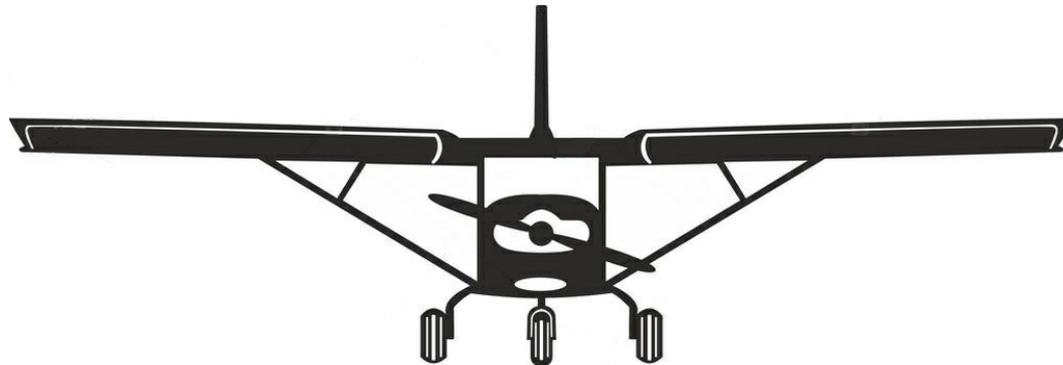




COMUNE DI COTRONEI

PROVINCIA DI CROTONE



PROGETTO PER L'AMPLIAMENTO DELL'AVIOSUPERFICIE FRANCA

COD. ELABORATO
TAV. GEO. 01

TITOLO:
RELAZIONE GEOLOGICA

SCALA:

AMMINISTRATORE DELEGATO PLEGS SRL :
Arch.Ing. Giuseppe Antonio BAFFA

DIRETTORE TECNICO PLEGS SRL:
Ing. Natale COSTANTINO

PROGETTISTA STRUTTURALE :

COMMITTENTE :
B&B Investments s.r.l.

GEOLOGO :
DOTT. GEOLOGO Fabio INDIA

PROGETTISTA ARCHITETTONICO :
Arch. Gioacchino BUONACCORSI

COLLABORATORE :
Dott. Ing. Salvatore DI FALCO



SOCIETA' DI INGEGNERIA
PLEGS ENGINEERING AND ARCHITECTURE SRL
VIA LIBERTA' III TRAVERSA 29 - 88900 CROTONE
P.I. 03575580794
PLEGSSRL@PEC.IT - PLEGS.SRL@GMAIL.COM

REVISIONE:
SETTEMBRE 2020

INDICE

| | |
|---|---------|
| PREMESSA | pag. 2 |
| INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE | pag. 5 |
| ASPETTI IDROLOGICI E IDROGEOLOGICI DELL'AREA | pag. 8 |
| CONSIDERAZIONI SUL P.A.I. E SUL PGRA | pag. 11 |
| CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI | pag. 14 |
| VERIFICA DI LIQUEFAZIONE DEL SITO | pag. 16 |
| CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE | pag. 18 |
| ALLEGATI INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE | pag. 19 |

PREMESSA

Il sottoscritto Dott. Geol. Fabio India, iscritto all'Ordine dei Geologi della Calabria con il n.740 è stato incaricato dalla società Plegs Engineering and Architecture Srl, di realizzare uno studio geologico su di un'area ubicata nel comune di Cotronei in località "Trepidò Soprano" nei pressi del Lago Ampollino (fig. 1, fig. 2) in previsione del progetto di ampliamento dell'aviosuperficie "Franca" .

Al Catasto Terreni del Comune di Cotronei l'area su cui sorgerà l'opera di progetto ricade nel foglio di mappa n. 4 e alle particelle n. 381, 405, 406, 416, 417, 421, 458, 681, 682, 717, 718, 722, 723, 725, 727, 729, 1109.

Lo studio in oggetto è stato coadiuvato in prima analisi da un meticoloso rilievo di campagna e successivamente da un'accurata indagine geofisica e geognostica, con l'obiettivo principale mirato alla conoscenza delle caratteristiche geologiche, geotecniche, geomorfologiche e strutturali dell'area in cui ricadono le opere di progetto.

Il presente lavoro si è svolto attraverso le seguenti fasi:

- ricerca bibliografica riguardante la raccolta di dati su studi precedenti e consultazione della carta geologica della Calabria in scala 1:25.000;
- definizione dei caratteri geologici e geolitologici dell'intera area, con rilevamento diretto di superficie, esteso anche alle aree limitrofe;
- esame delle condizioni geomorfologiche;
- consultazione delle carte tematiche del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) e le carte tematiche del Piano di Gestione del Rischio di alluvioni (PGRA), realizzato dalla regione Calabria tramite l'Autorità di Bacino (ABR) il primo e dal Distretto dell'Appennino Meridionale il secondo, al fine di valutare le condizioni di rischio frane e alluvioni;
- indagini geofisiche consistenti nell'esecuzione di n. 3 indagini mediante tecnica dei rapporti spettrali o HVSR e n. 2 MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), al fine di acquisire informazioni sulla velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri di profondità e n. 2 prospezioni sismiche a rifrazione ad onde P;
- indagini geognostiche consistenti nell'esecuzione di n. 8 prove penetrometriche dinamiche medie, n. 4 sondaggi a carotaggio continuo con relative prove S.P.T. in foro e prove di permeabilità in foro tipo Lefranc e Lugeon; per la natura dei terreni attraversati durante i sondaggi a carotaggio continuo, non è stato possibile campionare parti di terreno (campioni indisturbati) con le fustelle da sottoporre ad analisi di laboratorio. I parametri geotecnici sono stati pertanto desunti dalle prove penetrometriche.
- indagine litologico-stratigrafica con ricostruzione della stratigrafia locale, mediante lo studio degli affioramenti esistenti;
- interpretazione dei dati acquisiti e documentazione delle prove eseguite.

Tale relazione è stata redatta in rispetto e conformità alle leggi vigenti in materia geologico-tecnica con particolare riguardo alle seguenti disposizioni normative:

- Decreto Ministeriale 11/03/1988 emanati in seguito alla Legge 02/02/1974 n. 64;
- Decreto Ministeriale 14/01/2008, “Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (G.U. 26 febbraio 2009 n. 27 – Suppl. Ord.): “Istruzioni per l'applicazione delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”, di cui al D.M. 14 gennaio 2008”;
- Regolamento relativo al Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) e al Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA).
- D.M. 17 gennaio 2018 (G.U. n. 42 del 20 febbraio 2018 – Suppl. Ord.) “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”.



Figura 1. Panoramica della zona con l'ubicazione dell'area oggetto di studio

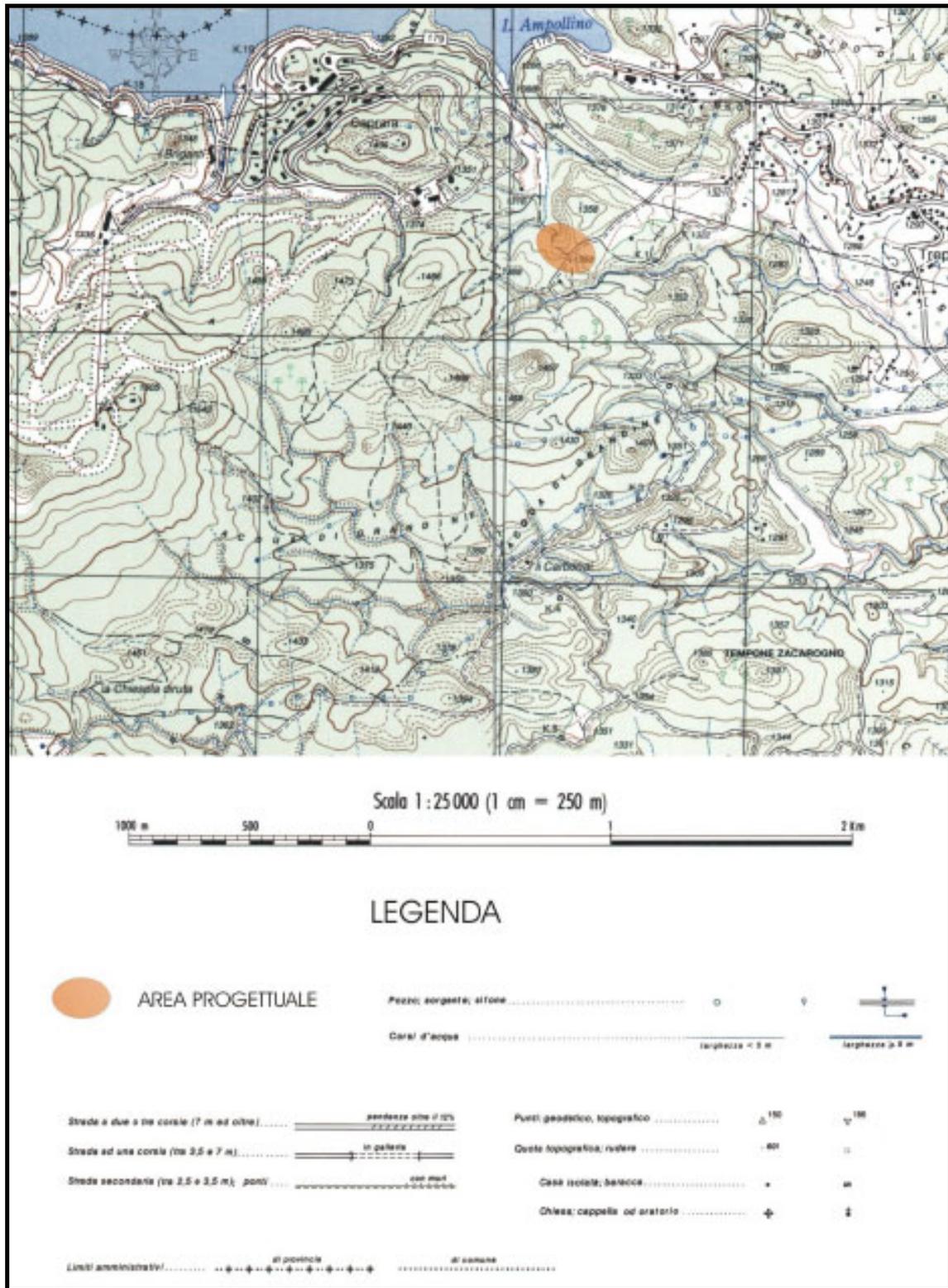


Figura 2. Carta topografica in scala 1:25.000

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE

L'area di studio si pone ad una quota di circa 1.300 m.s.l, nell'incisione valliva prodotta dal fiume Ampollino, dal cui sbarramento artificiale per mezzo di una diga a gravità, si è formato l'omonimo lago le cui acque vengono sfruttate per la produzione di energia elettrica.

Questo sistema idrografico (fiume e relativo bacino), costituisce un impluvio naturale per le acque di deflusso superficiale.

I versanti estesi in vicinanza del sito in questione, non sono caratterizzati da pendenze molto elevate, tali da poter rappresentare fattori di innesco per fenomeni gravitativi di una certa rilevanza.

Dal punto di vista geomorfologico, il territorio è fortemente condizionato dalla litologia affiorante, dall'azione erosiva dei principali corsi d'acqua e dei loro affluenti che incidono le pianure formando dei fossi non troppo profondi.

Il contesto geologico, all'interno del quale si colloca l'area indagata, è rappresentato prevalentemente da due complessi litoidi, uno a carattere dioritico-granitico (graniti e granodioriti) e l'altro a carattere metamorfico di medio e alto grado (paragneiss e scisti biotitici), con il primo presente in maniera rilevante sul sito oggetto di studio.

Associato ai due complessi litoidi, si rileva in genere una limitata copertura superficiale a carattere sciolto costituita essenzialmente da sabbia e sabbia con ciottoli localmente caolinizzata (sabbioni granitici), derivante da processi di alterazione del sottostante substrato litoide e da depositi di origine colluviale ed alluvionale, che tende ad aumentare per lo più nelle zone vallive.

In particolare, il nostro sito è costituito perlopiù da un substrato metamorfico (paragneiss e scisti biotitici), facente parte dell'unità della Sila (Messina et al. 1992), costituita da quel complesso igneo-metamorfico che va sotto il nome di "Batolite Silano".

Dal rilevamento di campagna, su tutta l'area di studio, affiora una formazione di scisti biotitici appartenente all'era Paleozoica, caratterizzati da una buona resistenza all'erosione.

Nelle zone più depresse, di accumulo, sono presenti coltri lenticolari di prodotti di solifluzione provenienti dalle zone alte più esposte al degrado, all'alterazione e al disfacimento.

Sempre nel corso del rilevamento geologico di superficie nella zona di nostro interesse, non sono state rilevate tracce di smottamenti o indizi tali che possono far presupporre una evoluzione rapida dell'assetto geomorfologico attuale.

L'area progettuale non presenta alcun tipo di instabilità geomorfologica. La degradazione dei versanti rappresenta una potenziale pericolosità tra i fenomeni possibili; le fasce cataclastiche presenti nei versanti analizzati catalizzano quelli che sono i processi chimico-fisici di alterazione del substrato cristallino.

Inoltre gli ammassi granitici denudati sono sottoposti a degradazioni fisiche e chimiche legate alla litologia, alla tettonica e soprattutto al clima con fenomeni di gelivazione.

L'area progettuale, coincidente con la porzione sommitale di due bacini idrografici ricade in una zona ad acclività media, che riflette le caratteristiche geolitologiche delle rocce cristalline affioranti e la loro incapacità di resistere agli agenti erosivi (morfoselezione).

A piccola scala è evidente il ruolo che i diversi sistemi morfoclimatici quaternari hanno avuto nel modellamento del paesaggio, generando forme e depositi che, a luoghi, costituiscono relitti ancora leggibili.

Gli agenti geomorfici che controllano l'evoluzione del paesaggio sono sostanzialmente di tipo lineare o di massa. Gli agenti di erosione lineare sono le aste fluviali, impostate prevalentemente su linee di debolezza tettonica che accelerano i processi erosivi.

Nei terreni sabbio-limosi non cementati di natura alluvionale prevalgono fenomeni geomorfici di erosione areale (sheet erosion o erosione da lama d'acqua). Tale processo risulta importante nei periodi di intense e persistenti precipitazioni, agendo mediante l'azione selvaggia delle acque di ruscellamento (wild streams), favorendo l'asportazione del materiale fine non litificato, quale la matrice sabbiosa dei terrazzi che viene facilmente asportata dalla lama d'acqua (sheet-wash erosion).

In definitiva quindi, dalla consistenza dei terreni nonché dalla mancanza di fenomeni di dissesto di una certa rilevanza (ma solo sporadici e localizzati), si evince che il sito in esame dove saranno edificate le opere di progetto, non presenta significativi rischi di carattere geologico, tettonico, idrogeologico e geomorfologico.

Nell'area dove è prevista la realizzazione delle opere in progetto sono state inoltre eseguite tre prospezioni sismiche con metodologia HVSR, due prospezioni sismiche a rifrazione ad onde P, otto prove penetrometriche dinamiche, 4 sondaggi a carotaggio continuo (con prove spt e di permeabilità in foro), 2 MASW, le quali hanno consentito di definire in dettaglio le caratteristiche litologiche e stratigrafiche del sito, risalendo altresì alla velocità delle onde di taglio nei primi trenta metri di profondità (V_{s30}).

Dal rilevamento effettuato in campagna e dall'analisi delle carte tematiche del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.), si è potuto verificare che il sito in esame non è collocato in una zona a rischio frane, mentre per quanto riguarda il rischio di alluvione, l'area progettuale ricade in parte nelle aree di attenzione del PGRA.

La distribuzione areale delle formazioni geologiche presenti nella zona d'interesse, si può rilevare dalla carta geologica riportata di seguito in figura 3.

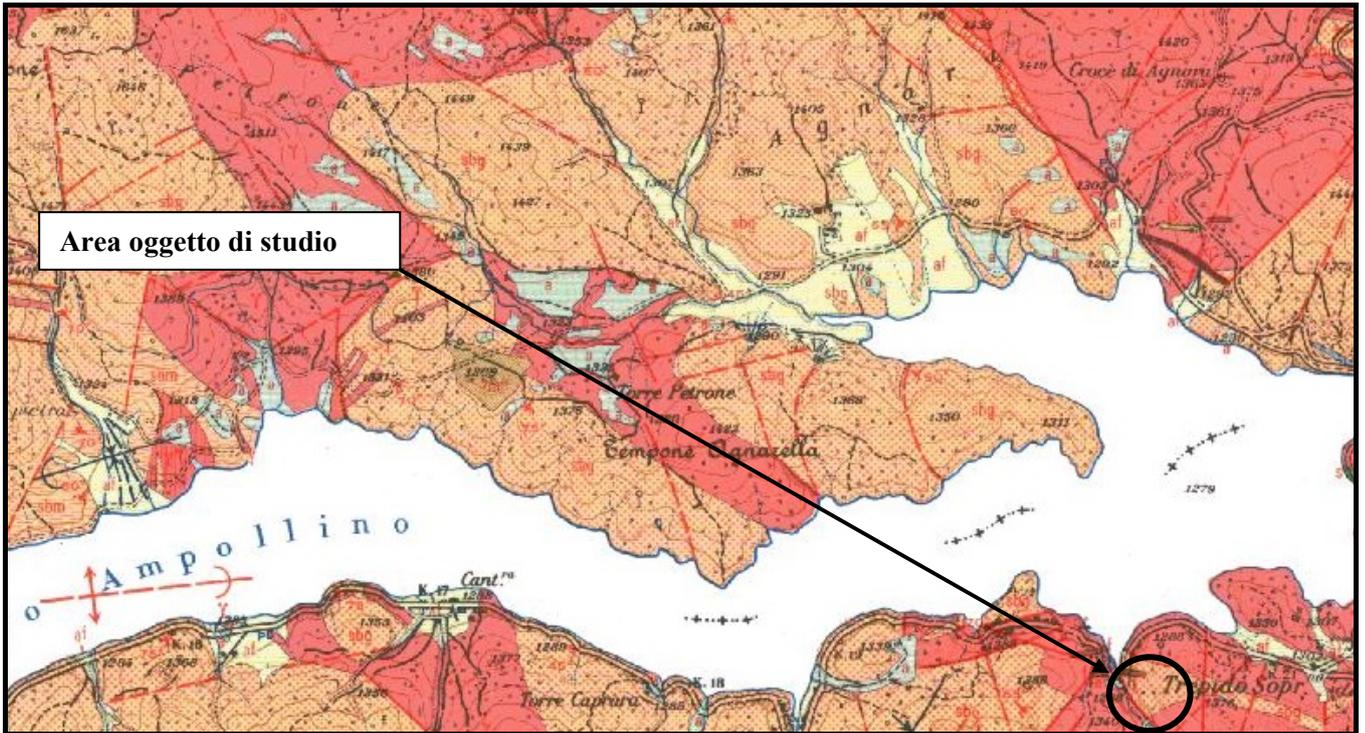


Figura 3. Stralcio della carta geologica della Calabria in scala 1:25.000 (Foglio 237 IV - SE)



ASPETTI IDROLOGICI E IDROGEOLOGICI DELL'AREA

Dal punto di vista idrogeologico i terreni affioranti nell'area, costituiti in prevalenza da rocce più o meno fratturate, rappresentano una gamma di materiali con un grado di permeabilità relativa da media ad alto. I limi-sabbiosi presenti nella piana alluvionale rappresentano una sorta di soglia di permeabilità che sostiene la falda superficiale costituita dall'invaso artificiale.

Le sorgenti nell'aria di studio (fig. 4) riguardano il bacino della Iumarella di Migliarini (Bacino Tacina), segnati in carta a Sud della zona in studio; hanno un regime costante con rivenute importanti nel periodo invernali.

Le sorgenti sul versante Lago Ampollino (Bacino Neto) sono meno importanti ed hanno carattere stagionale; la presenza dell'invaso condiziona la piezometria dell'aria con la possibile presenza di falde in pressione al di sotto dell'invaso.

I terreni affioranti nell'area investigata dal presente studio sono costituiti da litotipi diversi ognuno dei quali presenta caratteristiche idrodinamiche differenti, i vari litotipi aventi grado di permeabilità che si mantiene in un campo di variazione piuttosto ristretto vengono accorpati in Complessi Idrogeologici:

- o Complesso Idrogeologico con litotipi di origine igneo-metamorfica, localizzati alla base della successione stratigrafica e caratterizzati da una fratturazione pervasiva che ne condiziona le caratteristiche idrodinamiche.

- o Complesso Idrogeologico con litotipi sedimentari di natura granulare che poggiano in regressione sul Complesso idrogeologico precedente, caratterizzati da conglomerati a matrice limo-sabbiosa con passaggio graduale ai sabbioni di alterazione presentano condizioni idrogeologiche la cui valutazione comporta grandi difficoltà nell'ambito di studi puntuali. Questi terreni presentano un'elevata permeabilità, vista la natura granulare del terreno, e ammassi non cementati, monogranulari e allo stesso tempo saturi, se sottoposti a sollecitazioni sismiche sono soggetti a fenomeni di instabilità.

- o Complesso Idrogeologico in cui i litotipi sono costituiti da materiali a ricca componente argillosa, come nel caso della base stratigrafica degli antichi fondi lacustri; in questo caso le acque sotterranee circolano preferenzialmente nei materiali a maggiore frazione sabbiosa, caratterizzati da porosità maggiore, la base della falda superiore è stata riscontrata nei litotipi argillosi-torbosi, questi terreni fungono sia da impermeabile di fondo della falda idrica alimentata dal fiume, che da limite superiore della falda sottostante.

Nell'analizzare gli acquiferi, ossia la fase solida (scheletro della roccia) nella quale circolano una fase liquida (acqua) ed una gassosa (aria), ci soffermiamo dapprima all'acquifero rappresentato dai depositi alluvionali. Si tratta di depositi eterogenei perché la sedimentazione fluviale è tipicamente rapida e discontinua, con condizione di deposizione dei sedimenti variabile anche in relazione allo stato giovanile, maturo o senile del corso d'acqua. Basti considerare che lungo l'alveo esiste un'accentuata selezione dei clasti, sia in senso longitudinale (granulometria crescente da monte verso valle) che in senso trasversale

(granulometria decrescente dal centro verso le sponde) ed in verticale (alternanza di sedimenti grossolani e minuti dovuti, rispettivamente, a sedimentazione in periodi di piena e di magra). In conseguenza di questi e di altri fenomeni di minore interesse idrogeologico, gli acquiferi alluvionali sono caratterizzati dalla giustapposizione disordinata di termini di varia granulometria, aggregati in lenti allungate nel senso della corrente che le ha depositate. Ciò si traduce in una circolazione idrica per falde sovrapposte, con deflusso preferenziale dell'acqua nei litotipi a più alto grado di permeabilità relativa.

I corsi d'acqua presenti esercitano una limitata azione erosiva, sia per le modeste portate, sia per gli andamenti longitudinali sub pianeggianti nell'intorno dell'area di interesse.

La morfologia e le formazioni rocciose presenti fanno in modo che si crei per le acque meteoriche un modesto deflusso superficiale con ruscellamento limitato. Le caratteristiche di permeabilità dei terreni riscontrati nell'area variano in funzione della litologia e dello stato di alterazione delle rocce granitoidi e metamorfiche che, come accennato in precedenza, possono essere soggette a processi di argillificazione (trasformazione del minerale K-feldspato in caolino) ad opera delle acque meteoriche con una conseguente riduzione della permeabilità.

Il complesso granitico/metamorfico presente è contrassegnato da caratteristiche idrogeologiche tali che ci portano ad identificarlo come un acquifero a permeabilità mista.

I litotipi che costituiscono la nostra area di studio, dal punto di vista idrogeologico sono così caratterizzati:

- copertura superficiale: costituita da una porzione sabbiosa localmente caolinizzata, presenta una permeabilità decisamente più elevata rispetto alla sottostante roccia metamorfica mediamente alterata e fratturata, con un coefficiente di permeabilità stimabile in $K > 10^{-6}$.
- roccia ignea-metamorfica mediamente fratturata: presenta una permeabilità minore rispetto alla copertura superficiale ed ha un coefficiente di permeabilità stimabile in $K < 10^{-7}$.

Nel complesso quindi, data la discreta permeabilità del deposito superficiale (ridotta in corrispondenza delle zone più caolinizzate) possiamo ipotizzare che l'indice idrogeologico, ovvero la ripartizione convenzionale tra il ruscellamento (che alimenta il deflusso superficiale) e l'infiltrazione (quantità d'acqua che penetra nel sottosuolo), sia appannaggio del secondo con un conseguente deflusso in profondità.

In relazione alla stratigrafia illustrata, le acque d'infiltrazione tendono a penetrare nei livelli sabbiosi permeabili superficiali, per poi attraversare la formazione granitica/metamorfica alterata per mezzo delle fratture (con velocità di filtrazione inferiori rispetto alle sabbie) e infine arrestarsi nel momento in cui incontrano il granito/scisto integro che costituisce per esse una barriera naturale a causa della sua elevata impermeabilità.

Durante il rilevamento in sito, non è stata rilevata la presenza di una falda idrica superficiale e data l'assenza di piezometri nella zona di interesse non è stato possibile risalire all'andamento della superficie piezometrica e alla profondità della falda freatica che si presume estesa a maggiori profondità.

Per ciò che riguarda la circolazione idrica sotterranea, bisogna rammentare che normalmente, nelle magmatiti silane (graniti, granodioriti, para/orto gneiss, scisti biotitici), la permeabilità relativamente bassa dei litotipi affioranti (10^{-6} - 10^{-7} m/sec), può subire degli incrementi rispetto alle originarie condizioni, avendo subito grandi eventi tettonici che hanno dato luogo ad una serie di fratture di dimensioni variabili.

In tutti i modi, è bene ricordare che la presenza nell'area in esame di formazioni sciolte superficiali estremamente permeabili, facilita il deflusso idrico superficiale particolarmente importante durante i fenomeni meteorologici intensi e costanti nel tempo, mitigando i potenziali fenomeni di dissesto idrogeologico.

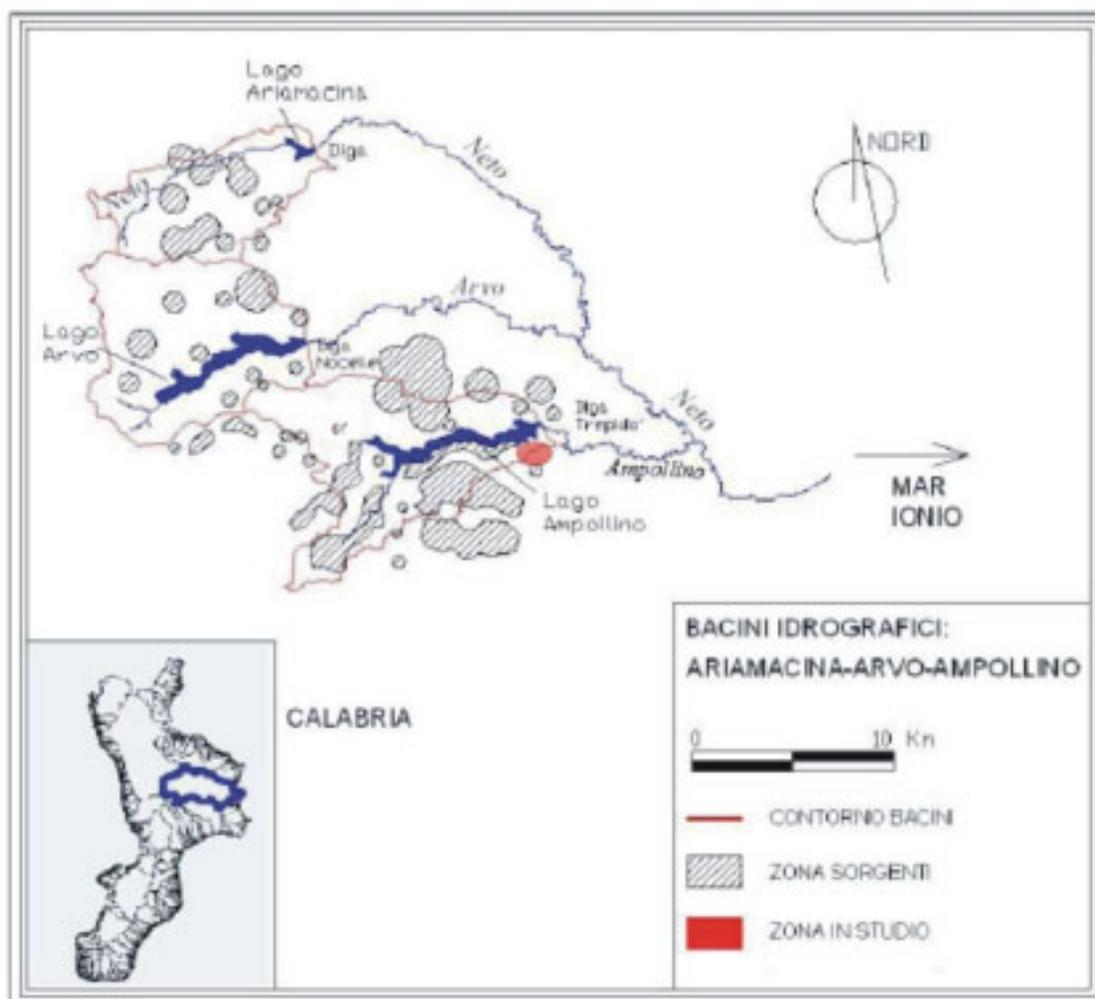


Fig. 4 – Schema dei bacini idrografici e aree sorgentizie

CONSIDERAZIONI SUL P.A.I.

“PIANO STRALCIO PER L’ASSETTO IDROGEOLOGICO” E SUL PGRA PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI

Il Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.) previsto dal D.L. 180/’98 (Decreto Sarno) è finalizzato alla valutazione del rischio di frana ed alluvione.

Mediante l’Autorità di Bacino Regionale (ABR), il P.A.I. si pone come obiettivo la riduzione dei livelli di rischio frane e/o alluvione e la conseguente messa in sicurezza delle popolazioni, delle infrastrutture principali, dei beni culturali ed ambientali. Obiettivi da perseguire mediante norme di uso del suolo, direttive e vincoli, nonché adeguati sistemi di controllo e monitoraggio.

Nella redazione del P.A.I., sono definite aree pericolose quelle porzioni del territorio, corrispondenti ad un appropriato intorno dei centri abitati e delle infrastrutture, in cui i dati disponibili indicano condizioni di pericolo, la cui effettiva gravità potrà essere valutata a seguito di studi, rilievi e indagini di dettaglio.

Sono individuate come aree a rischio P.A.I.:

- *aree di attenzione per pericolo di inondazione, che interessano alcuni tratti dei corsi d’acqua;*
- *aree con pericolo di frana, tracciate sulla base dell’inventario delle frane rilevate, così come definite nelle specifiche tecniche del PAI;*
- *aree con pericolo di erosione costiera, che interessano i tratti di spiaggia in erosione retrostanti la linea di riva per una fascia non minore di m 50, nei tratti ove è presente un processo attivo di arretramento della predetta linea.*

Sulla base del livello di rischio dei fenomeni di frana e/o alluvione rilevati, il P.A.I. disciplina l’uso del territorio in tali aree in relazione a delle classi di rischio, specificamente contrassegnate dalle sigle **R1**, **R2**, **R3** ed **R4** (in ordine crescente di pericolosità).

Considerando ciò, si è ritenuto opportuno consultare la cartografia prodotta dall’Autorità di Bacino Regionale (ABR) e quella dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale – Ambito territoriale, in modo tale da verificare se la nostra area di studio ricade all’interno della perimetrazione delle aree a rischio frane e/o alluvione e se soggette alle misure di salvaguardia collegate alla adozione dei progetti di variante predisposti in attuazione degli aggiornamenti dei PAI alle nuove mappe del PGRA di cui alla delibera Cip (Conferenza Istituzionale Permanente dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale) n.1. del 20/12/2019.

Rischio alluvione

Per quanto riguarda il rischio alluvione, si può asserire che le aree di intervento ricadono in parte nelle aree di attenzione del PGRA (Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni), pertanto l'area in esame dovrà essere oggetto di un'attenta analisi idraulica-idrologica da parte di tecnico specializzato, rispettando le misure di salvaguardia collegate alla adozione dei progetti di variante predisposti in attuazione degli aggiornamenti dei PAI alle nuove mappe del PGRA di cui alla delibera Cip n. 1 del 20/12/2019.

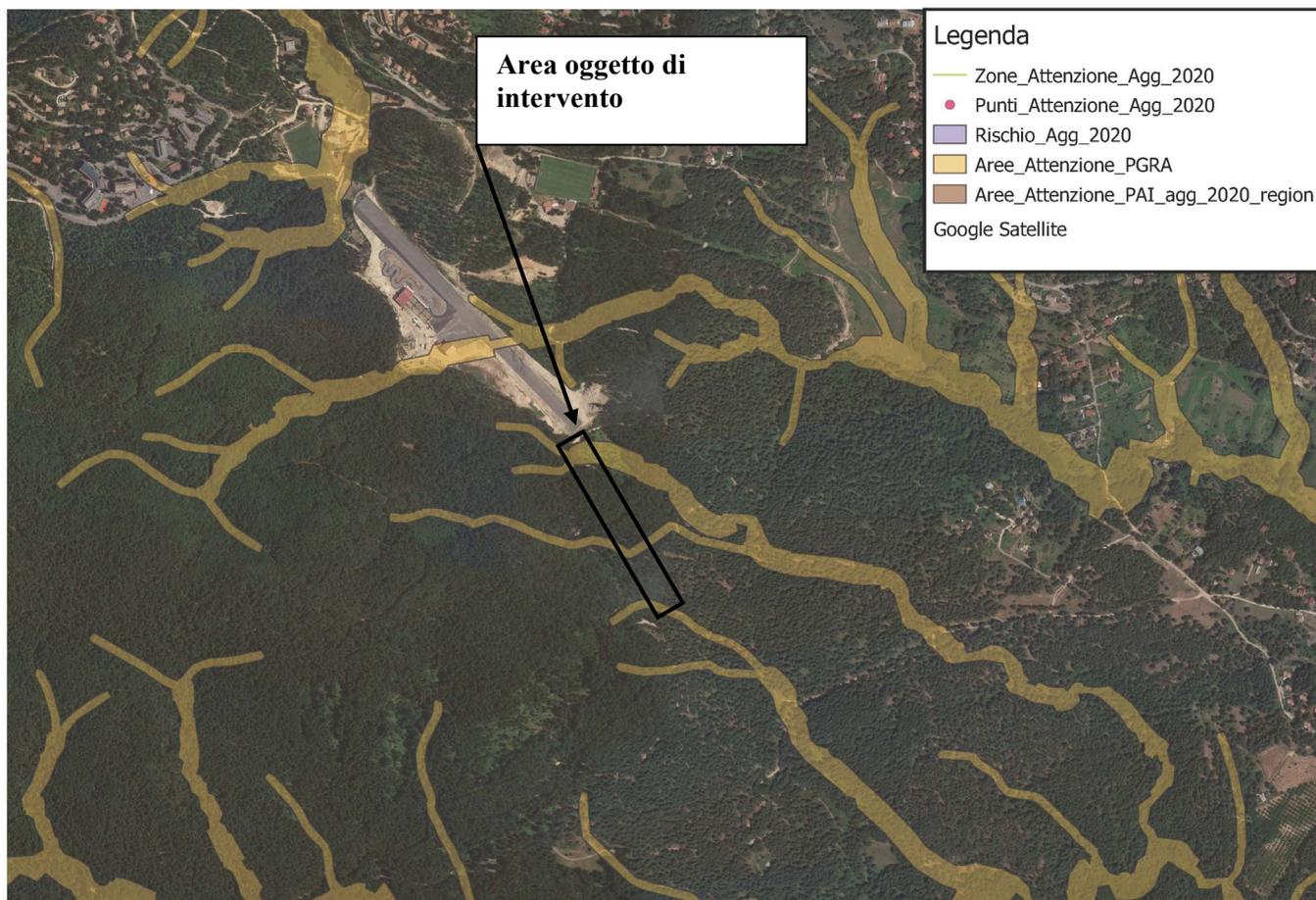


Figura 5. Stralcio della cartografia P.G.R.A. (rischio alluvione)

Rischio frane

Dalla cartografia PAI per il rischio frane, si può riscontrare come la nostra area di studio non rientra nell'ambito delle aree a rischio e quindi non è suscettibile a nessun vincolo, come da normativa PAI.

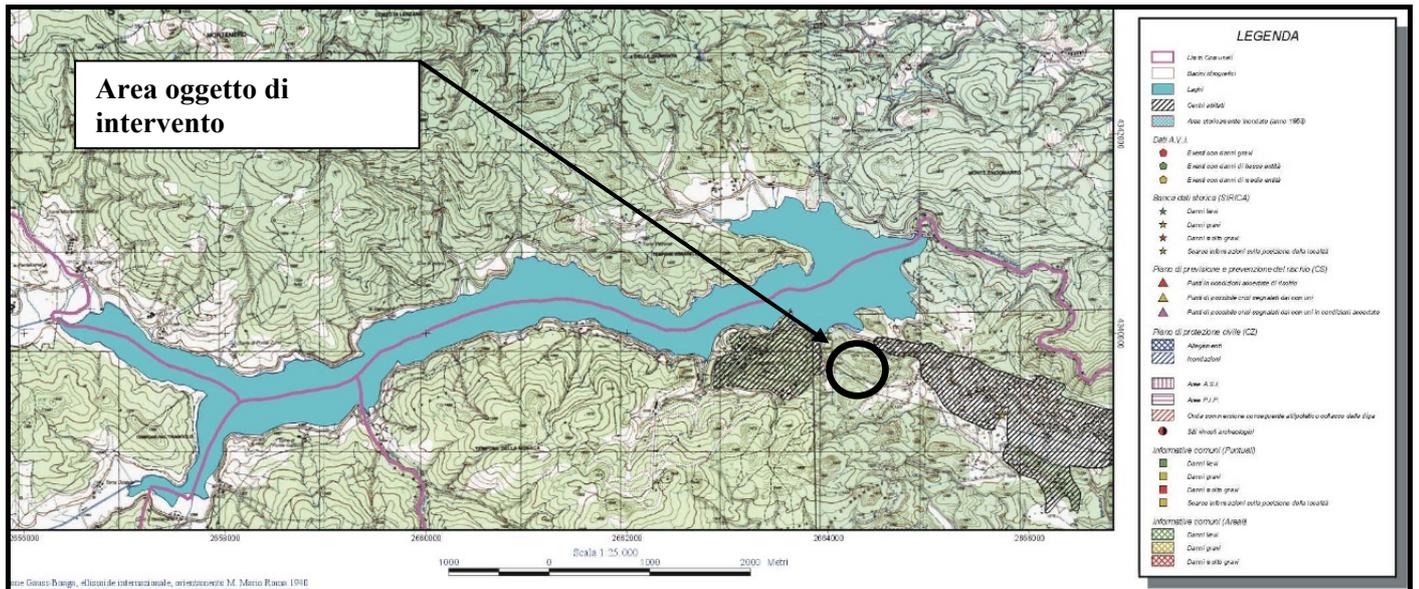


Figura 6. Stralcio della cartografia P.A.I. (aree vulnerate ed elementi a rischio)

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Il sito in esame è stato oggetto di una scrupolosa campagna di indagini, mirata a definire con precisione la stratigrafia del luogo, le caratteristiche meccaniche dei terreni e la profondità necessaria per giungere ad un substrato con caratteristiche geotecniche che meglio si adattano alle strutture di progetto.

