ACEA ATO 2 SPA

Il Responsabile del Procedimento
in fase di progettazione
Ing. Maria Giovanna Sarni

CODICE ATO2– WBS

AAT2	ICS01	000	A342Q.11	

ELABORATO

SUD10120 PFTE R 003 1

DATA MARZO 2026

SCALA –

INTERCONNESSIONE ACQUEDOTTO APPIO-ALESSANDRINO AD ACQUEDOTTO DOGANELLA LOTTO I

COMUNE DI MONTE COMPATRI
COMUNE DI SAN CESAREO
COMUNE DI COLONNA

RELAZIONE GEOLOGICA

Yousef ABU SABHA

Firmato digitalmente da:
YOUSEF ABU SABHA
Data: 10/08/2026 15:53:08

PROGETTAZIONE:

INGEGNERIA 2P & associati s.r.l.
30027 – San Dona' di Piave (VE)
Via G.B. Dall'Armi 27/3
Tel. +39.0421.307700 Mail: info@ingegneria2p.it
Web: www.ingegneria2p.it

Responsabile del progetto: Dott. Ing. Nicola Bisetto
Aspetti Idraulici: Dott. Ing. Gianna Panizzutti
Aspetti Ambientali: Dott. Ing. Caterina Masotto
Aspetti Vincolistici: Dott. For. Michele Marchesin
Aspetti Elettrici: Dott. Ing. Mattia Betti
Aspetti Strutturali: Dott. Ing. Giovanni Carretta

AGG. N.	DATA	NOTE	FIRMA
1	05/2026	RECEPIMENTO OSSERVAZIONI ATO 2	
2			
3			
4			
5			

Coordinatore per la sicurezza in fase di Progettazione
Dott. Ing. Nicola Bisetto

Nicola Bisetto
03.08.2026
15:22:47
GMT+02:00

ACEA ATO 2 SPA

Member of CISQ Federation
CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM
ISO 9001–ISO 14001
BS OHSAS 18001
ISO 50001

Il Responsabile del Procedimento in fase di progettazione

ACEA Infrastructure SPA

ELABORATO
GE331

DATA **APRILE 2026**

SCALA

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA E D ECONOMICA (PFTE)

INTERCONNESSIONE DELL'ACQUEDOTTO APPIO ALESSANDRINO E DOGANELLA – LOTTO 1

Responsabile Ingegneria
Ing. Paolo Smurra

Responsabile Unità Infrastrutture Civili
Ing. Geol. Eliseo Paolini

Responsabile CdC Geologia e Idrogeologia
Geol. Yousef Abu Sabha

Responsabile attività specialistica
Geol. Yousef Abu Sabha

Collaboratore
Geol. Marco Marrocco

RELAZIONE GEOLOGICA

ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO
Dott. YOUSEF ABU SABHA Geologo
Anno 2025

AGG. N.	DATA	NOTE	FIRMA
1			
2			
3			
4			
5			

Coordinatore per la sicurezza in fase di Progettazione

INDICE

1 PREMESSA 2
2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO 2
3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO 5
3.1 Assetto geologico locale 7
4 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO 13
4.1 Dati interferometrici a supporto della stabilità geomorfologica 20
4.2 Vincolo Idrogeologico 28
4.3 Studio geomorfologico 36
4.4 Analisi di stabilità 38
5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO 45
6 CENNI DI SISMICITÀ E RIFERIMENTI ALLA VIGENTE NORMATIVA ANTISISMICA 48
6.1 Analisi della suscettibilità a liquefazione 58
7 INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE 62
7.1 Indagini geognostiche e geofisiche di repertorio (campagna anno 2022) 65
7.1.1 Stratigrafia sondaggi geognostici 67
7.1.2 Prove S.P.T. (Standard Penetration Test) 69
7.1.3 Prova penetrometrica dinamica tipo DPSH 70
7.1.4 Prospezione sismica MASW 75
7.1.5 Misura di frequenza fondamentale del terreno HVSR 78
7.2 Indagini geognostiche e geofisiche eseguite (campagna anno 2023) 81
7.2.1 Stratigrafia sondaggi geognostici 81
7.2.2 Dati piezometrici 83
7.2.3 Prove S.P.T. (Standard Penetration Test) 83
7.2.4 Prova penetrometrica dinamica tipo DPSH 84
7.2.5 Prospezione sismica MASW 87
7.2.6 Prospezioni di sismica a rifrazione con tecnica tomografica 2D 90
7.2.7 Misura di frequenza fondamentale del terreno HVSR 91
7.3 Indagini geognostiche e geofisiche eseguite (campagna anno 2025 - 2026) 93
7.3.1 Prova penetrometrica dinamica tipo DPSH 93
7.3.2 Prospezioni di sismica a rifrazione con tecnica tomografica 2D 98
7.3.3 Prospezioni sismiche MASW 102
7.3.4 Misure di rumore sismico HVSR 105
8 MODELLO GEOLOGICO-TECNICO 108
9 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE 113

In calce alla presente Relazione Geologica sono presenti i seguenti allegati tecnici:

- *Carta di inquadramento territoriale (scala 1:5.000);*
- *Carta geologica (scala 1:5.000);*
- *Carta geomorfologica (scala 1:5.000);*
- *Carta idrogeologica (scala 1:5.000);*
- *Carta delle pendenze (scala 1:5.000);*
- *Carta dell'ubicazione delle indagini: (scala 1:2.000);*
- *Tavola delle sezioni geologico-tecniche (scale varie);*
- *Report completi delle analisi di stabilità condotte;*
- *Report delle indagini geognostiche e geofisiche.*

1 PREMESSA

La presente Relazione Geologica è a supporto degli interventi di progetto relativi all'interconnessione acquedottistica tra "Appio-Alessandrino" e "Doganella" e si sviluppa nelle aree territoriali dei Comuni di Colonna, Monte Compatri e San Cesareo (RM).

La presente Relazione Geologica, redatta ai sensi del D.M. 17/01/2018 ("*Norme tecniche per le costruzioni*"), del D.L. 36/2023 Nuovo Codice Appalti, del Regolamento Regionale adottato dalla Regione Lazio del 16/04/2021 n. 7 – D.G.R. Lazio 189/2021, concernente "*Modifiche al regolamento regionale 26 ottobre 2020, n. 26 (Regolamento regionale per la semplificazione e l'aggiornamento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico. Abrogazione del regolamento regionale 13 luglio 2016, n. 14 e successive modifiche*", e della D.G.R. Lazio n. 1038 - del 10/12/2024 *(Approvazione "Vincolo Idrogeologico - Direttive 2024 sulle procedure in funzione del riparto di cui agli artt. 8, 9 e 10 della LR n. 53/98", e "Linee guida 2024 sulla documentazione per le istanze di nulla osta al vincolo idrogeologico ai sensi del R.D.L. 3267/23 e R.D. 1126/26 nell'ambito delle competenze regionali". Revoca della deliberazione di Giunta regionale n.920/2022,* illustra il quadro litostratigrafico, geomorfologico, idrogeologico e sismico dell'area in studio.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area interessata dall'intervento è situata nei territori comunali di Colonna, Monte Compatri e San Cesareo precisamente in Via Acqua Felice, Via Casilina, Via Colle di Pero Alto, Via delle Quinte, Via Marmorelle, Via Marmorelle Nuova, Via dei Cesti, Via Valle Canestra, Via del Giunco, Via Bel Poggio, Via S. Chiara. La zona è individuabile topograficamente sulla Carta Tecnica Regionale al foglio n° 375090 e n° 375130 (alla scala 1:10.000). Di seguito si riporta uno stralcio della CTR con scala 1:10.000 (Figura 1) ed una vista aerea dell'area di progetto (Figura 2).

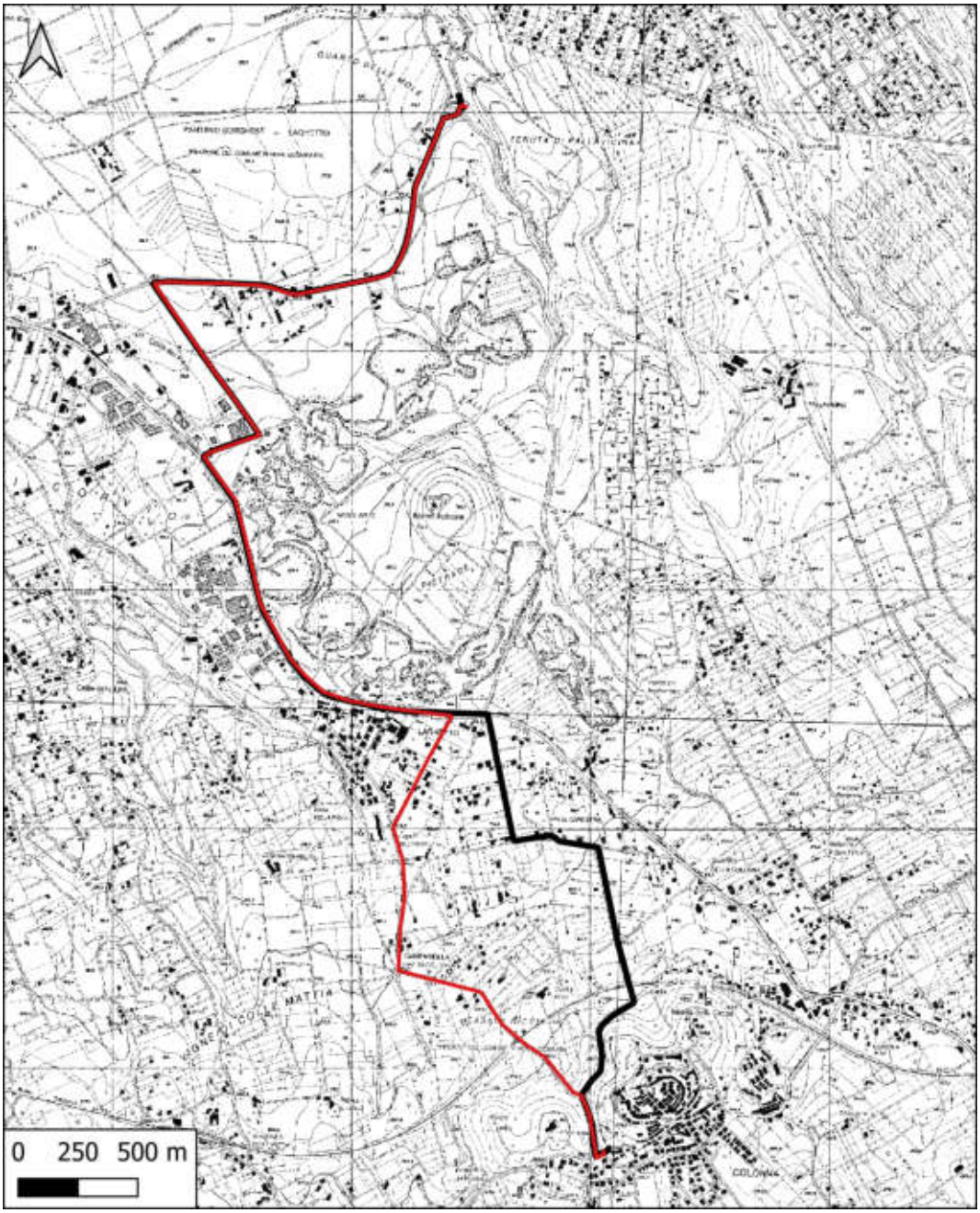


Figura 1. Stralcio fogli CTR Regione Lazio (a scala 1:10.000) n°375090 e n° 375130. Indicata in rosso la condotta DN250 e in nero la condotta DN600.

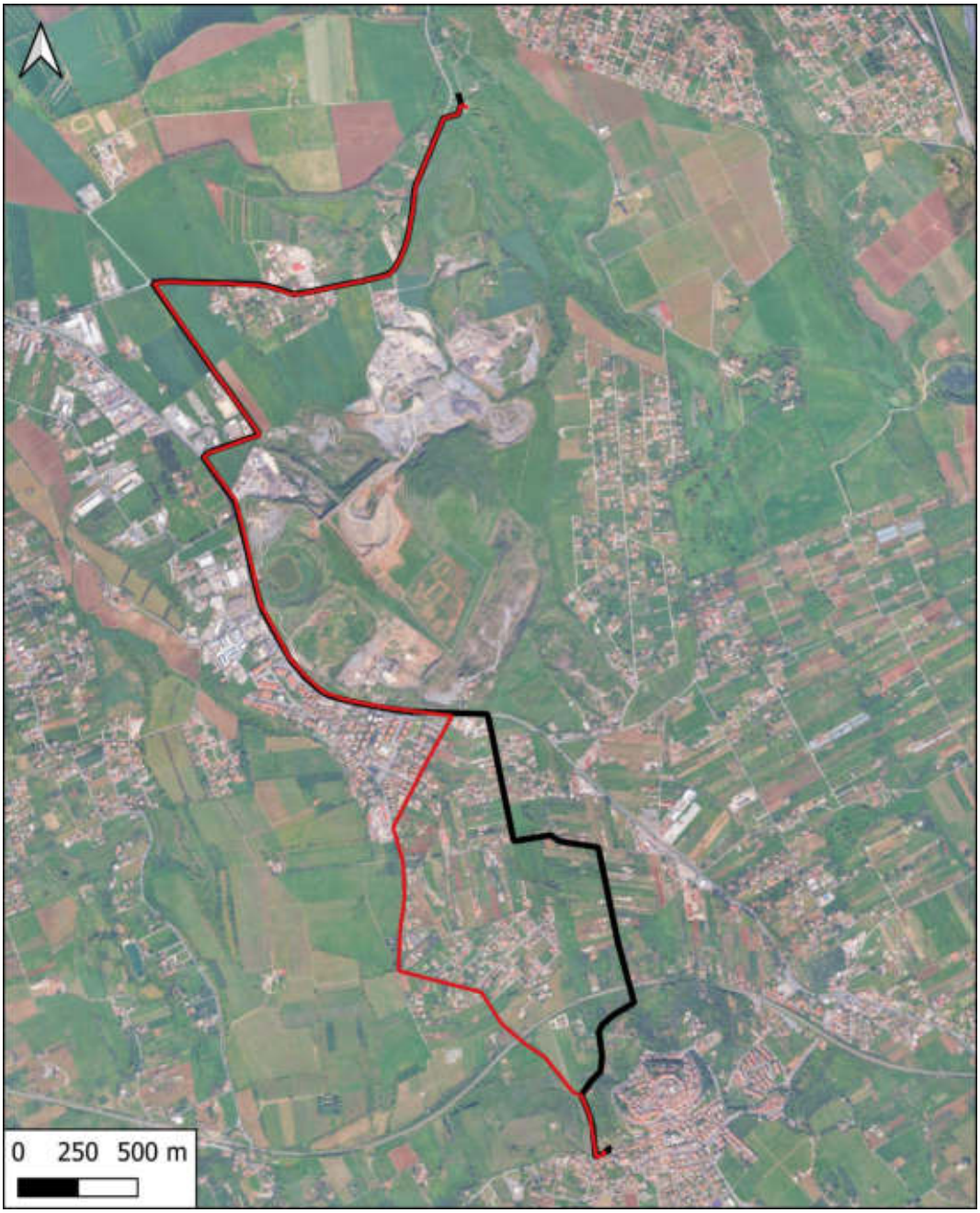


Figura 2. Vista aerea dell'area interessata. Indicata in rosso la condotta DN250 e in nero la condotta DN600.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di indagine su cui insiste l'opera in progetto è situata ad est della città di Roma, lungo le pendici settentrionali del Vulcano Laziale. È compresa tra l'abitato di Monte Compatri, quello di Colonna e la via Casilina. Nell'area affiorano estesamente, unitamente ai depositi eluvio-colluviali ed alluvionali, i depositi vulcanici appartenenti al Distretto Vulcanico Albano, un apparato centrale complesso quiescente.

Tali prodotti vengono deposti in un'area molto estesa, approssimativamente circolare e con diametro di circa 60 km, giungendo fino al fiume Aniene a nord, alla Piana Pontina ad ovest, ai Monti Ruffi ad est, alla Valle del Sacco ed ai Monti Lepini a sud. Una suddivisione cronologica riconosce nell'attività vulcanica dei Colli Albani tre fasi (Figura 3):

- Fase Tuscolano-Artemisio (da circa 600.000 a 350.000 anni fa):
  è la più antica e prende il nome dal bordo calderico costituito dai Monti del Tuscolo a N e dell'Artemisio a S. In particolare, questa fase è stata caratterizzata, accanto all'emissione di potenti colate di lava e ad un'attività stromboliana, da eventi esplosivi parossistici seguiti da collassi calderici, che hanno messo in posto notevoli volumi di ignimbriti, che costituiscono oggi il substrato di gran parte della Campagna Romana.
- Fase delle Faete (da circa 350.000 a 270.000 anni fa):
  durante questa fase, prevalentemente effusiva, diverse colate laviche debordano all'esterno del settore centrale, ed alcune di queste, come la Lava di Campo di Bove, raggiungono la periferia sud-orientale di Roma.
- Fase idromagmatica (da circa 270.000 a 20.000 anni fa):
  è la fase finale dell'attività del Distretto Vulcanico dei Colli Albani e dà luogo all'emissione dei famosi "peperini" romani degli Autori.

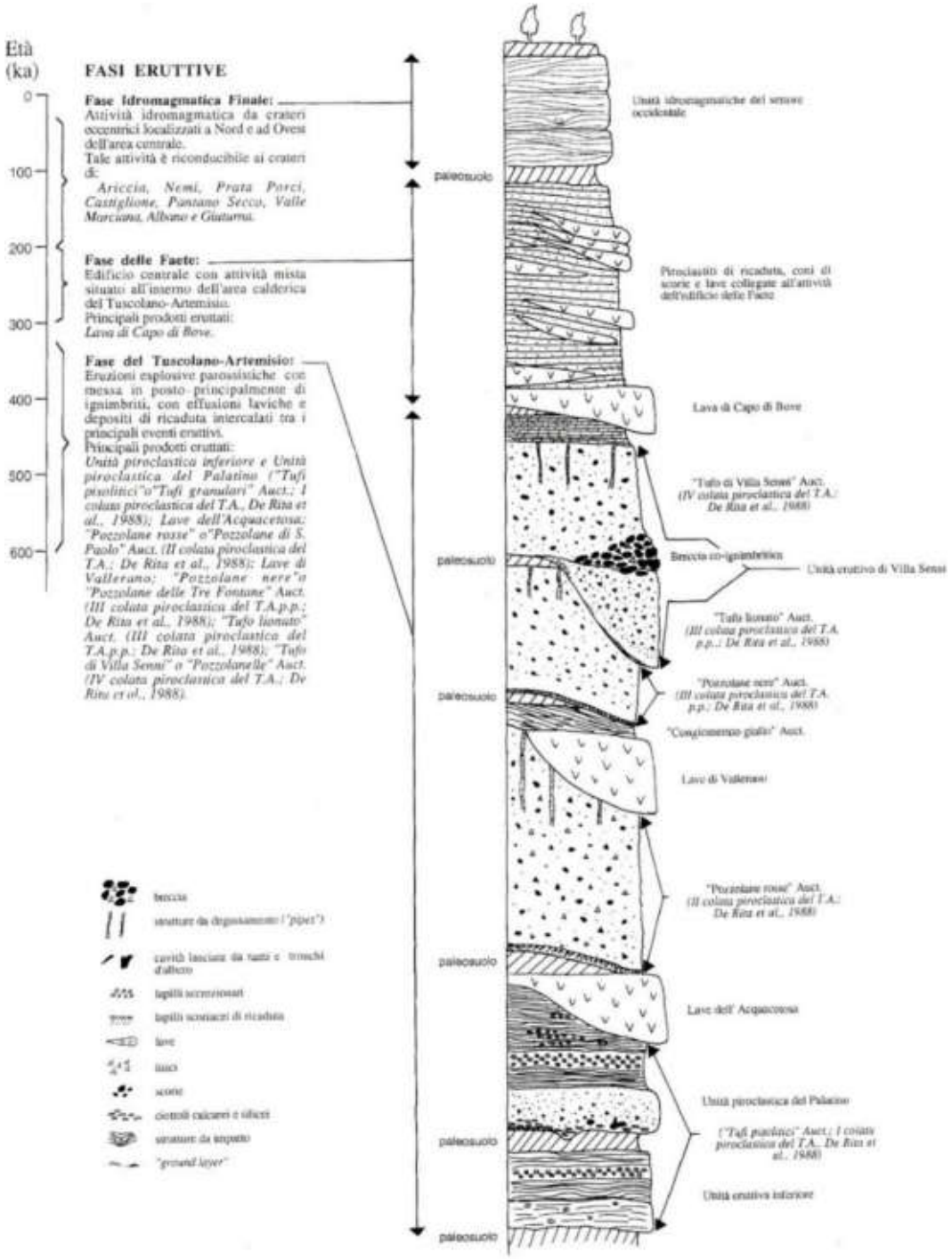


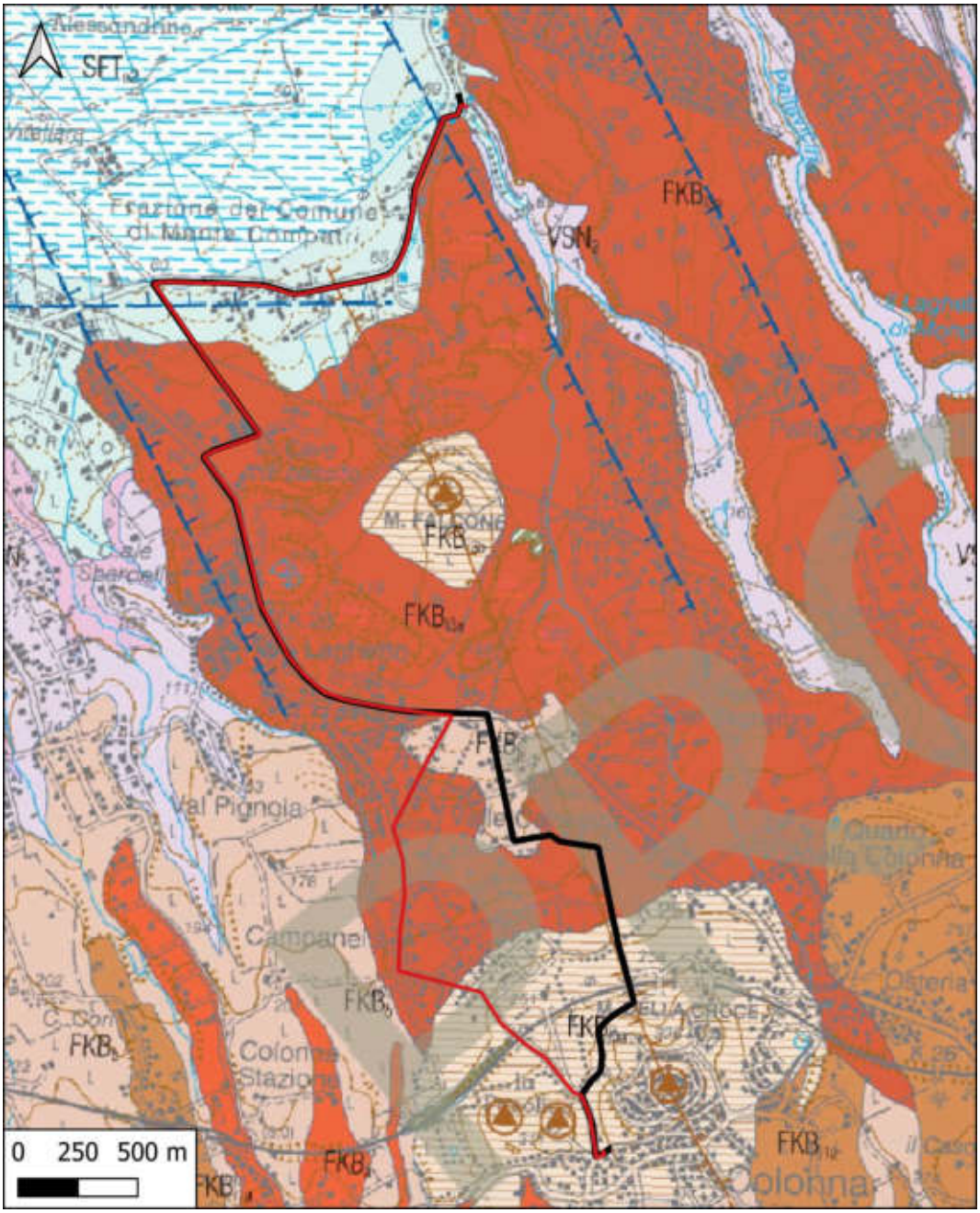
Figura 3. Schema stratigrafico del Distretto Vulcanico dei Colli Albani (da Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia, La Geologia di Roma, 1995).

Dal progetto ITHACA (ITaly HAzard from CApable faults), sviluppato dal Servizio Geologico d'Italia – ISPRA, ha permesso di osservare come l'area in esame non sia ubicata in vicinanza di faglie capaci che possano produrre una significativa deformazione tettonica permanente in superficie.

3.1 Assetto geologico locale

Come illustrato nello stralcio della *Carta Geologica d'Italia* in scala 1:50.000 – Foglio 375 "*TIVOLI*" di seguito riportato (Figura 4), le opere di progetto interessano le seguenti formazioni geologiche:

- Deposito alluvionale (SFT_b): alternanze di sabbie, silt e argille, con spessori fino a 60 m;
- Deposito lacustre (SFT_{e2}): limi argillosi alternati a livelli siltoso-sabbiosi ricchi di elementi vulcanici;
- Formazione Madonna degli Angeli:
    - Litofacies lavica (FKB_{i3a}): lave grigio-scure in colate da compatte a vacuolari;
    - Litofacies piroclastica (FKB_b): depositi di scorie e ceneri da ricaduta e rimaneggiati associati sia a coni di scorie che ad apparati eccentrici;
    - Litofacies scoriacea (FKB_{i3b}): bancate di lapilli scoriacei, da porfirici, a leucite e pirosseno, ad afirici, da saldati a sciolti con intercalati livelli cineritici.

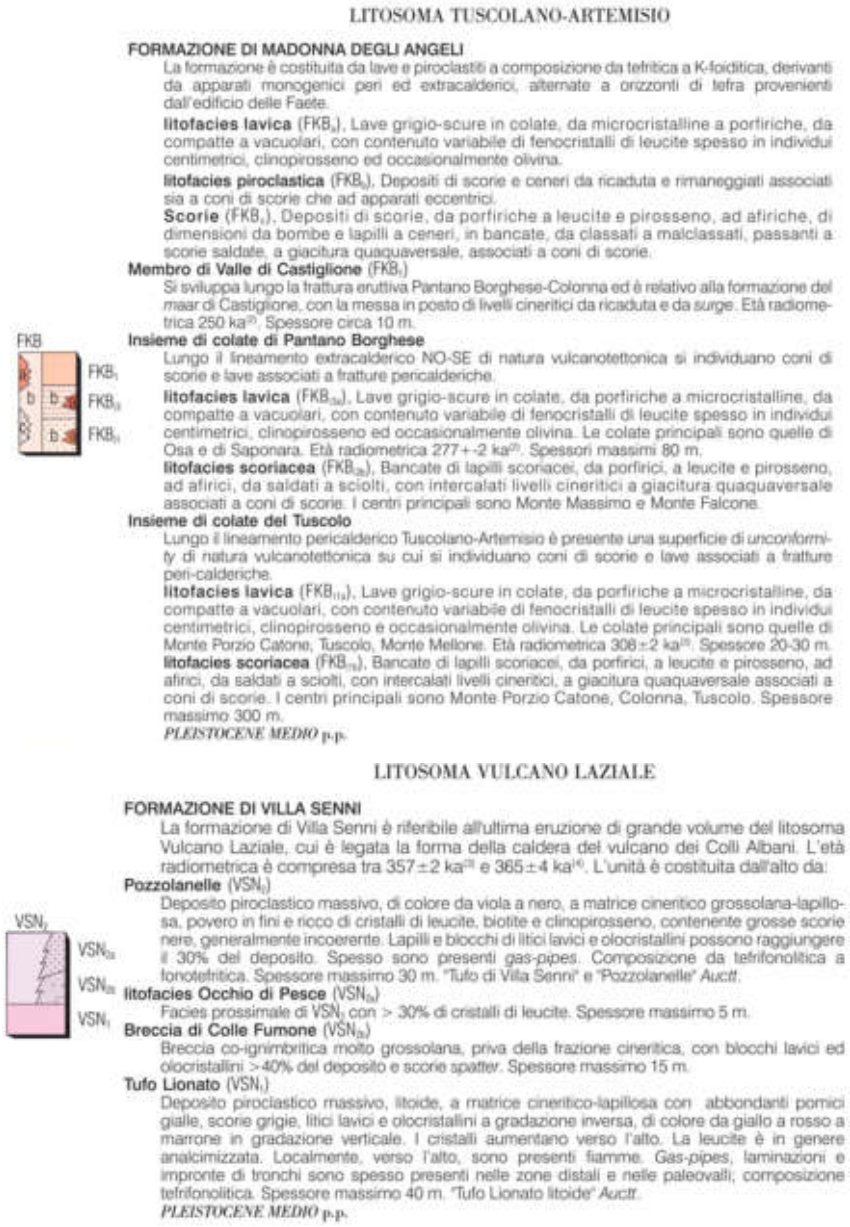


SFT

Deposito alluvionale
Alternanze di sabbie, silt, argille e livelli ricchi di materia organica. Spessore fino a 60 m.
OLOCENE

SFT

Deposito lacustre
Limi argillosi alternati a livelli siltoso-sabbiosi ricchi di elementi vulcanici. Nell'area di Bagni di Tivoli limi e argille, intercalati a livelli torbosi e a sabbie travertinose. Spessore: variabile, mediamente >10 m; nel cratere di Castiglione in sondaggio 90 m.
PLEISTOCENE SUPERIORE p. p. - OLOCENE



LITOSOMA TUSCOLANO-ARTEMISIO

FORMAZIONE DI MADONNA DEGLI ANGELI

La formazione è costituita da lave e piroclastiti a composizione da tefritica a K-foiditica, derivanti da apparati monogenici peri ed extracalderici, alternate a orizzonti di tefra provenienti dall'edificio delle Faete.

litofacies lavica (FKB_a). Lave grigio-scure in colate, da microcristalline a porfiriche, da compatte a vacuolari, con contenuto variabile di fenocristalli di leucite spesso in individui centimetrici, clinopirosseno ed occasionalmente olivina.

litofacies piroclastica (FKB_b). Depositi di scorie e ceneri da ricaduta e rimaneggiati associati sia a coni di scorie che ad apparati eccentrici.

Scorie (FKB_c). Depositi di scorie, da porfiriche a leucite e pirosseno, ad afiriche, di dimensioni da bombe e lapilli a ceneri, in bancate, da classati a malclassati, passanti a scorie saldate, a giacitura quaquaversale, associati a coni di scorie.

Membro di Valle di Castiglione (FKB_1)

Si sviluppa lungo la frattura eruttiva Pantano Borghese-Colonna ed è relativo alla formazione del *maar* di Castiglione, con la messa in posto di livelli cineritici da ricaduta e da *surge*. Età radiometrica 250 ka[20]. Spessore circa 10 m.

Insieme di colate di Pantano Borghese

Lungo il lineamento extracalderico NO-SE di natura vulcanotettonica si individuano coni di scorie e lave associati a fratture pericalderiche.

litofacies lavica (FKB_{2a}). Lave grigio-scure in colate, da porfiriche a microcristalline, da compatte a vacuolari, con contenuto variabile di fenocristalli di leucite spesso in individui centimetrici, clinopirosseno ed occasionalmente olivina. Le colate principali sono quelle di Osa e di Saponara. Età radiometrica 277+-2 ka[20]. Spessori massimi 80 m.

litofacies scoriacea (FKB_{2b}). Bancate di lapilli scoriacei, da porfirici, a leucite e pirosseno, ad afirici, da saldati a sciolti, con intercalati livelli cineritici a giacitura quaquaversale associati a coni di scorie. I centri principali sono Monte Massimo e Monte Falcone.

Insieme di colate del Tuscolo

Lungo il lineamento pericalderico Tuscolano-Artemisio è presente una superficie di *unconformity* di natura vulcanotettonica su cui si individuano coni di scorie e lave associati a fratture peri-calderiche.

litofacies lavica (FKB_{11a}). Lave grigio-scure in colate, da porfiriche a microcristalline, da compatte a vacuolari, con contenuto variabile di fenocristalli di leucite spesso in individui centimetrici, clinopirosseno e occasionalmente olivina. Le colate principali sono quelle di Monte Porzio Catone, Tuscolo, Monte Mellone. Età radiometrica 308±2 ka[20]. Spessore 20-30 m.

litofacies scoriacea (FKB_{11b}). Bancate di lapilli scoriacei, da porfirici, a leucite e pirosseno, ad afirici, da saldati a sciolti, con intercalati livelli cineritici, a giacitura quaquaversale associati a coni di scorie. I centri principali sono Monte Porzio Catone, Colonna, Tuscolo. Spessore massimo 300 m.

PLEISTOCENE MEDIO p.p.

LITOSOMA VULCANO LAZIALE

FORMAZIONE DI VILLA SENNI

La formazione di Villa Senni è riferibile all'ultima eruzione di grande volume del litosoma Vulcano Laziale, cui è legata la forma della caldera del vulcano dei Colli Albani. L'età radiometrica è compresa tra 357±2 ka[23] e 365±4 ka[16]. L'unità è costituita dall'alto da:

Pozzolanelle (VSN_6)

Deposito piroclastico massivo, di colore da viola a nero, a matrice cineritico grossolana-lapillosa, povero in fini e ricco di cristalli di leucite, biotite e clinopirosseno, contenente grosse scorie nere, generalmente incoerente. Lapilli e blocchi di litici lavici e olocristallini possono raggiungere il 30% del deposito. Spesso sono presenti *gas-pipes*. Composizione da tefrifonolitica a fonotefritica. Spessore massimo 30 m. "Tufo di Villa Senni" e "Pozzolanelle" *Auctt.*

litofacies Occhio di Pesce (VSN_{5b})

Facies prossimale di VSN_5 con > 30% di cristalli di leucite. Spessore massimo 5 m.

Breccia di Colle Fumone (VSN_{5a})

Breccia co-ignimbritica molto grossolana, priva della frazione cineritica, con blocchi lavici ed olocristallini >40% del deposito e scorie *spatter*. Spessore massimo 15 m.

Tufo Lionato (VSN_1)

Deposito piroclastico massivo, litoide, a matrice cineritico-lapillosa con abbondanti pomici gialle, scorie grigie, litici lavici e olocristallini a gradazione inversa, di colore da giallo a rosso a marrone in gradazione verticale. I cristalli aumentano verso l'alto. La leucite è in genere analcimizzata. Localmente, verso l'alto, sono presenti fiamme. *Gas-pipes*, laminazioni e impronte di tronchi sono spesso presenti nelle zone distali e nelle paleovalli; composizione tefrifonolitica. Spessore massimo 40 m. "Tufo Lionato litoide" *Auctt.*

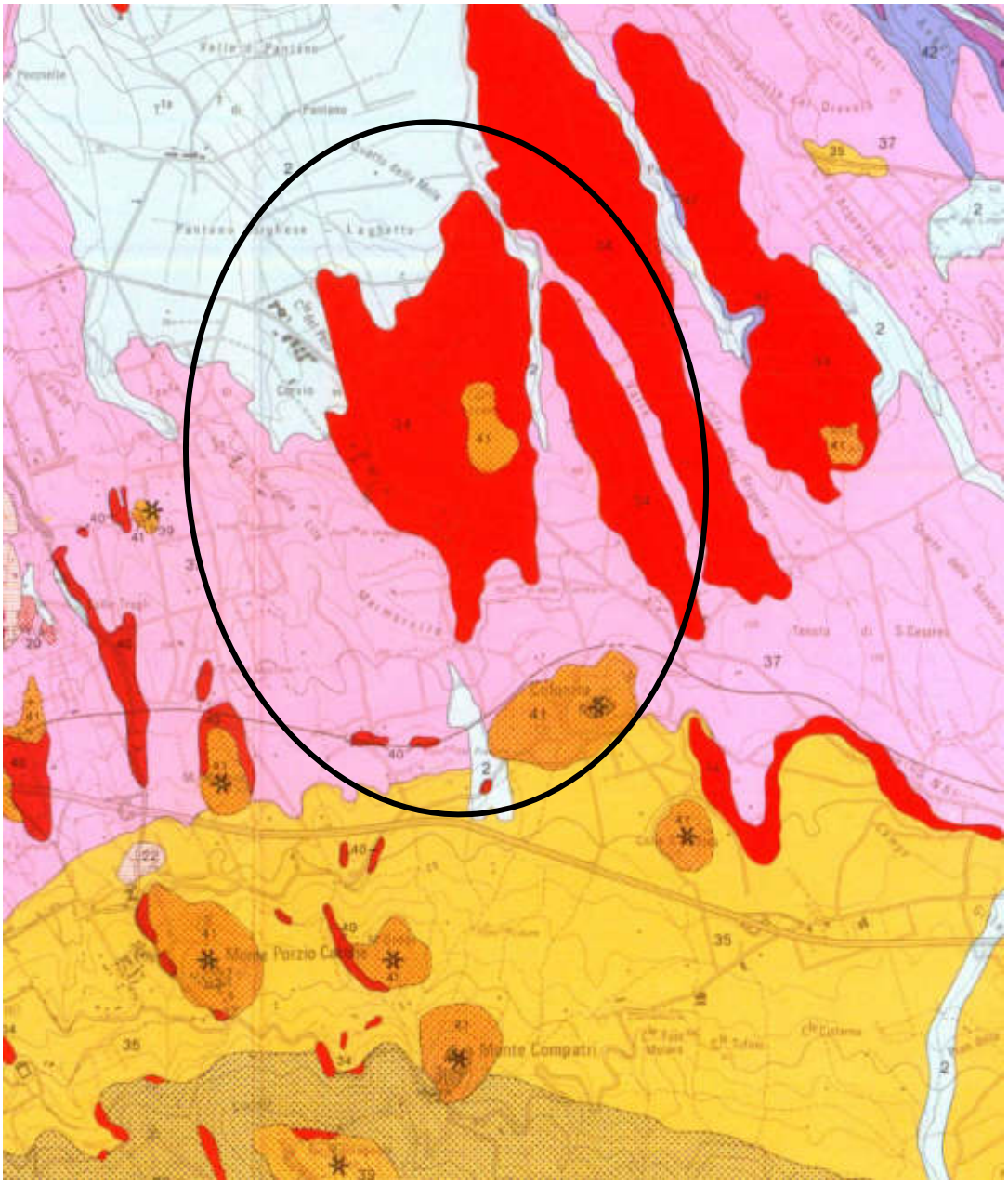
PLEISTOCENE MEDIO p.p.

Figura 4. Stralcio fuori scala della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 – Foglio 375 "TIVOLI". Indicata in rosso la condotta DN250 e in nero la condotta DN600.

Come illustrato nello stralcio della *Carta Geologica del Complesso Vulcanico dei Colli Albani* in scala 1:50.000, di seguito riportato in Figura 5, si conferma quanto indicato dalla Carta Geologica d'Italia, in quanto gli interventi di progetto interessano le seguenti formazioni geologiche:

- Alluvioni recenti ed attuali (2);

- Lave leucititiche dell'attività finale, formatisi lungo fratture pericalderiche, contemporaneamente e/o immediatamente dopo le fasi del principale collasso calderico (34);
- Depositi della IV colata piroclastica del Tuscolano Artemisio, con due facies separate da un livello a concentrazione di litici: parte basale scoriacea con litici olocristallini, e parte superiore litoide, pseudo-stratificata con locali fenomeni di rimaneggiamento (37);
- Coni di scorie antichi e colate piroclastiche locali e di limitata estensione dovute alla rimobilitazione delle scorie (41).



1 Detrito
Talus

2 Alluvioni recenti ed attuali
Recent and actual alluvium

20 **Lave dell'attività finale**. Lave leucititiche affioranti limitatamente nel settore Nord dell'apparato Tuscolano-Artemisio poggianti direttamente su piroclastiti idromagmatiche di centri locali.

Fissural lava effusions. *Leucitic lava flows outcropping only North to the Tuscolano-Artemisio edifice. They lie directly on hydromagmatic deposits from local craters.*

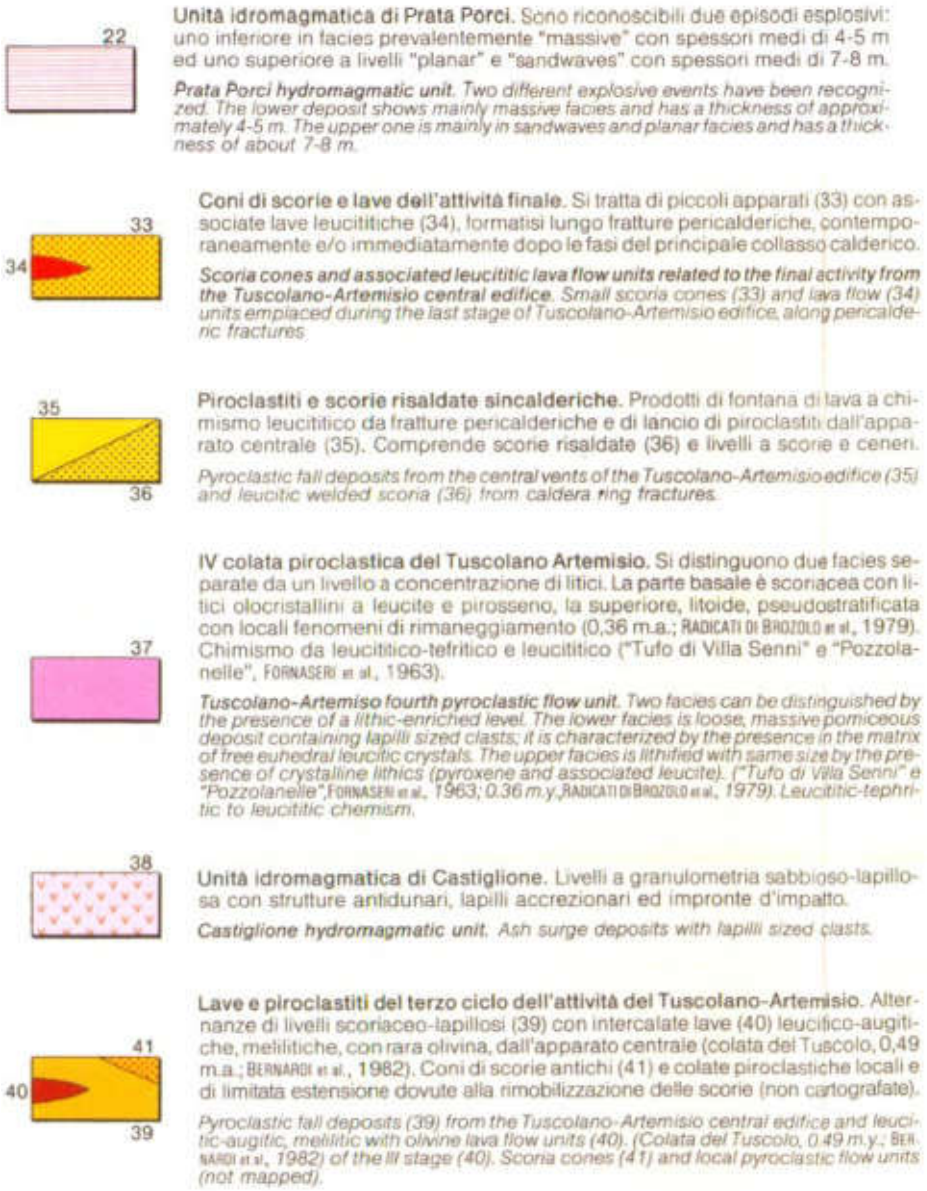


Figura 5. Stralcio della Carta Geologica del Complesso Vulcanico dei Colli Albani. In nero è evidenziata l'area in esame.

4 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area di studio comprende un settore sub-collinare contraddistinto da un intervallo di quote che oscillano tra circa 65 e 295 metri s.l.m.

L'area di progetto non risulta essere cartografata all'interno del *Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico – Autorità di Bacino del Fiume Tevere – Fasce fluviali e zone a rischio*.

D'altro canto, la consultazione dal *Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Autorità di Bacino del Fiume Tevere – Inventario dei fenomeni franosi e situazioni di rischio da frana – Tavola 25 di 304*, il cui stralcio è di seguito riportato in Figura 4, mostra come gli interventi di progetto non sono interessati da alcun fenomeno franoso.

Si evidenzia come il tracciato di progetto risulti ubicato in prossimità di un orlo di scarpata di frana (come fenomeno presunto) nel suo tratto iniziale, nell'area del Campo Pozzi Pantano, senza alcuna interferenza con esso (Figura 6 cerchio 1). Inoltre, il tracciato di progetto interferisce con un orlo di scarpata di frana (come fenomeno presunto) in prossimità del C.I. Santa Chiara, lungo Via delle Marmorelle (Figura 6 cerchio 2).

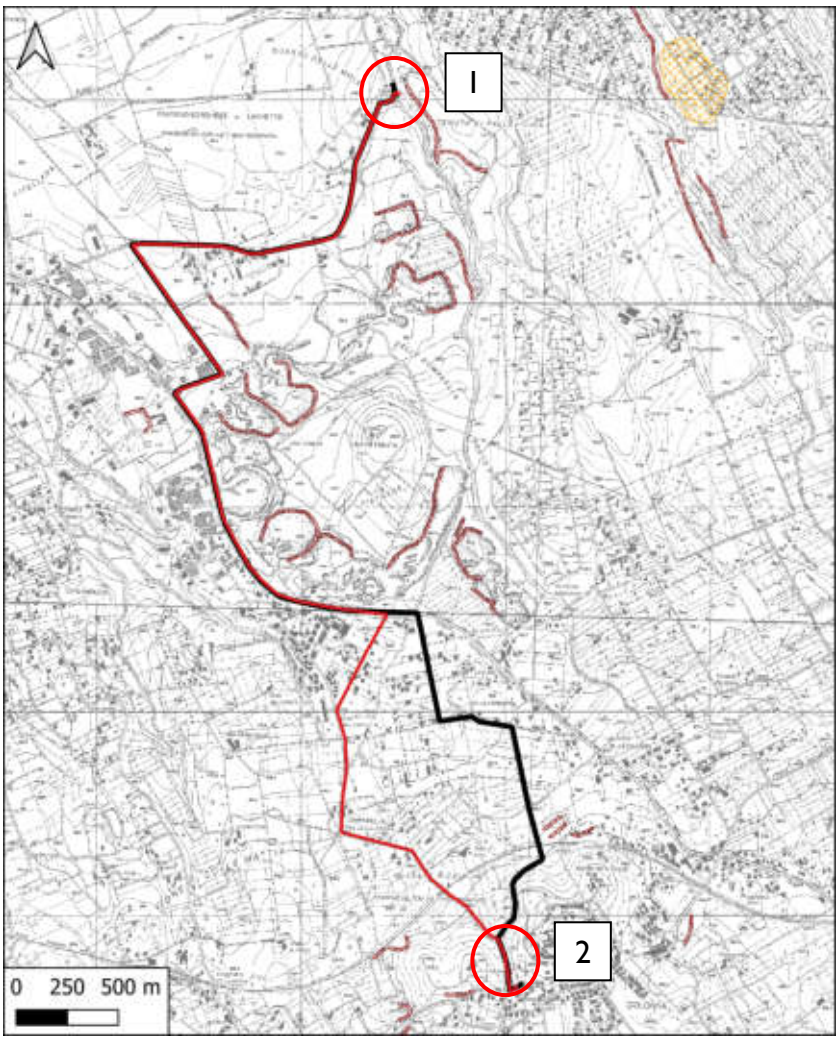


Figura 6. Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Autorità di Bacino del Fiume Tevere – Inventario dei fenomeni franosi e situazioni di rischio da frana – Tavola 25 di 304. Indicata in rosso la condotta DN250 e in nero la condotta DN600, in rosso sono circoscritte le aree ricadenti o limitrofe a orli di scarpata di frana presunti.

Figura 7. Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Autorità di Bacino del Fiume Tevere – Inventario dei fenomeni franosi e situazioni di rischio da frana – Tavola 25 di 304. Particolare dell'orlo di scarpata di frana presunto nei pressi del C.I. Santa Chiara, lungo Via delle Marmorelle.

L'analisi dell'inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI) mostra come gli interventi di progetto non siano interessati da aree soggette a fenomeni franosi (https://idrogeo.isprambiente.it/app/).

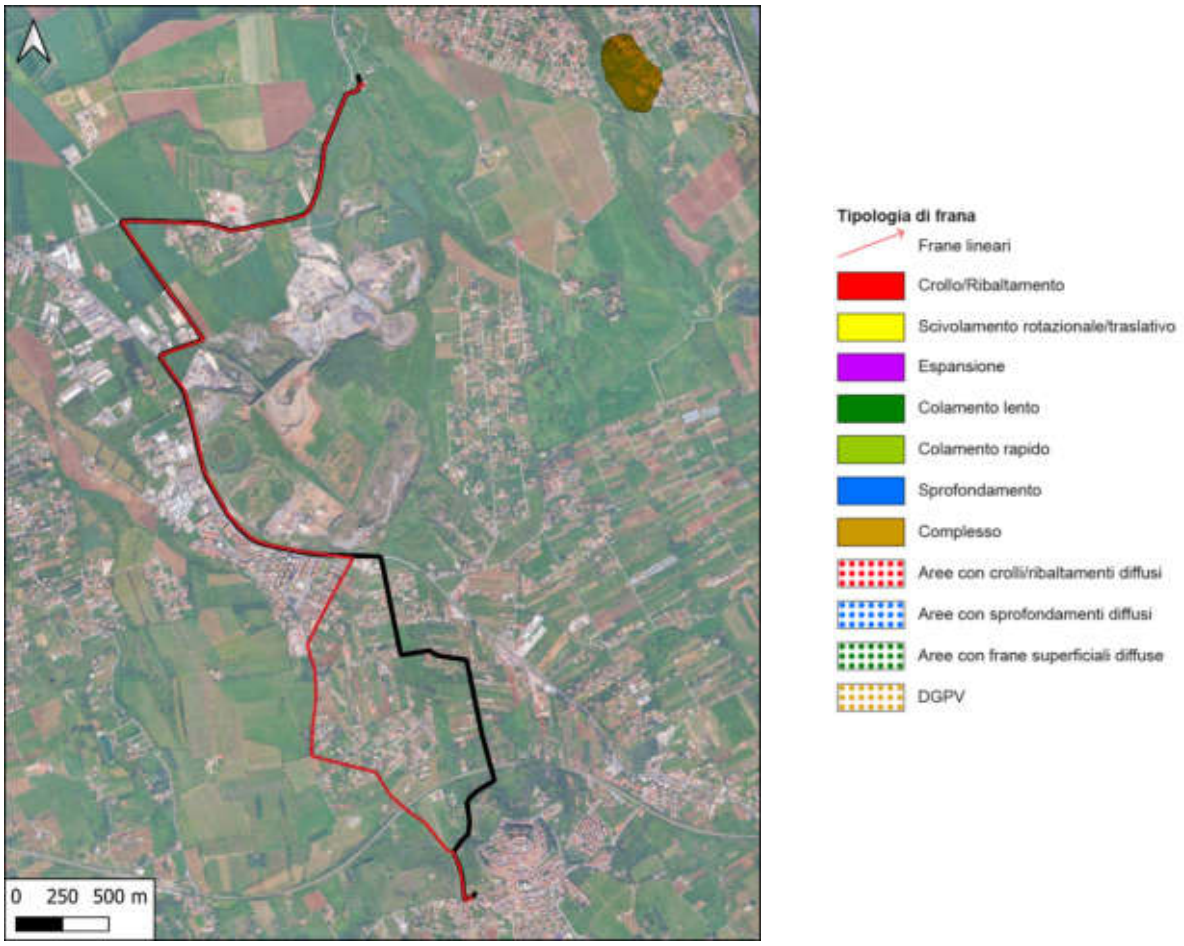


Figura 8. Stralcio dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia. Indicata in rosso la condotta DN250 e in nero la condotta DN600.

Inoltre, la consultazione del *Progetto Sinkholes*, sviluppato dall'ISPRA, ha permesso di osservare come gli interventi di progetto, per la maggior parte della loro estensione, non siano ubicati in vicinanza di aree soggette a fenomeni di sinkhole. Unicamente lungo un tratto di Via Casilina – SR6, vi è la presenza di n. 2 punti mappati come sinkhole in località Laghetto, come visibile in Figura 9 (http://sgi.isprambiente.it/sinkholeweb/viewer/index.html), in ogni caso non interferenti con gli interventi di progetto.

ISPRA

DATABASE NAZIONALE SINKHOLE

DIPARTIMENTO PER IL SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA

Codice	58019
Regione	Lazio
Provincia	Roma
Comune	Colleferro (Colonna)
Località	Laghetto m. Falcone 2
Latitudine	41.8668281
Longitudine	12.73075732
Data formazione	sconosciuta
Quota	107
Annotazioni	sulle pirodastiti
Tipo sprofondamento	ripiny sinkhole?
Stato attività	annegato
Litologia	pirodastiti, sabbie, limi
Tipologia area	Lacustre palemontano

Codice	58018
Regione	Lazio
Provincia	Roma
Comune	Colleferro (Colonna)
Località	Laghetto m. Falcone 1
Latitudine	41.8648159797
Longitudine	12.73206181
Data formazione	sconosciuta. nelle tavole del sec. XVII compare un lago a colonna. uno presso tagliente e Nest della Flora
Quota	107
Annotazioni	sulle pirodastiti. vicino una cava
Tipo sprofondamento	ripiny sinkhole?
Stato attività	annegato
Litologia	pirodastiti del Tuscolano artemisio. unità di monte S. Massimo. solamente la parte più alta di monte falcone è carbonatico
Tipologia area	Lacustre palemontano

Figura 9. Estratto dal Database Nazionale Sinkhole.

Dalla consultazione della Relazione Illustrativa e della Carta Geologico-Tecnica realizzata nell'ambito dello studio di Microzonazione Sismica di livello I del Comune di Colonna (RM) (di cui si riporta uno stralcio qui di seguito nella figura seguente), si evidenzia la presenza di un'area con cavità sepolte nei pressi della Tenuta La Pasolina, vicino al C.I. Santa Chiara lungo Via delle Marmorelle, non interagente però con il tracciato di progetto.

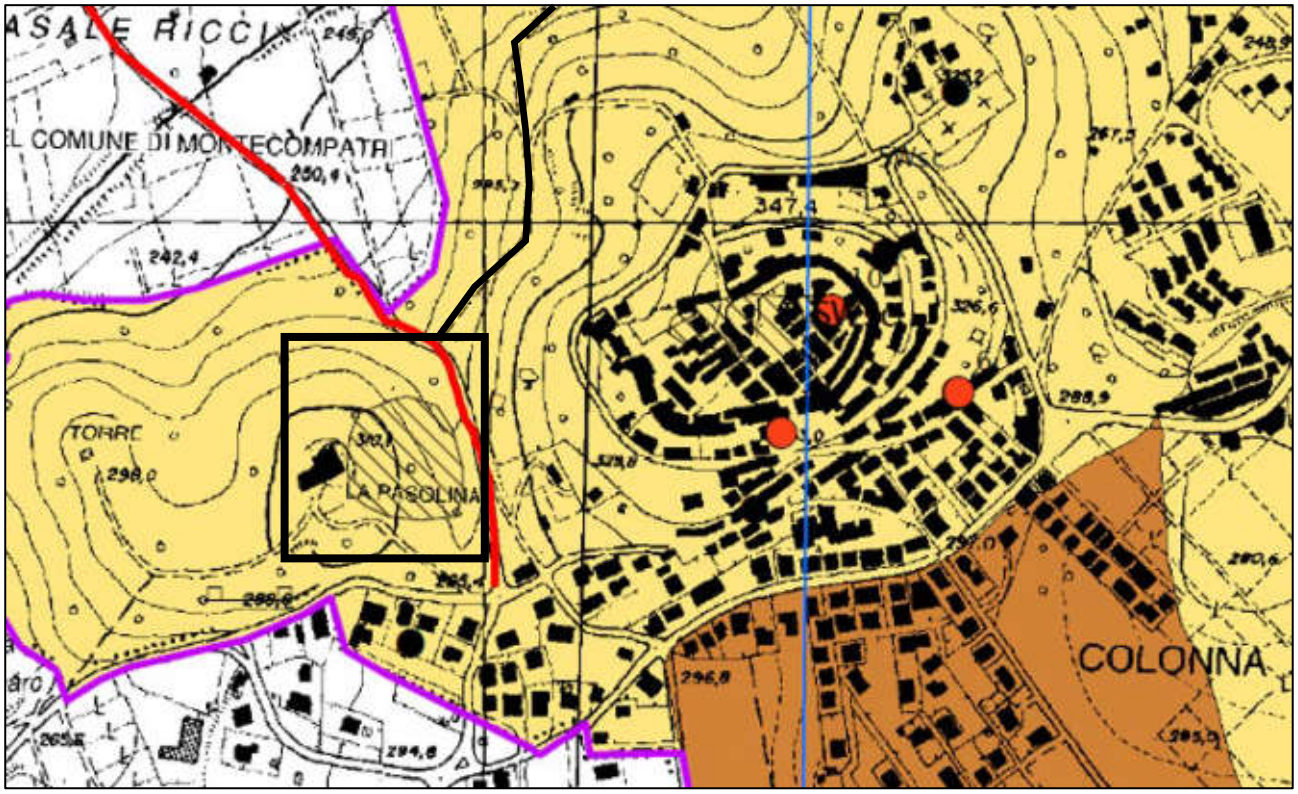


Figura 10. Stralcio della Carta Geologico-Tecnica realizzata nell'ambito dello studio di Microzonazione Sismica di livello 1 del Comune di Colonna (RM). Si evidenzia in nero l'area con cavità sepolte presso la Tenuta La Pasolina.

4.1 Dati interferometrici a supporto della stabilità geomorfologica

In ottemperanza alla Deliberazione 15 ottobre 2024, n. 794 della Regione Lazio "Utilizzo dei dati del monitoraggio del territorio della Regione Lazio tramite Interferometria Satellitare" viene definito che:

"Le informazioni di seguito riportate dovranno essere valutate nella relazione geologica redatta per l'acquisizione del parere di compatibilità geomorfologica (nell'ambito di quanto previsto dall'art.89 del DPR 380/01) e del nulla osta al vincolo idrogeologico (allegato 2 della DGR 920/2022)".

L'obiettivo principale di quest'attività è fornire un quadro generale delle deformazioni del terreno presenti sul territorio regionale con l'utilizzo di dati radar interferometrici satellitari acquisti dalla costellazione Sentinel-1 dell'ESA (Agenzia Spaziale Europea). Per alcune aree è stato eseguito un rilievo con maggior dettaglio attraverso l'analisi di immagini SAR provenienti dalla costellazione COSMO-SkyMed1 (Constellation of Small Satellites for Mediterranean basin Observation).

Entrambi i sistemi di satelliti (Sentinel-1 e COSMO-SkyMed) acquisiscono in modalità ascendente quando l'orbita è percorsa da S verso N, e in modalità discendente con percorrenza da N verso S.

L'interferometria SAR satellitare si basa sull'analisi di serie di immagini radar acquisite da una piattaforma satellitare, sulla stessa area in tempi diversi. Grazie all'individuazione di oggetti a terra che mantengono la stessa "firma elettromagnetica" in tutte le immagini e che agiscono dunque da "scatteratori permanenti" (Persistent Scatterers - PS), è possibile misurare spostamenti del terreno sfruttando la variazione di fase del segnale radar, che fornisce informazioni sulla distanza sensore-bersaglio. I PS vengono rappresentati in genere da manufatti o edifici, come anche da rocce esposte, poiché tali oggetti hanno ottime caratteristiche riflettenti per il segnale radar, mentre sono invece assenti nelle aree molto vegetate. Il prodotto generato da un'analisi interferometrica multi-immagine, e in questo caso specifico da un'analisi PSI (Persistent Scatterers Interferometry), è rappresentato da:

- mappe di velocità media di spostamento (in mm/anno) misurata lungo la linea di vista del satellite (Line Of Sight, LOS);
- serie temporali di spostamento per ogni PS, rappresentate da grafici che mostrano l'andamento della deformazione del terreno o delle strutture nel tempo, con un valore di spostamento per ognuna delle immagini utilizzate nell'analisi.

La precisione della stima della velocità ottenibile con un'analisi multi-interferometrica è variabile in funzione della tipologia di prodotto (Sentinel-1 o COSMO-SkyMed) e delle caratteristiche di ogni singolo scatteratore permanente, ma si attesta nella gran parte dei casi su valori di ±2 mm/anno sulle serie di lungo periodo, e di 5 mm per la singola misura di spostamento.

I dati dei PS (Permanent Scatterers) disponibili nel GEOPORTALE costituiscono il risultato di approfondite elaborazioni; ogni punto visualizzato è caratterizzato da un valore di velocità media annua (espressa in mm/anno) misurata lungo la linea di vista dal satellite e da una serie temporale di spostamento; per ogni punto di misura è possibile conoscere la serie temporale di spostamento dall'inizio del periodo monitorato fino alla data dell'ultima acquisizione satellitare disponibile. I dati PS (Permanent Scatterers), consultabili nel GEOPORTALE, sono classificati secondo la velocità media annua di deformazione (espressa in mm/anno) e rappresentati utilizzando una specifica scala colori.

Al fine di avere una rappresentazione di insieme dell'intera area di analisi, e per evidenziare le zone con una sensibile presenza di scatteratori con significativa velocità, i dati dei PS prima descritti, sono stati elaborati mediante specifici algoritmi di interpolazione che hanno consentito la realizzazione di Heatmaps in modalità ascendente e discendente.

Si riportano di seguito le Heatmaps ascending con l'opera di progetto indicata in nero.

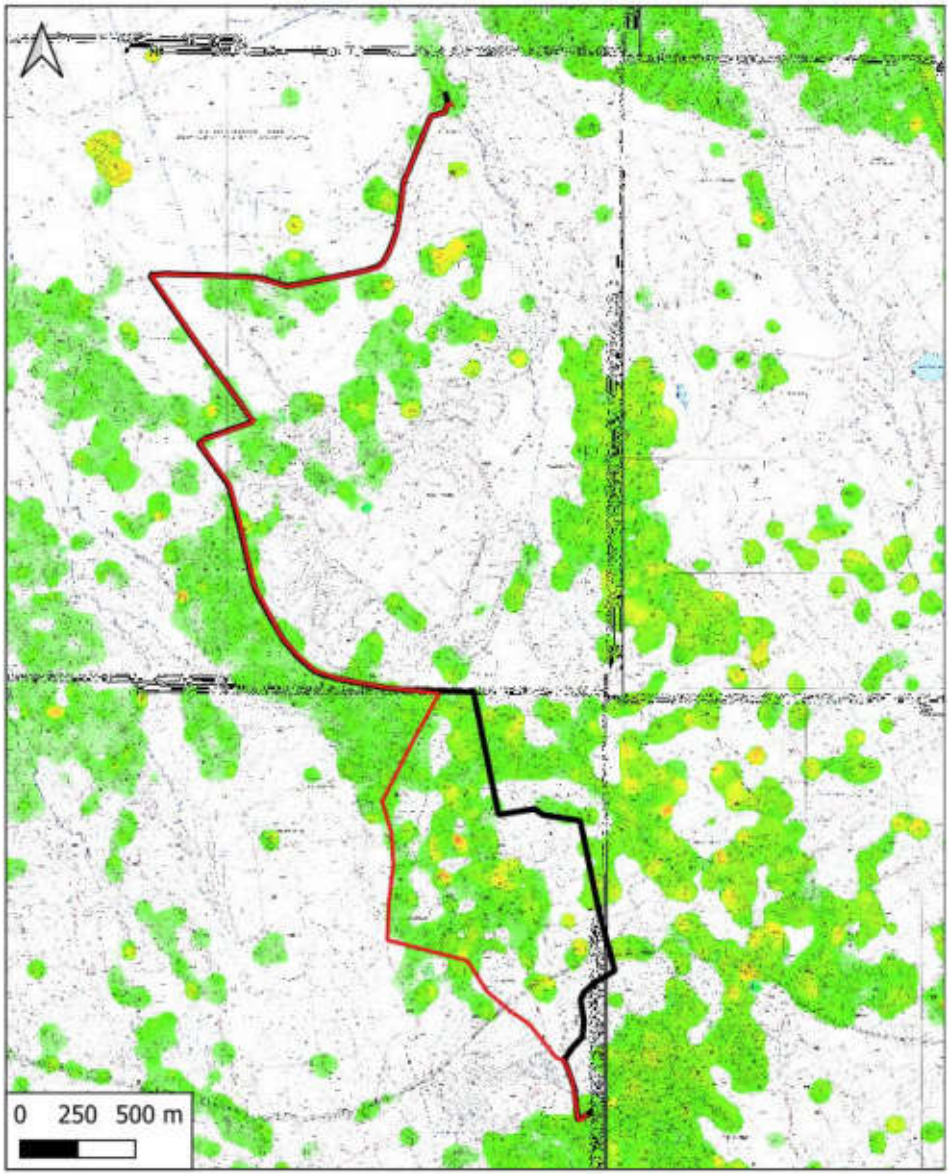


Figura 11. Heatmaps in geometria ascending, indicata in rosso la condotta DN250 e in nero la condotta DN600.

Si riportano di seguito le Heatmaps discending con l'opera di progetto indicata in rosso.

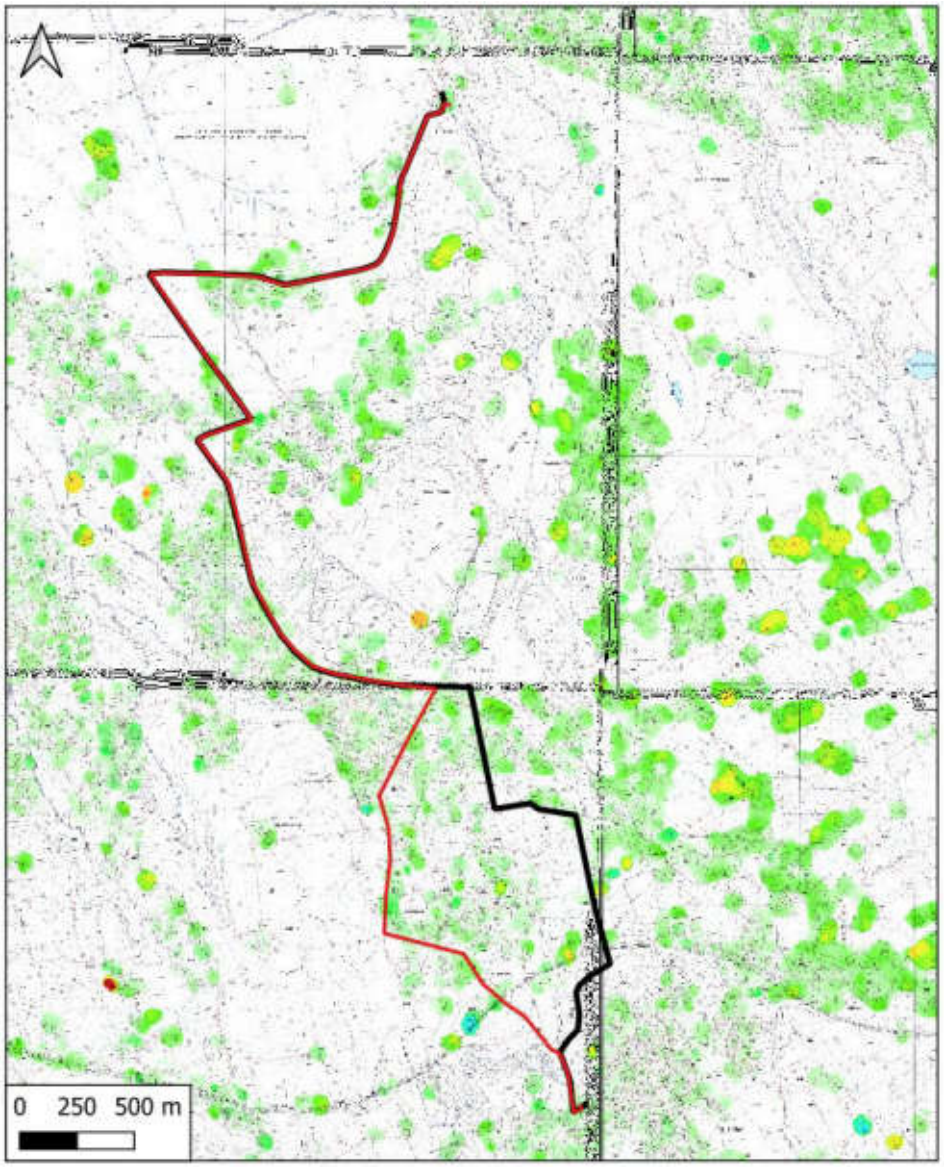
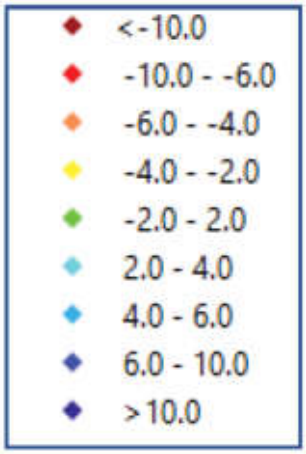


Figura 12. Heatmaps in geometria discending, indicata in rosso la condotta DN250 e in nero la condotta DN600



il colore verde corrisponde a quei punti la cui velocità di deformazione è molto bassa, compresa tra - 2,0 e +2,0 mm/anno, ovvero all'interno dell'intervallo di sensibilità della tecnica interferometrica e definito sulla base della deviazione standard dei dati utilizzati.

Si riportano inoltre le AOI che rappresentano aree caratterizzate dalla presenza di PS che mostrano significative deformazioni del suolo o delle strutture eventualmente presenti. Le AOI vengono identificate sia nella mappa di velocità di spostamento ottenute per l'orbita ascendente, sia nella mappa in orbita discendente. Entrambe le tipologie di AOI (ascendente e discendente) hanno il medesimo valore e significato. In alcuni casi, per una data zona, possono essere presenti AOI in entrambe le orbite.

- Tutte le aree della Heatmap (in modalità ascendente e discendente) con valore di velocità di deformazione >= 2.5 mm/anno e/o <= -2.5 mm/anno vengono perimetrate con la creazione di poligoni attraverso una operazione di counturing che perimetra zone che presentano valori di velocità di deformazione al di fuori del range di stabilità, stabilito fra -2.5 e 2.5 mm/anno;
- quei poligoni ottenuti dal contouring, che tra loro hanno una distanza massima di 200 m, vengono. raggruppati a formare dei cluster;
- ogni cluster di poligoni viene delimitato da un nuovo poligono chiamato AOI (Aree di Interesse) che li racchiude.

Si riportano di seguito le AOI (Aree di interesse) con l'opera di progetto indicata in nero.

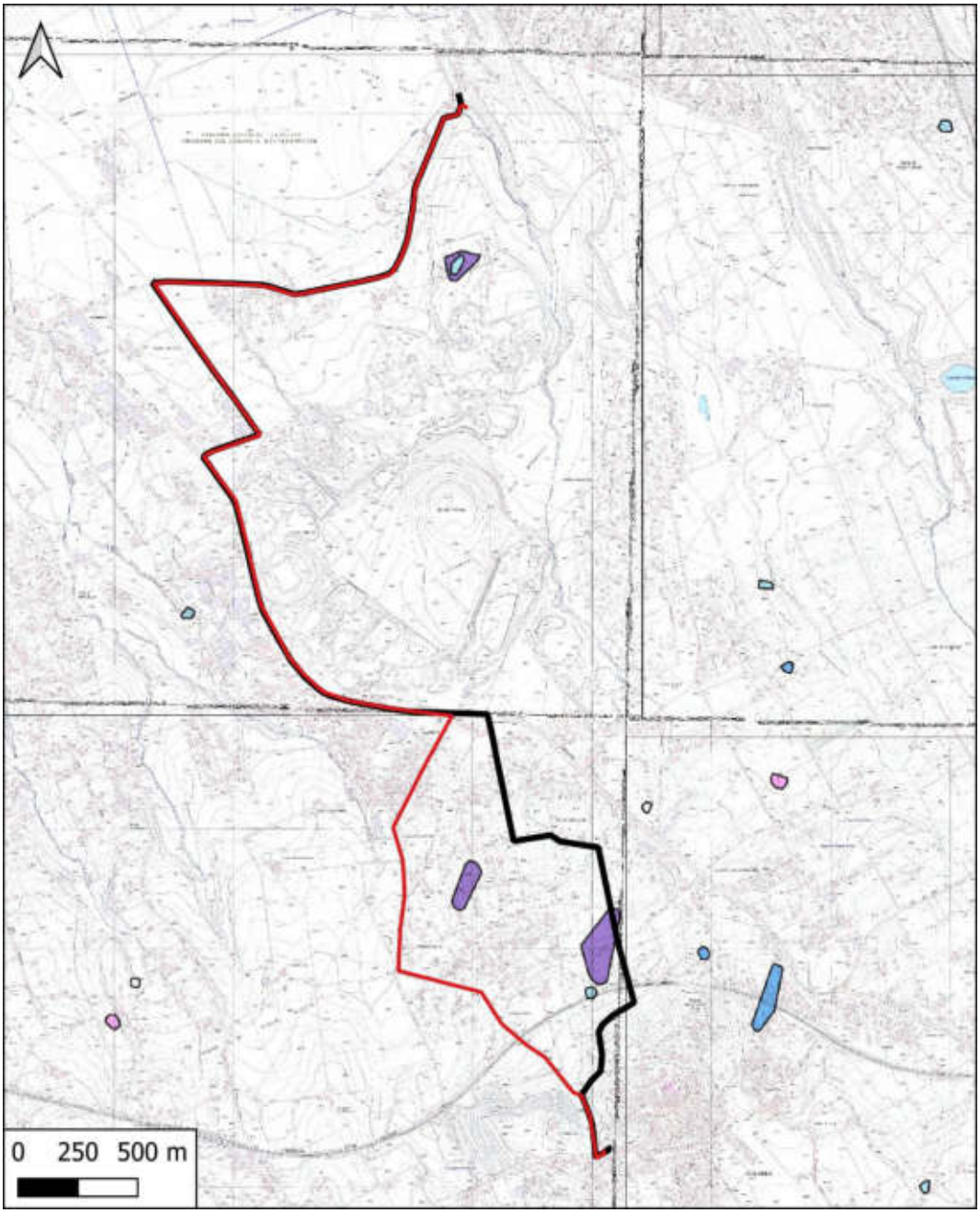


Figura 13. Mappa delle AOI (aree di interesse) indicata in rosso la condotta DN250 e in nero la condotta DN600.

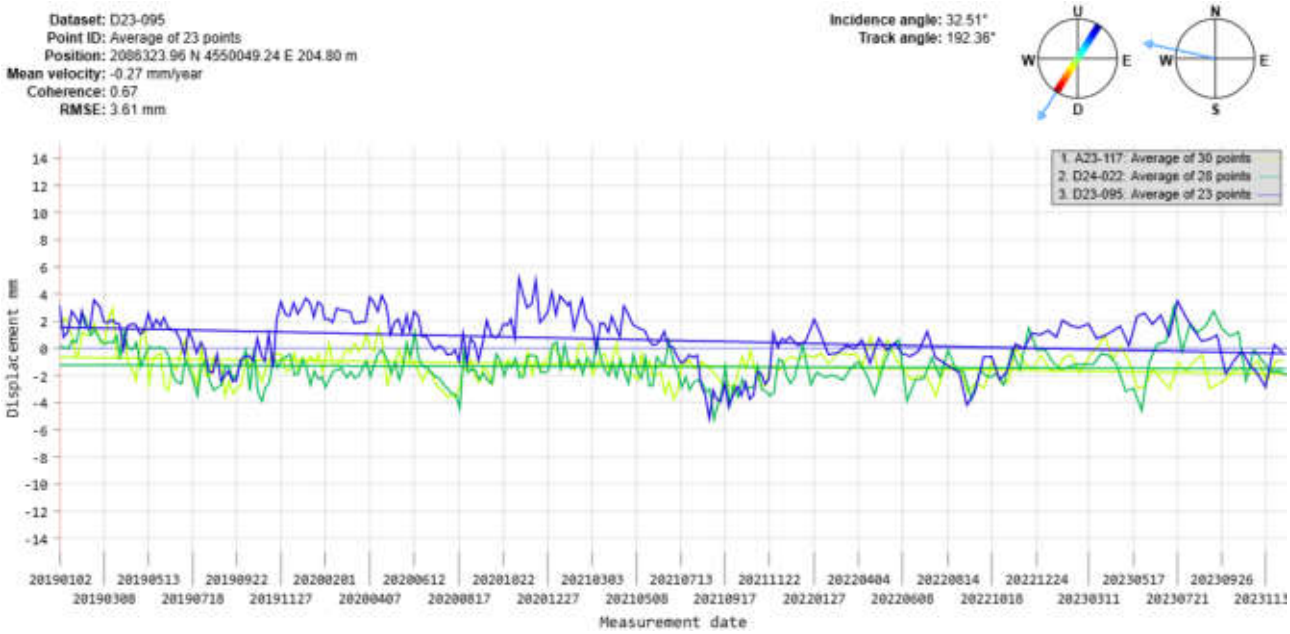
Le AOI possono verosimilmente indicare la presenza di movimenti gravitativi di versante, attivi nel periodo di tempo coperto dai dati d'interferometria satellitare, ma tale corrispondenza deve essere valutata caso per caso, attraverso l'utilizzo di ulteriori dati e informazioni specifiche sull'AOI in esame.

In tutto il tracciato oggetto di intervento non si rinvengono AOI (Area di interesse) eccetto un breve tratto nel comune di San Cesareo con deformazione al suolo media con velocità massima in subsidenza pari a 3 mm/anno, poco al di sopra dei valori di velocità di deformazione per la delimitazione delle AOI. Tuttavia, dall'analisi delle cartografie del PAI e dell'IFFI non risultano essere presenti aree a rischio per fenomeni franosi censiti o passati.

Come ulteriore approfondimento è stato consultato l'European Ground Motion Service (EGMS) di Copernicus, con particolare riferimento all'area oggetto di intervento interessata dalla posa della condotta di progetto, si evince che gli spostamenti del suolo rilevati risultano mediamente minimi o trascurabili.

Le lievi oscillazioni osservate possono essere ricondotte a fenomeni di natura stagionale oppure, più verosimilmente, a movimentazioni superficiali dei terreni legate alle pratiche agricole.

European Ground Motion Service
Help Info
BASIC (Level 2A)
Ascending
Descending
CALIBRATED (Level 2B)
DEOM
ORTHO (Level 3)

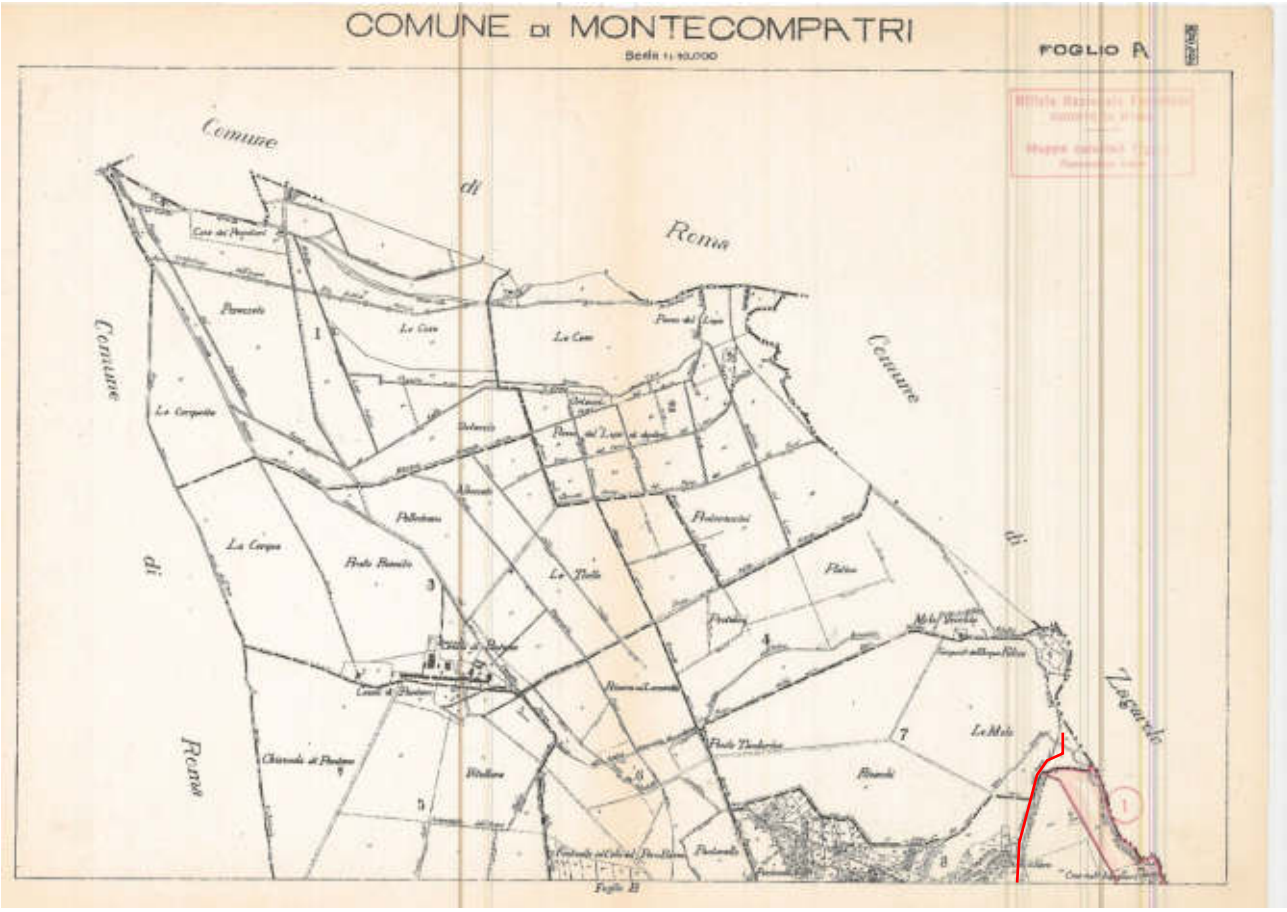

Dataset: D23-095
Point ID: Average of 23 points
Position: 2086323.96 N 4550049.24 E 204.80 m
Mean velocity: -0.27 mm/year
Coherence: 0.67
RMSE: 3.61 mm
Incidence angle: 32.51°
Track angle: 192.36°
U
D
W
E
N
S
1. A23-117: Average of 30 points
2. D24-022: Average of 28 points
3. D23-095: Average of 23 points
Displacement mm
14
12
10
8
6
4
2
0
-2
-4
-6
-8
-10
-12
-14
20190102
20190513
20190922
20200201
20200612
20201022
20210303
20210713
20211122
20220404
20220814
20221224
20230517
20230926
20190308
20190718
20191127
20200407
20200817
20201227
20210508
20210917
20220127
20220608
20221018
20230311
20230721
Measurement date

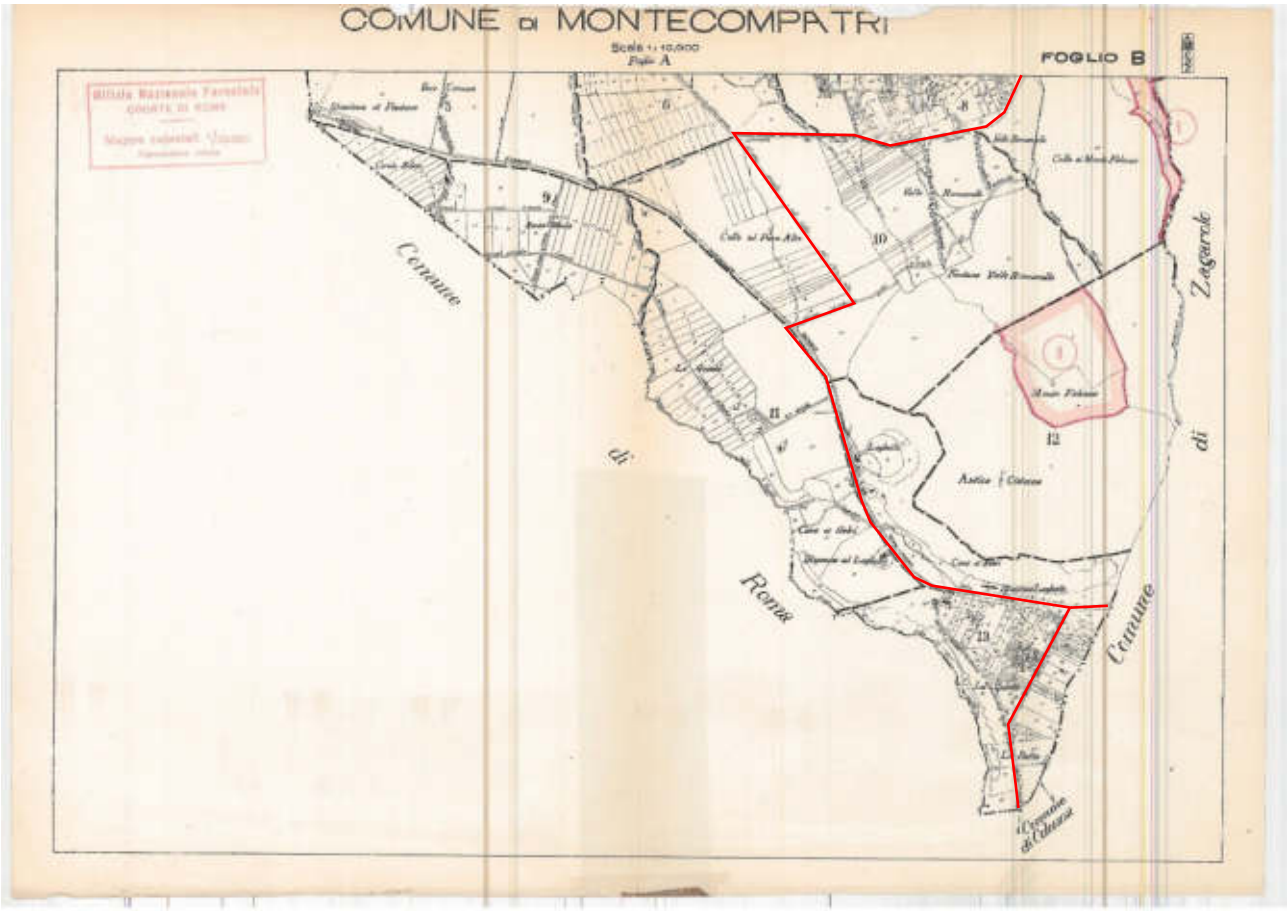
4.2 Vincolo Idrogeologico

Il R.D.L. 30.12.1923 n. 3267 concernente il "*Riordinamento e riforma in materia di boschi e terreni montani*" e la D.G.R. Lazio n. 1038 - del 10/12/2024 *(Approvazione "Vincolo Idrogeologico - Direttive 2024 sulle procedure in funzione del riparto di cui agli artt. 8, 9 e 10 della LR n. 53/98", e "Linee guida 2024 sulla documentazione per le istanze di nulla osta al vincolo idrogeologico ai sensi del R.D.L. 3267/23 e R.D. 1126/26 nell'ambito delle competenze regionali". Revoca della deliberazione di Giunta regionale n.920/2022*" sottopone a vincolo per scopi idrogeologici i terreni di qualsiasi natura e destinazione che 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.

Pertanto, in merito alla Cartografia del Vincolo Idrogeologico della Regione Lazio, relativa al Comune di Colonna e Montecompatri (RM), si evidenzia come gli interventi di progetto non rientrino nella perimetrazione delle aree sottoposte al Vincolo Idrogeologico (Figura 14), a meno di un breve tratto in prossimità del C.I. Santa Chiara nel comune di Colonna (Figura 15).


COMUNE DI MONTECOMPATRI
Scala 1:10.000
FOGLIO A
Comune di Roma
Comune di Roma
Comune di Lagarde
Le Cese
Le Mole
Le Mole


COMUNE di MONTECOMPATRI
FOGLIO B
Comune di Zagarolo
Comune di Roma

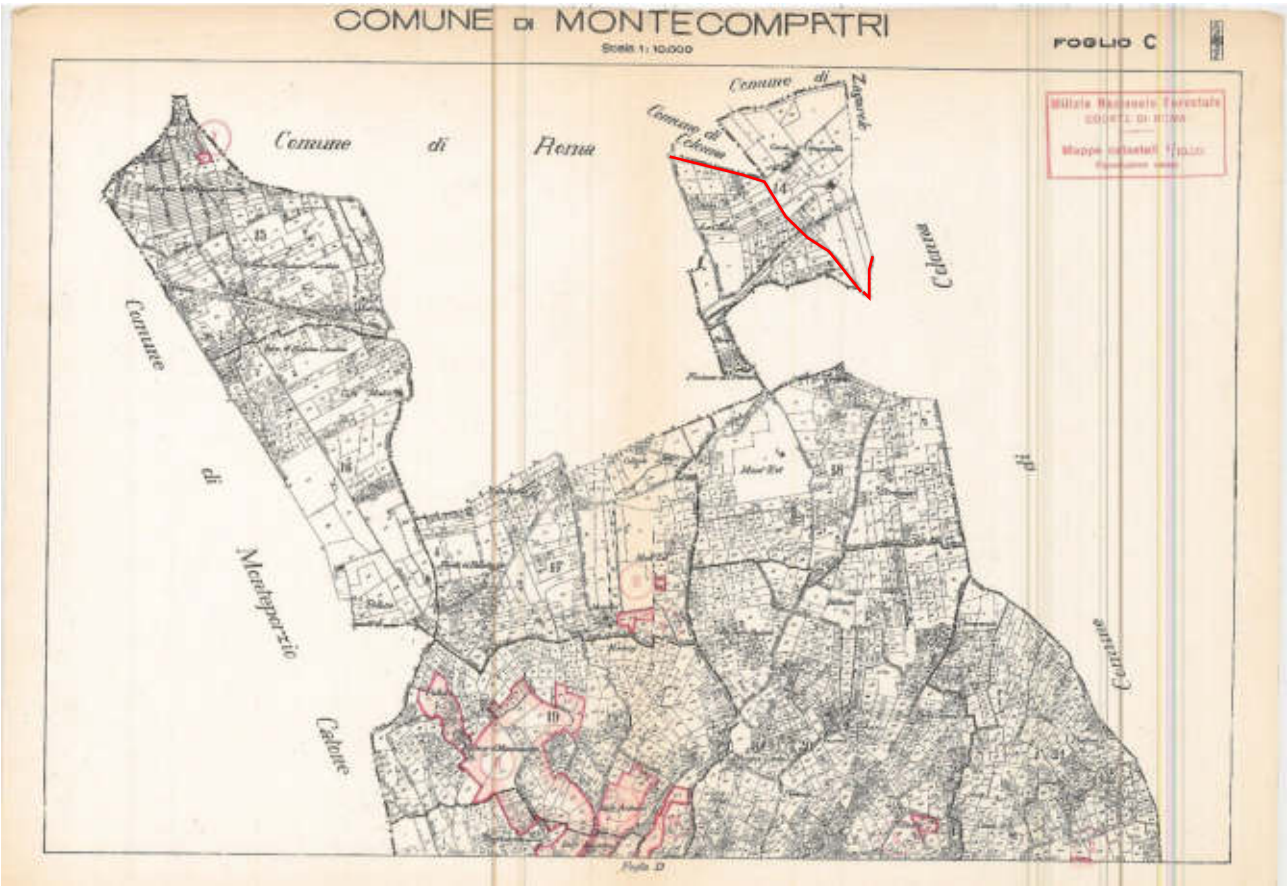


Figura 14. Stralcio della cartografia del Vincolo Idrogeologico relativa al Comune di Montecompatri (RM). In rosso è evidenziata l'opera di progetto.

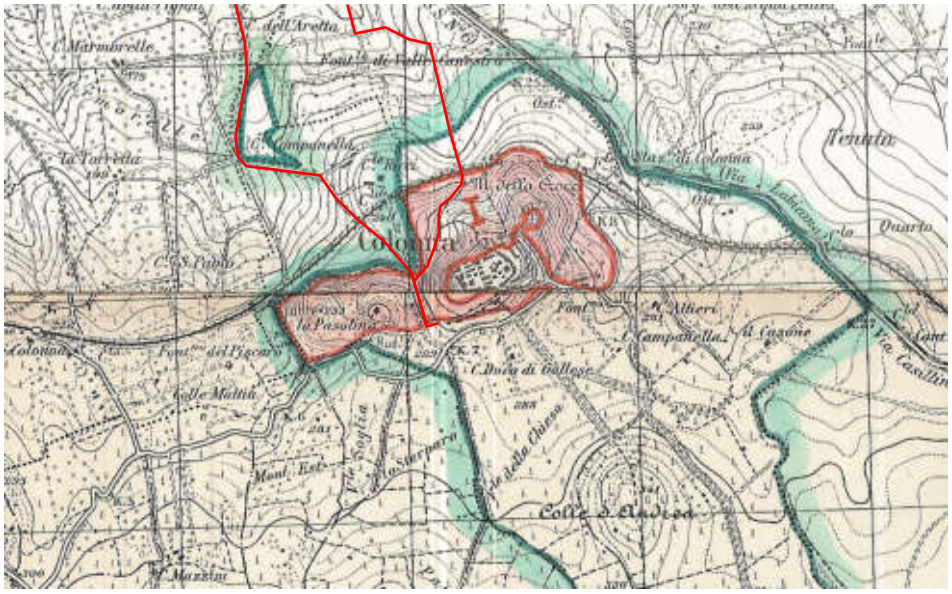


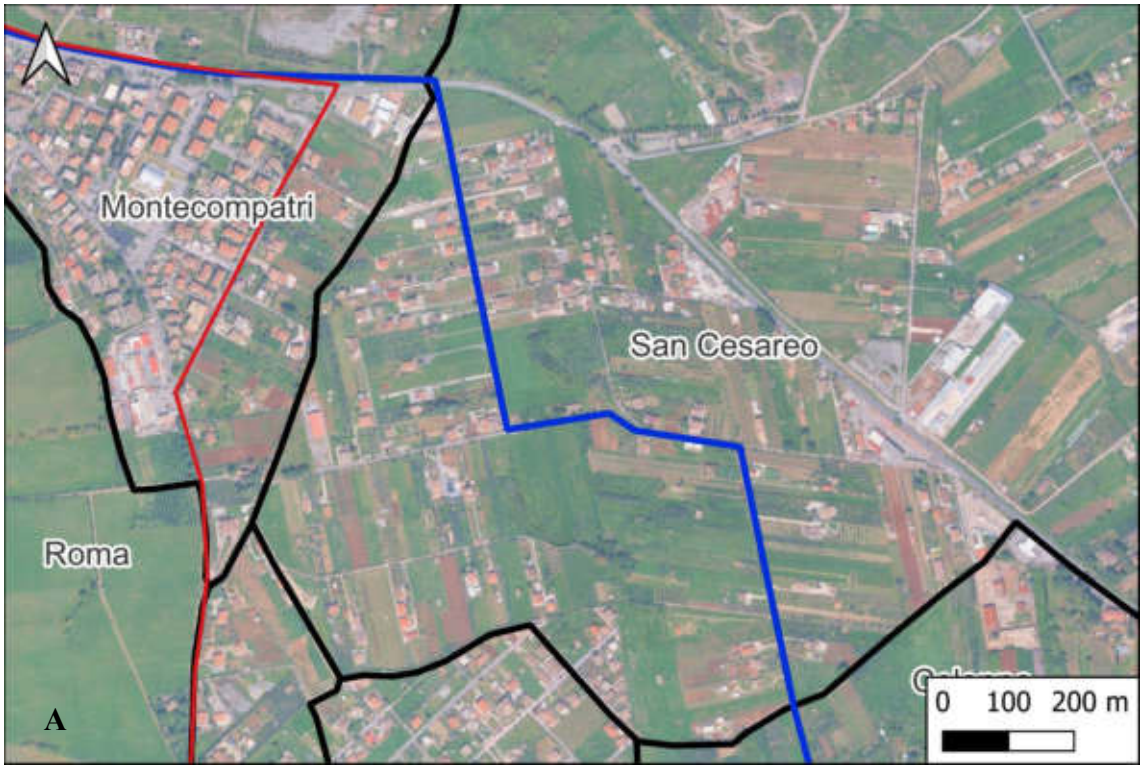
Figura 15. Stralcio della cartografia del Vincolo Idrogeologico relativa al Comune di Colonna (RM). In rosso è evidenziata l'opera di progetto.

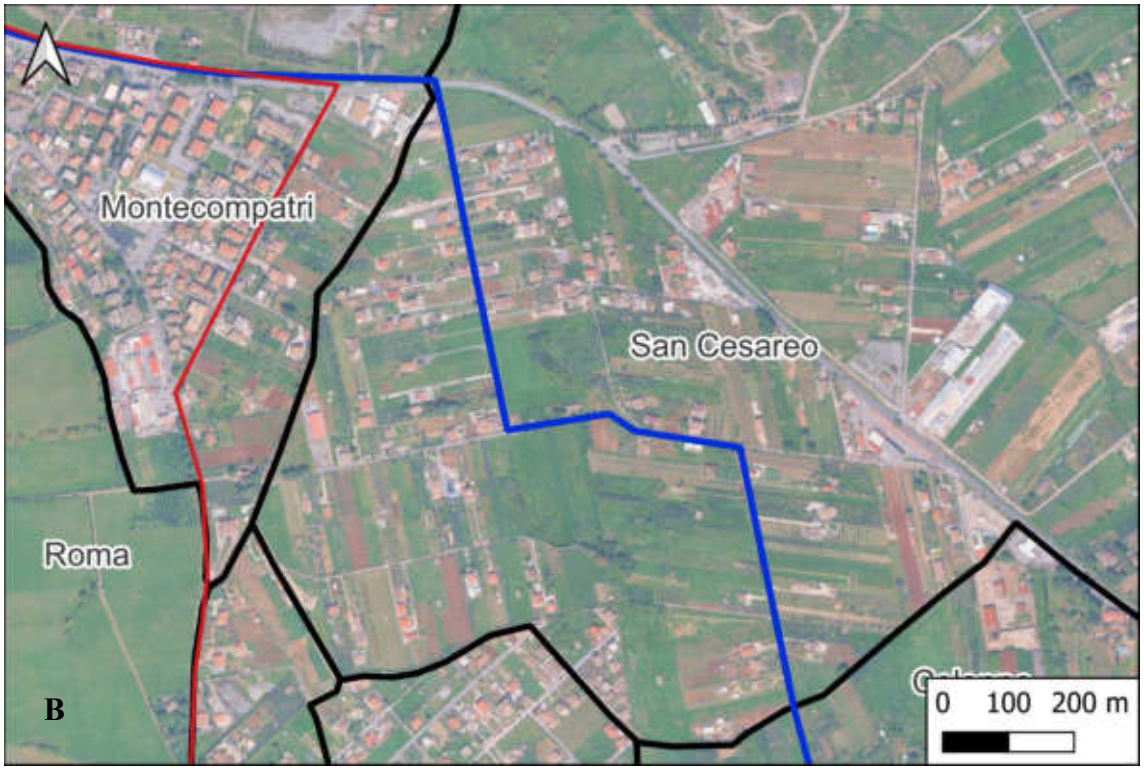
Il comune di San Cesareo non è dotato di cartografia relativa al vincolo idrogeologico.

Qualora, non sia presente la cartografia inerente al vincolo idrogeologico, si fa riferimento a quanto riportato nella Deliberazione della Giunta Regionale 3 dicembre 2024, n. 1038 Approvazione "*Vincolo Idrogeologico - Direttive 2024 sulle procedure in funzione del riparto di cui agli artt. 8, 9 e 10 della LR n. 53/98*", e "*Linee guida 2024 sulla documentazione per le istanze di nulla osta al vincolo idrogeologico ai sensi del R.D.L. 3267/23 e R.D. 1126/26 nell'ambito delle competenze regionali*" (pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Lazio - N. 99) che evoca integralmente e sostituisce quanto approvato con la precedente D.G.R. n. 920/2022, sinora applicato nei procedimenti relativi al Vincolo Idrogeologico dal 2022 ad oggi.

Nell'allegato 1 della DGR 1038/2024 è indicato, per i comuni sprovvisti della delimitazione del vincolo idrogeologico "*Ai sensi dell'art. 45 della LR 53/1998, fino all'adozione del provvedimento per la nuova delimitazione del Vincolo Idrogeologico, nei Comuni nei quali non sono state delimitate le zone gravate dal Vincolo Idrogeologico si intendono vincolate a norma del R.D.L. 3267/1923 solamente le zone boscate (ai sensi dell'art.4 della LR 39/2002 e art. 3 del D.Lgs. 34/2018) ed i territori montani.*

Come riferimento per verificare se una area possa essere classificata boscata si può eseguire la lettura integrata del Piano Territoriale Paesistico Regionale - PTPR - Tavola B – Boschi (https://geoportale.regione.lazio.it/layers/geosdiownr:geonode:boschi)
con la Carta Forestale su base tipologica (https://geoportale.regione.lazio.it/layers/geosdiownr:geonode:tipi_forestali2)
con la cartografia delle Formazioni naturali e seminaturali (https://geoportale.regione.lazio.it/layers/geosdiownr:geonode:formazioni_naturali_e_seminaturali).
La ricorrenza di tali condizioni, e quindi dell'effettiva sussistenza del Vincolo Idrogeologico nell'area di intervento, deve essere esplicitamente asseverata da tecnico incaricato dal soggetto richiedente negli elaborati progettuali previsti a corredo dell'istanza di rilascio nulla osta vincolo idrogeologico; spetta al Comune la verifica preventiva di quanto dichiarato, prima dell'inoltro agli Enti sovraordinati per i seguiti di competenza, nei casi rispettivamente di tipologie di pertinenza regionale o provinciale/metropolitana.
La certificazione, rilasciata dal Comune, circa l'inesistenza del bosco, in caso di errata o incerta perimetrazione, va trasmessa alle strutture competenti in materia forestale e di pianificazione paesaggistica e, per conoscenza, alla struttura competente per il Vincolo Idrogeologico."




Montecompatri
San Cesareo
Roma
B
0 100 200 m

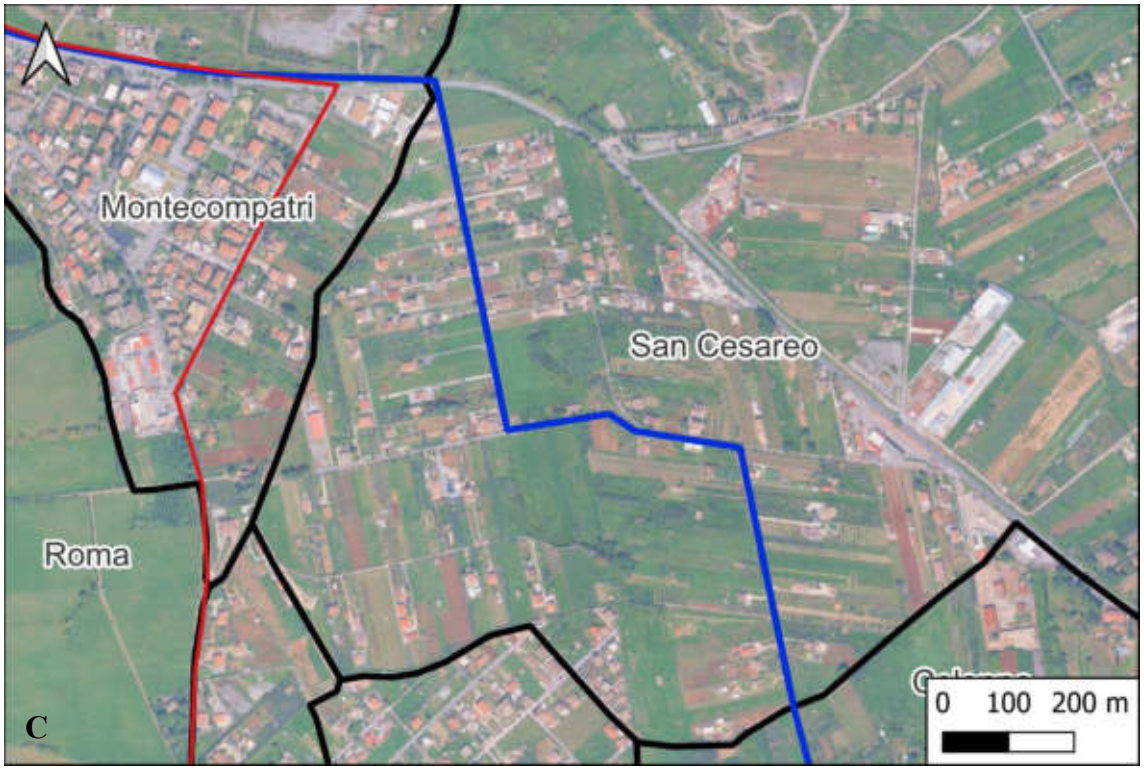

Montecompatri
San Cesareo
Roma
C
0 100 200 m

Figura 16: Sovrapposizione dei tracciati con i tematismi indicati dalla DGR 1038/2024. A - Piano Territoriale Paesistico Regionale - PTPR - Tavola B – Boschi; B - Carta Forestale su base tipologica; C - Formazioni naturali e seminaturali.

Il tracciato di progetto non attraversa aree individuate dal PTPR come boschi (Figura 16 – A). Non si evince l'interazione delle opere di progetto con la carta forestale (Figura 16 – B) e con le formazioni naturali e seminaturali (Figura 16 – C).

È possibile quindi escludere la presenza del vincolo idrogeologico per le opere di progetto ricadenti nel comune di San Cesareo.

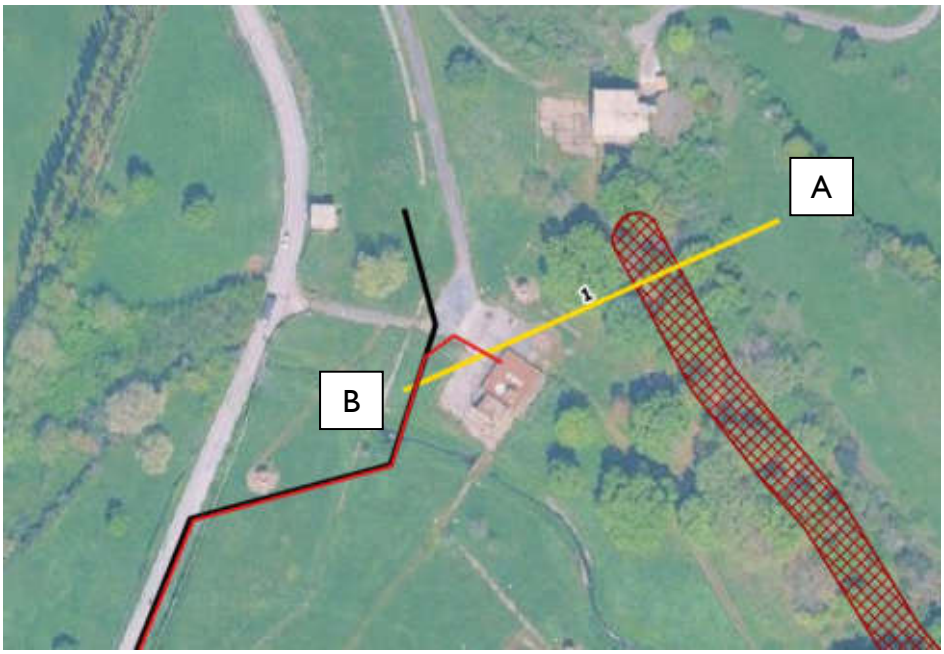
4.3 Studio geomorfologico

Per quanto riguarda l'interazione tra le opere di progetto con elementi e/o fenomeni di instabilità di versante, in prossimità del C. I. Santa Chiara, lungo Via delle Marmorelle, come già sopra menzionato, si evidenzia unicamente la presenza sulle cartografie del PAI, redatte dall'Autorità di Bacino del Fiume Tevere, di un orlo di scarpata di frana (come fenomeno presunto).

Per tale motivo, è stato condotto un sopralluogo che ha interessato le zone in esame cartografate dal PAI, comprendendo anche un areale più ampio: non sono state riscontrate evidenze morfologiche o segnali riconducibili ad instabilità di versante in sito.

Al fine di indagare più in dettaglio l'assetto geomorfologico dell'area in esame, è stato ricostruito il DTM (*Digital Terrain Model*) in ambiente GIS, partendo dai dati vettoriali scaricati dalla piattaforma ufficiale della Regione Lazio.

Partendo da questa base raster, si è poi proseguito alla creazione di n. 2 profili topografici ubicati lungo la massima pendenza dei versanti in esame ed in corrispondenza degli orli di scarpata di frana (fenomeno presunto), delimitati dall'Autorità di Bacino competente (Figura 17 e Figura 18).



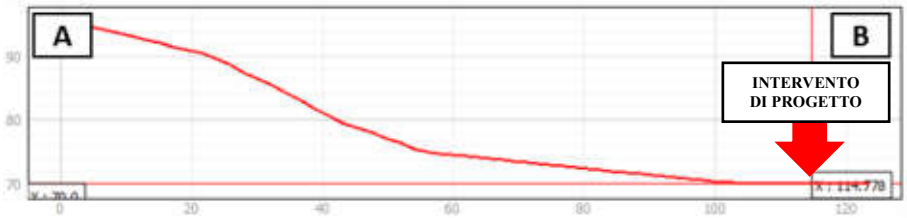
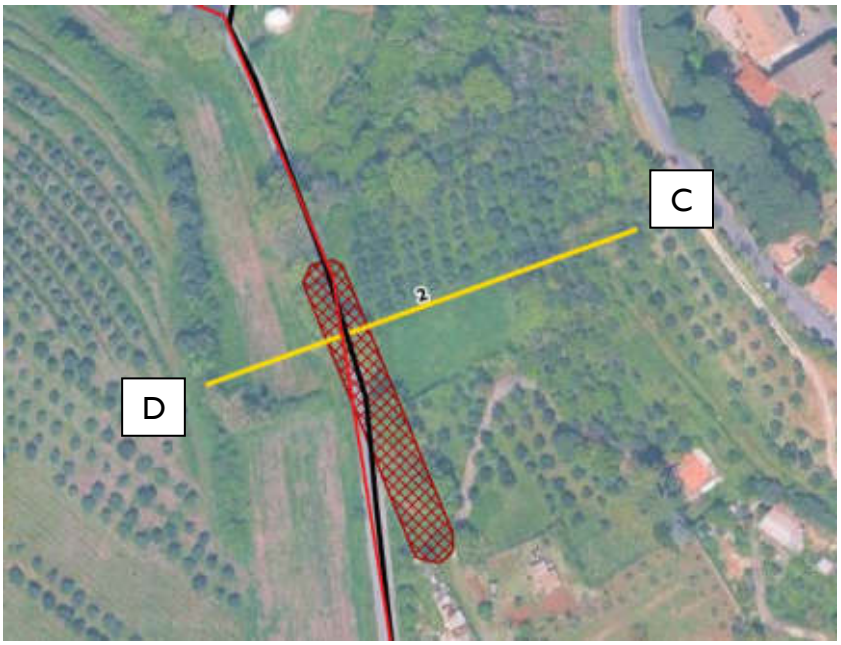


Figura 17. In planimetria: in rosso è rappresentato il tracciato di progetto, mentre in giallo è riportato il tracciato su cui è stato ricostruito il profilo topografico utilizzato per le analisi di stabilità in prossimità del Campo Pozzi Pantano. In sezione 2D: profilo topografico in rosso con indicazione dell'intervento di progetto.



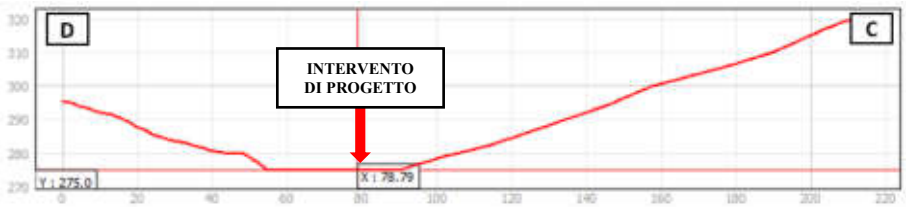


Figura 18. In planimetria: in rosso è rappresentato il tracciato di progetto, mentre in giallo è riportato il tracciato su cui è stato ricostruito il profilo topografico utilizzato per le analisi di stabilità in prossimità del C.I. Santa Chiara (Via delle Marmorelle). In sezione 2D: profilo topografico in rosso con indicazione dell'intervento di progetto.

4.4 Analisi di stabilità

Il profilo topografico è stato importato all'interno del software di calcolo SLOPE della Geostru, con il fine di eseguire analisi di stabilità per le sezioni in esame

Per la definizione delle caratteristiche litostratigrafiche e geomeccaniche dei depositi si è fatto riferimento alle risultanze delle indagini geognostiche e geofisiche di repertorio, a quelle eseguite nell'anno 2023 e alla bibliografia edita per le formazioni affioranti nell'area in esame.

Le analisi di stabilità sono state condotte sia in condizioni statiche, senza quindi l'applicazione di una forzante sismica, che in condizioni dinamiche, con l'applicazione di una forzante sismica; per entrambe le condizioni sono state analizzate le fasi ante/post operam (coincidenti in quanto lo stato dei luoghi viene riportato allo stato quo ante). La presenza della falda è stata considerata solo nell'analisi di stabilità condotta presso il Campo Pozzi Pantano, in quanto disponibili i dati piezometrici. Per quanto riguarda l'analisi di stabilità condotta sul profilo costruito trasversalmente a Via delle Marmorelle, presso il C. I. Santa Chiara, non è stata presa in considerazione la falda idrica, in quanto posta a profondità maggiori di quelle investigate.

Le sezioni analizzate presentano le seguenti unità litotecniche:

CAMPO POZZI PANTANO							
UNITA' LITOTECNICA		Prof.	γ_{nat}	c'	ϕ'	E_{ed}	sc
		m dal p.c.	kN/m^3	kPa	°	MPa	MPa
A	Terreno di riporto	0.0-1.0	15.0-16.0	0.0	25	3-4	-
B	Piroclastite sabbioso-argillosa	1.0-2.2	16.0-18.0	5-7	25-28	3-5	-
C	Depositi lavici litoidi	2.2 – 2.9	24.4	-	-	-	47.4
D	Piroclastite sabbioso-limosa con intercalazioni di livelli di colate laviche	2.9-9.0	20.0-21.0	4-7	31,5-32	3.5-5.3	-
E	Piroclastite sabbioso-argillosa con intercalazioni di livelli mediamente cementati	Da 9.0 ad almeno 20.0	16	7-8	27-33	3-5	-

CENTRO IDRICO SANTA CHIARA – VIA DELLE MARMORELLE							
UNITA' LITOTECNICA		Prof.	γ_{nat}	c'	ϕ'	E_{ed}	sc
		m dal p.c.	kN/m^3	kPa	°	MPa	MPa
A	Terreno di riporto	0.0-1.0	15.0-16.0	0-3	25	3-4	-
B	Alternanza di depositi piroclastici limoso sabbiosi e limoso argillosi	1.0-10.3	16.0-18.0	5-10	28-30	4-5	-
C	Depositi lavici litoidi	10.3-24.4	28.3	-	-	-	163
D	Depositi piroclastici limoso-sabbiosi con presenza di livelli tufacei semilitoidi	24.4-26.7	20.0-21.0	4-7	31,5-32	3.5-5.3	-
E	Piroclastite limosa debolmente argillosa	Da 26.7 ad almeno 30.0	16.0-18.0	5-7	25-28	3-5	-

I valori relativi ai coefficienti sismici, adottati per la simulazione di entrambi i siti in esame, sono relativi alle caratteristiche di seguito riportate ed imponendo una condizione di Salvaguardia delle Vita (SLV):

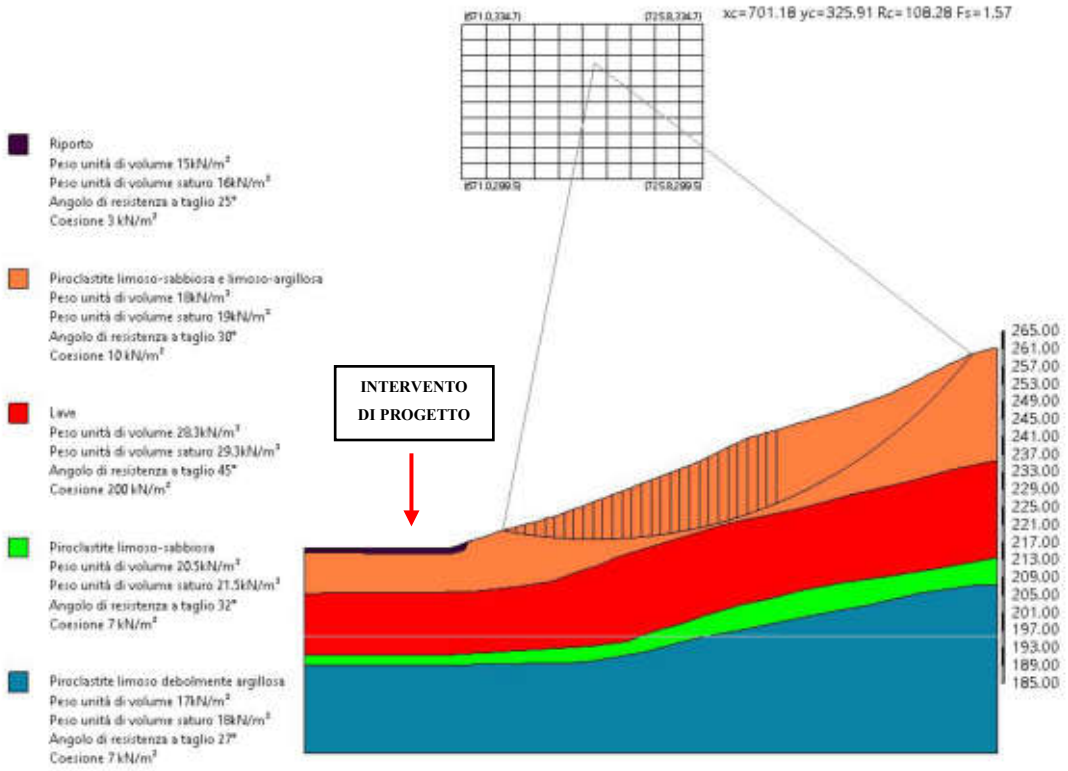
Probab. di super.	10%
Tr	475 anni
ag	1,657 g
Fo	2,561
*Tc**	0,28 s

Coefficienti sismici stabilità dei pendii (SLV):

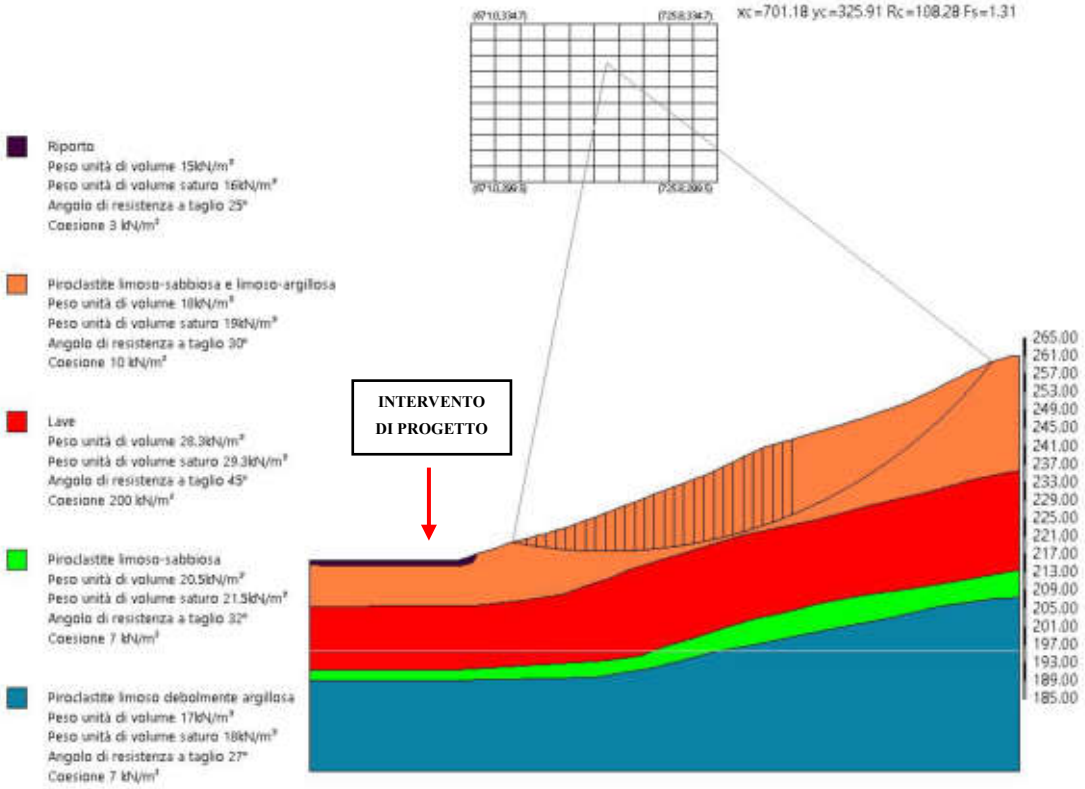
Ss	1,440
Cc	1,600
St	1,000
Kh	0,058
Kv	0,029
Amax	2,390
Beta	0,240

Le analisi di stabilità sono state eseguite utilizzando il metodo di calcolo di Bishop ed hanno identificato, sia per le condizioni statiche che per le condizioni dinamiche, n. 221 superfici di scorrimento (per l'analisi condotta presso Via delle Marmorelle, in prossimità del C. I. Santa Chiara) e n. 221 superfici di scorrimento (per l'analisi condotta presso il Campo Pozzi Pantano), determinate con una maglia dei centri 10x10, quest'ultima posta rispetto i profili topografici considerati, con il fine di identificare più superfici di scorrimento possibili e soprattutto quella con fattore di sicurezza più critico.

