,766 | 39,25 | 51,26 | 1,96 | 2,56 |
| 2,60 | 18 | 0,764 | 41,48 | 54,27 | 2,07 | 2,71 |
| 2,70 | 18 | 0,763 | 41,40 | 54,27 | 2,07 | 2,71 |
| 2,80 | 17 | 0,761 | 39,03 | 51,26 | 1,95 | 2,56 |
| 2,90 | 10 | 0,810 | 23,29 | 28,75 | 1,16 | 1,44 |
| 3,00 | 16 | 0,759 | 34,90 | 46,01 | 1,75 | 2,30 |
| 3,10 | 17 | 0,757 | 37,02 | 48,88 | 1,85 | 2,44 |
| 3,20 | 19 | 0,756 | 41,30 | 54,63 | 2,07 | 2,73 |
| 3,30 | 16 | 0,755 | 34,72 | 46,01 | 1,74 | 2,30 |
| 3,40 | 18 | 0,753 | 38,99 | 51,76 | 1,95 | 2,59 |
| 3,50 | 17 | 0,752 | 36,77 | 48,88 | 1,84 | 2,44 |
| 3,60 | 16 | 0,751 | 34,54 | 46,01 | 1,73 | 2,30 |
| 3,70 | 13 | 0,750 | 28,02 | 37,38 | 1,40 | 1,87 |
| 3,80 | 18 | 0,748 | 38,74 | 51,76 | 1,94 | 2,59 |

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P6**
**TERRENI INCOERENTI**

**Densità relativa**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Densità relativa (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,7 | 3,80 | 10,7 | Gibbs & Holtz 1957 | 68,11 |

**Angolo di resistenza al taglio**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Angolo d'attrito (°) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,7 | 3,80 | 10,7 | Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) | 27,67 |

**Modulo di Young**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo di Young (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,7 | 3,80 | 10,7 | Bowles (1982) Sabbia Media | 128,50 |

**Modulo Edometrico**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo Edometrico (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,7 | 3,80 | 10,7 | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 49,44 |

**Classificazione AGI**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Classificazione AGI |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,7 | 3,80 | 10,7 | Classificazione A.G.I. 1977 | MODERATAMENTE |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | ADDENSATO |

**Peso unità di volume**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma (t/m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,7 | 3,80 | 10,7 | Meyerhof ed altri | 1,75 |

**Peso unità di volume saturo**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma Saturo (t/m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,7 | 3,80 | 10,7 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 1,92 |

**Modulo di Poisson**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Poisson |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,7 | 3,80 | 10,7 | (A.G.I.) | 0,33 |

**Modulo di deformazione a taglio**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | G (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,7 | 3,80 | 10,7 | Ohsaki (Sabbie pulite) | 603,30 |

**Velocità onde**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Velocità onde m/s |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,7 | 3,80 | 10,7 | | 179,91 |

**Liquefazione**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Potenziale Liquefazione |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,7 | 3,80 | 10,7 | Seed (1979) (Sabbie e ghiaie) | < 0.04 |

**Modulo di reazione Ko**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Ko |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,7 | 3,80 | 10,7 | Navfac 1971-1982 | 2,25 |

**Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Qc (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,7 | 3,80 | 10,7 | Robertson 1983 | 21,40 |

## PROVA P7

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)
Prova eseguita in data 10/09/2007
Profondità prova 3,10 m
Falda non rilevata

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Kg/cm²) | Res. dinamica (Kg/cm²) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,10 | 11 | 0,857 | 31,47 | 36,73 | 1,57 | 1,84 |
| 0,20 | 12 | 0,855 | 34,25 | 40,07 | 1,71 | 2,00 |
| 0,30 | 9 | 0,853 | 25,63 | 30,06 | 1,28 | 1,50 |
| 0,40 | 8 | 0,851 | 22,73 | 26,72 | 1,14 | 1,34 |
| 0,50 | 13 | 0,799 | 34,68 | 43,41 | 1,73 | 2,17 |
| 0,60 | 8 | 0,847 | 22,63 | 26,72 | 1,13 | 1,34 |
| 0,70 | 6 | 0,845 | 16,93 | 20,04 | 0,85 | 1,00 |
| 0,80 | 21 | 0,743 | 52,13 | 70,13 | 2,61 | 3,51 |
| 0,90 | 19 | 0,792 | 47,66 | 60,21 | 2,38 | 3,01 |
| 1,00 | 18 | 0,790 | 45,05 | 57,04 | 2,25 | 2,85 |
| 1,10 | 16 | 0,788 | 39,95 | 50,70 | 2,00 | 2,54 |
| 1,20 | 14 | 0,786 | 34,88 | 44,37 | 1,74 | 2,22 |
| 1,30 | 21 | 0,735 | 48,88 | 66,55 | 2,44 | 3,33 |
| 1,40 | 23 | 0,733 | 53,42 | 72,89 | 2,67 | 3,64 |
| 1,50 | 9 | 0,831 | 23,71 | 28,52 | 1,19 | 1,43 |
| 1,60 | 12 | 0,830 | 31,55 | 38,03 | 1,58 | 1,90 |
| 1,70 | 13 | 0,778 | 32,05 | 41,20 | 1,60 | 2,06 |
| 1,80 | 19 | 0,776 | 46,74 | 60,21 | 2,34 | 3,01 |
| 1,90 | 18 | 0,775 | 42,05 | 54,27 | 2,10 | 2,71 |
| 2,00 | 13 | 0,773 | 30,31 | 39,20 | 1,52 | 1,96 |
| 2,10 | 12 | 0,822 | 29,73 | 36,18 | 1,49 | 1,81 |
| 2,20 | 19 | 0,770 | 44,12 | 57,29 | 2,21 | 2,86 |
| 2,30 | 15 | 0,769 | 34,76 | 45,23 | 1,74 | 2,26 |
| 2,40 | 7 | 0,817 | 17,25 | 21,11 | 0,86 | 1,06 |
| 2,50 | 16 | 0,766 | 36,94 | 48,24 | 1,85 | 2,41 |
| 2,60 | 15 | 0,764 | 34,56 | 45,23 | 1,73 | 2,26 |
| 2,70 | 19 | 0,763 | 43,70 | 57,29 | 2,18 | 2,86 |
| 2,80 | 23 | 0,711 | 49,33 | 69,35 | 2,47 | 3,47 |
| 2,90 | 24 | 0,710 | 49,00 | 69,01 | 2,45 | 3,45 |
| 3,00 | 21 | 0,709 | 42,79 | 60,38 | 2,14 | 3,02 |
| 3,10 | 19 | 0,757 | 41,37 | 54,63 | 2,07 | 2,73 |

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P7**
**TERRENI INCOERENTI**

**Densità relativa**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Densità relativa (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 11,7 | 3,10 | 11,7 | Gibbs & Holtz 1957 | 72,43 |

**Angolo di resistenza al taglio**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Angolo d'attrito (°) |
|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 11,7 | 3,10 | 11,7 | Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) | 28,25 |

**Modulo di Young**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo di Young (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 11,7 | 3,10 | 11,7 | Bowles (1982) Sabbia Media | 133,50 |

**Modulo Edometrico**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo Edometrico (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 11,7 | 3,10 | 11,7 | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 51,50 |

**Classificazione AGI**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Classificazione AGI |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 11,7 | 3,10 | 11,7 | Classificazione A.G.I. 1977 | MODERATAMENTE ADDENSATO |

**Peso unità di volume**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma (t/m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 11,7 | 3,10 | 11,7 | Meyerhof ed altri | 1,79 |

**Peso unità di volume saturo**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma Saturo (t/m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 11,7 | 3,10 | 11,7 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 1,93 |

**Modulo di Poisson**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Poisson |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 11,7 | 3,10 | 11,7 | (A.G.I.) | 0,33 |

**Modulo di deformazione a taglio**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | G (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 11,7 | 3,10 | 11,7 | Ohsaki (Sabbie pulite) | 656,16 |

**Velocità onde**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Velocità onde m/s |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 11,7 | 3,10 | 11,7 | | 188,13 |

**Liquefazione**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Potenziale Liquefazione |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 11,7 | 3,10 | 11,7 | Seed (1979) (Sabbie e ghiaie) | < 0.04 |

**Modulo di reazione Ko**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Ko |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 11,7 | 3,10 | 11,7 | Navfac 1971-1982 | 2,46 |

**Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Qc (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 11,7 | 3,10 | 11,7 | Robertson 1983 | 23,40 |

## PROVA P8

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)
Prova eseguita in data 10/09/2007
Profondità prova 1,40 m
Falda non rilevata

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Kg/cm²) | Res. dinamica (Kg/cm²) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,10 | 15 | 0,807 | 40,40 | 50,09 | 2,02 | 2,50 |
| 0,20 | 13 | 0,805 | 34,93 | 43,41 | 1,75 | 2,17 |
| 0,30 | 13 | 0,803 | 34,85 | 43,41 | 1,74 | 2,17 |
| 0,40 | 15 | 0,801 | 40,11 | 50,09 | 2,01 | 2,50 |
| 0,50 | 19 | 0,799 | 50,69 | 63,45 | 2,53 | 3,17 |
| 0,60 | 11 | 0,847 | 31,11 | 36,73 | 1,56 | 1,84 |
| 0,70 | 10 | 0,845 | 28,22 | 33,40 | 1,41 | 1,67 |
| 0,80 | 9 | 0,843 | 25,35 | 30,06 | 1,27 | 1,50 |
| 0,90 | 13 | 0,792 | 32,61 | 41,20 | 1,63 | 2,06 |
| 1,00 | 17 | 0,790 | 42,55 | 53,87 | 2,13 | 2,69 |
| 1,10 | 5 | 0,838 | 13,28 | 15,85 | 0,66 | 0,79 |
| 1,20 | 19 | 0,786 | 47,34 | 60,21 | 2,37 | 3,01 |
| 1,30 | 21 | 0,735 | 48,88 | 66,55 | 2,44 | 3,33 |
| 1,40 | 18 | 0,783 | 44,66 | 57,04 | 2,23 | 2,85 |

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P8**
**TERRENI INCOERENTI**

**Densità relativa**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Densità relativa (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,85 | 1,40 | 10,85 | Gibbs & Holtz | 76,14 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1957 | |

**Angolo di resistenza al taglio**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Angolo d'attrito (°) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,85 | 1,40 | 10,85 | Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) | 27,76 |

**Modulo di Young**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo di Young (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,85 | 1,40 | 10,85 | Bowles (1982) Sabbia Media | 129,25 |

**Modulo Edometrico**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo Edometrico (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,85 | 1,40 | 10,85 | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 49,75 |

**Classificazione AGI**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Classificazione AGI |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,85 | 1,40 | 10,85 | Classificazione A.G.I. 1977 | MODERATAMENTE ADDENSATO |

**Peso unità di volume**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma (t/m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,85 | 1,40 | 10,85 | Meyerhof ed altri | 1,76 |

**Peso unità di volume saturo**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma Saturo (t/m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,85 | 1,40 | 10,85 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 1,92 |

**Modulo di Poisson**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Poisson |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,85 | 1,40 | 10,85 | (A.G.I.) | 0,33 |

**Modulo di deformazione a taglio**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | G (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,85 | 1,40 | 10,85 | Ohsaki (Sabbie pulite) | 611,25 |

**Velocità onde**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Velocità onde m/s |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,85 | 1,40 | 10,85 | | 181,17 |

**Liquefazione**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Potenziale Liquefazione |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,85 | 1,40 | 10,85 | Seed (1979) (Sabbie e ghiaie) | < 0.04 |

**Modulo di reazione Ko**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Ko |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,85 | 1,40 | 10,85 | Navfac 1971-1982 | 2,28 |

**Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)**

| | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Qc (Kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| Strato 1 | 10,85 | 1,40 | 10,85 | Robertson 1983 | 21,70 |

## 10.4 Tubi piezometrici (ANNO 2017)

I perfori S1, S2 e S3, sono stati strumentati con piezometro a tubo aperto, al fine di consentire il periodico controllo delle oscillazioni del livello idrico locale.

Gli strumenti sono costituiti da tubi in PVC di diametro 1,5", opportunamente fessurati con finestratura continua da 0,0 m a 10,0 m da p.c.

I piezometri sono stati posti in opera nei fori sostenuti con rivestimento provvisorio, riempiendo l'intercapedine foro-tubo con apposito materiale granulare e rimuovendo, successivamente, gli elementi di sostegno.

In base alle misurazioni eseguite con freatimetro nel Settembre e nell'Ottobre 2017 all'interno dei n. 3 piezometri, appositamente installati all'interno dell'area d'intervento, non è stata rilevata alcuna falda.

Si rappresenta in ogni caso che si procederà ad un rilevamento della falda idrica all'interno dei predetti piezometri con cadenza trimestrale.



*Piezometro installato all'interno del sondaggio S1*



*Piezometro installato all'interno del sondaggio S2*



*Piezometro installato all'interno del sondaggio S3*

## 10.5 Indagini sismiche a rifrazione (ANNO 2017)

In corrispondenza degli allineamenti sismici predisposti per le acquisizioni Masw (descritte nel capitolo successivo), sono state eseguite delle indagini sismiche a rifrazione, per definire l'andamento delle velocità delle onde p (longitudinali).

Nel dettaglio gli allineamenti S1 e S2, hanno una lunghezza pari a 24 m (oltre a 2 m di offset), mentre l'allineamento S3 ha una lunghezza di 36 m (vedere foto sotto allegate).

Per le prove in situ è stata utilizzata un'apparecchiatura consistente in:

- sismografo Ambrogeo ECHO 12/2002;
- 12 geofoni da 4,5 Hz;
- mazza battente;
- pc windows compatibile.

La prospezione sismica a rifrazione si basa sulla determinazione delle velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P) nel terreno.

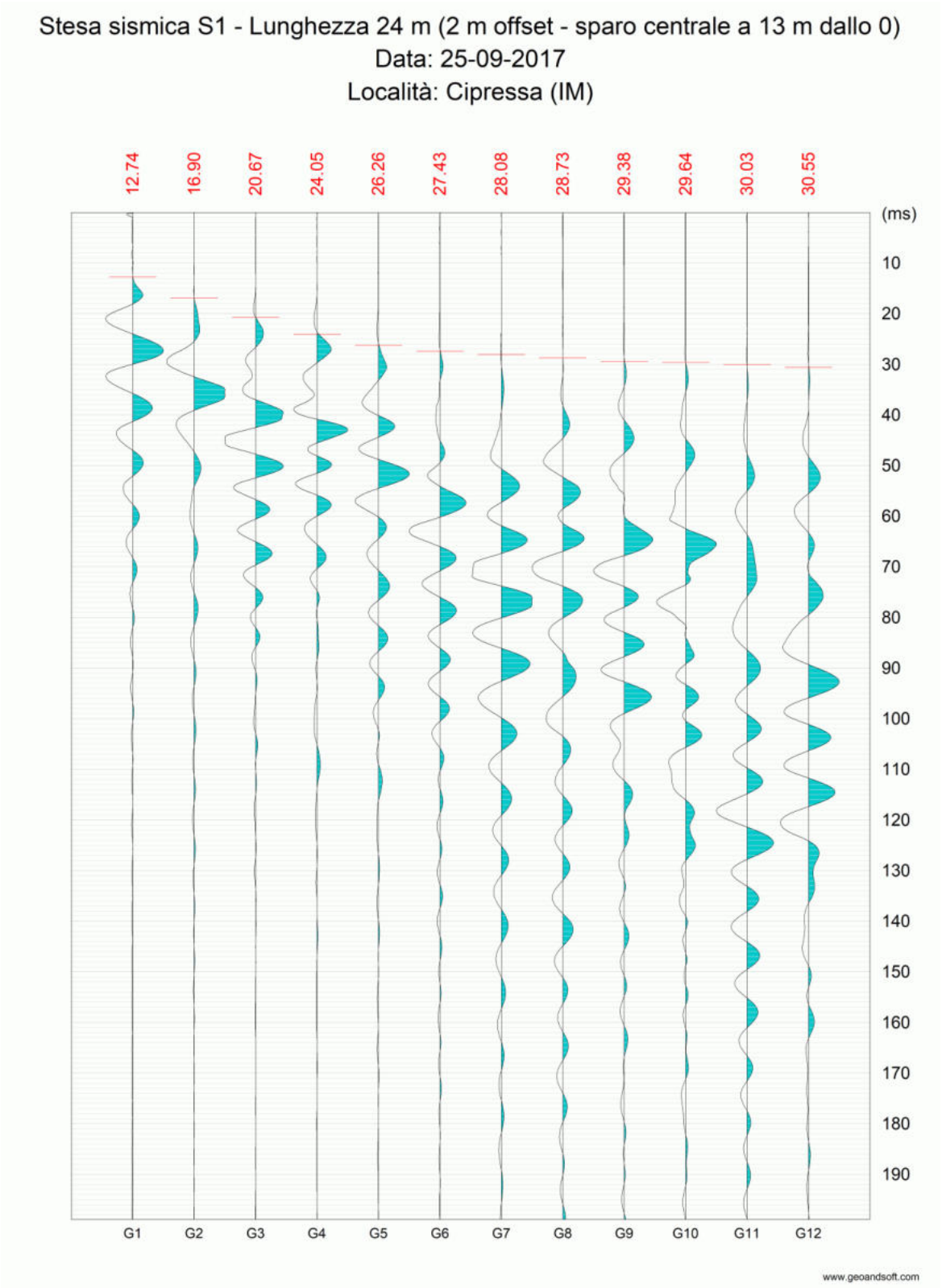
Le onde generate da una massa battente si propagano nel terreno e vengono rilevate dai geofoni, mentre i tempi di arrivo delle onde sono registrati e visualizzati sul sismografo.

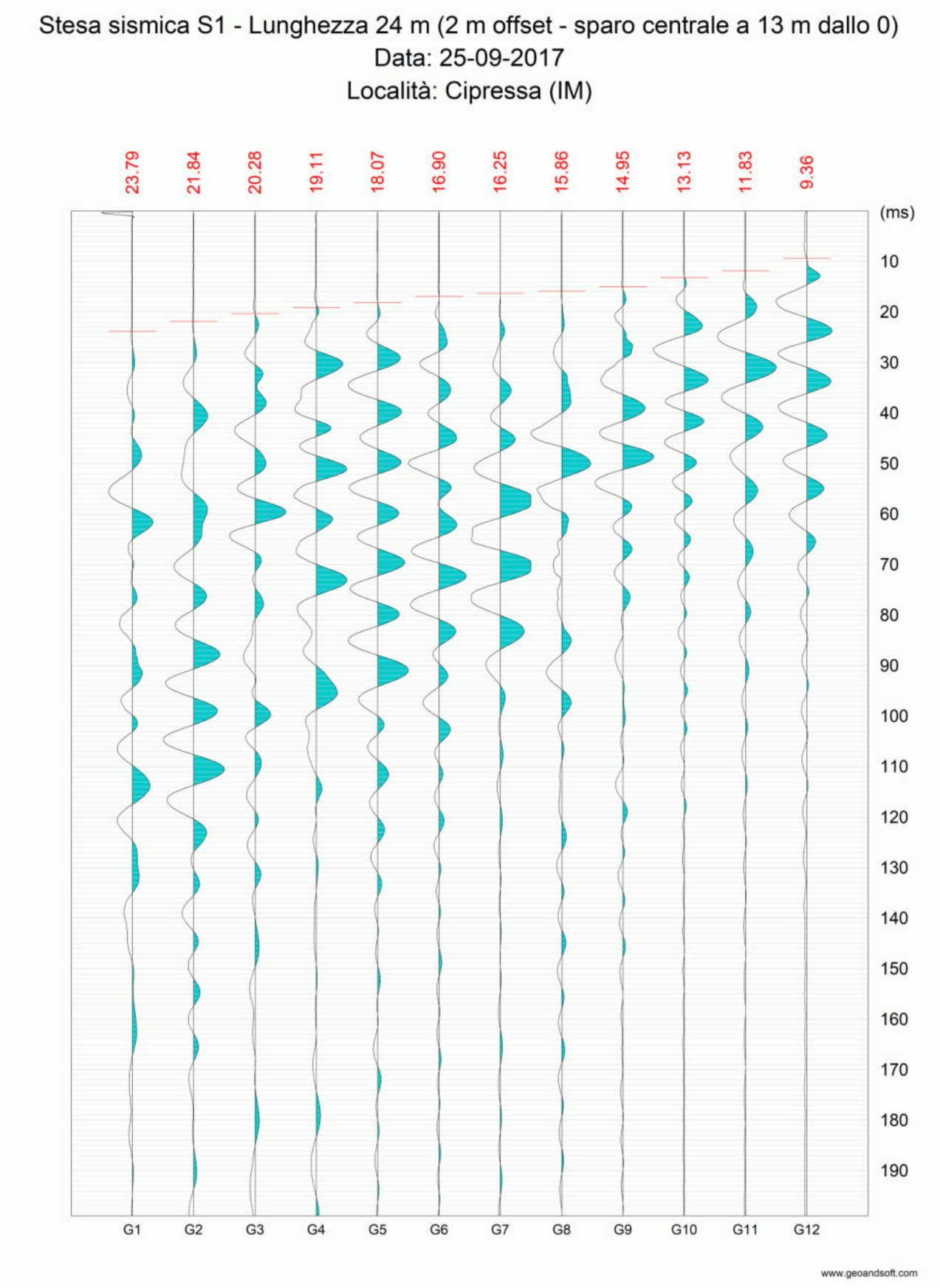
Dall'elaborazione matematica dei dati si risale alla geometria dei mezzi attraversati e quindi si opera l'interpretazione grafica mediante sezioni interpretative. La profondità di investigazione è pari a circa 1/3 dello stendimento, quindi per le prospezioni sismiche S1 e S2 è pari a circa 8/9 m dal piano di campagna, mentre per la prospezione sismica S3 è pari a circa 10/12 m dal piano di campagna.

In corrispondenza della stesa sismica sono state eseguite delle acquisizioni di andata (con battuta a 2 metri dal primo geofono per le stese S1 e S2 e con battuta a 3 m dal primo geofono per la stesa S3), centrali (con battuta tra il 6° e il 7° geofono) e di ritorno (con battuta a 2 m dal 12° geofono per le stese S1 e S2 e con battuta a 3 m dal 12° geofono per la sismica S3).

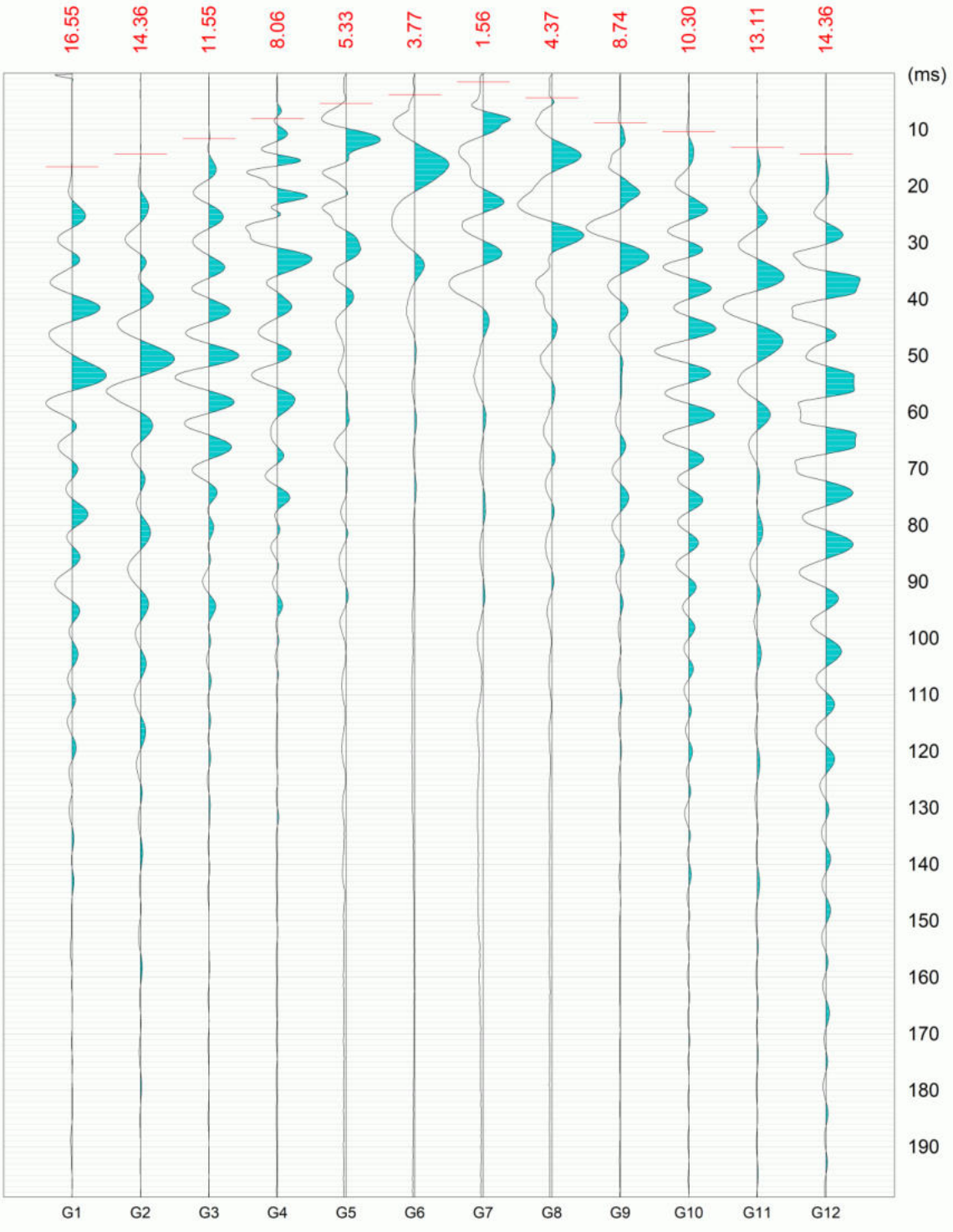
Le prospezioni sismiche a rifrazione S1, S2 e S3 sono state interpretate con il metodo GRM (o di Palmer) utilizzando il programma Intersism di Geo&Soft.

## Prospezione sismica S1:



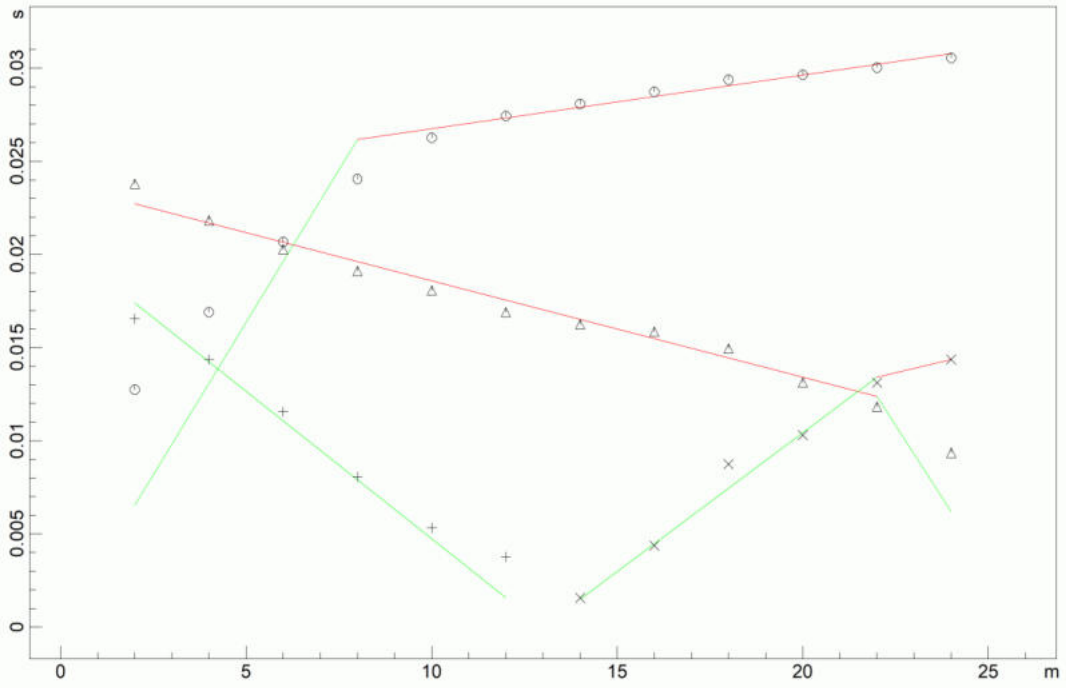

Stesa sismica S1 - Lunghezza 24 m (2 m offset - sparo centrale a 13 m dallo 0)
Data: 25-09-2017
Località: Cipressa (IM)
23.79
21.84
20.28
19.11
18.07
16.90
16.25
15.86
14.95
13.13
11.83
9.36
(ms)
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
180
190
G1
G2
G3
G4
G5
G6
G7
G8
G9
G10
G11
G12
www.geoandsoft.com

Stesa sismica S1 - Lunghezza 24 m (2 m offset - sparo centrale a 13 m dallo 0)
Data: 25-09-2017
Località: Cipressa (IM)

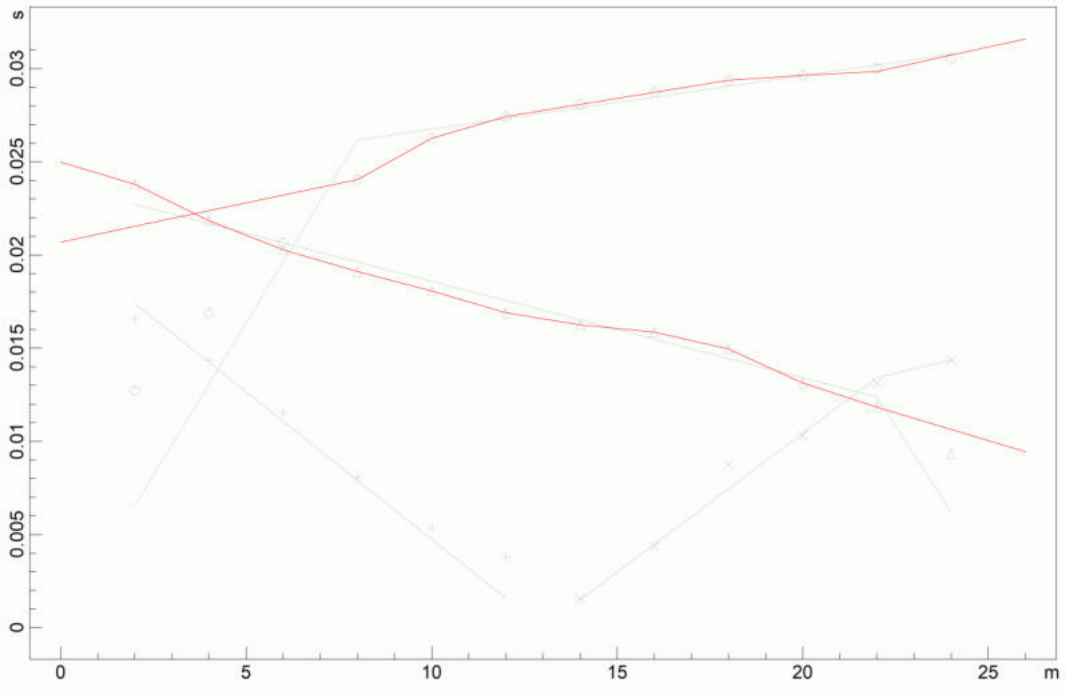


Stesa sismica S1 - Lunghezza 24 m (2 m offset - sparo centrale a 13 m dallo 0)
Data: 25-09-2017
Località: Cipressa (IM)

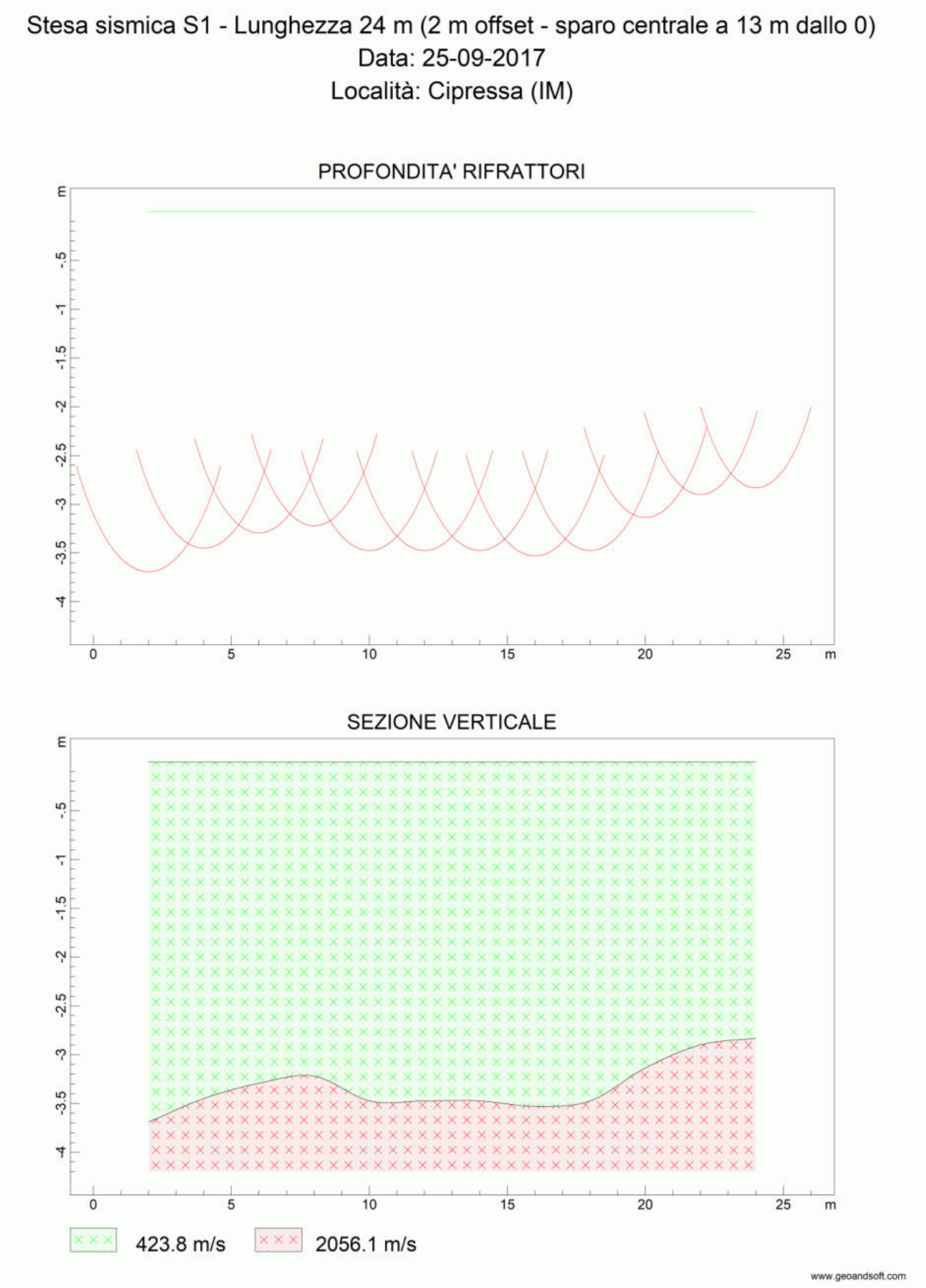
DROMOCRONE ORIGINALI




DROMOCRONE TRASLATE




www.geoandsoft.com




Lo sparo di andata è a sinistra (zona Est della stesa) dei grafici sopra riportati e lo sparo di ritorno a destra (zona Ovest della stesa).

Per cui possono essere definiti i seguenti sismostrati:

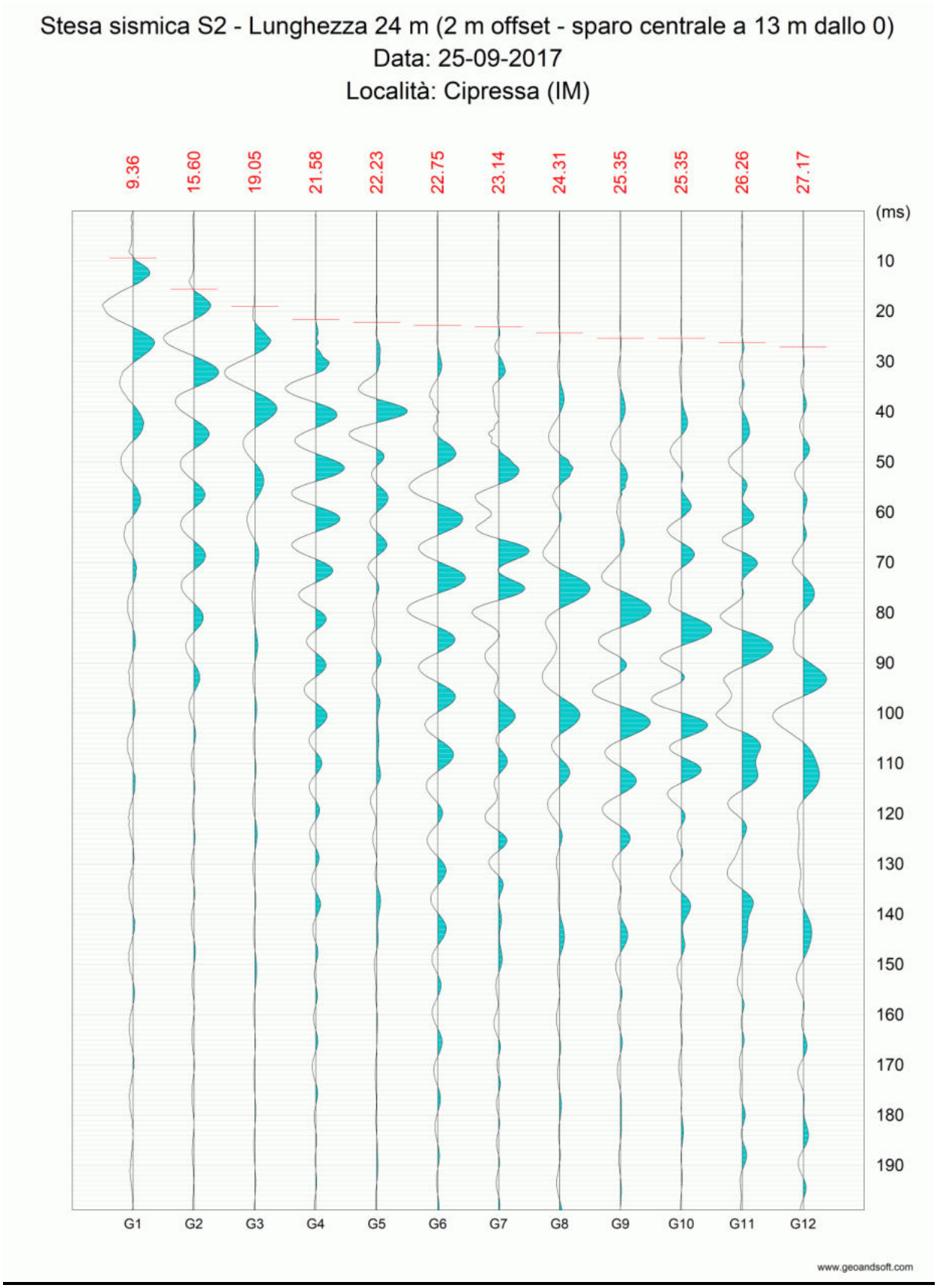
- da 0 a -3,50/-3,00 m dal piano di campagna rappresentato dalla strada esistente – Riporti antropici, caratterizzati da una velocità delle onde sismiche longitudinali (Vp) pari a 0,42 km/s;

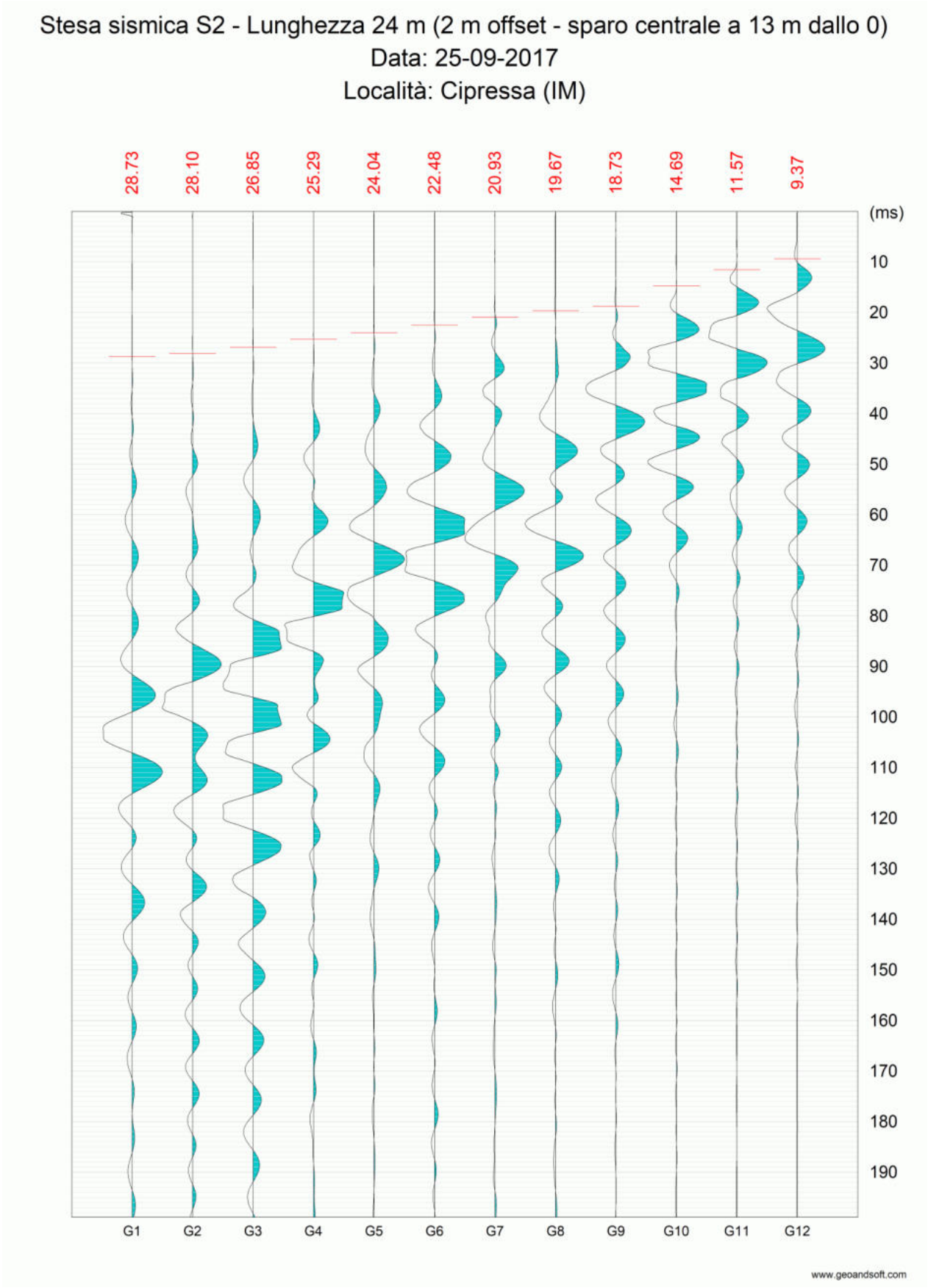
- da -3,50/-3,00 m dal p.c. in poi – Probabile substrato roccioso (rappresentato nella zona dal Flysch di Sanremo), caratterizzato da una velocità delle onde sismiche longitudinali (Vp) pari a 2,06 km/s.



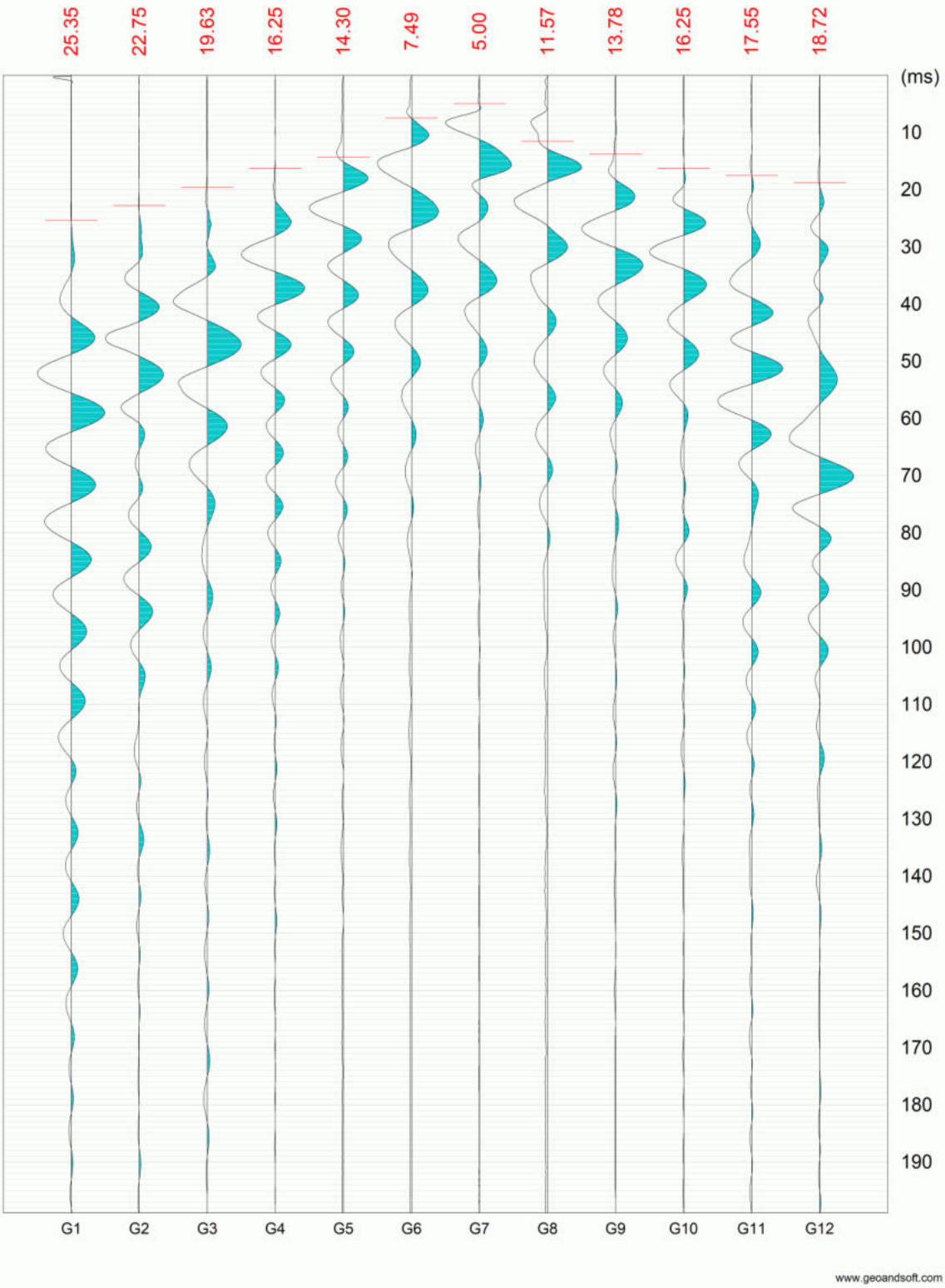
*Esecuzione prospezione sismica a rifrazione e MASW S1*

## Prospezione sismica S2:



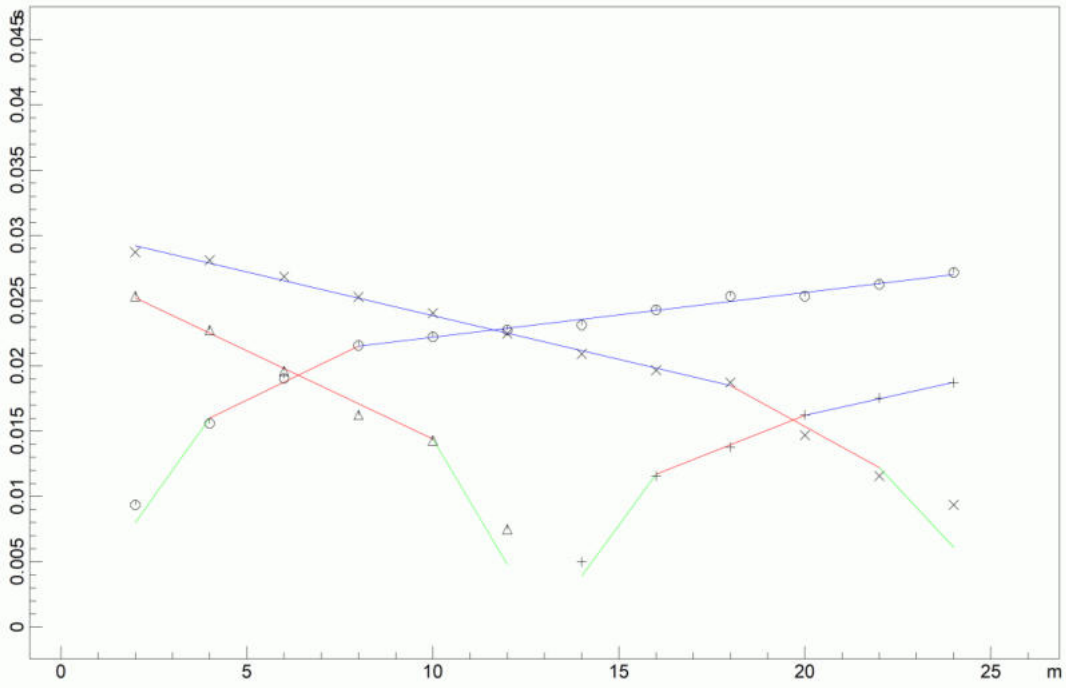

Stesa sismica S2 - Lunghezza 24 m (2 m offset - sparo centrale a 13 m dallo 0)
Data: 25-09-2017
Località: Cipressa (IM)
28.73
28.10
26.85
25.29
24.04
22.48
20.93
19.67
18.73
14.69
11.57
9.37
(ms)
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
180
190
G1
G2
G3
G4
G5
G6
G7
G8
G9
G10
G11
G12
www.geoandsoft.com

Stesa sismica S2 - Lunghezza 24 m (2 m offset - sparo centrale a 13 m dallo 0)
Data: 25-09-2017
Località: Cipressa (IM)

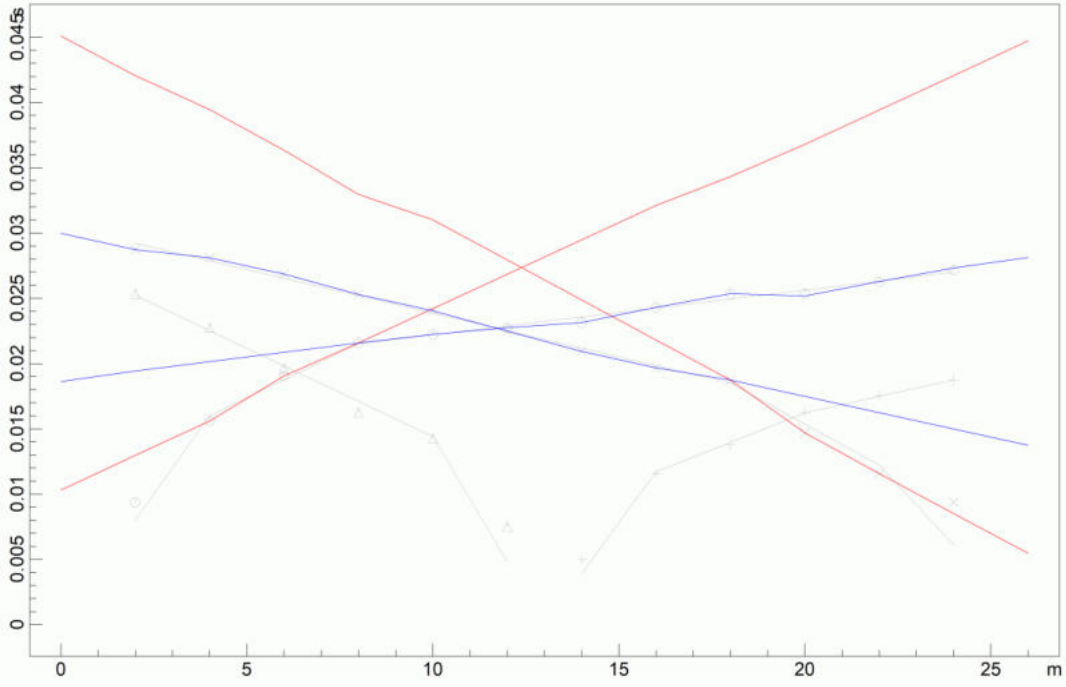


Stesa sismica S2 - Lunghezza 24 m (2 m offset - sparo centrale a 13 m dallo 0)
Data: 25-09-2017
Località: Cipressa (IM)

DROMOCRONE ORIGINALI



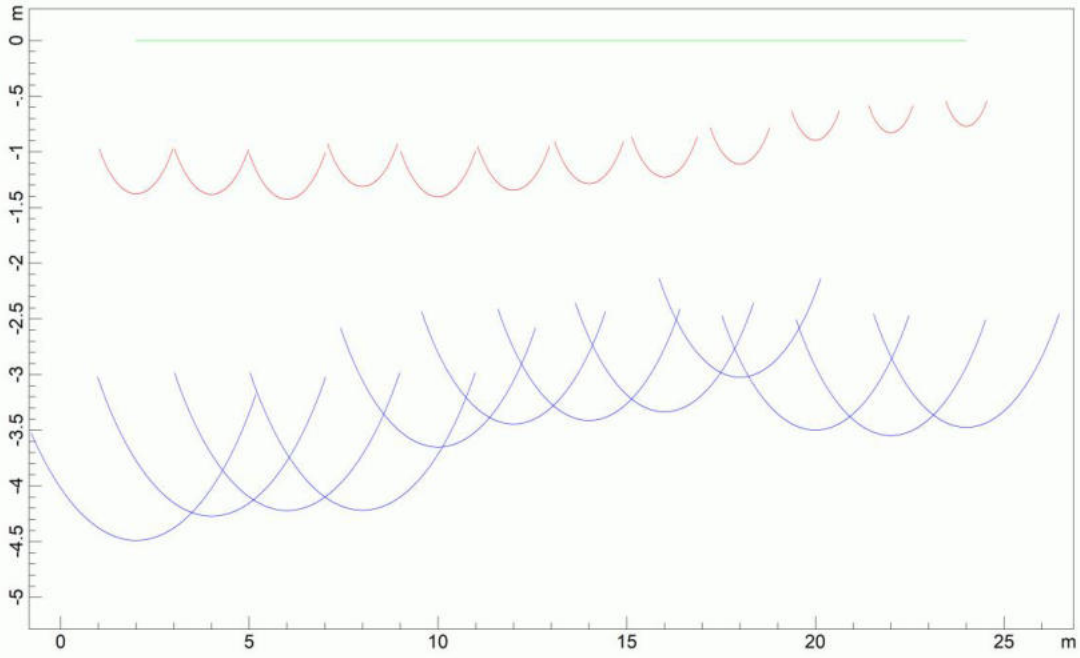

DROMOCRONE TRASLATE




www.geoandsoft.com

Stesa sismica S2 - Lunghezza 24 m (2 m offset - sparo centrale a 13 m dallo 0)
Data: 25-09-2017
Località: Cipressa (IM)

PROFONDITA' RIFRATTORI




SEZIONE VERTICALE




www.geoandsoft.com

Lo sparo di andata è a sinistra (zona Ovest della stesa) dei grafici sopra riportati e lo sparo di ritorno a destra (zona Est della stesa).