Per ottenere una corretta definizione dei parametri geotecnici dei terreni interessati dalle opere in progetto, si è ritenuto opportuno realizzare una campagna di indagine geognostiche e geofisiche per valutare lo stato di consistenza/rigidezza del terreno, sia sulla base delle velocità delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri di profondità, sia sulla base della resistenza opposta alla penetrazione delle aste durante le prove penetrometriche dinamiche. Nel contempo, la possibilità di consultare precedenti studi espletati nelle immediate vicinanze del sito in esame e gli sbancamenti osservati nelle aree limitrofe, hanno comunque permesso di avere chiara la stratigrafia e le caratteristiche fisico/meccaniche dei litotipi presenti.

Il modello geotecnico elaborato dalla prospezione sismica ha individuato quattro strati principali ai quali sono stati associati altrettanti strati con comportamento geotecnico simile, pur avendo diverse caratteristiche tessiturali.

Nel corso delle indagini non è stata individuata la presenza di una falda freatica che potrebbe influenzare negativamente le caratteristiche geomeccaniche dei terreni. Comunque, nella fase di esecuzione dei lavori, bisogna predisporre un sistema drenante che allontani le acque di percolazione superficiale per evitare che ristagnino lungo le opere di progetto provocando un peggioramento delle caratteristiche geotecniche dei terreni presenti.

Bisogna ricordare che la presenza di una falda superficiale tende ad aumentare le tensioni neutre, diminuendo quelle efficaci. Tutto ciò comporta un decremento della resistenza al taglio dei litotipi presenti.

I parametri geotecnici esposti di seguito sono stati elaborati considerando, a vantaggio di sicurezza per ogni livello litologico riscontrato, i valori più bassi.

Al fine di caratterizzare dal punto di vista fisico-meccanico i terreni interessati, appare sufficiente far riferimento alle evidenze di campagna, alle indagini geognostiche e geofisiche ed alle informazioni riguardanti le caratteristiche litostratigrafiche dell'area desunte dalla letteratura scientifica esistente.

Tali indicazioni hanno il solo scopo di integrare la definizione del modello geologico e non pretendono di essere esaustive sulla comprensione della situazione geologico-tecnica locale.

Dalle informazioni in possesso si può estrapolare un modello stratigrafico a quattro strati con miglioramento delle caratteristiche fisico-meccaniche con la profondità:

- il primo orizzonte (strato 1, profondità compresa tra 0,0 e -2,30 mt), riferibile al suolo vegetale costituito in prevalenza da materiale sabbioso-limoso, con peso di volume $\gamma = 1,72 \text{ t/m}^3$ ed a cui si può assegnare un angolo di attrito interno (ϕ) di circa $21,1^\circ$; $V_s = 130 \text{ m/sec}$; coesione = $0,0 \text{ Kg/cm}^2$

- il secondo orizzonte (strato 2, profondità compresa tra -2,30 e -6,80 mt) riferibile al substrato roccioso alterato e molto fratturato immerso in una matrice sabbiosa, con peso di volume $\gamma = 2,10 \text{ t/m}^3$ a cui si può assegnare un angolo di attrito interno (ϕ) di circa 30° ; $V_s = 615 \text{ m/sec}$; coesione = $0,0 \text{ Kg/cm}^2$
- il terzo orizzonte (strato 3, profondità compresa tra -6,80 e -9,70 mt) riferibile al substrato igneo/metamorfoico alterato, con peso di volume $\gamma = 2,33 \text{ t/m}^3$ a cui si può assegnare un angolo di attrito interno (ϕ) di circa $33,1^\circ$; $V_s = 1.360 \text{ m/sec}$; coesione = $0,0 \text{ Kg/cm}^2$
- il quarto orizzonte (strato 4, profondità $>$ di 10 mt) riferibile al substrato igneo/metamorfoico integro con peso di volume $\gamma = 2,54 \text{ t/m}^3$ a cui si può assegnare un angolo di attrito interno (ϕ) di circa $37,6^\circ$; $V_s = 2.050 \text{ m/sec}$; coesione = $0,0 \text{ Kg/cm}^2$

| Descrizione e Profondità | Parametri geomeccanici |
|---|--|
| <i>Suolo vegetale sabbio-limoso</i> <i>Profondità (Z) sul versante</i> <i>Z= 0.00 – 2.30 (mt)</i> | <i>Peso dell'unità di volume medio : $\gamma = 1,72 \text{ T/m}^3$;</i> <i>Angolo di attrito = $21,1^\circ$</i> <i>Coesione $c = 0,0 \text{ Kg/cm}^2$</i> <i>$V_s = 130 \text{ m/sec}$</i> |
| <i>Granito alterato e molto fratturato</i> <i>Profondità (Z)</i> <i>Z= 2.30 - 6.80 (mt)</i> | <i>Peso dell'unità di volume medio $\gamma = 2,10 \text{ T/m}^3$;</i> <i>Angolo di attrito ($^\circ$) $\phi' = 30,0$</i> <i>Coesione(Kpa) $c = 0,0 \text{ Kg/cm}^2$;</i> <i>$V_s = 615 \text{ m/sec}$</i> |
| <i>Granito fratturato</i> <i>Profondità (Z)</i> <i>Z= 6,80 - 9.70 (mt)</i> | <i>Peso dell'unità di volume medio $\gamma = 2,33 \text{ T/m}^3$;</i> <i>Angolo di attrito ($^\circ$) $\phi' = 33,1$</i> <i>Coesione(Kpa) $c = 0,0 \text{ Kg/cm}^2$;</i> <i>$V_s = 1360 \text{ m/sec}$</i> |
| <i>Basamento cristallino igneo/metamorfoico</i> <i>Profondità (Z)</i> <i>Z= > 10 (mt)</i> | <i>Peso dell'unità di volume medio $\gamma = 2,54 \text{ T/m}^3$;</i> <i>Angolo di attrito ($^\circ$) $\phi' = 37,6$</i> <i>Coesione(Kpa) $c = 0,0 \text{ Kg/cm}^2$;</i> <i>$V_s = 2050 \text{ m/sec}$</i> |

VERIFICA DI LIQUEFAZIONE DEL SITO

Per quanto riguarda il calcolo del potenziale di liquefazione, bisogna specificare che, la liquefazione è un processo di accumulazione della pressione di fluido interstiziale che causa in un terreno non coesivo (sabbia, ghiaia, limo non plastico) **saturo**, diminuzione della resistenza e/o rigidità a taglio a seguito dello scuotimento sismico, potendo dar luogo a deformazioni permanenti significative. La liquefazione consiste quindi in una diminuzione della resistenza del terreno, a seguito del raggiungimento della condizione di fluidità. La perdita totale della resistenza viene raggiunta quando la pressione dell'acqua che riempie gli interstizi arriva a uguagliare la pressione di confinamento, rendendo nulle le tensioni efficaci trasmesse attraverso le particelle solide. Una volta che il terremoto ha innescato il processo di liquefazione, la massa del suolo resta in movimento fino a che non raggiunge una nuova condizione di stabilità.

La manifestazione della liquefazione può dare origine ad effetti di varia natura:

- Affondamento di edifici nel terreno;
- Scorrimento di pendii;
- Collasso di terrapieni, rilevati stradali e opere di terra in genere;
- Collasso di palificate per perdita di connessione laterale;
- Zampillio di copiosi getti d'acqua e di sabbia con formazione dei caratteristici coni;
- Collasso di opere di sostegno per sovraspinta del terreno a monte.

Come indicato nelle NTC 2018, al par. 7.11.3.4.2 “**Esclusione della verifica a liquefazione**”, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- 1) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- 2) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 3) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- 4) distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1 (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1 (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Ai fini del presente studio, si può escludere il rischio geologico legato a fenomeni di liquefazione tale da poter far perdere resistenza e quindi raggiungere uno stato di fluidità sotto vibrazioni sismiche, **in quanto la profondità media stagionale della falda risulta essere superiore a 15 m dal piano campagna.**

Infatti, la stratigrafia presente in situ, determinata durante lo studio e il rilevamento geologico in situ, dimostra come anche nei periodi in cui l'apporto meteorico è abbondante, l'acqua percola e si infiltra attraverso il primo strato costituita da una coltre superficiale molto permeabile costituita da ciottoli di origine granitica e materiale sabbioso grossolano anch'esso di alterazione granitica, per poi attraversare la parte superiore del complesso granitico roccioso alterato e fratturato e fino a raggiungere il substrato impermeabile (substrato granitico integro), con una soglia di permeabilità che ne può sostenere l'accumulo, alimentando le falde acquifere a profondità molto elevate tali da non poter sicuramente interagire con le opere fondali di progetto.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Alla luce di quanto esposto, considerato il rilievo di campagna, l'esecuzione delle indagini geognostiche e geofisiche, vista l'analisi geomorfologica generale del sito dove è prevista la realizzazione delle opere, possiamo affermare quanto segue:

- La caratterizzazione del sito oggetto di studio è avvenuta attraverso la realizzazione di n. 8 prove penetrometriche dinamiche medie, n. 3 indagini mediante tecnica dei rapporti spettrali o HVSR, n. 2 MASW al fine di acquisire informazioni sulla velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri di profondità, n. 2 prospezioni sismiche a rifrazione ad onde P, distribuite sull'area oggetto delle opere in progetto e n. 4 sondaggi a carotaggio continuo con prove spt in foro e prove di permeabilità Lugeon e Lefranc.
- Nel sito in esame è stata riscontrata la presenza di un terreno costituito prevalentemente da graniti e scisti biotitici mediamente alterati con buone caratteristiche geomeccaniche.
- Le prospezioni sismiche con metodologia HVSR e MASW hanno permesso la caratterizzazione sismica del sito definendo **una categoria di sottosuolo di tipo B** ovvero *“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”*.
- Dagli elaborati del P.A.I si evince che la nostra area non rientra in una zona a rischio frane, mentre per quanto riguarda il rischio di alluvione, l'area progettuale ricade in parte nelle aree di attenzione del PGRA.
- Dal rilievo di campagna non è stata riscontrata la presenza una falda idrica superficiale. Comunque, non si può escludere la presenza di filetti idrici superficiali non uniformemente distribuiti su tutto il sito in esame;
- Non sono stati rilevate evidenze di fenomeni gravitativi profondi che possano interessare l'area di studio e creare pericolo per la struttura in progetto;

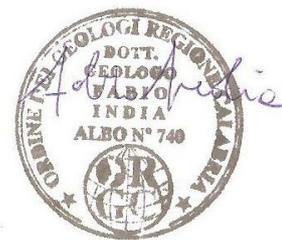
Nell'esecuzione dell'opera bisogna tenere presente le seguenti indicazioni:

- Si consigliano interventi di drenaggio con lo scopo di raccogliere e allontanare le acque superficiali, attenuando così potenziali fenomeni di dissesto, impedendo altresì sia un'azione erosiva, che si potrebbe innescare in caso di piogge intense, sia il peggioramento delle proprietà geotecniche dei terreni esistenti. Inoltre, si raccomanda una geometria delle fondazioni appropriata alle caratteristiche meccaniche del terreno.

- I carichi agenti dovranno essere attentamente analizzati e ripartiti in modo da ottenere un'equa distribuzione degli stessi sulle fondazioni per minimizzare il verificarsi di cedimenti differenziali;
- È appropriato adeguare la geometria e la tipologia di fondazione alle proprietà meccaniche del terreno di fondazione, in modo da evitarne la rottura e il cedimento;
- Si consiglia di prevedere nell'intorno delle opere in progetto un adeguato sistema di raccolta e canalizzazione delle acque che potrebbero incidere negativamente sulle capacità meccaniche e portanti dei terreni di fondazione.
- Le scarpate formate da eventuali sbancamenti, caratterizzate da altezze e pendenze, elevate andranno gradonate o sistemate attraverso opere di sostegno con un appropriato drenaggio;
- Nella fase di sbancamento e nella messa in opera delle fondazioni è opportuna la presenza del geologo al fine di verificare la rispondenza del suddetto studio geologico.
- Si consiglia, altresì, nella fase di esecuzione dei lavori di procedere con molta attenzione al fine di non innescare improvvisi movimenti franosi soprattutto durante le eventuali operazioni di sbancamento, che potrebbero coinvolgere pericolosamente le maestranze e i tecnici.

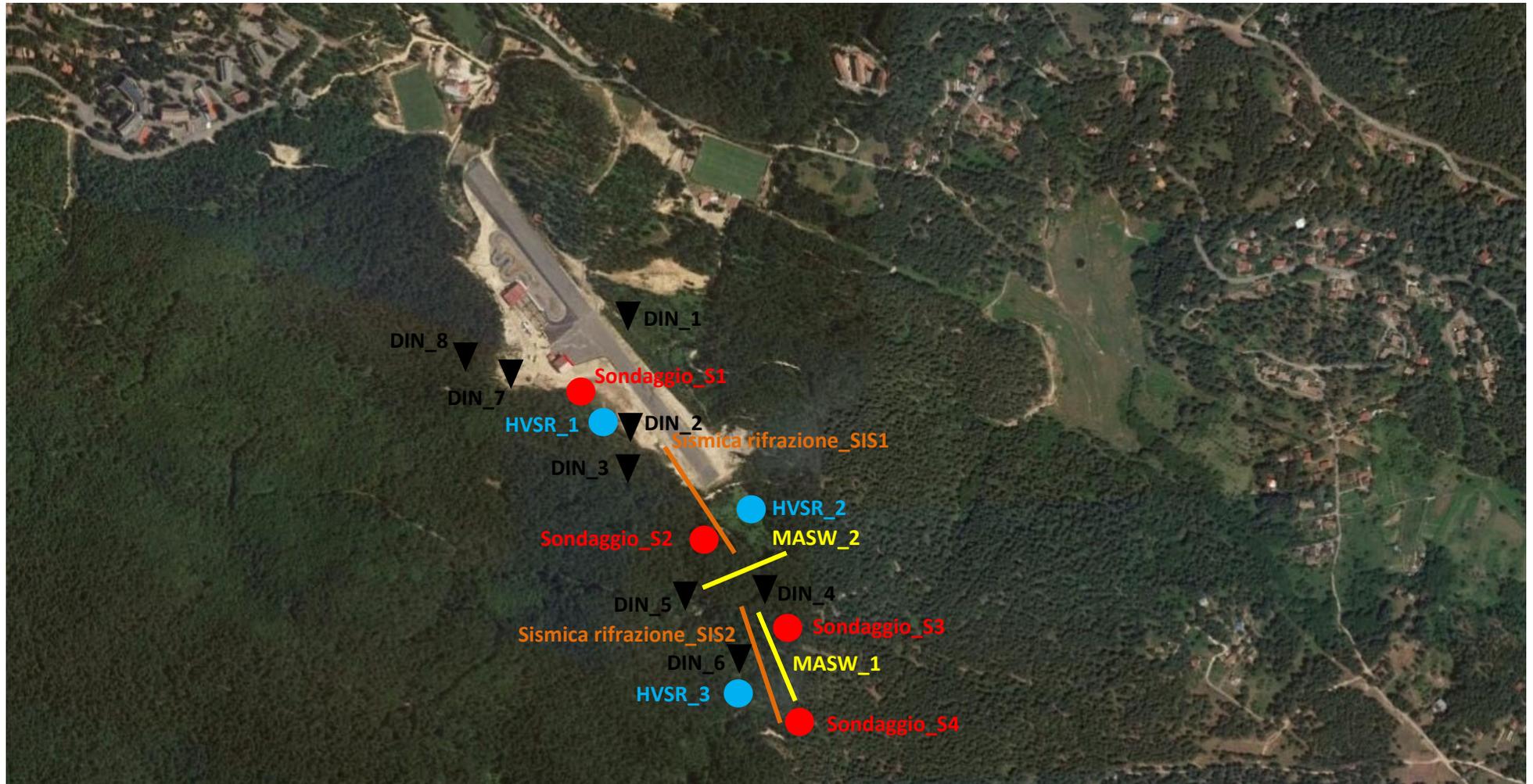
Crotone, lì 29.09.2020

**Il Geologo
Dott. Fabio India**



ALLEGATI INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

UBICAZIONI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE



SONDAGGIO nr 1

Nel corso del sondaggio nr 1 sono state eseguite nr 2 prove S.P.T.

- SPT nr 1 quota 4.10 mt
- SPT nr 2 quota 7.00 mt

| Profondità (m) | Nr. Colpi |
|----------------|-----------|
| 4,25 | 35 |
| 4,40 | 16 |
| 4,55 | 22 |
| 7,15 | 18 |
| 7,30 | 25 |
| 7,45 | 30 |

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Densità relativa

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Gibbs & Holtz 1957 | Meyerhof 1957 | Schultze & Menzenbach (1961) | Skempton 1986 | |
|-------|------|----------------------------------|------------------|--------------------|---------------|------------------------------|---------------|-----------------------------|
| | | | | | | | Limi e sabbie | Sabbie da fini a grossolane |
| SPT 1 | 38 | 38 | 4.10-4.55 | 62,88 | 100 | 100 | 70,75 | 100 |
| SPT 2 | 55 | 35 | 7.00-7.45 | 49,54 | 90,49 | 89,57 | 68,2 | 69,39 |

Angolo di resistenza al taglio

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Meyerhof (1956) | | Sowers (1961) | Malcev (1964) | Meyerhof (1965) | | Shioi-Fukuni (1982) | | |
|-------|------|----------------------------------|------------------|-----------------|----------------------------|---------------|---------------|-----------------|---|---------------------|------------|-----------|
| | | | | Argille | Terreno di riporto sciolti | | | Sabbie | Sabbie in genere a profondità maggiore > 2 mt | | % limo <5% | %limo >5% |
| | | | | | | | | | | | | |
| SPT 1 | 38 | 38 | 4.10-4.55 | 30,86 | 25,86 | 38,64 | 32,41 | 41,17 | 36,7 | 38,87 | | |
| SPT 2 | 55 | 35 | 7.00-7.45 | 30 | 25 | 37,8 | 30,39 | 40,67 | 36,3 | 37,91 | | |

| Japanese National Railway | Owasaki & Iwasaki | Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof | De Mello | Schertmann (1977) | | Mitchell & Katti |
|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|---|--------------|------------------|
| | | | | Sabbie medie ed uniformi e sabbie fini ben degradate. | Sabbie (max) | |
| Sabbie medie e grossolane ghiaiose | Sabbie medie e grossolane ghiaiose | Terreni non molli a prof <5 mt. | Sabbie prof. min. 2 mt. | | | Sabbie e ghiaie |
| 38,4 | 42,57 | 37,86 | 48,86 | 39,69 | 42 | 35-38 |
| 37,5 | 41,46 | 37 | 45,54 | 37,58 | 40,67 | 32-35 |

Modulo di Young (Kg/cm²)

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Schmertmann | | | | | Terzaghi <i>Sabbia pulita e sabbia con ghiaia</i> |
|--------------|------|----------------------------------|------------------|---------------|--------------|-------------------|------------------------------|------------|--|
| | | | | <i>Sabbie</i> | | | <i>Limi siltosi sabbiosi</i> | | |
| | | | | <i>Fini</i> | <i>Media</i> | <i>Grossolane</i> | <i>Min</i> | <i>Max</i> | |
| <i>SPT 1</i> | 38 | 38 | 4.10-4.55 | 304,00 | 456,00 | 760,00 | 237,49 | 332,12 | 440,01 |
| <i>SPT 2</i> | 55 | 35 | 7.00-7.45 | 280,00 | 420,00 | 700,00 | 218,60 | 305,88 | 422,28 |

| Bowles | | | | Schultze-Menzenbach | | | | | |
|-------------------------|----------------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------|---------------------|------------|-------------------------------------|------------|
| | | | | <i>Sabbia fina</i> | | <i>Sabbia media</i> | | <i>Limo siltoso e sabbia limosa</i> | |
| <i>Sabbia Argillosa</i> | <i>Sabbia Limosa</i> | <i>Sabbia Media</i> | <i>Sabbia e Ghiaia</i> | <i>Min</i> | <i>Max</i> | <i>Min</i> | <i>max</i> | <i>min</i> | <i>max</i> |
| 169,60 | 132,00 | 265,00 | 528,00 | 158,10 | 196,70 | 173,60 | 246,40 | 223,40 | 241,40 |
| 160,00 | 123,00 | 250,00 | 492,00 | 205,60 | 279,40 | 160,10 | 232,90 | 206,00 | 224,00 |

| Schultze-Menzenbach | | | D'Apollonia ed altri | | |
|------------------------|------------------------|--|----------------------|---------------------------|------------------|
| <i>Sabbia ghiaiosa</i> | <i>Ghiaia e Sabbia</i> | | <i>Sabbia</i> | <i>Ghiaia e Sabbia NC</i> | <i>Sabbia SC</i> |
| 449,10 | 533,70 | | 465,00 | 483,98 | 778,94 |
| 413,70 | 498,30 | | 442,50 | 460,85 | 747,05 |

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Farrent (1963) <i>Sabbie</i> | Begemann (1974) | | Buisman-Sanglerat | |
|--------------|------|----------------------------------|------------------|---------------------------------|------------------------|------------------------|-------------------|-------------------------|
| | | | | | <i>Limo con sabbia</i> | <i>Ghiaia e sabbia</i> | <i>Sabbie</i> | <i>Sabbie argillose</i> |
| | | | | | | | | |
| <i>SPT 1</i> | 38 | 38 | 4.10-4.55 | 269,80 | 105,52 | 438,80 | 228,00 | 304,00 |
| <i>SPT 2</i> | 55 | 35 | 7.00-7.45 | 248,50 | 99,36 | 411,50 | 210,00 | 280,00 |

| Menzenbach e Malcev | | | |
|---------------------|---------------------|------------------------|------------------------|
| <i>Sabbia fina</i> | <i>Sabbia media</i> | <i>Sabbia e ghiaia</i> | <i>Sabbia ghiaiosa</i> |
| 172,50 | 207,48 | 435,48 | 449,92 |
| 161,90 | 194,10 | 404,10 | 417,40 |

Classificazione AGI

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | Classificazione A.G.I |
|--------------|------|----------------------------------|------------------|--------------|-----------------------|
| <i>SPT 1</i> | 38 | 38 | 4.10-4.55 | A.G.I. | ADDENSATO |
| <i>SPT 2</i> | 55 | 35 | 7.00-7.45 | A.G.I. | MOLTO ADDENSATO |

Peso unità di volume (Terreni incoerenti)

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume (t/m ³) |
|--------------|------|----------------------------------|------------------|-------------------|--|
| <i>SPT 1</i> | 38 | 38 | 4.10-4.55 | Meyerhof ed altri | 2,19 |
| <i>SPT 2</i> | 55 | 35 | 7.00-7.45 | Meyerhof ed altri | 2,18 |

Peso unità di volume (Terreni coesivi)

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume (t/m ³) |
|-------|------|----------------------------------|------------------|--------------|--|
| SPT 1 | 38 | 38 | 4.10-4.55 | Meyerhof | 2,41 |
| SPT 2 | 55 | 35 | 7.00-7.45 | Meyerhof | 2,50 |

Peso unità di volume saturo (Terreni incoerenti)

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume saturo (t/m ³) |
|-------|------|----------------------------------|------------------|--------------------------|---|
| SPT 1 | 38 | 38 | 4.10-4.55 | Terzaghi- Peck 1948-1967 | 2,09 |
| SPT 2 | 55 | 35 | 7.00-7.45 | Terzaghi- Peck 1948-1967 | 2,07 |

Peso unità di volume saturo (Terreni coesivi)

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume saturo (t/m ³) |
|-------|------|----------------------------------|------------------|--------------|---|
| SPT 1 | 38 | 38 | 4.10-4.55 | Meyerhof | 2,50 |
| SPT 2 | 55 | 35 | 7.00-7.45 | Meyerhof | 2,50 |

Modulo di Poisson

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | Classificazione (A.G.I) |
|-------|------|----------------------------------|------------------|--------------|-------------------------|
| SPT 1 | 38 | 38 | 4.10-4.55 | (A.G.I) | 0,28 |
| SPT 2 | 55 | 35 | 7.00-7.45 | (A.G.I) | 0,28 |

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Ohsaki & Iwasaki | | Robertson e Campanella (1983) <i>Sabbie e tensioni litostatiche comprese tra 0,5 e 4,0 Kg/cm^q</i> |
|-------|------|----------------------------------|------------------|---------------------------------|----------------------|---|
| | | | | <i>Sabbie con fine plastico</i> | <i>Sabbie pulite</i> | |
| SPT 1 | 38 | 38 | 4.10-4.55 | 1876,09 | 1985,68 | 1153,87 |
| SPT 2 | 55 | 35 | 7.00-7.45 | 1762,42 | 1837,97 | 1097,33 |

Coefficiente spinta a Riposo K₀=SigmaH/P₀

| Descrizione | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | K ₀ | |
|-------------|------|----------------------------------|------------------|--------------|------------------|------|
| SPT 1 | | 38 | 38 | 4.10-4.55 | Navfac 1971-1982 | 6,65 |
| SPT 2 | | 55 | 35 | 7.00-7.45 | Navfac 1971-1982 | 6,27 |

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

| Descrizione | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | Qc (Kg/cm ²) |
|--------------|------|----------------------------------|------------------|----------------|--------------------------|
| <i>SPT 1</i> | 38 | 38 | 4.10-4.55 | Robertson 1983 | 76,00 |
| <i>SPT 2</i> | 55 | 35 | 7.00-7.45 | Robertson 1983 | 70,00 |

| | |
|--|------------------|
| Riferimento: PLEGS ENGINEERING AND ARCHITECTURE | Sondaggio: S2 |
| Località: LOCALITA' TREPIDO' SOPRANO COTRONEI (KR) | Quota: |
| Impresa esecutrice: | Data: 14/09/2020 |
| Coordinate: | Redattore: |
| Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO | |

| Ø mm | R v | A r | Pz | metri batt. | LITOLOGIA | Campioni | RP | VT | Prel. % 0 --- 100 | S.P.T. | | RQD % 0 --- 100 | prof. m | DESCRIZIONE | |
|---------|--------|--------|----|----------------|-----------|----------|----|----|----------------------|--------|---|--------------------|------------|-------------|---|
| | | | | | | | | | | S.P.T. | N | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 0.8 | Terreno di copertura. |
| | | | | 1 | | | | | | | | | | | Sabbione di alterazione/ Roccia alterata e molto fratturata. Granulometricamente descrivibile come sabbie- limose con ghiaia. |
| | | | | 2 | | | | | | | | | | | |
| | | | | 3 | | | | | 31-37-32 | 69 | | | | | |
| | | | | 4 | | | | | | | | | | | |
| | | | | 5 | | | | | | | | | | | |
| | | | | 6 | | | | | | | | | | | |
| | | | | 7 | | | | | | | | | | | |
| | | | | 8 | | | | | | | | | | | |
| | | | | 9 | | | | | | | | | | | |
| | | | | 10 | | | | | | | | | | 10.0 | |
| | | | | 11 | | | | | | | | | | | Roccia molto fratturata con alterazione ridotta. Sporadici trovanti rocciosi inalterati |
| | | | | 12 | | | | | | | | | | | |
| | | | | 13 | | | | | | | | | | | |
| | | | | 14 | | | | | | | | | | | |
| | | | | 15 | | | | | | | | | | | |
| | | | | 16 | | | | | | | | | | | |
| | | | | 17 | | | | | | | | | | | Roccia da molto fratturata a fratturata priva di alterazione |
| | | | | 18 | | | | | | | | | | | |
| | | | | 19 | | | | | | | | | | | |
| | | | | 20 | | | | | | | | | | 20.0 | |

PROVA LEFRANC :

- 1) TASCA DI PROVA 4.10-4.60 mt
- 2) TASCA DI PROVA 9.90-10.40 mt
- 3) TASCA DI PROVA 15.90-16.40 mt

SONDAGGIO nr 2

Nel corso del sondaggio nr 2 è stata eseguita una prova S.P.T.

- SPT nr 1 quota 2.80 mt

| Profondità (m) | Nr. Colpi |
|----------------|-----------|
| 2,95 | 31 |
| 3,10 | 37 |
| 3,25 | 32 |

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Densità relativa

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Gibbs & Holtz 1957 | Meyerhof 1957 | Schultze & Menzenbach (1961) | Skempton 1986 | |
|--------------|------|----------------------------------|------------------|--------------------|---------------|------------------------------|---------------|-----------------------------|
| | | | | | | | Limi e sabbie | Sabbie da fini a grossolane |
| <i>SPT 1</i> | 69 | 69 | 2.80-3.25 | 83,11 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Angolo di resistenza al taglio

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Meyerhof (1956) | | Sowers (1961) | Malcev (1964) | Meyerhof (1965) | | Shioi-Fukuni (1982) |
|--------------|------|----------------------------------|------------------|-----------------|----------------------------|---------------|---------------|-----------------|---|---------------------|
| | | | | Argille | Terreno di riporto sciolti | | | <i>Sabbie</i> | <i>Sabbie in genere a profondità maggiore > 2 mt</i> | |
| <i>SPT 1</i> | 69 | 69 | 2.80-3.25 | 39,71 | 34,71 | 47,32 | 33,92 | 42,17 | 34,46 | 47,17 |

| Japanese National Railway | Owasaki & Iwasaki | Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof | De Mello | Schertmann (1977) | | Mitchell & Katti |
|---|---|---|--------------------------------|--|---------------------|------------------------|
| | | | | <i>Sabbie medie ed uniformi e sabbie fini ben degradate.</i> | <i>Sabbie (max)</i> | |
| <i>Sabbie medie e grossolane ghiaiose</i> | <i>Sabbie medie e grossolane ghiaiose</i> | <i>Terreni non molli a prof <5 mt.</i> | <i>Sabbie prof. min. 2 mt.</i> | | | <i>Sabbie e ghiaie</i> |
| 47,7 | 52,15 | 46,71 | 54,49 | 42,7 | 42 | >38 |

Modulo di Young (Kg/cm²)

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Schmertmann | | | | | Terzaghi |
|--------------|------|----------------------------------|------------------|-------------|--------|------------|-----------------------|--------|----------|
| | | | | Sabbie | | | Limi siltosi sabbiosi | | |
| | | | | Fini | Media | Grossolane | Min | Max | |
| <i>SPT 1</i> | 69 | 69 | 2.80-3.25 | 552,00 | 828,00 | 1380,00 | 432,73 | 603,30 | 592,92 |

| Bowles | | | | Schultze-Menzenbach | | | | | |
|------------------|---------------|--------------|-----------------|---------------------|--------|--------------|--------|------------------------------|--------|
| | | | | Sabbia fina | | Sabbia media | | Limo siltoso e sabbia limosa | |
| Sabbia Argillosa | Sabbia Limosa | Sabbia Media | Sabbia e Ghiaia | Min | Max | Min | max | min | max |
| 268,80 | 225,00 | 420,00 | 900,00 | 260,40 | 299,00 | 313,10 | 385,90 | 430,20 | 421,20 |

| Schultze-Menzenbach | | | D'Apollonia ed altri | | |
|---------------------|-----------------|--|----------------------|--------------------|-----------|
| Sabbia ghiaiosa | Ghiaia e Sabbia | | Sabbia | Ghiaia e Sabbia NC | Sabbia SC |
| 814,90 | 899,50 | | 697,50 | 722,99 | 1108,47 |

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Farrent (1963) Sabbie | Begemann (1974) | | Buisman-Sanglerat | |
|--|------|----------------------------------|------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|-------------------|------------------|
| | | | | | Limo con sabbia | Ghiaia e sabbia | Sabbie | Sabbie argillose |
| | | | | | <i>SPT 1</i> | 69 | | |

| Menzenbach e Malcev | | | |
|---------------------|--------------|-----------------|-----------------|
| Sabbia fina | Sabbia media | Sabbia e ghiaia | Sabbia ghiaiosa |
| 282,26 | 345,74 | 759,74 | 785,96 |

Classificazione AGI

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | Classificazione A.G.I |
|--------------|------|----------------------------------|------------------|--------------|-----------------------|
| <i>SPT 1</i> | 69 | 69 | 2.80-3.25 | A.G.I. | MOLTO ADDENSATO |

Peso unità di volume (Terreni incoerenti)

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume (t/m ³) |
|--------------|------|----------------------------------|------------------|-------------------|--|
| <i>SPT 1</i> | 69 | 69 | 2.80-3.25 | Meyerhof ed altri | 2,38 |

Peso unità di volume (Terreni coesivi)

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume (t/m ³) |
|-------|------|----------------------------------|------------------|--------------|--|
| SPT 1 | 69 | 69 | 2.80-3.25 | Meyerhof | 2,50 |

Peso unità di volume saturo (Terreni incoerenti)

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume saturo (t/m ³) |
|-------|------|----------------------------------|------------------|--------------------------|---|
| SPT 1 | 69 | 69 | 2.80-3.25 | Terzaghi- Peck 1948-1967 | 2,19 |

Peso unità di volume saturo (Terreni coesivi)

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume saturo (t/m ³) |
|-------|------|----------------------------------|------------------|--------------|---|
| SPT 1 | 69 | 69 | 2.80-3.25 | Meyerhof | 2,50 |

Modulo di Poisson

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | Classificazione (A.G.I) |
|-------|------|----------------------------------|------------------|--------------|-------------------------|
| SPT 1 | 69 | 69 | 2.80-3.25 | (A.G.I) | 0,21 |

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

| | Nspt | Nspt corretto per presenza a falda | Prof. Strato (m) | Ohsaki & Iwasaki | | Robertson e Campanella (1983) <i>Sabbie e tensioni litostatiche comprese tra 0,5 e 4,0 Kg/cm^q</i> |
|-------|------|------------------------------------|------------------|---------------------------------|----------------------|---|
| | | | | <i>Sabbie con fine plastico</i> | <i>Sabbie pulite</i> | |
| SPT 1 | 69 | 69 | 2.80-3.25 | 2952,18 | 3478,82 | 1661,30 |

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / P_0$

| Descrizione | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | K0 | |
|-------------|------|----------------------------------|------------------|--------------|------------------|-------|
| SPT 1 | | 69 | 69 | 2.80-3.25 | Navfac 1971-1982 | 11,93 |

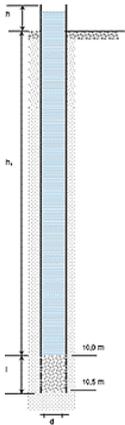
Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

| Descrizione | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | Qc (Kg/cm ²) | |
|-------------|------|----------------------------------|------------------|--------------|--------------------------|--------|
| SPT 1 | | 69 | 69 | 2.80-3.25 | Robertson 1983 | 138,00 |

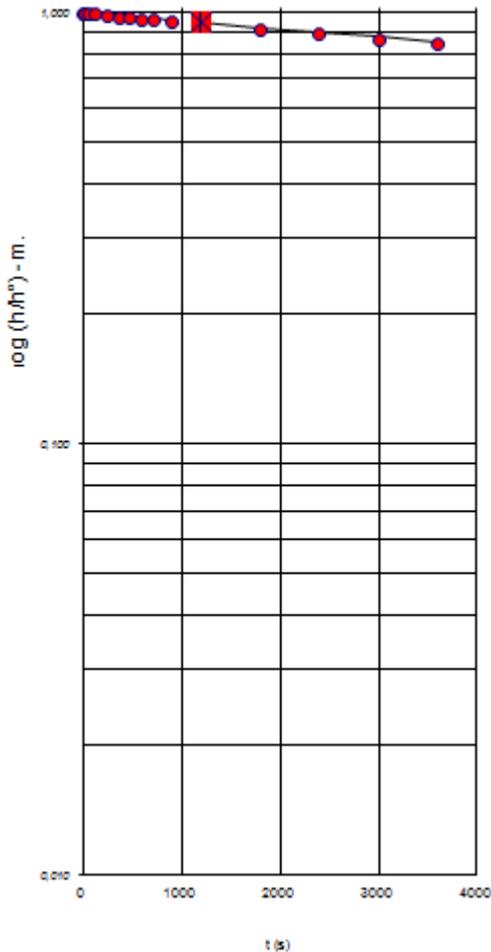
SONDAGGIO NR2

Nel corso del sondaggio Nr2 sono state eseguite nr 3 prove di permeabilità di tipo Lefranc a carico variabile.