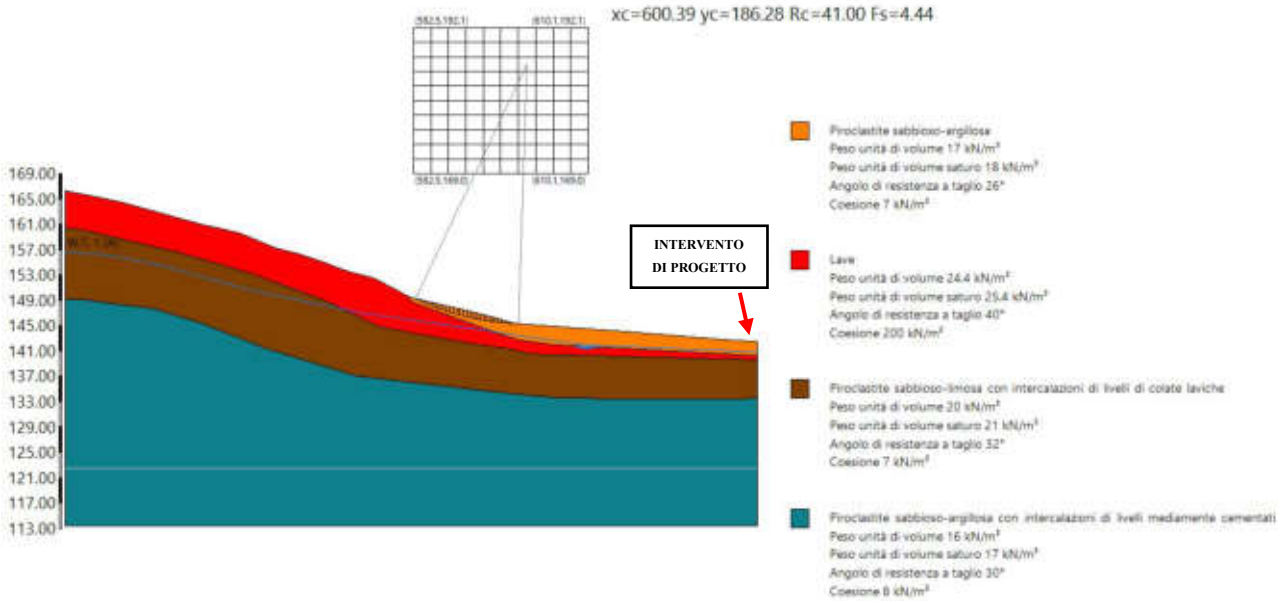
ANALISI DI STABILITÁ – ANTE/POST OPERAM – CONDIZIONI STATICHE
VIA DELLE MARMORELLE – C.I. SANTA CHIARA



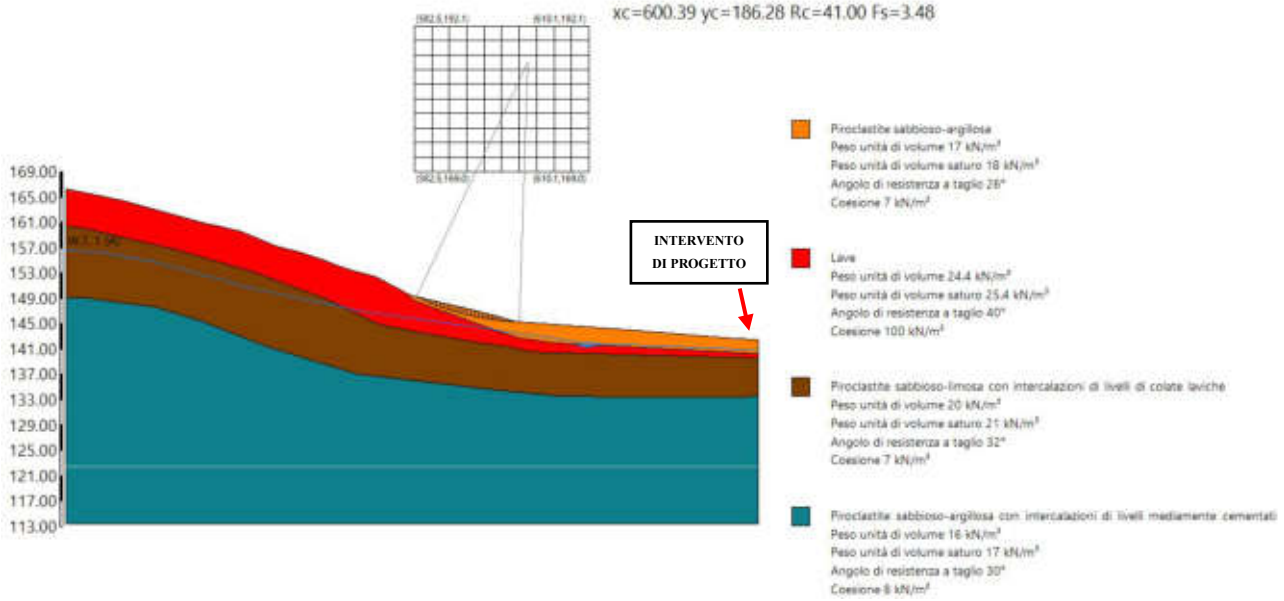
ANALISI DI STABILITÁ – ANTE/POST OPERAM – CONDIZIONI DINAMICHE
VIA DELLE MARMORELLE – C.I. SANTA CHIARA



ANALISI DI STABILITÁ – ANTE/POST OPERAM – CONDIZIONI STATICHE
CAMPO POZZI PANTANO



ANALISI DI STABILITÁ – ANTE/POST OPERAM – CONDIZIONI DINAMICHE
CAMPO POZZI PANTANO



Le analisi di stabilità condotte presso Via delle Marmorelle (in prossimità del C.I. Santa Chiara) nelle fasi di ante/post operam hanno restituito un fattore di sicurezza critico pari a:

- **FS 1.31 in condizioni statiche (senza sisma);**
- **FS 1.57 in condizioni dinamiche (con sisma).**

Le analisi di stabilità condotte presso in Campo Pozzi Pantano nelle fasi di ante/post operam hanno restituito un fattore di sicurezza critico pari a:

- **FS 4.44 in condizioni statiche (senza sisma);**
- **FS 3.48 in condizioni dinamiche (con sisma).**

I risultati ottenuti mostrano come in condizioni ante/post operam l'area dei versanti in esame sono caratterizzati da una rilevante stabilità, sia in condizioni statiche che in condizioni dinamiche.

Si evidenzia come gli interventi di progetto prevedano, nel complesso, la realizzazione di opere di modesta entità.
In merito alla compatibilità idrogeologica e geomorfologica dell'intervento, sulla base del quadro litostratigrafico, idrogeologico, geomorfologico e sismico descritto nella presente Relazione Geologica e della modesta entità delle opere previste in progetto, si ritiene che la loro realizzazione a regola d'arte non andrà ad incrementare il livello di rischio (*rischio frana*) individuato dal PAI, redatto dall'Autorità di Bacino competente.

5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'area in esame ricade all'interno del bacino idrografico principale del Fiume Tevere e nel bacino idrografico secondario del Fiume Aniene, in un'area di competenza dell'Autorità di Bacino del Tevere. L'area si trova all'interno di diversi complessi idrogeologici che generalmente possono essere accorpabili al complesso idrogeologico delle vulcaniti indifferenziate con potenzialità acquifera da bassa a medio-alta (si riduce ove il processo di argillificazione è più intenso) per fratturazione (nei litotipi litoidi) e da una buona capacità di immagazzinamento.

I terreni affioranti nell'area sono da mediamente permeabili per porosità fino a molto permeabili per fratturazione. Il valore dell'infiltrazione efficace è di circa 300 mm annui ed è dovuta alle abbondanti precipitazioni che caratterizzano la zona (circa 1000 mm), che penetrando in profondità determinano la saturazione degli acquiferi presenti.

Le scorie saldate e le lave accolgono il complesso a maggiore potenzialità, quello delle lave, laccoliti e coni di scorie (potenzialità acquifera medio alta) che ospitano la falda acquifera superficiale e che con il complesso delle pozzolane ed il complesso dei tufi stratificati (potenzialità acquifera media) giacciono sull'aquiclude delle Argille plioceniche posto tra i 100 m ed i 50 m.

La potenzialità di questi livelli acquiferi è condizionata dalle dimensioni e dalla continuità di orizzonti a permeabilità più elevata, che nell'area oggetto di studio risultano consistenti.

Il flusso idrico superficiale e profondo avviene verso NO dalle quote piezometriche dei 140 m s.l.m. nei pressi di Colonna (RM) ed ai 60 m s.l.m. nei pressi del Campo Pozzi Pantano nel Comune di Montecompatri (RM).

Nel dettaglio, con riferimento alla cartografia di seguito riportata in Figura 18, stralcio della "*Carta Idrogeologica del territorio della regione Lazio*" in scala 1: 100.000 (G. Capelli et alii, 2012), gli interventi di progetto sono interessati dai seguenti complessi idrogeologici:

- Complesso dei depositi alluvionali recenti (1), con potenzialità acquifera da bassa a medio-alta;
- Complesso dei depositi fluvio palustri e lacustri (6), con potenzialità acquifera bassa;
- Complesso delle lave, laccoliti e coni di scorie (7), con potenzialità acquifera medio-alta;
- Complesso delle pozzolane (8), con potenzialità acquifera media.

Per rilevare la presenza della falda idrica alle profondità di interesse per le opere di progetto, il sondaggio S1 è stato attrezzato con piezometro a tubo aperto fino a fondo foro.

Di seguito sono riportate le misure piezometriche eseguite:

Sondaggio	Data	Livello falda registrata (m dal p.c.)
S1 (2023)	12/01/2023	2,4
	17/02/2023	1,7

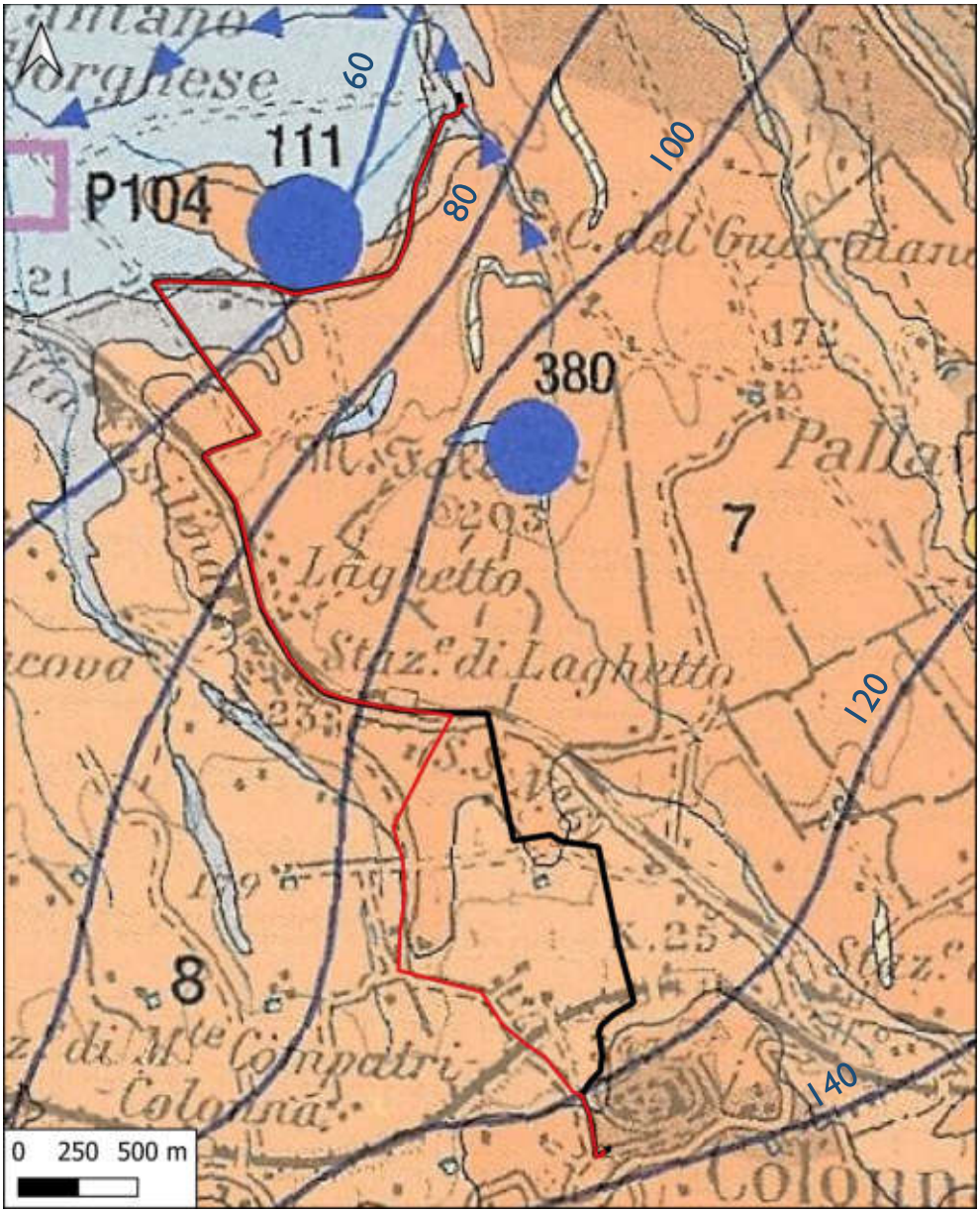


Figura 19. Schema idrogeologico (fuori scala) tratto dalla "Carta Idrogeologica del territorio della Regione Lazio" di G. Capelli et alii, 2012. Indicata in rosso la condotta DN250 e in nero la condotta DN600.

6 CENNI DI SISMICITÀ E RIFERIMENTI ALLA VIGENTE NORMATIVA ANTISISMICA

Il Lazio è caratterizzato da una sismicità che si distribuisce lungo fasce (Zone sismogenetiche) a caratteristiche sismiche omogenee, allungate preferenzialmente NW-SE, nella direzione della costa tirrenica e della catena montuosa appenninica. Lungo queste fasce la sismicità si distribuisce in modo omogeneo e gradualmente crescente dalla costa verso l'Appennino. Quasi asismica risulta essere la provincia di Latina e poco sismica la zona costiera della provincia di Viterbo. Terremoti di media intensità ma molto frequenti, fino all'VIII° MCS/MSK, avvengono nell'area degli apparati vulcanici del Lazio, Colli Albani e Monti Vulsini, ed in alcune aree del Frusinate e del Reatino; terremoti molto forti, fino al X-XI° della scala macrosismica MCS/MSK, ma relativamente poco frequenti, si hanno nelle conche di origine tettonica di Rieti, Sora e Cassino. Questo andamento a fasce dei terremoti trova riscontro nella distribuzione degli effetti sismici osservabili nei comuni del Lazio, con massimi danneggiamenti nei comuni montani del Reatino e del Frusinate e gradualmente minori spostandosi verso le aree costiere (Figura 20).

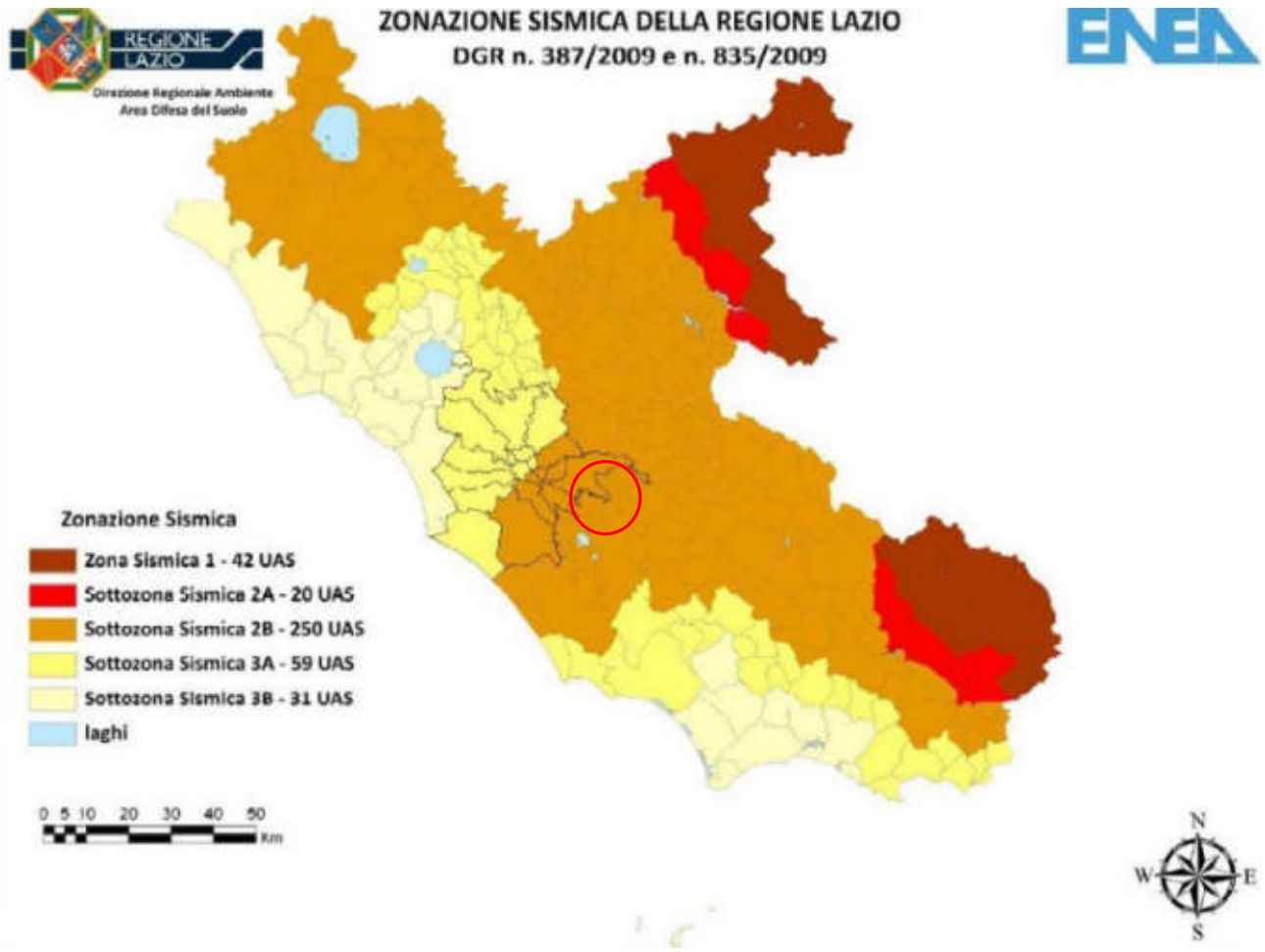


Figura 20. Classificazione Sismica della Regione Lazio (DGR 387/2009).

La nuova classificazione si basa soltanto su 3 Zone Sismiche a differenza delle quattro della precedente classificazione del 2003, con la scomparsa della zona sismica 4. La Zona Sismica 1, quella più gravosa in termini di pericolosità sismica, non presenta sottozone in quanto il valore di $a_{g\ max}$ previsto per il Lazio non giustifica ulteriori suddivisioni. Pertanto la creazione di sottozone ha interessato soltanto le zone sismiche 2 e 3, con la suddivisione in 4 sottozone sismiche (dalla 2A, ovvero la maggiore sottozona della zona sismica 2, fino alla sottozona sismica 3B, corrispondente alla sottozona meno pericolosa della zona sismica 3) come si evince dalla seguente Tabella 1.
Con la vigente Classificazione Sismica della Regione Lazio (DGR n. 387 del 22/05/2009), i Comuni di Colonna, San Cesareo e di Monte Compatri (RM) sono classificati in **Zona Sismica 2**, **Sottozona B**, alla quale corrisponde un valore dell'accelerazione orizzontale di picco su suolo rigido compresa tra **0,15 g** e **0,20 g**.

Tabella 1. Suddivisione delle sottozone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido utilizzate per lo scenario di riclassificazione sismica della Regione Lazio.

ZONA SISMICA	SOTTOZONA SISMICA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI (a_g)
1		$0.25 \leq a_g < 0{,}278g$ *(val. Max per il Lazio)*
2	A	$0.20 \leq a_g < 0.25$
	B	$0.15 \leq a_g < 0.20$
3	A	$0.10 \leq a_g < 0.15$
	B	*(val. min.)* $0.062 \leq a_g < 0.10$

Di seguito la Carta delle Massime Intensità Macrosismiche registrate nel Lazio, dalla quale risulta che nel territorio dei Comuni di Colonna, San Cesareo e di Montecompatri (RM) si siano verificati eventi sismici di intensità massima compresa tra 7.0 – 7.5 gradi MCS (Figura 20).

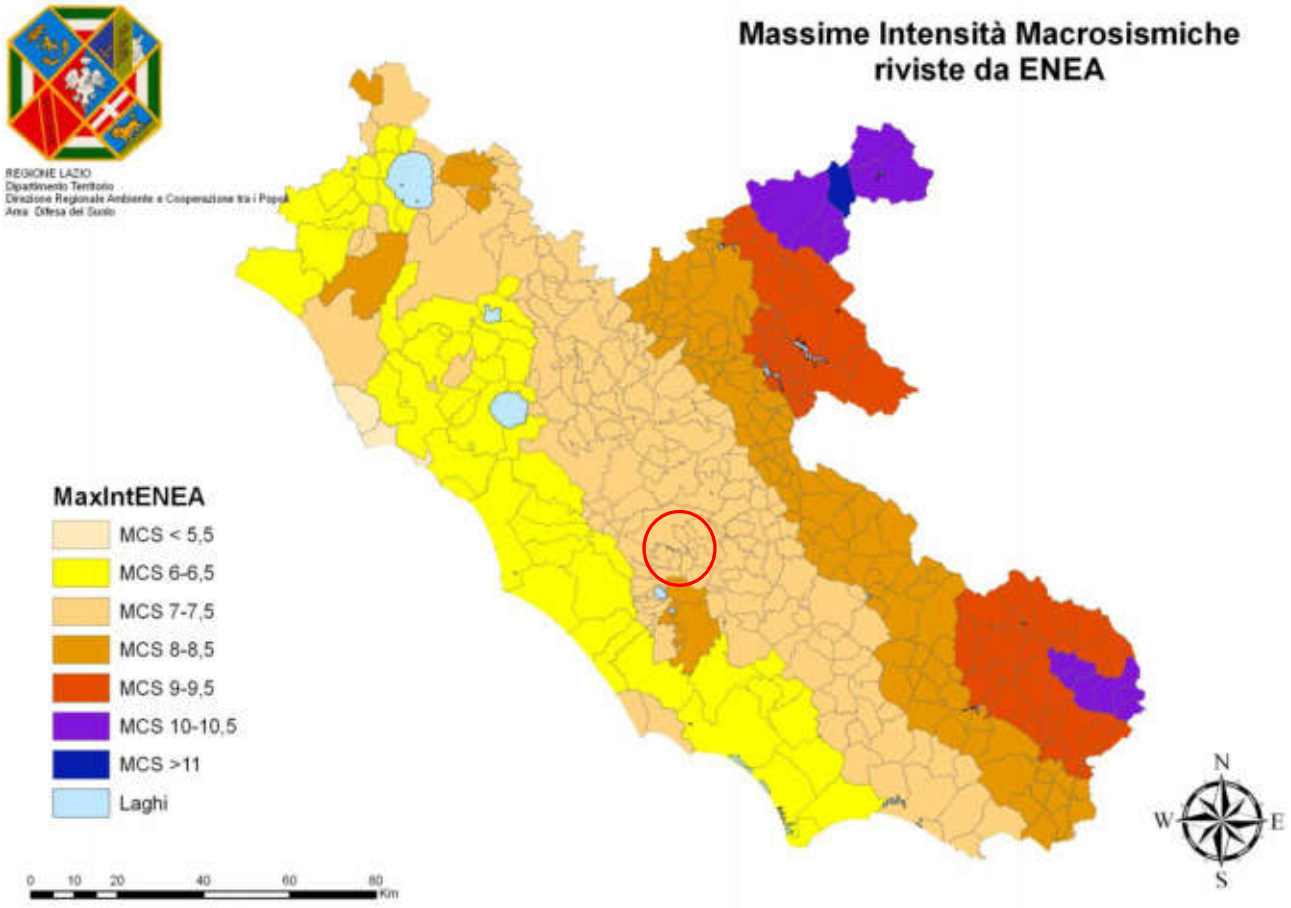


Figura 21. Carta delle Massime Intensità Macrosismiche del Lazio.

Ai sensi del D.P.R. 545/2010 che definisce le linee guida per gli studi di microzonazione sismica del territorio della Regione Lazio, risulta pubblicato per il Comune di Colonna e Monte Compatri (RM) lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 1, con la redazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).

Più in dettaglio, per il Comune di Colonna, i tracciati di progetto, risultano essere compresi in una **Zona stabile suscettibile di amplificazione**, in particolare la **ZONA 1 – 2001**, la quale è costituita da uno spessore di terreno di riporto con spessori fino ai 3 m, sovrastante a piroclastite scoriacea costituita da sabbia con ghiaia limosa (con spessori che vanno dai 10 ai 40 m).

Un secondo breve settore del tracciato di progetto posto più a nord, in località Campanella (frazione di Colonna), risulta invece bordare una **Zona stabile suscettibile di amplificazione**, in

particolare la **ZONA 4 – 2004**, la quale è costituita da uno spessore di piroclastite rimaneggiata (fino ai 4 m), sovrastante lave leucititiche, con spessori fino ai 26 m (Figura 22).

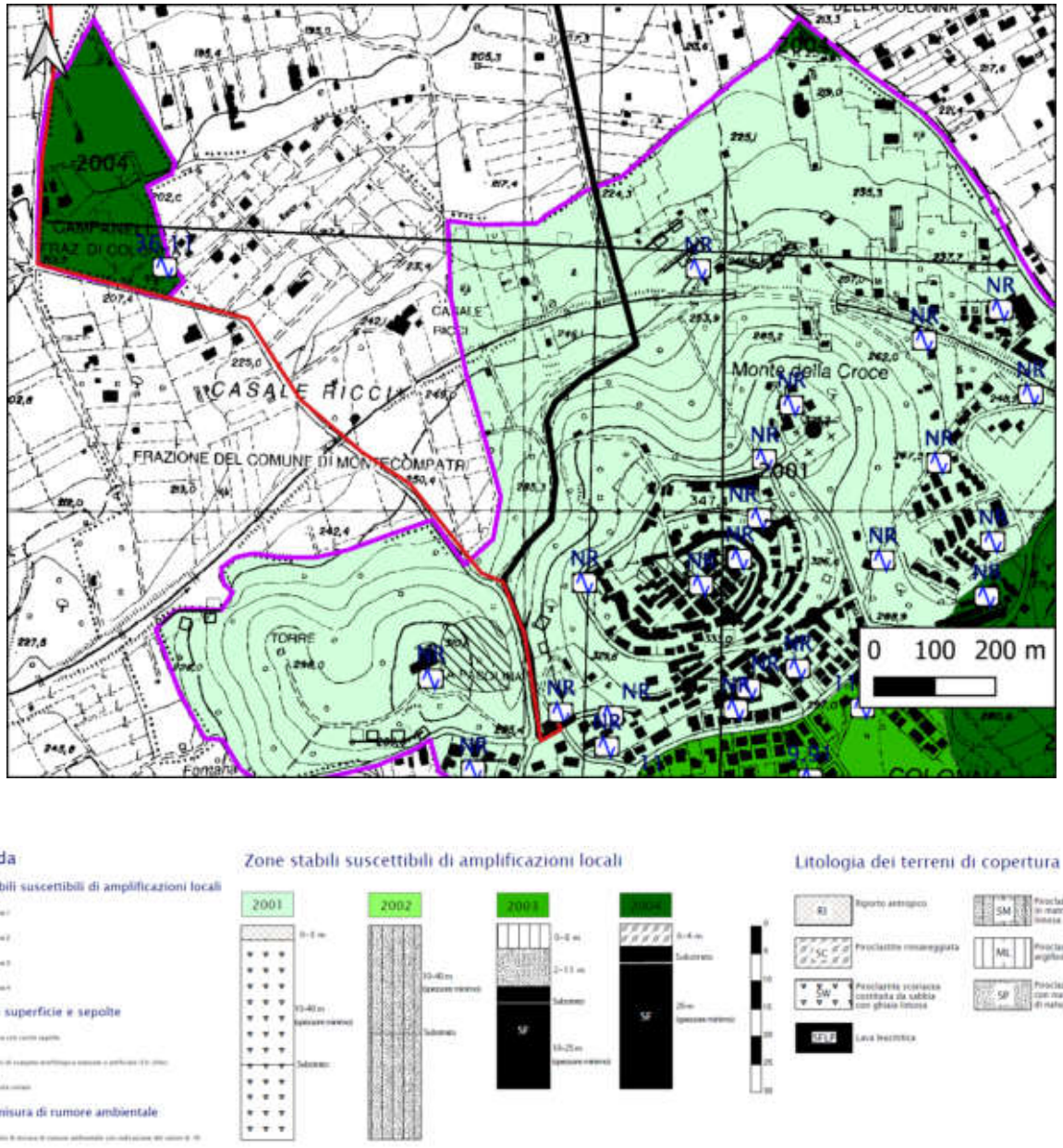
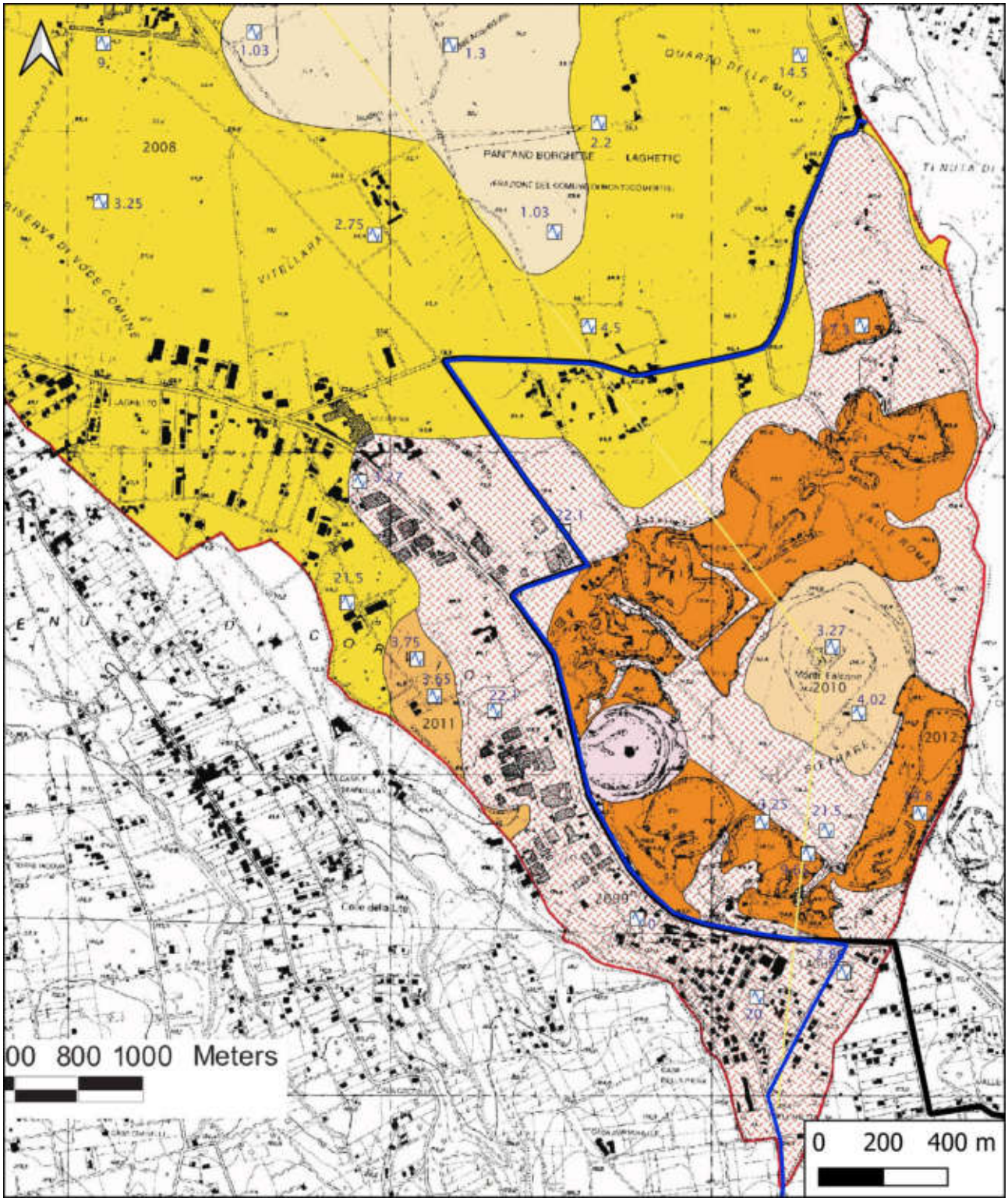


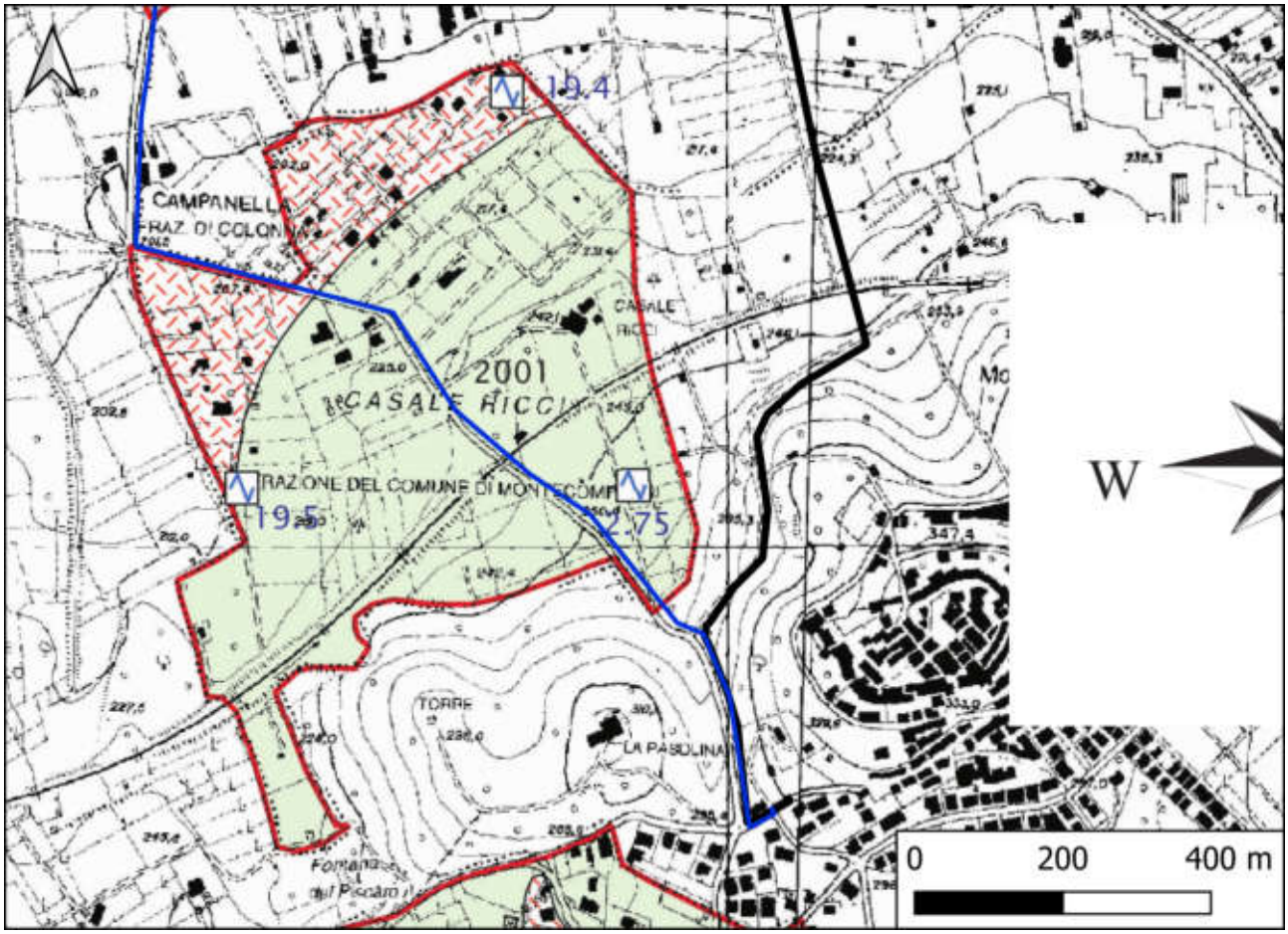
Figura 22. Stralcio fuori scala della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) dello studio di Microzonazione Sismica di Livello I del Comune di Colonna (RM), con l'ubicazione in rosso dell'opera di progetto.

Più in dettaglio, per il Comune di Monte Compatri, tutto il tracciato di progetto, risulta essere compreso in **Zone stabili suscettibili di amplificazione**, in particolare da nord nella **ZONA 2008**, la quale è costituita da uno spessore di depositi alluvionali con spessori tra 5-50 m, sovrastanti lave grigio scure (con spessori che vanno dai 5 ai 10 m). La **ZONA 2099** è costituita da substrato fratturato e alterato.

Inoltre, viene interessata la **ZONA 2012** costituita da uno spessore variabile tra 3 e 40 m di terreno di riporto antropico giacente su lave grigio scure.

Procedendo verso sud vengono attraversate: la **ZONA 2001** formata da piroclastite costituita da scorie e lapilli scoriacei derivanti da coni di scorie con spessore tra i 3-70 m giacenti su lave grigio scure.


1.03
1.3
14.5
2.2
2008
3.25
2.75
1.03
4.5
7.3
22.1
21.5
3.75
3.65
2011
3.27
4.02
2010
2012
21.5
00 800 1000 Meters
0 200 400 m


19.4
CAMPANELLA
2001
CASALE RICCI
19.5
2.75
TORRE
LA PASQUINA
W
0
200
400 m

Legenda

Terreno di riporto antropico. Depositi eterogenei dovuti all'accumulo ed allo spostamento di materiali per terrapieni, rilevati e colmate. Depositi da sciolti a moderatamente addensati. OLOCENE. (R)

Depositi alluvionali e lacustri costituiti da litologie siltoso-argillose ricche di elementi vulcanici con intercalazioni di livelli di torba. Depositi da sciolti a poco addensati e da poco a moderatamente consistenti. PLEISTOCENE SUP. - OLOCENE. (MLlc)

Proclastite costituita da lapilli rimaneggiati e pedogenizzati immersi in una matrice alluvio-lacustre di natura limosa-argillosa derivanti dal prodotto del dilavamento delle formazioni vulcaniche entro valli radiali interne al recinto Tuscolano-Artemisio. Depositi da poco a moderatamente consistenti. PLEISTOCENE SUP. - OLOCENE.(MLec)

Proclastite composta da livelli cineritici grigi con lapilli accrezionari intercalati da paleosuoli. Alla base possono essere presenti sottili livelli di scorie giallastre da caduta. La successione rappresenta le porzioni distali di varie eruzioni freatomagmatiche del maar del Litosorna Via dei Laghi. Depositi da poco a moderatamente consistenti. PLEISTOCENE SUP. (SWsc - 1)

Proclastite costituita da banchi e strati consolidati di peperino dell'Unità Idromagmatica di Castiglione (manifestazioni eruttive finali). Depositi molto consistenti. PLEISTOCENE SUPERIORE. (SPig)

Proclastite costituita da lapilli vari colori (viola, gialli, bruni e neri) a matrice sabbiosa-limosa distintamente stratificati con intercalazioni di scorie saldate, di livelli cineritici e di livelli lavici di natura leucitica anche di spessore metrico. In molte zone la formazione si presenta pedogenizzata. Depositi da consistenti a poco consistenti. PLEISTOCENE MEDIO. (SWsc-2)

SF

Lave grigio scure leucitiche da porfiriche a microcristalline, da compatte a vacuolari, ricche di cristalli di leucite, clinopirosseno e occasionalmente olivina. La parte sommitale può essere altamente fratturata e/o in blocchi misti al suolo. 10 < jv < 15. PLEISTOCENE MEDIO.(SFLP)

Proclastite costituita da scorie e lapilli scoriacei derivata da coni di scorie e bocche eruttive eccentriche talvolta sovrastanti ai lapilli vari colori. Presenti intercalazioni di livelli lavici e di bombe e blocchi scoriacei. Depositi da consistenti a molto consistenti. PLEISTOCENE MEDIO.(SWsc)

Deposito piroclastico costituito da bancate di lapilli scoriacei, da saldati a sciolti, con intercalati livelli cineritici. Depositi da poco a moderatamente consistenti. PLEISTOCENE MEDIO. (SWsc - 3)

Deposito proclastico massivo litoide a matrice cineritico-lapillosa di colore da giallo a rosso ed a marrone. Al tetto risulta fortemente alterato e pedogenizzato. Deposito consistente. PLEISTOCENE MEDIO. (SWig)

Deposito sedimentario-pre-vulcanico costituito da sabbie gialle, argille e marne grigie marine. Deposito consistente. PLEISTOCENE INFERIORE - PLIOCENE. (SCcz)

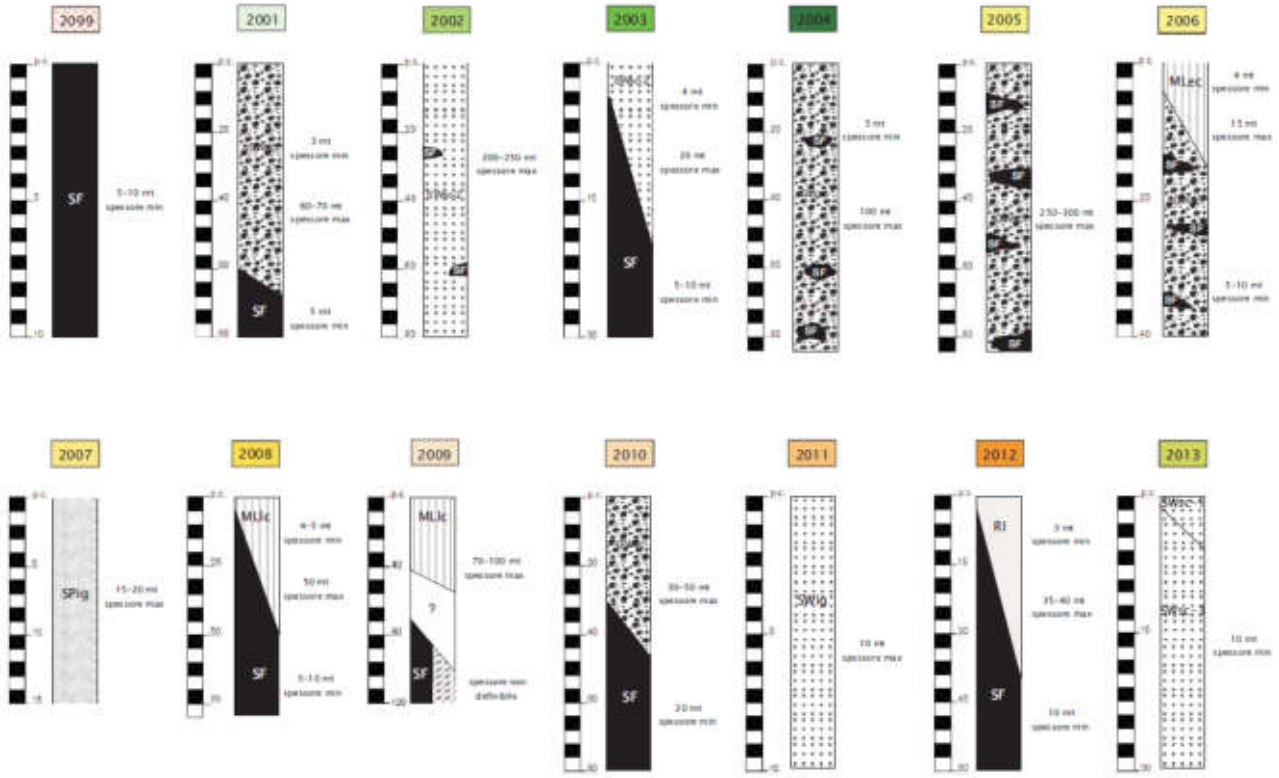


Figura 23. Stralcio fuori scala della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) dello studio di Microzonazione Sismica di Livello I del Comune di Monte Compatri (RM), con l'ubicazione in nero dell'opera di progetto.

6.1 Analisi della suscettibilità a liquefazione

Per liquefazione di un terreno si intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi. I fenomeni di liquefazione interessano in genere depositi non coesivi saturi e dipendono principalmente da: proprietà geotecniche dei terreni, caratteristiche delle vibrazioni sismiche e loro durata, genesi, storia geologica dei terreni e profondità della falda.

Le NTC2018 richiedono una verifica alla suscettibilità di liquefazione dei terreni del sito sul quale insiste la progettazione dell'opera.

La verifica a liquefazione può essere omessa (*paragrafo 7.11.3.4.2 NTC 2018*) quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
- Profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (Nl)60>30 oppure qc1N>180 dove (Nl)60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc1N è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 24 (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc<3.5 ed in Figura 24 (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc>3.5.

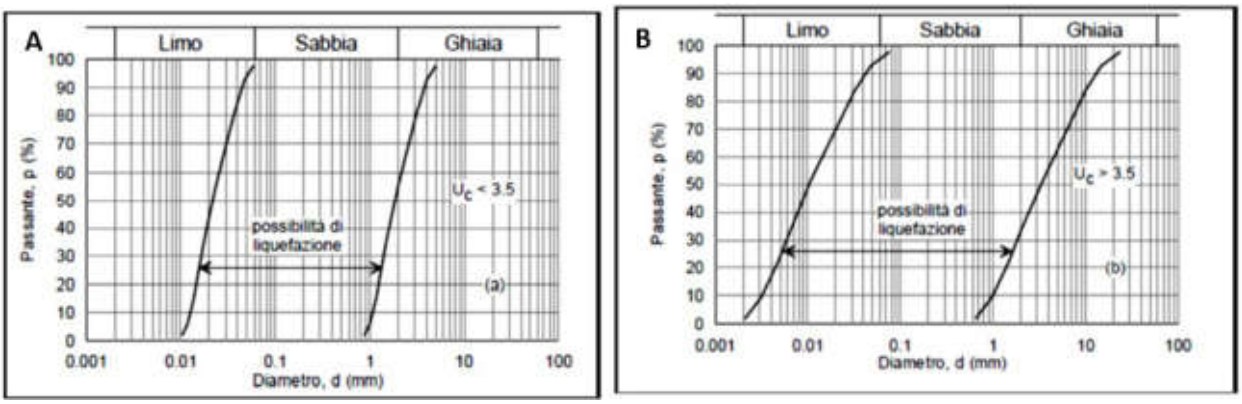


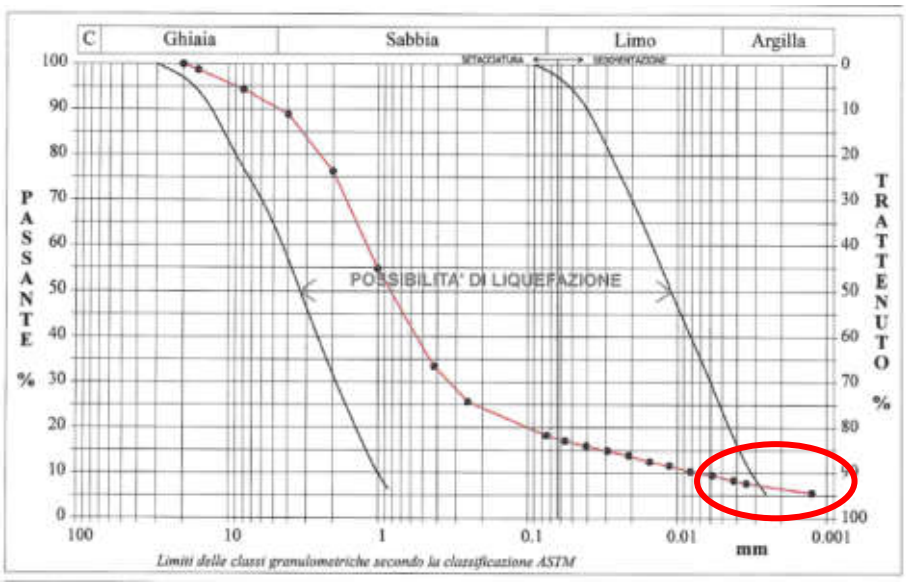
Figura 24. Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.

Relativamente agli interventi di progetto, la verifica nei confronti della liquefazione può essere omessa, stante la sussistenza della seguente condizione, indicata in *NTC/18 §7.11.3.4.2*:

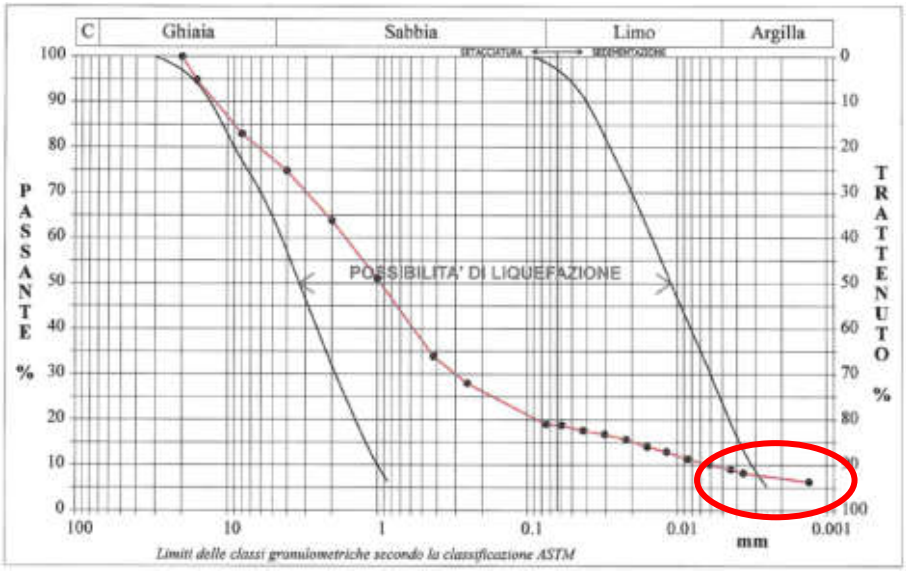
- Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 24 (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc<3.5 ed in Figura 24 (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc>3.5.

Di seguito si riportano i fusi granulometrici relativi ai campioni prelevati nel corso dell'esecuzione del sondaggio geognostico S1 2023 ed analizzati in laboratorio.

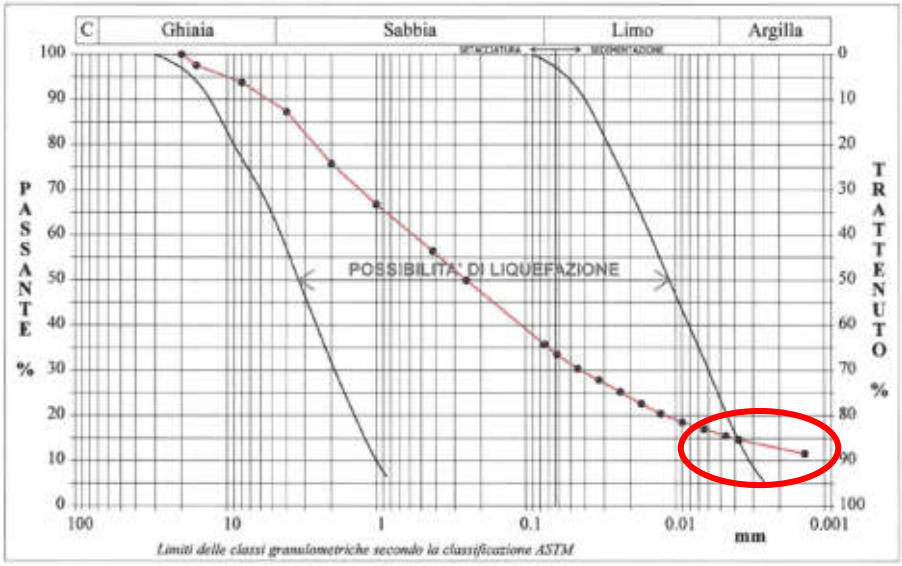
S1-C2



S1-C3


C
Ghiaia
Sabbia
Limo
Argilla
SETACCIATURA
SEDIMENTAZIONE
PASSANTE %
TRATTENUTO %
POSSIBILITA' DI LIQUEFAZIONE
100
10
1
0.1
0.01
0.001
mm
Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione ASTM

S1-C4


C
Ghiaia
Sabbia
Limo
Argilla
SETACCIATURA
SEDIMENTAZIONE
PASSANTE %
TRATTENUTO %
POSSIBILITA' DI LIQUEFAZIONE
100
10
1
0.1
0.01
0.001
mm
Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione ASTM

S1-C5

In base ai dati bibliografici relativi alla profondità della falda idrica regionale, per gran parte della porzione di tracciato situata a sud dell'area in cui è stato eseguito il sondaggio geognostico S1 (2013), la falda risulta posta a una profondità superiore a 15 m dal p.c.; pertanto, la verifica della liquefazione può essere omessa.

7 INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

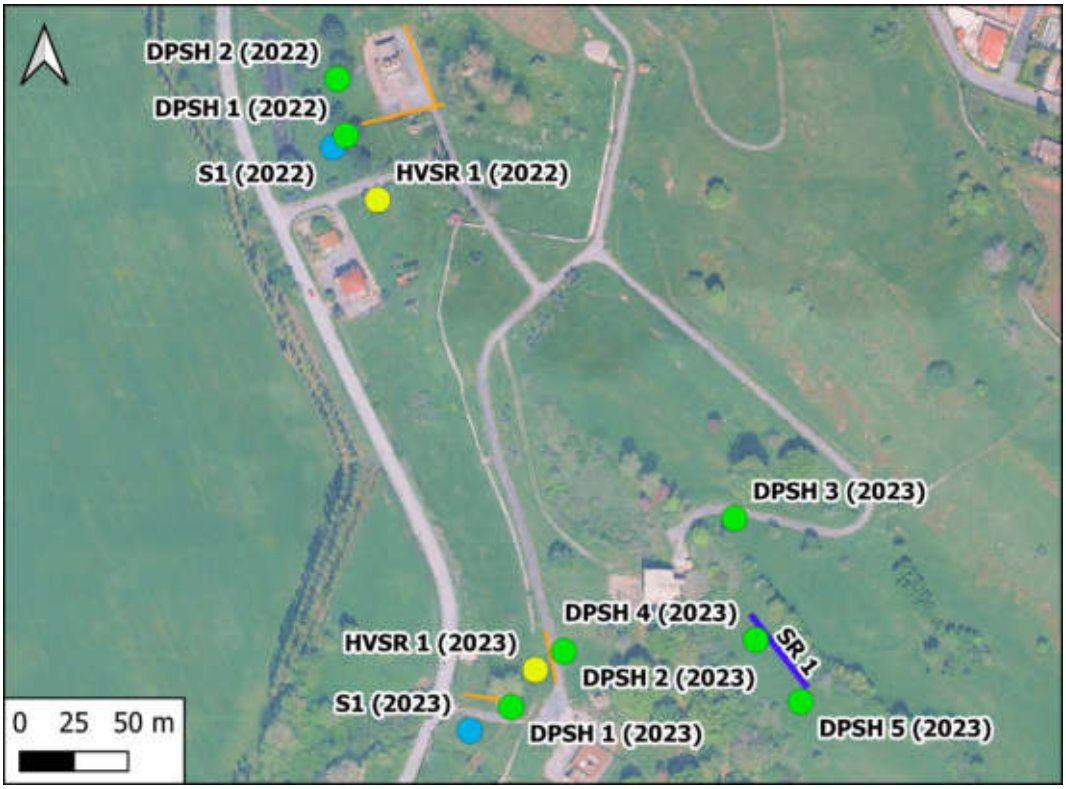
È stata svolta un'indagine geologico-geotecnica con lo scopo di caratterizzare dal punto di vista stratigrafico, geotecnico, idrogeologico e geofisico i terreni presenti nell'area in esame. Tale studio è stato basato sulla raccolta dei dati disponibili in letteratura, integrati con le osservazioni registrate nel corso dei sopralluoghi effettuati sulle aree di previsto intervento e delle risultanze ottenute da una campagna di indagini geognostiche e geofisiche integrativa eseguite nell'area di previsto intervento.

Le indagini geognostiche e geofisiche eseguite nell'area di indagine sono tali da ottemperare al D.M. 17/01/2018 (*Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni"*) ed alle indicazioni riportate nel Regolamento Regionale adottato dalla Regione Lazio del 16/04/2021 n. 7 – D.G.R. Lazio 189/2021, concernente "*Modifiche al regolamento regionale 26 ottobre 2020, n. 26 (Regolamento regionale per la semplificazione e l'aggiornamento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico. Abrogazione del regolamento regionale 13 luglio 2016, n. 14 e successive modifiche*".

Quest'ultimo, in particolare, definisce la tipologia e la quantità minima di indagini geologiche, geofisiche e geotecniche in relazione al Livello di Rischio Sismico che identifica tre distinti livelli, Basso, Medio e Alto.

Sulla base dell'interazione fra la **Zona Sismica 2B** dei Comuni di Montecompatri e Colonna e Zagarolo (RM) ed il tipo di opera di progetto, classificata come **Classe d'Uso II**, si individua un Livello di Rischio Sismico dell'Opera **MEDIO**.

	PERICOLOSITA'				
	Zona Sismica				
PROGETTI	1	2a	2b	3a	3b
classi d'uso I e II	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
classe d'uso III	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
classe d'uso IV	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO



DPSH 1 bis (2025)
MASW 3 (2026)
RF 5 (2025)
DPSH 1 (2025)
HVSR 2 (2026)
MASW 4 (2026)
RF 4 (2025)
0 10 20 m

DPSH 1 (2026)
MASW 1 (2026)
DPSH 2 (2026)
MASW 2 (2026)
HVSR 1 (2026)
0 10 20 m

Figura 25. Ubicazione delle indagini geognostiche e geofisiche eseguite negli anni 2022, 2023, 2025 e 2026.

7.1 Indagini geognostiche e geofisiche di repertorio (campagna anno 2022)

La campagna di indagini geognostiche e geofisiche eseguita nell'anno 2022 è stata articolata come di seguito descritto:

- **<u>Campo Pozzi Pantano</u>**
  - Esecuzione di n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 30 m dal piano campagna;

- Prelievo di n. 2 campioni indisturbati nel foro di sondaggio S1, sottoposti successivamente a prove di laboratorio geotecnico;
- Esecuzione di n. 3 prove S.P.T. (Standard Penetration Test) nel foro di sondaggio S1;
- Esecuzione di n. 2 prove penetrometriche dinamiche DPSH, spinte in profondità fino al raggiungimento del rifiuto strumentale;
- Esecuzione di n. 2 prospezioni sismiche MASW;
- Esecuzione di n. 1 misura di rumore ambientale HVSR.

➢ **Centro Idrico Santa Chiara**

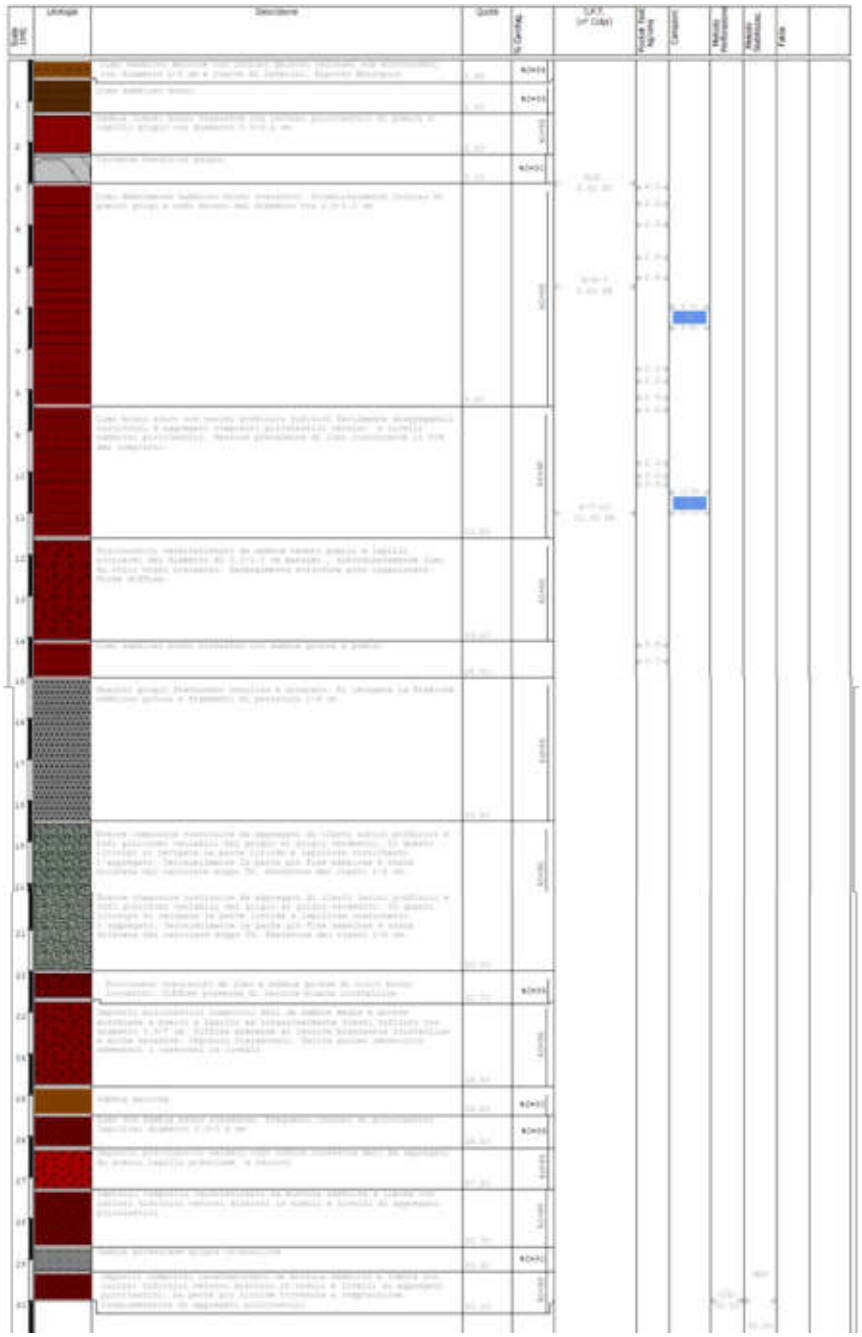
- Esecuzione di n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 30 m dal piano campagna;
- Prelievo di n. 3 campioni indisturbati nel foro di sondaggio S1, sottoposti successivamente a prove di laboratorio geotecnico;
- Esecuzione di n. 2 prove S.P.T. (Standard Penetration Test) nel foro di sondaggio S1;
- Esecuzione di n. 2 prove penetrometriche dinamiche DPSH, spinte in profondità fino al raggiungimento del rifiuto strumentale;
- Esecuzione di n. 2 prospezioni sismiche MASW;
- Esecuzione di n. 1 misura di rumore ambientale HVSR.

7.1.1 Stratigrafia sondaggi geognostici

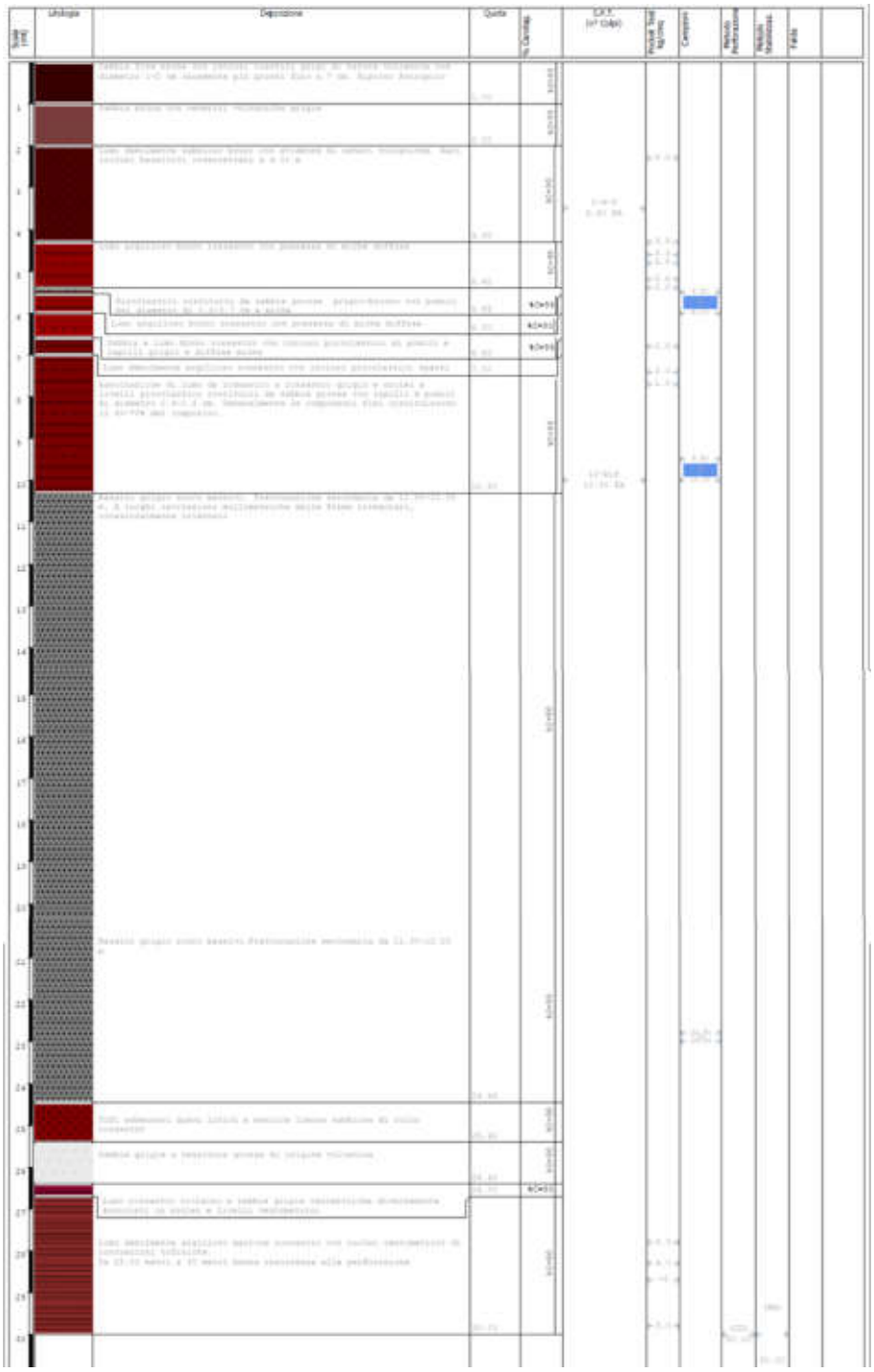
Di seguito sono riportati i log stratigrafici dei sondaggi geognostici eseguiti.

Per una più dettagliata consultazione si rimanda agli allegati in calce alla presente Relazione Geologica.

SONDAGGIO GEOGNOSTICO – CAMPO POZZI PANTANO



SONDAGGIO GEOGNOSTICO – CENTRO IDRICO SANTA CHIARA



7.1.2 Prove S.P.T. (Standard Penetration Test)

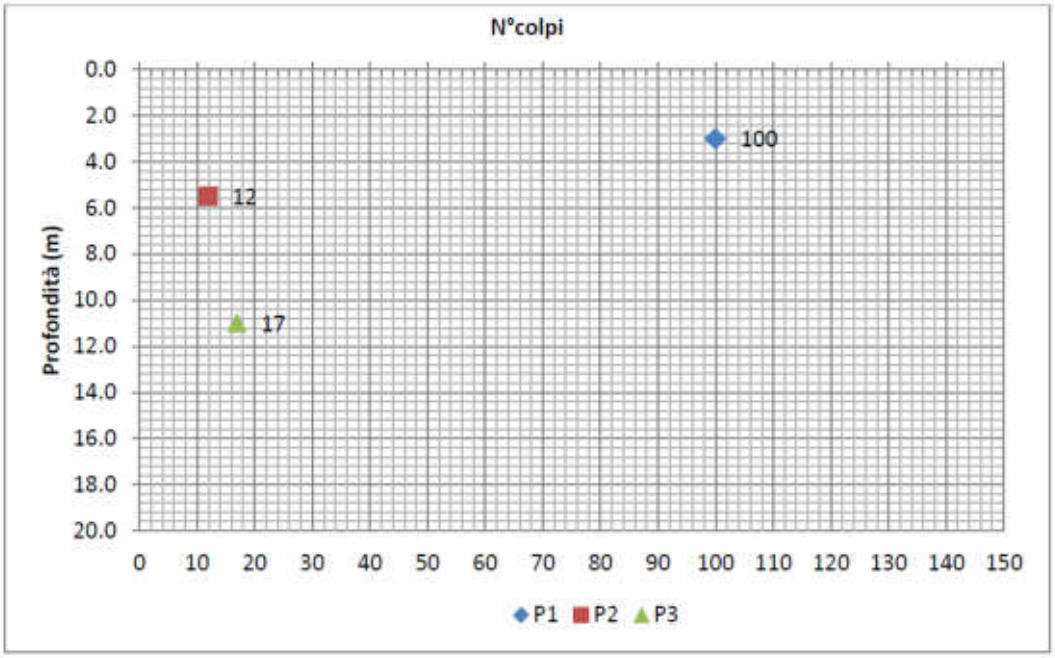
Per la determinazione delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni di origine vulcanica investigati si è proceduto, nel corso dei sondaggi geognostici, all'esecuzione di alcune prove S.P.T. (*Standard Penetration Test*).

Per i terreni sabbiosi questo tipo di prova consente alcune correlazioni piuttosto affidabili con la resistenza al taglio ed il modulo di compressibilità, ma può essere utilizzata anche per una prima valutazione del grado di consistenza delle argille e delle rocce tenere.

Per una più dettagliata consultazione si rimanda agli allegati in calce alla presente Relazione Geologica.

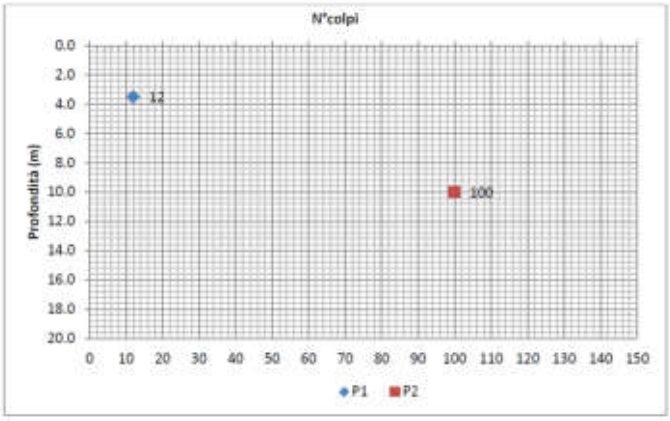
SPT ESEGUITE NEL SONDAGGIO GEOGNOSTICO – CAMPO POZZI PANTANO

Sondaggio (n°)	Prova (n°)	Profondità (m)	N_1	N_2	N_3	Nspt = N_2+N_3	Punta utilizzata
S1	P1	3.00	50	50	50	100	Punta chiusa
S1	P2	5.50	5	5	7	12	Punta aperta
S1	P3	11.00	6	7	10	17	Punta aperta



SPT ESEGUITE NEL SONDAGGIO GEOGNOSTICO – CENTRO IDRICO SANTA CHIARA

Sondaggio (n°)	Prova (n°)	Profondità (m)	N_1	N_2	N_3	Nspt = N_2+N_3	Punta utilizzata
S1	P1	3.50	1	4	8	12	Punta aperta
S1	P2	10.00	12	50	50	100	Punta aperta



7.1.3 Prova penetrometrica dinamica tipo DPSH

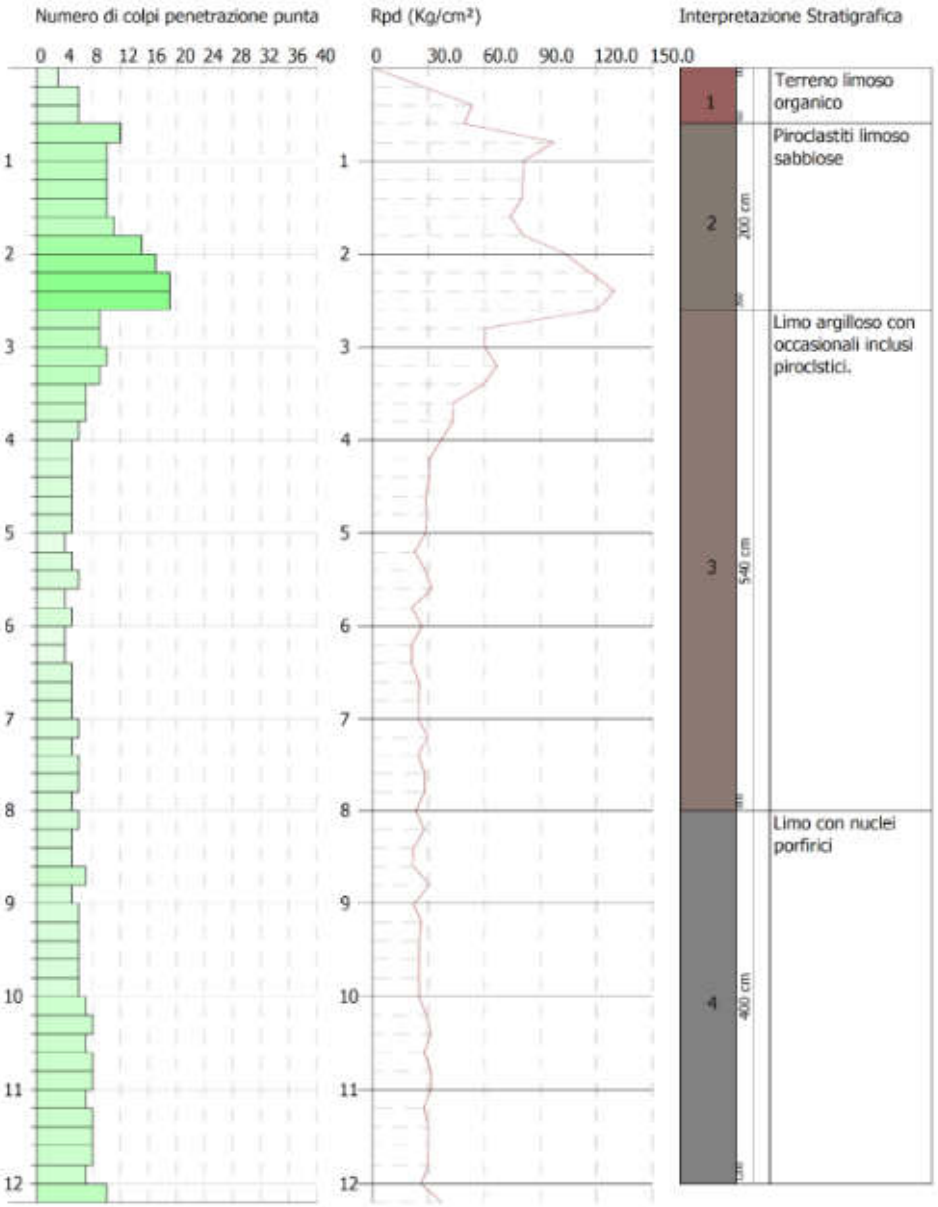
La prova penetrometrica dinamica super pesante (DPSH) consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica battendo sulle aste con un maglio a caduta libera e contando il numero di colpi necessari all'avanzamento della punta, di successive quantità costanti. La prova fornisce una valutazione qualitativa del grado di addensamento e di consistenza dei terreni attraversati. Per questa prova esistono numerose correlazioni empiriche note nella letteratura specialistica che consentono dal numero di colpi di risalire ad alcuni parametri geomeccanici dei terreni investigati. Di seguito, si riporta una sintesi dei risultati ottenuti.

Campo Pozzi Pantano

Sono state eseguite n. 2 prove penetrometriche dinamiche tipo DPSH. Dai risultati ottenuti si evince che a causa della natura del terreno, il raggiungimento del rifiuto strumentale è avvenuto alla medesima profondità di 12,20 m dal p.c. per entrambe le prove DPSH1 e DPSH2.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: ACEA Spa 29/06/2022
Descrizione: Caratterizzazioni geologiche e geotecniche per la la progettazione di opere idrosanitarie - O.di S. n. 04 del
Localita': Impianto Pozzo Pantano
Scala 1:60

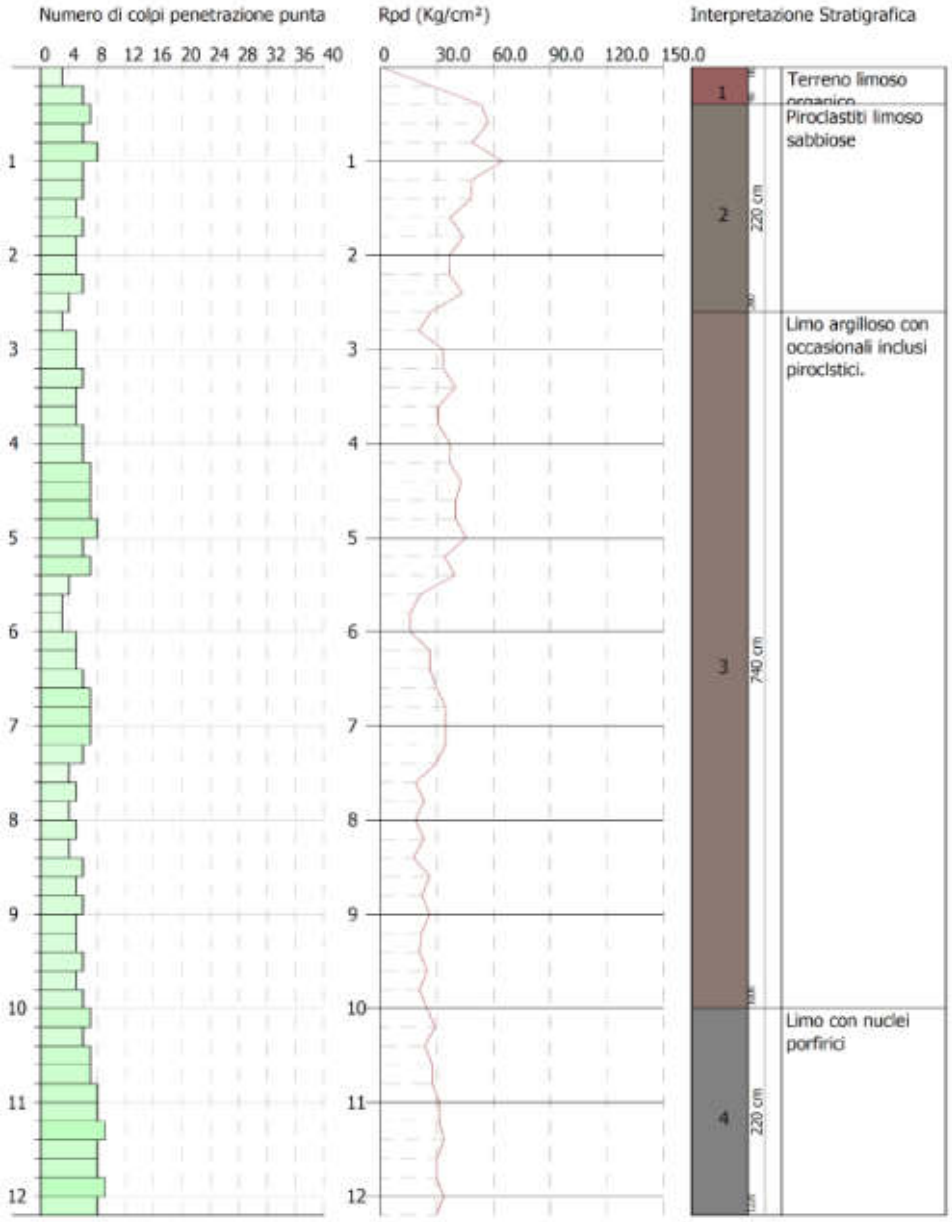


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: ACEA Spa
Descrizione: Caratterizzazione geologica e geotecnica per la progettazione di opere idrosanitarie
Localita': Impianto Pozzo Pantano

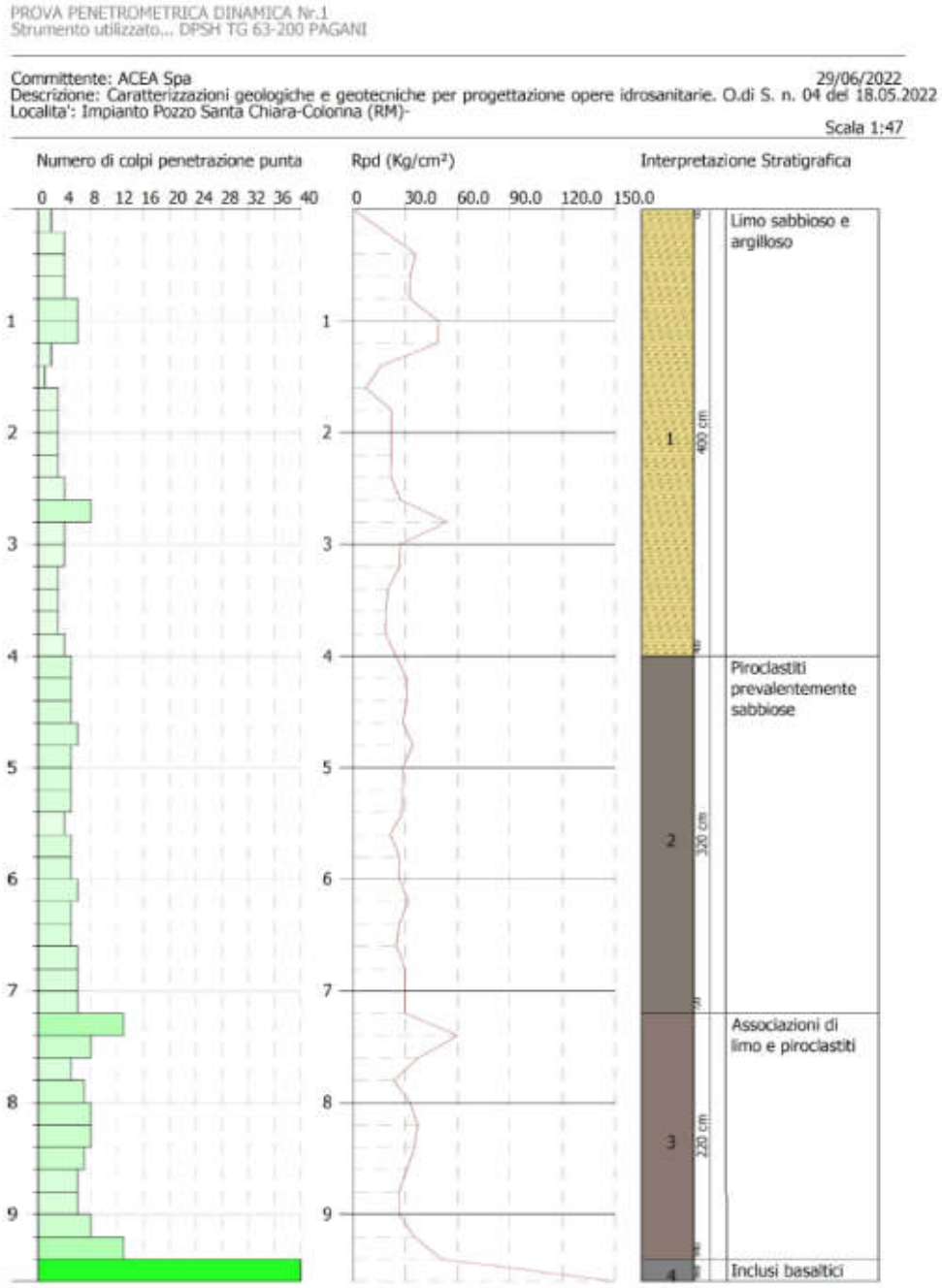
29/06/2022

Scala 1:60



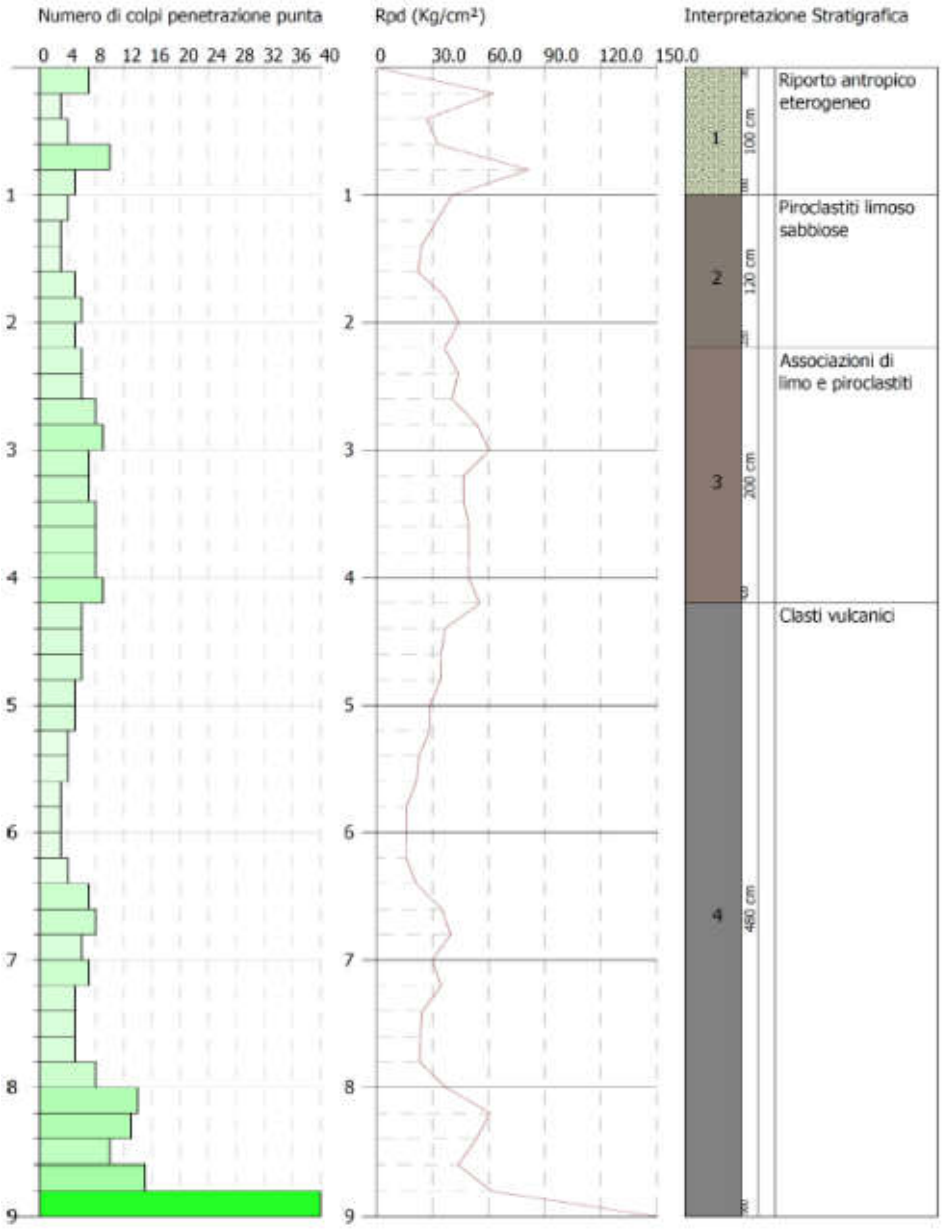
Centro Idrico Santa Chiara

Sono state eseguite n. 2 prove penetrometriche dinamiche tipo DPSH. Dai risultati ottenuti si evince che a causa della natura del terreno, il raggiungimento del rifiuto strumentale è avvenuto alla profondità di 9,60 m dal p.c. per la DPSH 1 e di 9,00 m dal p.c. per la DPSH2.



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: ACEA Spa 29/06/2022
Descrizione: Caratterizzazioni geologiche e geotecniche per progettazioni opere idrosanitarie. O.diS. n. 4 del 18.05.2022
Localita': Impianto Pozzo Santa Chiara
Scala 1:44



7.1.4 Prospezione sismica MASW

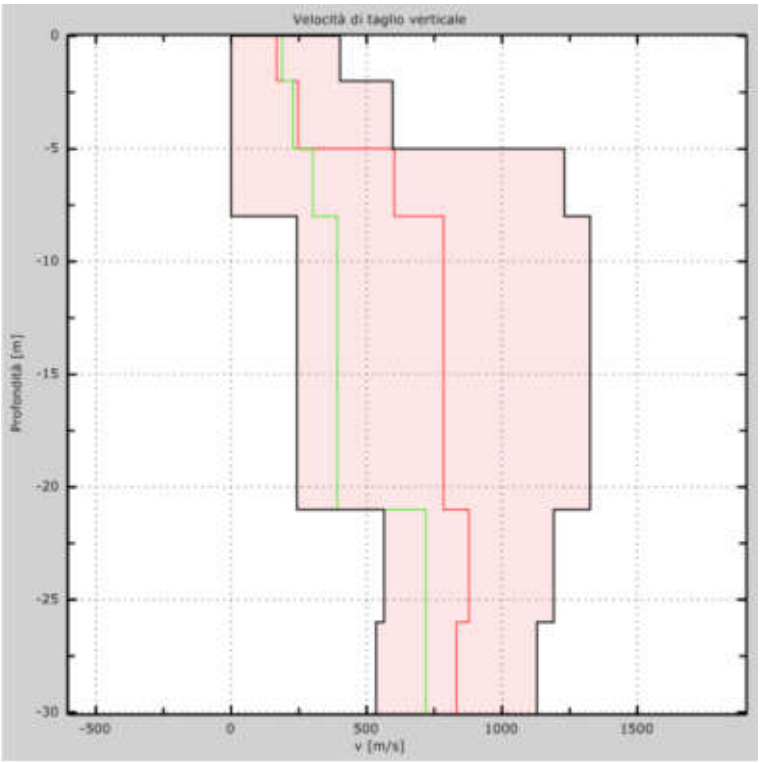
Il processo di indagine, dettagliatamente illustrato nella relazione allegata in calce, comprende in sintesi tre passi successivi:

- l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll);
- la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
- l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

Campo Pozzi Pantano

Il modello che meglio approssima i dati sperimentali della prospezione sismica **MASW1** è costituito da un profilo sismo-stratigrafico come di seguito riportato:

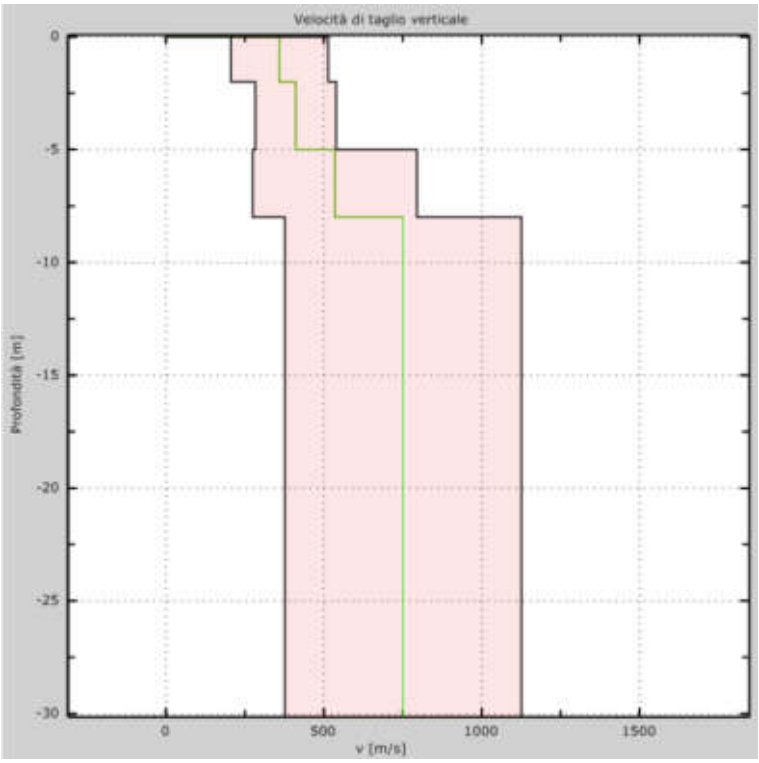
Velocità V_s (m/sec)	Profondità (m)
168	2
247	5
602	8
784	13
878	26
832	oo



$V_{s,\,eq}$ = 380 m/s

Il modello che meglio approssima i dati sperimentali della prospezione sismica **MASW2** è costituito da un profilo sismo-stratigrafico come di seguito riportato:

Velocità V_s (m/sec)	Profondità (m)
360	2
411	5
535	8
751	oo



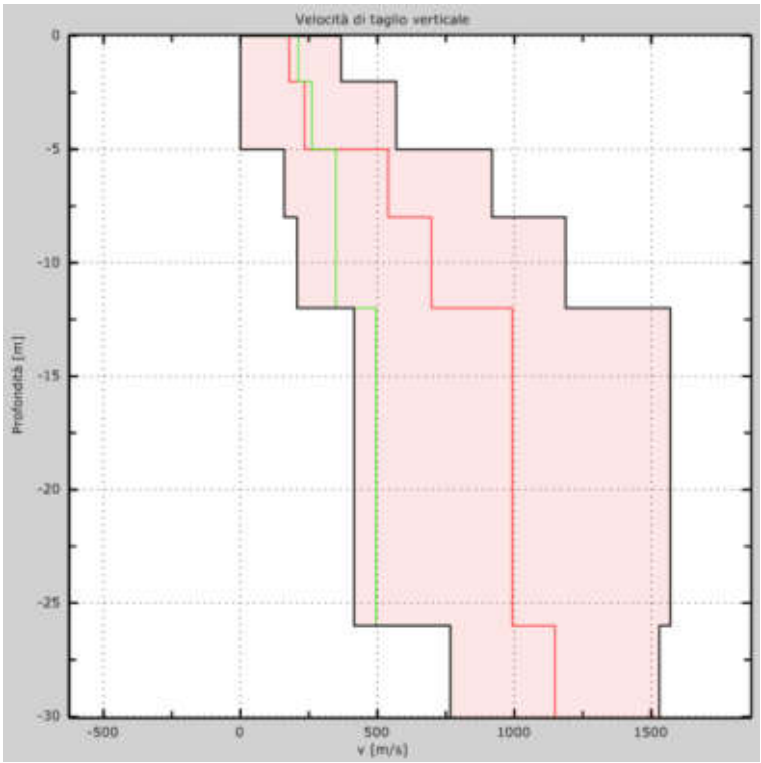
V_{s30} = 628 m/s

Pertanto, per le prospezioni MASW eseguite, la curva che meglio approssima i dati sperimentali deriva da un profilo verticale delle onde S, costituito da sismostrati costituiti da terreni nei quali le onde di taglio si propagano a velocità tali da collocarsi in una "**Categoria di sottosuolo di tipo 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)".*

Centro Idrico Santa Chiara

Il modello che meglio approssima i dati sperimentali della prospezione sismica **MASW1** è costituito da un profilo sismo-stratigrafico come di seguito riportato:

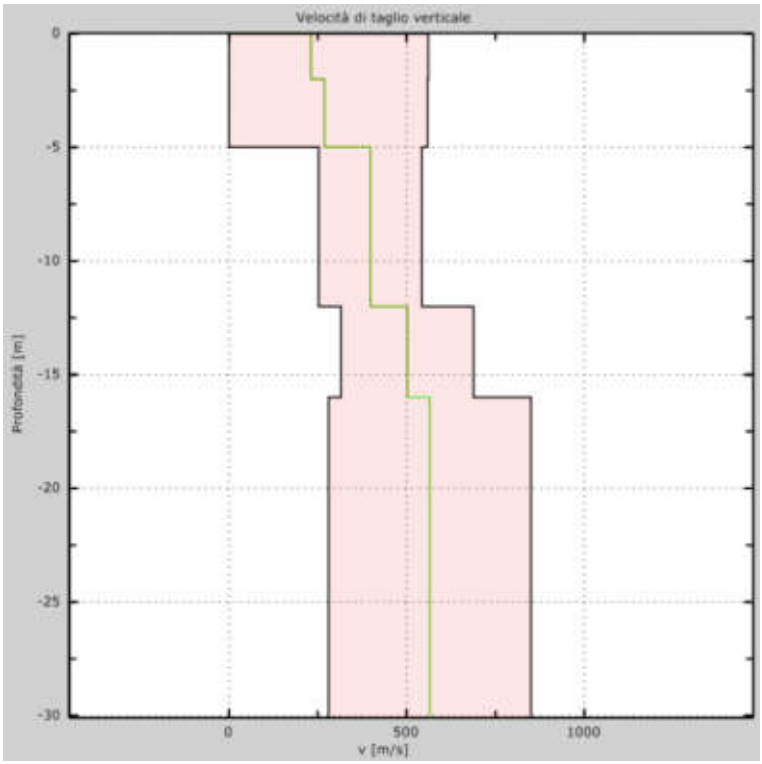
Velocità V_s (m/sec)	Profondità (m)
178	2
234	5
539	8
697	12
992	26
1148	oo



$V_{s,\,eq}$ = 339 m/s

Il modello che meglio approssima i dati sperimentali della prospezione sismica **MASW2** è costituito da un profilo sismo-stratigrafico come di seguito riportato:

Velocità V_s (m/sec)	Profondità (m)
231	2
269	5
398	12
502	16
565	oo



V_{s30} = 427 m/s

Anche se la MASW 2 eseguita nelle vicinanze del C.I. Santa Chiara ha registrato una Vs30 = 427 m/s, equivalente alla "Categoria di sottosuolo B", si ritiene cautelativo considerare le risultanze della MASW 1 eseguita nelle vicinanze del C.I. Santa Chiara, con una Vs, eq di 339 m/s, collocandosi in una "**Categoria di sottosuolo di tipo C**" "*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.)".*

7.1.5 Misura di frequenza fondamentale del terreno HVSR

È stata effettuata n. 1 misura di frequenza fondamentale HVSR nel sito di progetto. Brevemente, la sismica passiva si basa sulla misura dei microtremori che sono sempre presenti sulla superficie terrestre e sono generati da fenomeni naturali (vento, onde marine) e artificiali (attività antropiche). Il metodo HVSR consiste nello studio del rapporto spettrale tra la componente orizzontale del

rumore e quella verticale (H/V spectrum). Il valore di tale rapporto è direttamente correlato con la frequenza di risonanza determinata dal passaggio tra due strati con una differenza significativa del contrasto di impedenza (velocità delle onde e densità del materiale). Considerando due strati con differente impedenza acustica, la frequenza di risonanza è legata allo spessore e alla velocità delle onde di taglio Vs della copertura dalla seguente relazione:

$$fr = Vs / 4 \cdot h$$

Vs = velocità delle onde S della copertura

h = spessore copertura

Di seguito viene riportata una sintesi dei risultati ottenuti, che sono meglio dettagliati nel report relativo alle indagini geofisiche in allegato.

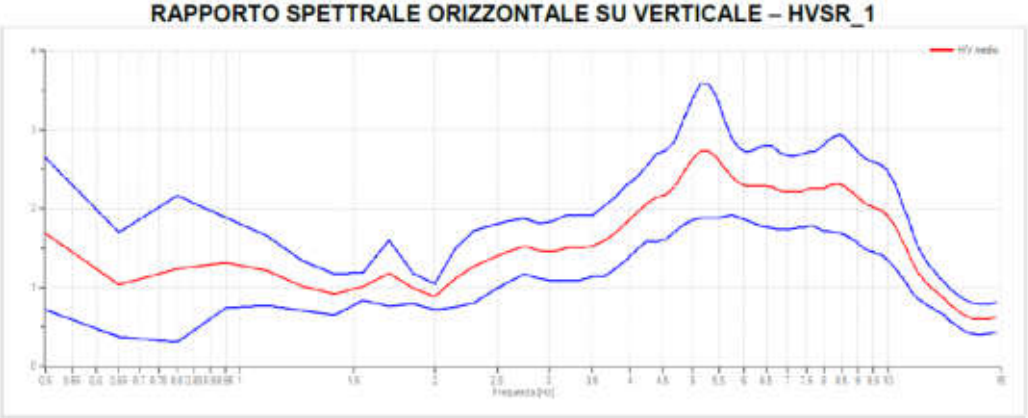
Campo Pozzi Pantano

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: ..... 5.15 Hz ±0.31 Hz

Ampiezza del picco del rapporto H/V:..... ... . 2.73

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE – HVSR_1

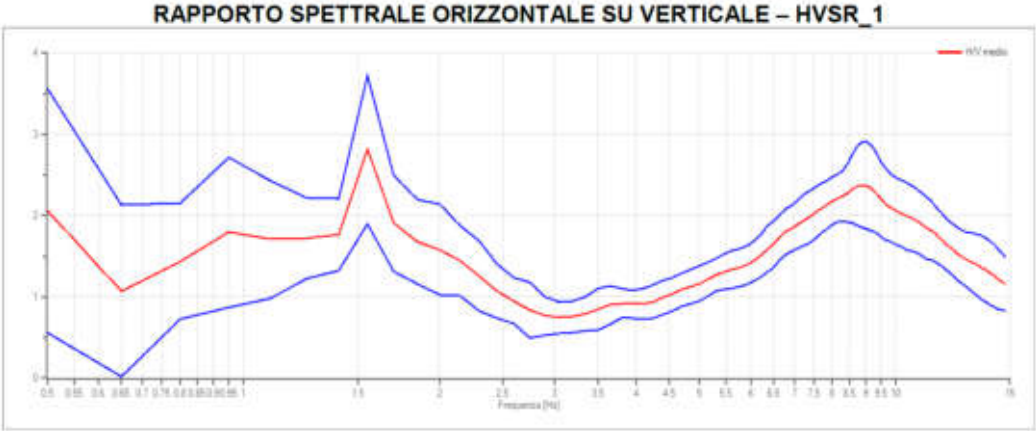


Centro Idrico Santa Chiara

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: ..... 1.55Hz ±0.32 Hz
Ampiezza del picco del rapporto H/V:..... ... . 2.37

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE – HVSR_1



7.2 Indagini geognostiche e geofisiche eseguite (campagna anno 2023)

La campagna di indagini geognostiche e geofisiche eseguita nell'anno 2023 è stata articolata come di seguito descritto:

- Esecuzione di n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo (S1 2023) spinto fino alla profondità di 20 m dal piano campagna;
- Installazione di n.1 piezometro a tubo aperto nel foro di sondaggio S1 2023 fino a fondo foro;
- Prelievo di n. 5 campioni indisturbati e n. 1 spezzone di roccia nel foro di sondaggio S1 2023, sottoposti successivamente a prove di laboratorio geotecnico;
- Esecuzione di n. 5 prove S.P.T. (Standard Penetration Test) nel foro di sondaggio S1 2023;
- Esecuzione di n. 5 prove penetrometriche dinamiche DPSH, spinte in profondità fino al raggiungimento del rifiuto strumentale;
- Esecuzione di n.2 stendimenti di prospezione sismica a rifrazione con tecnica tomografica;
- Esecuzione di n. 2 prospezioni sismiche MASW;
- Esecuzione di n. 1 misura di rumore ambientale HVSR.

7.2.1 Stratigrafia sondaggi geognostici

Di seguito è riportato il log stratigrafico del sondaggio geognostico eseguito.

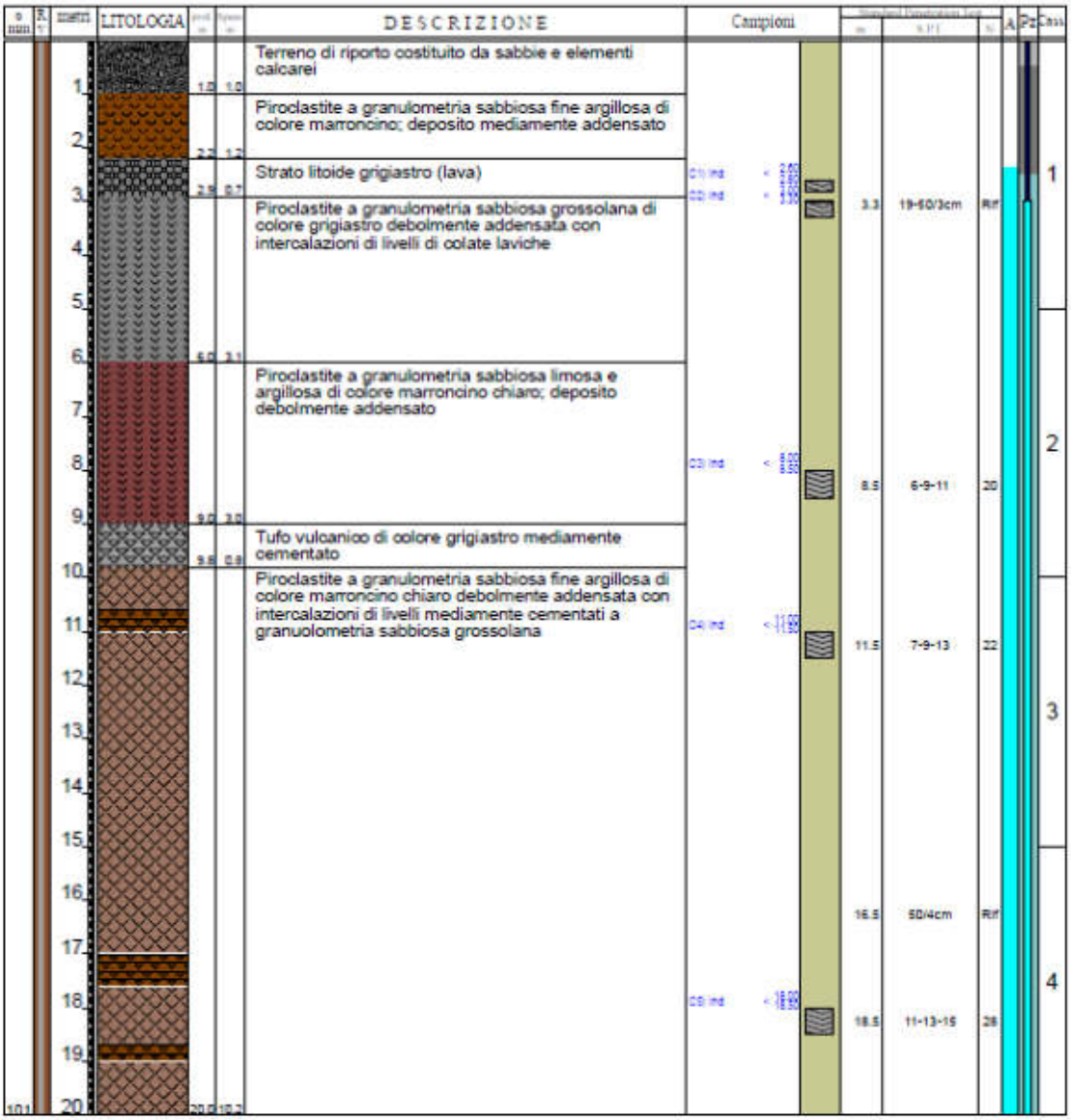
Per una più dettagliata consultazione si rimanda agli allegati in calce alla presente Relazione Geologica.

Committente: Acea Elabori Spa	Sondaggio: S1
Riferimento: Acquedotto Doganella (Colonna - Monte Compatri)	Data: 11/01/2023
Coordinate: 41°52'18.97"N 12°44'22.51"E	Quota: 70 m. s.l.m
Perforazione: Sondaggio geognostico a carotaggio continuo	

SCALA 1 :105

LOG STRATIGRAFICO

Pagina 1/1



7.2.2 *Dati piezometrici*

Per rilevare la presenza della falda idrica alle profondità di interesse per le opere di progetto, il sondaggio S1 2023 è stato attrezzato con piezometro a tubo aperto fino a fondo foro.

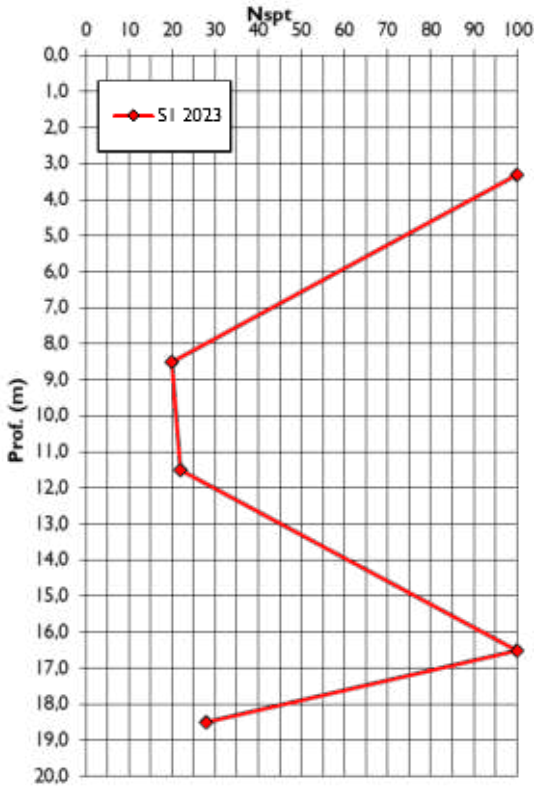
Di seguito sono riportate le misure piezometriche eseguite:

Sondaggio	Data	Livello falda registrata (m dal p.c.)
S1 (2023)	12/01/2023	2,37
	17/02/2023	1,65

7.2.3 *Prove S.P.T. (Standard Penetration Test)*

Nel corso dell'esecuzione del sondaggio S1 2023 sono state eseguite n. 5 prove S.P.T. Di seguito si riporta una tabella riepilogativa delle risultanze riscontrate.

Sondaggio	Prof. prova dal p.c.	g_{nat}	Prof. Falda	s'_{vo}	Nspt	N'	C_u	E_{ed}	f'	E_{ed}
	m	kN/m³	m	t/m²			kPa	Mpa	°	Mpa
S1	3,3	20,0	1,7	5,1	100	146	980,7	49,0	36	47,5
	8,5	21,0	1,7	11,4	20	19	196,1	9,8	30	12,5
	11,5	16,0	1,7	8,9	22	23	215,8	10,8	30	13,3
	16,5	16,0	1,7	12,1	100	90	980,7	49,0	36	47,5
	18,5	16,0	1,7	13,3	28	24	274,6	13,7	31	16,0



7.2.4 Prova penetrometrica dinamica tipo DPSH

Nell'area del Campo Pozzi Pantano sono state eseguite nell'anno 2023 n. 5 prove DPSH, le cui risultanze sono di seguito riportate.