Per cui possono essere definiti i seguenti sismostrati:

- da 0 a -1,50/-1,00 m dal piano di campagna rappresentato dalla strada – Riporti antropici, caratterizzati da una velocità delle onde sismiche longitudinali (Vp) pari a 0,25 km/s;

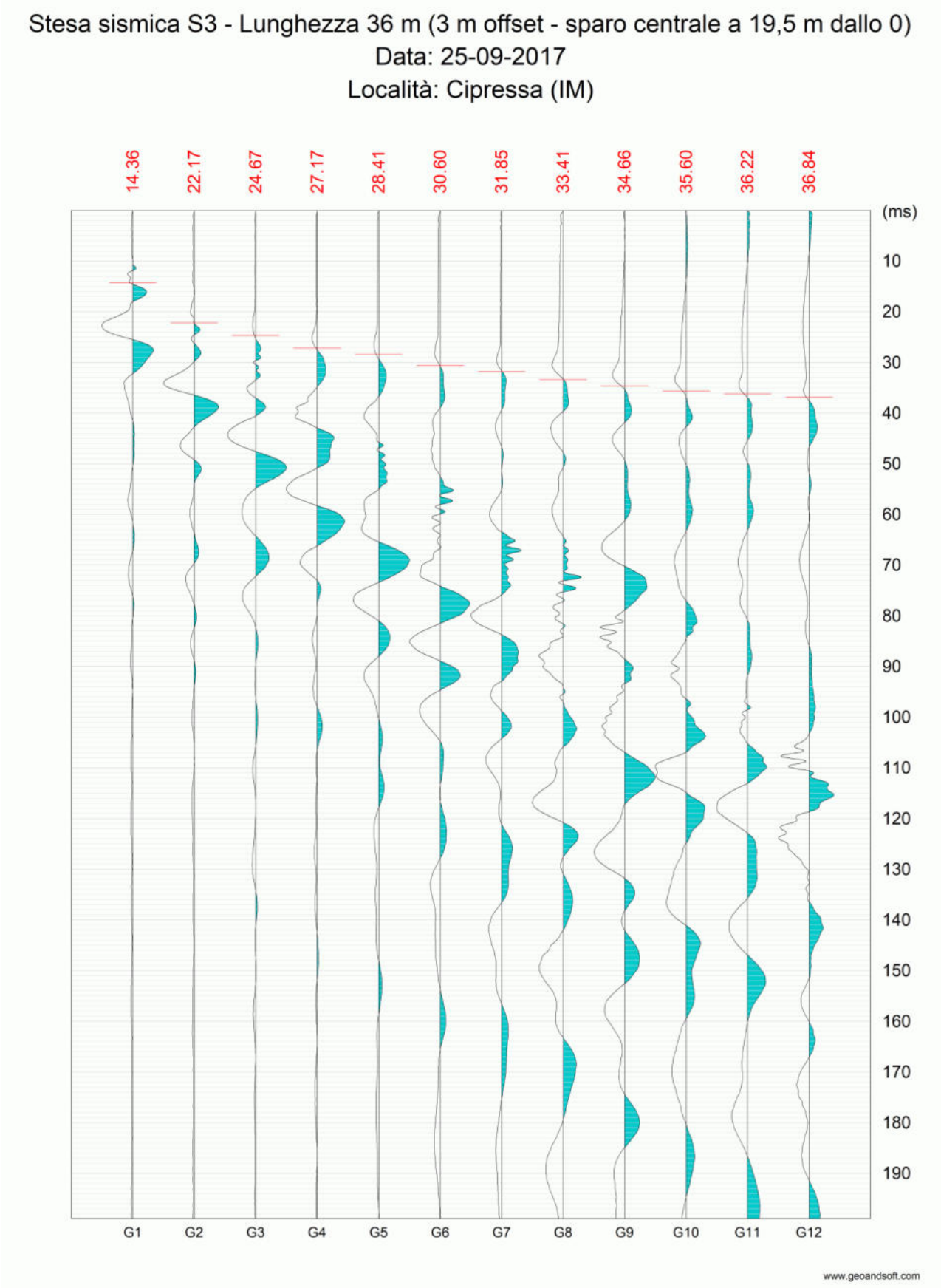
- da -1,50/-1,00 m a – 4,50/-3,50 m dal p.c. - Coltre detritica mediamente addensata, che in profondità sfuma gradualmente nel substrato roccioso fratturato, caratterizzata da una velocità delle onde sismiche longitudinali pari a 0,70 km/s;

- da – 4,50/-3,50 m dal p.c. in poi – Probabile substrato roccioso (rappresentato nella zona dal Flysch di Sanremo), caratterizzato da una velocità delle onde sismiche longitudinali (Vp) pari a 2,00 km/s.

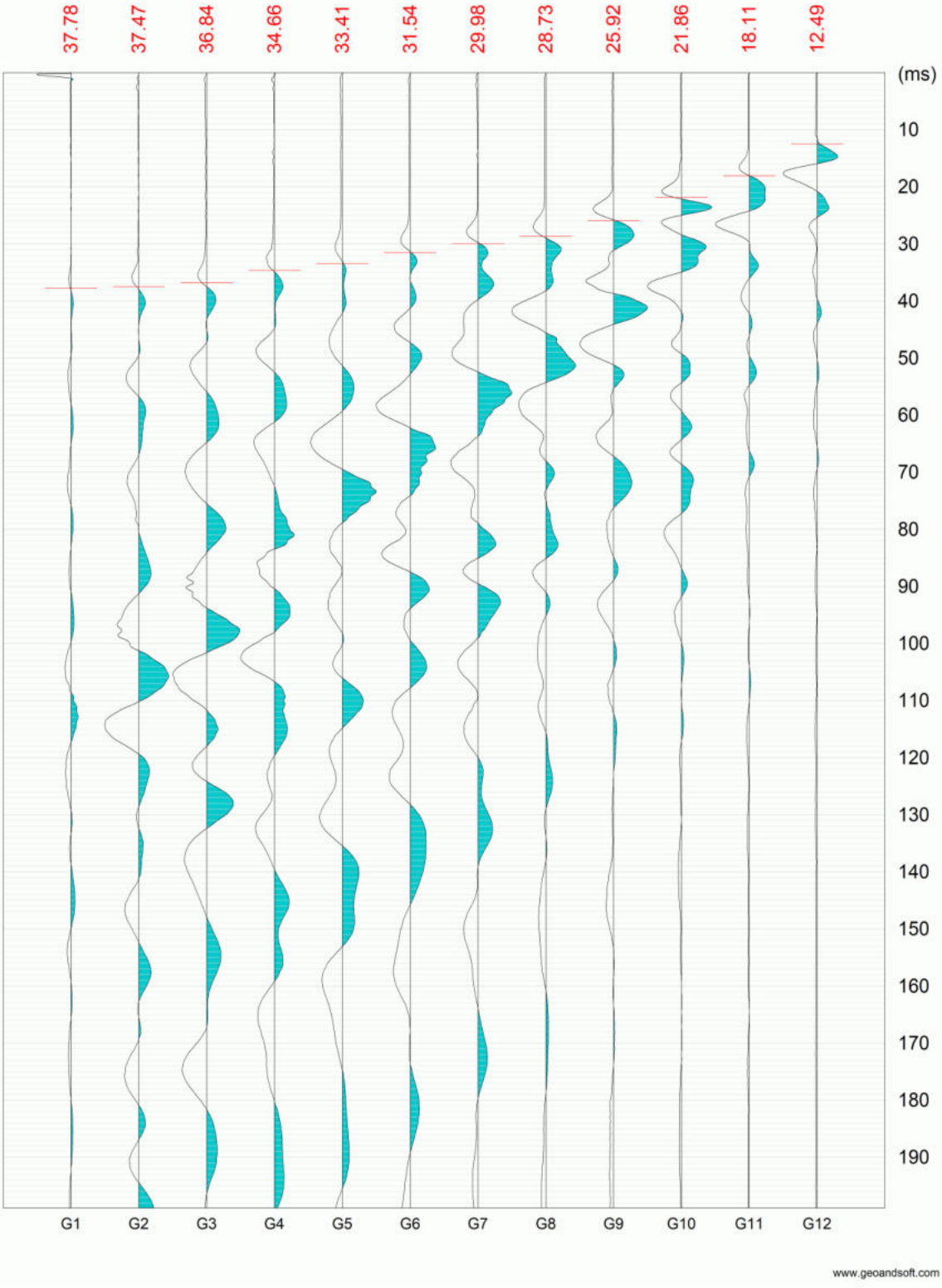


*Esecuzione prospezione sismica a rifrazione e MASW S2*

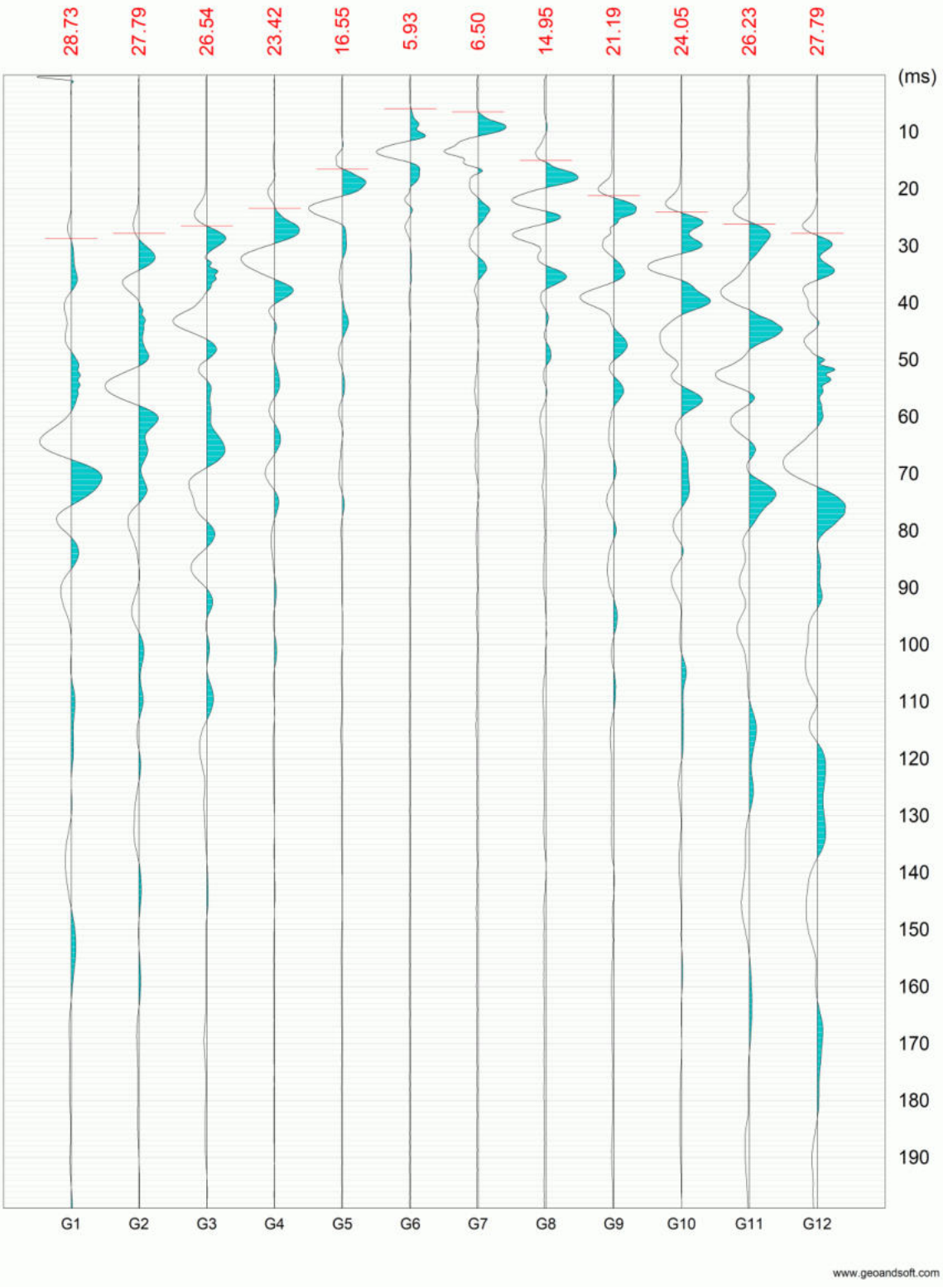
## Prospezione sismica S3:



Stesa sismica S3 - Lunghezza 36 m (3 m offset - sparo centrale a 19,5 m dallo 0)
Data: 25-09-2017
Località: Cipressa (IM)

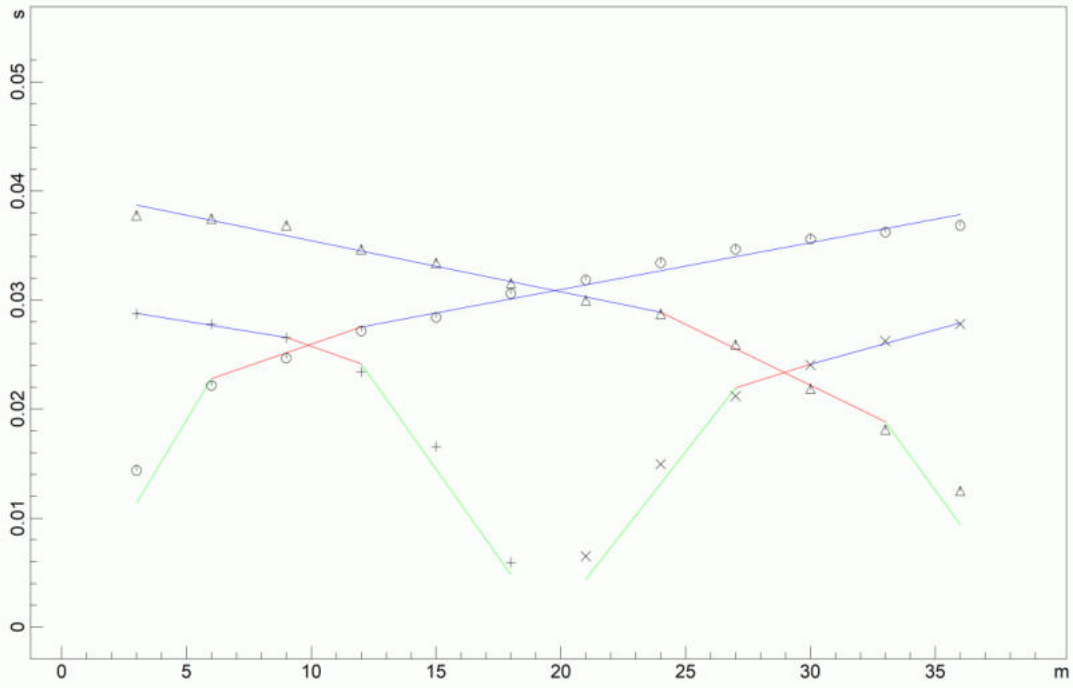


Stesa sismica S3 - Lunghezza 36 m (3 m offset - sparo centrale a 19,5 m dallo 0)
Data: 25-09-2017
Località: Cipressa (IM)

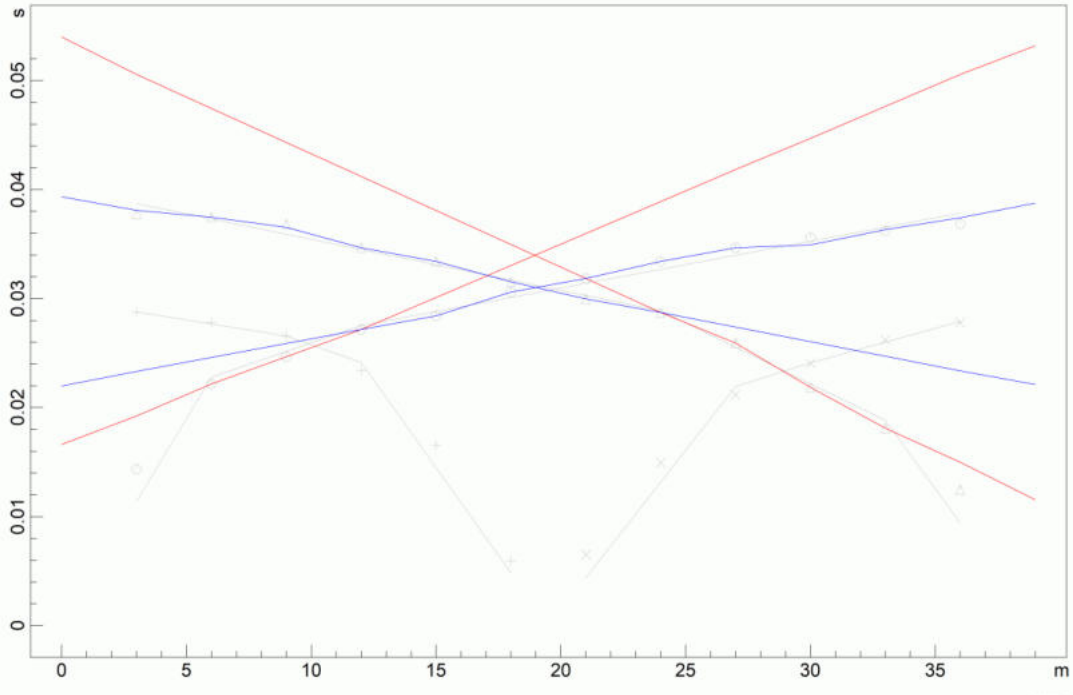


Stesa sismica S3 - Lunghezza 36 m (3 m offset - sparo centrale a 19,5 m dallo 0)
Data: 25-09-2017
Località: Cipressa (IM)

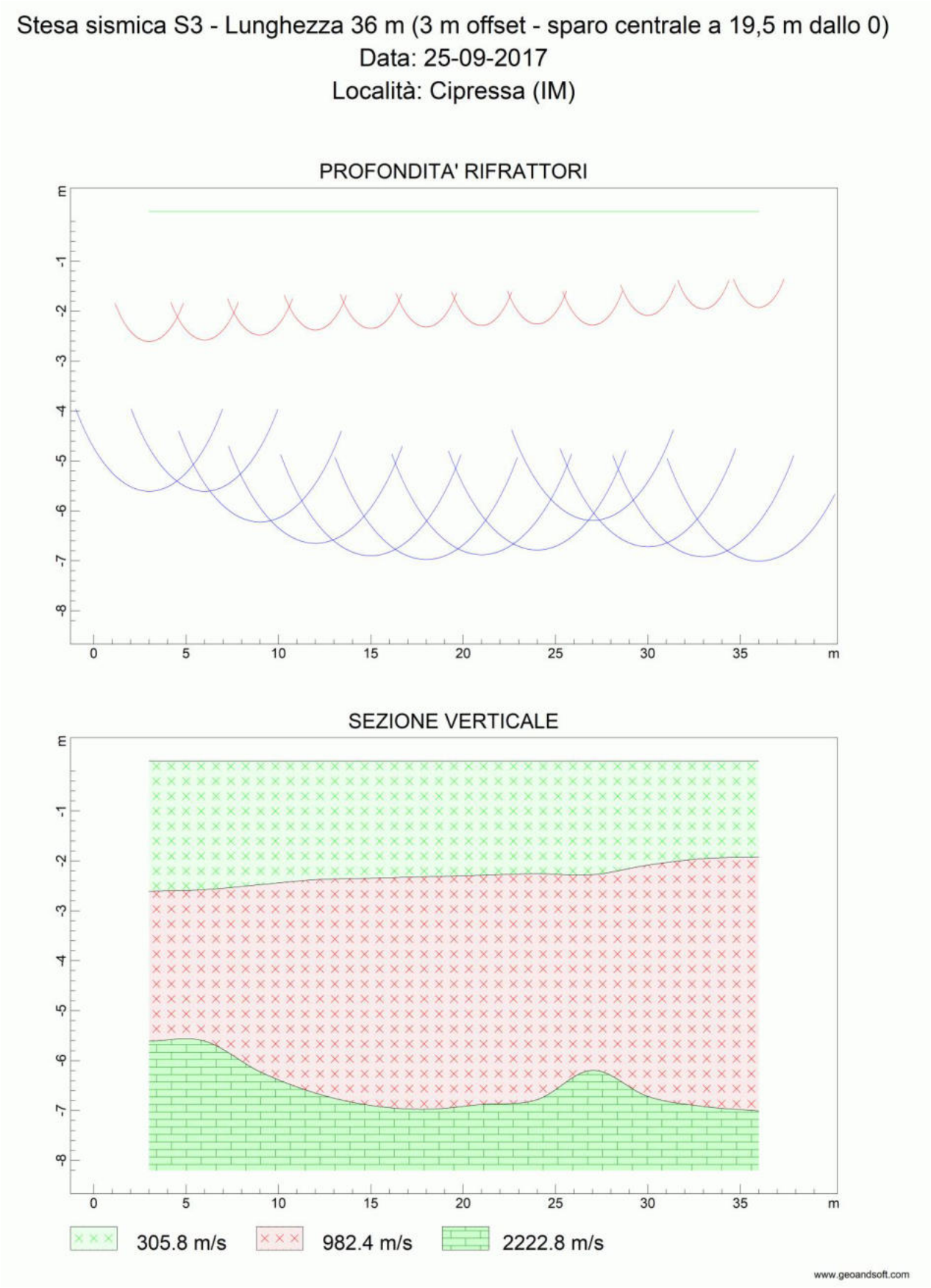
DROMOCRONE ORIGINALI




DROMOCRONE TRASLATE




www.geoandsoft.com




Lo sparo di andata è a sinistra (zona Ovest della stesa) dei grafici sopra riportati e lo sparo di ritorno a destra (zona Est della stesa).

Per cui possono essere definiti i seguenti sismostrati:

- da 0 a -2,50/2,00 m dal piano di campagna rappresentato dal terrazzamento – Livello vegetale, riporti antropici e coltre detritica, caratterizzati da una velocità delle onde sismiche longitudinali (Vp) pari a 0,31 km/s;

- da -2,50/2,00 m a – 6,00/-7,00 m dal p.c. – Probabile coltre detritica mediamente addensata che in profondità sfuma gradualmente nella zona di alterazione del substrato roccioso, caratterizzati da una velocità delle onde sismiche longitudinali pari a 0,98 km/s;

- da – 6,00/-7,00 m dal p.c. in poi – Probabile substrato roccioso (rappresentato nella zona dal Flysch di Sanremo), caratterizzato da una velocità delle onde sismiche longitudinali (Vp) pari a 2,22 km/s.



*Esecuzione prospezione sismica a rifrazione e MASW S3*

## 10.6 Indagini sismiche del tipo MASW (ANNO 2017)

Per una valutazione della velocità delle onde sismiche trasversale (Vs) nei primi 30 metri di profondità (a partire dalla quota 0 m costituita per le stese S1 e S2 dalla quota della strada esistente e per la stesa S3 dalla quota del terrazzamento), sono state eseguite delle prove MASW.

L'apparecchiatura impiegata è quella descritta nel precedente paragrafo, mentre le acquisizioni sono state eseguite in corrispondenza dell'andata e del ritorno delle prospezioni sismiche.

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).

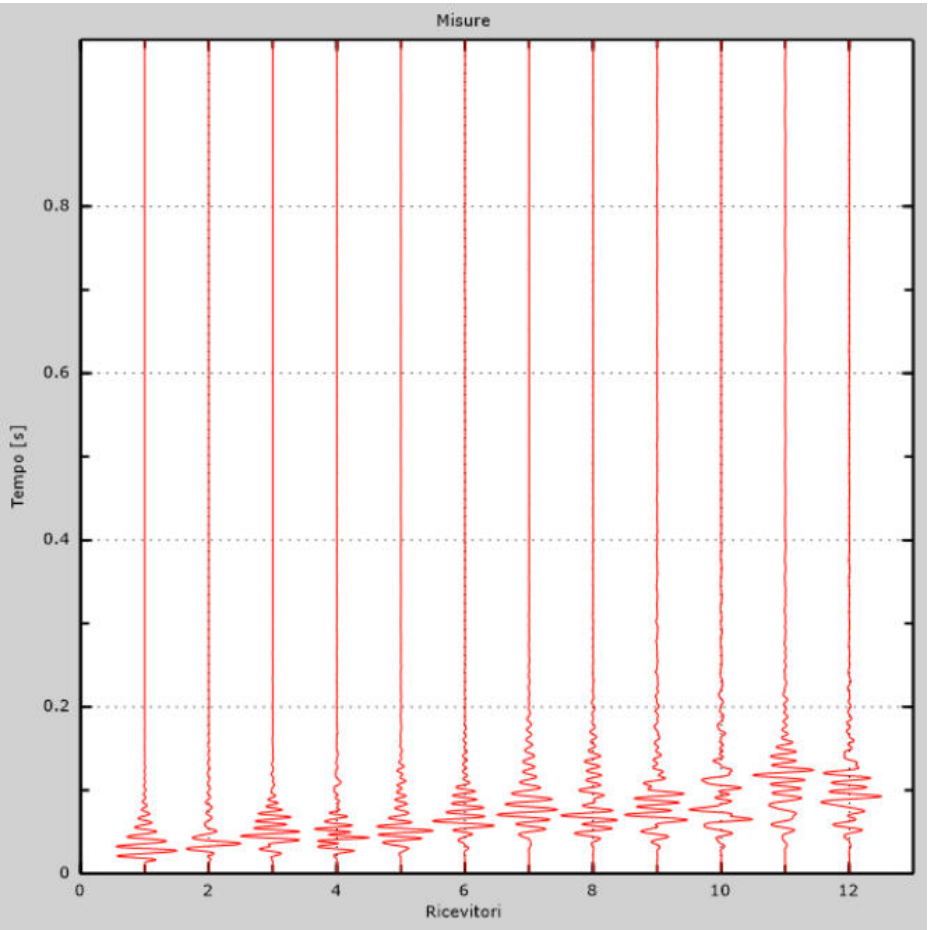
Nel dettaglio sono state eseguite circa dieci acquisizioni MASW (in seguito, in fase di elaborazione è stata effettuata una scelta della registrazione migliore), in corrispondenza di entrambi gli estremi delle stese, energizzando con la mazza per una durata ciascuna pari ad un secondo.

Di seguito sono riportate parti delle elaborazioni del programma MASW:

**Acquisizione di andata stesa sismica S1:**

## 1 - Dati sperimentali

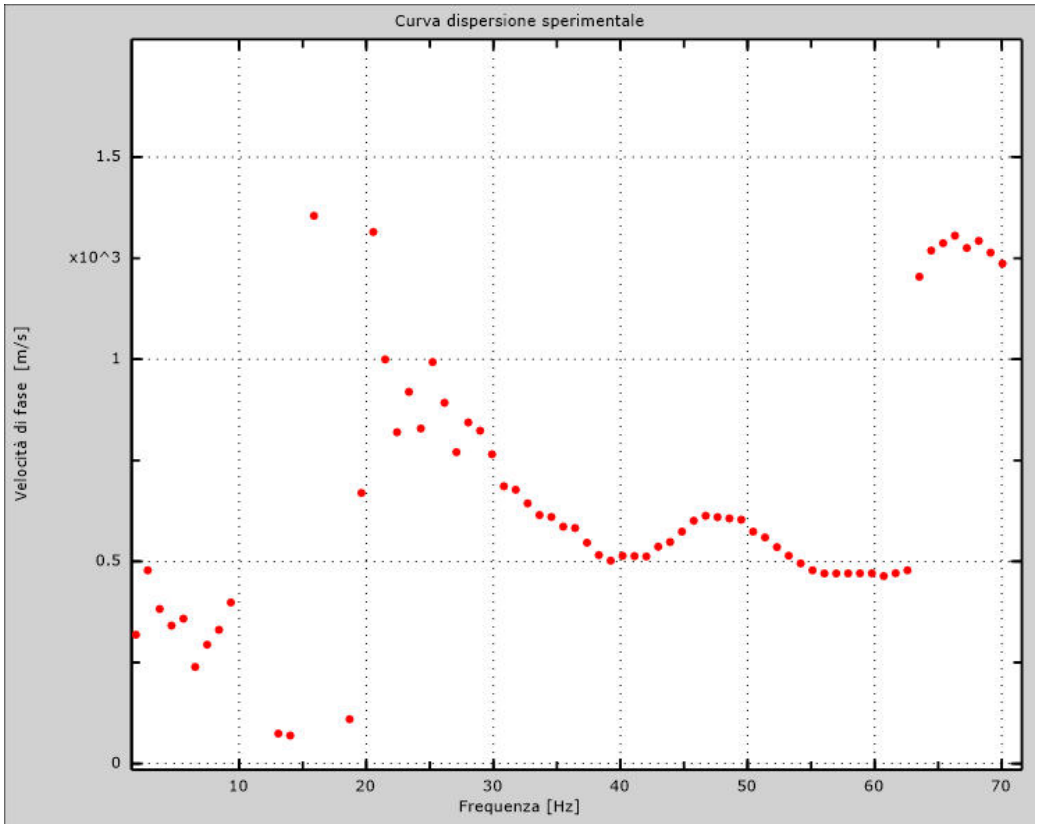
Nome del file delle tracce
Numero di ricevitori 12
Distanza tra i sensori: 2m
Numero di campioni temporali 7651
Passo temporale di acquisizione 0.1307ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 12
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1000ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)




*Tracce sperimentali*

## 2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale 70Hz
Frequenza iniziale 2Hz

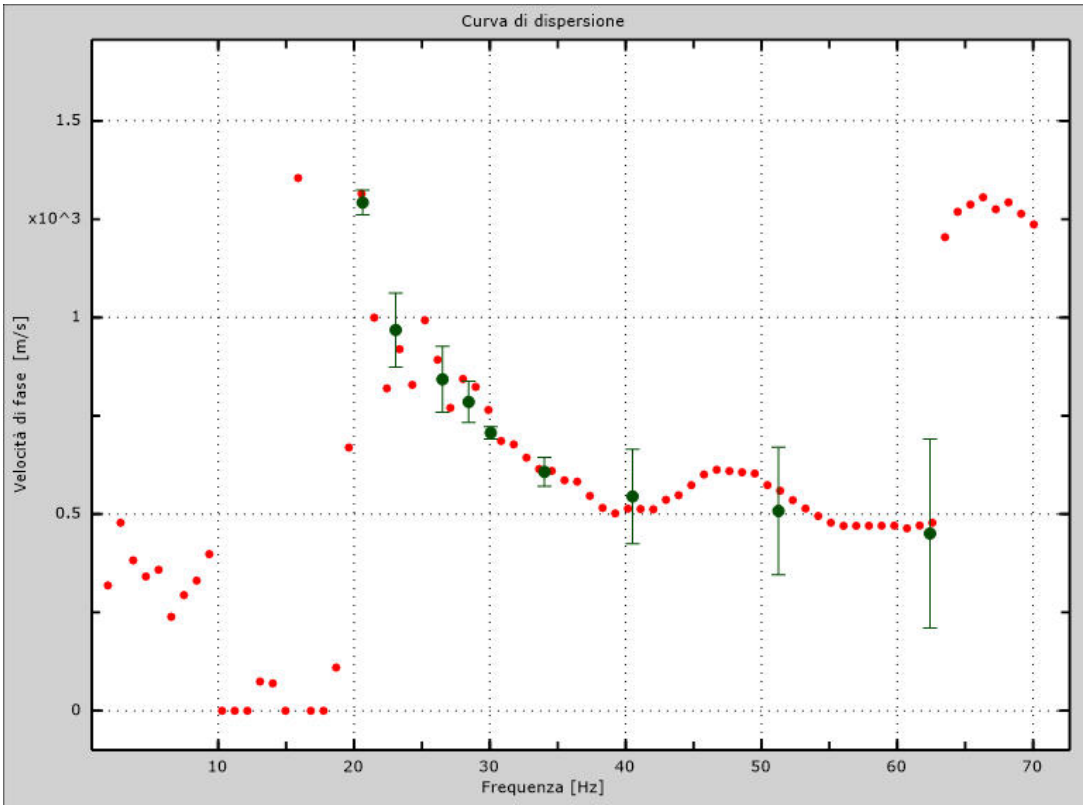



*Curva dispersione sperimentale*

## 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] |
|---|---|---|---|
| 20.6347 | 1292.43 | 1261.06 | 1323.8 |
| 23.068 | 968.251 | 874.135 | 1062.37 |
| 26.5151 | 842.763 | 759.104 | 926.422 |
| 28.4415 | 785.248 | 732.961 | 837.534 |
| 30.0637 | 706.818 | 691.132 | 722.504 |
| 34.0177 | 607.473 | 570.872 | 644.074 |
| 40.5065 | 544.729 | 424.469 | 664.988 |
| 51.2534 | 508.128 | 346.039 | 670.217 |
| 62.406 | 450.613 | 210.094 | 691.132 |




*Curva di dispersione*

**4 - Profilo in sito**

Numero di strati (escluso semispazio) 9
Spaziatura ricevitori [m] 2m
Numero ricevitori 12
Numero modi 10

**Strato 1**
h [m] 3
z [m] -3
Densità [kg/m^3] 1800
Poisson 0.2
Vs [m/s] 300
Vp [m/s] 490
Vs min [m/s] 250
Vs max [m/s] 450
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 300

**Strato 2**
h [m] 0,5

z [m] -3.5
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.35
Vs [m/s] 980
Vp [m/s] 2040
Vs min [m/s] 282
Vs max [m/s] 1470
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 980

**Strato 3**
h [m] 0,5
z [m] -4
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.35
Vs [m/s] 980
Vp [m/s] 2040
Vs min [m/s] 337
Vs max [m/s] 1470
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 980

**Strato 4**
h [m] 4,5
z [m] -8.5
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 962
Vp [m/s] 2057
Vs min [m/s] 393
Vs max [m/s] 1443
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 962

**Strato 5**
h [m] 4
z [m] -12.5
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 936
Vp [m/s] 2001

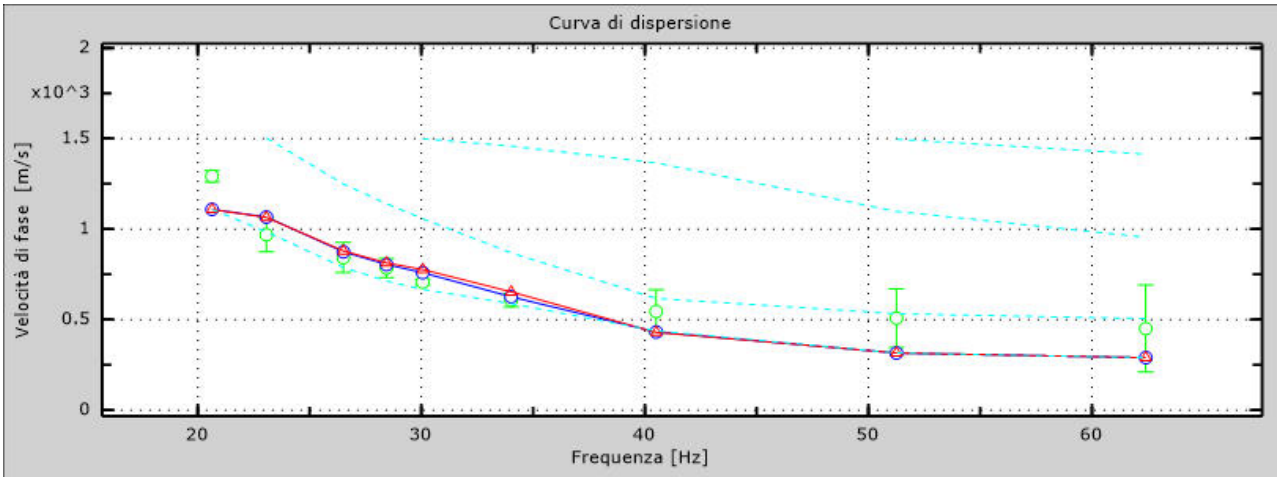
Vs min [m/s] 468
Vs max [m/s] 1873
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 936

**Strato 6**
h [m] 5
z [m] -17.5
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 1300
Vp [m/s] 2780
Vs min [m/s] 538
Vs max [m/s] 1950
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 1300

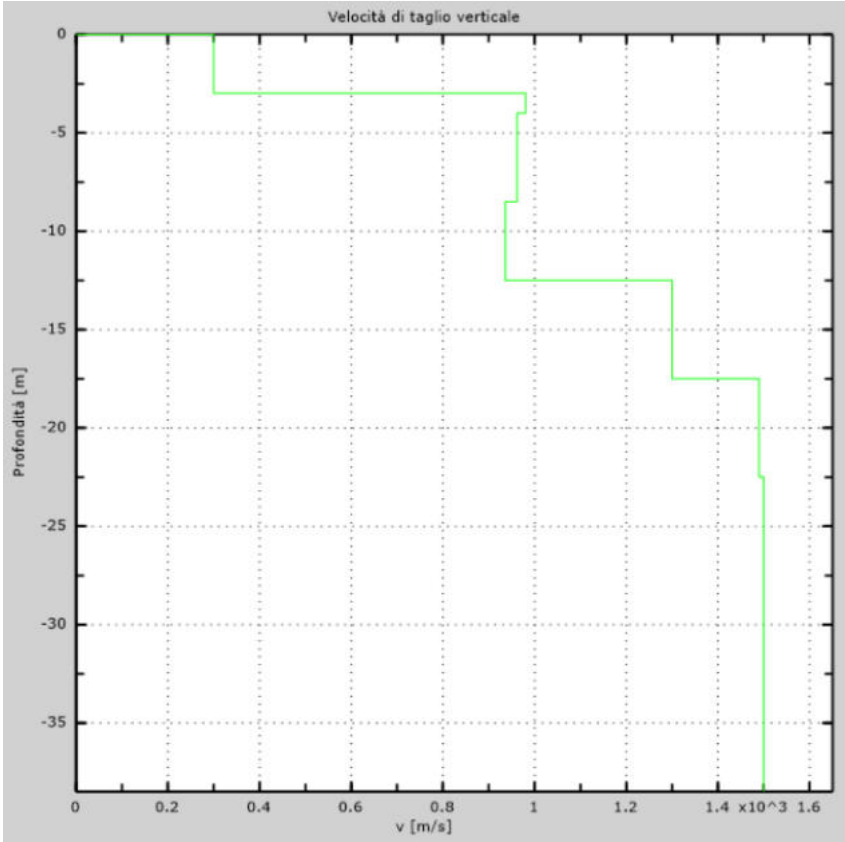
**Strato 7**
h [m] 5
z [m] -22.5
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 1490
Vp [m/s] 3186
Vs min [m/s] 718
Vs max [m/s] 2235
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 1490

**Strato 8**
h [m] 6
z [m] -28.5
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 1500
Vp [m/s] 3207
Vs min [m/s] 718
Vs max [m/s] 2250
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 1500

**Strato 9**
h [m] 0
z [m] -oo
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 1500
Vp [m/s] 3207
Vs min [m/s] 718
Vs max [m/s] 2250
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 1500




*Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)*




*Profilo Vs numerico*

**5 - Risultati finali**

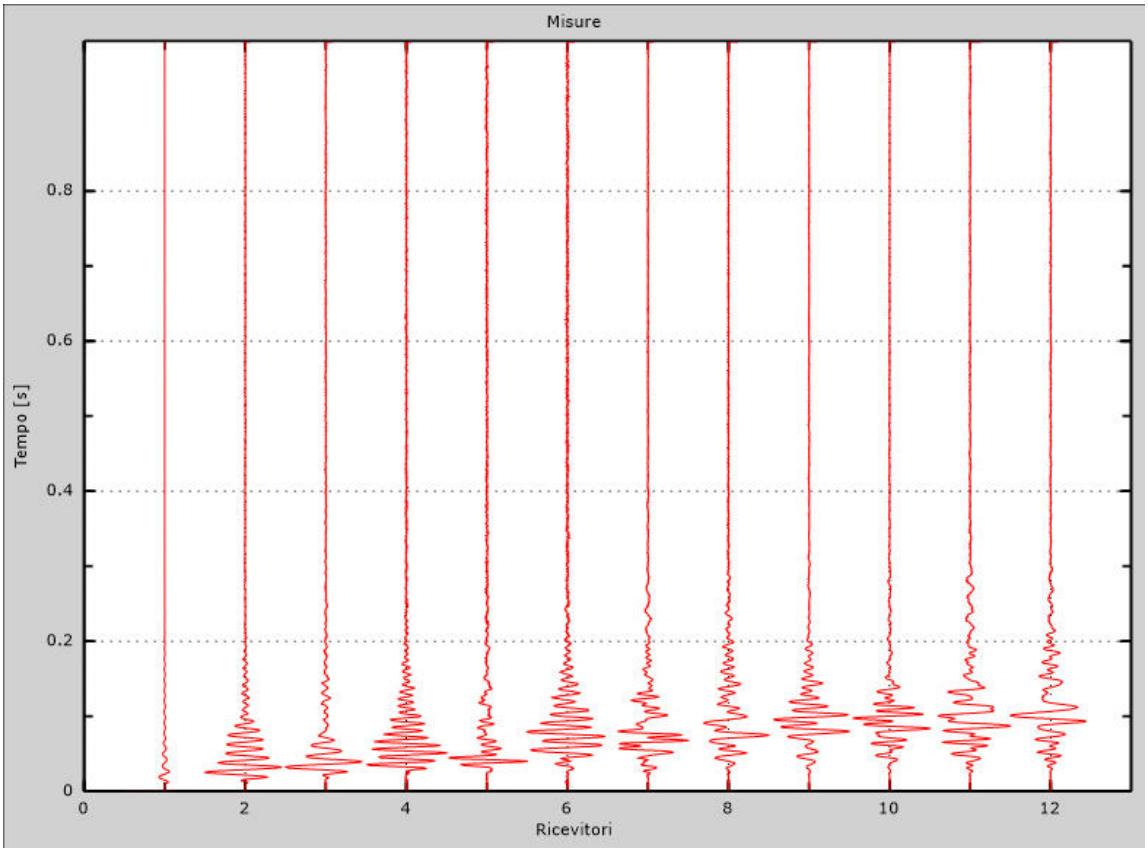
Piano di riferimento z=0 [m] 0
**Vs30 [m/s] 932**

**<u>Acquisizione di andata stesa sismica S2:</u>**

**1 - Dati sperimentali**

Nome del file delle tracce Y:\Andrea Arnaldi Valente\sismica cipressa\s2\masws2\seg2\andata3.sg2

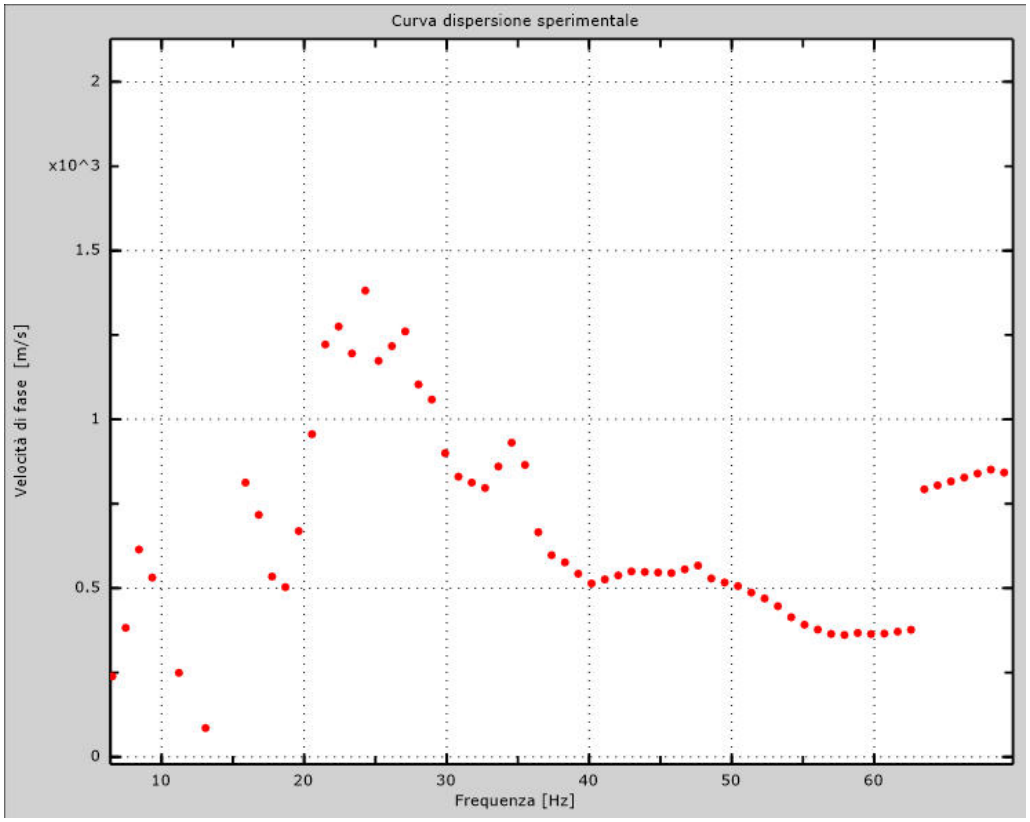
Numero di ricevitori 12
Distanza tra i sensori: 2m
Numero di campioni temporali 7651
Passo temporale di acquisizione 0.1307ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 12
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1000ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)




*Tracce sperimentali*

## 2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale 70Hz
Frequenza iniziale 2Hz

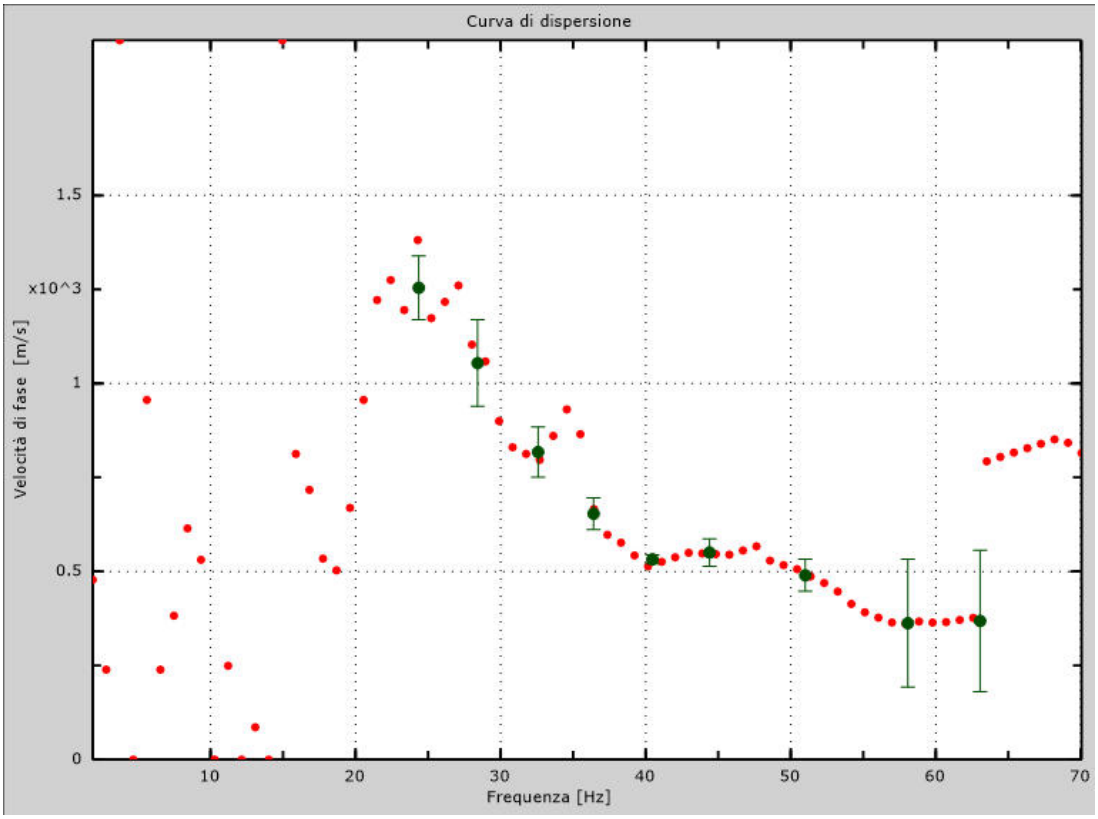



*Curva dispersione sperimentale*

## 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] |
|---|---|---|---|
| 24.3545 | 1254.4 | 1169.46 | 1339.35 |
| 28.4102 | 1054.18 | 938.904 | 1169.46 |
| 32.5817 | 817.558 | 750.817 | 884.298 |
| 36.4056 | 653.741 | 611.269 | 696.212 |
| 40.4612 | 532.395 | 520.26 | 544.529 |
| 44.401 | 550.596 | 514.193 | 587 |
| 51.0059 | 489.923 | 447.452 | 532.395 |
| 58.0744 | 362.51 | 192.626 | 532.395 |
| 63.057 | 368.577 | 180.491 | 556.664 |




