



**Regione Abruzzo**  
**Provincia di L'Aquila**  
**COMUNE DI SAN VINCENZO IN**  
**VALLE ROVETO**

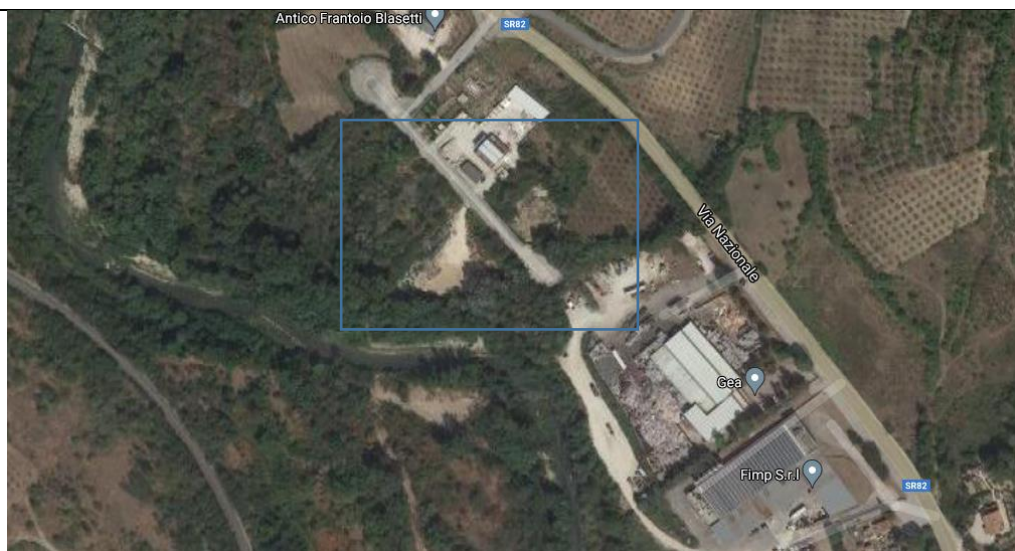


**RELAZIONE GEOLOGICA ALLEGATA AL PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE E GESTIONE DI UN IMPIANTO DI MESSA IN RISERVA R13 E RICICLO/RECUPERO R5 DI RIFIUTI INERTI SITO NEL COMUNE DI SAN VINCENZO VALLE ROVETO ED IDENTIFICATO CATASTALMENTE AL FOGLIO 18 PARTICELLE 712-713-714**

*Dott.*  
*Geologo*  
**Luca**  
**Rubeis**

*Committente:*  
**DVA LAVORI**  
**s.r.l.**

*Indirizzo:*  
Sede legale: Via  
Stazione SNC  
67050 - San  
Vincenzo Valle  
Roveto (AQ)



**RELAZIONE GEOLOGICA E DI CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA**

SEDE:  
**TAGLIACOZZO AQ**

DATA DI EMISSIONE:  
**19/04/2023**

CLASSE D'USO DELLA STRUTTURA

COORDINATE WGS 84 33N:

**LAT:41.826700**

**LONG:13.538948**

TIMBRO E FIRMA:

IL PROGETTISTA:

FIRMA DIGITALE:

**REV 01**

Questo documento è proprietà di Rubeis Luca. A termine di legge si riserva la proibizione di riprodurlo o trasferirlo a terzi senza l'autorizzazione scritta.

  
**GEOL. RUBEIS LUCA**

DOTT. GEOL. LUCA RUBEIS  
VIA EQUICOLA COMUNALE, 75 - 02021  
SANT'ANATOLIA, BORGOROSE (RI)  
TEL. 349 77 41 239  
E-MAIL: [RUBEIS.LUCA@GMAIL.COM](mailto:RUBEIS.LUCA@GMAIL.COM)  
P.E.C.: [LUCA.RUBEIS@PEC.GEOLOGILAZIO.IT](mailto:LUCA.RUBEIS@PEC.GEOLOGILAZIO.IT)  
P.I.: 01143070579  
ORDINE GEOLOGI LAZIO N° 2005  
C.F. RBSLCU83L19A515C

## INDICE

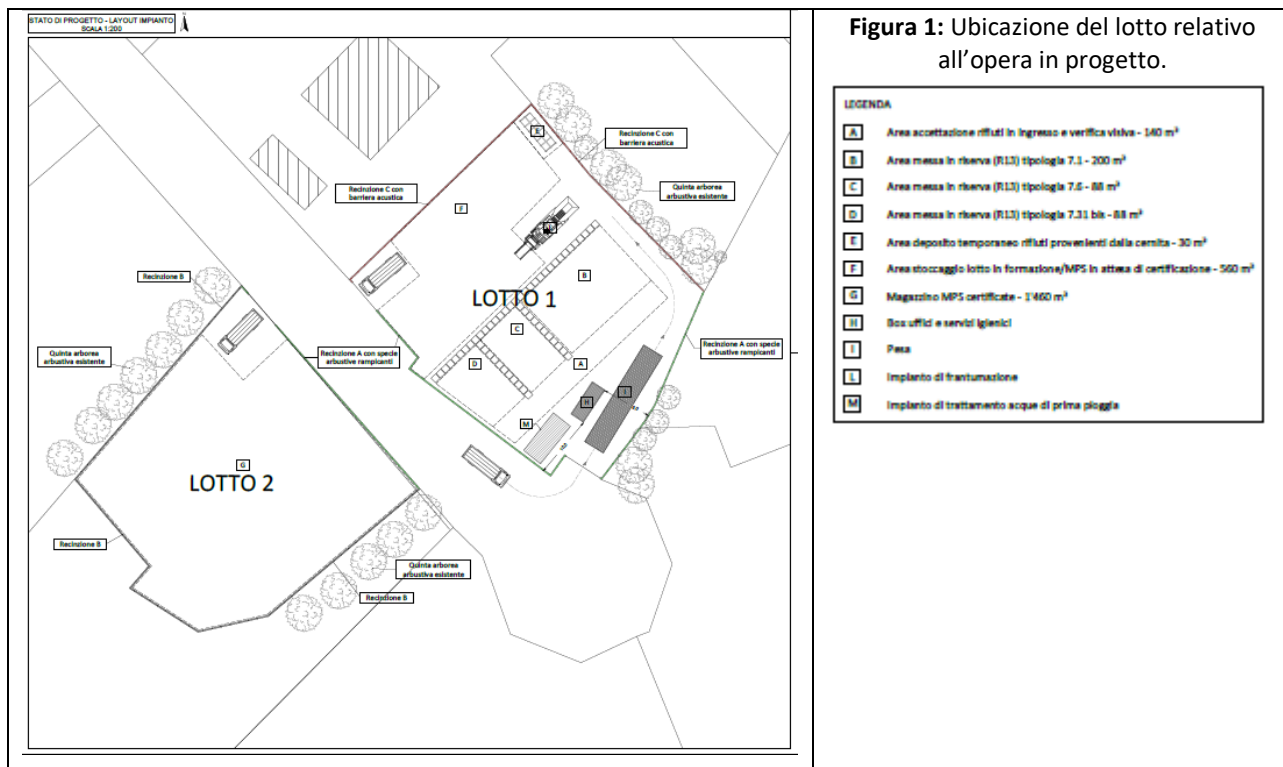
<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>PAG. 3</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>	<b>PAG. 5</b>
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO</b>	<b>PAG. 5</b>
<b>4</b>	<b>ASSETTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO</b> <b>4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO</b> <b>4.2 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO</b> <b>4.3 PAI, PGRA E VINCOLO IDROGEOLOGICO</b>	<b>PAG. 7</b> <b>PAG.8</b> <b>PAG.11</b> <b>PAG. 13</b>
<b>5</b>	<b>INDAGINI IN SITU</b> <b>5.1 INDAGINE MASW</b> <b>5.2 INDAGINE PENETROMETRICA</b>	<b>PAG.15</b> <b>PAG.18</b> <b>PAG.21</b>
<b>6</b>	<b>PROVA DI PERMEABILITÀ</b>	<b>PAG. 24</b>
<b>7</b>	<b>VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ DELL'ACQUIFERO CON METODO G.O.D.</b>	<b>PAG. 26</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>PAG. 28</b>

## **1 PREMESSA E PIANO D'INDAGINE**

Facendo seguito all'incarico conferitomi dalla **DVA s.r.l.** con Sede legale: Via Stazione SNC 67050 - San Vincenzo Valle Roveto (AQ), con la presente relazione, si riferisce sui risultati delle indagini geognostiche ed idrogeologiche, espletate in corrispondenza dei terreni situati all'interno del territorio comunale di San Vincenzo Valle roveto (AQ) nella zona industriale.

L'attività che si intende svolgere prevede la gestione di un impianto di recupero rifiuti non pericolosi prodotti dalla propria attività di costruzione e demolizione e da quelli prodotti da ditte terze. Il recupero consisterà nel sottoporre tali rifiuti ad un processo di trattamento al fine di ottenere materiali idonei ad essere utilizzati come aggregati in conformità con gli impieghi previsti dalla legislazione vigente. Le operazioni di recupero che si intendono attuare sono quelle elencate nell'allegato C alla Parte Quarta del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. e più precisamente:

- *Messa in riserva* (operazione R13) dei rifiuti speciali non pericolosi in attesa di effettuare le operazioni di recupero;
- *Riciclo/recupero di altre sostanze inorganiche* (operazione R5) mediante l'utilizzo di impianto frantumatore e vaglio vibrante. Il progetto prevede la realizzazione di opere funzionali alle attività da svolgere e in particolare:
- Realizzazione di recinzione;
- Realizzazione di box prefabbricato ad uso ufficio;
- Realizzazione di pesa a ponte;
- Realizzazione di una pavimentazione dell'area di scarico e stoccaggio dei rifiuti e dell'area di cernita e macinazione in cls, di circa 1'850 mq con inclinazioni verso canalette che permettono la raccolta dell'acqua piovana, collegata all'impianto di prima pioggia;
- Realizzazione di un impianto per l'abbattimento delle polveri con getti d'acqua nebulizzata a coprire le aree critiche



Per quanto sopra, si è ritenuto opportuno procedere nelle seguenti fasi:

- Raccolta di notizie, dati bibliografici;
- Rilevamento geologico di superficie;
- Rilevamento geomorfologico dell'area interessata dall'intervento;
- Rilevamento idrogeologico con censimenti degli eventuali pozzi per emungimento idrico presenti in zona e determinazione di massima del livello piezometrico;
- Prove di percolazione per la determinazione della permeabilità del suolo che dovrà accogliere l'impianto di scarico.

Le indagini pianificate ed eseguite sul sottosuolo del sito di progetto, sono state mirate ad acquisire tutti gli elementi necessari ad una corretta caratterizzazione geologica, geotecnica sismica ed idrogeologica dell'area in esame.

Pertanto le indagini pianificate e realizzate sono state le seguenti:

- *n.1 prova penetrometrica superpesante DPSH (Dinamic Probing Super Heavy; DPSH) terebrata sino al rifiuto strumentale;*
- *n.1 indagine sismica di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves; MASW) per la determinazione del parametro  $V_{s30}$ ;*

Tutte le succitate prove ed indagini sono state ubicate all'interno del sito nel quale è prevista la realizzazione dell'opera in oggetto come è possibile verificare nell'allegata planimetria ubicativa delle indagini.