Dai risultati ottenuti si evince che a causa della natura del terreno, il raggiungimento del rifiuto strumentale è avvenuto alle seguenti profondità:

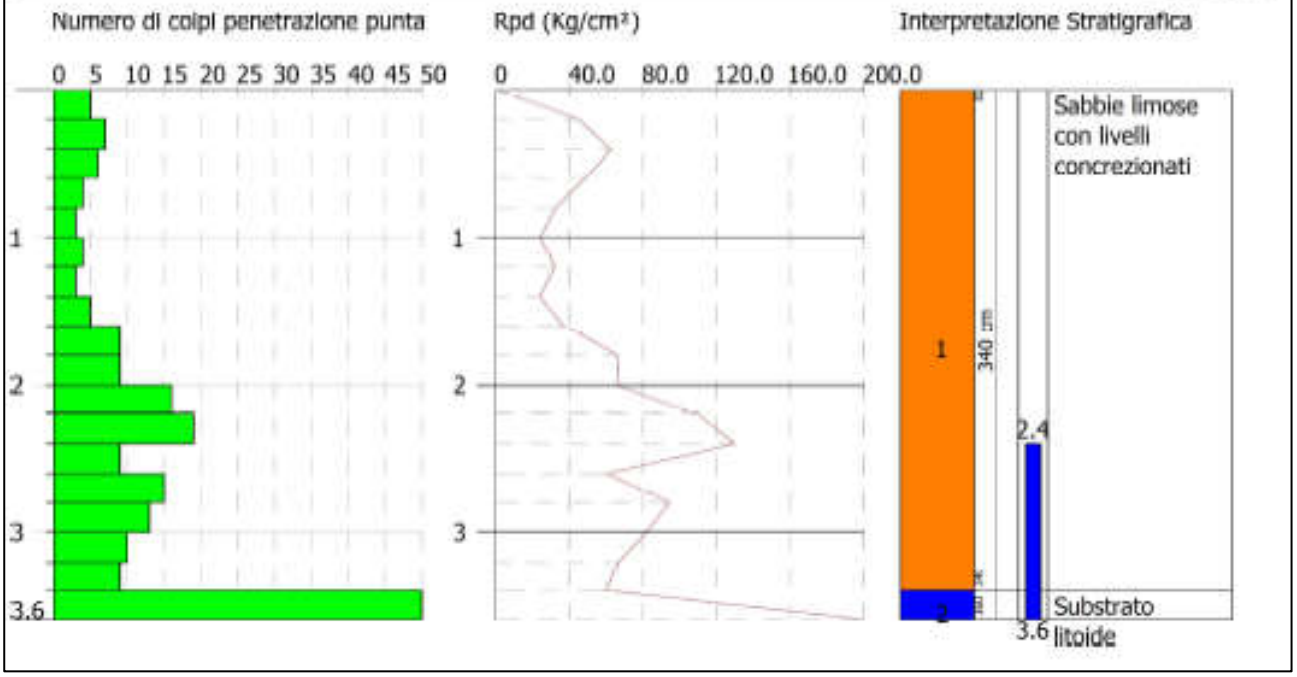
- 3,6 m dal p.c. per la DPSH 1
- 6,0 m dal p.c. per la DPSH 2
- 0,6 m dal p.c. per la DPSH 3
- 0,6 m dal p.c. per la DPSH 4
- 0,6 m dal p.c. per la DPSH 5

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH 1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Acea Elabori SpA
Descrizione: Acquedotto Doganella
Localita': Colonna - Monte Compatri

11/01/2023

Scala 1:50

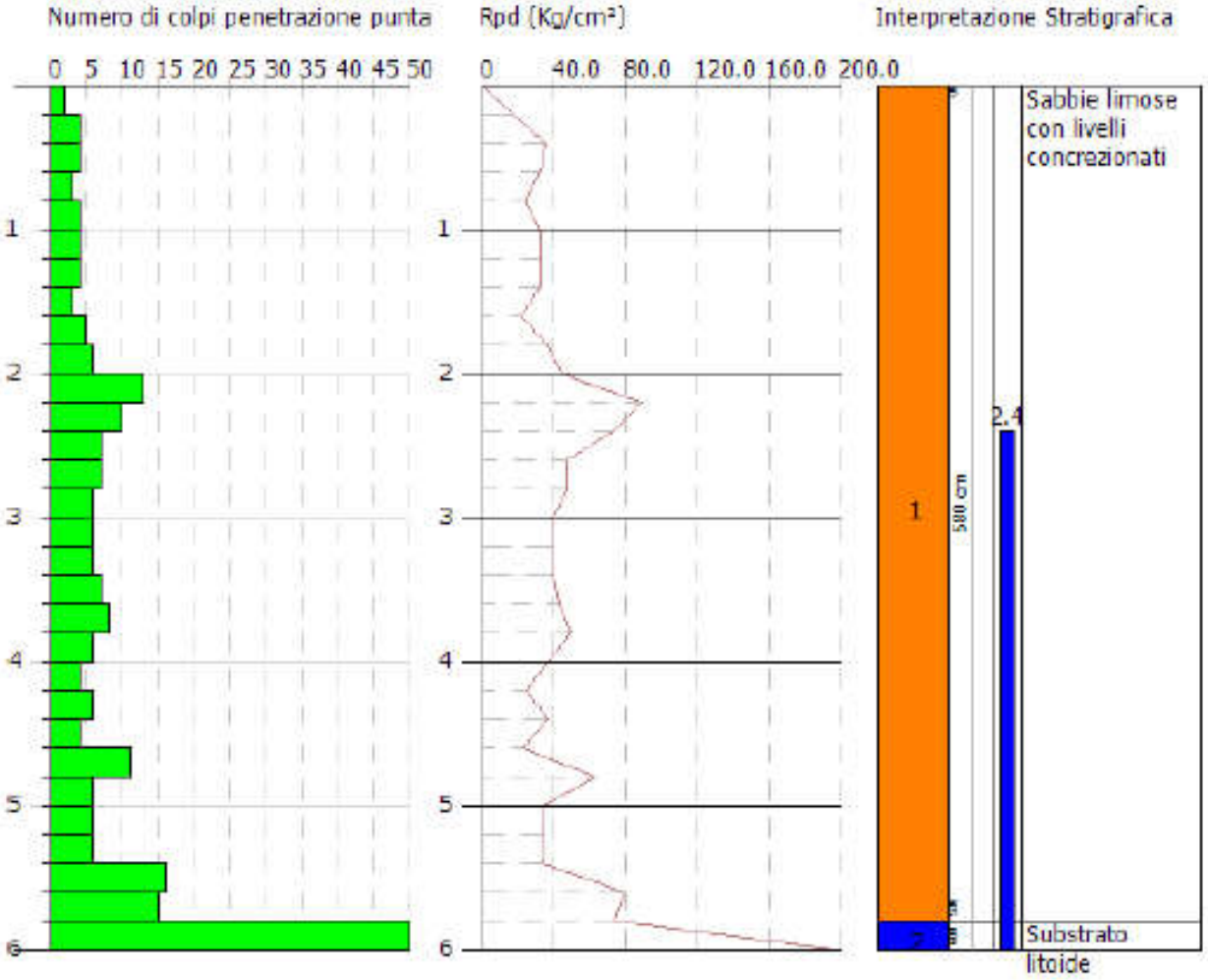


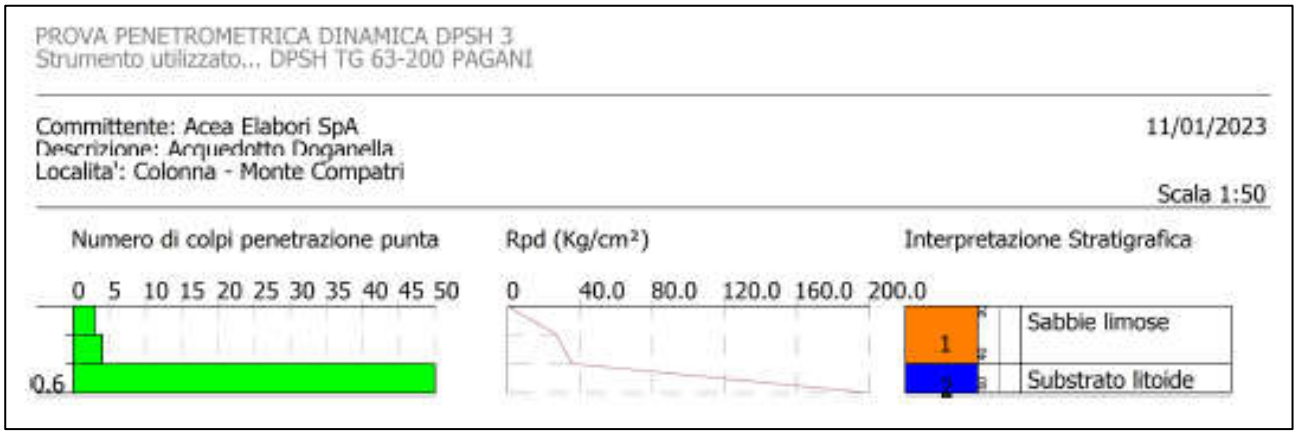
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH 2
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

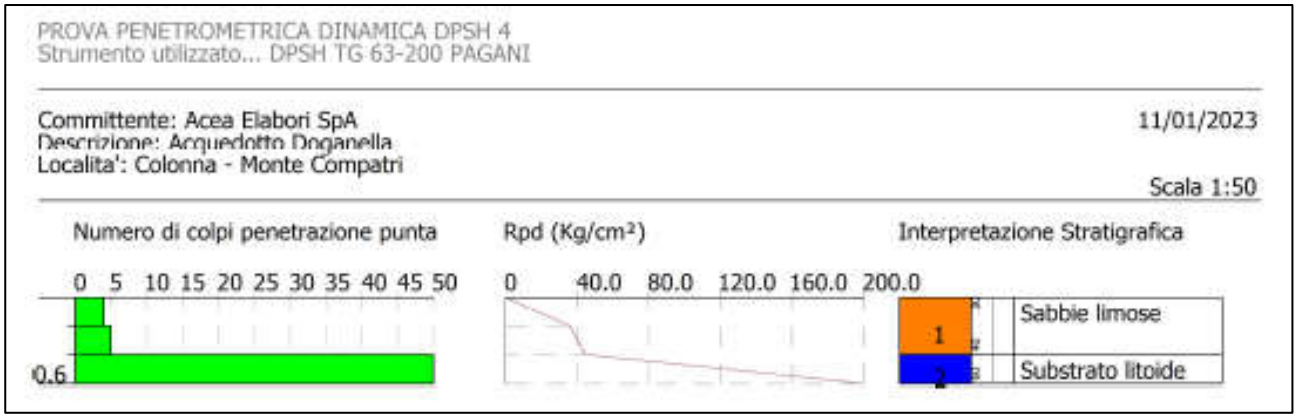
Committente: Acea Elabori SpA
Descrizione: Acquedotto Doganella
Localita': Colonna - Monte Compatri

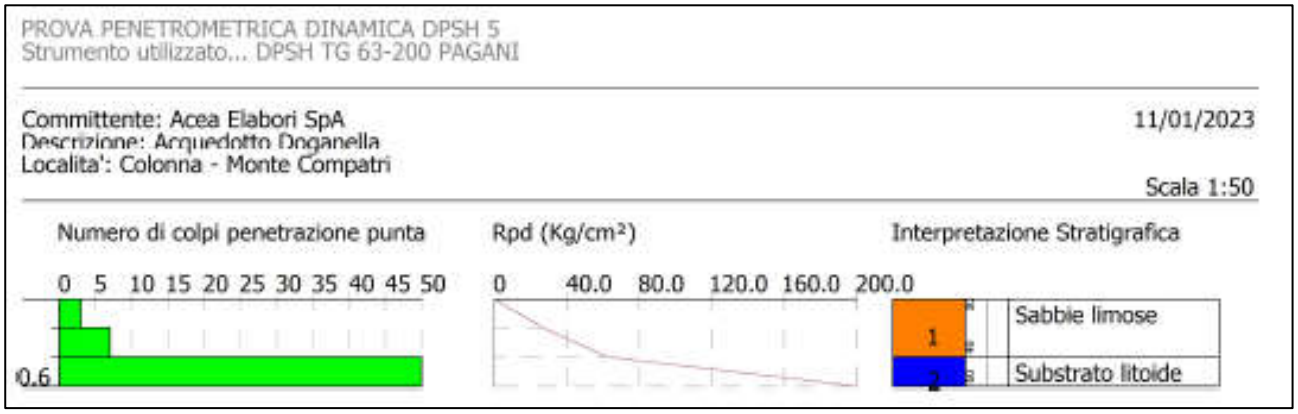
11/01/2023

Scala 1:50









7.2.5 Prospezione sismica MASW

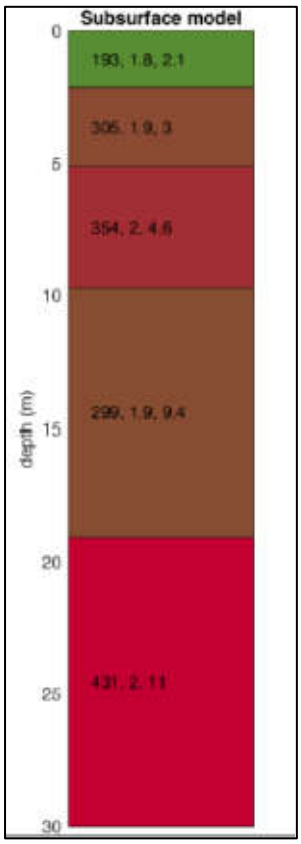
Il processo di indagine, dettagliatamente illustrato nella relazione allegata in calce, comprende in sintesi tre passi successivi:

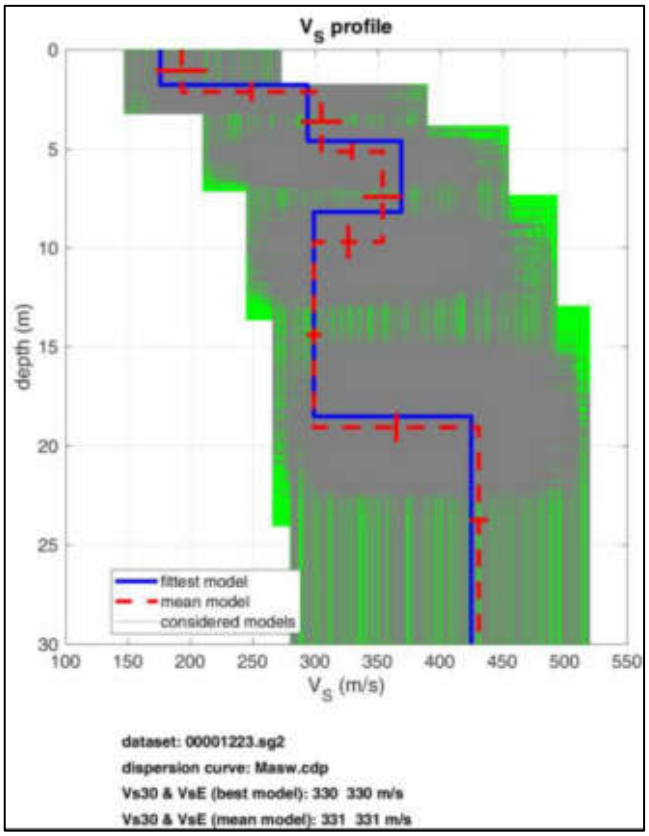
- l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll);

- la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
- l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

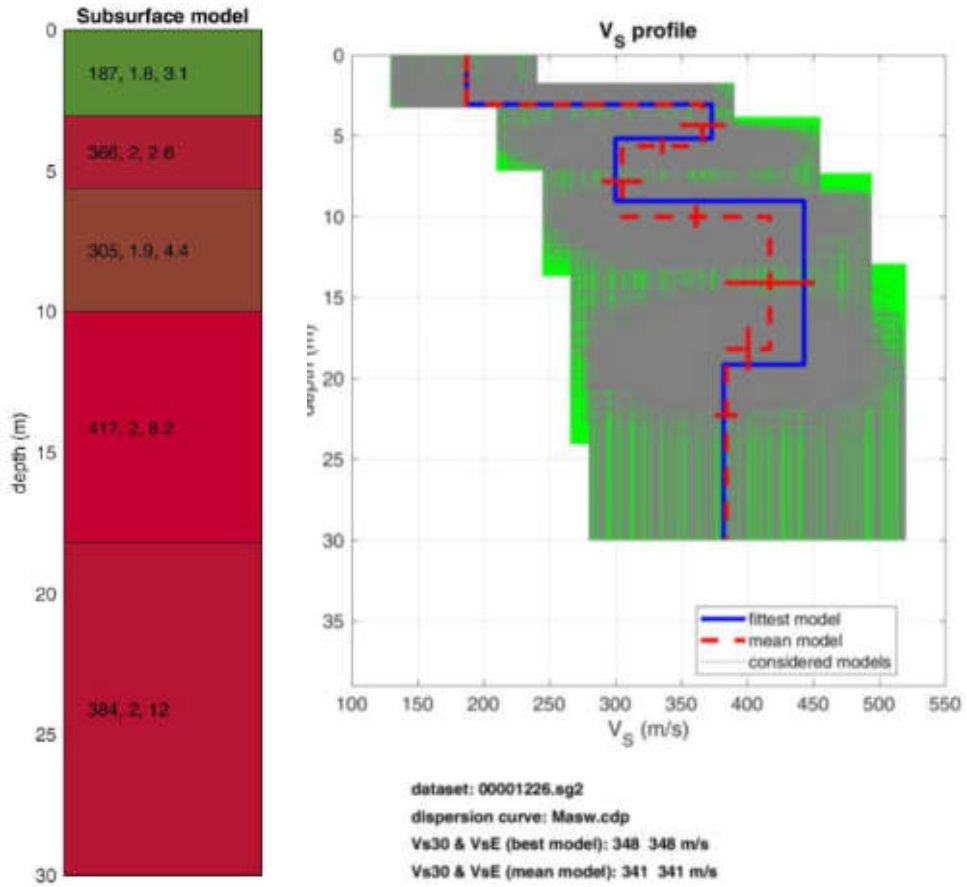
Sono state eseguite n. 2 prove MASW sul sito di progetto.

Il modello che meglio approssima i dati sperimentali della prospezione sismica **MASW1** è costituito da un profilo sismo-stratigrafico come di seguito riportato:





Il modello che meglio approssima i dati sperimentali della prospezione sismica **MASW2** è costituito da un profilo sismo-stratigrafico come di seguito riportato:



Pertanto, per le prospezioni MASW eseguite, la curva che meglio approssima i dati sperimentali deriva da un profilo verticale delle onde S, costituito da sismostrati costituiti da terreni nei quali le onde di taglio si propagano a velocità tali da collocarsi in una "**Categoria di sottosuolo di tipo C**" "*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.)".*

7.2.6 *Prospezioni di sismica a rifrazione con tecnica tomografica 2D*

Al fine di fornire una sismo-stratigrafia dell'area, sono stati effettuati n.2 profili di sismica a rifrazione con l'interpretazione di tipo tomografico 2D, con lunghezza di 60 ml ognuno.

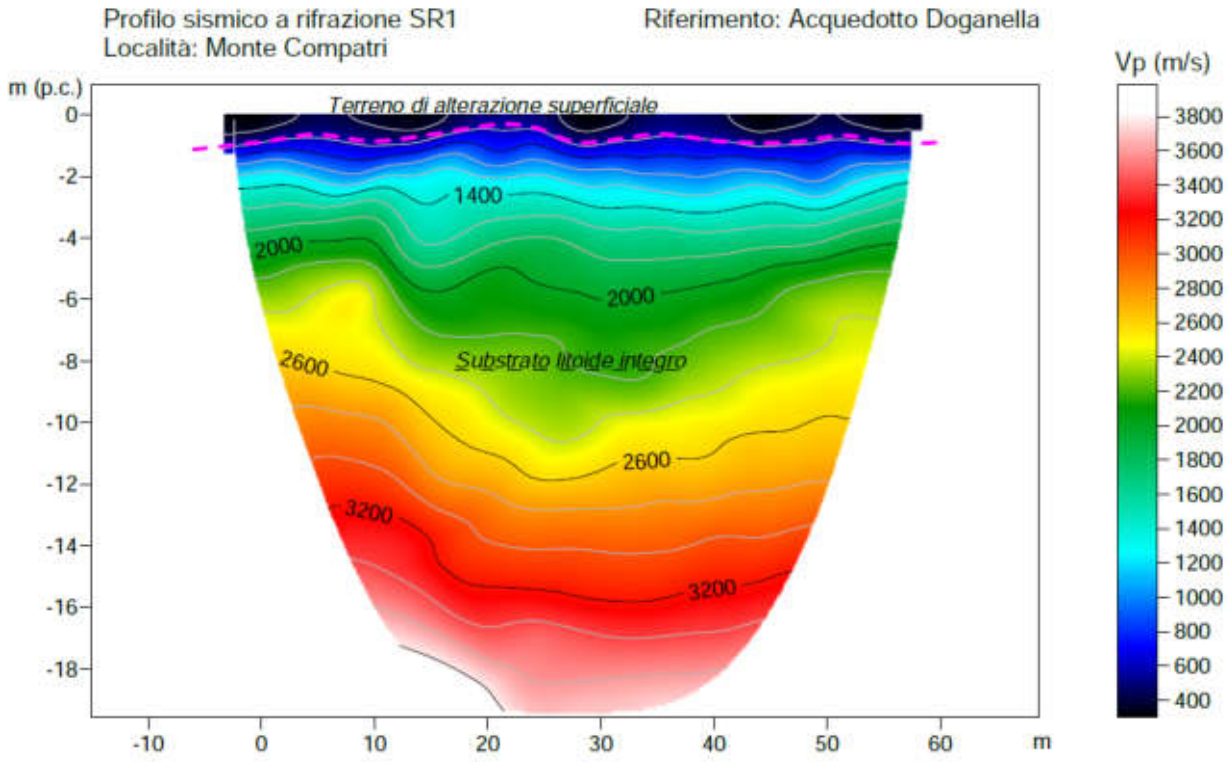
In base all'analisi dei risultati dell'indagine di tomografia sismica, riportata nel report allegato alla presente Relazione Geologica, si evince un graduale aumento con la profondità delle velocità delle onde sismiche di compressione P.

Per una più dettagliata consultazione si rimanda agli allegati in calce alla presente Relazione Geologica.

SR1

Nel profilo si individuano 2 sismostrati:

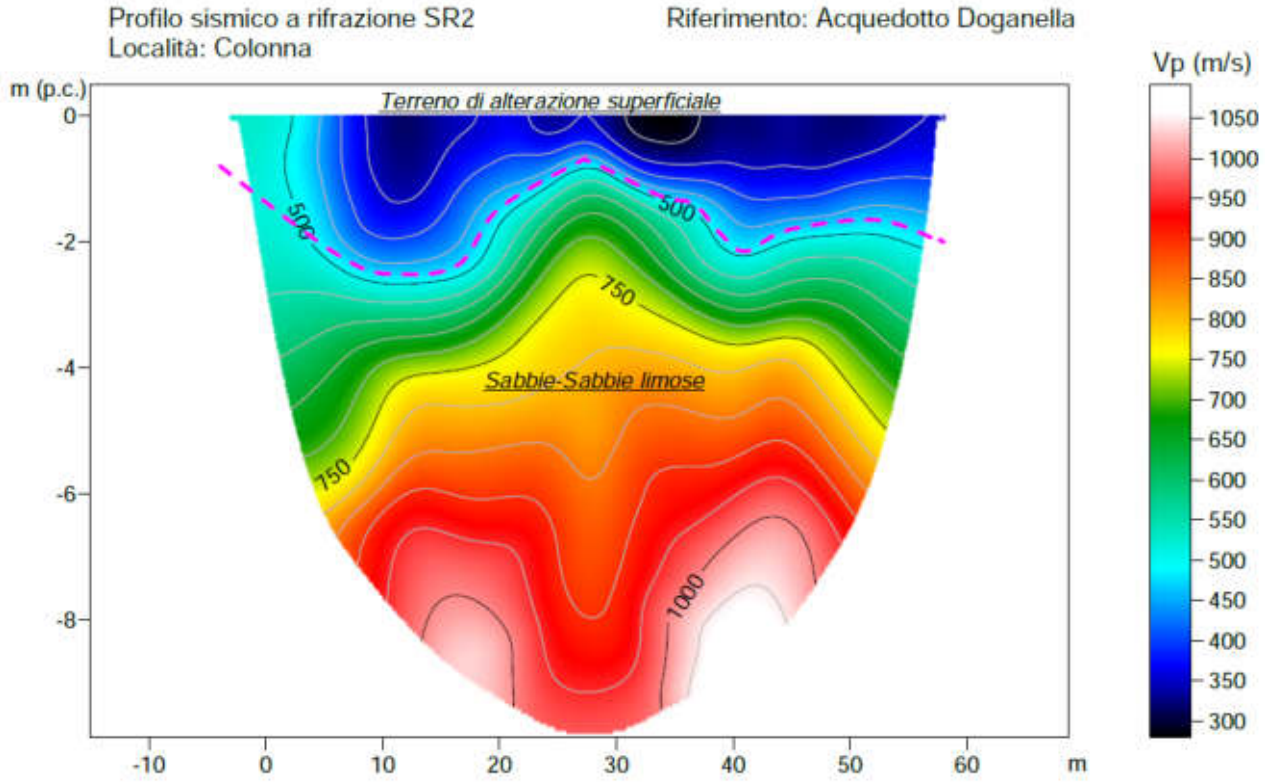
- da 0.00 m a 0.60 m Terreno di alter. superf. (Vp = 300 m/s)
- da 0.60 m a 20.0 m Substrato litoide integro (Vp = 2400 m/s)



SR2

Nel profilo si individuano 2 sismostrati:

- da 0.00 m a 2.00 m Terreno di alter. superf. (Vp = 400 m/s)
- da 0.60 m a 20.0 m Sabbie – Sabbie limose (Vp = 800 m/s)

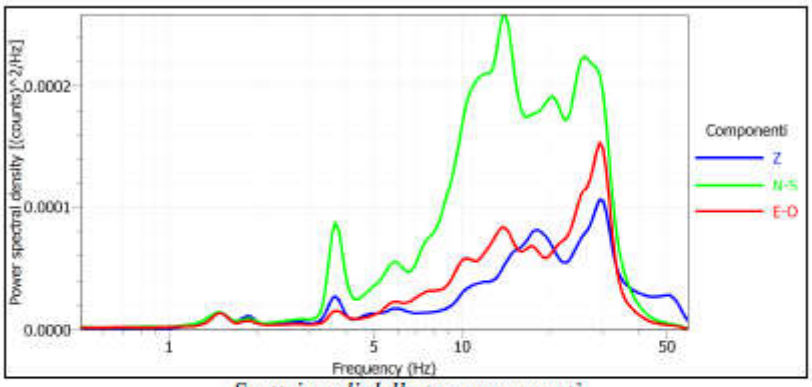


7.2.7 *Misura di frequenza fondamentale del terreno HVSR*

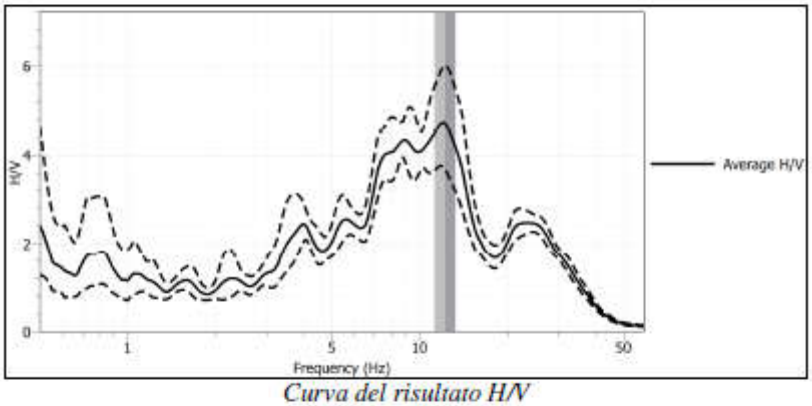
È stata effettuata n. 1 misura di frequenza fondamentale HVSR nel sito di progetto.

Di seguito viene riportata una sintesi dei risultati ottenuti, che sono meglio dettagliati nel report relativo alle indagini geofisiche in allegato.

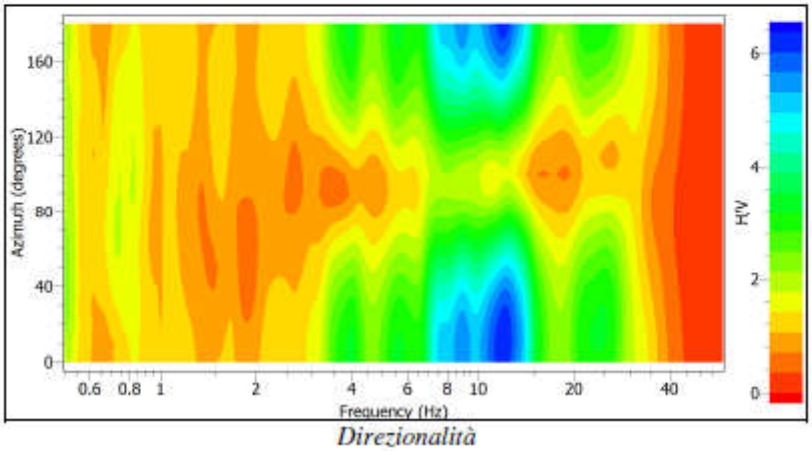
HVSR **Loc.: Acquedotto Doganella (Monte Compatri)**



Spettri medi delle tre componenti



Curva del risultato H/V



Direzionalità

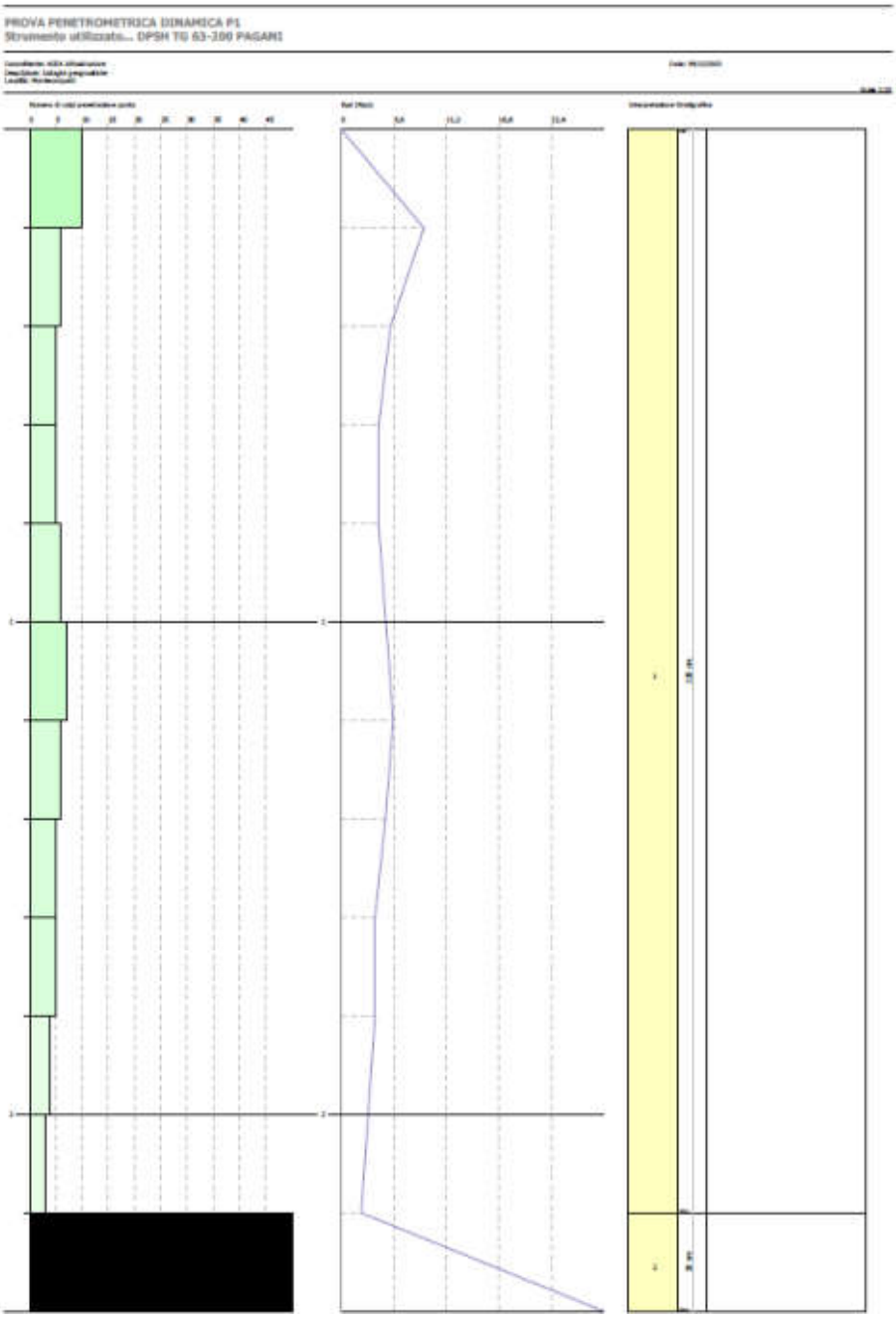
7.3 Indagini geognostiche e geofisiche eseguite (campagna anno 2025 - 2026)

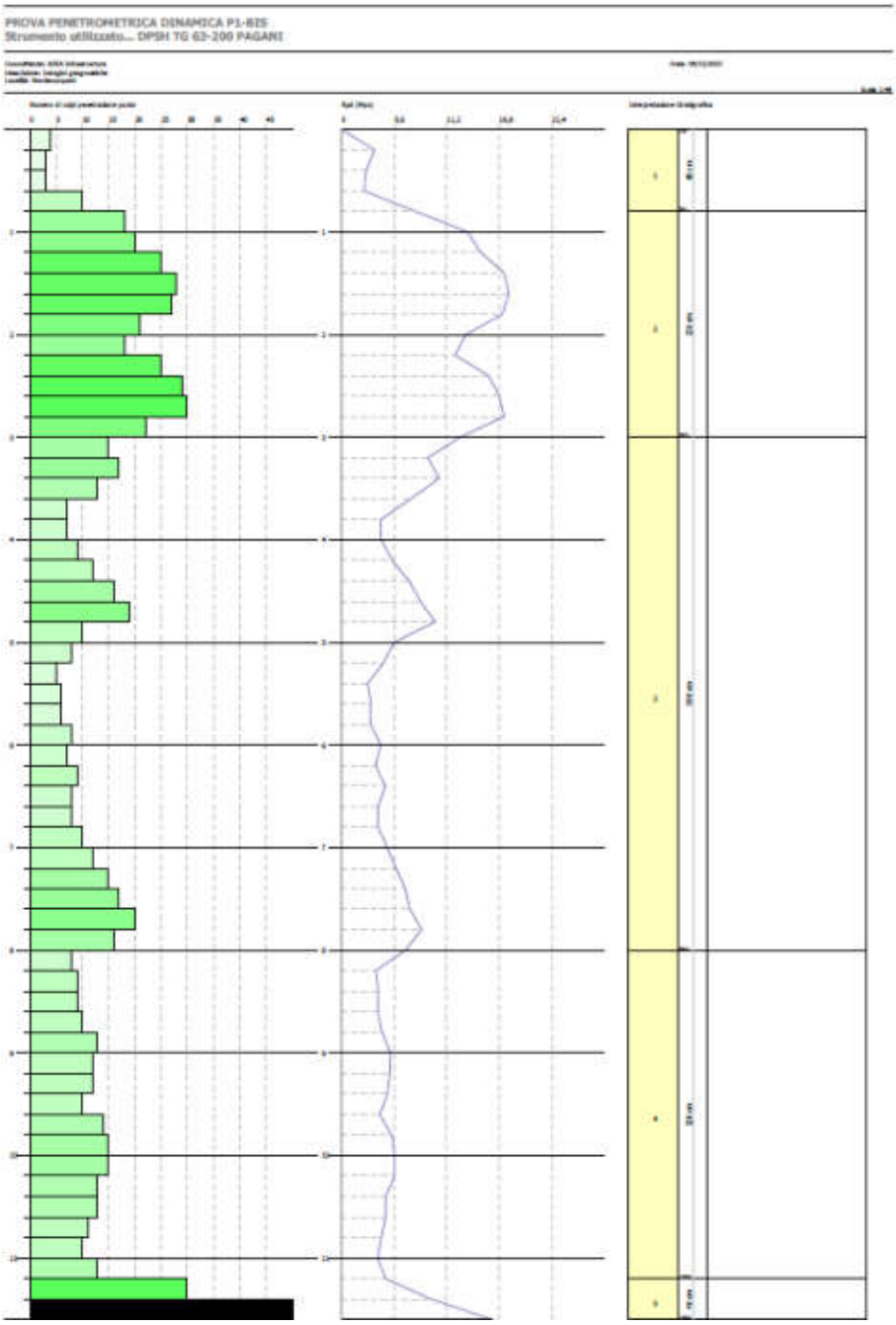
La campagna di indagini geognostiche e geofisiche eseguita nell'anno 2025 è stata articolata come di seguito descritto:

- Esecuzione di n. 4 prove penetrometriche dinamiche DPSH;
- Esecuzione di n. 2 prospezioni di sismica a rifrazione;
- Esecuzione di n. 4 prospezioni sismiche Masw;
- Esecuzione di n. 2 misure di rumore sismico HVSR.

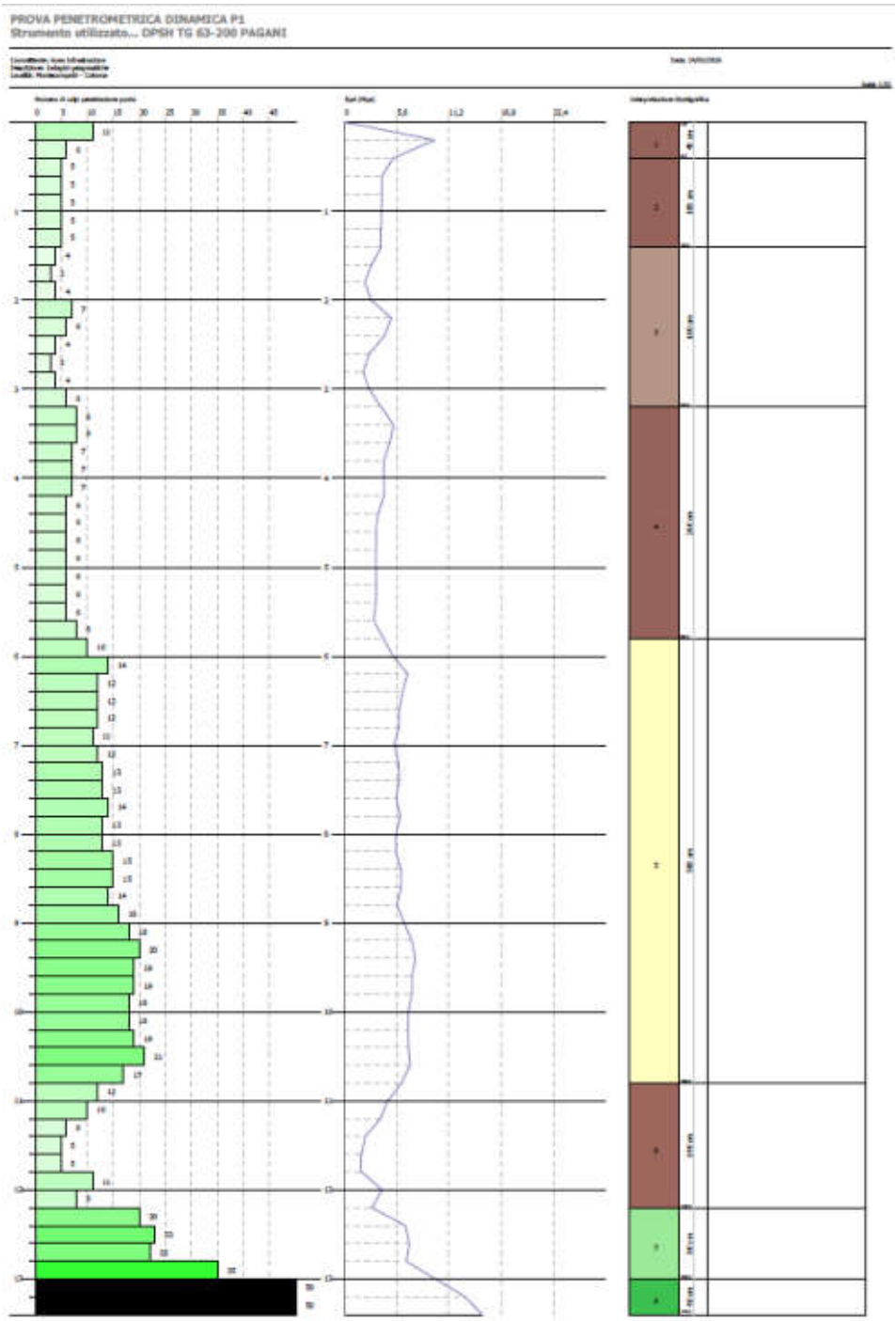
7.3.1 Prova penetrometrica dinamica tipo DPSH

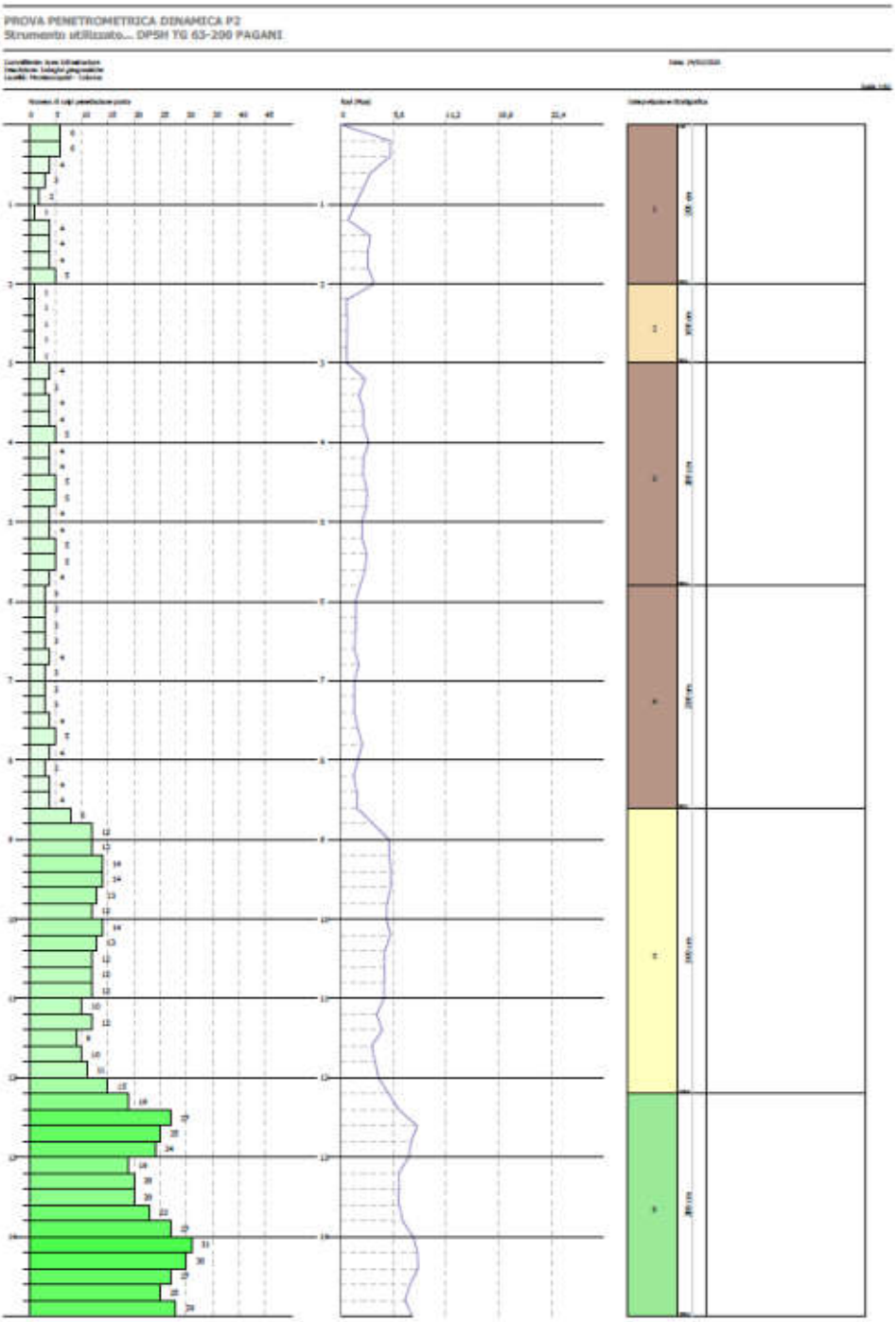
Sono state effettuate due Prove penetrometriche DPSH lungo via delle Marmorelle nei pressi dell'attraversamento ferroviario. La prima prova DPSH ha restituito rifiuto strumentale a partire dalla profondità di 2.2 m, probabilmente imputabile ad un trovante di possibile natura lavica. È stata quindi effettuata una seconda prova DPSH a limitata distanza, la quale ha raggiunto il rifiuto strumentale alla profondità di 11.4 m dal p.c.


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI



Nel 2026 sono state effettuate due Prove penetrometriche DPSH lungo via Del Giunco nei pressi dell'attraversamento ferroviario. La prima prova DPSH ha restituito rifiuto strumentale a partire dalla profondità di 13.4 m. È stata quindi effettuata una seconda prova DPSH a sud dell'attraversamento ferroviario, spinta fino alla profondità di 15 m dal p.c.


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P2
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

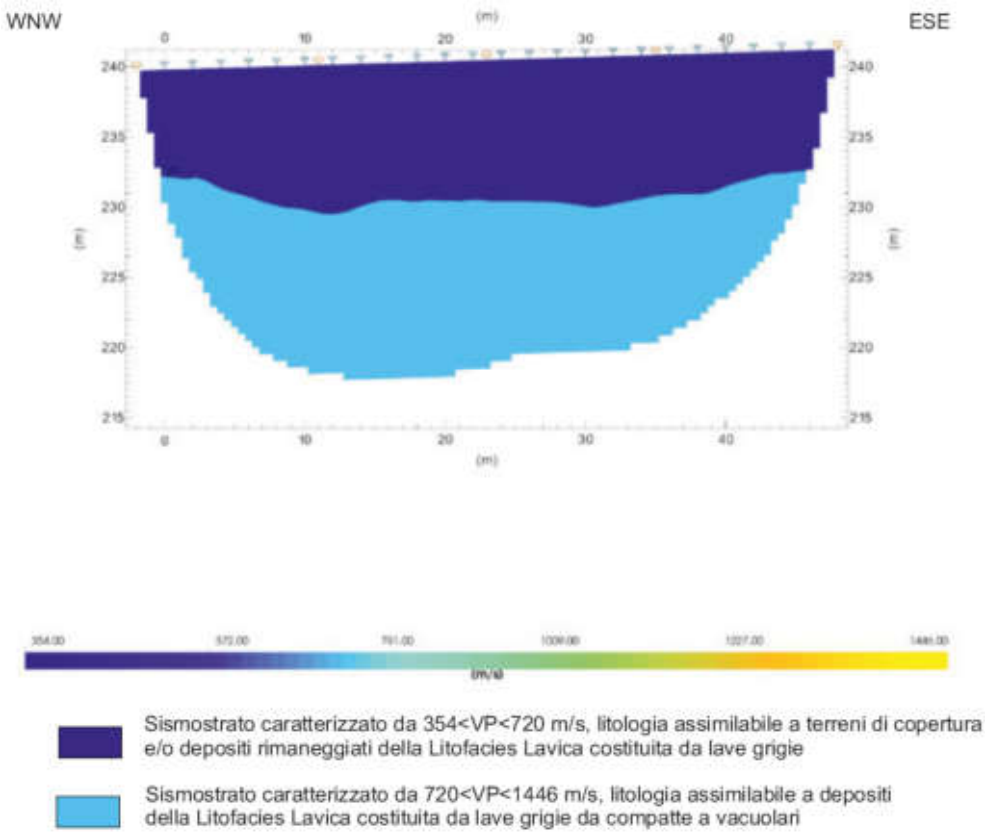
7.3.2 *Prospezioni di sismica a rifrazione con tecnica tomografica 2D*

Al fine di fornire una sismo-stratigrafia dell'area, sono stati effettuati n.2 profili di sismica a rifrazione con l'interpretazione di tipo tomografico 2D, con lunghezza di 50 ml ognuno.

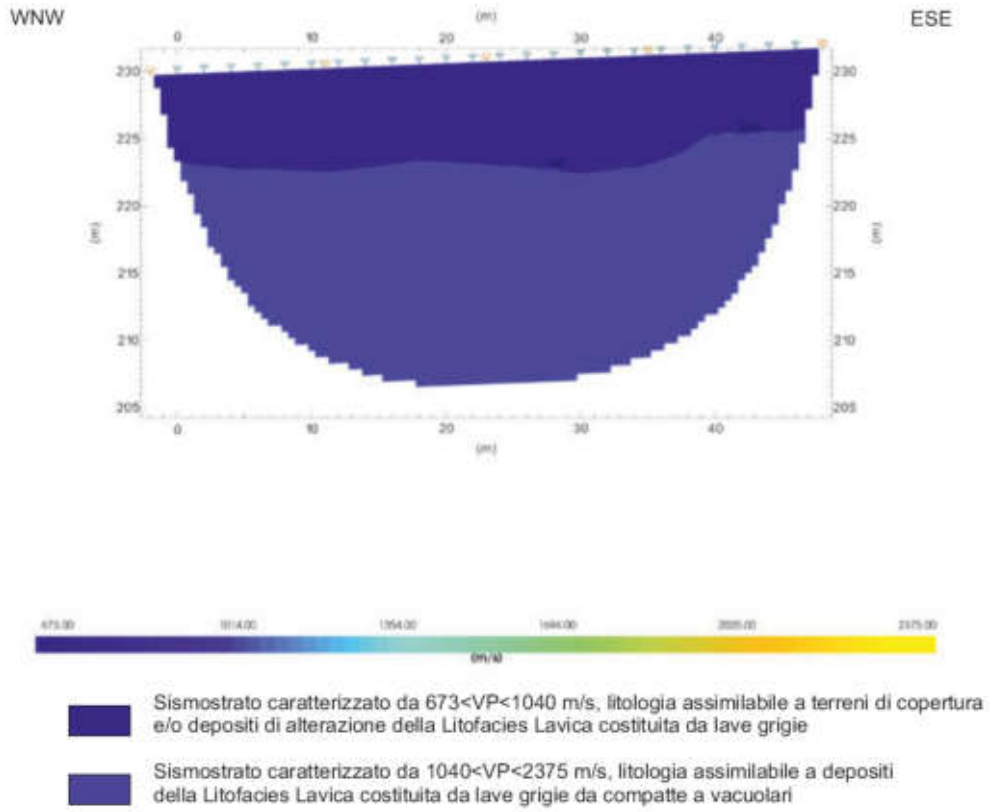
In base all'analisi dei risultati dell'indagine di tomografia sismica, riportata nel report allegato alla presente Relazione Geologica, si evince un graduale aumento con la profondità delle velocità delle onde sismiche di compressione P.

Per una più dettagliata consultazione si rimanda agli allegati in calce alla presente Relazione Geologica.

RF4



RF5



Ai fini degli interventi da realizzare assume particolare importanza la valutazione dell'escavabilità dei terreni in sito. Tale parametro è stato ricavato dal valore della velocità delle onde sismiche Vp, attraverso l'esecuzione di prospezioni sismiche a rifrazione elaborate con tecnica tomografica.

In letteratura sono disponibili numerosi studi volti a correlare la velocità delle onde sismiche con le caratteristiche di escavabilità e rippabilità degli ammassi rocciosi.

Il più conosciuto è quello sintetizzato nella tabella riportata nel Caterpillar Performance Handbook che però generalmente risulta eccessivamente "ottimista", nel senso che, ad esempio, ammassi rocciosi con velocità sino a 2200 m/s sono definiti rippabili, quando in realtà richiedono l'uso di martello demolitore.

Una ricerca approfondita nella letteratura internazionale ha permesso di rintracciare correlazioni alternative che, nella pratica, risultano più realistiche, soprattutto considerate le attrezzature normalmente utilizzate nelle nostre zone.

Esse sono riportate nella Tabella sottostante e sono quelle utilizzate per le valutazioni successive, permettendo la divisione degli ammassi rocciosi presenti nell'area indagata nelle seguenti classi:

Classi di escavabilità e rippabilità degli ammassi rocciosi.

V_P	Descrizione	Classificazione
V_p < 600 m/s	Terreno vegetale e di alterazione superficiale	Ammasso roccioso scavabile
600 < V_p < 1000 m/s	Formazione litoide da alterata a parzialmente alterata	Ammasso facilmente rippabile
1000 < V_p < 1400 m/s	Substrato litoide più o meno integro	Ammasso rippabile con difficoltà
Vp > 1400 m/s	Substrato litoide integro	Ammasso non rippabile (indispensabile l'uso di martellone demolitore)

Sulla base dell'analisi delle prospezioni sismiche a rifrazione eseguite:

- Per la RF4 prospezione sismica si evidenzia la presenza di un ammasso roccioso scavabile - facilmente rippabile fino alla profondità di circa 10 m dal p.c. oltre queste profondità l'ammasso risulta rippabile con difficoltà;
- Per la RF5 prospezione sismica si evidenzia la presenza di un ammasso roccioso scavabile - facilmente rippabile fino alla profondità di circa 5-7 m dal p.c. oltre queste profondità l'ammasso risulta rippabile con difficoltà;

in riferimento alle n.2 prospezioni di sismica a rifrazione eseguite nella campagna del 2023 si riporta la valutazione sulla escavabilità – rippabilità dei terreni.

- Per la prima prospezione sismica si evidenzia la presenza di un ammasso roccioso scavabile - facilmente rippabile fino alla profondità di circa 1.5 m dal p.c. oltre queste profondità l'ammasso risulta rippabile con difficoltà;

- Per la seconda prospezione sismica si evidenzia la presenza di un ammasso roccioso scavabile - facilmente rippabile fino alla profondità di circa 7-8 m dal p.c. oltre queste profondità l'ammasso risulta rippabile con difficoltà;

7.3.3 Prospezioni sismiche MASW

Per la determinazione della "Categoria di sottosuolo suolo di fondazione" sono state eseguite n. 4 prospezioni sismiche con metodologia MASW nei pressi dell'area di progetto, il cui metodo di analisi ed interpretazione, con i relativi elaborati grafici, è dettagliatamente illustrato nel report allegato in calce.

In sintesi, l'intero processo di indagine comprende tre passi successivi:

- l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll);
- la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
- l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

Masw 1: Vs 30, Vs,eq = 295 m/s

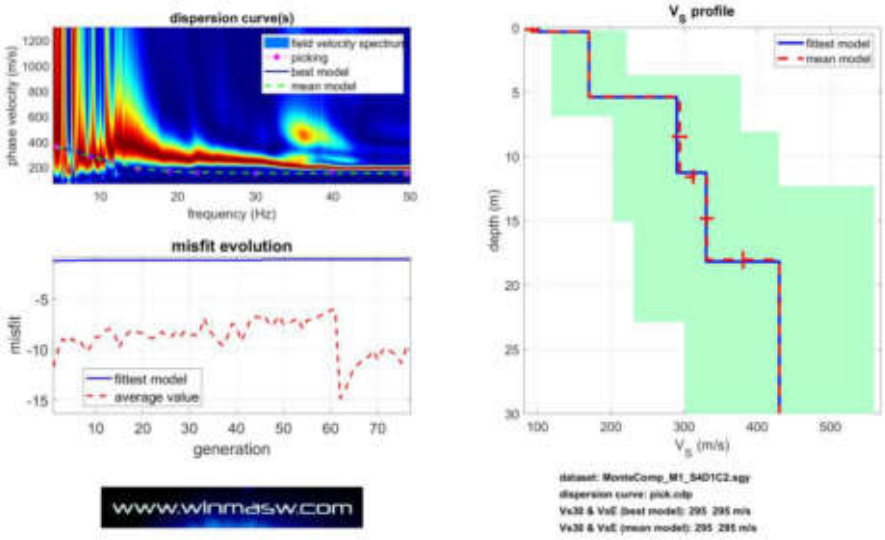
Masw 2: Vs 30, Vs,eq = 288 m/s

Masw 3: Vs 30, Vs,eq = 361 m/s

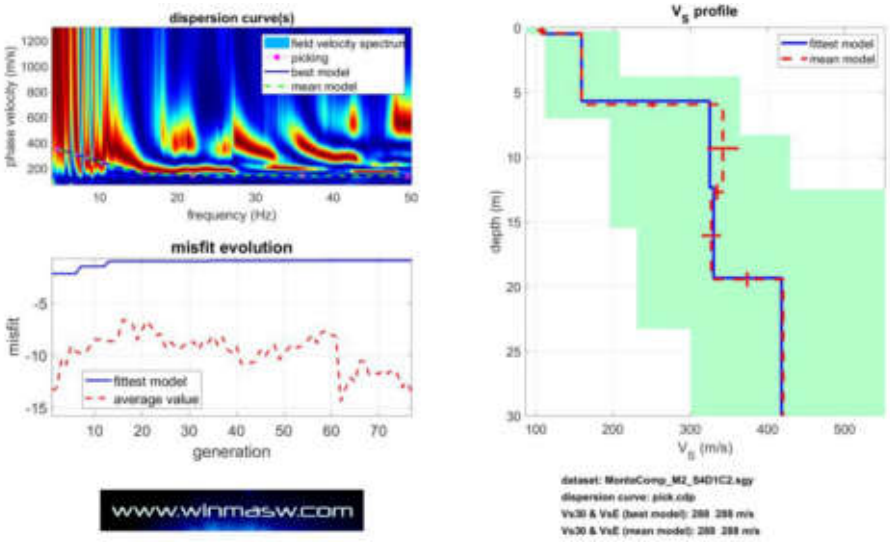
Masw 4: Vs 30, Vs,eq = 364 m/s

Le MASW 1 e 2 sono state eseguite in corrispondenza di Via del Giunco, mentre le MASW 3 e 4 sono state eseguite in corrispondenza di Via delle Marmorelle.

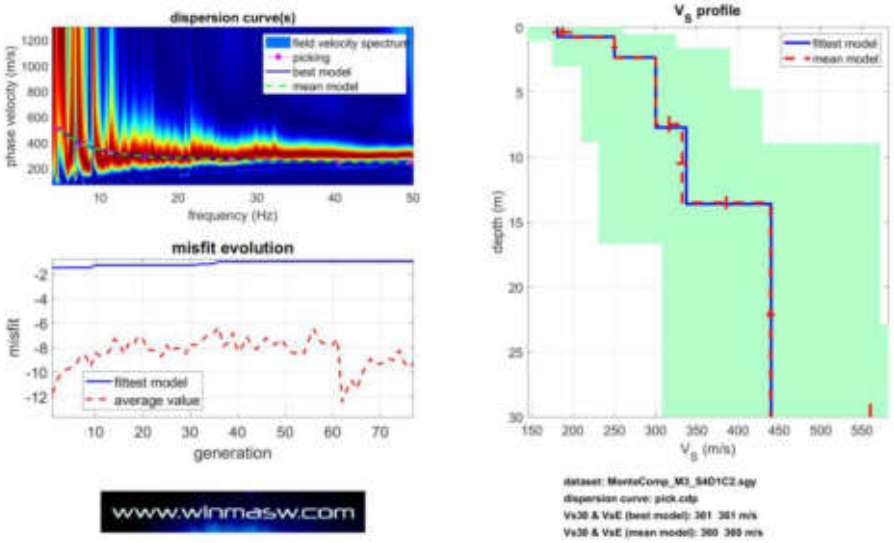
Relativamente alla prospezione MASW 1, di seguito il profilo di velocità delle onde di taglio (Vs) ottenuto in fase di elaborazione (Figura 18).



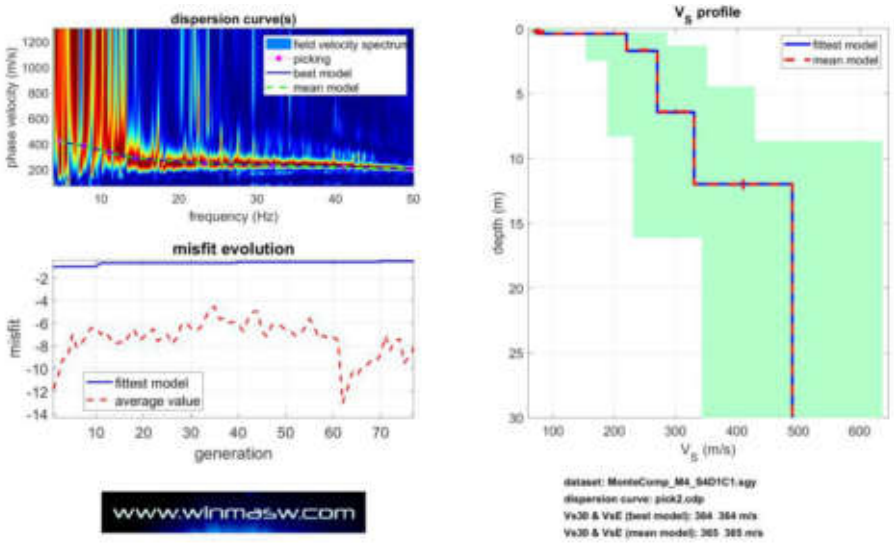
Relativamente alla prospezione MASW 2, di seguito il profilo di velocità delle onde di taglio (Vs) ottenuto in fase di elaborazione (Figura 18).



Relativamente alla prospezione MASW 3, di seguito il profilo di velocità delle onde di taglio (Vs) ottenuto in fase di elaborazione (Figura 18).



Relativamente alla prospezione MASW 4, di seguito il profilo di velocità delle onde di taglio (Vs) ottenuto in fase di elaborazione (Figura 18).



7.3.4 Misure di rumore sismico HVSR

Nell'area in esame, è stata eseguita n.1 acquisizione di misura di frequenza fondamentale con metodologia HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).

La sismica passiva si basa sulla misura dei microtremori che sono sempre presenti sulla superficie terrestre e sono generati da fenomeni naturali (vento, onde marine) e artificiali (attività antropiche). Il metodo HVSR consiste nello studio del rapporto spettrale tra la componente orizzontale del rumore e quella verticale (H/V spectrum). Il valore di tale rapporto è direttamente correlato con la frequenza di risonanza determinata dal passaggio tra due strati con una differenza significativa del contrasto di impedenza (velocità delle onde e densità del materiale). Considerando due strati con differente impedenza acustica, la frequenza di risonanza è legata allo spessore e alla velocità delle onde di taglio Vs della copertura dalla seguente relazione:

$fr = Vs / 4 \cdot h$

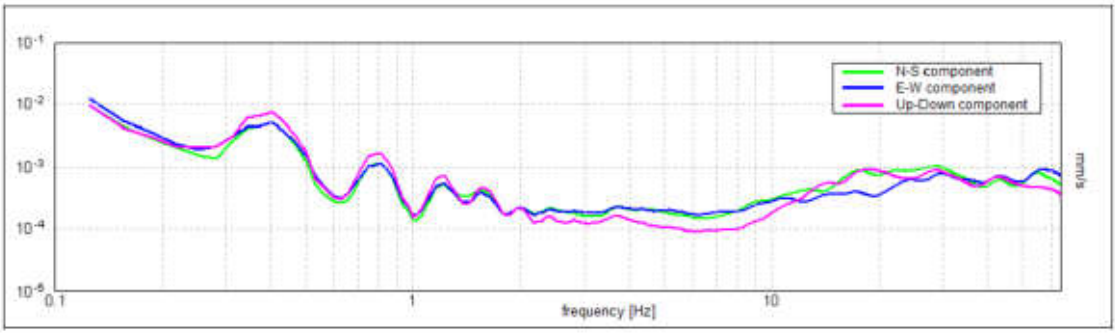
Vs = velocità delle onde S della copertura

h = spessore copertura

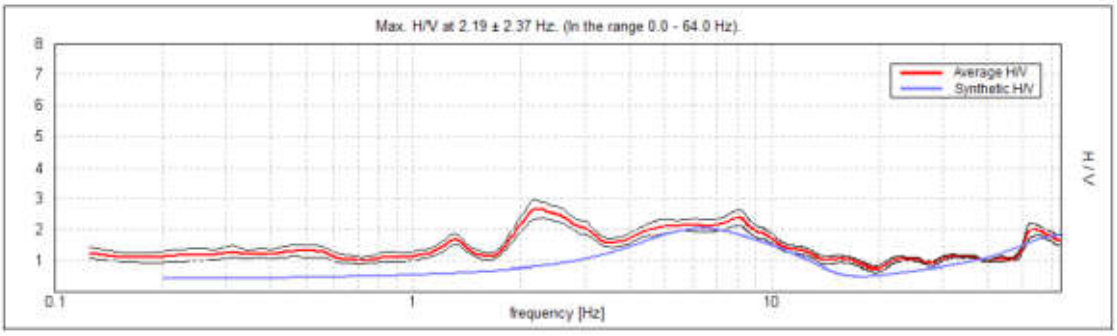
Di seguito nella Figure 20 viene riportata una sintesi dei risultati ottenuti, che sono meglio dettagliati nel report relativo alle indagini geofisiche in allegato.

HVSR 1 (Via del Giunco)

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

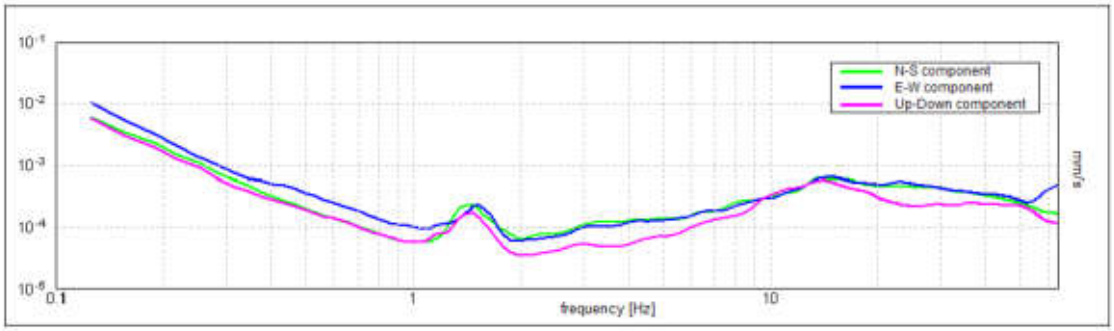


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

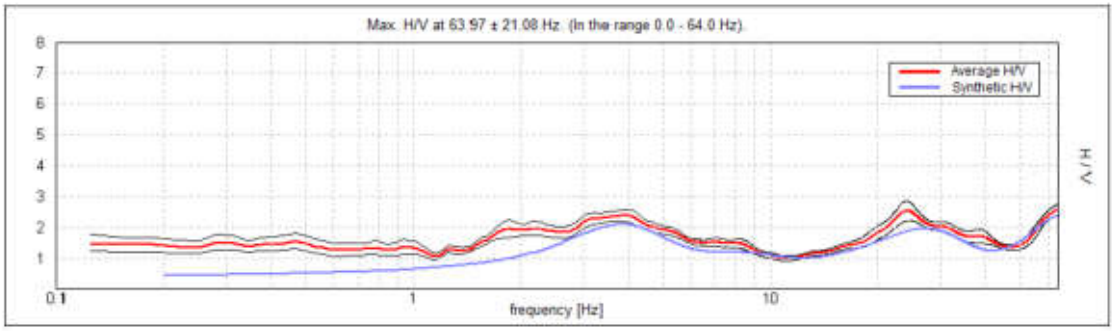


HVSR 2 (Via delle Marmorelle)

SINGLE COMPONENT SPECTRA



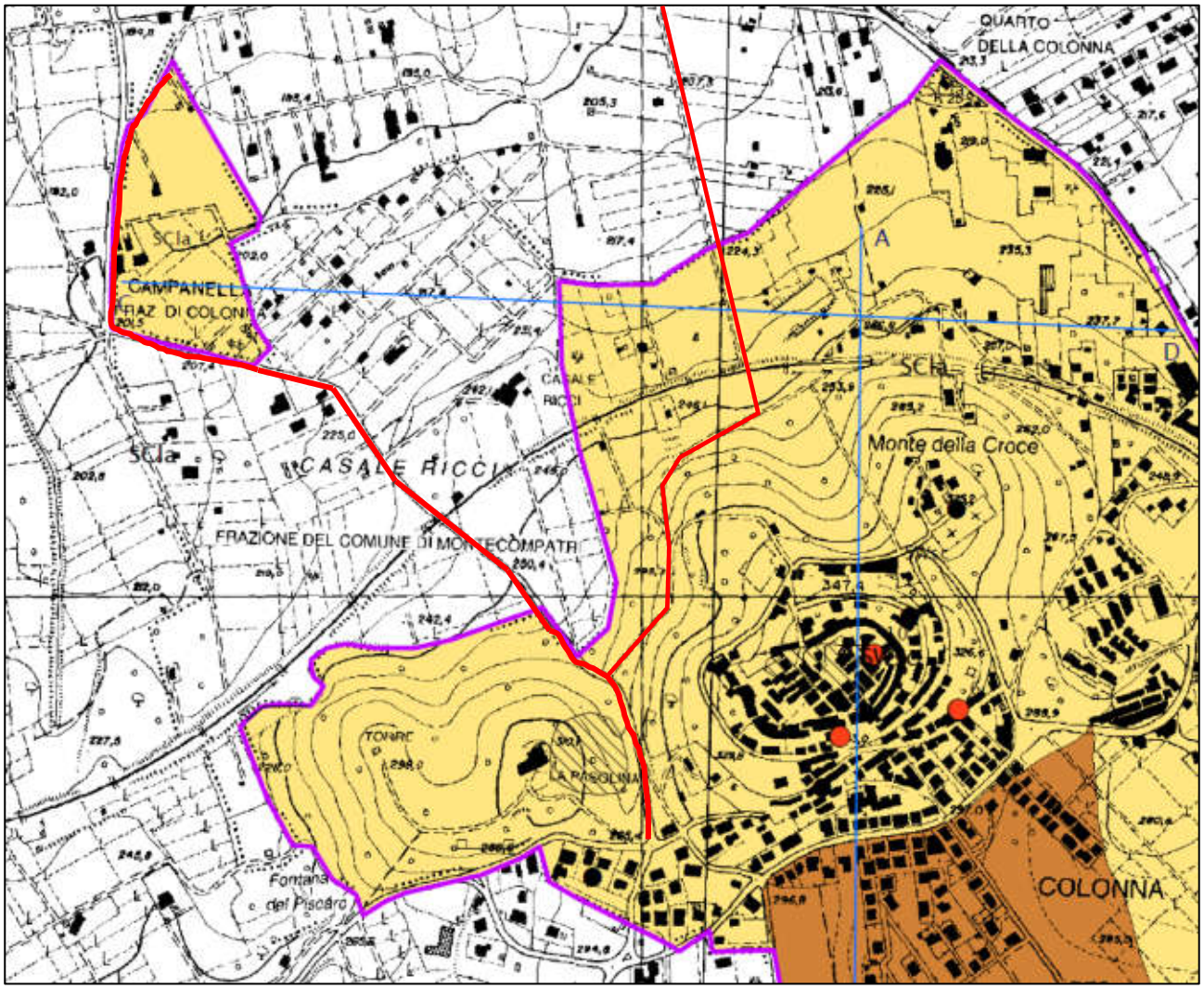
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

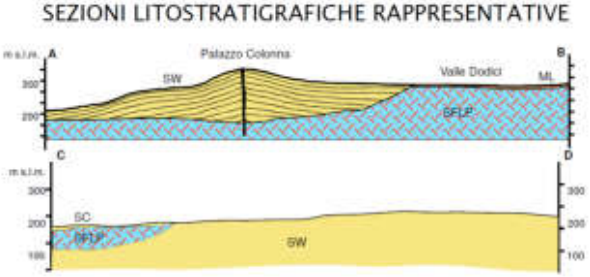


8 MODELLO GEOLOGICO-TECNICO

L'assetto geologico – tecnico dell'area in esame, ricostruito grazie alle indagini geognostiche e geofisiche eseguite in sito e dai dati disponibili in letteratura su aree limitrofe, evidenzia in linea generale un quadro litotecnico caratterizzato dalla presenza di depositi piroclastici di varia natura.

Dalla consultazione della Relazione Illustrativa e della Carta Geologico-Tecnica realizzata nell'ambito dello studio di Microzonazione Sismica di livello I del Comune di Colonna (RM) (di cui si riporta uno stralcio qui di seguito in Figura 26), si evince come una piccola porzione del tracciato di progetto, prossima al C.I. Santa Chiara lungo Via delle Marmorelle, risulta essere caratterizzata dalla presenza di terreni di copertura, sovrastanti il substrato geologico rappresentato in questo caso dalle lave leucititiche, formati da piroclastiti rimaneggiate (sabbie argillose, miscela di sabbie e argilla di colate/spandimenti/coni lavici).


QUARTO
DELLA COLONNA
CAMPANELLA
FRAZ. DI COLONNA
CASALE RICCI
FRAZIONE DEL COMUNE DI MONTECOMPATRI
Monte della Croce
LA PASCOLINA
Fontana del Piscaro
COLONNA
A
D


SEZIONI LITOSTRATIGRAFICHE RAPPRESENTATIVE
Palazzo Colonna
Valle Dodici
SW
ML
SFLP
SC

Legenda
Terreni di copertura
Forme di superficie e sepolte
Elementi geologici e idrogeologici

Figura 26. Stralcio della Carta Geologico-Tecnica realizzata nell'ambito dello studio di Microzonazione Sismica di livello 1 del Comune di Colonna (RM). In rosso è evidenziata l'ubicazione dell'intervento di progetto.

Dalla consultazione, quindi, delle risultanze delle indagini geognostiche e geofisiche di repertorio dell'anno 2022, di quelle condotte in sito nel 2023 e nel 2025, della bibliografia tecnica e dai documenti sopra descritti, facenti parte dello studio di Microzonazione Sismica di livello 1 del Comune di Colonna (RM), è stato possibile rappresentare le seguenti unità litotecniche per un modello geologico-tecnico, come riferimento per gli interventi di progetto:

CAMPO POZZI PANTANO							
UNITÀ LITOTECNICA		Prof.	γ_{nat}	c'	ϕ'	E_{ed}	sc
		m dal p.c.	kN/m^3	kPa	°	MPa	MPa
A	Terreno di riporto	0.0-1.0	15.0-16.0	0.0	25	3-4	-
B	Piroclastite sabbioso-argillosa	1.0-2.2	16.0-18.0	5-7	25-28	3-5	-
C	Depositi lavici litoidi	2.2 – 2.9	24.4	-	-	-	47.4
D	Piroclastite sabbioso-limosa con intercalazioni di livelli di colate laviche	2.9-9.0	20.0-21.0	4-7	31,5-32	3.5-5.3	-
E	Piroclastite sabbioso-argillosa con intercalazioni di livelli mediamente cementati	Da 9.0 ad almeno 20.0	16	7-8	27-33	3-5	-

Livello falda idrica: **1.7 - 2.4 m dal p.c. (piezometro S1 2023)**

Categoria di sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

CENTRO IDRICO SANTA CHIARA							
UNITÀ LITOTECNICA		Prof.	γ_{nat}	c'	ϕ'	E_{ed}	sc
		m dal p.c.	kN/m^3	kPa	°	MPa	MPa
A	Terreno di riporto	0.0-1.0	15.0-16.0	0-3	25	3-4	-
B	Alternanza di depositi piroclastici limoso sabbiosi e limoso argillosi	1.0-10.3	16.0-18.0	5-10	28-30	4-5	-
C	Depositi lavici litoidi	10.3-24.4	28.3	-	-	-	163
D	Depositi piroclastici limoso-sabbiosi con presenza di livelli tufacei semilitoidi	24.4-26.7	20.0-21.0	4-7	31,5-32	3.5-5.3	-
E	Piroclastite limosa debolmente argillosa	Da 26.7 ad almeno 30.0	16.0-18.0	5-7	25-28	3-5	-

Livello falda idrica: ca. 130 m s.l.m. (p.c. a 296 m s.l.m.), direzione deflusso NO

Categoria di sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

ATTRAVERSAMENTO VIA MARMORELLE							
UNITÀ LITOTECNICA		Prof.	γ_{nat}	c'	cu	ϕ'	E_{ed}
		m dal p.c.	kN/m³	kPa	kPa	°	MPa
A	Terreno di riporto	0.0-0.8	18.5	0 – 5*	48	25	7
B	Depositi piroclastici addensati	0.8-3.0	22.4	5 – 10*	230	35	19
C	Depositi piroclastici mediamente addensati	3.0-11.2	20.5	0 – 5*	120	30	11

Livello falda idrica: ca. 115 m s.l.m. (p.c. a 235 m s.l.m.), direzione deflusso NO

Categoria di sottosuolo: B

**parametri desunti da bibliografia*

ATTRAVERSAMENTO VIA DEL GIUNCO							
UNITÀ LITOTECNICA		Prof.	γ_{nat}	c'	cu	ϕ'	E_{ed}
		m dal p.c.	kN/m³	kPa	kPa	°	MPa
A	Terreno vegetale commisto a depositi piroclastici	0.0- 5.8 / 8.6	18.0	0 – 5*	42	25	8
B	Depositi piroclastici cineritici poco addensati (P2)	2.0-3.0	14.9	0 – 5*	9	20	2
C	Depositi piroclastici mediamente addensati	8.6 - 12.2 / 5.8 – 10.8	20.6	5 – 10*	131	32	19
D	Depositi piroclastici (P1)	10.8-12.2	19.8	0 – 5*	79	28	12
E	Depositi piroclastici molto addensati	12.2/13.4-12.2/15.0	23.0	5 – 10*	240	38	36

Livello falda idrica: ca. 115 m s.l.m. (p.c. a 240 m s.l.m.), direzione deflusso NO

Categoria di sottosuolo: C

**parametri desunti da bibliografia*

9 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Per fornire riscontro ai contenuti minimi della relazione geologica prescritti dall'Allegato C del Regolamento Regionale adottato dalla Regione Lazio del 16/04/2021 n. 7 – D.G.R. Lazio 189/2021, concernente "*Modifiche al regolamento regionale 26 ottobre 2020, n. 26 (Regolamento regionale per la semplificazione e l'aggiornamento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico. Abrogazione del regolamento regionale 13 luglio 2016, n. 14 e successive modifiche)*", vengono di seguito esplicitate puntualmente le richieste formulate e distinte in 12 punti.

1) Indicazione del Livello di Rischio Sismico:

Considerato che il territorio dei Comuni di Colonna, Monte Compatri e San Cesareo (RM), nei quali sono ubicati gli interventi di progetto, ricade in **Zona Sismica 2**, **Sottozona B** (D.G.R. Lazio 387/09) e che l'opera rientra nella **Classe d'uso II**, il livello di Rischio Sismico risulta **MEDIO**. Le indagini considerate ed eseguite ottemperano le indagini e prove minime definite dal livello di Rischio Sismico medio dell'opera.

2) Carta geologica di dettaglio (non ingrandimenti della Carta Geologica d'Italia), in scala proporzionale alla rilevanza delle opere (1:5000 o maggiore):

È stata prodotta una carta geologica di dettaglio alla scala 1:5.000, allegata in calce, utilizzando i dati acquisiti dalle indagini geognostiche e geofisiche di repertorio, da quelle eseguite e dalla bibliografia tecnica disponibile.

3) Caratteristiche idrogeologiche e interazione delle opere con la falda idrica:

Il flusso idrico superficiale e profondo avviene verso NO dalle quote piezometriche di135 m s.l.m. a 60 m s.l.m.

Nel dettaglio, con riferimento alla cartografia della "*Carta Idrogeologica del territorio della regione Lazio*" in scala 1: 100.000 (G. Capelli et alii, 2012), gli interventi di progetto sono interessati dai seguenti complessi idrogeologici:

- <u>Complesso dei depositi alluvionali recenti</u>, con potenzialità acquifera da bassa a medio-alta;

- Complesso dei depositi fluvio palustri e lacustri, con potenzialità acquifera bassa;
- Complesso delle lave, laccoliti e coni di scorie, con potenzialità acquifera medio-alta;
- Complesso delle pozzolane, con potenzialità acquifera media.

Per rilevare la presenza della falda idrica alle profondità di interesse per le opere di progetto, il sondaggio S1 è stato attrezzato con piezometro a tubo aperto fino a fondo foro.
Di seguito sono riportate le misure piezometriche eseguite:

Sondaggio	Data	Livello falda registrata (m dal p.c.)
S1 (2023)	12/01/2023	2,4
	17/02/2023	1,7

4) Caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che possono influenzare la risposta sismica locale:

Con la vigente Classificazione Sismica della Regione Lazio (Delibera di Giunta Regionale n. 387 del 22/05/2009) i territori dei Comuni di Monte Compatri, Colonna e San Cesareo (RM), nei quali ricadono gli interventi di progetto, sono classificati come **Zona Sismica 2**, **Sottozona B**. Il valore dell'accelerazione orizzontale al suolo è dunque compresa tra **0,15 g** e **0,20 g**.

In relazione alle condizioni litostratigrafiche dell'area in esame, ricostruite grazie alle prospezioni sismiche MASW eseguite presso le aree di intervento, il suolo di fondazione può essere inquadrato nella **"Categoria di sottosuolo C"** solo in corrispondenza dell'attraversamento sito in Via Marmorelle la **"Categoria di sottosuolo è B"**. Per quanto attiene alle caratteristiche della superficie topografica, il sito di progetto ricade nella **"Categoria topografica T1"**.

5) N. 2 sezioni geologiche, di cui una tracciata lungo la massima pendenza, con indicazione delle opere di progetto (mostrante il piano di imposta delle fondazioni)

e la successione dei litotipi fondazionali con il maggiore livello della falda acquifera eventualmente presente:

Sono state allegate alla presente Relazione Geologica le Tavole delle sezioni geologico-tecniche.

6) **Planimetria con ubicazione delle indagini, nuove e/o pregresse. Le indagini pregresse, se contigue all'area in esame, dovranno essere comunque rappresentative del contesto geologico/geotecnico in cui insiste l'opera da realizzare:**

È riportata sia nel testo che allegata in calce al presente documento, la planimetria ubicativa raffigurante le indagini geognostiche effettuate.

7) **Elaborati numerici e grafici, chiaramente leggibili e a colori, di tutte le indagini geognostiche e sismiche nuove e/o pregresse:**

Sono allegati in calce alla presente tutti gli elaborati numerici, grafici e tabulati relativi alle indagini geognostiche e geofisiche effettuate.

8) **Stralcio della cartografia del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – P.A.I. di cui alla Legge 183/89 e D.L. 180/98:**

L'area di progetto non risulta essere cartografata all'interno del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico – Autorità di Bacino del Fiume Tevere – Fasce fluviali e zone a rischio.

D'altro canto, la consultazione dal Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Autorità di Bacino del Fiume Tevere – Inventario dei fenomeni franosi e situazioni di rischio da frana – Tavole 13 e 25 di 304 mostrano come gli interventi di progetto non sono interessati da alcun fenomeno franoso.

Si evidenzia come il tracciato di progetto risulti ubicato in prossimità di un orlo di scarpata di frana (come fenomeno presunto) nel suo tratto iniziale, nell'area del Campo Pozzi Pantano, senza alcuna interferenza con esso. D'altro canto, il tracciato di progetto interferisce con un orlo di scarpata di frana (come fenomeno presunto) in prossimità del C.I. Santa Chiara, lungo Via delle Marmorelle.

9) Recepimento di eventuali prescrizioni previste dal parere rilasciato ai sensi dell'articolo 89 del DPR 380/2001:

Non sono previste prescrizioni.

10) Stralcio della carta delle MOPS (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica) del Livello 1 e 3 di Microzonazione Sismica validata, se disponibili:

Ai sensi del D.P.R. 545/2010 che definisce le linee guida per gli studi di microzonazione sismica del territorio della Regione Lazio, risulta pubblicato per il Comune di Colonna e Monte Compatri (RM) lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 1, con la redazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).

Più in dettaglio, una piccola porzione del tracciato di progetto, prossima al C.I. Santa Chiara lungo Via delle Marmorelle, risulta essere compresa in una Zona stabile suscettibile di amplificazione, in particolare la ZONA 1 – 2001, la quale è costituita da uno spessore di terreno di riporto con spessori fino ai 3 m, sovrastante a piroclastite scoriacea costituita da sabbia con ghiaia limosa (con spessori che vanno dai 10 ai 40 m).

Un secondo breve settore del tracciato di progetto posto più a nord, in località Campanella (frazione di Colonna), risulta invece bordare una Zona stabile suscettibile di amplificazione, in particolare la ZONA 4 – 2004, la quale è costituita da uno spessore di piroclastite rimaneggiata (fino ai 4 m), sovrastante lave leucititiche, con spessori fino ai 26 m.

11) Documentazione fotografica delle indagini realizzate:

È allegata in calce alla presente tutta la documentazione fotografica relativa alle indagini geognostiche e geofisiche effettuate.

12) Indicazioni sulla fattibilità degli interventi ed eventuali prescrizioni progettuali:

Relativamente agli interventi di progetto, la verifica nei confronti della liquefazione può essere omessa, stante la sussistenza della seguente condizione, indicata in *NTC/18 §7.11.3.4.2*:

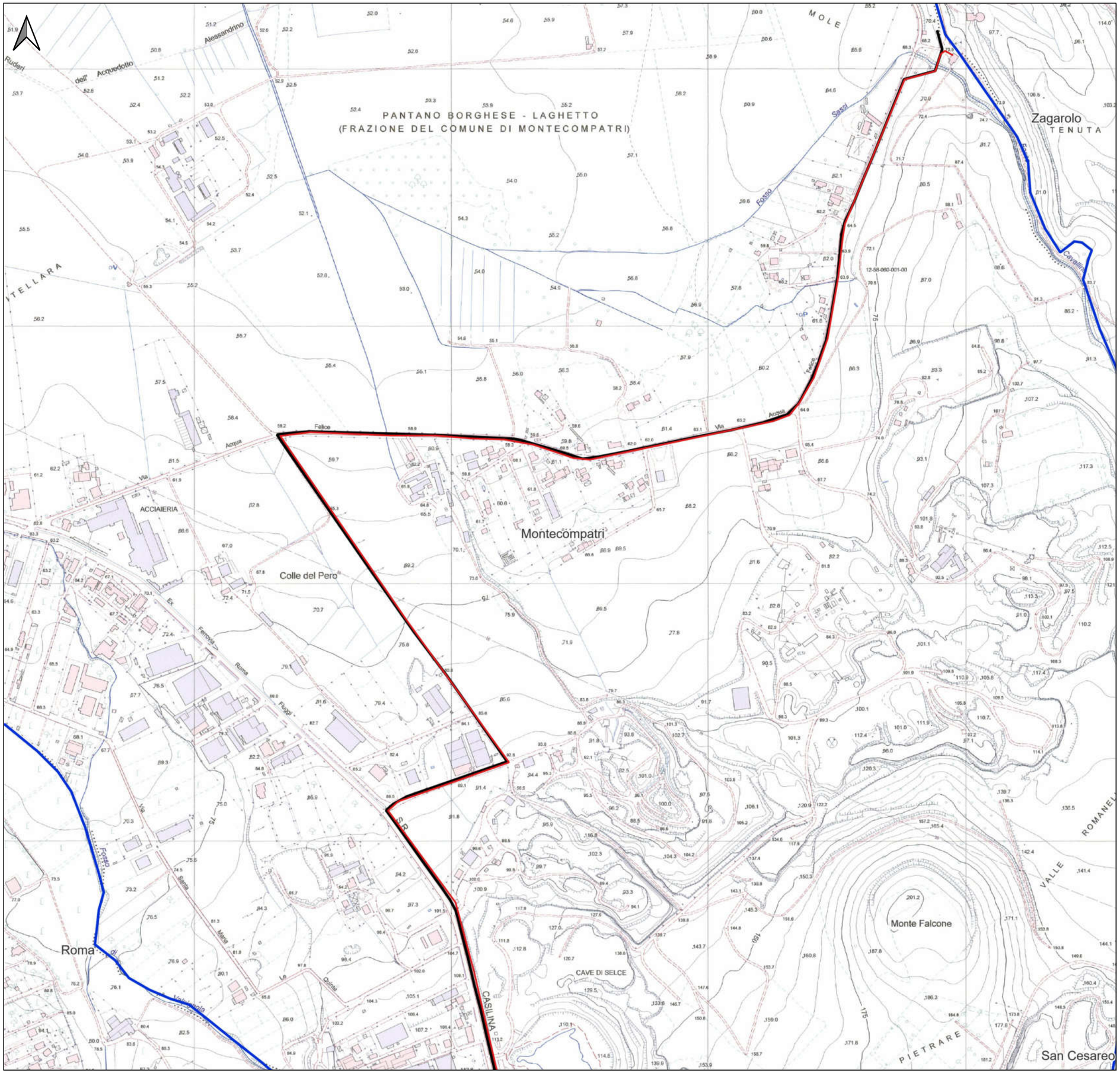
- *Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 24 (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc<3.5 ed in Figura 24 (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc>3.5.*

In conclusione. sulla base delle osservazioni eseguite nell'ambito dei sopralluoghi eseguiti presso l'area di intervento, del quadro litostratigrafico, idrogeologico e geomorfologico descritto nei precedenti paragrafi, si ritiene che gli interventi di progetto, previa opportuna considerazione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, sismiche ed idrogeologiche locali descritte nella presente Relazione Geologica, non andrà:

- ad incrementare il livello di rischio (Rischio Frana ed Idraulico) individuato dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico;
- ad alterare l'assetto geologico, geomorfologico ed idrogeologico.

È possibile, perciò, esprimere parere favorevole in merito alla fattibilità geologica degli interventi previsti.

CARTA DELL'INQUADRAMENTO TERRITORIALE
Tavola I
Scala 1:5000

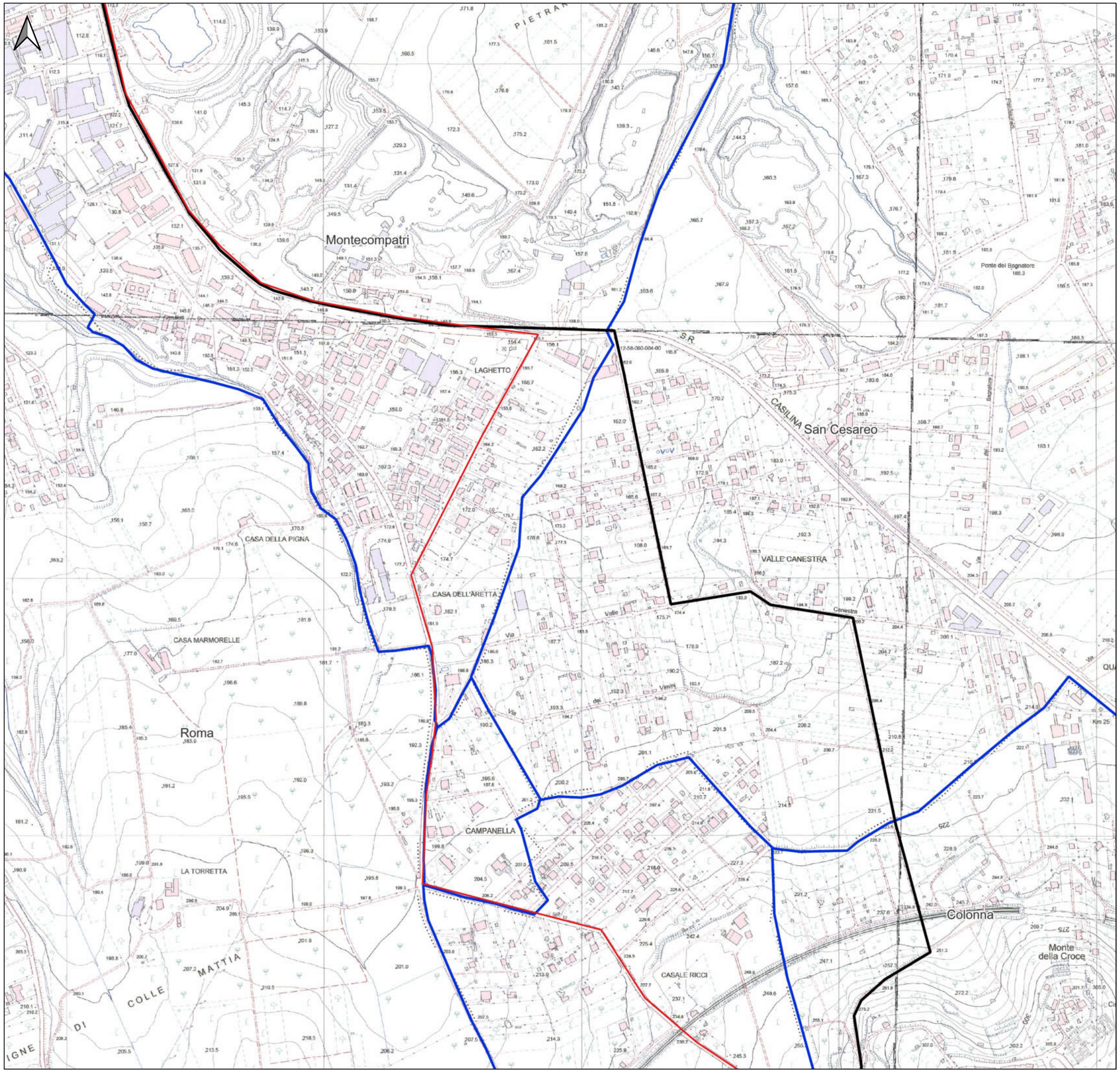


0 100 200 300 400 500 m

LEGENDA

- Condotta DN250
- Condotta DN600
- Confini Comunali

CARTA DELL'INQUADRAMENTO TERRITORIALE
Tavola 2
Scala 1:5000

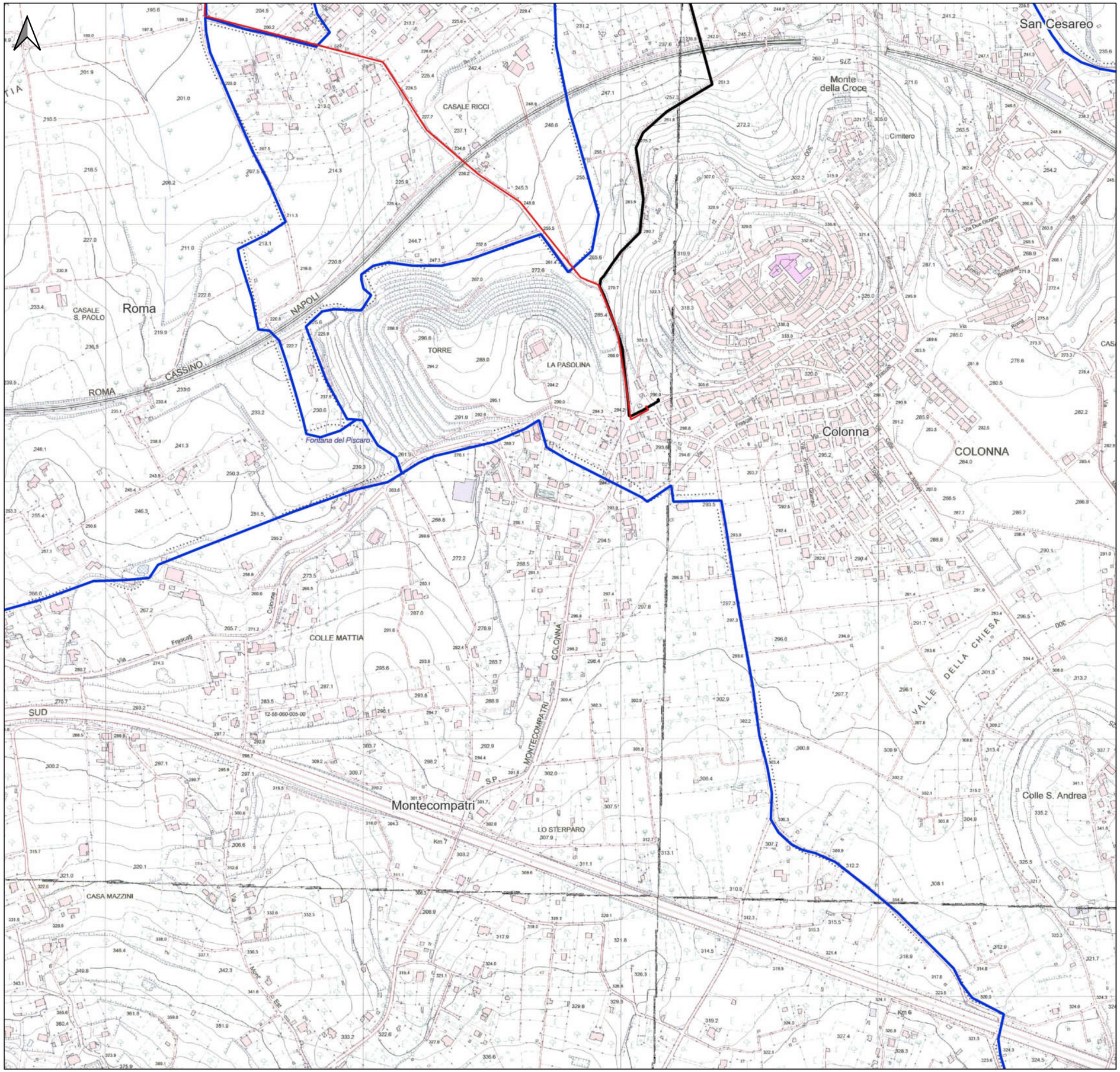


0 100 200 300 400 500 m

LEGENDA

- Condotta DN250
- Condotta DN600
- Confini Comunali

CARTA DELL'INQUADRAMENTO TERRITORIALE
Tavola 3
Scala 1:5000



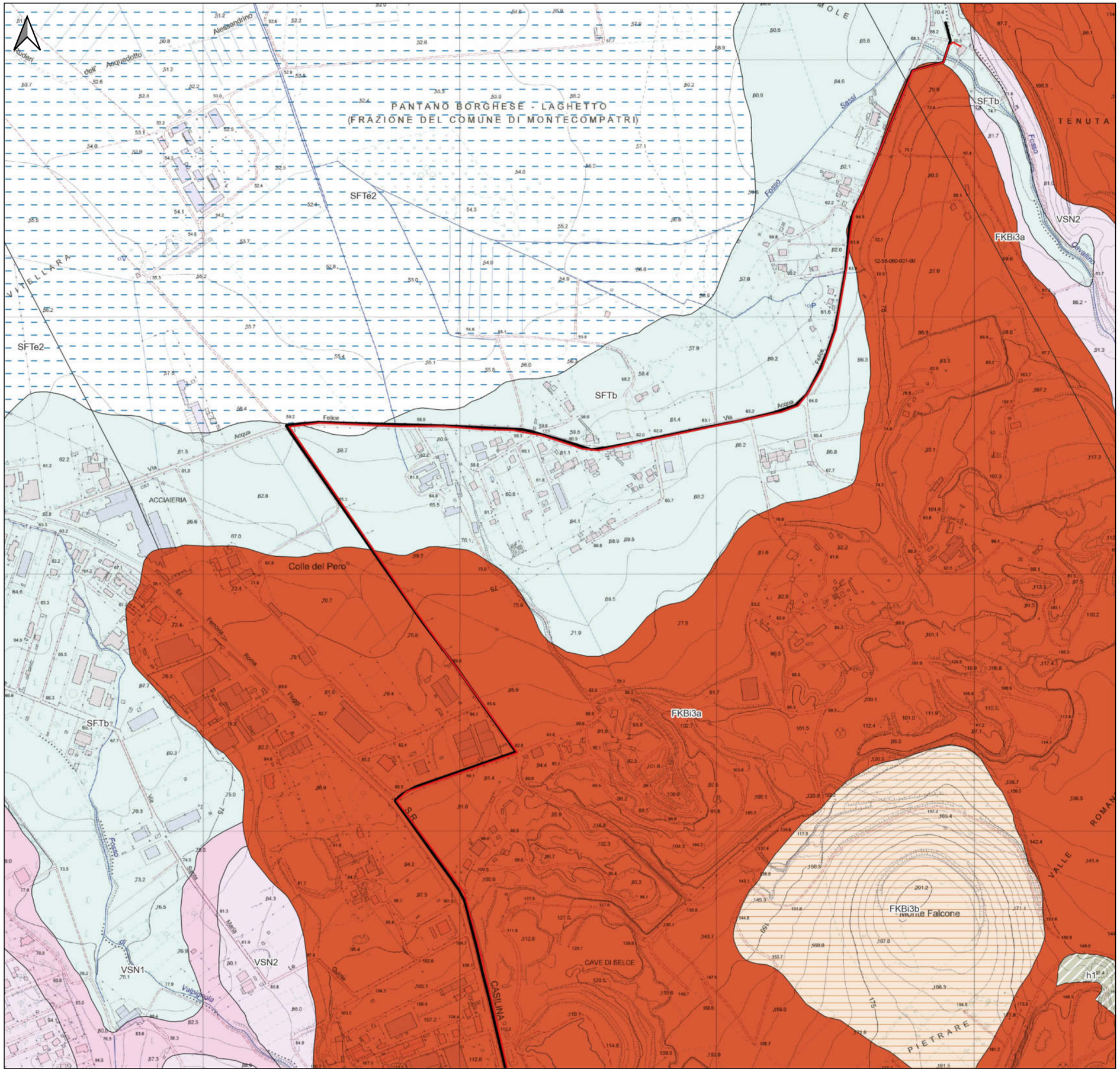
0 100 200 300 400 500 m

LEGENDA

- Condotta DN250
- Condotta DN600
- Confini Comunali

CARTA GEOLOGICA
Tavola I
Scala 1:5000

0 100 200 300 400 500 m



LEGENDA

- Condotta DN250
- Condotta DN600

Formazioni Geologiche

- h1 Discarica
- SFTb Deposito alluvionale
- SFTe2 Deposito lacustre
- FKBi3a Formazione di Madonna degli Angeli - Insieme di colate Pantano Borghese - litofacies lavica
- FKBi3b Formazione di Madonna degli Angeli - Insieme di colate Pantano Borghese - litofacies scoriacea
- VSN1 Formazione di Villa Senni - Tufo Lionato
- VSN2 Formazione di Villa Senni - Pozzolanelle

CARTA GEOLOGICA
Tavola 2
Scala 1:5000

0 100 200 300 400 500 m

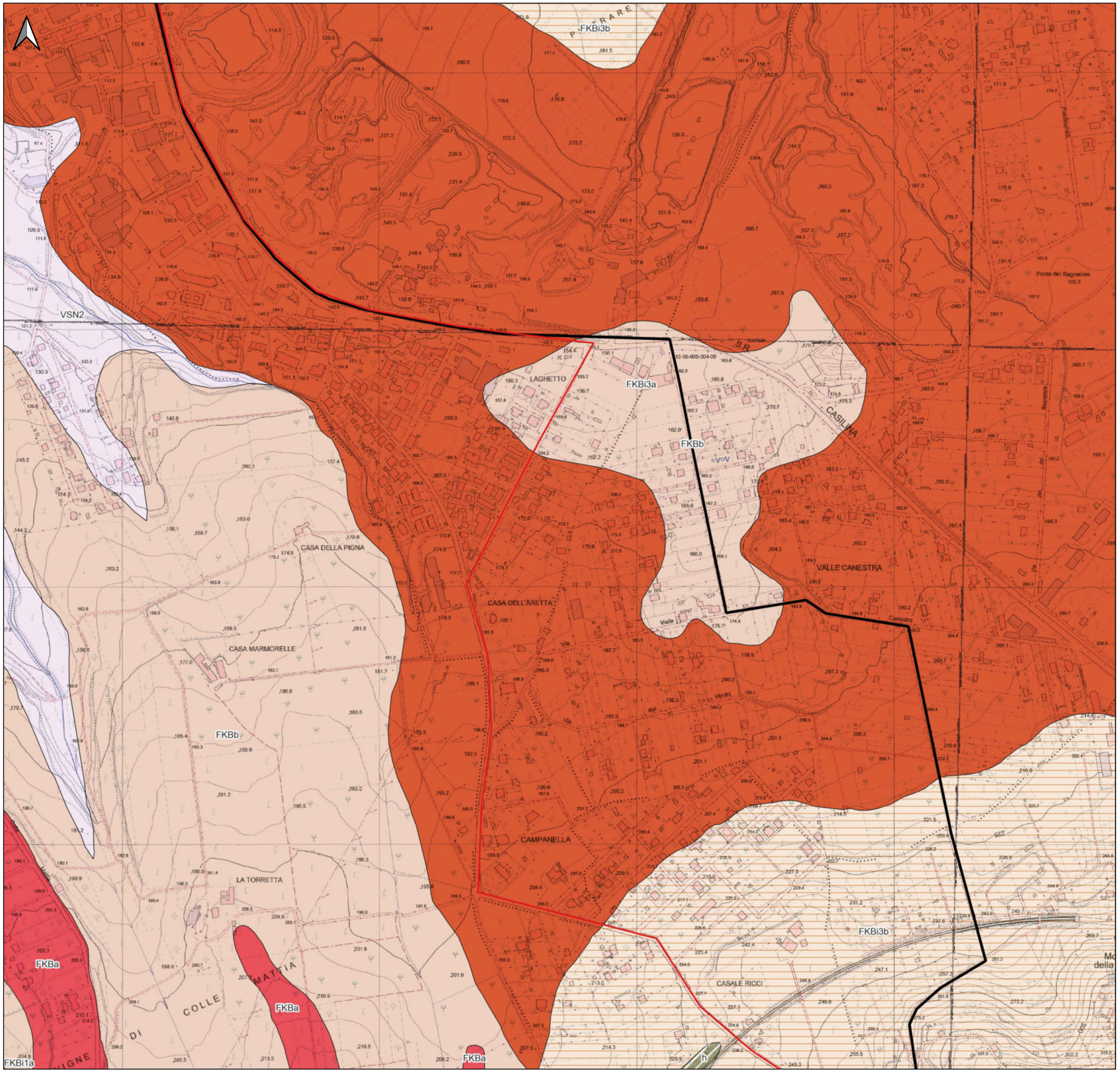
LEGENDA

Condotta DN250

Condotta DN600

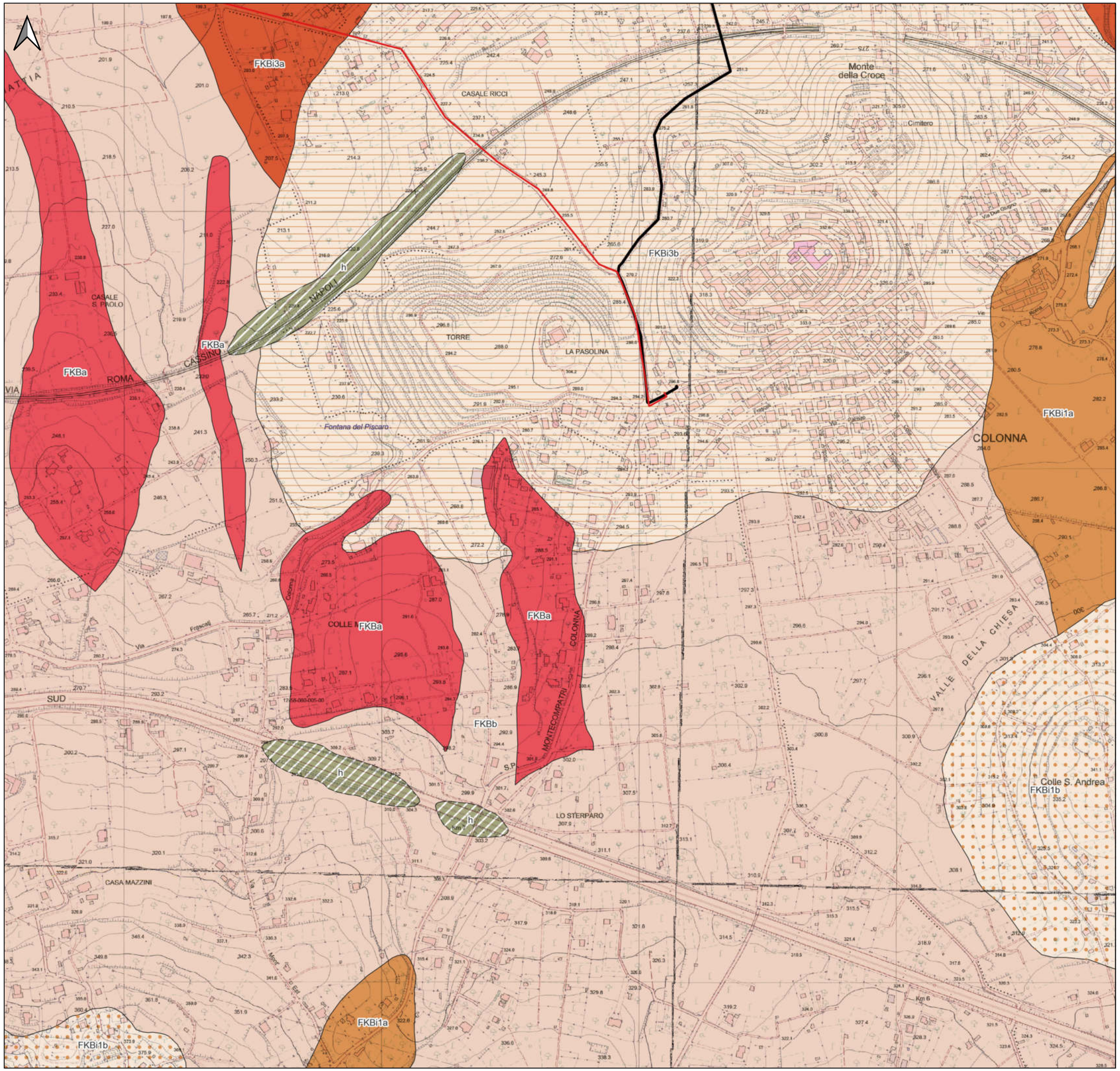
Formazioni Geologiche

- h Deposto antropico
- FKBa Formazione Madonna degli Angeli - litofacies lavica
- FKBb Formazione Madonna degli Angeli - litofacies piroclastica
- FKBi1a Formazione di Madonna degli Angeli - Insieme di colate del Tuscolo - litofacies lavica
- FKBi3a Formazione di Madonna degli Angeli - Insieme di colate Pantano Borghese - litofacies lavica
- FKBi3b Formazione di Madonna degli Angeli - Insieme di colate Pantano Borghese - litofacies scoriacea
- VSN2 Formazione di Villa Senni - Pozzolanelle



CARTA GEOLOGICA
Tavola 3
Scala 1:5000

0 100 200 300 400 500 m



LEGENDA

Condotta DN250

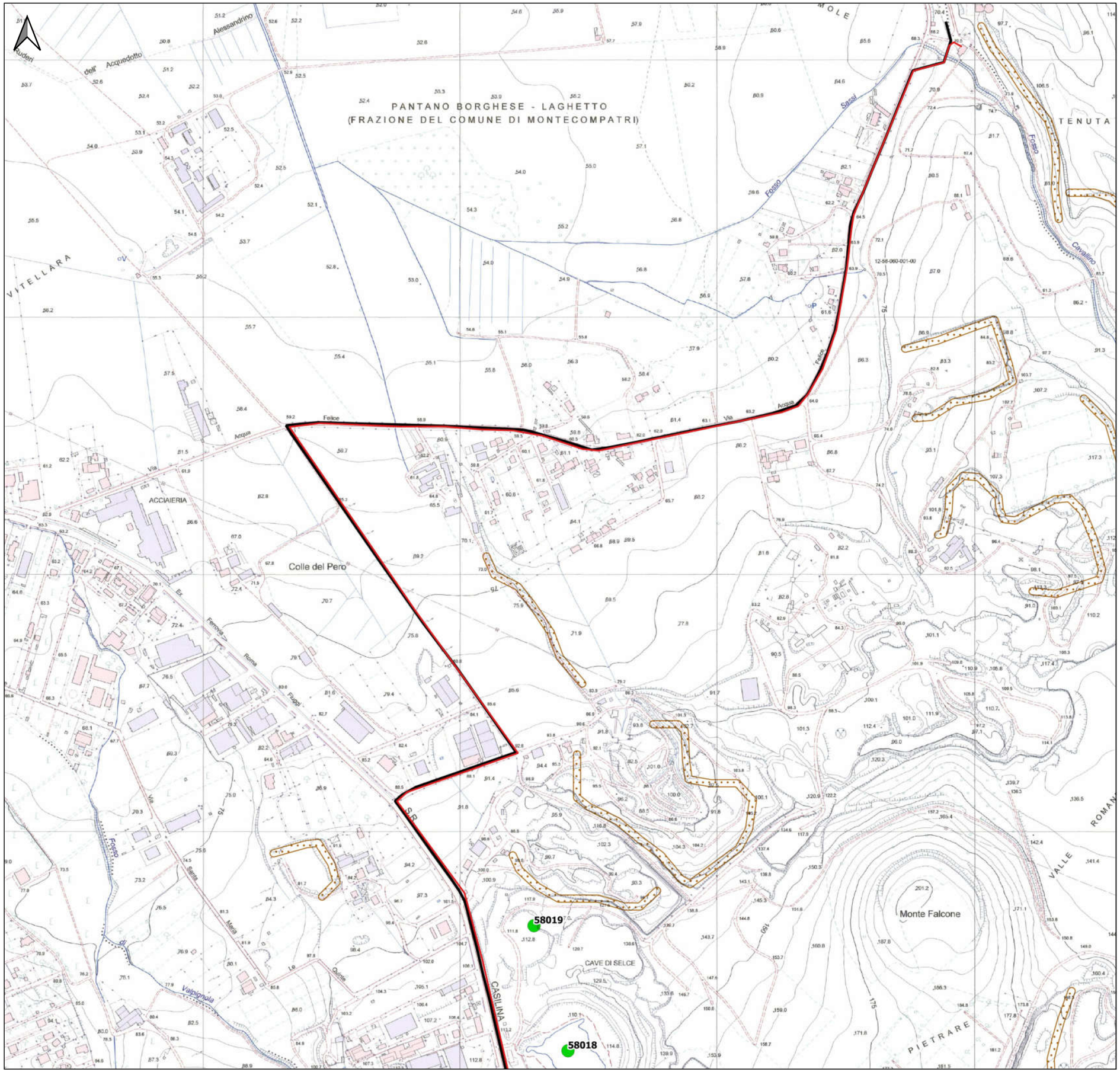
Condotta DN600

Formazioni Geologiche

- h Deposto antropico
- FKBa Formazione Madonna degli Angeli - litofacies lavica
- FKBb Formazione Madonna degli Angeli - litofacies piroclastica
- FKBi1a Formazione di Madonna degli Angeli - Insieme di colate del Tuscolo - litofacies lavica
- FKBi1b Formazione di Madonna degli Angeli - Insieme di colate del Tuscolo - litofacies scoriacea
- FKBi3a Formazione di Madonna degli Angeli - Insieme di colate Pantano Borghese - litofacies lavica
- FKBi3b Formazione di Madonna degli Angeli - Insieme di colate Pantano Borghese - litofacies scoriacea

CARTA GEOMORFOLOGICA
Tavola I
Scala 1:5000

0 100 200 300 400 500 m



LEGENDA

Condotta DN250

Condotta DN600

Elementi Geomorfologici

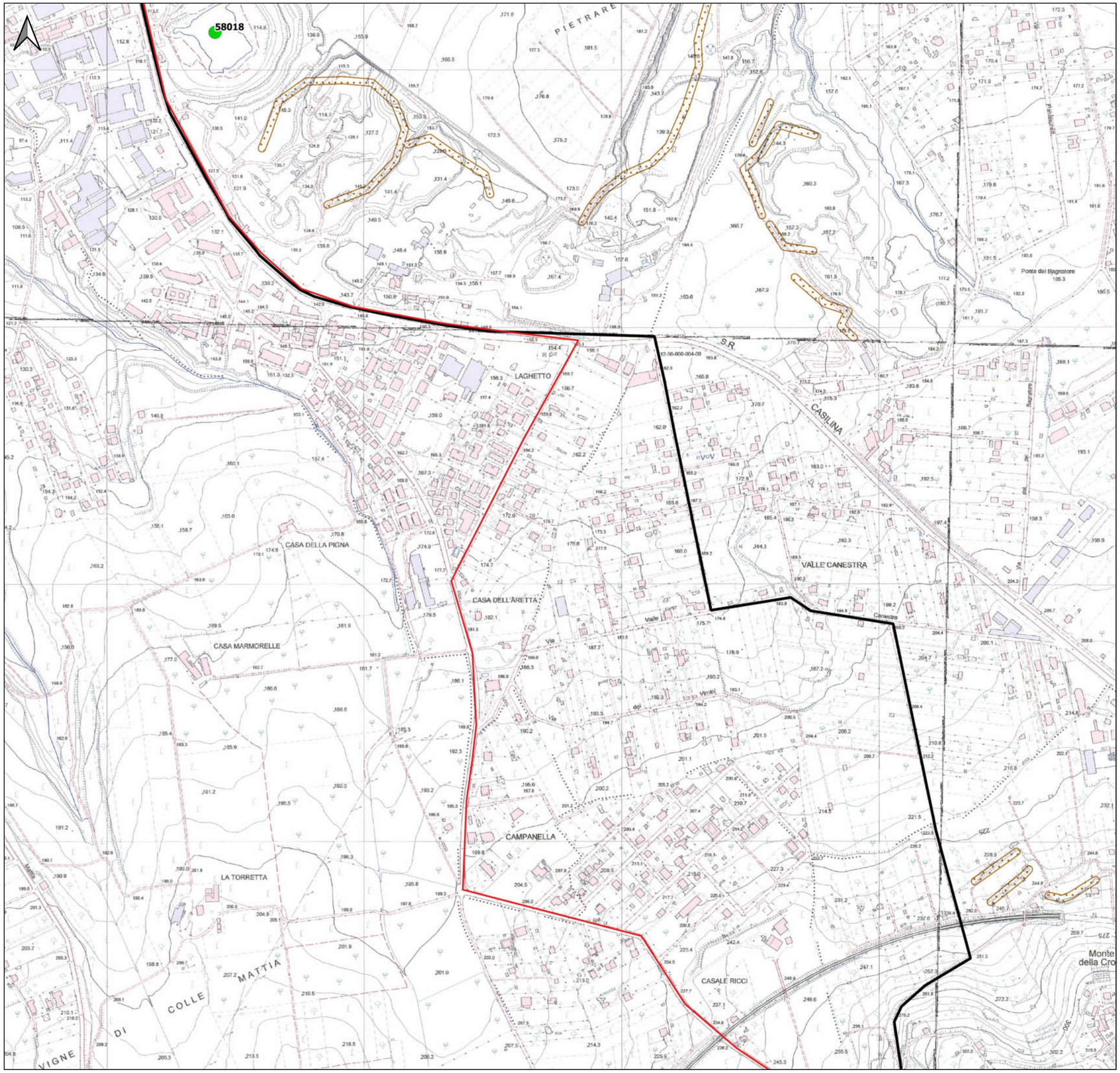
Sinkhole (da Database Nazionale)

PAI - Bacino del Fiume Tevere

Orlo di scarpata di frana presunto

CARTA GEOMORFOLOGICA
Tavola 2
Scala 1:5000

0 100 200 300 400 500 m



LEGENDA

Condotta DN250

Condotta DN600

Elementi Geomorfologici

Sinkhole (da Database Nazionale)