*Curva di dispersione*

**4 - Profilo in sito**

Numero di strati (escluso semispazio) 9
Spaziatura ricevitori [m] 2m
Numero ricevitori 12
Numero modi 10

**Strato 1**
h [m] 1,5
z [m] -1.5
Densità [kg/m^3] 1800
Poisson 0.2
Vs [m/s] 276
Vp [m/s] 451
Vs min [m/s] 123
Vs max [m/s] 414
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 276

**Strato 2**
h [m] 3
z [m] -4.5
Densità [kg/m^3] 2200
Poisson 0.30
Vs [m/s] 372
Vp [m/s] 696
Vs min [m/s] 272
Vs max [m/s] 558
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 372

**Strato 3**
h [m] 0,5
z [m] -5
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.35
Vs [m/s] 961
Vp [m/s] 2000
Vs min [m/s] 363
Vs max [m/s] 1442
Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 961

**Strato 4**
h [m] 0,5
z [m] -5.5
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 935
Vp [m/s] 1999
Vs min [m/s] 454
Vs max [m/s] 1403
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 935

**Strato 5**
h [m] 4,5
z [m] -10
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 938
Vp [m/s] 2006
Vs min [m/s] 586
Vs max [m/s] 1407
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 938

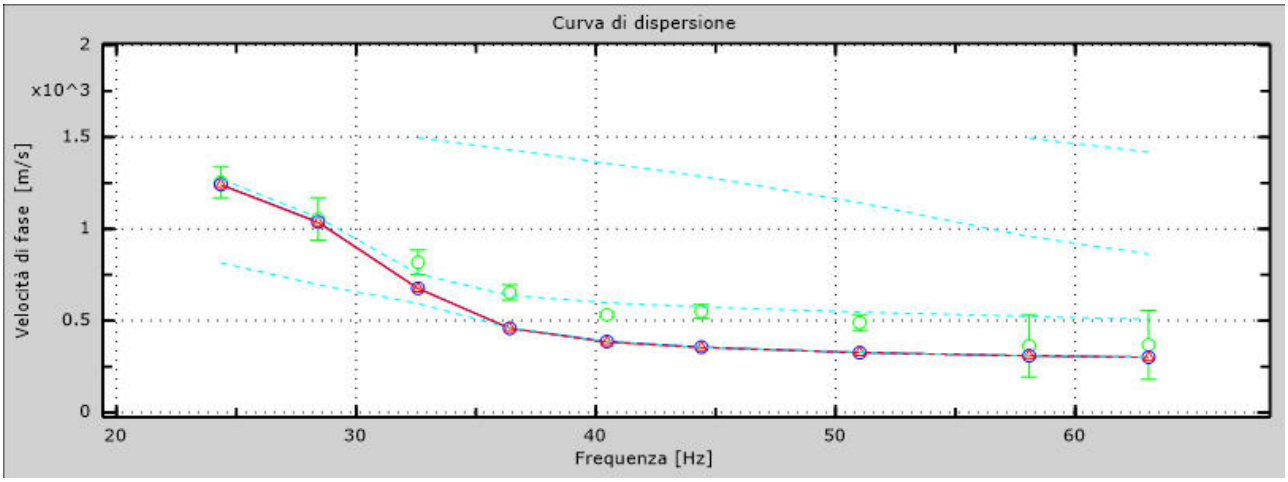
**Strato 6**
h [m] 5
z [m] -15
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 1394
Vp [m/s] 2980
Vs min [m/s] 697
Vs max [m/s] 2788
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 1394

**Strato 7**
h [m] 5

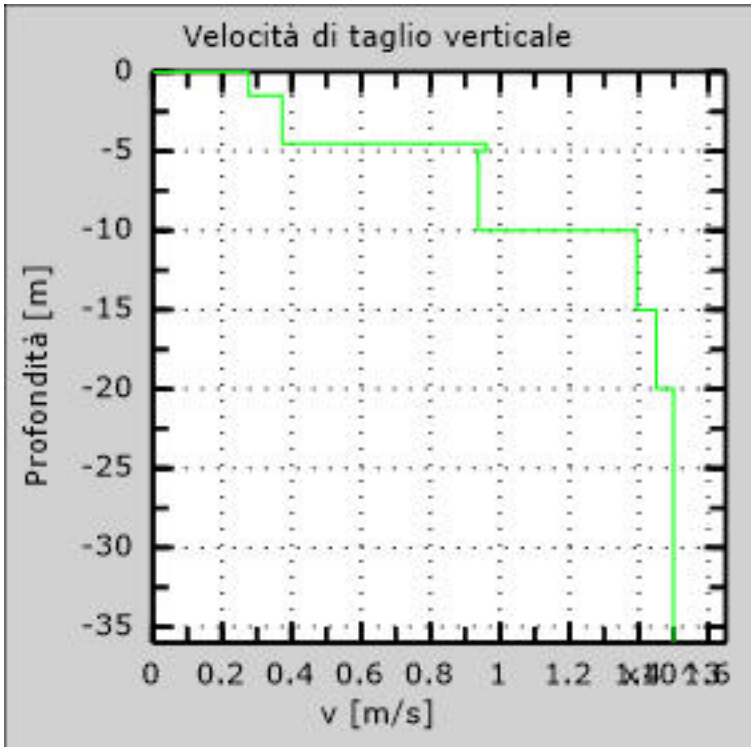
z [m] -20
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 1450
Vp [m/s] 3100
Vs min [m/s] 697
Vs max [m/s] 2175
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 1450

**Strato 8**
h [m] 6
z [m] -26
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 1500
Vp [m/s] 3207
Vs min [m/s] 697
Vs max [m/s] 2250
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 1500

**Strato 9**
h [m] 0
z [m] -oo
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 1500
Vp [m/s] 3207
Vs min [m/s] 697
Vs max [m/s] 2250
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 1500




*Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)*




*Profilo Vs numerico*

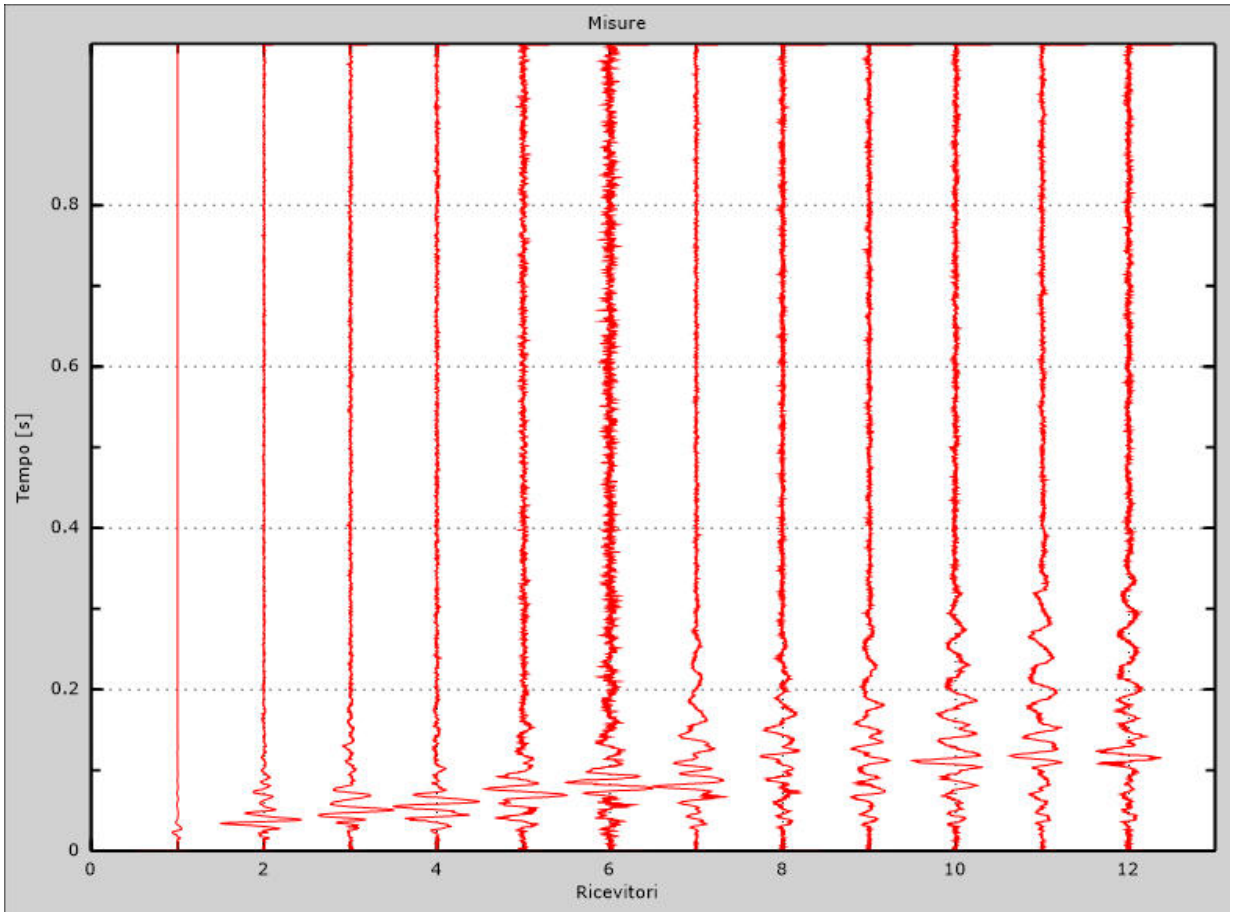
## 5 - Risultati finali

Piano di riferimento z=0 [m] 0
**Vs30 [m/s] 907**

**Acquisizione di andata stesa sismica S3:**

## 1 - Dati sperimentali

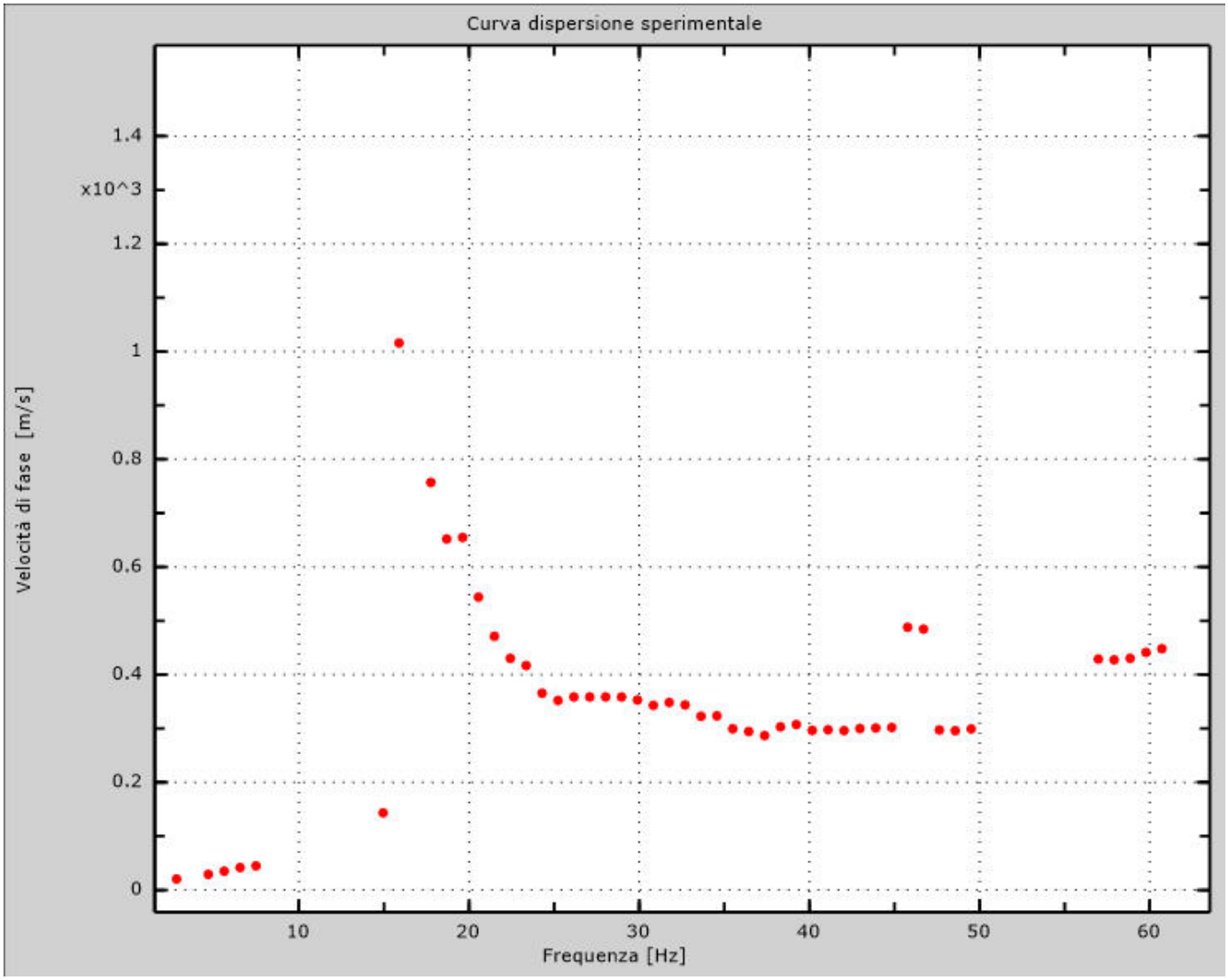
Nome del file delle tracce Y:\Andrea Arnaldi Valente\sismica cipressa\s3\masws3\seg2\andata4.sg2
Numero di ricevitori 12
Distanza tra i sensori: 3m
Numero di campioni temporali 7651
Passo temporale di acquisizione 0.1307ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 12
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1000ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)




*Tracce sperimentali*

## 2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale 70Hz
Frequenza iniziale 2Hz

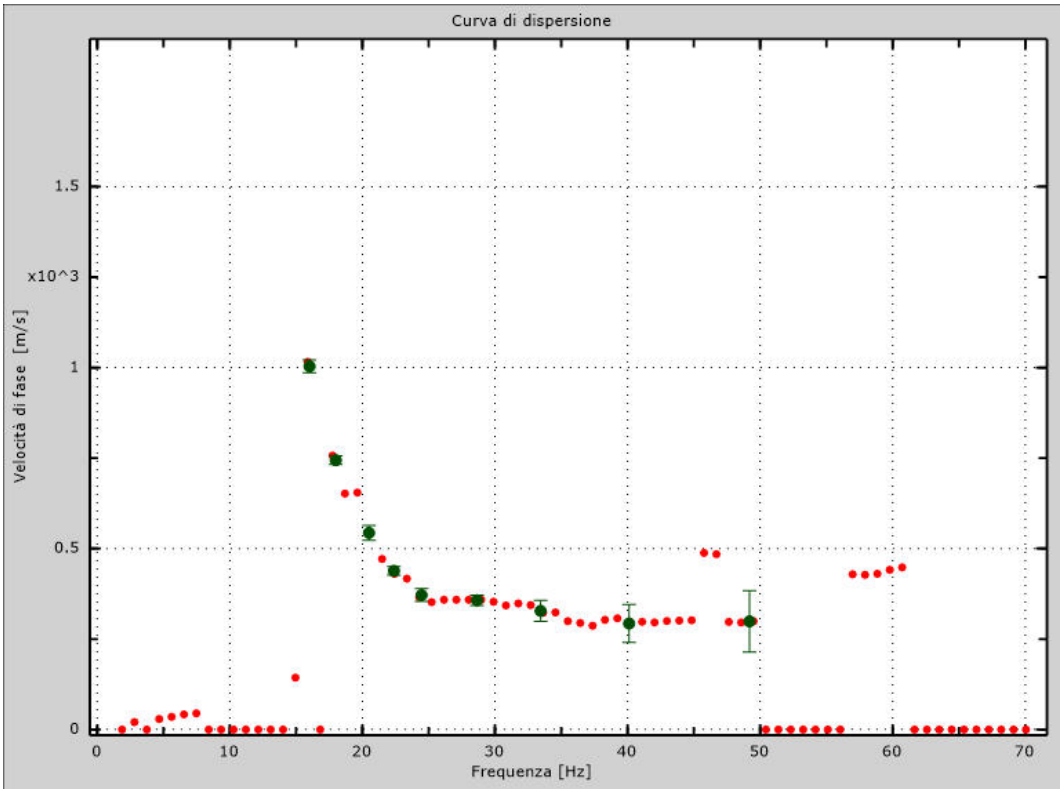



*Curva dispersione sperimentale*

## 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]** |
|---|---|---|---|
| 16.012 | 1003.46 | 985.987 | 1020.93 |
| 17.9947 | 744.294 | 732.646 | 755.942 |
| 20.4992 | 543.369 | 522.985 | 563.753 |
| 22.3776 | 438.539 | 426.891 | 450.187 |
| 24.4647 | 371.564 | 354.092 | 389.035 |
| 28.6389 | 357.004 | 342.444 | 371.564 |
| 33.4392 | 327.884 | 298.765 | 357.004 |
| 40.1179 | 292.941 | 240.526 | 345.356 |
| 49.1967 | 298.765 | 214.318 | 383.212 |




*Curva di dispersione*

**4 - Profilo in sito**

Numero di strati (escluso semispazio) 9
Spaziatura ricevitori [m] 3m
Numero ricevitori 12
Numero modi 1

**Strato 1**
h [m] 2.5
z [m] -2.5
Densità [kg/m^3] 1800
Poisson 0.2
Vs [m/s] 211
Vp [m/s] 345
Vs min [m/s] 166
Vs max [m/s] 317
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 211

**Strato 2**
h [m] 3

z [m] -5.5
Densità [kg/m^3] 1800
Poisson 0.35
Vs [m/s] 472
Vp [m/s] 983
Vs min [m/s] 182
Vs max [m/s] 708
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 472

**Strato 3**
h [m] 0.5
z [m] -6
Densità [kg/m^3] 2200
Poisson 0.36
Vs [m/s] 468
Vp [m/s] 1001
Vs min [m/s] 206
Vs max [m/s] 702
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 468

**Strato 4**
h [m] 0.5
z [m] -6.5
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 604
Vp [m/s] 1291
Vs min [m/s] 302
Vs max [m/s] 1207
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 604

**Strato 5**
h [m] 4.5
z [m] -11
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 1039
Vp [m/s] 2221

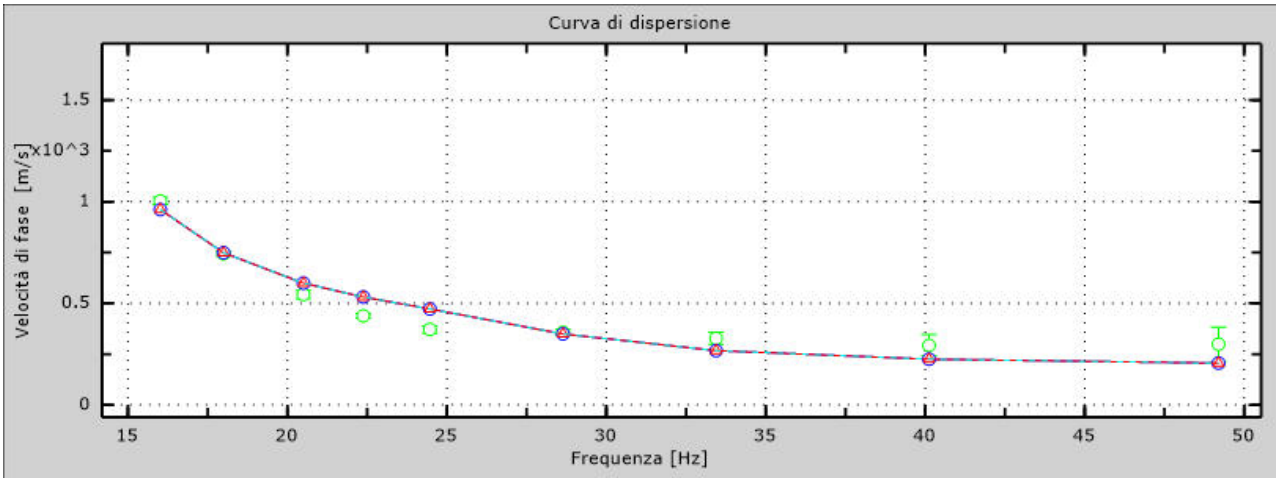
Vs min [m/s] 413
Vs max [m/s] 1559
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 1039

**Strato 6**
h [m] 5
z [m] -16
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 1350
Vp [m/s] 2886
Vs min [m/s] 413
Vs max [m/s] 2025
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 1350

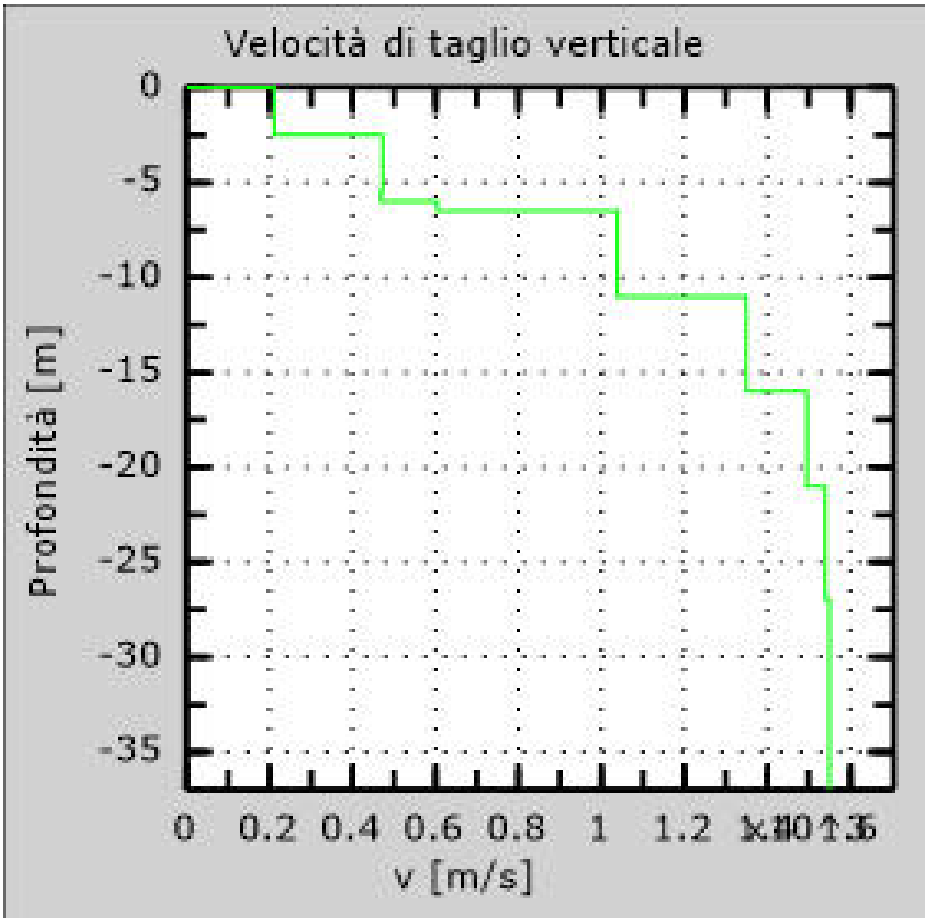
**Strato 7**
h [m] 5
z [m] -21
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 1495
Vp [m/s] 3196
Vs min [m/s] 557
Vs max [m/s] 2243
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 1495

**Strato 8**
h [m] 6
z [m] -27
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 1540
Vp [m/s] 3293
Vs min [m/s] 557
Vs max [m/s] 2310
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 1540

**Strato 9**
h [m] 0
z [m] -oo
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 1550
Vp [m/s] 3314
Vs min [m/s] 557
Vs max [m/s] 2325
Falda non presente nello strato
Strato non alluvionale
Vs fin.[m/s] 1550




*Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)*




*Profilo Vs numerico*

**5 - Risultati finali**

Piano di riferimento z=0 [m] 0
**Vs30 [m/s] 804**

Si sottolinea che l'elaborazione dei dati è stata realizzata nel 2017 ai sensi dell'allora vigente D.M. del 14/01/2008, ormai abrogato e sostituito dall'attuale D.M. del 17/01/2018.

## 10.7 Indagini sismiche passiva a stazione singola del tipo HVSR (ANNO 2017)

### *10.7.1 Premessa*

Il metodo HVSR, come tutti gli altri metodi geofisici, ha bisogno di essere interpretato dall'utente sulla base delle conoscenze geologiche dell'area. Il metodo HVSR 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, partendo dalle registrazioni delle vibrazioni misurate sui tre assi dal tromografo digitale.

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 del terreno investigato (nel nostro caso, grazie al rilevamento geologico di superficie che ha permesso di individuare la presenza di affioramenti del substrato roccioso, ai sondaggi geognostici a carotaggio continuo, alle prospezioni sismiche a rifrazione ed alle acquisizioni Masw eseguiti). 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 (grazie alla "taratura sopra indicata"). Esistono però casi con anomalie stratigrafiche, rumori più modi di vibrazione, rumori ambientali, imprecisioni del metodo di calcolo che possono far ottenere risultati completamente errati. Nel caso delle acquisizioni di seguito riportate tali problematiche sono in parte superate, come già illustrato, grazie all'esecuzione di quanto sopra riportato.

La strumentazione e il software utilizzati in questo caso sono costituiti da:

- scheda madre Theremino master, con uscita USB (Strumento 1, 2 e 3);
- Adc 24 bit (Strumento 1);
- geoamplificatori (uno per ogni canale – Strumento 2 e Strumento 3)
- n. 2 geofoni orizzontali da 4,5 hz (Strumento 1, 2 e 3);
- n. 1 geofono verticale da 4,5 hz (Strumento 1, 2 e 3);
- Frequenza di campionamento 125, 150, 200, 250, 333, 500 Hz (Strumento 1, 2 e 3);
- Durata acquisizione 10, 20, 30 minuti (Strumento 1, 2 e 3);
- Registrazione dei dati acquisiti in formato *.SAF (Strumento 1, 2 e 3);
- pc Windows compatibile con software Theremino-Dolfrang (per visionare e acquisire i dati in tempo reale - Strumento 1, 2 e 3);
- 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.

Lo Strumento 1 è a 24 bit, mentre gli Strumenti 2 e 3 sono a 16 bit.




*Ubicazioni acquisizioni HVSR*




*Ubicazioni acquisizioni HVSR*




*Ubicazioni acquisizioni HVSR*



*Acquisizione n. 1 con tromografo digitale – Strumento 2*



*Acquisizione n. 2 con tromografo digitale – Strumento 1*



*Acquisizione n. 3 con tromografo digitale – Strumento 3*



*Acquisizione n. 4 – Strumento 1*



*Acquisizione n. 5 – Strumento 1*



*Acquisizione n. 6 – Strumento 3*



*Acquisizione n. 7 – Strumento 1*



*Acquisizione n. 8 – Strumento 3*



*Acquisizione n. 9 – Strumento 3*



*Acquisizione n. 10 – Strumento 2*



*Acquisizione n. 11 – Strumento 1*



*Acquisizione n. 12 – Strumento 1*

La durata delle registrazioni è stata pari a 30 minuti, il segnale è stato elaborato con il software Geopsy per definire la frequenza propria del terreno (vedere figure sottoriportate).

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).

## *10.7.2 Correlazione Vs - Hz per 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 cosi calcolati sono puramente indicativi ed utili per valutare la 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 riguarda:

- l'acquisizione n. 1, tenendo conto dei picchi a circa 14 e 17 Hz, si può stimare uno spessore di materiale di riporto e di coltre detritica debolmente addensata, al di sotto della strumentazione usata, pari a circa 3-4 m; oltre tale profondità, come rilevato anche a seguito dell'esecuzione della stesa sismica S3 e del terzo sondaggio geognostico è presente un livello costituito da una coltre detritica addensata che sfuma in profondità progressivamente nel substrato roccioso alterato e fratturato rappresentato dal Flysch di Sanremo;
- l'acquisizione n. 2, tenendo conto dei picchi a circa 13 e 16 Hz e della stratigrafia del sito, si può stimare uno spessore di materiale di riporto e di coltre detritica debolmente addensata, al di sotto della strumentazione usata, pari a circa 3-4 m; oltre tale profondità, come rilevato anche a seguito dell'esecuzione della stesa sismica S3 e del terzo sondaggio geognostico è presente un livello costituito da una coltre detritica addensata che sfuma in profondità progressivamente nel substrato roccioso alterato e fratturato rappresentato dal Flysch di Sanremo;
- l'acquisizione n. 3, tenendo conto del picco a circa 14 Hz e della stratigrafia del sito, si può stimare uno spessore di materiale di riporto e di coltre detritica debolmente addensata, al di sotto della strumentazione usata, pari a circa 3-4 m; oltre tale profondità, come rilevato anche a seguito dell'esecuzione della stesa sismica S3 e del terzo sondaggio geognostico è presente un livello costituito da una coltre detritica addensata che sfuma in profondità progressivamente nel substrato roccioso alterato e fratturato rappresentato dal Flysch di Sanremo;
- l'acquisizione n. 4, tenendo conto del picco a circa 14 Hz e della stratigrafia del sito, si può stimare uno spessore di materiale di riporto, al di sotto della strumentazione usata (e al di sopra del substrato roccioso fratturato rappresentato dal Flysch di Sanremo), pari a circa 3,9 m;

- l'acquisizione n. 5, tenendo conto del picco a circa 14 Hz e della stratigrafia del sito, si può stimare uno spessore di materiale di riporto, al di sotto della strumentazione usata (e al di sopra del substrato roccioso fratturato rappresentato dal Flysch di Sanremo), pari a circa 3,9 m;
- l'acquisizione n. 6, tenendo conto del picco a circa 13 Hz e della stratigrafia del sito, si può stimare uno spessore di materiale di riporto, al di sotto della strumentazione usata (e al di sopra del substrato roccioso fratturato rappresentato dal Flysch di Sanremo), pari a circa 4,2 m;
- l'acquisizione n. 7, tenendo conto del picco a circa 45 Hz e della stratigrafia del sito, si può stimare uno spessore di materiale di riporto, al di sotto della strumentazione usata (e al di sopra del substrato roccioso fratturato rappresentato dal Flysch di Sanremo), pari a circa 1,00 m, il picco a 18 Hz indica probabilmente il passaggio al substrato roccioso più sano;
- l'acquisizione n. 8, tenendo conto del picco a circa 80 Hz e della stratigrafia del sito, si può stimare uno spessore di materiale di riporto, al di sotto della strumentazione usata (e al di sopra del substrato roccioso fratturato rappresentato dal Flysch di Sanremo), pari a circa 0,60 m, il picco a 25 Hz indica probabilmente il passaggio al substrato roccioso più sano;
- l'acquisizione n. 9, tenendo conto del picco a circa 80 Hz e della stratigrafia del sito, si può stimare uno spessore di materiale di riporto, al di sotto della strumentazione usata (e al di sopra del substrato roccioso fratturato rappresentato dal Flysch di Sanremo), pari a circa 0,60 m, il picco a 25 Hz indica probabilmente il passaggio al substrato roccioso più sano;
- l'acquisizione n. 10, tenendo conto del picco a circa 82 Hz e della stratigrafia del sito, si può stimare uno spessore di materiale di riporto, al di sotto della strumentazione usata (e al di sopra del substrato roccioso fratturato rappresentato dal Flysch di Sanremo), pari a circa 0,60 m, il picco a 18 Hz indica probabilmente il passaggio al substrato roccioso più sano;
- l'acquisizione n. 11, tenendo conto del picco a circa 78 Hz e della stratigrafia del sito, si può stimare uno spessore di materiale di riporto, al di sotto della strumentazione usata (e al di sopra del substrato roccioso fratturato rappresentato dal Flysch di Sanremo), pari a circa 0,60 m. I picchi a 15 e a 22 Hz indicano probabilmente il passaggio al substrato roccioso più sano;
- l'acquisizione n. 12, tenendo conto dei picchi a 60 e 85 Hz e della stratigrafia del sito, si può stimare uno spessore di materiale di riporto, al di sotto della strumentazione usata (e al di sopra del substrato roccioso fratturato rappresentato dal Flysch di Sanremo), pari a circa 0,60-0,80 m.

**Tabella 1**

| | 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).