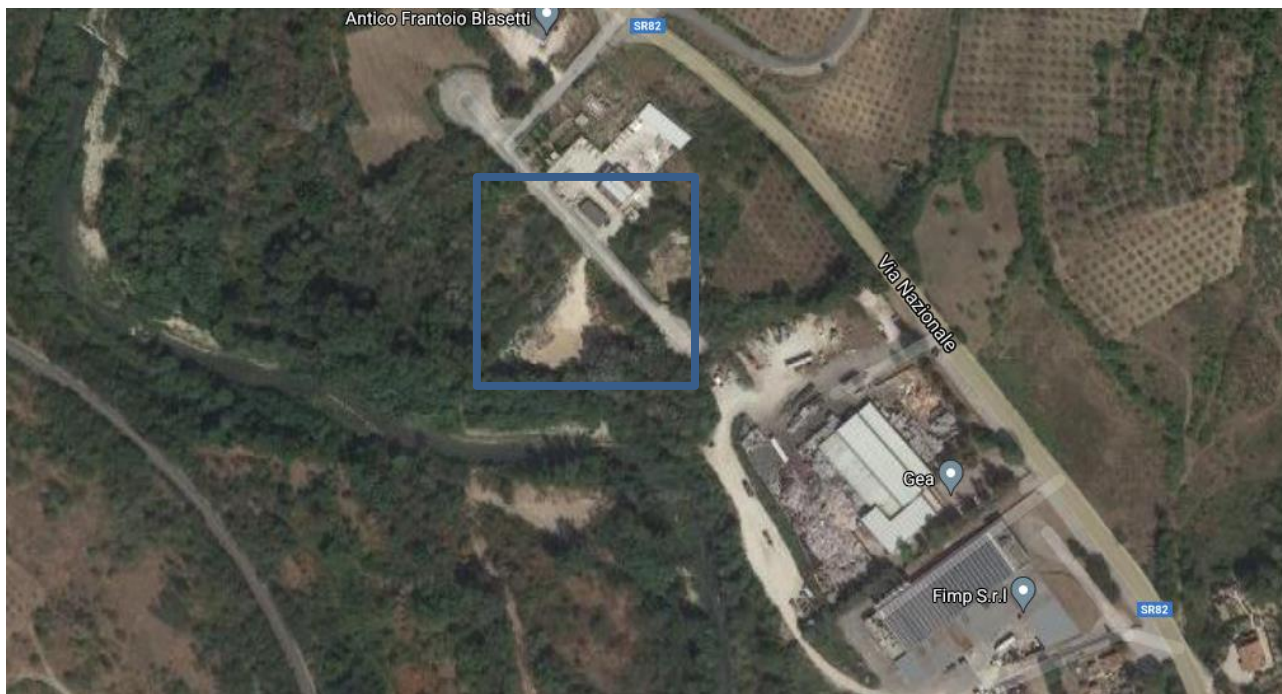
Si è inoltre provveduto alla:

- verifica della presenza di situazioni di rischio geologico (rischio frana e rischio idraulico così come perimetrati dal Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale nel Piano stralcio per l'assetto idrogeologico – PSAI-PGRA; L. n.226 del 13 luglio 1999 e L. n.365 dell'11 dicembre 2000 - Autorità di Bacino dei fiumi Liri Garigliano Volturno) DISTRETTO APPENNINO MERIDIONALE.
- Verifica tramite il "GeoPortale Regione Abruzzo" <http://geoportale.regione.abruzzo.it/Cartanet/> come l'area di progetto non ricade nelle aree perimetrare a Vincolo Idrogeologico;
- Verifica situazioni di rischio tramite la Cartografia allegata al Progetto di Microzonazione sismica di I Livello;
- Assenza di dissesti franosi Catalogo IFFI e CEDIT;
- L'area presenta una debole pendenza verso SO;
- Assenza di aree a rischio sinkhole;
- Assenza di rischio alluvionamento, assenza di rischio impaludamento.
- Assenza del Rischio Liquefazione.

## **2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- L.R. 29 luglio 2010, n. 31 “Norme regionali contenenti la prima attuazione del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 (Norme in materia ambientale)”.

## **3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO**



**Figura 2:** Modello ombreggiato della Piana del Fucino ed ubicazione dell'area in studio

Il sito di indagine ricade all'interno del territorio comunale di San Vincenzo Valle Roveto (AQ). L'area in esame ricade all'interno del foglio geologico Sora (foglio 152, scala 1:100.000, della Carta Geologica d'Italia). Il Comune di Canistro è situato nella porzione sud orientale della Val Roveto, nell'Appennino centrale. Tale valle è delimitata a W dai rilievi carbonatici dei Monti Simbruini-Ernici e ad E dalla struttura della Marsica Occidentale. Il settore centrale (Val Roveto) è costituito da una importante depressione morfologica, costituita da rilievi collinari notevolmente modellati dall'erosione e da un reticolo fluviale che drena le acque verso il corso d'acqua principale rappresentato dal Fiume Liri, presente lungo il fondovalle. L'areale d'interesse si presenta sub pianeggiante con inclinazione di 3-4° verso Sud-Ovest ad una quota di 358 m s.l.m.



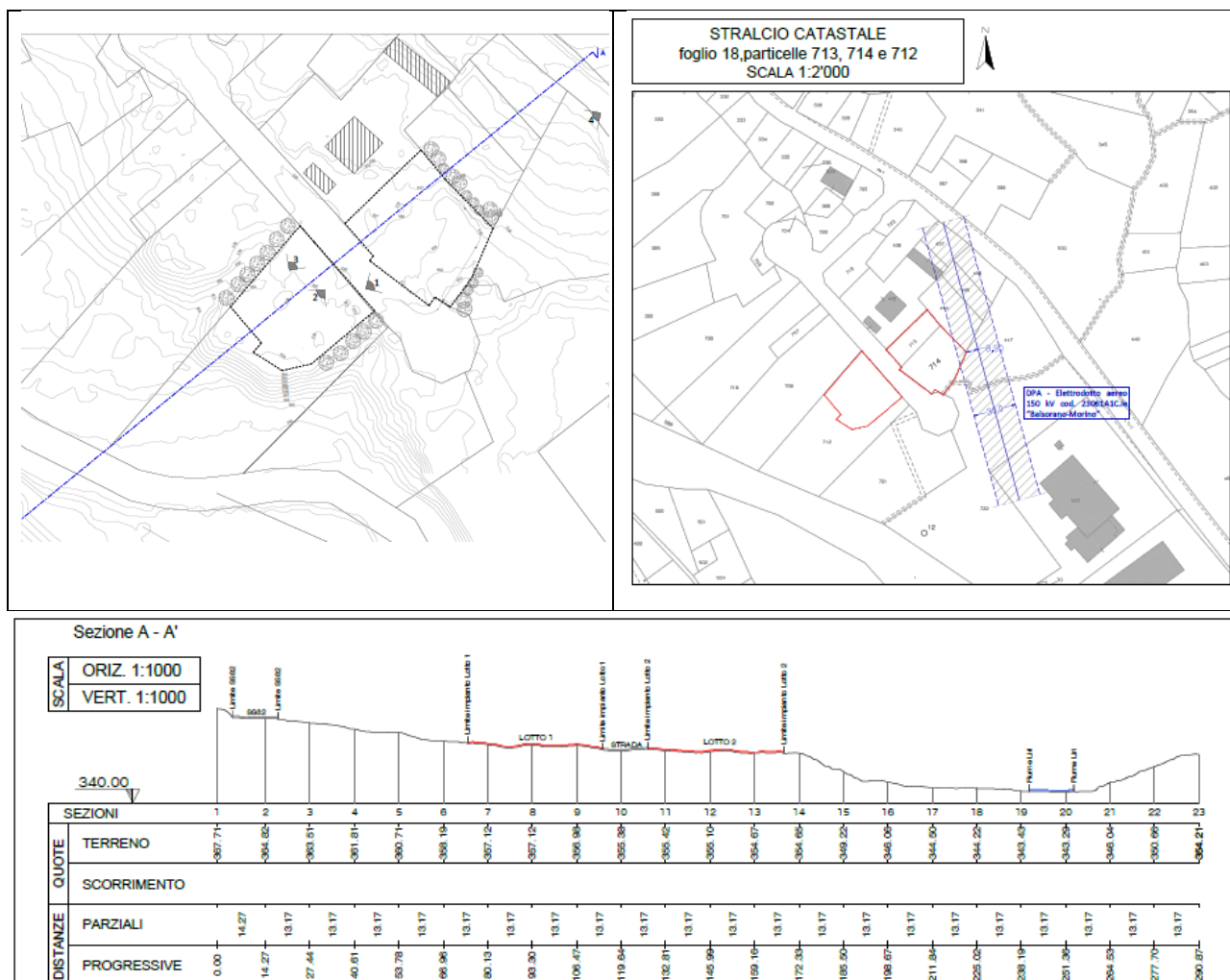


Figura 3: Profilo topografico dell'area di studio Google Earth Pro

CATEGORIA	CATEGORIA TOPOGRAFICA
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 1: Categorie topografiche NTC18

- Coordinate WGS84 33N Lat: 41.826700 Lon: 13.538948
- Carta Tecnica Regionale in scala 1:5000 Foglio 377154
- Carta Tecnica Regionale in scala 1:10000 foglio 377150
- Catasto F.18 Particelle 712-713-714

#### **4 ASSETTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO**

L'area di indagine ricade all'interno della struttura della Val Roveto. La valle è orientata in direzione NW-SE ed è delimitata dalle circostanti strutture carbonatiche che si sviluppano in direzione appenninica, rappresentate dai rilievi dei Monti Simbruini-Ernici ad Ovest e dalla struttura della Marsica Occidentale ad Est. La depressione valliva è solcata dal Fiume Liri che raccoglie nel suo percorso l'affluenza di numerosi torrenti a carattere stagionale. La struttura dei Monti Simbruini-Ernici è costituita da potenti pile di calcari mesozoici, e in misura minore da calcari cenozoici, disposti in monoclinali generalmente immergenti verso NE. La morfologia dei rilievi calcarei è molto giovane, con valli marcatamente incise e pareti piuttosto scoscese.

La Val Roveto appare come un elemento di separazione tra il versante Simbruino- Ernico e quello Marsicano. La quota del fondo valle si mantiene costante intorno ai 500 m. La valle si raccorda ai rilievi carbonatici mediante delle fasce detritiche pedemontane, in continua formazione che costituiscono il prodotto dell'erosione dei rilievi, associate ad esse vi sono anche frane di origine sismogenetica.

L'attuale fisionomia della valle trae la sua origine dall'azione erosiva del Fiume Liri; la presenza di paleoalvei presuppone che il fiume stesso abbia più volte re inciso la valle a quote differenti.

Il versante della Marsica Occidentale appare come una potente monoclinale carbonatica a direzione appenninica; la morfologia di questo settore presenta un'acclività meno accentuata rispetto al versante Simbruinico-Ernico che, per gli evidenti motivi tettonici risulta di conseguenza più articolato. Quest'ultima dorsale infatti, caratterizzata dal sovrascorrimento, presenta calcari con giaciture subverticali a rimarcare il motivo tettonico. La porzione centrale dei fianchi della valle è caratterizzata dall'affioramento della formazione del Flysch. In sinistra orografica il versante mostra un'acclività moderata: si riscontrano molteplici fenomeni che indicano l'attività geomorfologica, tra i quali calanchi, contropendenze andamento irregolare delle isoipse. La parte superiore è coperta da detrito di versante sciolto o debolmente cementato, quella intermedia e inferiore dalla presenza del terrazzo fluviale del "paleo Liri". Il substrato costituito da una successione arenaceo pelitica è soggetto a diversi scoscendimenti causati dal detensionamento degli ammassi rocciosi ad opera del deterioramento dei materiali relativamente alle porzioni più superficiali.

#### 4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO

L'area in studio compresa nel Foglio 152 "Sora" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 si colloca in un importante settore dell'Appennino laziale-abruzzese, caratterizzato da direttrici tettoniche a carattere regionale quali il *fronte di sovrascorrimento Simbruino – Ernico, la linea Val Roveto – Atina – Caserta e la faglia Marsicana*.

- **Unità dei Calcari e Dolomie** (Giurassico medio e superiore)

Successione ben stratificata in banchi con intercalazioni di calcari e calcari dolomitici. Si tratta della successione che affiora nel settore che partecipa ampiamente alla costituzione dell'ossatura carbonatica dei versanti del settore occidentale della Val Roveto.

- **Unità dei Calcari** (Cretacico inferiore e superiore)

Questa formazione è quella arealmente più diffusa costituisce la struttura dei due versanti che bordano la valle del Liri, sia quello simbruino sia quello marsicano. La successione cretacea è costituita alla base da dolomie microcristalline di colore grigio giallastro in strati da decimetrici a metrici, talvolta massivi passanti a calcari di colore variabile da nocciola a avana chiaro.

- **Unità delle Arenarie argillose** (Miocene superiore)

La formazione delle arenarie argillose affiora lungo tutta la valle Roveto ad esclusione di limitati lembi di conglomerati e brecce. Essa è costituita da un'alternanza di argilla e arenarie in livelli e strati di spessore variabile tra pochi centimetri ed un metro; è un complesso molto eterogeneo e scompaginato per cause tettoniche.

- **Unità Puddinghe e brecce poligeniche** (Miocene superiore)

La litofacies degli elementi costituenti le brecce è esclusivamente carbonatica. Le loro dimensioni variano da 1- 2 centimetri fino ad oltre 60-70 centimetri di diametro medio. La giacitura delle brecce è massiva in potenti bancate spesso fratturate. Esse sono direttamente sovrapposte e trasgressive sui calcari. Gli spessori sono molto variabili da pochi metri a 400 – 500 metri. Le puddinghe poligeniche affiorano ad altezza variabile dai 1900 ai 500 metri di quota, rispettivamente lungo il fronte dei monti simbruini - ernici (area di M. Prato e Sorgente della Moscosa) e lungo la Val Roveto (zona di Canistro – Civitella Roveto). I depositi sono costituiti da puddinghe poligeniche a luoghi mal stratificate in grosse bancate discontinue, con intercalate sottili lenti argillose e tasche sabbiose. I clasti sono costituiti in prevalenza da rocce che non compaiono nelle serie locali e presentano dimensioni variabili, legati caoticamente da un cemento arenaceo molto tenace. Le puddinghe chiudono la sedimentazione terrigena miocenica.