PAI - Bacino del Fiume Tevere

Orlo di scarpata di frana presunto

CARTA GEOMORFOLOGICA
Tavola 3
Scala 1:5000

0 100 200 300 400 500 m

LEGENDA

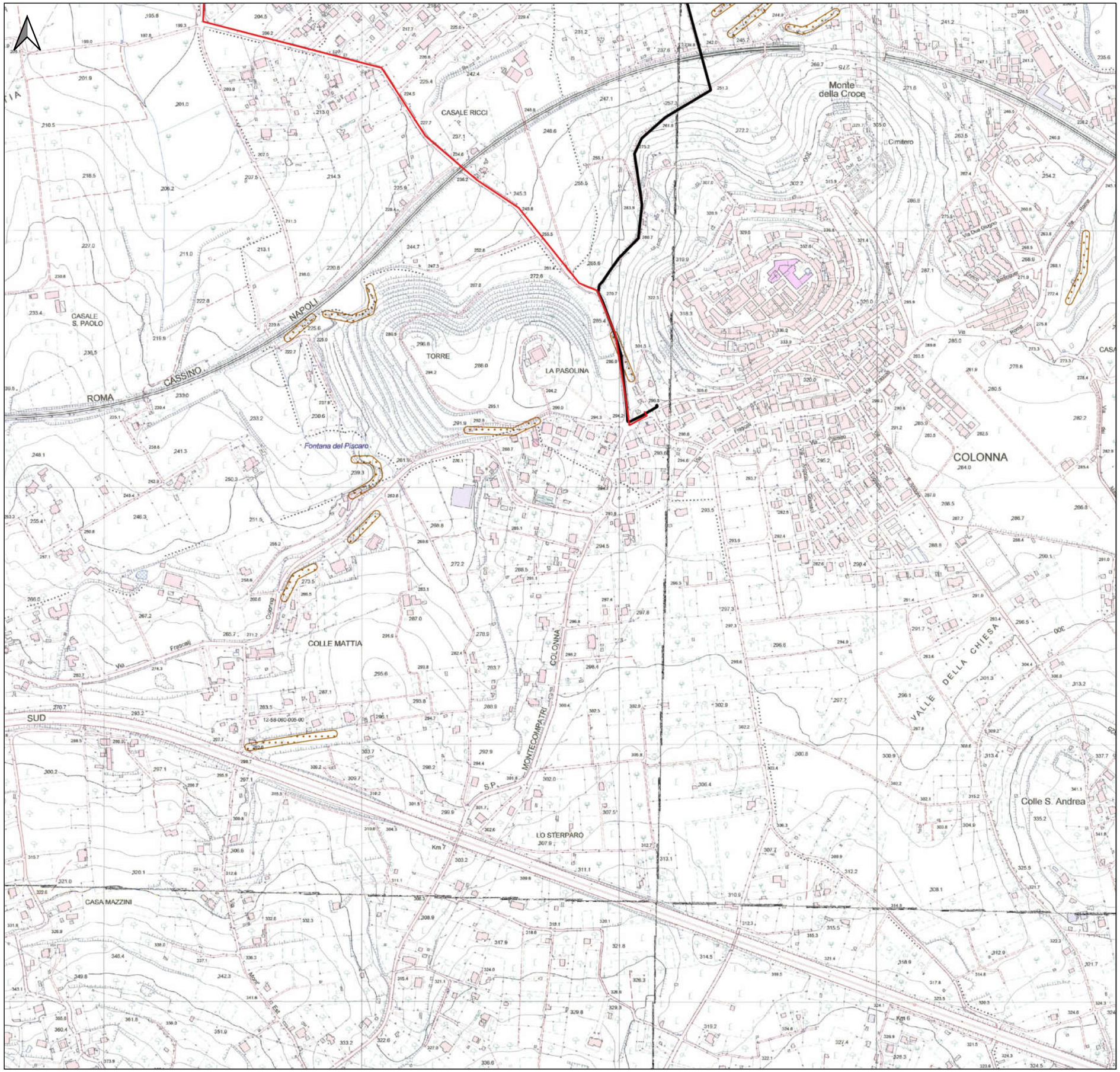
Condotta DN250

Condotta DN600

Elementi Geomorfologici

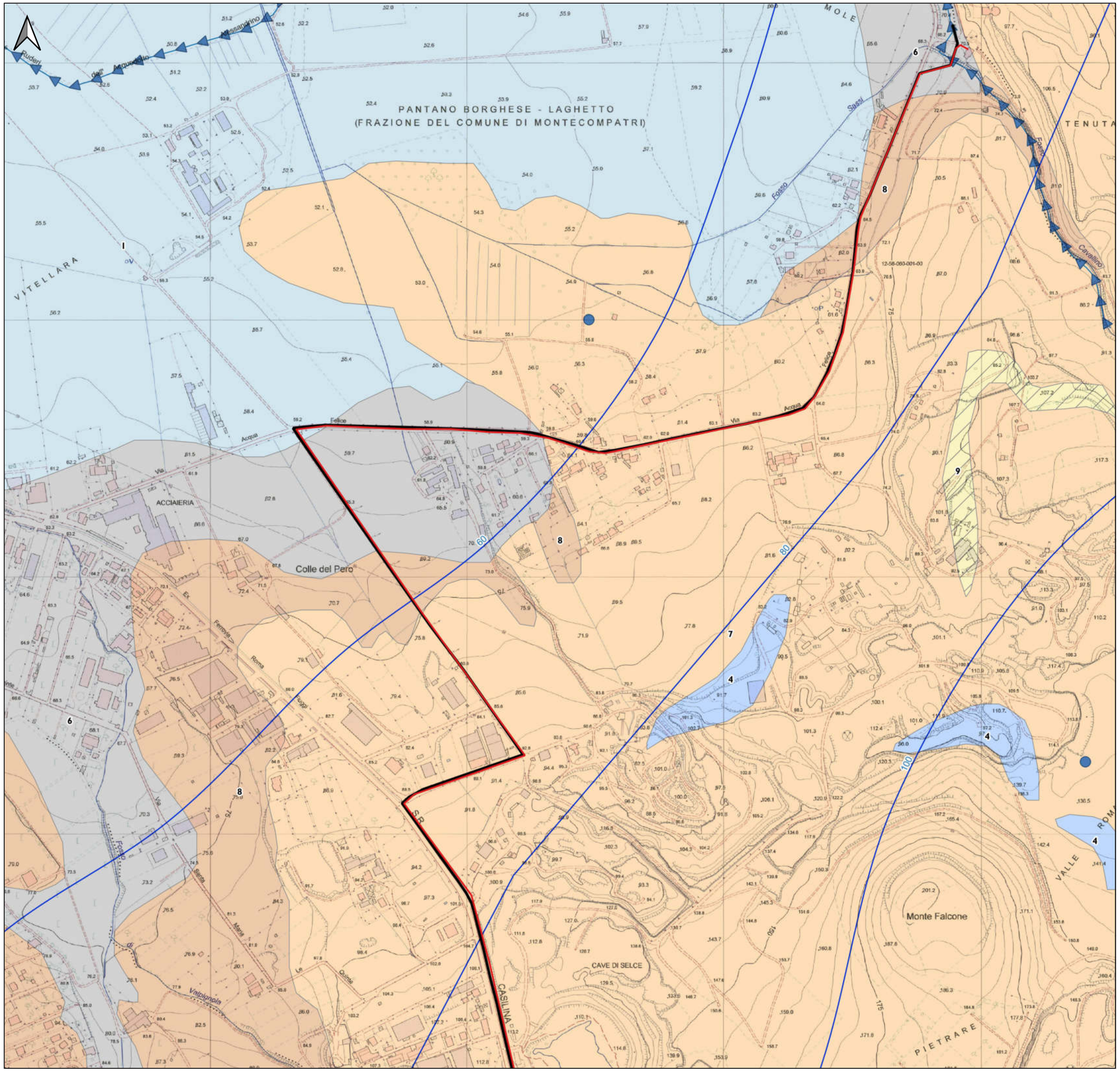
PAI - Bacino del Fiume Tevere

Orlo di scarpata di frana presunto



CARTA IDROGEOLOGICA
Tavola I
Scala 1:5000

0 100 200 300 400 500 m



LEGENDA

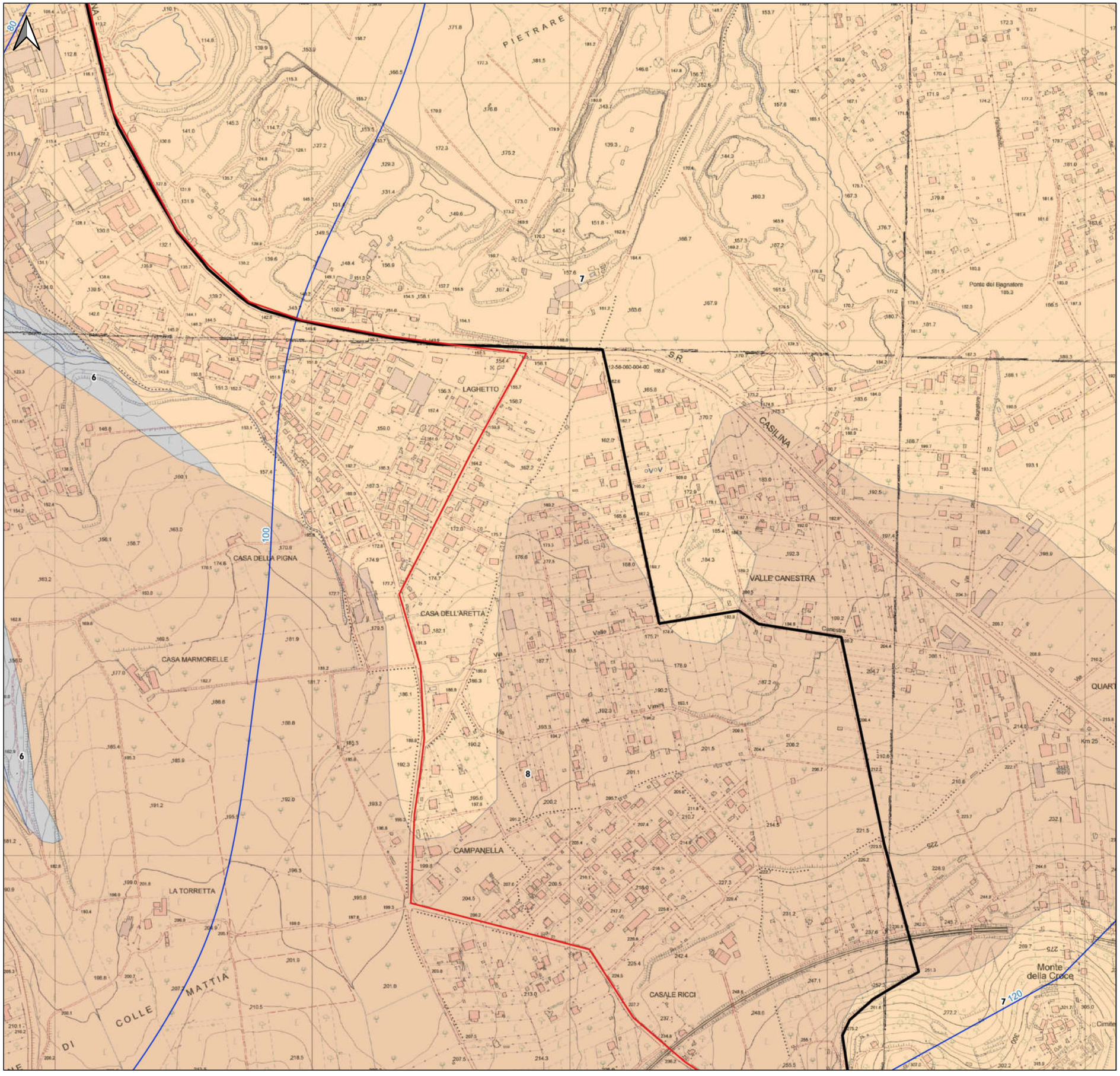
- Condotta DN250
- Condotta DN600
- Sorgente puntuale
- Isopieze
- Sorgenti lineari

Complessi Idrogeologici

- 1 Complesso dei depositi alluvionali recenti - potenzialità acquifera da bassa a medio alta
- 4 Complesso dei travertini - potenzialità acquifera medio alta
- 6 Complesso dei depositi fluvio palustri e lacustri - potenzialità acquifera bassa
- 7 Complesso delle lave, laccoliti e coni di scorie - potenzialità acquifera medio alta
- 8 Complesso delle Pozzolane - potenzialità acquifera media
- 9 Complesso dei tufi stratificati e delle facies freatomagmatiche - potenzialità acquifera bassa

CARTA IDROGEOLOGICA
Tavola 2
Scala 1:5000

0 100 200 300 400 500 m



LEGENDA

Condotta DN250

Condotta DN600

Isopieze

Complessi Idrogeologici

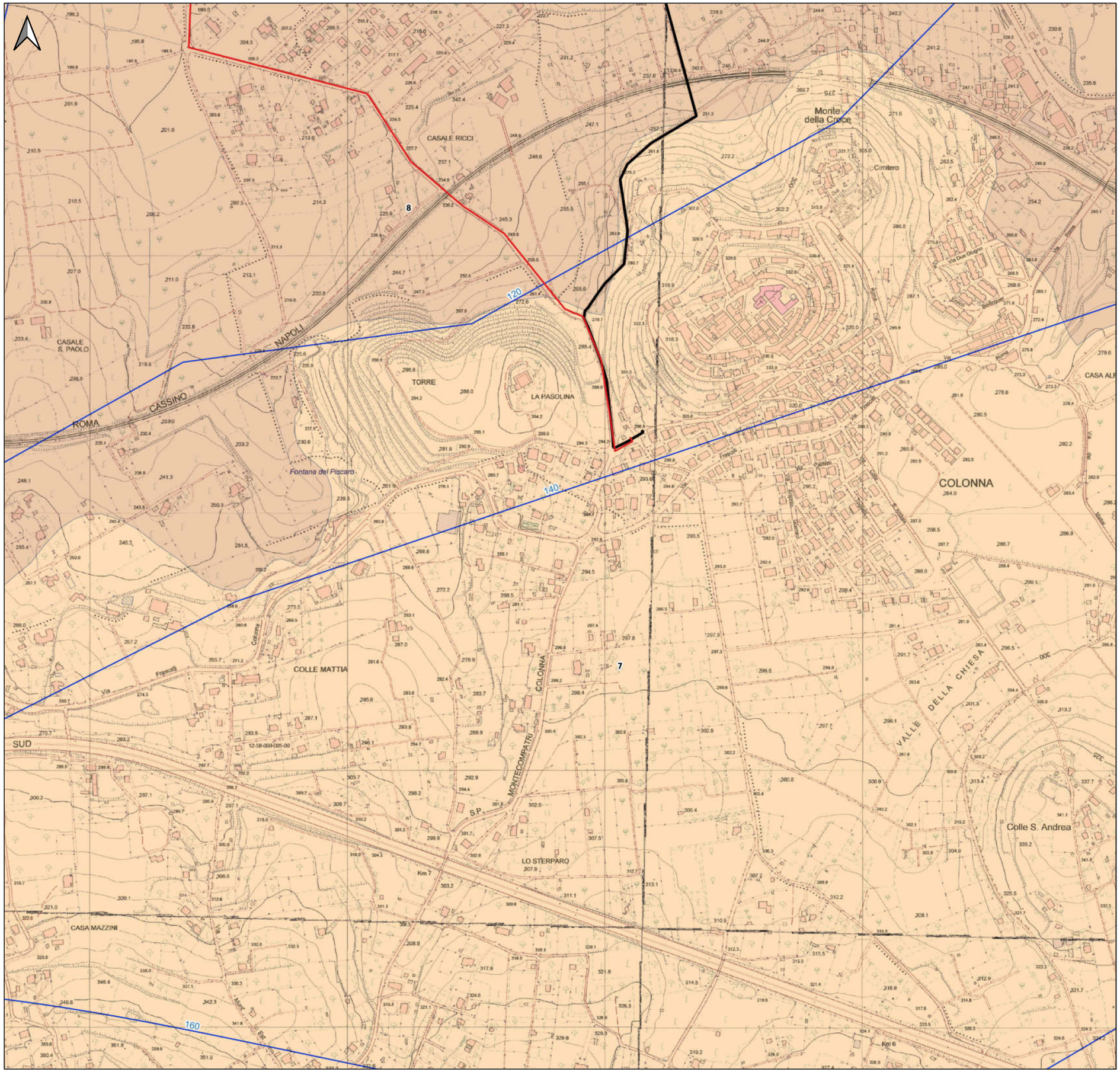
6 Complesso dei depositi fluvio palustri e lacustri - potenzialità acquifera bassa

7 Complesso delle lave, laccoliti e coni di scorie - potenzialità acquifera medio alta

8 Complesso delle Pozzolane - potenzialità acquifera media

CARTA IDROGEOLOGICA
Tavola 3
Scala 1:5000

0 100 200 300 400 500 m



LEGENDA

Condotta DN250

Condotta DN600

Isopieze

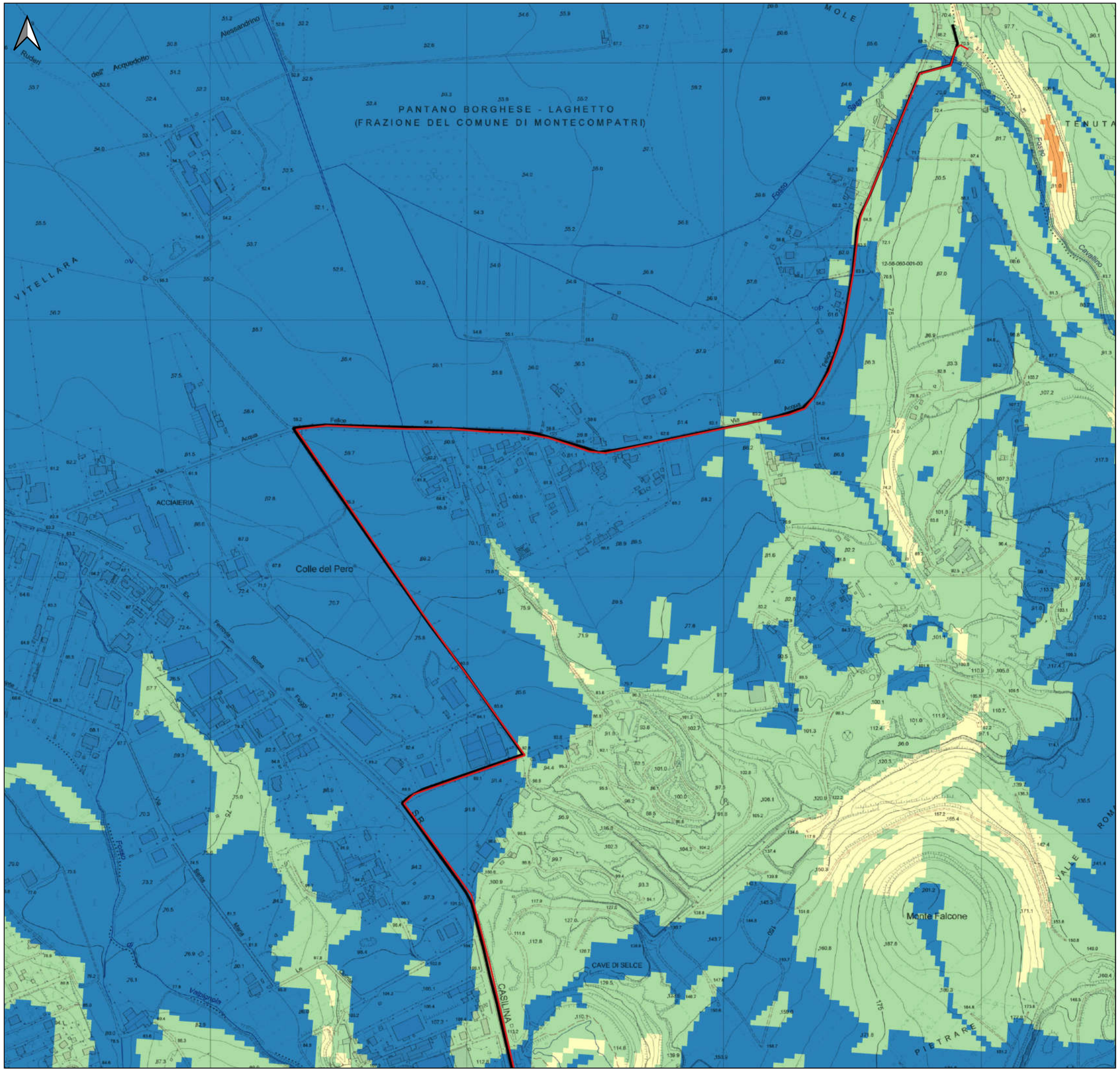
Complessi Idrogeologici

7 Complesso delle lave, laccoliti e coni di scorie - potenzialità acquifera medio alta

8 Complesso delle Pozzolane - potenzialità acquifera media

CARTA DELLE PENDENZE
Tavola I
Scala 1:5000

0 100 200 300 400 500 m



LEGENDA

Condotta DN250

Condotta DN600

Pendenza

(°)

<= 5

5 - 15

15 - 30

30 - 45

45 - 60

CARTA DELLE PENDENZE
Tavola 2
Scala 1:5000

0 100 200 300 400 500 m

LEGENDA

Condotta DN250

Condotta DN600

Pendenza

(°)

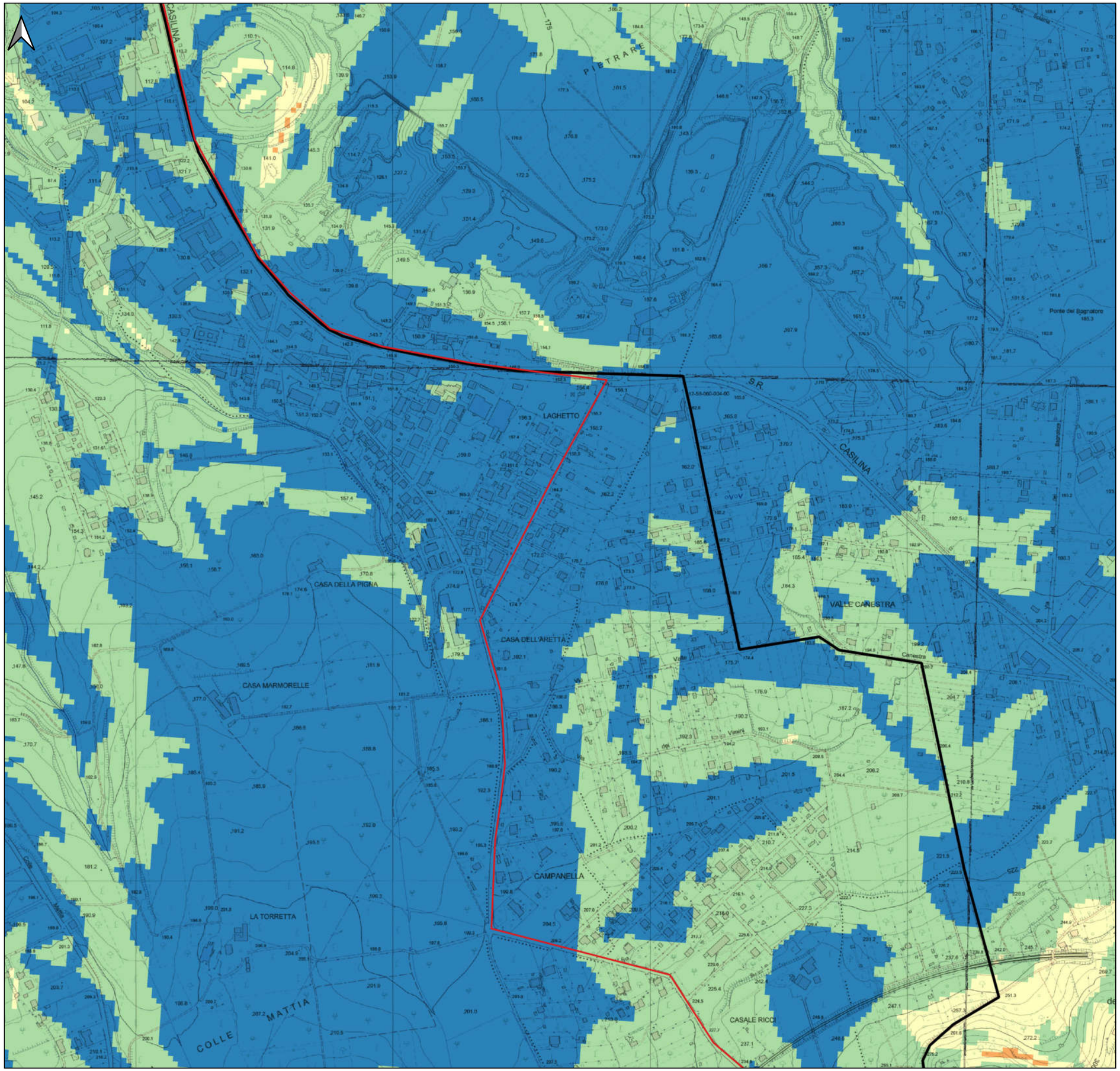
<= 5

5 - 15

15 - 30

30 - 45

45 - 60



CARTA DELLE PENDENZE
Tavola 3
Scala 1:5000

0 100 200 300 400 500 m

LEGENDA

Condotta DN250

Condotta DN600

Pendenza

(°)

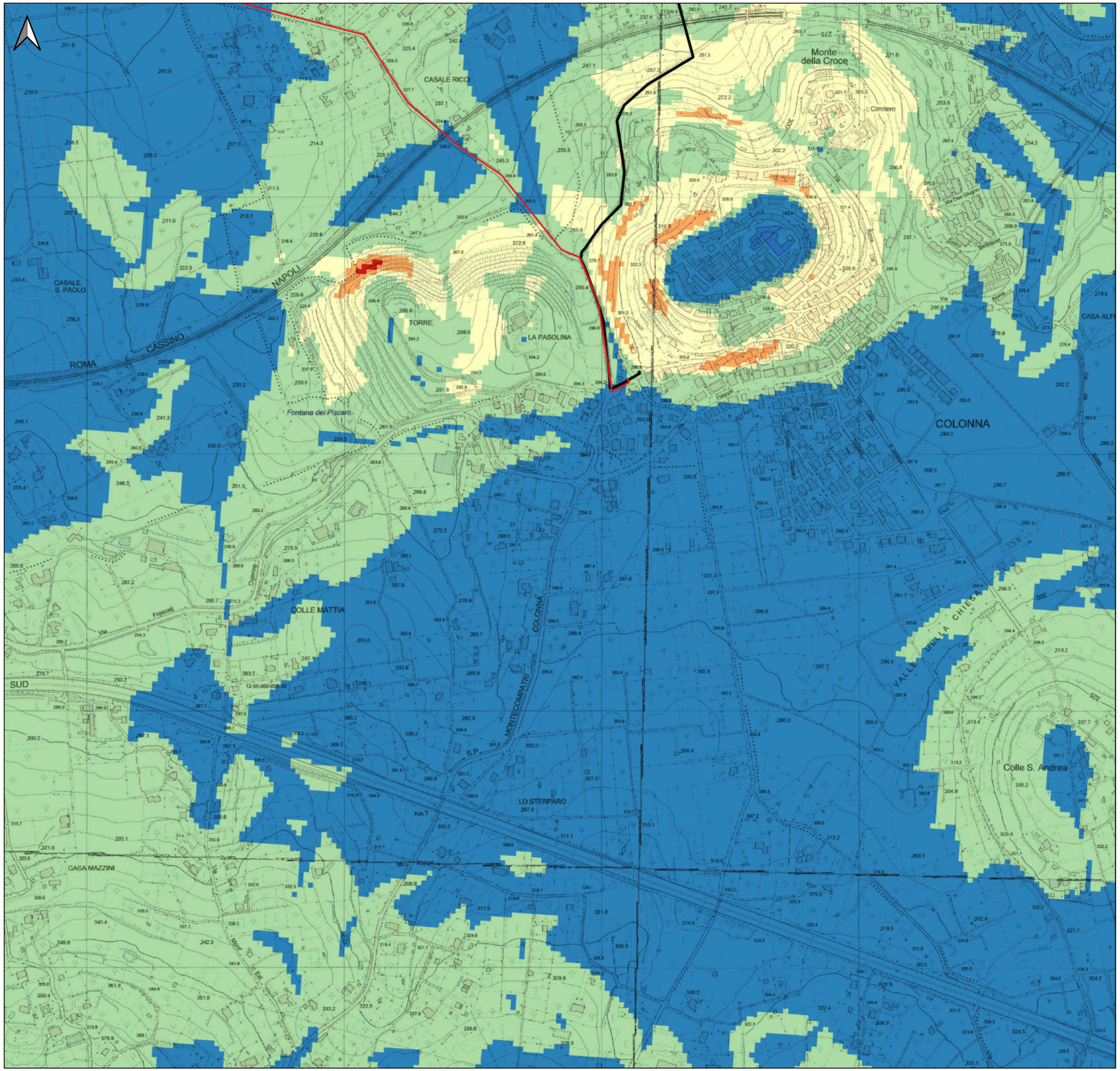
<= 5

5 - 15

15 - 30

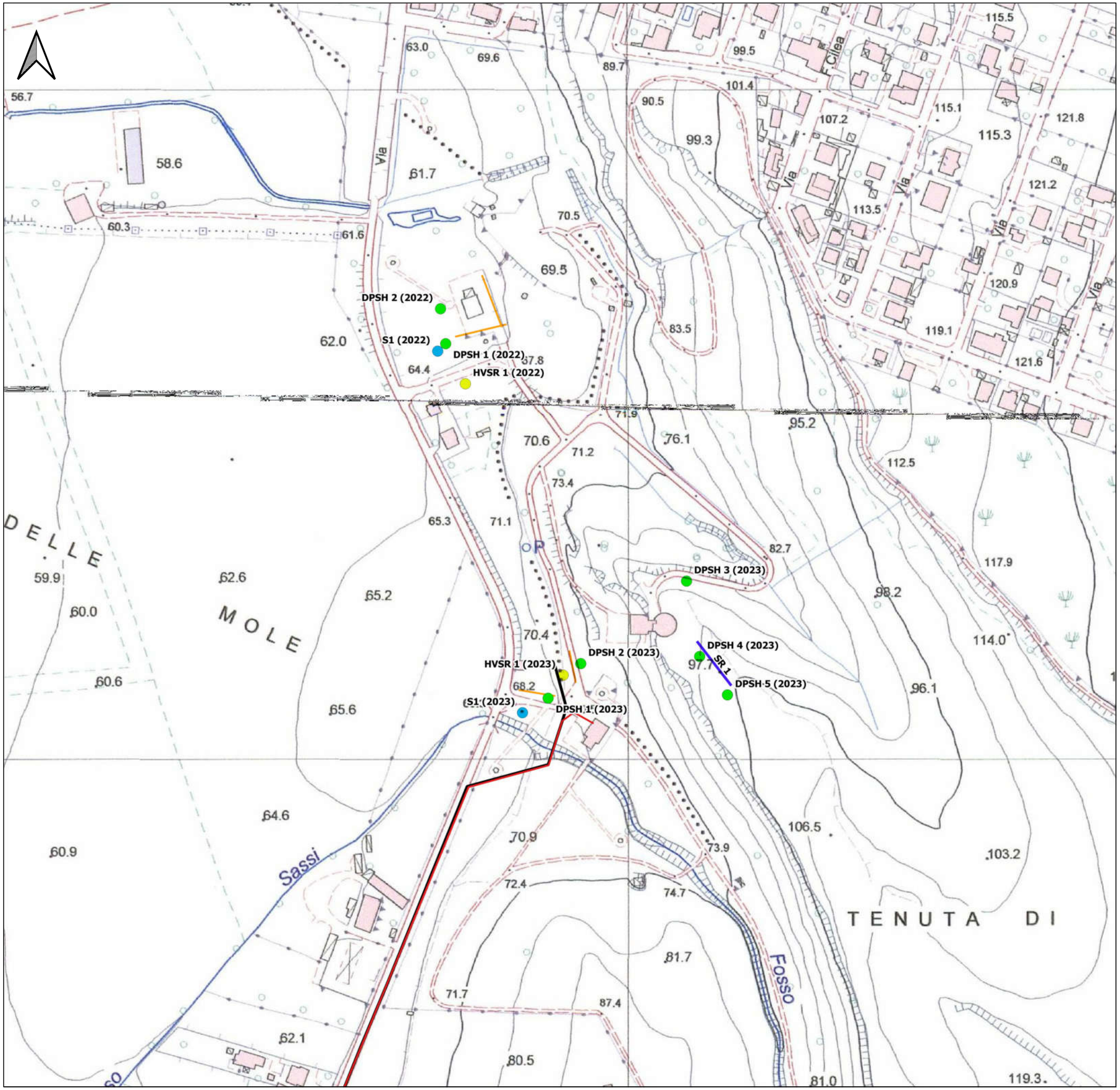
30 - 45

45 - 60



CARTA DELL'UBICAZIONE DELLE INDAGINI
Tav. 1/2
Scala 1:2000

0 50 100 150 200 250 m



LEGENDA

OPERE DI PROGETTO

- Condotta DN250
- Condotta DN600

Indagini geognostiche

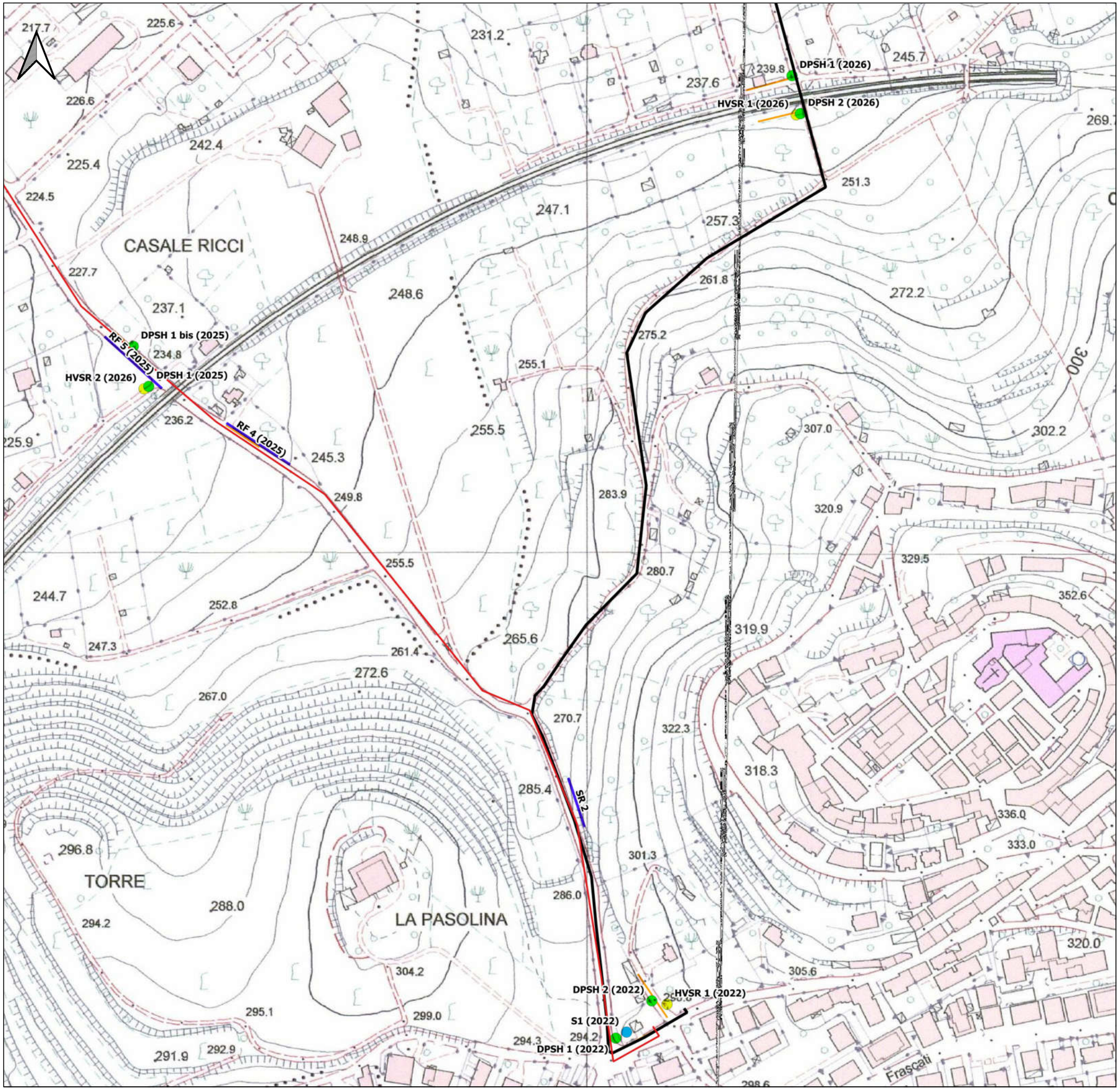
- Sondaggio geognostico
- DPSH

Indagini geofisiche

- MASW
- Sismica a rifrazione
- HVSR

CARTA DELL'UBICAZIONE DELLE INDAGINI
Tav. 2/2
Scala 1:2000

0 50 100 150 200 250 m



LEGENDA

OPERE DI PROGETTO

- Condotta DN250
- Condotta DN600

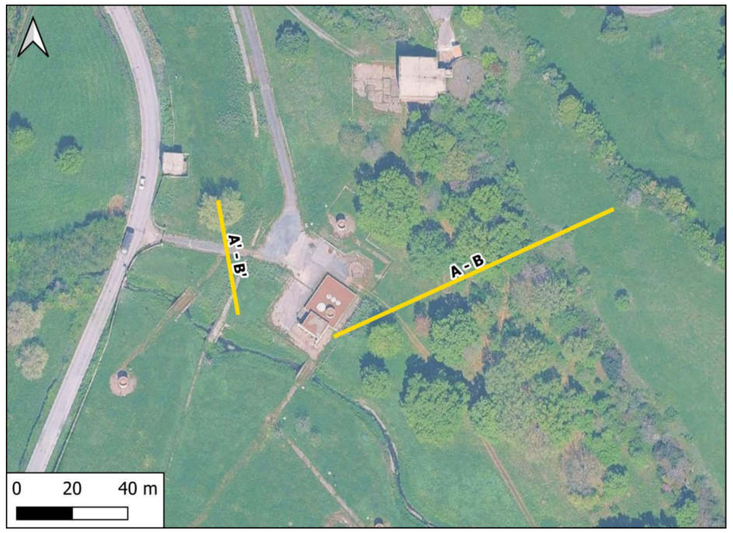
Indagini geognostiche

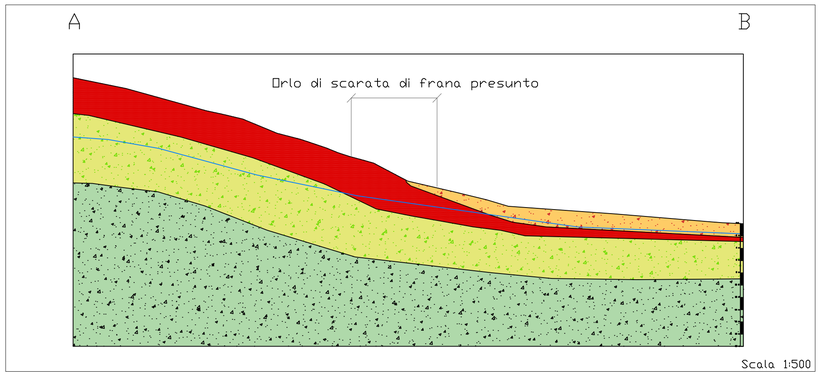
- Sondaggio geognostico
- DPSH

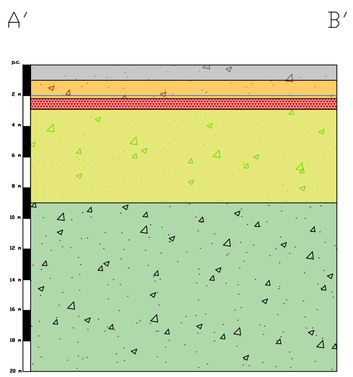
Indagini geofisiche

- MASW
- Sismica a rifrazione
- HVSR

TAVOLA DELLE SEZIONI GEOLOGICO-TECNICHE CON ELEMENTI DI GEOMORFOLOGIA

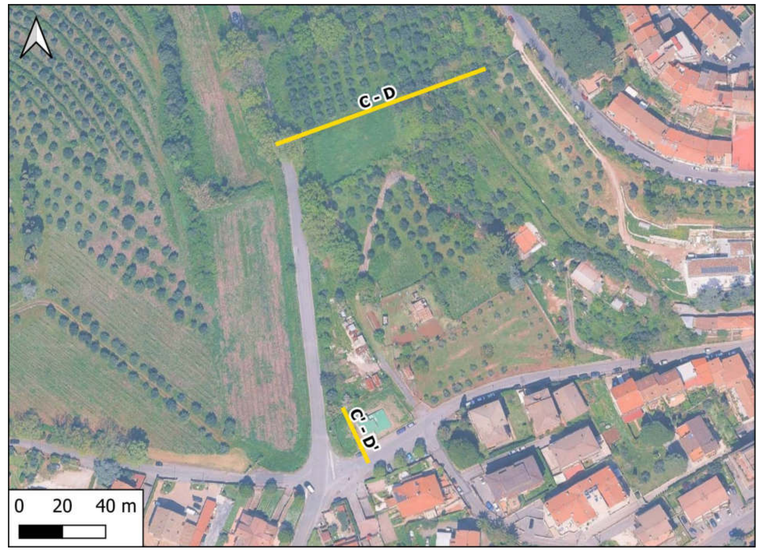


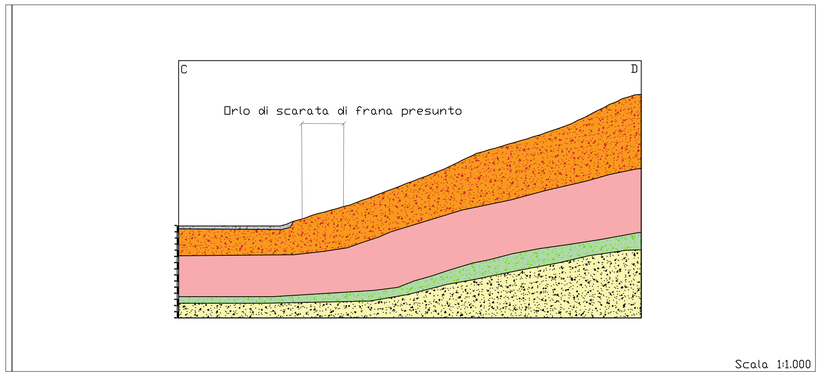


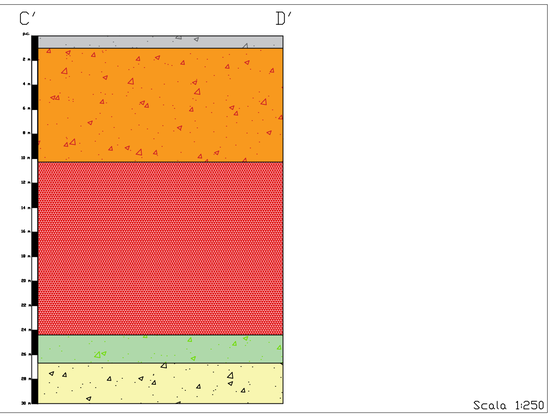


CAMPO POZZI PANTANO

	UNITA' LITOTECNICA		Prof.	γ_{nat}	c'	ϕ'	E_{ed}	σc
			m dal p.c.	kN/m³	kPa	°	MPa	MPa
	A	Terreno di riporto	0.0-1.0	15.0-16.0	0.0	25	3-4	-
	B	Piroclastite sabbioso-argillosa	1.0-2.2	16.0-18.0	5-7	25-28	3-5	-
	C	Depositi lavici litoidi	2.2 – 2.9	24.4	-	-	-	47.4
	D	Piroclastite sabbioso-limosa con intercalazioni di livelli di colate laviche	2.9-9.0	20.0-21.0	4-7	31,5-32	3.5-5.3	-
	E	Piroclastite sabbioso-argillosa con intercalazioni di livelli mediamente cementati	Da 9.0 ad almeno 20.0	16	7-8	27-33	3-5	-



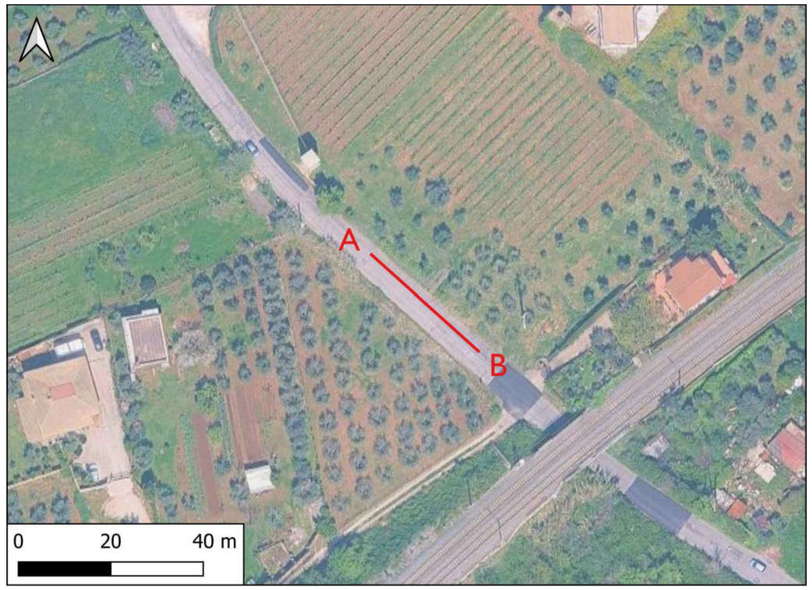


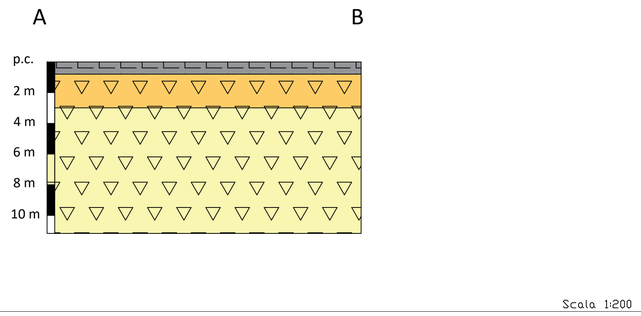


CENTRO IDRICO SANTA CHIARA

	UNITÀ LITOTECNICA		Prof.	γ_{nat}	c'	ϕ'	E_{ed}	σc
			m dal p.c.	kN/m³	kPa	°	MPa	MPa
	A	Terreno di riporto	0.0-1.0	15.0-16.0	0-3	25	3-4	-
	B	Alternanza di depositi piroclastici limoso sabbiosi e limoso argillosi	1.0-10.3	16.0-18.0	5-10	28-30	4-5	-
	C	Depositi lavici litoidi	10.3-24.4	28.3	-	-	-	163
	D	Depositi piroclastici limoso-sabbiosi con presenza di livelli tufacei semilitoidi	24.4-26.7	20.0-21.0	4-7	31,5-32	3.5-5.3	-
	E	Piroclastite limosa debolmente argillosa	Da 26.7 ad almeno 30.0	16.0-18.0	5-7	25-28	3-5	-

TAVOLA DELLE SEZIONI GEOLOGICO-TECNICHE CON ELEMENTI DI GEOMORFOLOGIA





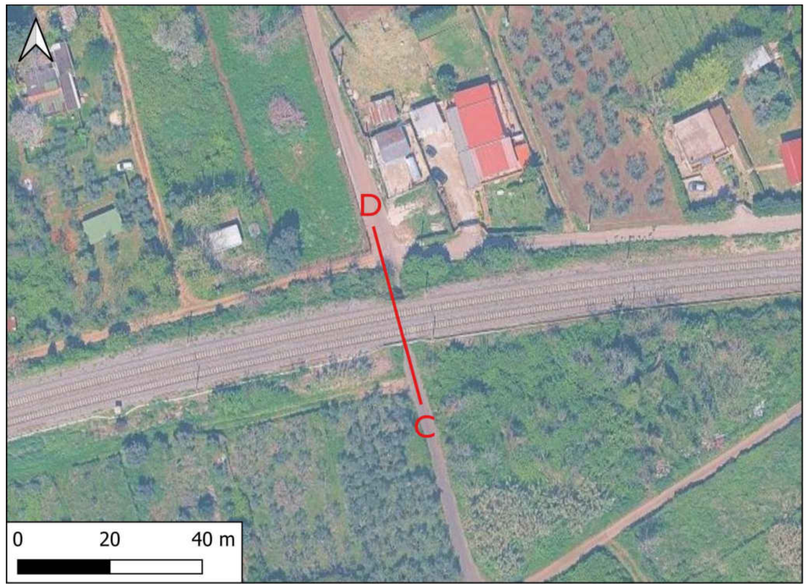
PARAMETRI GEOTECNICI VIA MARMORELLE						
	Profondità dal p.c.	γn (kN/m^3)	c' (kPa)	cu (kPa)	φ'(°)	Eed (MPa)
Unità litotecnica A	0,0 - 0,8	18,5	0 - 5*	48	25	7
Unità litotecnica B	0,8 - 3,0	22,4	5 - 10*	230	35	19
Unità litotecnica C	3,0 - 11,2	20,5	0 - 5*	120	30	11

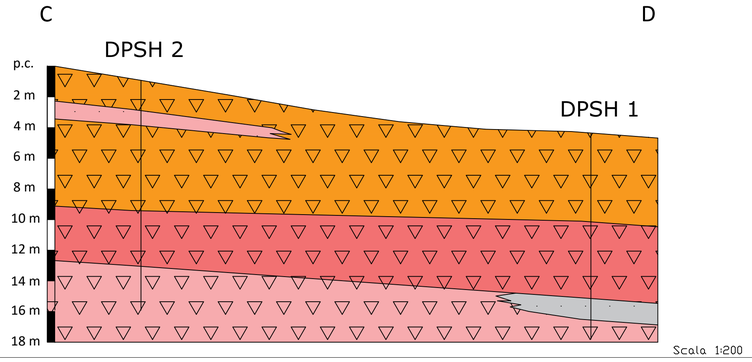
*parametri desunti da bibliografia

A Terreno di riporto

B Depositi piroclastici addensati

C Depositi piroclastici mediamente addensati





PARAMETRI GEOTECNICI VIA DEL GIUNCO						
	Profondità dal p.c.	γn (kN/m^3)	c' (kPa)	cu (kPa)	φ'(°)	Eed (MPa)
Unità litotecnica A	0,0 - 8,6	18,0	0 - 5*	42	25	8
Unità litotecnica B	2,0 - 3,0	14,9	0 - 5*	9	20	2
Unità litotecnica C	8,6 - 12,2 / 5,8 - 10,8	20,6	5 - 10*	131	32	19
Unità litotecnica D	10,8 - 12,2	19,8	0 - 5*	79	28	12
Unità litotecnica E	12,2 - 13,4 / 12,2 - 15,0	23,0	5 - 10*	240	38	36

*parametri desunti da bibliografia

A Terreno vegetale commisto a depositi piroclastici

B Depositi piroclastici cineritici poco addensati

C Depositi piroclastici mediamente addensati

D Depositi piroclastici

E Depositi piroclastici molto addensati

REPORT ANALISI DI STABILITÀ ANTE/POST-OPERAM – CONDIZIONI STATICHE
VIA DELLE MARMORELLE – COLONNA (RM)

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Zona	Colonna
Lat./Long.	41.833718/12.74782 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	5.0
Numero dei conci	30.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.0
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Analisi	Condizione drenata

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	671.04 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	299.5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	725.84 m
Ordinata vertice destro superiore ys	334.71 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

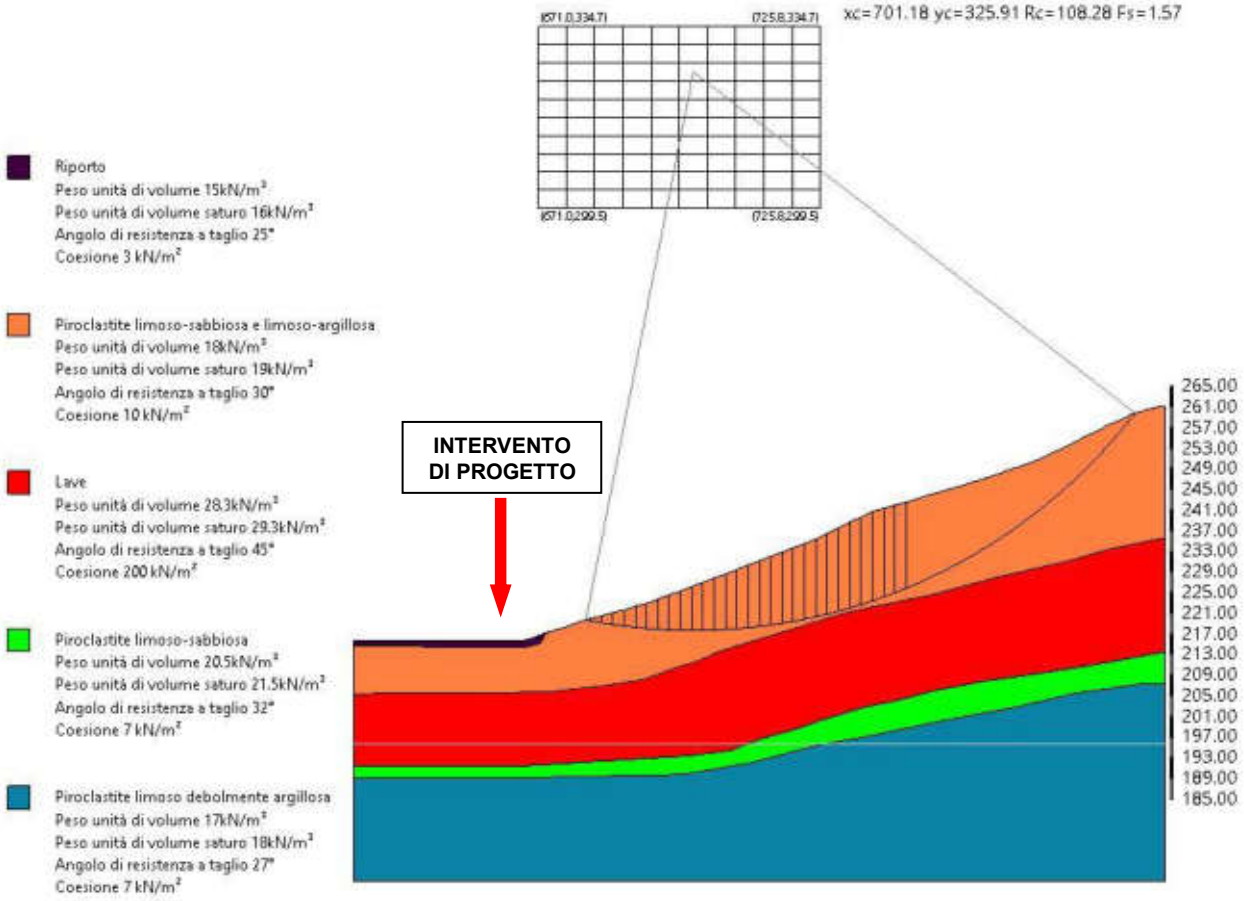
S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.559	2.45	0.258
S.L.D.	50.0	0.735	2.394	0.269
S.L.V.	475.0	1.657	2.561	0.28
S.L.C.	975.0	2.099	2.507	0.287

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.8385	0.2	0.0171	0.0086

S.L.D.	1.1025	0.2	0.0225	0.0112
S.L.V.	2.3867	0.24	0.0584	0.0292
S.L.C.	2.8925	0.28	0.0826	0.0413



Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	635.21	215.61
2	637.4	215.61
3	639.58	215.61
4	641.77	215.61
5	643.96	215.61
6	646.15	215.61
7	648.34	215.61
8	650.53	215.61
9	652.72	215.61
10	654.9	215.61
11	657.09	215.61
12	659.28	215.61
13	661.47	215.61
14	663.66	215.61
15	665.85	215.61
16	668.04	215.61
17	670.22	216.21

18	672.41	217.11
19	674.6	217.74
20	676.79	218.37
21	678.98	219.28
22	681.17	219.91
23	683.36	220.41
24	685.55	221.08
25	687.73	221.59
26	689.92	222.34
27	692.11	222.83
28	694.3	223.68
29	696.49	224.53
30	698.68	225.23
31	700.87	226.12
32	703.05	226.91
33	705.24	227.8
34	707.43	228.54
35	709.62	229.43
36	711.81	230.34
37	714.0	231.1
38	716.19	232.0
39	718.37	232.76
40	720.56	233.66
41	722.75	234.44
42	724.94	235.34
43	727.13	236.45
44	729.32	237.46
45	731.51	238.64
46	733.69	239.55
47	735.88	240.67
48	738.07	241.22
49	740.26	241.91
50	742.45	242.47
51	744.64	243.16
52	746.83	243.86
53	749.01	244.43
54	751.2	245.13
55	753.39	245.7
56	755.58	246.46
57	757.77	247.06
58	759.96	247.83
59	762.15	248.62
60	764.34	249.33
61	766.52	250.13
62	768.71	250.92
63	770.9	252.09
64	773.09	253.01
65	775.28	254.18
66	777.47	255.36
67	779.66	256.33
68	781.84	257.59
69	784.03	258.4
70	786.22	259.57

71	788.41	260.17
72	790.6	260.86
73	792.79	261.05

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	635.21	214.6
2	668.42	214.36
3	671.61	215.16
4	672.64	217.18
5	674.6	217.74
6	676.79	218.37
7	678.98	219.28
8	681.17	219.91
9	683.36	220.41
10	685.55	221.08
11	687.73	221.59
12	689.92	222.34
13	692.11	222.83
14	694.3	223.68
15	696.49	224.53
16	698.68	225.23
17	700.87	226.12
18	703.05	226.91
19	705.24	227.8
20	707.43	228.54
21	709.62	229.43
22	711.81	230.34
23	714.0	231.1
24	716.19	232.0
25	718.37	232.76
26	720.56	233.66
27	722.75	234.44
28	724.94	235.34
29	727.13	236.45
30	729.32	237.46
31	731.51	238.64
32	733.69	239.55
33	735.88	240.67
34	738.07	241.22
35	740.26	241.91
36	742.45	242.47
37	744.64	243.16
38	746.83	243.86
39	749.01	244.43
40	751.2	245.13
41	753.39	245.7
42	755.58	246.46
43	757.77	247.06
44	759.96	247.83
45	762.15	248.62
46	764.34	249.33
47	766.52	250.13

48	768.71	250.92
49	770.9	252.09
50	773.09	253.01
51	775.28	254.18
52	777.47	255.36
53	779.66	256.33
54	781.84	257.59
55	784.03	258.4
56	786.22	259.57
57	788.41	260.17
58	790.6	260.86
59	792.79	261.05

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	635.21	205.33
2	672.71	205.66
3	683.19	206.83
4	691.35	208.06
5	696.59	209.96
6	701.98	211.7
7	706.06	213.52
8	731.0	221.13
9	747.95	224.66
10	759.7	227.83
11	773.49	231.0
12	782.06	233.42
13	791.01	235.28
14	792.79	235.45

Vertici strato 3

N	X (m)	y (m)
1	635.21	191.21
2	665.68	191.21
3	700.4	193.34
4	708.59	194.39
5	714.32	196.61
6	720.51	198.36
7	726.36	200.35
8	734.54	202.8
9	740.39	203.97
10	748.45	206.07
11	757.81	207.82
12	767.98	209.23
13	778.26	210.86
14	791.83	213.32
15	792.79	213.43

Vertici strato 4

N	X (m)	y (m)
1	635.21	188.91
2	663.11	188.91
3	699.0	189.7

4	712.1	191.92
5	719.7	193.9
6	725.54	195.42
7	733.61	196.82
8	751.26	200.45
9	763.89	202.78
10	774.76	205.35
11	787.74	207.22
12	792.79	207.39

Coefficienti parziali azioni

==========

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.3
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	0.0

==========

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

==========

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

==========

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m²)	Coesione non drenata (kN/m²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m³)	Peso unità di volume saturo (kN/m³)	Litologia	
1	3		25	15	16	Riporto	
2	10		30	18	19	Piroclastite limoso-sabbiosa e limoso-argillosa	
3	200		45	28.3	29.3	Lave	
4	7		32	20.5	21.5	Piroclastite limoso-sabbiosa	
5	7		27	17	18	Piroclastite limoso debolmente argillosa	

Risultati analisi pendio

==========

Fs minimo individuato	**1.57**
Ascissa centro superficie	701.18 m
Ordinata centro superficie	325.91 m
Raggio superficie	108.28 m

==========

xc = 701.182 yc = 325.91 Rc = 108.276 Fs=1.569

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0.85	-10.9	0.9	3.17	0.0	0.0	10.0	30.0	0.0	4.5	6.5
2	2.19	-10.1	2.2	33.95	0.0	0.0	10.0	30.0	0.0	39.1	26.0
3	2.19	-8.9	2.2	71.33	0.0	0.0	10.0	30.0	0.0	78.3	39.0
4	2.19	-7.7	2.2	107.05	0.0	0.0	10.0	30.0	0.0	115.0	51.3
5	2.19	-6.5	2.2	142.72	0.0	0.0	10.0	30.0	0.0	150.9	63.3
6	2.19	-5.4	2.2	176.19	0.0	0.0	10.0	30.0	0.0	184.0	74.3
7	2.19	-4.2	2.2	209.8	0.0	0.0	10.0	30.0	0.0	216.7	85.2
8	2.19	-3.1	2.2	248.72	0.0	0.0	10.0	30.0	0.0	254.3	97.8
9	2.19	-1.9	2.2	283.07	0.0	0.0	10.0	30.0	0.0	286.8	108.6
10	2.19	-0.7	2.2	316.38	0.0	0.0	10.0	30.0	0.0	318.0	119.0
11	2.19	0.4	2.2	349.76	0.0	0.0	10.0	30.0	0.0	348.8	129.4
12	2.19	1.6	2.2	381.39	0.0	0.0	10.0	30.0	0.0	377.7	139.0
13	2.19	2.7	2.2	410.14	0.0	0.0	10.0	30.0	0.0	403.6	147.7
14	2.19	3.9	2.2	437.22	0.0	0.0	10.0	30.0	0.0	427.6	155.8
15	2.19	5.1	2.2	466.04	0.0	0.0	10.0	30.0	0.0	453.3	164.4
16	2.19	6.2	2.2	490.54	0.0	0.0	10.0	30.0	0.0	474.8	171.6
17	2.19	7.4	2.2	512.84	0.0	0.0	10.0	30.0	0.0	494.1	178.1
18	2.19	8.6	2.2	533.48	0.0	0.0	10.0	30.0	0.0	511.8	184.0
19	2.19	9.7	2.2	552.4	0.0	0.0	10.0	30.0	0.0	528.0	189.5
20	2.19	10.9	2.2	569.69	0.0	0.0	10.0	30.0	0.0	542.7	194.5
21	2.19	12.1	2.2	585.17	0.0	0.0	10.0	30.0	0.0	555.8	198.9
22	2.19	13.3	2.2	605.41	0.0	0.0	10.0	30.0	0.0	573.7	204.9
23	2.19	14.5	2.3	626.02	0.0	0.0	10.0	30.0	0.0	592.0	211.1
24	2.19	15.7	2.3	645.96	0.0	0.0	10.0	30.0	0.0	610.0	217.2
25	2.19	16.9	2.3	661.83	0.0	0.0	10.0	30.0	0.0	624.2	222.1
26	2.19	18.1	2.3	674.76	0.0	0.0	10.0	30.0	0.0	636.0	226.1
27	2.19	19.3	2.3	678.52	0.0	0.0	10.0	30.0	0.0	639.3	227.3
28	2.19	20.5	2.3	671.71	0.0	0.0	10.0	30.0	0.0	632.9	225.3
29	2.19	21.8	2.4	662.9	0.0	0.0	10.0	30.0	0.0	624.9	222.7
30	44.44	37.4	55.9	8997.89	0.0	0.0	10.0	30.0	0.0	8820.9	3274.8

REPORT ANALISI DI STABILITÀ ANTE/POST-OPERAM – CONDIZIONI STATICHE
CAMPO POZZI PANTANO – MONTECOMPATRI (RM)

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	4.0
Numero dei conci	30.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	582.45 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	168.95 m
Ascissa vertice destro superiore xs	610.06 m
Ordinata vertice destro superiore ys	192.06 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	
Classe d'uso:	
Vita nominale:	0.0 [anni]
Vita di riferimento:	0.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:
Categoria topografica:

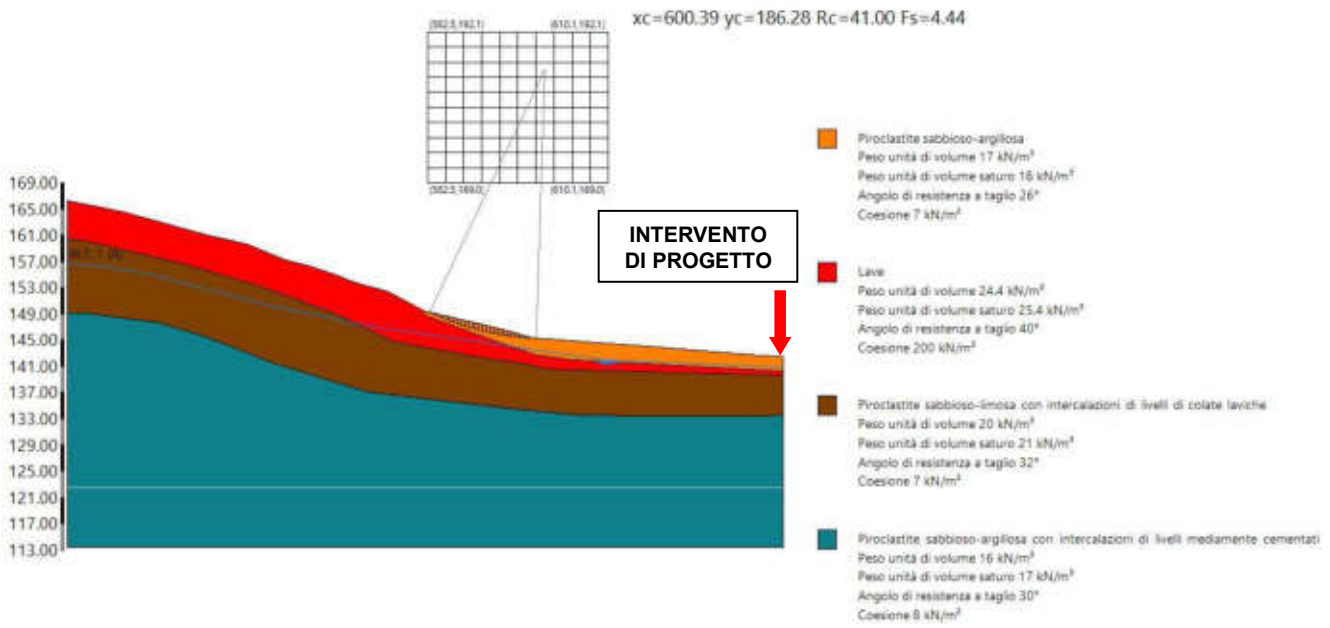
S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.D.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.V.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.C.	0.0	0.0	0.0	0.0

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.D.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.V.	0.0	0.0	0.0	0.0

S.L.C.	0.0	0.0	0.0	0.0



Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	527.37	166.31
2	536.0	164.55
3	549.14	160.91
4	551.53	160.41
5	555.03	159.58
6	558.92	157.97
7	560.64	157.25
8	564.57	156.24
9	568.68	154.85
10	570.6	154.07
11	572.49	153.46
12	574.3	152.98
13	576.41	152.4
14	582.0	149.44
15	589.73	147.65
16	594.84	146.39
17	598.39	145.35
18	616.08	144.06
19	631.41	142.8
20	633.36	142.66
21	636.77	142.49

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	636.77	140.84
2	609.8	141.95
3	573.87	147.04

4	557.39	150.45
5	541.38	154.78
6	533.05	156.23
7	527.37	156.64

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	527.37	166.31
2	536.0	164.55
3	549.14	160.91
4	551.53	160.41
5	555.03	159.58
6	558.92	157.97
7	560.64	157.25
8	564.57	156.24
9	568.68	154.85
10	570.6	154.07
11	572.49	153.46
12	574.3	152.98
13	576.41	152.4
14	581.7	149.6
15	581.75	149.28
16	582.47	148.66
17	595.32	143.95
18	599.12	142.73
19	604.57	141.98
20	636.77	140.27

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	527.37	160.45
2	529.96	160.15
3	544.92	156.64
4	556.74	153.23
5	568.37	148.98
6	576.87	144.91
7	582.72	143.74
8	587.69	142.86
9	592.66	141.98
10	597.2	141.4
11	601.15	140.52
12	636.77	139.59

Vertici strato 3

N	X (m)	y (m)
1	527.37	149.15
2	530.51	149.08
3	535.13	148.43
4	541.22	147.69
5	548.88	145.39
6	559.04	141.42
7	573.39	137.07
8	595.73	134.48

9	605.52	133.56
10	619.37	133.37
11	636.77	133.49

Coefficienti parziali azioni

==========

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.3
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	0.0

==========

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

==========

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

==========

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m²)	Coesione non drenata (kN/m²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m³)	Peso unità di volume saturo (kN/m³)	Litologia	
1	7		26	17	18	Piroclastite sabbioso-argillosa	
2	100		40	24.4	25.4	Lave	
3	7		32	20	21	Piroclastite sabbioso-limosa con intercalazioni di livelli di colate laviche	
4	8		30	16	17	Piroclastite sabbioso-argillosa con intercalazioni di livelli mediamente cementati	

Risultati analisi pendio

==========

Fs minimo individuato	**4.44**
Ascissa centro superficie	600.39 m
Ordinata centro superficie	186.28 m
Raggio superficie	41.0 m

==========

xc = 600.394 yc = 186.283 Rc = 41.004 Fs=4.443

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0.54	25.0	0.6	0.6	0.0	0.0	7.0	26.0	0.0	0.3	0.9
2	0.54	24.2	0.6	1.73	0.0	0.0	7.0	26.0	0.0	1.5	1.0
3	0.54	23.4	0.6	2.78	0.0	0.0	7.0	26.0	0.0	2.5	1.1
4	0.54	22.6	0.6	3.74	0.0	0.0	7.0	26.0	0.0	3.5	1.2
5	0.54	21.7	0.6	4.61	0.0	0.0	7.0	26.0	0.0	4.5	1.3
6	0.54	20.9	0.6	5.4	0.0	0.0	7.0	26.0	0.0	5.3	1.4
7	0.54	20.1	0.6	6.11	0.0	0.0	7.0	26.0	0.0	6.0	1.4
8	0.54	19.3	0.6	6.74	0.0	0.0	7.0	26.0	0.0	6.6	1.5
9	0.54	18.5	0.6	7.29	0.0	0.0	7.0	26.0	0.0	7.2	1.5
10	0.54	17.7	0.6	7.77	0.0	0.0	7.0	26.0	0.0	7.7	1.6
11	0.54	16.9	0.6	8.17	0.0	0.0	7.0	26.0	0.0	8.0	1.6
12	0.54	16.1	0.6	8.49	0.0	0.0	7.0	26.0	0.0	8.4	1.6
13	0.45	15.4	0.5	7.25	0.0	0.0	7.0	26.0	0.0	7.1	1.4
14	0.63	14.6	0.7	10.36	0.0	0.0	7.0	26.0	0.0	10.2	2.0
15	0.54	13.8	0.6	8.91	0.0	0.0	7.0	26.0	0.0	8.8	1.7
16	0.54	13.0	0.6	8.88	0.0	0.0	7.0	26.0	0.0	8.7	1.7
17	0.54	12.2	0.6	8.77	0.0	0.0	7.0	26.0	0.0	8.6	1.7
18	0.54	11.4	0.6	8.59	0.0	0.0	7.0	26.0	0.0	8.4	1.6
19	0.54	10.7	0.6	8.34	0.0	0.0	7.0	26.0	0.0	8.2	1.6
20	0.54	9.9	0.6	8.03	0.0	0.0	7.0	26.0	0.0	7.9	1.6
21	0.54	9.1	0.5	7.64	0.0	0.0	7.0	26.0	0.0	7.5	1.5
22	0.68	8.3	0.7	8.98	0.0	0.0	7.0	26.0	0.0	8.8	1.9
23	0.4	7.5	0.4	4.8	0.0	0.0	7.0	26.0	0.0	4.7	1.0
24	0.54	6.8	0.5	5.76	0.0	0.0	7.0	26.0	0.0	5.6	1.3
25	0.54	6.1	0.5	4.86	0.0	0.0	7.0	26.0	0.0	4.8	1.3
26	0.54	5.3	0.5	3.89	0.0	0.0	7.0	26.0	0.0	3.8	1.2
27	0.54	4.6	0.5	2.85	0.0	0.0	7.0	26.0	0.0	2.8	1.1
28	0.54	3.8	0.5	1.74	0.0	0.0	7.0	26.0	0.0	1.7	0.9
29	0.44	3.1	0.4	0.55	0.0	0.0	7.0	26.0	0.0	0.5	0.7
30	0.65	2.3	0.6	0.14	0.0	0.0	7.0	26.0	0.0	0.1	0.1

REPORT ANALISI DI STABILITÀ ANTE/POST-OPERAM – CONDIZIONI DINAMICHE
VIA DELLE MARMORELLE – COLONNA (RM)

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Zona	Colonna
Lat./Long.	41.833718/12.74782 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	5.0
Numero dei conci	30.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.0
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Analisi	Condizione drenata

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	671.04 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	299.5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	725.84 m
Ordinata vertice destro superiore ys	334.71 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.559	2.45	0.258
S.L.D.	50.0	0.735	2.394	0.269
S.L.V.	475.0	1.657	2.561	0.28
S.L.C.	975.0	2.099	2.507	0.287

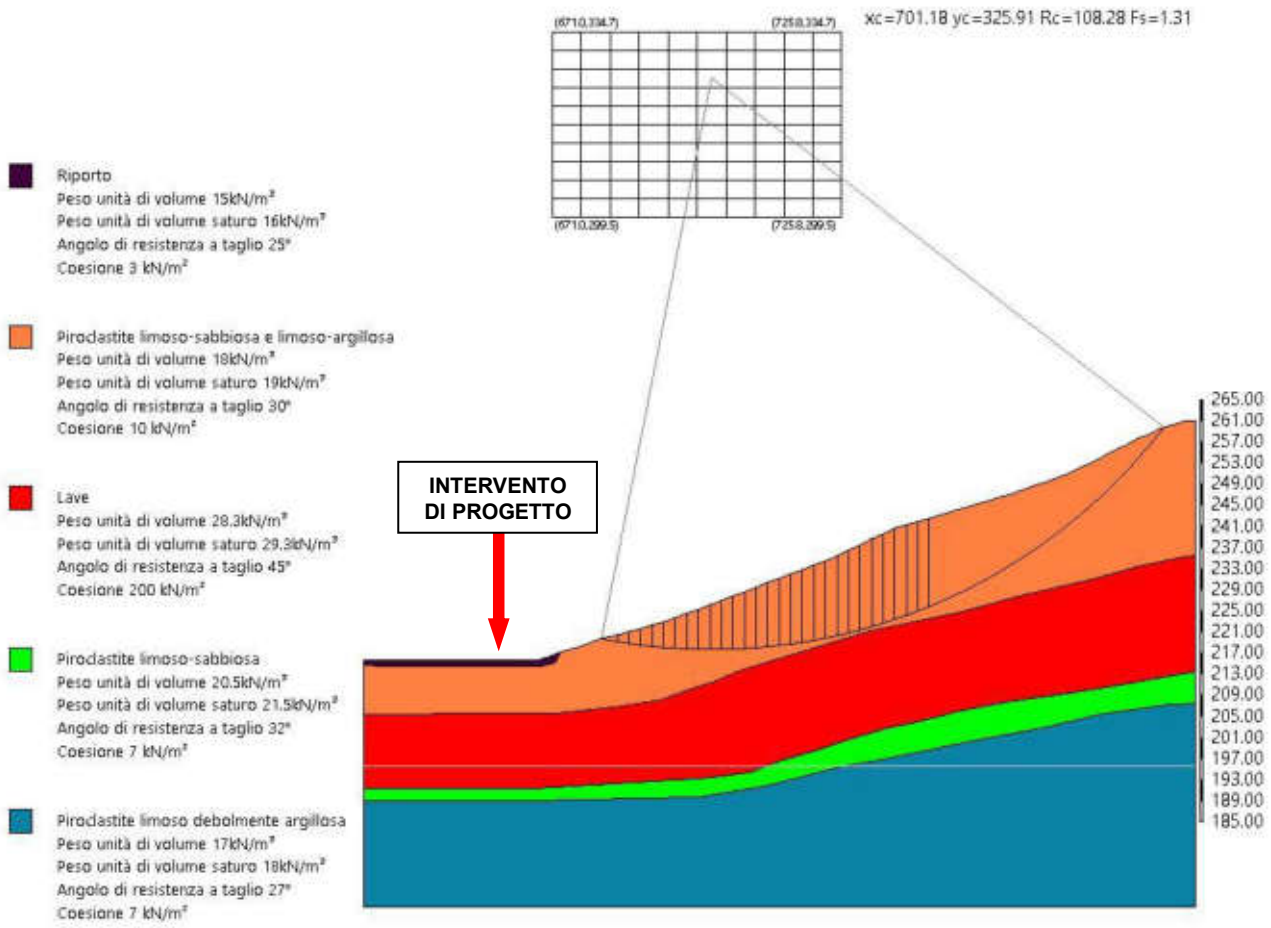
Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.8385	0.2	0.0171	0.0086

S.L.D.	1.1025	0.2	0.0225	0.0112
S.L.V.	2.3867	0.24	0.0584	0.0292
S.L.C.	2.8925	0.28	0.0826	0.0413

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.058
Coefficiente azione sismica verticale 0.029



Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	635.21	215.61
2	637.4	215.61
3	639.58	215.61
4	641.77	215.61
5	643.96	215.61
6	646.15	215.61
7	648.34	215.61
8	650.53	215.61
9	652.72	215.61
10	654.9	215.61
11	657.09	215.61
12	659.28	215.61
13	661.47	215.61
14	663.66	215.61

15	665.85	215.61
16	668.04	215.61
17	670.22	216.21
18	672.41	217.11
19	674.6	217.74
20	676.79	218.37
21	678.98	219.28
22	681.17	219.91
23	683.36	220.41
24	685.55	221.08
25	687.73	221.59
26	689.92	222.34
27	692.11	222.83
28	694.3	223.68
29	696.49	224.53
30	698.68	225.23
31	700.87	226.12
32	703.05	226.91
33	705.24	227.8
34	707.43	228.54
35	709.62	229.43
36	711.81	230.34
37	714.0	231.1
38	716.19	232.0
39	718.37	232.76
40	720.56	233.66
41	722.75	234.44
42	724.94	235.34
43	727.13	236.45
44	729.32	237.46
45	731.51	238.64
46	733.69	239.55
47	735.88	240.67
48	738.07	241.22
49	740.26	241.91
50	742.45	242.47
51	744.64	243.16
52	746.83	243.86
53	749.01	244.43
54	751.2	245.13
55	753.39	245.7
56	755.58	246.46
57	757.77	247.06
58	759.96	247.83
59	762.15	248.62
60	764.34	249.33
61	766.52	250.13
62	768.71	250.92
63	770.9	252.09
64	773.09	253.01
65	775.28	254.18
66	777.47	255.36
67	779.66	256.33

68	781.84	257.59
69	784.03	258.4
70	786.22	259.57
71	788.41	260.17
72	790.6	260.86
73	792.79	261.05

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	635.21	214.6
2	668.42	214.36
3	671.61	215.16
4	672.64	217.18
5	674.6	217.74
6	676.79	218.37
7	678.98	219.28
8	681.17	219.91
9	683.36	220.41
10	685.55	221.08
11	687.73	221.59
12	689.92	222.34
13	692.11	222.83
14	694.3	223.68
15	696.49	224.53
16	698.68	225.23
17	700.87	226.12
18	703.05	226.91
19	705.24	227.8
20	707.43	228.54
21	709.62	229.43
22	711.81	230.34
23	714.0	231.1
24	716.19	232.0
25	718.37	232.76
26	720.56	233.66
27	722.75	234.44
28	724.94	235.34
29	727.13	236.45
30	729.32	237.46
31	731.51	238.64
32	733.69	239.55
33	735.88	240.67
34	738.07	241.22
35	740.26	241.91
36	742.45	242.47
37	744.64	243.16
38	746.83	243.86
39	749.01	244.43
40	751.2	245.13
41	753.39	245.7
42	755.58	246.46
43	757.77	247.06
44	759.96	247.83

45	762.15	248.62
46	764.34	249.33
47	766.52	250.13
48	768.71	250.92
49	770.9	252.09
50	773.09	253.01
51	775.28	254.18
52	777.47	255.36
53	779.66	256.33
54	781.84	257.59
55	784.03	258.4
56	786.22	259.57
57	788.41	260.17
58	790.6	260.86
59	792.79	261.05

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	635.21	205.33
2	672.71	205.66
3	683.19	206.83
4	691.35	208.06
5	696.59	209.96
6	701.98	211.7
7	706.06	213.52
8	731.0	221.13
9	747.95	224.66
10	759.7	227.83
11	773.49	231.0
12	782.06	233.42
13	791.01	235.28
14	792.79	235.45

Vertici strato 3

N	X (m)	y (m)
1	635.21	191.21
2	665.68	191.21
3	700.4	193.34
4	708.59	194.39
5	714.32	196.61
6	720.51	198.36
7	726.36	200.35
8	734.54	202.8
9	740.39	203.97
10	748.45	206.07
11	757.81	207.82
12	767.98	209.23
13	778.26	210.86
14	791.83	213.32
15	792.79	213.43

Vertici strato 4

N	X (m)	y (m)

1	635.21	188.91
2	663.11	188.91
3	699.0	189.7
4	712.1	191.92
5	719.7	193.9
6	725.54	195.42
7	733.61	196.82
8	751.26	200.45
9	763.89	202.78
10	774.76	205.35
11	787.74	207.22
12	792.79	207.39

Coefficienti parziali azioni

==========

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.3
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	0.0

==========

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

==========

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

==========

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m²)	Coesione non drenata (kN/m²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m³)	Peso unità di volume saturo (kN/m³)	Litologia	
1	3		25	15	16	Riporto	
2	10		30	18	19	Piroclastite limoso-sabbiosa e limoso-argillosa	
3	200		45	28.3	29.3	Lave	
4	7		32	20.5	21.5	Piroclastite limoso-sabbiosa	
5	7		27	17	18	Piroclastite limoso debolmente argillosa	

Risultati analisi pendio

==========

Fs minimo individuato	**1.31**
Ascissa centro superficie	701.18 m
Ordinata centro superficie	325.91 m

Raggio superficie 108.28 m

==========

xc = 701.182 yc = 325.91 Rc = 108.276 Fs=1.305

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0.85	-10.9	0.9	3.17	0.18	0.09	10.0	30.0	0.0	4.8	8.0
2	2.19	-10.1	2.2	33.95	1.97	0.98	10.0	30.0	0.0	40.1	31.6
3	2.19	-8.9	2.2	71.33	4.14	2.07	10.0	30.0	0.0	79.6	47.4
4	2.19	-7.7	2.2	107.05	6.21	3.1	10.0	30.0	0.0	116.5	62.2
5	2.19	-6.5	2.2	142.72	8.28	4.14	10.0	30.0	0.0	152.5	76.6
6	2.19	-5.4	2.2	176.19	10.22	5.11	10.0	30.0	0.0	185.5	89.9
7	2.19	-4.2	2.2	209.8	12.17	6.08	10.0	30.0	0.0	218.0	102.9
8	2.19	-3.1	2.2	248.72	14.43	7.21	10.0	30.0	0.0	255.4	117.9
9	2.19	-1.9	2.2	283.07	16.42	8.21	10.0	30.0	0.0	287.6	130.9
10	2.19	-0.7	2.2	316.38	18.35	9.18	10.0	30.0	0.0	318.3	143.2
11	2.19	0.4	2.2	349.76	20.29	10.14	10.0	30.0	0.0	348.7	155.4
12	2.19	1.6	2.2	381.39	22.12	11.06	10.0	30.0	0.0	377.0	166.8
13	2.19	2.7	2.2	410.14	23.79	11.89	10.0	30.0	0.0	402.2	176.9
14	2.19	3.9	2.2	437.22	25.36	12.68	10.0	30.0	0.0	425.6	186.4
15	2.19	5.1	2.2	466.04	27.03	13.52	10.0	30.0	0.0	450.5	196.4
16	2.19	6.2	2.2	490.54	28.45	14.23	10.0	30.0	0.0	471.2	204.8
17	2.19	7.4	2.2	512.84	29.74	14.87	10.0	30.0	0.0	489.6	212.2
18	2.19	8.6	2.2	533.48	30.94	15.47	10.0	30.0	0.0	506.5	219.1
19	2.19	9.7	2.2	552.4	32.04	16.02	10.0	30.0	0.0	521.8	225.3
20	2.19	10.9	2.2	569.69	33.04	16.52	10.0	30.0	0.0	535.7	230.9
21	2.19	12.1	2.2	585.17	33.94	16.97	10.0	30.0	0.0	547.9	235.9
22	2.19	13.3	2.2	605.41	35.11	17.56	10.0	30.0	0.0	564.8	242.7
23	2.19	14.5	2.3	626.02	36.31	18.15	10.0	30.0	0.0	582.1	249.8
24	2.19	15.7	2.3	645.96	37.47	18.73	10.0	30.0	0.0	598.9	256.6
25	2.19	16.9	2.3	661.83	38.39	19.19	10.0	30.0	0.0	612.1	262.0
26	2.19	18.1	2.3	674.76	39.14	19.57	10.0	30.0	0.0	622.8	266.4
27	2.19	19.3	2.3	678.52	39.35	19.68	10.0	30.0	0.0	625.2	267.5
28	2.19	20.5	2.3	671.71	38.96	19.48	10.0	30.0	0.0	618.1	264.8
29	2.19	21.8	2.4	662.9	38.45	19.22	10.0	30.0	0.0	609.4	261.4
30	44.44	37.4	55.9	8997.89	521.88	260.94	10.0	30.0	0.0	8434.6	3780

REPORT ANALISI DI STABILITÀ ANTE/POST-OPERAM – CONDIZIONI DINAMICHE
CAMPO POZZI PANTANO – MONTECOMPATRI (RM)

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	41.833718/12.74782 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	4.0
Numero dei conci	30.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	582.45 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	168.95 m
Ascissa vertice destro superiore xs	610.06 m
Ordinata vertice destro superiore ys	192.06 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.559	2.45	0.258
S.L.D.	50.0	0.735	2.394	0.269
S.L.V.	475.0	1.657	2.561	0.28
S.L.C.	975.0	2.099	2.507	0.287

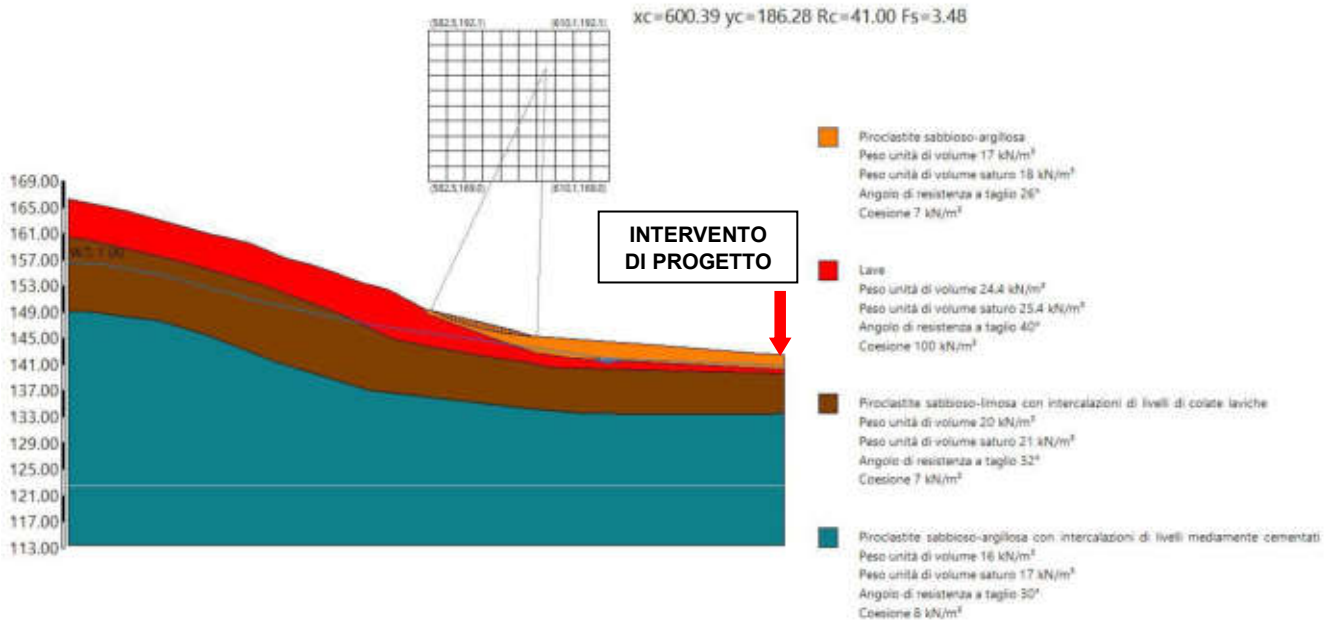
Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.8385	0.2	0.0171	0.0086

S.L.D.	1.1025	0.2	0.0225	0.0112
S.L.V.	2.3867	0.24	0.0584	0.0292
S.L.C.	2.8925	0.28	0.0826	0.0413

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0584
Coefficiente azione sismica verticale 0.0292



Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	527.37	166.31
2	536.0	164.55
3	549.14	160.91
4	551.53	160.41
5	555.03	159.58
6	558.92	157.97
7	560.64	157.25
8	564.57	156.24
9	568.68	154.85
10	570.6	154.07
11	572.49	153.46
12	574.3	152.98
13	576.41	152.4
14	582.0	149.44
15	589.73	147.65
16	594.84	146.39
17	598.39	145.35
18	616.08	144.06
19	631.41	142.8
20	633.36	142.66
21	636.77	142.49

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	636.77	140.84
2	609.8	141.95
3	573.87	147.04
4	557.39	150.45
5	541.38	154.78
6	533.05	156.23
7	527.37	156.64

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	527.37	166.31
2	536.0	164.55
3	549.14	160.91
4	551.53	160.41
5	555.03	159.58
6	558.92	157.97
7	560.64	157.25
8	564.57	156.24
9	568.68	154.85
10	570.6	154.07
11	572.49	153.46
12	574.3	152.98
13	576.41	152.4
14	581.7	149.6
15	581.75	149.28
16	582.47	148.66
17	595.32	143.95
18	599.12	142.73
19	604.57	141.98
20	636.77	140.27

Vertici strato 2

N	X (m)	y (m)
1	527.37	160.45
2	529.96	160.15
3	544.92	156.64
4	556.74	153.23
5	568.37	148.98
6	576.87	144.91
7	582.72	143.74
8	587.69	142.86
9	592.66	141.98
10	597.2	141.4
11	601.15	140.52
12	636.77	139.59

Vertici strato 3

N	X (m)	y (m)
1	527.37	149.15
2	530.51	149.08
3	535.13	148.43

4	541.22	147.69
5	548.88	145.39
6	559.04	141.42
7	573.39	137.07
8	595.73	134.48
9	605.52	133.56
10	619.37	133.37
11	636.77	133.49

Coefficienti parziali azioni

==========

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.3
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	0.0

==========

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

==========

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

==========

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m²)	Coesione non drenata (kN/m²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m³)	Peso unità di volume saturo (kN/m³)	Litologia	
1	7		26	17	18	Piroclastite sabbioso-argillosa	
2	100		40	24.4	25.4	Lave	
3	7		32	20	21	Piroclastite sabbioso-limosa con intercalazioni di livelli di colate laviche	
4	8		30	16	17	Piroclastite sabbioso-argillosa con intercalazioni di livelli mediamente cementati	

Risultati analisi pendio

==========

Fs minimo individuato	**3.48**
Ascissa centro superficie	600.39 m
Ordinata centro superficie	186.28 m

Raggio superficie 41.0 m

==========

xc = 600.394 yc = 186.283 Rc = 41.004 Fs=3.481

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0.54	25.0	0.6	0.6	0.04	0.02	7.0	26.0	0.0	0.1	1.1
2	0.54	24.2	0.6	1.73	0.1	0.05	7.0	26.0	0.0	1.3	1.3
3	0.54	23.4	0.6	2.78	0.16	0.08	7.0	26.0	0.0	2.4	1.4
4	0.54	22.6	0.6	3.74	0.22	0.11	7.0	26.0	0.0	3.4	1.5
5	0.54	21.7	0.6	4.61	0.27	0.13	7.0	26.0	0.0	4.3	1.6
6	0.54	20.9	0.6	5.4	0.32	0.16	7.0	26.0	0.0	5.1	1.7
7	0.54	20.1	0.6	6.11	0.36	0.18	7.0	26.0	0.0	5.8	1.8
8	0.54	19.3	0.6	6.74	0.39	0.2	7.0	26.0	0.0	6.5	1.9
9	0.54	18.5	0.6	7.29	0.43	0.21	7.0	26.0	0.0	7.0	1.9
10	0.54	17.7	0.6	7.77	0.45	0.23	7.0	26.0	0.0	7.5	2.0
11	0.54	16.9	0.6	8.17	0.48	0.24	7.0	26.0	0.0	7.9	2.0
12	0.54	16.1	0.6	8.49	0.5	0.25	7.0	26.0	0.0	8.2	2.1
13	0.45	15.4	0.5	7.25	0.42	0.21	7.0	26.0	0.0	7.0	1.8
14	0.63	14.6	0.7	10.36	0.6	0.3	7.0	26.0	0.0	10.1	2.5
15	0.54	13.8	0.6	8.91	0.52	0.26	7.0	26.0	0.0	8.7	2.1
16	0.54	13.0	0.6	8.88	0.52	0.26	7.0	26.0	0.0	8.6	2.1
17	0.54	12.2	0.6	8.77	0.51	0.26	7.0	26.0	0.0	8.5	2.1
18	0.54	11.4	0.6	8.59	0.5	0.25	7.0	26.0	0.0	8.3	2.1
19	0.54	10.7	0.6	8.34	0.49	0.24	7.0	26.0	0.0	8.1	2.0
20	0.54	9.9	0.6	8.03	0.47	0.23	7.0	26.0	0.0	7.8	2.0
21	0.54	9.1	0.5	7.64	0.45	0.22	7.0	26.0	0.0	7.4	2.0
22	0.68	8.3	0.7	8.98	0.52	0.26	7.0	26.0	0.0	8.7	2.4
23	0.4	7.5	0.4	4.8	0.28	0.14	7.0	26.0	0.0	4.7	1.3
24	0.54	6.8	0.5	5.76	0.34	0.17	7.0	26.0	0.0	5.6	1.7
25	0.54	6.1	0.5	4.86	0.28	0.14	7.0	26.0	0.0	4.7	1.6
26	0.54	5.3	0.5	3.89	0.23	0.11	7.0	26.0	0.0	3.8	1.5
27	0.54	4.6	0.5	2.85	0.17	0.08	7.0	26.0	0.0	2.7	1.3
28	0.54	3.8	0.5	1.74	0.1	0.05	7.0	26.0	0.0	1.7	1.2
29	0.44	3.1	0.4	0.55	0.03	0.02	7.0	26.0	0.0	0.5	0.9
30	0.65	2.3	0.6	0.14	0.01	0.0	7.0	26.0	0.0	0.1	1.2

GIA eXploring S.r.l.
LABORATORIO DI INDAGINI GEOTECNICHE IN SITO
Geol. Camillo Giamberardino
Ing. Angelo Giamberardino
Arch. Rosanna Giamberardino

COMUNE DI COLONNA
Città Metropolitana di Roma Capitale

Committente:

Acea Ato2 S.p.A.

Progetto:

"Indagini geognostiche asservite al Pozzo Pantano"

Elaborato scritto

RELAZIONE CONCLUSIVA SULLE INDAGINI

Allegato 1 - Ubicazione delle indagini
Allegato 2 - Certificato sondaggio geognostico
Allegato 3 - Certificato prove penetrometriche S.P.T.
Allegato 4 - Certificato prove penetrometriche DPSH
Allegato 5 - Rapporto di prova sismica MASW
Allegato 6 - Rapporto di prova sismica passiva HVSR
Allegato 7 - Certificati di laboratorio geotecnico

Il direttore
geol. Camillo Giamberardino

Lo sperimentatore
ing. Angelo Giamberardino

Spazio riservato al Responsabile del Procedimento

GIA eXploring s.r.l. LABORATORIO DI GEOTECNICA
Via Cerrani, 27 - Pretoro (CH)
tel. 0871 898023 Fax 0871 898214
Cod. Fiscale e P.I. 02199370699
PEC: giaexploring@pcert.postecert.it
e-mail: info@giaexploring.it

SOA III bis
cert. n. 93567/7/00

UNI EN ISO 14001:2015
cert. n. 158768

UNI EN ISO 9001:2015
cert. n. 153069

UNI EN ISO 45001:2018
cert. n. IT21/0234 02

UNI EN ISO 50001:2018
cert. n. IT21/0261 02

A.G.	R.G.	C.G.	Prima emissione	14/07/2022	0	015_2022
APPROVATO	VERIFICATO	REDATTO	DESCRIZIONE	DATA	REV.	CODICE ELABORATO

RESPONSABILITA' E CONTROLLO: DATA DI EMISSIONE:	GIAMBERARDINO arch. Rosanna LUGLIO 2022	QUOTE: /	SCALE: /	
IL DIRETTORE TECNICO:	GIAMBERARDINO Geol.Camillo Iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Abruzzo al n. 275			Timbro
TITOLO:	Rete:\ Server \ Archivio Giaexploring \ Anno 2022 \ Acea Ato2 spA ordine n.4			
CODICE DI ARCHIVIO:	015_2022			

QUESTO DOCUMENTO E' DI NOSTRA PROPRIETA' ESCLUSIVA. E' PROIBITA LA RIPRODUZIONE ANCHE PARZIALE E LA CESSIONE A TERZI SENZA LA NOSTRA PREVENTIVA AUTORIZZAZIONE.

INDICE

1. QUADRO RIASSUNTIVO DELLA CAMPAGNA DI INDAGINE 2

1.1 Riferimenti Legislativi 3

2. SONDAGGI GEOGNOSTICI 4

2.1 Modalità esecutive 4

2.2 Ricostruzione stratigrafica 6

3. PROVE IN SITO – S.P.T. IN FORO DI SONDAGGIO 7

3.1 Metodologia di prova 7

3.2 Modalità esecutive 9

3.3 Fattori che influenzano i valori di NSPT 10

4. CAMPIONAMENTO DEI TERRENI 11

4.1 Prelievo di campioni indisturbati 11

5. PROVA DPSH 13

6.1. Elaborazione dei dati della prova penetrometrica dinamica DPSH 15

6. PROVA SISMICA MASW 17

7. PROVA SISMICA PASSIVA HVSR 21

8.1. Strumentazione 23

ALLEGATI:

1. Ubicazione delle indagini;
2. Certificato dei sondaggi geognostici;
3. Certificato prove penetrometriche S.P.T.;
4. Certificato prove penetrometriche DPSH;
5. Rapporto di prova sismica MASW;
6. Rapporto di prova sismica passiva HVSR;
7. Certificati di laboratorio geotecnico.

GIAeXploring s.a.s. sede legale via Cerrani - 66010 PRETORO (CH) - Tel. 0871 898023 - fax 0871 898874

1. QUADRO RIASSUNTIVO DELLA CAMPAGNA DI INDAGINE

Su incarico di **Acea Ato2 SpA**, società del Gruppo **ACEA SpA**, in relazione *ALL'ACCORDO QUADRO PER LA FORNITURA DI SERVIZI SPECIALISTICI FINALIZZATI ALLA CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA PER LA PROGETTAZIONE DI OPERE IDROSANITARIE – CQ 3900012463*, è stata eseguita una campagna di indagini allo scopo di acquisire dati e informazioni necessarie per caratterizzare, dal punto di vista geologico, geotecnico e sismico, i terreni presenti nell'area di **Colonna (RM)** riguardanti il progetto: ***"Indagini geognostiche asservite al pozzo pantano"***. Esse sono state compiute sulla base di un quadro geologico e geomorfologico generale di riferimento, acquisito attraverso lo studio del materiale bibliografico disponibile riguardante la geologia, l'idrogeologia la geomorfologia del sito oggetto di studio, incluse le carte geologiche nazionali e regionali.

I punti d'indagine sono stati posizionati in luoghi concordati ritenuti più significativi per la comprensione dello stato dell'area, tenendo in debita considerazione le peculiari caratteristiche topografiche, strutturali e di accessibilità dei luoghi, nel rispetto delle necessarie condizioni di sicurezza durante l'esecuzione delle attività.

Le indagini eseguite sono riportate nella tabella seguente:

Tipo di Indagine	Finalità	Data esecuzione	N° di Prove	Profondità Lunghezza Durata
Sondaggio Geognostico a carotaggio continuo	Ricostruzione rapporti stratigrafici	08/06/2022	N°1	S1-30 m *(Rivestimento provvisorio 30 m)*
Prova penetrometrica dinamica in foro di tipo SPT	Caratterizzazione geotecnica del sito	08/06/2022	N°3	SPT1_S1 – 3.00 m da p.c. SPT2_S1 – 5.50 m da p.c. SPT3_S1 – 11.00 m da p.c.
Prelievo Campioni indisturbati	Determinazione parametri fisico – meccanici mediante prove di laboratorio	08/06/2022	N°2	CI1_S1- da 6.50 a 7.00 m dal p.c. CI2_S1- da 10.50 a 11.0 m dal p.c.
Prova penetrometrica dinamica di tipo DPSH	Ricostruzione rapporti stratigrafici e caratterizzazione geotecnica indiretta dei terreni	28/06/2022	N°2	DPSH1- 12.20 m dal p.c. DPSH2- 12.20 m dal p.c.
Prova sismica passiva di tipo HVSR	Caratterizzazione della frequenza caratteristica del sito (D.M. 17-01-18)	28/06/2022	N°1	HVSR1-30 min.
Prova sismica attiva superficiale di tipo MASW	Caratterizzazione del parametro VsEq per la categoria di suolo (D.M. 17-01-18)	28/06/2022	N°2	M1-48 m M2 – 48 m

Tab.1: Indagini Geognostiche, Geotecniche e Sismiche eseguite.

Le indagini sono state effettuate con lo scopo di:

GIAeXploring s.a.s. sede legale via Cerrani - 66010 PRETORO (CH) - Tel. 0871 898023 - fax 0871 898874

- osservare i terreni costituenti la successione stratigrafica del sottosuolo;
- determinare gli eventuali contatti stratigrafici;
- valutare le proprietà fisico-meccaniche delle litologie riscontrate;
- accertare le condizioni idrogeologiche del sottosuolo.

1.1 Riferimenti Legislativi

Gli interventi sono stati realizzati in ottemperanza alle normative di seguito elencate:

- D.M. 17 gennaio 2018 "*Norme Tecniche per le Costruzioni*";
- R.R. Lazio 26 ottobre 2020 n.26 e smi *per la semplificazione e l'aggiornamento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico.*
- Circolare del 21 gennaio 2019 n. 7 "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.";
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i. "*Norme in materia ambientale*" alla Parte III e Parte IV;
- D.M. LL. PP. 11 marzo 1988 "*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*", così come disposto dall'art. 1 della L. del 2 febbraio 1974 n. 64, e successive modifiche ed integrazioni;
- L. del 18 maggio 1989 n. 183, "*Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo*".

GIAeXploring s.a.s. sede legale via Cerrani - 66010 PRETORO (CH) - Tel. 0871 898023 - fax 0871 898874

2. SONDAGGI GEOGNOSTICI

2.1 Modalità esecutive

Il sondaggio geognostico è stato realizzato con una sonda PSM 8G Soilmec a testa rotante idraulica con la quale, tramite aste di perforazione montate su carotiere, si è ottenuto l'avanzamento nel terreno ed il prelievo di campioni.

Nel corso delle perforazioni si è proceduto a:

- carotaggio integrale e rappresentativo del terreno attraversato, al fine di ricostruire il profilo stratigrafico mediante l'esame dei campioni estratti denominati "carote";
- prelievo di campioni indisturbati di terreno da sottoporre ad analisi di laboratorio per la determinazione delle loro proprietà fisiche e meccaniche così come previsto nel programma operativo delle attività;
- prove in foro di tipo S.P.T. per la determinazione delle proprietà geotecniche;
- descrizione stratigrafica in chiave geologica e geotecnica;
- annotazione di osservazioni atte alla caratterizzazione geotecnica del terreno.

Tutte le attività si sono svolte secondo quanto prescritto dalle norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione emanate con Decreto del Ministero dei lavori pubblici dell'11 marzo 1988. Sono state svolte in modo tale da rendere minimo il disturbo delle litologie attraversate e di consentire al meglio il prelievo in continuo del terreno. Il carotaggio integrale è stato caratterizzato per tutta la campagna di indagine da una percentuale di recupero $\geq$ 85%. Sulla base delle caratteristiche litologiche, la tecnica di perforazione è stata adattata mediante la scelta più appropriata dell'apparecchiatura, del tubo carotiere, della corona e della velocità di avanzamento. La natura dei terreni ha consentito l'uso di corone di perforazione al widia ma la presenza di orizzonti litologici particolarmente competenti ha richiesto, per alcuni tratti, l'utilizzo del carotiere doppio T2.

In sintesi, l'attrezzatura impiegata per i sondaggi è stata la seguente:

- Macchina perforatrice PSM-8G;
- Carotiere semplice, con valvola di testa a sfera e calice con diametro nominale esterno di 101 mm e lunghezza utile (L) di 300 cm;
- Carotiere doppio T2 con diametro nominale esterno di 101 mm e lunghezza utile (L) di 300 cm;
- Corone di perforazione in widia da 101 mm e 127 mm;

GIAeXploring s.a.s. sede legale via Cerrani - 66010 PRETORO (CH) - Tel. 0871 898023 - fax 0871 898874

- Aste di perforazione con filettatura tronco-conica del diametro esterno di 76 mm;
- Tubi di rivestimento metallici dello spessore di 8 ÷ 10 mm, diametro interno di 127 mm e lunghezza di 150 mm.

Figura. 1 – Sonda PSM 8G.

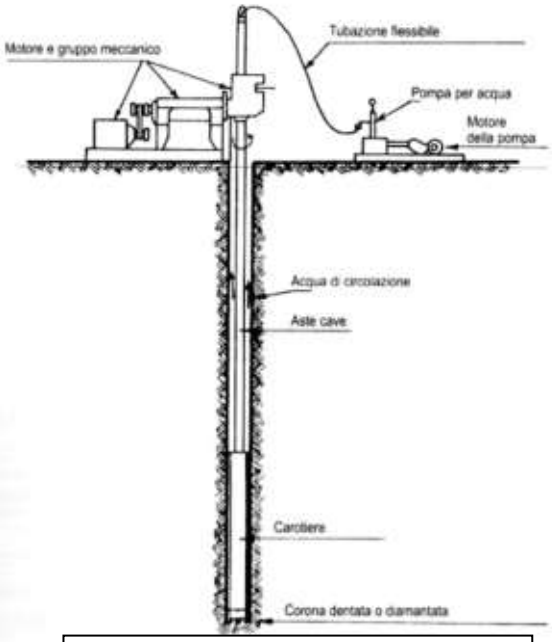


Figura. 2 – Sondaggio a carotaggio continuo

Le carote estratte nel corso delle perforazioni, tramite spinta a pressione idraulica con l'impiego di tamponi a tenuta, sono state sistemate in apposite cassette catalogatrici rettangolari in materiale plastico di colore nero, munite di scomparti divisori e coperchio apribile a cerniera.

Ogni singola cassetta di ciascun sondaggio è stata fotografata immediatamente dopo il suo completamento, tenendo in considerazione la leggibilità di tutte le indicazioni riportate su di essa e una visione chiara del materiale contenuto.

L'esecuzione dei sondaggi geognostici è stata costantemente seguita dal geologo responsabile di cantiere, il quale ha descritto e ricostruito la successione stratigrafica riscontrata, ha annotato tutti i dati inerenti l'esecuzione dei sondaggi (metodo di perforazione, di stabilizzazione, eventuale presenza di falda, percentuale di carotaggio e campionamento di terreno) e ha inoltre effettuato, per le carote a granulometria fine, un'analisi puntuale della sua resistenza attraverso l'utilizzo di un Pocket Penetrometer Test (con fondo scala ≥ 5 kg/cm²), previa opportuna scortecciatura della loro superficie.

2.2 Ricostruzione stratigrafica

I dati raccolti con il sondaggio geognostico a carotaggio continuo ha permesso di ricostruire la stratigrafia dell'area fino alla profondità di 30,0 m dal p.c..

Da un'attenta analisi dei materiali intercettati, è possibile distinguere due principali orizzonti stratigrafici.

ORIZZONTE A (per i primi 15.00 m circa): limo debolmente sabbioso con livello di 3 m di piroclastiti;

ORIZZONTE B (da 15.00 a 20.00): basalto;

ORIZZONTE C (da 20.00 a 30.00): alternanza di depositi piroclastici.

Tutte le informazioni acquisite, sono state opportunamente riportate su moduli stratigrafici in allegato – "Certificati Sondaggi geognostici".

GIAeXploring s.a.s. sede legale via Cerrani - 66010 PRETORO (CH) - Tel. 0871 898023 - fax 0871 898874

3. PROVE IN SITO – S.P.T. IN FORO DI SONDAGGIO

3.1 Metodologia di prova

La prova SPT consente di determinare la resistenza che un terreno offre alla penetrazione dinamica di un campionatore infisso a partire dal fondo di un foro di sondaggio. La resistenza è funzione delle caratteristiche e del tipo di terreno. Con la prova viene anche prelevato un campione (non indisturbato) del terreno interessato. Essa consiste nel far cadere un maglio, del peso di 63.5 kg, da un'altezza di 760 mm, su una testa di battuta fissata alla sommità di una batteria di aste alla cui estremità inferiore è avvitato il campionatore di dimensioni standard.

La prova SPT appartiene a quel gruppo di prove in sito durante le quali il terreno segue dei percorsi efficaci diversi ed i risultati possono essere correlati solo empiricamente con le specifiche proprietà del terreno (Jamiolkowski et al., 1988). Ne consegue che è necessario essere consapevoli delle limitazioni di tali correlazioni, a causa dei molti fattori che influiscono sul comportamento non lineare e plastico dei terreni naturali:

1 Composizione mineralogica,

2 Sforzi agenti in sito,

3 Storia dello stato tensionale e deformazionale,

4 Cementazione

5 Sensitività

6 Invecchiamento

7 Struttura

8 Resistenza alla frantumazione dei grani sottoposti agli elevati sforzi necessari per la penetrazione.

Come per le altre prove in sito viene considerato principalmente solo l'approccio indiretto, cioè l'interpretazione dei risultati per la stima dei parametri geotecnici, accennando solo per i cedimenti dei depositi sabbiosi alla correlazione diretta più nota.

Il numero dei colpi (N) necessario per una penetrazione del campionatore pari a 300 mm (dopo l'eventuale penetrazione quasi statica per gravità e dopo 150 mm di infissione dinamica per il posizionamento) è il dato assunto come indice della resistenza alla penetrazione (NSPT), anche se c'è da aggiungere che essendo messa a punto negli anni venti negli USA, l'infissione è misurata in piedi.

È stata evidenziata la necessità di una standardizzazione di ogni singolo aspetto della prova:

- Caratteristiche del campionatore;
- Dimensione delle aste;
- Caratteristiche del sistema di battitura;
- Tecnica di perforazione e dimensione del suolo.

Le cause maggiori di possibili errori nei risultati sono essenzialmente da ricercare in due categorie principali:

A) la variabilità dell'energia che entra nelle aste e che si trasmette al campionatore;

B) la variabilità delle tensioni efficaci e del disturbo del terreno nel punto di prova al fondo del foro.

Vari autori raccomandano quindi:

- l'uso di un sistema di sganciamento automatico del maglio;
- perforazione con sonda a rotazione in presenza continua di fango bentonitico.

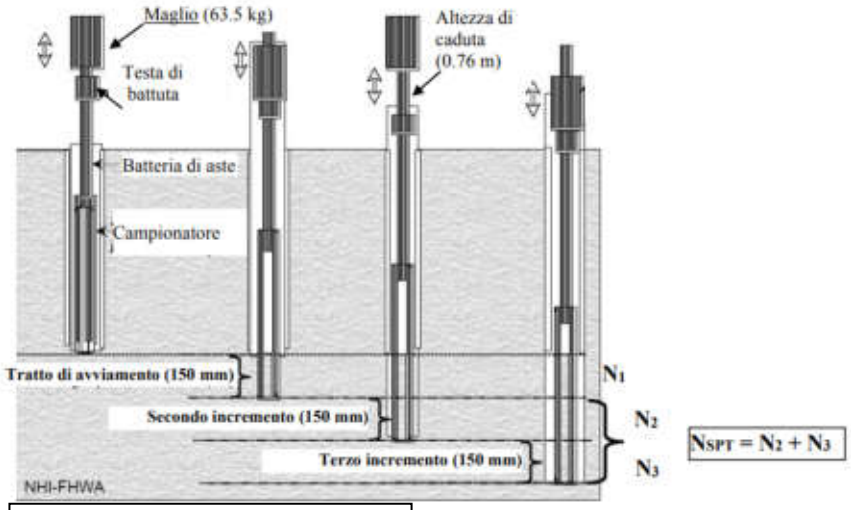
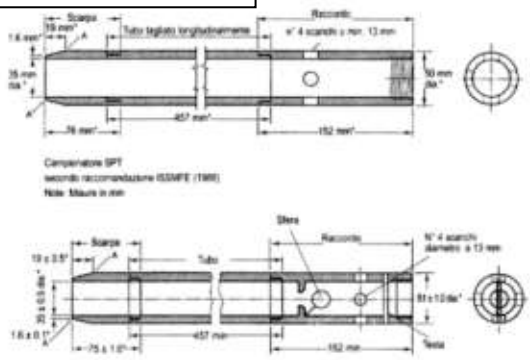


Figura. 3 - Schema della prova SPT



Nella pratica italiana la perforazione in preparazione alla prova SPT viene eseguita:

- con il carotiere a secco, cui segue la messa a quota del rivestimento (con il carotiere nel foro oppure estratto); per l'infissione del rivestimento si impiega la circolazione diretta di fluido (solitamente fango);

• con il carotiere wire-line e circolazione di fluido tra carotiere e batteria di aste (che hanno anche la funzione di rivestimento); in questo caso nel ristretto spazio anulare tra carotiere e batteria può verificarsi l'effetto jetting;

• con attrezzo a distruzione, manovrato da aste di perforazione oppure wire-line, e fluido (in genere fango) in circolazione; il rivestimento, quando non si usa il wire-line, viene fatto seguire come già descritto; con questo metodo occorre impiegare attrezzi che abbiano i passaggi di fuoriuscita del fluido radiali rispetto alla verticale del foro onde evitare l'effetto jetting; con i triconi una sufficiente radialità del flusso è garantita ma con gli altri attrezzi deve essere verificata o creata appositamente (Cestari, 1996).

3.2 Modalità esecutive

Il foro deve essere accuratamente pulito, fino alla profondità di inizio prova, utilizzando attrezzi e metodi che assicurino di non disturbare il terreno interessato dalla prova. Nel perforare al di sotto del livello della falda oppure in condizioni di sub-artesianesimo, il livello del fluido nel foro deve essere sempre mantenuto al di sopra del livello idrostatico in modo da evitare disturbo a fondo foro. Il livello del fluido nel foro deve assicurare l'equilibrio idraulico alla profondità della prova. Gli utensili di perforazione devono essere estratti lentamente per prevenire la decompressione del terreno interessato dalla prova.

Quando viene utilizzato il rivestimento metallico provvisorio esso non deve essere infisso al di sotto della profondità di inizio prova.

Esecuzione della prova. Il campionatore viene calato al fondo del foro mediante le aste; viene quindi montato il dispositivo di infissione. La penetrazione iniziale causata dal peso dell'insieme campionatore-aste-dispositivo di infissione, deve essere annotata.

Quest'ultima precisazione richiede l'esatta conoscenza della lunghezza della batteria discesa nel foro. Dopo la penetrazione iniziale per proprio peso la prova viene eseguita in due fasi: infissione preliminare pari a 150 mm; ove tale infissione richiedesse più di 50 colpi, questo valore verrà assunto come numero di colpi per l'infissione preliminare; infissione vera e propria pari a 300 mm di ulteriore penetrazione.

Il numero di colpi necessari per questa penetrazione di 300 mm è definito come la resistenza alla penetrazione (N). Se 100 colpi non sono sufficienti per la penetrazione di 300 mm l'infissione vera e propria verrà interrotta dopo 100 colpi.

GIAeXploring s.a.s. sede legale via Cerrani - 66010 PRETORO (CH) - Tel. 0871 898023 - fax 0871 898874

3.3 Fattori che influenzano i valori di NSPT

Per poter correlare in maniera opportuna i valori di NSPT ai parametri geotecnici di interesse occorre tenere in attenta considerazione i fattori che influenzano i risultati della resistenza alla penetrazione:

1. le modalità di esecuzione della prova,
2. la pressione del terreno sovrastante
3. il dispositivo di battitura
4. le caratteristiche del terreno: granulometria,
5. presenza d'acqua e importanza delle tensioni efficaci.

Per quanto riguarda il punto 4 la granulometria è una delle caratteristiche del terreno che, a parità di altre condizioni, risulta influenzare significativamente i risultati delle prove SPT. Le osservazioni sperimentali di Gibbs e Holtz (1957) indicano che fattori quali la presenza di ghiaia o l'alto grado di angolosità dei grani comportano valori di NSPT maggiori di quelli ottenuti in terreni di pari densità ma privi di ghiaia o minor grado di angolosità; ciò particolarmente nel campo delle basse densità relative. L'applicazione delle SPT nei suoli ghiaiosi è rara perché sono molto rigidi. Inoltre, è generalmente ritenuto che le SPT sono qualche volta poco adatte per terreni grossolani con grandi granuli perché il valore di N è adatto per differire da un punto ad un altro dovuto all'individuale particella del terreno.

Più che la dimensione massima dei grani risulta importante la distribuzione della curva granulometria, per cui i valori di NSPT nelle sabbie ghiaiose informi, risultano sovente inferiori ai valori di NSPT misurati in sabbie non ghiaiose ma gradate; in accordo con il fatto che la massima densità dei terreni non coesivi è funzione della forma della curva granulometria. L'aria e la permeabilità dell'acqua influenzano i risultati della prova penetrometrica. In un sistema trifase in depositi naturali i fattori sopra menzionati entrano in azione nelle stesso tempo e per questo motivo le relazioni tra il numero dei colpi e la DR non possono essere accuratamente determinate. Occorre essere sempre particolarmente critici con quelle correlazioni nelle quali il valore di NSPT è associato al parametro del terreno, senza che si sia tenuto conto, in qualche modo, delle tensioni efficaci agenti.

<u>Sia le prove penetrometriche dinamiche che le statiche sono affette dagli stress efficaci alla profondità dove le misure sono state fatte. Di conseguenza, la resistenza alla penetrazione aumenta con la profondità persino ove la densità del suolo e il fabric sono gli stessi.</u>

GIAeXploring s.a.s. sede legale via Cerrani - 66010 PRETORO (CH) - Tel. 0871 898023 - fax 0871 898874

4. CAMPIONAMENTO DEI TERRENI

I campioni estratti durante la perforazione possono avere diverso grado di disturbo in funzione sia della tecnica e degli strumenti utilizzati per il prelievo, sia della natura del terreno stesso. In particolare con gli usuali mezzi e tecniche di prelievo non è possibile estrarre campioni "indisturbati" di terreno incoerente. Le principali cause di disturbo derivano dall'esecuzione del sondaggio (disturbo prodotto dalla sonda o dall'attrezzo di perforazione), dall'infissione ed estrazione del campionatore, e dalla variazione dello stato tensionale. Nei provini sottoposti a prove di laboratorio, ulteriori cause di disturbo derivano dal trasporto e dalla non perfetta conservazione del campione, dalle operazioni di estrusione del campione dalla fustella, dalla cavitazione e ridistribuzione del contenuto in acqua, dalle operazioni di formazione del provino (ad esempio al tornio) e dal montaggio nell'apparecchiatura di prova.

Nella campagna di indagine svolta è stato eseguito il prelievo di campioni da sottoporre ad analisi di laboratorio secondo la tipologia di seguito elencata:

a) *"campioni indisturbati"*;

I campioni prelevati sono stati contraddistinti dalle seguenti informazioni:

1. località del cantiere;
2. nome del sondaggio;
3. nome del campione;
4. intervallo di prelievo;
5. data di campionamento.

Il nome assegnato al campione, il tipo di campionatore usato, l'intervallo di quota in cui è stato prelevato e la documentazione fotografica sono riportati nell'Allegato 1 – "Certificato sondaggi", contenente i moduli stratigrafici di ciascun sondaggio eseguito.

4.1 Prelievo di campioni indisturbati

Tali campioni sono stati recuperati con appositi utensili chiamati campionatori, scelti in base alle caratteristiche del terreno.

Il campionatore a rotazione a doppia parete *Denison* (o *Mazier*) si basa su un principio di funzionamento analogo a quello del carotiere a doppia parete.

Esso è composto, infatti, da un cilindro interno di acciaio inox a parete sottile dotato di scarpa tagliente, che accoglie il campione, e da un cilindro esterno dotato di corona dentata all'estremità.