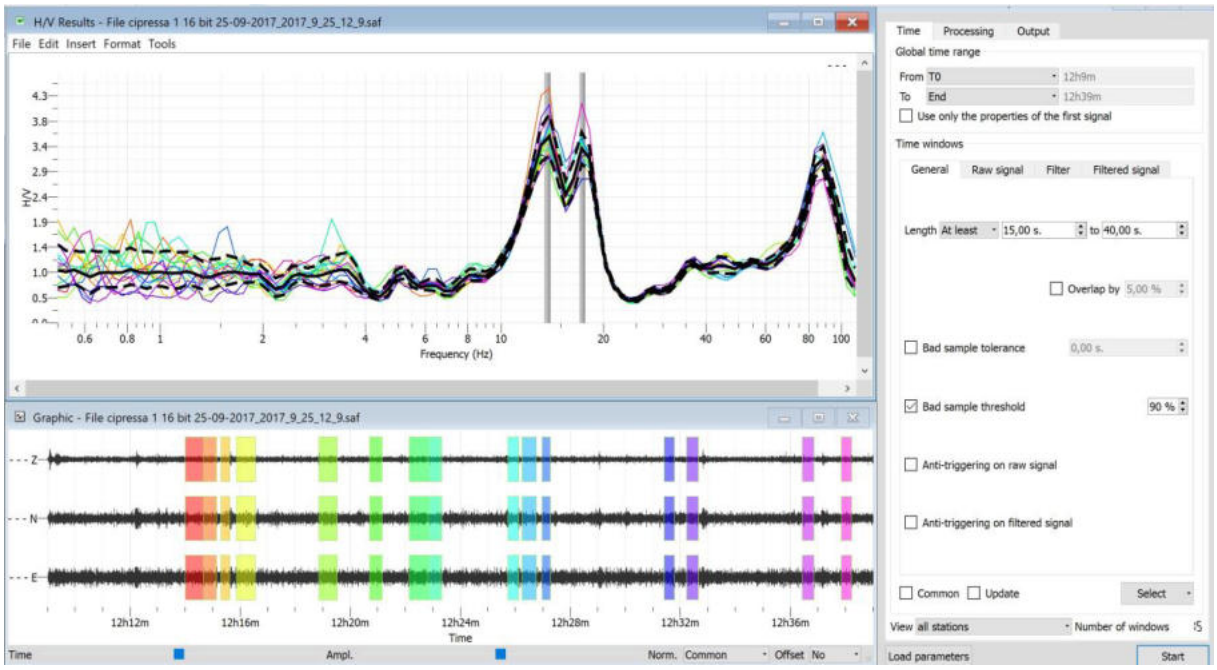



*Grafico HVSR della registrazione n. 1*

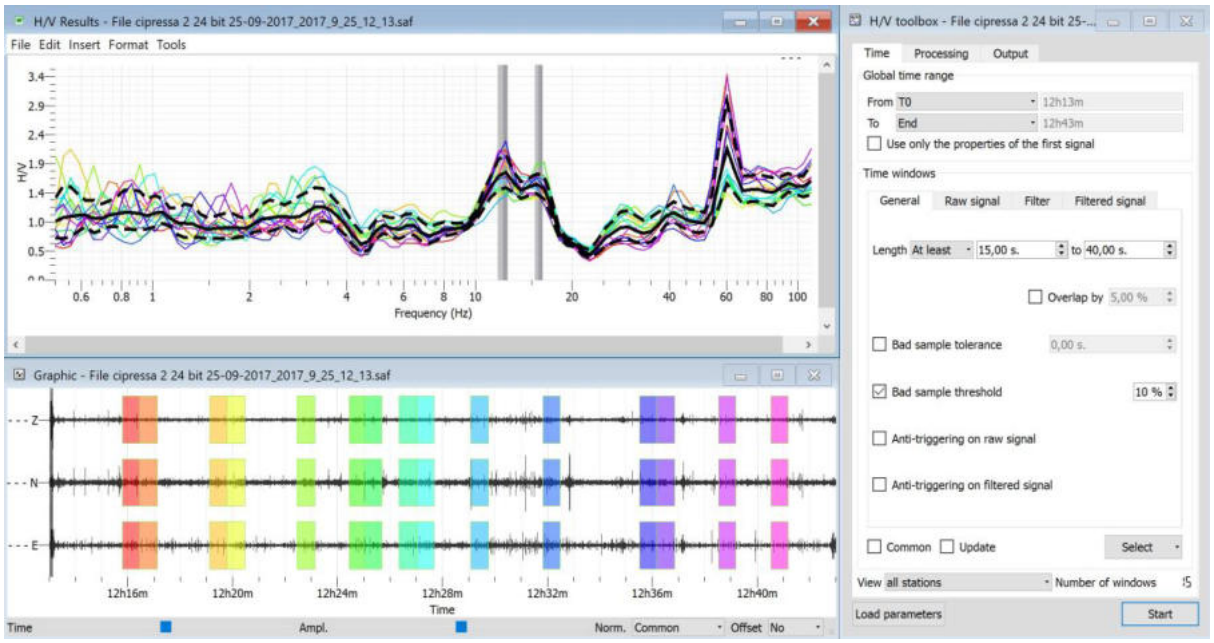



*Grafico HVSR della registrazione n. 2*

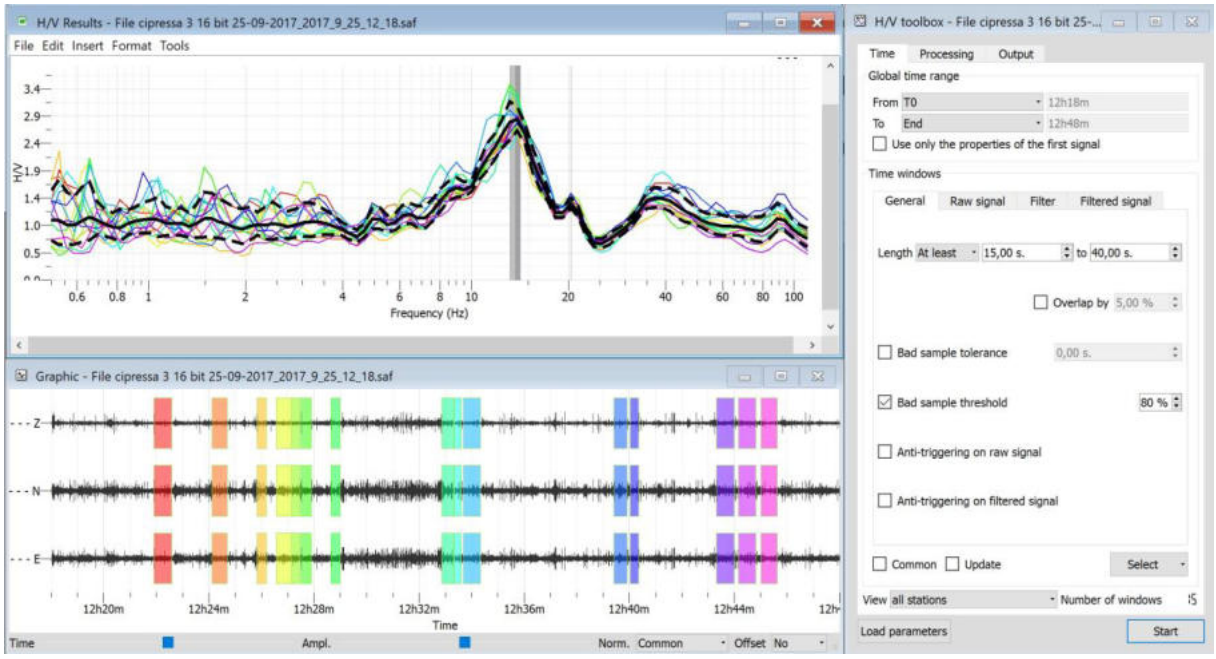



*Grafico HVSR della registrazione n. 3*

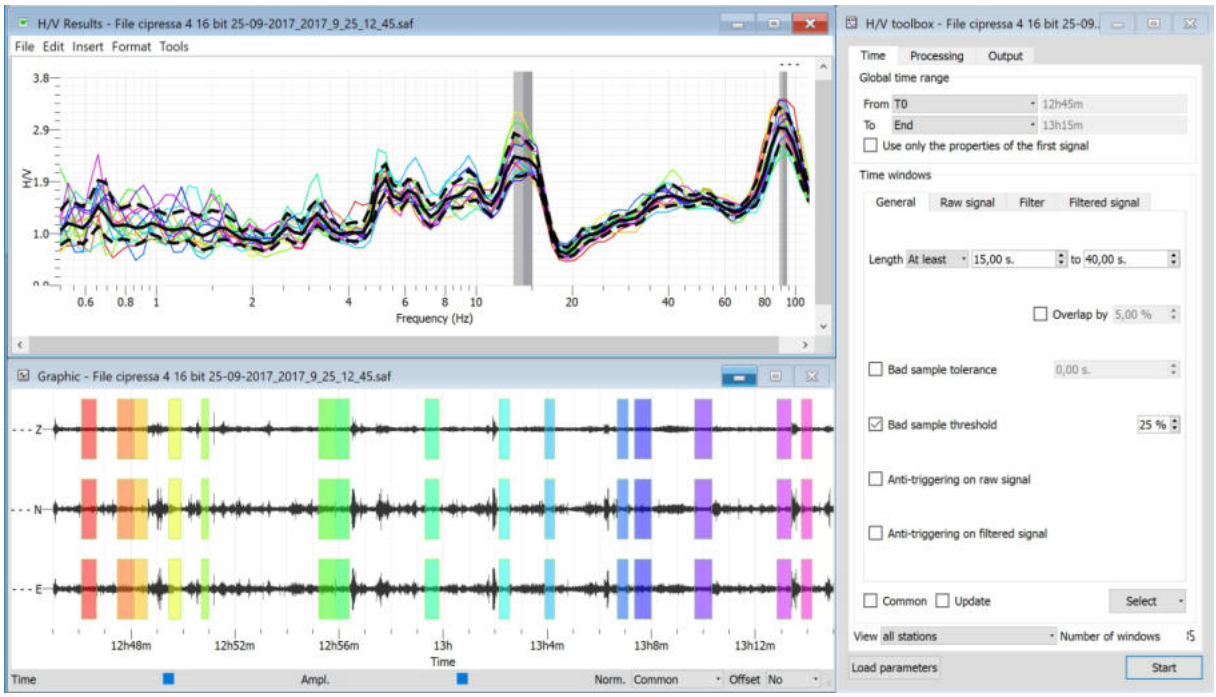



*Grafico HVSR della registrazione n. 4*

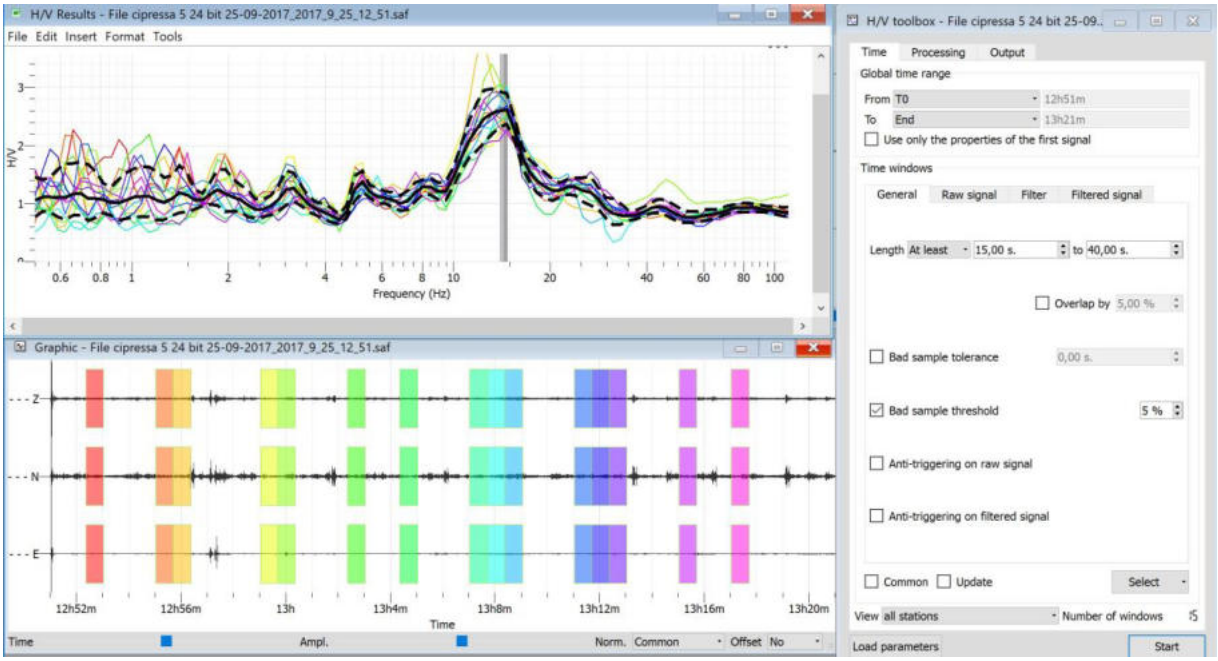



*Grafico HVSR della registrazione n. 5*

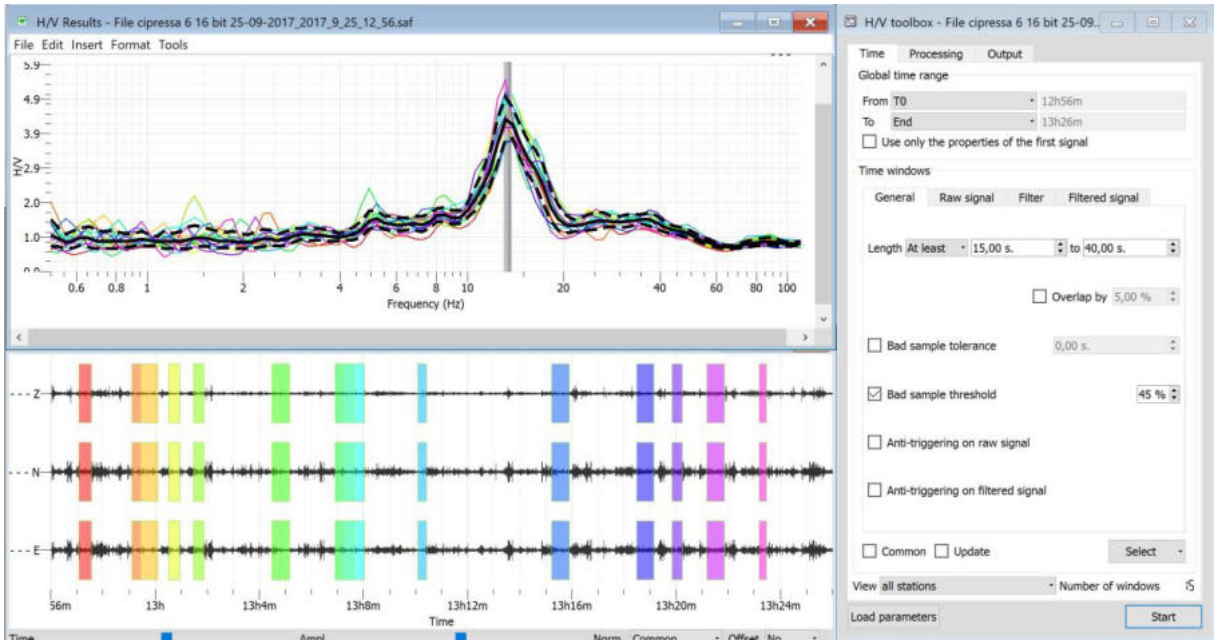



*Grafico HVSR della registrazione n. 6*

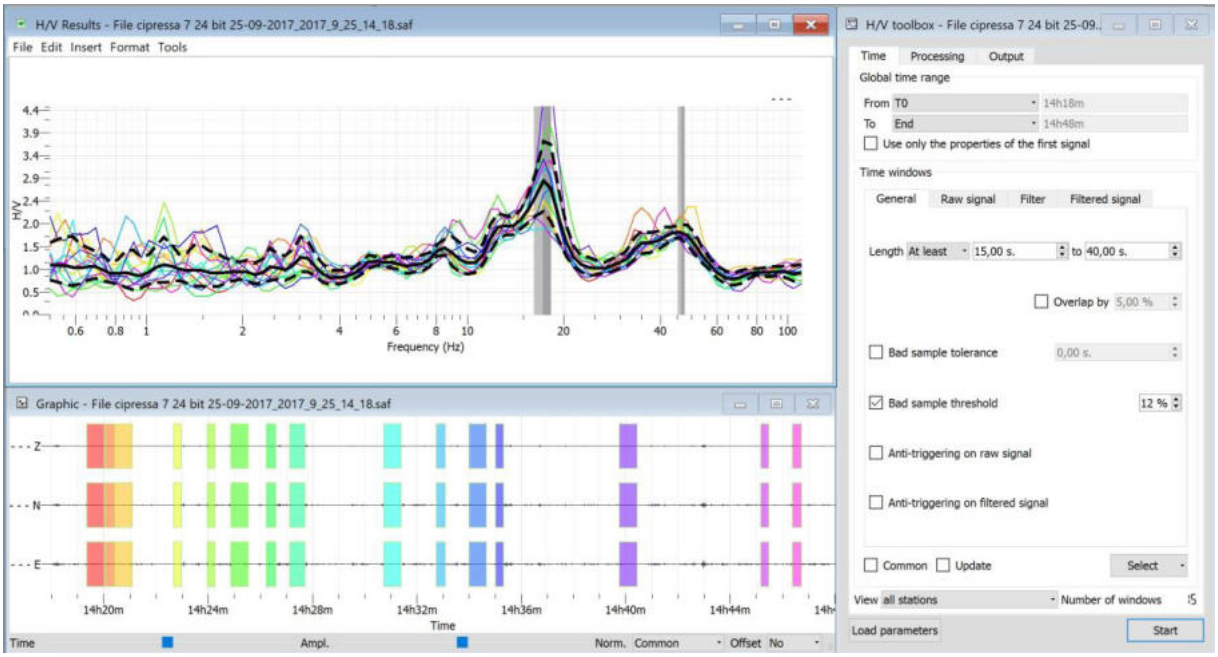



*Grafico HVSR della registrazione n. 7*

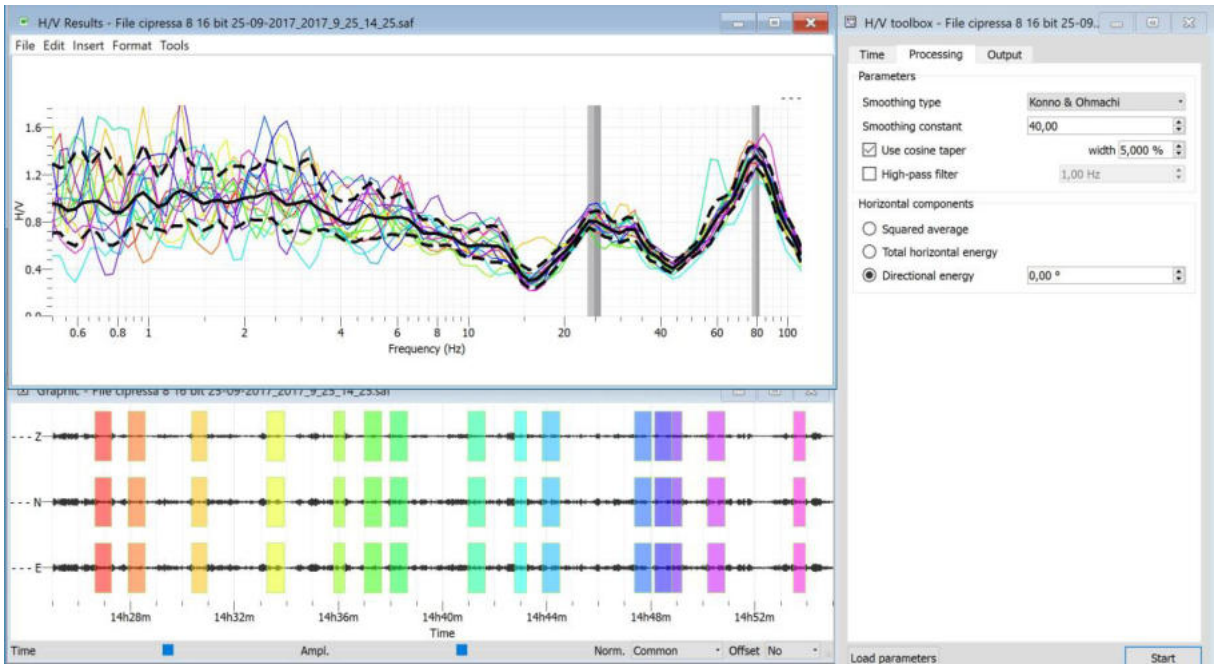



*Grafico HVSR della registrazione n. 8*

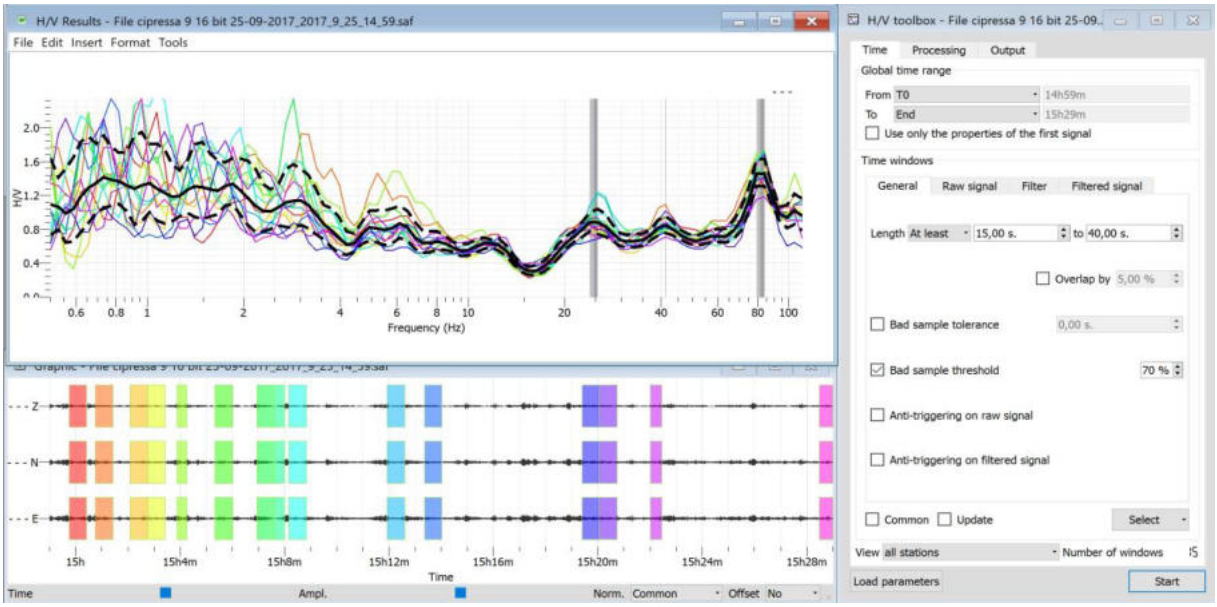



*Grafico HVSR della registrazione n. 9*

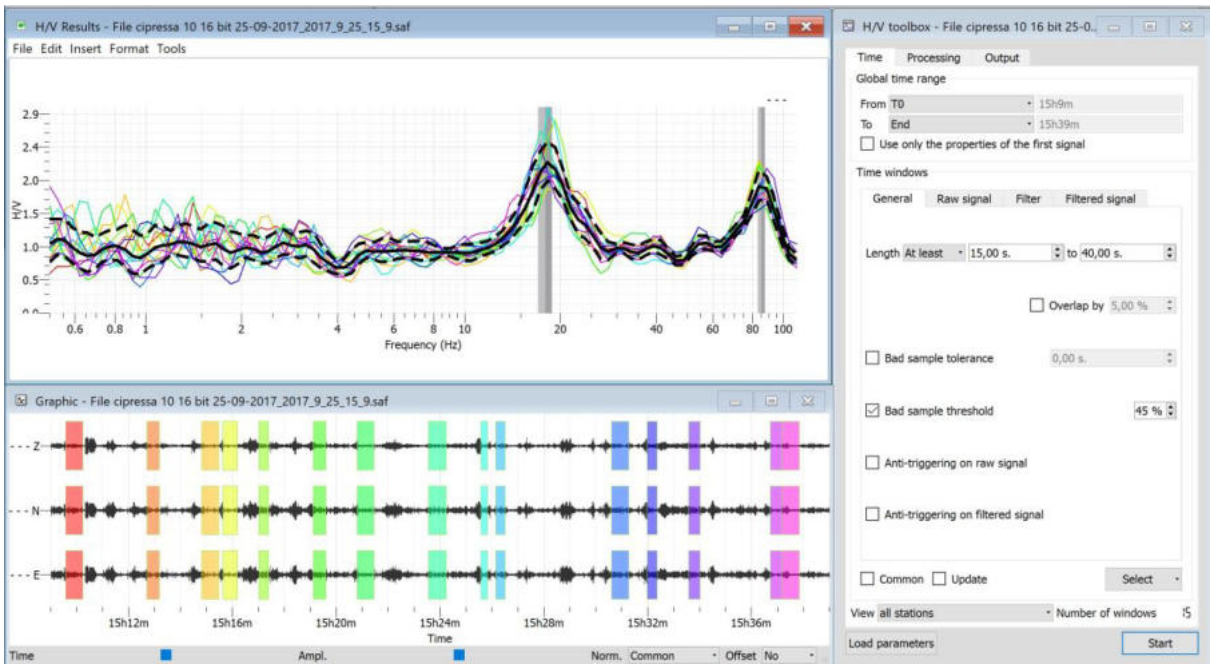



*Grafico HVSR della registrazione n. 10*

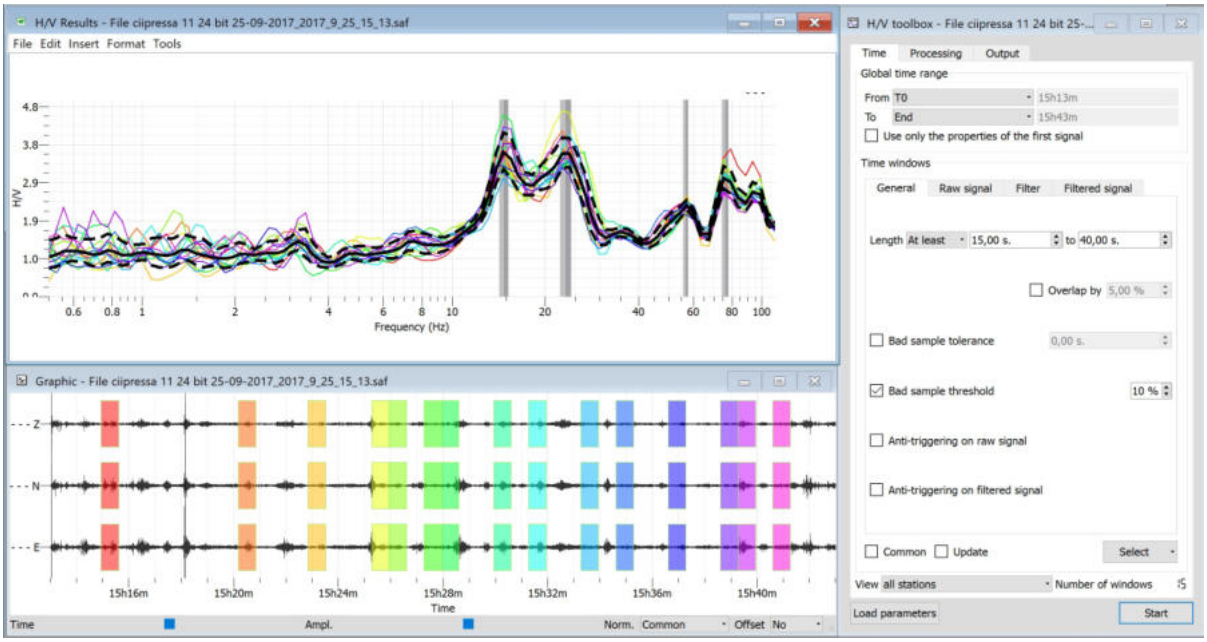



*Grafico HVSR della registrazione n. 11*

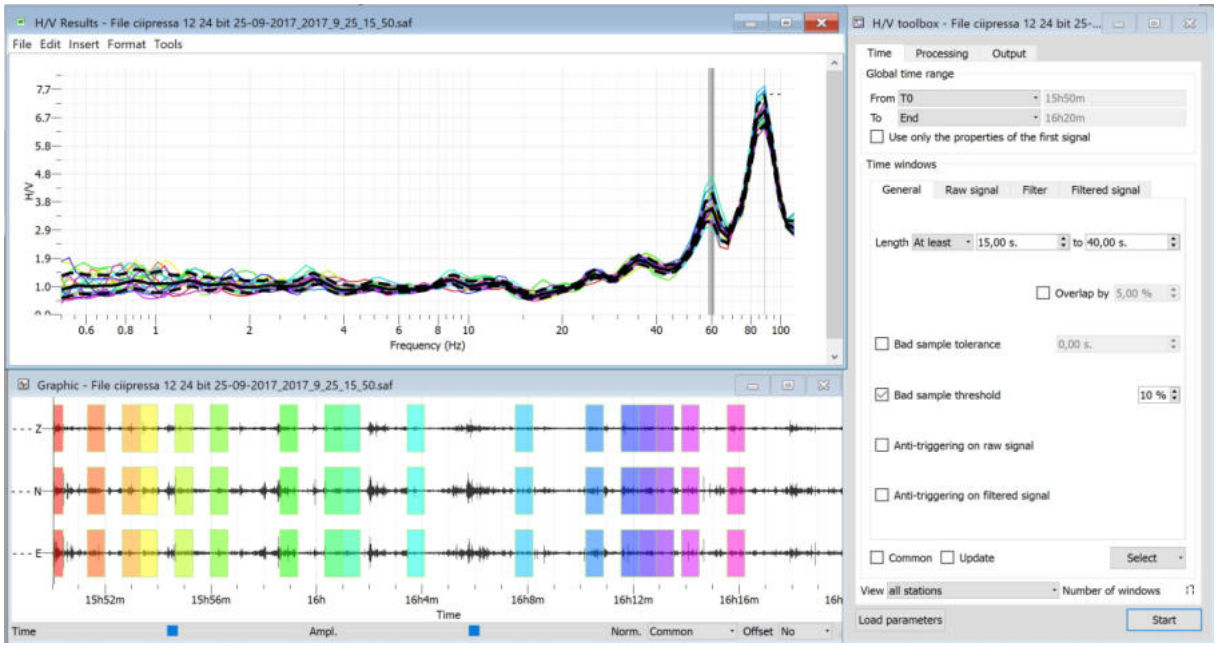
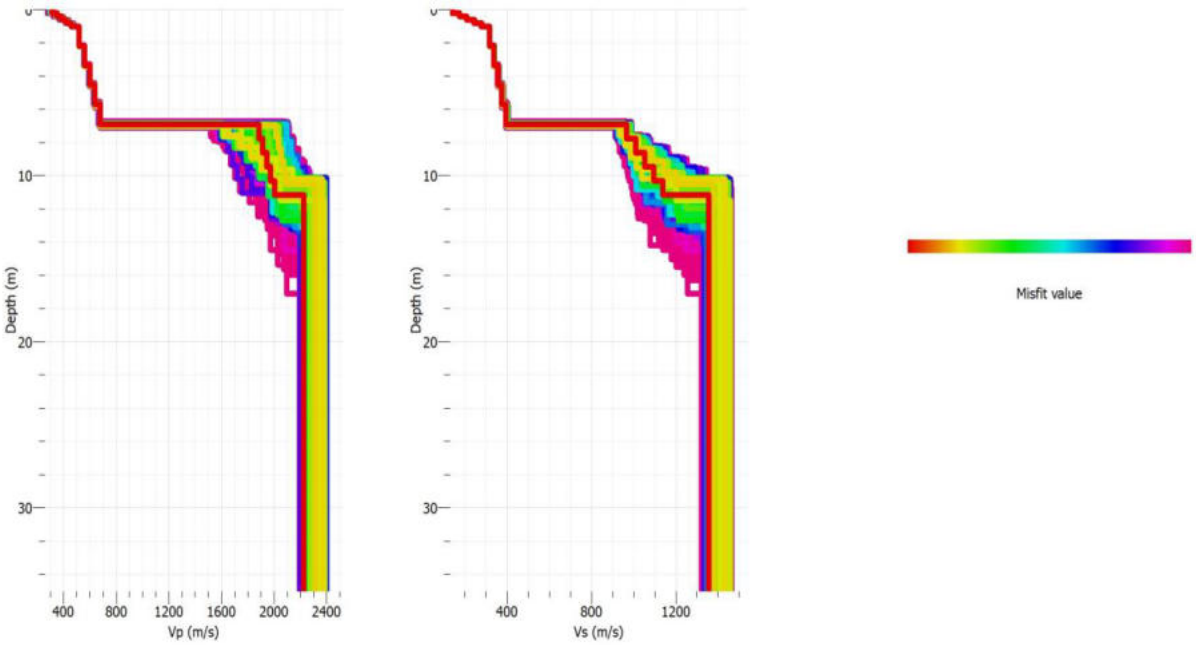


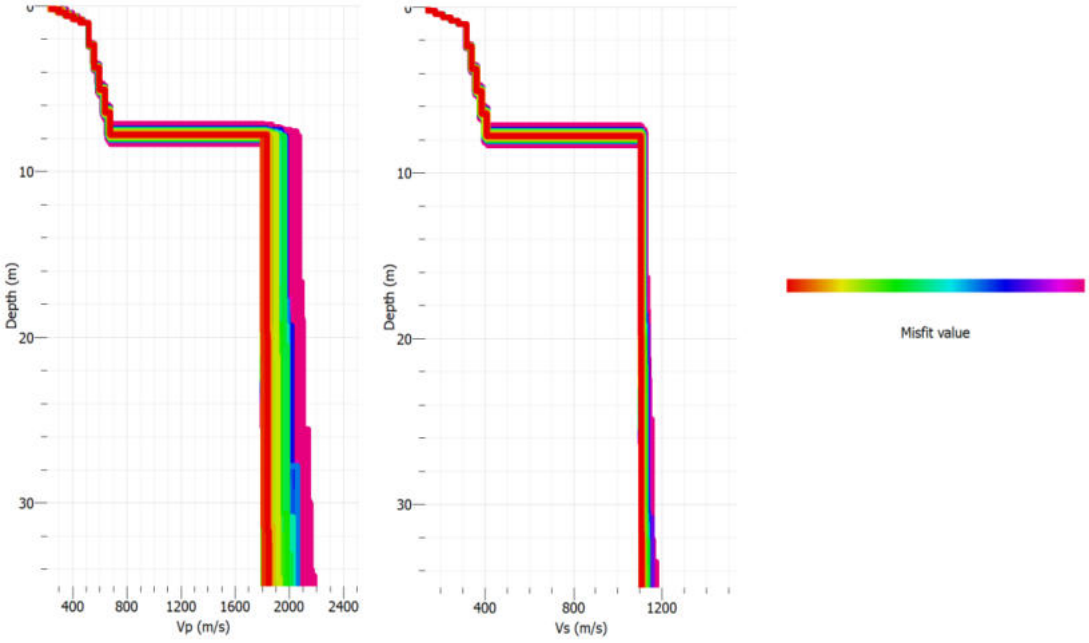

*Grafico HVSR della registrazione n. 12*

### *10.7.3Stima delle velocità delle onde P e delle onde S attraverso l'uso delle registrazioni effettuate con il theremino*

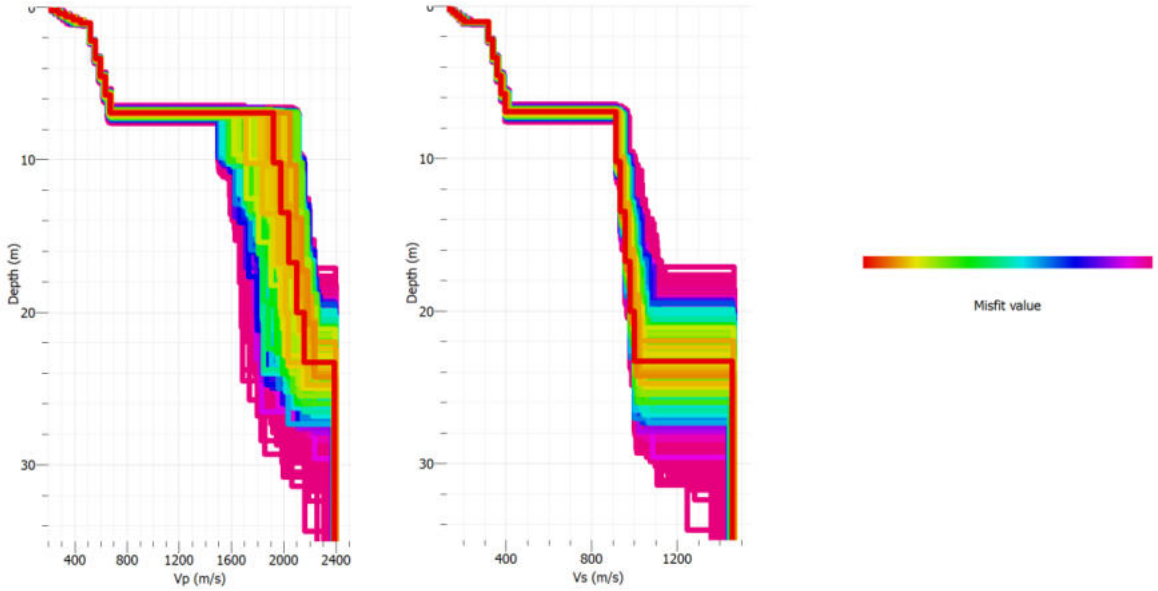
Attraverso il programma Dinver precedentemente indicato è stata ricavata una stima indicativa delle velocità delle onde di taglio S e delle onde longitudinali P, come sotto riportato:



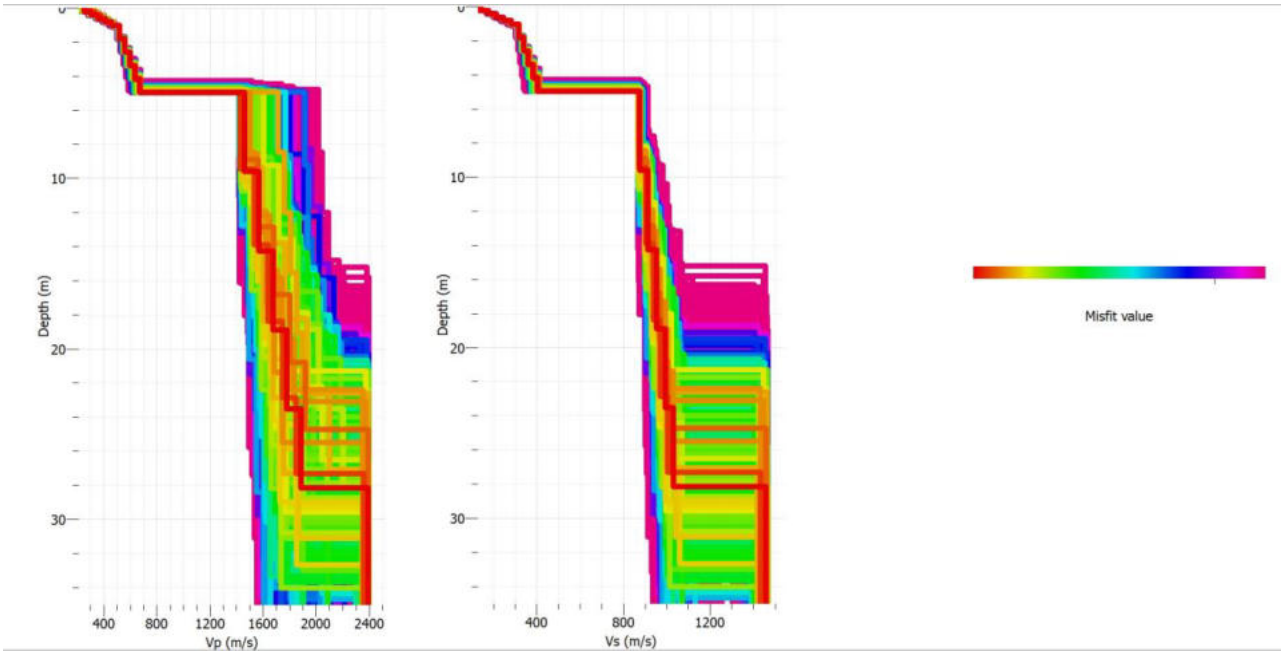

*Elaborazione con Dinver della prova n. 1 con il theremino (il colore rosso indica i valori più probabili e con errore più basso)*



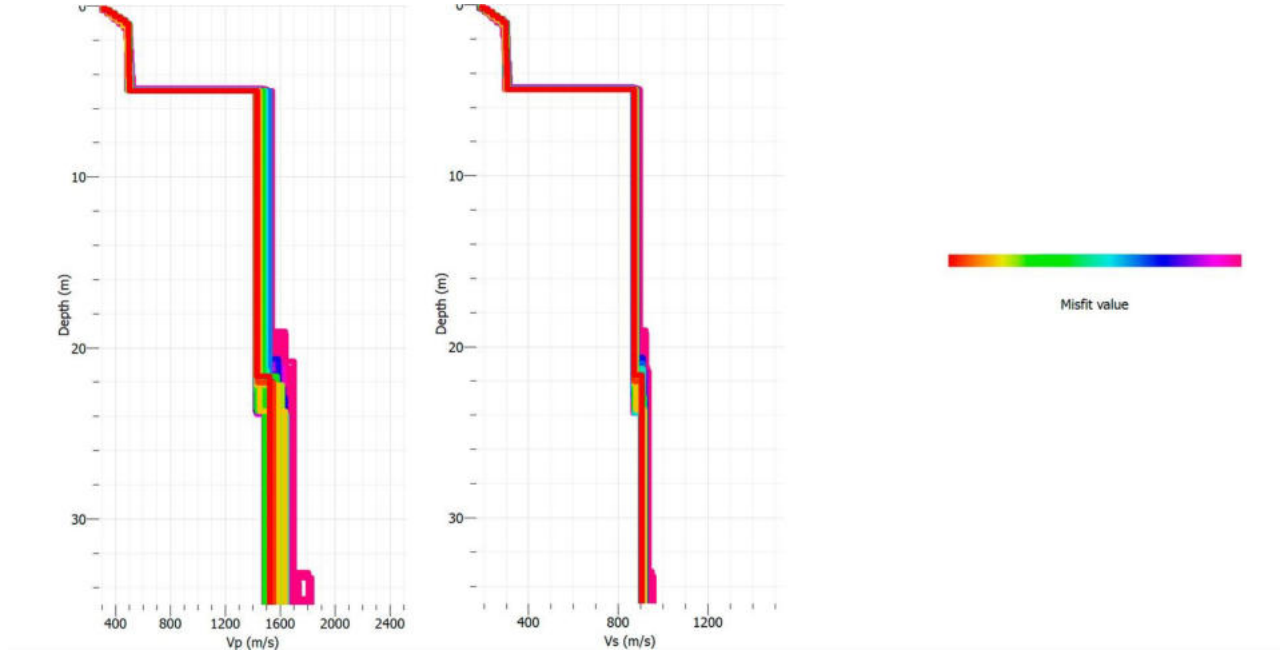

*Elaborazione con Dinver della prova n. 2 con il theremino (il colore rosso indica i valori più probabili e con errore più basso)*



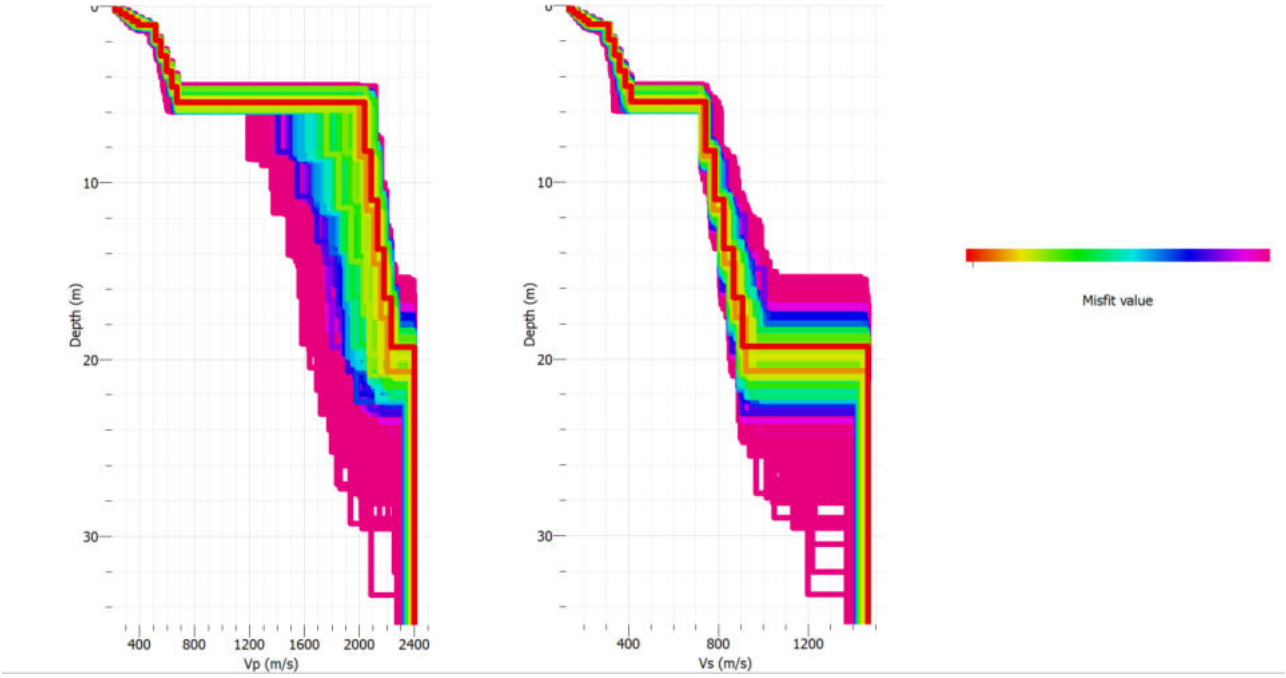

*Elaborazione con Dinver della prova n. 3 con il theremino (il colore rosso indica i valori più probabili e con errore più basso)*



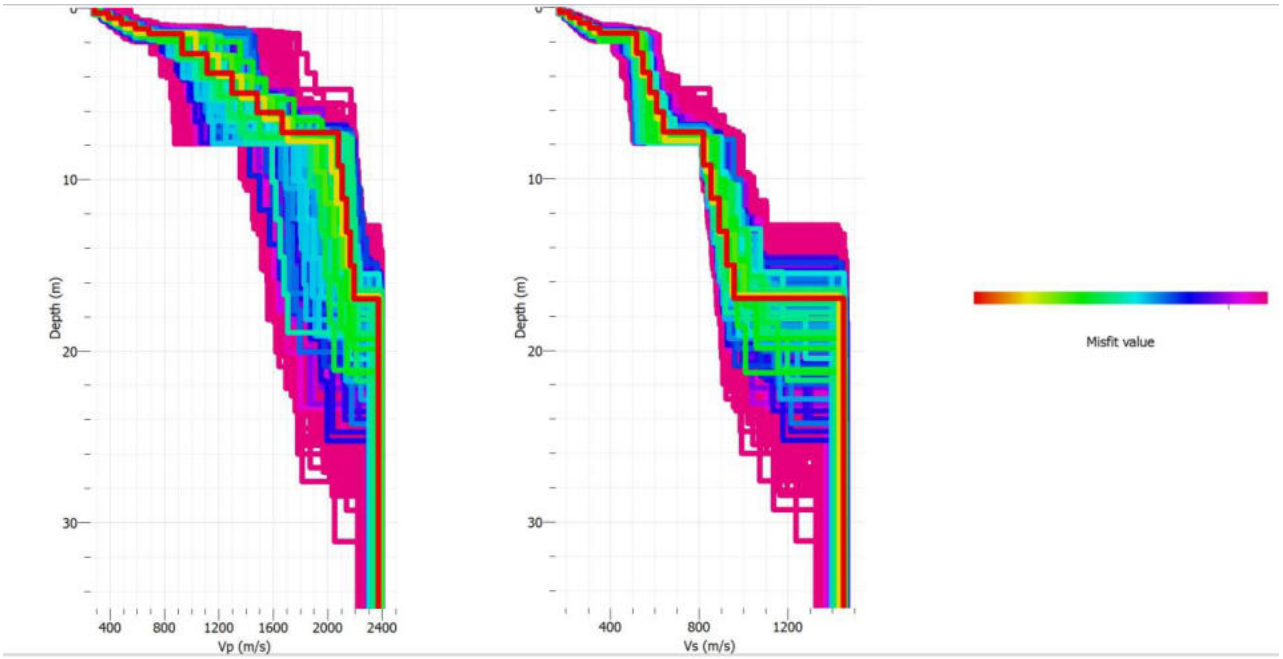

*Elaborazione con Dinver della prova n. 4 con il theremino (il colore rosso indica i valori più probabili e con errore più basso)*



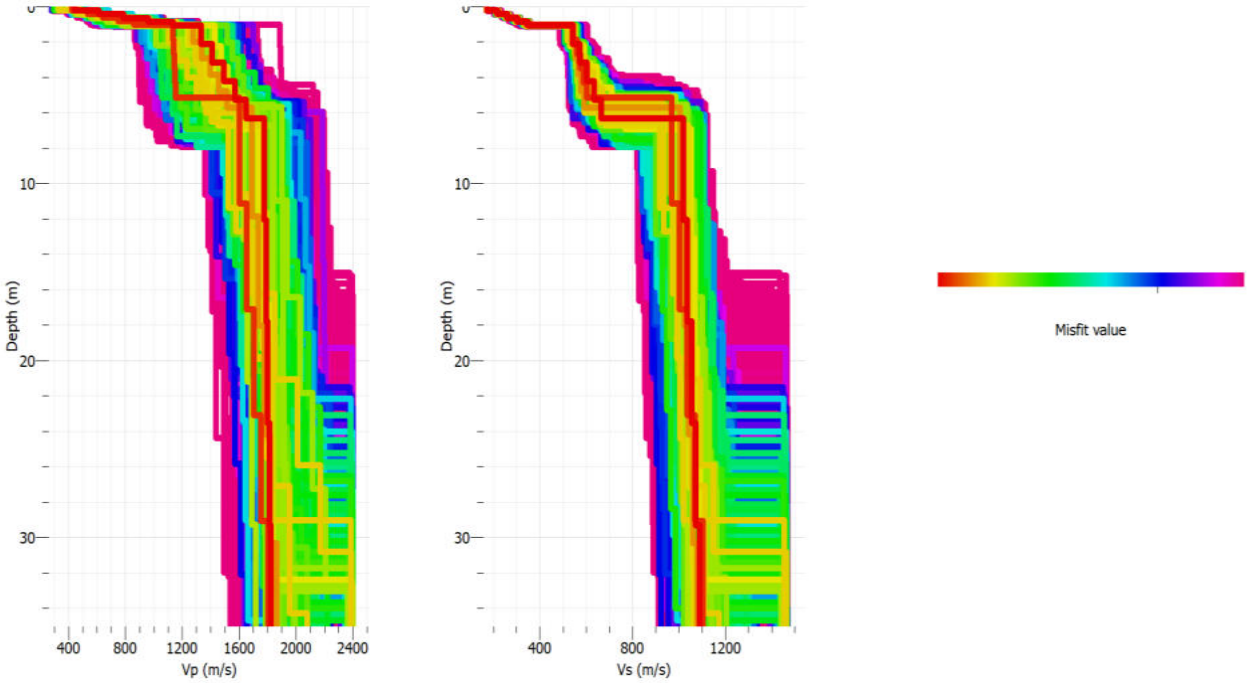

*Elaborazione con Dinver della prova n. 5 con il theremino (il colore rosso indica i valori più probabili e con errore più basso)*



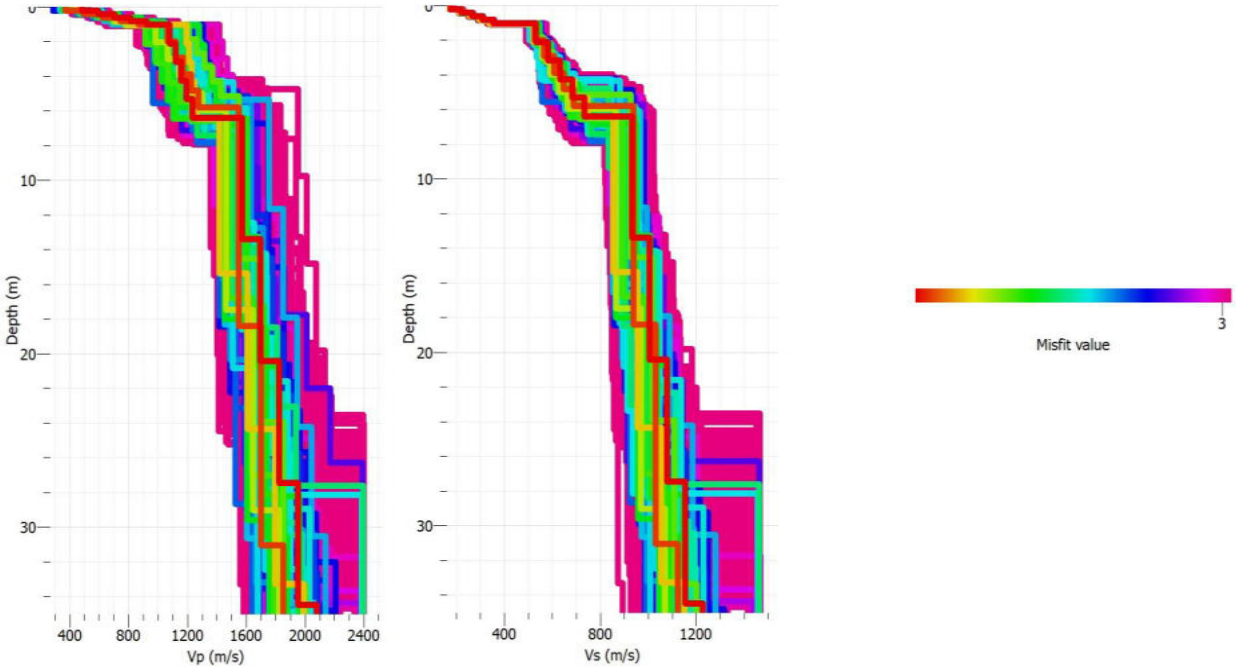

*Elaborazione con Dinver della prova n. 6 con il theremino (il colore rosso indica i valori più probabili e con errore più basso)*



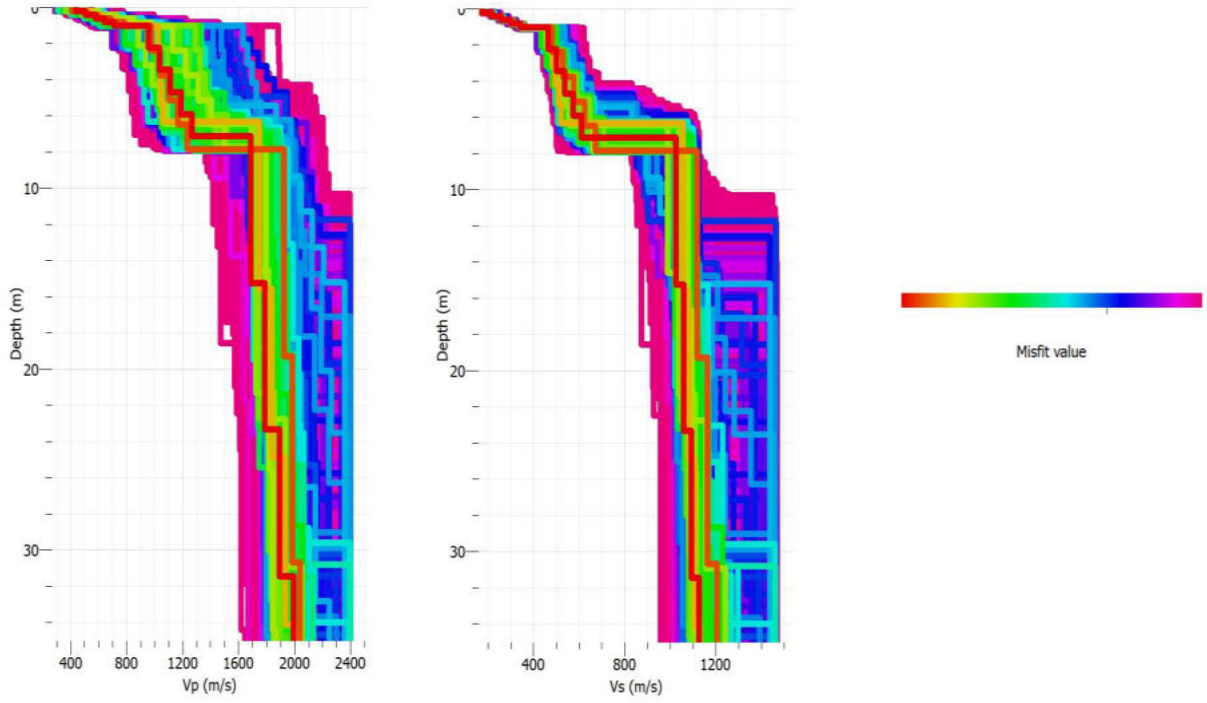

*Elaborazione con Dinver della prova n. 7 con il theremino (il colore rosso indica i valori più probabili e con errore più basso)*



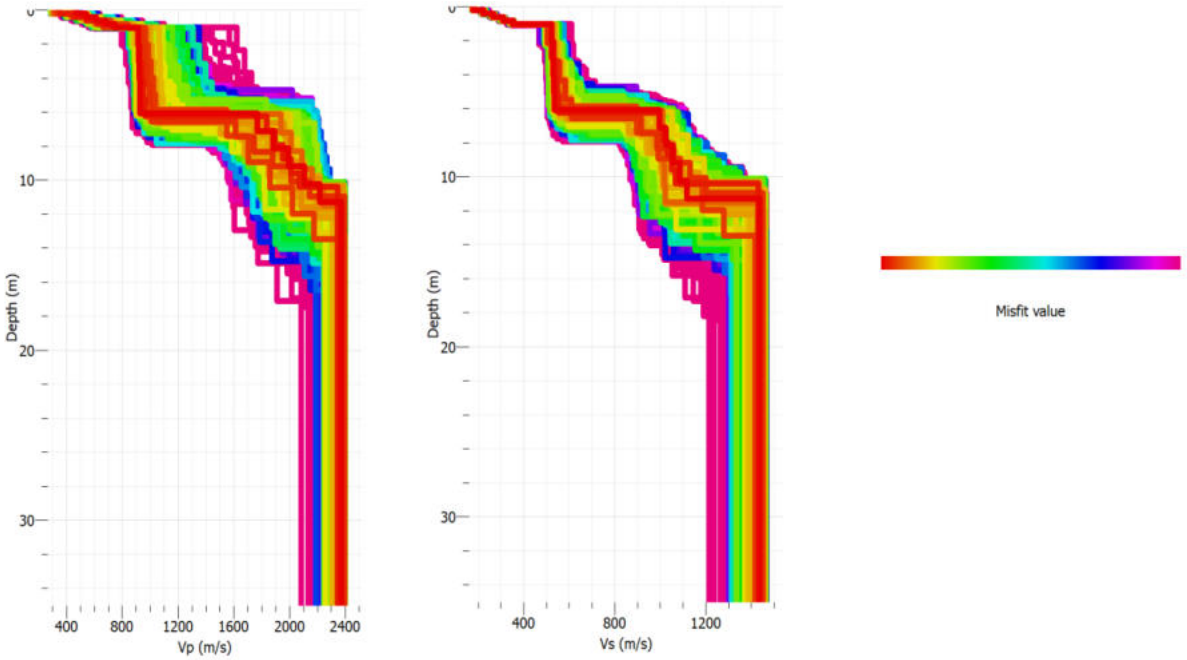

*Elaborazione con Dinver della prova n. 8 con il theremino (il colore rosso indica i valori più probabili e con errore più basso)*



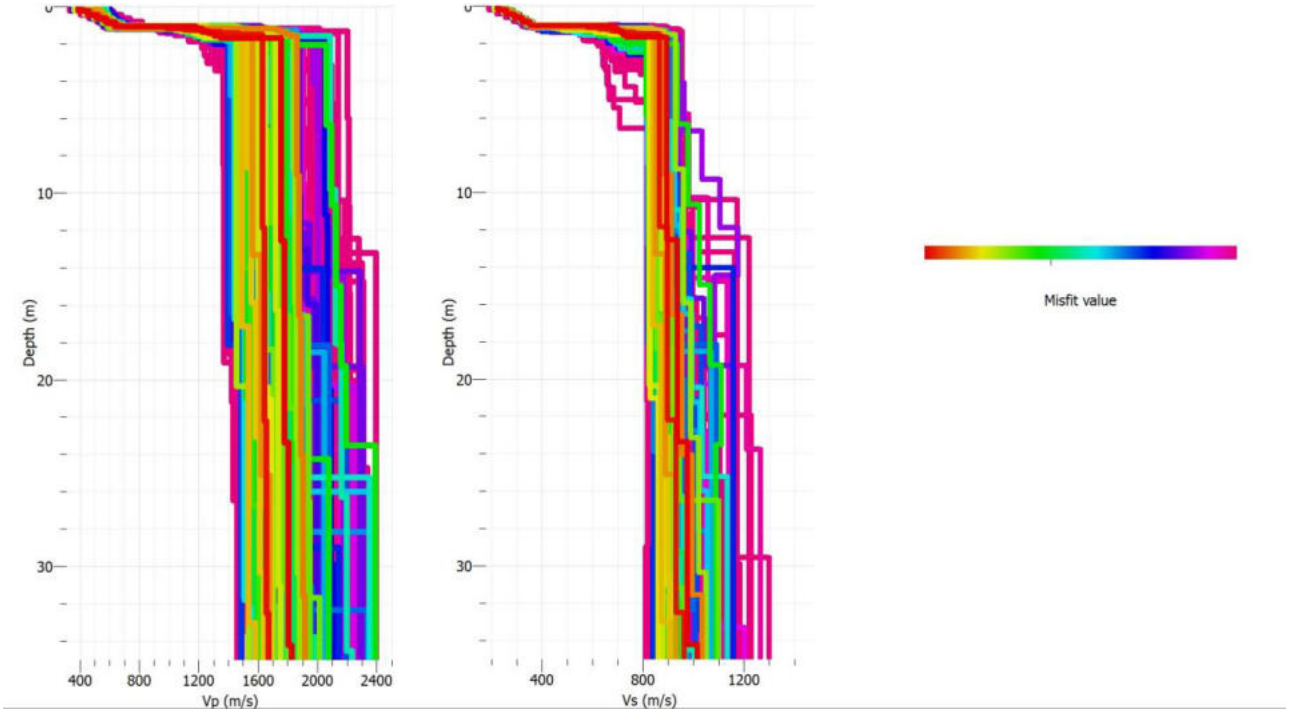

*Elaborazione con Dinver della prova n. 9 con il theremino (il colore rosso indica i valori più probabili e con errore più basso)*




*Elaborazione con Dinver della prova n. 10 con il theremino (il colore rosso indica i valori più probabili e con errore più basso)*




*Elaborazione con Dinver della prova n. 11 con il theremino (il colore rosso indica i valori più probabili e con errore più basso)*




*Elaborazione con Dinver della prova n. 12 con il theremino (il colore rosso indica i valori più probabili e con errore più basso)*

## *10.7.4 Valori di Vs30 emersi*

Si sottolinea che l'elaborazione dei dati è stata realizzata nel 2017 ai sensi dell'allora vigente D.M. del 14/01/2008, ormai abrogato e sostituito dall'attuale D.M. del 17/01/2018.

- Il valore di Vs30 ottenuto con l'**acquisizione n. 1** sopra riportata, è pari a **793 m/s**.
- Il valore di Vs30 ottenuto con l'**acquisizione n. 2** sopra riportata, è pari a **726 m/s**.
- Il valore di Vs30 ottenuto con l'**acquisizione n. 3** sopra riportata, è pari a **708 m/s**.
- Il valore di Vs30 ottenuto con l'**acquisizione n. 4** sopra riportata, è pari a **750 m/s**.
- Il valore di Vs30 ottenuto con l'**acquisizione n. 5** sopra riportata, è pari a **668 m/s**.
- Il valore di Vs30 ottenuto con l'**acquisizione n. 6** sopra riportata, è pari a **748 m/s**.
- Il valore di Vs30 ottenuto con l'**acquisizione n. 7** sopra riportata, è pari a **852 m/s**.
- Il valore di Vs30 ottenuto con l'**acquisizione n. 8** sopra riportata, è pari a **882 m/s**.
- Il valore di Vs30 ottenuto con l'**acquisizione n. 9** sopra riportata, è pari a **822 m/s**.
- Il valore di Vs30 ottenuto con l'**acquisizione n. 10** sopra riportata, è pari a **815 m/s**.
- Il valore di Vs30 ottenuto con l'**acquisizione n. 11** sopra riportata, è pari a **958 m/s**.
- Il valore di Vs30 ottenuto con l'**acquisizione n. 12** sopra riportata, è pari a **862 m/s**.

# 11 RILIEVO GEOLOGICO – STRUTTURALE E GEOMECCANICO (ANNO 2017)

## 11.1 Premessa

Al fine di individuare le caratteristiche geomeccaniche e geotecniche del substrato in posto, il quale rappresenterà l'unico litotipo utilizzato come piano di appoggio ed immorsamento delle opere fondazionali in progetto, è stato eseguito un rilievo geologico – strutturale di dettaglio.

In particolare sono state analizzate n. 3 finestre strutturali.




Nel campo della progettazione di infrastrutture di ingegneria civile, siano esse legate alla stabilità di un versante o alla stabilità di un'opera in sotterraneo, difficilmente si possono avere informazioni dettagliate sulle caratteristiche di resistenza e di deformabilità dell'ammasso roccioso interessato alla progettazione. Allora diventa importante poter utilizzare uno schema che possa soddisfare le richieste, ovvero un metodo empirico che permetta di risolvere i problemi dovuti alla scarsa conoscenza o esperienza di una determinata area.

Le classificazioni di Beniawsky e Romana (la seconda è derivata dalla prima, che risultava troppo "conservativa") consentono di soddisfare i quesiti richiesti e le problematiche che si presentano. La classificazione di Beniawsky si basa sul rilievo, in campagna o in laboratorio, di sei parametri:

A1 = resistenza a compressione uniassiale;
A2 = Rock Quality Designation Index (Indice RQD);
A3 = spaziatura delle discontinuità;
A4 = condizioni delle discontinuità;
A5 = condizioni idrauliche;
A6 = orientamento delle discontinuità.

Da questi n. 6 parametri si ricava l'**Rock Mass Rating (RMR, Beniawsky)** e, con le dovute correzioni apportate da **Romana** nel 1985, lo **Slope Mass Rating (SMR)**. L'RMR, nella pratica, viene differenziato come:

$$RMR \text{ di base} = RMR_b = A1 + A2 + A3 + A4 + A5$$

$$RMR \text{ corretto} = RMR_c = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) + A6$$

## 11.2 Valore di A1

A1 si può ricavare sia da prove di laboratorio (Point Load Test), sia da prove di campagna mediante sclerometro o da prove speditive (Standard ISRM), definendo la resistenza a compressione uniassiale $S_u$.

### La prova Point Load Test

La prova Point Load ha il vantaggio di essere eseguibile con strumentazione portatile; da essa si deriva l'indice di carico puntuale $I_S$ che viene correlato alla resistenza alla compressione uniassiale $S_u$ mediante la relazione:

$$S_u = K\ I_S$$

K è un coefficiente moltiplicativo per il quale l'ISRM consiglia il valore 24, ma nella pratica si è evidenziato come tale valore non è univoco ma largamente variabile. Palmström suggerisce di variare K in funzione di $I_S$ secondo lo schema seguente:

| **$I_S$ (MPa)** | **K** |
|---|---|
| < 3,5 | 14 |
| 3,5 – 6,0 | 16 |
| 6,0 – 1,0 | 20 |
| > 6,0 | 25 |

### Le prove sclerometriche

Il martello di Schmidt, noto come sclerometro, è ampiamente utilizzato come prova non distruttiva e volta a misurare la "durezza di rimbalzo" della roccia. Dalla prova si ricava l'indice di rimbalzo R che è possibile correlare alla resistenza alla compressione uniassiale mediante la relazione di Irfan e Dearman (1978):

$$S_u = 0{,}775\ R + 21{,}3$$

### Standard ISRM

In una fase preliminare delle indagini, mancando prove di campagna o di laboratorio, il valore di $S_u$ può essere stimata osservando la risposta della roccia alla sua percussione con il martello da geologo. Dalla risposta della roccia si possono ricavare i seguenti valori:

| | |
|---|---|
| La roccia si incide con l'unghia o si sbriciola con le mani | 0,25 – 1 MPa |
| Si sbriciola sotto i colpi della punta, lastre sottili si rompono con facilità con le mani | 1 – 5 MPa |
| La punta lascia deboli buchi, lastre sottili si rompono con forti pressioni delle mani | 5 – 25 MPa |
| La roccia si frattura con un colpo | 25 – 50 MPa |
| Si frattura dopo due-tre colpi | 50 – 100 MPa |

| | |
|---|---|
| Si frattura solo dopo molti colpi | 100 – 200 MPa |
| Si scheggia solamente | > 200 MPa |

Definita la resistenza a compressione $S_u$ è possibile ricavare il valore del primo parametro A1. Se si utilizzano prove Point Load o prove sclerometriche risulta più agevole, rispetto alle tabelle e ai grafici proposti da Beniawsky, ricavare il valore di A1 trasformando i grafici in forma di equazioni:

| VALORE DI $S_u$ (MPa) | EQUAZIONE |
|---|---|
| <= 44,5 | $A1 = \frac{4}{44,5} S_u + 1$ |
| 44,5 ÷ 93,75 | $A1 = \frac{4}{49,25} S_u + 1,368$ |
| 93,75 ÷ 140 | $A1 = \frac{3}{46,25} S_u + 2,919$ |
| 140 ÷ 180 | $A1 = 0,0375 S_u + 6,75$ |
| 180 ÷ 240 | $A1 = 0,025 S_u + 9$ |
| > 240 | A1 = 15 |

Qualora si utilizzi lo Standard ISRM si usa la tabella proposta da Beniawsky nell'ultima versione del sistema (1989):

| $S_u$ (MPa) | > 200 | 100 - 200 | 50 - 100 | 25 - 50 | 5 – 25 | 1 - 5 | < 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Coefficiente A1 | 15 | 12 | 7 | 4 | 2 | 1 | 0 |

### 11.3 Valore di A2

Se si effettuano sondaggi è possibile ricavare il valore di RQD, da cui si ottiene il coefficiente A2, dal recupero di percentuale di carotaggio riferito alla somma degli spezzoni di carota con lunghezza maggiore o uguale a 100 mm:

$$RQD = \frac{\sum L_c}{L_t} \times 100$$

dove:

$L_c$ = somma delle lunghezze degli spezzoni di carota > 100 mm

$L_t$ = lunghezza totale del tratto in cui si è misurata $L_c$.