- PROVA LEFRANC A CARICO VARIABILE NR 1



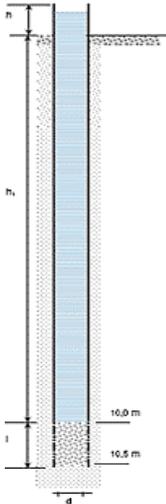
| | |
|-------------------------------|---------|
| SONDAGGIO NR | 2 |
| PROVA NR | 1 |
| COEFFICIENTE DI FORMA | 1.85 |
| PROFONDITA' DEL FORO | 4.60 mt |
| PROFONDITA' RIVESTIMENTO | 4.10 mt |
| SPESSORE TASCA DI PROVA | 0.50 mt |
| DIAMETRO TASCA DI PROVA | 127 mm |
| LIVELLO STATICO DELLA FALDA | 7.20 mt |
| ALTEZZA BOCCAFORO | 0.50 mt |
| DIAMETRO ESTERNO RIVESTIMENTO | 127 mm |
| DIAMETRO INTERNO RIVESTIMENTO | 108 mm |



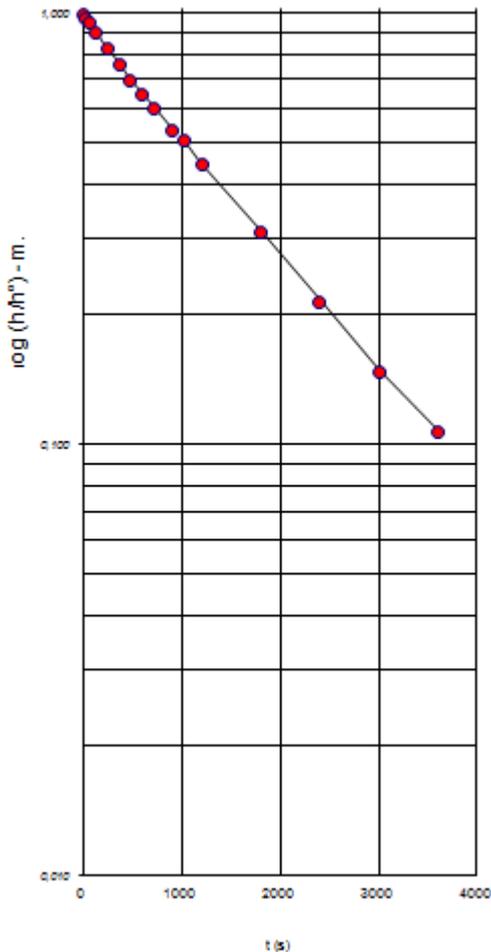
| t [sec] | Dislivello | Battente H (m) | Rapporto H/H ₀ |
|---------|------------|----------------|---------------------------|
| 0 | 0,000 | 7,70 | 1,000 |
| 30 | 0,008 | 7,69 | 0,999 |
| 60 | 0,017 | 7,68 | 0,998 |
| 120 | 0,040 | 7,66 | 0,995 |
| 240 | 0,087 | 7,61 | 0,989 |
| 360 | 0,125 | 7,58 | 0,984 |
| 480 | 0,168 | 7,53 | 0,978 |
| 600 | 0,217 | 7,48 | 0,972 |
| 720 | 0,257 | 7,44 | 0,967 |
| 900 | 0,318 | 7,38 | 0,959 |
| 1020 | 0,361 | 7,34 | 0,953 |
| 1200 | 0,415 | 7,29 | 0,946 |
| 1800 | 0,618 | 7,08 | 0,920 |
| 2400 | 0,818 | 6,88 | 0,894 |
| 3000 | 0,960 | 6,74 | 0,875 |
| 3600 | 1,140 | 6,56 | 0,852 |

- Permeabilità media: $2.25 \cdot 10^{(-7)}$ m/sec

PROVA LEFRANC A CARICO VARIABILE NR 2



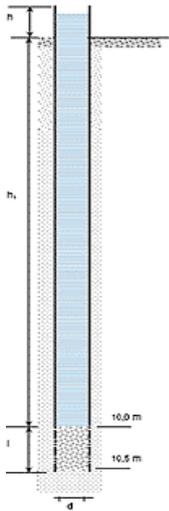
| | |
|-------------------------------|---------|
| SONDAGGIO NR | 2 |
| PROVA NR | 2 |
| COEFFICIENTE DI FORMA | 1.85 |
| PROFONDITA' DEL FORO | 10.40mt |
| PROFONDITA' RIVESTIMENTO | 9.90mt |
| SPESSORE TASCA DI PROVA | 0.50 mt |
| DIAMETRO TASCA DI PROVA | 127 mm |
| LIVELLO STATICO DELLA FALDA | 7.20 mt |
| ALTEZZA BOCCAFORO | 0.70 mt |
| DIAMETRO ESTERNO RIVESTIMENTO | 127 mm |
| DIAMETRO INTERNO RIVESTIMENTO | 108 mm |



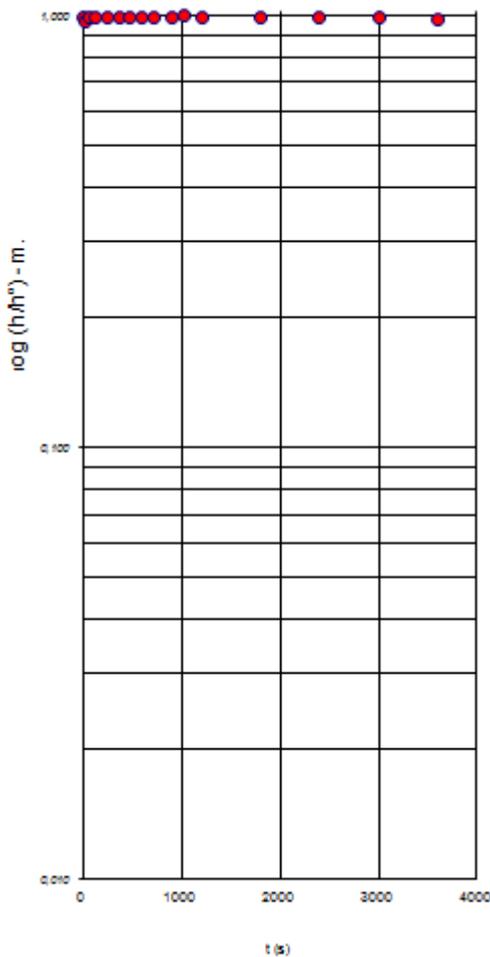
| t [sec] | Dislivello | Battente H (m) | Rapporto H/Ho |
|---------|------------|----------------|---------------|
| 0 | 0.00 | 7.90 | 1.000 |
| 30 | 0.150 | 7.75 | 0.981 |
| 60 | 0.300 | 7.57 | 0.958 |
| 120 | 0.700 | 7.20 | 0.911 |
| 240 | 1.300 | 6.60 | 0.835 |
| 360 | 1.800 | 6.10 | 0.772 |
| 480 | 2.300 | 5.60 | 0.709 |
| 600 | 2.700 | 5.20 | 0.658 |
| 720 | 3.080 | 4.82 | 0.610 |
| 900 | 3.580 | 4.32 | 0.547 |
| 1020 | 3.880 | 4.02 | 0.509 |
| 1200 | 4.300 | 3.60 | 0.456 |
| 1800 | 5.360 | 2.54 | 0.322 |
| 2400 | 6.110 | 1.79 | 0.227 |
| 3000 | 6.640 | 1.26 | 0.159 |
| 3600 | 6.960 | 0.94 | 0.119 |

- **Permeabilità media: $3.30 \cdot 10^{-6} \text{ m/sec}$**

PROVA LEFRANC A CARICO VARIABILE NR 3



| | |
|-------------------------------|---------|
| SONDAGGIO NR | 2 |
| PROVA NR | 3 |
| COEFFICIENTE DI FORMA | 1.85 |
| PROFONDITA' DEL FORO | 16.40mt |
| PROFONDITA' RIVESTIMENTO | 15.90mt |
| SPESSORE TASCA DI PROVA | 0.50 mt |
| DIAMETRO TASCA DI PROVA | 127 mm |
| LIVELLO STATICO DELLA FALDA | 7.20 mt |
| ALTEZZA BOCCAFORO | 0.70 mt |
| DIAMETRO ESTERNO RIVESTIMENTO | 127 mm |
| DIAMETRO INTERNO RIVESTIMENTO | 108 mm |



| t [sec] | Dislivello | Battente H (m) | Rapporto H/Ho |
|---------|------------|----------------|---------------|
| 0 | 0,000 | 7,90 | 1,000 |
| 30 | 0,000 | 7,90 | 1,000 |
| 60 | 0,001 | 7,90 | 1,000 |
| 120 | 0,003 | 7,90 | 1,000 |
| 240 | 0,004 | 7,90 | 0,999 |
| 360 | 0,008 | 7,89 | 0,999 |
| 480 | 0,009 | 7,89 | 0,999 |
| 600 | 0,010 | 7,89 | 0,999 |
| 720 | 0,014 | 7,89 | 0,998 |
| 900 | 0,017 | 7,88 | 0,998 |
| 1020 | 0,018 | 7,88 | 0,998 |
| 1200 | 0,020 | 7,88 | 0,997 |
| 1800 | 0,028 | 7,87 | 0,996 |
| 2400 | 0,033 | 7,87 | 0,996 |
| 3000 | 0,039 | 7,86 | 0,995 |
| 3600 | 0,040 | 7,86 | 0,995 |

• **Permeabilità media: $7 \cdot 10^{-8}$ m/sec**

| | |
|--|------------------|
| Riferimento: PLEGS ENGINEERING AND ARCHITECTURE | Sondaggio: S3 |
| Località: LOCALITA' TREPIDO' SOPRANO COTRONEI (KR) | Quota: |
| Impresa esecutrice: | Data: 15/09/2020 |
| Coordinate: | Redattore: |
| Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO | |

| Ø mm | R v | A r | Pz | metri batt. | LITOLOGIA | Campioni | RP | VT | Prel. % 0 --- 100 | S.P.T. | | RQD % 0 --- 100 | prof. m | DESCRIZIONE |
|---------|--------|--------|----|----------------|---|----------|----|----|----------------------|--------|---|--------------------|------------|-------------|
| | | | | | | | | | | S.P.T. | N | | | |
| | | | | 1 | Terreno di copertura. | | | | | | | | 1.0 | |
| | | | | 2 | Depositi alluvionali ghiaiosi con ciottoli. | | | | | | | | 3.0 | |
| | | | | 3 | Sabbione di alterazione/ Roccia alterata e molto fratturata. Granulometricamente descrivibile come sabbie- limose con ghiaia e, in percentuale minore ciottoli. . | | | | 13-9-43 | 52 | | | 7.0 | |
| | | | | 4 | | | | | | | | | | |
| | | | | 5 | | | | | | | | | | |
| | | | | 6 | | | | | | | | | | |
| | | | | 7 | Roccia molto fratturata con alterazione ridotta. | | | | | | | | | |
| | | | | 8 | Roccia da molto fratturata a fratturata. Priva di alterazione. | | | | | | | | | |
| | | | | 9 | | | | | | | | | | |
| | | | | 10 | | | | | 50RIF | Rif | | | | |
| | | | | 11 | | | | | | | | | | |
| | | | | 12 | | | | | | | | | | |
| | | | | 13 | | | | | | | | | | |
| | | | | 14 | | | | | | | | | | |
| | | | | 15 | | | | | | | | | | |
| | | | | 16 | | | | | | | | | | |
| | | | | 17 | | | | | | | | | | |
| | | | | 18 | | | | | | | | | | |
| | | | | 19 | | | | | | | | | | |
| | | | | 20 | | | | | | | | | 20.0 | |

PROVE DI PERMEABILITA'

- 1) PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO VARIABILE - TASCA DI PROVA 3.0-3.50 mt
- 2) PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO VARIABILE - TASCA DI PROVA 5.50-6.00 mt
- 3) PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO VARIABILE - TASCA DI PROVA 12.50-13.00mt
- 4) PROVA DI PERMEABILITA' LUGEON - TASCA DI PROVA 17.00-20.00mt

SONDAGGIO nr 3

Nel corso del sondaggio nr 3 sono state eseguite nr 2 prove S.P.T.

- SPT nr 1 quota 3.50 mt
- SPT nr 2 quota 10.00 mt 50 colpi Rif

| Profondità (m) | Nr. Colpi |
|----------------|---------------------|
| 3,65 | 13 |
| 3,80 | 9 |
| 3,95 | 43 |
| 10.00 | RIFIUTO STRUMENTALE |

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Densità relativa

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Gibbs & Holtz 1957 | Meyerhof 1957 | Schultze & Menzenbach (1961) | Skempton 1986 | |
|-------|------|----------------------------------|------------------|--------------------|---------------|------------------------------|---------------|-----------------------------|
| | | | | | | | Limi e sabbie | Sabbie da fini a grossolane |
| SPT 1 | 52 | 33,5 | 3.50-3.95 | 60.97 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| SPT 2 | 55 | 35 | 10.15 | 45.14 | 82,54 | 83,26 | 59,98 | 59,98 |

Angolo di resistenza al taglio

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Meyerhof (1956) | | Sowers (1961) | Malcev (1964) | Meyerhof (1965) | | Shioi-Fukuni (1982) |
|-------|------|----------------------------------|------------------|-----------------|----------------------------|---------------|---------------|-----------------|---|---------------------|
| | | | | Argille | Terreno di riporto sciolti | | | Sabbie | Sabbie in genere a profondità maggiore > 2 mt | |
| SPT 1 | 52 | 33,5 | 3.50-3.95 | 29,57 | 24,57 | 37,38 | 32,53 | 40,39 | 36,06 | 37,42 |
| SPT 2 | 55 | 35 | 10.15 | 30 | 25 | 37,8 | 29,79 | 40,67 | 36,3 | 37,91 |

| Japanese National Railway | Owasaki & Iwasaki | Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof | De Mello | Schertmann (1977) | | Mitchell & Katti |
|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|---|--------------|------------------|
| | | | | Sabbie medie ed uniformi e sabbie fini ben degradate. | Sabbie (max) | |
| Sabbie medie e grossolane ghiaiose | Sabbie medie e grossolane ghiaiose | Terreni non molli a prof <5 mt. | Sabbie prof. min. 2 mt. | | | Sabbie e ghiaie |
| 37,05 | 40,88 | 36,57 | 48,03 | 39,26 | 42 | 32-35 |
| 37,5 | 41,46 | 37 | 44,09 | 38,76 | 39,56 | 32-35 |

Modulo di Young (Kg/cm²)

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Schmertmann | | | | | Terzaghi |
|-------|------|----------------------------------|------------------|-------------|--------|-------------|-----------------------|--------|----------|
| | | | | Sabbie | | | Limi siltosi sabbiosi | | |
| | | | | Fini | Media | Grosssolane | Min | Max | |
| SPT 1 | 52 | 33,5 | 3.50-3.95 | 268,00 | 402,00 | 670,00 | 197,30 | 215,30 | 413,14 |
| SPT 2 | 55 | 35 | 10.15 | 280,00 | 420,00 | 700,00 | 206,00 | 224,00 | 422,28 |

| Bowles | | | | Schultze-Menzenbach | | | | | |
|------------------|---------------|--------------|-----------------|---------------------|--------|--------------|--------|------------------------------|--------|
| | | | | Sabbia fina | | Sabbia media | | Limo siltoso e sabbia limosa | |
| Sabbia Argillosa | Sabbia Limosa | Sabbia Media | Sabbia e Ghiaia | Min | Max | Min | max | min | max |
| 155,20 | 118,50 | 242,50 | 474,00 | 198,25 | 272,05 | 153,35 | 226,15 | 197,30 | 215,30 |
| 160,00 | 123,00 | 250,00 | 492,00 | 205,60 | 279,40 | 160,10 | 232,90 | 206,00 | 224,00 |

| Schultze-Menzenbach | | D'Apollonia ed altri | | |
|---------------------|-----------------|----------------------|--------------------|-----------|
| Sabbia ghiaiosa | Ghiaia e Sabbia | Sabbia | Ghiaia e Sabbia NC | Sabbia SC |
| 396,00 | 480,60 | 431,25 | 444,29 | 731,10 |
| 413,70 | 498,30 | 442,50 | 460,85 | 747,05 |

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Farrent (1963) Sabbie | Begemann (1974) | | Buisman-Sanglerat | |
|-------|------|----------------------------------|------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|-------------------|------------------|
| | | | | | Limo con sabbia | Ghiaia e sabbia | Sabbie | Sabbie argillose |
| | | | | | | | | |
| SPT 1 | 52 | 33,5 | 3.50-3.95 | 269,80 | 105,52 | 438,80 | 228,00 | 304,00 |
| SPT 2 | 55 | 35 | 10.15 | 248,50 | 99,36 | 411,50 | 210,00 | 280,00 |

| Menzenbach e Malcev | | | |
|---------------------|--------------|-----------------|-----------------|
| Sabbia fina | Sabbia media | Sabbia e ghiaia | Sabbia ghiaiosa |
| 172,50 | 207,48 | 435,48 | 449,92 |
| 161,90 | 194,10 | 404,10 | 417,40 |

Classificazione AGI

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | Classificazione A.G.I |
|-------|------|----------------------------------|------------------|--------------|-----------------------|
| SPT 1 | 52 | 33,5 | 3.50-3.95 | A.G.I. | MOLTO ADDENSATO |
| SPT 2 | 55 | 35 | 10.15 | A.G.I. | MOLTO ADDENSATO |

Peso unità di volume (Terreni incoerenti)

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume (t/m ³) |
|-------|------|----------------------------------|------------------|-------------------|--|
| SPT 1 | 52 | 33,5 | 3.50-3.95 | Meyerhof ed altri | 2,17 |
| SPT 2 | 55 | 35 | 10.15 | Meyerhof ed altri | 2,18 |

Peso unità di volume (Terreni coesivi)

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume (t/m ³) |
|-------|------|----------------------------------|------------------|--------------|--|
| SPT 1 | 52 | 33,5 | 3.50-3.95 | Meyerhof | 2,50 |
| SPT 2 | 55 | 35 | 10.15 | Meyerhof | 2,50 |

Peso unità di volume saturo (Terreni incoerenti)

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume saturo (t/m ³) |
|-------|------|----------------------------------|------------------|--------------------------|---|
| SPT 1 | 52 | 33,5 | 3.50-3.95 | Terzaghi- Peck 1948-1967 | 2,06 |
| SPT 2 | 55 | 35 | 10.15 | Terzaghi- Peck 1948-1967 | 2,07 |

Peso unità di volume saturo (Terreni coesivi)

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume saturo (t/m ³) |
|-------|------|----------------------------------|------------------|--------------|---|
| SPT 1 | 52 | 33,5 | 3.50-3.95 | Meyerhof | 2,50 |
| SPT 2 | 55 | 35 | 10.15 | Meyerhof | 2,50 |

Modulo di Poisson

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | Classificazione (A.G.I) |
|-------|------|----------------------------------|------------------|--------------|-------------------------|
| SPT 1 | 52 | 33,5 | 3.50-3.95 | (A.G.I) | 0,29 |
| SPT 2 | 55 | 35 | 10.15 | (A.G.I) | 0,28 |

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

| | Nspt | Nspt corretto per presenza a falda | Prof. Strato (m) | Ohsaki & Iwasaki | | Robertson e Campanella (1983) <i>Sabbie e tensioni litostatiche comprese tra 0,5 e 4,0 Kg/cm^q</i> |
|-------|------|------------------------------------|------------------|---------------------------------|----------------------|---|
| | | | | <i>Sabbie con fine plastico</i> | <i>Sabbie pulite</i> | |
| SPT 1 | 52 | 33,5 | 3.50-3.95 | 1704,71 | 1763,82 | 1068,35 |
| SPT 2 | 55 | 35 | 10.15 | 1762,42 | 1837,97 | 1097,33 |

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / P_0$

| Descrizione | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | K_0 |
|--------------|------|----------------------------------|------------------|------------------|-------|
| <i>SPT 1</i> | 52 | 33,5 | 3.50-3.95 | Navfac 1971-1982 | 6,08 |
| <i>SPT 2</i> | 55 | 35 | 10.15 | Navfac 1971-1982 | 6,27 |

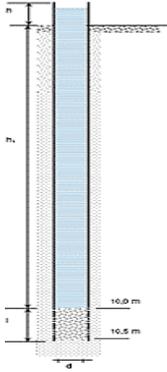
Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

| Descrizione | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | Q_c (Kg/cm ²) |
|--------------|------|----------------------------------|------------------|----------------|-----------------------------|
| <i>SPT 1</i> | 52 | 33,5 | 3.50-3.95 | Robertson 1983 | 67,00 |
| <i>SPT 2</i> | 55 | 35 | 10.15 | Robertson 1983 | 70,00 |

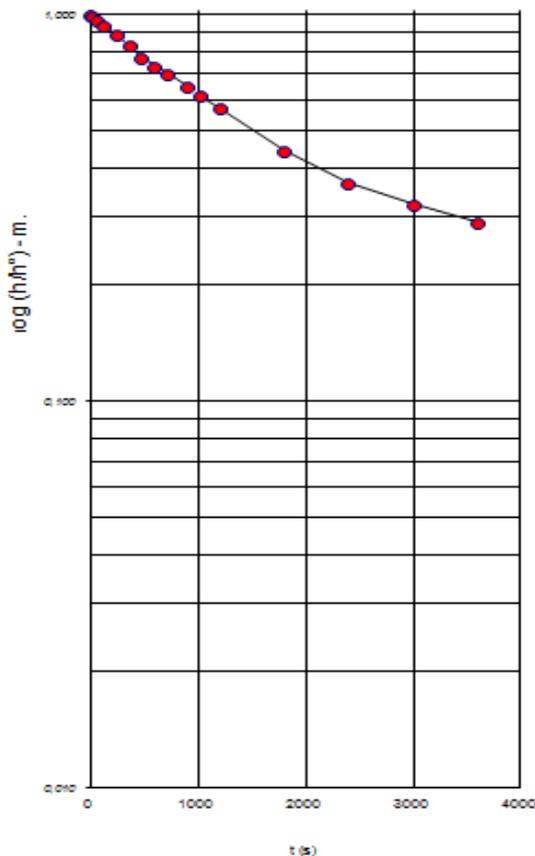
SONDAGGIO nr 3

Nel corso del sondaggio Nr 3 sono state eseguite nr 3 prove di permeabilità di tipo Lefranc a carico variabile e una prova tipo Lugeon a fine foro.

- **PROVA LEFRANC A CARICO VARIABILE NR 1**



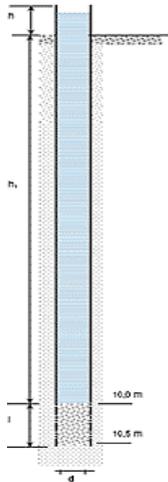
| | |
|-------------------------------|---------|
| SONDAGGIO NR | 3 |
| PROVA NR | 1 |
| COEFFICIENTE DI FORMA | 1.85 |
| PROFONDITA' DEL FORO | 3.50mt |
| PROFONDITA' RIVESTIMENTO | 3 mt |
| SPESSORE TASCA DI PROVA | 0.50 mt |
| DIAMETRO TASCA DI PROVA | 127 mm |
| LIVELLO STATICO DELLA FALDA | 1.29 mt |
| ALTEZZA BOCCAFORO | 0.10 mt |
| DIAMETRO ESTERNO RIVESTIMENTO | 127 mm |
| DIAMETRO INTERNO RIVESTIMENTO | 108 mm |



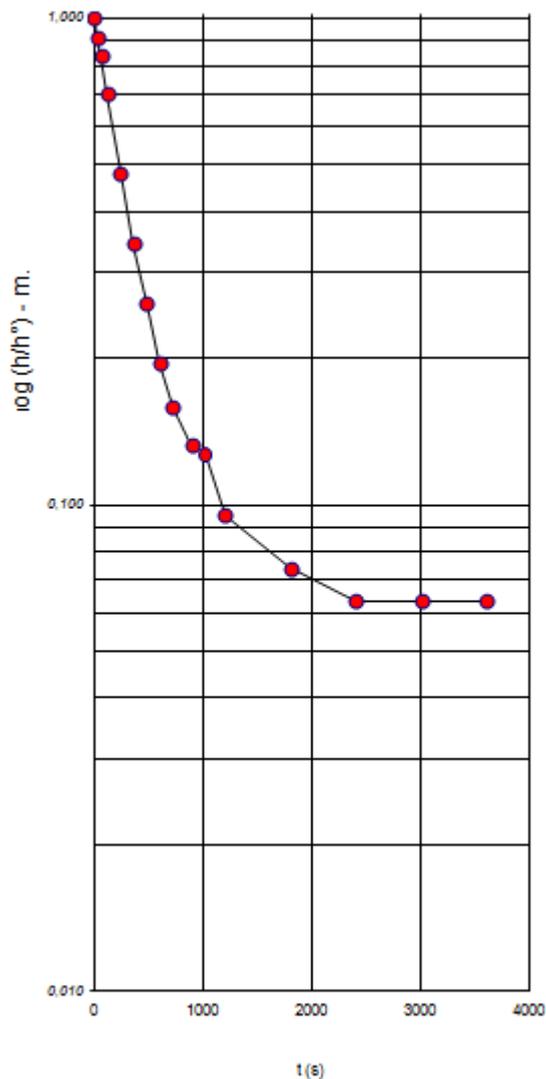
| t [sec] | Dislivello | Battente H (m) | Rapporto H/H₀ |
|---------|------------|----------------|---------------|
| 0 | 0,000 | 1,39 | 1,000 |
| 30 | 0,018 | 1,37 | 0,987 |
| 60 | 0,040 | 1,35 | 0,971 |
| 120 | 0,080 | 1,31 | 0,942 |
| 240 | 0,160 | 1,23 | 0,885 |
| 360 | 0,235 | 1,16 | 0,831 |
| 480 | 0,310 | 1,08 | 0,777 |
| 600 | 0,365 | 1,03 | 0,737 |
| 720 | 0,410 | 0,98 | 0,705 |
| 900 | 0,480 | 0,91 | 0,655 |
| 1020 | 0,540 | 0,85 | 0,612 |
| 1200 | 0,590 | 0,80 | 0,576 |
| 1800 | 0,770 | 0,62 | 0,446 |
| 2400 | 0,880 | 0,51 | 0,367 |
| 3000 | 0,940 | 0,45 | 0,324 |
| 3600 | 0,985 | 0,41 | 0,291 |

• **Permeabilità media : $1.98 \cdot 10^{(-6)}$ m/sec**

- PROVA LEFRANC A CARICO VARIABILE NR 2



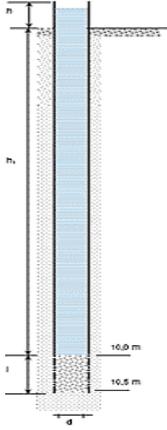
| | |
|-------------------------------|---------|
| SONDAGGIO NR | 3 |
| PROVA NR | 2 |
| COEFFICIENTE DI FORMA | 1.85 |
| PROFONDITA' DEL FORO | 6.00 mt |
| PROFONDITA' RIVESTIMENTO | 5.50 mt |
| SPESSORE TASCA DI PROVA | 0.50 mt |
| DIAMETRO TASCA DI PROVA | 127 mm |
| LIVELLO STATICO DELLA FALDA | 1.29 mt |
| ALTEZZA BOCCAFORO | 0.60 mt |
| DIAMETRO ESTERNO RIVESTIMENTO | 127 mm |
| DIAMETRO INTERNO RIVESTIMENTO | 108 mm |



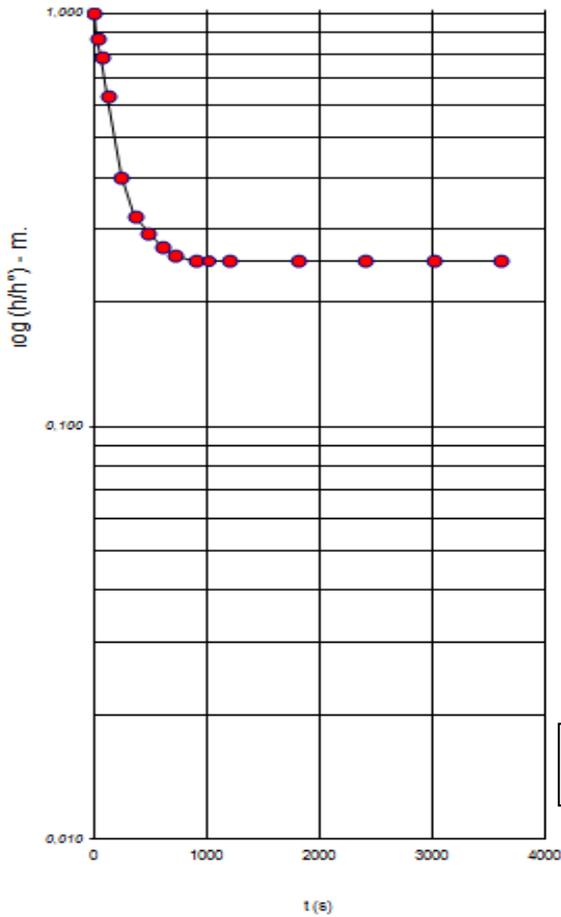
| t [sec] | Dislivello | Battente H (m) | Rapporto H/H ₀ |
|---------|------------|----------------|---------------------------|
| 0 | 0,000 | 1,89 | 1,000 |
| 30 | 0,165 | 1,73 | 0,913 |
| 60 | 0,305 | 1,59 | 0,839 |
| 120 | 0,570 | 1,32 | 0,698 |
| 240 | 0,980 | 0,91 | 0,481 |
| 360 | 1,240 | 0,65 | 0,344 |
| 480 | 1,400 | 0,49 | 0,259 |
| 600 | 1,520 | 0,37 | 0,196 |
| 720 | 1,590 | 0,30 | 0,159 |
| 900 | 1,640 | 0,25 | 0,132 |
| 1020 | 1,650 | 0,24 | 0,127 |
| 1200 | 1,710 | 0,18 | 0,095 |
| 1800 | 1,750 | 0,14 | 0,074 |
| 2400 | 1,770 | 0,12 | 0,063 |
| 3000 | 1,770 | 0,12 | 0,063 |
| 3600 | 1,770 | 0,12 | 0,063 |

• **Permeabilità media : $1.52 \cdot 10^{(-5)}$ m/sec**

- PROVA LEFRANC A CARICO VARIABILE NR 3



| | |
|-------------------------------|----------|
| SONDAGGIO NR | 3 |
| PROVA NR | 3 |
| COEFFICIENTE DI FORMA | 1.85 |
| PROFONDITA' DEL FORO | 13.00 mt |
| PROFONDITA' RIVESTIMENTO | 12.50 mt |
| SPESSORE TASCA DI PROVA | 0.50 mt |
| DIAMETRO TASCA DI PROVA | 127 mm |
| LIVELLO STATICO DELLA FALDA | 1.29 mt |
| ALTEZZA BOCCAFORO | 0.10 mt |
| DIAMETRO ESTERNO RIVESTIMENTO | 127 mm |
| DIAMETRO INTERNO RIVESTIMENTO | 108 mm |



| t [sec] | Dislivello | Battente H (m) | Rapporto H/Ho |
|---------|------------|----------------|---------------|
| 0 | 0 | 1,39 | 1,000 |
| 30 | 0,18 | 1,21 | 0,871 |
| 60 | 0,295 | 1,10 | 0,788 |
| 120 | 0,510 | 0,88 | 0,633 |
| 240 | 0,830 | 0,56 | 0,403 |
| 360 | 0,940 | 0,45 | 0,324 |
| 480 | 0,980 | 0,41 | 0,295 |
| 600 | 1,010 | 0,38 | 0,273 |
| 720 | 1,030 | 0,36 | 0,259 |
| 900 | 1,040 | 0,35 | 0,252 |
| 1020 | 1,040 | 0,35 | 0,252 |
| 1200 | 1,040 | 0,35 | 0,252 |
| 1800 | 1,040 | 0,35 | 0,252 |
| 2400 | 1,040 | 0,35 | 0,252 |
| 3000 | 1,040 | 0,35 | 0,252 |
| 3600 | 1,040 | 0,35 | 0,252 |

• **Permeabilità media : $1.65 \cdot 10^{-5}$ m/sec**

- PROVA LUGEON (Eseguita a fine foro)

Aztec Informatica s.r.l. * Lugeon

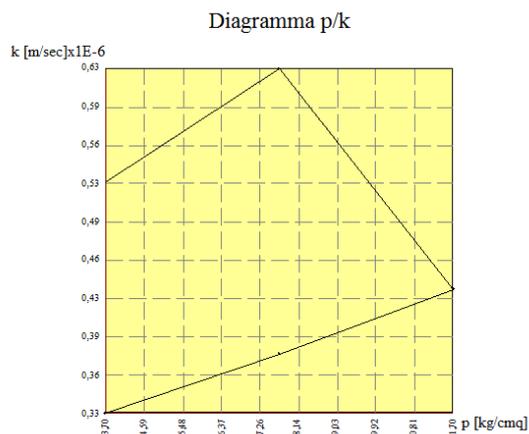
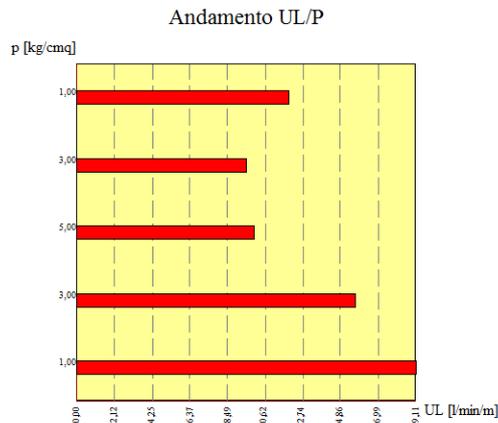
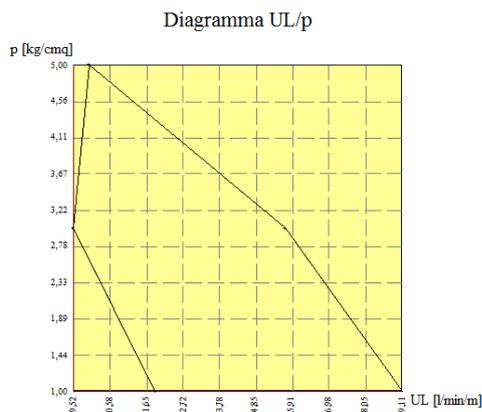
| CARATTERISTICHE GENERALI PROVA LUGEON | |
|--|----------------------------|
| TASCA DI PROVA | 17,00 - 20,00 mt |
| QUOTA MEZZERIA | 18.50 mt |
| DIAMETRO FORO | 127 mm |
| QUOTA FALDA | 1.29 mt |
| PACKER TIPO | SEMPLICE Lunghezza 0.50 mt |
| DIAMETRO TUBO IMMISSIONE | 18 mm |

Simbologia adottata:

| | | |
|------------|---|------------------------------|
| p_m | Pressione manometro espressa in [kg/cm ^q] | Quota z=17.00[m] |
| H | Carico totale espresso in [m] | Fattore forma c=4.89[m] |
| c | Volume di acqua espresso in [l] | Lunghezza tasca di prova=3mt |
| Δ_t | Tempo a regime espresso in [min] | |
| UL | Unità Lugeon espressa in [l/min/m] | |

| p_m | H | c | Δ_t |
|-----------------------|-------|--------|------------|
| [kg/cm ^q] | [m] | [l] | [min] |
| 1,00 | 27,00 | 86,00 | 15,000 |
| 3,00 | 47,00 | 212,00 | 15,000 |
| 5,00 | 67,00 | 224,50 | 15,000 |
| 3,00 | 47,00 | 128,50 | 15,000 |
| 1,00 | 27,00 | 53,00 | 15,000 |

| p_e | UL | k |
|-----------------------|-----------|----------|
| [kg/cm ^q] | [l/min/m] | [m/sec] |
| 3,70 | 19,11 | 5,29E-07 |
| 7,70 | 15,70 | 6,26E-07 |
| 11,70 | 9,98 | 4,36E-07 |
| 7,70 | 9,52 | 3,80E-07 |
| 3,70 | 11,89 | 3,29E-07 |



Permeabilità rappresentativa della prova:
 $K = 4.60 \cdot 10^{-7}$ [m/sec]

Il valore di permeabilità ottenuto sembra essere sottostimato rispetto alla litologia presente nella tasca di prova.

| | |
|--|------------------|
| Riferimento: PLEGS ENGINEERING AND ARCHITECTURE | Sondaggio: S4 |
| Località: LOCALITA' TREPIDO' SOPRANO COTRONEI (KR) | Quota: |
| Impresa esecutrice: | Data: 15/09/2020 |
| Coordinate: | Redattore: |
| Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO | |

| Ø mm | R v | A r | Pz | metri batt. | LITOLOGIA | Campioni | RP | VT | Prel. % 0 --- 100 | S.P.T. | | RQD % 0 --- 100 | prof. m | DESCRIZIONE |
|---------|--------|--------|----|----------------|---|----------|----|----|----------------------|--------|---|--------------------|------------|-------------|
| | | | | | | | | | | S.P.T. | N | | | |
| | | | | 0 | Terreno di copertura. | | | | | | | | 0.8 | |
| | | | | 1 | Sabbione di alterazione/ Roccia alterata e molto fratturata. Granulometricamente descrivibile come sabbie- limose con ghiaia e, in percentuale minore ciottoli. | | | | | | | | | |
| | | | | 2 | | | | | | | | | | |
| | | | | 3 | | | | | | | | | | |
| | | | | 4 | | | | | | | | | | |
| | | | | 5 | | | | | | | | | | |
| | | | | 6 | | | | | | | | | | |
| | | | | 7 | | | | | | | | | | |
| | | | | 8 | | | | | | | | | | |
| | | | | 9 | | | | | | | | | | |
| | | | | 10 | | | | | | | | | 10.0 | |
| | | | | 11 | Roccia molto fratturata con alterazione ridotta. | | | | 50cm10/RIF | Rif | | | | |
| | | | | 12 | | | | | | | | | | |
| | | | | 13 | | | | | | | | | | |
| | | | | 14 | | | | | | | | | | |
| | | | | 15 | | | | | | | | | | |
| | | | | 16 | | | | | | | | | | |
| | | | | 17 | | | | | | | | | | |
| | | | | 18 | | | | | | | | | | |
| | | | | 19 | | | | | | | | | | |
| | | | | 20 | | | | | | | | | 20.0 | |

PROVE DI PERMEABILITA'

- 1) PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO VARIABILE TASCA DI PROVA 3mt- 3,50 mt
- 2) PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO VARIABILE TASCA DI PROVA 11.50-12.00 mt
- 3) PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO VARIABILE TASCA DI PROVA 19.50-20.00mt

SONDAGGIO nr 4

Nel corso del sondaggio nr 4 è stata eseguita una prova S.P.T.