GIAeXploring s.a.s. sede legale via Cerrani - 66010 PRETORO (CH) - Tel. 0871 898023 - fax 0871 898874

Durante l'avanzamento, che avviene per infissione statica, il tubo esterno ruota e disgrega il terreno adiacente alla superficie esterna del tubo interno, riducendo così la resistenza all'infissione. A differenza dei carotieri a doppia parete, nei campionatori a rotazione la scarpa del tubo interno è avanzata rispetto alla corona dentata esterna per impedire che la rotazione del tubo esterno disturbi il campione. Nel campionatore *Denison*, la sporgenza del tagliente interno rispetto alla corona dentata può essere adattata al tipo di terreno modificando la geometria della scarpa interna.

I campioni sono stati etichettati e sigillati alle estremità con paraffina e a maggiore protezione è stato applicato un nastro adesivo.

Le fustelle sono state collocate in un locale idoneo, protetto dal sole e dalle intemperie, fino al momento della spedizione.

GIAeXploring s.a.s. sede legale via Cerrani - 66010 PRETORO (CH) - Tel. 0871 898023 - fax 0871 898874

5. PROVA DPSH

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi d) 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 studi geologici acquisiti in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici 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).

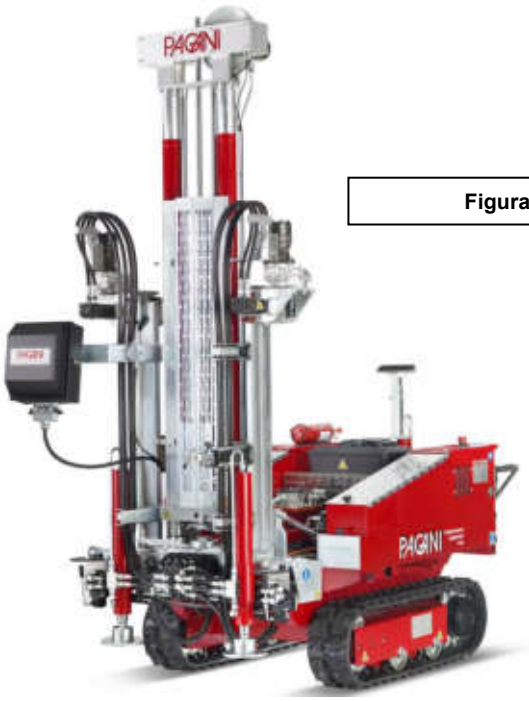


Figura. 4 – Dpsh Pagani

Per infiggere la punta conica si utilizza un maglio di massa M (63,50 kg) per un'altezza di caduta H (0,75 m); il maglio batte su una testa di battuta che è rigidamente collegata alle aste di prolunga. La resistenza alla penetrazione è definita come il numero di colpi richiesto per infiggere la punta conica per un tratto definito. L'energia cinetica propria di ciascun colpo è il prodotto della massa del maglio per l'accelerazione di gravità e per l'altezza di caduta (MgH).

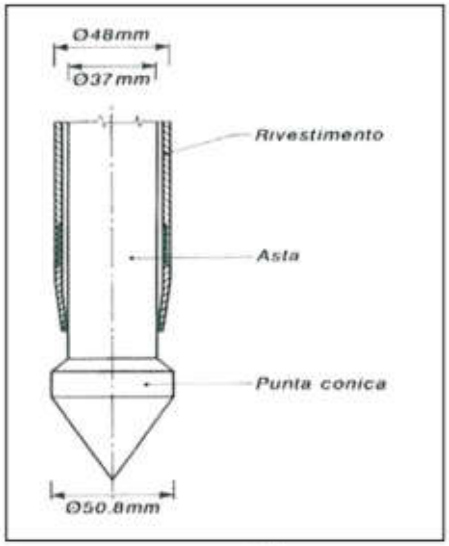


Figura. 5 – Punta conica dell'attrezzatura EN ISO 22476-2:2003 (CESTARI F., 2005).

6.1. Elaborazione dei dati della prova penetrometrica dinamica DPSH

I dati misurati in campagna, vengono rielaborati utilizzano il programma Dynamic Probing della ditta Geostru; esso calcola tutti i parametri geotecnici utili per la progettazione dell'edificio, avvalendosi di diverse correlazioni empiriche proposte dai vari autori citati in bibliografia. Il programma fornisce un primo elaborato grafico che riporta tutti i valori del numero di colpi necessari per la penetrazione della punta (NSCPT) registrati ogni 20 cm di avanzamento della stessa, il grafico della resistenza dinamica ridotta (Rpd) e la relativa interpretazione stratigrafica per ogni prova penetrometrica. La seconda parte degli elaborati, sempre suddivisa per ogni singola prova penetrometrica, prevede una tabella dove alle varie profondità vengono rispettivamente riportati i valori di:

- prf: = profondità alla quale vengono letti i valori riportati nelle colonne successive (la lettura avviene per intervalli di 20 cm);
- NSCPT = numero di colpi;
- Chi = coefficiente di riduzione sonda;
- Rpd = resistenza dinamica ridotta (Kg/cm2);
- resistenza dinamica (Kg/cm2);
- pressione ammissibile con riduzione (Herminier – Olandesi) (Kg/cm2);
- pressione ammissibile (Herminier – Olandesi) (Kg/cm2).

Successivamente la stima dei parametri geotecnici viene effettuata utilizzando l'interpretazione stratigrafica, riportando i valori medi di tutti i parametri geotecnici strato per strato; essa è inoltre suddivisa in funzione della composizione geotecnica del suolo a seconda che il terreno sia di tipo coesivo o di tipo incoerente. I parametri geotecnici stimati per i terreni di tipo coesivo sono:

- Cu = coesione non drenata (Kg/cm2);
- Qc = resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Kg/cm2);
- Mo = modulo edometrico (Kg/cm2);
- Ey = modulo di Young (Kg/cm2);
- Classificazione AGI;
- Puv = peso unità di volume (t/m3);
- PuvS = peso unità di volume saturo (t/m3).

Per i terreni di tipo incoerente i parametri geotecnici stimati sono:

- Dr = densità relativa (%);
- Fi (φ) = angolo di resistenza al taglio (°);
- Ey = modulo di Young (Kg/cm2);
- Mo = modulo edometrico (Kg/cm2);

GIAeXploring s.a.s. sede legale via Cerrani - 66010 PRETORO (CH) - Tel. 0871 898023 - fax 0871 898874

Classificazione AGI

- Puv = peso unità di volume (t/m3);
- PuvS = peso unità di volume saturo (t/m3);
- v = modulo di Poisson;
- G = modulo di deformazione al taglio dinamico(Kg/cm2);
- V = velocità onde (m/s);
- Liquefazione (considerando una data accelerazione sismica (g));
- Ko = modulo di reazione (Kg/cm3);
- Qc = resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Kg/cm2).

Si precisa inoltre che le elaborazioni sopra citate (effettuate mediante programma di calcolo automatico) fanno riferimento a precise correlazioni empiriche proposte dai vari autori che sono direttamente menzionati nelle tabelle di calcolo.

Oltre alle informazioni riguardanti i caratteri geomeccanici e litologici dei terreni attraversati, è possibile al termine dell'esecuzione della prova determinare la presenza di acqua nel sottosuolo. Attraverso la semplice osservazione della punta delle aste si rileva la presenza di infiltrazioni acquifere o di una falda vera e propria; calando poi nel foro lasciato nel suolo dall'infissione della punta e delle aste un freatimetro ad avvisatore sonoro è possibile misurare la profondità alla quale si collocano le infiltrazioni o il livello della superficie piezometrica.

In allegato i certificati delle 2 prove DPSH eseguite nell'area di studio.

GIAeXploring s.a.s. sede legale via Cerrani - 66010 PRETORO (CH) - Tel. 0871 898023 - fax 0871 898874

6. PROVA SISMICA MASW

La caratterizzazione del terreno dal punto di vista dinamico richiede la conoscenza del profilo di velocità delle onde di taglio Vs degli strati di terreno presenti nel sito. In particolare si deve avere la conoscenza sino ad almeno 30 metri dal piano campagna (Vs30). La conoscenza del profilo delle onde di taglio Vs degli strati che compongono i primi 30 metri di profondità risulta necessaria per:

- valutare l'azione sismica di progetto al livello del piano fondale tipo di opera
- valutare il potenziale di liquefazione del terreno;
- valutare l'accelerazione sismica per il calcolo della stabilità dei pendii e/o delle opere di sostegno nei confronti dell'azione sismica;
- valutare, in condizioni sismiche, la capacità portante ed i cedimenti di rilevati stradali, opere di sostegno, fondazioni degli edifici.

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio dei primi 30 m di profondità, si determina una velocità media equivalente VsEq rappresentativa del sito in esame. La legge adoperata è la seguente:

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

Velocità media equivalente

dove **hi** e **Vi** indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $<10^{-6}$) dello strato i-esimo, per un totale di n presenti nei primi metri di profondità. Tale parametro consente di classificare il sito in categorie di sottosuolo.

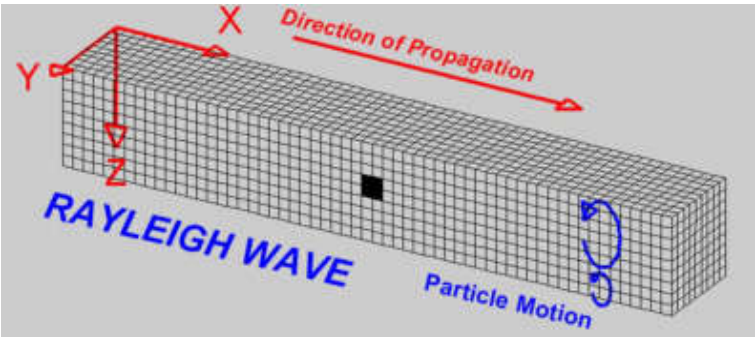
La stima della velocità delle onde di taglio Vs dei vari sismostrati può essere eseguita, a basso costo, con la tecnica **MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (MASW)** che fornisce la stratigrafia e le velocità delle onde di taglio. Una volta acquisiti gli spessori degli strati e le relative velocità delle onde S, si calcola la velocità media relativa ai primi trenta metri di sottosuolo, con la formulazione precedente e si classifica il sito secondo i riferimenti normativi.

INDAGINE MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde di compressione, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, che è la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (cioè le indagini a riflessione o rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (Vs), ottenuto dall'analisi delle onde piane del modo fondamentale e superiore delle onde di Rayleigh è diventata una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidezza superficiale.



Il processo comprende tre step principali:

- l'acquisizione delle onde superficiali;
- la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
- l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

Per ottenere un profilo Vs bisogna, quindi, produrre un treno d'onde superficiali a banda larga (sismica attiva) e registrarlo minimizzando il rumore di fondo presente nel sito di registrazione. L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Per ottenere il profilo verticale delle Vs dalla curva di dispersione sono necessari dei valori approssimati del Coefficiente di Poisson e della densità del materiale, solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.

La velocità di propagazione delle onde di Rayleigh in un semispazio elastico, omogeneo ed isotropo, è indipendente dalla frequenza ed il moto indotto dalla propagazione si smorza rapidamente con la profondità, sino ad estinguersi ad una profondità circa pari ad una lunghezza d'onda. La profondità raggiunta dalla perturbazione dipende dunque dalla lunghezza d'onda e, in mezzi omogenei, a diverse lunghezze d'onda corrisponde un'unica velocità di fase (VR). In un mezzo verticalmente eterogeneo, costituito da strati aventi proprietà meccaniche differenti, il comportamento delle onde superficiali diventa dispersivo: a frequenze diverse corrispondono diverse velocità di fase. Quindi, nel caso di un mezzo eterogeneo, le onde superficiali non hanno una singola velocità, ma diverse velocità di fase in corrispondenza delle diverse frequenze: tale fenomeno, dipendente dalla distribuzione spaziale delle proprietà sismiche del sottosuolo è noto come dispersione geometrica e la relazione che lega la frequenza alla velocità di fase prende il nome di curva di dispersione.

La curva di dispersione gioca un ruolo centrale nell'utilizzo delle onde di Rayleigh ai fini della caratterizzazione dei terreni, infatti, è funzione delle caratteristiche di rigidezza del mezzo e può essere utilizzata per un processo inverso avente come obiettivo la stima delle caratteristiche di rigidezza stesse.

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine di sismica a rifrazione con l'unica eccezione di adoperare tempi di acquisizione significativamente più lunghi e geofoni a bassa frequenza generalmente 4.5 Hz o inferiori. Quindi, in definitiva l'attrezzatura per eseguire indagini di sismica superficiale attiva con tecnica Multichannel Analisys of Surface Waves è quella per indagini a rifrazione in onde P.

METODI DI INTERPRETAZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI

Uno degli aspetti critici nell'utilizzazione dei dati ricavati da prove sismiche per onde superficiali attive per scopi ingegneristici è infatti dato dalla non-unicità della soluzione. Diverse combinazioni dei parametri del modello (Vs – spessore strato) possono essere associate a curve di dispersione molto simili e praticamente equivalenti rispetto ai dati sperimentali disponibili. Da ciò la buona norma di vincolare uno dei parametri che interviene con indagini o conoscenze diverse.

L'elaborazione dei dati acquisiti può essere agevolmente effettuata utilizzando uno specifico software commerciale che consente di gestire il sismogramma digitale, selezionare le tracce utili, eseguire l'analisi spettrale, individuare le curve di dispersione delle onde di superficie ed effettuare le procedure di inversione per l'interpretazione in termini di modello sismostratigrafico di Vs. Lo scopo dell'intera procedura è identificare il modello la cui curva di dispersione meno si scosta dai dati osservati. Tale modello sarà, evidentemente, caratterizzato dal minor errore della deviazione standard tra le velocità di fase osservate e calcolate.

Per la complessità del fenomeno fisico e delle eventuali complicazioni che possono sperimentalmente manifestarsi in funzione della litostratigrafia del sito di indagine (presenza di onde canalizzate, problematica distinzione dei differenti modi) è sempre consigliato di procedere con una modellazione diretta in cui si cerca di trovare una sintesi coerente tra la distribuzione di energia nello spettro di velocità (unico dato sperimentale) e la curva di dispersione teorica di un modello ipotizzato sulla base delle conoscenze geologico-geofisiche pregresse. Tale metodo è generalmente preferibile alla procedura di inversione eseguita considerando soltanto il picking dei massimi di ampiezza nello spettro di velocità del modo fondamentale e degli eventuali modi superiori.

I **vantaggi** dell'uso di tale tecnica sono:

- che è particolarmente indicata per suoli fortemente attenuanti ed ambienti rumorosi (la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%), inoltre, l'ampiezza delle onde superficiali dipende dalla radice quadrata della distanza (r1/2) e non da r come per le onde di corpo (Vp, Vs));
- che riconosce le inversioni di velocità (limite del metodo a rifrazione);
- che ha un costo moderato, tempi rapidi di esecuzione e scarso impatto sui luoghi di indagine.

I **limiti** dell'uso di tale tecnica sono:

- disponibilità di spazi sufficienti per gli stendimenti sismici;
- forniscono un profilo monodimensionale di Vs, non quantificando eventuali variazioni laterali.
- la profondità di penetrazione dipende dalla frequenza più bassa rilevabile nella curva di dispersione (approssimativamente Prof. = L_{MAX} / 2)
- il problema della non-univocità della soluzione del problema inverso (comune a tutti i metodi indiretti).

7. PROVA SISMICA PASSIVA HVSR

Il metodo dei rapporti spettrali H/V (noto anche come metodo HVSR) o metodo di Nakamura, con singola stazione è stato inizialmente sviluppato in Giappone da Nogoshi e Igarashi (1971) per caratterizzare la risposta di sito sotto azione sismica ed è stato successivamente reso popolare e diffusa al mondo occidentale da Nakamura (1989). È una tecnica sismica passiva poiché la sorgente non viene attivata artificialmente, ma si basa sulla registrazione del rumore sismico ambientale, definito anche microtremore, prodotto sia da fenomeni atmosferici (ad es. onde oceaniche, vento) sia da attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Inoltre è totalmente non invasiva, non richiede alcun tipo di perforazione e può essere applicata ovunque. Il vantaggio risiede nel fatto che la sorgente utilizzata presenta una lunghezza d'onda e una profondità di propagazione di gran lunga maggiore di quella delle onde elastiche generate artificialmente.

Di contro, tale tecnica presenta una minor risoluzione spaziale e spesso risulta di difficile interpretazione. La struttura del campo d'onda del rumore sismico ambientale è chiaramente condizionata dalla tipologia di sorgente interessata (sia essa naturale o antropica) e dalle proprietà meccaniche dei depositi di terreno. Infatti, la sorgente del rumore genera un treno d'onde che viene percepito nel punto di misura con caratteristiche dipendenti dalla consistenza delle sollecitazioni nelle componenti orizzontali e verticali e dai fenomeni di riflessione o rifrazione che avvengono nel percorso dalla sorgente al sito.

In genere nel campo d'onda del rumore ambientale saranno presenti sia onde di volume che onde superficiali, la cui partecipazione in termini di energia dipende considerevolmente dall'intervallo di frequenza analizzato. Prendendo in esame diverse sorgenti, che generano un determinato campo d'onda sismico (in un intervallo temporale mediamente esteso), le loro proprietà non dipendono dalle singole sorgenti, ma dalle caratteristiche del mezzo di propagazione e dall'energia liberata dall'attività antropica o naturale.

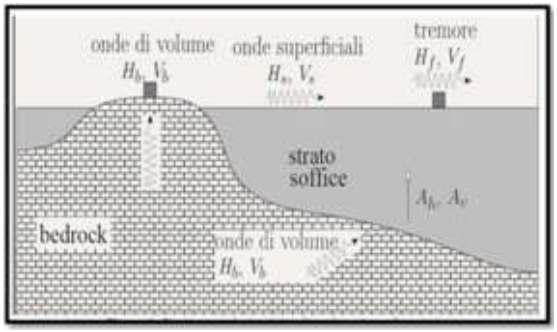


Figura. 6 - Modello geologico illustrante la struttura tipica di un bacino sedimentario (R. Carniel, F. Barazza, and P. Pascolo 2006).

Le sorgenti del rumore ambientale si possono classificare in due categorie principali: antropiche e naturali, le quali sono caratterizzate da differenti range di frequenza:

- **Basse frequenze (f <1 Hz)**, l'origine del rumore ambientale è essenzialmente naturale, con particolare riferimento al microsisma marino, la cui massima energia è compresa nella banda 0.05-0.5 Hz.
- **Alte frequenze (f >1 Hz)**, l'origine del rumore sismico è legata prevalentemente alle attività svolte dall'uomo (traffico, macchinari, ecc.). Tali sorgenti sono percepibili perlopiù sulla superficie della terra e immediatamente al disotto di essa, e spesso mostrano una forte variazione temporale tra le ore diurne e notturne.

I risultati ottenibili da questo tipo di indagine sono:

- **Frequenza di risonanza tipica del sito**, parametro fondamentale per il dimensionamento di edifici in termini di risposta sismica locale in quanto verranno adottate adeguate precauzioni nell'edificare strutture aventi stessa frequenza di vibrazione del terreno, onde evitare il fenomeno di "doppia risonanza", estremamente pericoloso per la stabilità di questi ultimi.
- **Frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, se questa indagine è eseguita all'interno dello stesso.
- **Velocità media delle onde di taglio Vs**, in cui diviene necessario, ai fini dell'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (rilevabile da sondaggi o prove penetrometriche) ed identificabile nella curva H/V.
- **Stratigrafia del sottosuolo**, con un range che va da 0,5 a 700 m di profondità, anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 m. La seguente tecnica si basa sul principio di strato inteso come unità distinta da quella sopra e sottostanti da un contrasto d'impedenza.

8.1. Strumentazione

La strumentazione utilizzata per la campagna di acquisizione HVSR, è composta da un geofono (SR04 Geobox) a stazione singola che registra impiegando 3 canali (componente Z, N-S ed E-W) per una registrazione complessiva del noise ambientale di 30 minuti.

Figura. 7 – Geofono a 3 componenti SR04-Geobox

Le caratteristiche tecniche sono di seguito riportate:

Caratteristiche tecniche generali	
Alimentazione:	10-16Vdc o da batteria interna < 1W
Numero canali:	3 a 24 bit (ΣΔ)
Range dinamico:	124dB (144dB, 24 bit effettivi [enob], fra 0.1 e 10Hz)
Campionamento:	simultaneo sui tre canali
Sampling rates:	da 10-600 Hz
Real Time Clock:	+/-10ppm (-20/+50°C)
Sincrononizzazione :	GPS via PPS modulato
Precisione rispetto a UTC:	<50µs
Interfaccia dati sismici:	RS232, cavo USB in dotazione
Formato dati:	protocollo binario SADC20HS
Velocità:	115200 baud
Contenitore:	Monoblocco in alluminio IP66
Temperatura operativa:	-30/+60°C
Dimensioni e peso:	155x140x110 mm
Peso:	3.1kg con sensori da 4.5Hz; 4.4kg con sensori da 2Hz
Conformità:	CE (EN55022, EN55011)

Pretoro 14/07/2022

Ing. Angelo Giamberardino

Geol. Camillo Giamberardino

GIA eXploring S.r.l.	ALLEGATO N.1 UBICAZIONE DELLE INDAGINI DATA DI EMISSIONE 14/07/2022

COROGRAFIA DELL'AREA DI STUDIO
COMUNE COLONNA (RM) POZZO PANTANO

0 10 20 m

Prova sismica di tipo MASW

Prova penetrometrica dinamica di tipo DPSH

Prova sismica passiva di tipo HVSR

Sondaggio geognostico a c.c. S

SPERIMENTATORE Ing. Angelo Giamberardino	DIRETTORE Geol. Camillo Giamberardino

Tipologia di prova in sito:

SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Lavoro N: *015/2022*

Committente: *Acea Ato2 Spa*

Oggetto: *"Indagini Geognostiche asservite al Pozzo Pantano"*

Località: *Colonna (RM), Impianto Pozzo Pantano*

Coordinate geografiche del punto di indagine:
S1: lat.41.874378°; long.12.738791°; QUOTA 65 m s.l.m.

Caratteristiche Strumentali SONDA PSM 8G

Velocità di rotazione della testa motrice (rpm)	da 0 a 700
Coppia massima di perforazione (Kg/m)	≥ 900
Forza tiro massima (g)	≥ 4000
Forza spinta massima (Kg)	≥ 12.000
Corsa continua (cm)	≥ 150
Pressione massima pompa (bar)	≥ 70

Condizioni Ambientali:

Temperatura: non influente
Umidità: non influente
Disturbi Elettromagnetici: non influenti

Stima dell'incertezza dei risultati: ± 5%

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (Ch) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10 Laboratorio prove geotecniche in sito

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

MODELLO STRATIGRAFIA

Via Cerrani - Pretoro - CH
Tel. 0871 898023 - Fax 0871 898214
e-mail: info@giaexploring.it

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Acea Ato2 Spa	30 m	65 mslm	247_1_2022	1 di 1

Operatore	Indagine	Inizio/Fine Esecuzione
Sig. Palmiro Carestia	Indagini geognostiche asservite al pozzo Pantano	08/06/2022

Responsabile	Sondaggio	Tipo Carotaggio	Tipo Sonda	Coordinate X Y
Geol. Camillo Giamberardino	S1	Carotaggio continuo a rotazione	PSM 8G	41.874378° 12.738791°

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	% Carotag.	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Falda
		Limo sabbioso marrone con inclusi ghiaosi calcarei sub arrotondati con diametro 1-3 cm e tracce di laterizi. Riporto Antropico	0.45	%C=95						
1		Limo sabbioso bruno	1.30	%C=95						
2		Sabbie limoso bruno rossastre con inclusi piroclastici di pomici e lapilli grigio con diametro 0.3-0.5 cm	2.30	%C=95						
		Trovante basaltico grigio	3.00	%C=90						
3		Limo debolmente sabbioso bruno rossastro. Occasionalmente inclusi di pomici grigi e tufo bronzo dal diametro tra 0.5-1.0 cm			Rif. 3.00 PC	4.0				
						2.2				
4						2.6				
5						1.5				
					5-5-7 5.50 PA	2.5				
6				%C=95			6.00 O 6.50			
7						2.2				
						2.2				
8			8.40			2.8				
						3.5				
9		Limo bruno scuro con nuclei porfirici tufitici facilmente disgregabili costituiti d aggregati compositi piroclastici vetrosi e livelli sabbiosi piroclastici. Matrice prevalente di limo costituente il 90% del composito.								
10						2.3				
						3.0				
						3.8				
							10.50 O			
11			11.60	%C=90	6-7-10 11.00 PA		11.00			
12		Piroclastiti caratterizzati da sabbie ceneri pomici e lapilli scoriacei del diametro di 0.3-1.0 cm massimo , subordinatamente limi di color bruno rossastro. Generalmente strutture poco organizzate. Miche diffuse.								
13			14.10	%C=95						
14		Limo sabbioso bruno rossastro con sabbie grosse e pomici	15.00			3.5				
						3.7				
15		Basalto grigio fratturato vaculoso e alterato. Si recupera la frazione sabbiosa grossa e frammenti di pezzatura 1-5 cm								
16										
17				%C=95						
18			18.50							
19		Brecce composite costituite da aggregati di clasti lavici porfirici e tufi policromi variabili dal grigio al grigio verdastro. In questo litotipo si recupera la parte litoide e lapillosa costituenti l'aggregato. Verosimilmente la parte più fine sabbiosa è stata dilavata dal carotiere doppo T6. Pezzature dei clasti 1-5 cm.								
20			21.00	%C=90						

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio: Carotaggio continuo a rotazione
Sonda: PSM 8G

Responsabile

MODELLO STRATIGRAFIA

Via Cerrani - Pretoro - CH
Tel. 0871 898023 - Fax 0871 898214
e-mail: info@giaexploring.it

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Acea Ato2 Spa	30 m	65 mslm	247-1_2022	1 di 1

Operatore	Indagine	Inizio/Fine Esecuzione
Sig. Palmiro Carestia	Indagini geognostiche asservite al pozzo Pantano	08/06/2022

Responsabile	Sondaggio	Tipo Carotaggio	Tipo Sonda	Coordinate X Y
Geol.Camillo Giamberardino	S1-	Carotaggio continuo a rotazione	PSM 8G	41.874378° 12.738791°

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	% Carotag.	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Falda	DH
21		Brecce composite costituite da aggregati di clasti lavici porfirici e tufi policromi variabili dal grigio al grigio verdastro. In questo litotipo si recupera la parte litoide e lapillosa costituenti l'aggregato. Verosimilmente la parte più fine sabbiosa è stata dilavata dal carotiere doppo T6. Pezzature dei clasti 1-5 cm.	22.00								
22		Piroclasti costituiti da limo e sabbie grosse di color bruno rossastro. Diffuse presenze di leucite bianca cristallina	22.70	%C=95							
23		Depositi piroclastici compositi dati da sabbie medie e grosse mischiate a pomici e lapilli ed occasionalmente clasti tufitici con diametro 0.5-7 cm. Diffuse presenze di leucite biancastra cristallina e miche nerastre. Depositi rielaborati. Talora nuclei ceneritici addensati o osservati in livelli.	24.80	%C=90							
25		Sabbia marrone	25.50	%C=90							
26		Limo con sabbia bruno rossastra. Frequenti inclusi di piroclastiti lapillosi diametro 0.3-0.4 cm	26.30	%C=95							
27		Depositi piroclastici saldati tipo tufite rossastre dati da aggregati di pomici lapilli pozzolane e leuciti	27.30	%C=95							
28		Depositi compositi caratterizzati da mistura sabbiosa e limosa con inclusi tufritici vetrosi distinti in noduli e livelli di aggregati piroclastici	28.70	%C=90							
29		Sabbie grossolane grigie cristalline	29.30	%C=90							
30		Depositi compositi caratterizzati da mistura sabbiosa e limosa con inclusi tufritici vetrosi distinti in noduli e livelli di aggregati piroclastici. La parte più litoide rinvenuta a composizione conglomeratica di aggregati piroclastici	30.00	%C=90				(CD) 30.00	(RM) 30.00		
31											
32											
33											
34											
35											
36											
37											
38											
39											
40											

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio: Carotaggio continuo a rotazione
Sonda: PSM 8G

Responsabile

Committenza: Acea Ato2 Spa	**Oggetto:** "Indagini Geognostiche asservite al Pozzo Pantano"	***Pagina 2 di 5***

Id sondaggio:	**S1**	Profondità sondaggio:	**30,00 m**	Data esecuzione sondaggio:	08/07/2022

Numero cassette catalogatrici: **6**	Numero fotografie: **8**

Foto 1 Postazione sondaggio

Foto 2 Postazione sondaggio

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (CH) Laboratorio di indagini geotecniche in sito Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

Committenza: Acea Ato2 Spa	**Oggetto:** "Indagini Geognostiche asservite al Pozzo Pantano"	***Pagina 3 di 5***

Id sondaggio:	**S1**	Profondità sondaggio:	**30,00 m**	Data esecuzione sondaggio:	08/07/2022
Numero cassette catalogatrici: **6**				Numero fotografie: **8**	

Foto 3 Cassetta n. 1

Foto 4 Cassetta n. 2

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

Committenza: Acea Ato2 Spa	**Oggetto:** "Indagini Geognostiche asservite al Pozzo Pantano"	***Pagina 4 di 5***

Id sondaggio:	**S1**	Profondità sondaggio:	**30,00 m**	Data esecuzione sondaggio:	08/07/2022

Numero cassette catalogatrici: **6**	Numero fotografie: **8**

Foto 5 Cassetta n. 3

Foto 6 Cassetta n. 4

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

Committenza: Acea Ato2 Spa	**Oggetto:** "Indagini Geognostiche asservite al Pozzo Pantano"	***Pagina 5 di 5***

Id sondaggio:	**S1**	Profondità sondaggio:	**30,00 m**	Data esecuzione sondaggio:	08/07/2022

Numero cassette catalogatrici: **6**	Numero fotografie: **8**

Foto 5 Cassetta n. 5

Foto 6 Cassetta n. 6

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

ALLEGATO n. 2
CERTIFICATO n. 247/LGC_1/2022
DATA DI EMISSIONE: 14/07/2022

METODOLOGIA DI LAVORO

Generalità

I sondaggi geognostici rappresentano una metodologia di indagine diretta che consente un'accurata ricostruzione stratigrafica del sottosuolo. I metodi di perforazione sono generalmente due e la scelta dipende essenzialmente dallo scopo.

Nel caso in cui ci si debba accertare della natura del terreno (argilla, limo, sabbia, ghiaia, etc.) e non interessi il prelievo continuo di campioni, è possibile eseguire un sondaggio a rotazione con aste elicoidali continue. Tale metodo permette di realizzare un campionamento rappresentativo integrale del sottosuolo e di rilevare la quota delle venute d'acqua.

Se è richiesto, invece, il profilo stratigrafico e/o il prelievo di campioni indisturbati da sottoporre a prove di laboratorio, si esegue una perforazione a carotaggio continuo con rivestimento che consente inoltre di determinate direttamente delle proprietà geotecniche del terreno attraverso prove in foro.

Modalità esecutive

Le perforazioni stratigrafiche si sono svolte secondo le seguenti modalità:

- carotaggio integrale e rappresentativo del terreno attraversato, al fine di ricostruire il profilo stratigrafico mediante l'esame delle "carote" estratte;
- rilievo del livello delle acque sotterranee eventualmente riscontrate;
- descrizione stratigrafica geologica e geotecnica;

Attrezzature di perforazione

I sondaggi geognostici sono stati realizzati con una sonda avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- sonda a rotazione (testa idraulica) a tavola *rotary*, a mandrino, con la quale, tramite aste di perforazione montate su carotieri, si ottiene l'avanzamento nel terreno;
- pompa con circuito supplementare per il rabbocco del fluido alla testa del foro;
- gruppo morsa-svitatore per le manovre di aggiunta o rimozione delle singole aste per la composizione della batteria di perforazione;
- corredo della sonda, completo di tutti gli accessori, necessari per l'esecuzione del lavoro a norma di specifica.

Di seguito si riportano alcune caratteristiche tecniche delle attrezzature di perforazione:

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

- *Carotiere semplice*, con valvola di testa a sfera e calice:

Diametro nominale esterno: 101 mm

Lunghezza utile (L): 300 cm

- *Carotiere doppio* a corona sottile (T2) con estrattore:

Diametro nominale esterno = 101 mm

Lunghezza utile (L) = 300 cm

- *Corone di perforazione* in widia e diamantate, del tipo adatto ai terreni incontrati;

- *Aste di perforazione* con filettatura tronco-conica:

Diametro esterno: 76 mm.

Essi consentono l'estrazione di tutto il materiale interessato dal sondaggio senza fenomeni di fratturazione e dilavamento.

Per la pulizia del foro:

- carotiere semplice della lunghezza di: 40 ÷ 80 cm;
- attrezzo a fori radiali, da impiegarsi con circolazione di fluido uscente dall'utensile con inclinazione di 45° ÷ 90° rispetto alla verticale;
- campionatore a pareti grosse del diametro di 100 mm, con cestello di ritenuta alla base per l'asportazione di eventuali ciottoli.

Durante tutta la durata della campagna di perforazione sono stati utilizzati i seguenti strumenti di controllo e prova:

- scandaglio a filo graduato, per misura della quota reale di fondo del foro;
- freatimetro;
- penetrometro tascabile con un fondo scala ≥ 5 kg/cm².

Modalità di esecuzione delle perforazioni

L'avanzamento del carotiere a "secco" senza utilizzare fluidi di perforazione, siano essi acqua o miscele polimeriche. L'acqua può essere utilizzata, se ritenuta indispensabile, solo dopo l'avanzamento delle tubazioni provvisorie di lavoro (tubi di rivestimento per evitare il franamento del foro) che vengono infisse a rotazione dopo l'estrazione del terreno carotato a secco. Al fine di evitare l'eccessivo riscaldamento dei materiali, le manovre di avanzamento saranno eseguite con valore di spinta non elevato, in modo da non creare attriti eccessivi in rotazione.

Particolare importanza riveste la metodologia di estrazione della carota, in modo da impedire contaminazioni indotte.

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (Ch) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

La carota non deve essere estratta per percussione dall'asta o dalla fustella, provocando la migrazione della frazione liquida od oleosa.

Essa deve essere ricavata per azione di un apposito spintore a pistone che permetta l'espulsione indisturbata dello spezzone prelevato dal fondo foro.

La carota è state quindi riposta nell'apposita cassetta catalogatrice.

La pulizia delle attrezzature è un altro elemento fondamentale per l'attendibilità dei campioni.

Dopo ogni manovra gli utensili di perforazione e campionamento, così come tutta l'attrezzatura venuta a contatto con i materiali recuperati, sono lavati per evitare la contaminazione reciproca tra sostanze eventualmente presenti a profondità minori rispetto ai materiali da carotare e successivamente da campionare a profondità maggiori.

Durante i lavori, l'attrezzatura pulita, sarà lubrificata solo con sostanze vegetali.

Cassette catalogatrici e carote

Le carote estratte nel corso delle perforazioni sono state sistemate in apposite cassette catalogatrici rettangolari in materiale plastico di colore nero, munite di scomparti divisori e coperchio apribile a cerniera. Presentano una consistenza tale da essere trasportate ed impilate ed hanno dimensioni di circa 1.0 x 0.6 x 0.15 m. Tutte le carote coesive riposte dentro le cassette sono state opportunamente scortecciate.

Sui bordi sono state riportate le quote delle carote rispetto al piano campagna e sui coperchi, sono indicati i seguenti dati:

- luogo di esecuzione del sondaggio;
- nome identificativo del sondaggio;
- numero della cassetta catalogatrice;
- intervallo della quota delle carote di terreno presenti al suo interno (espressi in m);
- data di esecuzione del prelievo delle carote.

Ogni singola cassetta catalogatrice di ciascun sondaggio è stata fotografata immediatamente dopo il suo completamento tramite fotocamera digitale, tenendo in debita considerazione la completa leggibilità di tutte le indicazioni riportate su di essa ed una visione chiara delle carote contenute.

Rilievo stratigrafico

L'esecuzione dei sondaggi geognostici è stata costantemente seguita dal geologo responsabile del cantiere, il quale ha provveduto a descrivere e ricostruire la successione stratigrafica incontrata, annotando opportunamente tutti i dati inerenti (metodo di perforazione, di stabilizzazione, eventuale presenza di falda, percentuale di carotaggio); inoltre, attraverso l'utilizzo di un Pocket Test, è stata effettuata un'analisi puntuale della resistenza dei terreni sulla superficie scortecciata (se terreno coesivo) delle carote estratte.

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (Ch) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

Tutte le informazioni acquisite, sono state riportate su un modulo stratigrafico nella documentazione fornita, in cui si possono trovare i seguenti elementi:

- Denominazione del Cantiere
- Località
- Quota assoluta al p.c.
- Profondità raggiunta rispetto al p.c.
- Impresa esecutrice
- Date di perforazione (inizio e fine)
- Identificativo del sondaggio
- Tipo di carotaggio eseguito
- Tipo di sonda
- Numero di cassette catalogatrici relative al sondaggio
- Scala metrica
- Rappresentazione litologica
- Descrizione litologica
- Spessore delle varie unità litologiche individuate
- Percentuale di carotaggio
- Valori ottenuti dalle misure con il Pocket Test e relativa quota di misura
- Metodi di perforazione utilizzati nei diversi spessori
- Metodo di stabilizzazione impiega con relativa lunghezza del rivestimento
- Eventuale presenza di falda riscontrata
- Tipologia di utensile di perforazione (carotieri) utilizzata nei diversi spessori
- Intervallo di prelievo di campioni indisturbati
- Tipologia di strumentazione installata nel foro
- Foto delle cassette catalogatrici.

Descrizione stratigrafica

Nella descrizione litologica dei materiali sciolti o parzialmente cementati (terreni), sono stati analizzati in successione i seguenti aspetti:

- composizione granulometrica approssimata;
- distinzione tra frazioni granulometriche predominanti e subordinate;
- grado di arrotondamento degli eventuali clasti ghiaiosi e ciottolosi;
- colore o colore prevalente;
- consistenza dei terreni coesivi e semicoesivi (argille e limi);
- addensamento dei terreni granulari (sabbie e ghiaie);
- eventuale cementazione (sabbie e ghiaie);

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

- eventuale presenza di materiale organico (es. materia organica, torba, radici, frustoli lignitici);
- osservazione della struttura e tessitura del terreno (stratificazione più o meno fitta, concrezioni);
- eventuale presenza di materiale di origine antropica (laterizi, rifiuti) indicandone dimensioni e colore.

Recupero % di carotaggio

Durante l'esecuzione delle perforazioni è stata eseguita una valutazione della % di recupero del carotaggio, definita come il rapporto percentuale tra la lunghezza della carota recuperata L_c e la lunghezza della battuta L_b presa in considerazione. Il suo valore è stato poi riportato graficamente nel log stratigrafico.

Consistenza e addensamento

Per i terreni coesivi e semicoesivi si valutata la consistenza del terreno con l'impiego di un penetrometro tascabile direttamente eseguito sulla carota appena estratta e scortecciata, mentre per i terreni incoerenti o granulari si descrive il grado di addensamento.

Rilievo del livello dell'acqua nel foro

Nel corso delle perforazioni sono stati eseguiti dei rilevamenti del livello dell'acqua nel foro tramite un freatimetro elettrico con riferimento metrica. Le misure hanno avuto luogo prima e dopo ogni interruzione di lavoro (sera a fine lavoro e mattina ad inizio lavoro) con annotazione del:

- livello acqua nel foro rispetto al p.c.;
- quota del fondo del foro;
- quota della scarpa del rivestimento;
- data ed ora della misura.

Documentazione fornita

La documentazione comprende, oltre alle informazioni generali, i seguenti elaborati:

- documentazione fotografica;
- profilo stratigrafico;
- ubicazione della zona di indagine con l'indicazione del punto di indagine tramite corografia di dettaglio.

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (Ch) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

GIA eXploring S.r.l.	ALLEGATO N.2 RAPPORTO N.247_LGC_1_2022 DATA DI EMISSIONE 14/07/2022

COROGRAFIA DELL'AREA DI STUDIO
COMUNE COLONNA (RM) POZZO PANTANO

0 10 20 m

Sondaggio geognostico a c.c. S

SPERIMENTATORE Ing. Angelo Giamberardino	DIRETTORE Geol. Camillo Giamberardino

Certificato n. 247/SPT_1_3/2022 **Pagina 1 di 4**
Data di emissione: 14/07/2022

Tipologia di prova in sito:

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA IN FORO DI SONDAGGIO STANDARD PENETRATION TEST (S.P.T.)

Lavoro N: *015/2022*

Committente: *Acea Ato2 Spa*

Oggetto: *"Indagini Geognostiche asservite al Pozzo Pantano"*

Località: *Colonna (RM), Impianto Pozzo Pantano*

Coordinate geografiche del punto di indagine:
S1: lat.41.874378°; long.12.738791°; QUOTA 65 m s.l.m.

Caratteristiche Strumentali:

Rif. Norme	ASTM D.4633-86
Massa battente (kg)	63,5 ± 0,5
Altezza di caduta (mm)	760
Diametro aste (mm)	76
Spessore aste (mm)	5,9
Peso aste (Kg/m)	12,7

Condizioni Ambientali:

Temperatura: non influente
Umidità: non influente
Disturbi Elettromagnetici: non influenti

Stima dell'incertezza dei risultati: ± 5%

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING Aut. Min. Infras. e Trasp. N. 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

TABULAZIONE DATI

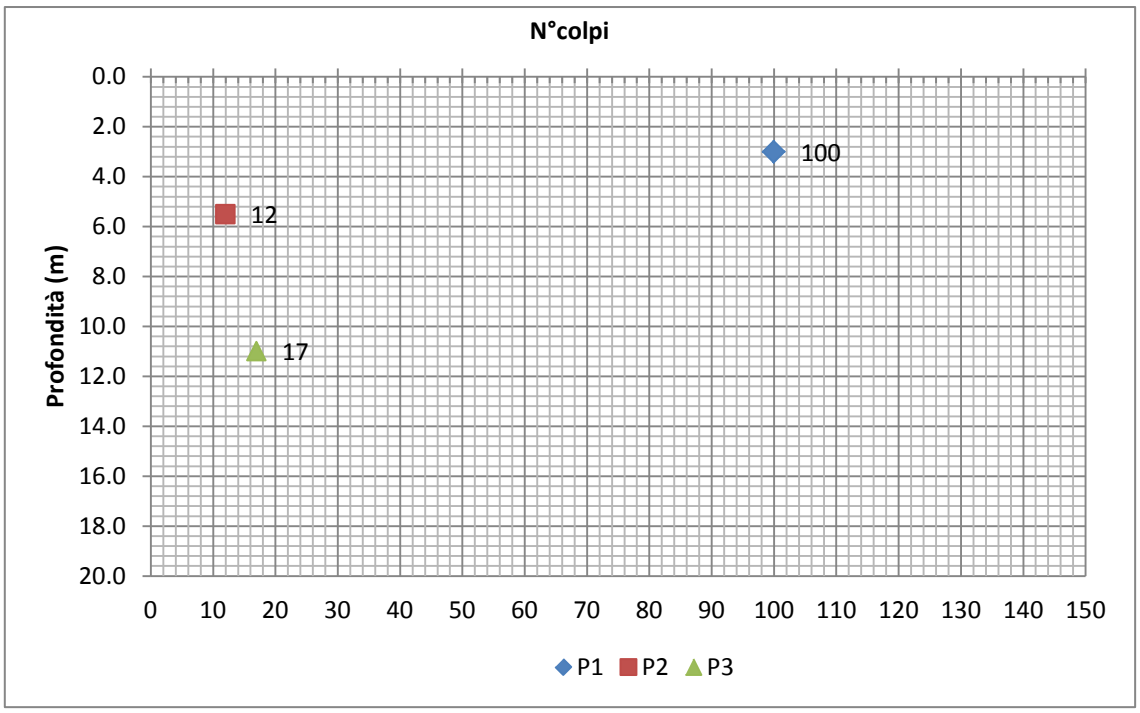
PROVE S.P.T. SONDAGGIO S1

Strumento utilizzato: PROVE SPT IN FORO

Prove eseguite in data: 08/07/2022

Falda non rilevata

Sondaggio (n°)	Prova (n°)	Profondità (m)	N_1	N_2	N_3	Nspt = N_2+N_3	Punta utilizzata
S1	P1	3.00	50	50	50	100	Punta chiusa
S1	P2	5.50	5	5	7	12	Punta aperta
S1	P3	11.00	6	7	10	17	Punta aperta



È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

Committenza: Acea Ato2 Spa	**Oggetto:** "Indagini Geognostiche asservite al Pozzo Pantano"				***Pagina 3 di 4***
Id prova:	**SPT 1**	Profondità prova:	**3,00 m**	Data esecuzione prova:	**08/07/2022**

Foto 1 Intervallo stratigrafico della prova S.P.T. 1

Id prova:	**SPT 2**	Profondità prova:	**5,50-5,95 m**	Data esecuzione prova:	**08/07/2022**

Foto 2 Intervallo stratigrafico della prova S.P.T. 2

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

Committenza: Acea Ato2 Spa		**Oggetto:** "Indagini Geognostiche asservite al pozzo pantano			***Pagina 4 di 4***
Id prova:	**SPT 3**	Profondità prova:	**11,00 – 11,45 m**	Data esecuzione prova:	**08/07/2022**

Foto 3 Intervallo stratigrafico della prova S.P.T. 3

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

METODOLOGIA DI LAVORO

Generalità

La prova "*Standard Penetration Test*" consiste nell'infiggere a percussione uno speciale campionatore a pareti grosse, di forma e dimensioni normalizzate (*Campionatore Raymond*) che, penetrando nel terreno, consente di valutarne la resistenza meccanica alla penetrazione in base al numero N di colpi infissi da un apposito maglio per un dato avanzamento. Con la prova viene anche prelevato un piccolo campione (non indisturbato) del terreno interessato. In alternativa al campionatore si può utilizzare una punta conica chiusa di dimensioni standard.

La normativa di riferimento per l'esecuzione di prove S.P.T. è la seguente:

- A.G.I. - Associazione Geotecnica Italiana – *Raccomandazioni per le Indagini Geotecniche* (1977);
- ASTM D1586;
- ISSMFE – Associazione Geotecnica Internazionale – *Procedura di Riferimento* (ISOPT 1-1988).

Attrezzature di perforazione

Il tubo campionatore, apribile longitudinalmente, ha le seguenti dimensioni:

- Diametro esterno: 50 ± 1 mm
- Diametro interno: 35 ± 1 mm
- Lunghezza minima (esclusa la scarpa tagliente terminale): 457 mm
- Lunghezza scarpa tagliente: 76 ± 1 mm

All'estremità superiore, il campionatore è munito di una valvola a sfera e di aperture di scarico e sfiato.

Le aste collegate al campionatore e/o alla punta conica utilizzate presentano le seguenti caratteristiche:

- Diametro: 76 mm
- Spessore: 5,9 mm
- Modulo di resistenza: 21,1 W ($x10^{-6}$ m^3)
- Peso per metro lineare: 12,7 Kg/m

Le aste vengono periodicamente controllate al fine di verificare che siano diritte, ben avvitate in corrispondenza dei giunti e con una flessione inferiore all'1‰.

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

Il dispositivo di percussione comprende:

- la testa di battuta in acciaio avvitata sulle aste;
- il maglio di acciaio da 63,5 ± 0,5 Kg;
- il dispositivo di rilascio automatico che consente al peso una caduta libera di 760 mm.

In presenza di materiali molto compatti o ghiaie grossolane, si utilizza la punta conica chiusa, anziché il campionatore di dimensioni standardizzate, avente le seguenti caratteristiche:

- angolo di apertura punta conica: 60°
- diametro esterno punta: 51 mm
- area punta: 20,417 cm^2

Modalità esecutive

La prova è stata eseguita nel corso della perforazione, al fondo del foro con lo scopo di determinare la resistenza meccanica alla penetrazione espressa come numero di colpi (N_{SPT}) necessari ad infiggere a pressione, per una profondità di 30 cm dopo una penetrazione preliminare di 15 cm, uno speciale campionatore (o nel caso la punta conica) di dimensioni standard. Viene determinato il numero di colpi necessari alla penetrazione di 45 cm, misurando separatamente in 3 tratti di 15 cm ciascuno (15-30-45 cm). Il valore N_{SPT} è la somma dei colpi misurati nel 2° e 3° tratto.

Se il numero di colpi necessari all'avanzamento del primo tratto, detto di avviamento, risulta superiore o uguale a 50, l'infissione viene sospesa, la prova è considerata conclusa e si annota la relativa penetrazione (ad esempio N_1=50/13 cm). Un altro caso in cui la prova viene terminata si verifica quando, superato il primo tratto di avviamento di 15 cm, con N_2+N_3=100 non si raggiunge l'avanzamento di 30 cm: l'infissione viene sospesa e si annota il relativo valore di penetrazione che rappresenta la condizione di "*Rifiuto*".

L'esecuzione della prova è stata fatta secondo le seguenti modalità:

- Prima di eseguire la prova, è stata controllata con scandaglio la quota del fondo del foro, confrontandola con quella raggiunta con l'ultima manovra di perforazione. Se tale differenza supera 7 cm, prima di procedere è stata effettuata una manovra di pulizia del materiale caduto sul fondo del foro, in modo da andare ad eseguire la prova in terreno relativamente indisturbato.
- Accertata la corrispondenza fra la quota di inizio della prova S.P.T. e quella misurata mediante il controllo di cui sopra, si è proceduto a calare a fondo del foro la batteria di prova. L'eventuale affondamento del campionatore, per peso proprio e delle aste, è stato annotato e compreso nei 45 cm complessivi di infissione;
- Durante l'infissione delle aste per ciascun tratto di 15 cm si è contato ed annotato il numero dei colpi del maglio, fino ad un massimo di 50 colpi (condizione di rifiuto). Le percussioni sono state eseguite con un ritmo compreso tra i 10 e i 30 colpi al minuto.

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

Documentazione fornita

Oltre ai dati generali, la documentazione definitiva contiene le seguenti informazioni principali sulla prova eseguita:

- quota del fondo del foro, controllata prima di iniziare al prova;
- numero di colpi (N) necessario per l'infissione di ciascuno dei tre tratti di 15 cm;
- eventuale "rifiuto";
- tipo di campionatore utilizzato (punta aperta o punta chiusa);
- lunghezza e descrizione del campione estratto, nel caso sia stato utilizzato il campionatore;
- tabulazione dei dati con relativo grafico che riporta l'Nspt in funzione della profondità;
- documentazione fotografica;
- ubicazione della zona di indagine con l'indicazione del punto di indagine tramite corografia di dettaglio.

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

GIA eXploring S.r.l.	ALLEGATO N.3 RAPPORTO N.247_SPT_1_3_2022 DATA DI EMISSIONE 14/07/2022

COROGRAFIA DELL'AREA DI STUDIO
COMUNE COLONNA (RM) POZZO PANTANO

0 10 20 m

● Prove penetrometriche dinamiche di tipo SPT

SPERIMENTATORE Ing. Angelo Giamberardino	DIRETTORE Geol. Camillo Giamberardino

Certificato n. 247/DPSH_1/2022
Data di emissione: 08/07/2022

Tipologia di prova in sito:

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA (DPSH)

Lavoro N: *015/2022*

Committente: *Acea Ato2 Spa*

Oggetto: *"Indagini Geognostiche asservite al Pozzo Pantano"*

Località: *Colonna (RM), Impianto Pozzo Pantano*

Coordinate geografiche del punto di indagine:
DPSH 1: lat.41.874414°; long. 12.738820°; QUOTA = 64 m s.l.m.

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PROVA DPSH

Rif. Norme	DIN 4094	
Peso Massa battente	63,5	Kg
Altezza di caduta libera	0,75	m
Peso sistema di battuta	0,63	Kg
Diametro punta conica	51,00	mm
Area di base punta	20,43	cm²
Lunghezza delle aste	1	m
Peso aste a metro	6,31	Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40	m
Avanzamento punta	0,20	m
Numero colpi per punta	N (20)	
Coeff. Correlazione	1,489	
Rivestimento/fanghi	No	
Angolo di apertura punta	90°	

Condizioni Ambientali:

Temperatura: non influente
Umidità: non influente
Disturbi Elettromagnetici: non influenti

Stima dell'incertezza dei risultati: ± 5%

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

PROVA DPSH 1

Strumento utilizzato: DPSH TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data: 29/06/2022
Profondita' prova: 12.20 mt
Falda non rilevata
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	3	0.855	26.94	31.52	1.35	1.58
0.40	6	0.851	53.64	63.04	2.68	3.15
0.60	6	0.847	49.01	57.86	2.45	2.89
0.80	12	0.843	97.59	115.72	4.88	5.79
1.00	10	0.840	80.98	96.43	4.05	4.82
1.20	10	0.836	80.64	96.43	4.03	4.82
1.40	10	0.833	80.32	96.43	4.02	4.82
1.60	10	0.830	73.92	89.11	3.70	4.46
1.80	11	0.826	81.00	98.02	4.05	4.90
2.00	15	0.773	103.35	133.66	5.17	6.68
2.20	17	0.770	116.66	151.48	5.83	7.57
2.40	19	0.767	129.88	169.31	6.49	8.47
2.60	19	0.764	120.26	157.35	6.01	7.87
2.80	9	0.811	60.48	74.54	3.02	3.73
3.00	9	0.809	60.27	74.54	3.01	3.73
3.20	10	0.806	66.75	82.82	3.34	4.14
3.40	9	0.803	59.88	74.54	2.99	3.73
3.60	7	0.801	43.37	54.15	2.17	2.71
3.80	7	0.798	43.23	54.15	2.16	2.71
4.00	6	0.796	36.95	46.41	1.85	2.32
4.20	5	0.794	30.70	38.68	1.53	1.93
4.40	5	0.791	30.61	38.68	1.53	1.93
4.60	5	0.789	28.64	36.28	1.43	1.81
4.80	5	0.787	28.56	36.28	1.43	1.81
5.00	5	0.785	28.48	36.28	1.42	1.81
5.20	4	0.783	22.73	29.03	1.14	1.45
5.40	5	0.781	28.34	36.28	1.42	1.81
5.60	6	0.779	31.95	41.00	1.60	2.05
5.80	4	0.777	21.25	27.34	1.06	1.37
6.00	5	0.775	26.50	34.17	1.32	1.71
6.20	4	0.774	21.15	27.34	1.06	1.37

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (CH) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

6.40	4	0.772	21.10	27.34	1.06	1.37
6.60	5	0.770	24.87	32.29	1.24	1.61
6.80	5	0.769	24.82	32.29	1.24	1.61
7.00	5	0.767	24.77	32.29	1.24	1.61
7.20	6	0.766	29.67	38.75	1.48	1.94
7.40	5	0.764	24.67	32.29	1.23	1.61
7.60	6	0.763	28.01	36.73	1.40	1.84
7.80	6	0.761	27.96	36.73	1.40	1.84
8.00	5	0.760	23.26	30.60	1.16	1.53
8.20	6	0.759	27.86	36.73	1.39	1.84
8.40	5	0.757	23.18	30.60	1.16	1.53
8.60	5	0.756	21.99	29.09	1.10	1.45
8.80	7	0.755	30.73	40.72	1.54	2.04
9.00	5	0.753	21.92	29.09	1.10	1.45
9.20	6	0.752	26.26	34.90	1.31	1.75
9.40	6	0.751	26.22	34.90	1.31	1.75
9.60	6	0.750	24.94	33.25	1.25	1.66
9.80	6	0.749	24.90	33.25	1.25	1.66
10.00	6	0.748	24.86	33.25	1.24	1.66
10.20	7	0.747	28.97	38.80	1.45	1.94
10.40	8	0.746	33.06	44.34	1.65	2.22
10.60	7	0.744	27.58	37.05	1.38	1.85
10.80	8	0.743	31.47	42.34	1.57	2.12
11.00	8	0.742	31.43	42.34	1.57	2.12
11.20	7	0.741	27.46	37.05	1.37	1.85
11.40	8	0.740	31.34	42.34	1.57	2.12
11.60	8	0.739	29.95	40.51	1.50	2.03
11.80	8	0.738	29.91	40.51	1.50	2.03
12.00	7	0.737	26.13	35.45	1.31	1.77
12.20	10	0.736	37.28	50.64	1.86	2.53

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

GIA eXploring S.r.l.
LABORATORIO DI INDAGINI GEOTECNICHE IN SITO
Geol. Camillo Giamberardino
Ing. Angelo Giamberardino
Arch. Rosanna Giamberardino

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

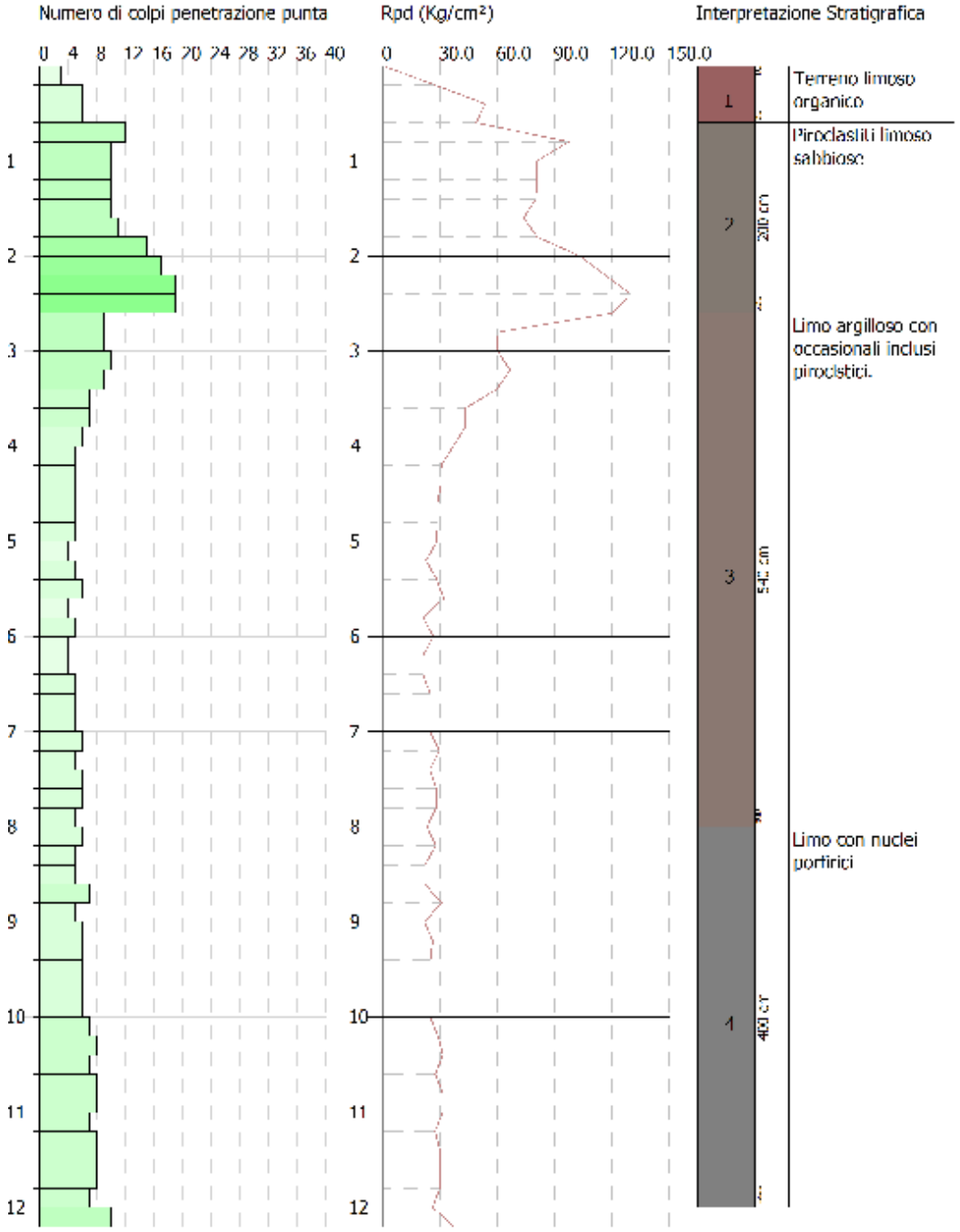
LABORATORIO AUTORIZZATO CON
DECRETO N. 7979 del 09/09/2010

n° 12991/07/00

SEDE LEGALE: via Cerrani, 66010 PRETORO (CH) – Tel. 0871 898023 - fax 0871 898214 – Website: www.giaexploring.it – E-mail: info@giaexploring.it
Gia Exploring S.r.l.
Via Cerrani, 27 - 66010 PRETORO (CH)
Tel. 0871 898023
Fax. 0871 898871

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: ACEA Spa 29/06/2022
Descrizione: Caratterizzazioni geologiche e geotecniche per la la progettazione di opere idrosanitarie - O.di S. n. 04 del 18.05.2022 -
Localita': Impianto Pozzo Pantano
Scala 1:60



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (Ch) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

E' richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

Committenza: *Acea Ato2 Spa*	**Oggetto:** *"Indagini Geognostiche asservite al Pozzo Pantano"*	***Pagina 5 di 5***

Id prova:	**DPSH 1**	Profondità prova:	**12.20 m**	Data esecuzione prova:	**29/06/2022**

Foto 1 Ubicazione prova DPSH 1

Foto 2 Ubicazione prova DPSH 1

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

Certificato n. 247/DPSH_2/2022 **Pagina 1 di 5**
Data di emissione: 08/07/2022

Tipologia di prova in sito:

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA (DPSH)

Lavoro N: *015/2022*

Committente: *Acea Ato2 Spa*

Oggetto: *"Indagini Geognostiche asservite al Pozzo Pantano"*

Località: *Colonna (RM), Impianto Pozzo Pantano*

Coordinate geografiche del punto di indagine:
DPSH 2: lat.41.874564°; long. 12.738781°; QUOTA = 64 m s.l.m.

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PROVA DPSH

Rif. Norme	DIN 4094	
Peso Massa battente	63,5	Kg
Altezza di caduta libera	0,75	m
Peso sistema di battuta	0,63	Kg
Diametro punta conica	51,00	mm
Area di base punta	20,43	cm²
Lunghezza delle aste	1	m
Peso aste a metro	6,31	Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40	m
Avanzamento punta	0,20	m
Numero colpi per punta	N (20)	
Coeff. Correlazione	1,489	
Rivestimento/fanghi	No	
Angolo di apertura punta	90°	

Condizioni Ambientali:

Temperatura: non influente
Umidità: non influente
Disturbi Elettromagnetici: non influenti

Stima dell'incertezza dei risultati: ± 5%

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (CH) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

PROVA DPSH 2

Strumento utilizzato: DPSH TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data: 29/06/2022
Profondita' prova: 12.20 mt
Falda non rilevata
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	3	0.855	26.94	31.52	1.35	1.58
0.40	6	0.851	53.64	63.04	2.68	3.15
0.60	7	0.847	57.18	67.50	2.86	3.38
0.80	6	0.843	48.80	57.86	2.44	2.89
1.00	8	0.840	64.78	77.15	3.24	3.86
1.20	6	0.836	48.39	57.86	2.42	2.89
1.40	6	0.833	48.19	57.86	2.41	2.89
1.60	5	0.830	36.96	44.55	1.85	2.23
1.80	6	0.826	44.18	53.47	2.21	2.67
2.00	5	0.823	36.68	44.55	1.83	2.23
2.20	5	0.820	36.54	44.55	1.83	2.23
2.40	6	0.817	43.69	53.47	2.18	2.67
2.60	4	0.814	26.97	33.13	1.35	1.66
2.80	3	0.811	20.16	24.85	1.01	1.24
3.00	5	0.809	33.49	41.41	1.67	2.07
3.20	5	0.806	33.38	41.41	1.67	2.07
3.40	6	0.803	39.92	49.69	2.00	2.48
3.60	5	0.801	30.98	38.68	1.55	1.93
3.80	5	0.798	30.88	38.68	1.54	1.93
4.00	6	0.796	36.95	46.41	1.85	2.32
4.20	6	0.794	36.84	46.41	1.84	2.32
4.40	7	0.791	42.86	54.15	2.14	2.71
4.60	7	0.789	40.09	50.80	2.00	2.54
4.80	7	0.787	39.98	50.80	2.00	2.54
5.00	8	0.785	45.57	58.06	2.28	2.90
5.20	6	0.783	34.09	43.54	1.70	2.18
5.40	7	0.781	39.68	50.80	1.98	2.54
5.60	4	0.779	21.30	27.34	1.06	1.37
5.80	3	0.777	15.94	20.50	0.80	1.03

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (CH) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

E richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

6.00	3	0.775	15.90	20.50	0.79	1.03
6.20	5	0.774	26.44	34.17	1.32	1.71
6.40	5	0.772	26.38	34.17	1.32	1.71
6.60	6	0.770	29.85	38.75	1.49	1.94
6.80	7	0.769	34.75	45.20	1.74	2.26
7.00	7	0.767	34.68	45.20	1.73	2.26
7.20	7	0.766	34.61	45.20	1.73	2.26
7.40	6	0.764	29.61	38.75	1.48	1.94
7.60	4	0.763	18.67	24.48	0.93	1.22
7.80	5	0.761	23.30	30.60	1.16	1.53
8.00	4	0.760	18.61	24.48	0.93	1.22
8.20	5	0.759	23.22	30.60	1.16	1.53
8.40	4	0.757	18.54	24.48	0.93	1.22
8.60	6	0.756	26.39	34.90	1.32	1.75
8.80	5	0.755	21.95	29.09	1.10	1.45
9.00	6	0.753	26.30	34.90	1.31	1.75
9.20	5	0.752	21.88	29.09	1.09	1.45
9.40	5	0.751	21.85	29.09	1.09	1.45
9.60	6	0.750	24.94	33.25	1.25	1.66
9.80	5	0.749	20.75	27.71	1.04	1.39
10.00	6	0.748	24.86	33.25	1.24	1.66
10.20	7	0.747	28.97	38.80	1.45	1.94
10.40	6	0.746	24.79	33.25	1.24	1.66
10.60	7	0.744	27.58	37.05	1.38	1.85
10.80	7	0.743	27.54	37.05	1.38	1.85
11.00	8	0.742	31.43	42.34	1.57	2.12
11.20	8	0.741	31.39	42.34	1.57	2.12
11.40	9	0.740	35.26	47.63	1.76	2.38
11.60	8	0.739	29.95	40.51	1.50	2.03
11.80	8	0.738	29.91	40.51	1.50	2.03
12.00	9	0.737	33.60	45.57	1.68	2.28
12.20	8	0.736	29.82	40.51	1.49	2.03

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (CH) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

GIA eXploring S.r.l.
LABORATORIO DI INDAGINI GEOTECNICHE IN SITO
Geol. Camillo Giamberardino
Ing. Angelo Giamberardino
Arch. Rosanna Giamberardino

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

LABORATORIO AUTORIZZATO CON DECRETO N. 7979 del 09/09/2010

n° 12991/07/00

SEDE LEGALE: via Cerrani, 66010 PRETORO (CH) – Tel. 0871 898023 - fax 0871 898214 – Website: www.giaexploring.it – E-mail: info@giaexploring.it

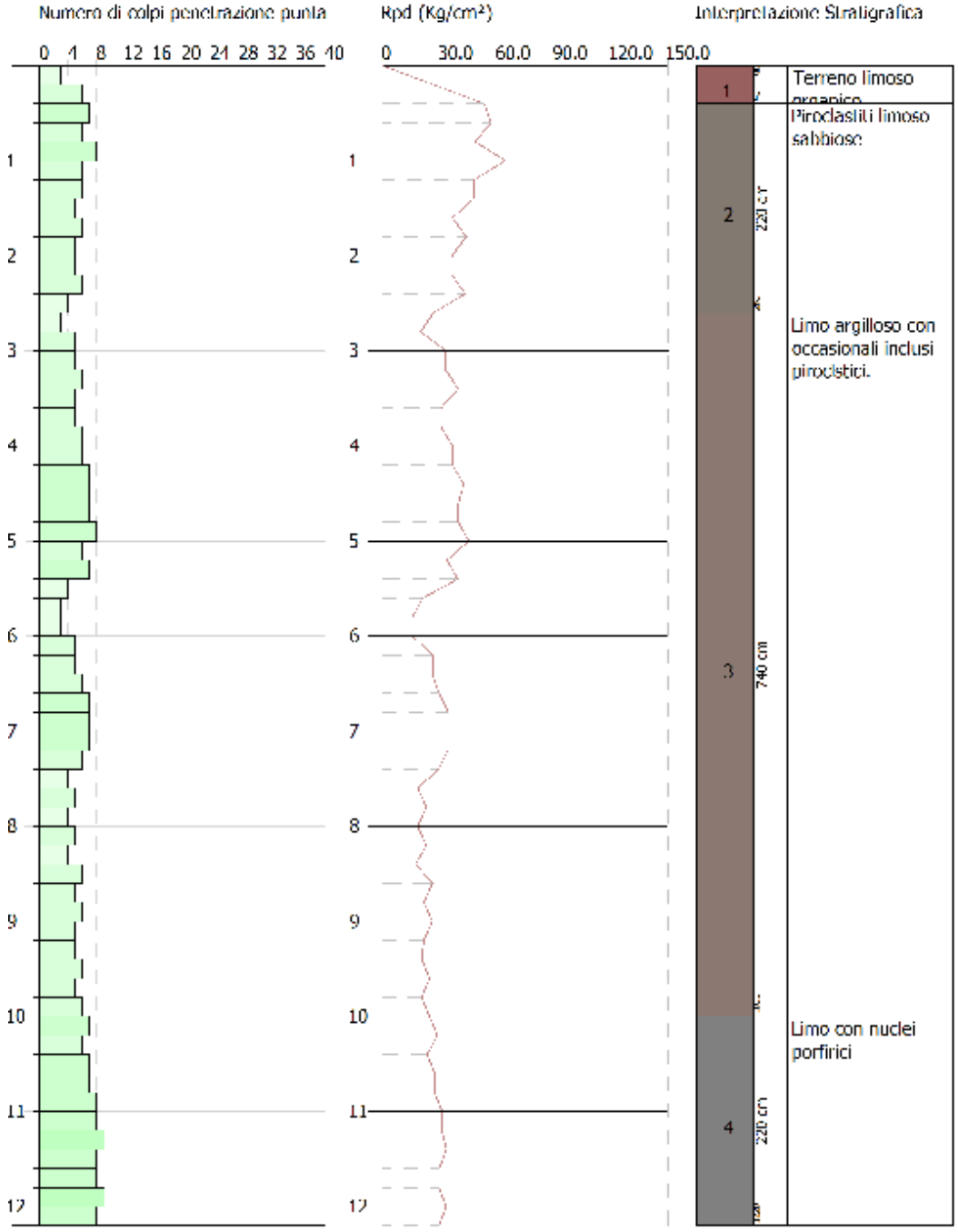
Gia Exploring S.r.l.
Via Cerrani, 27 66010 PRETORO (CH)
Tel. 0871 898023
Fax. 0871 898874

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: ACLA Spa
Descrizione: Caratterizzazione geologica e geotecnica per la progettazione di opere idrosanitarie
Localita': Impianto Pozzo Pantano

29/06/2022

Scala 1:60



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (MC) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

E' richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

Committenza: *Acea Ato2 Spa*	**Oggetto:** *"Indagini Geognostiche asservite al Pozzo Pantano"*	***Pagina 5 di 5***

Id prova:	**DPSH 2**	Profondità prova:	**12.20 m**	Data esecuzione prova:	**29/06/2022**

Foto 1 Ubicazione prova DPSH 1

Foto 2 Ubicazione prova DPSH 1

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

METODOLOGIA DI LAVORO

Generalità

La prova penetrometrica dinamica DPSH (*Dynamic Probing Super Heavy*) consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni *standard*, infissa per battitura nel terreno per mezzo di un idoneo dispositivo di percussione. Le informazioni che la prova fornisce sono di tipo continuo, poiché le misure di resistenza alla penetrazione sono eseguite durante tutta l'infissione. Il campo di utilizzo della prova comprende principalmente i terreni a granulometria grossolana, potendo altresì essere eseguita in pratica in tutti i tipi di terreno, coesivo o granulare. La prova fornisce una valutazione qualitativa del grado di addensamento e di consistenza dei terreni attraversati.

Normativa di riferimento

La normativa di riferimento per l'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche DPSH è la seguente:

- AGI, Associazione Geotecnica Italiana – *Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche* (1977);
- ISSMFE, Technical Committee on Penetration Testing Dynamic Probing (DP) *International Reference Test Procedure* (1988).

L'attrezzatura utilizzata è conforme alle norme sopra citate per penetrometri dinamici di classe superpesante o comunque rientra nelle tolleranze elencate nel successivo paragrafo. Le modalità esecutive non differiscono e sono specificate nel seguito.

Secondo la terminologia ISSMFE la prova eseguita fa parte del tipo "Super-Pesante (DPSH)".

Attrezzatura di prova

È stato utilizzato un penetrometro dinamico del tipo superpesante *DPSH TG 63-200 PAGANI* le cui caratteristiche tecniche-strumentali sono:

- Batteria di aste
  Lunghezza aste: 1 m
  Peso per metro lineare aste: 6,31 kg/m
  Diametro esterno aste: 32 ± 0,3 mm

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING Aut. Min. Infras. e Trasp. n° 7979/10 Laboratorio Prove Geotecniche in Sito

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

Penetrazione standard: 20 cm

- Punta conica collegata alla base delle aste

  Angolo di apertura della punta conica: 90°

  Diametro alla base del cono: 50,5 ± 0,5 mm

  Area della base del cono: 20 cm^2

  Lunghezza della punta: 25,2 ± 0,4 mm

  Lunghezza del mantello: 51 ± 2 mm

- Dispositivo di infissione con sollevamento e sganciamento automatico

  Massa battente: M = 63,5 ± 0,5 kg

  Peso sistema di battuta: Mp = 30 Kg

  Altezza di caduta: h = 750 ± 2 mm

Metodologia della prova

La prova è stata eseguita misurando il numero di colpi necessari per infiggere la punta conica nel terreno per tratti consecutivi di 20 cm (N_{20}), a partire dal piano campagna.

Il dispositivo di infissione della punta è costituito da un maglio del peso di 63,5 kg che, attraverso un meccanismo automatico di rilascio, cade liberamente a velocità costante da un'altezza di 75 cm. La testa di battuta, costruita in acciaio ad alta resistenza, è rigidamente fissata all'estremità superiore delle aste. Si è proceduto con un'infissione continua, mantenendo una velocità compresa fra 15 e 30 colpi al minuto. La prova viene interrotta quando il numero di colpi supera il valore di 100.

Fra la testa di battuta alla sommità della batteria e il piano campagna è stato installato un centratore con funzione di guida e di irrigidimento delle aste di infissione, per assicurarne la verticalità.

Documentazione fornita

La documentazione comprendere, oltre alle informazioni generali:

- tabulazione dei dati rilevati (numero di colpi N_{20}) per ciascuna verticale della prova;
- grafico del numero di colpi N_{20} in funzione della profondità;
- documentazione fotografica;
- ubicazione della zona di indagine con l'indicazione del punto di indagine tramite planimetria di dettaglio.

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING Aut. Min. Infras. e Trasp. n° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

GIA eXploring S.r.l.	ALLEGATO N.4 RAPPORTO N.247_1_2_2022_DPSH DATA DI EMISSIONE 14/07/2022

COROGRAFIA DELL'AREA DI STUDIO
COMUNE COLONNA (RM) POZZO PANTANO

0 10 20 m

Prova penetrometrica di tipo DPSH

SPERIMENTATORE Ing. Angelo Giamberardino	DIRETTORE Geol. Camillo Giamberardino

Tipologia di prova in sito:

PROVA SISMICA MULTICANALE MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*)

Lavoro N: *015/2022*

Committente: *Acea Ato2 Spa*

Oggetto: *"Indagini Geognostiche asservite al pozzo pantano"*

Località: *Colonna (RM), Pozzo Pantano*

Coordinate geografiche del punto di indagine:
MASW1
Geofono 1 - A: 41.874524°; long. 12.739275°; QUOTA = 65 m s.l.m.
Geofono 2 - B: 41.874421°; long. 12.738915°; QUOTA = 65 m s.l.m.

Caratteristiche Strumentali:

Sismografo multicanale DoReMi	16 bit
Frequenza propria geofoni verticali	4,5 Hz
Dinamica di base	96 dB
Massa battente	5 kg

Condizioni Ambientali:

Temperatura: 30°C ± 1
Umidità: non influente
Disturbi Elettromagnetici: non presenti

Stima dell'incertezza dei risultati: ± 5%

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (CH) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

RISULTATI DELLE ANALISI MASW

1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori 24
Distanza tra i sensori: 2m
Numero di campioni temporali 500
Passo temporale di acquisizione 2ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1000ms

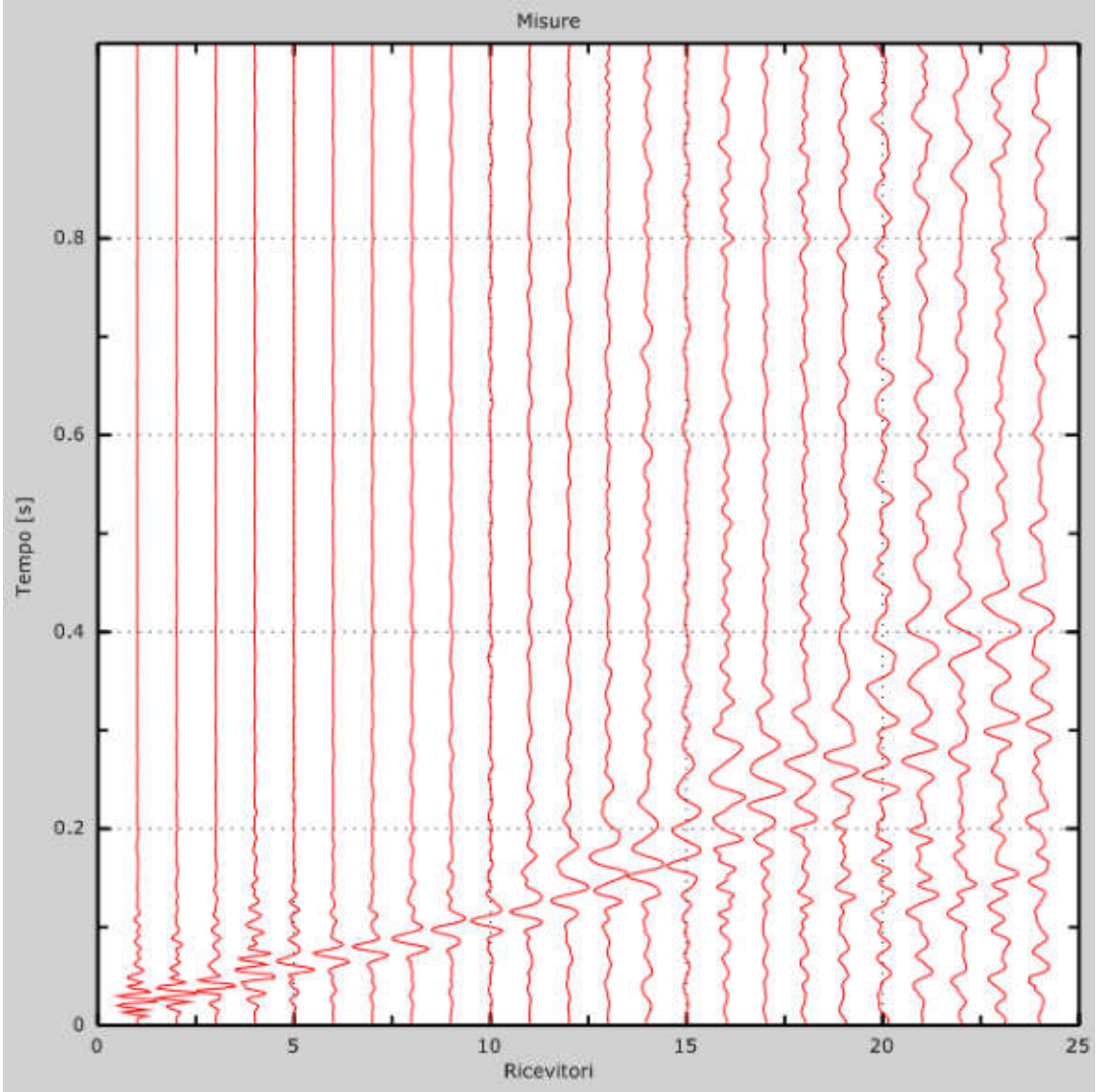


Figura 1: Tracce sperimentali.

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale 50Hz
Frequenza iniziale 2Hz

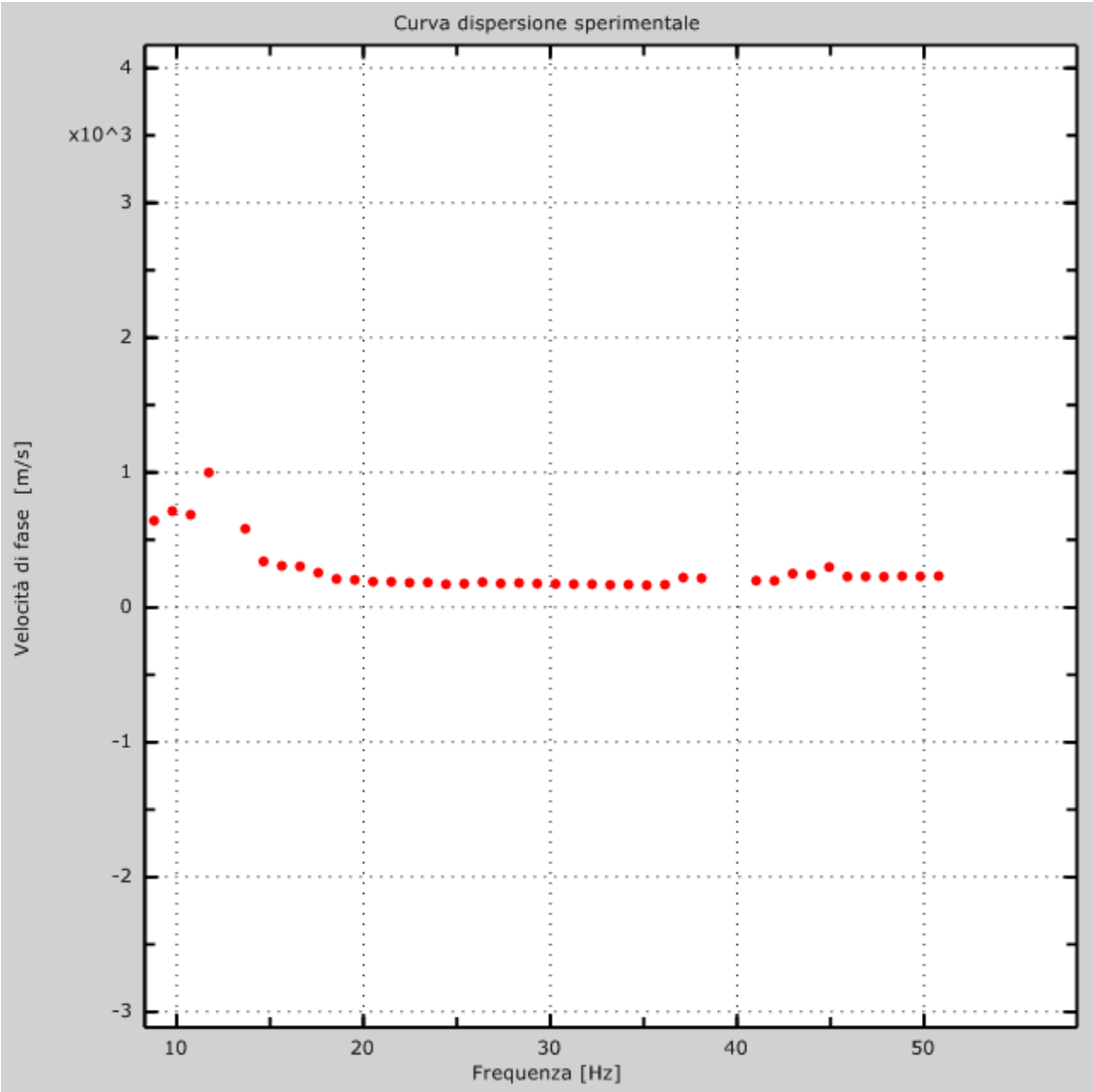


Figura 2: Curva di dispersione sperimentale.

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

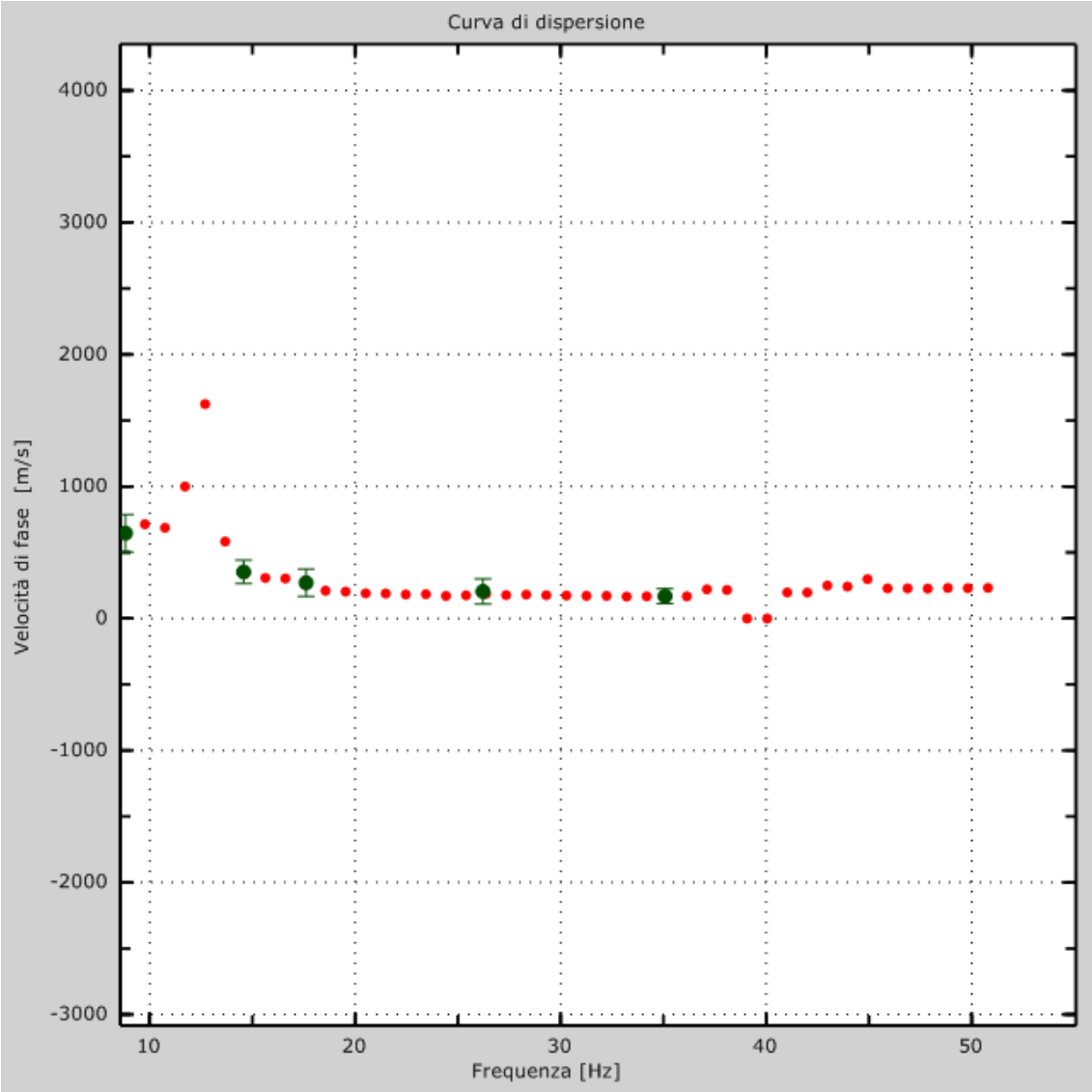


Figura 3: Curva di dispersione con relativo picking.

GIAEXPLORING (CH) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10
È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

3 - Profilo in sito

Si possono distinguere 6 sismostrati le cui caratteristiche vengono sintetizzate nella seguente tabella:

Velocità V_s (m/sec)	Profondità (m)
168	2
247	5
602	8
784	13
878	26
832	oo

Tabella 1 – Sismostrati individuati.

Strato 1

h [m] 2
z [m] ..... -2
Densità [kg/m^3] 1600
Vs fin.[m/s] 168

Strato 2

h [m] 3
z [m] ..... -5
Densità [kg/m^3] 1800
Vs fin.[m/s] 247

Strato 3

h [m] 3
z [m] ..... -8
Densità [kg/m^3] 1800
Vs fin.[m/s] 602

Strato 4

h [m] 13
z [m] ..... -21
Densità [kg/m^3] 1950
Vs fin.[m/s] 784

Strato 5

h [m] 5
z [m] ..... -26
Densità [kg/m^3] 2000
Vs fin.[m/s] 878

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

Strato 6

h [m] 0
z [m] ..... -oo
Densità [kg/m^3] 1950
Vs fin.[m/s] 832

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

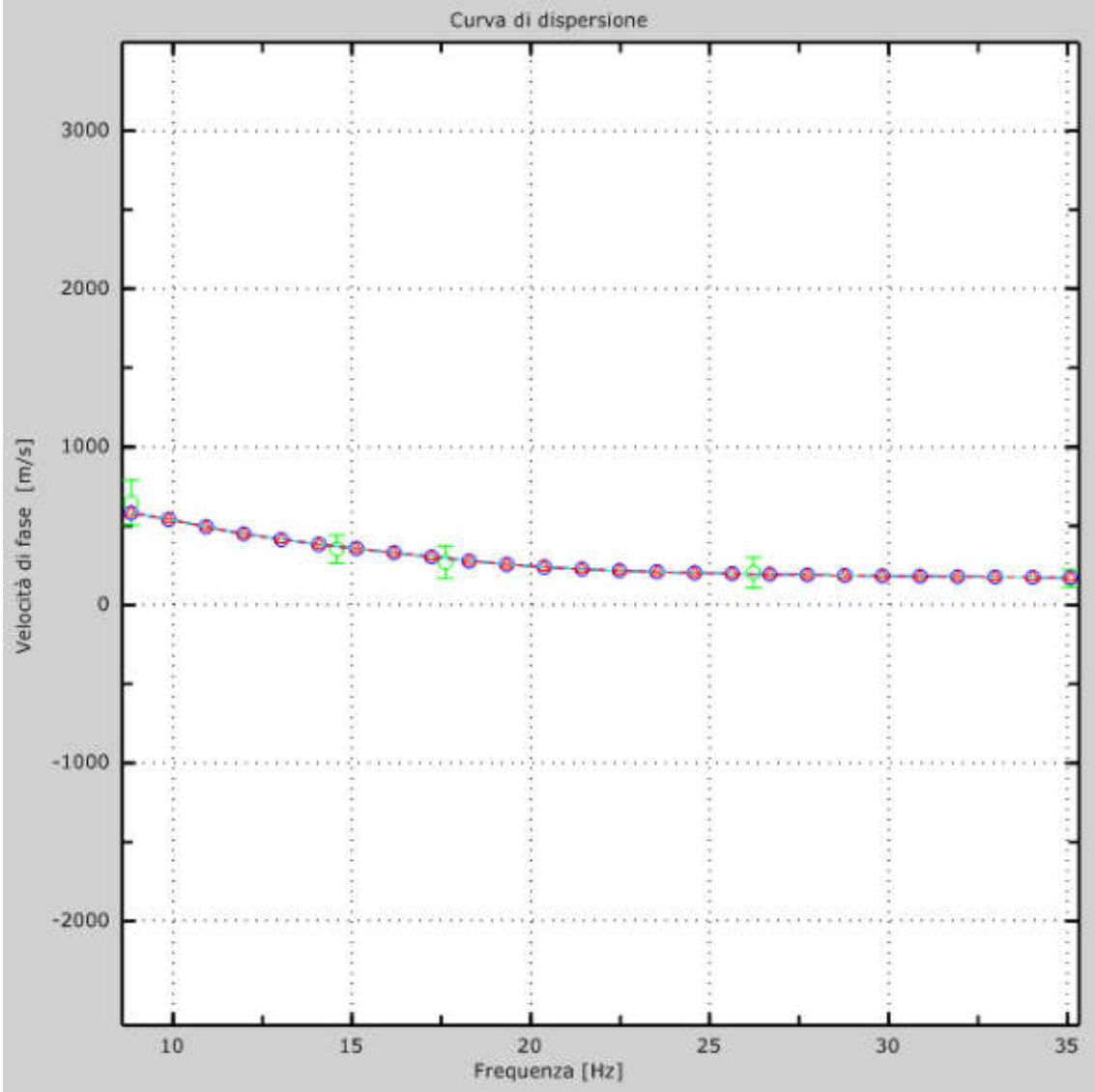


Figura 3: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di *Rayleigh* (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

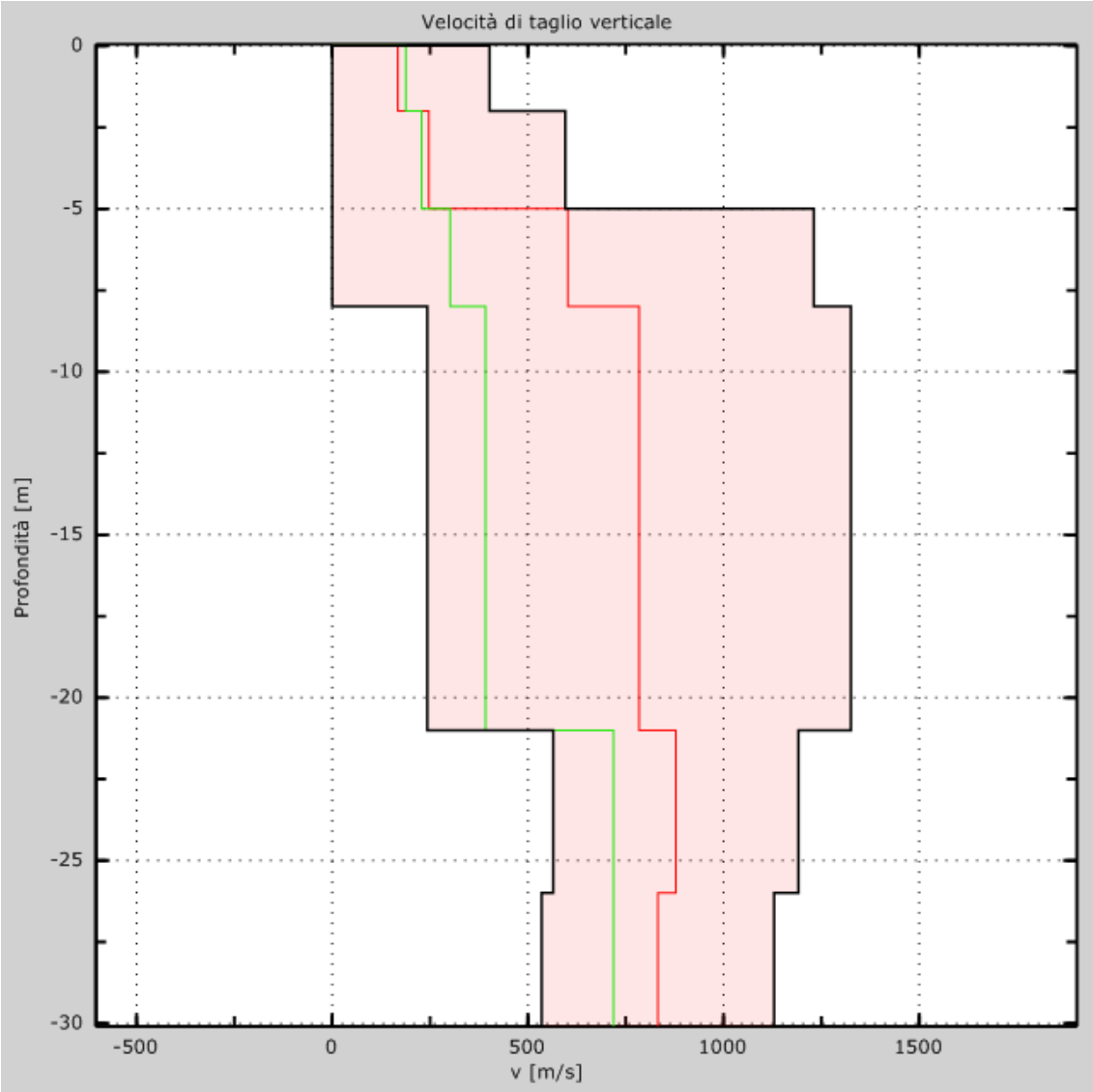


Figura 4: Profilo verticale monodimensionale di velocità V_S ottenuto dall'inversione della curva di dispersione.

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

4 – Il parametro $V_{S,eq}$

La vigente normativa sismica ("*Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni*" del 17 gennaio 2018), prevede una classificazione del suolo di fondazione in funzione della velocità delle onde S.

Il parametro $V_{s,eq}$ rappresenta pertanto la velocità media di propagazione delle onde S nei depositi posti al di sopra del substrato rigido quando questo ha una profondità H<30 metri. Nel caso in cui H>30, si calcola la $V_{s,eq}$ ad una profondità di 30 metri. La $V_{s,eq}$ è il parametro geofisico che rappresenta meglio la variabilità geotecnica dei materiali geologici presenti nel sottosuolo. Esso viene calcolato mediante la seguente espressione:

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

dove:

h_i indica lo spessore (in m) dell'i-esimo strato, per un totale di N numero di strati presenti; $V_{s,i}$ indica la velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato, per un totale di N numero di strati presenti; H è la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiori a 800 m/s.

In base al valore della $V_{S,eq}$ si identificano 5 categorie del suolo di fondazione che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato, distinte nella tabella seguente:

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

Tabella 1 – Categorie di sottosuolo.

Per la <u>prova MASW 1</u> si ha: Piano di riferimento z=0 [m]

V_s Eq$_{(13)}$ [m/s] **380**

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

GIAEXPLORING (CH) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10 Laboratorio Geotecnico in Sito Pretoro
È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Foto 1 – Ubicazione della linea MASW.

Foto 2 – Ubicazione della linea MASW.

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

Tipologia di prova in sito:

PROVA SISMICA MULTICANALE MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*)

Lavoro N: *015/2022*

Committente: *Acea Ato2 Spa*

Oggetto: *"Indagini Geognostiche asservite al pozzo pantano"*

Località: *Colonna (RM), Pozzo Pantano*

Coordinate geografiche del punto di indagine:
MASW2
Geofono 1 - A: 41.874477°; long. 12.739297°; QUOTA = 65 m s.l.m.
Geofono 2 - B: 41.874737°; long. 12.739152°; QUOTA = 65 m s.l.m.

Caratteristiche Strumentali:

Sismografo multicanale DoReMi	16 bit
Frequenza propria geofoni verticali	4,5 Hz
Dinamica di base	96 dB
Massa battente	5 kg

Condizioni Ambientali:

Temperatura: 30°C ± 1
Umidità: non influente
Disturbi Elettromagnetici: non presenti

Stima dell'incertezza dei risultati: ± 5%

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (CH) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

RISULTATI DELLE ANALISI MASW

1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori 24
Distanza tra i sensori: 2m
Numero di campioni temporali 500
Passo temporale di acquisizione 2ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1000ms

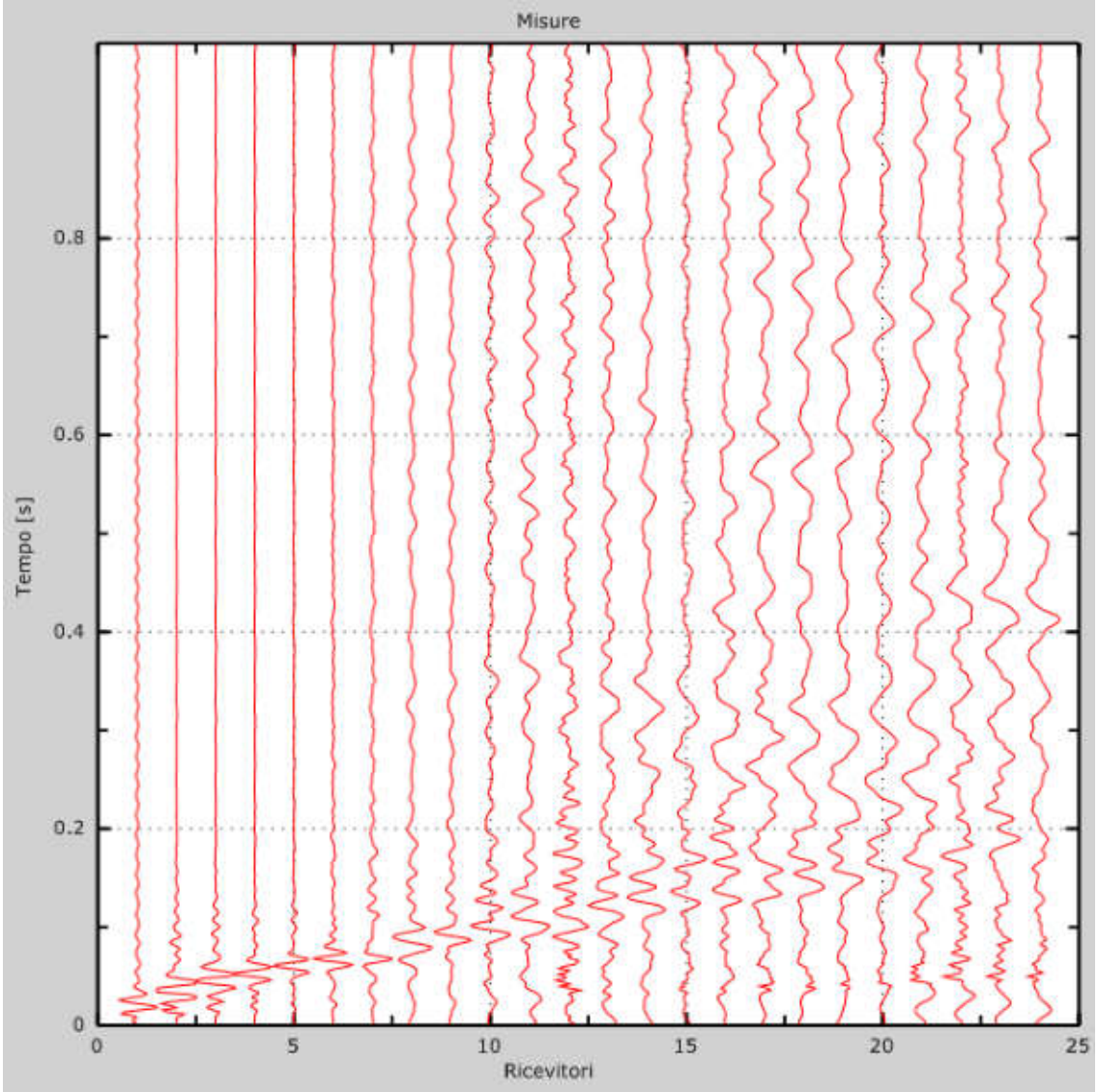


Figura 1: Tracce sperimentali.

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale 50Hz
Frequenza iniziale 2Hz

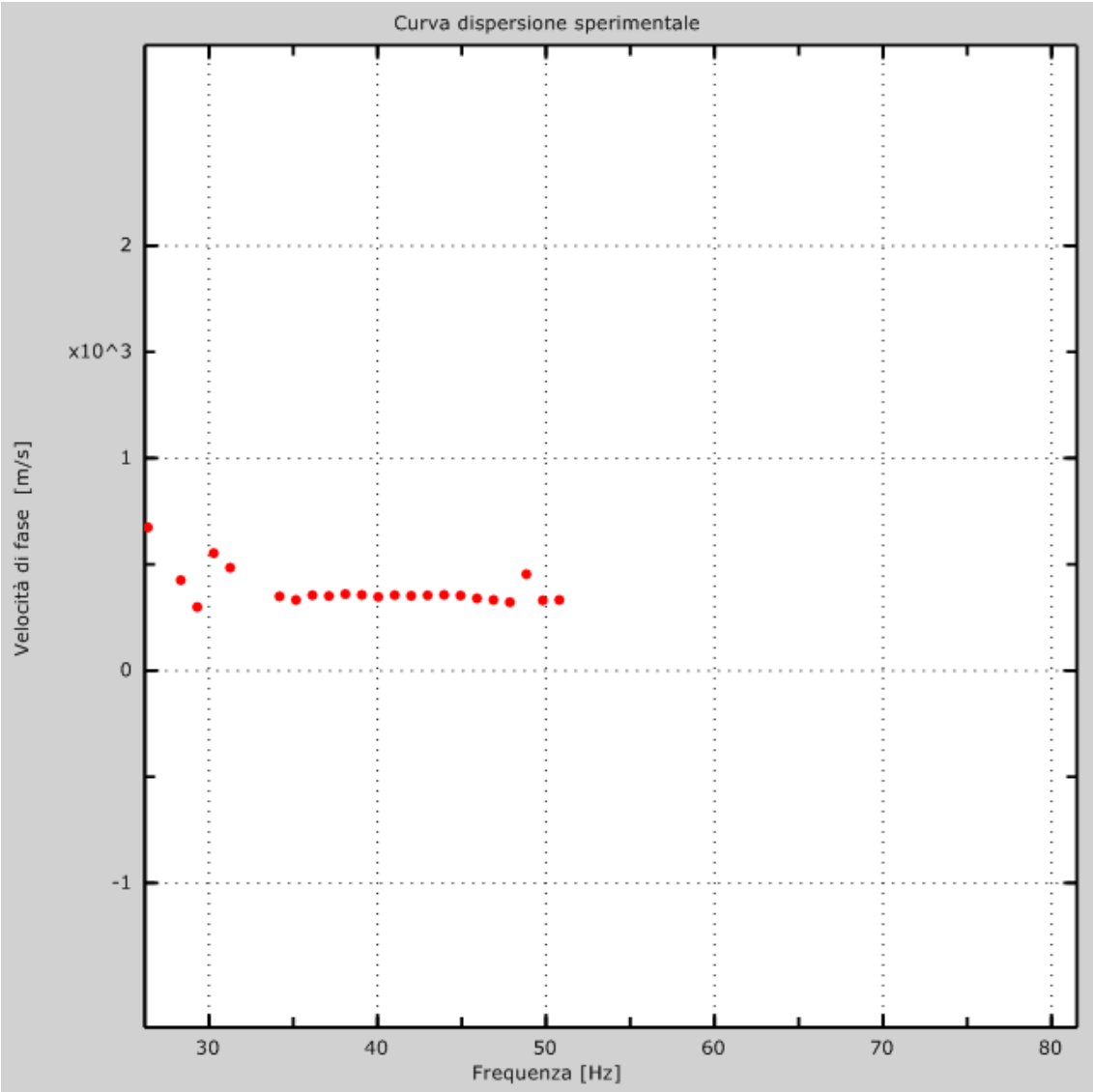


Figura 2: Curva di dispersione sperimentale.

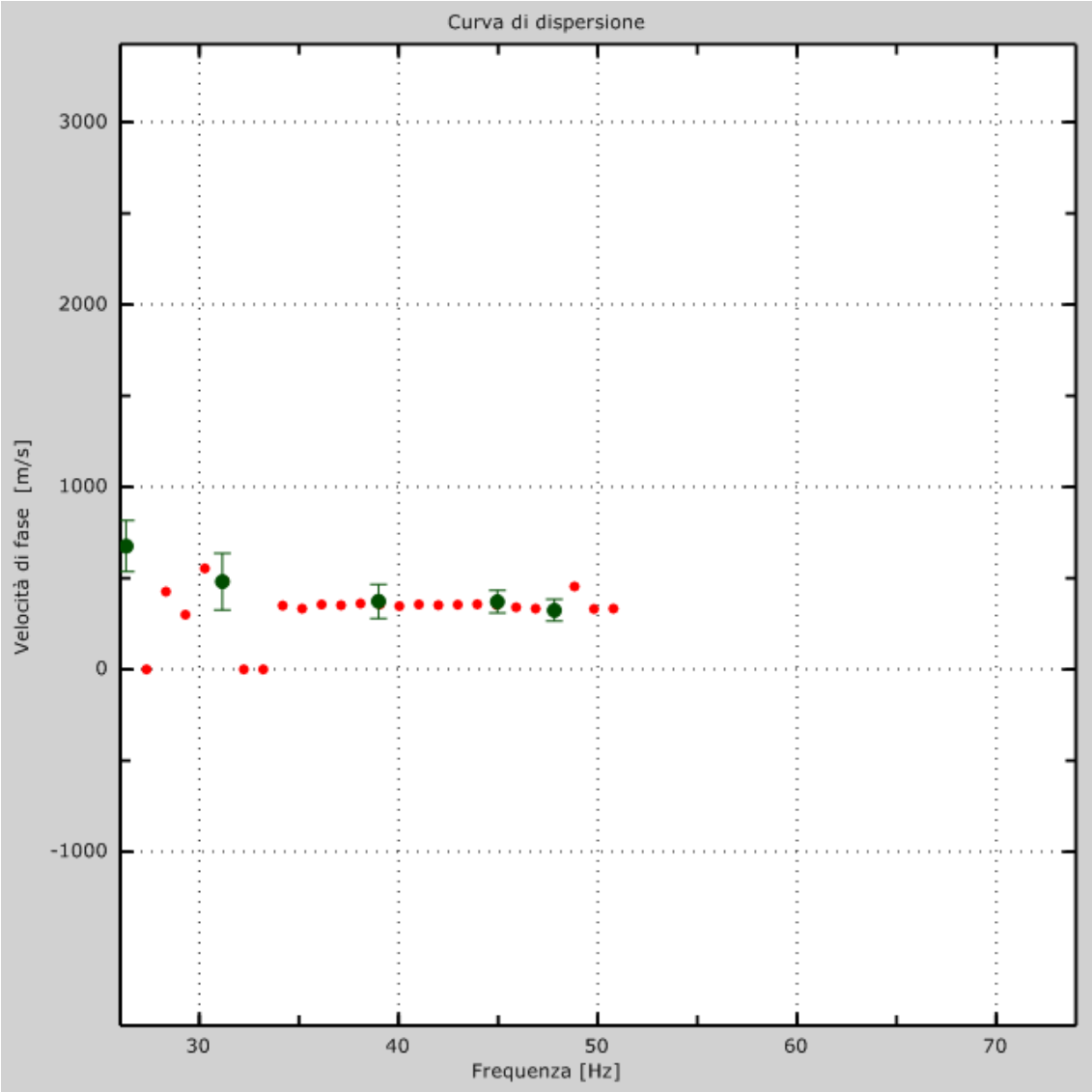


Figura 3: Curva di dispersione con relativo picking.

GIAEXPLORING (CH) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10
È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

3 - Profilo in sito

Si possono distinguere 4 sismostrati le cui caratteristiche vengono sintetizzate nella seguente tabella:

Velocità V_s (m/sec)	Profondità (m)
360	2
411	5
535	8
751	oo

Tabella 1 – Sismostrati individuati.

Strato 1

h [m] 2
z [m] ..... -2
Densità [kg/m^3] 1600
Vs fin.[m/s] 360

Strato 2

h [m] 3
z [m] ..... -5
Densità [kg/m^3] 1800
Vs fin.[m/s] 411

Strato 3

h [m] 3
z [m] ..... -8
Densità [kg/m^3] 1800
Vs fin.[m/s] 535

Strato 4

h [m] 0
z [m] ..... -oo
Densità [kg/m^3] 1950
Vs fin.[m/s] 751

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

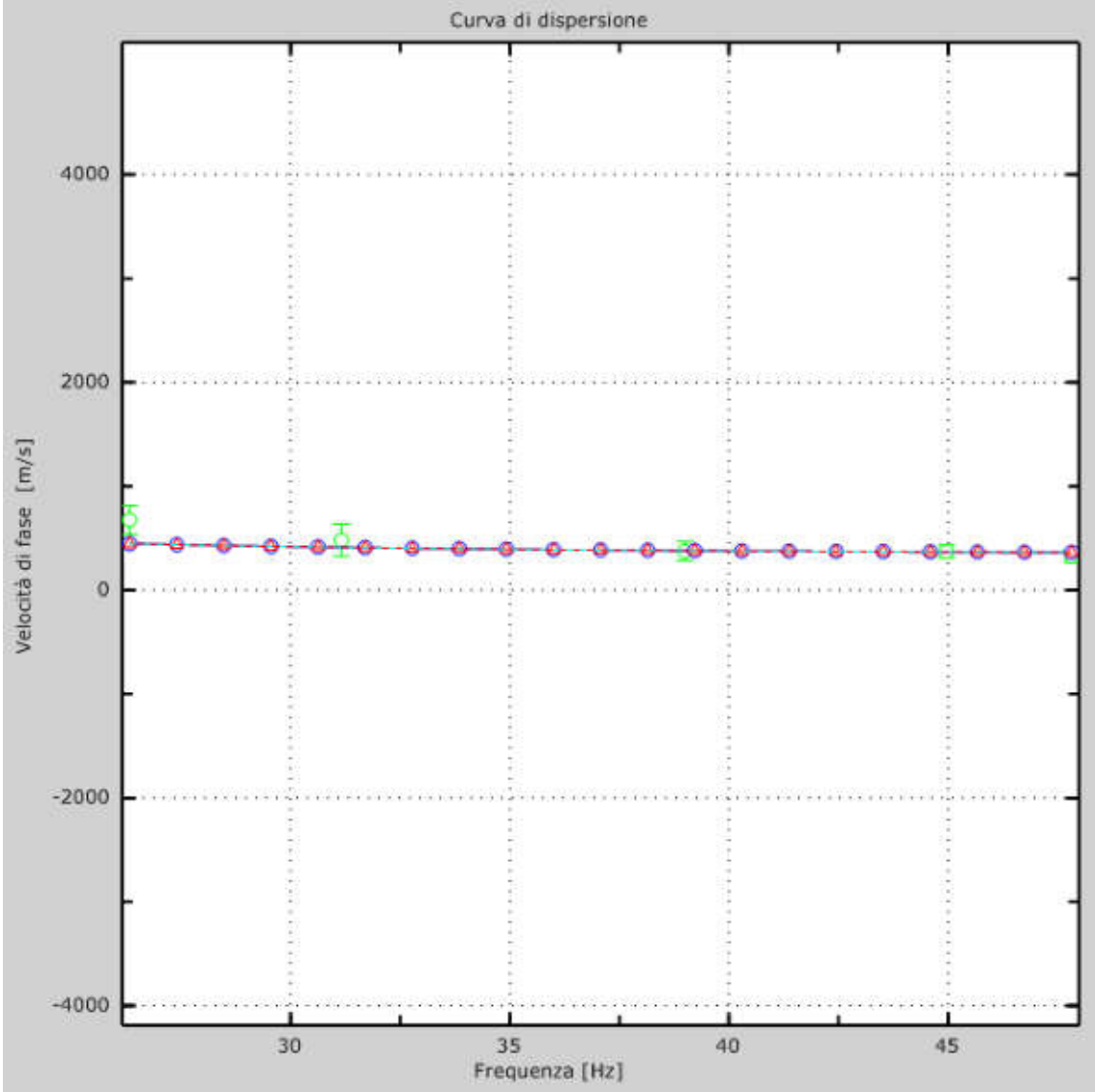


Figura 3: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di *Rayleigh* (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

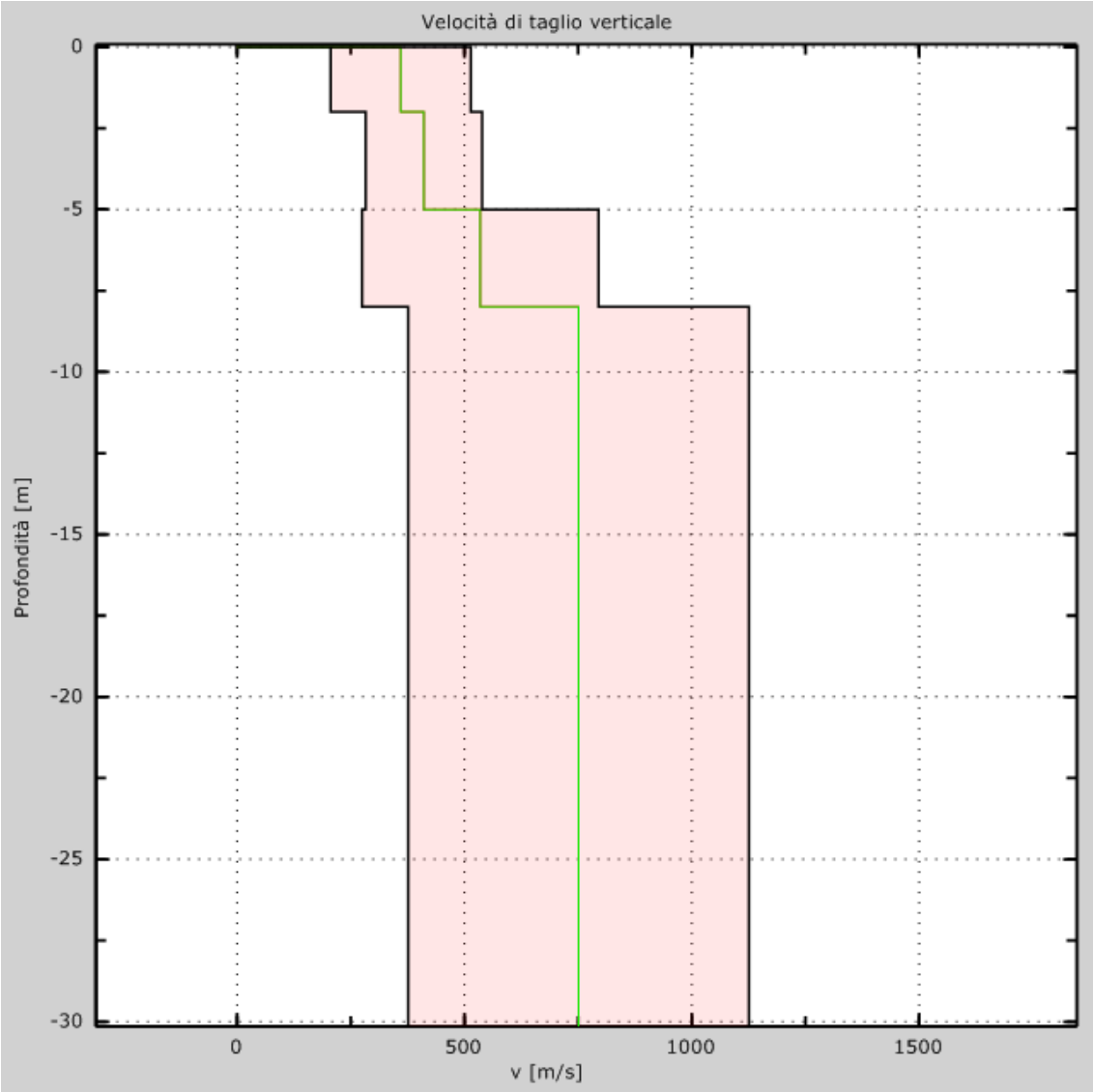


Figura 4: Profilo verticale monodimensionale di velocità V_S ottenuto dall'inversione della curva di dispersione.