In mancanza di carote di sondaggio, RQD si ricava dal numero di famiglie di discontinuità caratterizzanti l'ammasso roccioso e dalla misura della loro spaziatura. Dalla relazione di Palmström (1982) si ha:

$$RQD = 115 - 3{,}3\ Jv$$

dove Jv è il numero di fratture per metro cubo di roccia.

In forma alternativa RQD si può ricavare dalla formula di Priest e Hudson (1981):

$$RQD = 100\ e^{(0{,}1\ n)}\ (0{,}1\ n + 1)$$

con n numero medio di giunti per metro.

Calcolato RQD con uno di questi metodi, si ricava il coefficiente A2 mediante le equazioni, che derivano sempre dai grafici di Beniawsky:

| VALORE DI RQD % | EQUAZIONE |
|---|---|
| <= 26,5 | $A2 = \frac{3}{26{,}6} RQD + 3$ |
| 26,5 ÷ 39 | $A2 = \frac{2}{12{,}4} RQD + 1{,}71$ |
| 39 ÷ 76,6 | $A2 = \frac{7}{37{,}6} RQD + 0{,}739$ |
| > 76,6 | $A2 = \frac{5}{23{,}4} RQD - 1{,}367$ |

## 11.4 Valore di A3

Una volta calcolata la spaziatura media, cioè la distanza media tra 2 discontinuità adiacenti, è possibile ricavare il valore del coefficiente A3, mediante le seguenti relazioni:

| SPAZIATURA (m) | EQUAZIONE |
|---|---|
| <= 0,2 | $A3 = 15s + 5$ |
| 0,2 ÷ 0,4 | $A3 = 10s + 6$ |
| 0,4 ÷ 0,66 | $A3 = 7{,}752s + 5{,}9$ |
| 0,66 ÷ 0,94 | $A3 = 7{,}067s + 7{,}35$ |
| 0,94 ÷ 1,6 | $A3 = 6{,}07s + 8{,}288$ |
| 1,6 ÷ 2,0 | $A3 = 5s + 10$ |
| > 2,0 | $A3 = 20$ |

## 11.5 Valore di A4

Determinare dalle tavole di classificazione di Beniawsky il valore numerico relativo alla condizione delle discontinuità, invece, risulta molto soggettivo.

Perciò per valutare correttamente A4 conviene procedere sommando alcuni parametri numerici attribuibili alla persistenza del giunto, all'apertura del giunto, alla rugosità dello stesso, all'alterazione delle pareti, e al materiale di riempimento:

$$A4 = V1 + V2 + V3 + V4 + V5$$

I valori da assegnare sono:

**V1 – Persistenza del giunto**

| PERSISTENZA (m) | V1 |
|---|---|
| < 1 | 6 |
| 1 ÷ 3 | 4 |
| 3 ÷ 10 | 2 |
| 10 ÷ 20 | 1 |
| > 20 | 0 |

**V2 – Apertura del giunto**

| APERTURA (mm) | V2 |
|---|---|
| Completamente chiuso | 6 |
| < 0,1 | 5 |
| 0,1 ÷ 1 | 4 |
| 1 ÷ 5 | 1 |
| > 5 | 0 |

**V3 – Rugosità del giunto**

| RUGOSITA' | V3 |
|---|---|
| Molto Rugosa | 6 |
| Rugosa | 5 |
| Leggermente rugosa | 3 |
| Liscia | 1 |
| Levigata | 0 |

**V4 – Alterazione delle pareti**

| ALTERAZIONE | V4 |
|---|---|
| Non alterate | 6 |
| Leggermente alterate | 5 |
| Mediamente alterate | 3 |
| Molto alterate | 1 |
| Decomposte | 0 |

**V5 – Riempimento delle discontinuità**

| RIEMPIMENTO (mm) | RIEMPIMENTO | V5 |
|---|---|---|
| - | Assente | 6 |
| < 5 | Compatto | 4 |
| > 5 | Compatto | 2 |
| < 5 | Soffice | 2 |
| > 5 | Soffice | 0 |

## 11.6 Valore di A5

Questo valore viene derivato dalle condizioni idrauliche riferite ad un fronte di 10 m. Dalle tabelle fornite da Beniawsky si ottiene:

| Venute d'acqua su 10 m di lunghezza | Nessuna | < 10 l/min | 10-25 l/min | 25-125 l/min | > 125 l/min |
|---|---|---|---|---|---|
| Condizione | Asciutta | Umida | Bagnata | Deboli venute | Forti venute |
| Coefficiente A5 | 15 | 10 | 7 | 4 | 0 |

## 11.7 Valore di A6

Per l'orientamento delle discontinuità si applica un coefficiente di correzione A6, a seconda che si tratti di gallerie o fondazioni.

| APPLICAZIONE | | Molto favorevole | Favorevole | Mediocre | Sfavorevole | Molto sfavorevole |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gallerie | | 0 | -2 | -5 | -10 | -12 |
| Fondazioni | | 0 | -2 | -7 | -15 | -25 |

Per quanto riguarda i versanti il coefficiente A6 proposto da Beniawsky risulta troppo "conservativo" e pertanto nel calcolo di RMR si utilizza la metodologia proposta da Romana.

## 11.8 Valore di RMR (Rock Mass Rating) e parametri caratteristici dell'ammasso

Attribuiti tutti i coefficienti, sulla base del valore $RMR_c$ calcolato si identificano 5 intervalli a cui corrispondono 5 classi di ammasso roccioso e altrettante valutazioni di qualità della roccia:

| $RMR_c$ | 100 - 81 | 80 - 61 | 60 - 41 | 40 - 21 | <= 20 |
|---|---|---|---|---|---|
| Classe | I | II | III | IV | V |
| Descrizione | Molto buono | Buono | Mediocre | Scadente | Molto scadente |

Dal valore di $RMR_b$ si derivano i parametri caratteristici dell'ammasso, che secondo Beniawsky assumono il valore:

coesione di picco $c_p$ (kPA) = 5 $RMR_b$
angolo di attrito di picco $ø_p$ = 0,5 $RMR_b$ + 5
modulo di deformazione E (GPa) = 2 $RMR_b$ – 100

I valori della coesione residua e dell'angolo di attrito residuo si ricavano introducendo nelle formule sopra indicate un valore di $RMR_b$ modificato secondo la:

$$RMR_b = RMR_b(originario) – [0,2\ ø\ RMR_b(originario)]$$ (Priest, 1983)

La formula di E è però da considerare valida per valori di RMR superiori di 50, mentre per valori inferiori si utilizza la formula di Serafim e Pereira (1983):

$$E\ (GPa) = 10^{(RMR_b – 10 / 40)}$$

Il valore di GSI (Geological Strength Index) viene ricavato dalla:

$$GSI = RMR – 5$$

dove RMR viene calcolato tenendo conto dei punteggi assegnati ai primi quattro parametri e assumendo condizioni idrauliche asciutte ($A_5$ = 15). Tale relazione è da ritenersi valida per RMR > 23.

## 11.9 Calcolo dei parametri caratteristici dell'ammasso

**F**

## INESTRA STRUTTURALE 1

### Input dati per il calcolo di Rock Mass Rating (RMR)

Standard ISRM = La roccia si frattura dopo 2-3 colpi di martello
Numero medio di giunti per metro (n) =5
Spaziatura delle discontinuità (s)=0,3 m
Persistenza (continuità) del giunto = 1 - 3 m
Giunto chiuso
Giunto liscio
Pareti non alterate
Riempimento assente
Roccia asciutta
Orientamento delle discontinuità applicato alle fondazioni
Orientamento favorevole

### Risultati relativi a Rock Mass Rating (RMR)

| Resistenza a compressione Su (MPa) | Rock Quality Designation (RQD) |
|---|---|
| 50 - 100 | 90,97959896 |

| V1 | V2 | V3 | V4 | V5 |
|---|---|---|---|---|
| 4 | 6 | 1 | 6 | 6 |

V1 è un parametro che dipende dalla persistenza (continuità) del giunto
V2 è un parametro che dipende dall'apertura del giunto
V3 è un parametro che dipende dalla rugosità del giunto
V4 è un parametro che dipende dal grado di alterazione delle pareti
V5 è un parametro che dipende dal materiale di riempimento presente

| A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 |
|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 18,07308525 | 9 | 23 | 15 | -2 |

A1 è un valore numerico derivato dalla resistenza della roccia intatta
A2 è un valore numerico derivato dall'indice RQD
A3 è un valore numerico derivato dalla spaziatura delle discontinuità
A4 è un valore numerico derivato dalle condizioni delle discontinuità
A5 è un valore numerico derivato dalle condizioni idrauliche
A6 è un indice di correzione per la giacitura delle discontinuità

### Classificazione dell'ammasso roccioso

| RMRbase | RMRcorretto | Classe | Descrizione |
|---|---|---|---|
| 72,07 | 70,07 | Seconda | Buono |

**Caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso**

| Modulo di deformazione (GPa) | Geological Strenght Index (GSI) | Coesione di picco (kPa) | Angolo di attrito di picco (°) | Coesione residua (kPa) | Angolo di attrito residuo (°) |
|---|---|---|---|---|---|
| 44,14 | 67,07 | 360,35 | 41,04 | 288,28 | 33,83 |

## FINESTRA STRUTTURALE 2

**Input dati per il calcolo di Rock Mass Rating (RMR)**

Standard ISRM = La roccia si frattura dopo 2-3 colpi di martello
Numero medio di giunti per metro (n) =6
Spaziatura delle discontinuità (s)=0,35 m
Persistenza (continuità) del giunto = 1 - 3 m
Giunto chiuso
Giunto liscio
Pareti non alterate
Riempimento assente
Roccia asciutta
Orientamento delle discontinuità applicato alle fondazioni
Orientamento favorevole

**Risultati relativi a Rock Mass Rating (RMR)**

| Resistenza a compressione Su (MPa) | Rock Quality Designation (RQD) |
|---|---|
| 50 - 100 | 87,80986178 |

| V1 | V2 | V3 | V4 | V5 |
|---|---|---|---|---|
| 4 | 6 | 1 | 6 | 6 |

V1 è un parametro che dipende dalla persistenza (continuità) del giunto
V2 è un parametro che dipende dall'apertura del giunto
V3 è un parametro che dipende dalla rugosità del giunto
V4 è un parametro che dipende dal grado di alterazione delle pareti
V5 è un parametro che dipende dal materiale di riempimento presente

| A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 |
|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 17,39579098 | 9,5 | 23 | 15 | -2 |

A1 è un valore numerico derivato dalla resistenza della roccia intatta
A2 è un valore numerico derivato dall'indice RQD
A3 è un valore numerico derivato dalla spaziatura delle discontinuità
A4 è un valore numerico derivato dalle condizioni delle discontinuità
A5 è un valore numerico derivato dalle condizioni idrauliche
A6 è un indice di correzione per la giacitura delle discontinuità

**Classificazione dell'ammasso roccioso**

| RMRbase | RMRcorretto | Classe | Descrizione |
|---|---|---|---|
| 71,9 | 69,9 | Seconda | Buono |

**Caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso**

| Modulo di deformazione (GPa) | Geological Strenght Index (GSI) | Coesione di picco (kPa) | Angolo di attrito di picco (°) | Coesione residua (kPa) | Angolo di attrito residuo (°) |
|---|---|---|---|---|---|
| 43,8 | 66,9 | 359,5 | 40,95 | 287,6 | 33,76 |

## FINESTRA STRUTTURALE 3

**Input dati per il calcolo di Rock Mass Rating (RMR)**

Standard ISRM = La roccia si frattura solo dopo molti colpi di martello
Numero medio di giunti per metro (n) =4
Spaziatura delle discontinuità (s)=0,5 m
Persistenza (continuità) del giunto = 1 - 3 m
Giunto chiuso
Giunto liscio
Pareti non alterate
Riempimento assente
Roccia asciutta
Orientamento delle discontinuità applicato alle fondazioni
Orientamento favorevole

**Risultati relativi a Rock Mass Rating (RMR)**

| Resistenza a compressione Su (MPa) | Rock Quality Designation (RQD) |
|---|---|
| 100 - 200 | 93,84480644 |

| V1 | V2 | V3 | V4 | V5 |
|---|---|---|---|---|
| 4 | 6 | 1 | 6 | 6 |

V1 è un parametro che dipende dalla persistenza (continuità) del giunto
V2 è un parametro che dipende dall'apertura del giunto
V3 è un parametro che dipende dalla rugosità del giunto
V4 è un parametro che dipende dal grado di alterazione delle pareti
V5 è un parametro che dipende dal materiale di riempimento presente

| A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 18,68530907 | 9,776 | 23 | 15 | -2 |

A1 è un valore numerico derivato dalla resistenza della roccia intatta
A2 è un valore numerico derivato dall'indice RQD
A3 è un valore numerico derivato dalla spaziatura delle discontinuità
A4 è un valore numerico derivato dalle condizioni delle discontinuità
A5 è un valore numerico derivato dalle condizioni idrauliche
A6 è un indice di correzione per la giacitura delle discontinuità

**Classificazione dell'ammasso roccioso**

| RMRbase | RMRcorretto | Classe | Descrizione |
|---|---|---|---|
| 78,46 | 76,46 | Seconda | Buono |

**Caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso**

| Modulo di deformazione (GPa) | Geological Strenght Index (GSI) | Coesione di picco (kPa) | Angolo di attrito di picco (°) | Coesione residua (kPa) | Angolo di attrito residuo (°) |
|---|---|---|---|---|---|
| 56,92 | 73,46 | 392,3 | 44,23 | 313,84 | 36,38 |

## 16.10 Considerazioni conclusive

Al fine di individuare le caratteristiche geomeccaniche e geotecniche del substrato in posto, il quale rappresenterà l'unico litotipo utilizzato come piano di appoggio ed immorsamento delle opere fondazionali in progetto, è stato eseguito un rilievo geologico – strutturale di dettaglio.

L'interpretazione dei risultati dei rilievi geologico - strutturali sulle 3 finestre strutturali ha messo in evidenza una condizione generale di stabilità del substrato con buone caratteristiche geotecniche e strutturali.

La caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso ha evidenziato inoltre valori dei parametri geotecnici quali angolo di attrito e coesione sufficienti a garantire un adeguato livello di sicurezza in fase di verifica.

Si confermano pertanto, in un'ottica di sicurezza e salvaguardia, i parametri geotecnici ricavati da indagini geognostiche differenti ed utilizzati nei calcoli e nelle verifiche strutturali.

# 12 PROVE E ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO (ANNO 2017)

I termini costituenti i terreni di riporto sono stati oggetto di apposite prove ed analisi geotecniche di laboratorio necessarie alla caratterizzazione fisica dei campioni prelevati durante i sondaggi per un totale di n. 9 campioni (n. 3 campioni per sondaggio), comprensiva di:

- Analisi granulometrica mediante setacciatura, per quantità inferiori o uguali a 5 kg, con un massimo di 8 setacci, compresa la determinazione degli indici granulometrici caratteristici, per un totale di n. 6 campioni di terreno prelevati dalle carote ottenute dai sondaggi geognostici.
- Determinazione del peso di volume allo stato naturale (peso specifico apparente) dei terreni, per un totale di n. 3 campioni di terreno prelevati dalle carote ottenute dai sondaggi geognostici.

In sintesi, i risultati di tali analisi sono stati i seguenti:

| **Campione** | **Sondaggio** | **Profondità (m da p.c.)** | **Peso di volume apparente ($t/m^3$)** | **Classificazione** |
|---|---|---|---|---|
| **C1 – S1** | S1 | 1,0 | | Ghiaia e sabbia con limo |
| **C2 – S1** | S1 | 3,0 | 2,05 | Ghiaia e sabbia con limo |
| **C1 – S2** | S2 | 1,0 | | Ghiaia e sabbia con limo |
| **C2 – S2** | S2 | 3,0 | 2,1 | Ghiaia e sabbia con limo |
| **C1 – S3** | S3 | 1,0 | | Ghiaia e sabbia con limo |
| **C2 – S3** | S3 | 3,0 | 2,05 | Ghiaia e sabbia con limo |

# 13 CARATTERI SISMICI LOCALI

## 13.1 Introduzione

Secondo l'Ordinanza 3274 della Presidenza del Consiglio dei Ministri, aggiornata con le comunicazioni fornite dalle Regioni, vengono individuate, nelle "norme tecniche", 4 valori di accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Ag/g). Ciascuna zona viene individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (Ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (Ag/g).

| Zona | Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [Ag/g] | Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [Ag/g] |
|---|---|---|
| 1 | > 0,25 | 0,35 |
| 2 | 0,15 – 0,25 | 0,25 |
| 3 | 0,05 – 0,15 | 0,15 |
| 4 | < 0,05 | 0,05 |

Il Comune di Cipressa, interessato dall'intervento in esame, ricade nella classificazione sismica dei Comuni italiani in **Zona 2**. Tale zona corrisponde a:

- Accelerazione orizz. con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [Ag/g] = 0,15 – 0,25
- Accelerazione orizz. di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [Ag/g] = 0,25

## 13.2 Categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto, come riportato nel D.M. delle Infrastrutture 17.01.2018, punto 3.2.2 "Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche", si definiscono le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (Tabella 3.2.II - le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni superficiali, oppure alla quota di testa dei pali nel caso di fondazioni speciali):

| 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. |

Il valore della $VS_{,eq}$ è calcolato attraverso la media ponderata del contributo dei vari orizzonti mediante la relazione:

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

dove:

hi spessore dell'i-esimo strato;
VS,i velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
N numero di strati;
H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq è definita dal parametro VS,30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Il terreno indagato, in base alle caratteristiche geotecniche dei litotipi presenti in sito, nonché sulla base di quanto emerso durante le prove eseguite nell'anno 2017 (elaborate secondo la normativa all'epoca vigente, D.M. 14.01.2008), rientra all'interno della **categoria B.**

## 13.3 Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti $S_S$ e $C_C$ valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti $S_S$ e $C_C$ possono essere calcolati, in funzione dei valori di $_O$ Fo e Tc* relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella seguente tabella, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo $T_c$ * è espresso in secondi.

| Categoria sottosuolo | $S_S$ | $C_C$ |
|---|---|---|
| A | 1,00 | 1,00 |
| B | $1,00 \le 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,20$ | $1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$ |
| C | $1,00 \le 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,50$ | $1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$ |
| D | $0,90 \le 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,80$ | $1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$ |
| E | $1,00 \le 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,60$ | $1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$ |

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC/2018, dalle accelerazioni *ag* e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste dalle NTC/2018 sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- ag accelerazione orizzontale massima del terreno;
- Fo valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c$ * periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per ciascun nodo del *reticolo di riferimento* e per ciascuno dei periodi di ritorno Tr considerati dalla *pericolosità sismica*, i 3 parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo a:

- ag il valore previsto dalla *pericolosità sismica;*
- Fo e $T_c$* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla *pericolosità sismica* (la condizione di minimo è imposta operando ai minimi quadrati, su spettri di risposta normalizzati ad uno, per ciascun sito e ciascun periodo di ritorno).

Sempre in merito alle indicazioni fornite nel suddetto punto 3.2.2 del D.M. 17.01.2018, si rappresenta che la risposta sismica locale di un sito, oltre che dalle caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo, dipende anche dalla conformazione morfologica dei luoghi. Pertanto, qualora le caratteristiche topografiche dei luoghi non risultino particolarmente complesse (caso nel quale è necessario prevedere una modellizzazione particolare del sito, necessaria per identificare correttamente le caratteristiche di risposta sismica locale), vengono individuate 4 diverse categorie topografiche, rappresentative di altrettante configurazioni superficiali semplici, riportate nella successiva tabella (Tabella 3.2.IV).

| **Categoria** | **Caratteristiche della superficie topografica** |
|---|---|
| T1 | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15° |
| T2 | Pendii con inclinazione media i > 15° |

| | |
|---|---|
| T3 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30° |
| T4 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30° |

L'area d'intervento, secondo quanto verificato dai rilevamenti eseguiti in sito, ricade in una zona collinare a media acclività: pertanto, tale area risulta essere compresa nella categoria topografica **T2** = "Pendii con inclinazione media i > 15°".

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido (Vs30>800 m/s), viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". Ciò comporta delle non trascurabili differenze nel calcolo dell'accelerazione sismica di base rispetto alle precedenti normative.

Ai fini della stima dell'azione sismica di progetto relativa al sito ubicato nel territorio comunale in oggetto, con le precedenti normative in campo antisismico, applicando il criterio "zona dipendente" avremmo potuto stimare l'accelerazione di base (senza considerare l'incremento dovuto ad effetti locali dei terreni) in maniera automatica, poiché essa sarebbe stata direttamente correlata alla Zona sismica di appartenenza del Comune (nel caso in esame, Zona sismica 2).

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la classificazione sismica del territorio è scollegata dalla determinazione dell'azione sismica di progetto, mentre rimane il riferimento per la trattazione di problematiche tecnico-amministrative connesse con la stima della pericolosità sismica. Pertanto (secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 14 gennaio 2008) la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le coordinate geografiche (o l'indirizzo ove disponibile), riportate nel reticolo di riferimento.

Ai fini della determinazione della pericolosità sismica il primo passo consiste nella determinazione di ag (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido). Per tale determinazione è necessario conoscere, come anticipato, le coordinate geografiche dell'opera da verificare. Le coordinate geografiche dovranno essere trasformate da gradi sessagesimali a decimali. 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 come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto.

Di seguito si riportano i parametri sismici di riferimento validi per il sito in esame

Sito in esame.

| | |
|---|---|
| latitudine: | 43,847638 |
| longitudine: | 7,946151 |
| Classe: | 3 |
| Vita nominale: | 50 anni |

Siti di riferimento

| | | | |
|---|---|---|---|
| Sito 1 ID: 19123 | Lat: 43,8541 | Lon: 7,9411 | Distanza: 826,136 |
| Sito 2 ID: 19124 | Lat: 43,8573 | Lon: 8,0102 | Distanza: 5248,279 |
| Sito 3 ID: 19346 | Lat: 43,8075 | Lon: 8,0146 | Distanza: 7080,504 |
| Sito 4 ID: 19345 | Lat: 43,8042 | Lon: 7,9456 | Distanza: 4830,277 |

Parametri sismici

| | | |
|---|---|---|
| Categoria sottosuolo: | B | |
| Categoria topografica: | T2 | |
| Periodo di riferimento: | 75 anni | |
| Coefficiente cu: | 1,5 | |
| | | |
| Operatività (SLO): | | |
| Probabilità di superamento: | 81 | % |
| Tr: | 45 | [anni] |
| ag: | 0,035 | g |
| Fo: | 2,613 | |
| Tc*: | 0,202 | [s] |
| | | |
| Danno (SLD): | | |
| Probabilità di superamento: | 63 | % |
| Tr: | 75 | [anni] |
| ag: | 0,051 | g |
| Fo: | 2,568 | |
| Tc*: | 0,229 | [s] |
| | | |
| Salvaguardia della vita (SLV): | | |
| Probabilità di superamento: | 10 | % |
| Tr: | 712 | [anni] |
| ag: | 0,173 | g |
| Fo: | 2,455 | |
| Tc*: | 0,298 | [s] |
| | | |
| Prevenzione dal collasso (SLC): | | |
| Probabilità di superamento: | 5 | % |
| Tr: | 1462 | [anni] |
| ag: | 0,231 | g |
| Fo: | 2,482 | |
| Tc*: | 0,313 | [s] |

Coefficienti Sismici Opere di sostegno NTC 2018

SLO:

| | |
|---|---|
| Ss: | 1,200 |
| Cc: | 1,520 |
| St: | 1,200 |
| Kh: | 0,000 |
| Kv: | 0,000 |
| Amax: | 0,496 |
| Beta: | 0,000 |

SLD:

| | | |
|---|---|---|
| | Ss: | 1,200 |
| | Cc: | 1,480 |
| | St: | 1,200 |
| | Kh: | 0,035 |
| | Kv: | 0,017 |
| | Amax: | 0,724 |
| | Beta: | 0,470 |
| SLV: | | |
| | Ss: | 1,200 |
| | Cc: | 1,400 |
| | St: | 1,200 |
| | Kh: | 0,095 |
| | Kv: | 0,047 |
| | Amax: | 2,439 |
| | Beta: | 0,380 |
| SLC: | | |
| | Ss: | 1,170 |
| | Cc: | 1,390 |
| | St: | 1,200 |
| | Kh: | 0,000 |
| | Kv: | 0,000 |
| | Amax: | 3,174 |
| | Beta: | 0,000 |

# 14 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE E IDROLOGICHE

Dal punto di vista **idrogeologico**, l'indagine eseguita non ha evidenziato, nell'area in esame e nella zona circostante, la presenza di emergenze idriche (sorgenti); sono, peraltro, presenti alcuni punti di captazione di acque sotterranee (pozzi).

L'area in oggetto rivela caratteri di permeabilità strettamente legati alla natura dei terreni presenti in sito, che evidenziano un substrato litoide costituito essenzialmente da una sequenza flyschioide caratterizzata da una bassa permeabilità primaria e da una secondaria, in presenza di livelli parzialmente alterati, degradati, fessurati e fratturati, localmente media. Il materiale di riporto rappresentato da materiale eterometrico, prevalentemente grossolano, sebbene con una certa quantità di materiale fine, presenta valori di permeabilità da medi ad alti. Le coltri detritico – colluviali di copertura sono interessate da una permeabilità per porosità a grado da basso ad elevato; tale caratteristica idrogeologica fa sì che, in presenza di significativi accumuli di materiale sciolto sul versante, si assista alla presenza di veli acquei (fortemente influenzati dalle precipitazioni meteoriche), la cui soglia sottoposta è costituita dal substrato integro e compatto.

La circolazione idrica profonda è resa possibile in funzione dell'entità e della frequenza delle discontinuità strutturali e stratigrafiche presenti nell'ammasso roccioso.

La successione fluvio - marina (con prevalenza di quella marina) presente lungo la linea di costa in corrispondenza del litorale marino e dal settore interessato dal mare, costituita da sabbie e localmente ghiaie, presenta una permeabilità elevata.

Nella "Carta di analisi e degli accertamenti geognostici e geotecnici presente in allegato, sono state individuate n. 4 zone distinte aventi caratteristiche idrogeologiche differenti:

| **Zonizzazione idrogeologica** | |
|---|---|
| | |
| | Substrato roccioso affiorante/subaffiorante (permeabilità per fratturazione medio - bassa) |
| | |
| | Coltre eluvio - colluviale e materiale di riporto eterogeneo ed eterometrico (permeabilità per porosità bassa) |
| | |
| | Coltre eluvio - colluviale e materiale di riporto eterogeneo ed eterometrico (permeabilità per porosità medio - bassa) |
| | |
| | Coltre eluvio - colluviale e materiale di riporto eterogeneo ed eterometrico (permeabilità medio - alta) |

In base alle misurazioni eseguite con freatimetro nel Settembre e nell'Ottobre 2017 all'interno dei n. 3 tubi piezometrici, appositamente installati nel Settembre 2017 all'interno dell'area d'intervento, non è stata rilevata alcuna falda.

Dal punto di vista **idrologico** si rappresenta che le acque meteoriche intercettate dalle superfici impermeabilizzate di nuova realizzazione (ma anche, auspicabilmente, quelle esistenti),

annesse all'intervento in oggetto, dovranno essere opportunamente captate, convogliate e smaltite nella rete fognaria o nella rete drenante naturale, previa adeguata verifica dell'idoneità del ricettore, con recapito finale a mare, nel pieno rispetto della normativa di settore.

# 15 MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO

Le indagini eseguite hanno evidenziato la presenza in sito di una cospicua quantità di materiale di riporto antropico a pezzatura variabile a seconda dei settori, legata alla realizzazione del vecchio tracciato ferroviario da circa un secolo dimesso e traslato in galleria verso monte, localmente frammista ad una coltre eluvio - colluviale da limoso sabbiosa a limoso - argillosa. Lo spessore di tale strato incoerente risulta maggiore spostandosi verso il muro frangiflutti. Al di sotto di questo è presente un substrato roccioso pre - quaternario, rappresentato dalla Formazione Cretaceo Superiore del Flysch ad Helminthoida (Flysch di Sanremo) costituito in prevalenza da calcari marnosi grigi con vene calcitiche e locali argilloscisti, alterato e degradato superficialmente, maggiormente integro e compatto più in profondità.

Al fine della ricostruzione del modello geotecnico dell'area d'intervento, finalizzato a fornire tutti i dati geotecnici necessari per il progetto e le verifiche di stabilità e delle fondazioni, nonché per l'impostazione delle successive attività di monitoraggio, sulla base della stratigrafia ottenuta dalle indagini e prove eseguite, è stato possibile individuare le seguenti *unità litologiche* aventi caratteristiche geotecniche omogenee relativamente ai settori interessati dai sondaggi S1, S2 ed S3:

**Sondaggio S1**

| | | | | | **VALORI MEDI** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Unità litologica** | **Litologia** | **Profondità media** | **Tipo** | **Classificazione A.G.I.** | **$\gamma_m$** | **$\varphi'_m$** | **$C_m$** |
| | | **m da p.c.** | | | **t/m³** | **°** | **kg/cm²** |
| 1 | Materiale di riporto ghiaioso e ciottoloso in matrice limoso – sabbiosa | 0,0 – 3,0 | Incoerente | Sciolto | 2,1 | 32 | 0,0 |
| 2 | Substrato calcareo – marnoso alterato, fratturato e localmente disgregato | 3,0 – 3,5 | Coesivo | Da addensato a pseudolitoide | 2,2 | 35 | 3,0 |
| 3 | Substrato litoide calcareo – marnoso maggiormente integro e compatto | > 3,5 | Litoide | Litoide | 2,4 | 38 | 5,0 |

dove:

$\gamma_m$: peso di volume;
$\varphi'_m$: angolo di attrito interno efficace;
$C_m$: coesione efficace.

Lo schema geotecnico valido per l'area d'intervento, dedotto dalle indagini eseguite è il seguente:

- piano campagna di riferimento locale: inclinato;
- profondità della falda: -;
- terreno di fondazione: Unità litologica 2-3;
- volume significativo: Unità litologica 1 + 2 +3;
- valori medi parametri: vedasi tabella precedente.

Di seguito si riportano i valori caratteristici coincidenti con i valori medi, da adottare nei calcoli ove vengano previste Combinazioni contenenti M1, ai sensi del D.M. 17.01.2018.

| | | | | | **VALORI CARATTERISTICI** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Unità litologica** | **Litologia** | **Profondità media** | **Tipo** | **Classificazione A.G.I.** | **$\gamma_k$** | **$\varphi'_k$** | **$C_k$** |
| | | **m da p.c.** | | | **t/m³** | **°** | **kg/cm²** |
| 1 | Materiale di riporto ghiaioso e ciottoloso in matrice limoso – sabbiosa | 0,0 – 3,0 | Incoerente | Sciolto | 2,1 | 32 | 0,0 |
| 2 | Substrato calcareo – marnoso alterato, fratturato e localmente disgregato | 3,0 – 3,5 | Coesivo | Da addensato a pseudolitoide | 2,2 | 35 | 3,0 |
| 3 | Substrato litoide calcareo – marnoso maggiormente integro e compatto | > 3,5 | Litoide | Litoide | 2,4 | 38 | 5,0 |

dove:

$\gamma_k$: peso di volume;
$\varphi'_k$: angolo di attrito interno drenato;
$C_k$: coesione efficace.

I valori di progetto da adottare nei calcoli ove vengano previste Combinazioni contenenti M2, dovranno essere ottenuti dividendo i valori caratteristici per un coefficiente riduttivo parziale secondo quanto indicato nell'Eurocodice 8 e nel D.M. 17.01.2018 – NTC. Tali parametri vengono ottenuti dividendo i valori caratteristici per i seguenti coefficienti di riduzione:

$\gamma_d = \gamma_k/1$;
$\varphi'_d = \varphi'_k/1{,}25$;
$C_d = C_k/1{,}4$.

| | | | | | VALORI DI PROGETTO | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Unità litologica** | **Litologia** | **Profondità media** | **Tipo** | **Classificazione A.G.I.** | **$\gamma_d$** | **$\varphi'_d$** | **$C_d$** |
| | | **m da p.c.** | | | **t/m³** | **°** | **kg/cm²** |
| 1 | Materiale di riporto ghiaioso e ciottoloso in matrice limoso – sabbiosa | 0,0 – 3,0 | Incoerente | Sciolto | 2,1 | 25,6 | 0,0 |
| 2 | Substrato calcareo – marnoso alterato, fratturato e localmente disgregato | 3,0 – 3,5 | Coesivo | Da addensato a pseudolitoide | 2,2 | 28,0 | 2,1 |
| 3 | Substrato litoide calcareo – marnoso maggiormente integro e compatto | > 3,5 | Litoide | Litoide | 2,4 | 30,4 | 3,6 |

dove:

$\gamma_d$: peso di volume;
$\varphi'_d$: angolo di attrito interno drenato;
$C_d$: coesione efficace.

**Sondaggio S2**

| | | | | | VALORI MEDI | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Unità litologica** | **Litologia** | **Profondità media** | **Tipo** | **Classificazione A.G.I.** | **$\gamma_m$** | **$\varphi'_m$** | **$C_m$** |
| | | **m da p.c.** | | | **t/m³** | **°** | **kg/cm²** |
| 1 | Materiale di riporto ghiaioso e ciottoloso in matrice limoso – sabbiosa | 0,0 – 5,5 | Incoerente | Sciolto | 2,1 | 32 | 0,0 |
| 2 | Substrato calcareo – marnoso alterato, fratturato e localmente disgregato | 5,5 – 7,5 | Coesivo | Da addensato a pseudolitoide | 2,2 | 35 | 3,0 |
| 3 | Substrato litoide calcareo – marnoso maggiormente integro e compatto | > 7,5 | Litoide | Litoide | 2,4 | 38 | 5,0 |

dove:

$\gamma_m$: peso di volume;
$\varphi'_m$: angolo di attrito interno efficace;

$C_m$: coesione efficace.

Lo schema geotecnico valido per l'area d'intervento, dedotto dalle indagini eseguite è il seguente:

- piano campagna di riferimento locale: inclinato;
- profondità della falda: -;
- terreno di fondazione: Unità litologica 2-3;
- volume significativo: Unità litologica 1 + 2 +3;
- valori medi parametri: vedasi tabella precedente.

Di seguito si riportano i valori caratteristici coincidenti con i valori medi, da adottare nei calcoli ove vengano previste Combinazioni contenenti M1, ai sensi del D.M. 17.01.2018.

| | | | | | **VALORI CARATTERISTICI** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Unità litologica** | **Litologia** | **Profondità media** | **Tipo** | **Classificazione A.G.I.** | **$\gamma_k$** | **$\varphi'_k$** | **$C_k$** |
| | | **m da p.c.** | | | **t/m³** | **°** | **kg/cm²** |
| 1 | Materiale di riporto ghiaioso e ciottoloso in matrice limoso – sabbiosa | 0,0 – 5,5 | Incoerente | Sciolto | 2,1 | 32 | 0,0 |
| 2 | Substrato calcareo – marnoso alterato, fratturato e localmente disgregato | 5,5 – 7,5 | Coesivo | Da addensato a pseudolitoide | 2,2 | 35 | 3,0 |
| 3 | Substrato litoide calcareo – marnoso maggiormente integro e compatto | > 7,5 | Litoide | Litoide | 2,4 | 38 | 5,0 |

dove:

$\gamma_k$: peso di volume;
$\varphi'_k$: angolo di attrito interno drenato;
$C_k$: coesione.

I valori di progetto da adottare nei calcoli ove vengano previste Combinazioni contenenti M2, dovranno essere ottenuti dividendo i valori caratteristici per un coefficiente riduttivo parziale secondo quanto indicato nell'Eurocodice 8 e nel D.M. 17.01.2018 – NTC. Tali parametri vengono ottenuti dividendo i valori caratteristici per i seguenti coefficienti di riduzione:

$\gamma_d = \gamma_k/1$;
$\varphi'_d = \varphi'_k/1{,}25$;
$C_d = C_k/1{,}4$.

| | | | | | **VALORI DI PROGETTO** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Unità litologica** | **Litologia** | **Profondità media** | **Tipo** | **Classificazione A.G.I.** | **$\gamma_d$** | **$\varphi'_d$** | **$C_d$** |
| | | **m da p.c.** | | | **t/m³** | **°** | **kg/cm²** |
| 1 | Materiale di riporto ghiaioso e ciottoloso in matrice limoso – sabbiosa | 0,0 – 5,5 | Incoerente | Sciolto | 2,1 | 25,6 | 0,0 |
| 2 | Substrato calcareo – marnoso alterato, fratturato e localmente disgregato | 5,5 – 7,5 | Coesivo | Da addensato a pseudolitoide | 2,2 | 28,0 | 2,1 |
| 3 | Substrato litoide calcareo – marnoso maggiormente integro e compatto | > 7,5 | Litoide | Litoide | 2,4 | 30,4 | 3,6 |

dove:

$\gamma_d$: peso di volume;
$\varphi'_d$: angolo di attrito interno drenato;
$C_d$: coesione efficace.

**Sondaggio S3**

| | | | | | **VALORI MEDI** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Unità litologica** | **Litologia** | **Profondità media** | **Tipo** | **Classificazione A.G.I.** | **$\gamma_m$** | **$\varphi'_m$** | **$C_m$** |
| | | **m da p.c.** | | | **t/m³** | **°** | **kg/cm²** |
| 1 | Materiale di riporto ghiaioso e ciottoloso in matrice limoso – sabbiosa | 0,0 – 5,5 | Incoerente | Sciolto | 2,1 | 32 | 0,0 |
| 3 | Substrato litoide calcareo – marnoso maggiormente integro e compatto | > 5,5 | Litoide | Litoide | 2,4 | 38 | 5,0 |

dove:

$\gamma_m$: peso di volume;
$\varphi'_m$: angolo di attrito interno efficace;
$C_m$: coesione efficace.

Lo schema geotecnico valido per l'area d'intervento, dedotto dalle indagini eseguite è il seguente:

- piano campagna di riferimento locale: inclinato;
- profondità della falda: -;
- terreno di fondazione: Unità litologica 2-3;
- volume significativo: Unità litologica 1+3;
- valori medi parametri: vedasi tabella precedente.

Di seguito si riportano i valori caratteristici coincidenti con i valori medi, da adottare nei calcoli ove vengano previste Combinazioni contenenti M1, ai sensi del D.M. 17.01.2018.

| | | | | | **VALORI CARATTERISTICI** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Unità litologica** | **Litologia** | **Profondità media** | **Tipo** | **Classificazione A.G.I.** | **$\gamma_k$** | **$\varphi'_k$** | **$C_k$** |
| | | **m da p.c.** | | | **t/m³** | **°** | **kg/cm²** |
| 1 | Materiale di riporto ghiaioso e ciottoloso in matrice limoso – sabbiosa | 0,0 – 5,5 | Incoerente | Sciolto | 2,1 | 32 | 0,0 |
| 3 | Substrato litoide calcareo – marnoso maggiormente integro e compatto | > 5,5 | Litoide | Litoide | 2,4 | 38 | 5,0 |

dove:

$\gamma_k$: peso di volume;
$\varphi'_k$: angolo di attrito interno drenato;
$C_k$: coesione efficace.

I valori di progetto da adottare nei calcoli ove vengano previste Combinazioni contenenti M2, dovranno essere ottenuti dividendo i valori caratteristici per un coefficiente riduttivo parziale secondo quanto indicato nell'Eurocodice 7 e nel D.M. 17.01.2018 – NTC. Tali parametri vengono ottenuti dividendo i valori caratteristici per i seguenti coefficienti di riduzione:

$\gamma_d = \gamma_k/1$;
$\varphi'_d = \varphi'_k/1{,}25$;
$C_d = C_k/1{,}4$.

| | | | | | **VALORI DI PROGETTO** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Unità litologica** | **Litologia** | **Profondità media** | **Tipo** | **Classificazione A.G.I.** | **$\gamma_d$** | **$\varphi'_d$** | **$C_d$** |
| | | **m da p.c.** | | | **t/m³** | **°** | **kg/cm²** |
| 1 | Materiale di riporto ghiaioso e ciottoloso in matrice limoso – sabbiosa | 0,0 – 5,5 | Incoerente | Sciolto | 2,1 | 25,6 | 0,0 |
| 3 | Substrato litoide calcareo – marnoso maggiormente integro e compatto | > 5,5 | Litoide | Litoide | 2,4 | 30,4 | 3,6 |

dove:

$\gamma_d$: peso di volume;
$\varphi'_d$: angolo di attrito interno drenato;
$C_d$: coesione efficace.

# 16 INDIVIDUAZIONE DELLE PRINCIPALI PROBLEMATICHE CHE COINVOLGONO LA COMPONENTE GEOLOGICA L. S. RISCONTRATE NELLA ZONA DI INTERVENTO IN RELAZIONE ALLE OPERE IN PROGETTO. INDICAZIONE DELLE SOLUZIONI PROGETTUALI ESECUTIVE

Le prove e indagini geotecniche svolte in sito e in laboratorio, unitamente ad un dettagliato rilevamento di terreno, hanno permesso di individuare e definire le principali problematiche geologiche l.s. dei terreni presenti in sito in relazione alle opere in progetto.

Tali problematiche sono risultate essere legate alla presenza, su tutta l'area d'intervento, di una cospicua quantità di materiale di riporto antropico sciolto, eterometrico e fortemente eterogeneo. Tali materiali aventi elevata potenza e scarse caratteristiche geotecniche, unitamente ad alcuni settori caratterizzati da una coltre eluvio - colluviale e detritico - colluviale, anch'essa con scadenti proprietà geotecniche, risultano inadatte ad ospitare fondazioni di tipo superficiale diretto quali semplici travi in c.a.

Come già anticipato un aspetto importante da considerare in fase di progettazione esecutiva degli interventi previsti (con particolare riferimento ai fabbricati ed alle strutture in progetto) è la potenza, spesso notevole, della copertura di materiali sciolti (antropici e naturali), che influisce sensibilmente sulla modalità di esecuzione degli interventi di sbancamento, nonché per la scelta della tipologia fondazionale delle opere in progetto.

Si rappresenta che i punti più critici, per quanto riguarda la presenza del suddetto riporto, sono quelli in corrispondenza del settore W e del muro frangiflutti presente lungo il confine S dell'area d'intervento.

In base a quanto emerso nella presente fase di indagine, rilevata la presenza in sito di materiale di riporto antropico sciolto con scarse caratteristiche geotecniche e di elevata potenza, con particolare riferimento, come detto al settore più prossimo al confine S dell'area d'intervento ed al settore W, si possono prevedere in linea di massima 2 tipologie fondazionali da utilizzarsi per la realizzazione dei fabbricati e delle strutture in progetto:

1. fondazioni superficiali continue del tipo platea, che vadano a gravare quindi in modo molto contenuto sul materiale sciolto superficiale, avente scadenti caratteristiche geotecniche (compressibile). Il piano di appoggio alle fondazioni dei manufatti dovrà obbligatoriamente essere costituito da livelli di coltre o riporto incoerente a componente sabbiosa con frammenti litoidi prevalente, evitando scrupolosamente eventuali depositi a componente medio - fine (limi ed argille e termini intermedi).
2. fondazioni profonde indirette del tipo micropali, immorsati per almeno m 3 nel substrato litoide poco alterato e fratturato.

Alla luce delle indagini preliminari eseguite, è possibile evidenziare una risalita del substrato roccioso spostandosi verso il settore N dell'area d'intervento. Tale situazione, se da un lato rappresenta un fattore positivo, in quanto grazie alla previsione dei locali interrati si andrà con ogni probabilità ad interessare in parte con le opere fondazionali tale substrato, alla luce dello sviluppo verso la linea di costa dei complessi residenziali in progetto, potranno insorgere fenomeni di

cedimento differenziale legati alle differenti caratteristiche dei terreni costituenti il piano di appoggio (substrato roccioso a monte e coltre/riporto a valle), si dovrà quindi ricorrere obbligatoriamente alla realizzazione, nei settori a valle dei fabbricati, ad opere fondazionali profonde (indirette).

Al fine di garantire adeguate condizioni di stabilità ai fronti di scavo di altezza superiore a m 4, sarà quindi da prevedersi la realizzazione di opere speciali di sostegno da realizzarsi preliminarmente allo scavo stesso, costituite da diaframmi di micropali, adeguatamente dimensionati, immorsati per almeno metri 3 in roccia sufficientemente integra e compatta e distribuiti omogeneamente su tutto il perimetro dello scavo, da collegarsi a vari livelli con travi in c.a., rese solidali a tiranti con trefoli immorsati per almeno m 3 in roccia sufficientemente compatta ed integra, opportunamente inclinati e tesati, la cui tipologia ed il cui corretto calcolo e dimensionamento verranno eseguiti da Tecnico Progettista qualificato in fase di progettazione esecutiva. Tale tipologia d'intervento potrà rendersi necessaria in particolare nel settore NE dell'area d'intervento, interessato dalla realizzazione della seconda strada (interrata) d'accesso all'area di S.U.A, in prossimità di fabbricati residenziali.

Nei casi in cui lo scavo non sia preceduto dall'esecuzione preliminare di interventi di messa in sicurezza e consolidamento del versante (pali e tiranti), ci si riferisce a fronti di altezza non superiore a m 4, i muri di controripa da edificarsi a tergo e nell'intorno dei fabbricati dovranno comunque essere fondati quanto meno sul substrato roccioso poco alterato e fratturato, o, ancora meglio, su materiale litoide integro e compatto, con la previsione, pertanto, di ricorrere a fondazioni indirette e profonde; tali opere di contenimento saranno auspicabilmente rese solidali a tiranti con trefoli (con penetrazione per almeno m 3 in roccia integra e compatta) in grado di contrastare adeguatamente la considerevole spinta da monte.

Dovranno, inoltre, essere curate, in modo particolare, le opere di drenaggio a tergo dei muri di contenimento (controterra); ove possibile, esse saranno costituite da una cunetta di fondo a tergo dei manufatti (collegata alla rete idrica di smaltimento), con riempimento a ridosso dei muri stessi di materiale inerte drenante per uno spessore non inferiore a cm 25. Potrà infine essere talvolta importante la previsione, a tergo dei muri di controripa, di drenaggi profondi, con infissione di tubi suborizzontali microfessurati con avvolgimento in "tessuto non tessuto" (canne drenanti).

In ogni caso, i lavori di scavo (in assenza di preliminari opere di consolidamento: tiranti e pali) dovranno essere eseguiti a campioni di ridotte dimensioni (altezza massima m 3,0 per una lunghezza non superiore a m 6) ed in periodi di scarse precipitazioni, ponendo l'usuale attenzione per le pareti verticalizzate, ove potrebbero verificarsi dei dissesti, evitando lunghe esposizioni dei fronti di scavo agli agenti atmosferici.

Fossi e canali di gronda superficiali dovranno essere realizzati a monte dell'area d'intervento ed essere in grado di captare, convogliare e smaltire all'interno di un collettore principale le acque a scorrimento superficiale. Lo smaltimento di tali acque avverrà a mare, dopo opportuna chiarificazione delle stesse.

E' necessario, a questo punto, fare alcune importanti considerazioni circa la viabilità e le aree esterne ai fabbricati.

In generale, per quanto riguarda le superfici impermeabili di servizio e pertinenza ai nuovi edifici, come strade, parcheggi, marciapiedi, aree cementate, etc., la crescente urbanizzazione porta con sé un loro considerevole incremento.

L'acqua piovana che cade su tali superfici causa problemi, che si possono riassumere in un aumento dell'acqua di ruscellamento durante le precipitazioni che provoca erosione dei banchi di terra circostanti le superfici impermeabili.

Inoltre, trascinando con sé oli, detriti e sporcizia varia (principalmente a causa dei veicoli), l'acqua di ruscellamento inquina i torrenti, il mare e le possibili sorgenti idriche potabili ed in più si interrompe il naturale ciclo idrogeologico dell'acqua piovana che non va più a "ricaricare" il terreno sottostante la pavimentazione sulla quale cade.

Tra i sistemi adottati per contenere le suddette problematiche (ruscellamento ed inquinamento) vi è l'utilizzo di pavimentazioni permeabili in elementi autobloccanti. Tra gli altri pregi, esse agiscono come una sorta di filtro per l'acqua che investe la pavimentazione. Infatti, l'acqua piovana, eventualmente entrata in contatto con sostanze inquinanti, attraversando i giunti riempiti con sabbia, viene in parte depurata e si va quindi a depositare nel terreno di base che funge da serbatoio. In seguito, l'acqua viene pian piano assorbita dal terreno e, pertanto, il ciclo idrogeologico non risulta interrotto. Inoltre, si ottiene il duplice effetto di eliminare il pericoloso fenomeno del ruscellamento superficiale (con eliminazione anche della formazione di pozzanghere) e di evitare la costruzione di onerosi canali di raccolta e scolo, con un conseguente guadagno anche di spazio utilizzabile.

Un ulteriore vantaggio riscontrabile nel ricorso a tale tipo di pavimentazione si trova nel costo di manutenzione, che sempre più dovrebbe tendere ad influenzare la scelta della soluzione finale di progetto. Si pensi al caso in cui sia necessario accedere a tubature od opere sottostanti la pavimentazione: grazie alla struttura di quest'ultima in elementi autobloccanti si possono agevolmente asportare i blocchetti nell'area d'intervento, accedere alle opere sottostanti, eseguire i lavori e ripristinare la pavimentazione utilizzando gli stessi elementi in precedenza tolti, evitando così inestetici "rattoppi".

Si possono riassumere i pregi delle pavimentazioni permeabili in elementi autobloccanti nei seguenti punti:

- riduzione dell'acqua di ruscellamento;
- depurazione dell'acqua infiltrata;
- ricarica dell'acqua nel terreno;
- conservazione dello spazio;
- costi di manutenzione ridotti a lungo termine.