- **Travertino** (Quaternario)

I travertini sono perlopiù terrosi nel complesso morto permeabili e porosi con spessore variabile. Ad essi si intercalano lenti di livelli sabbiosi, argillosi e tasche di terra rossa.

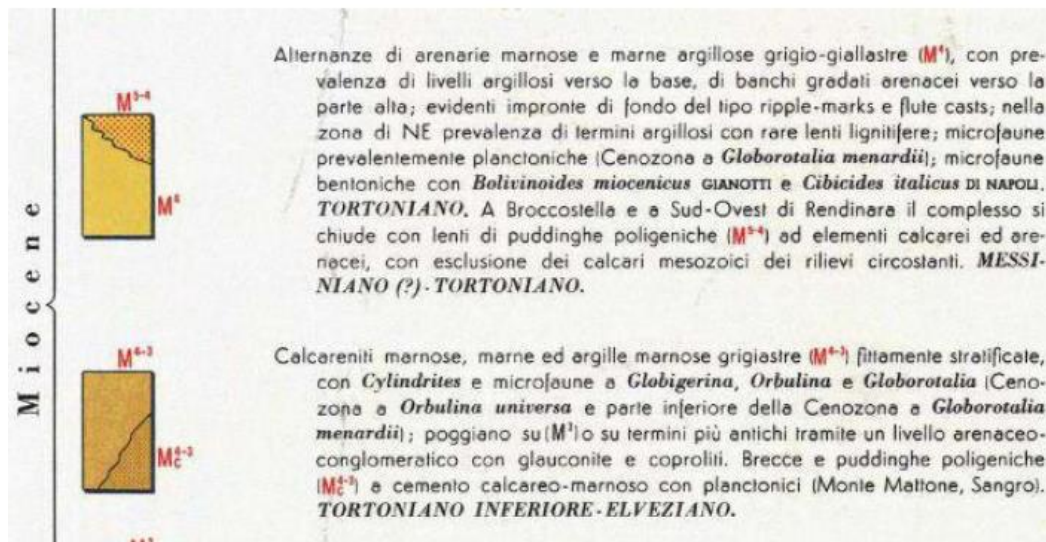
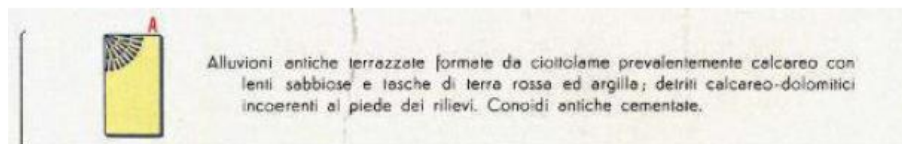
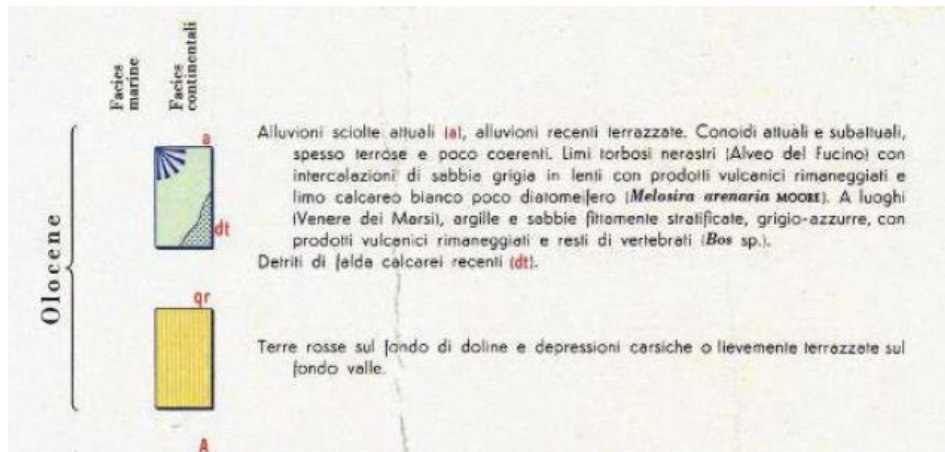
- **Detrito di falda** (Olocene)

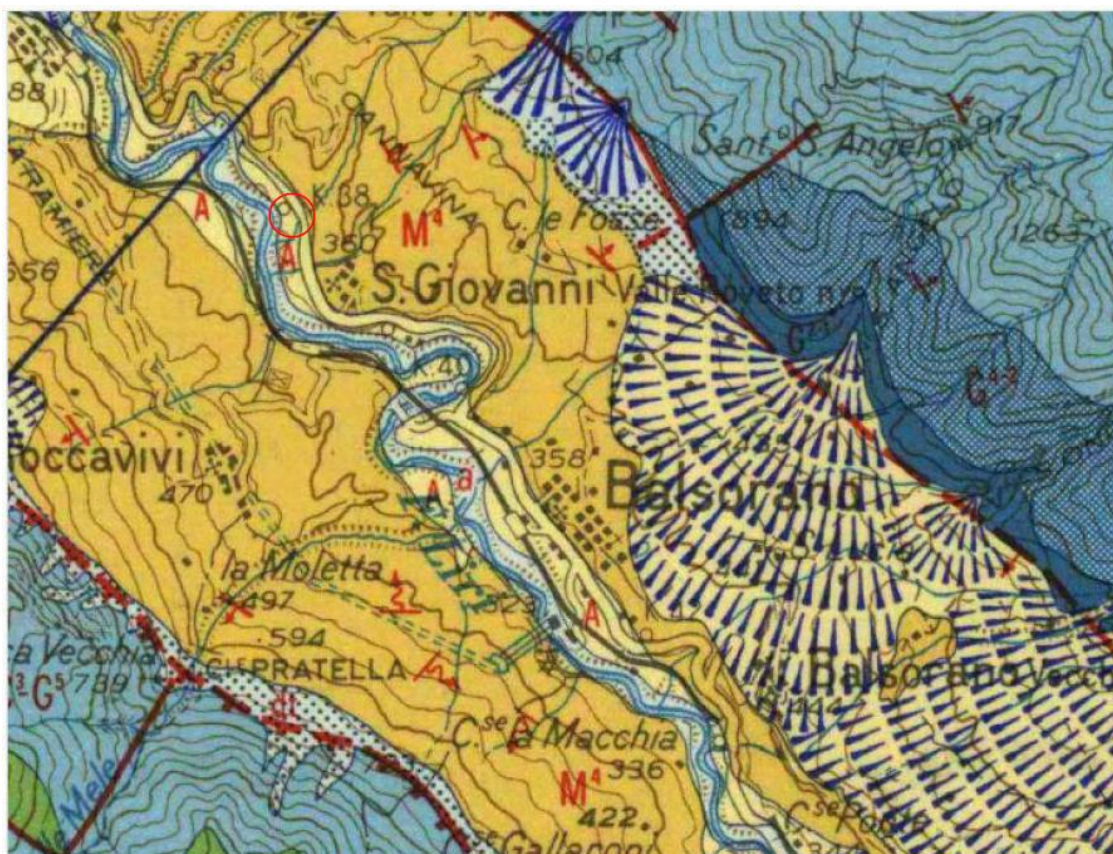
I conoidi recenti sono numerosi nella zona in studio, al piede dei versanti carbonatici; sono costituiti dall'accumulo di materiale detritico incoerente, costituito da ciottoli di natura calcarea e calcareo – dolomitica poco o per niente elaborati, di varie dimensioni.



- **Alluvioni (Olocene)**

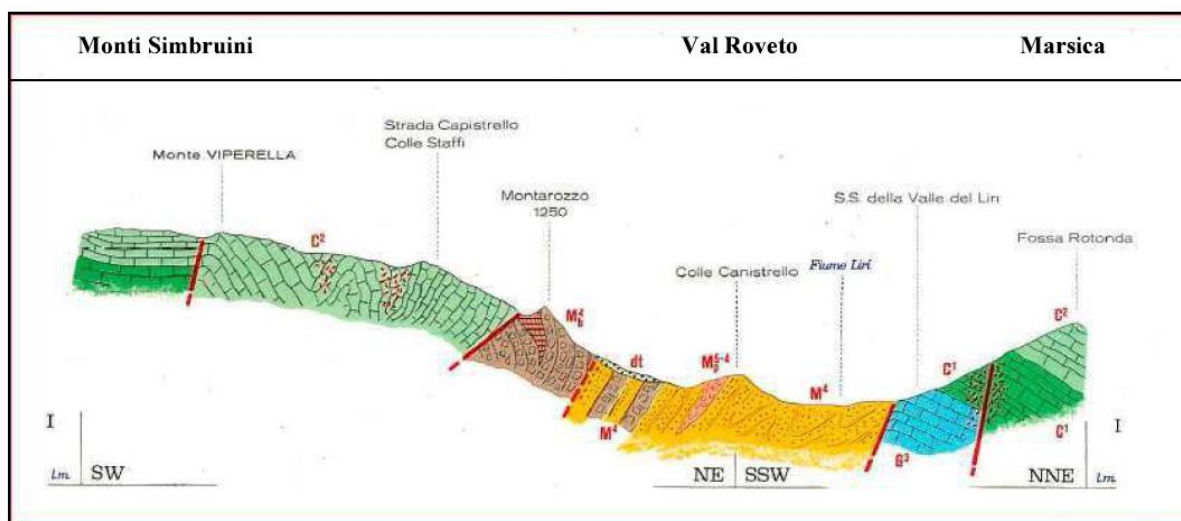
Le alluvioni costituiscono una fascia di sedimenti incoerenti o debolmente cementati che accompagnano i principali fiumi (F. Liri) per quasi tutto il loro corso. In alcuni tratti nelle alluvioni si distinguono terrazzamenti che testimoniano la successione di più cicli di depositi. Sono costituite da ciottoli in prevalenza calcarei e calcarei – dolomitici, subordinatamente arenacei, con locali arricchimenti provenienti dalle puddinghe poligeniche, con matrice sabbiosa scarsa e lenti argillose.





**Figura 4:** Foglio 152 "Sora" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000

Il versante marsicano è costituito da un imponente crinale carbonatico delimitato alla base da un importante elemento tettonico regionale (lungo diverse decine di km da Carsoli a Sora) conosciuto in letteratura come **faglia della Valle Roveto**. La natura del contatto anomalo è essenzialmente riconducibile ad una faglia bordiera a componente normale.



**Figura5:** Stralcio della Carta geologica dei Monti Simbruini Orientali (G.Devoto).

**STRATO 1:** terreno di costituito da materiale argilloso limoso con inclusi calcarei. Tale livello presenta uno spessore di 1.8 m;

**STRATO 2** terreno di costituito da materiale argilloso limoso con abbondanti inclusi calcarei. Tale livello è stato investigato per uno spessore di 2.2 m.

#### 4.2 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Sotto il profilo idrogeologico il territorio si inquadra nella situazione tipica dell'Appennino centrale, caratterizzata da importanti ed estesi acquiferi regionali. Questi ultimi sono costituiti dalle dorsali carbonatiche altamente permeabili, le quali sono circondate da cinture di materiali meno permeabili che fungono da limite di permeabilità basale acquiclude (Boni et alii, 1986; Celico, 1983). I litotipi che costituiscono tali limiti sono rappresentati in linea generale da due diversi tipi di sedimenti:

- i sedimenti sinorogenici terrigeni (flysch), che essendo caratterizzati da una permeabilità molto bassa rappresentano dei limiti a flusso nullo e quindi non interagiscono con le falde regionali carbonato-carsiche contenute nei massicci montuosi;
- i sedimenti plio-quadernari continentali, che hanno riempito le depressioni determinate dall'attività tettonica recente oppure che costituiscono i depositi alluvionali dei corsi d'acqua.

In questo secondo caso, la permeabilità relativa dei sedimenti alluvionali quadernari può influenzare l'idrodinamica sotterranea, permettendo scambi idrici tra falde multistrato dei depositi quadernari e acquiferi carbonatici. Gli importanti acquiferi carbonatici, permeabili per fessurazione e carsismo, sono alimentati dalle precipitazioni, sotto forma di infiltrazione efficace, con aliquote molto elevate, corrispondenti a circa il 70% del totale degli afflussi.

Tali acquiferi vengono generalmente drenati alla base da alcune sorgenti, caratterizzate da portate elevate, regime di portata abbastanza stabile e assenza di caratteri morfologici carsici in prossimità delle emergenze. Per quanto riguarda l'assetto idrogeologico in corrispondenza dell'area di studio affiorano i depositi detritico alluvionali recenti costituiti, fino alla profondità investigata da depositi limoso argillosi e limoso ghiaiosi in alternanza. Il sito si colloca ad una quota di circa 14 metri al di sopra dell'alveo del fiume Liri.

La quota piezometrica in sito è stata desunta da misure piezometriche realizzate nelle vicinanze e si attesta a 5 metri dal P.C. Si tratta con ogni probabilità di una piccola falda sospesa all'interno del corpo alluvionale sorretta alla base da lenti limoso argillose. La circolazione idrica sotterranea si esplica per falde sovrapposte tipiche dei corpi alluvionali con linee di drenaggio dirette verso l'alveo del fiume Liri.