- SPT nr 1 quota 10.30 mt : 50 colpi cm 10 RIFIUTO

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Densità relativa

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Gibbs & Holtz 1957 | Meyerhof 1957 | Schultze & Menzenbach (1961) | Skempton 1986 | |
|--------------|------|----------------------------------|------------------|--------------------|---------------|------------------------------|---------------|-----------------------------|
| | | | | | | | Limi e sabbie | Sabbie da fini a grossolane |
| <i>SPT 1</i> | 50 | 32,5 | 10.30 | 48,06 | 87,76 | 86,91 | 65,94 | 67,56 |

Angolo di resistenza al taglio

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Meyerhof (1956) | | Sowers (1961) | Malcev (1964) | Meyerhof (1965) | | Shioi-Fukuni (1982) | | |
|--------------|------|----------------------------------|------------------|-----------------|----------------------------|---------------|---------------|-----------------|---|---------------------|-----------------------|-----------|
| | | | | Argille | Terreno di riporto sciolti | | | Sabbie | Sabbie in genere a profondità maggiore > 2 mt | | % limo <5% | %limo >5% |
| | | | | | | | | | | | Limi siltosi sabbiosi | |
| <i>SPT 1</i> | 50 | 32,5 | 10.30 | 29,29 | 24,29 | 37,1 | 30,32 | 40,19 | 35,89 | 37,08 | | |

| Japanese National Railway | Owasaki & Iwasaki | Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof | De Mello | Schertmann (1977) | | Mitchell & Katti |
|---|---|---|--------------------------------|---|--------------|------------------------|
| | | | | Sabbie medie ed uniformi e sabbie fini ben degradate. | Sabbie (max) | |
| <i>Sabbie medie e grossolane ghiaiose</i> | <i>Sabbie medie e grossolane ghiaiose</i> | <i>Terreni non molli a prof <5 mt.</i> | <i>Sabbie prof. min. 2 mt.</i> | | | <i>Sabbie e ghiaie</i> |
| 36,75 | 40,5 | 36,29 | 44,89 | 38,48 | 40,29 | 32-35 |

Modulo di Young (Kg/cm²)

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Schmertmann | | | | | Terzaghi | |
|-------|------|----------------------------------|------------------|-------------|--------|-------------|-----------------------|--------|----------|-----------------------------------|
| | | | | Sabbie | | | Limi siltosi sabbiosi | | | Sabbia pulita e sabbia con ghiaia |
| | | | | Fini | Media | Grosssolane | Min | Max | | |
| SPT 1 | 50 | 32,5 | 10.30 | 260,00 | 390,00 | 650,00 | 202,86 | 284,01 | 406,92 | |

| Bowles | | | | Schultze-Menzenbach | | | | | |
|------------------|---------------|--------------|-----------------|---------------------|--------|--------------|--------|------------------------------|--------|
| | | | | Sabbia fina | | Sabbia media | | Limo siltoso e sabbia limosa | |
| Sabbia Argillosa | Sabbia Limosa | Sabbia Media | Sabbia e Ghiaia | Min | Max | Min | max | min | max |
| 152,00 | 115,50 | 237,50 | 462,00 | 193,35 | 267,15 | 148,85 | 221,65 | 191,50 | 209,50 |

| Schultze-Menzenbach | | D'Apollonia ed altri | | |
|---------------------|-----------------|----------------------|--------------------|-----------|
| Sabbia ghiaiosa | Ghiaia e Sabbia | Sabbia | Ghiaia e Sabbia NC | Sabbia SC |
| 384,20 | 286,05 | 423,75 | 441,58 | 720,47 |

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Farrent (1963) Sabbie | Begemann (1974) | | Buisman-Sanglerat | |
|-------|------|----------------------------------|------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|-------------------|------------------|
| | | | | | Limo con sabbia | Ghiaia e sabbia | Sabbie | Sabbie argillose |
| | | | | | | | | |
| SPT 1 | 50 | 32,5 | 10.30 | 230,75 | 94,22 | 388,75 | 195,00 | 260,00 |

| Menzenbach e Malcev | | | |
|---------------------|--------------|-----------------|-----------------|
| Sabbia fina | Sabbia media | Sabbia e ghiaia | Sabbia ghiaiosa |
| 153,05 | 182,95 | 377,95 | 390,30 |

Classificazione AGI

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | Classificazione A.G.I |
|-------|------|----------------------------------|------------------|--------------|-----------------------|
| SPT 1 | 50 | 32,5 | 10.30 | A.G.I. | ADDENSATO |

Peso unità di volume (Terreni incoerenti)

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume (t/m ³) |
|-------|------|----------------------------------|------------------|-------------------|--|
| SPT 1 | 50 | 32,5 | 10.30 | Meyerhof ed altri | 2,16 |

Peso unità di volume (Terreni coesivi)

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume (t/m ³) |
|-------|------|----------------------------------|------------------|--------------|--|
| SPT 1 | 50 | 32,5 | 10.30 | Meyerhof | 2,50 |

Peso unità di volume saturo (Terreni incoerenti)

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume saturo (t/m ³) |
|-------|------|----------------------------------|------------------|--------------------------|---|
| SPT 1 | 50 | 32,5 | 10.30 | Terzaghi- Peck 1948-1967 | 2,06 |

Peso unità di volume saturo (Terreni coesivi)

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume saturo (t/m ³) |
|-------|------|----------------------------------|------------------|--------------|---|
| SPT 1 | 50 | 32,5 | 10.30 | Meyerhof | 2,50 |

Modulo di Poisson

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | Classificazione (A.G.I) |
|-------|------|----------------------------------|------------------|--------------|-------------------------|
| SPT 1 | 50 | 32,5 | 10.30 | (A.G.I) | 0,29 |

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

| | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Ohsaki & Iwasaki | | Robertson e Campanella (1983) |
|-------|------|----------------------------------|------------------|--------------------------|---------------|--|
| | | | | Sabbie con fine plastico | Sabbie pulite | Sabbie e tensioni litostatiche comprese tra 0,5 e 4,0 Kg/cm ^q |
| SPT 1 | 50 | 32,5 | 10.30 | 1665,90 | 1714,90 | 1048,75 |

Coefficiente spinta a Riposo K₀=SigmaH/P₀

| Descrizione | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | K ₀ |
|-------------|------|----------------------------------|------------------|------------------|----------------|
| SPT 1 | 50 | 32,5 | 6.15 | Navfac 1971-1982 | 5,95 |

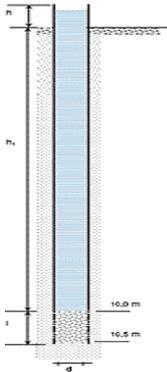
Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

| Descrizione | Nspt | Nspt corretto per presenza falda | Prof. Strato (m) | Correlazione | Q _c (Kg/cm ²) |
|-------------|------|----------------------------------|------------------|----------------|--------------------------------------|
| SPT 1 | 50 | 32,5 | 6.15 | Robertson 1983 | 65,00 |

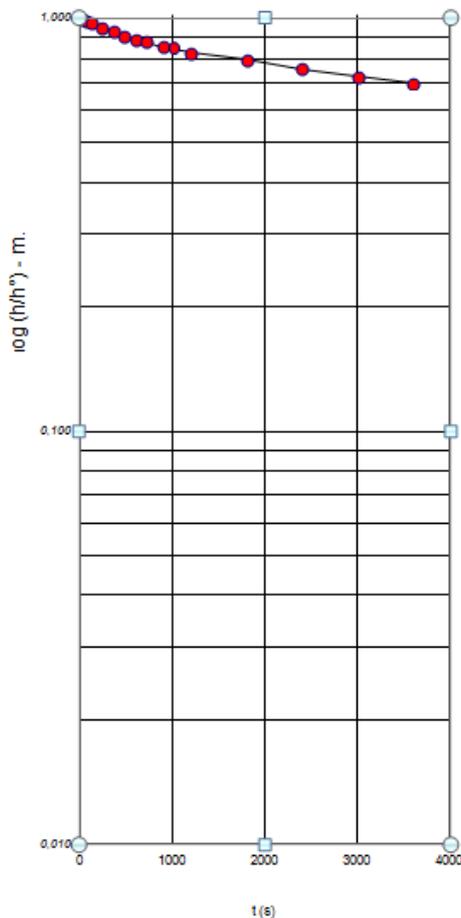
SONDAGGIO nr 4

Nel corso del sondaggio Nr 4 sono state eseguite nr 3 prove di permeabilità di tipo Lefranc a carico variabile.

- **PROVA LEFRANC A CARICO VARIABILE NR 1**



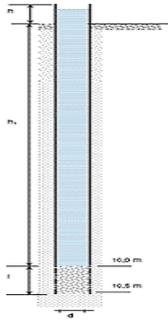
| | |
|-------------------------------|---------|
| SONDAGGIO NR | 4 |
| PROVA NR | 1 |
| COEFFICIENTE DI FORMA | 1.85 |
| PROFONDITA' DEL FORO | 3.50 mt |
| PROFONDITA' RIVESTIMENTO | 3 mt |
| SPESSORE TASCA DI PROVA | 0.50 mt |
| DIAMETRO TASCA DI PROVA | 127 mm |
| LIVELLO STATICO DELLA FALDA | 4.60 mt |
| ALTEZZA BOCCAFORO | 0.10 mt |
| DIAMETRO ESTERNO RIVESTIMENTO | 127 mm |
| DIAMETRO INTERNO RIVESTIMENTO | 108 mm |



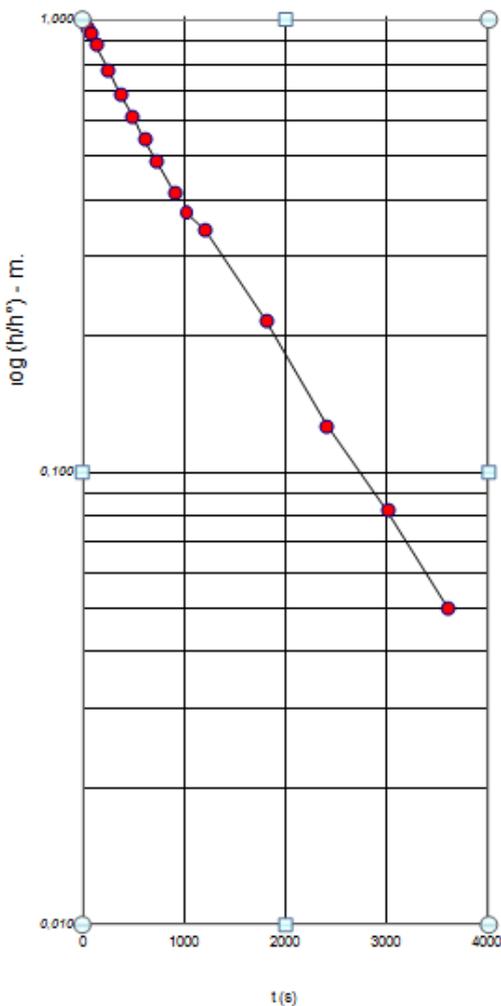
| t [sec] | Dislivello | Battente H (m) | Rapporto H/H₀ |
|---------|------------|----------------|---------------|
| 0 | 0,000 | 4,70 | 1,000 |
| 30 | 0,035 | 4,67 | 0,993 |
| 60 | 0,065 | 4,64 | 0,986 |
| 120 | 0,110 | 4,59 | 0,977 |
| 240 | 0,220 | 4,48 | 0,953 |
| 360 | 0,315 | 4,39 | 0,933 |
| 480 | 0,435 | 4,27 | 0,907 |
| 600 | 0,520 | 4,18 | 0,889 |
| 720 | 0,565 | 4,14 | 0,880 |
| 900 | 0,680 | 4,02 | 0,855 |
| 1020 | 0,730 | 3,97 | 0,845 |
| 1200 | 0,820 | 3,88 | 0,826 |
| 1800 | 0,955 | 3,75 | 0,797 |
| 2400 | 1,150 | 3,55 | 0,755 |
| 3000 | 1,298 | 3,40 | 0,724 |
| 3600 | 1,419 | 3,28 | 0,698 |

• **Permeabilità media : $1.15 \cdot 10^{-6}$ m/sec**

- PROVA LEFRANC A CARICO VARIABILE NR 2



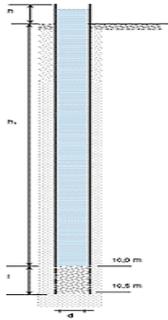
| | |
|-------------------------------|----------|
| SONDAGGIO NR | 4 |
| PROVA NR | 2 |
| COEFFICIENTE DI FORMA | 1.85 |
| PROFONDITA' DEL FORO | 12.00mt |
| PROFONDITA' RIVESTIMENTO | 11.50 mt |
| SPESSORE TASCA DI PROVA | 0.50 mt |
| DIAMETRO TASCA DI PROVA | 127 mm |
| LIVELLO STATICO DELLA FALDA | 4.60mt |
| ALTEZZA BOCCAFORO | 0.60 mt |
| DIAMETRO ESTERNO RIVESTIMENTO | 127 mm |
| DIAMETRO INTERNO RIVESTIMENTO | 108 mm |



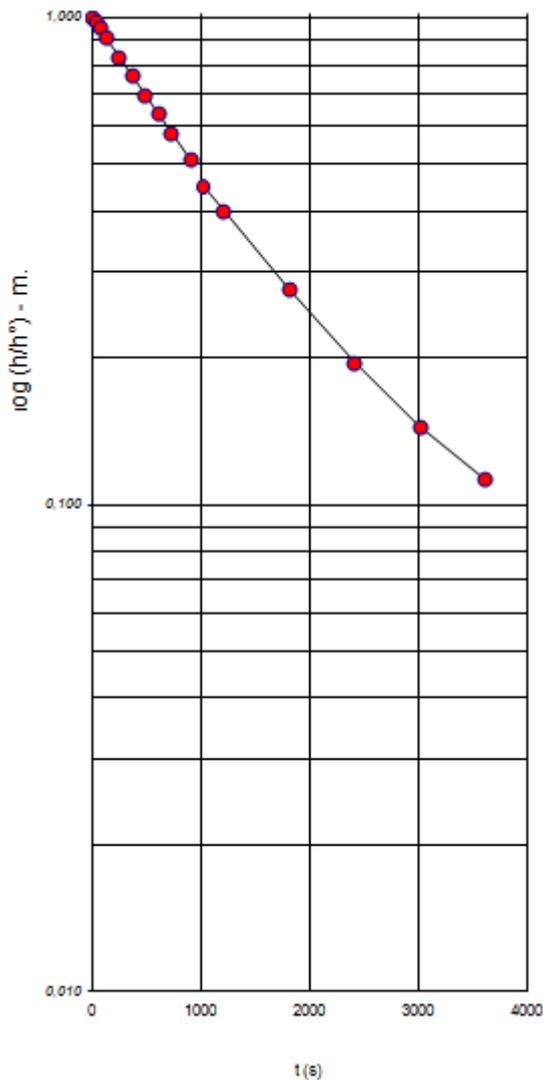
| t [sec] | Dislivello | Battente H (m) | Rapporto H/Ho |
|---------|------------|----------------|---------------|
| 0 | 0,000 | 5,20 | 1,000 |
| 30 | 0,160 | 5,04 | 0,969 |
| 60 | 0,310 | 4,89 | 0,940 |
| 120 | 0,590 | 4,61 | 0,887 |
| 240 | 1,150 | 4,05 | 0,779 |
| 360 | 1,620 | 3,58 | 0,688 |
| 480 | 2,000 | 3,20 | 0,615 |
| 600 | 2,360 | 2,84 | 0,546 |
| 720 | 2,660 | 2,54 | 0,488 |
| 900 | 3,030 | 2,17 | 0,417 |
| 1020 | 3,250 | 1,95 | 0,375 |
| 1200 | 3,410 | 1,79 | 0,344 |
| 1800 | 4,070 | 1,13 | 0,217 |
| 2400 | 4,540 | 0,66 | 0,127 |
| 3000 | 4,770 | 0,43 | 0,083 |
| 3600 | 4,940 | 0,26 | 0,050 |

• **Permeabilità media : $5,51 \cdot 10^{-6}$ m/sec**

- PROVA LEFRANC A CARICO VARIABILE NR 3



| | |
|-------------------------------|----------|
| SONDAGGIO NR | 4 |
| PROVA NR | 3 |
| COEFFICIENTE DI FORMA | 1.85 |
| PROFONDITA' DEL FORO | 20.00mt |
| PROFONDITA' RIVESTIMENTO | 19.50 mt |
| SPESSORE TASCA DI PROVA | 0.50 mt |
| DIAMETRO TASCA DI PROVA | 127 mm |
| LIVELLO STATICO DELLA FALDA | 4.60mt |
| ALTEZZA BOCCAFORO | 0.10 mt |
| DIAMETRO ESTERNO RIVESTIMENTO | 127 mm |
| DIAMETRO INTERNO RIVESTIMENTO | 108 mm |



| t [sec] | Dislivello | Battente H (m) | Rapporto H/Ho |
|---------|------------|----------------|---------------|
| 0 | 0,000 | 4,70 | 1,000 |
| 30 | 0,070 | 4,63 | 0,985 |
| 60 | 0,190 | 4,51 | 0,960 |
| 120 | 0,390 | 4,31 | 0,917 |
| 240 | 0,790 | 3,91 | 0,832 |
| 360 | 1,110 | 3,59 | 0,764 |
| 480 | 1,420 | 3,28 | 0,698 |
| 600 | 1,700 | 3,00 | 0,638 |
| 720 | 1,970 | 2,73 | 0,581 |
| 900 | 2,280 | 2,42 | 0,515 |
| 1020 | 2,580 | 2,12 | 0,451 |
| 1200 | 2,810 | 1,89 | 0,402 |
| 1800 | 3,390 | 1,31 | 0,279 |
| 2400 | 3,780 | 0,92 | 0,196 |
| 3000 | 4,020 | 0,68 | 0,145 |
| 3600 | 4,170 | 0,53 | 0,113 |

• **Permeabilità media : $4,13 \cdot 10^{(-6)}$ m/sec**

Il tecnico dell'Impresa
Dott. Geologo Francesco Perri

INDAGINI GEOGNOSTICHE – PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Di seguito verranno esposti le sintesi dei risultati ottenuti dalle prove DPM-30, utili per ricavare i parametri geotecnici dei materiali e l'andamento stratigrafico del sito.

Nell'area d'intervento sono state realizzate n° 8 prove penetrometriche medie dinamiche, eseguite mediante un penetrometro oleodinamico medio (DPM), avente le seguenti caratteristiche tecniche:

| | | | |
|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------|
| <i>Peso del maglio:</i> | 30 kg (M) | <i>Lunghezza aste:</i> | 1.0 m (L) |
| <i>Sezione punta conica:</i> | 0.001 m² (A) | <i>Altezza di caduta:</i> | 0.2 m (H) |
| <i>Peso delle aste:</i> | 2.4 kg/ml (P) | <i>Intervallo d'infissione:</i> | 0.1 m (I) |

Operativamente la prova consiste nell'infiggere nel terreno, sotto l'azione di un maglio, una punta conica, solidale con la batteria di perforazione. Rilevando il numero di colpi necessari per produrre l'affondamento di un tratto di 10 cm delle aste di perforazione, si possono ottenere informazioni sullo stato di addensamento dei terreni granulari e sulla consistenza dei terreni coesivi attraversati. La prova sopra descritta, essendo continua, permette di localizzare livelli di spessore ridotto a minore resistenza di difficile individuazione impiegando altre metodologie d'indagine.

Le prove penetrometriche dinamiche sono state correlate con le prove penetrometriche S.P.T., mediante opportune formule matematiche, in modo da ottenere parametri che danno indicazioni quantitative sulle caratteristiche del sottosuolo.

Al fine di costruire il modello fisico-meccanico dell'area investigata, i litotipi attraversati, per ogni prova eseguita, sono stati suddivisi in orizzonti ognuno dei quali con proprietà meccaniche diverse definite dalla consistenza o dal grado di addensamento.

Gli istogrammi ricostruiti con i dati acquisiti in campagna hanno dato risposte poco omogenee fra loro. Per una descrizione dettagliata delle prove si rimanda agli elaborati, in cui per ogni verticale è stato schematizzato un istogramma.

I prospetti seguenti riassumono i parametri geotecnici ricavati per ciascun livello individuato, in funzione del numero dei colpi. Un parametro caratteristico dello stato di addensamento e della compattezza di un terreno granulare è la "resistenza a rottura dinamica alla punta" (Rpd), ricavata dalla "Formula degli Olandesi", dove il numero dei colpi è trasformato in sforzi di taglio:

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

in cui $e = 10/N$ (numero di colpi per approfondimento di 10 cm) e gli altri valori da sostituire si riferiscono alle caratteristiche dello strumento.

Nel caso di materiali coesivi, invece, è comunque sempre possibile desumere ragionevolmente dei valori indicativi della consistenza dei materiali attraversati.

La resistenza alla penetrazione, infatti, aumenta con la consistenza dei materiali e per questo essa può dare una misura della resistenza alla compressione semplice (q_u). Di seguito vengono riportate le sintesi dei sondaggi penetrometrici eseguiti sito di studio.

-----Prova DIN-1

I risultati ottenuti dalla prova penetrometrica DIN 1, hanno messo in evidenza un diverso grado di addensamento-consistenza dei litotipi investigati. Nel corso della prova, al di sotto di uno spessore costituito da materiale di riporto (1,9 mt, Ndp_m medio pari a 8,4), sono stati riscontrati materiali limo-torbosi scarsamente addensati, caratterizzati da un Ndp_m medio pari a 2,5 sino alla profondità di 2,5 mt dal p.c. A questa profondità si riscontrano valori di resistenza maggiori e caratterizzati litologicamente da sabbie contenenti ciottoli (da 2,7 mt. a 2,9 mt. dal p.c. con Ndp_m medio pari a 39,5); alla profondità di 2,9 mt dal p.c. lo strumento ha registrato il rifiuto all'avanzamento.

-----Prova DIN-2

I risultati ottenuti dalla prova penetrometrica DIN 2, rilevano che spostandoci verso il versante la stratigrafia del sito muta, dove il materiale di versante alterato misto a suolo si rinviene fino a quota 0,8 mt dal p.c.(Ndp_m medio pari a 2,0). Da questa profondità fino a 1,4 mt. si è registrata la presenza di una componente regolitica-sabbiosa (Ndp_m medio pari a 12,3). Da questa profondità fino alla quota di 1,6 mt dal p.c.(Ndp_m medio pari a 47,5) la resistenza all'avanzamento si è attestata sui valori correlabili a litotipi sabbiosi addensati derivanti dallo strato alterato granitico e alla profondità di 1,6 mt dal p.c. lo strumento ha registrato il rifiuto all'avanzamento.

-----Prova DIN-3

I risultati ottenuti dalla prova penetrometrica DIN 3 ubicata sul versante (vedi ALLEGATO cartografico ubicazioni indagini) la stratigrafia del pendio non cambia, con il materiale ascrivibile al suolo si rinviene fino a quota 1,1 mt dal p.c.(Ndp_m medio pari a 2,6). Da questa profondità fino a 2,4 mt. si è registrata la presenza di una componente egolitica-sabbiosa (Ndp_m medio pari a 12,2). Da questa profondità e per altri 0,1 mt fino alla quota di 2,5 mt dal p.c.(Ndp_m medio pari a 50,0) la resistenza all'avanzamento si è attestata sui valori correlabili a litotipi granitici e lo strumento ha registrato il rifiuto all'avanzamento.

-----Prova DIN-4

Questa sezione stratigrafica si discosta da quelle precedenti essendo ubicata nella porzione mediana dell'impluvio alluvionale e presenta una stratigrafia con varianti significative. Il materiale di riporto si presenta come una lente mediamente compattata fino ad una profondità dal p.c. di 2,4 (Ndpm medio pari a 7,8). La componente alluvionale torbo-limosa scarsamente compattata caratterizza la verticale sino a profondità di 4,5 mt. dal p.c. (Ndpm medio pari a 1,7). Da questa profondità sino al 4,7 mt. dal p.c. (Ndpm medio pari a 36,0) si assiste a un incremento dei colpi di infissione fino a che lo strumento ha registrato il rifiuto all'avanzamento.

-----Prova DIN-5

Questa sezione ricalca la prova precedente con variazioni significative degli spessori dei litotipi investigati presentando valori di resistenza simili alla precedente. Il materiale di riporto ha spessore ridotto (1,0 mt. di profondità dal p.c., Ndpm medio pari a 6,4). Da questa profondità fino a 5,3 mt. si è registrata la presenza di una componente limo-sabbiosa (Ndpm medio pari a 11,6). Da questa profondità fino alla quota di 2,4 mt dal p.c. (Ndpm medio pari a 2,4) la resistenza all'avanzamento si è attestata sui valori correlabili ai litotipi limo-torbosi scarsamente compattati. Da questa profondità fino a 2,5 mt. dal p.c. si sono riscontrati notevoli incrementi della resistenza all'avanzamento (Ndpm medio pari a 50,0 – trovante granitico) e lo strumento ha registrato il rifiuto all'avanzamento.

-----Prova DIN-6

I risultati ottenuti dalla prova penetrometrica DIN 6, rilevano che spostandoci sulla stessa fascia valliva verso est (vedi ALLEGATO cartografico ubicazioni indagini) la stratigrafia della base del versante presenta la stessa modellazione; il materiale di riporto si rinviene fino a quota 2,6 mt dal p.c. (Ndpm medio pari a 14,5). Da questa profondità fino a 3,2 mt. dal p.c. si è registrata la presenza di una componente limo-torbosa (Ndpm medio pari a 2,7). Da questa profondità fino alla quota di 2,7 mt dal p.c. (Ndpm medio pari a 50,0) la resistenza all'avanzamento si è attestata sui valori correlabili a granitici e lo strumento ha registrato il rifiuto all'avanzamento.

-----Prova DIN-7

Questa sezione stratigrafica è ubicata nella porzione di raccordo del versante e presenta una stratigrafia simile alla DIN 2. Il suolo alterato presenta una lente di materiale mediamente compattata ad una profondità dal p.c. di 0,5 mt (Ndpm medio pari a 6,4). La componente del regolite di natura sabbiosa caratterizza la verticale sino a profondità di 1,4 mt. dal p.c. (Ndpm medio pari a 31,6). Da questa profondità sino ai 1,5 mt. dal p.c. (Ndpm medio pari a 50,0) si registrano valori della resistenza all'infissione con litotipi granitici dove lo strumento ha registrato il rifiuto all'avanzamento.

-----Prova DIN-8

Questa sezione stratigrafica è ubicata nella immediate vicinanze della precedente, leggermente spostata verso ovest al fine di investigare l'immersione del substrato cristallino. Il suolo alterato si rinviene fino ad una profondità dal p.c. di 0,5 mt (Ndpm medio pari a 5,8). La componente del regolite di natura sabbiosa, come in precedenza, caratterizza la verticale sino a profondità di 1,4 mt. dal p.c. (Ndpm medio pari a 22,3). Da questa profondità sino ai 1,8 mt. dal p.c. (Ndpm medio pari a 42,5) si registrano valori della resistenza all'infissione con litotipi granitici alterati e alla profondità di 1,8 mt dal p.c. lo strumento ha registrato il rifiuto all'avanzamento.

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : DM-30 (60°)

| Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici | | |
|---|--------------------|--------------------------|
| TIPO | Sigla Certificato | 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 : DM-30 (60°)

| | |
|-------------------------------------|---|
| MASSA BATTENTE | M = 30.00 kg |
| ALTEZZA CADUTA LIBERA | H = 0.20 m |
| MASSA SISTEMA BATTUTA | Ms = 13.60 kg |
| DIAMETRO PUNTA CONICA | D = 35.70 mm |
| AREA BASE PUNTA CONICA | A = 10.0000 cm ² |
| ANGOLO APERTURA PUNTA | $\alpha = 60^\circ$ |
| LUNGHEZZA DELLE ASTE | La = 1.00 m |
| MASSA ASTE PER METRO | Ma = 2.40 kg |
| PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA | P1 = 0.80 m |
| AVANZAMENTO PUNTA | $\delta = 0.10$ m |
| NUMERO DI COLPI PUNTA | N = N(10) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 10 cm |
| RIVESTIMENTO / FANGHI | NO |
| RENDIMENTO SPECIFICO x COLPO | Q = (MH)/(A δ) = 6.00 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm ²) |
| COEFF.TEORICO RENDIMENTO | $\beta_t = Q/Q_{spt} = 0.766$ (teoricamente : Nspt = β_t N) |

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

M = massa battente (altezza caduta H)
P = massa totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm² = 0.098067 MPa \approx 0,1 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

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

| | | | |
|--------------------|--|------------------|--------------------|
| - committente : | PLEGS. S.r.l. | - data prova : | 09/09/2020 |
| - lavoro : | Ampliamento Aviosuperficie "Franca" Loc. Trepidò | - quota inizio : | p.c. |
| - località : | Soprano Comune di Cotronei | - prof. falda : | Falda non rilevata |
| - sperimentatore : | | - data emiss. : | 24/11/2020 |
| - aiuto sperim. : | | - pagina n°: | 1 |
| - note : | | | |

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------|-------------|------------|--------------------------|------|
| 0.00 - 0.10 | 1 | 3.9 | 1 | 1.50 - 1.60 | 8 | 29.8 | 2 |
| 0.10 - 0.20 | 3 | 11.7 | 1 | 1.60 - 1.70 | 7 | 26.0 | 2 |
| 0.20 - 0.30 | 6 | 23.5 | 1 | 1.70 - 1.80 | 13 | 48.3 | 2 |
| 0.30 - 0.40 | 5 | 19.6 | 1 | 1.80 - 1.90 | 9 | 31.9 | 3 |
| 0.40 - 0.50 | 9 | 35.2 | 1 | 1.90 - 2.00 | 3 | 10.6 | 3 |
| 0.50 - 0.60 | 8 | 31.3 | 1 | 2.00 - 2.10 | 2 | 7.1 | 3 |
| 0.60 - 0.70 | 7 | 27.4 | 1 | 2.10 - 2.20 | 2 | 7.1 | 3 |
| 0.70 - 0.80 | 9 | 35.2 | 1 | 2.20 - 2.30 | 3 | 10.6 | 3 |
| 0.80 - 0.90 | 10 | 37.2 | 2 | 2.30 - 2.40 | 2 | 7.1 | 3 |
| 0.90 - 1.00 | 12 | 44.6 | 2 | 2.40 - 2.50 | 3 | 10.6 | 3 |
| 1.00 - 1.10 | 9 | 33.5 | 2 | 2.50 - 2.60 | 25 | 88.6 | 3 |
| 1.10 - 1.20 | 11 | 40.9 | 2 | 2.60 - 2.70 | 38 | 134.6 | 3 |
| 1.20 - 1.30 | 9 | 33.5 | 2 | 2.70 - 2.80 | 45 | 159.4 | 3 |
| 1.30 - 1.40 | 10 | 37.2 | 2 | 2.80 - 2.90 | 50 | 169.2 | 4 |
| 1.40 - 1.50 | 13 | 48.3 | 2 | | | | |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**

- M (massa battente)= **30.00 kg** - H (altezza caduta)= **0.20 m** - A (area punta)= **10.0000 cm²** - D(diam. punta)= **35.70 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [$\delta = 10^{-6}$ cm] - Uso Investimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 2

| | | | |
|--------------------|--|------------------|--------------------|
| - committente : | PLEGS S.r.l. | - data prova : | 09/09/2020 |
| - lavoro : | Ampliamento Aviosuperficie "Franca" Loc. Trepidò | - quota inizio : | p.c. |
| - località : | Soprano Comune di Cotronei | - prof. falda : | Falda non rilevata |
| - sperimentatore : | | - data emiss. : | 24/11/2020 |
| - aiuto sperim. : | | - pagina n°: | 2 |
| - note : | | | |

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------|-------------|------------|--------------------------|------|
| 0.00 - 0.10 | 2 | 7.8 | 1 | 0.80 - 0.90 | 12 | 44.6 | 2 |
| 0.10 - 0.20 | 3 | 11.7 | 1 | 0.90 - 1.00 | 11 | 40.9 | 2 |
| 0.20 - 0.30 | 2 | 7.8 | 1 | 1.00 - 1.10 | 14 | 52.1 | 2 |
| 0.30 - 0.40 | 1 | 3.9 | 1 | 1.10 - 1.20 | 13 | 48.3 | 2 |
| 0.40 - 0.50 | 1 | 3.9 | 1 | 1.20 - 1.30 | 12 | 44.6 | 2 |
| 0.50 - 0.60 | 2 | 7.8 | 1 | 1.30 - 1.40 | 12 | 44.6 | 2 |
| 0.60 - 0.70 | 3 | 11.7 | 1 | 1.40 - 1.50 | 45 | 167.4 | 2 |
| 0.70 - 0.80 | 2 | 7.8 | 1 | 1.50 - 1.60 | 50 | 186.0 | 2 |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**

- M (massa battente)= **30.00 kg** - H (altezza caduta)= **0.20 m** - A (area punta)= **10.0000 cm²** - D(diam. punta)= **35.70 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(10) [$\delta = 10^{-6}$ cm] - Indagini Penetrometriche Dinamiche DPM30 - Uso Investimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 3

| | | | |
|--------------------|--|------------------|--------------------|
| - committente : | PLEGS S.r.l. | - data prova : | 09/09/2020 |
| - lavoro : | Ampliamento Aviosuperficie "Franca" Loc. Trepidò | - quota inizio : | p.c. |
| - località : | Soprano Comune di Cotronei | - prof. falda : | Falda non rilevata |
| - sperimentatore : | | - data emiss. : | 24/11/2020 |
| - aiuto sperim. : | | - pagina n°: | 3 |
| - note : | | | |

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------|-------------|------------|--------------------------|------|
| 0.00 - 0.10 | 1 | 3.9 | 1 | 1.30 - 1.40 | 12 | 44.6 | 2 |
| 0.10 - 0.20 | 3 | 11.7 | 1 | 1.40 - 1.50 | 14 | 52.1 | 2 |
| 0.20 - 0.30 | 4 | 15.7 | 1 | 1.50 - 1.60 | 11 | 40.9 | 2 |
| 0.30 - 0.40 | 3 | 11.7 | 1 | 1.60 - 1.70 | 13 | 48.3 | 2 |
| 0.40 - 0.50 | 2 | 7.8 | 1 | 1.70 - 1.80 | 13 | 48.3 | 2 |
| 0.50 - 0.60 | 2 | 7.8 | 1 | 1.80 - 1.90 | 14 | 49.6 | 3 |
| 0.60 - 0.70 | 2 | 7.8 | 1 | 1.90 - 2.00 | 11 | 39.0 | 3 |
| 0.70 - 0.80 | 3 | 11.7 | 1 | 2.00 - 2.10 | 10 | 35.4 | 3 |
| 0.80 - 0.90 | 4 | 14.9 | 2 | 2.10 - 2.20 | 12 | 42.5 | 3 |
| 0.90 - 1.00 | 3 | 11.2 | 2 | 2.20 - 2.30 | 13 | 46.1 | 3 |
| 1.00 - 1.10 | 2 | 7.4 | 2 | 2.30 - 2.40 | 14 | 49.6 | 3 |
| 1.10 - 1.20 | 9 | 33.5 | 2 | 2.40 - 2.50 | 50 | 177.2 | 3 |
| 1.20 - 1.30 | 13 | 48.3 | 2 | | | | |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**

- M (massa battente)= **30.00 kg** - H (altezza caduta)= **0.20 m** - A (area punta)= **10.0000 cm²** - D(diam. punta)= **35.70 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [$\delta = 10^{-6}$ cm] - Uso Investimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 4

- committente : PLEGS. S.r.l.
- lavoro : Ampliamento Aviosuperficie "Franca" Loc. Trepidò
- località : Soprano Comune di Cotronei
- sperimentatore :
- aiuto sperim. :
- note :

- data prova : 09/09/2020
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 24/11/2020
- pagina n°: 4

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------|-------------|------------|--------------------------|------|
| 0.00 - 0.10 | 1 | 3.9 | 1 | 2.40 - 2.50 | 2 | 7.1 | 3 |
| 0.10 - 0.20 | 2 | 7.8 | 1 | 2.50 - 2.60 | 1 | 3.5 | 3 |
| 0.20 - 0.30 | 7 | 27.4 | 1 | 2.60 - 2.70 | 1 | 3.5 | 3 |
| 0.30 - 0.40 | 6 | 23.5 | 1 | 2.70 - 2.80 | 2 | 7.1 | 3 |
| 0.40 - 0.50 | 8 | 31.3 | 1 | 2.80 - 2.90 | 2 | 6.8 | 4 |
| 0.50 - 0.60 | 8 | 31.3 | 1 | 2.90 - 3.00 | 2 | 6.8 | 4 |
| 0.60 - 0.70 | 10 | 39.1 | 1 | 3.00 - 3.10 | 3 | 10.2 | 4 |
| 0.70 - 0.80 | 11 | 43.0 | 1 | 3.10 - 3.20 | 3 | 10.2 | 4 |
| 0.80 - 0.90 | 8 | 29.8 | 2 | 3.20 - 3.30 | 2 | 6.8 | 4 |
| 0.90 - 1.00 | 10 | 37.2 | 2 | 3.30 - 3.40 | 3 | 10.2 | 4 |
| 1.00 - 1.10 | 7 | 26.0 | 2 | 3.40 - 3.50 | 3 | 10.2 | 4 |
| 1.10 - 1.20 | 10 | 37.2 | 2 | 3.50 - 3.60 | 2 | 6.8 | 4 |
| 1.20 - 1.30 | 9 | 33.5 | 2 | 3.60 - 3.70 | 1 | 3.4 | 4 |
| 1.30 - 1.40 | 10 | 37.2 | 2 | 3.70 - 3.80 | 1 | 3.4 | 4 |
| 1.40 - 1.50 | 6 | 22.3 | 2 | 3.80 - 3.90 | 1 | 3.2 | 5 |
| 1.50 - 1.60 | 10 | 37.2 | 2 | 3.90 - 4.00 | 1 | 3.2 | 5 |
| 1.60 - 1.70 | 8 | 29.8 | 2 | 4.00 - 4.10 | 1 | 3.2 | 5 |
| 1.70 - 1.80 | 4 | 14.9 | 2 | 4.10 - 4.20 | 1 | 3.2 | 5 |
| 1.80 - 1.90 | 8 | 28.3 | 3 | 4.20 - 4.30 | 1 | 3.2 | 5 |
| 1.90 - 2.00 | 10 | 35.4 | 3 | 4.30 - 4.40 | 1 | 3.2 | 5 |
| 2.00 - 2.10 | 8 | 28.3 | 3 | 4.40 - 4.50 | 2 | 6.5 | 5 |
| 2.10 - 2.20 | 8 | 28.3 | 3 | 4.50 - 4.60 | 22 | 71.2 | 5 |
| 2.20 - 2.30 | 10 | 35.4 | 3 | 4.60 - 4.70 | 50 | 161.9 | 5 |
| 2.30 - 2.40 | 8 | 28.3 | 3 | | | | |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**