Per contro, è però necessario evidenziare anche i difetti che possono limitare l'uso di tale tipo di pavimentazione:

- costi di costruzione maggiori rispetto alle consuete pavimentazioni in conglomerato bituminoso o calcestruzzo;
- studio accurato del sito di costruzione per verificare l'attitudine del terreno di sottofondo e di base allo smaltimento dell'acqua;
- programma di manutenzione adeguato per evitare la chiusura dei giunti tra elemento ed elemento.

Osservazioni condotte presso autorevoli centri universitari di ricerca (Università di Newcastle – GB) su modelli di pavimentazione permeabile in elementi autobloccanti creati in laboratorio hanno mostrato che le prestazioni relative al drenaggio dell'acqua dipendono dalla larghezza dei giunti e dalla frazione fine della sabbia usata per riempire i giunti stessi.

L'esito di tali ricerche ha dimostrato che, sebbene le pavimentazioni permeabili in elementi autobloccanti possano essere parzialmente sigillate da detriti ed altro durante la loro vita, usando un appropriato valore di larghezza dei giunti e di granulometria della sabbia, la permeabilità aumenta notevolmente raggiungendo valori assolutamente soddisfacenti sotto qualsiasi precipitazione.

È stato osservato dai suddetti Enti di ricerca che, data una larghezza di giunto, è possibile trovare un'opportuna granulometria della sabbia che soddisfi i requisiti minimi di drenaggio. Conseguentemente, si può affermare che esista una stretta relazione tra le 2 variabili sopraccitate e che non è detto che un giunto largo sia più indicato di uno stretto.

Nello specifico, fra i casi esaminati, la migliore soluzione è apparsa quella costituita da un giunto largo (larghezza mm 6) testato con sabbia con nessun passante al setaccio da mm 2; l'assenza della frazione fine agevola il drenaggio dell'acqua nella pavimentazione.

Inoltre, quando si prevede, durante la vita utile della pavimentazione, un'importante quantità di polveri, detriti, oli ed altro sulla superficie della pavimentazione o, ancora, laddove non sia possibile programmare una frequente manutenzione, è consigliabile utilizzare un giunto largo che previene una possibile occlusione anticipata di quest'ultimo.

In conclusione, per le piazzole, per i parcheggi, per le vie d'accesso ai fabbricati e per i marciapiedi si ritiene, quindi, opportuno il ricorso all'utilizzo di pavimentazioni tipo elementi autobloccanti, o simili, i quali garantiscono un buon drenaggio lungo le giunture (spaziatura mm 6 circa, in modo tale che la superficie permeabile totale sia pari o maggiore al 25 % dell'area complessiva coperta da elementi autobloccanti), eliminando o, quanto meno, riducendo in modo significativo i deflussi superficiali concentrati e diffusi; ovviamente, il piano di posa delle suddette pavimentazioni dovrà essere costituito esclusivamente da uno strato di base in sabbia (granulometria > mm 2), evitando, quindi, ogni tipo di impermeabilizzazione.

Si evidenzia che, per quanto riguarda le superfici "coperte" con elementi autobloccanti, con particolare riferimento alle vie d'accesso ai fabbricati ed ai connessi piazzali di parcheggio, non dovranno prevedersi pendenze superiori al 10 %. In caso di non rispetto della suddetta prescrizione, tali aree verranno considerate, in ogni caso, impermeabili.

In alternativa a quanto sopra esposto, i marciapiedi, le piazzole di manovra e parcheggio intorno agli edifici e le vie d'accesso, se impermeabilizzate, dovranno essere, comunque, dotati di opportune opere d'intercettazione, raccolta, canalizzazione e smaltimento delle acque meteoriche, in accordo con quanto previsto dal vigente Piano di Bacino.

Tutti gli interventi sommariamente indicati nel presente capitolo dovranno essere oggetto di specifica progettazione esecutiva, a firma di tecnico abilitato, al fine di definirne dettagliatamente le caratteristiche dimensionali e tutto quanto concorra alla loro buona realizzazione ed alla loro durata nel tempo.

# 17 OPERE DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO

## 17.1 Premessa

Una volta ottenuti i valori caratteristici e di progetto da utilizzarsi nelle diverse tipologie di verifiche da parte del Progettista, tutte le opere e le componenti strutturali dovranno essere progettate, eseguite, collaudate e soggette a manutenzione in modo tale da consentirne la prevista utilizzazione in forma economicamente sostenibile e con il livello di sicurezza previsto dalla normativa vigente.

Le opere e le varie tipologie strutturali dovranno possedere i seguenti requisiti:

- sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU);
- capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone, o comportare la perdita di beni, o provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera;
- sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- robustezza nei confronti di azioni eccezionali: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescanti quali incendio, esplosioni, urti.

Il superamento di uno stato limite ultimo (SLU) ha carattere irreversibile e si definisce collasso. Il superamento di uno stato limite di esercizio (SLE) può avere carattere reversibile o irreversibile.

Il superamento di uno stato limite di esercizio (SLE) ha carattere reversibile nel caso che si esamini una situazione in cui la deformazione o il danno cessino con l'estinguersi della causa che ha determinato il superamento dello stato limite. Se, pur non avendosi il collasso, l'opera subisce lesioni tali da renderla inutilizzabile, in quest'ultimo caso siamo in presenza di danni irreversibili o di deformazioni permanenti inaccettabili. Ad esempio, nel caso di una fondazione superficiale ciò può verificarsi quando i cedimenti del terreno superano una soglia critica, provocando delle distorsioni angolari non accettabili negli elementi della sovrastruttura.

Per le opere esistenti è possibile fare riferimento a livelli di sicurezza diversi da quelli delle nuove opere ed è anche possibile considerare solo gli stati limite ultimi (SLU).

La verifica della sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) di resistenza si ottiene con il "Metodo semiprobabilistico dei Coefficienti parziali" di sicurezza tramite l'equazione:

$$Rd > Ed$$

con:

Rd = resistenza di progetto, valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali e ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate (di pertinenza del geotecnico e dello strutturista);
Ed = valore di progetto dell'effetto delle azioni, valutato in base ai valori di progetto nelle varie combinazioni di carico (di pertinenza dello strutturista).

Disponendo dei carichi indotti dalle strutture in progetto, nonché dei parametri caratteristici e di progetto forniti, dovranno essere effettuate dal Progettista le verifiche ai diversi stati limite del sistema geotecnico per le combinazioni A1+M1+R1, A2+M2+R2 e A1+M1+R3, suddivise nei 2 approcci previsti, applicando i coefficienti parziali sui parametri del D.M. 14.01.2008 indicati nelle tabelle seguenti.

| PARAMETRO | COEFF. PARZIALE | |
|---|---|---|
| | A1 | A2 |
| Carichi permanenti | $\gamma_G$ = 1,3 | $\gamma_G$ = 1,0 |
| Carichi variabili | $\gamma_Q$ = 1,5 | $\gamma_Q$ = 1,3 |

| PARAMETRO | | COEFF. PARZIALE | |
|---|---|---|---|
| | | M1 | M2 |
| Angolo di attrito | tan$\phi$' | $\gamma_{\phi'}$ = 1,00 | $\gamma_{\phi'}$ = 1,25 |
| Coesione | c' | $\gamma_{c'}$ = 1,00 | $\gamma_{c'}$ = 1,25 |
| Resistenza non drenata | $c_u$ | $\gamma_{cu}$ = 1,00 | $\gamma_{cu}$ = 1,40 |
| Peso di volume | $\gamma$ | $\gamma_\gamma$ = 1.00 | $\gamma_\gamma$ = 1.00 |

| PARAMETRO | COEFF. PARZIALE | | |
|---|---|---|---|
| | R1 | R2 | R3 |
| Carico limite | $\gamma_R$ = 1,0 | $\gamma_R$ = 1,8 | $\gamma_R$ = 2.3 |

## 17.2 Opere di fondazione

Relativamente alle verifiche strutturali delle fondazioni, nel caso il Progettista delle verifiche di queste nei confronti dei diversi Stati Limite strutturali (STR) e geotecnici (GEO) utilizzi i seguenti approcci: DA1.1 - Approccio 1 - Combinazione 1: (A1+M1+R1) e DA1.2 - Approccio 2 - Combinazione 1: (A1+M1+R3) i parametri di riferimento che dovranno essere utilizzati saranno quelli *caratteristici* ($\gamma_k$,$Cu_k$,$\varphi'_k$). Nel caso venga invece utilizzato il seguente approccio: DA1.1 - Approccio 1 - Combinazione 2: (A2+M2+R2), i parametri da utilizzare saranno quelli di *progetto* ($\gamma_d$,$Cu_d$,$\varphi'_d$).

## 17.3 Opere di sostegno

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno - terreno dovrà essere effettuata secondo l'approccio: DA1.1 - Approccio 1 - Combinazione 2: (A2+M2+R2), utilizzando i parametri di *progetto* ($\gamma_d$,$Cu_d$,$\varphi'_d$). Le rimanenti verifiche dovranno essere effettuate secondo almeno uno dei seguenti approcci: DA1.1 - Approccio 1 - Combinazione 1: (A1+M1+R1) (STRU) utilizzando i parametri di *progetto* ($\gamma_k$,$Cu_k$,$\varphi'_k$) e DA1.2 - Approccio 1 Combinazione 2: (A2+M2+R2) (GEO) utilizzando i parametri di *progetto* ($\gamma_d$,$Cu_d$,$\varphi'_d$) oppure DA1.2 - Approccio 2 - Combinazione 1: (A1+M1+R3) utilizzando i parametri di *progetto* ($\gamma_k$,$Cu_k$,$\varphi'_k$).

# 18 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La presente relazione geologica e geotecnica sulla fattibilità di uno Strumento Urbanistico Attuativo (S.U.A.) per zona di pianificazione PRUSST - Intervento 8.60 AF "Riqualificazione del litorale Torre dei Marmi", in Comune di CIPRESSA (IM), all'interno di un lotto di terreno sito nella zona litoranea del Camping Cipressa, fa seguito all'incarico conferito allo scrivente dalla Società Hanbury s.r.l. con sede in corso Re Umberto 23 - Torino, nonché dal Progettista dell'intervento, Dott. Arch. Flavio Gaudino.

Le indagini eseguite, estese ad un significativo intorno dell'area interessata dagli interventi, in ottemperanza al Testo Unitario - Norme tecniche per le costruzioni (D.M. 17.01.2018) nonché alla normativa urbanistica regionale (L.R. 15/2018), sono state finalizzate a verificare la fattibilità geologica l. s. delle opere previste dallo strumento urbanistico attuativo in oggetto, nonchè di definire le potenzialità di fruizione dei terreni coinvolti, in relazione all'assetto territoriale, traendone le opportune valutazioni sulla compatibilità delle opere in progetto con la situazione idrogeologica e geomorfologica locale.

Sono state inoltre fornite ai Progettisti dell'intervento utili indicazioni preliminari sui termini litologici presenti, sulla scelta di massima del più idoneo piano di appoggio alle opere di fondazione dei manufatti in progetto, sull'eventuale presenza di fenomeni di dissesto in atto o potenziali (allo stato attuale ed alla luce degli interventi previsti), sulla presenza di acque sotterranee (soprattutto a ridotta soggiacenza), nonché sulle corrette modalità di raccolta e smaltimento delle acque di precipitazione diretta ed indiretta.

I risultati dell'indagine geologica l.s. sono stati ampiamente descritti e commentati nel testo della presente relazione tecnica.

**Alla luce delle indagini geomorfologiche, geolitologiche, idrologiche ed idrogeologiche di superficie e di profondità, nonché delle verifiche eseguite, si può concludere che l'area debba ritenersi idonea, dal punto di vista geologico – tecnico, alla destinazione prevista.**

Sebbene trattasi della realizzazione di interventi edificatori di rilevanti dimensioni, essi saranno adeguatamente inseriti nel territorio; si ritiene pertanto che risulteranno, per quanto possibile, contenuti gli effetti indotti sull'ambiente circostante, in quanto la soluzione esecutiva adottata risulta la meno invasiva dal punto di vista paesaggistico ed ambientale.

Dal punto di vista **geomorfologico**, la zona interessata dall'indagine, ricompresa tra le quote medie di circa 0,0 m s.l.m. e 20,0 m s.l.m., ha come principale caratteristica, quella di formare un ambiente di tipo litoraneo; essa ricade nel tratto terminale (basale) del pendio collinare marittimo, a strapiombo sulla linea di costa, nel tratto in esame, di larghezza modesta. Lungo la parte di versante in analisi, l'acclività è medio – alta, con pendenza verso S e SW; essa tende ad aumentare in maniera significativa spostandosi verso la linea di costa, dando vita a valle ad una parete ripida e scoscesa, contenuta da un muro frangiflutti in pietra e cemento di significative dimensioni. Il pendio è interessato da alcune rotture di pendenza e da frequenti terrazzamenti antropici.

I rilievi eseguiti, le informazioni storiche acquisite nonché l'analisi della Cartografia delle Aree Storicamente Inondate alla scala 1:25.000, elaborata dalla Regione Liguria – Dipartimento Infrastrutture Trasporti ed Opere Pubbliche – Servizio Protezione Civile – Direzione Centrale Affari Legali ed Organizzativi – S.I.T.A.R. (Servizi Informativi Territoriali ed Ambientali Regionali), con

D.G.R. del 01.06.2001, non hanno evidenziato il verificarsi di fenomeni di esondazione per piene ordinarie e straordinarie dei corsi d'acqua minori ed artificiali, che hanno coinvolto la zona indagata anche in tempi recenti.

I rilievi eseguiti non hanno evidenziato fenomeni di erosione accelerata o di mobilizzazione riguardanti il tratto di versante indagato; tuttavia da un'analisi storica del sito d'intervento è emerso che nei primi del '900 il tracciato ferroviario è stato traslato verso N, con percorso in galleria, in seguito ad un movimento verso valle del cospicuo riporto antropico (su cui sorgeva il rilevato stresso) realizzato lungo la linea di costa (all'interno dell'area d'indagine), al fine di formare una superficie piana da utilizzarsi per la linea ferroviaria stessa. Tale riporto risulta attualmente stabilizzato da una serie di interventi di contenimento quale il muro frangiflutti presente lungo il confine di valle dello SUA.

I manufatti presenti nell'area in esame e nel suo intorno non manifestano, allo stato attuale, lesioni significative. La presenza di piccole lesioni in alcuni fabbricati è, presumibilmente, attribuibile ad assestamenti strutturali degli edifici stessi.

**Si rappresenta che, preliminarmente ad ogni altro intervento previsto dallo strumento urbanistico in oggetto, dovrà essere eseguita un'attività di manutenzione straordinaria del muro frangiflutti, finalizzata, ma non solo, all'eliminazione degli sgrottamenti presenti al piede del manufatto, nonché a locali consolidamenti. Sarà inoltre da prevedersi una periodica attività di monitoraggio (strumentale e visiva) dell'opera in oggetto, sia durante i lavori che nel tempo. In riferimento a quanto sopra si rimanda alla specifica documentazione a firma del responsabile delle strutture Ing. Paolo Turbiglio.**

Alla luce di quanto esposto, l'area in oggetto è da ritenersi complessivamente stabile, escludendo, al momento dell'indagine, fenomeni morfogenici dissestivi in atto o potenziali di particolare entità. Solo localmente si potranno presentare modeste e puntuali problematiche geomorfologiche connesse con la variazione della composizione e della potenza del materiale sciolto di copertura, del suo stato di consistenza e delle locali condizioni di equilibrio del pendio. Potranno quindi verificarsi fenomeni di piccoli assestamenti legati alla circolazione idrica superficiale e sub-superficiale, anche in settori della zona in esame apparentemente assestati, in tempi più o meno lunghi.

Dal punto di vista **geolitologico**, in base al rilievo effettuato ed a quanto riportato sul Foglio n° 102 "Sanremo" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, i terreni presenti nell'area d'intervento, talvolta in affioramento, sono di origine marina ed appartengono alla Formazione Cretaceo Superiore del Flysch ad Helminthoida (Flysch di Sanremo) e sono costituiti, in prevalenza da argilloscisti e arenarie con fitte intercalazioni di calcari e calcari marnosi.

Dal punto di vista delle **caratteristiche geotecniche**, le indagini eseguite nell'area d'intervento, consistenti nell'esecuzione di n. 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, n. 8 prove penetrometriche dinamiche del tipo SCPT, n. 8 prove penetrometriche standard (SPT), n. 9 analisi geotecniche di laboratorio, n. 3 di indagini sismiche a rifrazione, n. 3 indagini sismiche di tipo MASW, n. 10 indagini sismiche passive unitamente ad un dettagliato rilevamento di terreno, hanno permesso di individuare e definire preliminarmente le principali problematiche geologiche l.s. dei terreni presenti in sito in relazione alle opere in progetto. Tali problematiche sono risultate essere legate alla presenza, su tutta l'area d'intervento, di una cospicua quantità di materiale di riporto antropico sciolto, eterometrico e fortemente eterogeneo. Tali materiali aventi elevata potenza e scarse caratteristiche geotecniche, unitamente ad alcuni settori caratterizzati da una coltre

eluvio - colluviale e detritico – colluviale da sabbiosa a limoso-argillosa, anch'essa con scadenti proprietà geotecniche, risultano inadatte ad ospitare fondazioni di tipo superficiale diretto quali semplici travi.

**Stante quanto indicato in precedenza, si riportano alcune prescrizioni da seguire obbligatoriamente in fase di progettazione esecutiva, di realizzazione dei lavori, nonché a fine lavori, al fine di garantire la sicurezza e la stabilità dei luoghi (e di un loro congruo intorno) e delle opere in oggetto.**

*In fase di progettazione esecutiva e comunque prima dell'inizio lavori si dovrà scrupolosamente rispettare quanto segue:*

- Il Tecnico incaricato dovrà avvalersi della collaborazione del Geologo, al fine di definire la corretta soluzione esecutiva delle opere, con attenta valutazione dell'interazione delle stesse con il terreno e della stabilità dell'area in esame e del suo intorno, alla luce degli interventi in oggetto.
- Il Tecnico incaricato dovrà avvalersi della collaborazione del Geologo, al fine di definire le indagini e prove geotecniche di profondità da eseguirsi in funzione delle soluzioni esecutive previste, al fine di permettere la precisa caratterizzazione geotecnica del "volume significativo" (ai sensi del D.M. 14.01.2008 e s.m.i. e D.M 17.01.2018).
- Nel caso di utilizzo dei valori dei parametri geotecnici indicati nel presente documento (peso di volume, angolo di attrito, coesione, etc.), ai fini del dimensionamento e della verifica delle opere fondazionali e delle opere di sostegno, essi andranno comunque scrupolosamente verificati e confermati in seguito alla realizzazione in sito di apposite prove ed indagini geognostiche e geotecniche puntuali.
- Sarà comunque da prevedersi l'esecuzione di un adeguato numero di pozzetti esplorativi, spinti almeno fino alla profondità di imposta delle strutture di fondazione, finalizzati anche, ma non solo, a valutare locali presenze idriche sotterranee e la rispondenza dei terreni attraversati ai modelli geologico e geotecnico elaborati preliminarmente nel presente documento.
- Il Tecnico incaricato, con il supporto del Geologo, dovrà calcolare e dimensionare, in modo cautelativo, tutte le opere controterra, sia di tipo provvisionale che definitivo, al fine che le stesse siano in grado di opporsi e contrastare adeguatamente la spinta del terreno; andrà quindi verificata la buona stabilità di tali opere, sia in fase esecutiva che a lavori ultimati, anche valutando l'effetto di possibili apporti idrici (superficiali e/o sub-superficiali, puntuali e/o diffusi, inclusi eventi di pioggia particolarmente intensi e/o prolungati), il tutto anche in prospettiva sismica.
- Il Tecnico incaricato dovrà definire le opere di intercettazione, raccolta e smaltimento di tutti i possibili apporti idrici nell'area di cantiere ed in quella di sua influenza, garantendone il corretto recapito in idoneo ricettore.
- Il Tecnico incaricato, con il supporto del Geologo, dovrà attentamente verificare ed escludere con ragionevole certezza, prima dell'inizio lavori, che gli interventi in progetto (con particolare riferimento ai movimenti terra, ovvero scavi e riporti, ma non solo), non siano e non possano essere causa e/o concausa, diretta e/o indiretta, a breve, medio e lungo termine, di qualsivoglia problematica dissestiva e/o idrologica su edifici, manufatti, opere antropiche e terreni presenti in un congruo intorno dell'area d'intervento. Al fine di prevenire quanto sopra

sarà opportuno effettuare appositi sopralluoghi nell'intorno, anche con acquisizione di documentazione fotografica, che attesti lo stato dei luoghi ante operam (stato di consistenza).

*In fase esecutiva si dovrà scrupolosamente rispettare quanto segue:*

- Andrà prevista, quando necessario, la figura del Geologo, al fine di:
  - valutare eventuali problematiche di carattere geologico - tecnico ed idrogeologico emerse, non previste in fase progettuale, fornendone le adeguate soluzioni tecniche;
  - verificare, mediante apposite prove sui fronti di scavo e sul piano di fondazione, i caratteri geologici e geotecnici dei litotipi ricadenti nel "volume significativo" di terreno dei manufatti in costruzione, ai fini delle verifiche strutturali di questi;
  - supportare la D.L. circa possibili varianti resesi necessarie in corso d'opera;
  - valutare la corretta esecuzione di tutte le attività coinvolgenti la componente geologica l. s. (impermeabilizzazioni, etc.);
  - effettuare un'attenta analisi visiva del terreno di fondazione per accertare la presenza di eventuali disomogeneità dello stesso e, se rilevate, fornire adeguate soluzioni esecutive atte a garantire il buon esito dell'intervento in oggetto.
  - Porre in essere un sistema di monitoraggio, adeguato agli interventi in esecuzione, esteso ad un congruo intorno, al fine di rilevare immediatamente l'eventuale insorgere di problematiche dissestive, così da poter attivare tempestivamente i necessari rimedi.
- Evitare fenomeni di appoggio differenziato su porzioni di terreno a diverso grado d'addensamento e consolidamento, il tutto al fine di evitare cedimenti o dissesti.
- Al di sotto delle fondazioni in c.a., ove previste, dovrà essere gettato in opera un "magrone" di sottofondo in ghiaia o misto granulare anidro, ben costipato e livellato, od eventualmente in cls, di adeguato spessore ed estensione, con eventuale rete elettrosaldata.
- Ogni fronte aperto dovrà essere adeguatamente contrastato e sostenuto dalle necessarie opere controterra, sia di tipo provvisionale che definitivo, al fine di garantire la sicurezza in fase esecutiva ed a lavori ultimati dell'area d'intervento e di un suo congruo intorno, anche in previsione di eventi di pioggia particolarmente intensi e/o prolungati. Nel caso si verifichino situazioni di disomogeneità, sarà necessario procedere a sistemazioni differenziate.
- I lavori di scavo dovranno essere eseguiti a campioni di ridotte dimensioni ed in periodi di scarse precipitazioni, ponendo l'usuale attenzione per le pareti verticalizzate, specie in coltre, ove potrebbero verificarsi dei dissesti, evitando lunghe esposizioni dei fronti di scavo agli agenti atmosferici.
- I riporti, temporanei e/o definitivi, andranno depositati in aree la cui stabilità, puntuale e del loro intorno, sia stata oggetto di attenta verifica in fase esecutiva, al fine di garantire la sicurezza dei luoghi nel tempo.
- Dovranno essere realizzate tutte le opere di intercettazione, raccolta e smaltimento di tutti i possibili apporti idrici nell'area di cantiere ed in quella di sua influenza, garantendone il corretto recapito in idoneo ricettore, al fine di evitare ogni possibile problematica dissestiva.
- Osservare attentamente, da parte dell'Impresa esecutrice, sotto il controllo del Responsabile della sicurezza e della D.L., l'assoluto rispetto delle norme in materia di sicurezza nei cantieri.
- Andranno posti in essere tutti gli interventi, gli accorgimenti e le cautele atte a garantire la sicurezza dei luoghi.

*Si rappresenta che, realizzati gli interventi in oggetto, dovrà essere redatta un'apposita relazione geologica e geotecnica di fine lavori, che attesti:*

- Il rispetto delle prescrizioni geologiche l.s., con particolare riferimento a quelle fornite in fase esecutiva.
- L'assenza di problematiche morfogeniche dissestive, idrogeologiche e geotecniche evidenziatesi a seguito dell'intervento in oggetto.
- La necessità di eventuali varianti progettuali con implicazioni geologiche l.s. emerse in corso d'opera.

*Le attività professionali di cui sopra, con riferimento a quelle di specifica competenza del Geologo, dovranno essere oggetto di specifico incarico professionale a quest'ultimo Tecnico.*

La presente relazione costituisce adempimento alle Norme Tecniche di cui al D.M. 17.01.2018.

Sanremo, 25 Febbraio 2020




Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI

# 19 BIBLIOGRAFIA

[1] de Vallejo, L. G., & Ferrer, M. (2012). *Geological engineering*. CRC Press.

[2] Lambe, T. W., & Whitman, R. V. (2008). *Soil mechanics SI version*. John Wiley & Sons.

[3] Lancellotta, R. (2001). *Geotecnica*. Zanichelli.

[4] Ministero delle Infrastrutture (2008). *Norme tecniche per le costruzioni.* Gazzetta Ufficiale, n. 14/2008.

[5] Ministero delle Infrastrutture (2018). *Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni.* Gazzetta Ufficiale, n. 42/2018.

[6] *Piano di Bacino*.

[7] *P.U.C. (Piano Urbanistico Comunale).*

[8] Standard, B. (2005). *Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part, 1*, 1998-1.

[9] R.D.L. 30 Dicembre 1923, n. 3267. *Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani.* Gazzetta Ufficiale, n. 117/1923.

[10] D.P.R. 13 Giugno 2017, n. 120. *Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'Art. 8 del D.L. 12 Settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla L. 11 Novembre 2014, n. 164.* Gazzetta Ufficiale, n. 183/2017.

# 20 ALLEGATI

# INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Scala 1:10.000

N



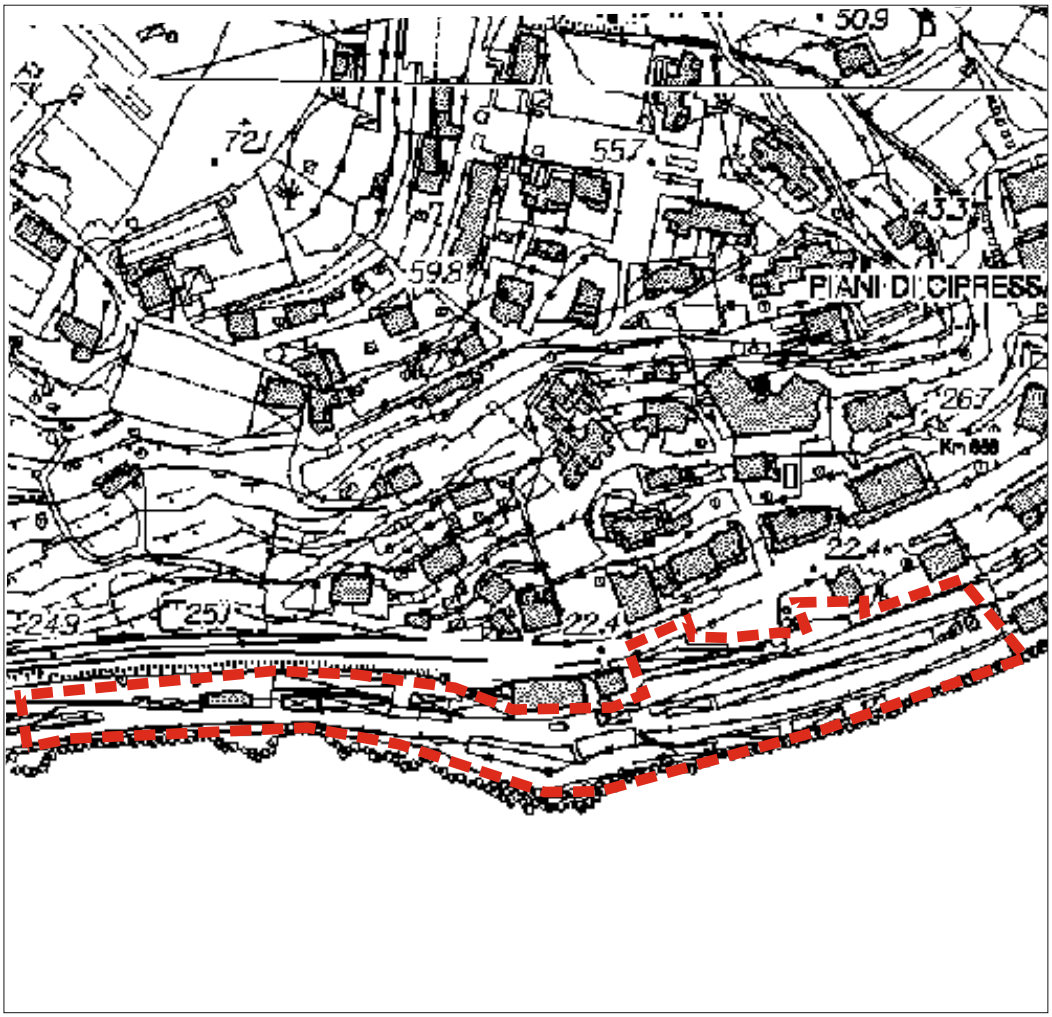

## LEGENDA

Delimitazione indicativa area. Il limite di valle è costituito dal muro frangiflutti.

# INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Scala 1:5.000

N




## LEGENDA

Delimitazione indicativa area. Il limite di valle è costituito dal muro frangiflutti.

# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA AEREA

N



## LEGENDA

Delimitazione indicativa area. Il limite di valle è costituito dal muro frangiflutti.

# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA AEREA DI DETTAGLIO

N

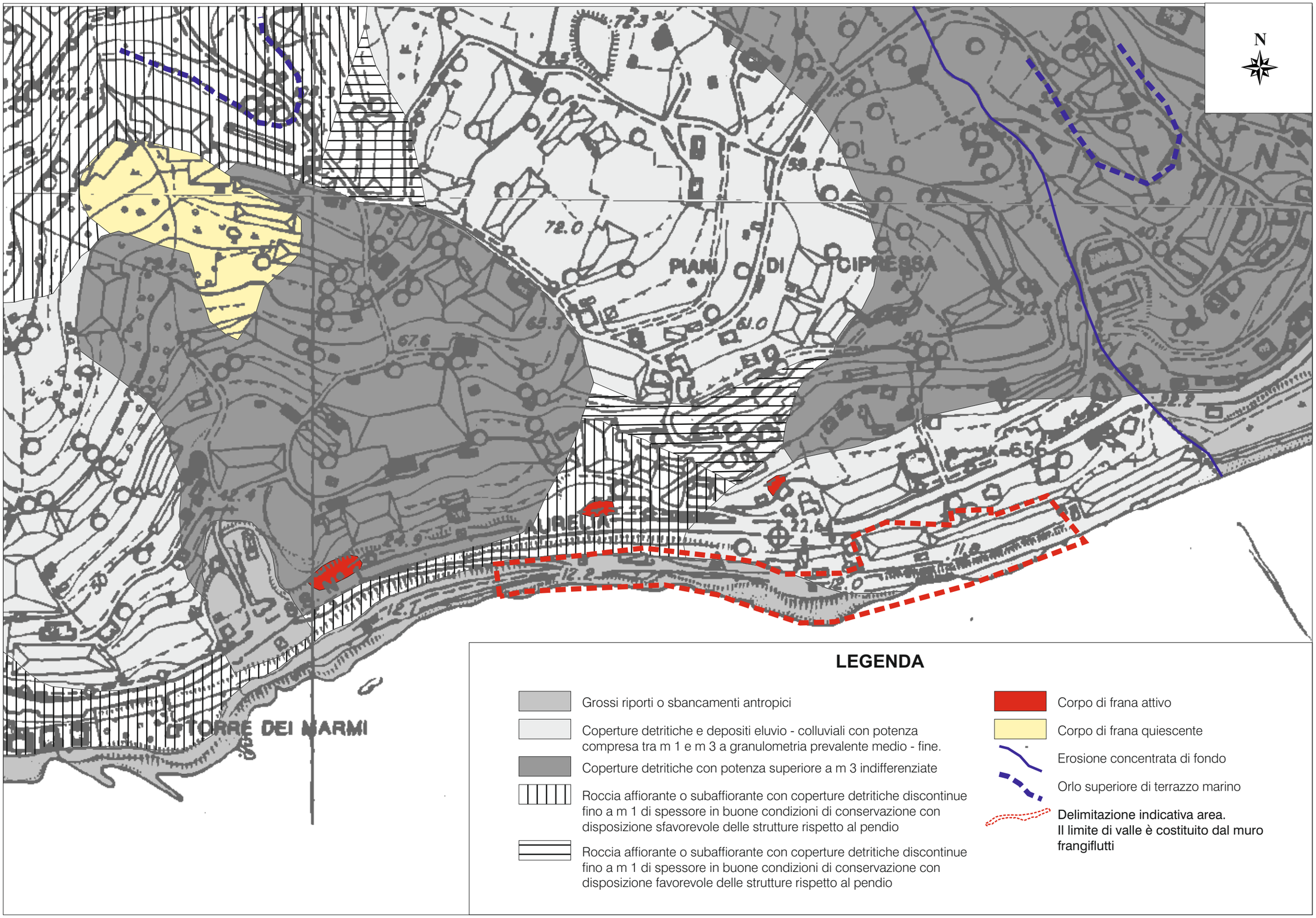


## LEGENDA

Delimitazione indicativa area. Il limite di valle è costituito dal muro frangiflutti.

# CARTA GEOMORFOLOGICA

Scala 1:2.500

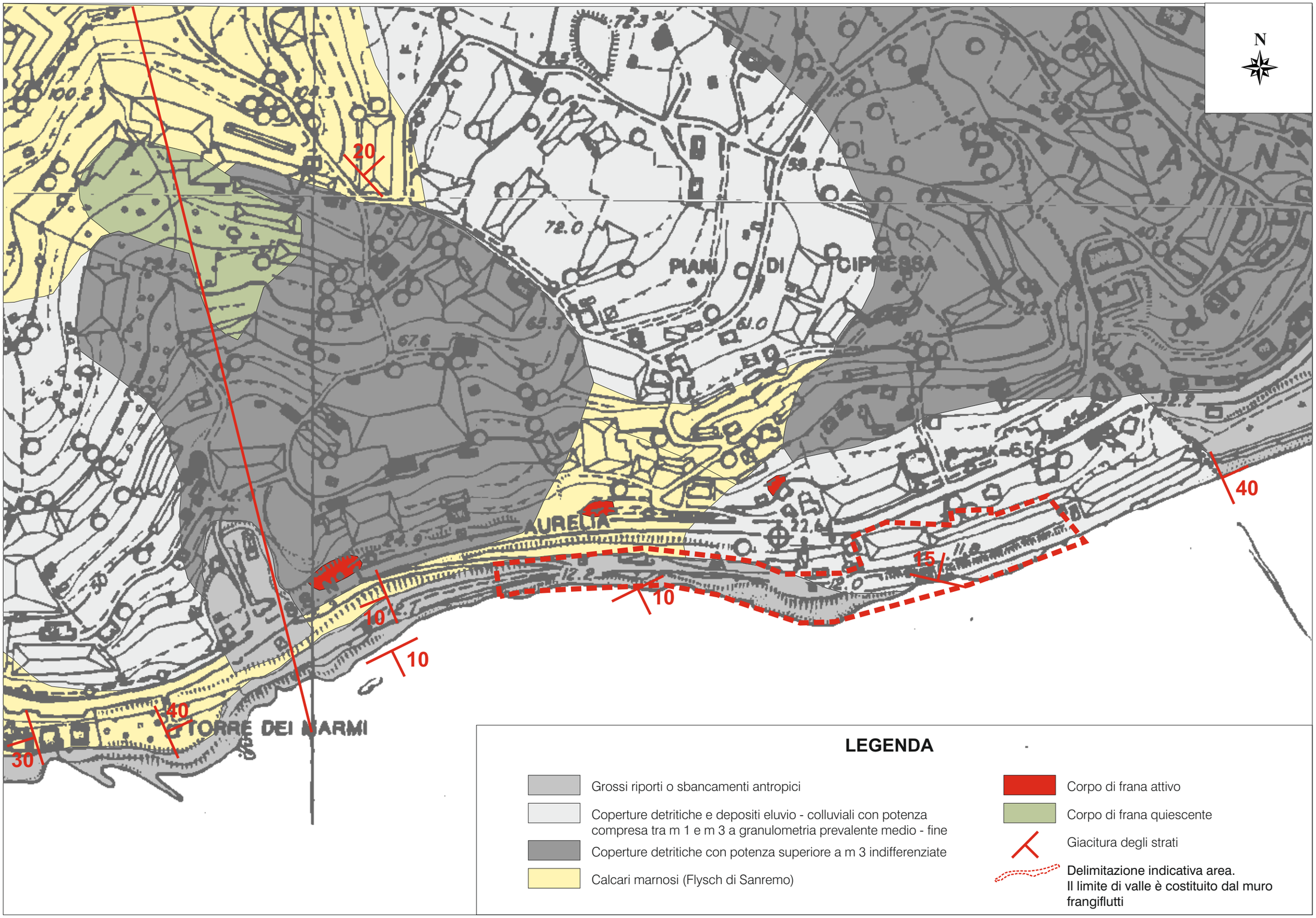



## LEGENDA

- Grossi riporti o sbancamenti antropici
- Coperture detritiche e depositi eluvio - colluviali con potenza compresa tra m 1 e m 3 a granulometria prevalente medio - fine.
- Coperture detritiche con potenza superiore a m 3 indifferenziate
- Roccia affiorante o subaffiorante con coperture detritiche discontinue fino a m 1 di spessore in buone condizioni di conservazione con disposizione sfavorevole delle strutture rispetto al pendio
- Roccia affiorante o subaffiorante con coperture detritiche discontinue fino a m 1 di spessore in buone condizioni di conservazione con disposizione favorevole delle strutture rispetto al pendio
- Corpo di frana attivo
- Corpo di frana quiescente
- Erosione concentrata di fondo
- Orlo superiore di terrazzo marino
- Delimitazione indicativa area. Il limite di valle è costituito dal muro frangiflutti

# CARTA GEOLOGICA

Scala 1:2.500

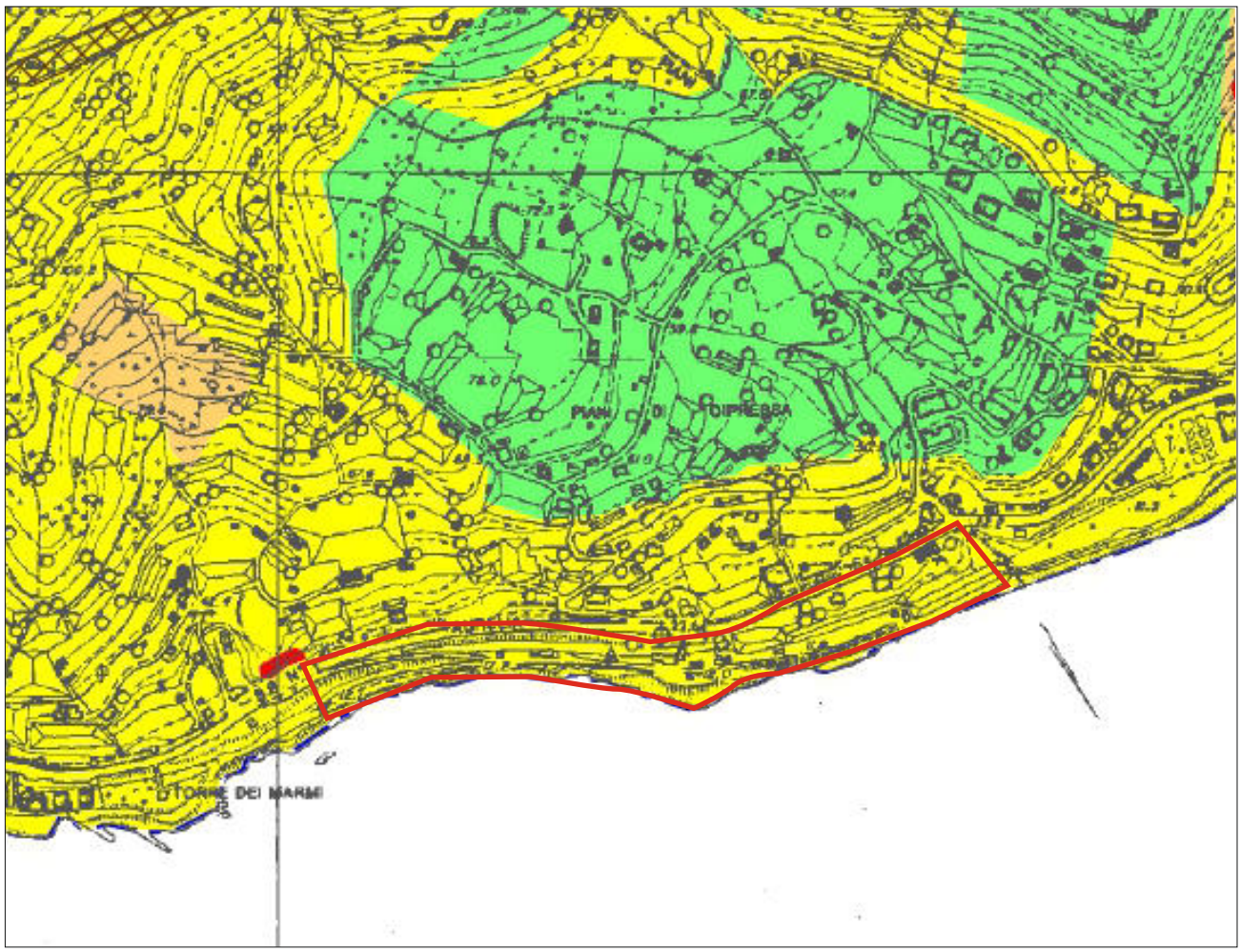


# CARTA DELLA PERICOLOSITA' O SUSCETTIVITA' AL DISSESTO

(Estratto dalla Tav. N. 13 "Carta della Pericolosità o Suscettività al Dissesto" del Piano di Bacino "Rii Minori" - Provincia di Imperia)

Scala 1:5.000

N




## LEGENDA

| | |
|---|---|
| Pg0 | Aree a pericolosita' e suscettivita' molto bassa |
| Pg1 | Aree a pericolosita' e suscettivita' bassa |
| Pg2 | Aree a pericolosita' e suscettivita' media |
| Pg3B / Pg3A | Aree a pericolosita' e suscettivita' alta |
| Pg4 | Aree a pericolosita' e suscettivita' molto alta |
| A | Aree speciali di tipo A – corrispondenti alle aree di cave attive, miniere attive |
| A | Aree speciali di tipo A – corrispondenti alle aree di discariche in esercizio |
| B1 | Aree speciali di tipo B1 – corrispondenti ad areali sedi cave attualmente cessate o in corso di sistemazione, i cui limiti sono derivati dagli elaborati del Piano Territoriale Regionale delle attivita' di cava o, qualora non oggetto di tale piano, desunti da rilievi di terreno |
| B2 | Aree speciali di tipo B2 – corrispondenti alle aree di discariche dismesse e di riporti antropici |
| | LIMITI DELL'AMBITO DI BACINO |

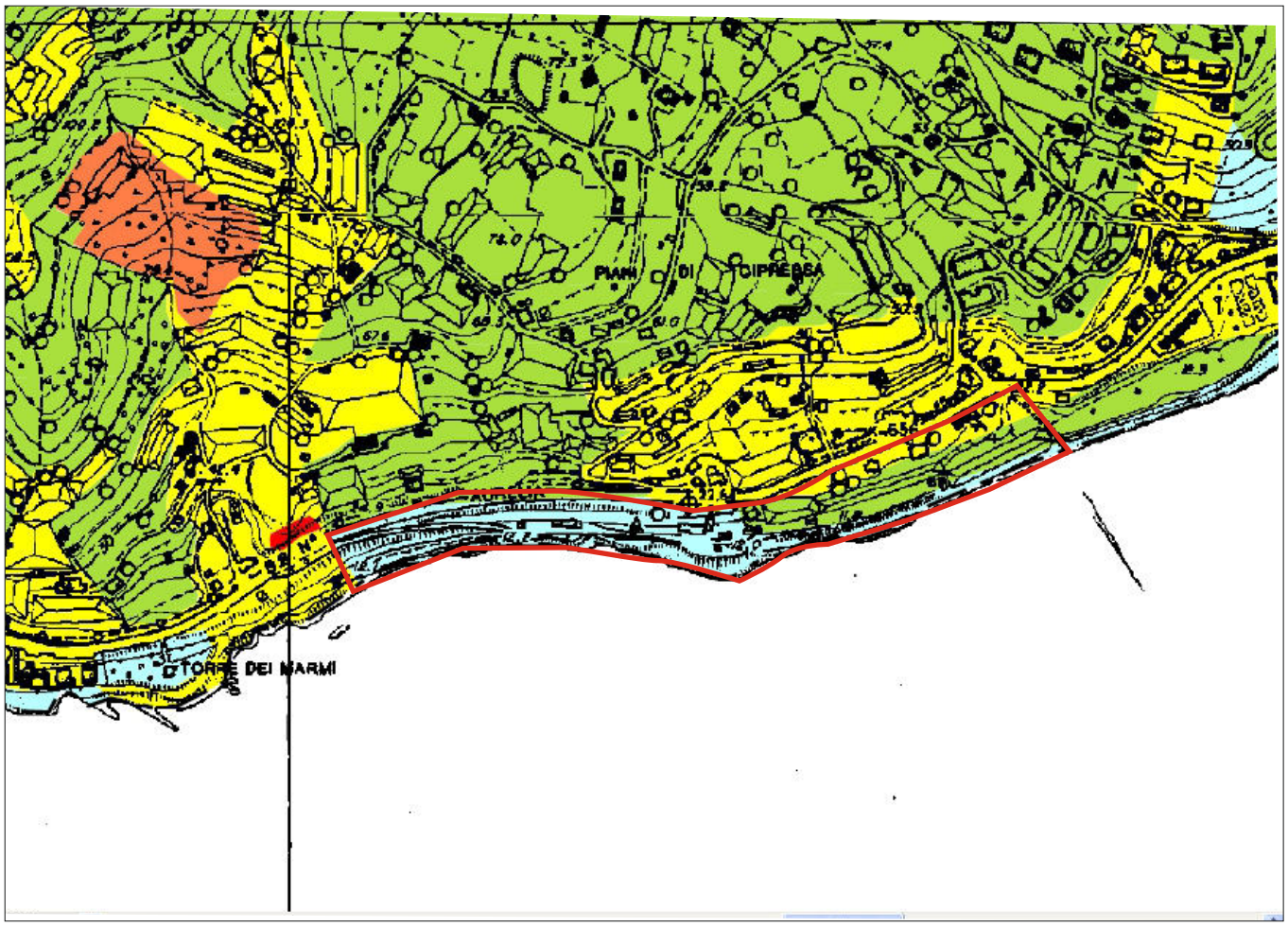
Delimitazione indicativa area. Il limite di valle è costituito dal muro frangiflutti.

# CARTA DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO

(Estratto dalla Tav. N. 14 “Carta del Rischio Geomorfologico ” del Piano di Bacino “Rii Minori” - Provincia di Imperia)

Scala 1:5.000

N




## LEGENDA

| | |
|---|---|
| Rg0 | Aree a rischio lieve o trascurabile |
| Rg1 | Aree a rischio moderato |
| Rg2 | Aree a rischio medio |
| Rg3 | Aree a rischio elevato |
| Rg4 | Aree a rischio molto elevato |
| S | Classe speciale: cave,discariche e riporti |
| — - — - — | LIMITI DELL'AMBITO DI BACINO |

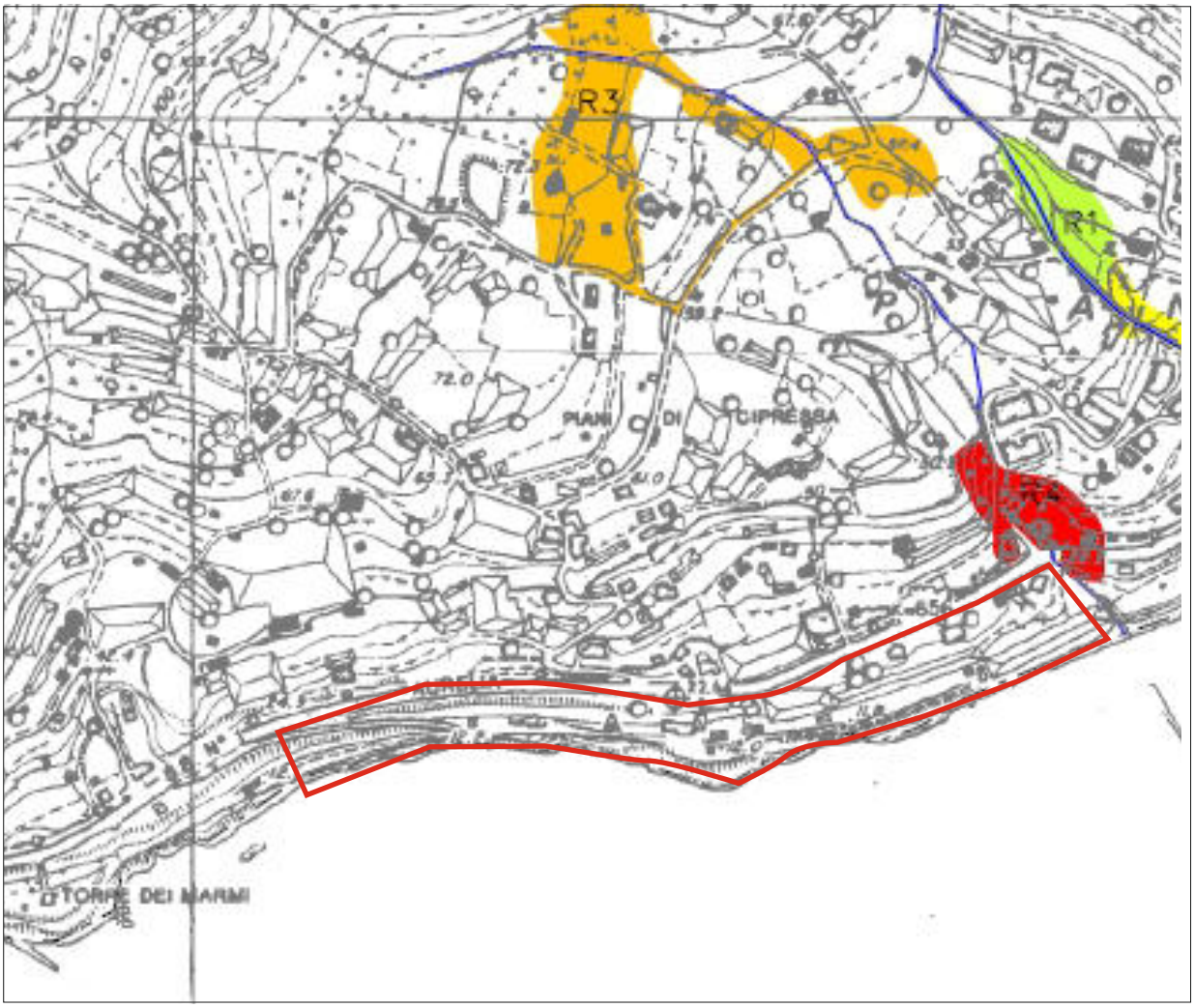
Delimitazione indicativa area. Il limite di valle è costituito dal muro frangiflutti.

# CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO

(Estratto dalla Tav. N. 14 bis “Carta del Rischio Idraulico ” del Piano di Bacino “Rii Minori” - Provincia di Imperia)

Scala 1:5.000

N




## LEGENDA

R0 Aree a rischio lieve o trascurabile

R1 Aree a rischio moderato

R2 Aree a rischio medio

R3 Aree a rischio elevato

R4 Aree a rischio molto elevato

Delimitazione indicativa area. Il limite di valle è costituito dal muro frangiflutti.

# UBICAZIONE INDAGINI E PROVE GEOGNOSTICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE

Scala 1:2.000




## LEGENDA

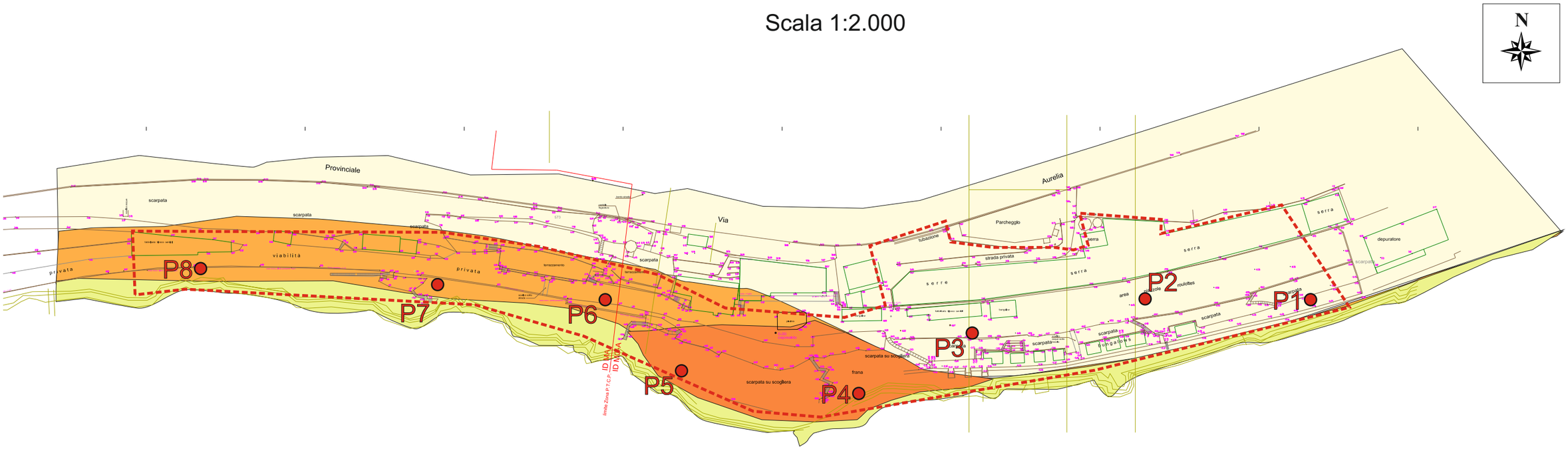
Stesa sismica S2 — Indagine sismica a rifrazione

Th 11 — Indagine HVSR

S1 — Sondaggio geognostico eseguito a rotazione e carotaggio continuo e relativo tubo piezometrico

# CARTA DI ANALISI E DEGLI ACCERTAMENTI GEOGNOSTICI E GEOTECNICI

Scala 1:2.000




**Zonizzazione geologico - geotecnica**

- Substrato roccioso affiorante/subaffiorante e coltre eluvio - colluviale e materiale di riporto eterogeneo con spessori compresi tra m 0,0 e m 1,0 (materiale litoide)
- Coltre eluvio - colluviale e materiale di riporto eterogeneo con spessori compresi tra m 1,0 e m 3,0 (materiale medio fine)
- Coltre eluvio - colluviale e materiale di riporto eterogeneo con spessori compresi tra m 3,0 e m 5,0 (materiale da medio fine a grossolano)
- Coltre eluvio - colluviale e materiale di riporto eterogeneo con spessori > m 5,0 (materiale grossolano)

**Zonizzazione idrogeologica**

- Substrato roccioso affiorante/subaffiorante (permeabilità per fratturazione medio - bassa)
- Coltre eluvio - colluviale e materiale di riporto eterogeneo (permeabilità per porosità bassa)
- Coltre eluvio - colluviale e materiale di riporto eterogeneo (permeabilità per porosità medio - bassa)
- Coltre eluvio - colluviale e materiale di riporto eterogeneo (permeabilità medio - alta)

**Indagini e prove geotecniche pregresse**

Pn — Ubicazione delle prove penetrometriche dinamiche di tipo SCPT eseguite

**Limiti d'intervento**

Limite SUA

# STUDIO GEOLOGICO TECNICO AMBIENTALE

## Dott. Geol. ANDREA VALENTE ARNALDI


PENETROMETRO DINAMICO IN USO : **DPM (30)**

| Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici | | |
|---|---|---|
| TIPO | Sigla riferimento | Peso Massa Battente M (kg) |
| Leggero | DPL (Light) | $M \leq 10$ |
| Medio | DPM (Medium) | $10 < M < 40$ |
| Pesante | DPH (Heavy) | $40 \leq M < 60$ |
| Super pesante | DPSH (Super Heavy) | $M \geq 60$ |

## CARATTERISTICHE TECNICHE : DPM (30)

| | | | |
|---|---|---|---|
| PESO MASSA BATTENTE | M | = 30,00 kg | |
| ALTEZZA CADUTA LIBERA | H | = 0,20 m | |
| PESO SISTEMA BATTUTA | Ms | = 14,00 kg | |
| DIAMETRO PUNTA CONICA | D | = 35,70 mm | |
| AREA BASE PUNTA CONICA | A | = 10,00 cm² | |
| ANGOLO APERTURA PUNTA | $\alpha$ | = 60 ° | |
| LUNGHEZZA DELLE ASTE | La | = 1,00 m | |
| PESO ASTE PER METRO | Ma | = 2,40 kg | |
| PROF. GIUNZIONE 1ª ASTA | P1 | = 0,90 m | |
| AVANZAMENTO PUNTA | $\delta$ | = 0,10 m | |
| NUMERO DI COLPI PUNTA | N | = N(10) $\Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 10 cm | |
| RIVESTIMENTO / FANGHI | SI | | |
| ENERGIA SPECIFICA x COLPO | Q | = (MH)/(A$\delta$) = 6,00 kg/cm² | ( prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm² ) |
| COEFF.TEORICO DI ENERGIA | $\beta$t | = Q/Qspt = 0,766 | ( teoricamente : Nspt = $\beta$t N) |

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$Rpd = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [ area A]
e = infissione per colpo = $\delta$ / N
M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta

| UNITA' di MISURA (conversioni) |
|---|
| 1 kg/cm² = 0.098067 MPa |
| 1 MPa = 1 MN/m² = 10.197 kg/cm² |
| 1 bar = 1.0197 kg/cm² = 0.1 MPa |
| 1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg |

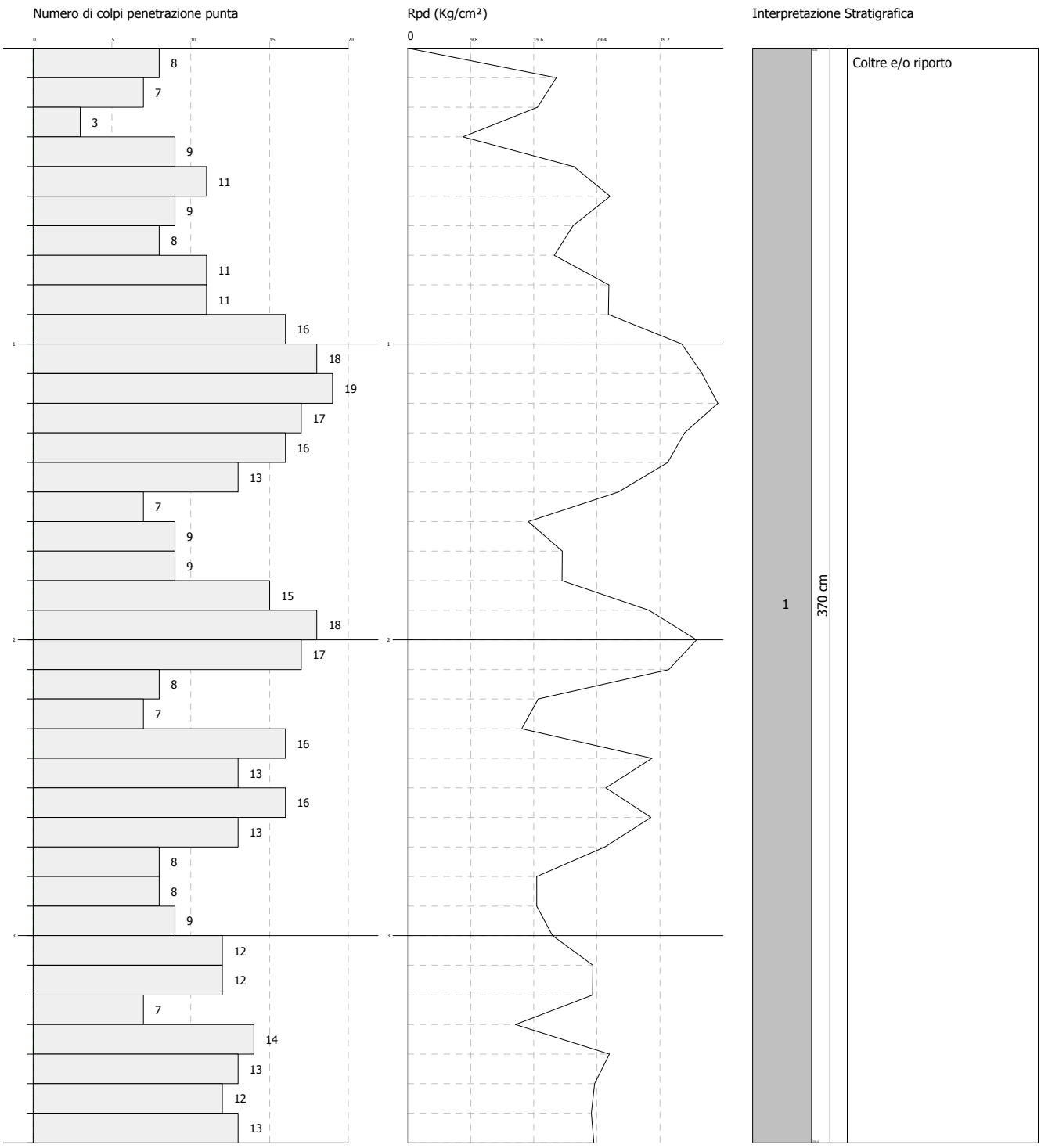

10124 TORINO - Via Denina, 3 (Giardini Reali) - Tel./Fax +39 011 6960115
18038 SANREMO (IM) - Via Manzoni 61 (Piazza Colombo) - Tel./Fax +39 0184 570051
12042 BRA (CN) - Strada San Michele 14 - Tel./Fax +39 0172 44016
+39 335 6458897
E-mail : info@geostudiovalente.com
www.geostudiovalente.com

*PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P1*
*Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)*

Committente: Società Hambury S.r.l.
Cantiere: Cipressa
Località: Zona di pianificazione PRUSST

Data: 10/09/2007

Scala 1:20



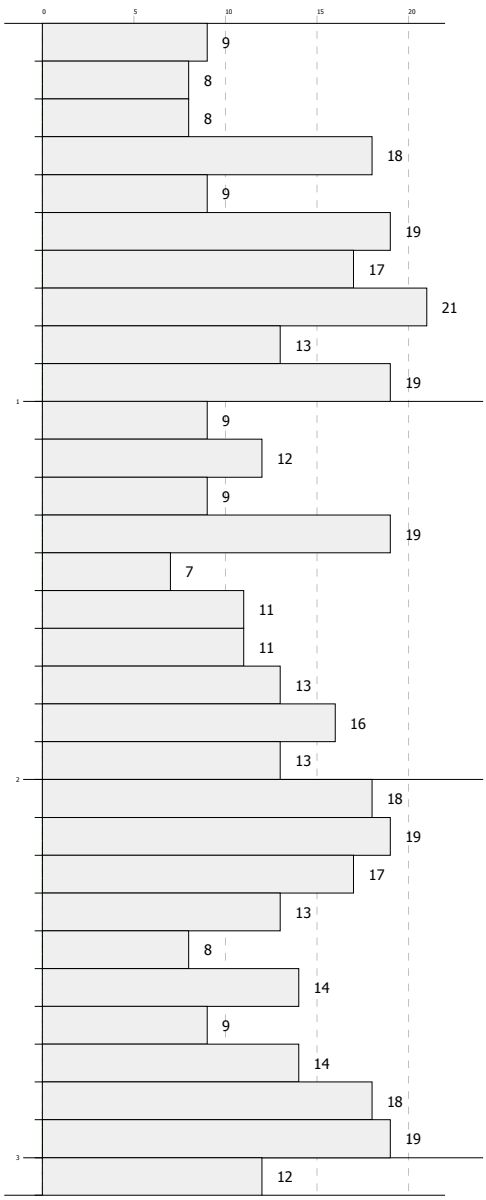
*PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P2*
*Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)*

Committente: Società Hambury S.r.l.
Cantiere: Cipressa
Località: Zona di pianificazione PRUSST

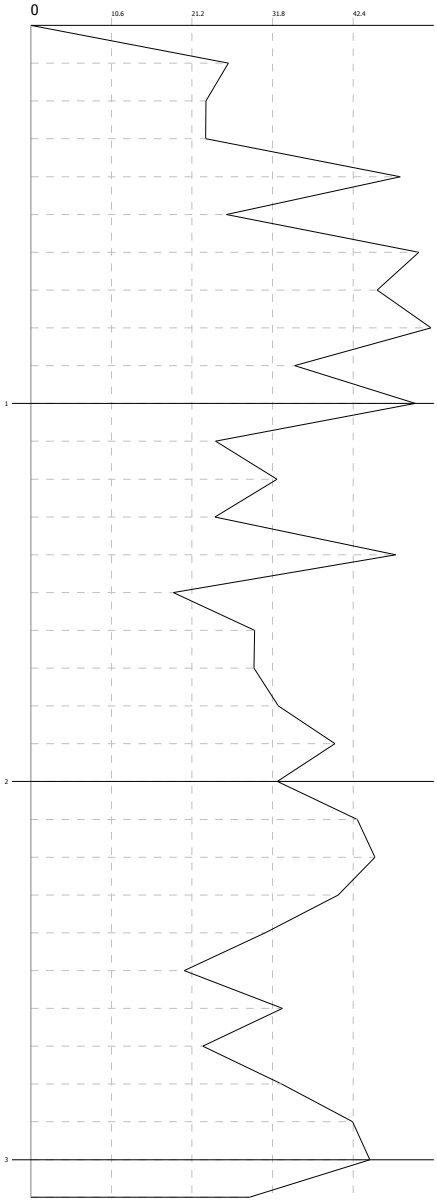
Data: 10/09/2007

Scala 1:20

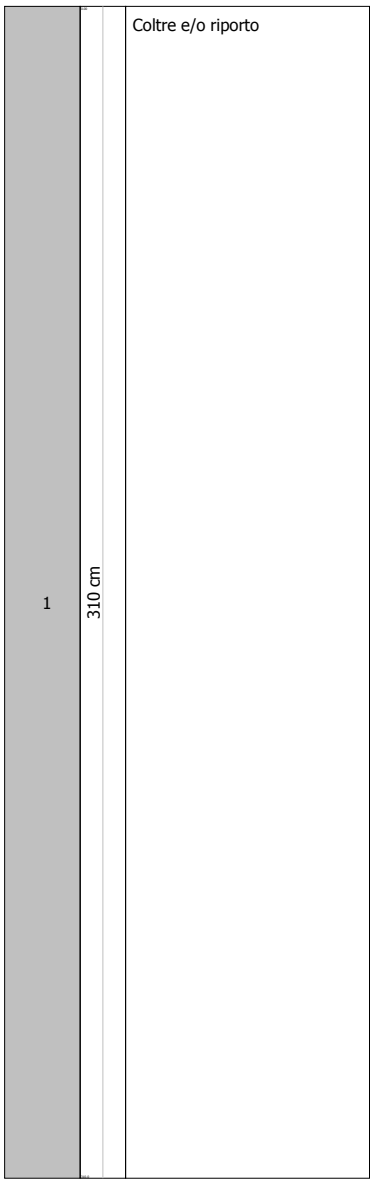
Numero di colpi penetrazione punta




Rpd (Kg/cm²)




Interpretazione Stratigrafica

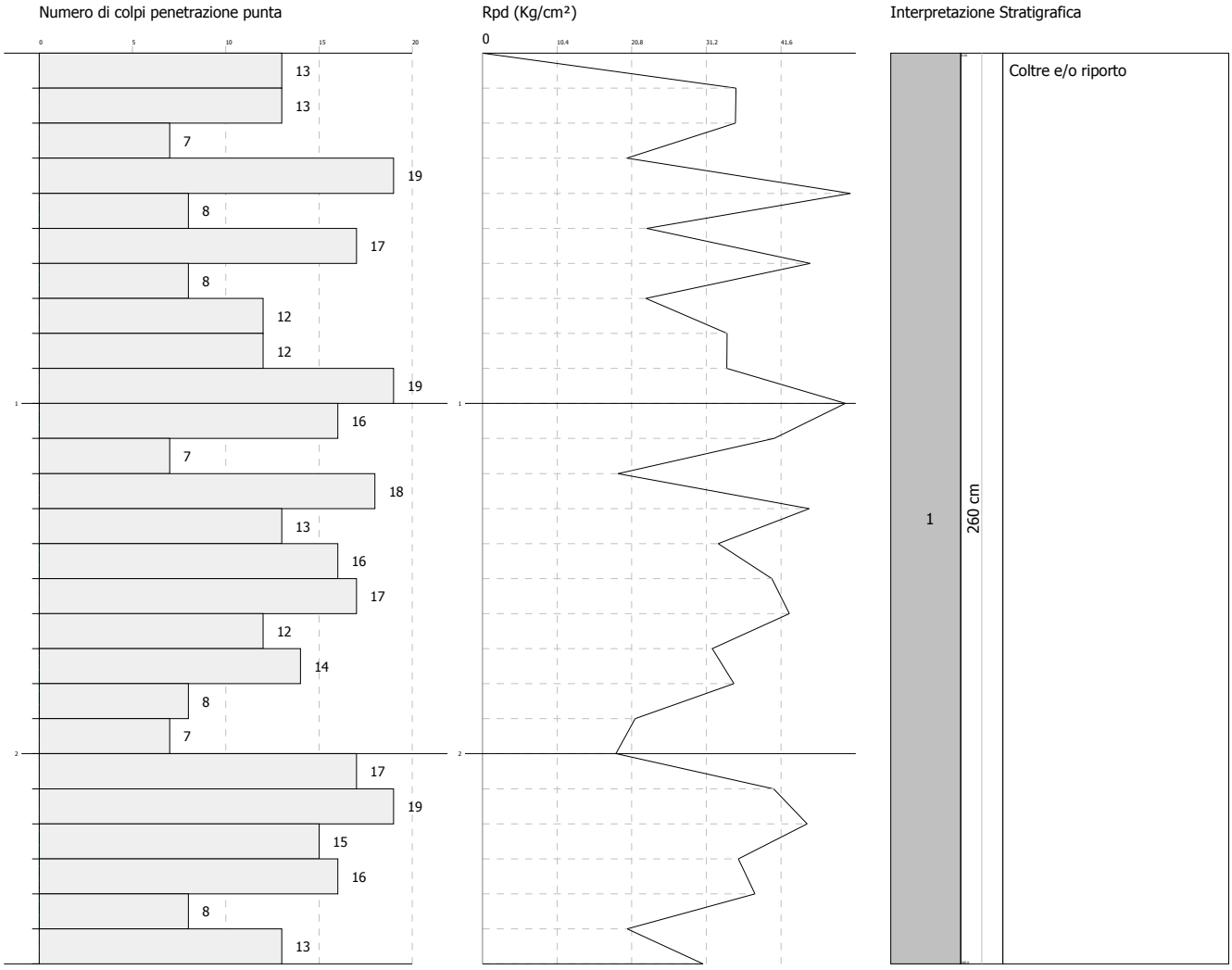


*PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P5*
*Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)*

Committente: Società Hambury S.r.l.
Cantiere: Cipressa
Località: Zona di pianificazione PRUSST

Data: 10/09/2007

Scala 1:20



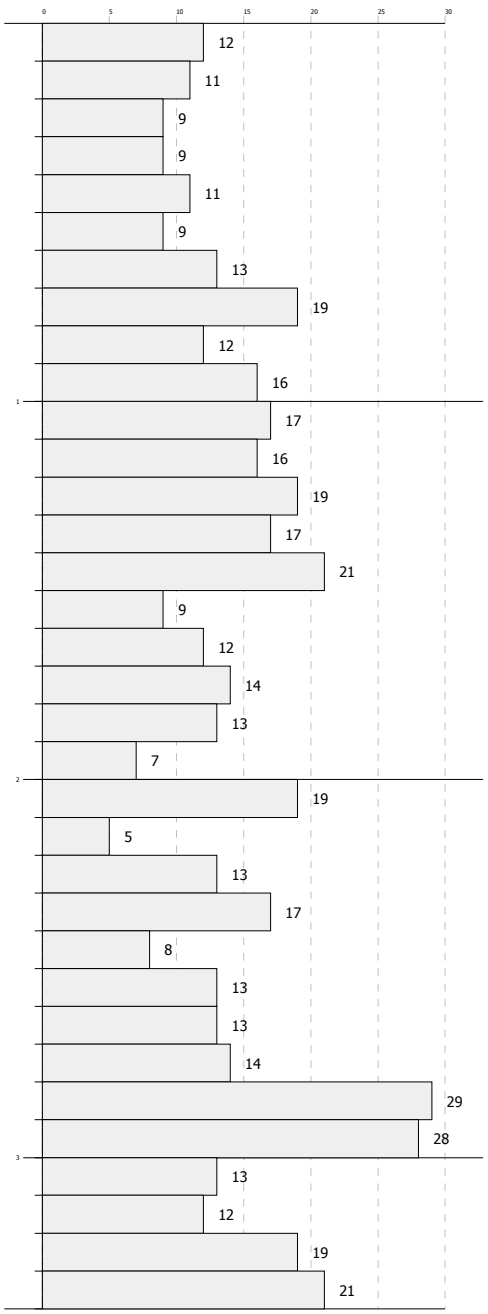
*PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P4*
*Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)*

Committente: Società Hambury S.r.l.
Cantiere: Cipressa
Località: Zona di pianificazione PRUSST

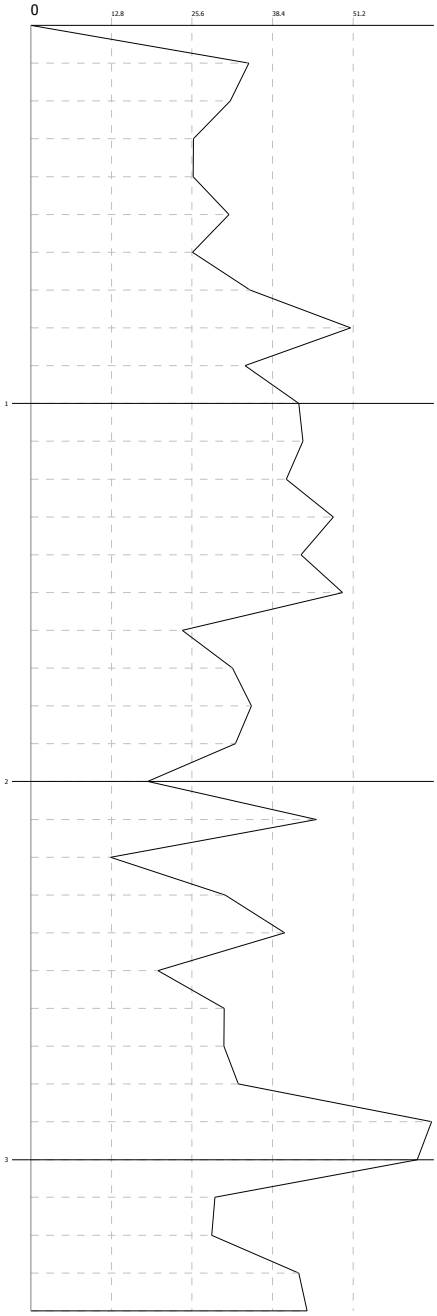
Data: 10/09/2007

Scala 1:20

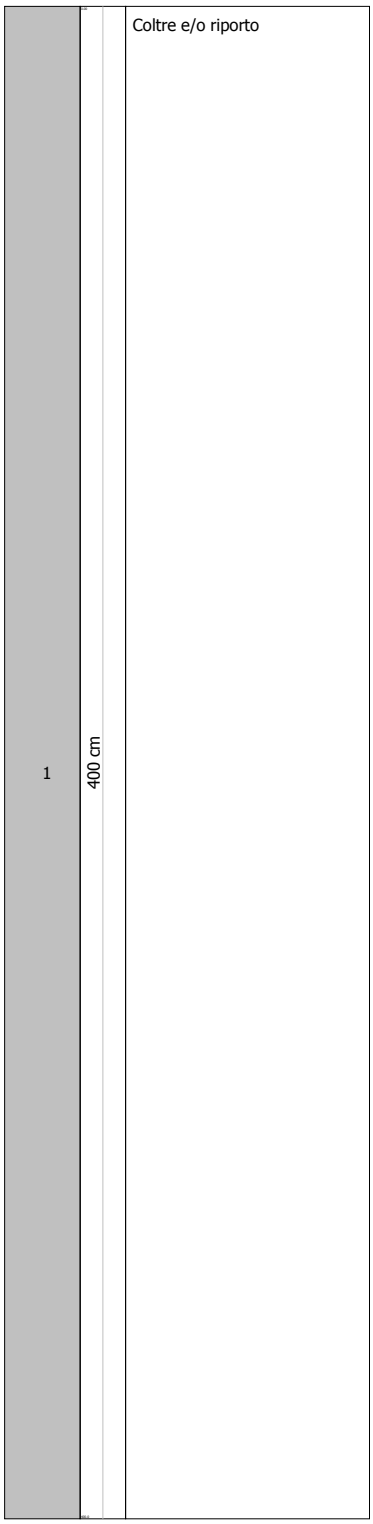
Numero di colpi penetrazione punta




Rpd (Kg/cm²)




Interpretazione Stratigrafica



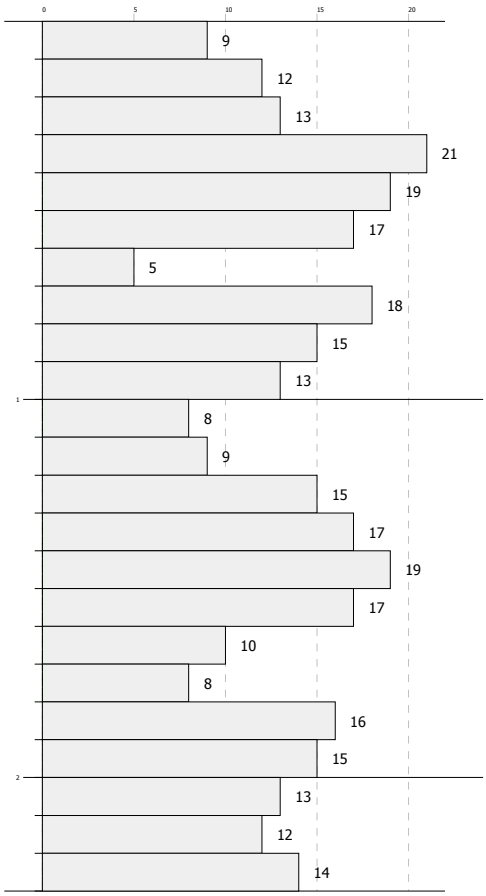
*PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P3*
*Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)*

Committente: Società Hambury S.r.l.
Cantiere: Cipressa
Località: Zona di pianificazione PRUSST

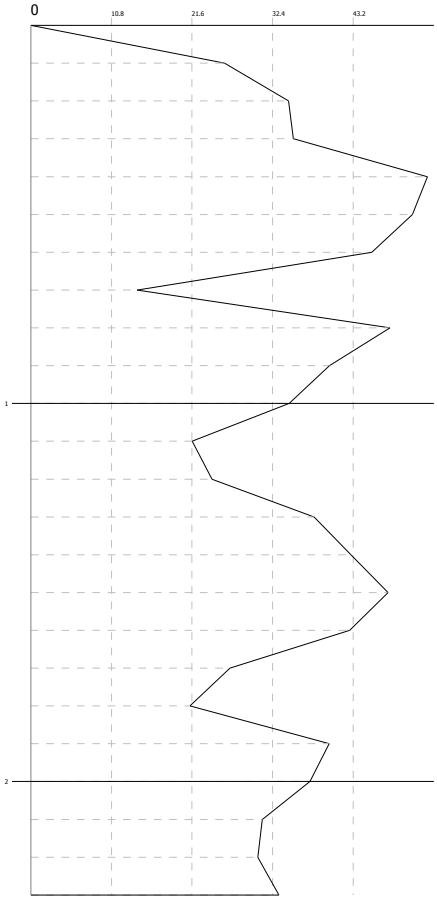
Data: 10/09/2007

Scala 1:20

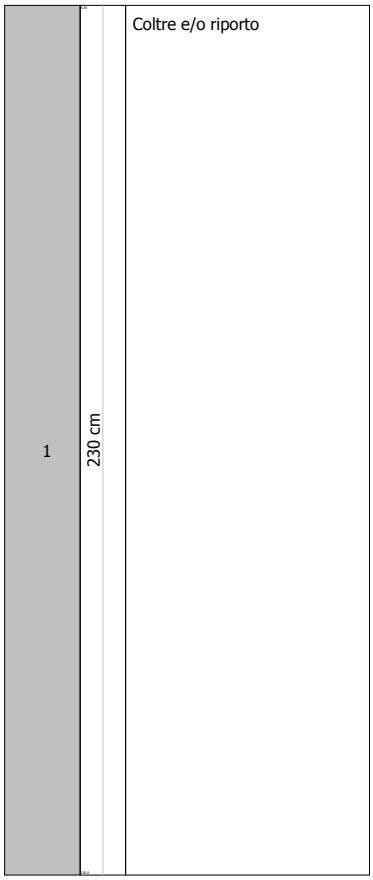
Numero di colpi penetrazione punta




Rpd (Kg/cm²)




Interpretazione Stratigrafica

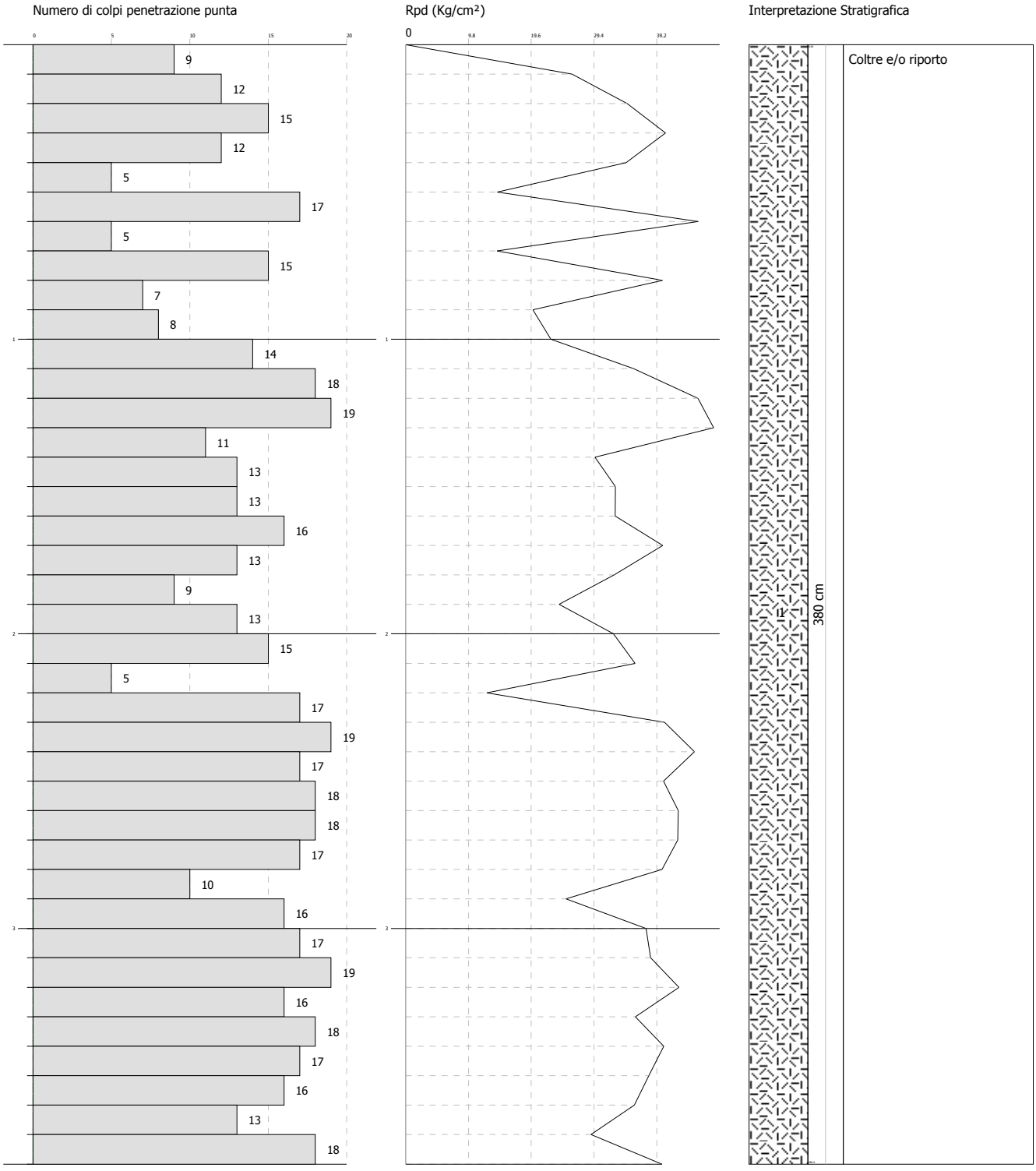


*PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P6*
*Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)*

Committente: Società Hambury S.r.l.
Cantiere: Cipressa
Località: Zona di pianificazione PRUSST

Data: 10/09/2007

Scala 1:20



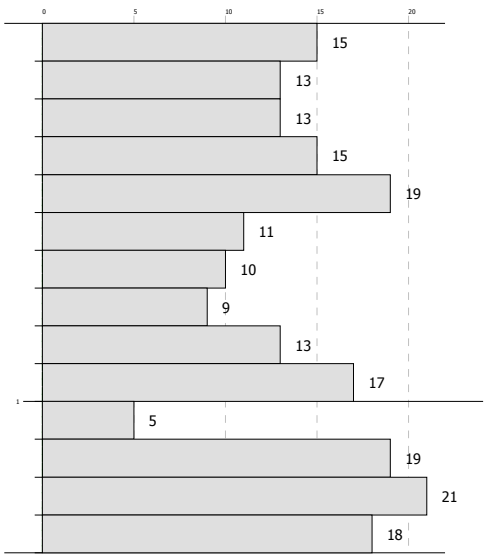
*PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P8*
*Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)*

Committente: Società Hambury S.r.l.
Cantiere: Cipressa
Località: Zona di pianificazione PRUSST

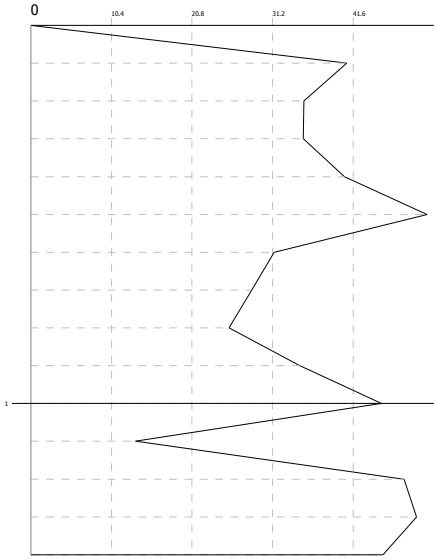
Data: 10/09/2007

Scala 1:20

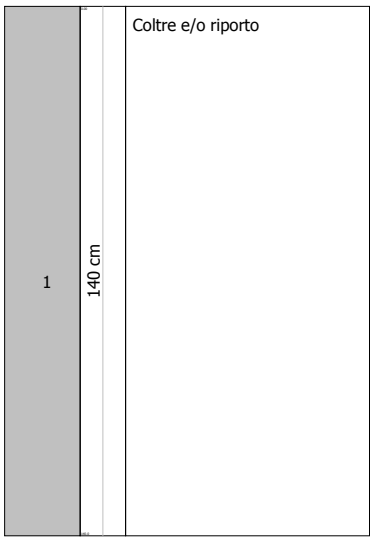
Numero di colpi penetrazione punta




Rpd (Kg/cm²)




Interpretazione Stratigrafica



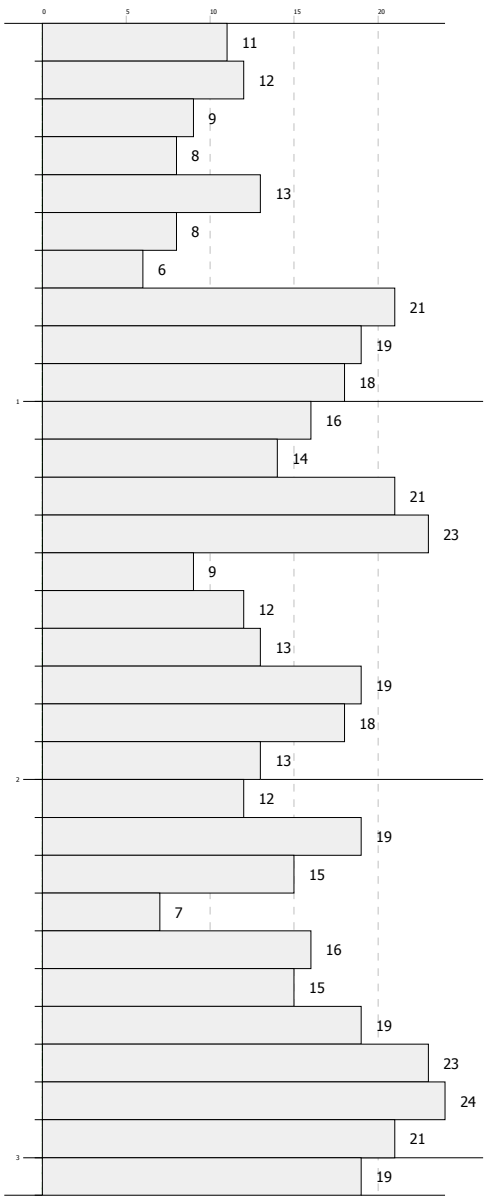
*PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P7*
*Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)*

Committente: Società Hambury S.r.l.
Cantiere: Cipressa
Località: Zona di pianificazione PRUSST

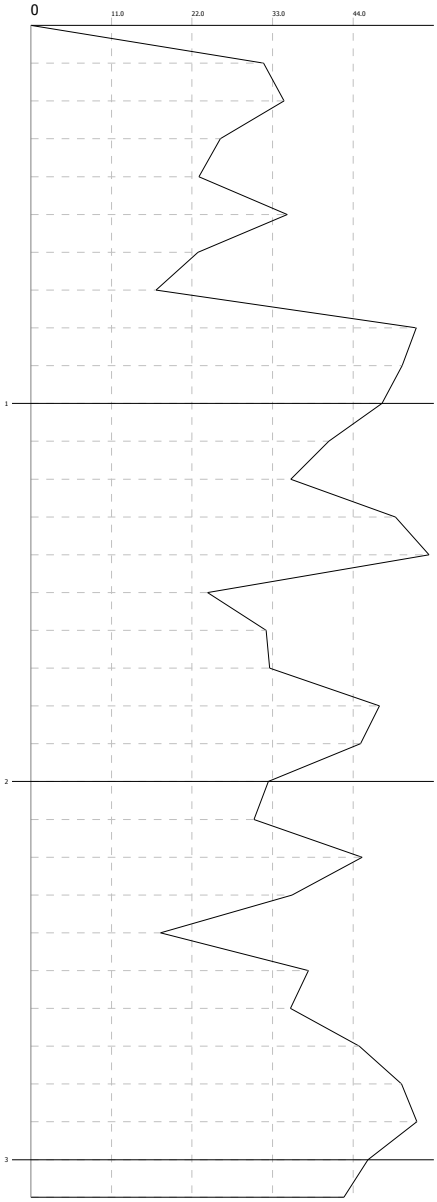
Data: 10/09/2007

Scala 1:20

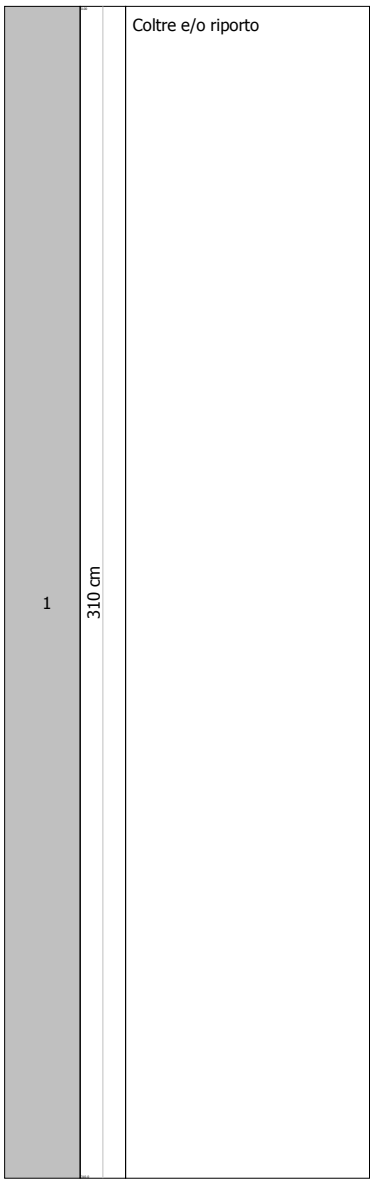
Numero di colpi penetrazione punta




Rpd (Kg/cm²)




Interpretazione Stratigrafica



Geofisica e Ambiente sas
INDAGINI GEOGNOSTICHE • INDAGINI GEOFISICHE

| | |
|---|---|
| Committente | Geol. Andrea Valente Arnaldi |
| Cantiere | Comune di Cipressa |
| Località | Loc. Torre dei Marmi |
| Data Inizio | 27/09/17 |
| Data Fine | 28/09/17 |

| SONDAGGIO | FOGLIO |
|---|---|
| S1 | 1 |

GEOLOGO
Laura Spalluto

| Scala 1:50 | Rivestimento | carotiere | manovre | Profondita' | Stratigrafia | Descrizione | R.Q.D. (20 40 60 80) | N° colpi SPT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.5 | | | csw | | | ghiaia eterogenea con ciottoli a spigoli vivi con limo sabbioso, colore marrone chiaro. | | |
| 1.0 | | 101 | | | | | | |
| 1.5 | | | csw | | | | | 9 10 18 |
| 2.0 | | 101 | | | | | | |
| 2.5 | | | csw | 2.30 | | ciottoli e blocchi a spigoli vivi con ghiaia eterogenea in matrice limo sabbiosa, colore grigio chiaro. | | |
| 3.0 | | 101 | | 3.00 | | alterazione e detrizione del substrato roccioso, colore marrone grigio. | | 23 15 32 |
| 3.5 | | 101 | csw | 3.50 | | calcare marnoso con vene calcitiche. colore grigio. Sono presenti almeno due famiglie di fratture. | | |
| 4.0 | | | t6sd | | | | | |
| 4.5 | | | | | | | | |
| 5.0 | | 101 | | | | | | |
| 5.5 | | | t6sd | | | | | 50 |
| 6.0 | | 101 | | | | | | |
| 6.5 | | | t6sd | | | | | |
| 7.0 | | | | | | | | |
| 7.5 | | 101 | | | | | | |
| 8.0 | | | t6sd | | | | | |
| 8.5 | | | | | | | | |
| 9.0 | | 101 | | | | | | |
| 9.5 | | | t6sd | | | | | |
| 10.0 | | 101 | | 10.00 | | | | |

Geofisica e Ambiente sas
INDAGINI GEOGNOSTICHE • INDAGINI GEOFISICHE

| | |
|---|---|
| Committente | Geol. Andrea Valente Arnaldi |
| Cantiere | Comune di Cipressa |
| Località | Loc. Torre dei Marmi |
| Data Inizio | 26/09/17 |
| Data Fine | 27/09/17 |

| SONDAGGIO | FOGLIO |
|---|---|
| S2 | 1 |

GEOLOGO
Laura Spalluto

| Profondita' | Stratigrafia | Descrizione | carotiere | manovre | R.Q.D. (20 40 60 80) | N° colpi SPT |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | | ghiaia eterogenea con ciottoli a spigoli vivi e pochi blocchi in matrice limoso sabbioso, colore marrone chiaro. | 101 | csw | | 18 13 18 |
| 3.30 | | ciottoli e ghiaia eterogenea a spigoli vivi in matrice limoso sabbiosa a tratti compatta, colore grigio marrone chiaro. | 101 | csw | | 22 19 27 |
| 5.50 | | alterazione e detrizione del substrato roccioso fino ad assumere le dimensioni di ghiaia in argilla limo sabbiosa compatta, colore marrone scuro., colore marrone grigio. | 101 | t6sd | | 27 22 50 |
| 7.60 | | calcare marnoso con vene calcitiche da fratturato ad estremamente fratturato ed alterato, colore grigio passante a marrone ruggine nella parti maggiormente alterate. Sono presenti almeno due fagliglie di fratture. | 101 | t6sd | | |
| 10.00 | | | 101 | t6sd | | |

Scala 1:50 — 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5, 8.0, 8.5, 9.0, 9.5, 10.0

Rivestimento

Geofisica e Ambiente sas
INDAGINI GEOGNOSTICHE • INDAGINI GEOFISICHE

| | |
|---|---|
| Committente | Geol. Andrea Valente Arnaldi |
| Cantiere | Comune di Cipressa |
| Località | Loc. Torre dei Marmi |
| Data Inizio | 25/09/17 |
| Data Fine | 26/09/17 |

| SONDAGGIO | FOGLIO |
|---|---|
| S3 | 1 |

GEOLOGO
Laura Spalluto

| Profondita' | Stratigrafia | Descrizione | carotiere | manovre | R.Q.D. (20 40 60 80) | N° colpi SPT |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.40 | | sabbia limo argillosa con terreno vegetale e ghiaia eterogenea a spigoli vivi, colore marrone chiaro. | | csw | | |
| | | ghiaia eterogenea con ciottoli a spigoli vivi con minore percentuale di limo sabbioso, colore marrone chiaro. | 101 | csw | | 18 13 16 |
| | | | 101 | csw | | |
| 2.55 | | limo argilloso con sabbia limosa e ghiaia eterogenea, colore marrone chiaro. | | | | |
| 3.00 | | ghiaia e ciottoli a spigoli vivi con limo sabbioso, a tratti compatto (da 4.75 a 5,20 m) colore marrone. | 101 | csw | | 27 28 27 |
| | | | 101 | csw | | |
| | | | 101 | csw | | |
| 5.30 | | calcare marnoso da molto ad estremamente alterato e fratturato, colore grigio. Sono presenti almeno due famiglie di fratturazione. Livelli maggiormente fratturati ed alterati da 5.30 a 6.60 m da 7.30 a 7.50 m da 8.20 a 9.20 m e da 9.50 a 10.00 m. | 101 | t6sd | | |
| | | | 101 | t6sd | | |
| | | | 101 | t6sd | | |
| 10.00 | | | 101 | | | |

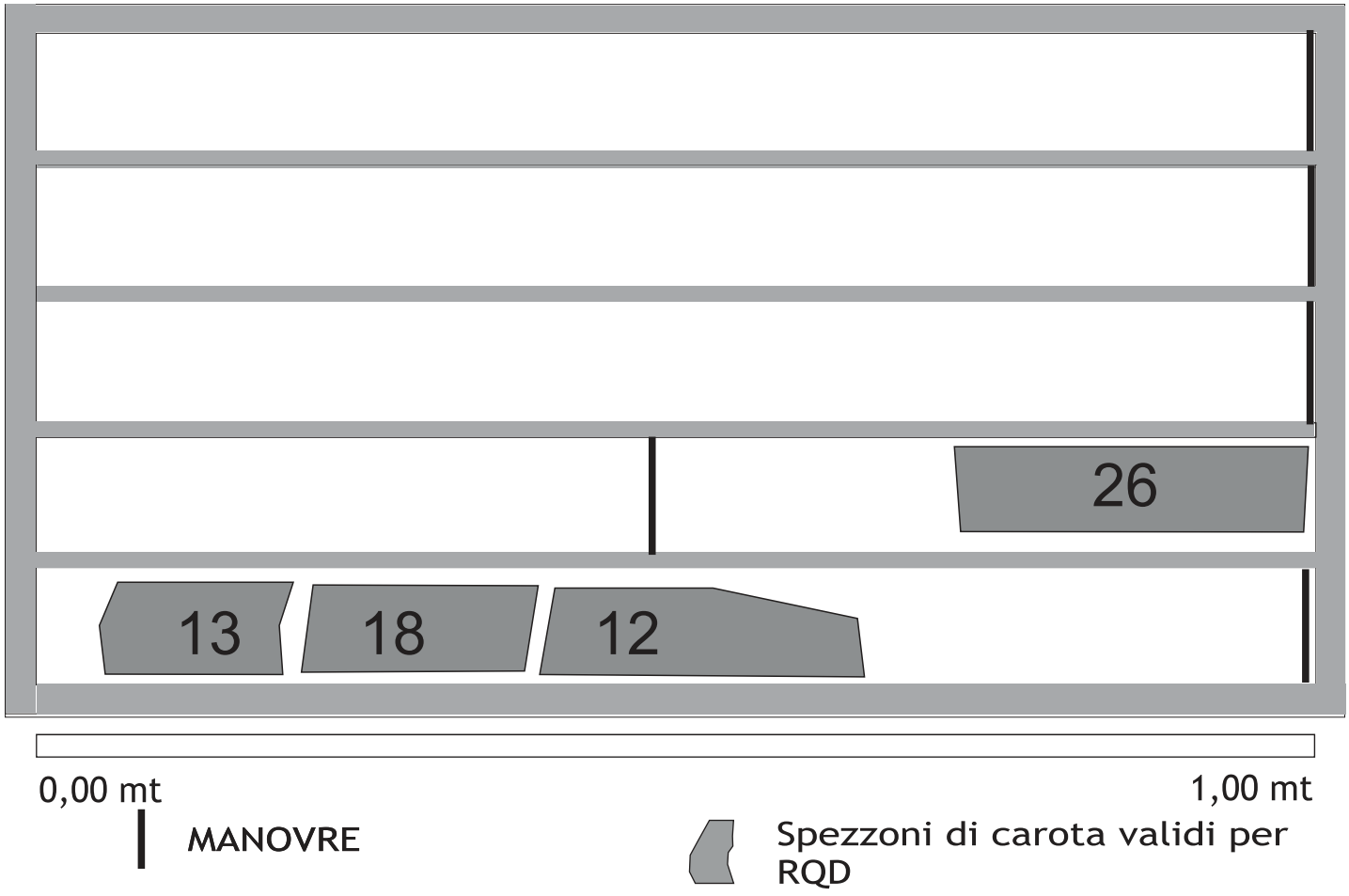
Scala 1:50 — 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5, 8.0, 8.5, 9.0, 9.5, 10.0