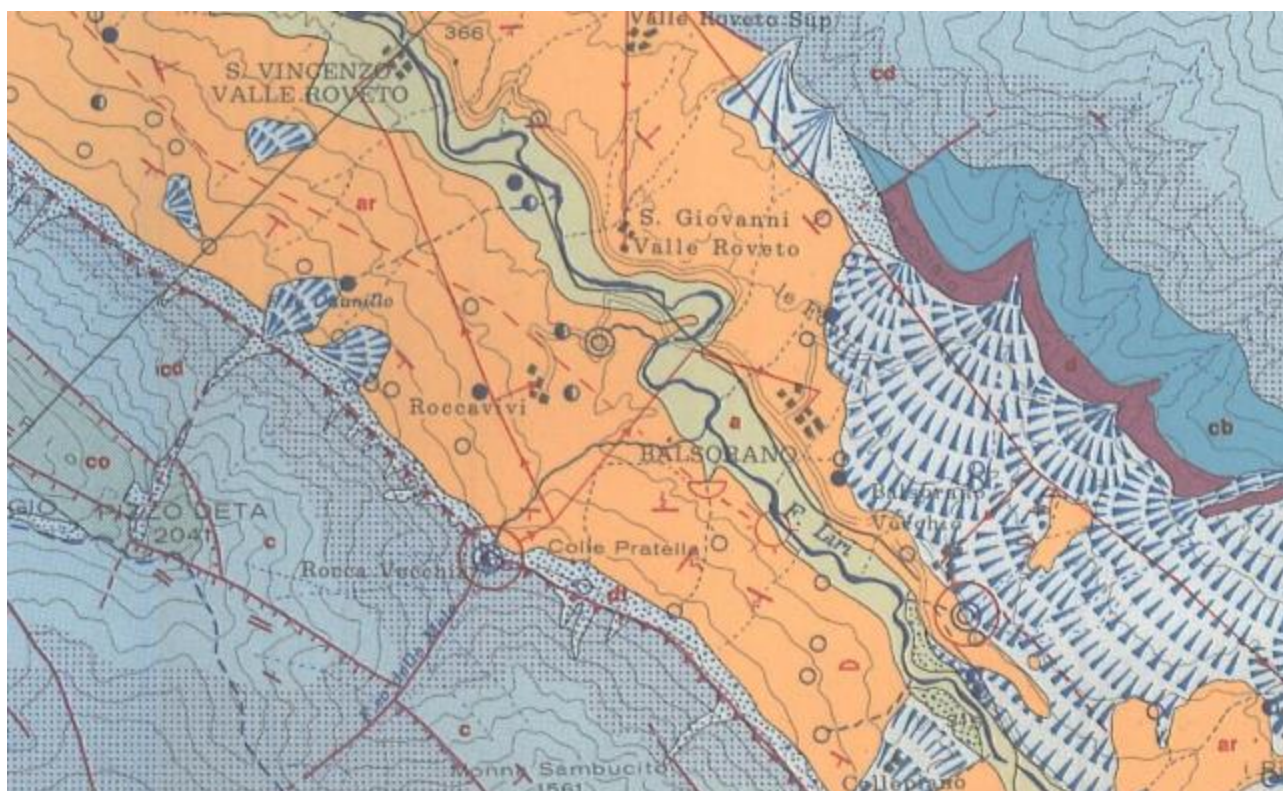
Alluvioni antiche terrazzate costituite da ciottoli prevalentemente calcarei arrotondati e scarsamente cementati da matrice sabbiosa; lenti di sabbie e limi argillosi intercalate al ciottolame; passano lateralmente a travertini vacuolari e spugnosi (tr). Mediamente erodibili. PLEISTOCENE

*Permeabili per porosità; contengono modeste falde sfruttate da pozzi ad emungimento manuale.*



Complesso argilloso-arenaceo: fitta alternanza di argille e arenarie in livelli e strati di spessore variabile tra pochi centimetri e un metro. Nella parte media e bassa della valle e nella Conca di Sora la sedimentazione arenacea presenta chiari caratteri torbiditici; è inoltre possibile distinguere la porzione inferiore della formazione per la netta prevalenza di livelli molto sottili argillosi. Nella parte alta della valle diviene nettamente prevalente la frazione argillosa, mentre la sedimentazione torbiditica è rara. Inoltre nella parte basale sono presenti intercalazioni lentiformi di (br) che passano verso sud a lenti di (cr). Nella parte sommitale si intercalano lenti di «Puddinghe poligeniche» (p) (Canistro-Civitella Roveto). Spessore: non determinabile a causa delle intense deformazioni tettoniche; probabilmente non inferiore a 500 m. Erodibile. MESSINIANO? - TORTONIANO.

*Costituisce un livello impermeabile esteso lungo il fondovalle e il margine orientale della Conca di Sora. Dove viene in contatto tettonico o stratigrafico con la serie carbonatica determina un limite di permeabilità che può dar luogo a importanti sorgenti. Contiene, nelle intercalazioni arenacee fratturate, esigue falde che alimentano modeste sorgenti; falde più ricche si trovano nelle lenti di brecce (br) e di calcareniti (cr) intercalate alla base della formazione.*

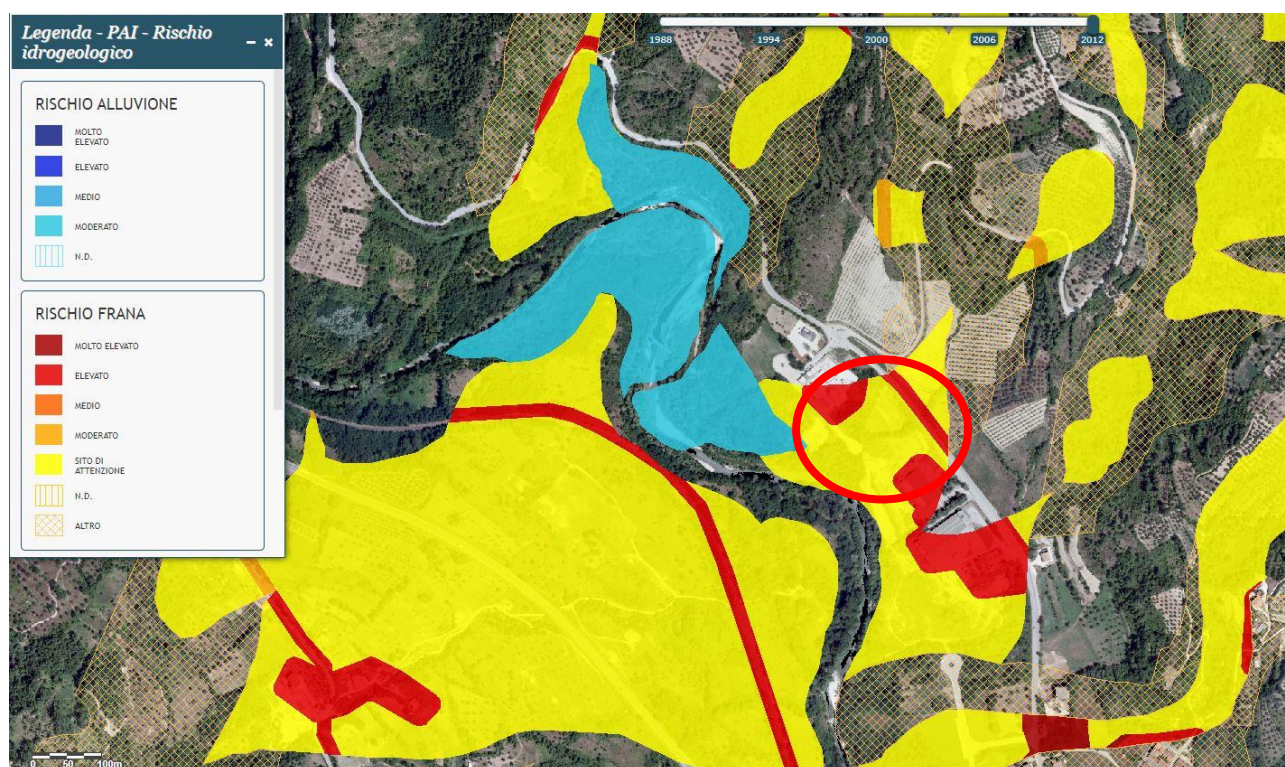




Nei dintorni del lotto d'interesse è presente un pozzo per l'emungimento, all'interno del quale è stata effettuata una misura freaticmetrica. La superficie piezometrica si attesta a circa 5 metri dal P.C.

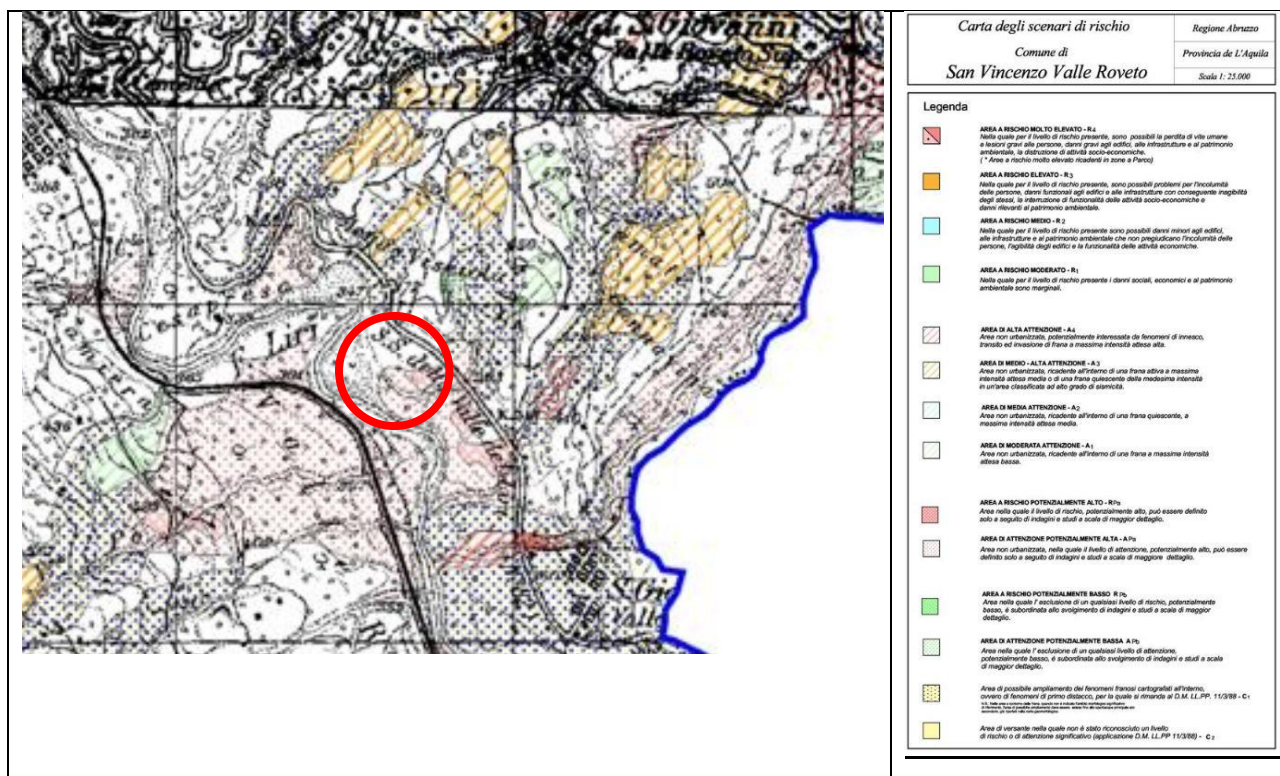
#### **4.3 PAI Piano di Assetto Idrogeologico, PGRA Piano Gestione del Rischio Alluvione, Vincolo idrogeologico R.D 3267/1923**

Il corso d'acqua principale dell'area, il fiume Liri, si inserisce all'interno del bacino dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno. Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) è lo **strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo** mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo e la corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato. Come si evince dalla cartografia riportata in seguito tratta dal servizio del GeoPortaleNazionale all'indirizzo <http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>, l'areale in studio è ubicato in un'area in STATO DI ATTENZIONE.



**Figura 6:** stralcio cartografico dell'area in esame, estratto da **GeoPortaleNazionale** all'indirizzo <http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>. I cerchi indicano la collocazione del sito.

Analizzando nel dettaglio la cartografia ufficiale del PAI Liri-Garigliano-Volturno è possibile osservare come l'area ricada all'interno delle **AREE Rpa** "area a rischio potenzialmente alto" ed in parte come **Apa** (area 2). "Area di attenzione potenzialmente alta" nelle quali "il rischio, potenzialmente alto, può esser definito solo a seguito di indagini e studi di maggior dettaglio".