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

4 – Il parametro $V_{S,eq}$

La vigente normativa sismica ("*Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni*" del 17 gennaio 2018), prevede una classificazione del suolo di fondazione in funzione della velocità delle onde S.

Il parametro $V_{s,eq}$ rappresenta pertanto la velocità media di propagazione delle onde S nei depositi posti al di sopra del substrato rigido quando questo ha una profondità H<30 metri. Nel caso in cui H>30, si calcola la $V_{s,eq}$ ad una profondità di 30 metri. La $V_{s,eq}$ è il parametro geofisico che rappresenta meglio la variabilità geotecnica dei materiali geologici presenti nel sottosuolo. Esso viene calcolato mediante la seguente espressione:

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

dove:

h_i indica lo spessore (in m) dell'i-esimo strato, per un totale di N numero di strati presenti; $V_{s,i}$ indica la velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato, per un totale di N numero di strati presenti; H è la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiori a 800 m/s.

In base al valore della $V_{S,eq}$ si identificano 5 categorie del suolo di fondazione che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato, distinte nella tabella seguente:

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

Tabella 1 – Categorie di sottosuolo.

Per la <u>prova MASW 2</u> si ha: Piano di riferimento z=0 [m]

V_s 30 [m/s].....**628**

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Foto 1 – Ubicazione della linea MASW.

Foto 2 – Ubicazione della linea MASW.

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

ALLEGATO n. 5
RAPPORTO n. 141/MASW_1_2/2022
DATA DI EMISSIONE: 14/07/2022

METODOLOGIA DI LAVORO

Generalità

Il metodo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) si basa sull'elaborazione delle proprietà spettrali delle onde superficiali di *Rayleigh*, registrate in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) disposti sulla superficie del suolo secondo uno stendimento lineare, per la costruzione di un modello monodimensionale verticale di velocità di propagazione delle onde di taglio V_s.

Le onde di *Rayleigh* si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato, sono polarizzate sul piano verticale e caratterizzate sia da componenti longitudinali che trasversali. Le particelle descrivono un movimento ellittico in senso retrogrado rispetto alla direzione di propagazione delle onde che vengono generate, con l'asse maggiore dell'ellisse parallelo alla superficie libera del mezzo (Fig. 1). L'ampiezza degli spostamenti decresce esponenzialmente con la profondità fino ad estinguersi ad una quota di poco superiore alla lunghezza d'onda λ della sollecitazione indotta (*skin-depth*).

Fig. 1 – Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di *Rayleigh*.

La proprietà fondamentale delle onde superficiali di *Rayleigh* sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_s è la loro natura dispersiva che si manifesta quando si propagano in mezzi stratificati.

La dispersione consiste nella variazione della velocità di fase in funzione della frequenza, così onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali mentre onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi (fig. 2). In generale, con l'aumento della lunghezza d'onda (abbassamento di frequenza) la profondità coinvolta dalla propagazione dell'onda è via via maggiore. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga.

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

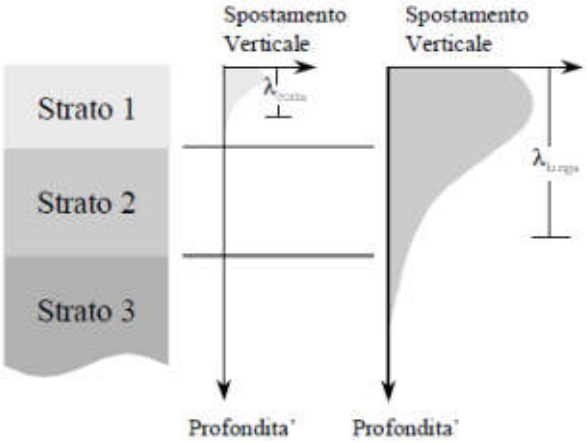


Fig. 2 – La profondità investigata dalle onde di *Rayleigh* dipende dalla lunghezza d'onda λ, dalla velocità delle onde di taglio V_s e dalla frequenza *f*: onde a piccola lunghezza d'onda interessano gli strati più superficiali mentre onde a maggiore lunghezza d'onda interessano anche gli strati più profondi.

Un'altra caratteristica rilevante delle onde di *Rayleigh* è che esse subiscono un'attenuazione geometrica più debole rispetto a quella delle onde di volume in superficie poiché tali onde si propagano lungo fronti d'onda cilindrici con attenuazione proporzionale all'inverso della radice di *r* (dove *r* è la distanza dalla sorgente) e non all'inverso di *r* come per le onde di corpo; pertanto a grandi distanze dalla sorgente esse costituiscono la componente principale del moto.

La velocità con cui si propaga l'onda di *Rayleigh* V_R risulta sperimentalmente assai prossima a quella delle onde di taglio V_S (variando in funzione del coefficiente di *Poisson* ν tra 0,86 e 0,95) secondo la relazione:

$$V_R = \frac{0{,}862 + 1{,}14\nu}{1+\nu} V_S \cong 0{,}92 V_S$$

È possibile così determinare il profilo verticale di velocità delle onde di taglio V_S e le caratteristiche meccaniche del terreno tramite la misura delle onde superficiali di *Rayleigh*, particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti ed ambienti rumorosi.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore coerente da eliminare per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro natura dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

Schema esecutivo della prova

Il metodo di indagine MASW generalmente fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo compresa tra i 10 e i 50 m in quanto consente di ottenere una velocità di fase sperimentale apparente all'interno del *range* di frequenze 5-70 Hz.

I fondamenti teorici di questo metodo fanno riferimento a una superficie topografica pianeggiante e ad un semispazio elastico, omogeneo ed isotropo con strati paralleli ed orizzontali.

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

L'intero processo comprende quattro passi successivi:

1) acquisizione multicanale delle onde superficiali generate da una sorgente energizzante artificiale lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni (fig. 3);

2) costruzione della curva di dispersione sperimentale (velocità di fase in funzione della frequenza) caratteristica del sito in esame;

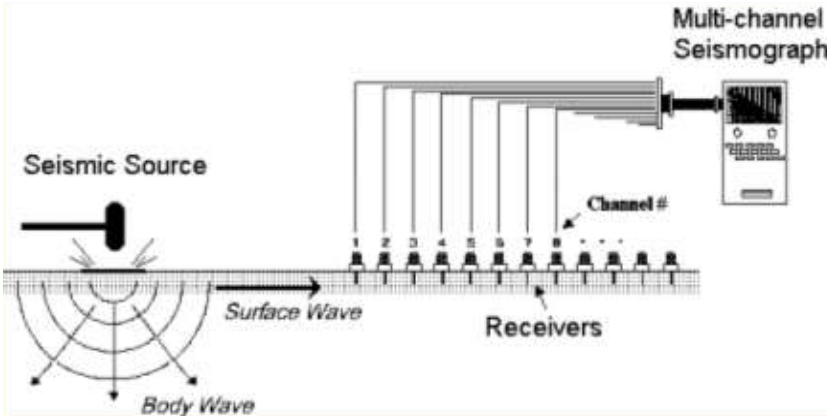


Fig. 3 – Schema di acquisizione dei segnali sismici con metodo MASW.

3) calcolo della velocità di fase apparente numerica (curva di dispersione numerica);

4) inversione della curva di dispersione per ottenere una stima del profilo verticale delle V_s ad essa associato, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico (fig. 4).

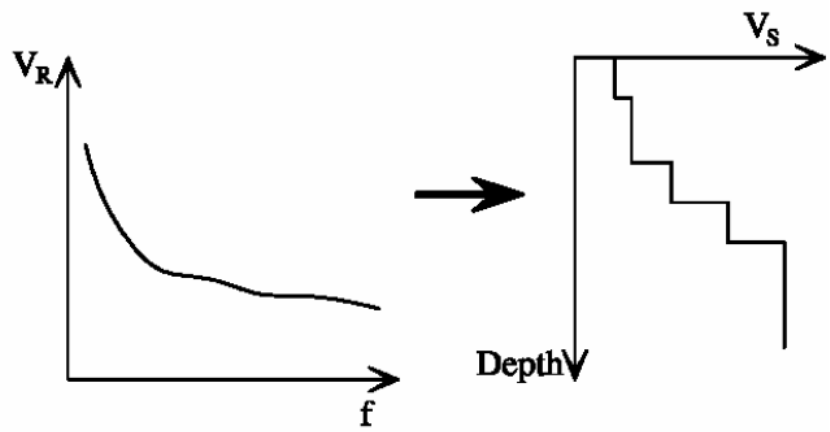


Fig. 4 – Curva di dispersione (a sinistra) e profilo di velocità delle onde di taglio in funzione della profondità (a destra) ricavato tramite processo di inversione.

L'analisi di inversione viene compiuta utilizzando un algoritmo che simula teoricamente, secondo alcune ipotesi semplificative, il fenomeno della propagazione delle onde superficiali in un mezzo stratificato.

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

L'obiettivo dell'algoritmo di inversione è la determinazione di quel profilo incognito di velocità delle onde di taglio la cui curva di dispersione teorica calcolata con la simulazione numerica approssima al meglio quella determinata sperimentalmente. Modificando opportunamente lo spessore, la velocità delle onde di taglio e quella delle onde di compressione, si cerca di raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la curva di dispersione sperimentale e quella numerica corrispondente al modello assegnato.

Dei valori approssimati per il coefficiente di *Poisson* e per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale V_s dalla curva di dispersione e vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.

In genere, quando l'errore relativo tra curva sperimentale e curva numerica è compreso tra il 5% e il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio V_s e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresentano una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

Dopo aver determinato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s è possibile procedere al calcolo della velocità ($V_{s,\,eq}$) e quindi individuare la categoria sismica del suolo.

Strumentazione adottata

L'apparecchiatura utilizzata per la prova si compone di:

- sistema sorgente;
- *trigger*;
- sistema di ricezione;
- sistema di acquisizione dati.

È stata utilizzata una sorgente sismica impulsiva ossia una mazza battente su piastra in alluminio disposta sul terreno.

Come *trigger* è stato utilizzato un geofono verticale posto in prossimità della piastra in modo tale da individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

Il sistema di ricezione si compone di 24 geofoni verticali GS11D 4,5 Hz – *Geospace Technology* – Huston, Texas (USA) aventi le seguenti caratteristiche tecniche:

- *Natural frequency*: 4.5 Hz;
- *Operational range*: Vertical to 7°;
- *Dc resistance*: 4000 ohm;
- *Damping*: 0.7 (with internal damping resistor already applied of 18200 ohm);
- *Moving mass*: 23.6 grams
- *Sensitivity*: 90 V/m/s

I sensori sono equipaggiati con un contenitore a tenuta d'acqua e chiodo per l'inserimento nel terreno.

Il sistema di acquisizione dati è di tipo multicanale *DoReMi* in grado di registrare su ciascun canale in formato digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica a 16 bit. Esso è collegato a ciascuno dei trasduttori di velocità e al *trigger*.

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

Le caratteristiche tecniche principali per ogni canale del sismografo sono:

- Tipo di convertitore A/D: SAR;
- Risoluzione: 16 bit;
- Dinamica di base: 96 dB;
- Frequenza massima di campionamento: 20.000 Hz;
- Memoria per canale: 64.000 byte;
- Numero massimo di campioni: 30.000;

L'unità di interfaccia, interposta fra la catena strumentale e il personal computer, presiede all'alimentazione dello strumento, alla corretta comunicazione con il pc e all'erogazione precisa del segnale di *start* proveniente dalla fonte di energizzazione.

I parametri delle stese sismiche sono i seguenti:

- Tempo di registrazione T = 1 sec;
- Intervallo di campionamento Δt = 2 msec;
- Frequenza di campionamento f = 500 Hz.

La frequenza massima dei segnali registrati, ovvero la frequenza di *Nyquist*, è quindi data da: $f_{Nyquist} = 1/2\Delta t = 250Hz$. La loro frequenza minima è invece pari a: $f_{\min} = 1/T = 1Hz$.

I segnali sismici acquisiti sono stati elaborati con il *software MASW, versione 3.0.1.1* per la determinazione della sismostratigrafia del sottosuolo.

Documentazione fornita

È stata realizzata una campagna di prospezione geofisica sismica consistente nell'esecuzione di n. 2 profili sismici con tecnica MASW a 24 geofoni con distanza intergeofonica di 2 m e punto di battuta posizionato a sia a 2 metri sia a 4 metri di distanza dal primo e dall'ultimo geofono.

La prova è stata ripetuta più volte cambiando la distanza sorgente-geofono (*offset*) in modo da disporre di più registrazioni e l'intera procedura sperimentale è stata rifatta spostando la sorgente in posizione diametralmente opposta rispetto ai ricevitori.

Si tenga conto che per ogni stendimento MASW, sono stati analizzati i profili sismici ottenuti dalle battute dirette e reciproche e dal loro *stacking* per poi scegliere il profilo di velocità con il valore di *misfit* più basso.

Oltre ai dati generali, la documentazione definitiva contiene:

- curva di dispersione;
- profilo verticale delle V_s ad essa associato, posizionato nel punto medio dello stendimento geofonico
- tabulazione dei dati con l'indicazione del Vs,eq;
- documentazione fotografica.

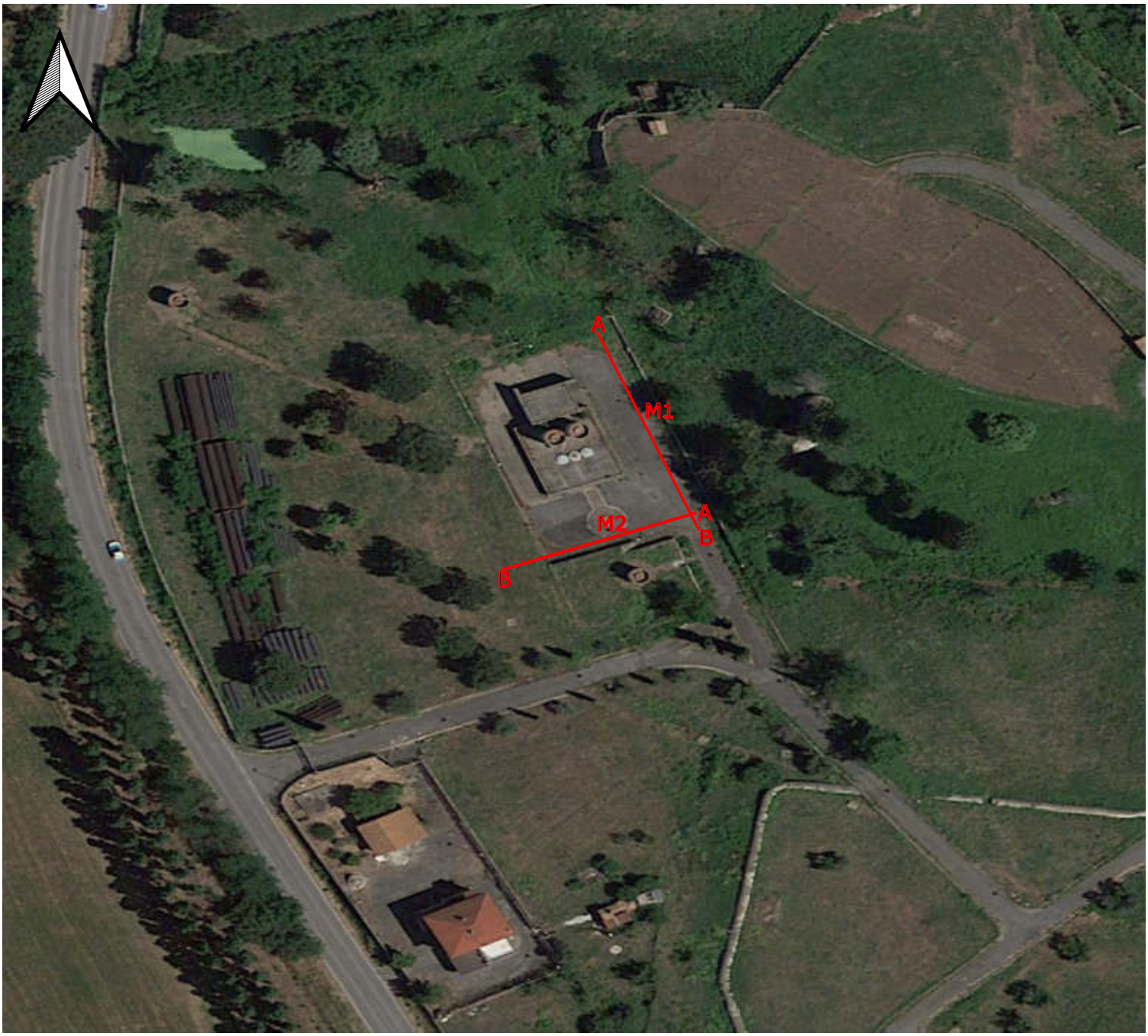
SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

GIA eXploring S.r.l.	ALLEGATO N.5 RAPPORTO N.141_MASW_1_2022 DATA DI EMISSIONE 14/07/2022

COROGRAFIA DELL'AREA DI STUDIO
COMUNE COLONNA (RM) POZZO PANTANO



0 10 20 m

Prova sismica superficiale di tipo MASW

SPERIMENTATORE Ing. Angelo Giamberardino	DIRETTORE Geol. Camillo Giamberardino

Tipologia di prova in sito:

PROVA SISMICA PASSIVA HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratios*)

Lavoro N: *015/2022*

Committente: *Acea Ato2 Spa*

Oggetto: *"Indagini Geognostiche asservite al pozzo pantano"*

Località: *Colonna (RM), Pozzo Pantano*

Coordinate geografiche del punto di indagine:
HVSR_1: 41.874114°;12.739005° QUOTA = 65 m s.l.m.

Caratteristiche Strumentali:

Sismografo SR04 Geobox	24 bit
Frequenza sensori	2 Hz

Condizioni Ambientali:

Temperatura: 35°C ± 1
Umidità: ASSENTE
Disturbi Elettromagnetici: assenti

Stima dell'incertezza dei risultati: ± 5%

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (CH) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

1 - Dati iniziali

Data dell'acquisizione 29.06.2022
Nome del file ..... MT_20220629_123217
Durata dell'acquisizione 1800s
Frequenza di campionamento 300Hz
Terreno di misura ..... Naturale
Numero tracce: 3
Frequenza iniziale 0,50Hz
Frequenza finale 20,0Hz
Lunghezza sotto-finestre temporali ..... da 25s a 30s
Algoritmo di *smoothing* .....Konno e Ohomachi

TRACCE SEGNALE REGISTRATO

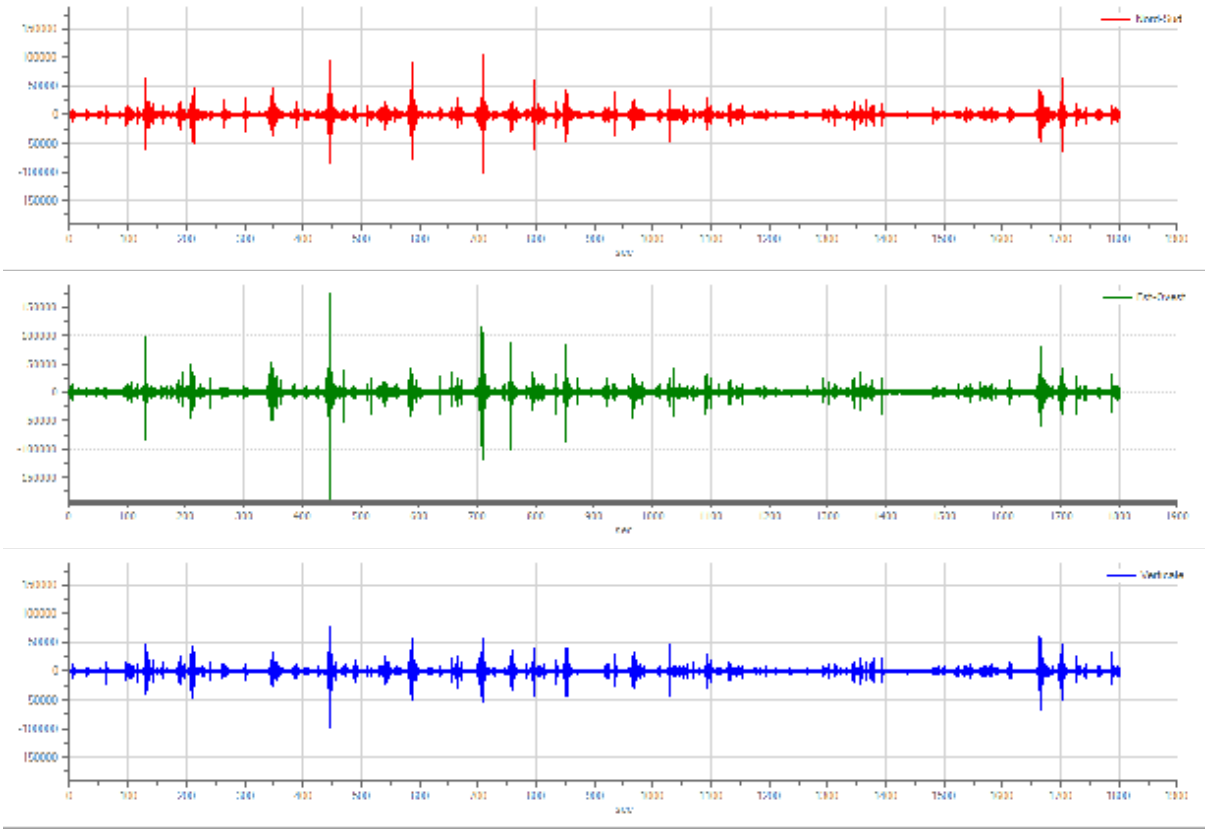


Figura 1 – Segnale registrato.

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

TRACCE SEGNALE REGISTRATO CON FINESTRE TEMPORALI SELEZIONATE

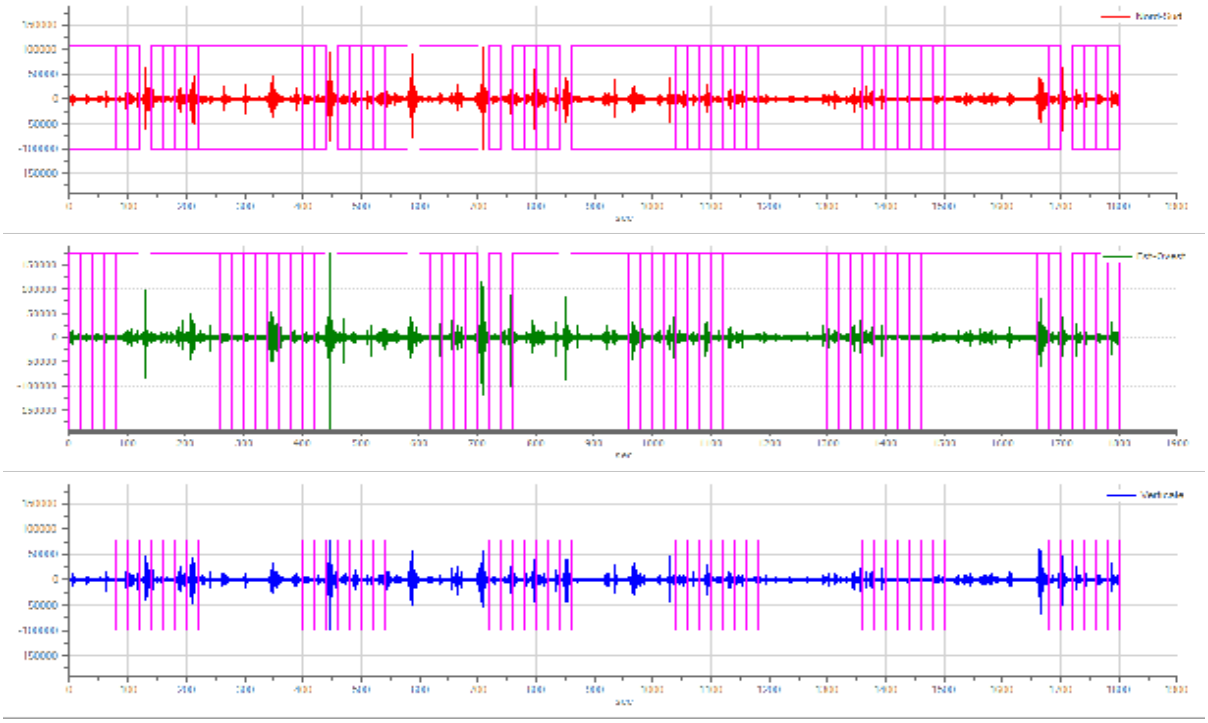


Figura 2 – Segnale registrato con finestre temporali selezionate.

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI DEL MOTO

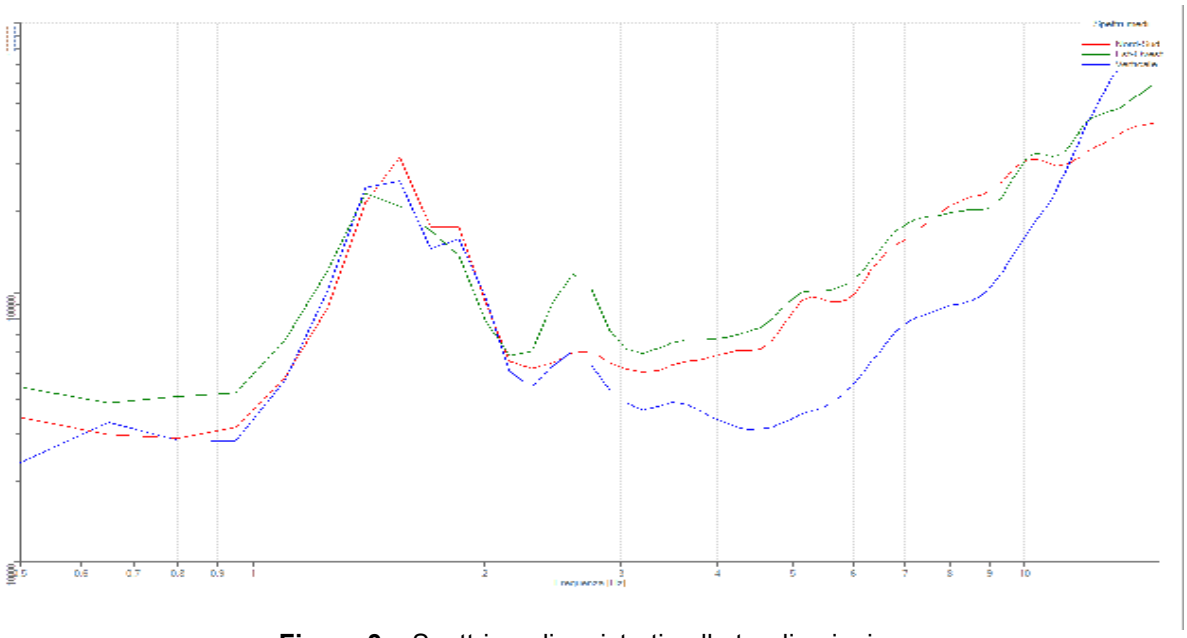


Figura 3 – Spettri medi registrati nelle tre direzioni.

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

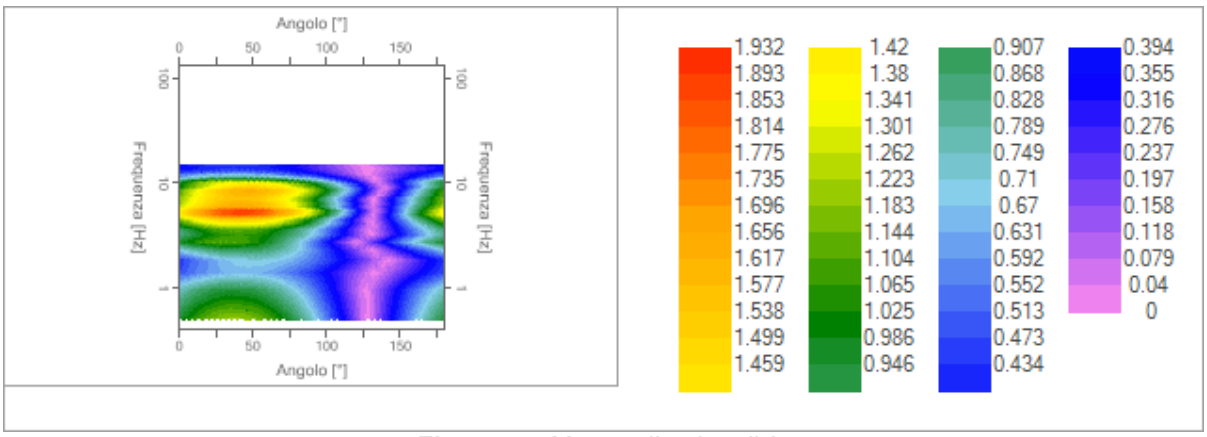


Figura 4 – Mappa direzionalità.

2 - Risultati delle analisi

Frequenza massima: ..... 15.00 Hz
Frequenza minima: ..... 0.50 Hz
Passo frequenze: ..... 0.15 Hz
Percentuale di lisciamento: ..... 10.00 %
Tipo di somma direzionale: ..... Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: ..... **5.15 Hz ±0.31 Hz**
Ampiezza del picco del rapporto H/V:…… … … . **2.73**

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE – HVSR_1

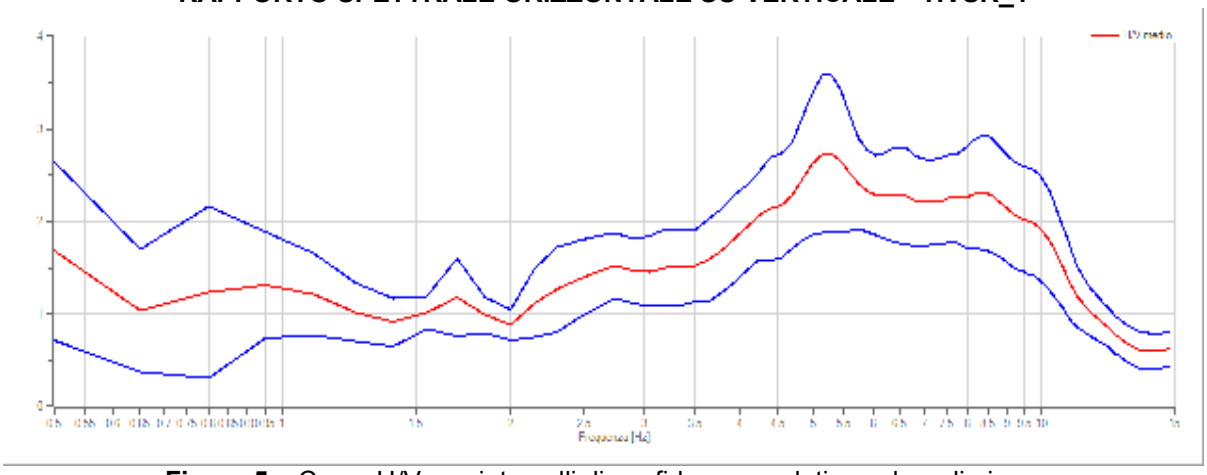


Figura 5 – Curva H/V con intervalli di confidenza e relativo valore di picco.

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

Verifiche Criteri SESAME:

Verifica	Esito
Curva H/V affidabile	
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2 \quad per \quad 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \quad se \quad f_0 > 0.5H$ $\sigma_A(f) < 3 \quad per \quad 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \quad se \quad f_0 < 0.5H$	Ok
Picco H/V Chiaro	
$\exists\, f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists\, f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Foto 1 – Ubicazione del punto di misura HVSR_1.

Foto 2 – Ubicazione del punto di misura HVSR_1.

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

ALLEGATO n. 6
RAPPORTO n. 142/HVSR_1/2022
DATA DI EMISSIONE: 14/07/2022

METODOLOGIA DI LAVORO

Generalità

Le tecniche di sismica passiva si basano sulla misura e l'analisi del cosiddetto "rumore sismico ambientale" costituito da piccole vibrazioni del terreno (spostamenti dell'ordine di 10^{-4} - 10^{-3} cm) che si possono osservare sperimentalmente in qualunque punto della superficie terrestre. Nel campo del rumore ambientale sono presenti sia onde di volume (onde P e S) che onde superficiali (onde di *Love* e di *Rayleigh*).

Il metodo HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratios*), o HVNSR (*Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratios*) o "metodo di *Nakamura*", è una tecnica di registrazione a stazione singola che valuta sperimentalmente i rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e le componenti verticali (V) del segnale registrato, nell'ipotesi che la componente verticale non risenta degli effetti di amplificazione.

Il risultato che si ottiene è una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali in funzione della frequenza di vibrazione. Le frequenze alle quali la curva H/V mostra dei massimi dipendono dalla sismostratigrafia del sottosuolo e sono funzione diretta della frequenza fondamentale di sito.

In contesti geologico-tecnici semplici (coperture soffici al di sopra di un basamento sismico rigido), è possibile stabilire una relazione fra lo spessore h dello strato soffice, la velocità media delle onde S all'interno di quest'ultimo (Vs) e la frequenza di risonanza fondamentale f dello strato, attraverso la formula:

$$f = \frac{V_S}{4h}$$

Dall'equazione sovrastante emerge come la tecnica H/V possa fornire anche indicazioni di carattere stratigrafico: a partire da una misura di vibrazioni ambientali che vincola il valore di f, nota la Vs delle coperture, si può infatti stimare la profondità dei riflettori sismici principali o viceversa.

Strumentazione impiegata e schema esecutivo della prova

Il sistema di acquisizione utilizzato per le misure di microtremore a stazione singola si compone di un sensore a tre componenti (verticale, est-ovest e nord-sud) di frequenza naturale pari a 2 Hz, di un convertitore analogico digitale e di un sistema GPS.

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

In particolare, è stato utilizzato un sismografo SR04 Geobox dotato di ricevitore GPS, le cui caratteristiche tecniche principali riportate in figura 1.

Per questo studio le misure sono state effettuate con una frequenza di campionamento di 300 Hz e una durata di 20 minuti.

Caratteristiche tecniche generali	
Alimentazione:	10-16Vdc o da batteria interna < 1W
Numero canali:	3 a 24 bit (ΣΔ)
Range dinamico:	124dB (144dB, 24 bit effettivi [enob], fra 0.1 e 10Hz)
Campionamento:	simultaneo sui tre canali
Sampling rates:	da 10-600 Hz
Real Time Clock:	+/-10ppm (-20/+50°C)
Sincrononizzazione :	GPS via PPS modulato
Precisione rispetto a UTC:	<50µs
Interfaccia dati sismici:	RS232, cavo USB in dotazione
Formato dati:	protocollo binario SADC20HS
Velocità:	115200 baud
Contenitore:	Monoblocco in alluminio IP66
Temperatura operativa:	-30/+60°C
Dimensioni e peso:	155x140x110 mm
Peso:	3.1kg con sensori da 4.5Hz; 4.4kg con sensori da 2Hz
Conformità:	CE (EN55022, EN55011)

Fig. 1 – Caratteristiche tecniche del sismografo SR04.

Lo strumento di misura è stato posto a diretto contatto con il terreno e reso solidale con questo, curando la messa in bolla dei sensori.

Le parti mobili della strumentazione sono state poste al riparo da spostamenti d'aria, evitando il contatto con elementi mobili (fili d'erba, ecc.).

È stata verificata la sufficiente distanza da edifici, alberi o strutture in elevazione, per evitare risentimenti di risonanze non dipendenti dalle geometrie del sottosuolo.

Interpretazione

Il *processing* dei dati è stato effettuato con il *software Geopsy Versione 2.7.4* nel seguente modo:

1. Suddivisione della finestra di registrazione (di 20 minuti) in sottofinestre di almeno 120 secondi;
2. Eliminazione delle sottofinestre contenenti transienti che mostrano un andamento anomalo rispetto al comportamento medio (per esempio legati al passaggio di automobili);
3. Utilizzo della FFT (*Fast Fourier Trasform*) per il computo degli spettri;
4. Lisciamento degli spettri utilizzando il filtro Konno-Ohmachi;
5. Calcolo del rapporto spettrale H/V per ciascuna sottofinestra;
6. Stima del valore medio della curva H/V e della sua deviazione standard.

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

Sulla base delle frequenze di risonanza determinate sperimentalmente viene fornita una stima dello spessore della copertura responsabile dei possibili fenomeni di risonanza osservati.

Documentazione fornita

La documentazione fornita contiene:

- Indicazioni sui parametri di acquisizione;
- Curva H/V con deviazione standard in tutto l'intervallo di frequenze analizzato;
- Spettri delle singole componenti del moto (X, Y, Z) nello stesso intervallo di frequenze della curva H/V;
- Documentazione fotografica;

Ubicazione della zona di indagine con l'indicazione del punto di indagine tramite planimetria di dettaglio.

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

GIA eXploring S.r.l.	ALLEGATO N.6 RAPPORTO N.141_HVSR_1_2022 DATA DI EMISSIONE 14/07/2022

COROGRAFIA DELL'AREA DI STUDIO
COMUNE COLONNA (RM) POZZO PANTANO

0 10 20 m

Prova sismica passiva di tipo HVSR

SPERIMENTATORE Ing. Angelo Giamberardino	DIRETTORE Geol. Camillo Giamberardino

ALLEGATO N.7 CERTIFICATI DI LABORATORIO GEOTECNICO

RIFERIMENTI COMMESSA	
Il Richiedente: Giaexploring Srl	
Verbale di Accettazione N°: 343	Data: 17/06/2022
Certificato N°: 189	Data: 23/09/2022

INFORMAZIONI GENERALI SUL CAMPIONE IN INGRESSO		
Alterazioni Esterne: ☐	Tipologia Campionatore SHELBY	Data Prelievo n.d.
Ditta che ha effettuato il prelievo: Non Dichiarato		

INTESTAZIONE CERTIFICATO ED IDENTIFICAZIONE CAMPIONE					
Committente:	Giaexploring Srl				
Cantiere:	Indagini geognostiche asservite al "pozzo pantano" – Comune di COLONNA (RM)				
Sondaggio: 1	Campione: 1	Profondità da m:	6,00	a m:	6,50

TRACCIABILITA'	
Codice Campione:	AT11B
Consegna Campione:	17/06/2022
Apertura:	04/07/2022
Inizio Prove:	04/07/2022
Fine Prove:	25/07/2022

ESCLUSIONI / ANOMALIE / DIFFORMITA' / NOTE
Non Riscontrate

PROVE ESEGUITE	ID PROVA	PAG.	NORMATIVE DI RIFERIMENTO
Descrizione Macroscopica e Caratteristiche Fisiche	AT11BDeMaCaFi	2	*Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio - AGI,1994 Classificazione delle terre: ASTM D 2487-85 D3282-83*
Contenuto d'Acqua	AT11BW	3	*ASTM D2166*
Limiti di Atterberg	AT11BLL/LP	4	*ASTM D4318-00*
Taglio Diretto	AT11BTD	5-6	*Raccomandazioni AGI 1997*
Edometrica	AT11BEdo	7-10	*Raccomandazioni AGI 1997*
	Totale Pag.	10	

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(dott. Valerio Vacri)

LABORATORIO TERRE E ROCCE Abruzzo Test SULMONA D.M. 07.10.14 N. 6571

ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale - 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

Certificato N° 189	Committente: Giaexploring Srl	Consegna:	17/06/2022	Sondaggio:	1
		Apertura:	04/07/2022	Campione:	1
Data: 23/09/2022	Cantiere: Indagini geognostiche asservite al "pozzo pantano" – Comune di COLONNA (RM)	Inizio Prova:	04/07/2022	da mt:	6,00
		Fine Prova:	25/07/2022	a mt:	6,50

DESCRIZIONE CAMPIONE

Lunghezza:	33 cm.	Diametro:	8,5 cm.	Classe di Qualità:	Non Dichiarata

Descrizione Macroscopica: Limo argilloso debolmente sabbioso di colore marrone rossastro (3/3 10YR) Presenta alcuni piccole concrezioni carbonatiche e piccoli clasti.

CARATTERISTICHE FISICHE DEL CAMPIONE [1]

Peso Specifico [2]:	2,7	g/cm³	Limite del ritiro:	-	%	Contenuto Naturale Acqua:	46,44	%
Densità Naturale:	1,453	g/cm³	Limite Liquido:	49,37	%	Grado di Saturazione:	72,82	%
Densità secca:	0,992	g/cm³	Limite Plastico:	35,56	%	Indice di Attività:	-	
Densità satura:	1,625	g/cm³	Porosità:	63,30	%	Indice dei Vuoti:	1,722	

Indice di Plasticità IP:	13,81
Indice di Consistenza IC:	0,212
Grado di Plasticità:	Poco Plastico
Stato:	Fluido-Plastico
Class. Granulometrica (M.I.T.)	
Class. Granulometrica (USCS):	

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

cm.	Resistenza Pocket Kg/cm²	Resist. VaneTest Kg/cm²	Consistenza	Collocazione Prove Meccaniche
10	2,2-2,4		MOLTO CONSISTENTE	Taglio Diretto
20	2-2,1		MOLTO CONSISTENTE	Taglio Diretto
30	1,5-1,7		CONSISTENTE	Edometrica
40	-			
50	-			
60	-			

(1) Valori Medi dei dati ottenuti nelle singoli prove.
(2) Ove non specificatamente richiesto, viene assegnato un peso specifico di 2.7 g/cm³.

LABORATORIO TERRE E ROCCE Abruzzo Test SULMONA D.M. 07.10.14 N. 6571

ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale - 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

Certificato N°: 189	Committente: Giaexploring Srl	Consegna:	17/06/2022	Sondaggio:	1
		Apertura:	04/07/2022	Campione:	1
Data: 23/09/2022	Cantiere: Indagini geognostiche asservite al "pozzo pantano" – Comune di COLONNA (RM)	Inizio Prova:	04/07/2022	da mt:	6,00
		Fine Prova:	25/07/2022	a mt:	6,50

CONTENUTO NATURALE D'ACQUA

ASTM D2166

Contenuto d'Acqua Medio (%): 48,69

Passo N°	Contenitore N°	Tara (g)	Peso Lordo Umido (g)	Peso Lordo Secco (g)	Contenuto Acqua (%)
1	27	35,61	54,67	48,46	48,33
2	28	23,63	39,19	34,07	49,04

ID Prova: W

LABORATORIO TERRE E ROCCE
Abruzzo Test
SULMONA
D.M. 07.10.14
N. 6571

ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale - 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

Certificato N°: 189	Committente: Giaexploring Srl	Consegna:	17/06/2022	Sondaggio:	1
		Apertura:	04/07/2022	Campione:	1
Data: 23/09/2022	Cantiere: Indagini geognostiche asservite al "pozzo pantano" – Comune di COLONNA (RM)	Inizio Prova:	04/07/2022	da mt:	6,00
		Fine Prova:	25/07/2022	a mt:	6,50

LIMITI DI ATTERBERG

ASTM D4318-00

DATI SPERIMENTALI E RISULTATI (Limite Liquido)

PLU (g)	PLS (g)	TARA (g)	UMIDITA' (%)	N.COLPI
56,88	46,39	25,59	50,43	14
50,83	42,08	24,47	49,69	22
62,13	53,35	35,16	48,27	36

DATI SPERIMENTALI E RISULTATI (Limite Plasico)

PLU (g)	PLS (g)	TARA (g)	UMIDITA' (%)
39,93	38,97	36,32	36,23
26,73	25,91	23,56	34,89

DIAGRAMMA N° COLPI / CONTENUTO ACQUA

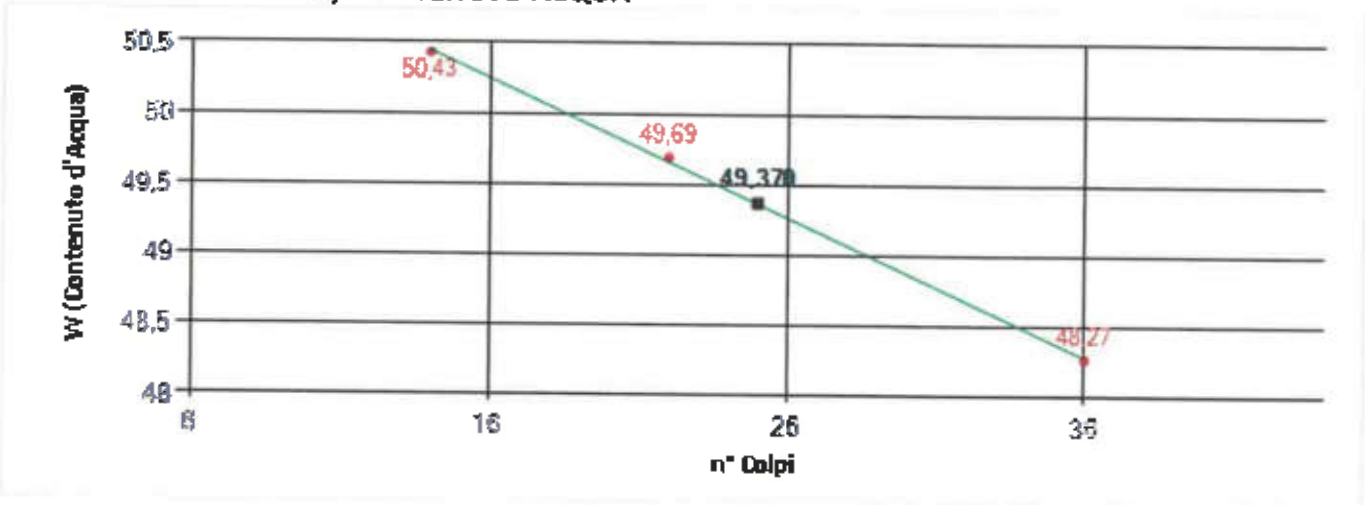
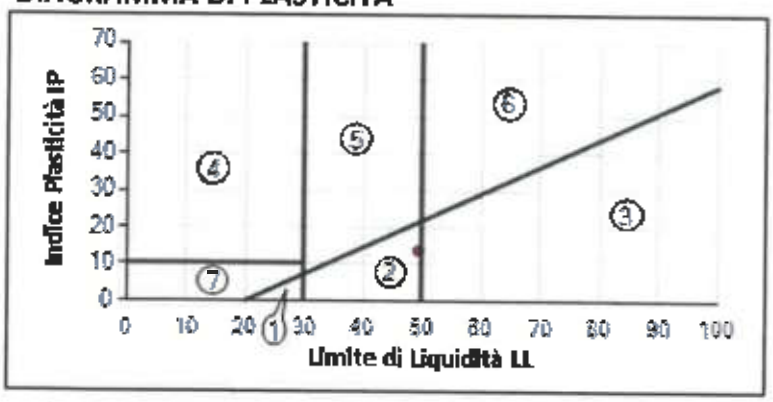


DIAGRAMMA DI PLASTICITA'



1. Limi Inorganici di Bassa Compressibilità
2. Limi Inorganici di Media Compressibilità
3. Limi Inorganici di Alta Compressibilità e Argille Organiche
4. Argille Inorganiche di Bassa Plasticità
5. Argille Inorganiche di Media Plasticità
6. Argille Inorganiche di Alta Plasticità
7. Terreni Incoerenti

Limite di Liquidità	(LL)	49,37	%	Indice di Plasticità	(IP)	13,81
Limite di Plasticità	(LP)	35,56	%	Indice di Consistenza	(IC)	0,212
Limite del Ritiro	(LR)	-	%	Attività [IP / (% Peso Argilla)]		-

Carta di Plasticità di Casagrande: Limi Inorganici di Media Compressibilità.

LABORATORIO TERRE E ROCCE Abruzzo Test SULMONA D.M. 07.10.14 N. 6571

ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

Certificato N°: 189	Committente: Giaexploring Srl	Consegna:	17/06/2022	Sondaggio:	1
		Apertura:	04/07/2022	Campione:	1
Data: 23/09/2022	Cantiere: Indagini geognostiche asservite al "pozzo pantano" – Comune di COLONNA (RM)	Inizio Prova:	04/07/2022	da mt:	6,00
		Fine Prova:	25/07/2022	a mt:	6,50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Raccomandazioni AGI 1997

CONDIZIONI INIZIALI E DATI RELATIVI ALLA CONSOLIDAZIONE ED ALLA FASE DI ROTTURA

Prov.	Altezza	Sezione	Cont. Acq.	Densita Nat.	CONSOLIDAZIONE 24H		Velocità Def.	CARATTERISTICHE A ROTTURA			
N.	H (cm)	A (cm²)	W (%)	γn (g/cm³)	σv (Kpa)	δh (mm)	(micron/min)	σv (Kpa)	ε (mm)	τ (Kpa)	δT (h)
1	1,78	36,06	0,00	1,426	100,00	0,81	4,00	100,00	3,29	57,03	13,73
2	2,00	36,45	0,00	1,467	200,00	0,75	4,00	200,00	2,01	101,68	8,39
3	2,00	36,51	0,00	1,450	300,00	0,67	4,00	300,00	2,45	160,12	10,20

DIAGRAMMA SFORZO DI TAGLIO - SCORRIMENTO ORIZZONTALE

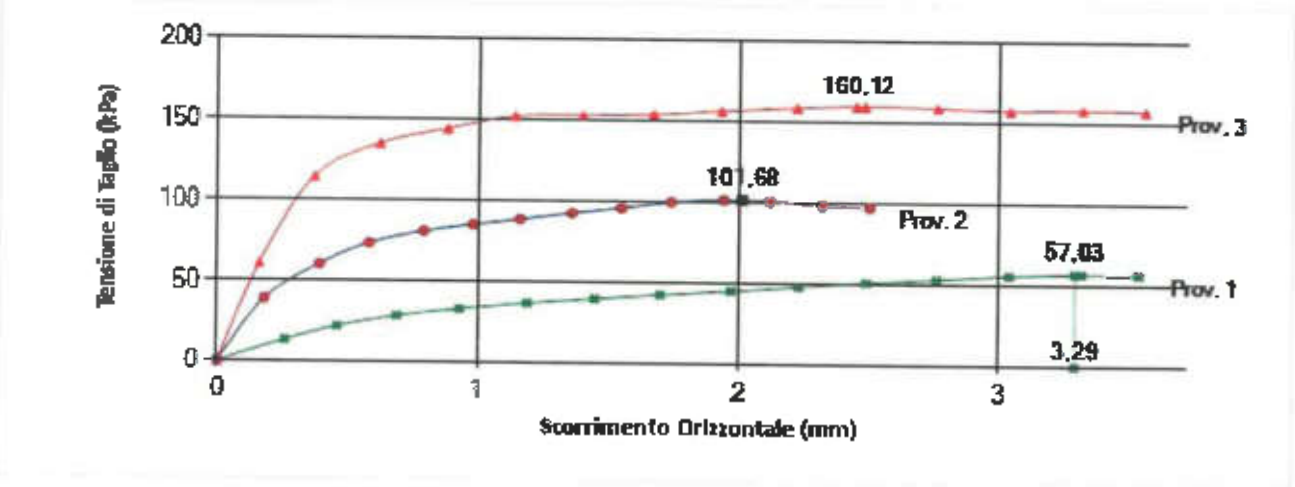


DIAGRAMMA SFORZO DI TAGLIO - CARICO VERTICALE

Angolo Attrito: 27,27 °

Coesione Efficace: 3,18 Kpa

I valori di prova indicati derivano dall'applicazione di calcoli matematici eseguiti automaticamente dal software di elaborazione delle misure sperimentali

ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale - 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

Certificato N°: 189	Committente: Glaexploring Srl	Consegna:	17/06/2022	Sondaggio:	1
		Apertura:	04/07/2022	Campione:	1
Data: 23/09/2022	Cantiere: Indagini geognostiche asservite al "pozzo pantano" – Comune di COLONNA (RM)	Inizio Prova:	04/07/2022	da mt:	6,00
		Fine Prova:	25/07/2022	a mt:	6,50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Raccomandazioni AGI 1997

DATI SPERIMENTALI

PROVINO 1

Tempo δT (h)	Deformaz. Verticale δh (mm)	Deformaz. Orizzont. ε (mm)	Sforzo di Taglio τ (Kpa)
0,00	0,81	0	0,000
1,00	-	0,26	13,250
2,00	-	0,46	21,952
3,00	-	0,69	28,525
4,00	-	0,93	32,959
5,00	-	1,19	36,858
6,00	-	1,45	39,770
7,00	-	1,7	42,643
8,00	-	1,97	45,300
9,00	-	2,23	48,131
10,00	-	2,49	50,962
11,00	-	2,76	53,233
12,00	-	3,04	55,824
13,00	-	3,32	57,047
14,00	-	3,54	56,520

PROVINO 2

Tempo δT (h)	Deformaz. Verticale δh (mm)	Deformaz. Orizzont. ε (mm)	Sforzo di Taglio τ (Kpa)
0,00	0,75	0	0,000
1,00	-	0,18	38,765
2,00	-	0,39	60,187
3,00	-	0,58	73,372
4,00	-	0,79	80,936
5,00	-	0,98	85,182
6,00	-	1,16	88,733
7,00	-	1,36	92,798
8,00	-	1,55	96,115
9,00	-	1,74	100,025
10,00	-	1,94	101,685
11,00	-	2,12	101,130
12,00	-	2,32	98,971
13,00	-	2,5	97,528

PROVINO 3

Tempo δT (h)	Deformaz. Verticale δh (mm)	Deformaz. Orizzont. ε (mm)	Sforzo di Taglio τ (Kpa)
0,00	0,67	0	0,088
1,00	-	0,16	60,857
2,00	-	0,37	114,607
3,00	-	0,62	135,042
4,00	-	0,88	144,547
5,00	-	1,14	152,454
6,00	-	1,4	153,347
7,00	-	1,67	154,147
8,00	-	1,93	156,546
9,00	-	2,22	158,948
10,00	-	2,48	160,148
11,00	-	2,76	159,348
12,00	-	3,04	157,749
13,00	-	3,32	158,548
14,00	-	3,56	157,749

LABORATORIO TERRE E ROCCE Abruzzo Test SULMONA D.M. 6571 07.10.14 N. 6571

ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

Certificato N°: 189	Committente: Glaexploring Srl	Consegna:	17/06/2022	Sondaggio:	1
		Apertura:	04/07/2022	Campione:	1
Data: 23/09/2022	Cantiere: Indagini geognostiche asservite al "pozzo pantano" – Comune di COLONNA (RM)	Inizio Prova:	04/07/2022	da mt:	6,00
		Fine Prova:	25/07/2022	a mt:	6,50

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Raccomandazioni AGI 1997

CARATTERISTICHE DEL PROVINO

Sezione	A	39,93	(cm^2)	Peso di Volume	γ_n	1,468	(g/cm^3)
Altezza Iniziale	H	2,00	(cm)	Peso Specifico	γ_s	2,7	(g/cm^3)
Umidità Naturale Iniz.	W_n	41,93	(%)	Umidita Naturale Fin.	W_f	38,18	(%)
Indice Vuoti Iniziale	e_0	1,611	(-)	Grado di Saturazione	S_r	70,26	(%)

DATI SPERIMENTALI E RISULTATI

Passo N.	Pressione Imposta σ_z (kPa)	Tempo t (h)	Deformazione Assiale δ (%)	Indice Vuoti e (-)	Modulo Edometrico E_{ed} (MPa)	Coefficiente Compressibilità m_v (1/MPa)	Coefficiente Consolidazione C_v (cm^2/sec)	Coefficiente Permeabilità k (cm/sec)	Consolidaz. Secondaria C_α (%)
1	36,83	24	1,08	1,583	3,410	0,293	-	-	-
2	49,11	24	1,51	1,572	2,855	0,350	-	-	-
3	98,22	24	3,13	1,529	3,031	0,330	-	-	-
4	196,44	24	6,365	1,445	3,036	0,329	-	-	-
5	392,87	24	10,845	1,328	4,385	0,228	-	-	-
6	785,75	24	16,975	1,168	6,409	0,156	-	-	-
7	1.571,50	24	21,11	1,06	19,002	0,053	-	-	-
8	392,87	24	20	1,089	-	-	-	-	-
9	36,83	24	16,56	1,179	-	-	-	-	-

LABORATORIO TERRE E ROCCE Abruzzo Test SULMONA D.M. 7.10.14 N. 6571

ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale - 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

Certificato N°: 189	Committente: Glaexploring Srl	Consegna:	17/06/2022	Sondaggio:	1
		Apertura:	04/07/2022	Campione:	1
Data: 23/09/2022	Cantiere: Indagini geognostiche asservite al "pozzo pantano" – Comune di COLONNA (RM)	Inizio Prova:	04/07/2022	da mt:	6,00
		Fine Prova:	25/07/2022	a mt:	6,50

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Raccomandazioni AGI 1997

DIAGRAMMA CARICHI - DEFORMAZIONE

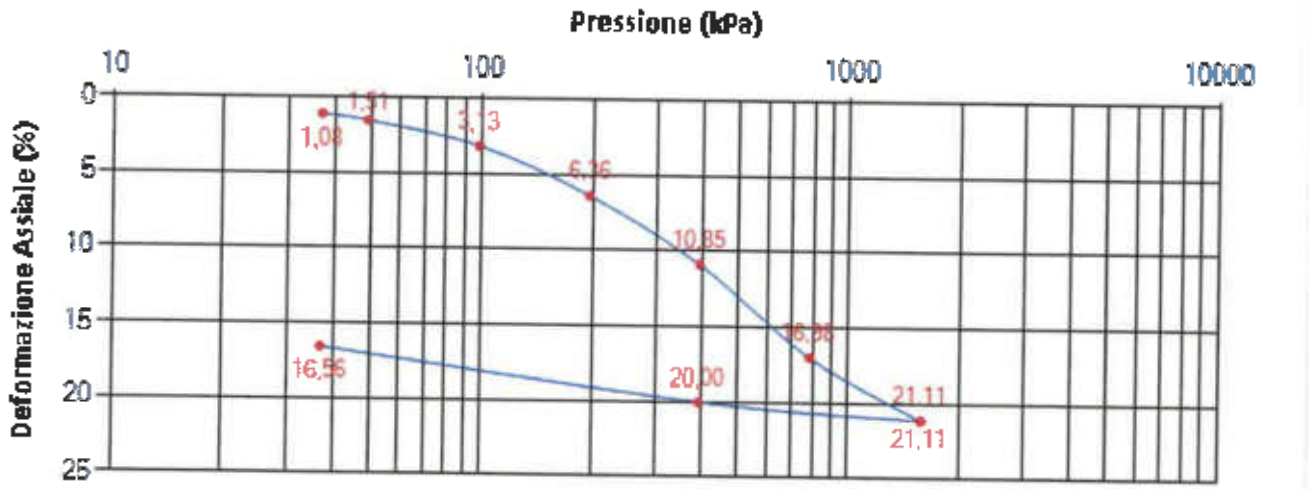
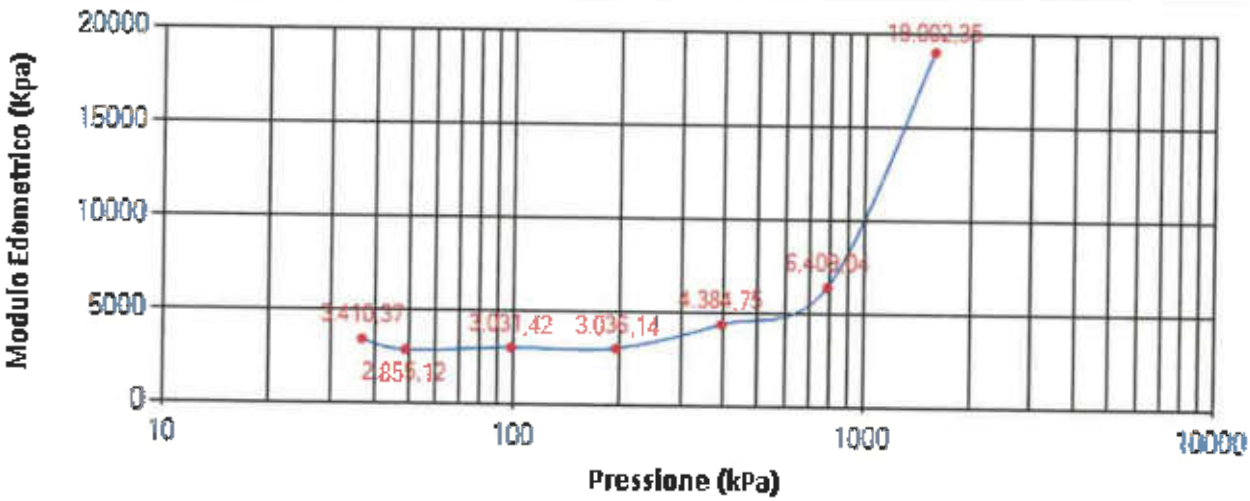


DIAGRAMMA CARICHI - MODULO EDOMETRICO



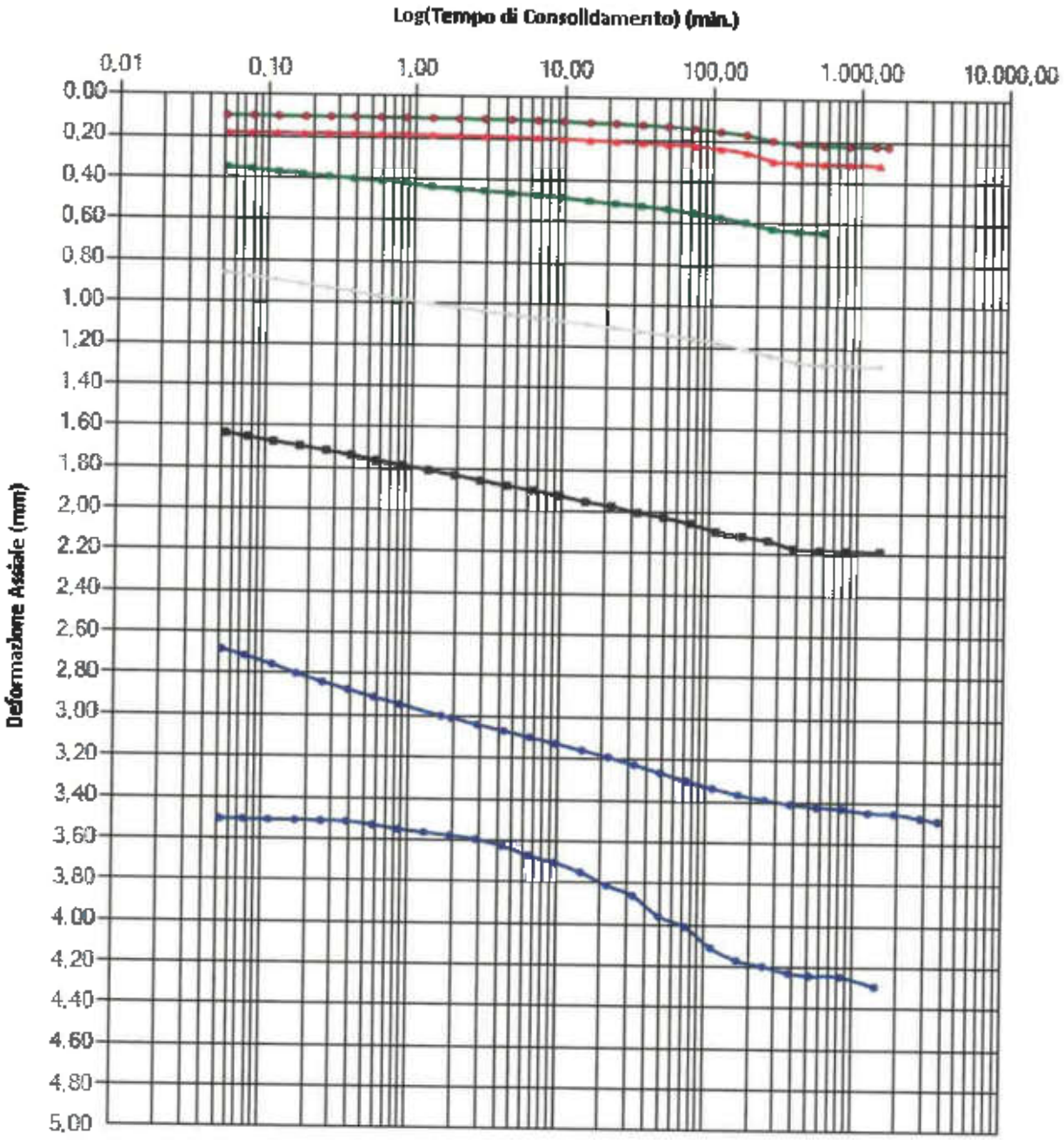
ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale - 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

Certificato N°: 189	Committente: Giaexploring Srl	Consegna:	17/06/2022	Sondaggio:	1
		Apertura:	04/07/2022	Campione:	1
Data: 23/09/2022	Cantiere: Indagini geognostiche asservite al "pozzo pantano" – Comune di COLONNA (RM)	Inizio Prova:	04/07/2022	da mt:	6,00
		Fine Prova:	25/07/2022	a mt:	6,50

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Raccomandazioni AGI 1997

DIAGRAMMA DEFORMAZIONE - TEMPO



ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale - 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

Certificato N°: 189	Committente: Giaexploring Srl	Consegna:	17/06/2022	Sondaggio:	1
		Apertura:	04/07/2022	Campione:	1
Data: 23/09/2022	Cantiere: Indagini geognostiche asservite al "pozzo pantano" – Comune di COLONNA (RM)	Inizio Prova:	04/07/2022	da mt:	6,00
		Fine Prova:	25/07/2022	a mt:	6,50

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Raccomandazioni AGI 1997

Passo	Metodo	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)
1	Casagrande	0,052	0,099	0,573	0,102	6,491	0,109	73,898	0,142	841,71	0,221
		0,079	0,099	0,858	0,103	9,733	0,114	110,843	0,156	1262,562	0,222
		0,116	0,1	1,286	0,104	14,598	0,119	166,264	0,17	1523,139	0,223
		0,177	0,101	1,927	0,105	21,899	0,122	249,399	0,198		
		0,262	0,101	2,887	0,106	32,846	0,127	374,096	0,212		
		0,384	0,101	4,327	0,107	49,267	0,133	561,139	0,218		
Passo	Metodo	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)
2	Casagrande	0,053	0,182	0,57	0,185	6,489	0,194	73,898	0,225	841,709	0,308
		0,076	0,182	0,858	0,185	9,735	0,198	110,843	0,237	1349,861	0,312
		0,113	0,182	1,283	0,186	14,597	0,203	166,263	0,255		
		0,172	0,183	1,925	0,188	21,897	0,208	249,399	0,294		
		0,254	0,183	2,886	0,189	32,844	0,214	374,094	0,304		
		0,38	0,184	4,326	0,192	49,264	0,219	561,139	0,306		
Passo	Metodo	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)
3	Casagrande	0,053	0,348	0,382	0,4	2,886	0,453	21,897	0,508	166,263	0,593
		0,076	0,356	0,585	0,409	4,326	0,462	32,844	0,518	249,396	0,624
		0,117	0,369	0,857	0,42	6,49	0,472	49,264	0,531	374,093	0,634
		0,171	0,379	1,285	0,436	9,732	0,481	73,895	0,549	561,141	0,642
		0,257	0,39	1,926	0,445	14,597	0,496	110,844	0,57		
Passo	Metodo	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)
4	Casagrande	0,052	0,858	0,572	0,968	6,49	1,065	73,899	1,159	841,708	1,281
		0,079	0,879	0,859	0,985	9,733	1,08	110,846	1,178	1393,584	1,286
		0,115	0,891	1,281	1,002	14,6	1,094	166,263	1,205		
		0,17	0,91	1,923	1,018	21,899	1,108	249,397	1,237		
		0,255	0,927	2,884	1,034	32,846	1,125	374,096	1,268		
		0,382	0,944	4,326	1,05	49,267	1,14	561,138	1,279		
Passo	Metodo	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)
5	Casagrande	0,054	1,634	0,573	1,762	6,49	1,901	73,899	2,053	848	2,18
		0,077	1,654	0,856	1,785	9,735	1,924	110,844	2,092	1440	2,183
		0,113	1,676	1,284	1,808	14,599	1,953	166,263	2,114		
		0,172	1,695	1,925	1,831	21,899	1,974	249,399	2,133		
		0,26	1,718	2,883	1,855	32,843	2,003	374,092	2,17		
		0,383	1,739	4,329	1,879	49,267	2,025	561,138	2,178		
Passo	Metodo	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)
6	Casagrande	0,053	2,683	0,571	2,909	6,491	3,097	73,896	3,301	841,709	3,429
		0,076	2,713	0,857	2,943	9,733	3,127	110,845	3,336	1262,56	3,448
		0,116	2,756	1,638	2,997	14,597	3,158	166,267	3,366	1893,84	3,452
		0,17	2,798	1,923	3,007	21,896	3,189	249,398	3,389	2840,757	3,473
		0,256	2,838	2,886	3,038	32,844	3,225	374,096	3,409	3734,924	3,487
		0,382	2,874	4,329	3,067	49,265	3,263	561,14	3,423		
Passo	Metodo	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)
7	Casagrande	0,053	3,505	0,574	3,529	6,489	3,669	73,896	4,007	840	4,243
		0,076	3,506	0,856	3,549	9,733	3,704	110,845	4,109	1440	4,29
		0,113	3,508	1,283	3,563	14,599	3,749	166,266	4,169		
		0,172	3,509	1,924	3,578	21,898	3,811	249,395	4,196		
		0,257	3,511	2,885	3,594	32,846	3,859	374,093	4,228		
		0,384	3,513	4,327	3,625	49,264	3,959	514,626	4,239		

LABORATORIO TERRE E ROCCE Abruzzo Test SULMONA D.M. 07.10.14 N. 6571

ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale - 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

RIFERIMENTI COMMESSA	
Il Richiedente: Giaexploring Srl	
Verbale di Accettazione N°: 343	Data: 17/06/2022
Certificato N°: 190	Data: 23/09/2022

INFORMAZIONI GENERALI SUL CAMPIONE IN INGRESSO		
Alterazioni Esterne: ☐	Tipologia Campionatore SHELBY	Data Prelievo n.d.
Ditta che ha effettuato il prelievo	Non Dichiarato	

INTESTAZIONE CERTIFICATO ED IDENTIFICAZIONE CAMPIONE					
Committente:	Giaexploring Srl				
Cantiere:	Indagini geognostiche asservite al "pozzo pantano" – Comune di COLONNA (RM)				
Sondaggio: 1	Campione: 2	Profondità da m:	10,50	a m:	11,00

TRACCIABILITA'	
Codice Campione:	AT12B
Consegna Campione:	17/06/2022
Apertura:	04/07/2022
Inizio Prove:	04/07/2022
Fine Prove:	25/07/2022

ESCLUSIONI / ANOMALIE / DIFFORMITA' / NOTE
Non Riscontrate

PROVE ESEGUITE	ID PROVA	PAG.	NORMATIVE DI RIFERIMENTO
Descrizione Macroscopica e Caratteristiche Fisiche	AT12BDeMaCaFi	2	*Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio - AGI, 1994* *Classificazione delle terre: ASTM D 2487-85 D3282-83*
Contenuto d'Acqua	AT12BW	3	*ASTM D2166*
Limiti di Atterberg	AT12BLL/LP	4	*ASTM D4318-00*
TriassialeUU	AT12BTRXUU	5-6	*Raccomandazioni AGI 1997*
	Totale Pag.	6	

LABORATORIO TERRE E ROCCE Abruzzo Test SULMONA D.M. 07.10.14 N. 6571

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
dott. Valerio Vacili

ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale - 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

Certificato N°: 190	Committente: Giaexploring Srl	Consegna:	17/06/2022	Sondaggio:	1
		Apertura:	04/07/2022	Campione:	2
Data: 23/09/2022	Cantiere: Indagini geognostiche asservite al "pozzo pantano" – Comune di COLONNA (RM)	Inizio Prova:	04/07/2022	da mt:	10,50
		Fine Prova:	25/07/2022	a mt:	11,00

DESCRIZIONE CAMPIONE

Lunghezza:	35 cm.	Diametro:	8,5 cm.	Classe di Qualità:	Non Dichiarata
Descrizione Macroscopica:	Limo argilloso debolmente sabbioso di colore marrone rossastro (3/3 10YR) Presenta alucni piccoli clasti.				

CARATTERISTICHE FISICHE DEL CAMPIONE [1]

Peso Specifico [2]:	2,7	g/cm³	Limite del ritiro:	-	%	Contenuto Naturale Acqua:	37,44	%
Densità Naturale:	1,578	g/cm³	Limite Liquido:	49,00	%	Grado di Saturazione:	74,77	%
Densità secca:	1,148	g/cm³	Limite Plastico:	32,07	%	Indice di Attività:	-	
Densità satura:	1,723	g/cm³	Porosità:	57,50	%	Indice dei Vuoti:	1,352	

Indice di Plasticità IP:	16,93
Indice di Consistenza IC:	0,683
Grado di Plasticità:	Plastico
Stato:	Plastico
Class. Granulometrica (M.I.T.)	
Class. Granulometrica (USCS):	

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

cm.	Resistenza Pocket Kg/cm²	Resist. Vanetest Kg/cm²	Consistenza	Collocazione Prove Meccaniche
10	3,7-3,9		MOLTO CONSISTENTE	TriassialeUU
20	2,9-3		MOLTO CONSISTENTE	TriassialeUU
30	-			
40	-			
50	-			
60	-			

(1) Valori Medi dei dati ottenuti nelle singoli prove.
(2) Ove non specificatamente richiesto, viene assegnato un peso specifico di 2,7 g/cm³.

LABORATORIO TERRE E POCCE Abruzzo Test SULMONA D.M. 07.10.14 N. 6571

ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale - 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

Certificato N°: 190	Committente: Glaexploring Srl	Consegna:	17/06/2022	Sondaggio:	1
		Apertura:	04/07/2022	Campione:	2
Data: 23/09/2022	Cantiere: Indagini geognostiche asservite al "pozzo pantano" – Comune di COLONNA (RM)	Inizio Prova:	04/07/2022	da mt:	10,50
		Fine Prova:	25/07/2022	a mt:	11,00

CONTENUTO NATURALE D'ACQUA

ASTM D2166

Contenuto d'Acqua Medio (%): 43,15

Passo N°	Contenitore N°	Tara (g)	Peso Lordo Umido (g)	Peso Lordo Secco (g)	Contenuto Acqua (%)
1	36	24,49	47,68	40,81	42,1
2	46	24,96	44,6	38,58	44,2

ID Prova: W

LABORATORIO TERRE E ROCCE Abruzzo Test SULMONA D.M. 07.10.14 N. 6571

ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale - 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

Certificato N°: 190	Committente: Giaexploring Srl	Consegna:	17/06/2022	Sondaggio:	1
		Apertura:	04/07/2022	Campione:	2
Data: 23/09/2022	Cantiere: Indagini geognostiche asservite al "pozzo pantano" – Comune di COLONNA (RM)	Inizio Prova:	04/07/2022	da mt:	10,50
		Fine Prova:	25/07/2022	a mt:	11,00

LIMITI DI ATTERBERG

ASTM D4318-00

DATI SPERIMENTALI E RISULTATI (Limite Liquido)

PLU (g)	PLS (g)	TARA (g)	UMIDITA' (%)	N.COLPI
36,41	28,46	12,98	51,36	17
39,66	33,95	22,41	49,48	25
54,72	48,18	34,3	47,12	30

DATI SPERIMENTALI E RISULTATI (Limite Plasico)

PLU (g)	PLS (g)	TARA (g)	UMIDITA' (%)
55,39	54,29	50,93	32,74
30,11	29,03	25,59	31,4

DIAGRAMMA N° COLPI / CONTENUTO ACQUA

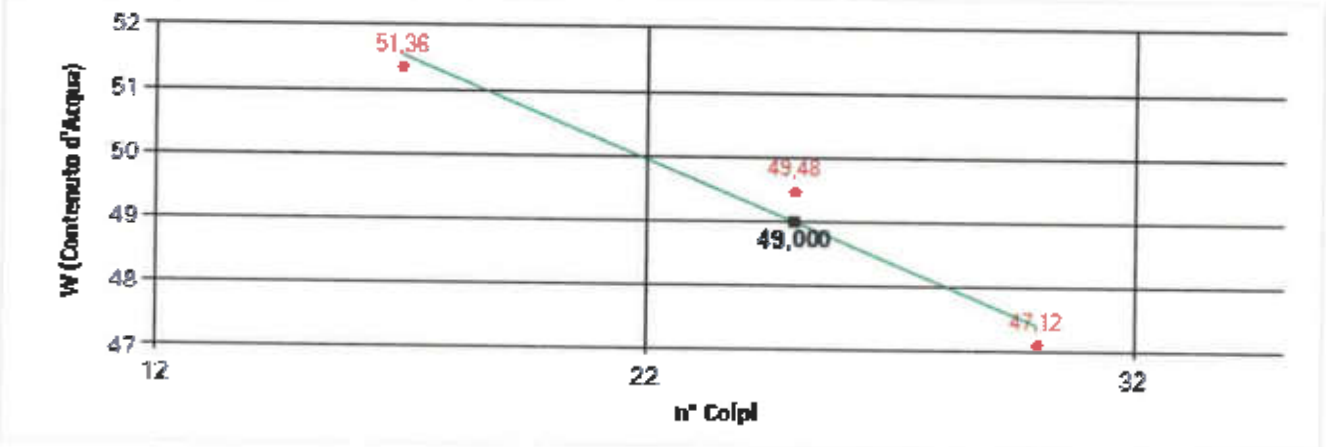
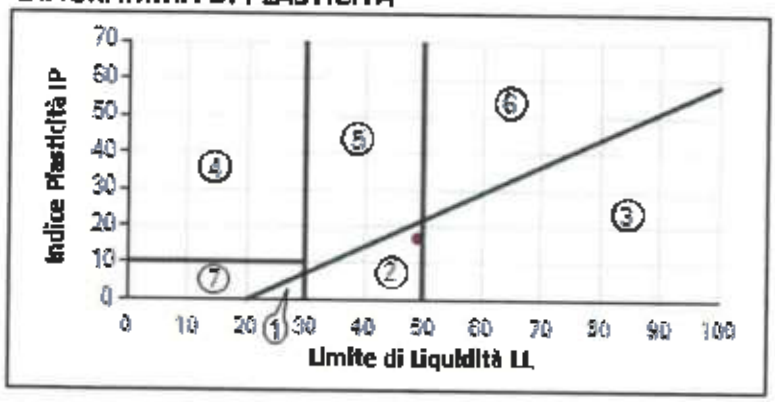


DIAGRAMMA DI PLASTICITA'



1. Limi Inorganici di Bassa Compressibilità
2. Limi Inorganici di Media Compressibilità
3. Limi Inorganici di Alta Compressibilità e Argille Organiche
4. Argille Inorganiche di Bassa Plasticità
5. Argille Inorganiche di Media Plasticità
6. Argille Inorganiche di Alta Plasticità
7. Terreni Incoerenti

Limite di Liquidità	(LL)	49	%	Indice di Plasticità	(IP)	16,93
Limite di Plasticità	(LP)	32,07	%	Indice di Consistenza	(IC)	0,683
Limite del Ritiro	(LR)	-	%	Attività [IP / (% Peso Argilla)]		-

Carta di Plasticità di Casagrande: Limi Inorganici di Media Compressibilità.

LABORATORIO TERRE E ROCCE Abruzzo Test SULMONA D.M. 07.10.14 N. 6571

ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale - 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

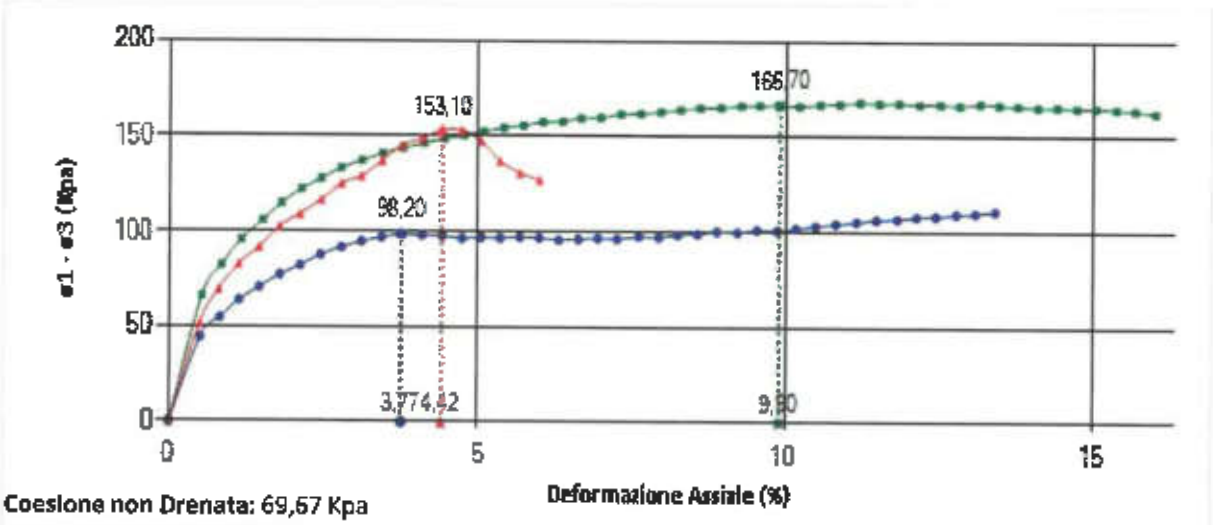
Certificato N°: 190	Committente: Giaexploring	Consegna:	17/06/2022	Sondaggio:	1
		Apertura:	04/07/2022	Campione:	2
Data: 23/09/2022	Cantiere: Indagini geognostiche asservite al "pozzo pantano" – Comune di COLONNA (RM)	Inizio Prova:	04/07/2022	da mt:	10,50
		Fine Prova:	25/07/2022	a mt:	11,00

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE UU

Raccomandazioni AGI 1997

CARATTERISTICHE INIZIALI DEL PROVINO							FASE DI SATURAZIONE				ROTTURA
Prov.	Altezza	Sezione	Umidità Naturale	Densità Naturale	Indice Vuoti	Saturazione	Coefficiente "B"	Pressione di Cella	B. P.	Wf	$\sigma_1 - \sigma_3$
N.	H (cm)	A (cm²)	Wn (%)	Yn (kN/m³)	e (-)	Sr (%)	SKEMPTON	(Kpa)	(Kpa)	(%)	(kPa)
0	7,605	11,46	30,69	1,561	1,261	65,696	0	100	0		166,7
0	7,605	11,46	37,35	1,689	1,195	84,381	0	200	0		98,2
0	7,605	11,46	32,88	1,483	1,419	62,547	0	300	0		153,1

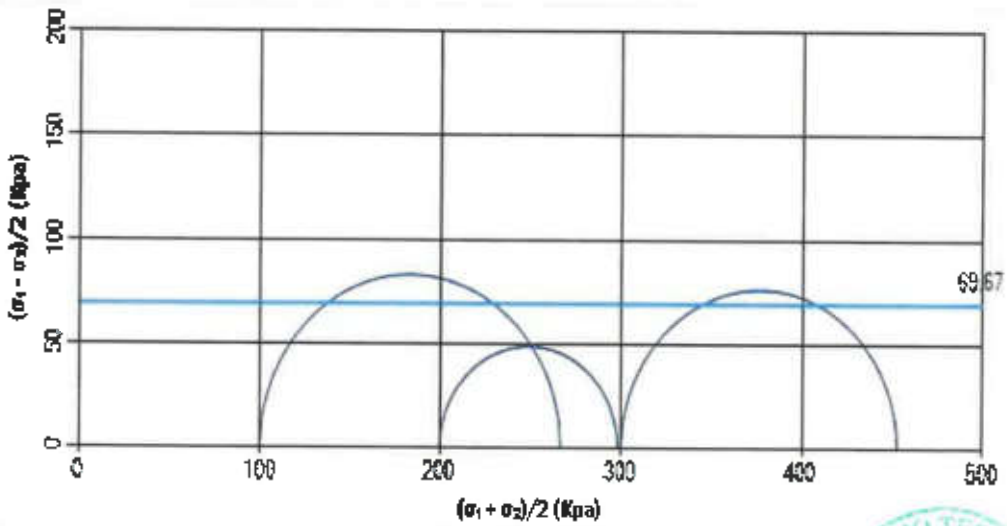
DIAGRAMMA DEFORMAZIONE ASSIALE - SFORZO TANGENZIALE



Coesione non Drenata: 69,67 Kpa

I valori di prova indicati derivano dall'applicazione di calcoli matematici eseguiti automaticamente dal software di elaborazione delle misure sperimentali

CERCHI DI MOHR



ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale - 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

LABORATORIO TERRE E ROCCE Abruzzo Test SULMONA D.M. 07.10.14 N. 6571

Certificato N°: 190	Committente: Giaexploring	Consegna:	17/06/2022	Sondaggio:	1
		Apertura:	04/07/2022	Campione:	2
Data: 23/09/2022	Cantiere: Indagini geognostiche asservite al "pozzo pantano" – Comune di COLONNA (RM)	Inizio Prova:	04/07/2022	da mt:	10,50
		Fine Prova:	25/07/2022	a mt:	11,00

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE UU

PROVINO 1 PLU = 235,11; PLS = 163,65

Def. (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	Sovrap. (Kpa)	Def. (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	Sovrap. (Kpa)
		0	8,301	164,034	0
0,54	65,96	0	8,622	165,055	0
0,856	82,187	0	8,953	165,251	0
1,177	95,719	0	9,287	166,228	0
1,527	105,691	0	9,582	166,476	0
1,828	114,791	0	9,904	166,67	0
2,155	122,093	0	10,221	166,083	0
2,469	127,658	0	10,559	167,019	0
2,793	133,172	0	10,877	167,203	0
3,123	136,947	0	11,203	168,141	0
3,456	140,688	0	11,513	167,554	0
3,783	143,57	0	11,83	167,723	0
4,13	146,398	0	12,166	167,084	0
4,458	148,399	0	12,502	167,208	0
4,778	150,394	0	12,817	166,606	0
5,094	152,38	0	13,151	167,484	0
5,424	154,326	0	13,46	166,888	0
5,746	155,445	0	13,765	166,3	0
6,062	157,383	0	14,099	165,656	0
6,388	157,654	0	14,413	165,797	0
6,686	159,595	0	14,734	165,175	0
7,012	159,848	0	15,045	165,314	0
7,336	161,717	0	15,378	164,666	0
7,657	161,963	0	15,69	164,059	0
7,987	162,99	0	16,022	162,68	0

PROVINO 2 PLU = 246,3; PLS = 148,92

Def. (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	Sovrap. (Kpa)	Def. (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	Sovrap. (Kpa)
		0	6,964	96,608	0
0,512	44,275	0	7,279	96,281	0
0,83	54,518	0	7,628	97,531	0
1,139	63,837	0	7,955	97,185	0
1,47	70,501	0	8,26	98,464	0
1,8	77,12	0	8,583	98,915	0
2,131	81,985	0	8,898	100,165	0
2,46	87,667	0	9,232	99,797	0
2,801	91,601	0	9,546	101,031	0
3,12	94,682	0	9,87	100,669	0
3,446	96,891	0	10,17	101,901	0
3,77	98,245	0	10,49	103,101	0
4,1	97,908	0	10,818	104,279	0
4,431	97,57	0	11,152	105,439	0
4,75	96,414	0	11,474	106,602	0
5,059	96,929	0	11,813	106,963	0
5,371	96,611	0	12,12	108,125	0
5,692	97,106	0	12,434	108,502	0
6,008	96,781	0	12,765	109,615	0
6,325	95,637	0	13,076	109,982	0
6,647	96,123	0	13,404	111,079	0

PROVINO 3 PLU = 228,32; PLS = 150,77

Def. (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	Sovrap. (Kpa)	Def. (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	Sovrap. (Kpa)
		0	3,446	137,116	0
0,494	51,229	0	3,77	145,245	0
0,807	69,419	0	4,101	148,844	0
1,13	82,64	0	4,417	153,131	0
1,465	91,687	0	4,739	153,003	0
1,791	102,407	0	5,047	147,643	0
2,122	108,953	0	5,361	136,923	0
2,468	116,456	0	5,686	130,67	0
2,798	125,032	0	6,009	127,097	0
3,114	128,987	0			0

LABORATORIO TERRE E ROCCE Abruzzo Test SULMONA D.M. 07.10.14 N. 6571

ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale - 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

GIA eXploring S.r.l.
LABORATORIO DI INDAGINI GEOTECNICHE IN SITO
Geol. Camillo Giamberardino
Ing. Angelo Giamberardino
Arch. Rosanna Giamberardino

COMUNE DI COLONNA
Città Metropolitana di Roma Capitale

Committente:

Acea Ato2 S.p.A.

Progetto:

"Indagini geognostiche asservite al pozzo di Santa Chiara"

Elaborato scritto

RELAZIONE CONCLUSIVA SULLE INDAGINI

Allegato 1 - Ubicazione delle indagini
Allegato 2 - Certificato sondaggio geognostico
Allegato 3 - Certificato prove penetrometriche S.P.T.
Allegato 4 - Certificato prove penetrometriche DPSH
Allegato 5 - Rapporto di prova sismica MASW
Allegato 6 - Rapporto di prova sismica passiva HVSR
Allegato 7 - Certificati di laboratorio geotecnico

Il direttore
geol. Camillo Giamberardino

Lo sperimentatore
ing. Angelo Giamberardino

Spazio riservato al Responsabile del Procedimento

GIA eXploring s.r.l. LABORATORIO DI GEOTECNICA
Via Cerrani, 27 - Pretoro (CH)
tel. 0871 898023 Fax 0871 898214
Cod. Fiscale e P.I. 02199370699
PEC: giaexploring@pcert.postecert.it
e-mail: info@giaexploring.it

SOA III bis
cert. n. 93567/7/00

UNI EN ISO 14001:2015
cert. n. 158768

UNI EN ISO 9001:2015
cert. n. 153069

UNI EN ISO 45001:2018
cert. n. IT21/0234.02

UNI EN ISO 50001:2018
cert. n. IT21/0261.02

A.G.	R.G.	C.G.	Prima emissione	13/07/2022	0	015_2022
APPROVATO	VERIFICATO	REDATTO	DESCRIZIONE	DATA	REV.	CODICE ELABORATO

RESPONSABILITA' E CONTROLLO: DATA DI EMISSIONE:	GIAMBERARDINO arch. Rosanna LUGLIO 2022	QUOTE: /	SCALE: /	
IL DIRETTORE TECNICO:	GIAMBERARDINO Geol.Camillo Iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Abruzzo al n. 275			Timbro
TITOLO:	Rete:\ Server \ Archivio Giaexploring \ Anno 2022 \ Acea Ato2 spA ordine n.4			
CODICE DI ARCHIVIO:	015_2022			

QUESTO DOCUMENTO E' DI NOSTRA PROPRIETA' ESCLUSIVA. E' PROIBITA LA RIPRODUZIONE ANCHE PARZIALE E LA CESSIONE A TERZI SENZA LA NOSTRA PREVENTIVA AUTORIZZAZIONE.

INDICE

1. QUADRO RIASSUNTIVO DELLA CAMPAGNA DI INDAGINE 2

1.1 Riferimenti Legislativi 3

2. SONDAGGI GEOGNOSTICI 4

2.1 Modalità esecutive 4

2.2 Ricostruzione stratigrafica 6

3. PROVE IN SITO – S.P.T. IN FORO DI SONDAGGIO 7

3.1 Metodologia di prova 7

3.2 Modalità esecutive 9

3.3 Fattori che influenzano i valori di NSPT 10

4. CAMPIONAMENTO DEI TERRENI 11

4.1 Prelievo di campioni indisturbati 11

5. PROVA DPSH 13

6.1. Elaborazione dei dati della prova penetrometrica dinamica DPSH 15

6. PROVA SISMICA MASW 17

7. PROVA SISMICA PASSIVA HVSR 21

7.1. Strumentazione 23

ALLEGATI:

1. Ubicazione delle indagini;
2. Certificato dei sondaggi geognostici;
3. Certificato prove penetrometriche S.P.T.;
4. Certificato prove penetrometriche DPSH;
5. Rapporto di prova sismica MASW;
6. Rapporto di prova sismica passiva HVSR;
7. Certificati di laboratorio geotecnico.

GIAeXploring s.a.s. sede legale via Cerrani - 66010 PRETORO (CH) - Tel. 0871 898023 - fax 0871 898874

1. QUADRO RIASSUNTIVO DELLA CAMPAGNA DI INDAGINE

Su incarico di **Acea Ato2 SpA**, società del Gruppo **ACEA SpA**, in relazione *ALL'ACCORDO QUADRO PER LA FORNITURA DI SERVIZI SPECIALISTICI FINALIZZATI ALLA CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA PER LA PROGETTAZIONE DI OPERE IDROSANITARIE – CQ 3900012463*, è stata eseguita una campagna di indagini allo scopo di acquisire dati e informazioni necessarie per caratterizzare, dal punto di vista geologico, geotecnico e sismico, i terreni presenti nell'area di **Colonna (RM)** riguardanti il progetto: ***"Indagini geognostiche asservite al pozzo di Santa Chiara"***. Esse sono state compiute sulla base di un quadro geologico e geomorfologico generale di riferimento, acquisito attraverso lo studio del materiale bibliografico disponibile riguardante la geologia, l'idrogeologia la geomorfologia del sito oggetto di studio, incluse le carte geologiche nazionali e regionali.

I punti d'indagine sono stati posizionati in luoghi concordati ritenuti più significativi per la comprensione dello stato dell'area, tenendo in debita considerazione le peculiari caratteristiche topografiche, strutturali e di accessibilità dei luoghi, nel rispetto delle necessarie condizioni di sicurezza durante l'esecuzione delle attività.

Le indagini eseguite sono riportate nella tabella seguente:

Tipo di Indagine	Finalità	Data esecuzione	N° di Prove	Profondità Lunghezza Durata
Sondaggio Geognostico a carotaggio continuo	Ricostruzione rapporti stratigrafici	07/06/2022	N°1	S1-30 m *(Rivestimento provvisorio 30 m)*
Prova penetrometrica dinamica in foro di tipo SPT	Caratterizzazione geotecnica del sito	07/06/2022	N°2	SPT1_S1 – 3.50 m da p.c. SPT2_S1 – 10.00 m da p.c.
Prelievo Campioni indisturbati	Determinazione parametri fisico – meccanici mediante prove di laboratorio	07/06/2022	N°3	CI1_S1- da 5.50 a 6.00 m dal p.c. CI2_S1- da 9.50 a 10.00 m dal p.c. CI3_S1- da 22.80 a 23.0 m dal p.c.
Prova penetrometrica dinamica di tipo DPSH	Ricostruzione rapporti stratigrafici e caratterizzazione geotecnica indiretta dei terreni	29/06/2022	N°2	DPSH1- 9.60 m dal p.c. DPSH2- 9.00 m dal p.c.
Prova sismica passiva di tipo HVSR	Caratterizzazione della frequenza caratteristica del sito (D.M. 17-01-18)	29/06/2022	N°1	HVSR1-30 min.
Prova sismica attiva superficiale di tipo MASW	Caratterizzazione del parametro VsEq per la categoria di suolo (D.M. 17-01-18)	29/06/2022	N°2	M1-48 m M2-48 m

Tab.1: Indagini Geognostiche, Geotecniche e Sismiche eseguite.

GIAeXploring s.a.s. sede legale via Cerrani - 66010 PRETORO (CH) - Tel. 0871 898023 - fax 0871 898874

Le indagini sono state effettuate con lo scopo di:

- osservare i terreni costituenti la successione stratigrafica del sottosuolo;
- determinare gli eventuali contatti stratigrafici;
- valutare le proprietà fisico-meccaniche delle litologie riscontrate;
- accertare le condizioni idrogeologiche del sottosuolo.

1.1 Riferimenti Legislativi

Gli interventi sono stati realizzati in ottemperanza alle normative di seguito elencate:

- D.M. 17 gennaio 2018 "*Norme Tecniche per le Costruzioni*";
- R.R. Lazio 26 ottobre 2020 n.26 e smi *per la semplificazione e l'aggiornamento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico.*
- Circolare del 21 gennaio 2019 n. 7 "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.";
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i. "*Norme in materia ambientale*" alla Parte III e Parte IV;
- D.M. LL. PP. 11 marzo 1988 "*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*", così come disposto dall'art. 1 della L. del 2 febbraio 1974 n. 64, e successive modifiche ed integrazioni;
- L. del 18 maggio 1989 n. 183, "*Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo*".

GIAeXploring s.a.s. sede legale via Cerrani - 66010 PRETORO (CH) - Tel. 0871 898023 - fax 0871 898874

2. SONDAGGI GEOGNOSTICI

2.1 Modalità esecutive

Il sondaggio geognostico è stato realizzato con una sonda PSM 8G Soilmec a testa rotante idraulica con la quale, tramite aste di perforazione montate su carotiere, si è ottenuto l'avanzamento nel terreno ed il prelievo di campioni.

Nel corso delle perforazioni si è proceduto a:

- carotaggio integrale e rappresentativo del terreno attraversato, al fine di ricostruire il profilo stratigrafico mediante l'esame dei campioni estratti denominati "carote";
- prelievo di campioni indisturbati di terreno da sottoporre ad analisi di laboratorio per la determinazione delle loro proprietà fisiche e meccaniche così come previsto nel programma operativo delle attività;
- prove in foro di tipo S.P.T. per la determinazione delle proprietà geotecniche;
- descrizione stratigrafica in chiave geologica e geotecnica;
- annotazione di osservazioni atte alla caratterizzazione geotecnica del terreno.

Tutte le attività si sono svolte secondo quanto prescritto dalle norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione emanate con Decreto del Ministero dei lavori pubblici dell'11 marzo 1988. Sono state svolte in modo tale da rendere minimo il disturbo delle litologie attraversate e di consentire al meglio il prelievo in continuo del terreno. Il carotaggio integrale è stato caratterizzato per tutta la campagna di indagine da una percentuale di recupero $\geq$ 85%. Sulla base delle caratteristiche litologiche, la tecnica di perforazione è stata adattata mediante la scelta più appropriata dell'apparecchiatura, del tubo carotiere, della corona e della velocità di avanzamento. La natura dei terreni ha consentito l'uso di corone di perforazione al widia ma la presenza di orizzonti litologici particolarmente competenti ha richiesto, per alcuni tratti, l'utilizzo del carotiere doppio T2.

In sintesi, l'attrezzatura impiegata per i sondaggi è stata la seguente:

- Macchina perforatrice PSM-8G;
- Carotiere semplice, con valvola di testa a sfera e calice con diametro nominale esterno di 101 mm e lunghezza utile (L) di 300 cm;
- Carotiere doppio T2 con diametro nominale esterno di 101 mm e lunghezza utile (L) di 300 cm;
- Corone di perforazione in widia da 101 mm e 127 mm;

GIAeXploring s.a.s. sede legale via Cerrani - 66010 PRETORO (CH) - Tel. 0871 898023 - fax 0871 898874

- Aste di perforazione con filettatura tronco-conica del diametro esterno di 76 mm;
- Tubi di rivestimento metallici dello spessore di 8 ÷ 10 mm, diametro interno di 127 mm e lunghezza di 150 mm.

Figura. 1 – Sonda PSM 8G.

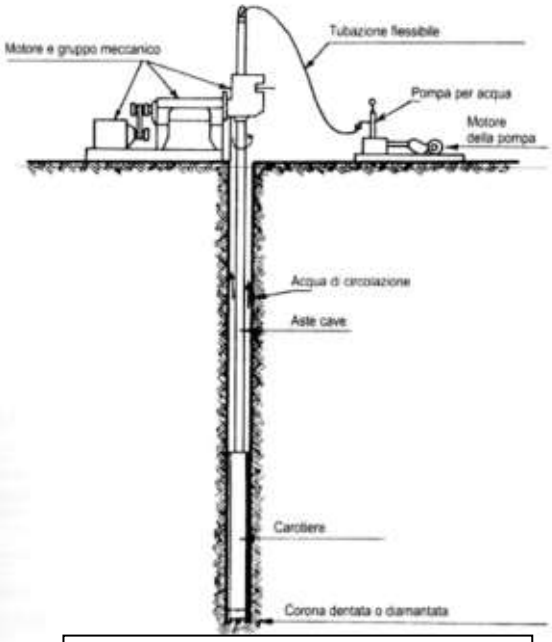


Figura. 2 – Sondaggio a carotaggio continuo

Le carote estratte nel corso delle perforazioni, tramite spinta a pressione idraulica con l'impiego di tamponi a tenuta, sono state sistemate in apposite cassette catalogatrici rettangolari in materiale plastico di colore nero, munite di scomparti divisori e coperchio apribile a cerniera.

Ogni singola cassetta di ciascun sondaggio è stata fotografata immediatamente dopo il suo completamento, tenendo in considerazione la leggibilità di tutte le indicazioni riportate su di essa e una visione chiara del materiale contenuto.

L'esecuzione dei sondaggi geognostici è stata costantemente seguita dal geologo responsabile di cantiere, il quale ha descritto e ricostruito la successione stratigrafica riscontrata, ha annotato tutti i dati inerenti l'esecuzione dei sondaggi (metodo di perforazione, di stabilizzazione, eventuale presenza di falda, percentuale di carotaggio e campionamento di terreno) e ha inoltre effettuato, per le carote a granulometria fine, un'analisi puntuale della sua resistenza attraverso l'utilizzo di un Pocket Penetrometer Test (con fondo scala ≥ 5 kg/cm²), previa opportuna scortecciatura della loro superficie.

GIAeXploring s.a.s. sede legale via Cerrani - 66010 PRETORO (CH) - Tel. 0871 898023 - fax 0871 898874

2.2 Ricostruzione stratigrafica

I dati raccolti con il sondaggio geognostico a carotaggio continuo ha permesso di ricostruire la stratigrafia dell'area fino alla profondità di 30,0 m dal p.c..

Da un'attenta analisi dei materiali intercettati, è possibile distinguere due principali orizzonti stratigrafici.

ORIZZONTE A (per i primi 10.00 m circa): alternanza di sabbia limosa e argilla limosa con intercalazioni di piroclastiti;

ORIZZONTE B (da 10.00 a 24.00): Basalto fratturato;

ORIZZONTE C (da 24.00 a 30.00):Sabbia limosa debolmente argillosa;

Tutte le informazioni acquisite, sono state opportunamente riportate su moduli stratigrafici in allegato – "Certificati Sondaggi geognostici".

GIAeXploring s.a.s. sede legale via Cerrani - 66010 PRETORO (CH) - Tel. 0871 898023 - fax 0871 898874

3. PROVE IN SITO – S.P.T. IN FORO DI SONDAGGIO

3.1 Metodologia di prova

La prova SPT consente di determinare la resistenza che un terreno offre alla penetrazione dinamica di un campionatore infisso a partire dal fondo di un foro di sondaggio. La resistenza è funzione delle caratteristiche e del tipo di terreno. Con la prova viene anche prelevato un campione (non indisturbato) del terreno interessato. Essa consiste nel far cadere un maglio, del peso di 63.5 kg, da un'altezza di 760 mm, su una testa di battuta fissata alla sommità di una batteria di aste alla cui estremità inferiore è avvitato il campionatore di dimensioni standard.

La prova SPT appartiene a quel gruppo di prove in sito durante le quali il terreno segue dei percorsi efficaci diversi ed i risultati possono essere correlati solo empiricamente con le specifiche proprietà del terreno (Jamiolkowski et al., 1988). Ne consegue che è necessario essere consapevoli delle limitazioni di tali correlazioni, a causa dei molti fattori che influiscono sul comportamento non lineare e plastico dei terreni naturali:

1 Composizione mineralogica,

2 Sforzi agenti in sito,

3 Storia dello stato tensionale e deformazionale,

4 Cementazione

5 Sensitività

6 Invecchiamento

7 Struttura

8 Resistenza alla frantumazione dei grani sottoposti agli elevati sforzi necessari per la penetrazione.

Come per le altre prove in sito viene considerato principalmente solo l'approccio indiretto, cioè l'interpretazione dei risultati per la stima dei parametri geotecnici, accennando solo per i cedimenti dei depositi sabbiosi alla correlazione diretta più nota.

Il numero dei colpi (N) necessario per una penetrazione del campionatore pari a 300 mm (dopo l'eventuale penetrazione quasi statica per gravità e dopo 150 mm di infissione dinamica per il posizionamento) è il dato assunto come indice della resistenza alla penetrazione (NSPT), anche se c'è da aggiungere che essendo messa a punto negli anni venti negli USA, l'infissione è misurata in piedi.

È stata evidenziata la necessità di una standardizzazione di ogni singolo aspetto della prova:

- Caratteristiche del campionatore;
- Dimensione delle aste;
- Caratteristiche del sistema di battitura;
- Tecnica di perforazione e dimensione del suolo.

Le cause maggiori di possibili errori nei risultati sono essenzialmente da ricercare in due categorie principali:

A) la variabilità dell'energia che entra nelle aste e che si trasmette al campionatore;

B) la variabilità delle tensioni efficaci e del disturbo del terreno nel punto di prova al fondo del foro.

Vari autori raccomandano quindi:

- l'uso di un sistema di sganciamento automatico del maglio;
- perforazione con sonda a rotazione in presenza continua di fango bentonitico.

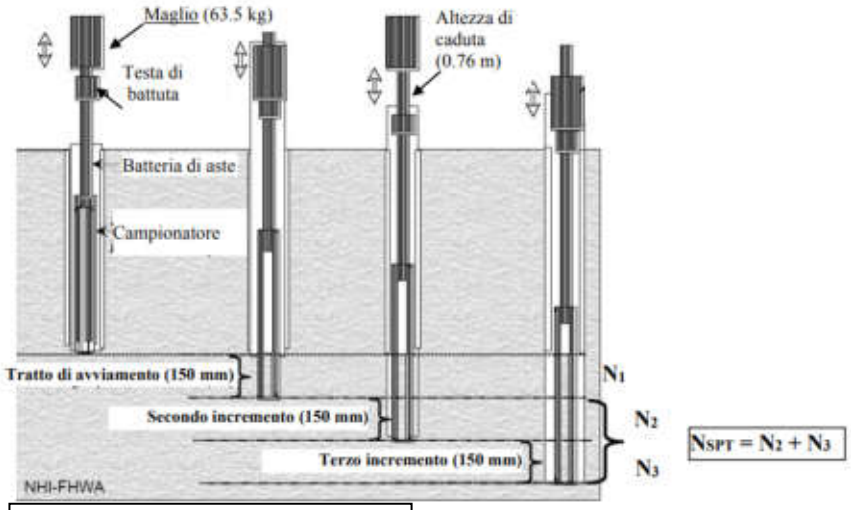
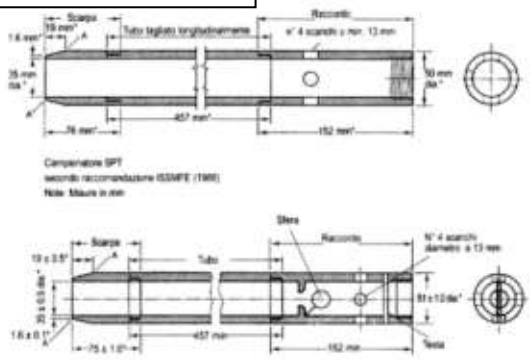


Figura. 3 - Schema della prova SPT



Nella pratica italiana la perforazione in preparazione alla prova SPT viene eseguita:

- con il carotiere a secco, cui segue la messa a quota del rivestimento (con il carotiere nel foro oppure estratto); per l'infissione del rivestimento si impiega la circolazione diretta di fluido (solitamente fango);

• con il carotiere wire-line e circolazione di fluido tra carotiere e batteria di aste (che hanno anche la funzione di rivestimento); in questo caso nel ristretto spazio anulare tra carotiere e batteria può verificarsi l'effetto jetting;

• con attrezzo a distruzione, manovrato da aste di perforazione oppure wire-line, e fluido (in genere fango) in circolazione; il rivestimento, quando non si usa il wire-line, viene fatto seguire come già descritto; con questo metodo occorre impiegare attrezzi che abbiano i passaggi di fuoriuscita del fluido radiali rispetto alla verticale del foro onde evitare l'effetto jetting; con i triconi una sufficiente radialità del flusso è garantita ma con gli altri attrezzi deve essere verificata o creata appositamente (Cestari, 1996).

3.2 Modalità esecutive

Il foro deve essere accuratamente pulito, fino alla profondità di inizio prova, utilizzando attrezzi e metodi che assicurino di non disturbare il terreno interessato dalla prova. Nel perforare al di sotto del livello della falda oppure in condizioni di sub-artesianesimo, il livello del fluido nel foro deve essere sempre mantenuto al di sopra del livello idrostatico in modo da evitare disturbo a fondo foro. Il livello del fluido nel foro deve assicurare l'equilibrio idraulico alla profondità della prova. Gli utensili di perforazione devono essere estratti lentamente per prevenire la decompressione del terreno interessato dalla prova.

Quando viene utilizzato il rivestimento metallico provvisorio esso non deve essere infisso al di sotto della profondità di inizio prova.

Esecuzione della prova. Il campionatore viene calato al fondo del foro mediante le aste; viene quindi montato il dispositivo di infissione. La penetrazione iniziale causata dal peso dell'insieme campionatore-aste-dispositivo di infissione, deve essere annotata.

Quest'ultima precisazione richiede l'esatta conoscenza della lunghezza della batteria discesa nel foro. Dopo la penetrazione iniziale per proprio peso la prova viene eseguita in due fasi: infissione preliminare pari a 150 mm; ove tale infissione richiedesse più di 50 colpi, questo valore verrà assunto come numero di colpi per l'infissione preliminare; infissione vera e propria pari a 300 mm di ulteriore penetrazione.

Il numero di colpi necessari per questa penetrazione di 300 mm è definito come la resistenza alla penetrazione (N). Se 100 colpi non sono sufficienti per la penetrazione di 300 mm l'infissione vera e propria verrà interrotta dopo 100 colpi.

GIAeXploring s.a.s. sede legale via Cerrani - 66010 PRETORO (CH) - Tel. 0871 898023 - fax 0871 898874

3.3 Fattori che influenzano i valori di NSPT

Per poter correlare in maniera opportuna i valori di NSPT ai parametri geotecnici di interesse occorre tenere in attenta considerazione i fattori che influenzano i risultati della resistenza alla penetrazione:

1. le modalità di esecuzione della prova,
2. la pressione del terreno sovrastante
3. il dispositivo di battitura
4. le caratteristiche del terreno: granulometria,
5. presenza d'acqua e importanza delle tensioni efficaci.

Per quanto riguarda il punto 4 la granulometria è una delle caratteristiche del terreno che, a parità di altre condizioni, risulta influenzare significativamente i risultati delle prove SPT. Le osservazioni sperimentali di Gibbs e Holtz (1957) indicano che fattori quali la presenza di ghiaia o l'alto grado di angolosità dei grani comportano valori di NSPT maggiori di quelli ottenuti in terreni di pari densità ma privi di ghiaia o minor grado di angolosità; ciò particolarmente nel campo delle basse densità relative. L'applicazione delle SPT nei suoli ghiaiosi è rara perché sono molto rigidi. Inoltre, è generalmente ritenuto che le SPT sono qualche volta poco adatte per terreni grossolani con grandi granuli perché il valore di N è adatto per differire da un punto ad un altro dovuto all'individuale particella del terreno.

Più che la dimensione massima dei grani risulta importante la distribuzione della curva granulometria, per cui i valori di NSPT nelle sabbie ghiaiose informi, risultano sovente inferiori ai valori di NSPT misurati in sabbie non ghiaiose ma gradate; in accordo con il fatto che la massima densità dei terreni non coesivi è funzione della forma della curva granulometria. L'aria e la permeabilità dell'acqua influenzano i risultati della prova penetrometrica. In un sistema trifase in depositi naturali i fattori sopra menzionati entrano in azione nelle stesso tempo e per questo motivo le relazioni tra il numero dei colpi e la DR non possono essere accuratamente determinate. Occorre essere sempre particolarmente critici con quelle correlazioni nelle quali il valore di NSPT è associato al parametro del terreno, senza che si sia tenuto conto, in qualche modo, delle tensioni efficaci agenti.

<u>Sia le prove penetrometriche dinamiche che le statiche sono affette dagli stress efficaci alla profondità dove le misure sono state fatte. Di conseguenza, la resistenza alla penetrazione aumenta con la profondità persino ove la densità del suolo e il fabric sono gli stessi.</u>

GIAe**X**ploring s.a.s. sede legale via Cerrani - 66010 PRETORO (CH) - Tel. 0871 898023 - fax 0871 898874

4. CAMPIONAMENTO DEI TERRENI

I campioni estratti durante la perforazione possono avere diverso grado di disturbo in funzione sia della tecnica e degli strumenti utilizzati per il prelievo, sia della natura del terreno stesso. In particolare con gli usuali mezzi e tecniche di prelievo non è possibile estrarre campioni "indisturbati" di terreno incoerente. Le principali cause di disturbo derivano dall'esecuzione del sondaggio (disturbo prodotto dalla sonda o dall'attrezzo di perforazione), dall'infissione ed estrazione del campionatore, e dalla variazione dello stato tensionale. Nei provini sottoposti a prove di laboratorio, ulteriori cause di disturbo derivano dal trasporto e dalla non perfetta conservazione del campione, dalle operazioni di estrusione del campione dalla fustella, dalla cavitazione e ridistribuzione del contenuto in acqua, dalle operazioni di formazione del provino (ad esempio al tornio) e dal montaggio nell'apparecchiatura di prova.

Nella campagna di indagine svolta è stato eseguito il prelievo di campioni da sottoporre ad analisi di laboratorio secondo la tipologia di seguito elencata:

a) *"campioni indisturbati"*;

I campioni prelevati sono stati contraddistinti dalle seguenti informazioni:

1. località del cantiere;
2. nome del sondaggio;
3. nome del campione;
4. intervallo di prelievo;
5. data di campionamento.

Il nome assegnato al campione, il tipo di campionatore usato, l'intervallo di quota in cui è stato prelevato e la documentazione fotografica sono riportati nell'Allegato 1 – "Certificato sondaggi", contenente i moduli stratigrafici di ciascun sondaggio eseguito.

4.1 Prelievo di campioni indisturbati

Tali campioni sono stati recuperati con appositi utensili chiamati campionatori, scelti in base alle caratteristiche del terreno.

Il campionatore a rotazione a doppia parete *Denison* (o *Mazier*) si basa su un principio di funzionamento analogo a quello del carotiere a doppia parete.

Esso è composto, infatti, da un cilindro interno di acciaio inox a parete sottile dotato di scarpa tagliente, che accoglie il campione, e da un cilindro esterno dotato di corona dentata all'estremità.

Durante l'avanzamento, che avviene per infissione statica, il tubo esterno ruota e disgrega il terreno adiacente alla superficie esterna del tubo interno, riducendo così la resistenza all'infissione. A differenza dei carotieri a doppia parete, nei campionatori a rotazione la scarpa del tubo interno è avanzata rispetto alla corona dentata esterna per impedire che la rotazione del tubo esterno disturbi il campione. Nel campionatore *Denison*, la sporgenza del tagliente interno rispetto alla corona dentata può essere adattata al tipo di terreno modificando la geometria della scarpa interna.

I campioni sono stati etichettati e sigillati alle estremità con paraffina e a maggiore protezione è stato applicato un nastro adesivo.

Le fustelle sono state collocate in un locale idoneo, protetto dal sole e dalle intemperie, fino al momento della spedizione.

GIAeXploring s.a.s. sede legale via Cerrani - 66010 PRETORO (CH) - Tel. 0871 898023 - fax 0871 898874

5. PROVA DPSH

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi d) 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 studi geologici acquisiti in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici 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).

Figura. 4 – Dpsh Pagani

Per infiggere la punta conica si utilizza un maglio di massa M (63,50 kg) per un'altezza di caduta H (0,75 m); il maglio batte su una testa di battuta che è rigidamente collegata alle aste di prolunga. La resistenza alla penetrazione è definita come il numero di colpi richiesto per infiggere la punta conica per un tratto definito. L'energia cinetica propria di ciascun colpo è il prodotto della massa del maglio per l'accelerazione di gravità e per l'altezza di caduta (MgH).

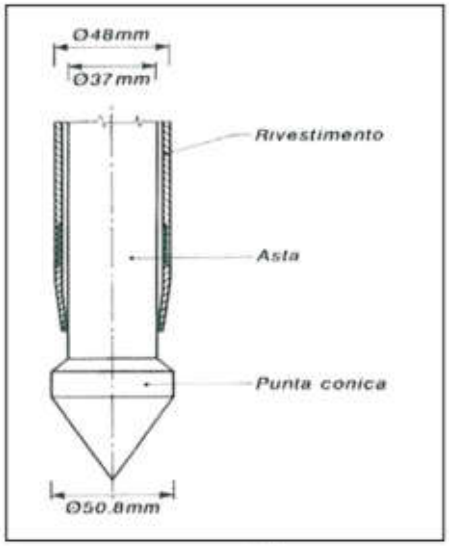


Figura. 5 – Punta conica dell'attrezzatura EN ISO 22476-2:2003 (CESTARI F., 2005).

6.1. Elaborazione dei dati della prova penetrometrica dinamica DPSH

I dati misurati in campagna, vengono rielaborati utilizzano il programma Dynamic Probing della ditta Geostru; esso calcola tutti i parametri geotecnici utili per la progettazione dell'edificio, avvalendosi di diverse correlazioni empiriche proposte dai vari autori citati in bibliografia. Il programma fornisce un primo elaborato grafico che riporta tutti i valori del numero di colpi necessari per la penetrazione della punta (NSCPT) registrati ogni 20 cm di avanzamento della stessa, il grafico della resistenza dinamica ridotta (Rpd) e la relativa interpretazione stratigrafica per ogni prova penetrometrica. La seconda parte degli elaborati, sempre suddivisa per ogni singola prova penetrometrica, prevede una tabella dove alle varie profondità vengono rispettivamente riportati i valori di:

- prf: = profondità alla quale vengono letti i valori riportati nelle colonne successive (la lettura avviene per intervalli di 20 cm);
- NSCPT = numero di colpi;
- Chi = coefficiente di riduzione sonda;
- Rpd = resistenza dinamica ridotta (Kg/cm2);
- resistenza dinamica (Kg/cm2);
- pressione ammissibile con riduzione (Herminier – Olandesi) (Kg/cm2);
- pressione ammissibile (Herminier – Olandesi) (Kg/cm2).