Rivestimento

GeA s.n.c.
**Geofisica e Ambiente snc**
Indagini Geognostiche
Indagini Geofisiche
Fondazioni Speciali




## Comune di Cipressa Loc. Torre dei Marmi
## Sondaggio S1 Cassetta da 0,00 a 5,00 m



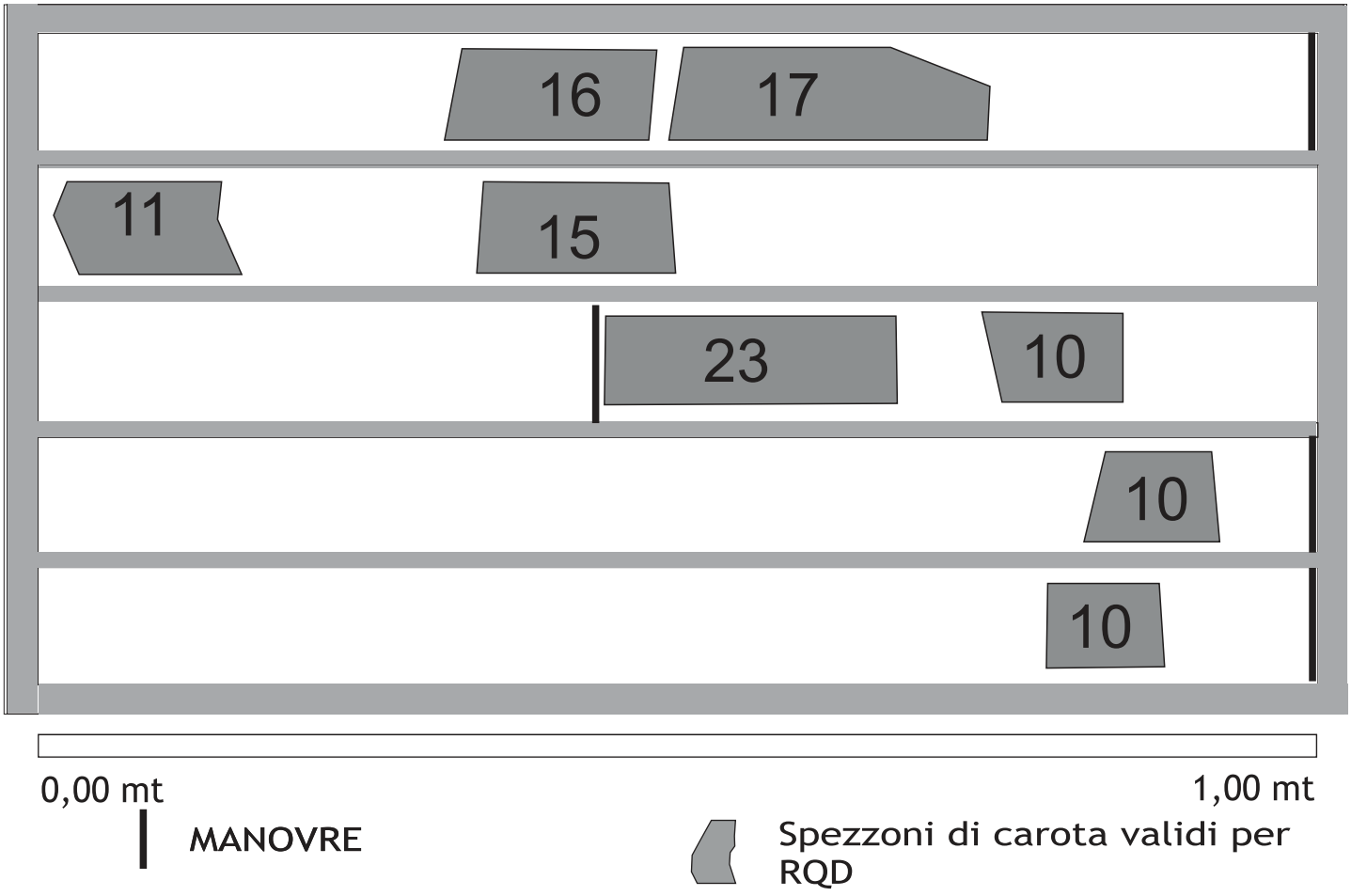

Via Delle Trexende 6I Loano SV
Tel 3482658650 - 649 Fax 0108631917
sito:www.geofisicaeambiente.com
mail: info@geofisicaeambiente.com

GeA s.n.c.
**Geofisica e Ambiente snc**
Indagini Geognostiche
Indagini Geofisiche
Fondazioni Speciali




## Comune di Cipressa Loc. Torre dei Marmi

## Sondaggio S1 Cassetta da 5,00 a 10,00 m

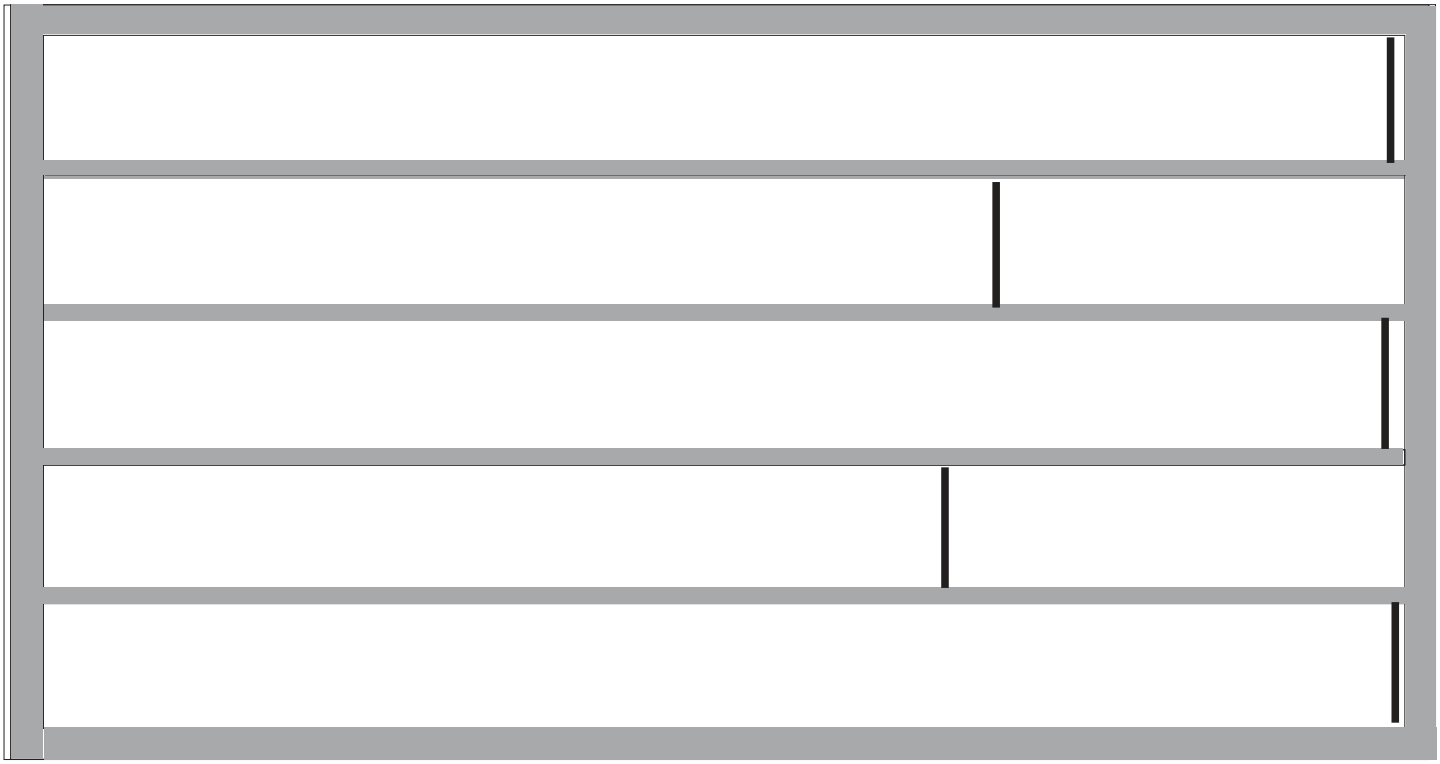



Via Delle Trexende 6I Loano SV
Tel 3482658650 - 649 Fax 0108631917
sito:www.geofisicaeambiente.com
mail: info@geofisicaeambiente.com

GeA s.n.c.
**Geofisica e Ambiente snc**
Indagini Geognostiche
Indagini Geofisiche
Fondazioni Speciali




## Comune di Cipressa Loc. Torre dei Marmi
## Sondaggio S2 Cassetta da 0,00 a 5,00 m



0,00 mt — 1,00 mt

MANOVRE

Spezzoni di carota validi per RQD

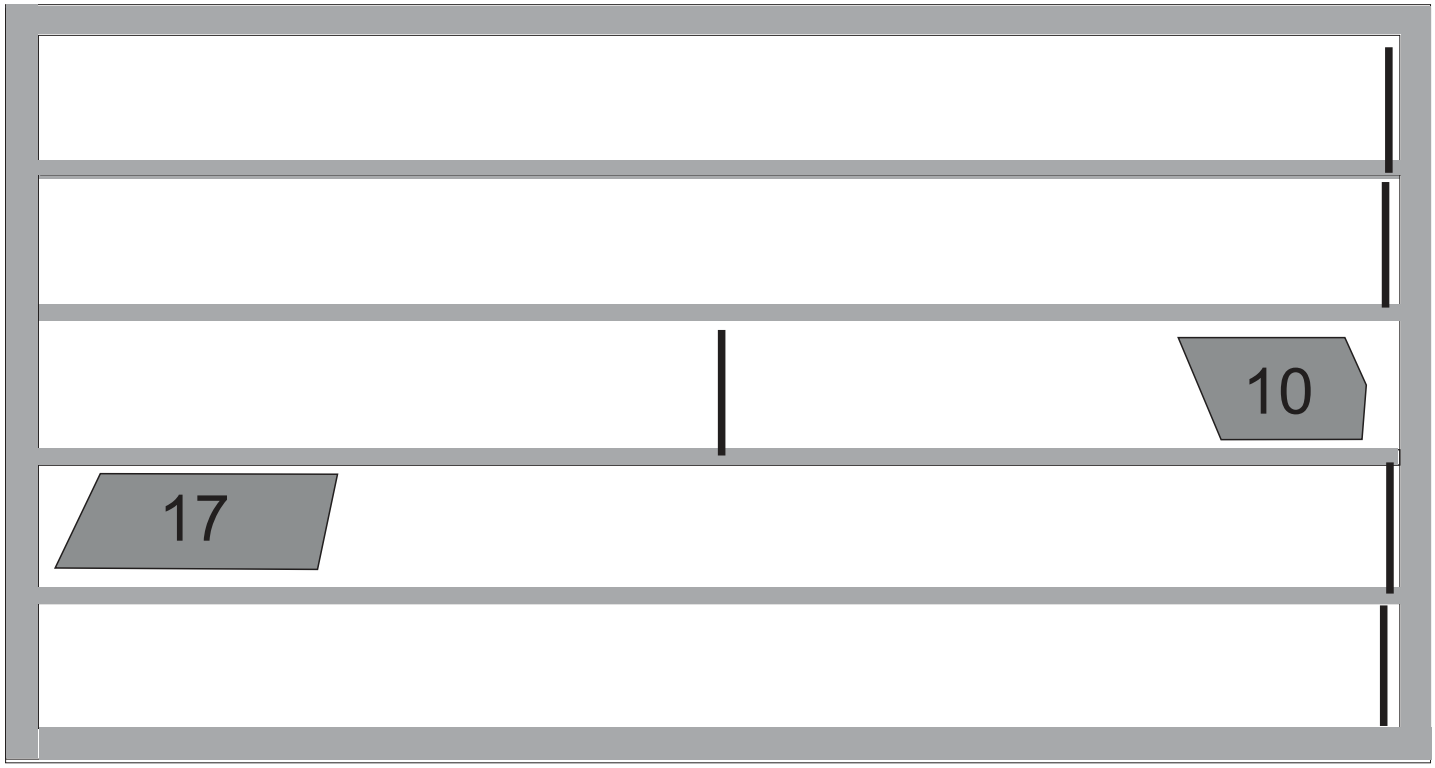
Via Delle Trexende 6I Loano SV
Tel 3482658650 - 649 Fax 0108631917
sito:www.geofisicaeambiente.com
mail: info@geofisicaeambiente.com

GeA s.n.c.
**Geofisica e Ambiente snc**
Indagini Geognostiche
Indagini Geofisiche
Fondazioni Speciali




## Comune di Cipressa Loc. Torre dei Marmi

## Sondaggio S2 Cassetta da 5,00 a 10,00 m




0,00 mt — 1,00 mt

MANOVRE

Spezzoni di carota validi per RQD

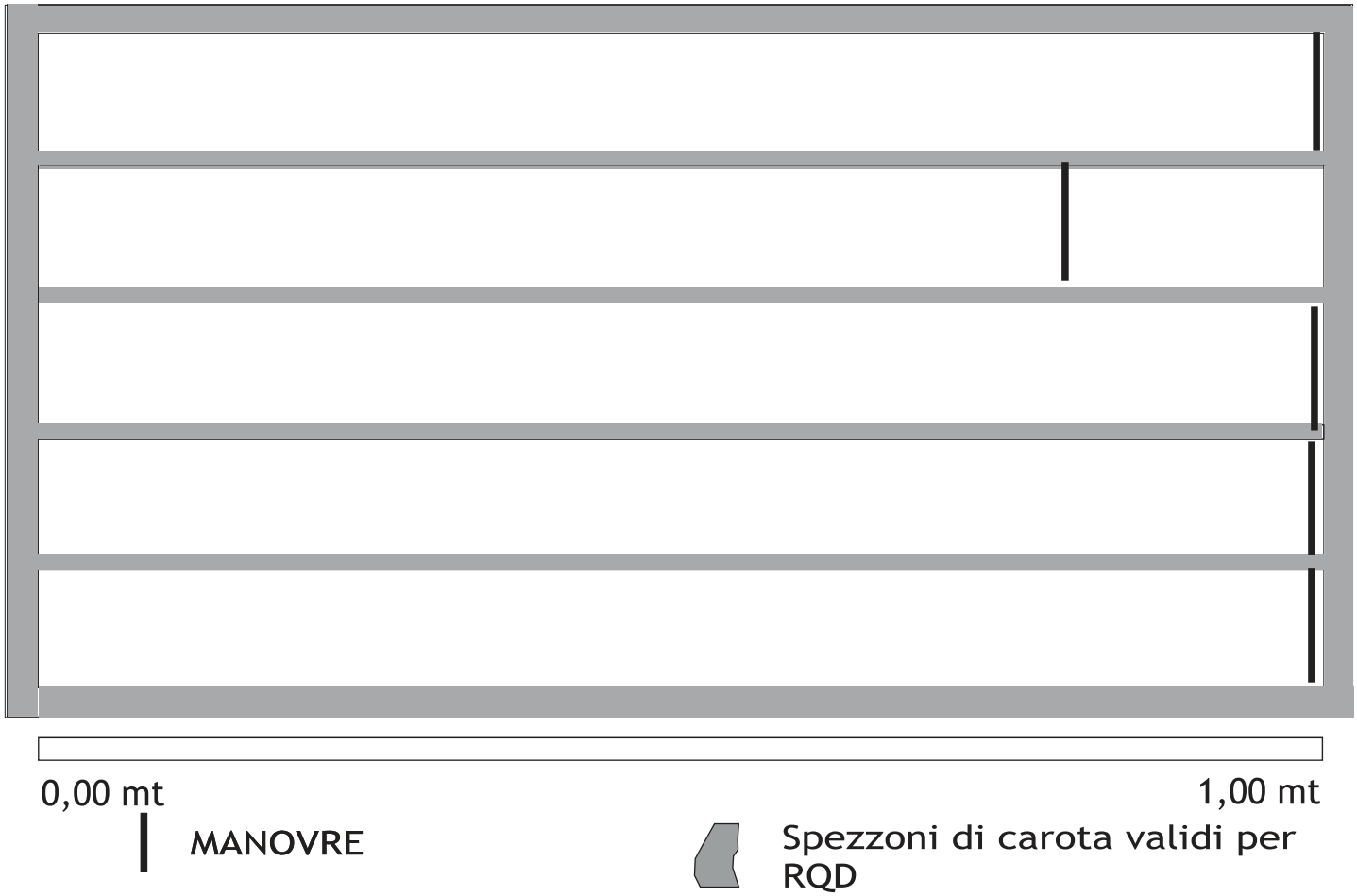
Via Delle Trexende 6I Loano SV
Tel 3482658650 - 649 Fax 0108631917
sito:www.geofisicaeambiente.com
mail: info@geofisicaeambiente.com

GeA s.n.c.
**Geofisica e Ambiente snc**
Indagini Geognostiche
Indagini Geofisiche
Fondazioni Speciali




## Comune di Cipressa Loc. Torre dei Marmi

## Sondaggio S3 Cassetta da 0,00 a 5,00 m



0,00 mt — 1,00 mt

MANOVRE

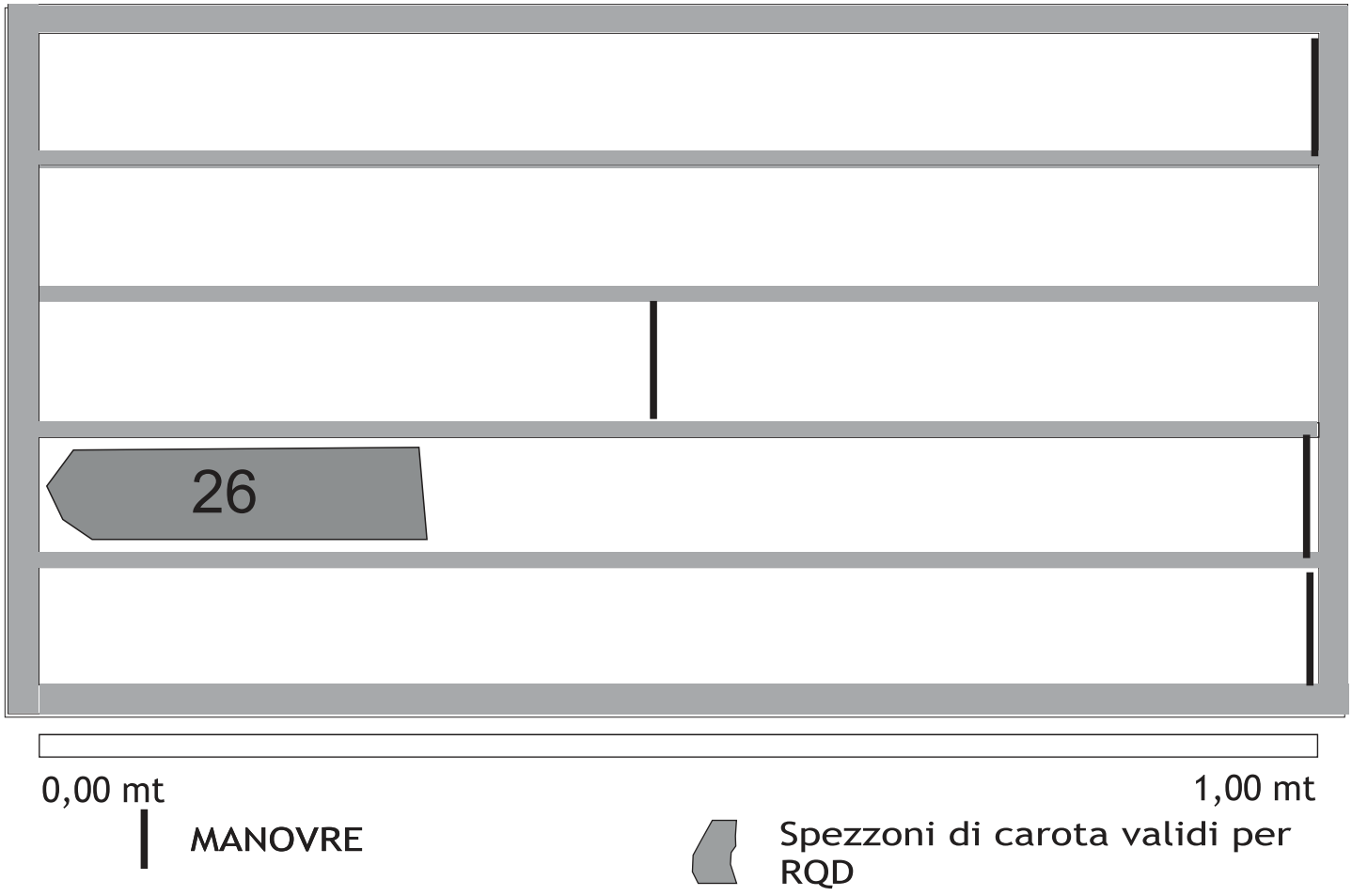
Spezzoni di carota validi per RQD

Via Delle Trexende 6I Loano SV
Tel 3482658650 - 649 Fax 0108631917
sito:www.geofisicaeambiente.com
mail: info@geofisicaeambiente.com

GeA s.n.c.
**Geofisica e Ambiente snc**
Indagini Geognostiche
Indagini Geofisiche
Fondazioni Speciali




## Comune di Cipressa Loc. Torre dei Marmi
## Sondaggio S3 Cassetta da 5,00 a 10,00 m




Via Delle Trexende 6I Loano SV
Tel 3482658650 - 649 Fax 0108631917
sito:www.geofisicaeambiente.com
mail: info@geofisicaeambiente.com

STUDIO GEOLOGICO TECNICO AMBIENTALE
Dott. Geol. ANDREA VALENTE ARNALDI

Committente: SOCIETA' HANBURY s.r.l.

Località: Corso Re Umberto 23 - TORINO

## *Analisi granulometrica*

Campione n.: **C1 - S1** Profondità (m): **1,5**

Data analisi: 30/09/17 Norma di riferimento: C.N.R. B.U. N.23

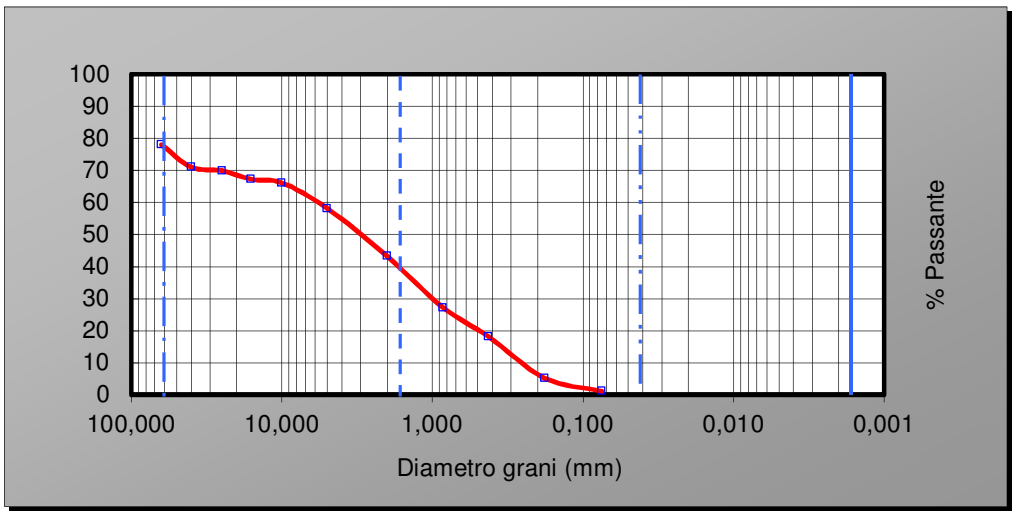
Metodo di vagliatura adottato: a secco

Classificazione terreno: **Ghiaia e sabbia con limo**

| Apertura maglie | Peso grani | % parziale | Trattenuto totale | Passante parziale |
|---|---|---|---|---|
| mm | gr | | % | % |
| | | | | |
| | | | | |
| 63,000 | | | 22,00 | 78,00 |
| 40,000 | | | 29,00 | 71,00 |
| 25,000 | | | 30,10 | 69,90 |
| 16,000 | | | 32,79 | 67,21 |
| 10,000 | | | 33,87 | 66,13 |
| 5,000 | | | 41,86 | 58,14 |
| 2,000 | | | 56,79 | 43,21 |
| 0,850 | | | 72,79 | 27,21 |
| 0,425 | | | 81,80 | 18,20 |
| 0,180 | | | 94,79 | 5,21 |
| 0,075 | | | 98,90 | 1,10 |

Peso secco: g 2350

Diametro max granuli mm 70




Ciottoli
Ghiaia
Sabbia
Limo
Argilla

STUDIO GEOLOGICO TECNICO AMBIENTALE

Dott. Geol. ANDREA VALENTE ARNALDI

Committente: SOCIETA' HANBURY s.r.l.

Località: Corso Re Umberto 23 - TORINO

## *Analisi granulometrica*

Campione n.: **C2 - S1** Profondità (m): **3**

Data analisi: 30/09/17 Norma di riferimento: C.N.R. B.U. N.23

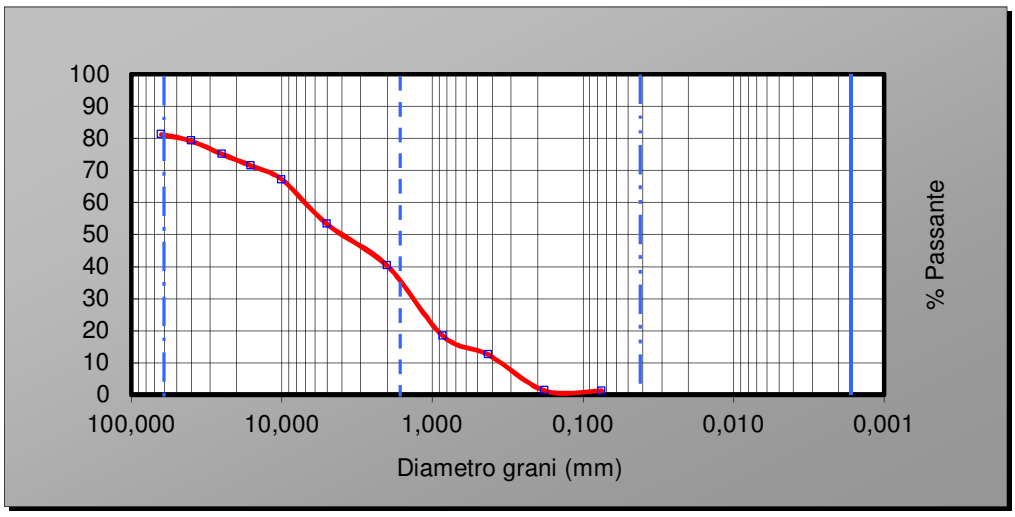
Metodo di vagliatura adottato: a secco

Classificazione terreno: **Ghiaia e sabbia con limo**

| Apertura maglie | Peso grani | % parziale | Trattenuto totale | Passante parziale |
|---|---|---|---|---|
| mm | gr | | % | % |
| | | | | |
| | | | | |
| 63,000 | | | 18,80 | 81,20 |
| 40,000 | | | 20,85 | 79,15 |
| 25,000 | | | 24,90 | 75,10 |
| 16,000 | | | 28,60 | 71,40 |
| 10,000 | | | 32,85 | 67,15 |
| 5,000 | | | 46,80 | 53,20 |
| 2,000 | | | 59,75 | 40,25 |
| 0,850 | | | 81,70 | 18,30 |
| 0,425 | | | 87,50 | 12,50 |
| 0,180 | | | 98,70 | 1,30 |
| 0,075 | | | 98,80 | 1,20 |

Peso secco: g 2750

Diametro max granuli mm 75




Ciottoli
Ghiaia
Sabbia
Limo
Argilla

STUDIO GEOLOGICO TECNICO AMBIENTALE
Dott. Geol. ANDREA VALENTE ARNALDI

Committente: SOCIETA' HANBURY s.r.l.

Località: Corso Re Umberto 23 - TORINO

## *Analisi granulometrica*

Campione n.: **C1 - S2** Profondità (m): **1,5**

Data analisi: 30/09/17 Norma di riferimento: C.N.R. B.U. N.23

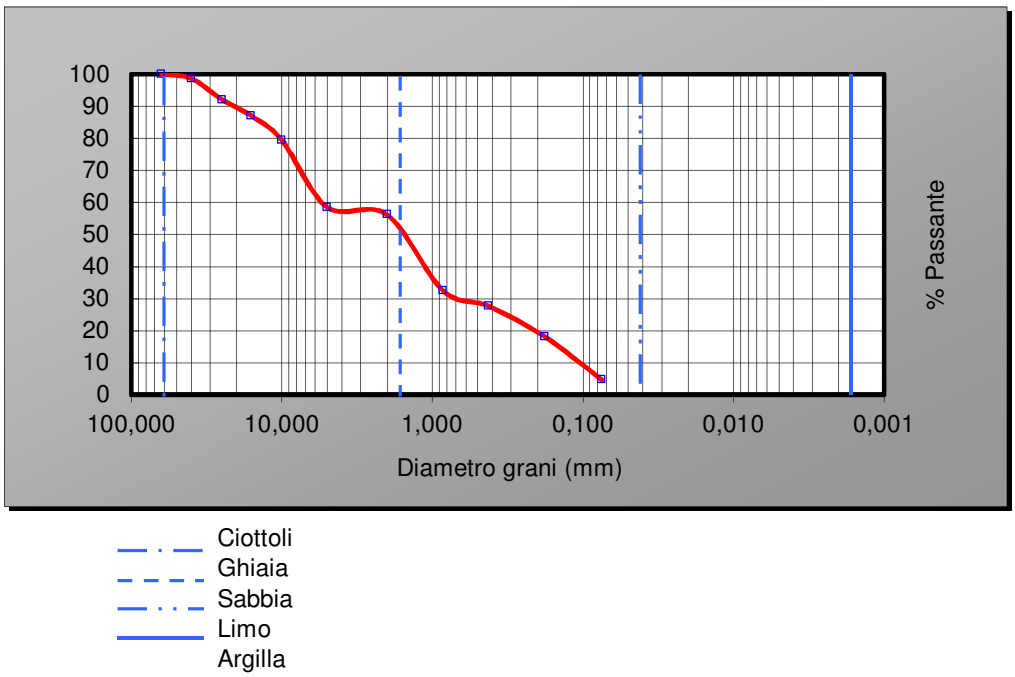
Metodo di vagliatura adottato: a secco

Classificazione terreno: **Ghiaia e sabbia con limo**

| Apertura maglie | Peso grani | % parziale | Trattenuto totale | Passante parziale |
|---|---|---|---|---|
| mm | gr | | % | % |
| | | | | |
| | | | | |
| 63,000 | | | 0,00 | 100,00 |
| 40,000 | | | 1,30 | 98,70 |
| 25,000 | | | 7,90 | 92,10 |
| 16,000 | | | 12,90 | 87,10 |
| 10,000 | | | 20,60 | 79,40 |
| 5,000 | | | 41,50 | 58,50 |
| 2,000 | | | 43,80 | 56,20 |
| 0,850 | | | 67,50 | 32,50 |
| 0,425 | | | 72,33 | 27,67 |
| 0,180 | | | 81,80 | 18,20 |
| 0,075 | | | 95,30 | 4,70 |

Peso secco: g 1950

Diametro max granuli: mm 45



STUDIO GEOLOGICO TECNICO AMBIENTALE

Dott. Geol. ANDREA VALENTE ARNALDI

Committente: SOCIETA' HANBURY s.r.l.

Località: Corso Re Umberto 23 - TORINO

## *Analisi granulometrica*

Campione n.: **C2 - S2** Profondità (m): **3**

Data analisi: 30/09/17 Norma di riferimento: C.N.R. B.U. N.23

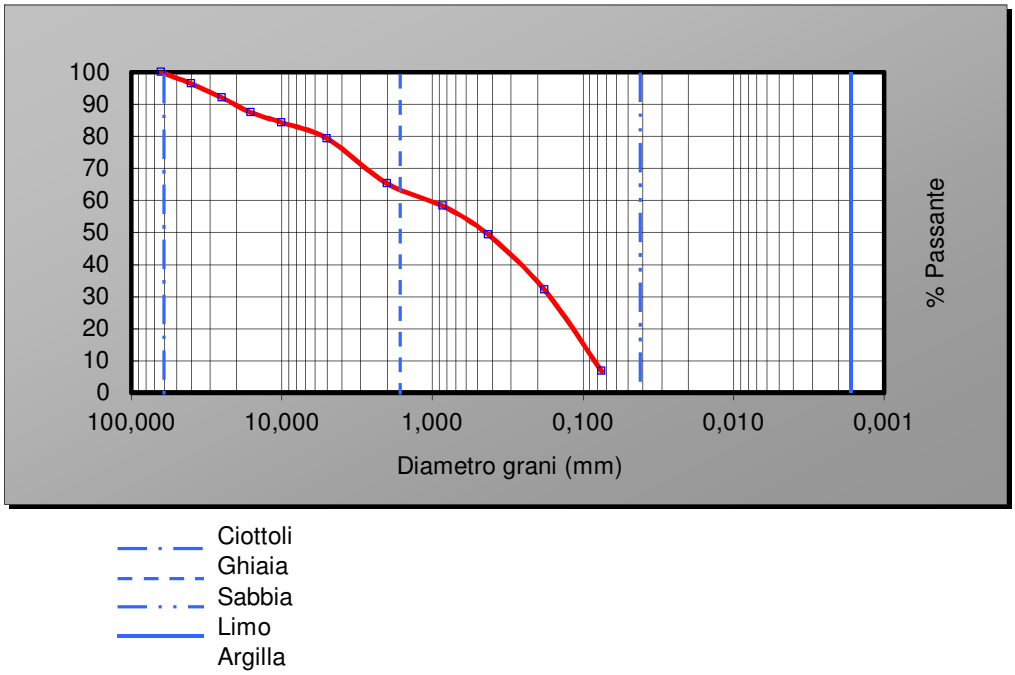
Metodo di vagliatura adottato: a secco

Classificazione terreno: **Ghiaia e sabbia con limo**

| Apertura maglie | Peso grani | % parziale | Trattenuto totale | Passante parziale |
|---|---|---|---|---|
| mm | gr | | % | % |
| | | | | |
| | | | | |
| 63,000 | | | 0,00 | 100,00 |
| 40,000 | | | 3,60 | 96,40 |
| 25,000 | | | 7,90 | 92,10 |
| 16,000 | | | 12,55 | 87,45 |
| 10,000 | | | 15,70 | 84,30 |
| 5,000 | | | 20,70 | 79,30 |
| 2,000 | | | 34,70 | 65,30 |
| 0,850 | | | 41,80 | 58,20 |
| 0,425 | | | 50,70 | 49,30 |
| 0,180 | | | 67,90 | 32,10 |
| 0,075 | | | 93,30 | 6,70 |

Peso secco: g 2250

Diametro max granuli: mm 47



STUDIO GEOLOGICO TECNICO AMBIENTALE

Dott. Geol. ANDREA VALENTE ARNALDI

Committente: SOCIETA' HANBURY s.r.l.

Località: Corso Re Umberto 23 - TORINO

## *Analisi granulometrica*

Campione n.: **C1 - S3** Profondità (m): **1,5**

Data analisi: 30/09/17 Norma di riferimento: C.N.R. B.U. N.23

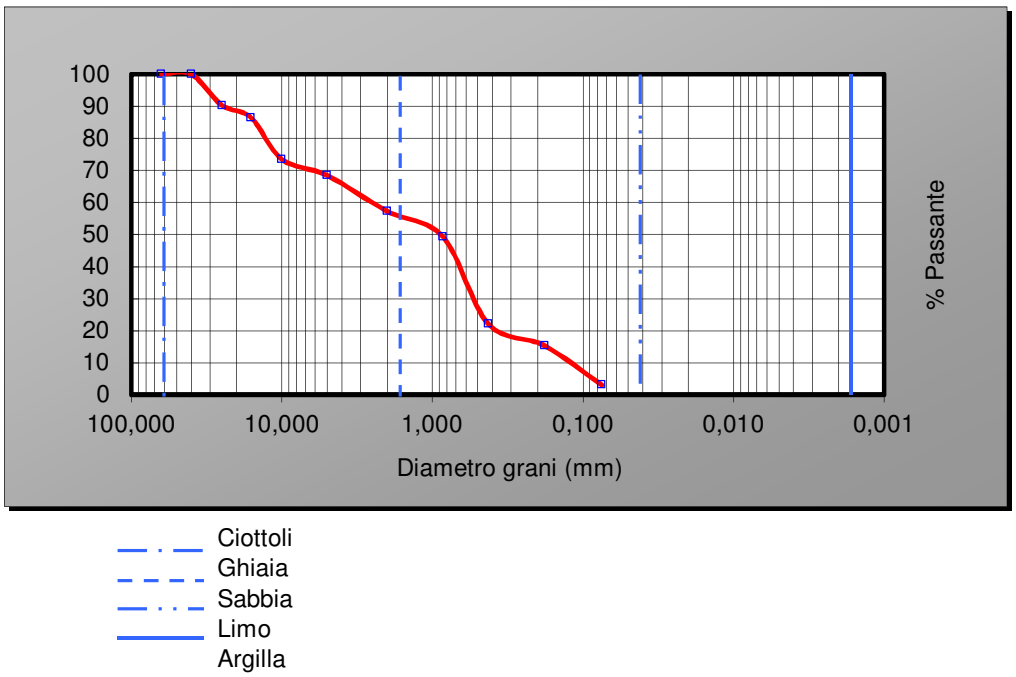
Metodo di vagliatura adottato: a secco

Classificazione terreno: **Ghiaia e sabbia con limo**

| Apertura maglie | Peso grani | % parziale | Trattenuto totale | Passante parziale |
|---|---|---|---|---|
| mm | gr | | % | % |
| | | | | |
| | | | | |
| 63,000 | | | 0,00 | 100,00 |
| 40,000 | | | 0,00 | 100,00 |
| 25,000 | | | 9,68 | 90,32 |
| 16,000 | | | 13,55 | 86,45 |
| 10,000 | | | 26,55 | 73,45 |
| 5,000 | | | 31,58 | 68,42 |
| 2,000 | | | 42,70 | 57,30 |
| 0,850 | | | 50,77 | 49,23 |
| 0,425 | | | 77,90 | 22,10 |
| 0,180 | | | 84,70 | 15,30 |
| 0,075 | | | 96,90 | 3,10 |

Peso secco: g 2480

Diametro max granuli mm 38



STUDIO GEOLOGICO TECNICO AMBIENTALE

Dott. Geol. ANDREA VALENTE ARNALDI

Committente: SOCIETA' HANBURY s.r.l.

Località: Corso Re Umberto 23 - TORINO

## *Analisi granulometrica*

Campione n.: **C2 - S2** Profondità (m): **3**

Data analisi: 30/09/17 Norma di riferimento: C.N.R. B.U. N.23

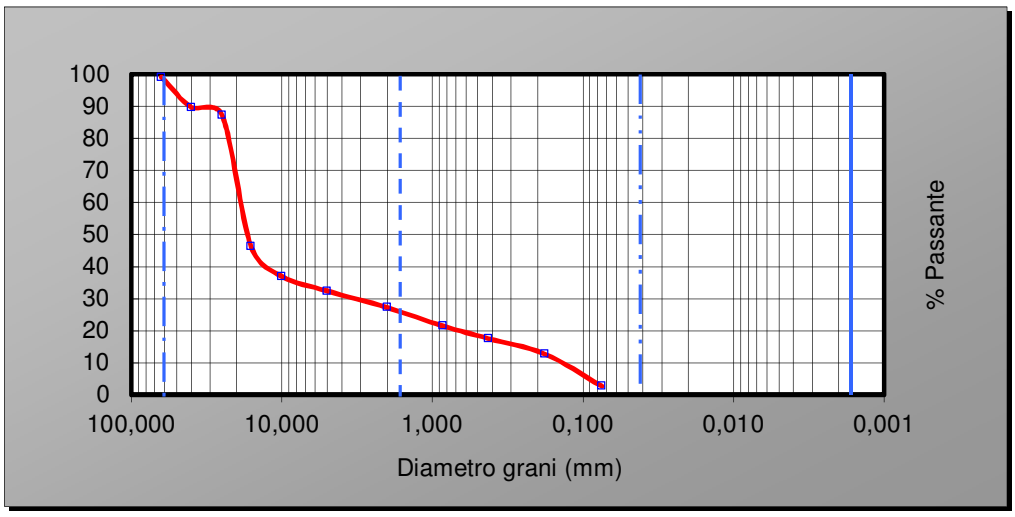
Metodo di vagliatura adottato: a secco

Classificazione terreno: **Ghiaia e sabbia con limo**

| Apertura maglie | Peso grani | % parziale | Trattenuto totale | Passante parziale |
|---|---|---|---|---|
| mm | gr | | % | % |
| | | | | |
| | | | | |
| 63,000 | | | 0,88 | 99,12 |
| 40,000 | | | 10,30 | 89,70 |
| 25,000 | | | 12,68 | 87,32 |
| 16,000 | | | 53,79 | 46,21 |
| 10,000 | | | 63,10 | 36,90 |
| 5,000 | | | 67,60 | 32,40 |
| 2,000 | | | 72,77 | 27,23 |
| 0,850 | | | 78,55 | 21,45 |
| 0,425 | | | 82,44 | 17,56 |
| 0,180 | | | 87,20 | 12,80 |
| 0,075 | | | 97,30 | 2,70 |

Peso secco: g 22780

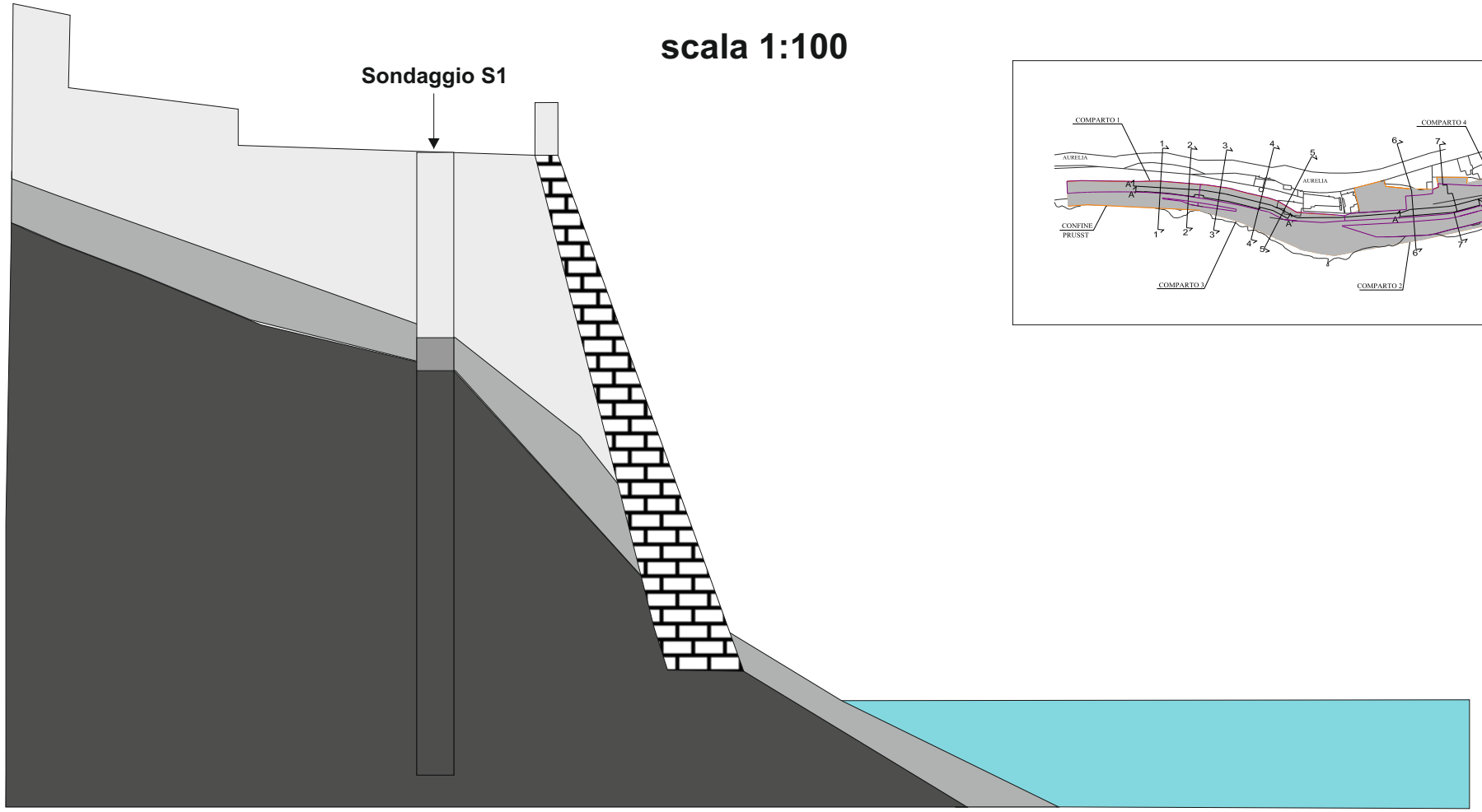
Diametro max granuli: mm 67




Ciottoli
Ghiaia
Sabbia
Limo
Argilla

# SEZIONE STRATIGRAFICA E LITOLOGICA
## (Sezione 1 di progetto modificata)

**scala 1:100**







## Legenda

- Unità litologica 1 - Materiale di riporto ghiaioso e ciottoloso in matrice limoso – sabbiosa
- Unità litologica 2 - Substrato calcareo – marnoso alterato, fratturato e localmente disgregato
- Unità litologica 3 - Substrato litoide calcareo – marnoso maggiormente integro e compatto

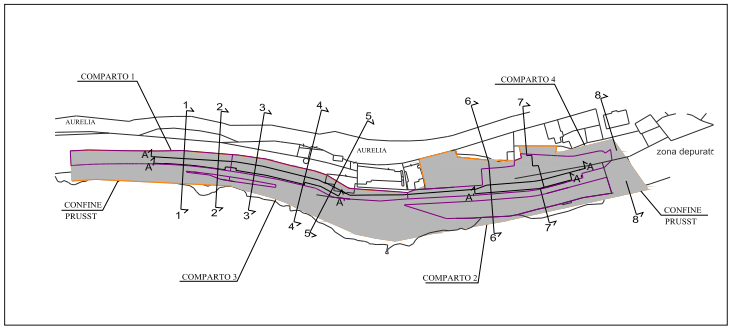
# SEZIONE STRATIGRAFICA E LITOLOGICA
## (Sezione 7 di progetto modificata)

**Sondaggio S2**

## scala 1:100

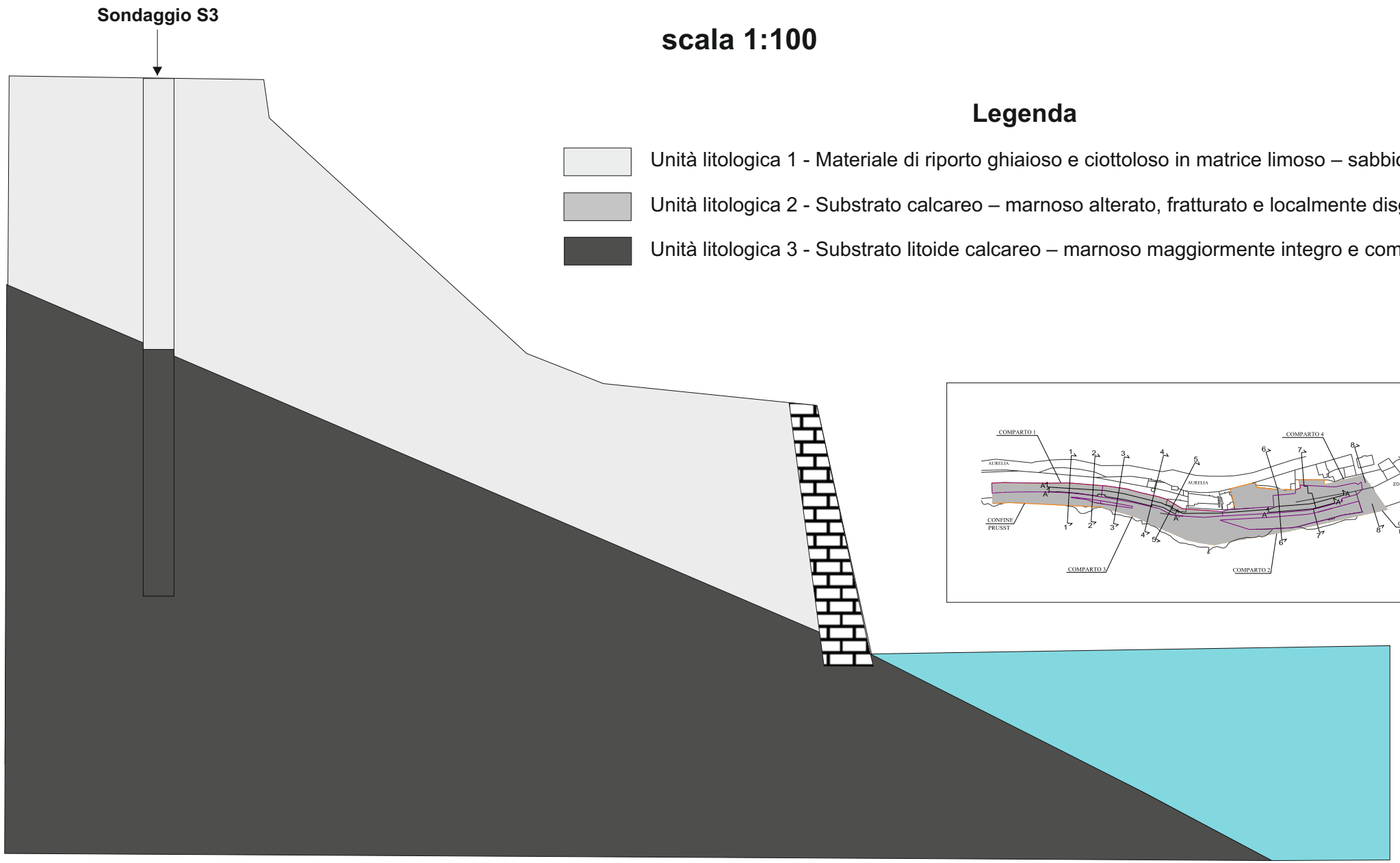
### Legenda

- Unità litologica 1 - Materiale di riporto ghiaioso e ciottoloso in matrice limoso – sabbiosa
- Unità litologica 2 - Substrato calcareo – marnoso alterato, fratturato e localmente disgregato
- Unità litologica 3 - Substrato litoide calcareo – marnoso maggiormente integro e compatto



# SEZIONE STRATIGRAFICA E LITOLOGICA
## (Sezione 8 di progetto modificata)

## scala 1:100




### Legenda

- Unità litologica 1 - Materiale di riporto ghiaioso e ciottoloso in matrice limoso – sabbiosa
- Unità litologica 2 - Substrato calcareo – marnoso alterato, fratturato e localmente disgregato
- Unità litologica 3 - Substrato litoide calcareo – marnoso maggiormente integro e compatto




| | | |
|---|---|---|
| 19.CIP.HANBURY | Studio Geologico Tecnico Ambientale – Dott. Geol. Andrea VALENTE - Torino - Sanremo - Bra | Rev. 00 - All. |