- M (massa battente)= **30.00 kg** - H (altezza caduta)= **0.20 m** - A (area punta)= **10.0000 cm²** - D(diam. punta)= **35.70 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [$\delta = 10^{-6}$ cm] - Indagini Penetrometriche Dinamiche DPM30 - Uso Investimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 5

| | | | |
|--------------------|--|------------------|--------------------|
| - committente : | PLEGS. S.r.l. | - data prova : | 10/09/2020 |
| - lavoro : | Ampliamento Aviosuperficie "Franca" Loc. Trepidò | - quota inizio : | p.c. |
| - località : | Soprano Comune di Cotronei | - prof. falda : | Falda non rilevata |
| - sperimentatore : | | - data emiss. : | 25/11/2020 |
| - aiuto sperim. : | | - pagina n°: | 5 |
| - note : | | | |

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------|-------------|------------|--------------------------|------|
| 0.00 - 0.10 | 4 | 15.7 | 1 | 1.30 - 1.40 | 3 | 11.2 | 2 |
| 0.10 - 0.20 | 3 | 11.7 | 1 | 1.40 - 1.50 | 2 | 7.4 | 2 |
| 0.20 - 0.30 | 3 | 11.7 | 1 | 1.50 - 1.60 | 1 | 3.7 | 2 |
| 0.30 - 0.40 | 7 | 27.4 | 1 | 1.60 - 1.70 | 1 | 3.7 | 2 |
| 0.40 - 0.50 | 8 | 31.3 | 1 | 1.70 - 1.80 | 2 | 7.4 | 2 |
| 0.50 - 0.60 | 7 | 27.4 | 1 | 1.80 - 1.90 | 2 | 7.1 | 3 |
| 0.60 - 0.70 | 7 | 27.4 | 1 | 1.90 - 2.00 | 3 | 10.6 | 3 |
| 0.70 - 0.80 | 8 | 31.3 | 1 | 2.00 - 2.10 | 3 | 10.6 | 3 |
| 0.80 - 0.90 | 9 | 33.5 | 2 | 2.10 - 2.20 | 2 | 7.1 | 3 |
| 0.90 - 1.00 | 8 | 29.8 | 2 | 2.20 - 2.30 | 3 | 10.6 | 3 |
| 1.00 - 1.10 | 3 | 11.2 | 2 | 2.30 - 2.40 | 4 | 14.2 | 3 |
| 1.10 - 1.20 | 2 | 7.4 | 2 | 2.40 - 2.50 | 50 | 177.2 | 3 |
| 1.20 - 1.30 | 2 | 7.4 | 2 | | | | |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**

- M (massa battente)= **30.00 kg** - H (altezza caduta)= **0.20 m** - A (area punta)= **10.0000 cm²** - D(diam. punta)= **35.70 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [$\delta = 10^{-6}$ cm] - Indagini Penetrometriche Dinamiche DPM30 - Uso Investimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 6

- committente : PLEGS. S.r.l.
- lavoro : Ampliamento Aviosuperficie "Franca" Loc. Trepidò
- località : Soprano Comune di Cotronei
- sperimentatore :
- aiuto sperim. :
- note :

- data prova : 10/09/2020
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 25/11/2020
- pagina n°: 6

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------|-------------|------------|--------------------------|------|
| 0.00 - 0.10 | 1 | 3.9 | 1 | 1.70 - 1.80 | 15 | 55.8 | 2 |
| 0.10 - 0.20 | 1 | 3.9 | 1 | 1.80 - 1.90 | 16 | 56.7 | 3 |
| 0.20 - 0.30 | 2 | 7.8 | 1 | 1.90 - 2.00 | 23 | 81.5 | 3 |
| 0.30 - 0.40 | 5 | 19.6 | 1 | 2.00 - 2.10 | 21 | 74.4 | 3 |
| 0.40 - 0.50 | 7 | 27.4 | 1 | 2.10 - 2.20 | 15 | 53.1 | 3 |
| 0.50 - 0.60 | 12 | 47.0 | 1 | 2.20 - 2.30 | 17 | 60.2 | 3 |
| 0.60 - 0.70 | 12 | 47.0 | 1 | 2.30 - 2.40 | 18 | 63.8 | 3 |
| 0.70 - 0.80 | 11 | 43.0 | 1 | 2.40 - 2.50 | 25 | 88.6 | 3 |
| 0.80 - 0.90 | 17 | 63.2 | 2 | 2.50 - 2.60 | 23 | 81.5 | 3 |
| 0.90 - 1.00 | 23 | 85.5 | 2 | 2.60 - 2.70 | 3 | 10.6 | 3 |
| 1.00 - 1.10 | 28 | 104.1 | 2 | 2.70 - 2.80 | 2 | 7.1 | 3 |
| 1.10 - 1.20 | 23 | 85.5 | 2 | 2.80 - 2.90 | 1 | 3.4 | 4 |
| 1.20 - 1.30 | 22 | 81.8 | 2 | 2.90 - 3.00 | 1 | 3.4 | 4 |
| 1.30 - 1.40 | 15 | 55.8 | 2 | 3.00 - 3.10 | 4 | 13.5 | 4 |
| 1.40 - 1.50 | 7 | 26.0 | 2 | 3.10 - 3.20 | 5 | 16.9 | 4 |
| 1.50 - 1.60 | 8 | 29.8 | 2 | 3.20 - 3.30 | 50 | 169.2 | 4 |
| 1.60 - 1.70 | 9 | 33.5 | 2 | | | | |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**

- M (massa battente)= **30.00 kg** - H (altezza caduta)= **0.20 m** - A (area punta)= **10.0000 cm²** - D(diam. punta)= **35.70 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [$\delta = 10^{-6}$ cm] - Uso Investimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 7

| | | | |
|--------------------|--|------------------|--------------------|
| - committente : | PLEGS. S.r.l. | - data prova : | 10/09/2020 |
| - lavoro : | Ampliamento Aviosuperficie "Franca" Loc. Trepidò | - quota inizio : | p.c. |
| - località : | Soprano Comune di Cotronei | - prof. falda : | Falda non rilevata |
| - sperimentatore : | | - data emiss. : | 25/11/2020 |
| - aiuto sperim. : | | - pagina n°: | 7 |
| - note : | | | |

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------|-------------|------------|--------------------------|------|
| 0.00 - 0.10 | 3 | 11.7 | 1 | 0.80 - 0.90 | 27 | 100.4 | 2 |
| 0.10 - 0.20 | 4 | 15.7 | 1 | 0.90 - 1.00 | 45 | 167.4 | 2 |
| 0.20 - 0.30 | 3 | 11.7 | 1 | 1.00 - 1.10 | 33 | 122.7 | 2 |
| 0.30 - 0.40 | 8 | 31.3 | 1 | 1.10 - 1.20 | 35 | 130.2 | 2 |
| 0.40 - 0.50 | 14 | 54.8 | 1 | 1.20 - 1.30 | 27 | 100.4 | 2 |
| 0.50 - 0.60 | 22 | 86.1 | 1 | 1.30 - 1.40 | 39 | 145.0 | 2 |
| 0.60 - 0.70 | 33 | 129.1 | 1 | 1.40 - 1.50 | 50 | 186.0 | 2 |
| 0.70 - 0.80 | 23 | 90.0 | 1 | | | | |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**

- M (massa battente)= **30.00 kg** - H (altezza caduta)= **0.20 m** - A (area punta)= **10.0000 cm²** - D(diam. punta)= **35.70 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [$\delta = 10^{-6}$ cm] - Uso Investimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 8

| | | | |
|--------------------|--|------------------|--------------------|
| - committente : | PLEGS S.r.l. | - data prova : | 10/09/2020 |
| - lavoro : | Ampliamento Aviosuperficie "Franca" Loc. Trepidò | - quota inizio : | p.c. |
| - località : | Soprano Comune di Cotronei | - prof. falda : | Falda non rilevata |
| - sperimentatore : | | - data emiss. : | 25/11/2020 |
| - aiuto sperim. : | | - pagina n°: | 8 |
| - note : | | | |

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------|-------------|------------|--------------------------|------|
| 0.00 - 0.10 | 5 | 19.6 | 1 | 0.90 - 1.00 | 15 | 55.8 | 2 |
| 0.10 - 0.20 | 7 | 27.4 | 1 | 1.00 - 1.10 | 24 | 89.3 | 2 |
| 0.20 - 0.30 | 4 | 15.7 | 1 | 1.10 - 1.20 | 27 | 100.4 | 2 |
| 0.30 - 0.40 | 7 | 27.4 | 1 | 1.20 - 1.30 | 29 | 107.9 | 2 |
| 0.40 - 0.50 | 6 | 23.5 | 1 | 1.30 - 1.40 | 32 | 119.0 | 2 |
| 0.50 - 0.60 | 15 | 58.7 | 1 | 1.40 - 1.50 | 37 | 137.6 | 2 |
| 0.60 - 0.70 | 17 | 66.5 | 1 | 1.50 - 1.60 | 45 | 167.4 | 2 |
| 0.70 - 0.80 | 19 | 74.3 | 1 | 1.60 - 1.70 | 38 | 141.3 | 2 |
| 0.80 - 0.90 | 23 | 85.5 | 2 | 1.70 - 1.80 | 50 | 186.0 | 2 |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**

- M (massa battente)= **30.00 kg** - H (altezza caduta)= **0.20 m** - A (area punta)= **10.0000 cm²** - D(diam. punta)= **35.70 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [$\delta = 10^{-6}$ cm] - Indagini Penetrometriche Dinamiche DPM30 - Uso Investimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

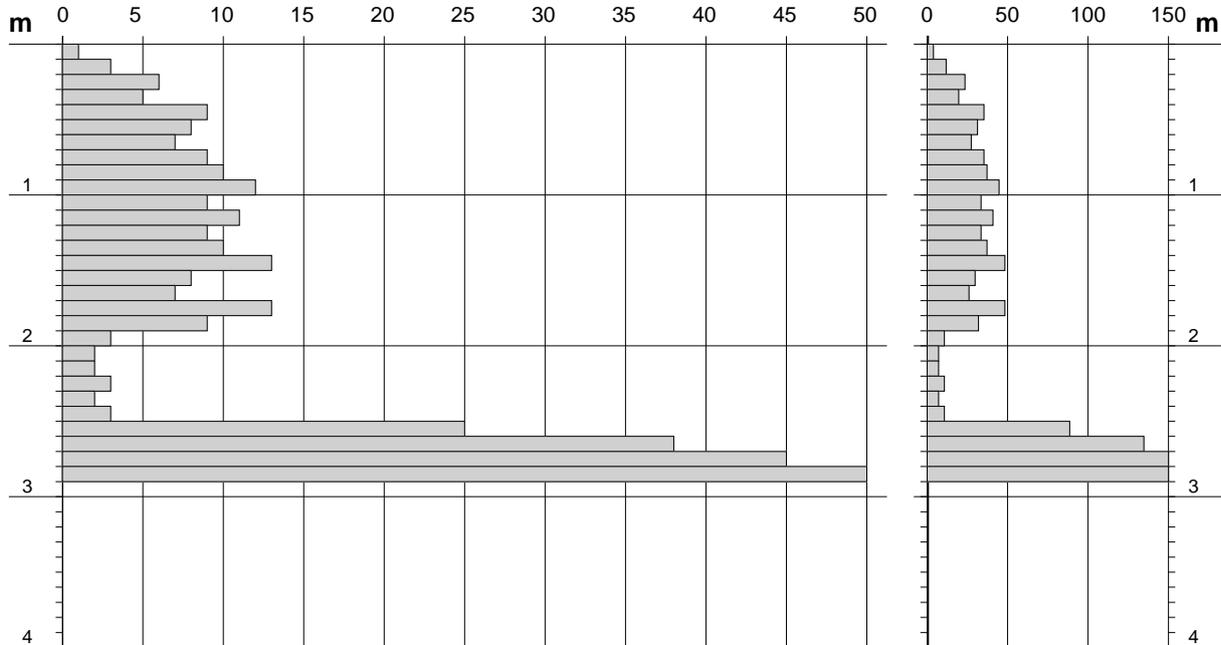
Scala 1: 50

- committente : PLEGS. S.r.l.
- lavoro : Ampliamento Aviosuperficie "Franca" Loc. Trepidò
- località : Soprano Comune di Cotronei
- sperimentatore :
- aiuto sperim. :
- note :

- data prova : 09/09/2020
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 24/11/2020
- pagina n°: 9

N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 10.00$ cm

Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2

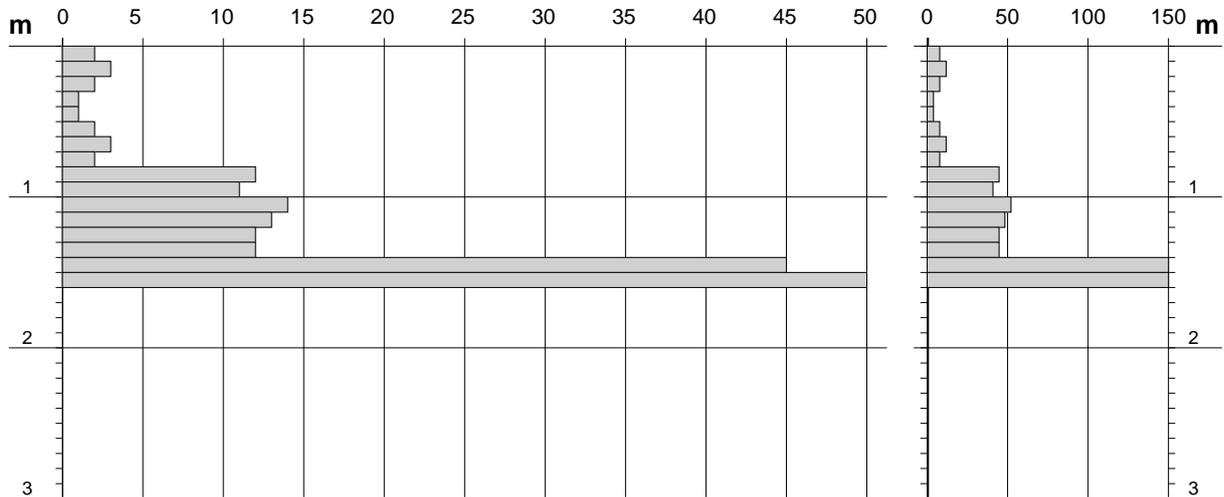
Scala 1: 50

- committente : PLEGS S.r.l.
- lavoro : Ampliamento Aviosuperficie "Franca" Loc. Trepidò
- località : Soprano Comune di Cotronei
- sperimentatore :
- aiuto sperim. :
- note :

- data prova : 09/09/2020
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 24/11/2020
- pagina n°: 10

N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 10.00$ cm

Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 3

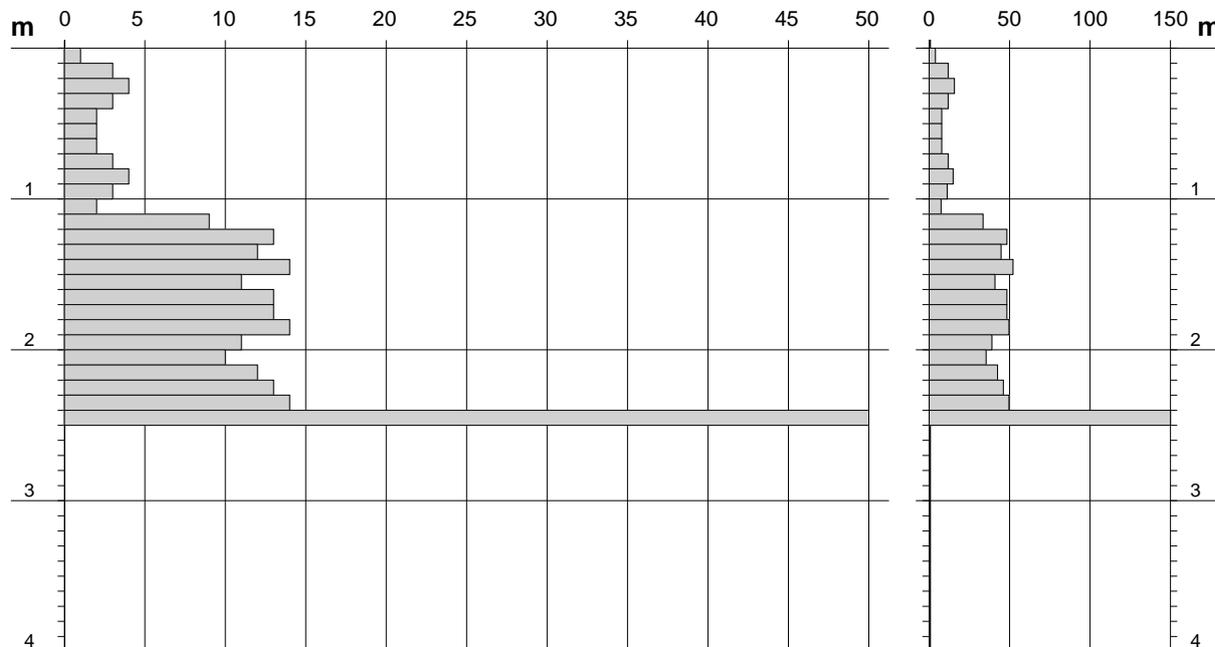
Scala 1: 50

- committente : PLEGS. S.r.l.
 - lavoro : Ampliamento Aviosuperficie "Franca" Loc. Trepidò
 - località : Soprano Comune di Cotronei
 - sperimentatore :
 - aiuto sperim. :
 - note :

- data prova : 09/09/2020
 - quota inizio : p.c.
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 24/11/2020
 - pagina n°: 11

N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 10.00$ cm

Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 4

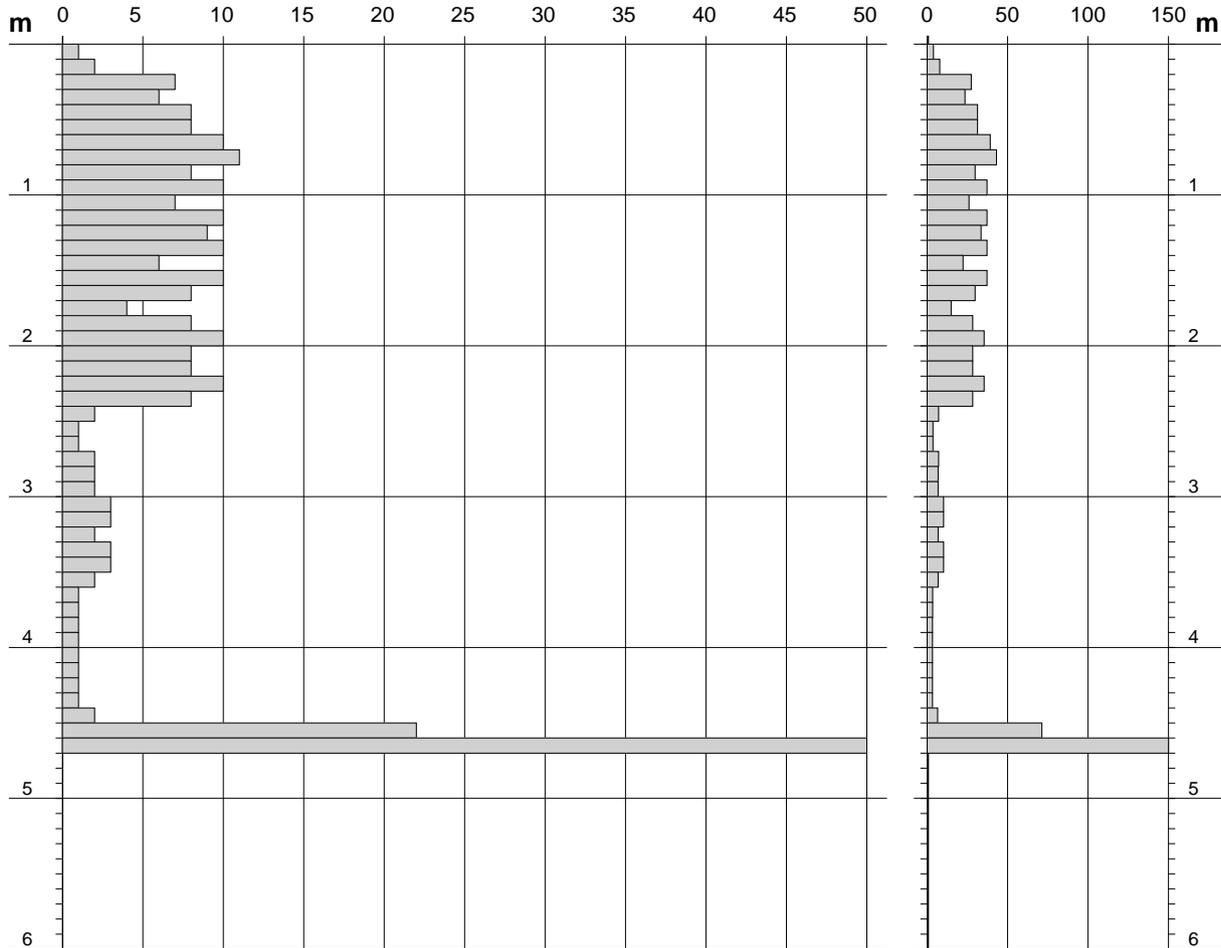
Scala 1: 50

- committente : PLEGS. S.r.l.
- lavoro : Ampliamento Aviosuperficie "Franca" Loc. Trepidò
- località : Soprano Comune di Cotronei
- sperimentatore :
- aiuto sperim. :
- note :

- data prova : 09/09/2020
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 24/11/2020
- pagina n°: 12

N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 10.00$ cm

Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

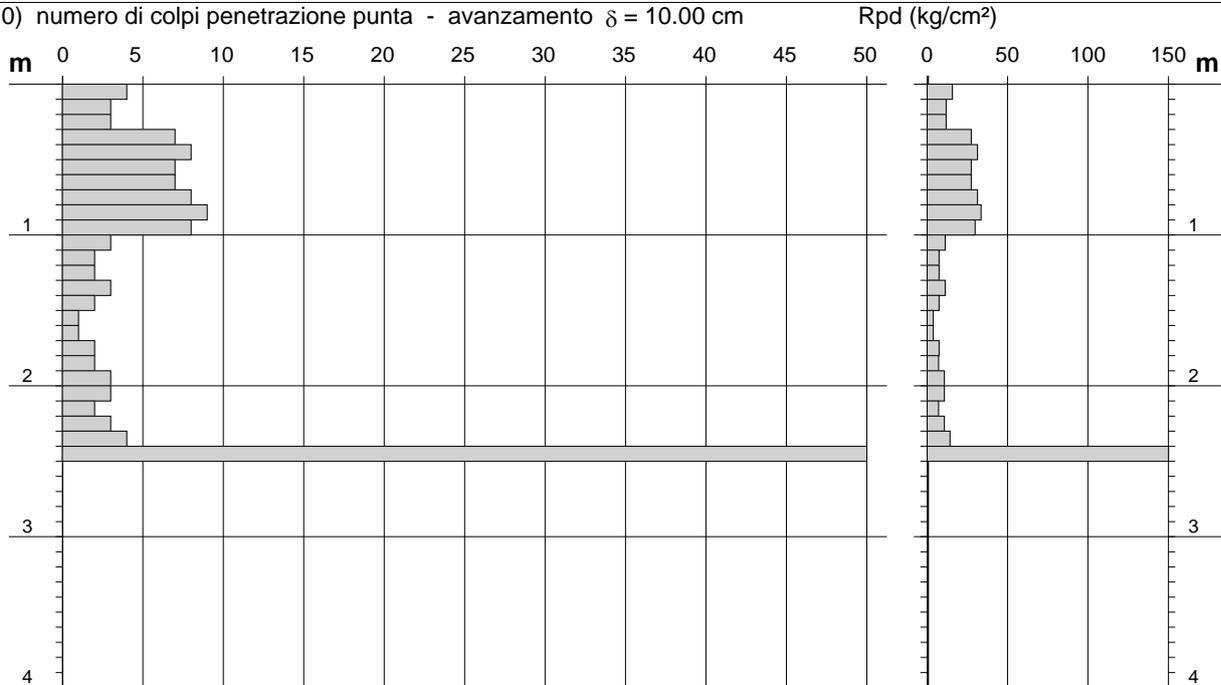
DIN 5

Scala 1: 50

- committente : PLEGS S.r.l.
 - lavoro : Ampliamento Aviosuperficie "Franca" Loc. Trepidò
 - località : Soprano Comune di Cotronei
 - sperimentatore :
 - aiuto sperim. :
 - note :

- data prova : 10/09/2020
 - quota inizio : p.c.
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 25/11/2020
 - pagina n°: 13

N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 10.00$ cm



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 6

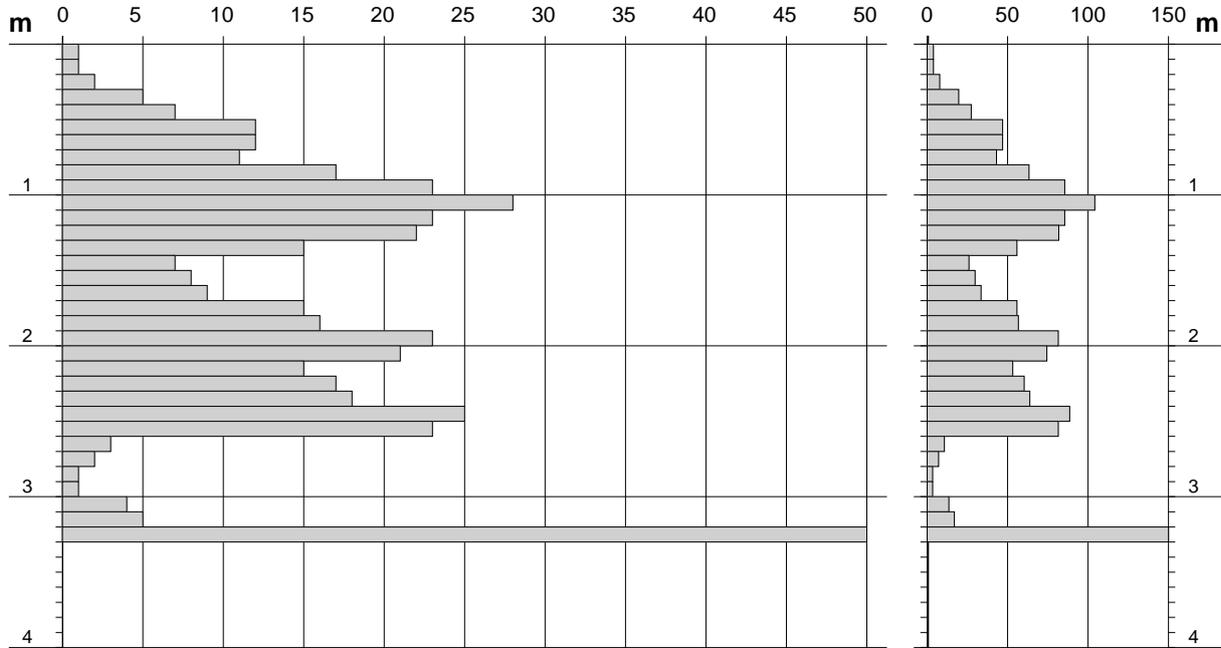
Scala 1: 50

- committente : PLEGS S.r.l.
 - lavoro : Ampliamento Aviosuperficie "Franca" Loc. Trepidò
 - località : Soprano Comune di Cotronei
 - sperimentatore :
 - aiuto sperim. :
 - note :

- data prova : 10/09/2020
 - quota inizio : p.c.
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 25/11/2020
 - pagina n°: 14

N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 10.00$ cm

Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 7

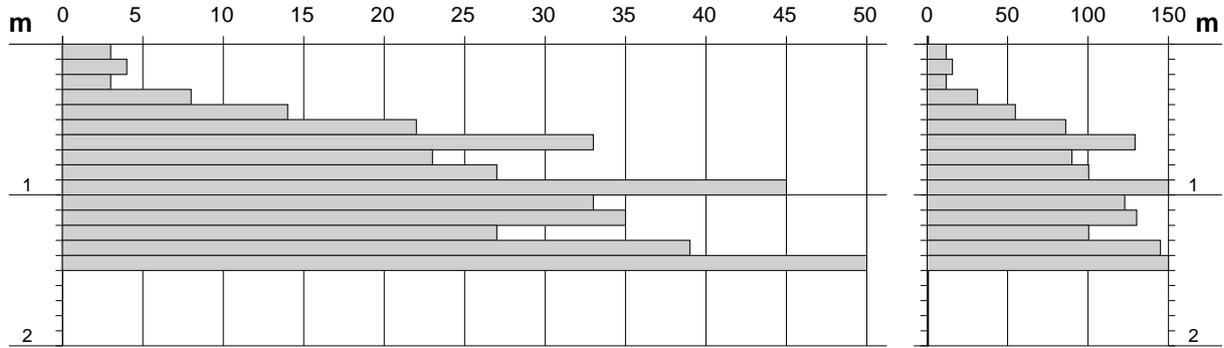
Scala 1: 50

- committente : PLEGS. S.r.l.
- lavoro : Ampliamento Aviosuperficie "Franca" Loc. Trepidò
- località : Soprano Comune di Cotronei
- sperimentatore :
- aiuto sperim. :
- note :

- data prova : 10/09/2020
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 25/11/2020
- pagina n°: 15

N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 10.00$ cm

Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

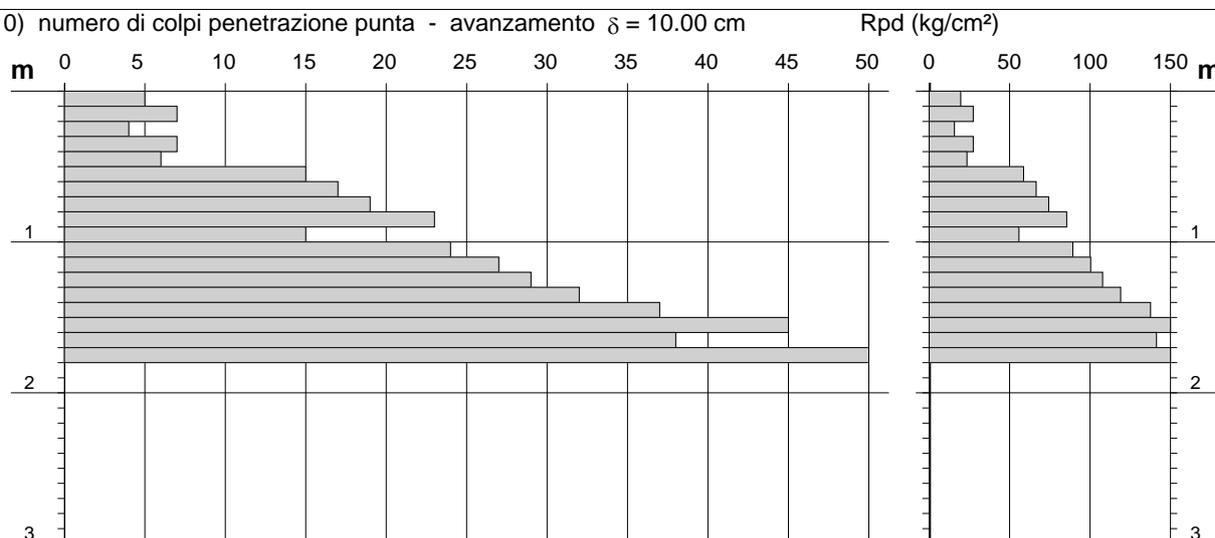
DIN 8

Scala 1: 50

- committente : PLEGS. S.r.l.
 - lavoro : Ampliamento Aviosuperficie "Franca" Loc. Trepidò
 - località : Soprano Comune di Cotronei
 - sperimentatore :
 - aiuto sperim. :
 - note :

- data prova : 10/09/2020
 - quota inizio : p.c.
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 25/11/2020
 - pagina n°: 16

N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 10.00$ cm



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- committente : PLEGS. S.r.l. - data prova : 09/09/2020
 - lavoro : Ampliamento Aviosuperficie "Franca" Loc. Trepidò - quota inizio p.c.
 - località : Soprano Comune di Cotronei - prof. falda : Falda non rilevata
 - sperimentatore : - data emiss. : 24/11/2020
 - aiuto sperim. : - pagina n°: 17
 - note :

| n° | Profondità (m) | | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA | | | | | | VCA | β | Nspt | |
|----|----------------|------|-----------|-------------------------|-----|-----|----------|------|------|------|----|------|-----|
| | | | | M | min | Max | ½(M+min) | s | M-s | | | | M+s |
| 1 | 0.00 | 1.90 | N | 8.4 | 1 | 13 | 4.7 | 3.1 | 5.3 | 11.5 | 8 | 0.77 | 6 |
| | | | Rpd | 31.5 | 4 | 48 | 17.7 | 11.4 | 20.1 | 42.9 | | | |
| 2 | 1.90 | 2.50 | N | 2.5 | 2 | 3 | 2.3 | 0.5 | 2.0 | 3.0 | 2 | 0.77 | 2 |
| | | | Rpd | 8.9 | 7 | 11 | 8.0 | 1.9 | 6.9 | 10.8 | | | |
| 3 | 2.50 | 2.90 | N | 39.5 | 25 | 50 | 32.3 | ---- | ---- | ---- | 40 | 0.77 | 31 |
| | | | Rpd | 138.0 | 89 | 169 | 113.3 | ---- | ---- | ---- | | | |

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 10 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 0.77) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1

| n° | H | | NATURA GRANULARE | | | NATURA COESIVA | | | | Q Litologia | | | | | |
|----|------|------|------------------|-----|-----|----------------|----|-----|------|-------------|------|------|------|------|------|
| | | | Nspt | Vs | G | Dr | φ' | E' | Ysat | | | Yd | Cu | Ysat | W |
| 1 | 0.00 | 1.90 | 6 | 101 | 50 | 21 | 24 | 237 | 1.89 | 1.43 | ---- | ---- | ---- | ---- | 1.50 |
| 2 | 1.90 | 2.50 | 2 | 98 | 21 | 7 | 19 | 206 | 1.85 | 1.36 | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.36 |
| 3 | 2.50 | 2.90 | 31 | 179 | 187 | 66 | 31 | 430 | 2.06 | 1.70 | ---- | ---- | ---- | ---- | 6.98 |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa φ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno
 Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 2

- committente : PLEGS. S.r.l. - data prova : 09/09/2020
 - lavoro : Ampliamento Aviosuperficie "Franca" Loc. Trepidò - quota inizio : p.c.
 - località : Soprano Comune di Cotronei - prof. falda : Falda non rilevata
 - sperimentatore : - data emiss. : 24/11/2020
 - aiuto sperim. : - pagina n°: 18
 - note :

| n° | Profondità (m) | | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA | | | | | | VCA | β | Nspt | |
|----|----------------|------|-----------|-------------------------|-----|-----|----------|------|------|------|----|------|-----|
| | | | | M | min | Max | ½(M+min) | s | M-s | | | | M+s |
| 1 | 0.00 | 0.80 | N | 2.0 | 1 | 3 | 1.5 | 0.8 | 1.2 | 2.8 | 2 | 0.77 | 2 |
| | | | Rpd | 7.8 | 4 | 12 | 5.9 | 3.0 | 4.9 | 10.8 | | | |
| 2 | 0.80 | 1.40 | N | 12.3 | 11 | 14 | 11.7 | 1.0 | 11.3 | 13.4 | 12 | 0.77 | 9 |
| | | | Rpd | 45.9 | 41 | 52 | 43.4 | 3.8 | 42.0 | 49.7 | | | |
| 3 | 1.40 | 1.60 | N | 47.5 | 45 | 50 | 46.3 | ---- | ---- | ---- | 48 | 0.77 | 37 |
| | | | Rpd | 176.7 | 167 | 186 | 172.0 | ---- | ---- | ---- | | | |

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 10 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 0.77) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 2

| n° | H | | NATURA GRANULARE | | | NATURA COESIVA | | | | Q Litologia | | | | | |
|----|------|------|------------------|-----|-----|----------------|----|-----|------|-------------|------|------|------|------|------|
| | | | Nspt | Vs | G | Dr | φ' | E' | Ysat | | | Yd | Cu | W | e |
| 1 | 0.00 | 0.80 | 2 | 70 | 21 | 7 | 21 | 206 | 1.85 | 1.36 | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.39 |
| 2 | 0.80 | 1.40 | 9 | 111 | 70 | 31 | 27 | 260 | 1.92 | 1.48 | ---- | ---- | ---- | ---- | 2.24 |
| 3 | 1.40 | 1.60 | 37 | 164 | 216 | 72 | 31 | 476 | 2.09 | 1.74 | ---- | ---- | ---- | ---- | 8.93 |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa φ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno
 Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 3