Successivamente la stima dei parametri geotecnici viene effettuata utilizzando l'interpretazione stratigrafica, riportando i valori medi di tutti i parametri geotecnici strato per strato; essa è inoltre suddivisa in funzione della composizione geotecnica del suolo a seconda che il terreno sia di tipo coesivo o di tipo incoerente. I parametri geotecnici stimati per i terreni di tipo coesivo sono:

- Cu = coesione non drenata (Kg/cm2);
- Qc = resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Kg/cm2);
- Mo = modulo edometrico (Kg/cm2);
- Ey = modulo di Young (Kg/cm2);
- Classificazione AGI;
- Puv = peso unità di volume (t/m3);
- PuvS = peso unità di volume saturo (t/m3).

Per i terreni di tipo incoerente i parametri geotecnici stimati sono:

- Dr = densità relativa (%);
- Fi (φ) = angolo di resistenza al taglio (°);
- Ey = modulo di Young (Kg/cm2);
- Mo = modulo edometrico (Kg/cm2);

Classificazione AGI

- Puv = peso unità di volume (t/m3);
- PuvS = peso unità di volume saturo (t/m3);
- v = modulo di Poisson;
- G = modulo di deformazione al taglio dinamico(Kg/cm2);
- V = velocità onde (m/s);
- Liquefazione (considerando una data accelerazione sismica (g));
- Ko = modulo di reazione (Kg/cm3);
- Qc = resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Kg/cm2).

Si precisa inoltre che le elaborazioni sopra citate (effettuate mediante programma di calcolo automatico) fanno riferimento a precise correlazioni empiriche proposte dai vari autori che sono direttamente menzionati nelle tabelle di calcolo.

Oltre alle informazioni riguardanti i caratteri geomeccanici e litologici dei terreni attraversati, è possibile al termine dell'esecuzione della prova determinare la presenza di acqua nel sottosuolo. Attraverso la semplice osservazione della punta delle aste si rileva la presenza di infiltrazioni acquifere o di una falda vera e propria; calando poi nel foro lasciato nel suolo dall'infissione della punta e delle aste un freatimetro ad avvisatore sonoro è possibile misurare la profondità alla quale si collocano le infiltrazioni o il livello della superficie piezometrica.

In allegato i certificati delle 2 prove DPSH eseguite nell'area di studio.

GIAeXploring s.a.s. sede legale via Cerrani - 66010 PRETORO (CH) - Tel. 0871 898023 - fax 0871 898874

6. PROVA SISMICA MASW

La caratterizzazione del terreno dal punto di vista dinamico richiede la conoscenza del profilo di velocità delle onde di taglio Vs degli strati di terreno presenti nel sito. In particolare si deve avere la conoscenza sino ad almeno 30 metri dal piano campagna (Vs30). La conoscenza del profilo delle onde di taglio Vs degli strati che compongono i primi 30 metri di profondità risulta necessaria per:

- valutare l'azione sismica di progetto al livello del piano fondale tipo di opera
- valutare il potenziale di liquefazione del terreno;
- valutare l'accelerazione sismica per il calcolo della stabilità dei pendii e/o delle opere di sostegno nei confronti dell'azione sismica;
- valutare, in condizioni sismiche, la capacità portante ed i cedimenti di rilevati stradali, opere di sostegno, fondazioni degli edifici.

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio dei primi 30 m di profondità, si determina una velocità media equivalente VsEq rappresentativa del sito in esame. La legge adoperata è la seguente:

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

Velocità media equivalente

dove **hi** e **Vi** indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $<10^{-6}$) dello strato i-esimo, per un totale di n presenti nei primi metri di profondità. Tale parametro consente di classificare il sito in categorie di sottosuolo.

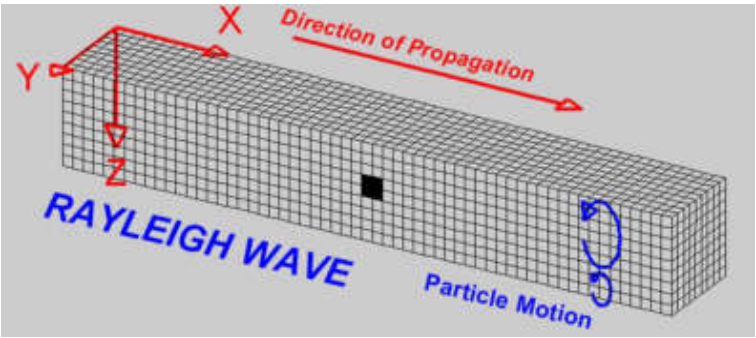
La stima della velocità delle onde di taglio Vs dei vari sismostrati può essere eseguita, a basso costo, con la tecnica **MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (MASW)** che fornisce la stratigrafia e le velocità delle onde di taglio. Una volta acquisiti gli spessori degli strati e le relative velocità delle onde S, si calcola la velocità media relativa ai primi trenta metri di sottosuolo, con la formulazione precedente e si classifica il sito secondo i riferimenti normativi.

INDAGINE MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde di compressione, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, che è la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (cioè le indagini a riflessione o rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (Vs), ottenuto dall'analisi delle onde piane del modo fondamentale e superiore delle onde di Rayleigh è diventata una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidezza superficiale.



Il processo comprende tre step principali:

- l'acquisizione delle onde superficiali;
- la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
- l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

Per ottenere un profilo Vs bisogna, quindi, produrre un treno d'onde superficiali a banda larga (sismica attiva) e registrarlo minimizzando il rumore di fondo presente nel sito di registrazione. L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Per ottenere il profilo verticale delle Vs dalla curva di dispersione sono necessari dei valori approssimati del Coefficiente di Poisson e della densità del materiale, solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.

La velocità di propagazione delle onde di Rayleigh in un semispazio elastico, omogeneo ed isotropo, è indipendente dalla frequenza ed il moto indotto dalla propagazione si smorza rapidamente con la profondità, sino ad estinguersi ad una profondità circa pari ad una lunghezza d'onda. La profondità raggiunta dalla perturbazione dipende dunque dalla lunghezza d'onda e, in mezzi omogenei, a diverse lunghezze d'onda corrisponde un'unica velocità di fase (VR). In un mezzo verticalmente eterogeneo, costituito da strati aventi proprietà meccaniche differenti, il comportamento delle onde superficiali diventa dispersivo: a frequenze diverse corrispondono diverse velocità di fase. Quindi, nel caso di un mezzo eterogeneo, le onde superficiali non hanno una singola velocità, ma diverse velocità di fase in corrispondenza delle diverse frequenze: tale fenomeno, dipendente dalla distribuzione spaziale delle proprietà sismiche del sottosuolo è noto come dispersione geometrica e la relazione che lega la frequenza alla velocità di fase prende il nome di curva di dispersione.

La curva di dispersione gioca un ruolo centrale nell'utilizzo delle onde di Rayleigh ai fini della caratterizzazione dei terreni, infatti, è funzione delle caratteristiche di rigidezza del mezzo e può essere utilizzata per un processo inverso avente come obiettivo la stima delle caratteristiche di rigidezza stesse.

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine di sismica a rifrazione con l'unica eccezione di adoperare tempi di acquisizione significativamente più lunghi e geofoni a bassa frequenza generalmente 4.5 Hz o inferiori. Quindi, in definitiva l'attrezzatura per eseguire indagini di sismica superficiale attiva con tecnica Multichannel Analisys of Surface Waves è quella per indagini a rifrazione in onde P.

METODI DI INTERPRETAZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI

Uno degli aspetti critici nell'utilizzazione dei dati ricavati da prove sismiche per onde superficiali attive per scopi ingegneristici è infatti dato dalla non-unicità della soluzione. Diverse combinazioni dei parametri del modello (Vs – spessore strato) possono essere associate a curve di dispersione molto simili e praticamente equivalenti rispetto ai dati sperimentali disponibili. Da ciò la buona norma di vincolare uno dei parametri che interviene con indagini o conoscenze diverse.

L'elaborazione dei dati acquisiti può essere agevolmente effettuata utilizzando uno specifico software commerciale che consente di gestire il sismogramma digitale, selezionare le tracce utili, eseguire l'analisi spettrale, individuare le curve di dispersione delle onde di superficie ed effettuare le procedure di inversione per l'interpretazione in termini di modello sismostratigrafico di Vs. Lo scopo dell'intera procedura è identificare il modello la cui curva di dispersione meno si scosta dai dati osservati. Tale modello sarà, evidentemente, caratterizzato dal minor errore della deviazione standard tra le velocità di fase osservate e calcolate.

Per la complessità del fenomeno fisico e delle eventuali complicazioni che possono sperimentalmente manifestarsi in funzione della litostratigrafia del sito di indagine (presenza di onde canalizzate, problematica distinzione dei differenti modi) è sempre consigliato di procedere con una modellazione diretta in cui si cerca di trovare una sintesi coerente tra la distribuzione di energia nello spettro di velocità (unico dato sperimentale) e la curva di dispersione teorica di un modello ipotizzato sulla base delle conoscenze geologico-geofisiche pregresse. Tale metodo è generalmente preferibile alla procedura di inversione eseguita considerando soltanto il picking dei massimi di ampiezza nello spettro di velocità del modo fondamentale e degli eventuali modi superiori.

I **vantaggi** dell'uso di tale tecnica sono:

- che è particolarmente indicata per suoli fortemente attenuanti ed ambienti rumorosi (la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%), inoltre, l'ampiezza delle onde superficiali dipende dalla radice quadrata della distanza (r1/2) e non da r come per le onde di corpo (Vp, Vs));
- che riconosce le inversioni di velocità (limite del metodo a rifrazione);
- che ha un costo moderato, tempi rapidi di esecuzione e scarso impatto sui luoghi di indagine.

I **limiti** dell'uso di tale tecnica sono:

- disponibilità di spazi sufficienti per gli stendimenti sismici;
- forniscono un profilo monodimensionale di Vs, non quantificando eventuali variazioni laterali.
- la profondità di penetrazione dipende dalla frequenza più bassa rilevabile nella curva di dispersione (approssimativamente Prof. = L_{MAX} / 2)
- il problema della non-univocità della soluzione del problema inverso (comune a tutti i metodi indiretti).

7. PROVA SISMICA PASSIVA HVSR

Il metodo dei rapporti spettrali H/V (noto anche come metodo HVSR) o metodo di Nakamura, con singola stazione è stato inizialmente sviluppato in Giappone da Nogoshi e Igarashi (1971) per caratterizzare la risposta di sito sotto azione sismica ed è stato successivamente reso popolare e diffusa al mondo occidentale da Nakamura (1989). È una tecnica sismica passiva poiché la sorgente non viene attivata artificialmente, ma si basa sulla registrazione del rumore sismico ambientale, definito anche microtremore, prodotto sia da fenomeni atmosferici (ad es. onde oceaniche, vento) sia da attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Inoltre è totalmente non invasiva, non richiede alcun tipo di perforazione e può essere applicata ovunque. Il vantaggio risiede nel fatto che la sorgente utilizzata presenta una lunghezza d'onda e una profondità di propagazione di gran lunga maggiore di quella delle onde elastiche generate artificialmente.

Di contro, tale tecnica presenta una minor risoluzione spaziale e spesso risulta di difficile interpretazione. La struttura del campo d'onda del rumore sismico ambientale è chiaramente condizionata dalla tipologia di sorgente interessata (sia essa naturale o antropica) e dalle proprietà meccaniche dei depositi di terreno. Infatti, la sorgente del rumore genera un treno d'onde che viene percepito nel punto di misura con caratteristiche dipendenti dalla consistenza delle sollecitazioni nelle componenti orizzontali e verticali e dai fenomeni di riflessione o rifrazione che avvengono nel percorso dalla sorgente al sito.

In genere nel campo d'onda del rumore ambientale saranno presenti sia onde di volume che onde superficiali, la cui partecipazione in termini di energia dipende considerevolmente dall'intervallo di frequenza analizzato. Prendendo in esame diverse sorgenti, che generano un determinato campo d'onda sismico (in un intervallo temporale mediamente esteso), le loro proprietà non dipendono dalle singole sorgenti, ma dalle caratteristiche del mezzo di propagazione e dall'energia liberata dall'attività antropica o naturale.

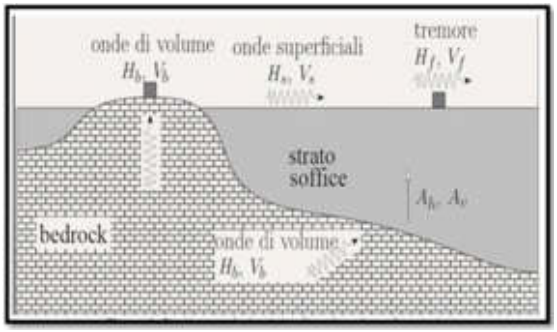


Figura. 6 - Modello geologico illustrante la struttura tipica di un bacino sedimentario (R. Carniel, F. Barazza, and P. Pascolo 2006).

Le sorgenti del rumore ambientale si possono classificare in due categorie principali: antropiche e naturali, le quali sono caratterizzate da differenti range di frequenza:

- **Basse frequenze (f <1 Hz)**, l'origine del rumore ambientale è essenzialmente naturale, con particolare riferimento al microsisma marino, la cui massima energia è compresa nella banda 0.05-0.5 Hz.
- **Alte frequenze (f >1 Hz)**, l'origine del rumore sismico è legata prevalentemente alle attività svolte dall'uomo (traffico, macchinari, ecc.). Tali sorgenti sono percepibili perlopiù sulla superficie della terra e immediatamente al disotto di essa, e spesso mostrano una forte variazione temporale tra le ore diurne e notturne.

I risultati ottenibili da questo tipo di indagine sono:

- **Frequenza di risonanza tipica del sito**, parametro fondamentale per il dimensionamento di edifici in termini di risposta sismica locale in quanto verranno adottate adeguate precauzioni nell'edificare strutture aventi stessa frequenza di vibrazione del terreno, onde evitare il fenomeno di "doppia risonanza", estremamente pericoloso per la stabilità di questi ultimi.
- **Frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, se questa indagine è eseguita all'interno dello stesso.
- **Velocità media delle onde di taglio Vs**, in cui diviene necessario, ai fini dell'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (rilevabile da sondaggi o prove penetrometriche) ed identificabile nella curva H/V.
- **Stratigrafia del sottosuolo**, con un range che va da 0,5 a 700 m di profondità, anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 m. La seguente tecnica si basa sul principio di strato inteso come unità distinta da quella sopra e sottostanti da un contrasto d'impedenza.

8.1. Strumentazione

La strumentazione utilizzata per la campagna di acquisizione HVSR, è composta da un geofono (SR04 Geobox) a stazione singola che registra impiegando 3 canali (componente Z, N-S ed E-W) per una registrazione complessiva del noise ambientale di 30 minuti.

Figura. 7 – Geofono a 3 componenti SR04-Geobox

Le caratteristiche tecniche sono di seguito riportate:

Caratteristiche tecniche generali	
Alimentazione:	10-16Vdc o da batteria interna < 1W
Numero canali:	3 a 24 bit (ΣΔ)
Range dinamico:	124dB (144dB, 24 bit effettivi [enob], fra 0.1 e 10Hz)
Campionamento:	simultaneo sui tre canali
Sampling rates:	da 10-600 Hz
Real Time Clock:	+/-10ppm (-20/+50°C)
Sincrononizzazione :	GPS via PPS modulato
Precisione rispetto a UTC:	<50µs
Interfaccia dati sismici:	RS232, cavo USB in dotazione
Formato dati:	protocollo binario SADC20HS
Velocità:	115200 baud
Contenitore:	Monoblocco in alluminio IP66
Temperatura operativa:	-30/+60°C
Dimensioni e peso:	155x140x110 mm
Peso:	3.1kg con sensori da 4.5Hz; 4.4kg con sensori da 2Hz
Conformità:	CE (EN55022, EN55011)

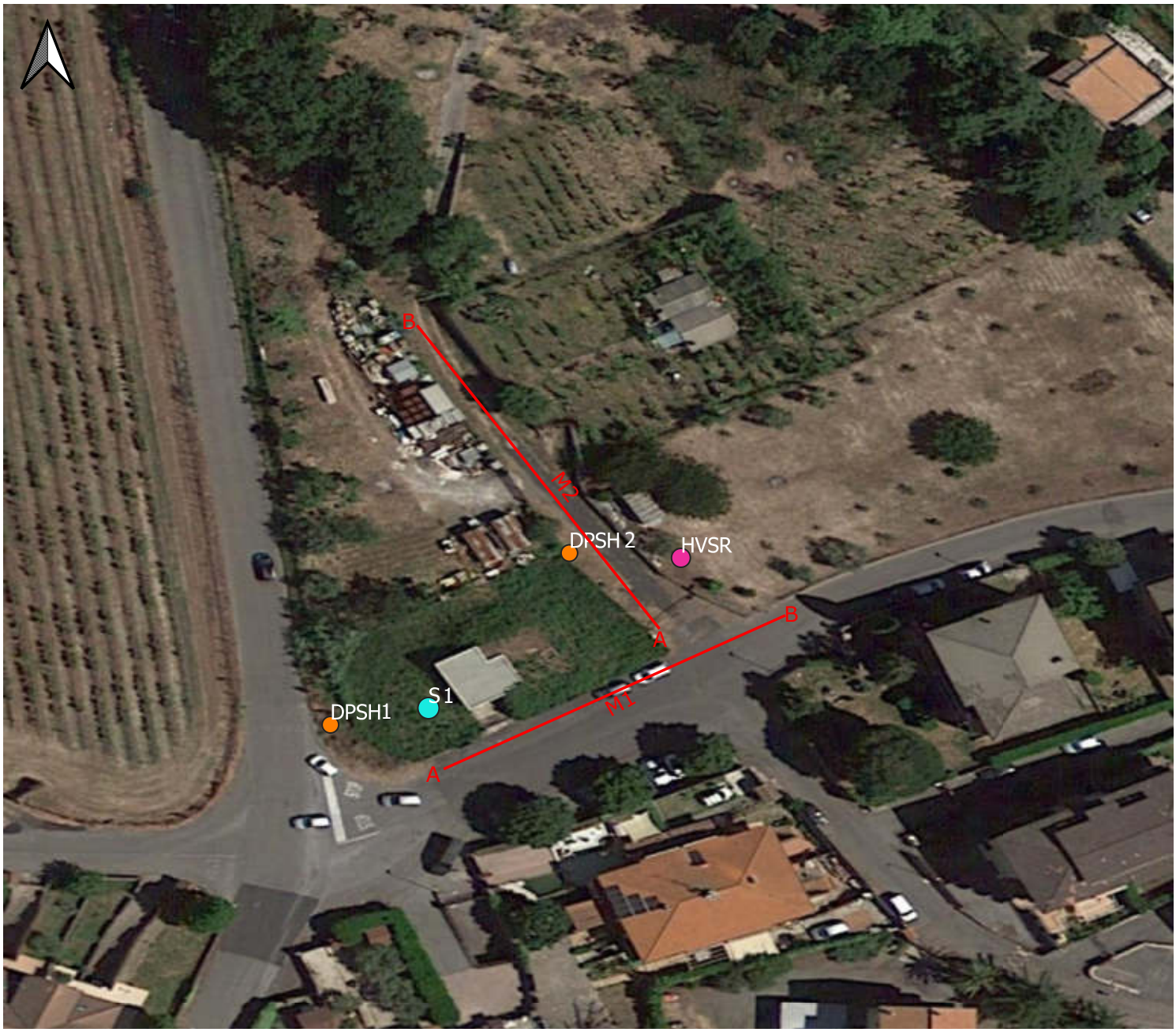
Pretoro 13/07/2022

Ing. Angelo Giamberardino

Geol. Camillo Giamberardino

GIA eXploring S.r.l.	ALLEGATO N.1 UBICAZIONE DELLE INDAGINI DATA DI EMISSIONE 13/07/2022

COROGRAFIA DELL'AREA DI STUDIO
COMUNE DI COLONNA (RM) - POZZO SANTA CHIARA



0 10 20 m

- Indagine sismica superficiale di tipo MASW
- Prova penetrometrica dinamica di tipo DPSH
- Prova sismica passiva di tipo HVSR
- Sondaggio geognostico a c.c. S

SPERIMENTATORE Ing. Angelo Giamberardino	DIRETTORE Geol. Camillo Giamberardino

Tipologia di prova in sito:

SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Lavoro N: *015/2022*

Committente: *Acea Ato2 Spa*

Oggetto: *"Indagini Geognostiche asservite al pozzo di Santa Chiara"*

Località: *Colonna (RM), Impianto Santa Chiara*

Coordinate geografiche del punto di indagine:
S1: lat.41.832639°; long.12.748220°; QUOTA 294 m s.l.m.

Caratteristiche Strumentali SONDA PSM 8G

Velocità di rotazione della testa motrice (rpm)	da 0 a 700
Coppia massima di perforazione (Kg/m)	≥ 900
Forza tiro massima (g)	≥ 4000
Forza spinta massima (Kg)	≥ 12.000
Corsa continua (cm)	≥ 150
Pressione massima pompa (bar)	≥ 70

Condizioni Ambientali:

Temperatura: non influente
Umidità: non influente
Disturbi Elettromagnetici: non influenti

Stima dell'incertezza dei risultati: ± 5%

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (CH) Laboratorio di prove geotecniche in sito Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

MODELLO STRATIGRAFIA

Via Cerrani - Pretoro - CH
Tel. 0871 898023 - Fax 0871 898214
e-mail: info@giaexploring.it

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Acea Ato2 Spa	30 m	294 mslm	248-1_2022	1 di 1
Operatore	**Indagine**			**Inizio/Fine Esecuzione**
Sig. Palmiro Carestia	Indagini geognostiche asservite al pozzo di Santa Chiara			07/06/2022
Responsabile	**Sondaggio**	**Tipo Carotaggio**	**Tipo Sonda**	**Coordinate X Y**
Geol. Camillo Giamberardino	S1	Carotaggio continuo a rotazione	PSM 8G	41.832639° 12.748220°

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	% Carotag.	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Falda
		Sabbia fine bruna con inclusi clastici grigi di natura vulcanica con diametro 1-2 cm raramente più grossi fino a 7 cm. Riporto Antropico	1.00	%C=95						
1		Sabbia bruna con ceneriti vulcaniche grigie	2.00	%C=95						
2		Limo debolmente sabbioso bruno con evidenze di ceneri vulcaniche. Rari inclusi basaltici intercettati a 4.00 m	4.30	%C=90	1-4-8 3.50 PA	3.0				
3										
4		Limo argilloso bruno rossastro con presenza di miche diffuse	5.40	%C=95		3.5 3.3 5.8 5.5 2.0				
5		Piroclastiti costituiti da sabbie grosse grigio-bronzo con pomici del diametro di 0.3-0.7 cm e miche	5.55	%C=95			5.50 O 6.00			
6		Limo argilloso bruno rossastro con presenza di miche diffuse	6.00	%C=90						
		Sabbia e limo bruno rossastro con inclusi piroclastici di pomici e lapilli grigio e diffuse miche	6.60	%C=95		2.5				
7		Limo debolmente argilloso rossastro con inclusi piroclastici sparsi	7.00			2.0 1.8				
8		Associazione di limo da rossastro a rossastro grigio e nuclei a livelli piroclastici costituiti da sabbie grosse con lapilli e pomici di diametro 0.4-0.6 cm. Generalmente le componenti fini costituiscono il 60-70% del composito.	10.30	%C=95	12-Rif 10.00 PA		9.50 O 10.00			
9										
10		Basalto grigio scuro massivo. Fratturazione secondaria da 11.80-12.00 m. A luoghi cavitazioni millimetriche dalle forme irregolari, occasionalmente orientati	21.00	%C=90						
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio: Carotaggio continuo a rotazione
Sonda: PSM 8G

Responsabile

Via Cerrani - Pretoro - CH
Tel. 0871 898023 - Fax 0871 898214
e-mail: info@giaexploring.it

Committente	Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina
Acea Ato2 Spa	30 m	294 mslm	248-1_2022	1 di 1

Operatore	Indagine	Inizio/Fine Esecuzione
Sig. Palmiro Carestia	Indagini geognostiche asservite al pozzo di Santa Chiara	07/06/2022

Responsabile	Sondaggio	Tipo Carotaggio	Tipo Sonda	Coordinate X Y
Geol.Camillo Giamberardino	S1-	Carotaggio continuo a rotazione	PSM 8G	41.832639° 12.748220°

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	% Carotag.	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Falda	DH
21, 22, 23, 24		Basalto grigio scuro massivo.Fratturazione secondaria da 11.80-12.00 m.	24.45	%C=90			22.80 23.00				
25		Tufi addensati quasi litici a matrice limosa sabbiosa di color rossastro	25.40	%C=90							
26		Sabbie grigie a tessitura grossa di origine vulcanica	26.40	%C=90							
			26.70	%C=90							
27		Limo rossastro violaceo e sabbie grigie cenimetriche diversamente associati in nuclei e livelli centimetrici									
28, 29		Limo debolmente argilloso marrone rossastro con nuclei centimetrici di concrezioni tufitiche. Da 28.00 metri a 30 metri bassa resistenza alla perforazione	30.00	%C=90		5.3 4.0 >6 5.0		(CD) 30.00	(RM) 30.00		
30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40											

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio: Carotaggio continuo a rotazione
Sonda: PSM 8G

Responsabile

Committenza: Acea Ato2 Spa	**Oggetto:** "Indagini Geognostiche asservite al pozzo di Santa Chiara"	***Pagina 2 di 5***

Id sondaggio:	**S1**	Profondità sondaggio:	**30,00 m**	Data esecuzione sondaggio:	07/06/2022
Numero cassette catalogatrici: **6**				Numero fotografie: **8**	

Foto 1 Postazione sondaggio

Foto 2 Postazione sondaggio

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (CH) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10 Laboratorio Geotecniche in sito

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

Committenza: Acea Ato2 Spa	**Oggetto:** "Indagini Geognostiche asservite al pozzo di Santa Chiara"	***Pagina 3 di 5***

Id sondaggio:	**S1**	Profondità sondaggio:	**30,00 m**	Data esecuzione sondaggio:	07/06/2022
Numero cassette catalogatrici: **6**				Numero fotografie: **8**	

Foto 3 Cassetta n. 1

Foto 4 Cassetta n. 2

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

Committenza: Acea Ato2 Spa	**Oggetto:** "Indagini Geognostiche asservite al pozzo di Santa Chiara"	***Pagina 4 di 5***

Id sondaggio:	**S1**	Profondità sondaggio:	**30,00 m**	Data esecuzione sondaggio:	07/06/2022

Numero cassette catalogatrici: **6**	Numero fotografie: **8**

Foto 5 Cassetta n. 3

Foto 6 Cassetta n. 4

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

Committenza: Acea Ato2 Spa	**Oggetto:** "Indagini Geognostiche asservite al pozzo di Santa Chiara"	***Pagina 5 di 5***

Id sondaggio:	**S1**	Profondità sondaggio:	**30,00 m**	Data esecuzione sondaggio:	07/06/2022

Numero cassette catalogatrici: **6**	Numero fotografie: **8**

Foto 5 Cassetta n. 5

Foto 6 Cassetta n. 6

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

ALLEGATO n. 2
CERTIFICATO n. 248/LGC_1/2022
DATA DI EMISSIONE: 08/06/2022

METODOLOGIA DI LAVORO

Generalità

I sondaggi geognostici rappresentano una metodologia di indagine diretta che consente un'accurata ricostruzione stratigrafica del sottosuolo. I metodi di perforazione sono generalmente due e la scelta dipende essenzialmente dallo scopo.

Nel caso in cui ci si debba accertare della natura del terreno (argilla, limo, sabbia, ghiaia, etc.) e non interessi il prelievo continuo di campioni, è possibile eseguire un sondaggio a rotazione con aste elicoidali continue. Tale metodo permette di realizzare un campionamento rappresentativo integrale del sottosuolo e di rilevare la quota delle venute d'acqua.

Se è richiesto, invece, il profilo stratigrafico e/o il prelievo di campioni indisturbati da sottoporre a prove di laboratorio, si esegue una perforazione a carotaggio continuo con rivestimento che consente inoltre di determinate direttamente delle proprietà geotecniche del terreno attraverso prove in foro.

Modalità esecutive

Le perforazioni stratigrafiche si sono svolte secondo le seguenti modalità:

- carotaggio integrale e rappresentativo del terreno attraversato, al fine di ricostruire il profilo stratigrafico mediante l'esame delle "carote" estratte;
- rilievo del livello delle acque sotterranee eventualmente riscontrate;
- descrizione stratigrafica geologica e geotecnica;

Attrezzature di perforazione

I sondaggi geognostici sono stati realizzati con una sonda avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- sonda a rotazione (testa idraulica) a tavola *rotary*, a mandrino, con la quale, tramite aste di perforazione montate su carotieri, si ottiene l'avanzamento nel terreno;
- pompa con circuito supplementare per il rabbocco del fluido alla testa del foro;
- gruppo morsa-svitatore per le manovre di aggiunta o rimozione delle singole aste per la composizione della batteria di perforazione;
- corredo della sonda, completo di tutti gli accessori, necessari per l'esecuzione del lavoro a norma di specifica.

Di seguito si riportano alcune caratteristiche tecniche delle attrezzature di perforazione:

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

- *Carotiere semplice*, con valvola di testa a sfera e calice:

Diametro nominale esterno: 101 mm

Lunghezza utile (L): 300 cm

- *Carotiere doppio* a corona sottile (T2) con estrattore:

Diametro nominale esterno = 101 mm

Lunghezza utile (L) = 300 cm

- *Corone di perforazione* in widia e diamantate, del tipo adatto ai terreni incontrati;

- *Aste di perforazione* con filettatura tronco-conica:

Diametro esterno: 76 mm.

Essi consentono l'estrazione di tutto il materiale interessato dal sondaggio senza fenomeni di fratturazione e dilavamento.

Per la pulizia del foro:

- carotiere semplice della lunghezza di: 40 ÷ 80 cm;
- attrezzo a fori radiali, da impiegarsi con circolazione di fluido uscente dall'utensile con inclinazione di 45° ÷ 90° rispetto alla verticale;
- campionatore a pareti grosse del diametro di 100 mm, con cestello di ritenuta alla base per l'asportazione di eventuali ciottoli.

Durante tutta la durata della campagna di perforazione sono stati utilizzati i seguenti strumenti di controllo e prova:

- scandaglio a filo graduato, per misura della quota reale di fondo del foro;
- freatimetro;
- penetrometro tascabile con un fondo scala ≥ 5 kg/cm².

Modalità di esecuzione delle perforazioni

L'avanzamento del carotiere a "secco" senza utilizzare fluidi di perforazione, siano essi acqua o miscele polimeriche. L'acqua può essere utilizzata, se ritenuta indispensabile, solo dopo l'avanzamento delle tubazioni provvisorie di lavoro (tubi di rivestimento per evitare il franamento del foro) che vengono infisse a rotazione dopo l'estrazione del terreno carotato a secco. Al fine di evitare l'eccessivo riscaldamento dei materiali, le manovre di avanzamento saranno eseguite con valore di spinta non elevato, in modo da non creare attriti eccessivi in rotazione.

Particolare importanza riveste la metodologia di estrazione della carota, in modo da impedire contaminazioni indotte.

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (Ch) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

La carota non deve essere estratta per percussione dall'asta o dalla fustella, provocando la migrazione della frazione liquida od oleosa.

Essa deve essere ricavata per azione di un apposito spintore a pistone che permetta l'espulsione indisturbata dello spezzone prelevato dal fondo foro.

La carota è state quindi riposta nell'apposita cassetta catalogatrice.

La pulizia delle attrezzature è un altro elemento fondamentale per l'attendibilità dei campioni.

Dopo ogni manovra gli utensili di perforazione e campionamento, così come tutta l'attrezzatura venuta a contatto con i materiali recuperati, sono lavati per evitare la contaminazione reciproca tra sostanze eventualmente presenti a profondità minori rispetto ai materiali da carotare e successivamente da campionare a profondità maggiori.

Durante i lavori, l'attrezzatura pulita, sarà lubrificata solo con sostanze vegetali.

Cassette catalogatrici e carote

Le carote estratte nel corso delle perforazioni sono state sistemate in apposite cassette catalogatrici rettangolari in materiale plastico di colore nero, munite di scomparti divisori e coperchio apribile a cerniera. Presentano una consistenza tale da essere trasportate ed impilate ed hanno dimensioni di circa 1.0 x 0.6 x 0.15 m. Tutte le carote coesive riposte dentro le cassette sono state opportunamente scortecciate.

Sui bordi sono state riportate le quote delle carote rispetto al piano campagna e sui coperchi, sono indicati i seguenti dati:

- luogo di esecuzione del sondaggio;
- nome identificativo del sondaggio;
- numero della cassetta catalogatrice;
- intervallo della quota delle carote di terreno presenti al suo interno (espressi in m);
- data di esecuzione del prelievo delle carote.

Ogni singola cassetta catalogatrice di ciascun sondaggio è stata fotografata immediatamente dopo il suo completamento tramite fotocamera digitale, tenendo in debita considerazione la completa leggibilità di tutte le indicazioni riportate su di essa ed una visione chiara delle carote contenute.

Rilievo stratigrafico

L'esecuzione dei sondaggi geognostici è stata costantemente seguita dal geologo responsabile del cantiere, il quale ha provveduto a descrivere e ricostruire la successione stratigrafica incontrata, annotando opportunamente tutti i dati inerenti (metodo di perforazione, di stabilizzazione, eventuale presenza di falda, percentuale di carotaggio); inoltre, attraverso l'utilizzo di un Pocket Test, è stata effettuata un'analisi puntuale della resistenza dei terreni sulla superficie scortecciata (se terreno coesivo) delle carote estratte.

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (Ch) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

Tutte le informazioni acquisite, sono state riportate su un modulo stratigrafico nella documentazione fornita, in cui si possono trovare i seguenti elementi:

- Denominazione del Cantiere
- Località
- Quota assoluta al p.c.
- Profondità raggiunta rispetto al p.c.
- Impresa esecutrice
- Date di perforazione (inizio e fine)
- Identificativo del sondaggio
- Tipo di carotaggio eseguito
- Tipo di sonda
- Numero di cassette catalogatrici relative al sondaggio
- Scala metrica
- Rappresentazione litologica
- Descrizione litologica
- Spessore delle varie unità litologiche individuate
- Percentuale di carotaggio
- Valori ottenuti dalle misure con il Pocket Test e relativa quota di misura
- Metodi di perforazione utilizzati nei diversi spessori
- Metodo di stabilizzazione impiega con relativa lunghezza del rivestimento
- Eventuale presenza di falda riscontrata
- Tipologia di utensile di perforazione (carotieri) utilizzata nei diversi spessori
- Intervallo di prelievo di campioni indisturbati
- Tipologia di strumentazione installata nel foro
- Foto delle cassette catalogatrici.

Descrizione stratigrafica

Nella descrizione litologica dei materiali sciolti o parzialmente cementati (terreni), sono stati analizzati in successione i seguenti aspetti:

- composizione granulometrica approssimata;
- distinzione tra frazioni granulometriche predominanti e subordinate;
- grado di arrotondamento degli eventuali clasti ghiaiosi e ciottolosi;
- colore o colore prevalente;
- consistenza dei terreni coesivi e semicoesivi (argille e limi);
- addensamento dei terreni granulari (sabbie e ghiaie);
- eventuale cementazione (sabbie e ghiaie);

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

- eventuale presenza di materiale organico (es. materia organica, torba, radici, frustoli lignitici);
- osservazione della struttura e tessitura del terreno (stratificazione più o meno fitta, concrezioni);
- eventuale presenza di materiale di origine antropica (laterizi, rifiuti) indicandone dimensioni e colore.

Recupero % di carotaggio

Durante l'esecuzione delle perforazioni è stata eseguita una valutazione della % di recupero del carotaggio, definita come il rapporto percentuale tra la lunghezza della carota recuperata L_c e la lunghezza della battuta L_b presa in considerazione. Il suo valore è stato poi riportato graficamente nel log stratigrafico.

Consistenza e addensamento

Per i terreni coesivi e semicoesivi si valutata la consistenza del terreno con l'impiego di un penetrometro tascabile direttamente eseguito sulla carota appena estratta e scortecciata, mentre per i terreni incoerenti o granulari si descrive il grado di addensamento.

Rilievo del livello dell'acqua nel foro

Nel corso delle perforazioni sono stati eseguiti dei rilevamenti del livello dell'acqua nel foro tramite un freatimetro elettrico con riferimento metrica. Le misure hanno avuto luogo prima e dopo ogni interruzione di lavoro (sera a fine lavoro e mattina ad inizio lavoro) con annotazione del:

- livello acqua nel foro rispetto al p.c.;
- quota del fondo del foro;
- quota della scarpa del rivestimento;
- data ed ora della misura.

Documentazione fornita

La documentazione comprende, oltre alle informazioni generali, i seguenti elaborati:

- documentazione fotografica;
- profilo stratigrafico;
- ubicazione della zona di indagine con l'indicazione del punto di indagine tramite corografia di dettaglio.

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (Ch) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

GIA eXploring S.r.l.	ALLEGATO N.2 RAPPORTO N.248_LGC_1_2022 DATA DI EMISSIONE 13/07/2022

COROGRAFIA DELL'AREA DI STUDIO
COMUNE DI COLONNA (RM) - POZZO SANTA CHIARA

0 10 20 m

Sondaggio geognostico a c.c. S

SPERIMENTATORE Ing. Angelo Giamberardino	DIRETTORE Geol. Camillo Giamberardino

Certificato n. 248/SPT_1_2/2022 **Pagina 1 di 3**
Data di emissione: 15/06/2022

Tipologia di prova in sito:

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA IN FORO DI SONDAGGIO STANDARD PENETRATION TEST (S.P.T.)

Lavoro N: *015/2022*

Committente: *Acea Ato2 Spa*

Oggetto: *"Indagini Geognostiche asservite al pozzo di Santa Chiara"*

Località: *Colonna (RM), Impianto Santa Chiara*

Coordinate geografiche del punto di indagine:
S1: lat.41.832639°; long.12.748220°; QUOTA 294 m s.l.m.

Caratteristiche Strumentali:

Rif. Norme	ASTM D.4633-86
Massa battente (kg)	63,5 ± 0,5
Altezza di caduta (mm)	760
Diametro aste (mm)	76
Spessore aste (mm)	5,9
Peso aste (Kg/m)	12,7

Condizioni Ambientali:

Temperatura: non influente
Umidità: non influente
Disturbi Elettromagnetici: non influenti

Stima dell'incertezza dei risultati: ± 5%

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING Aut. Min. Infras. e Trasp. N. 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

TABULAZIONE DATI

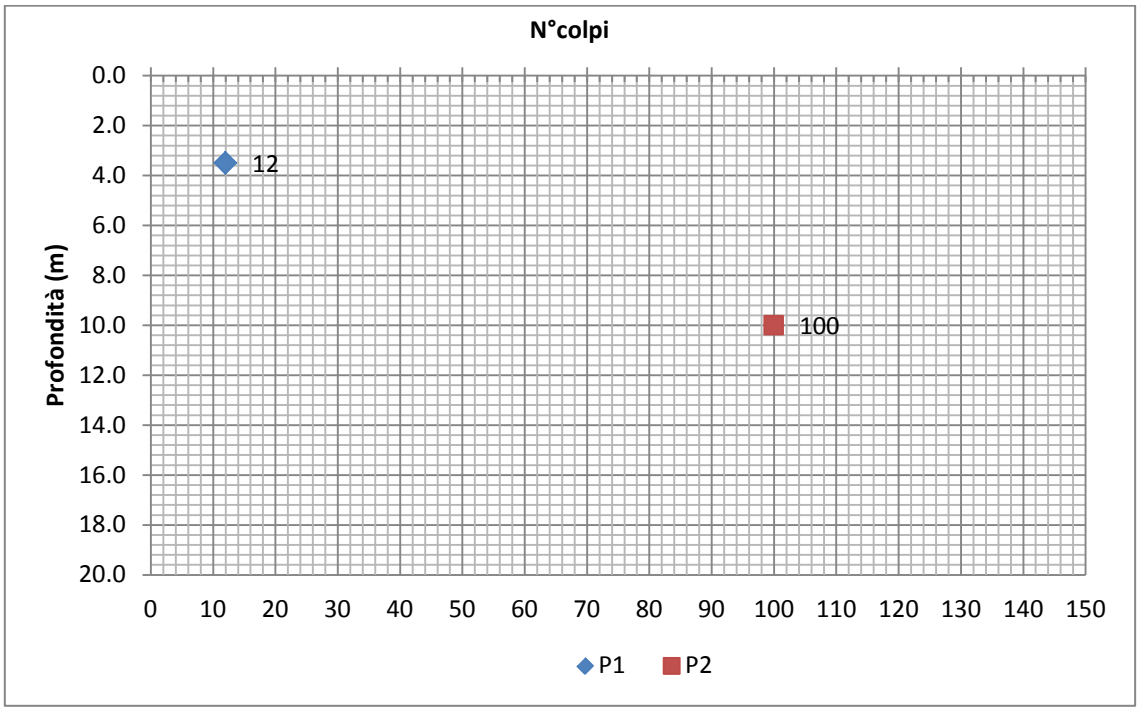
PROVE S.P.T. SONDAGGIO S1

Strumento utilizzato: PROVE SPT IN FORO

Prove eseguite in data: 07/06/2022

Falda non rilevata

Sondaggio (n°)	Prova (n°)	Profondità (m)	N_1	N_2	N_3	Nspt = N_2+N_3	Punta utilizzata
S1	P1	3.50	1	4	8	12	Punta aperta
S1	P2	10.00	12	50	50	100	Punta aperta



SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

Committenza: Acea Ato2 Spa	**Oggetto:** "Indagini Geognostiche asservite al pozzo di Santa Chiara"				***Pagina 3 di 3***
Id prova:	**SPT 1**	Profondità prova:	**3,50 – 3,95 m**	Data esecuzione prova:	**07/06/2022**

Foto 1 Intervallo stratigrafico della prova S.P.T. 1

Id prova:	**SPT 2**	Profondità prova:	**10,00-10,30 m**	Data esecuzione prova:	**07/06/2022**

Foto 2 Intervallo stratigrafico della prova S.P.T. 2

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

METODOLOGIA DI LAVORO

Generalità

La prova "*Standard Penetration Test*" consiste nell'infiggere a percussione uno speciale campionatore a pareti grosse, di forma e dimensioni normalizzate (*Campionatore Raymond*) che, penetrando nel terreno, consente di valutarne la resistenza meccanica alla penetrazione in base al numero N di colpi infissi da un apposito maglio per un dato avanzamento. Con la prova viene anche prelevato un piccolo campione (non indisturbato) del terreno interessato. In alternativa al campionatore si può utilizzare una punta conica chiusa di dimensioni standard.

La normativa di riferimento per l'esecuzione di prove S.P.T. è la seguente:

- A.G.I. - Associazione Geotecnica Italiana – *Raccomandazioni per le Indagini Geotecniche* (1977);
- ASTM D1586;
- ISSMFE – Associazione Geotecnica Internazionale – *Procedura di Riferimento* (ISOPT 1-1988).

Attrezzature di perforazione

Il tubo campionatore, apribile longitudinalmente, ha le seguenti dimensioni:

- Diametro esterno: 50 ± 1 mm
- Diametro interno: 35 ± 1 mm
- Lunghezza minima (esclusa la scarpa tagliente terminale): 457 mm
- Lunghezza scarpa tagliente: 76 ± 1 mm

All'estremità superiore, il campionatore è munito di una valvola a sfera e di aperture di scarico e sfiato.

Le aste collegate al campionatore e/o alla punta conica utilizzate presentano le seguenti caratteristiche:

- Diametro: 76 mm
- Spessore: 5,9 mm
- Modulo di resistenza: 21,1 W ($x10^{-6}$ m^3)
- Peso per metro lineare: 12,7 Kg/m

Le aste vengono periodicamente controllate al fine di verificare che siano diritte, ben avvitate in corrispondenza dei giunti e con una flessione inferiore all'1‰.

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

Il dispositivo di percussione comprende:

- la testa di battuta in acciaio avvitata sulle aste;
- il maglio di acciaio da 63,5 ± 0,5 Kg;
- il dispositivo di rilascio automatico che consente al peso una caduta libera di 760 mm.

In presenza di materiali molto compatti o ghiaie grossolane, si utilizza la punta conica chiusa, anziché il campionatore di dimensioni standardizzate, avente le seguenti caratteristiche:

- angolo di apertura punta conica: 60°
- diametro esterno punta: 51 mm
- area punta: 20,417 cm^2

Modalità esecutive

La prova è stata eseguita nel corso della perforazione, al fondo del foro con lo scopo di determinare la resistenza meccanica alla penetrazione espressa come numero di colpi (N_{SPT}) necessari ad infiggere a pressione, per una profondità di 30 cm dopo una penetrazione preliminare di 15 cm, uno speciale campionatore (o nel caso la punta conica) di dimensioni standard. Viene determinato il numero di colpi necessari alla penetrazione di 45 cm, misurando separatamente in 3 tratti di 15 cm ciascuno (15-30-45 cm). Il valore N_{SPT} è la somma dei colpi misurati nel 2° e 3° tratto.

Se il numero di colpi necessari all'avanzamento del primo tratto, detto di avviamento, risulta superiore o uguale a 50, l'infissione viene sospesa, la prova è considerata conclusa e si annota la relativa penetrazione (ad esempio N_1=50/13 cm). Un altro caso in cui la prova viene terminata si verifica quando, superato il primo tratto di avviamento di 15 cm, con N_2+N_3=100 non si raggiunge l'avanzamento di 30 cm: l'infissione viene sospesa e si annota il relativo valore di penetrazione che rappresenta la condizione di "*Rifiuto*".

L'esecuzione della prova è stata fatta secondo le seguenti modalità:

- Prima di eseguire la prova, è stata controllata con scandaglio la quota del fondo del foro, confrontandola con quella raggiunta con l'ultima manovra di perforazione. Se tale differenza supera 7 cm, prima di procedere è stata effettuata una manovra di pulizia del materiale caduto sul fondo del foro, in modo da andare ad eseguire la prova in terreno relativamente indisturbato.
- Accertata la corrispondenza fra la quota di inizio della prova S.P.T. e quella misurata mediante il controllo di cui sopra, si è proceduto a calare a fondo del foro la batteria di prova. L'eventuale affondamento del campionatore, per peso proprio e delle aste, è stato annotato e compreso nei 45 cm complessivi di infissione;
- Durante l'infissione delle aste per ciascun tratto di 15 cm si è contato ed annotato il numero dei colpi del maglio, fino ad un massimo di 50 colpi (condizione di rifiuto). Le percussioni sono state eseguite con un ritmo compreso tra i 10 e i 30 colpi al minuto.

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

Documentazione fornita

Oltre ai dati generali, la documentazione definitiva contiene le seguenti informazioni principali sulla prova eseguita:

- quota del fondo del foro, controllata prima di iniziare al prova;
- numero di colpi (N) necessario per l'infissione di ciascuno dei tre tratti di 15 cm;
- eventuale "rifiuto";
- tipo di campionatore utilizzato (punta aperta o punta chiusa);
- lunghezza e descrizione del campione estratto, nel caso sia stato utilizzato il campionatore;
- tabulazione dei dati con relativo grafico che riporta l'Nspt in funzione della profondità;
- documentazione fotografica;
- ubicazione della zona di indagine con l'indicazione del punto di indagine tramite corografia di dettaglio.

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

GIA eXploring S.r.l.	ALLEGATO N.3 RAPPORTO N.248_SPT_1_2_2022 DATA DI EMISSIONE 13/07/2022

COROGRAFIA DELL'AREA DI STUDIO
COMUNE DI COLONNA (RM) - POZZO SANTA CHIARA

0 10 20 m

Prova penetrometrica di tipo SPT

SPERIMENTATORE Ing. Angelo Giamberardino	DIRETTORE Geol. Camillo Giamberardino

Certificato n. 248/DPSH_1/2022
Data di emissione: 08/07/2022

Tipologia di prova in sito:

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA (DPSH)

Lavoro N: *015/2022*

Committente: *Acea Ato2 S.p.a.*

Oggetto: *"Indagini Geognostiche asservite al pozzo di Santa Chiara"*

Località: *Colonna (RM), Impianto Santa Chiara*

Coordinate geografiche del punto di indagine:
DPSH 1: lat.41.832500°; long. 12.748193°; QUOTA = 294 m s.l.m.

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PROVA DPSH

Rif. Norme	DIN 4094	
Peso Massa battente	63,5	Kg
Altezza di caduta libera	0,75	m
Peso sistema di battuta	0,63	Kg
Diametro punta conica	51,00	mm
Area di base punta	20,43	cm²
Lunghezza delle aste	1	m
Peso aste a metro	6,31	Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40	m
Avanzamento punta	0,20	m
Numero colpi per punta	N (20)	
Coeff. Correlazione	1,489	
Rivestimento/fanghi	No	
Angolo di apertura punta	90°	

Condizioni Ambientali:

Temperatura: non influente
Umidità: non influente
Disturbi Elettromagnetici: non influenti

Stima dell'incertezza dei risultati: ± 5%

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (CH) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

PROVA DPSH 1

Strumento utilizzato: DPSH TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data: 29/06/2022
Profondita' prova: 9.60 mt
Falda non rilevata
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	2	0.855	17.96	21.01	0.90	1.05
0.40	4	0.851	35.76	42.03	1.79	2.10
0.60	4	0.847	32.67	38.57	1.63	1.93
0.80	4	0.843	32.53	38.57	1.63	1.93
1.00	6	0.840	48.59	57.86	2.43	2.89
1.20	6	0.836	48.39	57.86	2.42	2.89
1.40	2	0.833	16.06	19.29	0.80	0.96
1.60	1	0.830	7.39	8.91	0.37	0.45
1.80	3	0.826	22.09	26.73	1.10	1.34
2.00	3	0.823	22.01	26.73	1.10	1.34
2.20	3	0.820	21.92	26.73	1.10	1.34
2.40	3	0.817	21.84	26.73	1.09	1.34
2.60	4	0.814	26.97	33.13	1.35	1.66
2.80	8	0.811	53.76	66.25	2.69	3.31
3.00	4	0.809	26.79	33.13	1.34	1.66
3.20	4	0.806	26.70	33.13	1.34	1.66
3.40	3	0.803	19.96	24.85	1.00	1.24
3.60	3	0.801	18.59	23.21	0.93	1.16
3.80	3	0.798	18.53	23.21	0.93	1.16
4.00	4	0.796	24.63	30.94	1.23	1.55
4.20	5	0.794	30.70	38.68	1.53	1.93
4.40	5	0.791	30.61	38.68	1.53	1.93
4.60	5	0.789	28.64	36.28	1.43	1.81
4.80	6	0.787	34.27	43.54	1.71	2.18
5.00	5	0.785	28.48	36.28	1.42	1.81
5.20	5	0.783	28.41	36.28	1.42	1.81
5.40	5	0.781	28.34	36.28	1.42	1.81
5.60	4	0.779	21.30	27.34	1.06	1.37
5.80	5	0.777	26.56	34.17	1.33	1.71
6.00	5	0.775	26.50	34.17	1.32	1.71
6.20	6	0.774	31.73	41.00	1.59	2.05

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (CH) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

E' richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

6.40	5	0.772	26.38	34.17	1.32	1.71
6.60	5	0.770	24.87	32.29	1.24	1.61
6.80	6	0.769	29.79	38.75	1.49	1.94
7.00	6	0.767	29.73	38.75	1.49	1.94
7.20	6	0.766	29.67	38.75	1.48	1.94
7.40	13	0.714	59.95	83.95	3.00	4.20
7.60	8	0.763	37.35	48.97	1.87	2.45
7.80	5	0.761	23.30	30.60	1.16	1.53
8.00	7	0.760	32.56	42.85	1.63	2.14
8.20	8	0.759	37.14	48.97	1.86	2.45
8.40	8	0.757	37.08	48.97	1.85	2.45
8.60	7	0.756	30.78	40.72	1.54	2.04
8.80	6	0.755	26.34	34.90	1.32	1.75
9.00	6	0.753	26.30	34.90	1.31	1.75
9.20	8	0.752	35.01	46.54	1.75	2.33
9.40	13	0.701	53.02	75.62	2.65	3.78
9.60	50	0.550	152.40	277.12	7.62	13.86

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (CH) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

GIA eXploring S.r.l.
LABORATORIO DI INDAGINI GEOTECNICHE IN SITO
Geol. Camillo Giamberardino
Ing. Angelo Giamberardino
Arch. Rosanna Giamberardino

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

LABORATORIO AUTORIZZATO CON
DECRETO N. 7979 del 09/09/2010

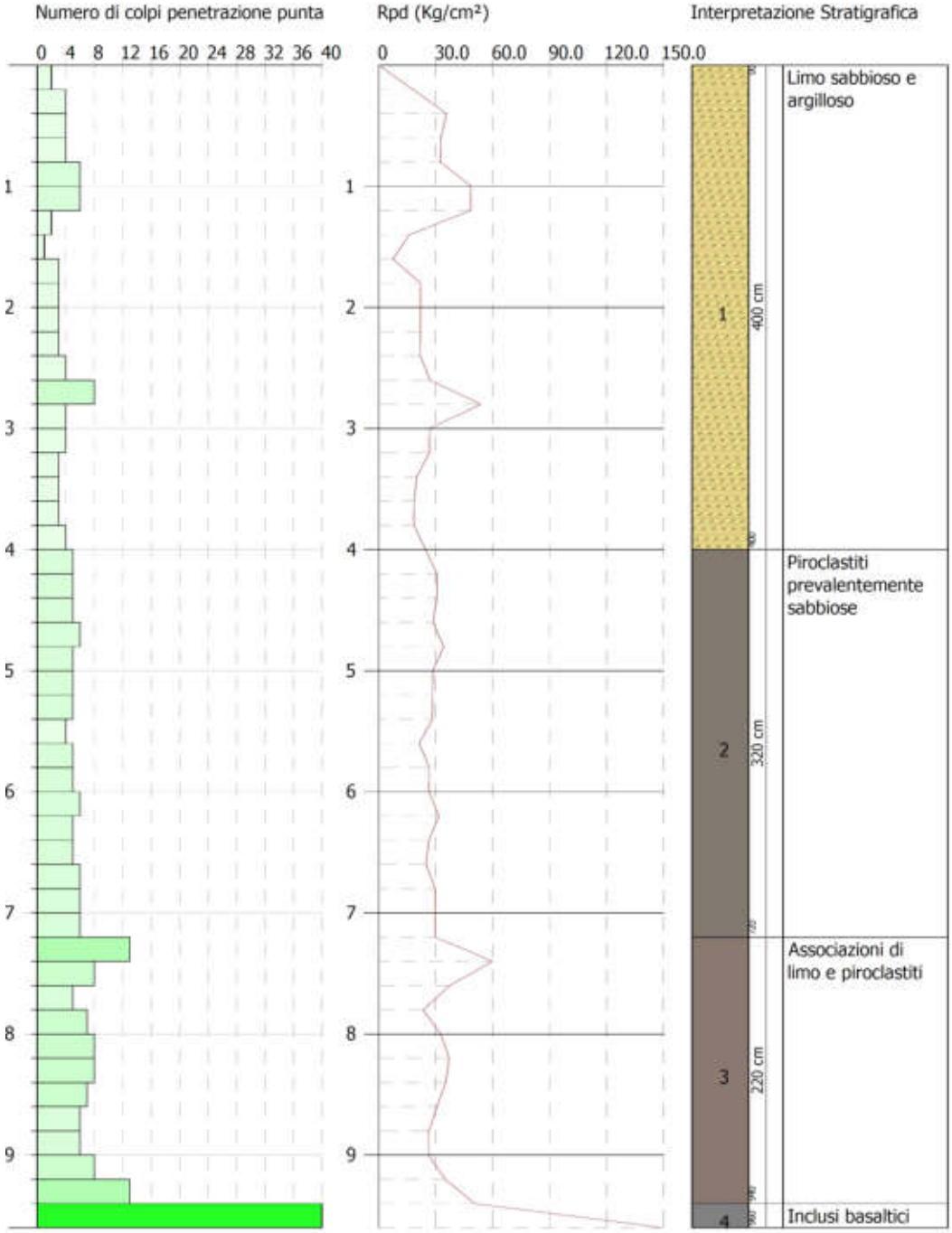
n° 12991/07/00

SEDE LEGALE: via Cerrani, 66010 PRETORO (CH) – Tel. 0871 898023 - fax 0871 898214 – Website: www.giaexploring.it – E-mail: info@giaexploring.it

Gia Exploring S.r.l.
Via Cerrani. 27 - 66010 PRETORO (CH)
Tel. 0871 898023
Fax. 0871 898874

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: ACEA Spa 29/06/2022
Descrizione: Caratterizzazioni geologiche e geotecniche per progettazione opere idrosanitarie. O.di S. n. 04 del 18.05.2022
Localita': Impianto Pozzo Santa Chiara-Colonna (RM)-
Scala 1:47



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (MC) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

E' richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

Committenza: *Acea Ato2 S.p.a.*	**Oggetto:** *"Indagini Geognostiche asservite al pozzo di Santa Chiara"*	***Pagina 5 di 5***

Id prova:	**DPSH 1**	Profondità prova:	**9.60 m**	Data esecuzione prova:	**29/06/2022**

Foto 1 Ubicazione prova DPSH 1

Foto 2 Ubicazione prova DPSH 1

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

Certificato n. 248/DPSH_2/2022
Data di emissione: 08/07/2022

Tipologia di prova in sito:

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA (DPSH)

Lavoro N: *015/2022*

Committente: *Acea Ato2 S.p.a.*

Oggetto: *"Indagini Geognostiche asservite al pozzo di Santa Chiara"*

Località: *Colonna (RM), Impianto Santa Chiara*

Coordinate geografiche del punto di indagine:
DPSH 1: lat.41.832743°; long. 12.748502°; QUOTA = 296 m s.l.m.

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PROVA DPSH

Rif. Norme	DIN 4094	
Peso Massa battente	63,5	Kg
Altezza di caduta libera	0,75	m
Peso sistema di battuta	0,63	Kg
Diametro punta conica	51,00	mm
Area di base punta	20,43	cm²
Lunghezza delle aste	1	m
Peso aste a metro	6,31	Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40	m
Avanzamento punta	0,20	m
Numero colpi per punta	N (20)	
Coeff. Correlazione	1,489	
Rivestimento/fanghi	No	
Angolo di apertura punta	90°	

Condizioni Ambientali:

Temperatura: non influente
Umidità: non influente
Disturbi Elettromagnetici: non influenti

Stima dell'incertezza dei risultati: ± 5%

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (CH) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10 Prove Geotecniche in sito

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

PROVA DPSH 2

Strumento utilizzato: DPSH TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data: 29/06/2022
Profondita' prova: 9.00 mt
Falda non rilevata
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	7	0.855	62.86	73.55	3.14	3.68
0.40	3	0.851	26.82	31.52	1.34	1.58
0.60	4	0.847	32.67	38.57	1.63	1.93
0.80	10	0.843	81.33	96.43	4.07	4.82
1.00	5	0.840	40.49	48.22	2.02	2.41
1.20	4	0.836	32.26	38.57	1.61	1.93
1.40	3	0.833	24.10	28.93	1.20	1.45
1.60	3	0.830	22.18	26.73	1.11	1.34
1.80	5	0.826	36.82	44.55	1.84	2.23
2.00	6	0.823	44.01	53.47	2.20	2.67
2.20	5	0.820	36.54	44.55	1.83	2.23
2.40	6	0.817	43.69	53.47	2.18	2.67
2.60	6	0.814	40.46	49.69	2.02	2.48
2.80	8	0.811	53.76	66.25	2.69	3.31
3.00	9	0.809	60.27	74.54	3.01	3.73
3.20	7	0.806	46.73	57.97	2.34	2.90
3.40	7	0.803	46.57	57.97	2.33	2.90
3.60	8	0.801	49.56	61.88	2.48	3.09
3.80	8	0.798	49.41	61.88	2.47	3.09
4.00	8	0.796	49.26	61.88	2.46	3.09
4.20	9	0.794	55.26	69.62	2.76	3.48
4.40	6	0.791	36.73	46.41	1.84	2.32
4.60	6	0.789	34.36	43.54	1.72	2.18
4.80	6	0.787	34.27	43.54	1.71	2.18
5.00	5	0.785	28.48	36.28	1.42	1.81
5.20	5	0.783	28.41	36.28	1.42	1.81
5.40	4	0.781	22.67	29.03	1.13	1.45
5.60	4	0.779	21.30	27.34	1.06	1.37
5.80	3	0.777	15.94	20.50	0.80	1.03
6.00	3	0.775	15.90	20.50	0.79	1.03
6.20	3	0.774	15.86	20.50	0.79	1.03

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (CH) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

6.40	4	0.772	21.10	27.34	1.06	1.37
6.60	7	0.770	34.82	45.20	1.74	2.26
6.80	8	0.769	39.72	51.66	1.99	2.58
7.00	6	0.767	29.73	38.75	1.49	1.94
7.20	7	0.766	34.61	45.20	1.73	2.26
7.40	5	0.764	24.67	32.29	1.23	1.61
7.60	5	0.763	23.34	30.60	1.17	1.53
7.80	5	0.761	23.30	30.60	1.16	1.53
8.00	8	0.760	37.21	48.97	1.86	2.45
8.20	14	0.709	60.72	85.69	3.04	4.28
8.40	13	0.707	56.28	79.57	2.81	3.98
8.60	10	0.756	43.98	58.17	2.20	2.91
8.80	15	0.705	61.49	87.26	3.07	4.36
9.00	50	0.553	160.99	290.86	8.05	14.54

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

GIA eXploring S.r.l.
LABORATORIO DI INDAGINI GEOTECNICHE IN SITO
Geol. Camillo Giamberardino
Ing. Angelo Giamberardino
Arch. Rosanna Giamberardino

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

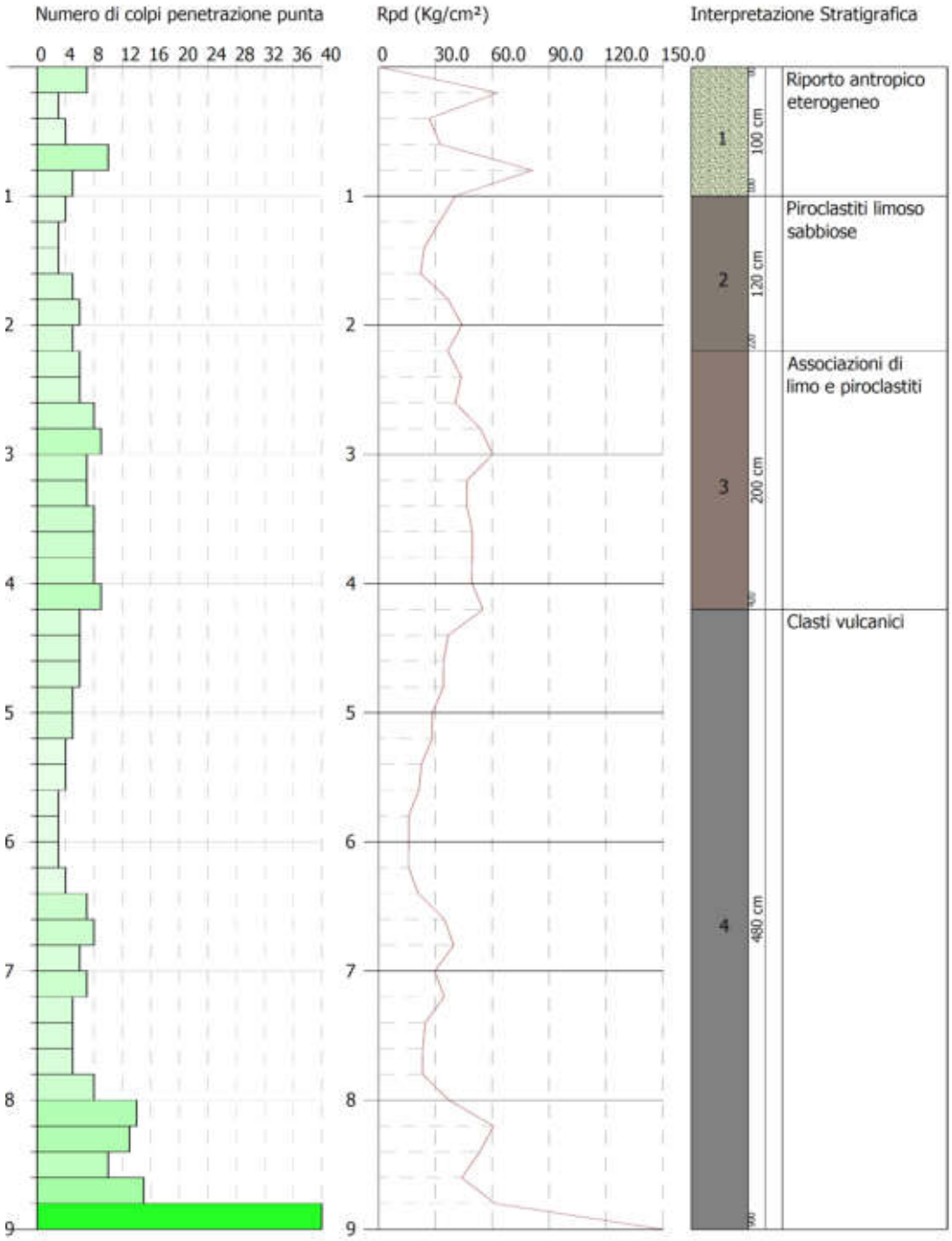
LABORATORIO AUTORIZZATO CON
DECRETO N. 7979 del 09/09/2010

n° 12991/07/00

SEDE LEGALE: via Cerrani, 66010 PRETORO (CH) – Tel. 0871 898023 - fax 0871 898214 – Website: www.giaexploring.it – E-mail: info@giaexploring.it
Gia Exploring S.r.l.
Via Cerrani. 27 - 66010 PRETORO (CH)
Tel. 0871 898023
Fax. 0871 898874

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: ACEA Spa 29/06/2022
Descrizione: Caratterizzazioni geologiche e geotecniche per progettazioni opere idrosanitarie. O.diS. n. 4 del 18.05.2022
Localita': Impianto Pozzo Santa Chiara
Scala 1:44



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (MC) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

E' richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

Committenza: *Acea Ato2 S.p.a.*	**Oggetto:** *"Indagini Geognostiche asservite al pozzo di Santa Chiara"*	***Pagina 5 di 5***

Id prova:	**DPSH 2**	Profondità prova:	**9.00 m**	Data esecuzione prova:	**29/06/2022**

Foto 1 Ubicazione prova DPSH 1

Foto 2 Ubicazione prova DPSH 1

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (CH) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

METODOLOGIA DI LAVORO

Generalità

La prova penetrometrica dinamica DPSH (*Dynamic Probing Super Heavy*) consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni *standard*, infissa per battitura nel terreno per mezzo di un idoneo dispositivo di percussione. Le informazioni che la prova fornisce sono di tipo continuo, poiché le misure di resistenza alla penetrazione sono eseguite durante tutta l'infissione. Il campo di utilizzo della prova comprende principalmente i terreni a granulometria grossolana, potendo altresì essere eseguita in pratica in tutti i tipi di terreno, coesivo o granulare. La prova fornisce una valutazione qualitativa del grado di addensamento e di consistenza dei terreni attraversati.

Normativa di riferimento

La normativa di riferimento per l'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche DPSH è la seguente:

- AGI, Associazione Geotecnica Italiana – *Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche* (1977);
- ISSMFE, Technical Committee on Penetration Testing Dynamic Probing (DP) *International Reference Test Procedure* (1988).

L'attrezzatura utilizzata è conforme alle norme sopra citate per penetrometri dinamici di classe superpesante o comunque rientra nelle tolleranze elencate nel successivo paragrafo. Le modalità esecutive non differiscono e sono specificate nel seguito.

Secondo la terminologia ISSMFE la prova eseguita fa parte del tipo "Super-Pesante (DPSH)".

Attrezzatura di prova

È stato utilizzato un penetrometro dinamico del tipo superpesante *DPSH TG 63-200 PAGANI* le cui caratteristiche tecniche-strumentali sono:

- Batteria di aste
  Lunghezza aste: 1 m
  Peso per metro lineare aste: 6,31 kg/m
  Diametro esterno aste: 32 ± 0,3 mm

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

Penetrazione standard: 20 cm

- Punta conica collegata alla base delle aste

  Angolo di apertura della punta conica: 90°

  Diametro alla base del cono: 50,5 ± 0,5 mm

  Area della base del cono: 20 cm^2

  Lunghezza della punta: 25,2 ± 0,4 mm

  Lunghezza del mantello: 51 ± 2 mm

- Dispositivo di infissione con sollevamento e sganciamento automatico

  Massa battente: M = 63,5 ± 0,5 kg

  Peso sistema di battuta: Mp = 30 Kg

  Altezza di caduta: h = 750 ± 2 mm

Metodologia della prova

La prova è stata eseguita misurando il numero di colpi necessari per infiggere la punta conica nel terreno per tratti consecutivi di 20 cm (N_{20}), a partire dal piano campagna.

Il dispositivo di infissione della punta è costituito da un maglio del peso di 63,5 kg che, attraverso un meccanismo automatico di rilascio, cade liberamente a velocità costante da un'altezza di 75 cm. La testa di battuta, costruita in acciaio ad alta resistenza, è rigidamente fissata all'estremità superiore delle aste. Si è proceduto con un'infissione continua, mantenendo una velocità compresa fra 15 e 30 colpi al minuto. La prova viene interrotta quando il numero di colpi supera il valore di 100.

Fra la testa di battuta alla sommità della batteria e il piano campagna è stato installato un centratore con funzione di guida e di irrigidimento delle aste di infissione, per assicurarne la verticalità.

Documentazione fornita

La documentazione comprendere, oltre alle informazioni generali:

- tabulazione dei dati rilevati (numero di colpi N_{20}) per ciascuna verticale della prova;
- grafico del numero di colpi N_{20} in funzione della profondità;
- documentazione fotografica;
- ubicazione della zona di indagine con l'indicazione del punto di indagine tramite planimetria di dettaglio.

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING Aut. Min. Infras. e Trasp. n° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente certificato

GIA eXploring S.r.l.	ALLEGATO N.4 RAPPORTO N.248_DPSH_1_2_2022 DATA DI EMISSIONE 13/07/2022

COROGRAFIA DELL'AREA DI STUDIO
COMUNE DI COLONNA (RM) - POZZO SANTA CHIARA

0 10 20 m

● Prova penetrometrica dinamica di tipo DPSH

SPERIMENTATORE	DIRETTORE
Ing. Angelo Giamberardino	Geol. Camillo Giamberardino

Tipologia di prova in sito:

PROVA SISMICA MULTICANALE MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*)

Lavoro N: *015/2022*

Committente: *Acea Ato2 S.p.a.*

Oggetto: *"Indagini Geognostiche asservite al pozzo di Santa Chiara"*

Località: *Colonna (RM), Impianto Santa Chiara*

Coordinate geografiche del punto di indagine:
MASW1
Geofono 1 - A: 41.832628°; long. 12.748718°; QUOTA = 298 m s.l.m.
Geofono 2 - B: 41.832420°; long. 12.748209°; QUOTA = 298 m s.l.m.

Caratteristiche Strumentali:

Sismografo multicanale DoReMi	16 bit
Frequenza propria geofoni verticali	4,5 Hz
Dinamica di base	96 dB
Massa battente	5 kg

Condizioni Ambientali:

Temperatura: 30°C ± 1
Umidità: non influente
Disturbi Elettromagnetici: non presenti

Stima dell'incertezza dei risultati: ± 5%

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (CH) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

RISULTATI DELLE ANALISI MASW

1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori 24
Distanza tra i sensori: 2m
Numero di campioni temporali 500
Passo temporale di acquisizione 2ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1000ms

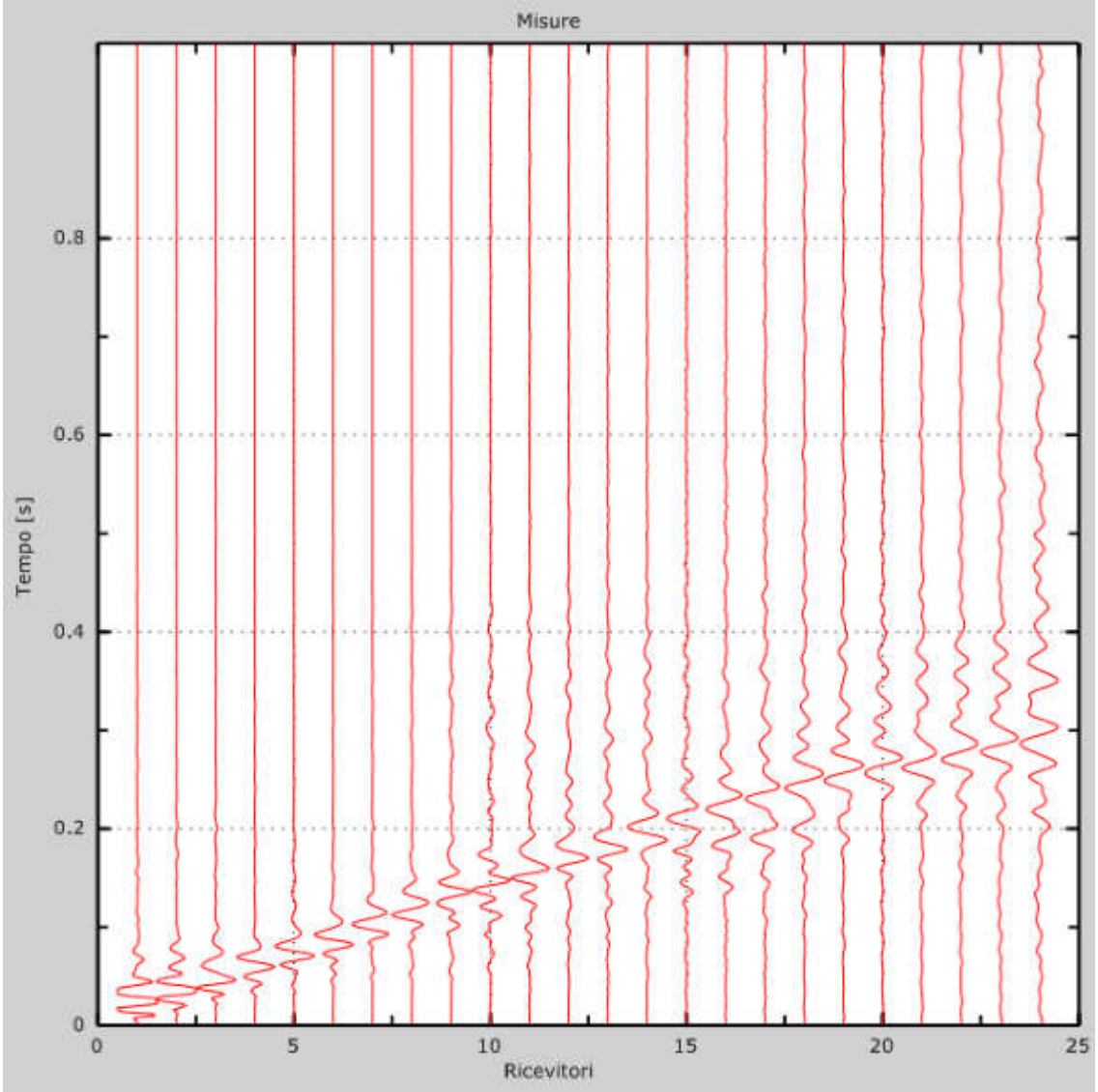


Figura 1: Tracce sperimentali.

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale 50Hz
Frequenza iniziale 2Hz

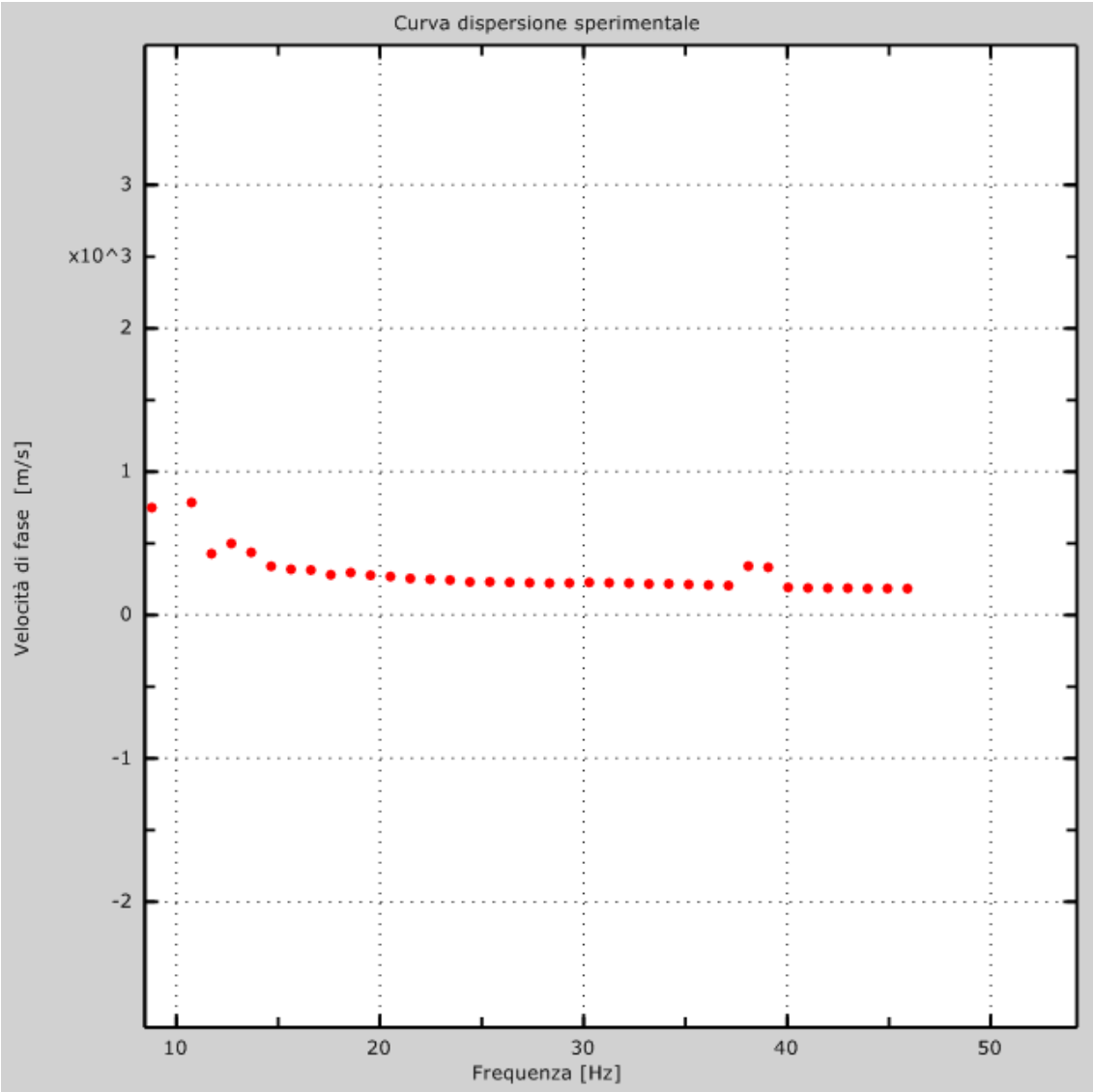


Figura 2: Curva di dispersione sperimentale.

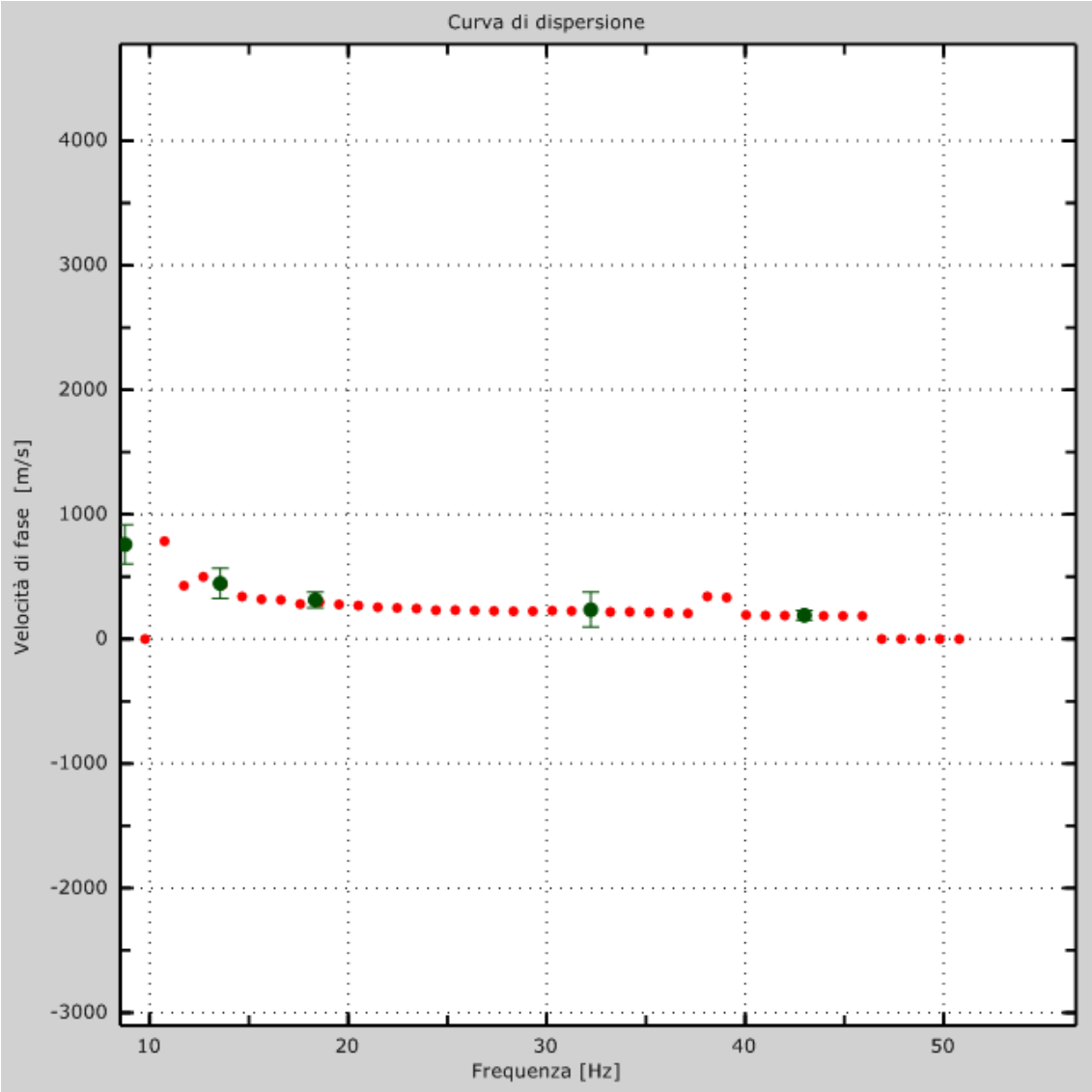


Figura 3: Curva di dispersione con relativo picking.

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

3 - Profilo in sito

Si possono distinguere 6 sismostrati le cui caratteristiche vengono sintetizzate nella seguente tabella:

Velocità V_s (m/sec)	Profondità (m)
178	2
234	5
539	8
697	12
992	26
1148	oo

Tabella 1 – Sismostrati individuati.

Strato 1

h [m] 2
z [m] ..... -2
Densità [kg/m^3] 1700
Vs fin.[m/s] 178

Strato 2

h [m] 3
z [m] ..... -5
Densità [kg/m^3] 1700
Vs fin.[m/s] 234

Strato 3

h [m] 3
z [m] ..... -8
Densità [kg/m^3] 1800
Vs fin.[m/s] 539

Strato 4

h [m] 4
z [m] ..... -12
Densità [kg/m^3] 1850
Vs fin.[m/s] 697

Strato 5

h [m] 14
z [m] ..... -26
Densità [kg/m^3] 1950
Vs fin.[m/s] 992

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

Strato 6

h [m] 0
z [m] ..... -oo
Densità [kg/m^3] 2000
Vs fin.[m/s] 1148

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

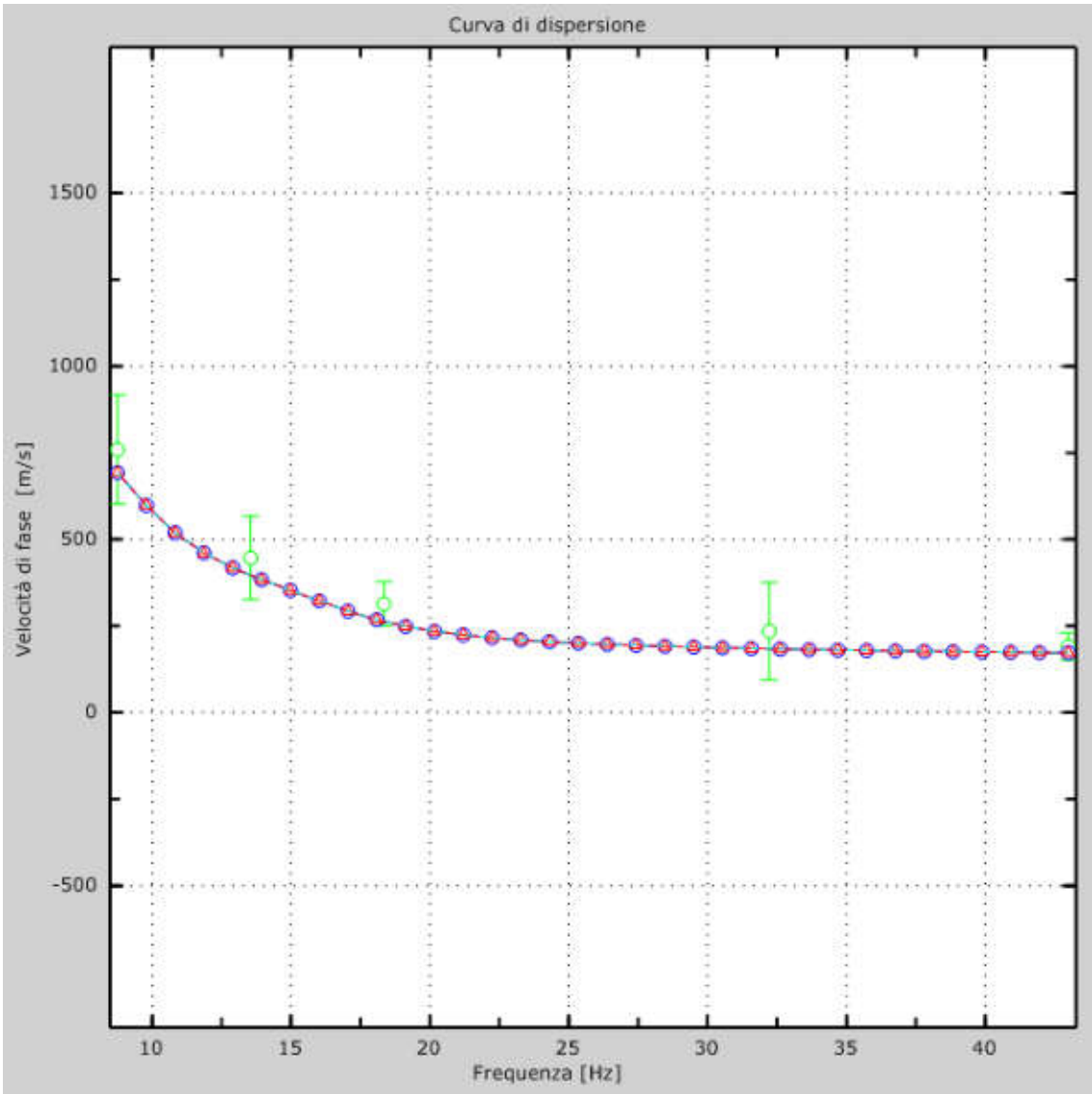


Figura 3: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di *Rayleigh* (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

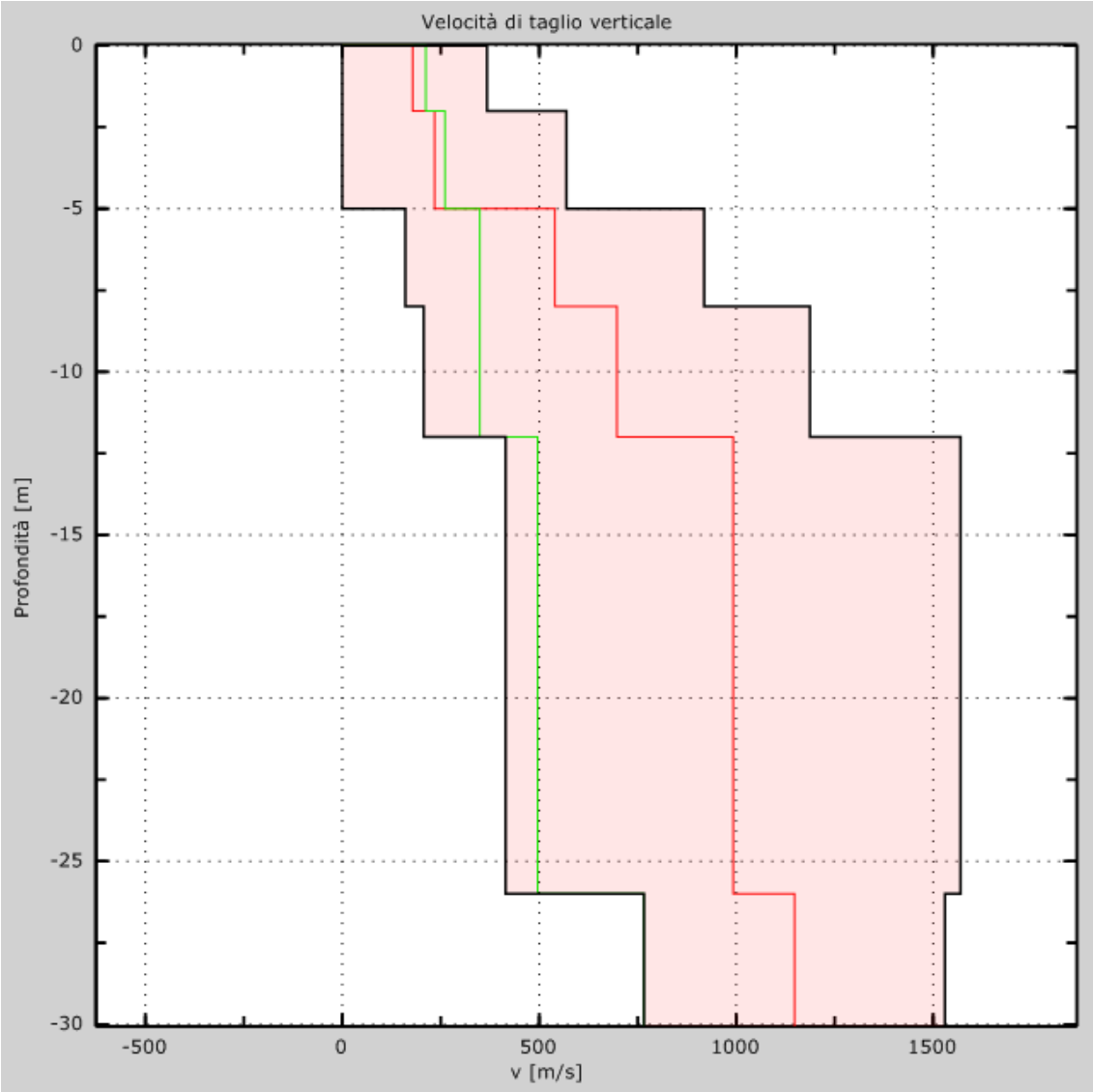


Figura 4: Profilo verticale monodimensionale di velocità V_S ottenuto dall'inversione della curva di dispersione.

GIAEXPLORING (CH) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10
È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

4 – Il parametro $V_{S,eq}$

La vigente normativa sismica ("*Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni*" del 17 gennaio 2018), prevede una classificazione del suolo di fondazione in funzione della velocità delle onde S.

Il parametro $V_{s,eq}$ rappresenta pertanto la velocità media di propagazione delle onde S nei depositi posti al di sopra del substrato rigido quando questo ha una profondità H<30 metri. Nel caso in cui H>30, si calcola la $V_{s,eq}$ ad una profondità di 30 metri. La $V_{s,eq}$ è il parametro geofisico che rappresenta meglio la variabilità geotecnica dei materiali geologici presenti nel sottosuolo. Esso viene calcolato mediante la seguente espressione:

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

dove:

h_i indica lo spessore (in m) dell'i-esimo strato, per un totale di N numero di strati presenti; $V_{s,i}$ indica la velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato, per un totale di N numero di strati presenti; H è la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiori a 800 m/s.

In base al valore della $V_{S,eq}$ si identificano 5 categorie del suolo di fondazione che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato, distinte nella tabella seguente:

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

Tabella 1 – Categorie di sottosuolo.

Per la <u>prova MASW 1</u> si ha: Piano di riferimento z=0 [m]

V_s Eq$_{(12)}$ [m/s] **339**

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (CH) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10 Laboratorio Geotecnico in Sito Pretoro

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Foto 1 – Ubicazione della linea MASW.

Foto 2 – Ubicazione della linea MASW.

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

Tipologia di prova in sito:

PROVA SISMICA MULTICANALE MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*)

Lavoro N: *015/2022*

Committente: *Acea Ato2 S.p.a.*

Oggetto: *"Indagini Geognostiche asservite al pozzo di Santa Chiara"*

Località: *Colonna (RM), Impianto Santa Chiara*

Coordinate geografiche del punto di indagine:
MASW2
Geofono 1 - A: 41.832628°; 12.748658°; QUOTA = 298 m s.l.m.
Geofono 2 - B: 41.832982°; 12.748335°; QUOTA = 297 m s.l.m.

Caratteristiche Strumentali:

Sismografo multicanale DoReMi	16 bit
Frequenza propria geofoni verticali	4,5 Hz
Dinamica di base	96 dB
Massa battente	5 kg

Condizioni Ambientali:

Temperatura: 30°C ± 1
Umidità: non influente
Disturbi Elettromagnetici: non presenti

Stima dell'incertezza dei risultati: ± 5%

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

RISULTATI DELLE ANALISI MASW

1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori 24
Distanza tra i sensori: 2m
Numero di campioni temporali 500
Passo temporale di acquisizione 2ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1000ms

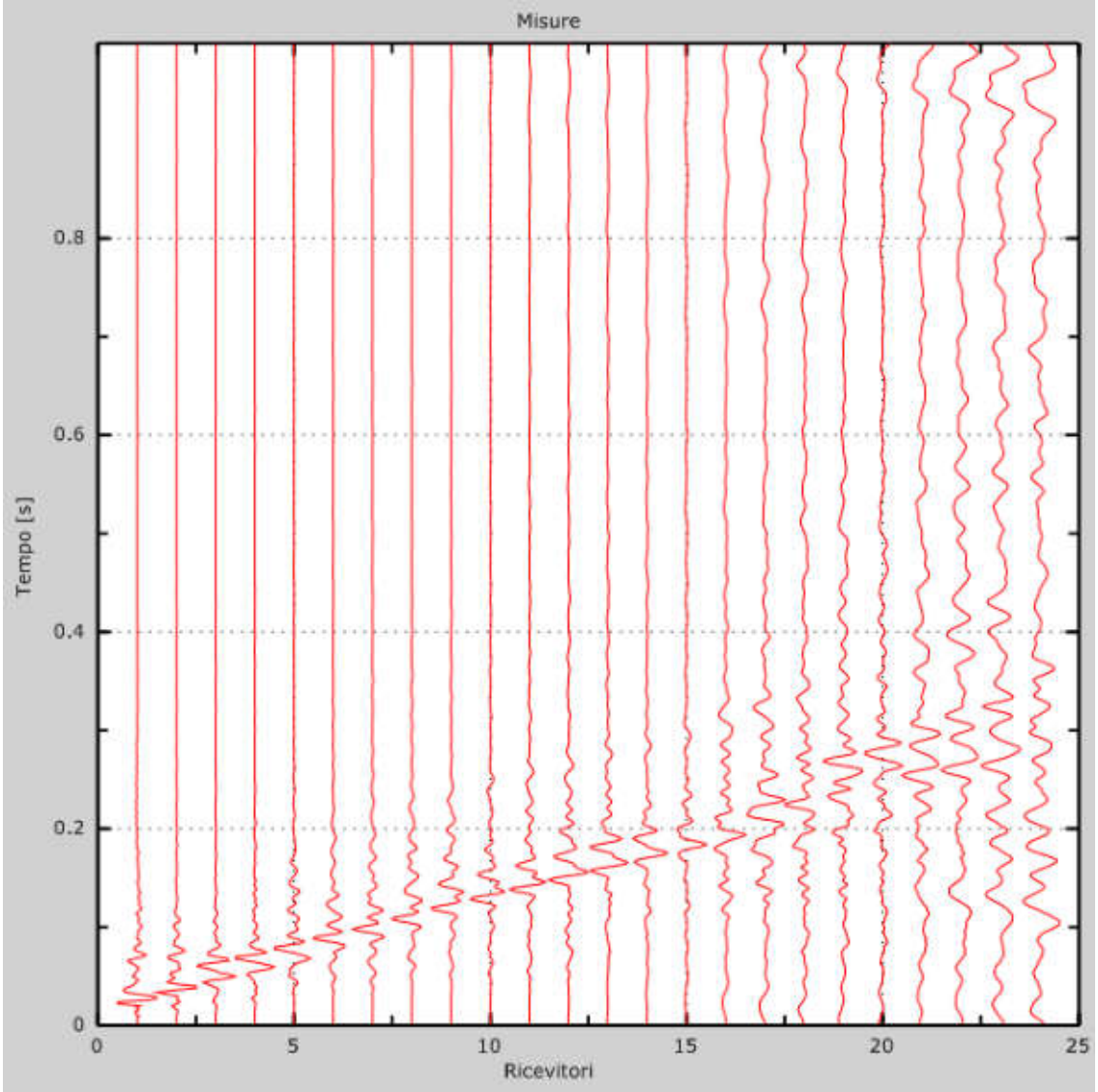


Figura 1: Tracce sperimentali.

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale 50Hz
Frequenza iniziale 2Hz

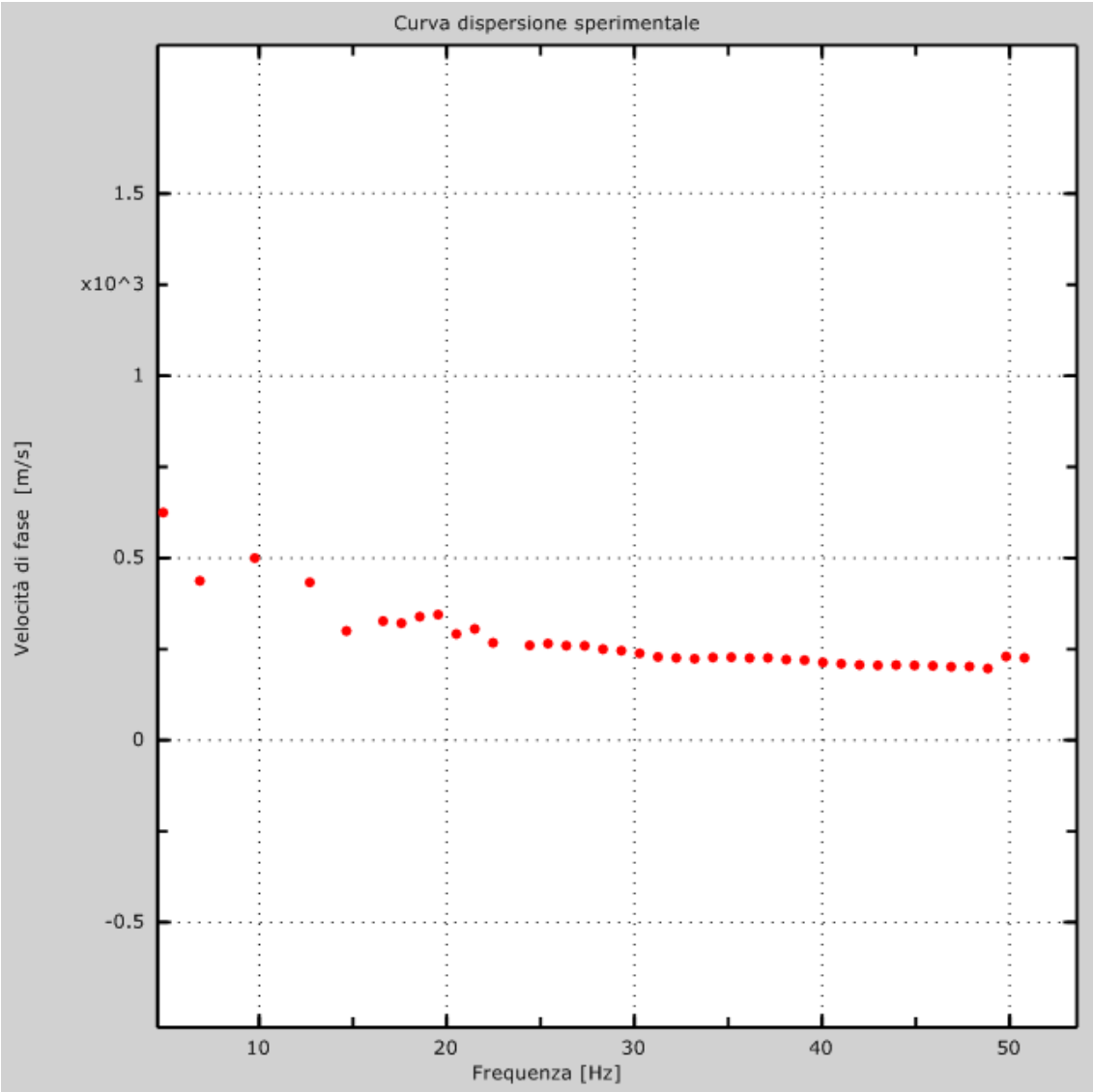


Figura 2: Curva di dispersione sperimentale.

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

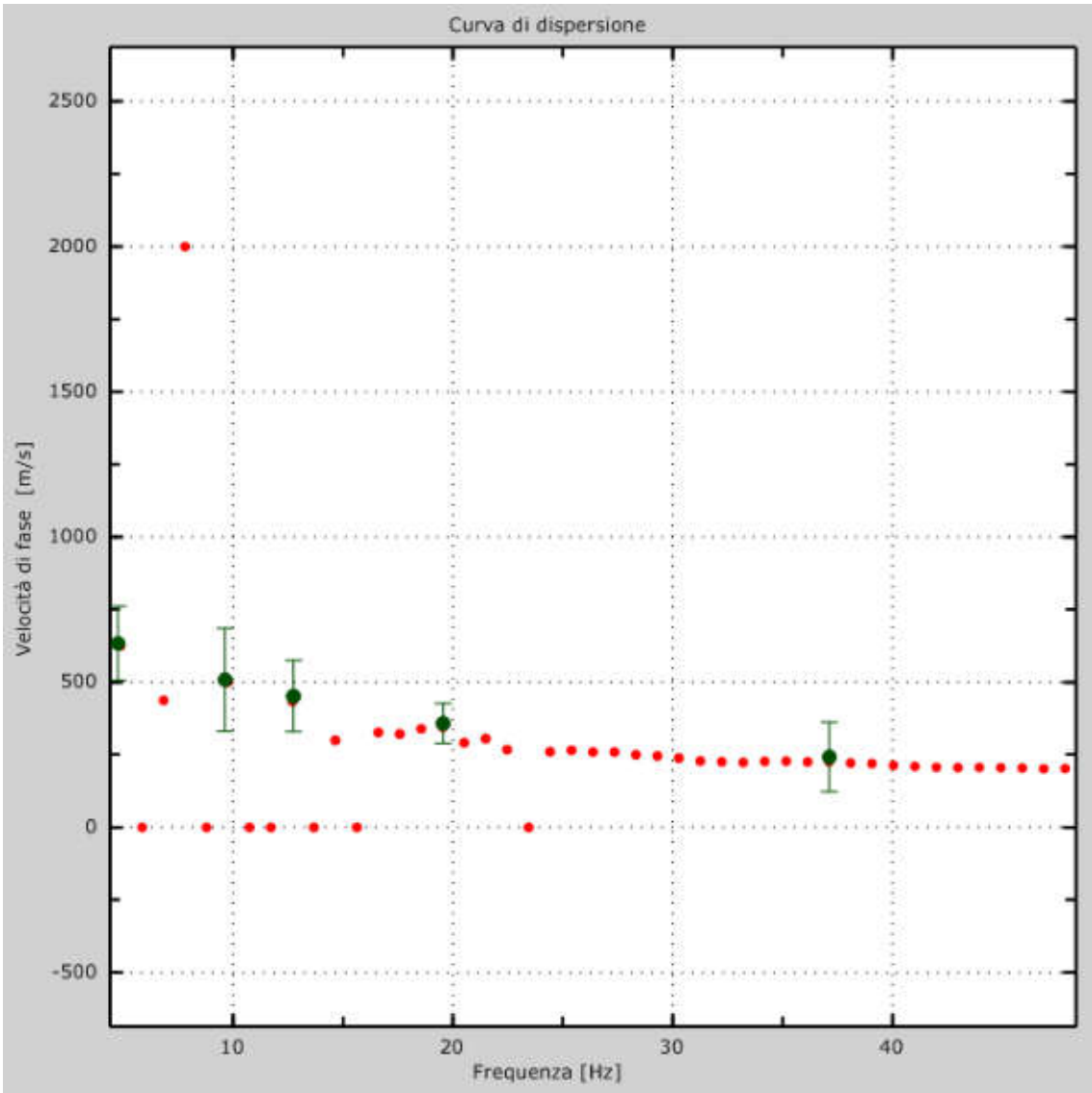


Figura 3: Curva di dispersione con relativo picking.

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

3 - Profilo in sito

Si possono distinguere 5 sismostrati le cui caratteristiche vengono sintetizzate nella seguente tabella:

Velocità V_s (m/sec)	Profondità (m)
231	2
269	5
398	12
502	16
565	oo

Tabella 1 – Sismostrati individuati.

Strato 1

h [m] 2
z [m] ..... -2
Densità [kg/m^3] 1700
Vs fin.[m/s] 231

Strato 2

h [m] 3
z [m] ..... -5
Densità [kg/m^3] 1700
Vs fin.[m/s] 269

Strato 3

h [m] 7
z [m] ..... -12
Densità [kg/m^3] 1800
Vs fin.[m/s] 398

Strato 4

h [m] 4
z [m] ..... -16
Densità [kg/m^3] 1850
Vs fin.[m/s] 502

Strato 5

h [m] 0
z [m] ..... -oo
Densità [kg/m^3] 1950
Vs fin.[m/s] 565

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

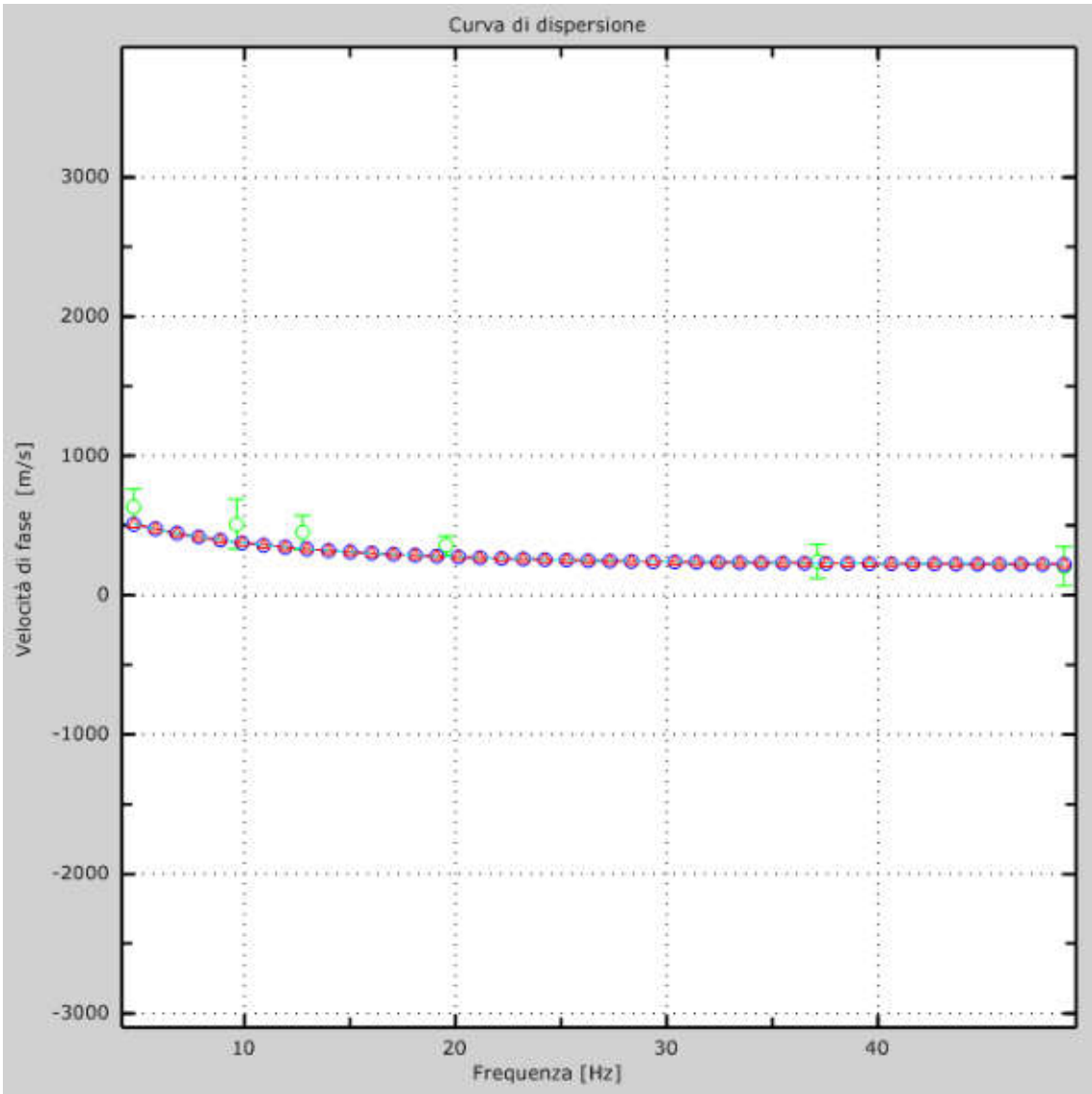


Figura 3: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di *Rayleigh* (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso).

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

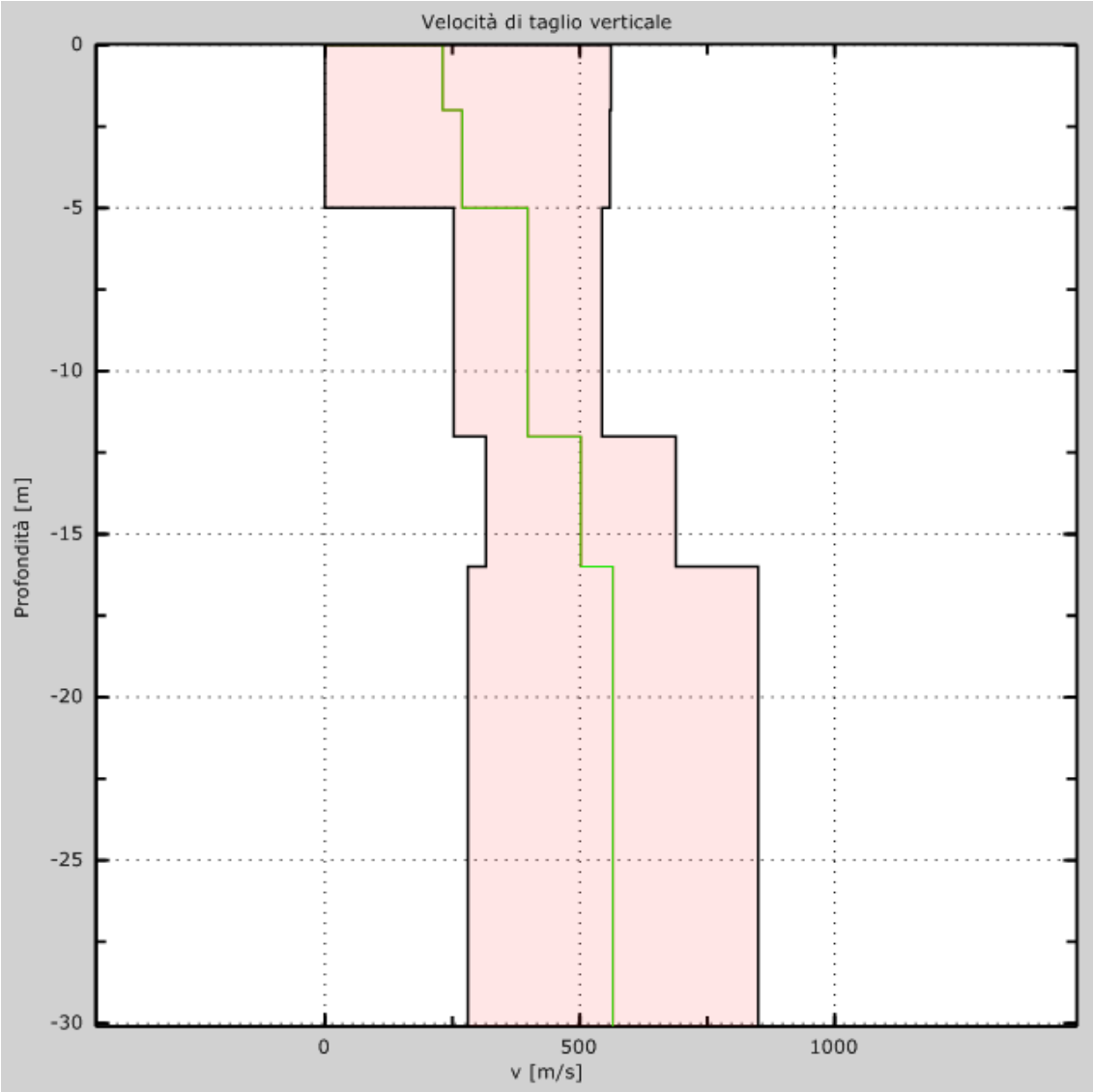


Figura 4: Profilo verticale monodimensionale di velocità V_S ottenuto dall'inversione della curva di dispersione.

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

4 – Il parametro $V_{S,eq}$

La vigente normativa sismica ("*Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni*" del 17 gennaio 2018), prevede una classificazione del suolo di fondazione in funzione della velocità delle onde S.

Il parametro $V_{s,eq}$ rappresenta pertanto la velocità media di propagazione delle onde S nei depositi posti al di sopra del substrato rigido quando questo ha una profondità H<30 metri. Nel caso in cui H>30, si calcola la $V_{s,eq}$ ad una profondità di 30 metri. La $V_{s,eq}$ è il parametro geofisico che rappresenta meglio la variabilità geotecnica dei materiali geologici presenti nel sottosuolo. Esso viene calcolato mediante la seguente espressione:

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

dove:

h_i indica lo spessore (in m) dell'i-esimo strato, per un totale di N numero di strati presenti; $V_{s,i}$ indica la velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato, per un totale di N numero di strati presenti; H è la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiori a 800 m/s.

In base al valore della $V_{S,eq}$ si identificano 5 categorie del suolo di fondazione che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato, distinte nella tabella seguente:

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

Tabella 1 – Categorie di sottosuolo.

Per la <u>prova MASW 2</u> si ha: Piano di riferimento z=0 [m]

V_s 30 [m/s].....**427**

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Foto 1 – Ubicazione della linea MASW.

Foto 2 – Ubicazione della linea MASW.

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

ALLEGATO n. 5
RAPPORTO n. 143/MASW_1_2/2022
DATA DI EMISSIONE: 12/07/2022

METODOLOGIA DI LAVORO

Generalità

Il metodo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) si basa sull'elaborazione delle proprietà spettrali delle onde superficiali di *Rayleigh*, registrate in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) disposti sulla superficie del suolo secondo uno stendimento lineare, per la costruzione di un modello monodimensionale verticale di velocità di propagazione delle onde di taglio V_s.

Le onde di *Rayleigh* si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato, sono polarizzate sul piano verticale e caratterizzate sia da componenti longitudinali che trasversali. Le particelle descrivono un movimento ellittico in senso retrogrado rispetto alla direzione di propagazione delle onde che vengono generate, con l'asse maggiore dell'ellisse parallelo alla superficie libera del mezzo (Fig. 1). L'ampiezza degli spostamenti decresce esponenzialmente con la profondità fino ad estinguersi ad una quota di poco superiore alla lunghezza d'onda λ della sollecitazione indotta (*skin-depth*).

Fig. 1 – Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di *Rayleigh*.

La proprietà fondamentale delle onde superficiali di *Rayleigh* sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_s è la loro natura dispersiva che si manifesta quando si propagano in mezzi stratificati.

La dispersione consiste nella variazione della velocità di fase in funzione della frequenza, così onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali mentre onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi (fig. 2). In generale, con l'aumento della lunghezza d'onda (abbassamento di frequenza) la profondità coinvolta dalla propagazione dell'onda è via via maggiore. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga.

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

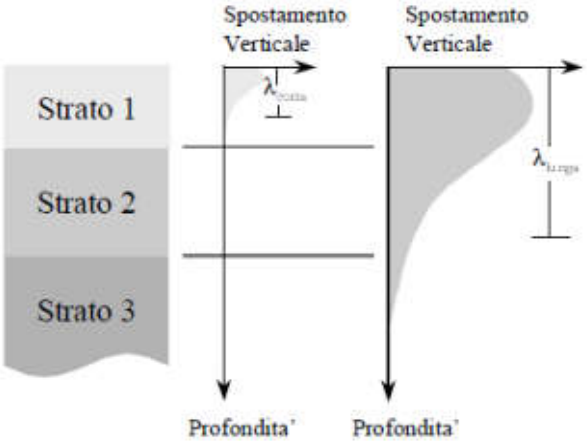


Fig. 2 – La profondità investigata dalle onde di *Rayleigh* dipende dalla lunghezza d'onda λ, dalla velocità delle onde di taglio V_s e dalla frequenza *f*: onde a piccola lunghezza d'onda interessano gli strati più superficiali mentre onde a maggiore lunghezza d'onda interessano anche gli strati più profondi.

Un'altra caratteristica rilevante delle onde di *Rayleigh* è che esse subiscono un'attenuazione geometrica più debole rispetto a quella delle onde di volume in superficie poiché tali onde si propagano lungo fronti d'onda cilindrici con attenuazione proporzionale all'inverso della radice di *r* (dove *r* è la distanza dalla sorgente) e non all'inverso di *r* come per le onde di corpo; pertanto a grandi distanze dalla sorgente esse costituiscono la componente principale del moto.