**Figura 7: cartografia PAI ADB LIRI GARGLIANO VOLTURNO**

**Art. 5 - Aree a rischio potenzialmente alto (Rpa) ed Aree di attenzione potenzialmente alta (Apa)**

1. Nelle aree di cui alla rubrica del presente articolo, urbanizzate e non, si applicano i divieti e le prescrizioni di cui al precedente Articolo 3 e con le medesime eccezioni.

**Art. 3 - Aree a rischio molto elevato (R4)**

1. Nelle aree definite a "rischio idrogeologico molto elevato" si intendono perseguire i seguenti obiettivi: *incolumità delle persone, sicurezza delle strutture, delle infrastrutture e del patrimonio ambientale.*

2. Al fine del raggiungimento degli obiettivi di cui al comma 1 è vietata qualunque trasformazione dello stato dei luoghi, sotto l'aspetto morfologico, infrastrutturale ed edilizio tranne che non si tratti di:

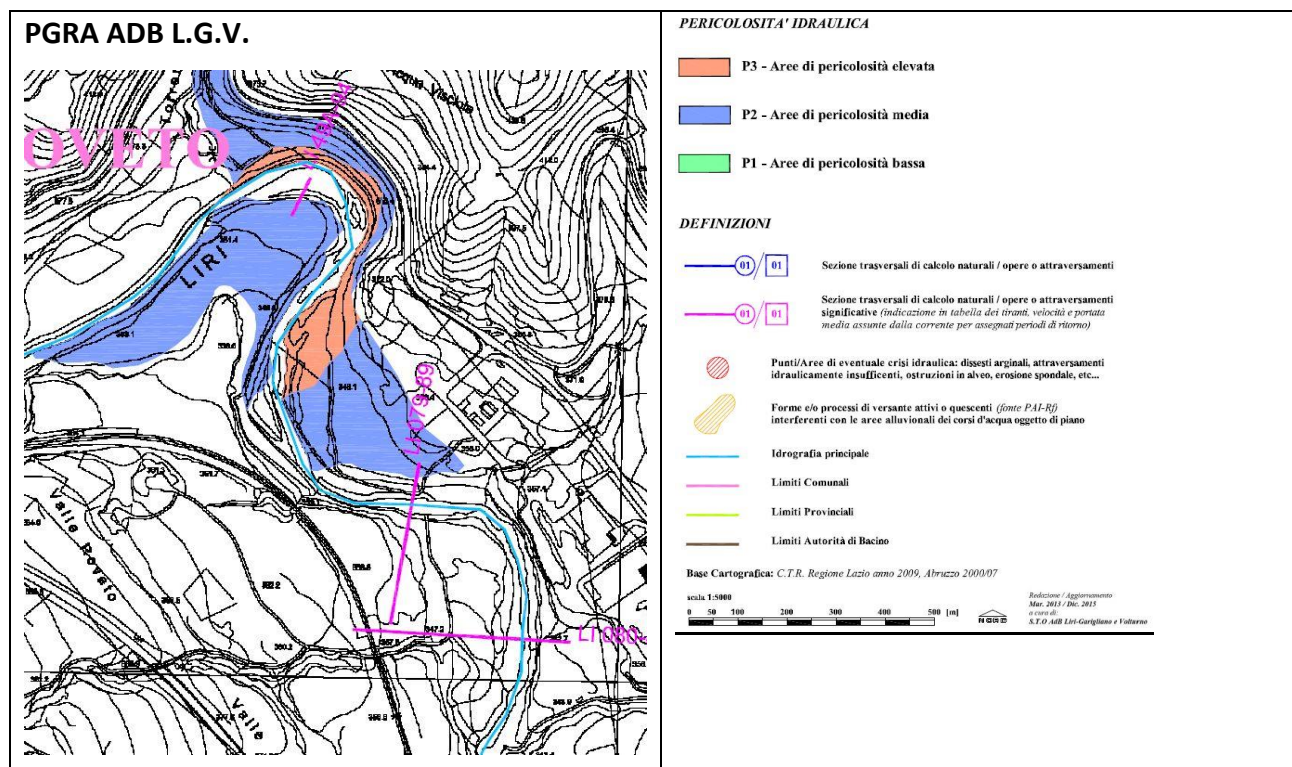
A) interventi di demolizione senza ricostruzione;

B) interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, e ristrutturazione edilizia, così come definiti alle lettere a), b), c) e d) dell'art. 3 del D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 (Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia) e s.m.i., sugli edifici, sulle opere pubbliche o di interesse pubblico, sulle infrastrutture sia a rete che puntuali e sulle attrezzature esistenti, purché detti interventi non comportino aumento del carico urbanistico o incremento dell'attuale livello di rischio e la necessità di intervenire non sia connessa con la problematica idrogeologica individuata e perimetrata dal Piano nell'area;

C) interventi strettamente necessari a migliorare la tutela della pubblica incolumità e a ridurre la vulnerabilità degli edifici esistenti, che non siano lesivi delle strutture ed infrastrutture adiacenti, senza aumenti di superficie e volume utili, senza aumento del carico urbanistico o incremento di unità immobiliari e senza cambiamenti di destinazione d'uso che non siano riconducibili ad un adeguamento degli standard per la stessa unità abitativa;



- D) interventi di riparazione, di adeguamento antisismico e ricostruzione in sito di edifici danneggiati da eventi sismici, qualora gli eventi stessi non abbiano innescato asseverate riattivazioni del fenomeno di dissesto idrogeologico;
- E) realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico riferite a servizi essenziali non delocalizzabili, purché l'opera sia progettata ed eseguita in misura adeguata al rischio dell'area e la sua realizzazione non concorra ad incrementare il carico insediativo e non precluda la possibilità di attenuare e/o eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio;
- F) interventi atti all'allontanamento delle acque di ruscellamento superficiale e che incrementano le condizioni di stabilità dell'area in frana;
- G) opere di bonifica e sistemazione dei movimenti franosi;
- H) taglio e/o eliminazione delle essenze arboree ed arbustive qualora specifici studi, asseverati da tecnici abilitati, dimostrino che esse concorrano a determinare stato di pericolo per la pubblica incolumità, aggravino le condizioni di stabilità del versante o siano di intralcio all'esecuzione di opere strutturali finalizzate alla messa in sicurezza dell'area.
- A seguito di tale disamina, si evince che l'intervento in oggetto non è esplicitamente riportato nelle NTA Liri Garigliano Volturno, pertanto verificata la fattibilità geologica e geomorfologica dell'intervento, la fattibilità urbanistica, con sito ricadente in zona industriale di PRG, accertato che l'impianto non preveda opere che portino ad un aumento del carico urbanistico, che l'intervento non richiede modifiche dal punto di vista morfologico e vegetazionale dell'area, sentito il comune di San Vincenzo Valle Roveto, organo quest'ultimo preposto al controllo, si ritiene che l'intervento contenga tutti i presupposti relativi alla fattibilità geologica.



**Figura 8: cartografia PGRA ADB LIRI GARGLIANO VOLTURNO**

Il lotto d'interesse risulta solamente lambito da una zona P2 Area di Pericolosità Media.

Il R.D.L. 30.12.1923 n° 3267 , tuttora in vigore, dal titolo: "Riordinamento e riforma in materia di boschi e terreni montani" sottopone a "vincolo per scopi idrogeologici i terreni di qualsiasi natura e destinazione che, per effetto di forme di utilizzazione contrastanti con le norme di cui agli artt. 7,8 e 9 (articoli che riguardano dissodamenti, cambiamenti di coltura ed esercizio del pascolo), possono con danno pubblico subire denudazioni, perdere la stabilità o turbare il regime delle acque".

Lo scopo principale del Vincolo Idrogeologico è quello di preservare l'ambiente fisico e quindi di garantire che tutti gli interventi che vanno ad interagire con il territorio non compromettano la stabilità dello stesso, né inneschino fenomeni erosivi, ecc., con possibilità di danno pubblico, specialmente nelle aree collinari e montane. Il Vincolo Idrogeologico in generale non preclude la possibilità di intervenire sul territorio, ma segue l'integrazione dell'opera con il territorio.

**Il sito d'indagine non è sottoposto al Vincolo Idrogeologico.**



**Figura 9:** Dettaglio della porzione del territorio comunale, sottoposta al vincolo idrogeologico.

<http://geoportale.regione.abruzzo.it/Cartanet/viewer>



## **5 INDAGINI IN SITU**

Come riportato in premessa, le indagini, sono state pianificate e realizzate nel rispetto della normativa vigente e sono consistite nella realizzazione di:

- **n.1 prova penetrometrica superpesante DPSH (Dinamic Probing Super Heavy; DPSH) terebrata sino al rifiuto strumentale;**
- **n.1 indagine sismica di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves);**
- **n. 1 prova di permeabilità a carico variabile**



**Figura 10:** stralcio in scala con l'ubicazione delle indagini geotecniche e geofisiche realizzate.

La scelta dell'ubicazione delle indagini, è stata effettuata tenendo conto della geologia del sito e dell'idea progettuale.

## 5.1 PROVE SISMICHE DI TIPO MASW (Multichannel Analysis Of Surface Waves)

Operatore prova  
Responsabile prova

Zona

Data della prova

LatitudineED50

LongitudineED50

DOTT. GEOL. LUCA RUBEIS

DOTT. GEOL. LUCA RUBEIS

SAN VINCENZO VALLE ROVETO(AQ)

30/03/2021

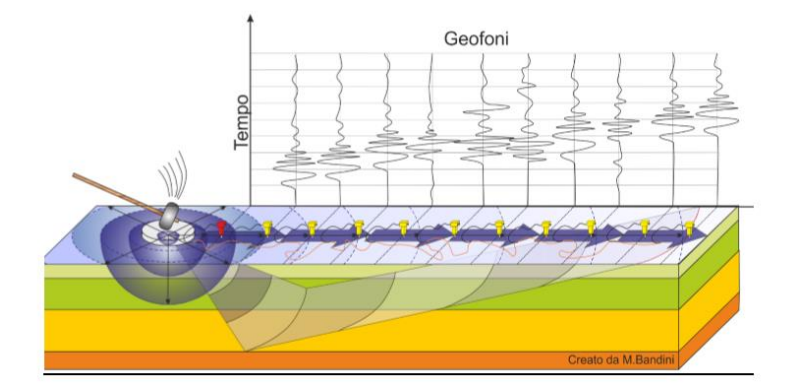
42,071726

13,052609



**Figura 11:** stralcio in scala con l'ubicazione delle indagini geofisiche MASW.

Il metodo Masw (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica d'indagine non invasiva, che individua il profilo di  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante delle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. (V.Roma 2004).



Il metodo MASW attivo consente la classificazione sismica dei suoli, poichè fornisce il profilo di velocità entro i primi 30 metri di profondità.

### **Caratterizzazione sismica dei terreni definita nella Normativa (NTC 2018)**

La velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali  $V_{s30}$  è uno dei parametri più importanti nell'ambito della valutazione dell'amplificazione del moto del suolo dovuto ad un sisma, essendo ampiamente dimostrato che gli effetti di un terremoto sono legati al contrasto di impedenza sismica tra i diversi mezzi attraversati, ovvero al prodotto tra la velocità di taglio delle onde sismiche ed il peso di volume dello strato attraversato. Notevole interesse al parametro  $V_s$  è stato inoltre fornito dalla normativa sismica (D.M. 14.01.2008) che definisce l'azione sismica di progetto per diverse categorie di suolo di fondazione sulla base del parametro  $V_{s30}$ , ovvero della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30 metri di profondità:

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

**Tabella 2:** categorie di suolo di fondazione

Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione, secondo la relazione:

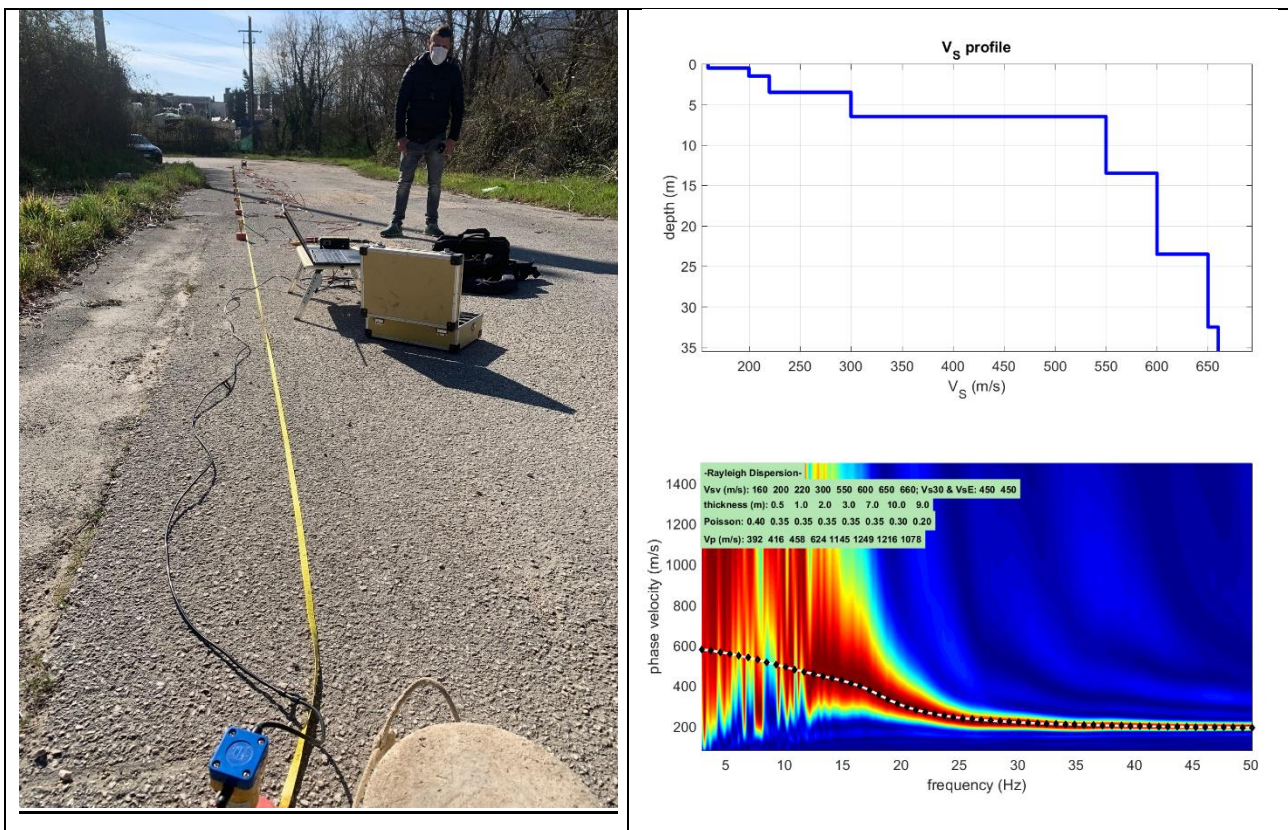


$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Dove

- N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore h(strato) e dalla velocità delle onde S Vs(strato).
- Per H si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio Vs,eq è definita dal parametro Vs30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.



**Figura 12:** Foto dello stendimento MASW con i relativi profili di velocità ricavati.

Così come previsto dalla normativa vigente, è stato realizzato uno stendimento di tipo MASW. Sono stati utilizzati 12 canali disposti ad una interdistanza (distanza intergeofonica) di 2 m tra loro.

Per lo stendimento denominato nelle cartografie ubicative **MASW**, è stata effettuata 1 energizzazione:

- **n 1:** offset (distanza sorgente primo geofono) 5 metri.

**Analizzando il profilo sismostratigrafico, si ottiene una Vs30 di 450 m/s. Risulta pertanto possibile attribuire la categoria di suolo di fondazione B**

**Suolo di tipo B:**



## 5.2 PROVE PENETROMETRICHE DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica (di caratteristiche standardizzate) posta all'estremità di un'asta di acciaio, prolungabile con l'aggiunta di successive aste, mediante battitura facendo cadere da un'altezza pari a 75 cm un maglio di peso pari a 63,5 kg in accordo con lo standard dell'International Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering. Si contano i colpi necessari per la penetrazione di ciascun tratto di lunghezza standard pari a 20cm, ottenendo la resistenza del terreno come funzione inversa della penetrazione per ciascun colpo e, diretta, del numero di colpi ( $N_{20}$ ) per una data penetrazione



**Figura 13:** stralcio in scala con l'ubicazione delle indagini geotecniche DPSH.

Come già accennato in premessa, al fine di ottenere ulteriori indicazioni sulle principali caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni di fondazione, è stata effettuata una prova penetrometrica pesante tipo (**DPSH**). La prova penetrometrica dinamica superpesante è stata realizzata con penetrometro dinamico superpesante della casa "**PAGANI GEOTECHNICAL EQUIPMENT**" con le seguenti caratteristiche:



Motore	Tipo	Benzina; 2 cil.; V
	Potenza [HP (kW) - RPM]	16 (12) - 3600
	Raffreddamento	Aria
Traslazione	Cingolato a trasmissione idrostatica	Cingolato Gommato
	Velocità di traslazione [km/h]	0 ÷ 1.8
	Pendenza max. %	25
Pompa idraulica	Numero di pompe	2
	Max. pressione operativa [bar]	250
Stabilizzatori	Numero	3
	Tipo	Idraulico

**Tabella 3:** Caratteristiche meccaniche del penetrometro Superpesante Pagani



L'interpretazione dei dati penetrometrici fornisce utili informazioni relative alla verticale stratigrafica attraversata servendosi dei dati di geologia di base e dei rilievi di superficie.

Per questo tipo di penetrometro DPSH i risultati diretti della prova ( $N_{20}$  - colpi alla punta) vengono correlati a quelli di  $N_{SPT}$  secondo la seguente formula (Cestari, 2005):

$$N_{SPT} (60\%) = C N_{20} (60\%)$$

dove:

$C = 1.5 \div 2.0$  nei terreni con ghiaie

$C = 2.0 \div 2.8$  nelle sabbie

$C = 2.8 \div 4.0$  nelle argille  $\pm$  limose.

In seguito si riporta l'elaborazione grafica delle prove DPSH:

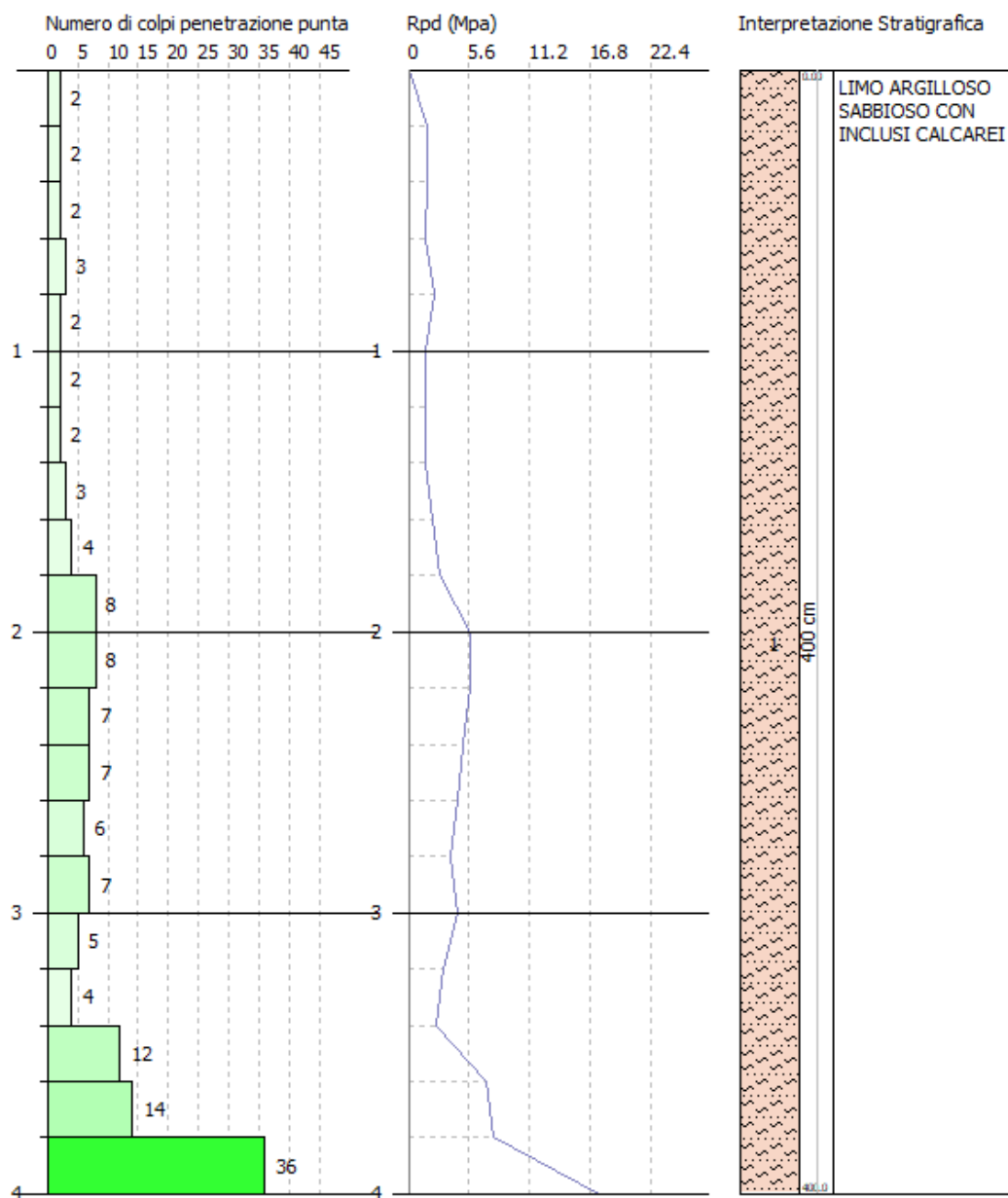
GEOLOGO RUBEIS LUCA  
SANT'ANATOLIA DI BORGOROSSE RIETI  
VIA EQUICOLA COMUNA 75 - 02021  
TEL 3497741239 E-MAIL RUBEIS.LUCA@GMAIL.COM

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH      GEOL RUBEIS LUCA  
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: DVA  
Cantiere: RECUPERO INERTI  
Località: S.V. VALLE ROVETO

Data: 25/04/2021

Scala 1:21



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

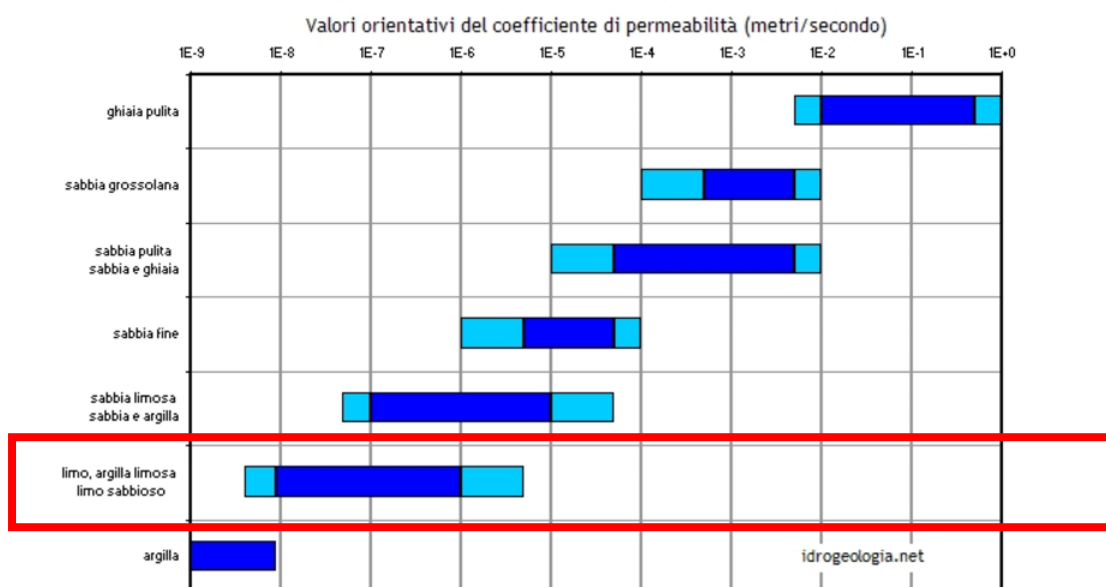


## 6 PROVA DI PERMEABILITÀ

Per stimare il coefficiente di permeabilità delle litologie sopra descritte, è stato realizzato un foro a sezione circolare profondo 50 cm. All'interno del foro esplorativo, è stata effettuata una prova di permeabilità a carico variabile.

### Valori orientativi del coefficiente di permeabilità

La figura seguente riporta i valori tipici del coefficiente di permeabilità orizzontale ( $k_h$ ) per una serie di terreni sciolti a granulometria decrescente dalle ghiaie alle argille. Per via della natura usualmente stratificata dei terreni, il valore del coefficiente di permeabilità verticale ( $k_v$ ) è di solito inferiore al valore di  $k_h$ . Il rapporto fra  $k_h$  e  $k_v$  tipicamente oscilla da 2 a 20 ma può arrivare fino a 100 in presenza di terreni molto stratificati.



$k$ (m/s)	1	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$	$10^{-8}$	$10^{-9}$	$10^{-10}$	$10^{-11}$
<i>Grado di permeabilità</i>	alto			medio		basso		molto basso		impermeabile		
<i>Drenaggio</i>	buono					povero			praticamente impermeabile			
<i>Tipo di terreno</i>	ghiaia pulita		sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita			sabbia fine, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati			terreni impermeabili argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici			
						terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione e del tempo						

Le prove in pozzetto, consentono di determinare la permeabilità di un terreno superficiale sopra falda. Il pozzetto di prova può essere di forma quadrata o circolare.