- committente : PLEGS S.r.l. - data prova : 09/09/2020
 - lavoro : Ampliamento Aviosuperficie "Franca" Loc. Trepidò - quota inizio : p.c.
 - località : Soprano Comune di Cotronei - prof. falda : Falda non rilevata
 - sperimentatore : - data emiss. : 24/11/2020
 - aiuto sperim. : - pagina n°: 19
 - note :

| n° | Profondità (m) | | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA | | | | | | VCA | β | Nspt | |
|----|----------------|------|-----------|-------------------------|-----|-----|----------------------|------|------|------|---------|------|-----|
| | | | | M | min | Max | $\frac{1}{2}(M+min)$ | s | M-s | | | | M+s |
| 1 | 0.00 | 1.10 | N | 2.6 | 1 | 4 | 1.8 | 0.9 | 1.7 | 3.6 | 3 | 0.77 | 2 |
| | | | Rpd | 10.2 | 4 | 16 | 7.0 | 3.5 | 6.6 | 13.7 | | | |
| 2 | 1.10 | 2.40 | N | 12.2 | 9 | 14 | 10.6 | 1.6 | 10.6 | 13.8 | 12 | 0.77 | 9 |
| | | | Rpd | 44.5 | 34 | 52 | 39.0 | 5.8 | 38.7 | 50.3 | | | |
| 3 | 2.40 | 2.50 | N | 50.0 | 50 | 50 | 50.0 | ---- | ---- | ---- | 50 | 0.77 | 38 |
| | | | Rpd | 177.2 | 177 | 177 | 177.2 | ---- | ---- | ---- | | | |

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 10$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 0.77$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 3

| n° | H | | NATURA GRANULARE | | | NATURA COESIVA | | | | Q Litologia | | | | | |
|----|------|------|------------------|-----|-----|----------------|---------|-----|------|-------------|------|------|------|------|------|
| | | | Nspt | Vs | G | Dr | ϕ' | E' | Ysat | | | Yd | Cu | W | e |
| 1 | 0.00 | 1.10 | 2 | 75 | 21 | 7 | 21 | 206 | 1.85 | 1.36 | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.59 |
| 2 | 1.10 | 2.40 | 9 | 121 | 70 | 31 | 27 | 260 | 1.92 | 1.48 | ---- | ---- | ---- | ---- | 2.19 |
| 3 | 2.40 | 2.50 | 38 | 182 | 220 | 73 | 32 | 484 | 2.09 | 1.75 | ---- | ---- | ---- | ---- | 8.86 |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno
 Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 4

- committente : PLEGS S.r.l. - data prova : 09/09/2020
 - lavoro : Ampliamento Aviosuperficie "Franca" Loc. Trepidò - quota inizio : p.c.
 - località : Soprano Comune di Cotronei - prof. falda : Falda non rilevata
 - sperimentatore : - data emiss. : 24/11/2020
 - aiuto sperim. : - pagina n°: 20
 - note :

| n° | Profondità (m) | | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA | | | | | | VCA | β | Nspt | |
|----|----------------|------|-----------|-------------------------|-----|-----|----------------------|------|------|------|---------|------|-----|
| | | | | M | min | Max | $\frac{1}{2}(M+min)$ | s | M-s | | | | M+s |
| 1 | 0.00 | 2.40 | N | 7.8 | 1 | 11 | 4.4 | 2.5 | 5.3 | 10.3 | 8 | 0.77 | 6 |
| | | | Rpd | 29.0 | 4 | 43 | 16.5 | 9.4 | 19.6 | 38.5 | | | |
| 2 | 2.40 | 4.50 | N | 1.7 | 1 | 3 | 1.4 | 0.8 | 0.9 | 2.5 | 2 | 0.77 | 2 |
| | | | Rpd | 5.8 | 3 | 10 | 4.5 | 2.7 | 3.1 | 8.5 | | | |
| 3 | 4.50 | 4.70 | N | 36.0 | 22 | 50 | 29.0 | ---- | ---- | ---- | 36 | 0.77 | 28 |
| | | | Rpd | 116.5 | 71 | 162 | 93.9 | ---- | ---- | ---- | | | |

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 10$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 0.77$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 4

| n° | H | | NATURA GRANULARE | | | NATURA COESIVA | | | | Q Litologia | | | | | |
|----|------|------|------------------|-----|-----|----------------|------|-----|------|-------------|------|------|------|------|------|
| | | | Nspt | Vs | G | Cu | Ysat | W | e | | | | | | |
| 1 | 0.00 | 2.40 | 6 | 105 | 50 | 21 | 22 | 237 | 1.89 | 1.43 | ---- | ---- | ---- | ---- | 1.49 |
| 2 | 2.40 | 4.50 | 2 | 107 | 21 | 7 | 18 | 206 | 1.85 | 1.36 | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.34 |
| 3 | 4.50 | 4.70 | 28 | 195 | 173 | 62 | 30 | 407 | 2.04 | 1.67 | ---- | ---- | ---- | ---- | 5.83 |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno
 Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 5

- committente : PLEGS S.r.l. - data prova : 10/09/2020
 - lavoro : Ampliamento Aviosuperficie "Franca" Loc. Trepidò - quota inizio : p.c.
 - località : Soprano Comune di Cotronei - prof. falda : Falda non rilevata
 - sperimentatore : - data emiss. : 25/11/2020
 - aiuto sperim. : - pagina n°: 21
 - note :

| n° | Profondità (m) | | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA | | | | | | VCA | β | Nspt | |
|----|----------------|------|-----------|-------------------------|-----|-----|----------|------|------|------|----|------|-----|
| | | | | M | min | Max | ½(M+min) | s | M-s | | | | M+s |
| 1 | 0.00 | 1.00 | N | 6.4 | 3 | 9 | 4.7 | 2.2 | 4.2 | 8.6 | 6 | 0.77 | 5 |
| | | | Rpd | 24.7 | 12 | 34 | 18.2 | 8.4 | 16.4 | 33.1 | | | |
| 2 | 1.00 | 2.40 | N | 2.4 | 1 | 4 | 1.7 | 0.8 | 1.5 | 3.2 | 2 | 0.77 | 2 |
| | | | Rpd | 8.6 | 4 | 14 | 6.1 | 3.0 | 5.6 | 11.5 | | | |
| 3 | 2.40 | 2.50 | N | 50.0 | 50 | 50 | 50.0 | ---- | ---- | ---- | 50 | 0.77 | 38 |
| | | | Rpd | 177.2 | 177 | 177 | 177.2 | ---- | ---- | ---- | | | |

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 10 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 0.77) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 5

| n° | H | | NATURA GRANULARE | | | NATURA COESIVA | | | | Q Litologia | | | | | |
|----|------|------|------------------|-----|-----|----------------|----|-----|------|-------------|------|------|------|------|------|
| | | | Nspt | Vs | G | Dr | φ' | E' | Ysat | | | Yd | Cu | Ysat | W |
| 1 | 0.00 | 1.00 | 5 | 86 | 43 | 18 | 27 | 229 | 1.88 | 1.41 | ---- | ---- | ---- | ---- | 1.16 |
| 2 | 1.00 | 2.40 | 2 | 93 | 21 | 7 | 19 | 206 | 1.85 | 1.36 | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.36 |
| 3 | 2.40 | 2.50 | 38 | 182 | 220 | 73 | 31 | 484 | 2.09 | 1.75 | ---- | ---- | ---- | ---- | 8.86 |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa φ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno
 Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 6

- committente : PLEGS S.r.l. - data prova : 10/09/2020
 - lavoro : Ampliamento Aviosuperficie "Franca" Loc. Trepidò - quota inizio : p.c.
 - località : Soprano Comune di Cotronei - prof. falda : Falda non rilevata
 - sperimentatore : - data emiss. : 25/11/2020
 - aiuto sperim. : - pagina n°: 22
 - note :

| n° | Profondità (m) | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA | | | | | | | VCA | β | Nspt |
|----|----------------|-----------|-------------------------|-----|-----|----------------------|------|------|------|-----|---------|------|
| | | | M | min | Max | $\frac{1}{2}(M+min)$ | s | M-s | M+s | | | |
| 1 | 0.00 2.60 | N | 14.5 | 1 | 28 | 7.7 | 7.8 | 6.6 | 22.3 | 14 | 0.77 | 11 |
| | | Rpd | 53.1 | 4 | 104 | 28.5 | 28.0 | 25.0 | 81.1 | | | |
| 2 | 2.60 3.20 | N | 2.7 | 1 | 5 | 1.8 | 1.6 | 1.0 | 4.3 | 3 | 0.77 | 2 |
| | | Rpd | 9.2 | 3 | 17 | 6.3 | 5.5 | 3.6 | 14.7 | | | |
| 3 | 3.20 3.30 | N | 50.0 | 50 | 50 | 50.0 | ---- | ---- | ---- | 50 | 0.77 | 38 |
| | | Rpd | 169.2 | 169 | 169 | 169.2 | ---- | ---- | ---- | | | |

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 10$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 0.77$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 6

| n° | H | NATURA GRANULARE | | | | | NATURA COESIVA | | | | | Q | Litologia | | |
|----|-----------|------------------|-----|-----|----|---------|----------------|------|------|------|------|------|-----------|------|---|
| | | Nspt | Vs | G | Dr | ϕ' | E' | Ysat | Yd | Cu | Ysat | | | W | e |
| 1 | 0.00 2.60 | 11 | 119 | 82 | 36 | 27 | 276 | 1.94 | 1.51 | ---- | ---- | ---- | ---- | 2.57 | |
| 2 | 2.60 3.20 | 2 | 103 | 21 | 7 | 20 | 206 | 1.85 | 1.36 | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.51 | |
| 3 | 3.20 3.30 | 38 | 192 | 220 | 73 | 32 | 484 | 2.09 | 1.75 | ---- | ---- | ---- | ---- | 8.46 | |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno
 Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 7

- committente : PLEGS. S.r.l. - data prova : 10/09/2020
 - lavoro : Ampliamento Aviosuperficie "Franca" Loc. Trepidò - quota inizio : p.c.
 - località : Soprano Comune di Cotronei - prof. falda : Falda non rilevata
 - sperimentatore : - data emiss. : 25/11/2020
 - aiuto sperim. : - pagina n°: 23
 - note :

| n° | Profondità (m) | | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA | | | | | | VCA | β | Nspt | |
|----|----------------|------|-----------|-------------------------|-----|-----|----------------------|------|------|-------|---------|------|-----|
| | | | | M | min | Max | $\frac{1}{2}(M+min)$ | s | M-s | | | | M+s |
| 1 | 0.00 | 0.50 | N | 6.4 | 3 | 14 | 4.7 | ---- | ---- | ---- | 6 | 0.77 | 5 |
| | | | Rpd | 25.0 | 12 | 55 | 18.4 | ---- | ---- | ---- | | | |
| 2 | 0.50 | 1.40 | N | 31.6 | 22 | 45 | 26.8 | 7.6 | 24.0 | 39.1 | 32 | 0.77 | 25 |
| | | | Rpd | 119.0 | 86 | 167 | 102.6 | 27.1 | 91.9 | 146.1 | | | |
| 3 | 1.40 | 1.50 | N | 50.0 | 50 | 50 | 50.0 | ---- | ---- | ---- | 50 | 0.77 | 38 |
| | | | Rpd | 186.0 | 186 | 186 | 186.0 | ---- | ---- | ---- | | | |

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 10$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 0.77$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 7

| n° | H | | NATURA GRANULARE | | | NATURA COESIVA | | | | Q Litologia | | | | | |
|----|------|------|------------------|-----|-----|----------------|---------|-----|------|-------------|------|------|------|------|------|
| | | | Nspt | Vs | G | Dr | ϕ' | E' | Ysat | | | Yd | Cu | Ysat | W |
| 1 | 0.00 | 0.50 | 5 | 75 | 43 | 18 | 22 | 229 | 1.88 | 1.41 | ---- | ---- | ---- | ---- | 1.17 |
| 2 | 0.50 | 1.40 | 25 | 129 | 158 | 57 | 28 | 384 | 2.02 | 1.64 | ---- | ---- | ---- | ---- | 6.03 |
| 3 | 1.40 | 1.50 | 38 | 164 | 220 | 73 | 30 | 484 | 2.09 | 1.75 | ---- | ---- | ---- | ---- | 9.30 |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno
 Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 8

- committente : PLEGS S.r.l. - data prova : 10/09/2020
 - lavoro : Ampliamento Aviosuperficie "Franca" Loc. Trepidò - quota inizio : p.c.
 - località : Soprano Comune di Cotronei - prof. falda : Falda non rilevata
 - sperimentatore : - data emiss. : 25/11/2020
 - aiuto sperim. : - pagina n°: 24
 - note :

| n° | Profondità (m) | | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA | | | | | | VCA | β | Nspt | |
|----|----------------|------|-----------|-------------------------|-----|-----|----------|------|------|-------|----|------|-----|
| | | | | M | min | Max | ½(M+min) | s | M-s | | | | M+s |
| 1 | 0.00 | 0.50 | N | 5.8 | 4 | 7 | 4.9 | ---- | ---- | ---- | 6 | 0.77 | 5 |
| | | | Rpd | 22.7 | 16 | 27 | 19.2 | ---- | ---- | ---- | | | |
| 2 | 0.50 | 1.40 | N | 22.3 | 15 | 32 | 18.7 | 6.2 | 16.1 | 28.6 | 22 | 0.77 | 17 |
| | | | Rpd | 84.2 | 56 | 119 | 70.0 | 22.2 | 62.0 | 106.3 | | | |
| 3 | 1.40 | 1.80 | N | 42.5 | 37 | 50 | 39.8 | ---- | ---- | ---- | 42 | 0.77 | 32 |
| | | | Rpd | 158.1 | 138 | 186 | 147.8 | ---- | ---- | ---- | | | |

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 10 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 0.77) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 8

| n° | H | | NATURA GRANULARE | | | NATURA COESIVA | | | | Q Litologia | | | | | |
|----|------|------|------------------|-----|-----|----------------|----|-----|------|-------------|------|------|------|------|------|
| | | | Nspt | Vs | G | Dr | φ' | E' | Ysat | | | Yd | Cu | Ysat | W |
| 1 | 0.00 | 0.50 | 5 | 75 | 43 | 18 | 22 | 229 | 1.88 | 1.41 | ---- | ---- | ---- | ---- | 1.18 |
| 2 | 0.50 | 1.40 | 17 | 121 | 116 | 45 | 27 | 322 | 1.97 | 1.56 | ---- | ---- | ---- | ---- | 4.15 |
| 3 | 1.40 | 1.80 | 32 | 162 | 192 | 67 | 30 | 438 | 2.06 | 1.71 | ---- | ---- | ---- | ---- | 7.81 |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa φ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno
 Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

INDAGINE GEOFISICA - RAPPORTI SPETTRALI O HVSR

Lo scopo di questa indagine è la caratterizzazione sismica del sottosuolo e, in particolare, l'individuazione delle discontinuità sismiche nonché la profondità della formazione compatta (bedrock geofisico). Con tale metodo viene stimata la velocità di propagazione delle onde di taglio (V_{s30}) come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 17 gennaio 2018. L'indagine geofisica proposta si avvale della metodologia basata sulla tecnica di Nakamura e sul rapporto spettrale H/V.

Dal punto di vista strettamente fisico, per effetto di sito (risposta sismica locale) si intende l'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico, relativo ad una formazione rocciosa di base (R), subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie (S). Nel presente lavoro si sfrutterà la teoria di Nakamura che relazione lo spettro di risposta del substrato roccioso (rapporto spettrale $H/V = 1$) con quello effettivamente misurato in superficie. La rappresentazione di un moto sismico può essere espressa sia nel campo del tempo che delle frequenze.

Le indagini sono state eseguite in corrispondenza delle prove penetrometriche effettuate essendo state utilizzate le stratigrafie dedotte come utile ancoraggio al primo rifratore sismico. La taratura per la finalità delle indagini eseguite risulta indispensabile per l'acquisizione delle sismo-stratigrafie.

Il moto sismico è amplificato in corrispondenza di determinate frequenze, che corrispondono alle frequenze naturali f_n di vibrazione del deposito:

$$f_n = 1 / T_n = (V_s * (2n - 1)) / (4 * H) \text{ con } n = 1, 2$$

mentre risulta ridotto di amplificazione alle frequenze elevate a causa dello smorzamento del terreno. Di particolare importanza è la prima frequenza naturale di vibrazione del deposito f_1 , denominata frequenza fondamentale di risonanza:

$$f_1 = 1 / T_1 = V_s / 4H$$

Per ulteriori ragguagli tecnici sull'esecuzione dei sondaggi sismici, si rimanda agli elaborati geofisici allegati.

ACQUISIZIONE 1

Instrument: TRZ-0093/01-10 Start

recording: 15/09/20 15:44:23

End recording: 15/09/20 15:56:24

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h12'00". Analyzed 86% trace (manual window selection)

Sampling frequency: 128 Hz

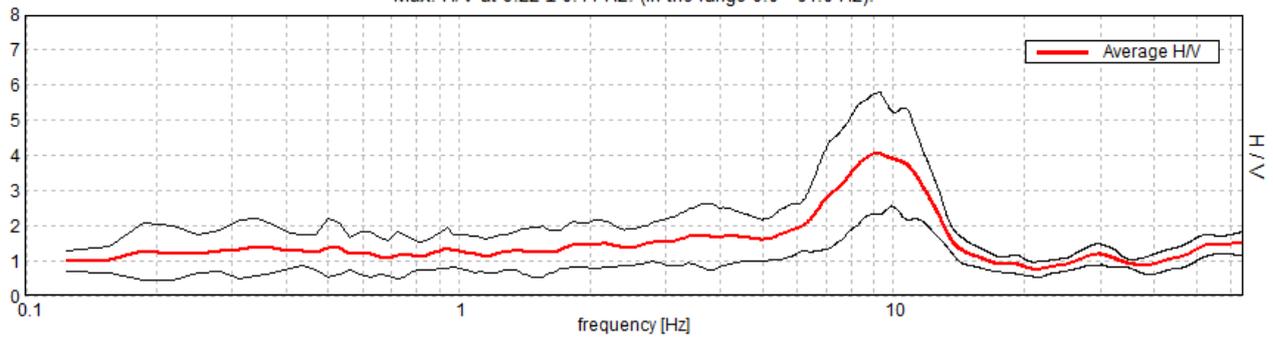
Window size: 20 s

Smoothing window: Triangular window

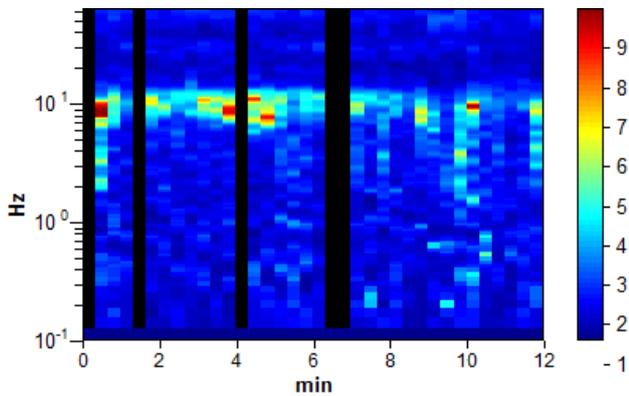
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

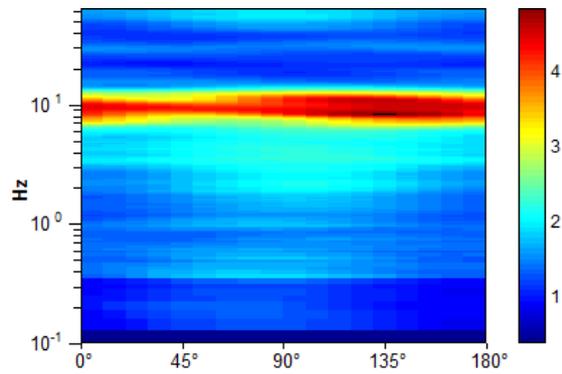
Max. H/V at 9.22 ± 0.41 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



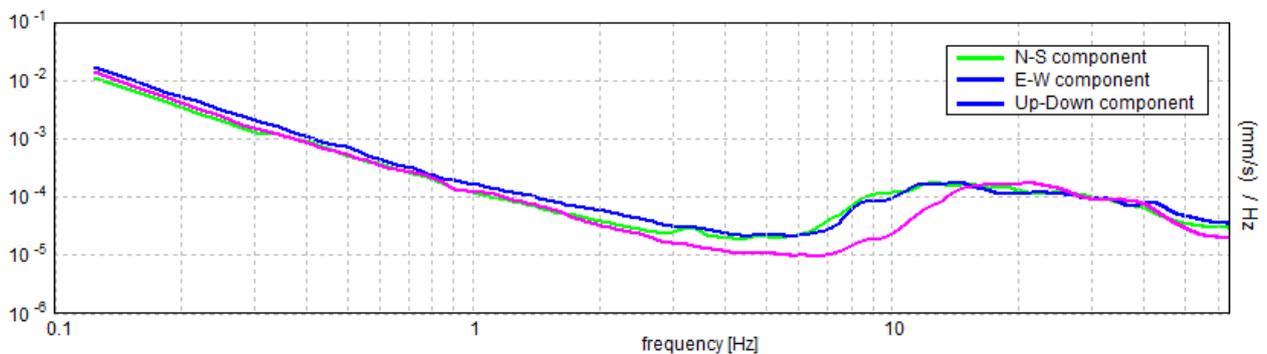
H/V TIME HISTORY



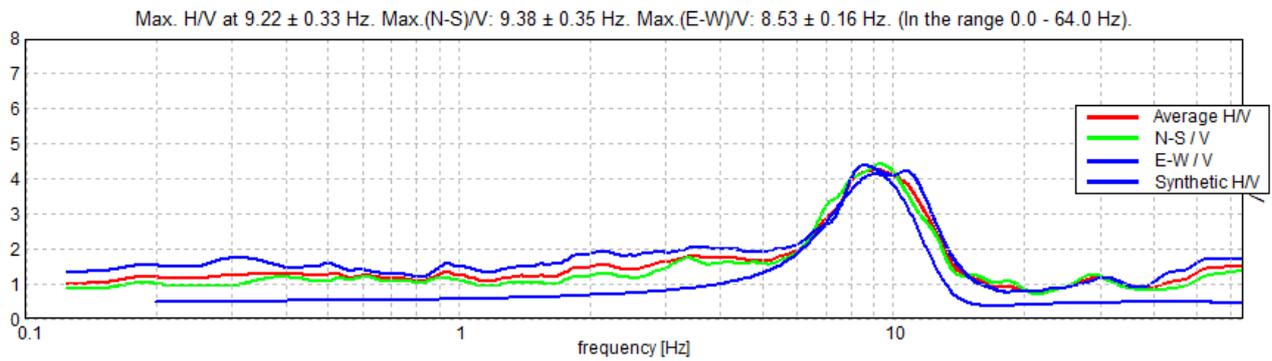
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

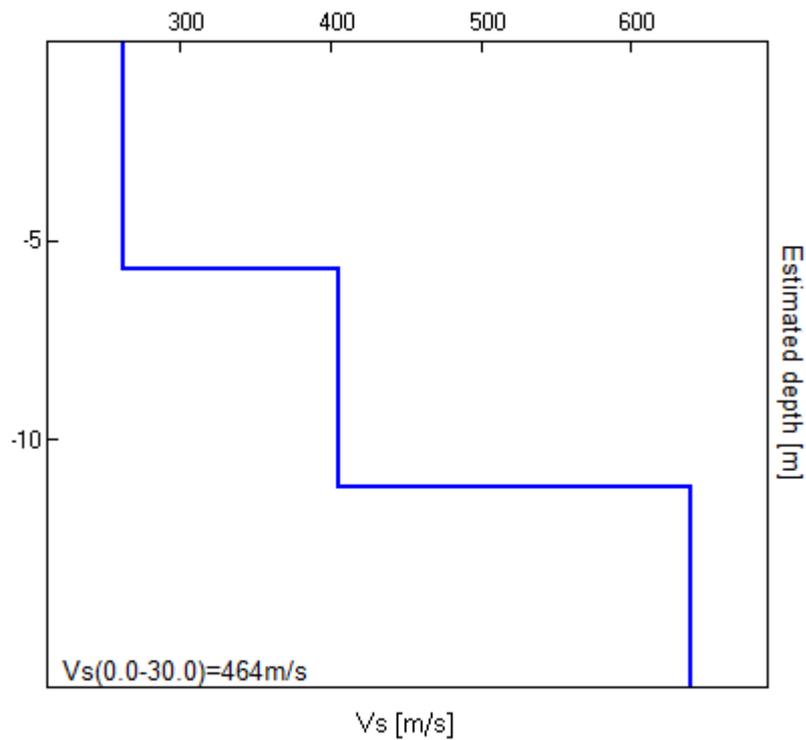


EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V



| Depth at the bottom of the layer [m] | Thickness [m] | Vs [m/s] | Poisson ratio |
|--------------------------------------|---------------|----------|---------------|
| 5.70 | 5.70 | 262 | 0.39 |
| 11.20 | 5.50 | 405 | 0.34 |
| inf. | inf. | 640 | 0.28 |

Vs(0.0-30.0)=464m/s



[According to the Sesame, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 9.22 ± 0.33 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve

[All 3 should be fulfilled]

| | | | |
|--|-----------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$ | $9.22 > 0.50$ | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | $5715.6 > 200$ | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 444 times | OK | |

Criteria for a clear HVSR peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

| | | | |
|---|---------------------|----|--|
| Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 6.25 Hz | OK | |
| Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 13.0 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | $4.25 > 2$ | OK | |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.01698 < 0.05$ | OK | |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $0.15656 < 0.46094$ | OK | |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.9714 < 1.58$ | OK | |

| | |
|------------------------|---|
| L_w | window length |
| n_w | number of windows used in the analysis |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | number of significant cycles |
| f | current frequency |
| f_0 | H/V peak frequency |
| σ_f | standard deviation of H/V peak frequency |
| $\varepsilon(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | H/V peak amplitude at frequency f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | H/V curve amplitude at frequency f |
| f^- | frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve |
| $\theta(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

| Freq.range [Hz] | < 0.2 | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0 | 1.0 – 2.0 | > 2.0 |
|--|------------|-----------|------------|------------|------------|
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz] | $0.25 f_0$ | $0.2 f_0$ | $0.15 f_0$ | $0.10 f_0$ | $0.05 f_0$ |
| $\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58 |
| Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48 | 0.40 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |

ACQUISIZIONE 2

Instrument: TRZ-0093/01-10 Start

recording: 15/09/2020 15:59:05

End recording: 15/09/2020 16:11:06

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h12'00". Analyzed 78% trace (manual window selection)

Sampling frequency: 128 Hz

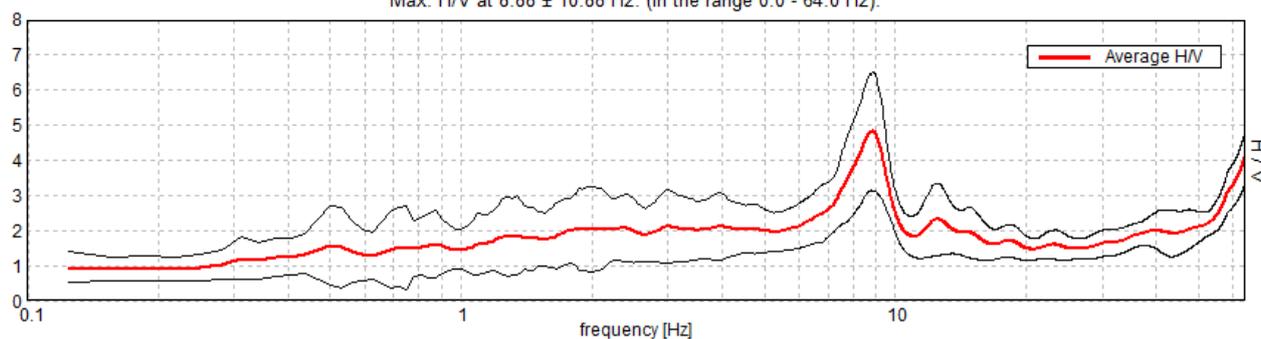
Window size: 20 s

Smoothing window: Triangular window

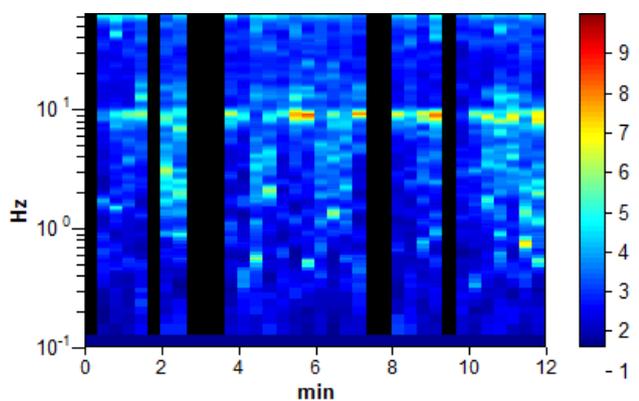
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

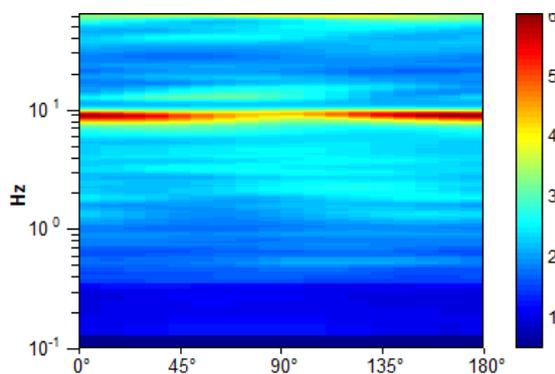
Max. H/V at 8.88 ± 10.88 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



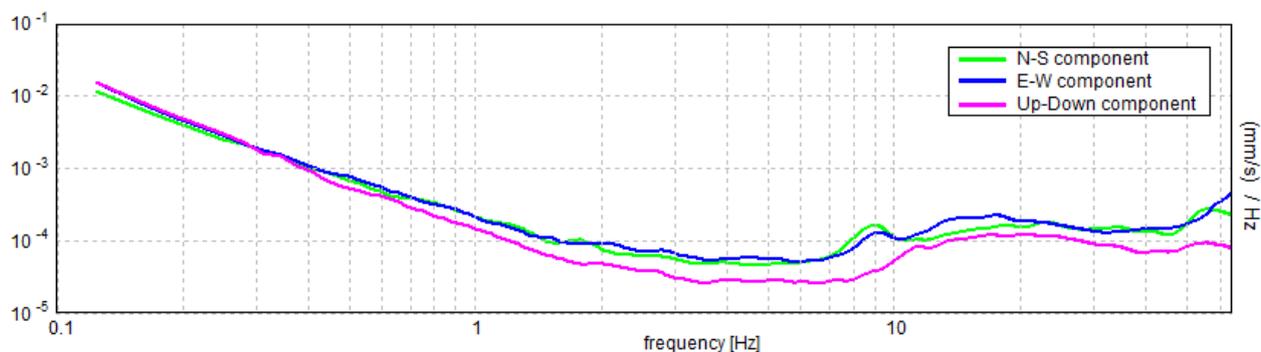
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V

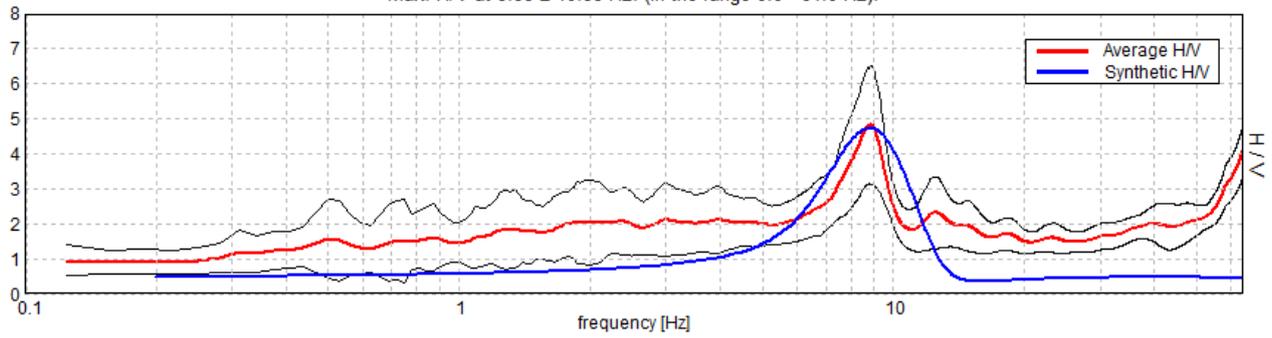


SINGLE COMPONENT SPECTRA



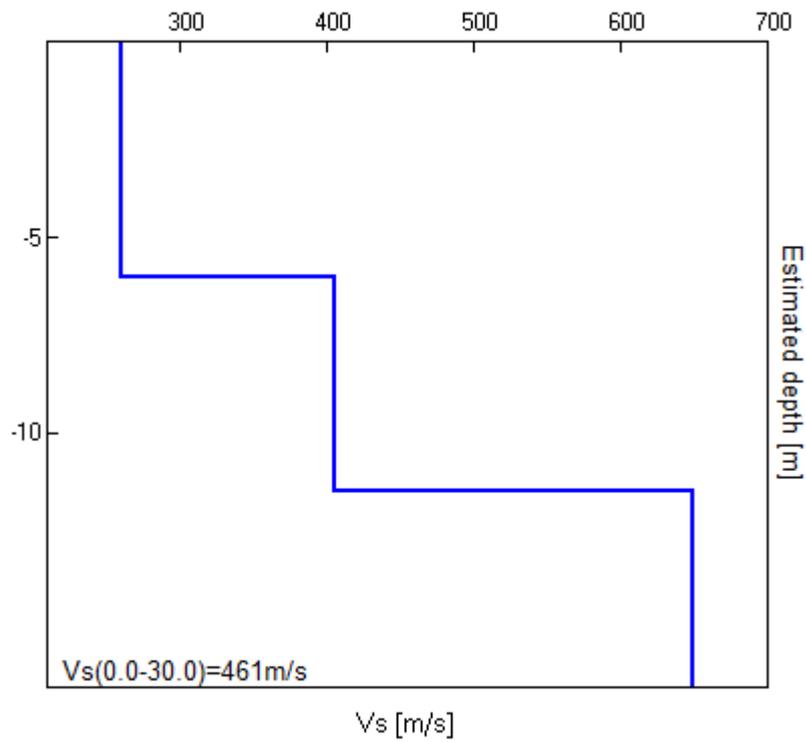
EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 8.88 ± 10.88 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



| Depth at the bottom of the layer [m] | Thickness [m] | Vs [m/s] | Poisson ratio |
|--------------------------------------|---------------|----------|---------------|
| 6.00 | 6.00 | 260 | 0.39 |
| 11.50 | 5.50 | 405 | 0.34 |
| inf. | inf. | 650 | 0.28 |

$V_s(0.0-30.0)=461\text{m/s}$



[According to the Sesame, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 8.88 ± 10.88 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve

[All 3 should be fulfilled]

| | | | |
|--|-----------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$ | $8.88 > 0.50$ | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | $4970.0 > 200$ | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 427 times | OK | |

Criteria for a clear HVSR peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

| | | | |
|---|---------------------|----|--|
| Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 6.594 Hz | OK | |
| Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 10.094 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | $4.82 > 2$ | OK | |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.04865 < 0.05$ | OK | |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $4.20588 < 0.44375$ | OK | |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.8048 < 1.58$ | OK | |

| | |
|------------------------|---|
| L_w | window length |
| n_w | number of windows used in the analysis |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | number of significant cycles |
| f | current frequency |
| f_0 | H/V peak frequency |
| σ_f | standard deviation of H/V peak frequency |
| $\varepsilon(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | H/V peak amplitude at frequency f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | H/V curve amplitude at frequency f |
| f^- | frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve |
| $\theta(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

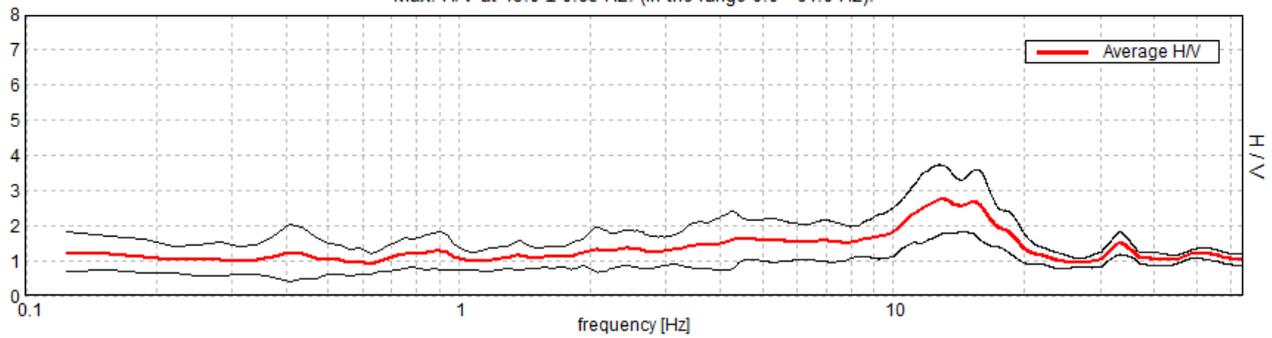
| Freq.range [Hz] | < 0.2 | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0 | 1.0 – 2.0 | > 2.0 |
|--|------------|-----------|------------|------------|------------|
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz] | $0.25 f_0$ | $0.2 f_0$ | $0.15 f_0$ | $0.10 f_0$ | $0.05 f_0$ |
| $\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58 |
| Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48 | 0.40 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |

ACQUISIZIONE 3

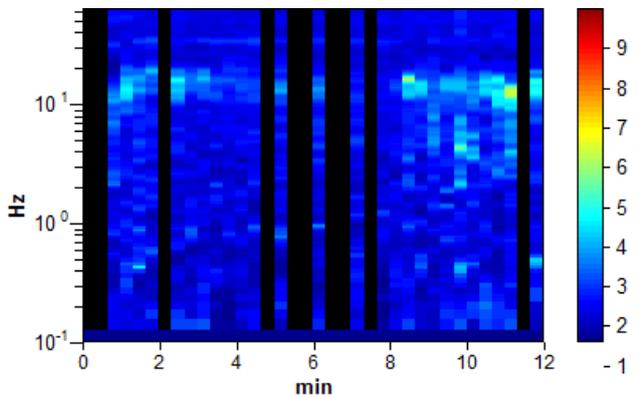
Instrument: TRZ-0093/01-10 Start
 recording: 15/09/2020 16:13:57 End recording: 15/09/2020 16:25:58
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 GPS data not available
 Trace length: 0h12'00". Analyzed 78% trace (manual window selection)
 Sampling frequency: 128 Hz
 Window size: 20 s
 Smoothing window: Triangular window
 Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