Le fasi operative consistono nel realizzare uno scavo, riempirlo d'acqua valutare l'abbassamento dell'acqua all'interno dello scavo (prove a carico variabile).

Le seguenti condizioni sono necessarie per una corretta esecuzione della prova:

**a)** Il terreno deve essere preventivamente saturato mediante immissione di acqua in modo da stabilire un regime di flusso permanente;

**b)** le dimensioni geometriche del pozzetto devono aumentare all'aumentare delle dimensioni dei granuli del terreno. In particolare il diametro del cerchio (per pozzetti circolari) deve essere superiore a 10-15 volte la dimensione della frazione granulometrica significativa;

**c)** è preferibile eseguire la prova in terreni omogenei, isotropi e con coefficiente di permeabilità  $k > 10^{-6}$  m/s.



Di seguito si riportano le formule utilizzate per calcolare il coefficiente di permeabilità

**Pozzetto circolare, Prova a carico variabile**

$$k = d \cdot (h_2 - h_1) / [32 \cdot (t_2 - t_1) \cdot h_m]$$

Dove:

**q** = portata assorbita a livello costante;

**h** = altezza dell'acqua nel pozzetto ( $h > d/4$ ); 40 CM

**d** = diametro del pozzetto. 20 CM

**h<sub>m</sub>** = altezza media dell'acqua nel pozzetto ( $h_m > d/4$ ); 20 CM

**t<sub>2</sub> - t<sub>1</sub>** = intervallo di tempo; 2700 S

**h<sub>2</sub> - h<sub>1</sub>** = variazione di livello dell'acqua nell'intervallo **t<sub>2</sub> - t<sub>1</sub> 10 CM**

Associando i dati ricavati dalla prova si evince come, per i terreni superficiali in esame, è possibile definire quantitativamente il coefficiente di permeabilità e qualitativamente i loro parametri idrogeologici (grado di permeabilità K e drenaggio), come descritto nella tabella seguente.

Pozzetto	Prof. Da P.C. (m)	Litologia	K(cm/s)	Kh(cm/s)	Grado di K	Drenaggio
1	0.50	Limi argillosi	0.000347	$1.15 \times 10^{-4}$	Medio	Buono

Quanto emerge dalla prova di permeabilità, mette in evidenza come questi depositi, abbiano una permeabilità medio - bassa.

## **7 VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' DELL'ACQUIFERO CON METODO**

### **G.O.D.**

La vulnerabilità rappresenta la facilità con cui un acquifero può essere raggiunto da una sostanza inquinante introdotta sulla superficie del suolo. Maggiore è la vulnerabilità di un acquifero, più facilmente esso potrà essere contaminato da un carico inquinante rilasciato dalla superficie. I metodi di valutazione della vulnerabilità degli acquiferi sono molteplici e si differenziano in base al grado di approfondimento delle fasi in cui si attua il processo di contaminazione di un acquifero. I metodi più impiegati oggi sono i metodi parametrici (semi-quantitativi). Essi sono basati sulla determinazione del valore numerico di alcuni parametri che influiscono sul grado di vulnerabilità di un acquifero. Tra i vari il più utilizzato, e di seguito descritto, è il Metodo G.O.D., risultato molto efficace nei sistemi pianeggianti.

Al fine di valutare la vulnerabilità dell'acquifero è stato impiegato il **Metodo G.O.D.** (Foster e Hirata, 1987), poiché risulta uno dei metodi, riconosciuti in campo internazionale, più facilmente applicabile e aggiornabile, inoltre i dati a nostra disposizione permettono l'utilizzo di tale metodo. Il metodo G.O.D. (acronimo di Groundwater occurrence, Overall lithology of aquifer, Depth to groundwater table or strike) è stato proposto da Foster e Hirata nel 1987.

Tale metodo considera i seguenti fattori:

- **G (tipologia della falda: libera, confinata, semi-confinata);**
- **O (tipo di acquifero, ed in particolare caratteristiche litologiche e grado di consolidazione delle rocce della zona non satura, per gli acquiferi non confinati, e dei livelli confinati al tetto, per gli acquiferi confinati);**
- **D (soggiacenza della falda a superficie libera nel caso di acquifero non confinato o tetto dell'acquifero per gli acquiferi confinati).**

Per quanto concerne il parametro **G**, (tipo di falda) è possibile scegliere tra 6 classi alle quali vengono attribuiti punteggi tra 0 e 1.

Ai caratteri litologici della tipologia di acquifero, parametro **O**, compete un punteggio variabile tra 0,4 e 1.

Alla soggiacenza della falda, parametro **D**, può essere assegnato un punteggio compreso tra 0,4 e 1.

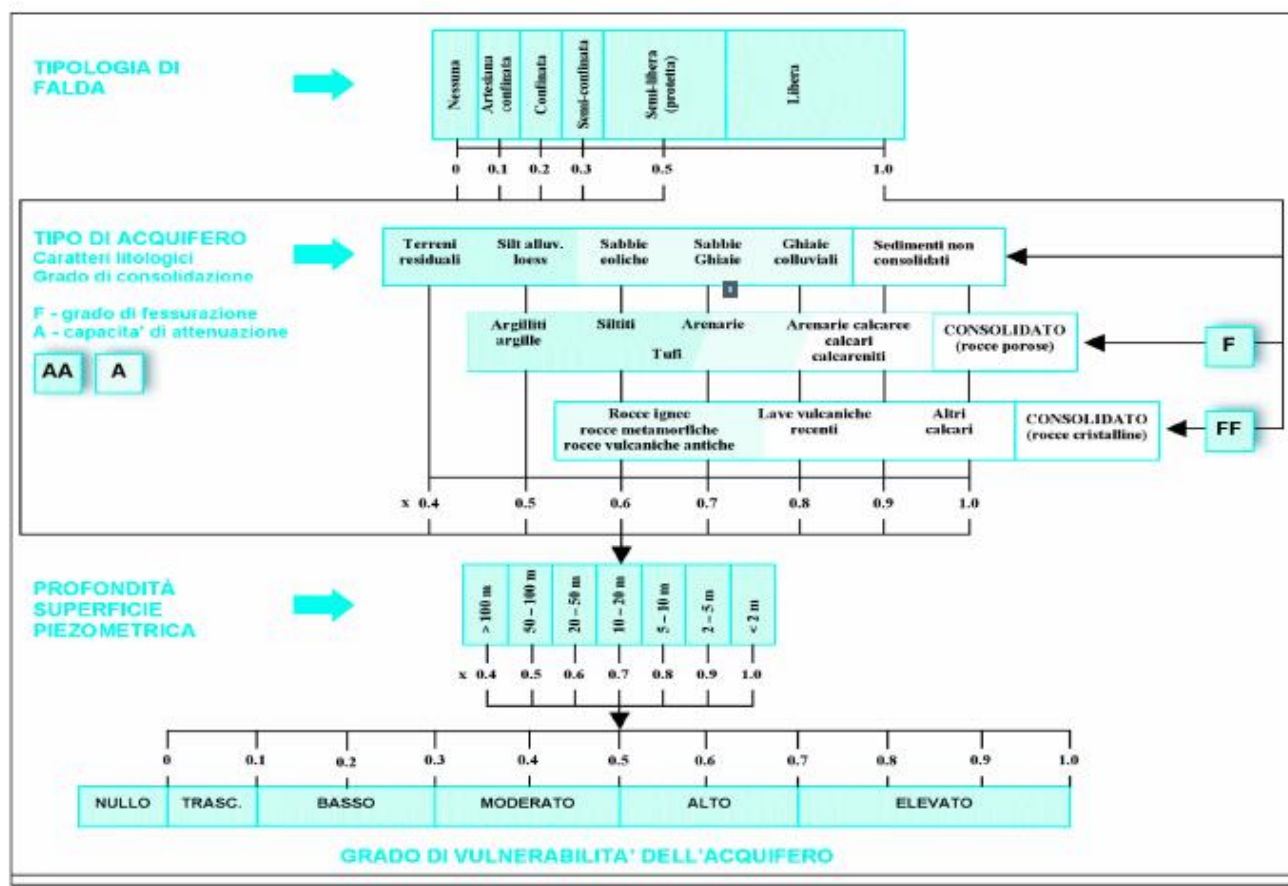
La vulnerabilità è valutata come il prodotto tra i tre indici numerici corrispondenti ai parametri suddetti:

$$\text{Indice di vulnerabilità GOD} = G \cdot O \cdot D$$

Tale indice può essere compreso tra 0 e 1 e corrisponde a 5 gradi di vulnerabilità individuati dagli autori, a cui si aggiunge un'ulteriore classe con vulnerabilità nulla (caso con acquifero mancante):

- **0 – 0,1 vulnerabilità trascurabile**
- **0,1 – 0,3 vulnerabilità bassa**
- **0,3 – 0,5 vulnerabilità moderata**
- **0,5 – 0,7 vulnerabilità alta**
- **0,7 – 1 vulnerabilità elevata**





L'acquifero è stato considerato, in relazione ai terreni mediamente permeabili con  $K=0.000347$  cm/s limoso sabbiosi.

Trattandosi di una falda SEMICONFINATA, al parametro **G** è stato attribuito il punteggio 0.3

L'acquifero risulta essere costituito essenzialmente da limi-sabbiosi-argillosi pertanto al parametro **O** è stato attribuito il valore di 0.5

Le misure freaticometriche effettuate hanno permesso di individuare il livello statico della superficie freatica a 5 m dal P.C. pertanto al parametro **D** è stato dato un valore pari a 0.8.

Sulla base dei valori ottenuti è stato possibile calcolare il valore dell'indice di vulnerabilità dell'acquifero:

$$0.3 \times 0.5 \times 0.8 = 0.12$$

**Il valore ottenuto, individua un livello di vulnerabilità BASSO**

## **8 CONCLUSIONI**

Riassumendo quanto segue per il sito di intervento in base allo studio eseguito.

Lo studio geologico ed idrogeologico, è stato svolto a supporto della richiesta di autorizzazione alla Realizzazione e gestione di un impianto di messa in riserva R13 e recupero R5 di rifiuti inerti

- E' stata eseguita una prova di permeabilità in pozzetto a carico variabile per avere una stima del coefficiente di permeabilità K, questo è risultato pari a  $31.15 \times 10^{-4}$  cm/s, pertanto è possibile affermare che si tratta di litologie a MEDIA permeabilità.
- Inoltre i dati in possesso hanno permesso di calcolare l'indice di vulnerabilità dell'acquifero tramite il metodo parametrico G.O.D..  
Tale valore è pari a 0,12 pertanto la vulnerabilità è BASSA perché compresa tra 0,1 e 0,3.
- A seguito di tale disamina, si evince che l'intervento in oggetto non è esplicitamente riportato nelle NTA Liri Garigliano Volturno, pertanto verificata la fattibilità geologica e geomorfologica dell'intervento, la fattibilità urbanistica, con sito ricadente in zona industriale di PRG, accertato che l'impianto non preveda opere che portino ad un aumento del carico urbanistico, che l'intervento non richiede modifiche dal punto di vista morfologico e vegetazionale dell'area, sentite le Autorità competenti in materia ossia ADB Liri Garigliano Volturno, DISTRETTO APPENNINO MERIDIONALE ed il comune di San Vincenzo Valle Roveto, organo quest'ultimo preposto al controllo, si ritiene che l'intervento abbia la fattibilità geologica e geomorfologica.

Si rimane a disposizione della Committenza per eventuali ulteriori chiarimenti.

**ALLEGATI:**

**ELABORATI INDAGINE MASW**

**ELABORATI INDAGINE DPSH**

**CTR 1:25000**

## **Software di elaborazione dati: WinMasw 3C Eliosoft**

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 ed S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidezza.

### **Analisi del segnale con tecnica MASW**

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

### **Modellizzazione**

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

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

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 rigidezza.