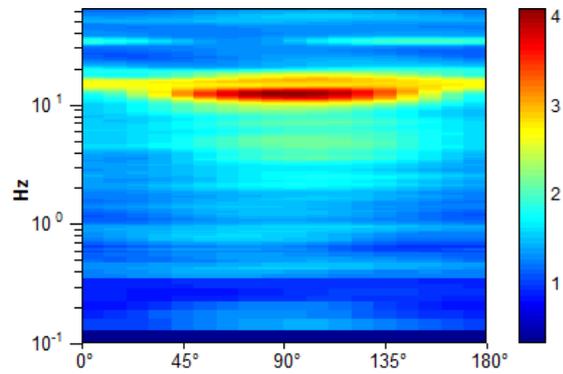
Max. H/V at 13.0 ± 0.83 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



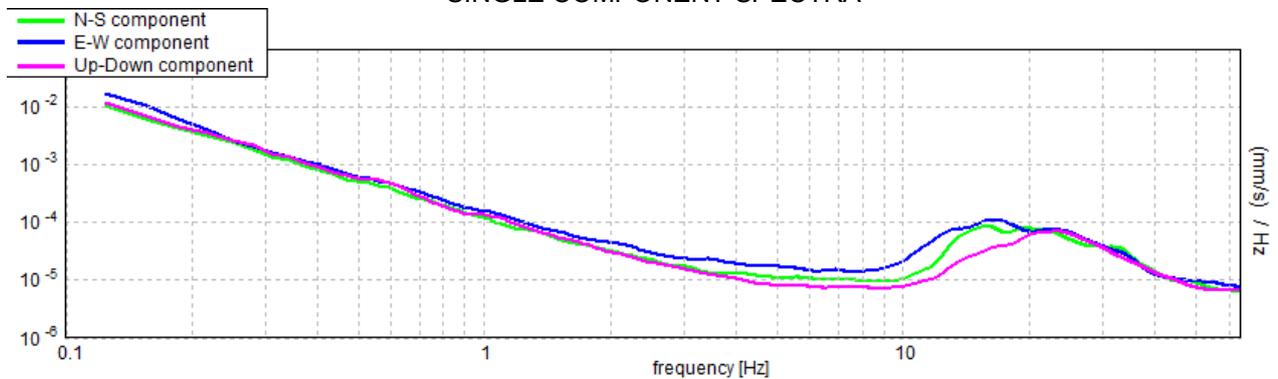
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V

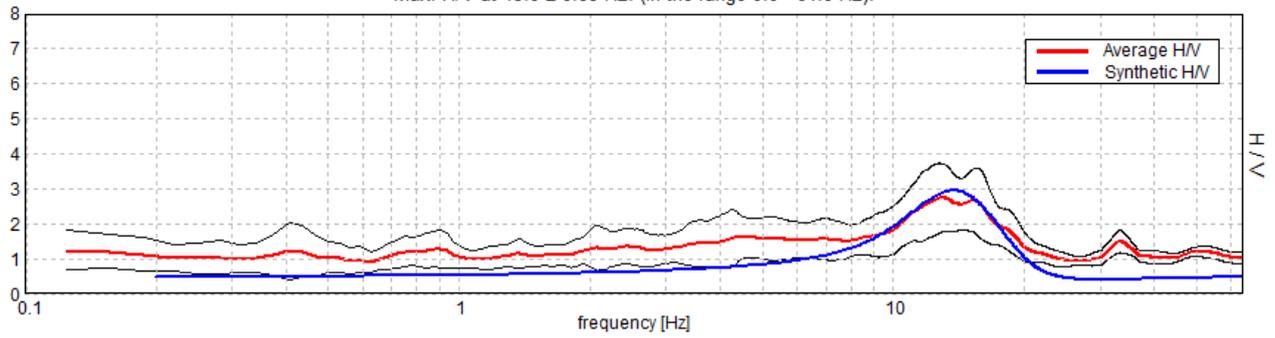


SINGLE COMPONENT SPECTRA



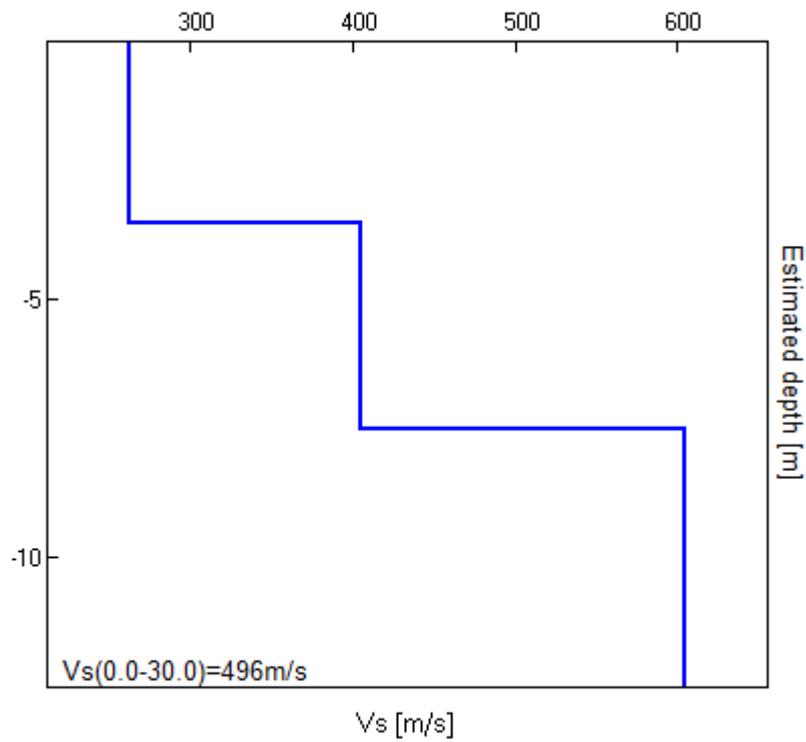
EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 13.0 ± 0.83 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



| Depth at the bottom of the layer [m] | Thickness [m] | Vs [m/s] | Poisson ratio |
|--------------------------------------|---------------|----------|---------------|
| 3.50 | 3.50 | 262 | 0.39 |
| 7.50 | 4.00 | 405 | 0.34 |
| inf. | inf. | 605 | 0.28 |

$V_s(0.0-30.0)=496\text{m/s}$



[According to the Sesame, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 13.0 ± 0.83 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable HVSR curve

[All 3 should be fulfilled]

| | | | |
|--|-----------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$ | $13.00 > 0.50$ | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | $6760.0 > 200$ | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 625 times | OK | |

Criteria for a clear HVSR peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

| | | | |
|---|--------------------|----|--|
| Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 3.281 Hz | OK | |
| Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 19.969 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | $2.74 > 2$ | OK | |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.03054 < 0.05$ | OK | |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $0.39701 < 0.65$ | OK | |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.4628 < 1.58$ | OK | |

| | |
|------------------------|---|
| L_w | window length |
| n_w | number of windows used in the analysis |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | number of significant cycles |
| f | current frequency |
| f_0 | H/V peak frequency |
| σ_f | standard deviation of H/V peak frequency |
| $\varepsilon(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | H/V peak amplitude at frequency f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | H/V curve amplitude at frequency f |
| f^- | frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve |
| $\theta(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

| Freq.range [Hz] | < 0.2 | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0 | 1.0 – 2.0 | > 2.0 |
|--|------------|-----------|------------|------------|------------|
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz] | $0.25 f_0$ | $0.2 f_0$ | $0.15 f_0$ | $0.10 f_0$ | $0.05 f_0$ |
| $\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58 |
| Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48 | 0.40 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |

INDAGINE GEOFISICA - PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE

Gli stendimenti sismici SIS1 e SIS2 sono stati realizzati a 24 canali d'acquisizione, adottando una distanza intergeofonica di 2 metri. Per generare onde P rifratte d'ampiezza rilevabile, è stata utilizzata una mazza del peso di 9 Kg battente su un piattello metallico. E' stato effettuato, per ciascun stendimento, un congruo numero di punti d'energizzazione, per la cui precisa ubicazione si rimanda ai modelli di velocità allegati.

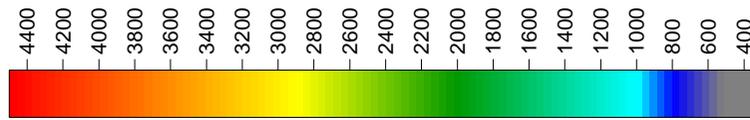
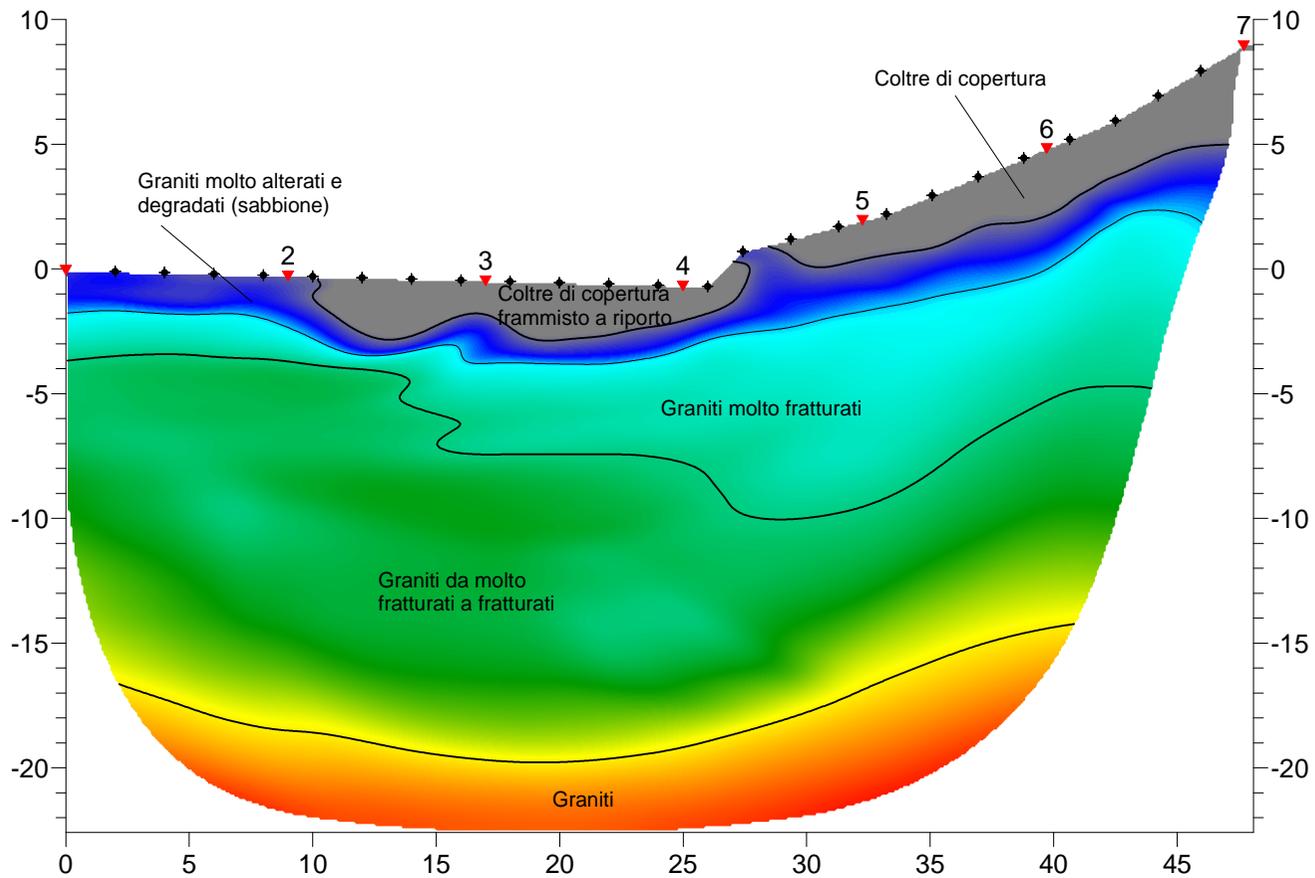
I dati acquisiti dall'elaborazione dei sismogrammi costituiscono i primi tempi d'arrivo degli impulsi sismici longitudinali (onde di compressione) ai vari geofoni dello stendimento. Il metodo d'interpretazione utilizzato è stato del tipo tomografico, che ha consentito di evidenziare, in maniera migliore, eventuali variazioni laterali di velocità. Per l'elaborazione dei dati di campagna è stato utilizzato il software RAYFRACT, adatto per il processing di dati di profili sismici a rifrazione con elevate coperture, che consente di gestire reali contesti geologici. E' stata utilizzata la tecnica d'inversione tomografica WET (Wavepath Eikonal Traveltime), che permette il calcolo delle traiettorie dell'onda (wavepath) attraverso le soluzioni alle differenze finite dell'eikonal equation, che esprime la propagazione dell'onda in un mezzo isotropo. Quindi, poiché utilizza le soluzioni di detta equazione, è considerata una tecnica ad alta frequenza, rapida ed efficiente. Per la rappresentazione della propagazione dell'onda la WET utilizza il concetto di "volume di Fresnel", definito come l'insieme delle onde che hanno tempi di percorso differenti per al più mezzo periodo. Attraverso calcoli iterativi viene aggiornato il modello di velocità e vengono ripetuti gli step definiti, fino al raggiungimento della convergenza. Il software determina, tramite l'algoritmo per l'inversione tomografica WET, quella che è la soluzione ottimale. La bontà del modello dipende dalla geometria dello stendimento, dalle distribuzioni di velocità nel sottosuolo, dal numero e dalla posizione dei punti d'energizzazione (shots). I risultati dell'elaborazione sono presentati in forma grafica nei seguenti elaborati:

Modello di velocità: rappresenta il risultato ottimale ottenuto; le velocità sono rappresentate in scale cromatiche comprese tra il minimo ed il massimo valore determinato.

Percorso dei raggi sismici: consente di verificare il percorso dei raggi sismici e, conseguentemente, la copertura raggiunta. Anche in questo caso la rappresentazione è ottenuta utilizzando una scala cromatica.

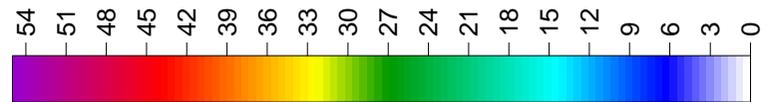
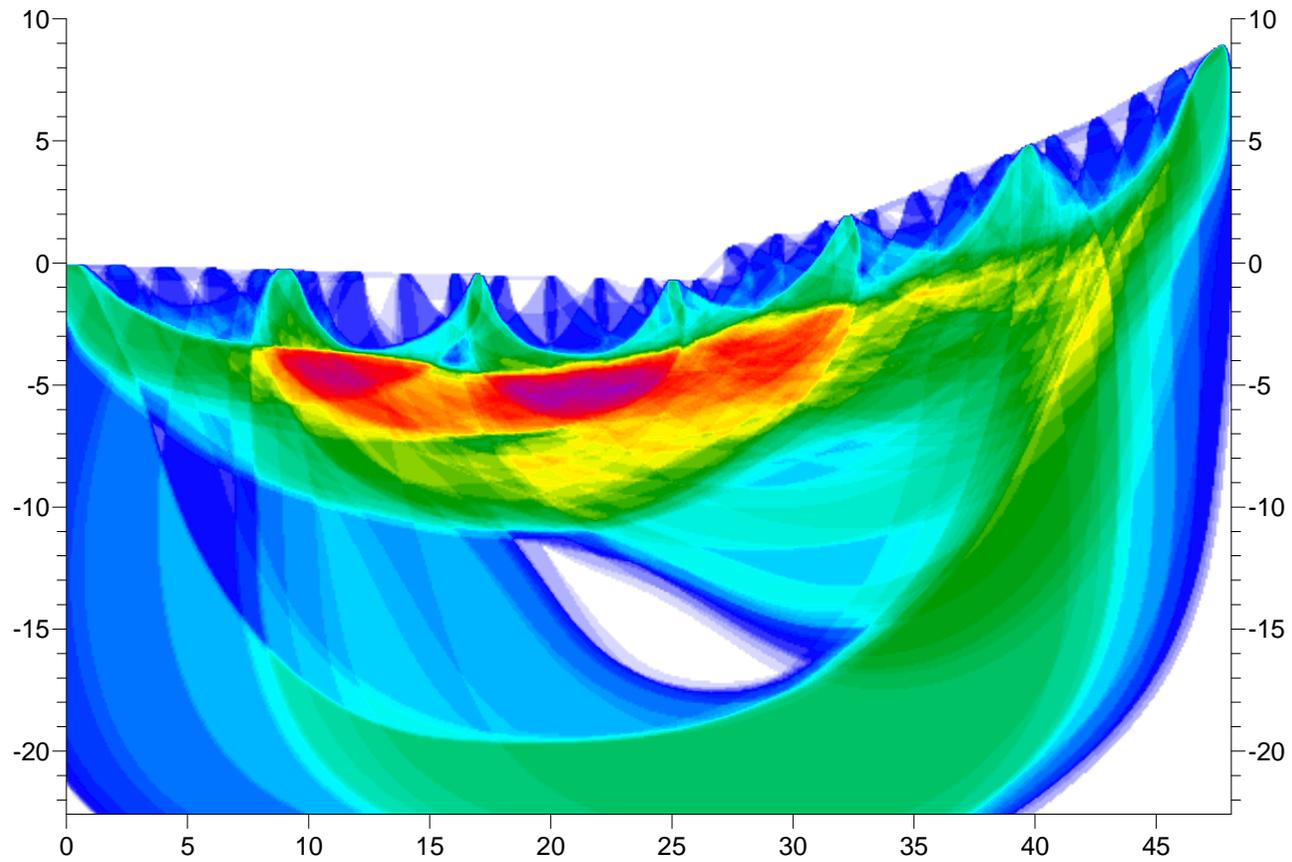
Diagramma delle dromocrone: visualizza le dromocrone misurate in campagna con quelle calcolate (cross).

MODELLO DELLE VELOCITA' SIS 1

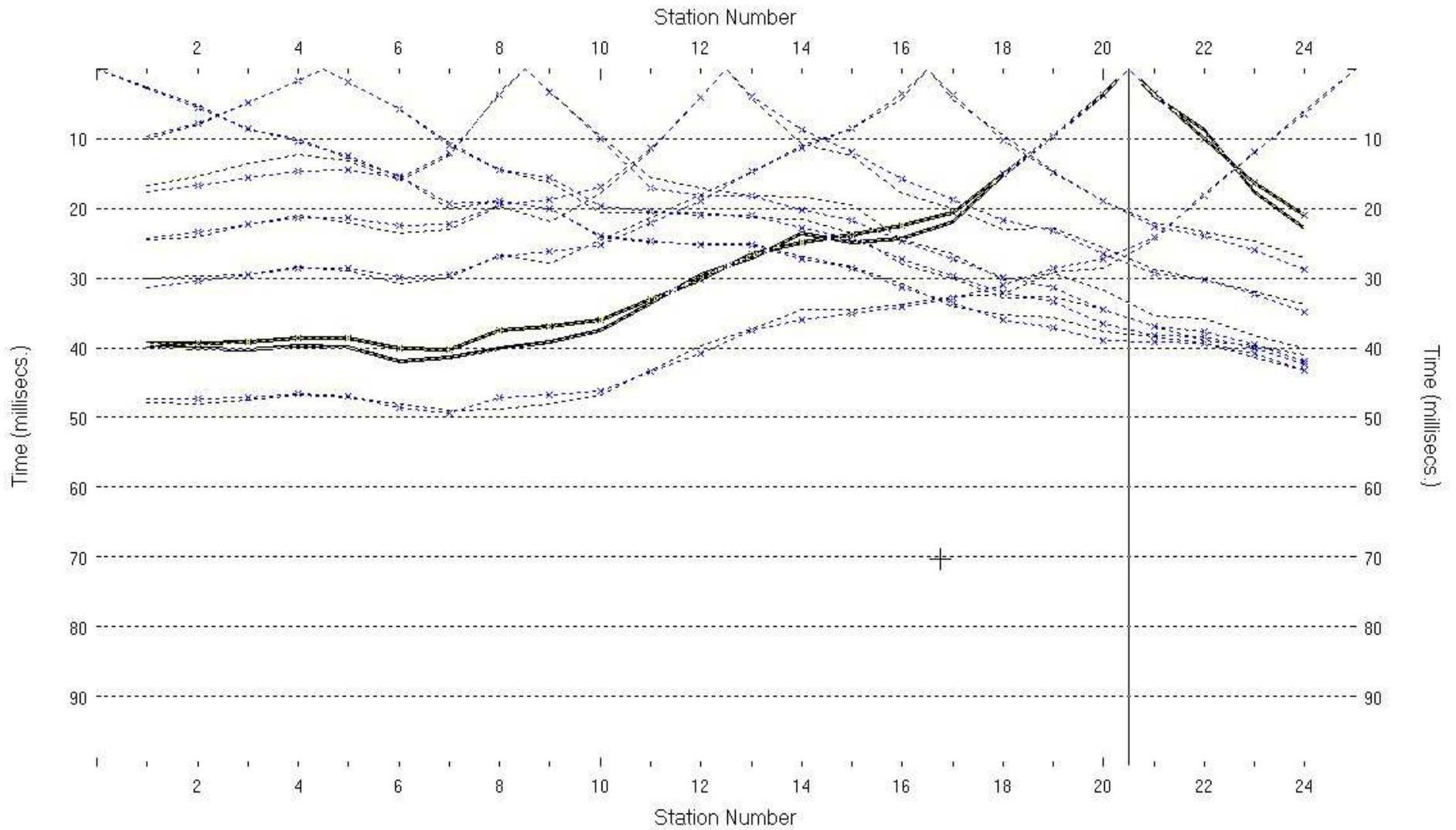


Velocità delle onde P (m/s)

PERCORSO DEI RAGGI SISMICI SIS 1

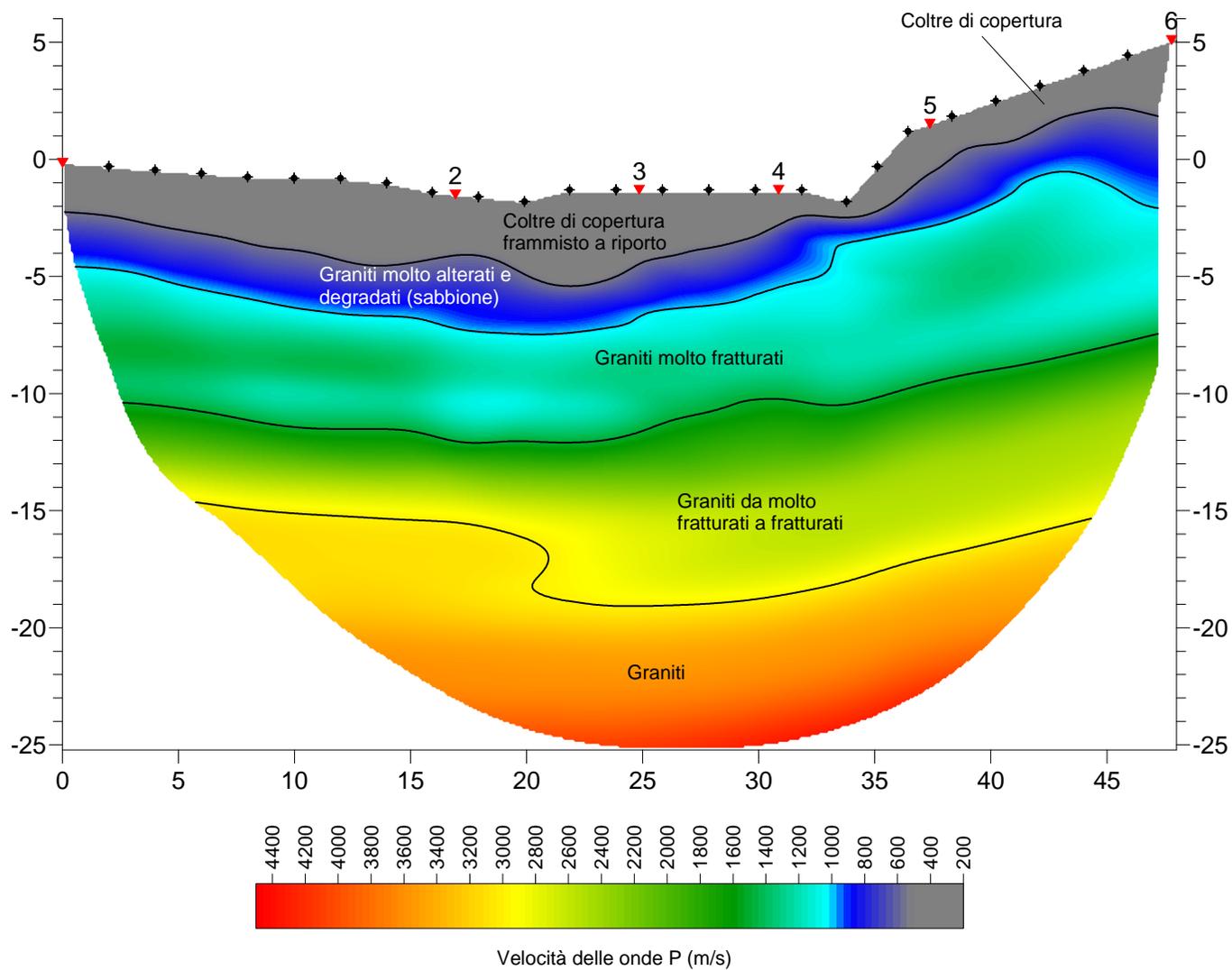


Grado di copertura (n°)

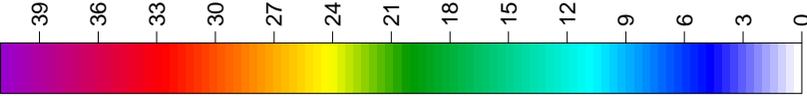
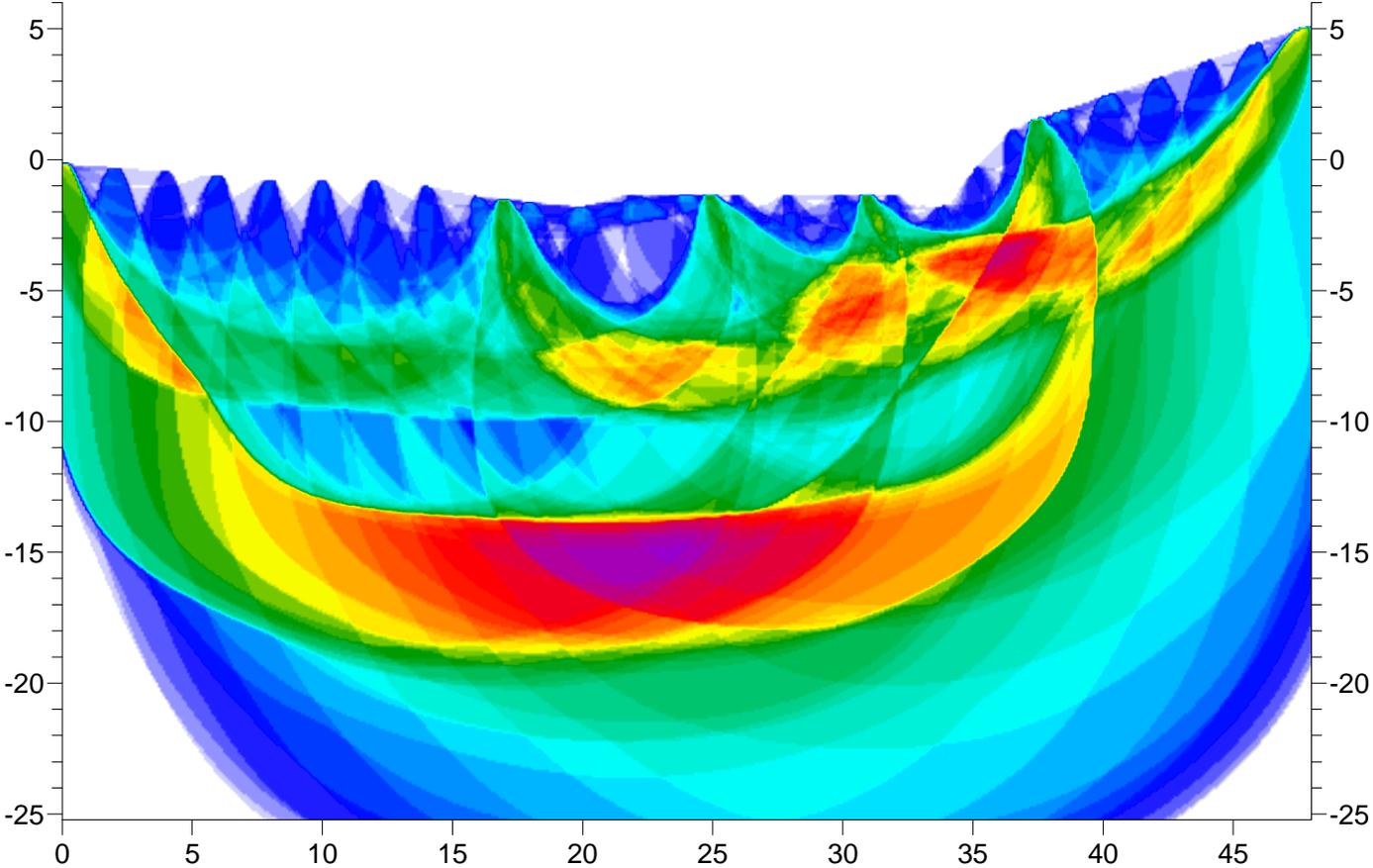


Dromocrone SIS 1

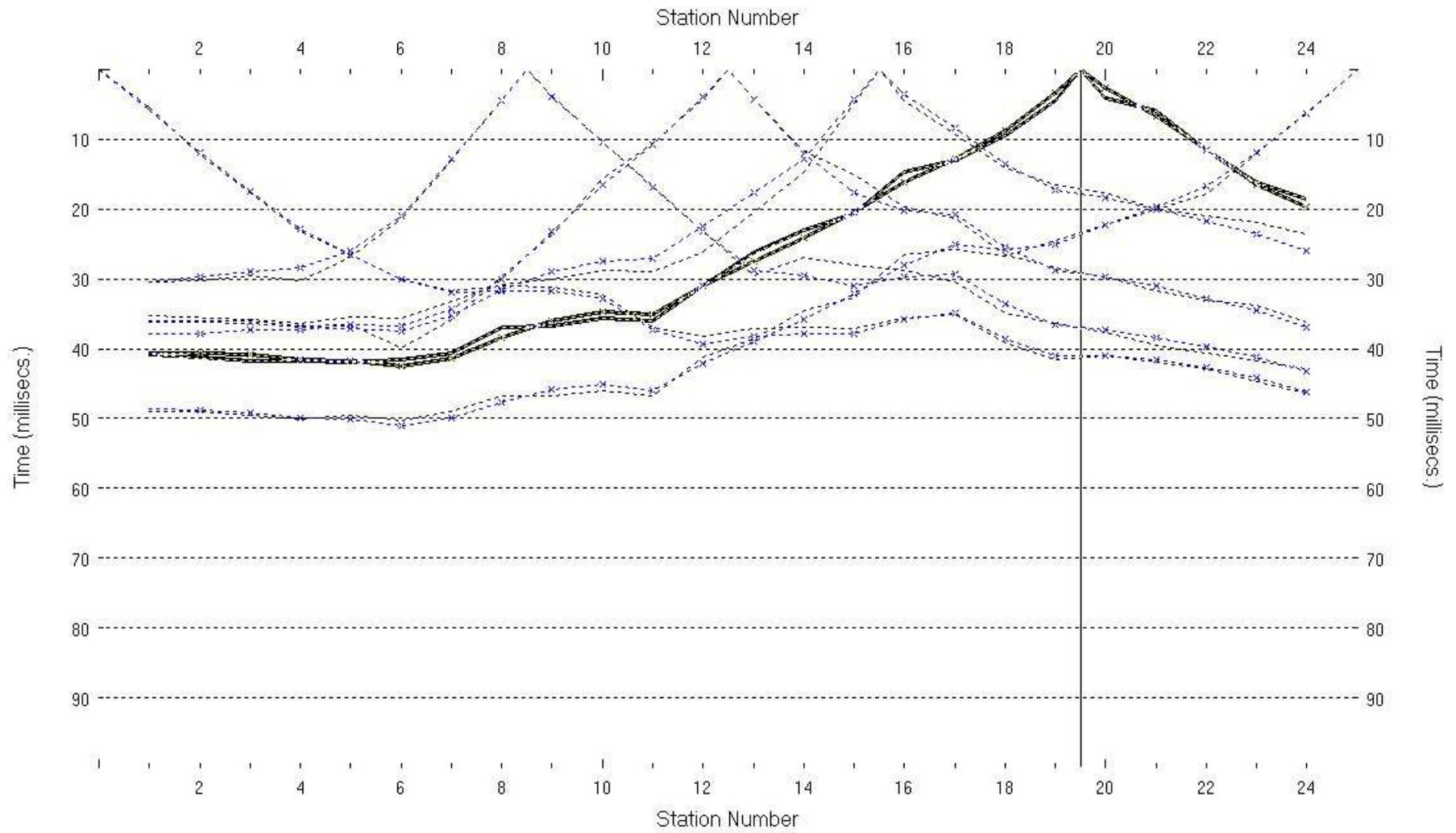
MODELLO DELLE VELOCITA' SIS 2



PERCORSO DEI RAGGI SISMICI SIS 2



Grado di copertura (n°)



Dromocrone SIS 2

ANALISI DELLE INDAGINI ESEGUITE

L'interpretazione sismica delle acquisizioni ha consentito di correlare il valore di picco dello spettro di risposta HVSR con la profondità del substrato compatto (bedrock geofisico) e di individuare una corrispondenza tra i valori di frequenza relativi alle discontinuità sismiche e i cambi litologici presenti nell'immediato sottosuolo. Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si possono ricavare il valore di frequenza caratteristica del sito. Sapendo che ad ogni picco in frequenza corrisponde una profondità [m] dell'orizzonte che genera il contrasto d'impedenza si può estrapolare una stratigrafia geofisica del sottosuolo.

Le indagini penetrometriche eseguite per la redazione della modellazione geologica hanno come obiettivo, in questo caso, la raccolta di informazioni necessarie per consentire di individuare i primi metri di stratigrafia cui vincolare l'analisi sismica.

I modelli di velocità ottenuti hanno consentito d'investigare una profondità massima di circa 24 metri (SIS2). S'individua un orizzonte sismico superficiale, discontinuo nel modello di velocità SIS1, dove i valori di V_p si mantengono sotto i 500 m/sec, e possono essere associate alla coltre di copertura, frammista localmente a terreno di riporto. Nel sismostrato sottostante le velocità delle onde di compressione oscillano tra 500 m/sec e 900 m/sec, e sono associabili alla parte superiore dell'ammasso litoide intrusivo, molto alterata e degradata. Nel terzo e quarto orizzonte sismostratigrafico si registra un aumento di velocità delle onde P, che variano tra 900 m/sec e 3000 m/sec, e sono riferibili ai graniti a vario grado di fratturazione, ancora interessati da un certo grado di alterazione nella parte superiore del terzo sismostrato. All'interno di questi due orizzonti sismici si evidenzia una certa variabilità dei valori di velocità, imputabile a locali variazioni del grado di fratturazione all'interno del complesso litoide granitico. Nella parte inferiore dei modelli si riscontrano velocità delle onde longitudinali (V_p) superiori ai 3800 m/sec, riferibili ai graniti relativamente integri.