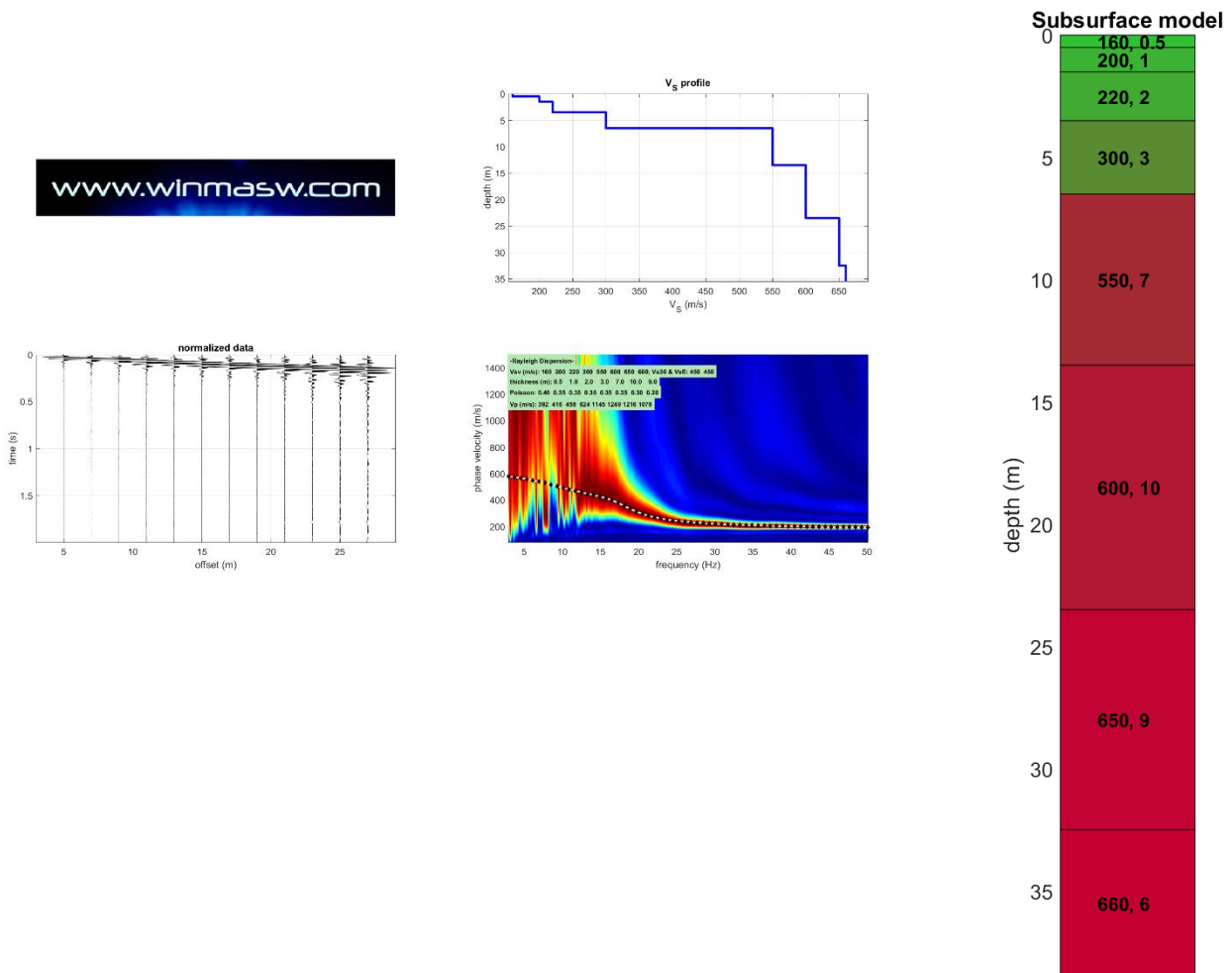
### **Modi di vibrazione**

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

### Profondità di indagine

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

### MASW



## **Elaborati prove DPSH**

### **PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE**

#### **(DYNAMIC PROBING)**

#### ***DPSH – DPM (... scpt ecc.)***

##### ***Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici***

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

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

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

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

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

#### **penetrometri in uso in Italia**

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

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)



massa battente  $M = 30$  kg, altezza di caduta  $H = 0.20$  m, avanzamento  $\Delta = 10$  cm, punta conica ( $\Delta = 60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A = 10 \text{ cm}^2$  rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente  $M = 20$  kg, altezza di caduta  $H = 0.20$  m, avanzamento  $\Delta = 10$  cm, punta conica

( $\Delta = 60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A = 10 \text{ cm}^2$  rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente  $M = 73$  kg, altezza di caduta  $H = 0.75$  m, avanzamento  $\Delta = 30$  cm, punta conica

( $\Delta = 60^\circ$ ), diametro  $D = 50.8$  mm, area base cono  $A = 20.27 \text{ cm}^2$  rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente  $M = 63.5$  kg, altezza caduta  $H = 0.75$  m, avanzamento  $\Delta = 20-30$  cm, punta conica conica ( $\Delta = 60^\circ - 90^\circ$ ) diametro  $D = 50.5$  mm, area base cono  $A = 20 \text{ cm}^2$ , rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

### Correlazione con $N_{spt}$

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

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

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

in cui  $Q$  è l'energia specifica per colpo e  $Q_{spt}$  è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui

$M$  peso massa battente.

$M'$  peso aste.

Altezza di caduta.

$A$  area base punta conica.

$\Delta$  passo di avanzamento.

### Valutazione resistenza dinamica alla punta $R_{pd}$

Formula Olandesi

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

$R_{pd}$  resistenza dinamica punta (area  $A$ ).

- e infissione media per colpo ( $\bar{e}/N$ ).
- M peso massa battente (altezza caduta H).
- P peso totale aste e sistema battuta.

**Calcolo di  $(N_1)_{60}$** 

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

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa^n / \sigma_{vo})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa} \quad (Liao \text{ e } Whitman \text{ 1986})$$

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

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

**Metodologia di Elaborazione.**

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

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

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

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

In particolare consente di ottenere informazioni su:

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

**Valutazioni statistiche e correlazioni****Elaborazione Statistica**

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

**Media**

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

**Media minima**

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

**Massimo**

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

**Minimo**

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

**Scarto quadratico medio**

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

**Media deviata**

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

**Media (+ s)**

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

**Media (– s)**

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

**Distribuzione normale R.C.**

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

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove  $\sigma_{N_{spt}}$  è la deviazione standard di  $N_{spt}$

**Distribuzione normale R.N.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di  $N_{spt}$  distribuiti normalmente:

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

dove  $n$  è il numero di letture.

**Pressione ammissibile**

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

**Correlazioni geotecniche terreni incoerenti**

**Liquefazione**

Permette di calcolare utilizzando dati  $N_{spt}$  il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi). Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se  $N_{spt}$  dello strato considerato risulta inferiore a  $N_{spt}$  critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

**Correzione  $N_{spt}$  in presenza di falda**

$$N_{spt\ corretto} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

$N_{spt}$  è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

#### *Angolo di Attrito*

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda)  $\varphi > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38°.
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann (1977) - Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\varphi > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONAL RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\varphi > 15$  t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

#### **Densità relativa (%)**

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

#### **Modulo Di Young ( $E_y$ )**

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.
- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

#### **Modulo Edometrico**

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buismann-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

#### **Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977

#### **Peso di Volume**

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.



#### **Peso di volume saturo**

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

#### **Modulo di poisson**

- Classificazione A.G.I.

#### **Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)**

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio  $\bar{\sigma}_d$  e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

#### **Velocità onde di taglio $V_s$ (m/s)**

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

#### **Modulo di deformazione di taglio (G)**

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

#### **Modulo di reazione ( $K_0$ )**

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

#### **Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )**

- Robertson (1983) -  $Q_c$

#### **Correlazioni geotecniche terreni coesivi**

#### **Coesione non drenata**

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con  $N_{spt} < 8$  , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948).  $C_u$  (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività  $> 5$ , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche  $< 10$  colpi, per resistenze penetrometriche  $> 10$  l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche" di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , ( $C_u$ - $N_{spt}$ -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975),  $C_u$  (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con  $N_c = 20$  e  $Q_c/N_{spt} = 2$ .
- Schmertmann (1975),  $C_u$  (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata  $C_u$  (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

#### **Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )**

- Robertson (1983) -  $Q_c$

#### **Modulo Edometrico-Confinato ( $M_o$ )**

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.

- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali.
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato -Mo (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Qc/Nspt=1.5-2.0$ ).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ( $Nspt < 30$ ) medie e molli ( $Nspt < 4$ ) e argille sabbiose ( $Nspt = 6-12$ ).

**Modulo Di Young ( $E_Y$ )**

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P.  $> 15$ .
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

**Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977.

**Peso di Volume**

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

**Peso di volume saturo**

- Meyerhof ed altri.

**PROVA ...DPSH**

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI  
Prova eseguita in data 25/04/2021  
Profondità prova 4.00 mt  
Falda non rilevata  
GEOL RUBEIS LUCA

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.20	2	0.855	1.76	2.06	88.06	103.04
0.40	2	0.851	1.75	2.06	87.66	103.04
0.60	2	0.847	1.60	1.89	80.10	94.57
0.80	3	0.843	2.39	2.84	119.63	141.85
1.00	2	0.840	1.59	1.89	79.42	94.57
1.20	2	0.836	1.58	1.89	79.09	94.57
1.40	2	0.833	1.58	1.89	78.76	94.57
1.60	3	0.830	2.17	2.62	108.74	131.08
1.80	4	0.826	2.89	3.50	144.42	174.77
2.00	8	0.823	5.75	6.99	287.74	349.54
2.20	8	0.820	5.73	6.99	286.67	349.54

2.40	7	0.817	5.00	6.12	249.92	305.85
2.60	7	0.814	4.63	5.69	231.45	284.25
2.80	6	0.811	3.95	4.87	197.70	243.65
3.00	7	0.809	4.60	5.69	229.87	284.25
3.20	5	0.806	3.27	4.06	163.65	203.04
3.40	4	0.803	2.61	3.25	130.50	162.43
3.60	12	0.801	7.29	9.10	364.52	455.16
3.80	14	0.748	7.95	10.62	397.42	531.02
4.00	36	0.646	17.64	27.31	882.12	1365.47

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tension e efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
4	6.8	5.57	Incoerente - coesivo	0	19.32	21.28	38.64	1.47	10.01	LIMO ARGILLOSO SABBIOSO CON INCLUSI CALCAREI

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH**
**TERRENI COESIVI**
**Coesione non drenata (KPa)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman	De Beer
[1] - LIMO ARGILLOSO SABBIOSO CON INCLUSI CALCAREI	10.01	4.00	66.29	122.68	49.03	39.23	96.30	167.11	86.89	117.78	49.13	120.13	122.68

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] - LIMO ARGILLOSO SABBIOSO CON INCLUSI CALCAREI	10.01	4.00	Robertson (1983)	1.96

**Modulo Edometrico (Mpa)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - LIMO	10.01	4.00	4.50	--	10.19	9.82

ARGILLOSO SABBIOSO CON INCLUSI CALCAREI						
--	--	--	--	--	--	--

**Modulo di Young (Mpa)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - LIMO ARGILLOSO SABBIOSO CON INCLUSI CALCAREI	10.01	4.00	9.29	9.82

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - LIMO ARGILLOSO SABBIOSO CON INCLUSI CALCAREI	10.01	4.00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
[1] - LIMO ARGILLOSO SABBIOSO CON INCLUSI CALCAREI	10.01	4.00	Meyerhof	19.32

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
[1] - LIMO ARGILLOSO SABBIOSO CON INCLUSI CALCAREI	10.01	4.00	Meyerhof	21.28

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - LIMO ARGILLOSO SABBIOSO CON INCLUSI CALCAREI	10.01	4.00	Ohta & Goto (1978) Limi	116.49

**TERRENI INCOERENTI**
**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - LIMO ARGILLOSO SABBIOSO CON INCLUSI CALCAREI	10.01	4.00	33.1	63.52	65.7	33.01

**Angolo di resistenza al taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck- Hanson- Thornbu- rn- Meyerh of 1956	Meyerh of (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerh of (1965)	Schmert mann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi- Fukuni 1982 (ROAD BRIDG E SPECIF ICATIO N)	Japanes e National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - LIMO ARGIL LOSO SABBI OSO CON INCLU SI CALCA	10.01	4.00	10.01	29.86	22.86	30.8	30.75	33.67	36.89	<30	27.25	30	37.61	29.15



REI

**Modulo di Young (Mpa)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - LIMO ARGILLOSO SABBIOSO CON INCLUSI CALCAREI	10.01	4.00	10.01	22.15	7.85	11.65	25.01	12.26

**Modulo Edometrico (Mpa)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - LIMO ARGILLOSO SABBIOSO CON INCLUSI CALCAREI	10.01	4.00	10.01	5.89	4.71	6.97	8.10

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - LIMO ARGILLOSO SABBIOSO CON INCLUSI CALCAREI	10.01	4.00	10.01	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
[1] - LIMO ARGILLOSO SABBIOSO CON INCLUSI CALCAREI	10.01	4.00	10.01	Meyerhof ed altri	14.49

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
[1] - LIMO ARGILLOSO SABBIOSO CON INCLUSI CALCAREI	10.01	4.00	10.01	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.83

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - LIMO ARGILLOSO SABBIOSO CON INCLUSI CALCAREI	10.01	4.00	10.01	(A.G.I.)	0.33

**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - LIMO ARGILLOSO SABBIOSO CON	10.01	4.00	10.01	55.57	50.08

INCLUSI CALCAREI				
------------------	--	--	--	--

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - LIMO ARGILLOSO SABBIOSO CON INCLUSI CALCAREI	10.01	4.00	10.01	Ohta & Goto (1978) Limi	116.49