Risultati delle analisi MASW

Sito: Loc. Trepidò Soprano Cotronei (Kr)
Data: Settembre 2020

MASW n.1

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

Moto del segnale sismico

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

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

Onde di Rayleigh – “R”

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

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Modi di vibrazione

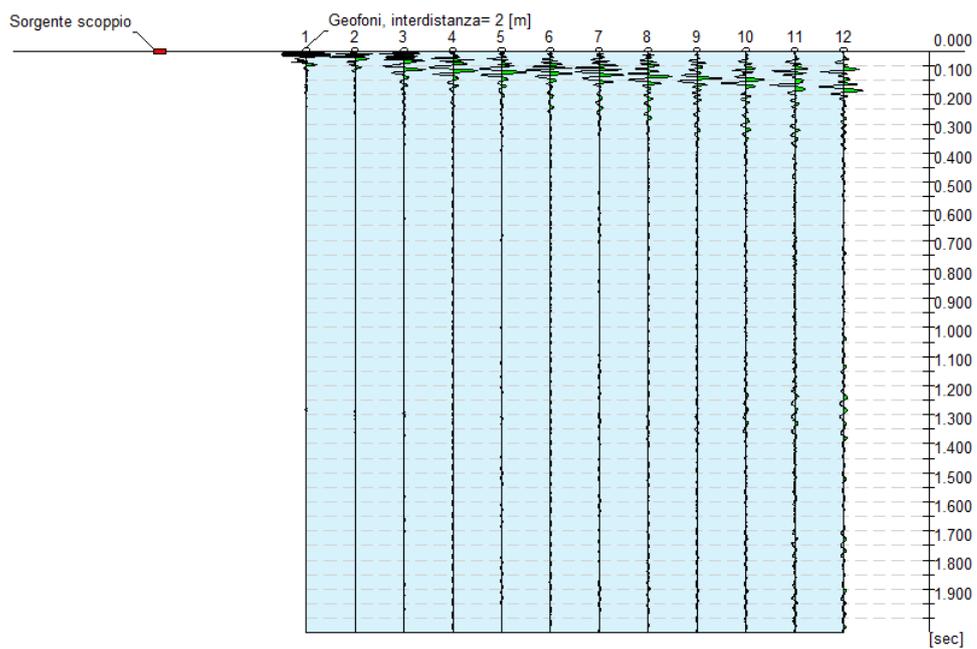
Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle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

Profondità di indagine

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

Tracce

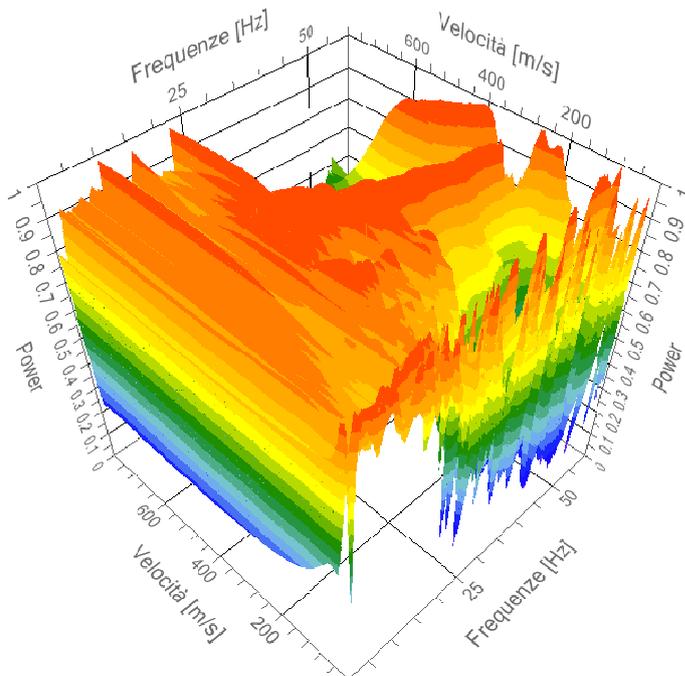
| | |
|---|--------|
| N. tracce | 12 |
| Durata acquisizione [msec] | 2000.0 |
| Interdistanza geofoni [m] | 2.0 |
| Periodo di campionamento [msec] | 1.00 |



Analisi spettrale

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

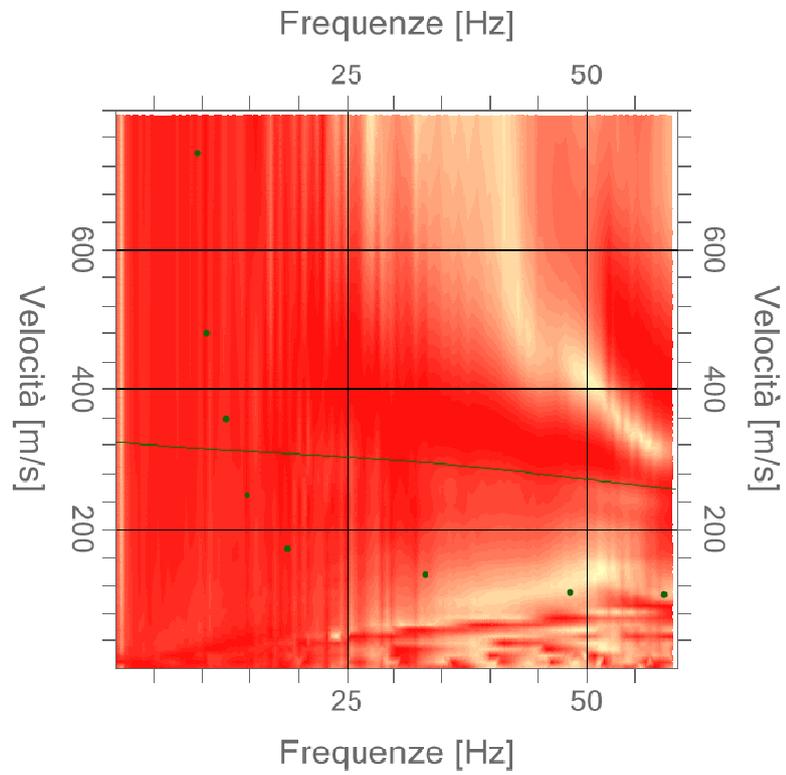
Spettro Velocità di fase - Frequenze



Curva di dispersione

| n. | Frequenza [Hz] | Velocità [m/sec] | Modo |
|----|----------------|------------------|------|
| 1 | 9.5 | 737.7 | 0 |
| 2 | 10.5 | 480.1 | 0 |
| 3 | 12.5 | 357.0 | 0 |
| 4 | 14.7 | 248.7 | 0 |
| 5 | 18.9 | 171.6 | 0 |
| 6 | 33.3 | 133.9 | 0 |
| 7 | 48.4 | 109.3 | 0 |

Spettro Velocità di fase - Frequenze



Inversione

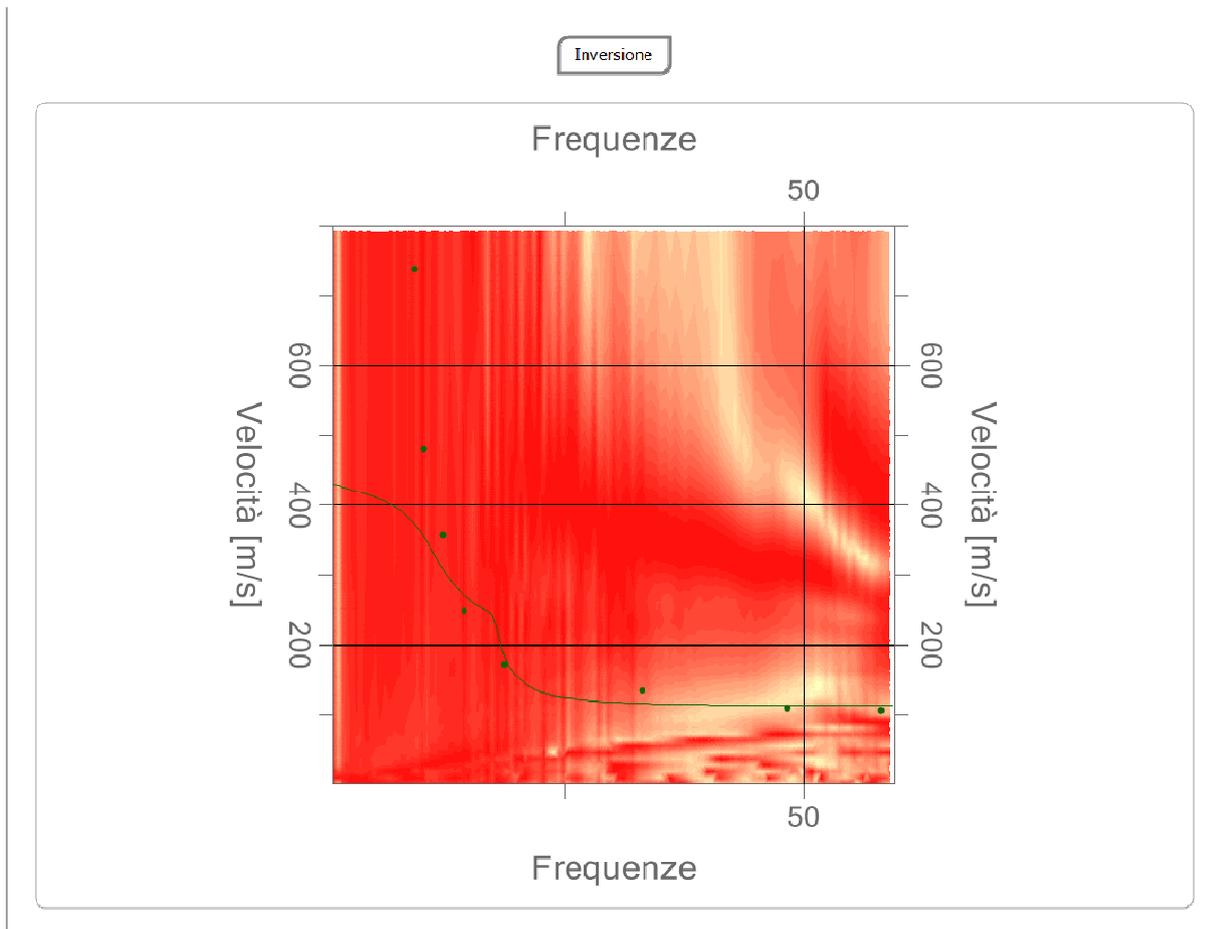
| n. | Descrizione | Profondità [m] | Spessore [m] | Peso unità volume [kg/mc] | Coefficiente Poisson | Falda | Vp [m/sec] | Vs [m/sec] |
|----|-------------|----------------|--------------|---------------------------|----------------------|-------|------------|------------|
| 1 | | 1.00 | 1.00 | 1800.0 | 0.3 | No | 224.4 | 119.9 |
| 2 | | 2.85 | 1.85 | 1900.0 | 0.3 | No | 224.5 | 120.0 |
| 3 | | 3.85 | 1.00 | 2100.0 | 0.3 | No | 747.6 | 399.6 |
| 4 | | oo | oo | 2200.0 | 0.3 | No | 873.1 | 466.7 |

Percentuale di errore

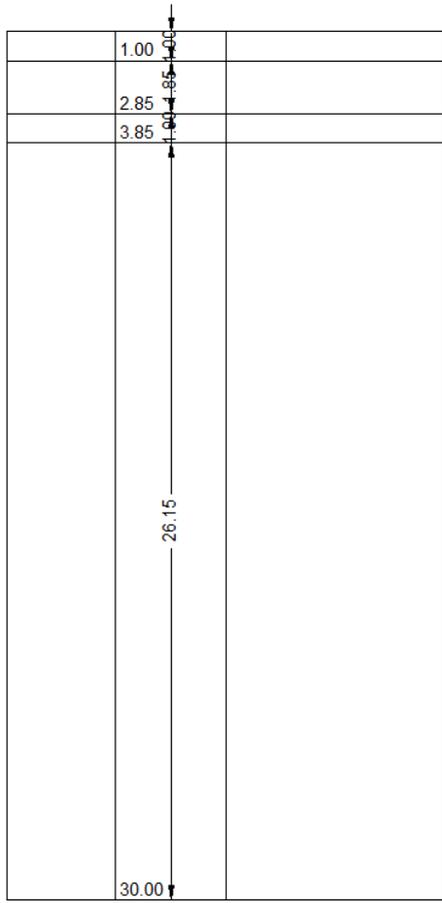
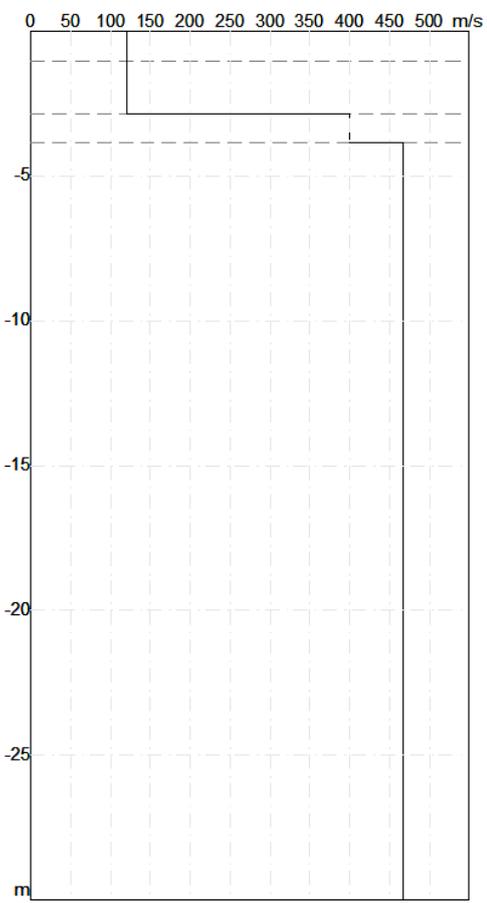
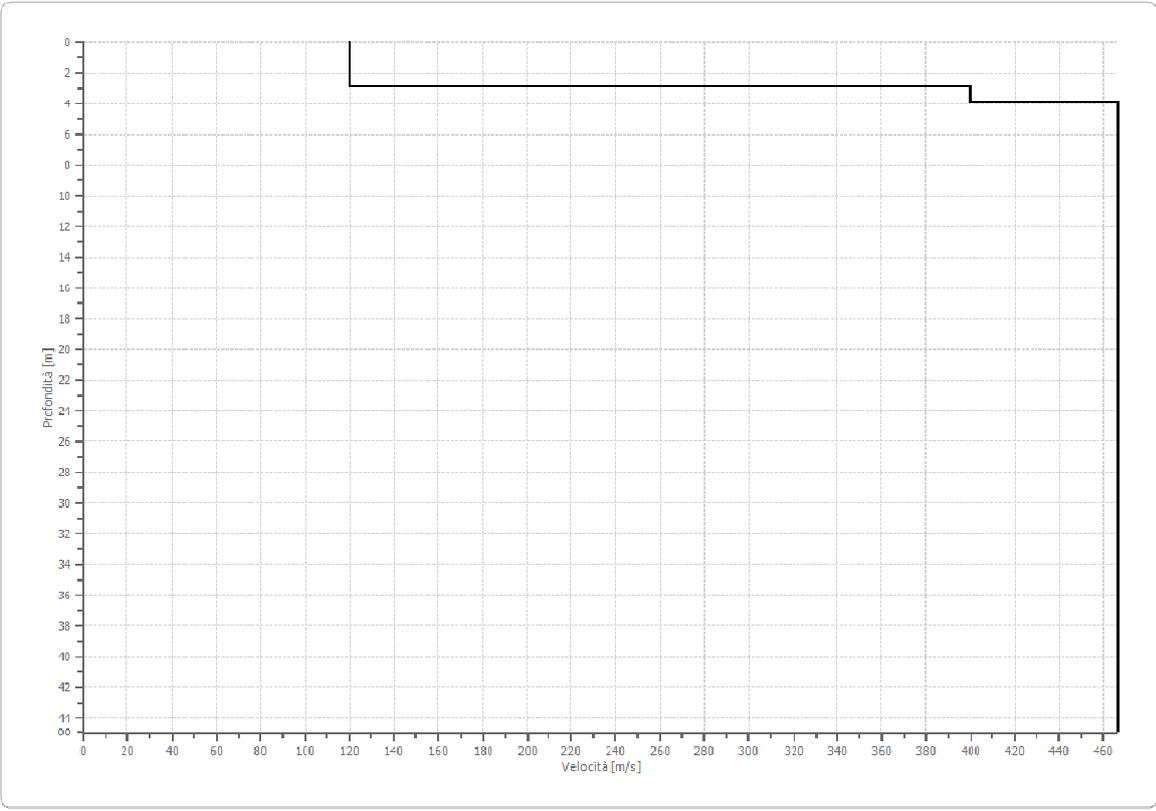
14.715 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.215



Profilo di velocità



Risultati

STRATIGRAFIE

| | |
|---------------------------------|--------|
| Profondità piano di posa [m] | 1.50 |
| Vs30 [m/sec] | 411.11 |
| Categoria del suolo | B |

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

Altri parametri geotecnici

| n. | Profondità [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Vp [m/s] | Densità [kg/m ³] | Coefficiente Poisson | G0 [MPa] | Ed [MPa] | M0 [MPa] | Ey [MPa] | NSPT | Qc [kPa] |
|----|----------------|--------------|----------|----------|------------------------------|----------------------|----------|----------|----------|----------|------|----------|
| 1 | 1.00 | 1.00 | 119.95 | 224.40 | 1800.00 | 0.30 | 25.90 | 90.64 | 56.11 | 67.33 | 56 | 58.25 |
| 2 | 2.85 | 1.85 | 120.00 | 224.49 | 1900.00 | 0.30 | 27.36 | 95.75 | 59.28 | 71.13 | 12 | 58.37 |
| 3 | 3.85 | 1.00 | 399.63 | 747.64 | 2100.00 | 0.30 | 335.38 | 1173.83 | 726.66 | 871.99 | N/A | N/A |
| 4 | oo | oo | 466.67 | 873.05 | 2200.00 | 0.30 | 479.11 | 1676.89 | 1038.07 | 1245.69 | 0 | N/A |

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

MASW n.2

Numero di ricevitori.....24
Distanza tra i sensori:.....1m
Numero di campioni temporali2000
Passo temporale di acquisizione 1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1999ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

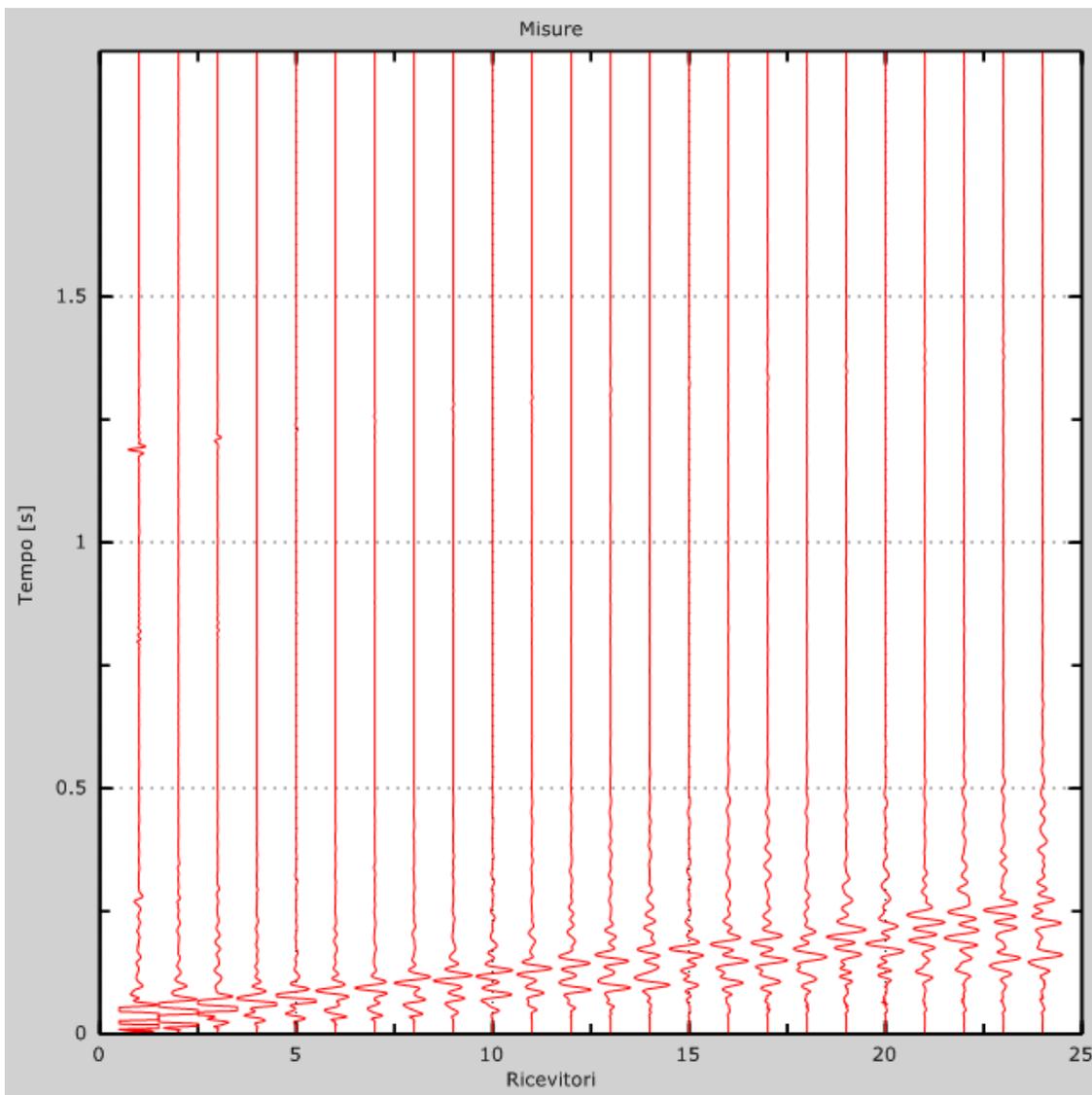


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale..... 60Hz
Frequenza iniziale..... 2Hz

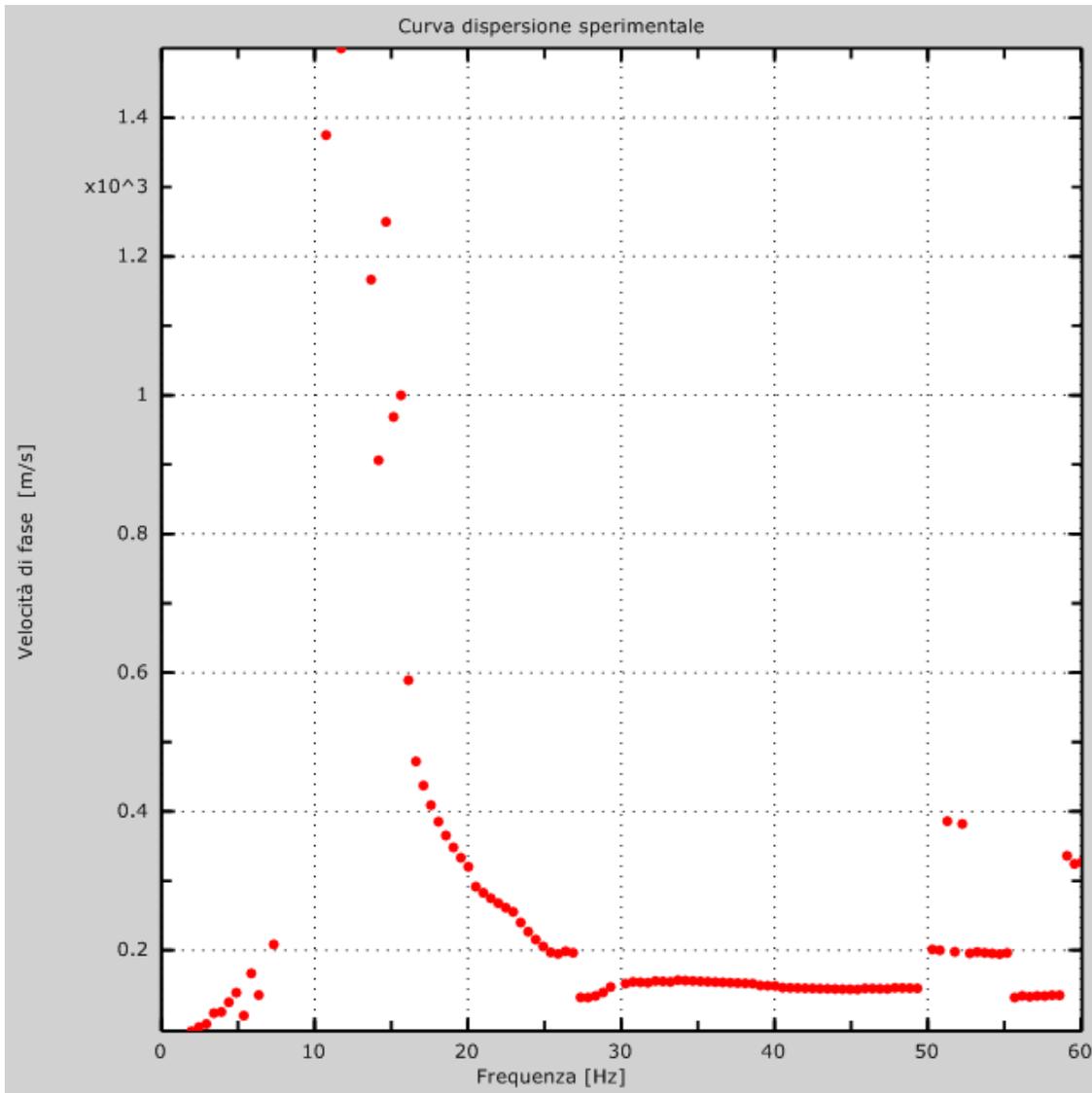


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

| Freq. [Hz] | V. fase [m/s] | V. fase min [m/s] | V. fase Max [m/s] |
|------------|---------------|-------------------|-------------------|
| 16.6016 | 472.222 | 425 | 519.444 |
| 19.5313 | 333.333 | 300 | 366.667 |
| 22.4609 | 261.364 | 235.227 | 287.5 |
| 25.3906 | 196.97 | 177.273 | 216.667 |
| 26.8972 | 197.03 | 159.956 | 234.105 |
| 31.25 | 153.846 | 138.462 | 169.231 |
| 34.1797 | 156.25 | 140.625 | 171.875 |
| 37.1094 | 153.226 | 137.903 | 168.548 |
| 40.0391 | 148.551 | 133.696 | 163.406 |
| 42.9688 | 144.737 | 130.263 | 159.211 |
| 45.8984 | 145.062 | 130.556 | 159.568 |
| 48.8281 | 145.349 | 130.814 | 159.884 |
| 55.8861 | 136.363 | 106.029 | 166.696 |
| 57.6172 | 134.091 | 120.682 | 147.5 |

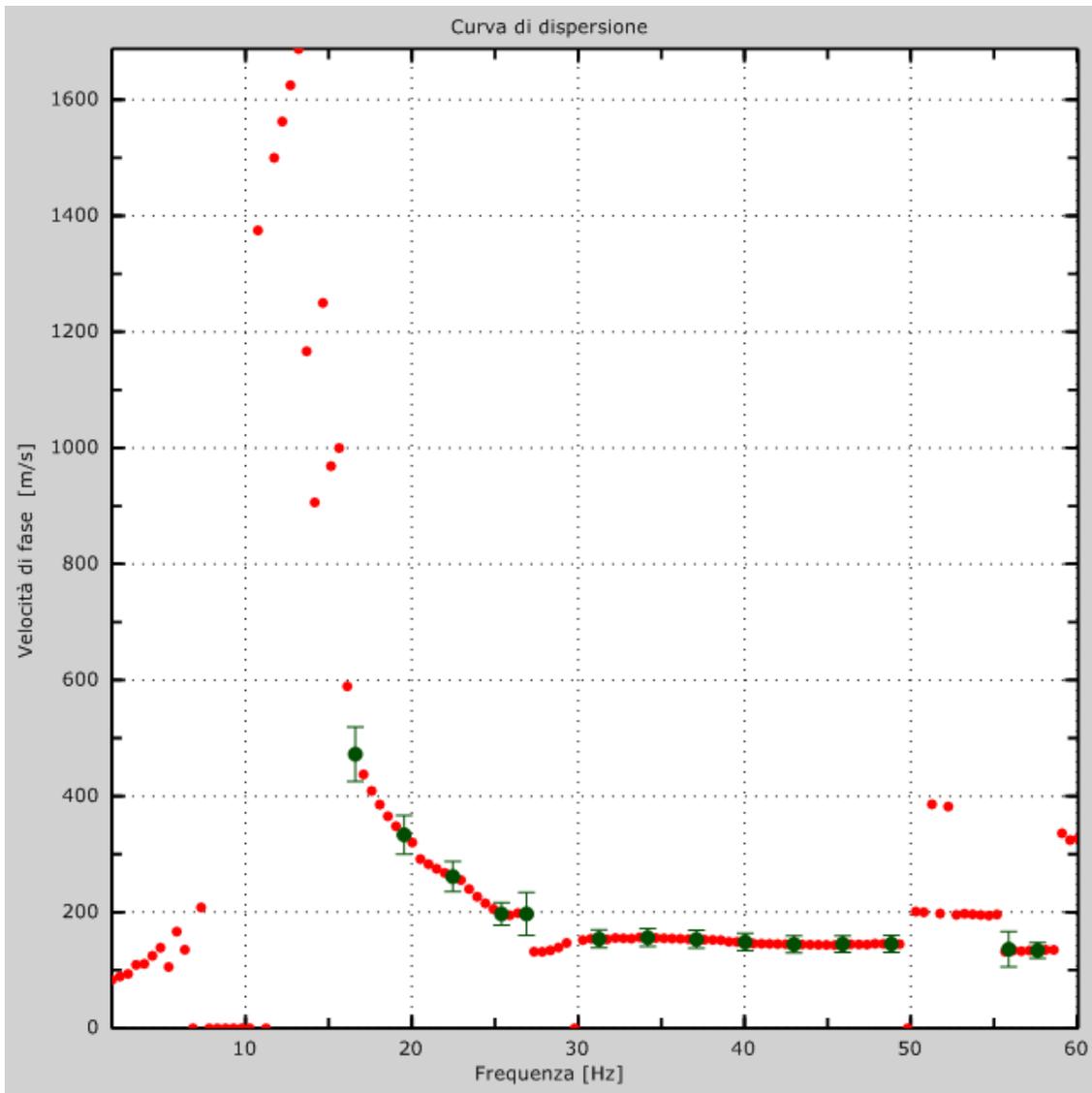


Figura 3: Curva di dispersione

4 - Profilo in sito

| | |
|---|---------------|
| Numero di strati (escluso semispazio) | 4 |
| Spaziatura ricevitori | 1m |
| Numero ricevitori | 24 |
| Numero modi | 5 |
| Numero iterazioni | 5 |
| Massimo errore [%] | 2.000000e-001 |
| Evita forti contrasti di rigidezza tra 2 strati consecutivi | |

Strato 1

| | |
|------------------------------------|------|
| h [m] | 3.5 |
| z [m] | -3.5 |
| Densità [kg/m ³] | 1800 |
| Poisson | 0.35 |
| Vs [m/s] | 152 |
| Vp [m/s] | 321 |
| Vs min [m/s] | 76 |
| Vs max [m/s] | 303 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 154 |

Strato 2

| | |
|------------------------------------|------|
| h [m] | 4 |
| z [m] | -7.5 |
| Densità [kg/m ³] | 1900 |
| Poisson | 0.30 |
| Vs [m/s] | 219 |
| Vp [m/s] | 819 |
| Vs min [m/s] | 109 |
| Vs max [m/s] | 438 |
| Falda non presente nello strato | |
| Strato non alluvionale | |
| Vs fin.[m/s] | 438 |

Strato 3

| | |
|------------------------------------|-------|
| h [m] | 25 |
| z [m] | -32.5 |
| Densità [kg/m ³] | 2000 |
| Poisson | 0.25 |
| Vs [m/s] | 370 |
| Vp [m/s] | 1283 |
| Vs min [m/s] | 185 |
| Vs max [m/s] | 741 |

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s]741

Strato 4

h [m].....0

z [m].....-∞

Densità [kg/m³].....2200

Poisson0.2

Vs [m/s].....525

Vp [m/s]1713

Vs min [m/s].....262

Vs max [m/s].....1049

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s]1049

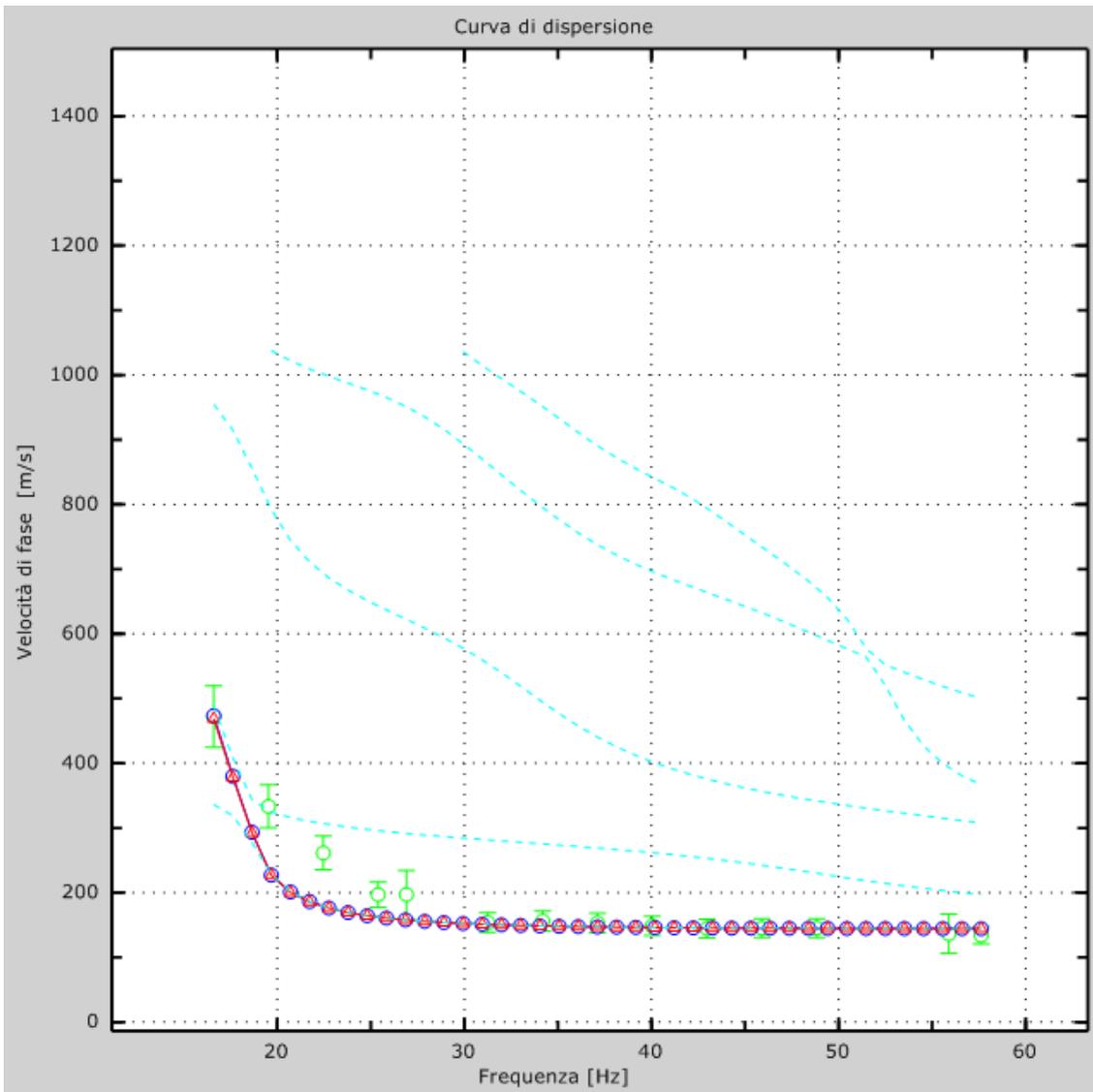


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

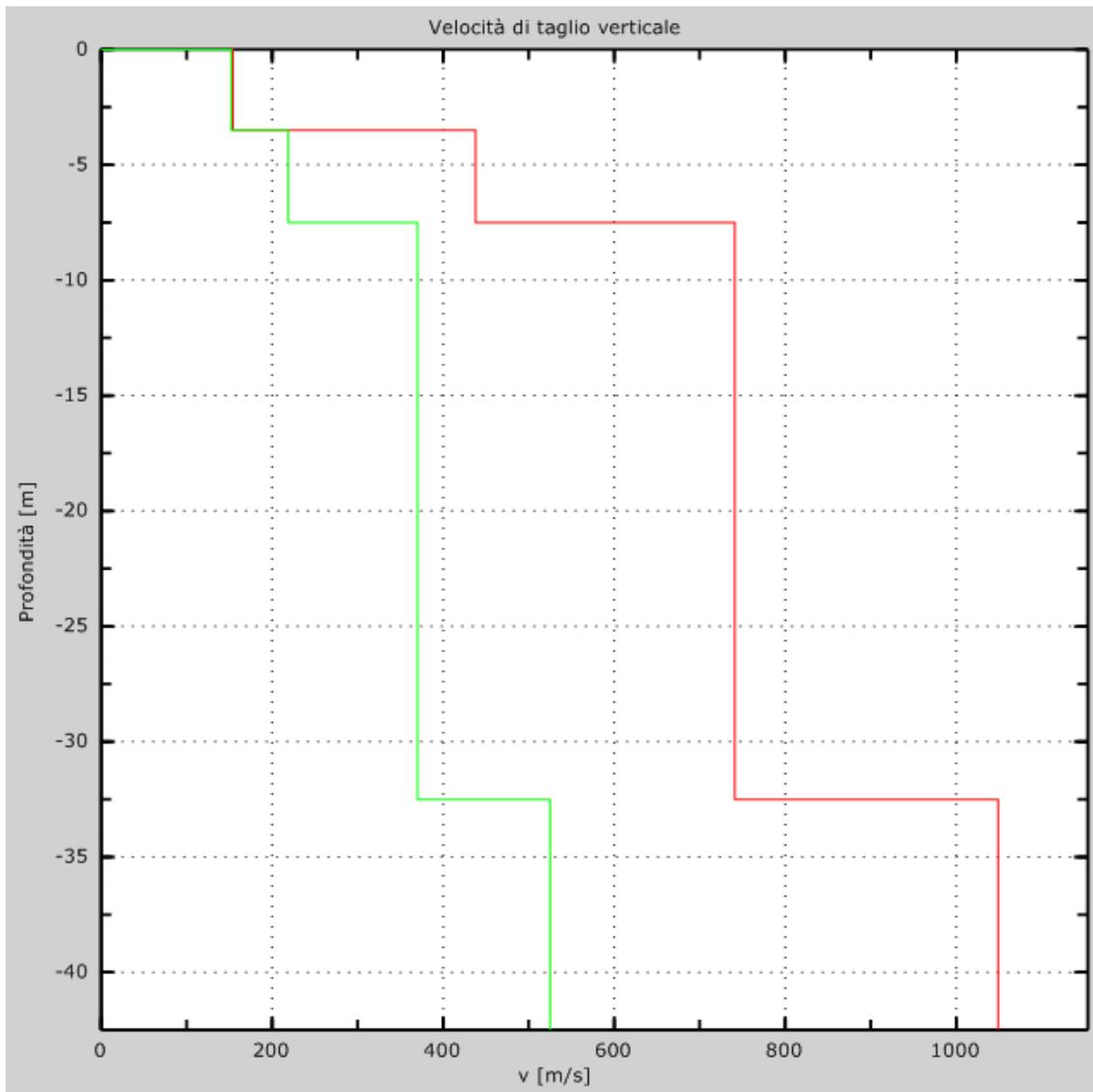


Figura 5: Velocità

5 - Risultato finale

Vs30 [m/s].....482

La normativa applicata è il DM 17 gennaio 2018

Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E o S1 (alluvionale, ghiaia, sabbia, limo, argilla, roccia).

Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva.

L'unità geotecnica dello strato rigido è la numero 3

Le caratteristiche meccaniche degli strati migliorano gradualmente con la profondità

Tipo di suolo B

Appendice Tipo di suolo NTC 2018

- **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 di 3 metri.
 - **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 metri, 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 metri caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.
- E – Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalenti riconducibili a quelli definite per le categorie C o D,** con profondità del substrato non superiore a 30 metri.