La velocità con cui si propaga l'onda di *Rayleigh* V_R risulta sperimentalmente assai prossima a quella delle onde di taglio V_S (variando in funzione del coefficiente di *Poisson* ν tra 0,86 e 0,95) secondo la relazione:

$$V_R = \frac{0{,}862 + 1{,}14\nu}{1+\nu} V_S \cong 0{,}92 V_S$$

È possibile così determinare il profilo verticale di velocità delle onde di taglio V_S e le caratteristiche meccaniche del terreno tramite la misura delle onde superficiali di *Rayleigh*, particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti ed ambienti rumorosi.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore coerente da eliminare per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro natura dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

Schema esecutivo della prova

Il metodo di indagine MASW generalmente fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo compresa tra i 10 e i 50 m in quanto consente di ottenere una velocità di fase sperimentale apparente all'interno del *range* di frequenze 5-70 Hz.

I fondamenti teorici di questo metodo fanno riferimento a una superficie topografica pianeggiante e ad un semispazio elastico, omogeneo ed isotropo con strati paralleli ed orizzontali.

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

L'intero processo comprende quattro passi successivi:

1) acquisizione multicanale delle onde superficiali generate da una sorgente energizzante artificiale lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni (fig. 3);

2) costruzione della curva di dispersione sperimentale (velocità di fase in funzione della frequenza) caratteristica del sito in esame;

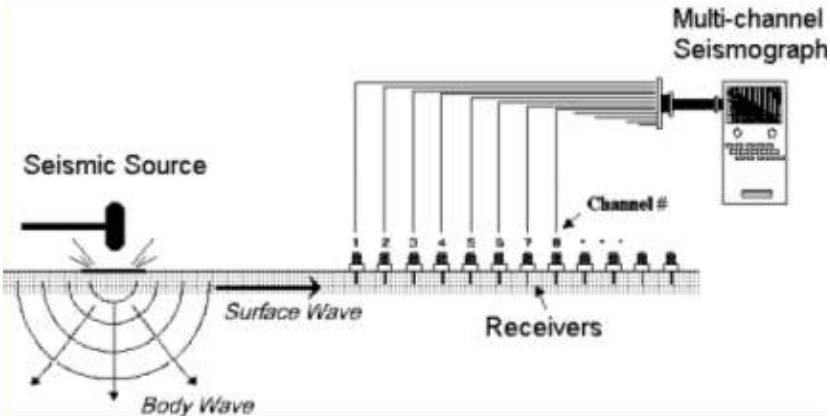


Fig. 3 – Schema di acquisizione dei segnali sismici con metodo MASW.

3) calcolo della velocità di fase apparente numerica (curva di dispersione numerica);

4) inversione della curva di dispersione per ottenere una stima del profilo verticale delle V_s ad essa associato, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico (fig. 4).

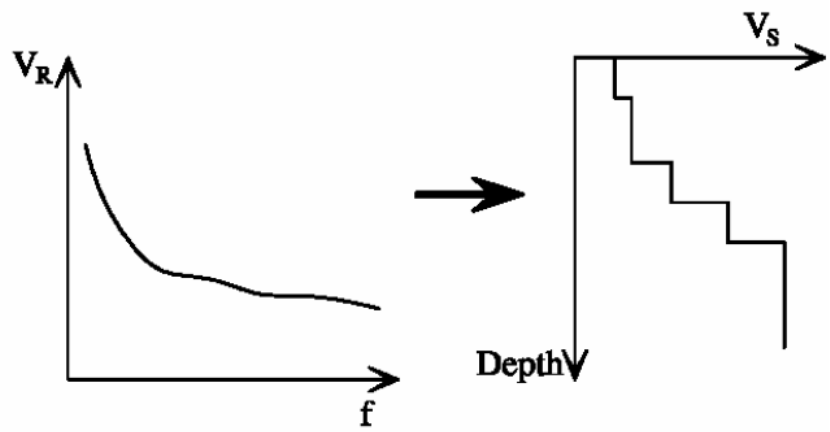


Fig. 4 – Curva di dispersione (a sinistra) e profilo di velocità delle onde di taglio in funzione della profondità (a destra) ricavato tramite processo di inversione.

L'analisi di inversione viene compiuta utilizzando un algoritmo che simula teoricamente, secondo alcune ipotesi semplificative, il fenomeno della propagazione delle onde superficiali in un mezzo stratificato.

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

L'obiettivo dell'algoritmo di inversione è la determinazione di quel profilo incognito di velocità delle onde di taglio la cui curva di dispersione teorica calcolata con la simulazione numerica approssima al meglio quella determinata sperimentalmente. Modificando opportunamente lo spessore, la velocità delle onde di taglio e quella delle onde di compressione, si cerca di raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la curva di dispersione sperimentale e quella numerica corrispondente al modello assegnato.

Dei valori approssimati per il coefficiente di *Poisson* e per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale V_s dalla curva di dispersione e vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.

In genere, quando l'errore relativo tra curva sperimentale e curva numerica è compreso tra il 5% e il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio V_s e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresentano una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

Dopo aver determinato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s è possibile procedere al calcolo della velocità ($V_{s,\,eq}$) e quindi individuare la categoria sismica del suolo.

Strumentazione adottata

L'apparecchiatura utilizzata per la prova si compone di:

- sistema sorgente;
- *trigger*;
- sistema di ricezione;
- sistema di acquisizione dati.

È stata utilizzata una sorgente sismica impulsiva ossia una mazza battente su piastra in alluminio disposta sul terreno.

Come *trigger* è stato utilizzato un geofono verticale posto in prossimità della piastra in modo tale da individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

Il sistema di ricezione si compone di 24 geofoni verticali GS11D 4,5 Hz – *Geospace Technology* – Huston, Texas (USA) aventi le seguenti caratteristiche tecniche:

- *Natural frequency*: 4.5 Hz;
- *Operational range*: Vertical to 7°;
- *Dc resistance*: 4000 ohm;
- *Damping*: 0.7 (with internal damping resistor already applied of 18200 ohm);
- *Moving mass*: 23.6 grams
- *Sensitivity*: 90 V/m/s

I sensori sono equipaggiati con un contenitore a tenuta d'acqua e chiodo per l'inserimento nel terreno.

Il sistema di acquisizione dati è di tipo multicanale *DoReMi* in grado di registrare su ciascun canale in formato digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica a 16 bit. Esso è collegato a ciascuno dei trasduttori di velocità e al *trigger*.

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

Le caratteristiche tecniche principali per ogni canale del sismografo sono:

- Tipo di convertitore A/D: SAR;
- Risoluzione: 16 bit;
- Dinamica di base: 96 dB;
- Frequenza massima di campionamento: 20.000 Hz;
- Memoria per canale: 64.000 byte;
- Numero massimo di campioni: 30.000;

L'unità di interfaccia, interposta fra la catena strumentale e il personal computer, presiede all'alimentazione dello strumento, alla corretta comunicazione con il pc e all'erogazione precisa del segnale di *start* proveniente dalla fonte di energizzazione.

I parametri delle stese sismiche sono i seguenti:

- Tempo di registrazione T = 1 sec;
- Intervallo di campionamento Δt = 2 msec;
- Frequenza di campionamento f = 500 Hz.

La frequenza massima dei segnali registrati, ovvero la frequenza di *Nyquist*, è quindi data da: $f_{Nyquist} = 1/2\Delta t = 250Hz$. La loro frequenza minima è invece pari a: $f_{\min} = 1/T = 1Hz$.

I segnali sismici acquisiti sono stati elaborati con il *software MASW, versione 3.0.1.1* per la determinazione della sismostratigrafia del sottosuolo.

Documentazione fornita

È stata realizzata una campagna di prospezione geofisica sismica consistente nell'esecuzione di n. 2 profili sismici con tecnica MASW a 24 geofoni con distanza intergeofonica di 2 m e punto di battuta posizionato a sia a 2 metri sia a 4 metri di distanza dal primo e dall'ultimo geofono.

La prova è stata ripetuta più volte cambiando la distanza sorgente-geofono (*offset*) in modo da disporre di più registrazioni e l'intera procedura sperimentale è stata rifatta spostando la sorgente in posizione diametralmente opposta rispetto ai ricevitori.

Si tenga conto che per ogni stendimento MASW, sono stati analizzati i profili sismici ottenuti dalle battute dirette e reciproche e dal loro *stacking* per poi scegliere il profilo di velocità con il valore di *misfit* più basso.

Oltre ai dati generali, la documentazione definitiva contiene:

- curva di dispersione;
- profilo verticale delle V_s ad essa associato, posizionato nel punto medio dello stendimento geofonico
- tabulazione dei dati con l'indicazione del Vs,eq;
- documentazione fotografica.

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

GIA eXploring S.r.l.	ALLEGATO N.5 RAPPORTO N.143_MASW_1_2_2022 DATA DI EMISSIONE 13/07/2022

COROGRAFIA DELL'AREA DI STUDIO
COMUNE DI COLONNA (RM) - POZZO SANTA CHIARA

0 10 20 m

Prova sismica superficiale di tipo MASW

SPERIMENTATORE Ing. Angelo Giamberardino	DIRETTORE Geol. Camillo Giamberardino

Tipologia di prova in sito:

PROVA SISMICA PASSIVA HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratios*)

Lavoro N: *015/2022*

Committente: *Acea Ato2 S.p.a.*

Oggetto: *"Indagini Geognostiche asservite al pozzo di Santa Chiara"*

Località: *Colonna (RM), Impianto Santa Chiara*

Coordinate geografiche del punto di indagine:
HVSR_1: 41.832725°;12.748637° QUOTA = 297 m s.l.m.

Caratteristiche Strumentali:

Sismografo SR04 Geobox	24 bit
Frequenza sensori	2 Hz

Condizioni Ambientali:

Temperatura: 35°C ± 1
Umidità: ASSENTE
Disturbi Elettromagnetici: assenti

Stima dell'incertezza dei risultati: ± 5%

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (CH) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

1 - Dati iniziali

Data dell'acquisizione 29.06.2022
Nome del file ..... MT_20220629_165828
Durata dell'acquisizione 1800s
Frequenza di campionamento 300Hz
Terreno di misura ..... Naturale
Numero tracce: 3
Frequenza iniziale 0,50Hz
Frequenza finale 20,0Hz
Lunghezza sotto-finestre temporali ..... da 25s a 30s
Algoritmo di *smoothing* .....Konno e Ohomachi

TRACCE SEGNALE REGISTRATO

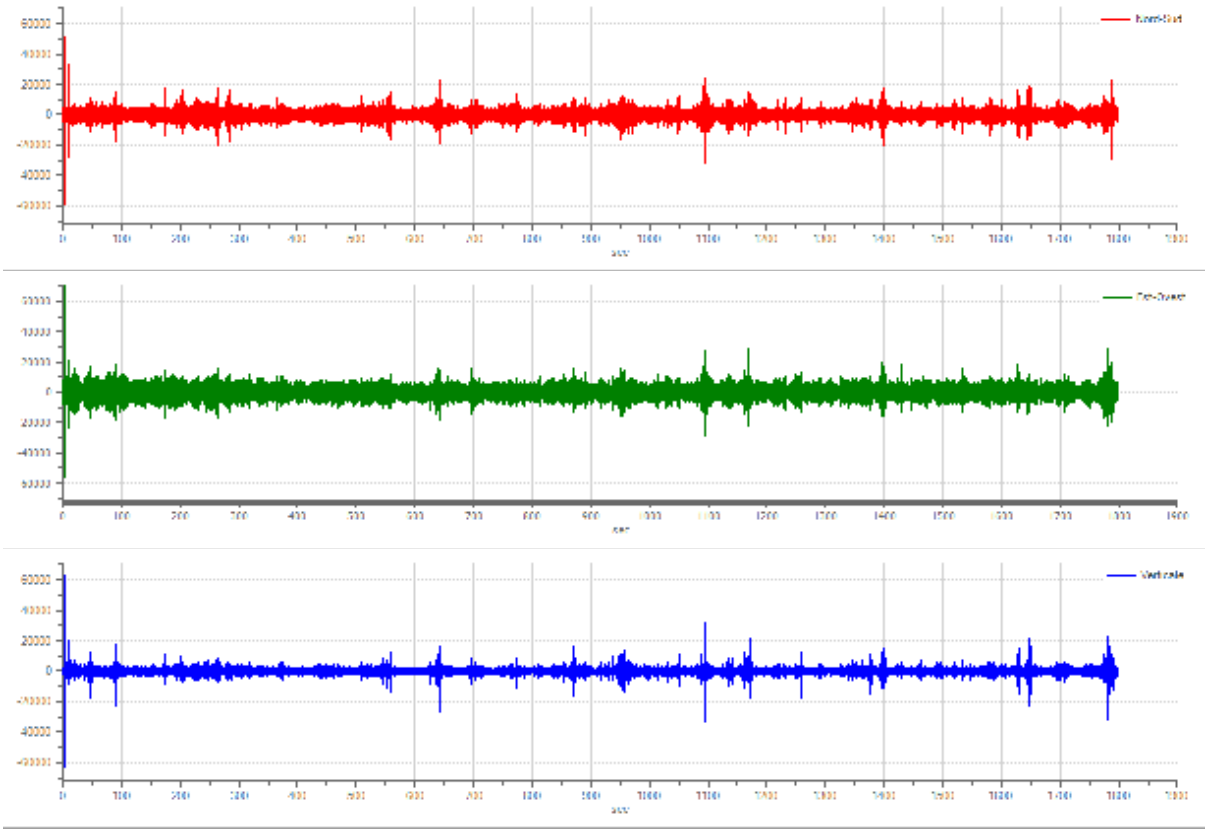


Figura 1 – Segnale registrato.

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

TRACCE SEGNALE REGISTRATO CON FINESTRE TEMPORALI SELEZIONATE

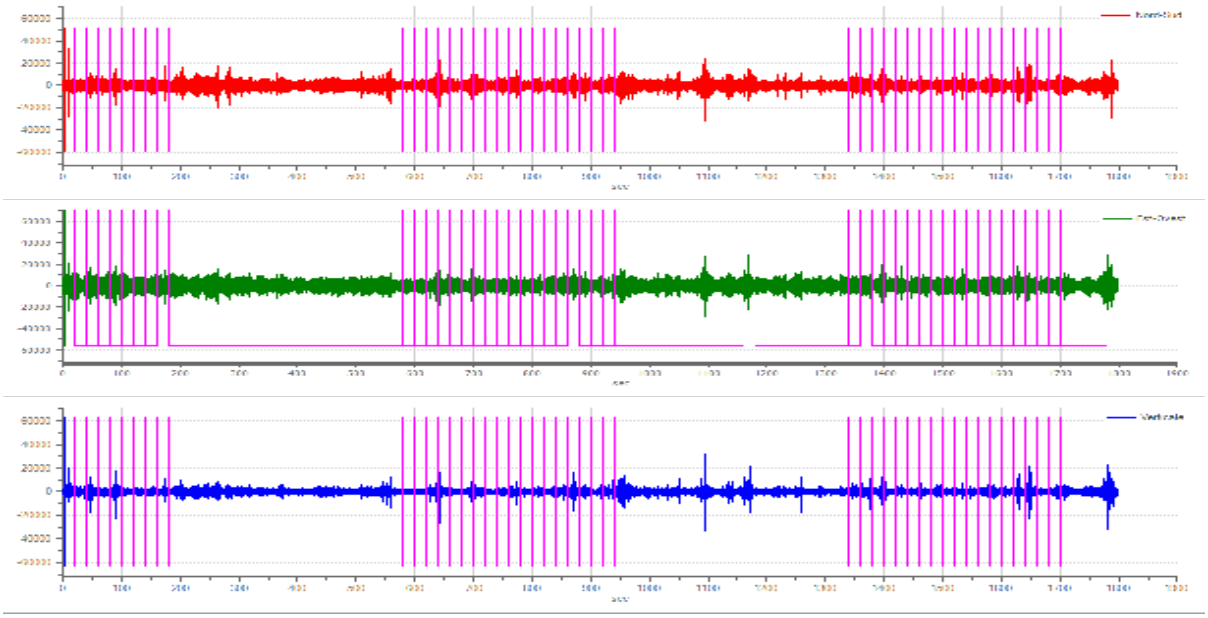


Figura 2 – Segnale registrato con finestre temporali selezionate.

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI DEL MOTO

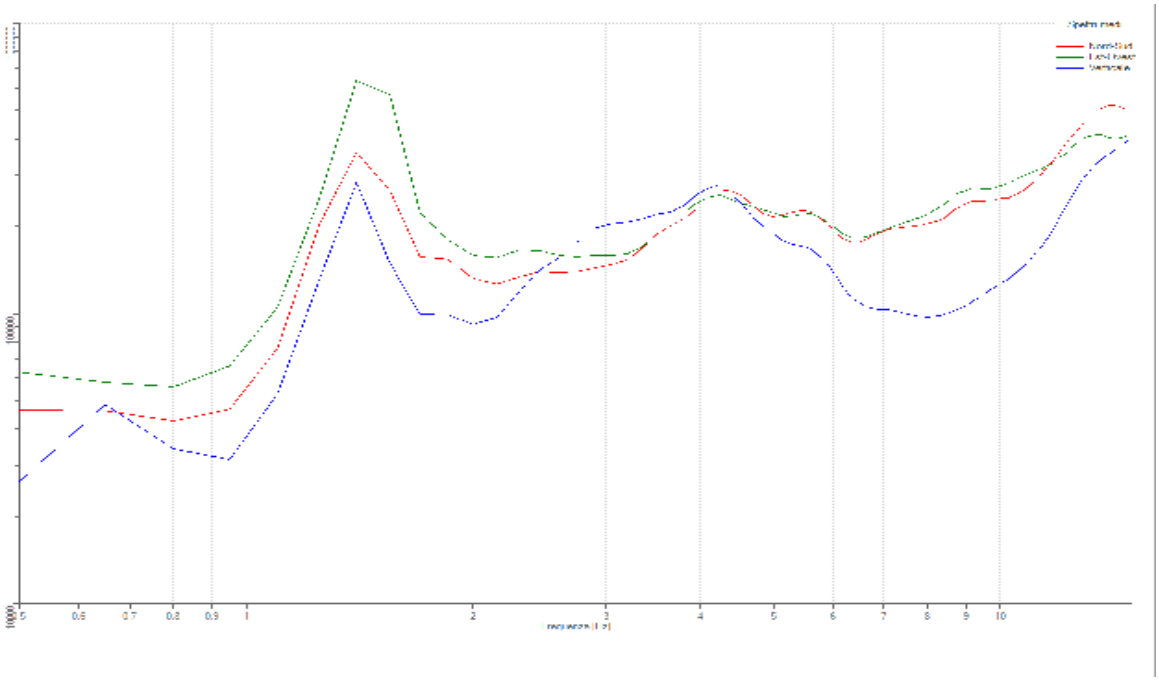


Figura 3 – Spettri medi registrati nelle tre direzioni.

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

GIAEXPLORING (CH) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

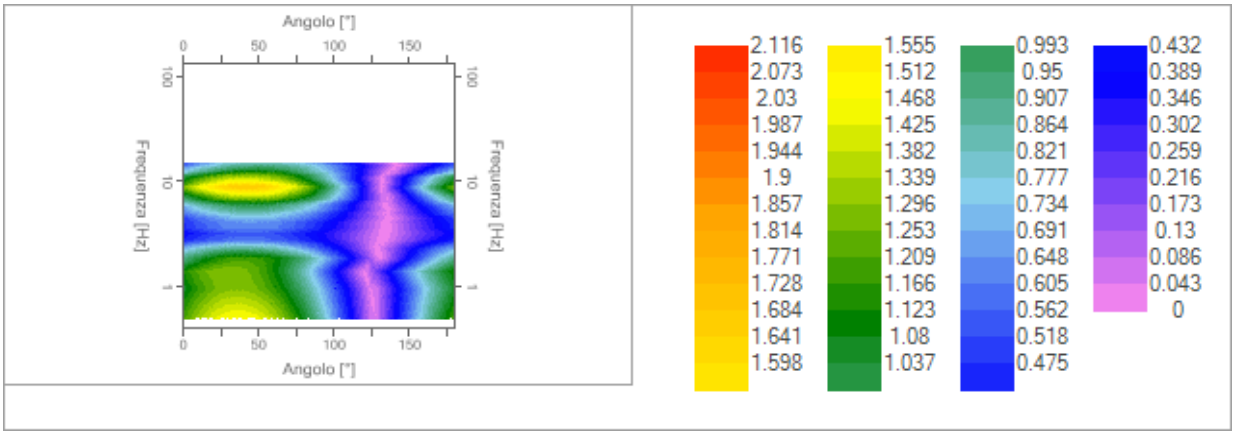


Figura 4 – Mappa direzionalità.

2 - Risultati delle analisi

Frequenza massima: ..... 15.00 Hz
Frequenza minima: ..... 0.50 Hz
Passo frequenze: ..... 0.15 Hz
Percentuale di lisciamento: ..... 10.00 %
Tipo di somma direzionale: ..... Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: ..... **1.55Hz ±0.32 Hz**
Ampiezza del picco del rapporto H/V:…… … … . **2.37**

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE – HVSR_1

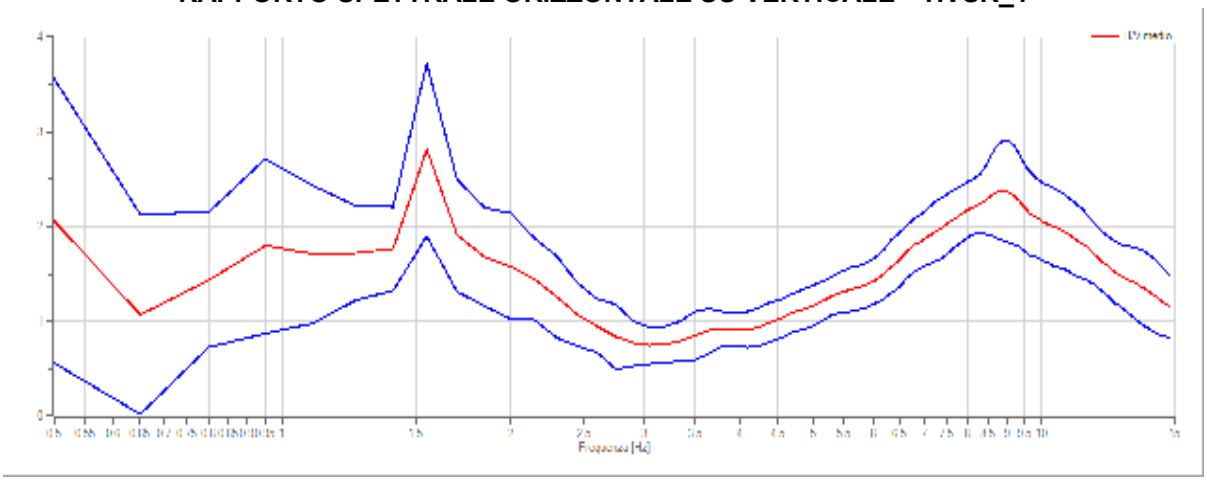


Figura 5 – Curva H/V con intervalli di confidenza e relativo valore di picco.

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (CH) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

Verifiche Criteri SESAME:

Verifica	Esito
Curva H/V affidabile	
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2 \quad per \quad 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \quad se \quad f_0 > 0.5H$ $\sigma_A(f) < 3 \quad per \quad 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \quad se \quad f_0 < 0.5H$	Ok
Picco H/V Chiaro	
$\exists\, f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists\, f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

GIAEXPLORING (CH) Aut. Min. Infras. e Trasp. N° 7979/10

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Foto 1 – Ubicazione del punto di misura HVSR_1.

Foto 2 – Ubicazione del punto di misura HVSR_1.

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

ALLEGATO n. 6
RAPPORTO n. 143/HVSR_1/2020
DATA DI EMISSIONE: 12/07/2022

METODOLOGIA DI LAVORO

Generalità

Le tecniche di sismica passiva si basano sulla misura e l'analisi del cosiddetto "rumore sismico ambientale" costituito da piccole vibrazioni del terreno (spostamenti dell'ordine di 10^{-4} - 10^{-3} cm) che si possono osservare sperimentalmente in qualunque punto della superficie terrestre. Nel campo del rumore ambientale sono presenti sia onde di volume (onde P e S) che onde superficiali (onde di *Love* e di *Rayleigh*).

Il metodo HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratios*), o HVNSR (*Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratios*) o "metodo di *Nakamura*", è una tecnica di registrazione a stazione singola che valuta sperimentalmente i rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e le componenti verticali (V) del segnale registrato, nell'ipotesi che la componente verticale non risenta degli effetti di amplificazione.

Il risultato che si ottiene è una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali in funzione della frequenza di vibrazione. Le frequenze alle quali la curva H/V mostra dei massimi dipendono dalla sismostratigrafia del sottosuolo e sono funzione diretta della frequenza fondamentale di sito.

In contesti geologico-tecnici semplici (coperture soffici al di sopra di un basamento sismico rigido), è possibile stabilire una relazione fra lo spessore h dello strato soffice, la velocità media delle onde S all'interno di quest'ultimo (Vs) e la frequenza di risonanza fondamentale f dello strato, attraverso la formula:

$$f = \frac{V_S}{4h}$$

Dall'equazione sovrastante emerge come la tecnica H/V possa fornire anche indicazioni di carattere stratigrafico: a partire da una misura di vibrazioni ambientali che vincola il valore di f, nota la Vs delle coperture, si può infatti stimare la profondità dei riflettori sismici principali o viceversa.

Strumentazione impiegata e schema esecutivo della prova

Il sistema di acquisizione utilizzato per le misure di microtremore a stazione singola si compone di un sensore a tre componenti (verticale, est-ovest e nord-sud) di frequenza naturale pari a 2 Hz, di un convertitore analogico digitale e di un sistema GPS.

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

In particolare, è stato utilizzato un sismografo SR04 Geobox dotato di ricevitore GPS, le cui caratteristiche tecniche principali riportate in figura 1.

Per questo studio le misure sono state effettuate con una frequenza di campionamento di 300 Hz e una durata di 20 minuti.

Caratteristiche tecniche generali	
Alimentazione:	10-16Vdc o da batteria interna < 1W
Numero canali:	3 a 24 bit (ΣΔ)
Range dinamico:	124dB (144dB, 24 bit effettivi [enob], fra 0.1 e 10Hz)
Campionamento:	simultaneo sui tre canali
Sampling rates:	da 10-600 Hz
Real Time Clock:	+/-10ppm (-20/+50°C)
Sincrononizzazione :	GPS via PPS modulato
Precisione rispetto a UTC:	<50µs
Interfaccia dati sismici:	RS232, cavo USB in dotazione
Formato dati:	protocollo binario SADC20HS
Velocità:	115200 baud
Contenitore:	Monoblocco in alluminio IP66
Temperatura operativa:	-30/+60°C
Dimensioni e peso:	155x140x110 mm
Peso:	3.1kg con sensori da 4.5Hz; 4.4kg con sensori da 2Hz
Conformità:	CE (EN55022, EN55011)

Fig. 1 – Caratteristiche tecniche del sismografo SR04.

Lo strumento di misura è stato posto a diretto contatto con il terreno e reso solidale con questo, curando la messa in bolla dei sensori.

Le parti mobili della strumentazione sono state poste al riparo da spostamenti d'aria, evitando il contatto con elementi mobili (fili d'erba, ecc.).

È stata verificata la sufficiente distanza da edifici, alberi o strutture in elevazione, per evitare risentimenti di risonanze non dipendenti dalle geometrie del sottosuolo.

Interpretazione

Il *processing* dei dati è stato effettuato con il *software Geopsy Versione 2.7.4* nel seguente modo:

1. Suddivisione della finestra di registrazione (di 20 minuti) in sottofinestre di almeno 120 secondi;
2. Eliminazione delle sottofinestre contenenti transienti che mostrano un andamento anomalo rispetto al comportamento medio (per esempio legati al passaggio di automobili);
3. Utilizzo della FFT (*Fast Fourier Trasform*) per il computo degli spettri;
4. Lisciamento degli spettri utilizzando il filtro Konno-Ohmachi;
5. Calcolo del rapporto spettrale H/V per ciascuna sottofinestra;
6. Stima del valore medio della curva H/V e della sua deviazione standard.

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

Sulla base delle frequenze di risonanza determinate sperimentalmente viene fornita una stima dello spessore della copertura responsabile dei possibili fenomeni di risonanza osservati.

Documentazione fornita

La documentazione fornita contiene:

- Indicazioni sui parametri di acquisizione;
- Curva H/V con deviazione standard in tutto l'intervallo di frequenze analizzato;
- Spettri delle singole componenti del moto (X, Y, Z) nello stesso intervallo di frequenze della curva H/V;
- Documentazione fotografica;

Ubicazione della zona di indagine con l'indicazione del punto di indagine tramite planimetria di dettaglio.

SPERIMENTATORE
ing. Angelo Giamberardino

DIRETTORE
geol. Camillo Giamberardino

È richiesta l'approvazione scritta di codesto laboratorio per la riproduzione, totale o parziale, del presente rapporto

GIA eXploring S.r.l.	ALLEGATO N.6 RAPPORTO N.143_HVSR_1_2022 DATA DI EMISSIONE 13/07/2022

COROGRAFIA DELL'AREA DI STUDIO
COMUNE DI COLONNA (RM) - POZZO SANTA CHIARA

0 10 20 m

Prova sismica passiva di tipo HVSR

SPERIMENTATORE Ing. Angelo Giamberardino	DIRETTORE Geol. Camillo Giamberardino

ALLEGATO N.7 CERTIFICATI DI LABORATORIO GEOTECNICO

REPARTO TERRE E ROCCE
Pagina 1 di 1

CERTIFICATO DI PROVA: N.AT202TE/22a
Sulmona, li 27.09.22

Richiedente..... : GIA EXPLORING S.r.l.
Indirizzo ..... : PRETORO (CH) - Via Cerrani, 27
Cantiere..... : Indagini asservite al pozzo Santa Chiara – Comune di COLONNA (RM)
Accettazione del: 17.06.22 **N.** 0343 **Rif. Cliente:** AT-G/22 - o
Data di prova .. : 20.09.22

DATI DICHIARATI

Sondaggio	Campione	Profondità [m]	Data di prova
S1	C3	22,80 – 23,00	20.09.2022

DETERMINAZIONE RESISTENZA A COMPRESSIONE MONOASSIALE
(RACCOMANDAZIONI ISRM 1979; UNI EN 1926)

Campione	*Diametro (mm)*	*Altezza (mm)*	*Superficie (mm^2)*	*Massa volumica (kg/m^3)*	*Carico di rottura (kN)*	*Resistenza a compressione monoassiale (N/mm^2)*	*Tipo di rottura (---)*
C3	79,0	79,0	4899,19	2831,78	801,57	163,61	Soddisfacente

Lo Sperimentatore
(geom. Massimo Liberatore)

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(dott. Valerio Vasari)

LABORATORIO TERRE E ROCCE
Abruzzo Test
SULMONA
D.M. 07.10.14
N. 6571

RIFERIMENTI COMMESSA	
Il Richiedente: Giaexploring Srl	
Verbale di Accettazione N°: 343	Data: 17/06/2022
Certificato N°: 198	Data: 26/09/2022

INFORMAZIONI GENERALI SUL CAMPIONE IN INGRESSO		
Alterazioni Esterne: ☐	Tipologia Campionatore SHELBY	Data Prelievo 07/06/2022
Ditta che ha effettuato il prelievo	Non Dichiarato	

INTESTAZIONE CERTIFICATO ED IDENTIFICAZIONE CAMPIONE			
Committente: Giaexploring Srl			
Cantiere: Indagini geognostiche asservite al pozzo santa Chiara – Comune di COLONNA (RM)			
Sondaggio: 1	Campione: 1	Profondità da m: 5,50	a m: 6,00

TRACCIABILITA'	
Codice Campione:	AT11A
Consegna Campione:	17/06/2022
Apertura:	29/08/2022
Inizio Prove:	29/08/2022
Fine Prove:	19/09/2022

Taglio diretto non eseguibile per carenza di materiale analizzabile.

PROVE ESEGUITE	ID PROVA	PAG.	NORMATIVE DI RIFERIMENTO
Descrizione Macroscopica e Caratteristiche Fisiche	AT11ADeMaCaFi	2	*Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio - AGI,1994 Classificazione delle terre: ASTM D 2487-85 D3282-83*
Contenuto d'Acqua	AT11AW	3	*ASTM D2166*
Limiti di Atterberg	AT11ALL/LP	4	*ASTM D4318-00*
TriassialeCD		5-8	*Raccomandazioni AGI 1997*
Edometrica		9-12	*Raccomandazioni AGI 1997*
	Totale Pag.	12	

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(dott. Valerio Vacri)

ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

Certificato N°:198	Committente: Glaexploring Srl	Consegna:	17/06/2022	Sondaggio:	1
		Apertura:	29/08/2022	Campione:	1
Data: 26/09/2022	Cantiere: Indagini geognostiche asservite al pozzo Santa Chiara Comune di COLONNA (RM)	Inizio Prova:	29/09/2022	da mt:	5,50
		Fine Prova:	19/09/2022	a mt:	6,00

DESCRIZIONE CAMPIONE

Lunghezza: 50 cm. Diametro: 8,5 cm. Classe di Qualità: Non Dichiarata

Descrizione Macroscopica: Limo argilloso debolmente sabbioso di colore marrone rossastro (3/3 10YR) con diffusi grumi carboniosi.

CARATTERISTICHE FISICHE DEL CAMPIONE (1)

Peso Specifico (2):	2,7	g/cm³	Limite del ritiro:	-	%	Contenuto Naturale Acqua:	42,38	%
Densità Naturale:	1,648	g/cm³	Limite Liquido:	51,66	%	Grado di Saturazione:	85,80	%
Densità secca:	1,157	g/cm³	Limite Plastico:	31,84	%	Indice di Attività:	-	
Densità satura:	1,728	g/cm³	Porosità:	57,20	%	Indice dei Vuoti:	1,334	

Indice di Plasticità IP:	19,82
Indice di Consistenza IC:	0,468
Grado di Plasticità:	Plastico
Stato:	Molle-Plastico
Class. Granulometrica (M.I.T.)	
Class. Granulometrica (USCS):	

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

cm.	Resistenza Pocket Kg/cm²	Resist. Vanetest Kg/cm²	Consistenza	Collocazione Prove Meccaniche
10	3,2-3,4		MOLTO CONSISTENTE	TriassialeCD
20	3,6-3,8		MOLTO CONSISTENTE	Edometrica
30	4,5-4,7		ESTREMAMENTE CONSISTENTE	TriassialeCD
40	2,2-2,4		MOLTO CONSISTENTE	
50	1,1-1,3		CONSISTENTE	

(1) Valori Medi dei dati ottenuti nelle singoli prove.
(2) Ove non specificatamente richiesto, viene assegnato un peso specifico di 2,7 g/cm³.

LABORATORIO TERRE E ROCCE Abruzzo Test SULMONA D.M. 07.10.14 N. 6571

ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale - 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

Certificato N° 198	Committente: Glaexploring Srl	Consegna:	17/06/2022	Sondaggio:	1
		Apertura:	29/08/2022	Campione:	1
Data: 26/09/2022	Cantiere: Indagini geognostiche asservite al pozzo Santa Chiara Comune di COLONNA (RM)	Inizio Prova:	29/09/2022	da mt:	5,50
		Fine Prova:	19/09/2022	a mt:	6,00

CONTENUTO NATURALE D'ACQUA

ASTM D2166

Contenuto d'Acqua Medio (%): 42,26

Passo N°	Contenitore N°	Tara (g)	Peso Lordo Umido (g)	Peso Lordo Secco (g)	Contenuto Acqua (%)
1	6	23,48	40,02	35,68	35,57
2	36	24,49	50,32	41,83	48,96

LABORATORIO TERRE E ROCCE Abruzzo Test SULMONA D.M. 07.10.14 N. 6571

ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale - 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

Certificato N° 198	Committente: Glaexploring Srl	Consegna:	17/06/2022	Sondaggio:	1
		Apertura:	29/08/2022	Campione:	1
Data: 26/09/2022	Cantiere: Indagini geognostiche asservite al pozzo Santa Chiara Comune di COLONNA (RM)	Inizio Prova:	29/09/2022	da mt:	5,50
		Fine Prova:	19/09/2022	a mt:	6,00

LIMITI DI ATTERBERG

ASTM D4318-00

DATI SPERIMENTALI E RISULTATI (Limite Liquido)

PLU (g)	PLS (g)	TARA (g)	UMIDITA' (%)	N.COLPI
40,69	31,09	12,98	53,01	22
35,96	28,23	12,84	50,23	27
53,74	47,56	35,16	49,84	32

DATI SPERIMENTALI E RISULTATI (Limite Plasico)

PLU (g)	PLS (g)	TARA (g)	UMIDITA' (%)
30,72	28,96	23,37	31,48
20,78	18,86	12,9	32,21

DIAGRAMMA N° COLPI / CONTENUTO ACQUA

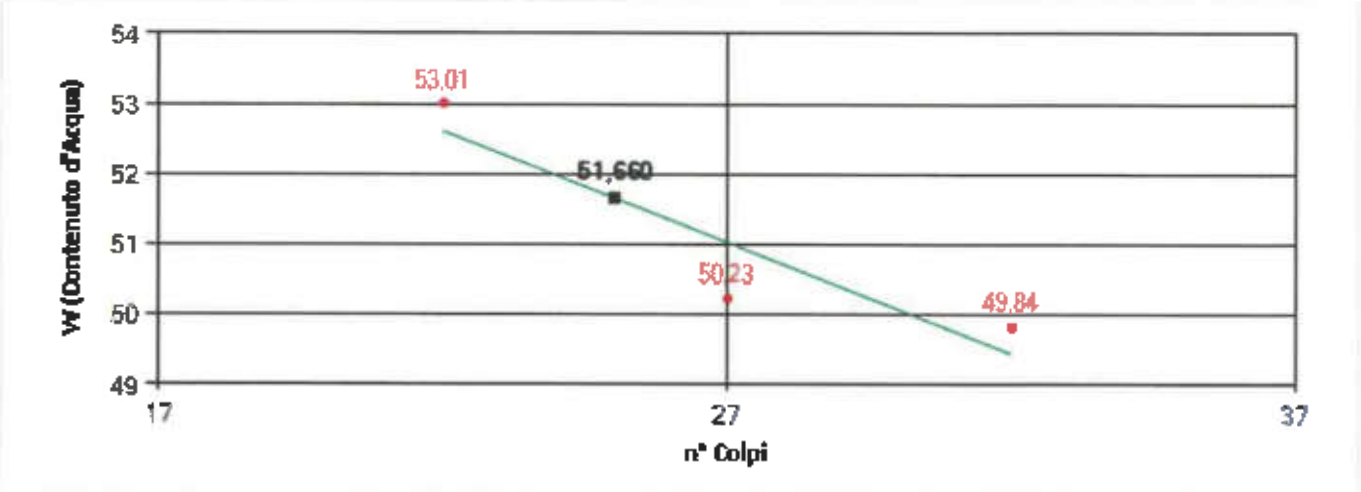
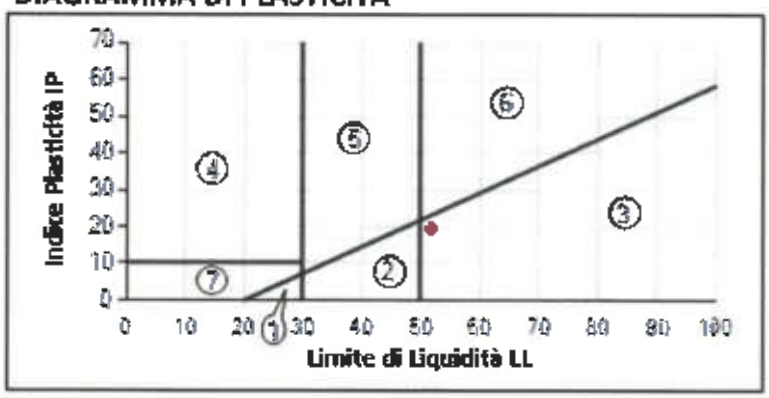


DIAGRAMMA DI PLASTICITA'



1. Limi Inorganici di Bassa Compressibilità
2. Limi Inorganici di Media Compressibilità
3. Limi Inorganici di Alta Compressibilità e Argille Organiche
4. Argille Inorganiche di Bassa Plasticità
5. Argille Inorganiche di Media Plasticità
6. Argille Inorganiche di Alta Plasticità
7. Terreni Incoerenti

Limite di Liquidità	(LL)	51,66	%	Indice di Plasticità	(IP)	19,82
Limite di Plasticità	(LP)	31,84	%	Indice di Consistenza	(IC)	0,468
Limite del Ritiro	(LR)	-	%	Attività [IP / (% Peso Argilla)]		-

Carta di Plasticità di Casagrande: Limi Inorganici di Alta Compressibilità ed Argille Organiche.

Abruzzo Test SULMONA D.M. 07.10.14 N. 6571

ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale - 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

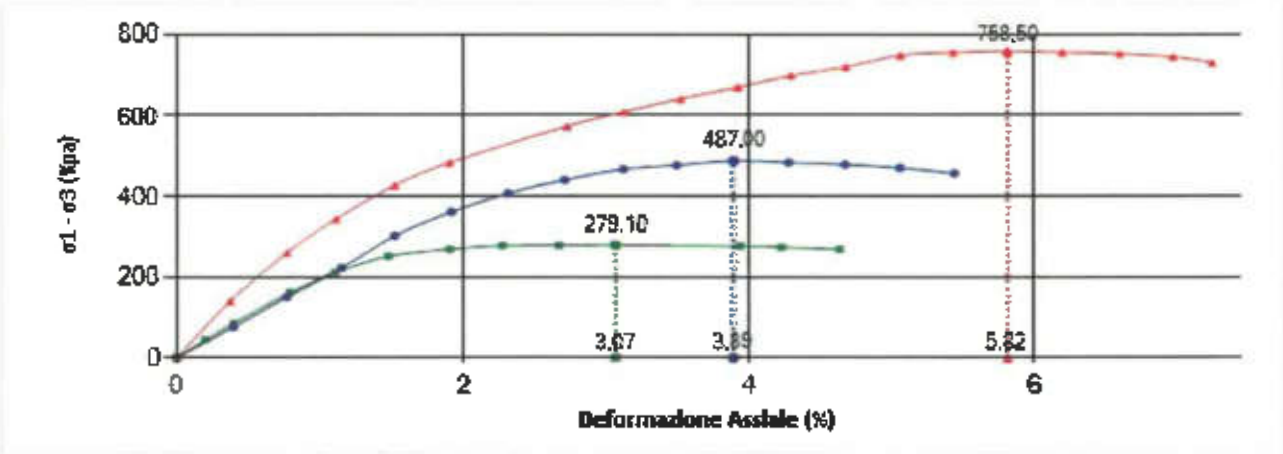
Certificato N° 198	Committente: Glaexploring Srl	Consegna:	17/06/2022	Sondaggio:	1
		Apertura:	29/08/2022	Campione:	1
Data: 26/09/2022	Cantiere: Indagini geognostiche asservite al pozzo Santa Chiara Comune di COLONNA (RM)	Inizio Prova:	29/09/2022	da mt:	5,50
		Fine Prova:	19/09/2022	a mt:	6,00

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE CD

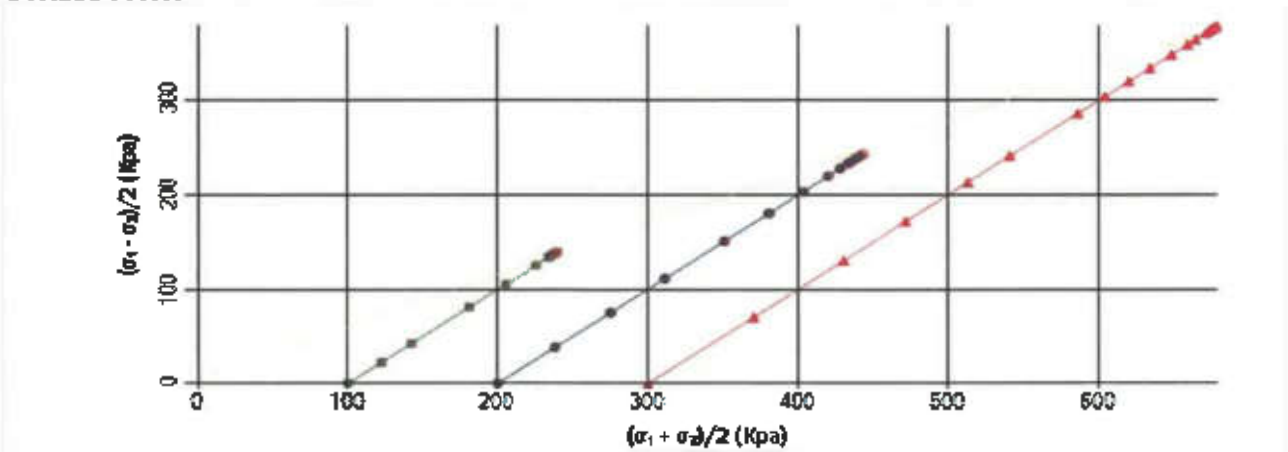
Raccomandazioni AGI 1997

CARATTERISTICHE INIZIALI DEL PROVINO							FASE DI SATURAZIONE				CONSOLIDAZIONE		ROTTURA
Pr.	Altezza	Sezione	Umidità Naturale	Densità Naturale	Indice Vuoti	Saturazione	Coefficiente "B"	Sigma Efficace	B.P.	Saturazione	T100	Cv	$\sigma_1 - \sigma_3$
N.	H (cm)	A (cm²)	Wn (%)	Yn (kN/m³)	e (-)	Sr (%)	Skempton	σ_3 (Kpa)	(Kpa)	(%)	Min.	cm²/s	(kPa)
1	7,605	11,46	43,64	1,691	1,294	91,059	0,92	100	200	87,364	125	6,88E-006	279,1
2	7,605	11,46	46,28	1,648	1,396	89,527	0,94	200	200	96,004	391	2,20E-006	487
3	7,605	11,46	40,27	1,699	1,23	88,429	0,94	300	200	91,293	479	1,79E-006	758,5

DIAGRAMMA DEFORMAZIONE ASSIALE - SFORZO TANGENZIALE



STRESS PATH



Coesione Efficace: 6,19 Kpa

Angolo di Attrito: 28,63 °

I valori di prova indicati derivano dall'applicazione di calcoli matematici eseguiti automaticamente dal software di elaborazione delle misure sperimentali

ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale - 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

LABORATORIO TERRE E ROCCE Abruzzo Test SULMONA D.M. 07.10.14 N. 6571

Certificato N° 198	Committente: Giaexploring Srl	Consegna:	17/06/2022	Sondaggio:	1
		Apertura:	29/08/2022	Campione:	1
Data: 26/09/2022	Cantiere: Indagini geognostiche asservite al pozzo Santa Chiara Comune di COLONNA (RM)	Inizio Prova:	29/09/2022	da mt:	5,50
		Fine Prova:	19/09/2022	a mt:	6,00

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE CD

FASE DI ROTTURA

PROVINO 1 PLU = 246,44; PLS = 153,53

Def. (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	ΔV (cm³)	Def. (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	ΔV (cm³)
		0	2,279	277,742	0,2
0,198	44,593	0,1	2,675	277,742	0,3
0,395	85,102	0,2	3,07	279,082	0,3
0,79	161,806	0,6	3,939	276,402	0,3
1,106	210,745	0,5	4,228	273,722	0,3
1,477	250,943	0,3	4,638	268,362	0,3
1,91	268,362	0,2			0

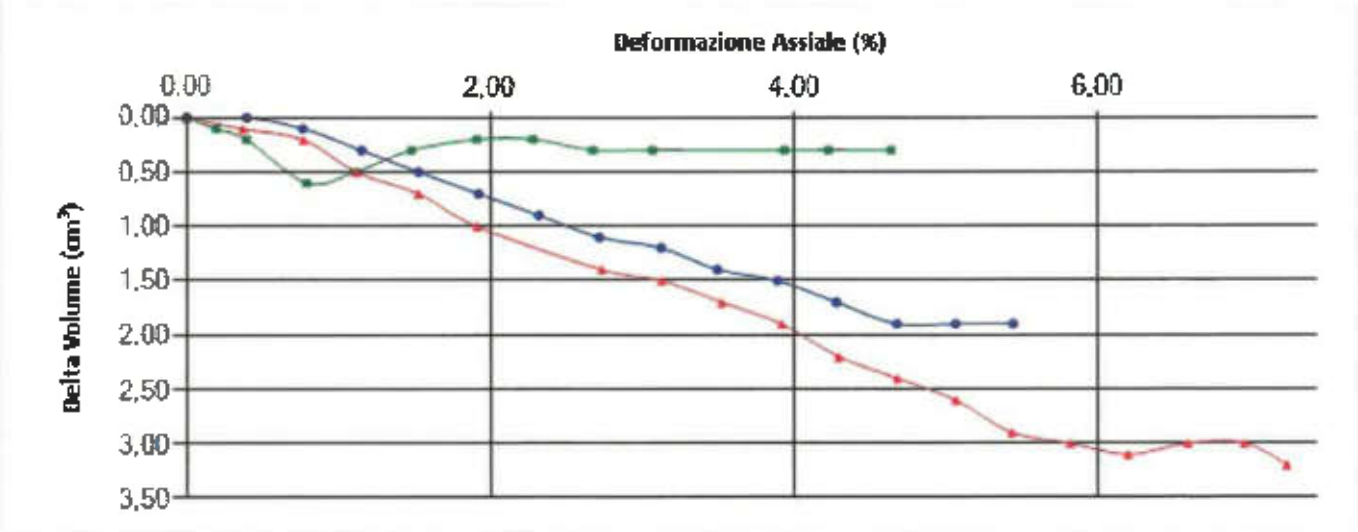
PROVINO 2 PLU = 242,7; PLS = 154,55

Def. (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	ΔV (cm³)	Def. (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	ΔV (cm³)
		0	3,126	466,506	1,2
0,397	76,555	0	3,497	476,257	1,4
0,768	150,251	0,1	3,894	486,996	1,5
1,152	222,304	0,3	4,279	483,127	1,7
1,523	301,839	0,5	4,675	477,767	1,9
1,921	360,896	0,7	5,06	469,602	1,9
2,318	406,635	0,9	5,444	456,203	1,9
2,716	439,992	1,1			0

PROVINO 3 PLU = 247,15; PLS = 164,26

Def. (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	ΔV (cm³)	Def. (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	ΔV (cm³)
		0	4,292	697,767	2,2
0,371	140,104	0,1	4,676	719,206	2,4
0,768	260,698	0,2	5,06	747,791	2,6
1,113	343,774	0,5	5,431	754,937	2,9
1,523	426,85	0,7	5,815	758,51	3
1,907	483,127	1	6,199	754,937	3,1
2,729	572,706	1,4	6,596	751,364	3
3,126	608,438	1,5	6,967	744,218	3
3,523	640,596	1,7	7,245	729,925	3,2
3,921	669,181	1,9			0

DIAGRAMMA VARIAZIONI DI VOLUME



LABORATORIO TERRE E ROCCE Abruzzo Test SULMONA D.M. 07.10.14 N. 6571

ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale - 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

Certificato N° 198	Committente: Glaexploring Srl	Consegna:	17/06/2022	Sondaggio:	1
		Apertura:	29/08/2022	Campione:	1
Data: 26/09/2022	Cantiere: Indagini geognostiche asservite al pozzo Santa Chiara Comune di COLONNA (RM)	Inizio Prova:	29/09/2022	da mt:	5,50
		Fine Prova:	19/09/2022	a mt:	6,00

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE (SATURAZIONE)

Elenco Passi Provino 1

Data	Ora	σ3 (Kpa)	B.P. (Kpa)	P.P. (Kpa)	Skem pton
12/09/2022	13:23	0	30	0	0
12/09/2022	13:43	50	30	5	0
12/09/2022	14:05	50	30	16	0,28
12/09/2022	18:33	100	80	30	0
12/09/2022	19:48	100	80	78	0,42
13/09/2022	08:37	150	130	99	0
13/09/2022	09:52	150	130	123	0,6
13/09/2022	18:22	200	180	153	0
13/09/2022	19:03	200	180	181	0,92

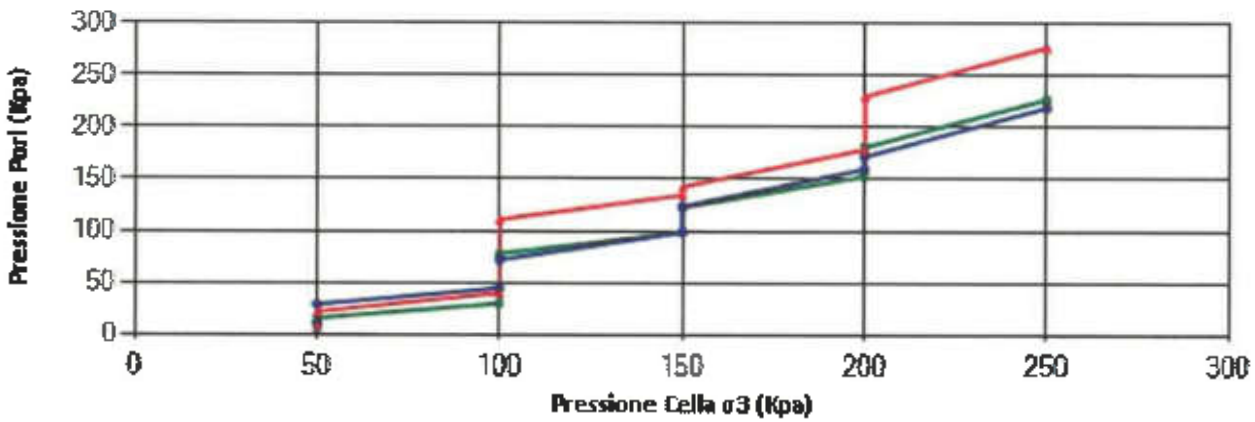
Elenco Passi Provino 2

Data	Ora	σ3 (Kpa)	B.P. (Kpa)	P.P. (Kpa)	Skem pton
12/09/2022	11:48	0	30	0	0
12/09/2022	11:49	50	30	11	0
12/09/2022	13:26	50	30	29	0,32
12/09/2022	18:30	100	80	45	0
12/09/2022	19:41	100	80	72	0,54
13/09/2022	09:11	150	130	99	0
13/09/2022	11:51	150	130	124	0,72
13/09/2022	18:23	200	180	160	0
13/09/2022	18:40	200	180	172	0,94

Elenco Passi Provino 3

Data	Ora	σ3 (Kpa)	B.P. (Kpa)	P.P. (Kpa)	Skem pton
12/09/2022	12:28	0	30	0	0
12/09/2022	12:44	50	30	9	0
12/09/2022	13:27	50	30	22	0,36
12/09/2022	18:30	100	80	40	0
12/09/2022	19:45	100	80	111	0,48
13/09/2022	08:37	150	130	135	0
13/09/2022	09:53	150	180	143	0,72
14/09/2022	08:56	200	180	179	0
14/09/2022	09:57	200	180	230	0,94

DIAGRAMMA



LABORATORIO TERRE E ROCCE Abruzzo Test SULMONA D.M. 07.10.14 N. 6571

ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale - 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

Certificato N° 198	Committente: Giaexploring Srl	Consegna:	17/06/2022	Sondaggio:	1
		Apertura:	29/08/2022	Campione:	1
Data: 26/09/2022	Cantiere: Indagini geognostiche asservite al pozzo Santa Chiara Comune di COLONNA (RM)	Inizio Prova:	29/09/2022	da mt:	5,50
		Fine Prova:	19/09/2022	a mt:	6,00

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE (CONSOLIDAZIONE)

Elenco Passi Provino 1

Data	Ora	√ΔT (Sec)	Volume (cm³)	ΔV (cm³)
13/09/2022	19:11	0	2,3	0
13/09/2022	19:12	7,7	2,6	0,3
13/09/2022	19:14	13,4	2,7	0,4
13/09/2022	19:49	47,7	2,8	0,5
14/09/2022	08:54	222,2	3	0,7

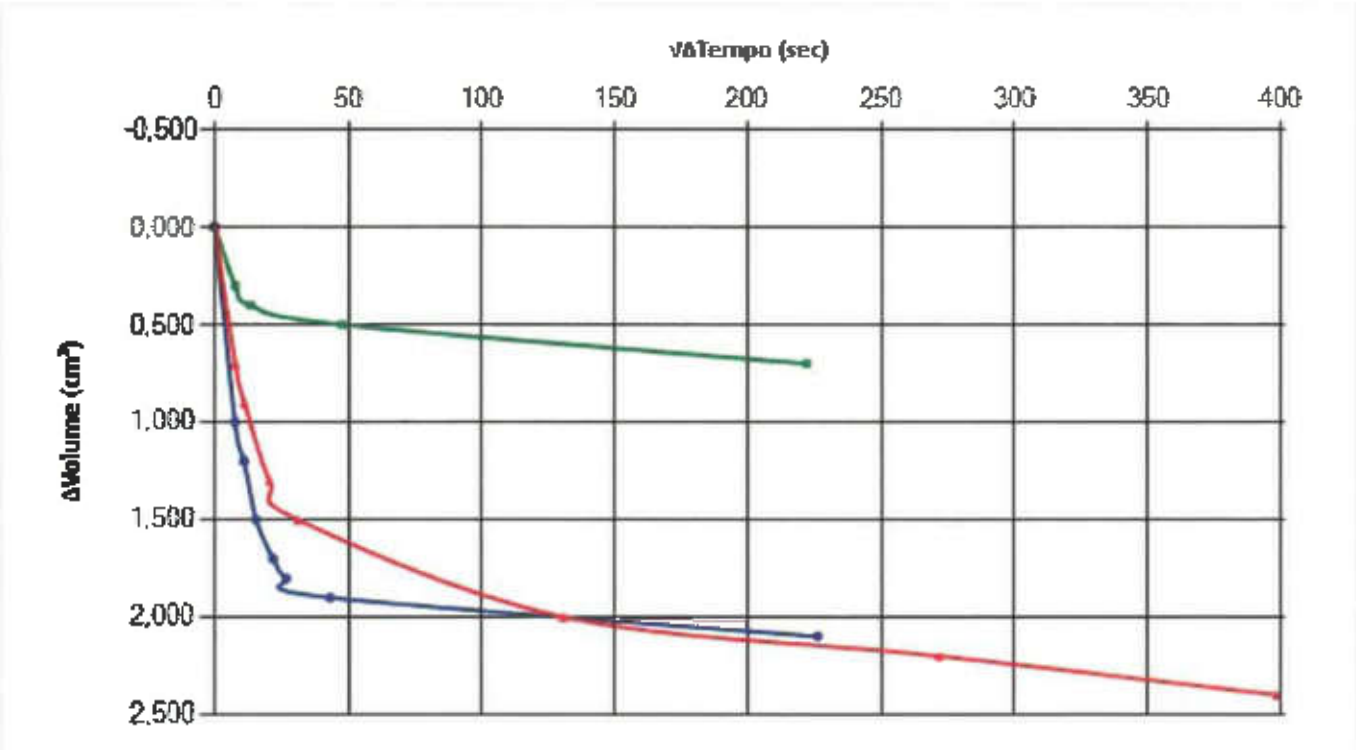
Elenco Passi Provino 2

Data	Ora	√ΔT (Sec)	Volume (cm³)	ΔV (cm³)
13/09/2022	18:43	0	9,5	0
13/09/2022	18:44	7,7	10,5	1
13/09/2022	18:45	11	10,7	1,2
13/09/2022	18:47	15,5	11	1,5
13/09/2022	18:51	21,9	11,2	1,7
13/09/2022	18:55	26,8	11,3	1,8
13/09/2022	19:14	43,1	11,4	1,9
14/09/2022	08:55	226,1	11,6	2,1

Elenco Passi Provino 3

Data	Ora	√ΔT (Sec)	Volume (cm³)	ΔV (cm³)
14/09/2022	12:55	0	1,1	0
14/09/2022	12:56	7,7	1,8	0,7
14/09/2022	12:57	11	2	0,9
14/09/2022	13:02	20,5	2,4	1,3
14/09/2022	13:11	31	2,6	1,5
14/09/2022	17:39	130,5	3,1	2
15/09/2022	09:24	271,6	3,3	2,2
16/09/2022	09:03	398,6	3,5	2,4

DIAGRAMMA



LABORATORIO TERRE E ROCCE
Abruzzo Test
SULMONA
D.M. 07.10.14
N. 6571

ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale - 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

Certificato N° 198	Committente: Glaexploring Srl	Consegna:	17/06/2022	Sondaggio:	1
		Apertura:	29/08/2022	Campione:	1
Data: 26/09/2022	Cantiere: Indagini geognostiche asservite al pozzo Santa Chiara Comune di COLONNA (RM)	Inizio Prova:	29/09/2022	da mt:	5,50
		Fine Prova:	19/09/2022	a mt:	6,00

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Raccomandazioni AGI 1997

CARATTERISTICHE DEL PROVINO

Sezione	A	19,95	(cm^2)	Peso di Volume	γ_n	1,556	(g/cm^3)
Altezza Iniziale	H	1,99	(cm)	Peso Specifico	γ_s	2,7	(g/cm^3)
Umidità Naturale Iniz.	W_n	39,55	(%)	Umidita Naturale Fin.	W_f	37,18	(%)
Indice Vuoti Iniziale	e_0	1,422	(-)	Grado di Saturazione	S_r	75,12	(%)

DATI SPERIMENTALI E RISULTATI

Passo N.	Pressione Imposta σ_1 (kPa)	Tempo t (h)	Deformazione Assiale δ (%)	Indice Vuoti e (-)	Modulo Edometrico E_{ed} (MPa)	Coefficiente Compressibilità m_v (1/MPa)	Coefficiente Consolidazione C_v (cm^2/sec)	Coefficiente Permeabilità k (cm/sec)	Consolidaz. Secondaria C_α (%)
1	24,57	24	0,568	1,408	4,326	0,231	-	-	-
2	49,14	24	0,99	1,398	5,823	0,172	-	-	-
3	98,29	24	1,588	1,384	8,218	0,122	-	-	-
4	196,57	24	3,623	1,334	4,830	0,207	-	-	-
5	393,14	24	6,985	1,253	5,847	0,171	-	-	-
6	786,28	24	12,427	1,121	7,224	0,138	-	-	-
7	1.572,56	24	17,447	0,999	15,663	0,064	-	-	-
8	393,14	24	18,739	0,968	-	-	-	-	-
9	98,29	24	17,985	0,986	-	-	-	-	-
10	24,57	24	17,266	1,004	-	-	-	-	-

LABORATORIO TERRE E ROCCE Abruzzo Test SULMONA D.M. 07.10.14 N. 6571

ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale - 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

Certificato N° 198	Committente: Giaexploring Srl	Consegna:	17/06/2022	Sondaggio:	1
		Apertura:	29/08/2022	Campione:	1
Data: 26/09/2022	Cantiere: Indagini geognostiche asservite al pozzo Santa Chiara Comune di COLONNA (RM)	Inizio Prova:	29/09/2022	da mt:	5,50
		Fine Prova:	19/09/2022	a mt:	6,00

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Raccomandazioni AGI 1997

DIAGRAMMA CARICHI - DEFORMAZIONE

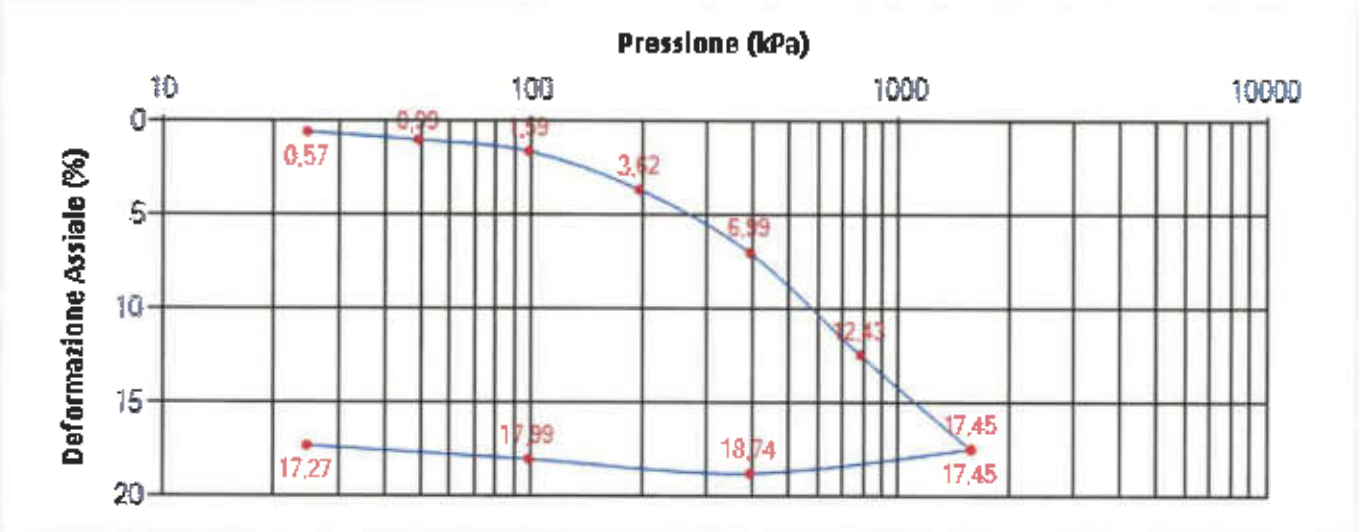
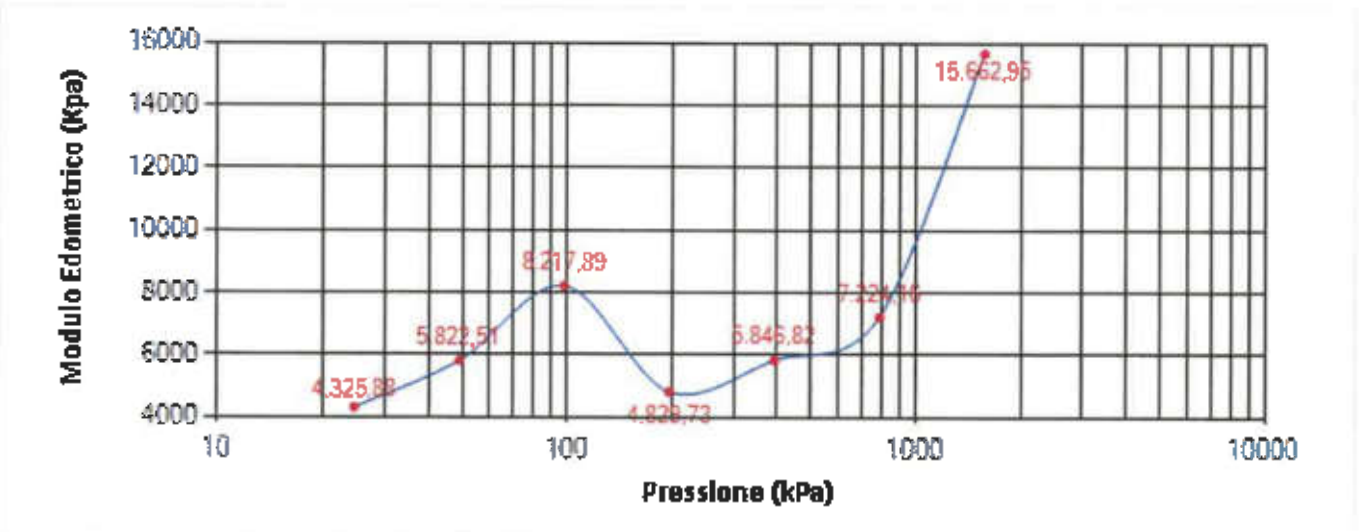


DIAGRAMMA CARICHI - MODULO EDOMETRICO



LABORATORIO TERRE E ROCCE Abruzzo Test SULMONA D.M. 07.10.14 N. 6571

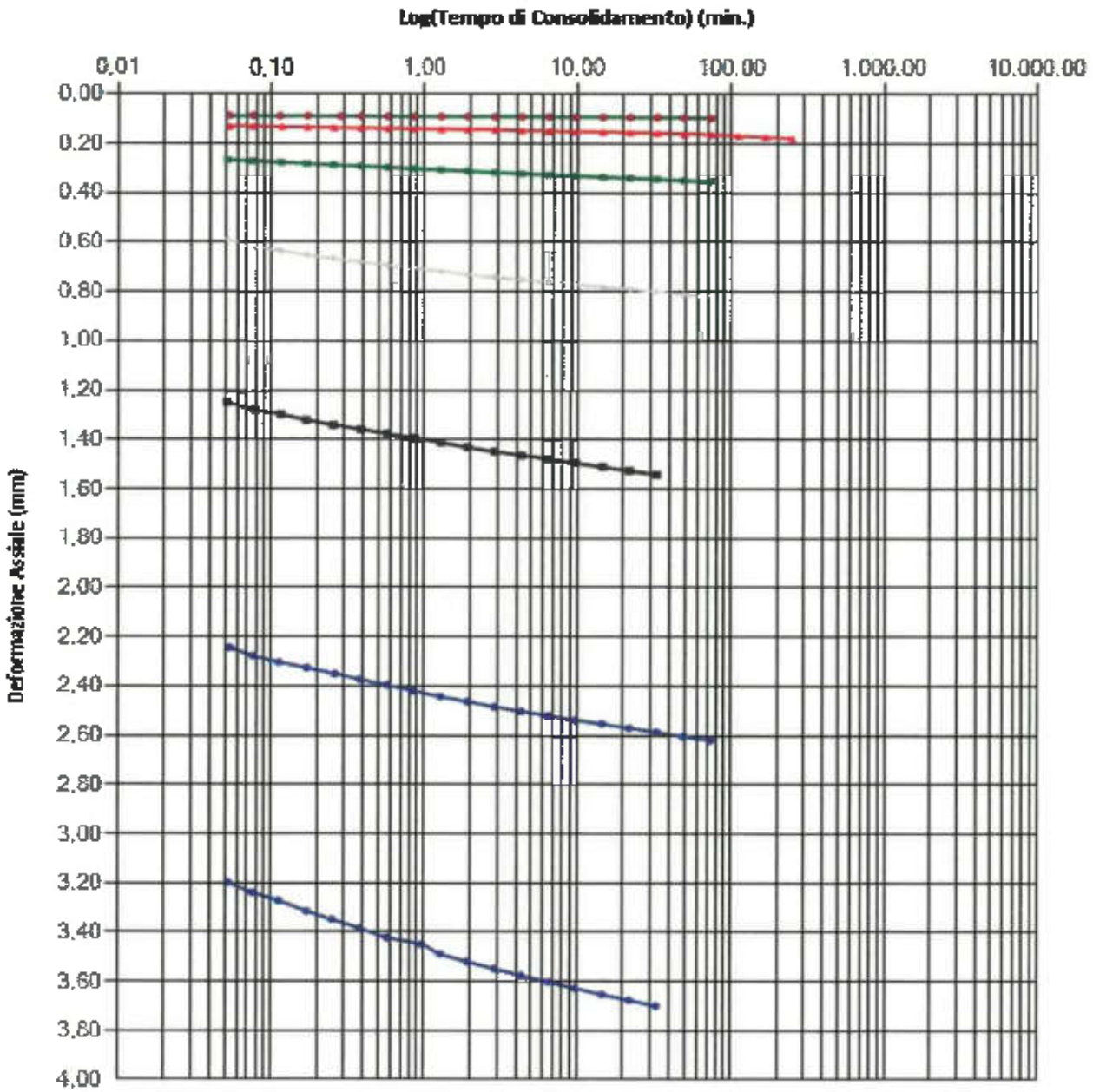
ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale - 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

Certificato N° 198	Committente: Glaexploring Srl	Consegna:	17/06/2022	Sondaggio:	1
		Apertura:	29/08/2022	Campione:	1
Data: 26/09/2022	Cantiere: Indagini geognostiche asservite al pozzo Santa Chiara Comune di COLONNA (RM)	Inizio Prova:	29/09/2022	da mt:	5,50
		Fine Prova:	19/09/2022	a mt:	6,00

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Raccomandazioni AGI 1997

DIAGRAMMA DEFORMAZIONE - TEMPO



LABORATORIO TERRE E ROCCE Abruzzo Test SULMONA D.M. 07.10.14 N. 6571

ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale - 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

Certificato N° 198	Committente: Giaexploring Srl	Consegna:	17/06/2022	Sondaggio:	1
		Apertura:	29/08/2022	Campione:	1
Data: 26/09/2022	Cantiere: Indagini geognostiche asservite al pozzo Santa Chiara Comune di COLONNA (RM)	Inizio Prova:	29/09/2022	da mt:	5,50
		Fine Prova:	19/09/2022	a mt:	6,00

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

Raccomandazioni AGI 1997

Passo	Metodo	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)
1	Casagrande	0,053	0,087	0,573	0,09	6,49	0,091	73,899	0,096	841,707	0,112
		0,076	0,087	0,857	0,09	9,734	0,092	110,846	0,1	1262,559	0,113
		0,113	0,088	1,285	0,09	14,598	0,092	166,268	0,102	1438,619	0,113
		0,172	0,088	1,924	0,09	21,895	0,093	249,398	0,104		
		0,284	0,089	2,884	0,091	32,842	0,093	374,096	0,106		
		0,384	0,089	4,326	0,091	49,263	0,094	561,141	0,109		
Passo	Metodo	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)
2	Casagrande	0,053	0,129	0,573	0,137	6,488	0,148	73,897	0,161	841,706	0,196
		0,076	0,13	0,857	0,139	9,735	0,15	110,844	0,168	1262,562	0,198
		0,117	0,132	1,284	0,141	14,599	0,151	166,265	0,172	1893,838	0,198
		0,171	0,133	1,927	0,142	21,897	0,154	249,396	0,178	2840,757	0,199
		0,257	0,135	2,887	0,143	32,842	0,156	374,092	0,185	4318,665	0,2
		0,384	0,136	4,325	0,146	49,267	0,159	561,139	0,193		
Passo	Metodo	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)
3	Taylor	0,052	0,266	0,574	0,296	6,489	0,326	73,898	0,353	841,706	0,41
		0,075	0,27	0,858	0,301	9,733	0,33	110,844	0,358	1262,563	0,411
		0,116	0,276	1,282	0,306	14,6	0,335	166,266	0,364	1524,571	0,411
		0,17	0,281	1,926	0,311	21,899	0,339	249,398	0,369		
		0,256	0,286	2,884	0,316	32,844	0,343	374,094	0,377		
		0,384	0,291	4,329	0,321	49,264	0,348	561,142	0,397		
Passo	Metodo	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)
4	Taylor	0,052	0,59	0,572	0,693	6,488	0,759	73,896	0,82	841,706	0,912
		0,079	0,619	0,856	0,705	9,732	0,769	110,844	0,828	1262,563	0,907
		0,116	0,634	1,285	0,717	14,598	0,779	166,264	0,838	1350,6	0,906
		0,17	0,651	1,923	0,73	21,896	0,789	249,394	0,844		
		0,256	0,666	2,887	0,741	32,846	0,799	374,092	0,868		
		0,383	0,679	4,328	0,75	49,264	0,81	561,139	0,904		
Passo	Metodo	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)
5	Taylor	0,052	1,247	0,383	1,358	2,887	1,448	21,895	1,526	166,263	1,606
		0,079	1,274	0,57	1,376	4,327	1,463	32,843	1,541	249,397	1,623
		0,116	1,298	0,859	1,393	6,49	1,478	49,267	1,562	374,093	1,632
		0,17	1,32	1,286	1,411	9,731	1,494	73,897	1,577	561,139	1,653
		0,256	1,34	1,924	1,431	14,6	1,51	110,845	1,592		
Passo	Metodo	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)
6	Taylor	0,054	2,243	0,57	2,396	6,487	2,519	73,896	2,619	841,706	2,728
		0,077	2,277	0,855	2,419	9,731	2,537	110,844	2,635	1262,56	2,733
		0,113	2,303	1,282	2,442	14,599	2,553	166,265	2,648	1399,239	2,733
		0,172	2,325	1,924	2,462	21,895	2,57	249,398	2,663		
		0,263	2,35	2,885	2,484	32,844	2,586	374,094	2,682		
		0,381	2,372	4,326	2,502	49,266	2,604	561,141	2,706		
Passo	Metodo	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)	Tempo (min)	Cedimento(mm)
7	Taylor	0,053	3,198	0,382	3,383	2,886	3,548	21,895	3,676	166,266	3,786
		0,076	3,238	0,572	3,421	4,329	3,575	32,846	3,699	249,397	3,803
		0,113	3,271	0,96	3,449	6,488	3,601	49,264	3,722	374,092	3,821
		0,172	3,314	1,282	3,488	9,733	3,627	73,896	3,742	561,139	3,864
		0,253	3,348	1,924	3,519	14,599	3,652	110,844	3,764	574,134	3,864

LABORATORIO TERRE E ROCCE Abruzzo Test SULMONA D.M. 07.10.14 N. 6571

ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale - 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

RIFERIMENTI COMMESSA	
Il Richiedente: Glaexploring Srl	
Verbale di Accettazione N°: 343	Data: 17/06/2022
Certificato N°: 199	Data: 26/09/2022

INFORMAZIONI GENERALI SUL CAMPIONE IN INGRESSO		
Alterazioni Esterne: ☐	Tipologia Campionatore SHELBY	Data Prelievo 07/06/2022
Ditta che ha effettuato il prelievo Non Dichiarato		

INTESTAZIONE CERTIFICATO ED IDENTIFICAZIONE CAMPIONE			
Committente: Glaexploring Srl			
Cantiere: Indagini geognostiche asservite al pozzo Santa Chiara - Comune di COLONNA (RM)			
Sondaggio: 1	Campione: 2	Profondità da m: 9,50	a m: 10,00

TRACCIABILITA'	
Codice Campione:	AT12A
Consegna Campione:	17/06/2022
Apertura:	29/08/2022
Inizio Prove:	29/08/2022
Fine Prove:	19/09/2022

Prova di taglio diretto eseguita su provini ricostruiti tal quale.

PROVE ESEGUITE	ID PROVA	PAG.	NORMATIVE DI RIFERIMENTO
Descrizione Macroscopica e Caratteristiche Fisiche	AT12ADeMaCaFi	2	*Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio - AGI,1994 Classificazione delle terre: ASTM D 2487-85 D3282-83*
Contenuto d'Acqua	AT12AW	3	*ASTM D2166*
Limiti di Atterberg	AT12ALL/LP	4	*ASTM D4318-00*
Taglio Diretto	AT12ATD	5-6	*Raccomandazioni AGI 1997*
	Totale Pag.	6	

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
(dott. Valerio Vagni)

LABORATORIO TERRE E ROCCE Abruzzo Test SULMONA D.M. 07.10.14 N. 6571

ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale - 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

Certificato N°: 199	Committente: Glaexploring Srl	Consegna:	17/06/2022	Sondaggio:	1
		Apertura:	29/08/2022	Campione:	2
Data: 26/09/2022	Cantiere: Indagini geognostiche asservite al pozzo Santa Chiara	Inizio Prova:	29/08/2022	da mt:	9,50
	Comune di COLONNA (RM)	Fine Prova:	19/09/2022	a mt:	10,00

DESCRIZIONE CAMPIONE

Lunghezza: 35 cm. Diametro: 8,5 cm. Classe di Qualità: Non Dichiarata

Descrizione Macroscopica: Limo sabbioso - sabbia limosa di colore grigio olivastro (4/2 5Y) con venature di colore grigio scuro. Presenta clasti marnosi e frustoli vegetali.

CARATTERISTICHE FISICHE DEL CAMPIONE [1]

Peso Specifico [2]:	2,7	g/cm³	Limite del ritiro:	N.D.	%	Contenuto Naturale Acqua:	21,81	%
Densità Naturale:	1,807	g/cm³	Limite Liquido:	N.D.	%	Grado di Saturazione:	71,76	%
Densità secca:	1,483	g/cm³	Limite Plastico:	N.D.	%	Indice di Attività:	-	
Densità satura:	1,934	g/cm³	Porosità:	45,10	%	Indice dei Vuoti:	0,821	

Indice di Plasticità IP:	-
Indice di Consistenza IC:	<= 0
Grado di Plasticità:	-
Stato:	
Class. Granulometrica (M.I.T.)	
Class. Granulometrica (USCS):	

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

cm.	Resistenza Pocket Kg/cm²	Resist. Vanetest Kg/cm²	Consistenza	Collocazione Prove Meccaniche
10	-			
20	-			Taglio Diretto
30	-			Taglio Diretto
40	-			
50	-			
60	-			

(1) Valori Medi dei dati ottenuti nelle singoli prove.
(2) Ove non specificatamente richiesto, viene assegnato un peso specifico di 2,7 g/cm³.

LABORATORIO TERRE E ROCCE Abruzzo Test SULMONA D.M. 07.10.14 N. 6571

ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale - 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

Certificato N°: 199	Committente: Glaexploring Srl	Consegna:	17/06/2022	Sondaggio:	1
		Apertura:	29/08/2022	Campione:	2
Data: 26/09/2022	Cantiere: Indagini geognostiche asservite al pozzo Santa Chiara Comune di COLONNA (RM)	Inizio Prova:	29/08/2022	da mt:	9,50
		Fine Prova:	19/09/2022	a mt:	10,00

CONTENUTO NATURALE D'ACQUA

ASTM D2166

Contenuto d'Acqua Medio (%): 21,81

Passo N°	Contenitore N°	Tara (g)	Peso Lordo Umido (g)	Peso Lordo Secco (g)	Contenuto Acqua (%)
1	17	22,41	60,71	53,81	21,97
2	30	33,71	64,74	59,22	21,64

LABORATORIO TERRE E ROCCE Abruzzo Test SULMONA D.M. 07.10.14 N. 6571

ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale - 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

Certificato N°: 199	Committente: Glaexploring Srl	Consegna:	17/06/2022	Sondaggio:	1
		Apertura:	29/08/2022	Campione:	2
Data: 26/09/2022	Cantiere: Indagini geognostiche asservite al pozzo Santa Chiara	Inizio Prova:	29/08/2022	da mt:	9,50
	Comune di COLONNA (RM)	Fine Prova:	19/09/2022	a mt:	10,00

LIMITI DI ATTERBERG

ASTM D4318-00

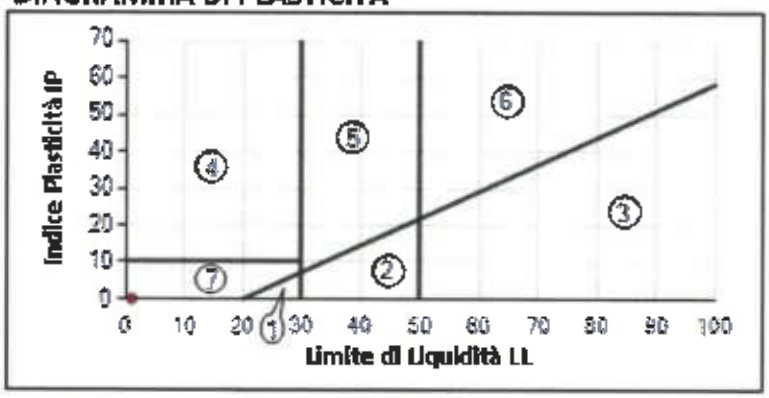
DATI SPERIMENTALI E RISULTATI (Limite Liquido)

PLU (g)	PLS (g)	TARA (g)	UMIDITA' (%)	N.COLPI

DATI SPERIMENTALI E RISULTATI (Limite Plasico)

PLU (g)	PLS (g)	TARA (g)	UMIDITA' (%)

DIAGRAMMA DI PLASTICITA'



1. Limi Inorganici di Bassa Compressibilità
2. Limi Inorganici di Media Compressibilità
3. Limi Inorganici di Alta Compressibilità e Argille Organiche
4. Argille Inorganiche di Bassa Plasticità
5. Argille Inorganiche di Media Plasticità
6. Argille Inorganiche di Alta Plasticità
7. Terreni Incoerenti

Limite di Liquidità	(LL)	N.D. (*)	%	Indice di Plasticità	(IP)	N.D. (*)
Limite di Plasticità	(LP)	N.D. (*)	%	Indice di Consistenza	(IC)	N.D. (*)
Limite del Ritiro	(LR)	N.D. (*)	%	Attività [IP / (% Peso Argilla)]		N.D. (*)
Carta di Plasticità di Casagrande:		N.D. (*)				

(*) Non Determinabile

LABORATORIO TERRE E ROCCE Abruzzo Test SULMONA D.M. 06.06.14 N. 6571

ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale - 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

Certificato N°: 199	Committente: Glaexploring Srl	Consegna:	17/06/2022	Sondaggio:	1
		Apertura:	29/08/2022	Campione:	2
Data: 26/09/2022	Cantiere: Indagini geognostiche asservite al pozzo Santa Chiara	Inizio Prova:	29/08/2022	da mt:	9,50
	Comune di COLONNA (RM)	Fine Prova:	19/09/2022	a mt:	10,00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Raccomandazioni AGI 1997

CONDIZIONI INIZIALI E DATI RELATIVI ALLA CONSOLIDAZIONE ED ALLA FASE DI ROTTURA

Prov.	Altezza	Sezione	Cont. Acq.	Densita Nat.	CONSOLIDAZIONE 24H		Velocità Def.	CARATTERISTICHE A ROTTURA			
N.	H (cm)	A (cm²)	W (%)	Yn (g/cm³)	σv (Kpa)	δh (mm)	(micron/min)	σv (Kpa)	e (mm)	τ (Kpa)	δT (h)
1	1,74	36,12	0,00	1,787	100,00	0,46	4,00	100,00	2,83	59,84	11,80
2	1,74	36,12	0,00	1,824	200,00	0,78	4,00	200,00	1,88	100,69	7,85
3	1,74	36,12	0,00	1,809	300,00	1,03	4,00	300,00	2,40	165,40	10,01

DIAGRAMMA SFORZO DI TAGLIO - SCORRIMENTO ORIZZONTALE

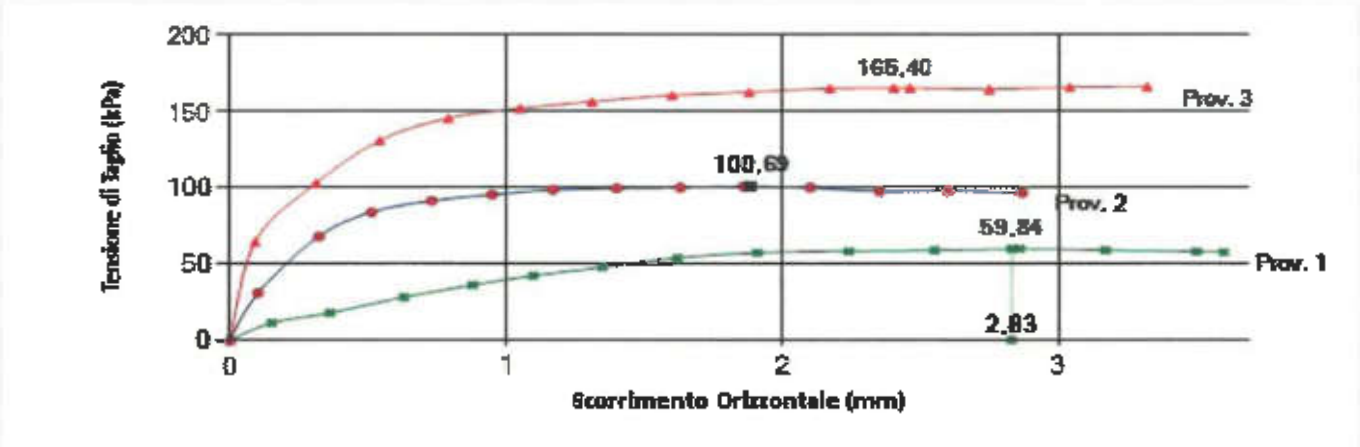
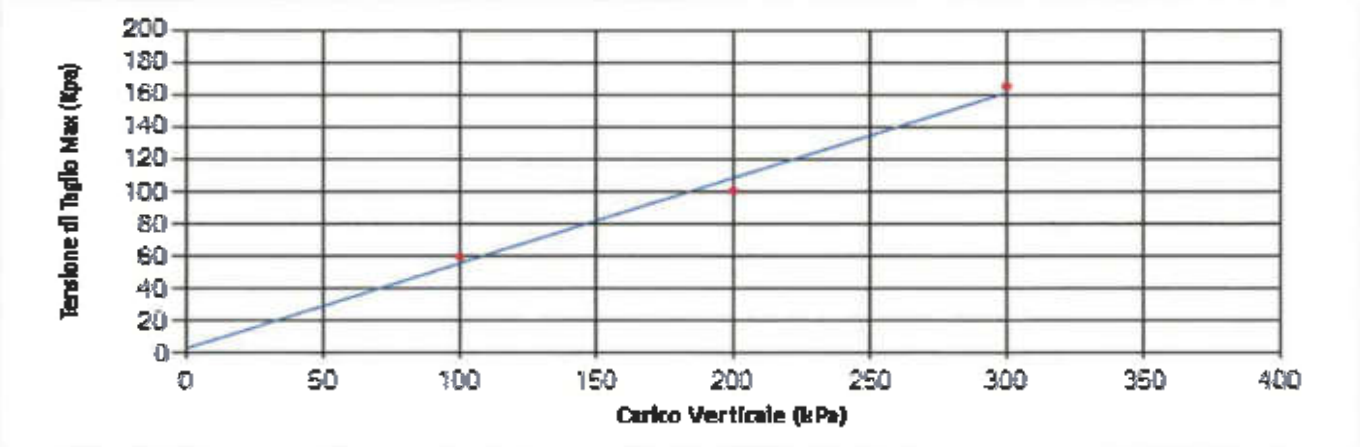


DIAGRAMMA SFORZO DI TAGLIO - CARICO VERTICALE



Angolo Attrito: 27,82 °

Coesione Efficace: 3,09 Kpa

I valori di prova indicati derivano dall'applicazione di calcoli matematici eseguiti automaticamente dal software di elaborazione delle misure sperimentali

ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale - 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

Certificato N°: 199	Committente: Glaexploring Srl	Consegna:	17/06/2022	Sondaggio:	1
		Apertura:	29/08/2022	Campione:	2
Data: 26/09/2022	Cantiere: Indagini geognostiche asservite al pozzo Santa Chiara Comune di COLONNA (RM)	Inizio Prova:	29/08/2022	da mt:	9,50
		Fine Prova:	19/09/2022	a mt:	10,00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Raccomandazioni AGI 1997

DATI SPERIMENTALI

PROVINO 1

Tempo δT (h)	Deformaz. Verticale δh (mm)	Deformaz. Orizzont. ε (mm)	Sforzo di Taglio τ (Kpa)
0,00	0,46	0	0,000
1,00	-	0,15	11,224
2,00	-	0,36	17,757
3,00	-	0,63	27,998
4,00	-	0,88	36,041
5,00	-	1,1	42,162
6,00	-	1,35	47,805
7,00	-	1,62	53,807
8,00	-	1,91	57,168
9,00	-	2,24	58,248
10,00	-	2,55	58,848
11,00	-	2,86	59,809
12,00	-	3,17	58,848
13,00	-	3,5	57,888
13,32	-	3,6	57,409

PROVINO 2

Tempo δT (h)	Deformaz. Verticale δh (mm)	Deformaz. Orizzont. ε (mm)	Sforzo di Taglio τ (Kpa)
0,00	0,78	0	0,000
1,00	-	0,1	30,808
2,00	-	0,32	67,951
3,00	-	0,51	83,740
4,00	-	0,73	91,287
5,00	-	0,95	95,368
6,00	-	1,17	98,491
7,00	-	1,4	99,449
8,00	-	1,63	99,931
9,00	-	1,86	100,651
10,00	-	2,1	99,931
11,00	-	2,35	97,530
12,00	-	2,6	98,009
13,00	-	2,87	96,570

PROVINO 3

Tempo δT (h)	Deformaz. Verticale δh (mm)	Deformaz. Orizzont. ε (mm)	Sforzo di Taglio τ (Kpa)
0,00	1,03	0	0,000
1,00	-	0,09	64,599
2,00	-	0,31	103,004
3,00	-	0,54	130,842
4,00	-	0,79	145,449
5,00	-	1,05	151,744
6,00	-	1,31	156,146
7,00	-	1,6	160,548
8,00	-	1,88	162,550
9,00	-	2,17	164,950
10,00	-	2,46	165,349
11,00	-	2,75	164,549
12,00	-	3,04	165,750
13,00	-	3,32	166,152

LABORATORIO TERRE E ROCCE Abruzzo Test SULMONA D.M. 07.10.14 N. 6571

ABRUZZO TEST S.R.L.
Sede Legale: Via C. De Titta, 12 - 65129 PESCARA - Tel. 085.4511100
Sede Operativa: S.S. 17 - Zona Industriale - 67039 SULMONA (AQ) - Tel. 0864.251475
C.F. e P.IVA 01066970680

LABORATORIO MATERIALI DA COSTRUZIONE
LABORATORIO TERRE E ROCCE
INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

GEOPROVE S.R.L.

COMUNE DI
MONTE COMPATRI E COLONNA
(PROVINCIA DI ROMA)

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE FINALIZZATE ALLA PROGETTAZIONE DELL' ACQUEDOTTO DOGANELLA

(O.D.S. N. 22/23)

****

Ruffano, Febbraio 2023

IL DIRETTORE TECNICO
Dott. Geol. Marcello DE DONATIS

Indice

Indice 1

Premessa *2*

Inquadramento geografico *3*

Indagine geognostica *4*

Sondaggio geognostico a carotaggio continuo *5*

Standard Penetration Test (Spt) *10*

Piezometro *11*

Prelievo dei campioni e analisi di laboratorio *14*

Prove penetrometriche dinamiche continue (DPSH) *18*

Indagine sismiche con metodologia MASW *24*

Profili sismici a rifrazione con ricostruzione tomografica *33*

Indagine sismica con metodologia HVSR *39*

ALLEGATI: *45*

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750 • Capitale Sociale € 500.000,00 • scrizione alla CCIAA 259978
Sede Legale e Laboratorio Terra e Roccia Via 1 Giugno 2, 73049 Ruffano (LE) • Laboratorio Materiali Via Benedetto Facone snc ZI 73049 Ruffano (LE) •
Unità Locale Via Olanda, Zona Industriale Surbo, 73010 Lecce (LE) • Telefono e Fax 0833 692992 • Cel. 329 359 9093 www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Premessa

Su incarico di ACEA ENGINEERING LABORATORIES RESEARCH INNOVATION SPA, la Società Geoprove Srl di Ruffano, ha eseguito, in seno al Contratto Quadro n. 3900014314, delle indagini geognostiche e geofisiche finalizzate alla progettazione dell' Acquedotto Doganella nel Comune di Monte Compatri e Colonna (RM) – OdS n. 22/23.

Le indagini, eseguite ai sensi del D.M. 17.01.2018, ai fini della caratterizzazione geologica, geotecnica del terreno fondale sono consistite, come richiesto dalla committenza, in:

- n. 1 sondaggio geognostico spinto fino ad una profondità di 20.0;
- n. 5 SPT (Standard Penetration Test) in foro di sondaggio;
- prelievo di n. 5 campioni indisturbati ed analisi di laboratorio geotecnico;
- istallazione di n.1 piezometro di tipo a tubo aperto nel foro di sondaggio;
- n. 5 prove penetrometriche dinamiche DPSH;
- n. 2 profili sismici Masw;
- n. 2 profili sismici a rifrazione;
- n. 1 indagine sismica HVSR.

Al termine delle indagini è stata redatta le presente relazione geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.01.2018.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750 • Capitale Sociale € 500.000,00 • scrizione alla CCIAA 259978
Sede Legale e Laboratorio Terra e Roccia Via 1 Giugno 2, 73049 Ruffano (LE) • Laboratorio Materiali Via Benedetto Facone snc ZI 73049 Ruffano (LE) •
Unità Locale Via Olanda, Zona Industriale Surbo, 73010 Lecce (LE) • Telefono e Fax 0833 692992 • Cel. 329 359 9093 www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Inquadramento geografico

L'aree indagate sono ubicate nei Comuni di Monte Compatri e Colonna (RM) e sono individuate dalle seguenti coordinate:

Colonna:

Latitudine: 41°49'56.97"N

Longitudine: 12°44'53.64"E

Monte Compatri:

Latitudine: 41°52'19.47"N

Longitudine: 12°44'24.06"E

Area di indagine, immagine da Google Earth ®

Indagine geognostica

L' indagine geognostica è stata eseguita dalla Ditta Geoprove, in conformità alle direttive del **DM 17/01/2018** recante "Norme Tecniche per le costruzioni" ed è stata finalizzata alla raccolta di dati qualitativi e quantitativi occorrenti per la previsione del comportamento dell'opera in rapporto alle caratteristiche del terreno.

Sono stati pertanto eseguiti, come richiesto dalla committenza:

- n. 1 sondaggio geognostico spinto fino ad una profondità di 20.0;
- n. 5 SPT (Standard Penetration Test) in foro di sondaggio;
- prelievo di n. 5 campioni indisturbati ed analisi di laboratorio geotecnico;
- istallazione di n.1 piezometro di tipo a tubo aperto nel foro di sondaggio;
- n. 5 prove penetrometriche dinamiche DPSH;
- n. 2 profili sismici Masw;
- n. 2 profili sismici a rifrazione;
- n. 1 indagine sismica HVSR.

Sondaggio geognostico a carotaggio continuo

Il giorno 11.10.2023 è stato eseguito un sondaggio geognostico della profondità di 20.0 mt dal p.c..

La terebrazione è stata eseguita impiegando una trivella della Comacchio mod. GEO 405, realizzando un foro di sondaggio del diametro di ϕ 101 mm, consentendo di ricostruire l'intera stratigrafia del sottosuolo.

In corrispondenza di due sondaggi, il metodo utilizzato per l'esecuzione del perforo è stato quello a rotazione con carotaggio continuo. In pratica la macchina perforatrice è dotata di una testa idraulica che fornisce alla batteria d'aste di perforazione un movimento rotatorio. La spinta necessaria all'attrezzo di perforazione per "tagliare" il terreno è invece prodotto da pistoni idraulici.

Il funzionamento consiste nell'infiggere nel terreno un tubo di acciaio (carotiere), munito al fondo di un utensile tagliente (corona), collegato in superficie mediante una batteria di aste cave; l'infissione avviene ruotando e spingendo contemporaneamente le aste in superficie mediante sonda. Il metodo di avanzamento è manuale, dato che la pressione è applicata e regolata dall'operatore.

Con la perforazione a rotazione si può attraversare qualsiasi tipo di terreno, con diametro di perforazione di 101 mm.

Il tipo di utensile di perforazione più comunemente impiegato consiste in un carotiere la cui estremità inferiore è costituita da una corona tagliente provvista di elementi di metallo duro diamantato.

Durante la perforazione, per evitare fenomeni franosi del materiale da non poter eseguire una dettagliata ricostruzione stratigrafica del terreno investigato, il foro è stato rivestito con tubi sottili in acciaio, in giunti

filettati, che dopo l'esecuzione del sondaggio sono stati rimossi. Il rivestimento è stato inserito anche nel sondaggio realizzato a distruzione di nucleo.

Per quanto riguarda i sondaggi eseguiti a carotaggio continuo, il materiale perforato è stato conservato in cassette catalogatrici, in PVC della lunghezza di un metro, munite di scomparti divisori (1 m di lunghezza con 5 comparti) e di coperchio. Sulle cassette è stato indicato il numero di sondaggio e le profondità.

Le cassette sono state documentate da foto allegate alla presente relazione.

Di seguito si allegano: la restituzione grafica della stratigrafia, nella quale sono riportate anche le profondità di prelievo dei campioni sottoposti ad analisi di laboratorio ed SPT; si allegano inoltre la documentazione fotografica ed una planimetria con l'ubicazione.

UBICAZIONE SONDAGGIO GEOGNOSTICO A CAROTAGGIO CONTINUO

LEGENDA

S1 (Pz) Sondaggio geognostico a carotaggio continuo

SONDAGGIO S1(PZ)

Committente: ACEA Elabori SpA	
Località: Monte Compatri	
Quota s.l.m.: 70 m s.l.m.	Data: 11/01/2023
Coordinate Lat/Long: 41°52'18.97''N, 12°44'22.51''E	

Caratteristiche generali e modalità di perforazione

Sonda perforatrice	Comacchio GEO 405
Diametro del foro	Ø 101
Profondità raggiunta	20.0 m
Inclinazione del foro di sondaggio	verticale
Tecnica di scavo	A rotazione a carotaggio continuo
Tubo di rivestimento	0.0 m - 20.0 m
Cassette catalogatrici	4

Esecuzione sondaggio geognostico a carotaggio continuo S1 (Pz)

Cassetta n. 1 (0.00 m - 5.00 m)

Cassetta n. 2 (5.00 m - 10.00 m)

Cassetta n. 3 (10.00 m - 15.00 m)

Cassetta n. 4 (15.00 m - 20.00 m)

Committente: Acea Elabori Spa	Sondaggio: S1
Riferimento: Acquedotto Doganella (Colonna - Monte Compatri)	Data: 11/01/2023
Coordinate: 41°52'18.97"N 12°44'22.51"E	Quota: 70 m. s.l.m
Perforazione: Sondaggio geognostico a carotaggio continuo	

SCALA 1 :105

LOG STRATIGRAFICO

prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE
1.0	1.0	Terreno di riporto costituito da sabbie e elementi calcarei
2.2	1.2	Piroclastite a granulometria sabbiosa fine argillosa di colore marroncino; deposito mediamente addensato
2.9	0.7	Strato litoide grigiastro (lava)
6.0	3.1	Piroclastite a granulometria sabbiosa grossolana di colore grigiastro debolmente addensata con intercalazioni di livelli di colate laviche
9.0	3.0	Piroclastite a granulometria sabbiosa limosa e argillosa di colore marroncino chiaro; deposito debolmente addensato
9.8	0.8	Tufo vulcanico di colore grigiastro mediamente cementato
20.0	10.2	Piroclastite a granulometria sabbiosa fine argillosa di colore marroncino chiaro debolmente addensata con intercalazioni di livelli mediamente cementati a granuolometria sabbiosa grossolana

Campioni		Standard Penetration Test m	S.P.T.	N
C1) Ind	< 2.60 2.80			
C2) Ind	< 3.00 3.30	3.3	19-50/3cm	Rif
C3) Ind	< 8.00 8.50	8.5	6-9-11	20
C4) Ind	< 11.00 11.50	11.5	7-9-13	22
		16.5	50/4cm	Rif
C5) Ind	< 18.00 18.50	18.5	11-13-15	28

Cass.: 1, 2, 3, 4

Standard Penetration Test (Spt)

Durante l'esecuzione del sondaggio sono state eseguite complessivamente cinque prove SPT (Standard Penetration Test).

La prova S.P.T. si effettua per intervalli di 45 cm, misurando il numero di colpi, sul fondo foro opportunamente pulito. Si tratta di una prova a percussione con un campionatore di forma e dimensioni standard (tipo Raymond), attraverso il quale, in base al numero dei colpi (N) necessari alla penetrazione di 45 cm, misurati separatamente in tre tratti di 15 cm ciascuno, è stato possibile valutare orientativamente lo stato di consistenza dei terreni.

La percussione avviene secondo le modalità contenute nella norma *ASTM n° D 1586/67*.

Complessivamente, durante la prova, il campionatore sarà infisso di 15+15+15=45cm. Si assume quale resistenza alla penetrazione il parametro: NSPT = N2 + N3.

Il valore di Nspt è dato dalla somma dei colpi misurati nel secondo e terzo tratto di 15 cm, quando il numero di colpi supera 50 la prova viene sospesa, rappresentando tale valore il rifiuto.

Per le prove è stato usato un campionatore di lunghezza 711 mm, diametro esterno di 50.8 mm, diametro interno 34.9 mm ed un dispositivo di guida e di sgancio automatico del maglio, di peso 63.5 kg, che ha assicurato una corsa a caduta libera di 0.76 mm.

I risultati delle prove eseguite si leggono sulla stratigrafia allegata.

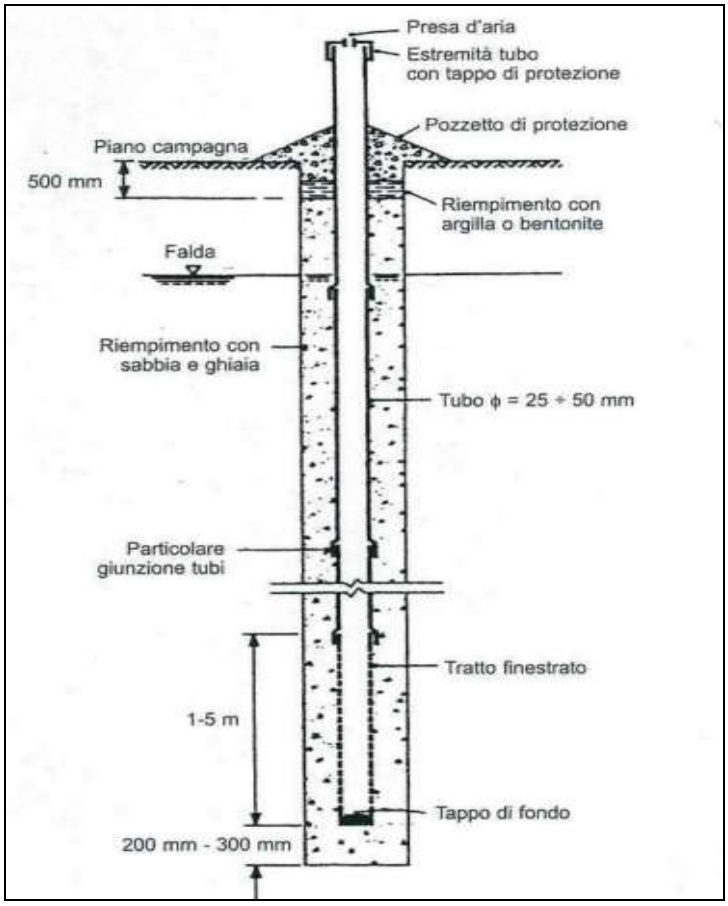
Piezometro

Dopo aver eseguito la perforazione, il perforo è stato successivamente attrezzato a piezometro per la misura della falda.

Per tali misure è necessaria una stabilizzazione di alcune ore, misurando la profondità a cui si stabilizza il livello dell'acqua nel foro.

La misura del livello piezometrico può essere acquisita mediante piezometri a tubo aperto, i quali sono costituiti da tubazioni metalliche o di materiale plastico, di diametro sufficiente per consentire il passaggio dello strumento di misura del livello dell'acqua.

Nella zona di misura la parete del tubo è finestrata ed è circondata da materiale filtrante.



Installazione del Piezometro nei fori di sondaggi

L'istallazione è avvenuta secondo le seguenti modalità:

1. lavaggio dell'interno del foro con abbondante acqua pulita prima dell'estrazione del rivestimento provvisorio;
2. introduzione del tubo piezometrico immorsandolo nel terreno di base, gettando poi nell'intercapedine tubo-rivestimento materiale granulare pulito (con diametro delle particelle compreso fra 2 e 4 mm) fino a risalire di 1 m dalla estremità superiore del tratto finestrato, estraendo progressivamente il rivestimento senza l'ausilio della rotazione;

3. riempimento del tratto superiore dell'intercapedine con materiale limo-argilloso o sabbioso;
4. protezione dell'estremità dei tubi;
5. inserimento del terminale piezometrico in un pozzetto, cementato nel terreno, con chiusura.

Terminata l'installazione del piezometro, è stata misurato il livello della falda.

Fase di istallazione del tubo piezometrico

Committente: Acea Elabori Spa	Sondaggio: S1
Riferimento: Acquedotto Doganella (Colonna - Monte Compatri)	Data: 11/01/2023
Coordinate: 41°52'18.97"N 12°44'22.51"E	Quota: 70 m. s.l.m
Perforazione: Sondaggio geognostico a carotaggio continuo	

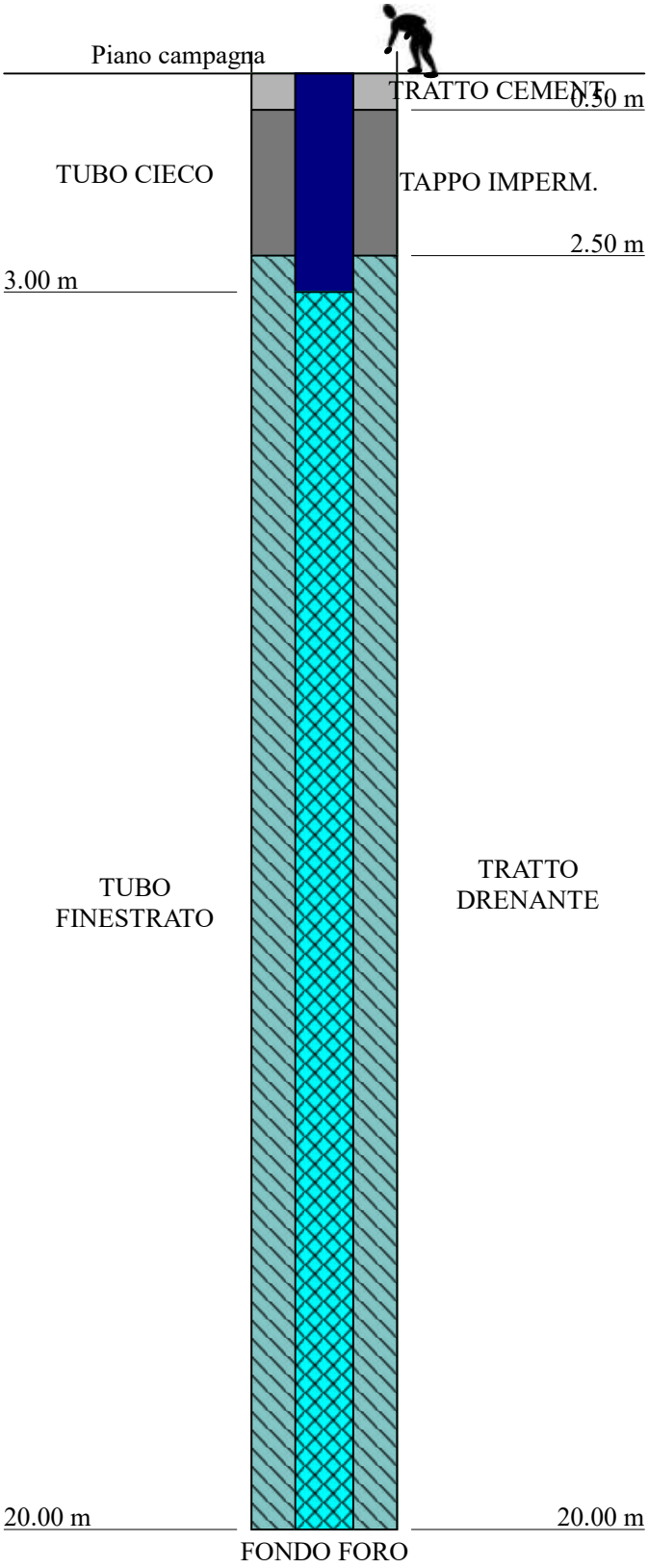
SCHEDA PIEZOMETRO

Tipo di piezometro	Tubo aperto
Denominazione	Pz1
Data di installazione	12/01/2023
Lunghezza del tubo (m)	20
Diametro del tubo (mm)	76
Tubo finestrato (m)	17
Tratto cementato (m)	0.5
Tappo impermeabile (m)	2
Tratto filtrante (m)	17.5
Tipo di filtro	Ghiaia 2-4 mm
Tipo di chiusino	Pozzetto carrabile
Spurgo eseguito	Si

RILIEVO DEL LIVELLO DELL'ACQUA

Data	Prof. (m)	Data	Prof. (m)
12/01/2023	2.37		

SCHEMA PIEZOMETRO



Prelievo dei campioni e analisi di laboratorio

Durante la perforazione del sondaggio geognostico a carotaggio continuo sono stati prelevati complessivamente 5 campioni; si tratta di campioni indisturbati, prelevati a diverse profondità.

Sui campioni è stata apposta un'etichetta con indicati cantiere, committente, designazione del sondaggio, numero campione, profondità di prelievo, data di prelievo.

I campioni dopo essere stati prelevati, sono stati sigillati e conservati in ambienti umidi, per evitare che venga espulsa l'acqua presente all'interno del campione.

I campioni sono poi stati portati in laboratorio e conservati in celle, che consentono di mantenere una temperatura di 20 °C ed una umidità del 90%.

I campioni sono stati identificati con due codici rappresentativi del sondaggio e del campione.

Sui 4 campioni di terra sono state ricavate le proprietà indice e le proprietà fisiche, peso di volume, contenuto d'acqua, grado di saturazione, peso specifico, porosità, indice dei vuoti ecc; sono inoltre state eseguite le analisi granulometriche e determinati i limiti di Atterberg (liquido, plastico e di ritiro).

Sui campioni sono inoltre state eseguite prove di resistenza al taglio e di resistenza a compressione ad espansione laterale libera e prove edometriche.

Sul campione di roccia è stata eseguita una prova compressione uni assiale.

Per i campioni è stato realizzato un quadro riassuntivo delle Prove Geotecniche di Laboratorio.

Proprietà fisiche

Sui 4 campioni di terra sono state ricavate le proprietà fisiche, peso di volume, contenuto d'acqua, grado di saturazione, peso specifico, porosità, indice dei vuoti ecc., di cui si allega prospetto con le risultanze.

Riferimento			Caratteristiche fisiche							
Sond. n°	Camp. n°	Profondità m	W %	γ kN/m³	γsec kN/m³	γsat kN/m³	γs kN/m³	Indice vuoti	Poros. %	Sat. %
S1	C2	3.00 - 3.30	15.7	21.0	18.2	21.5	27.5	0.52	34.1	85.5
S1	C3	8.00 - 8.50	15.3	20.2	17.5	20.5	25.1	0.44	30.3	89.9
S1	C4	11.00 - 11.50	25.6	16.1	12.8	17.6	25.1	0.95	48.8	68.6
S1	C5	18.00 - 18.50	29.7	16.3	12.6	17.4	24.6	0.96	49.0	77.7

Analisi granulometriche

L'analisi granulometrica serve ad individuare la costituzione fisica del terreno. In laboratorio si ricorre generalmente a due metodologie:

- ✓ vagliatura attraverso una serie di setacci di apertura via via decrescente;
- ✓ sedimentazione per la frazione fine passante al setaccio n°200 con apertura 0.075 mm.

Si determinano le percentuali in peso di ciascuna classe granulometrica e si rappresentano i dati su un diagramma semilogaritmico: % passante- log Diametro, per ottenere la curva granulometrica dalla quale si ricava la classificazione del terreno in esame.

Si rimanda ad i certificati allegati, dove si può leggere una stima delle percentuali delle varie classi granulometriche.

Limiti di Atterberg

I limiti di Atterberg sono stati eseguiti sui quattro campioni di terra; sono stati eseguiti per determinare il limite di liquidità, il limite di plasticità, il limite di ritiro, l'indice di plasticità e l'indice di consistenza. Attraverso l'analisi statistica, inseriti nell'Abaco di Plasticità di Casagrande, si può osservare graficamente in quale campo ricadono.

Le determinazioni fatte hanno portato ad osservare che i campioni ricadono in CI e MI o OI.

C - Argille inorganiche M - Limi inorganici O - Argille e limi inorganici	L - Bassa compressibilità I - Media compressibilità H - Alta compressibilità

Per le esatte percentuali dei limiti di consistenza si rimanda ad i certificati allegati.

Edometrica

Le prove hanno permesso di ottenere i moduli edometrici per diversi carichi di applicazione, in particolare a 24.5 kPa, a 49.0 kPa, a 98.0 kPa, a 196.0 kPa, a 392.0 kPa, a 784.0 kPa e a 1568 kPa.

Per una lettura completa delle misure effettuate si rimanda al certificato allegato.

Prove di taglio

Dal punto di vista delle prove di resistenza meccanica al fine di determinare angolo di attrito e coesione sono state condotte le prove di taglio diretto.

Esse hanno fornito i seguenti risultati:

Riferimento			Taglio diretto	
Sond. n°	Camp. n°	Profondità m	ϕ °	c kPa
S1	C2	3.00 - 3.30	31.4	3.9
S1	C3	8.00 - 8.50	32.2	6.8
S1	C4	11.00 - 11.50	27.4	7.3
S1	C5	18.00 - 18.50	33.6	7.7

Prova di compressione ELL

La Prova di compressione ad espansione laterale libera ha permesso di stimare il valore della resistenza a compressione.

I risultati sono i seguenti:

Riferimento			Compr.
Sond. n°	Camp. n°	Profondità m	σ kPa
S1	C2	3.00 - 3.30	18.1
S1	C3	8.00 - 8.50	58.5
S1	C4	11.00 - 11.50	38.9
S1	C5	18.00 - 18.50	60.2

Prove penetrometriche dinamiche continue (DPSH)

Nell'area in esame sono state eseguite 5 prove DPSH della profondità variabile da 0.60 a 6.00 metri in corrispondenza delle quali si è avuto il rifiuto strumentale.

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

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.

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) d

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella più 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)

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof. max indagine battente
Leggero	DPL (Light)	M > 10	8m
Medio	DPM (Medium)	10 < M < 40	20-25 m
Pesante	DPH (Heavy)	40 < M < 60	25 m
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	M ³ 60	25 m

Nella presente indagine è stato utilizzato un penetrometro DPSH mod. TG 63-200 PAGANI

I dati penetrometrici sono stati successivamente elaborati secondo le più assodate metodologie in uso, arrivando ad associare a ciascuna prova una colonna geotecnica interpretativa (vedi grafico allegato).

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

DPSH3
DPSH4
DPSH2
DPSH1
DPSH5
0 5 20 40 m
UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE - DPSH
LEGENDA
DPSH
Prova penetrometrica - DPSH

Esecuzione prova penetrometrica DPSH 1

Esecuzione prova penetrometrica DPSH 2

Esecuzione prova penetrometrica DPSH 3

Esecuzione prova penetrometrica DPSH 4

Esecuzione prova penetrometrica DPSH 5

La successione litostratigrafica ricostruita con le prove è la seguente:

Prova penetrometrica DPSH 1:

- da 0.00 m a 3.40 m Sabbie limose con livelli concrezionati
- da 3.40 m a 3.60 m Substrato litoide

Prova penetrometrica DPSH 2:

- da 0.00 m a 5.80 m Sabbie limose con livelli concrezionati
- da 5.80 m a 6.00 m Substrato litoide

Prova penetrometrica DPSH 3:

- da 0.00 m a 0.40 m Sabbie limose
- da 0.40 m a 0.60 m Substrato litoide

Prova penetrometrica DPSH 4:

- da 0.00 m a 0.40 m Sabbie limose
- da 0.40 m a 0.60 m Substrato litoide

Prova penetrometrica DPSH 5:

- da 0.00 m a 0.40 m Sabbie limose
- da 0.40 m a 0.60 m Substrato litoide

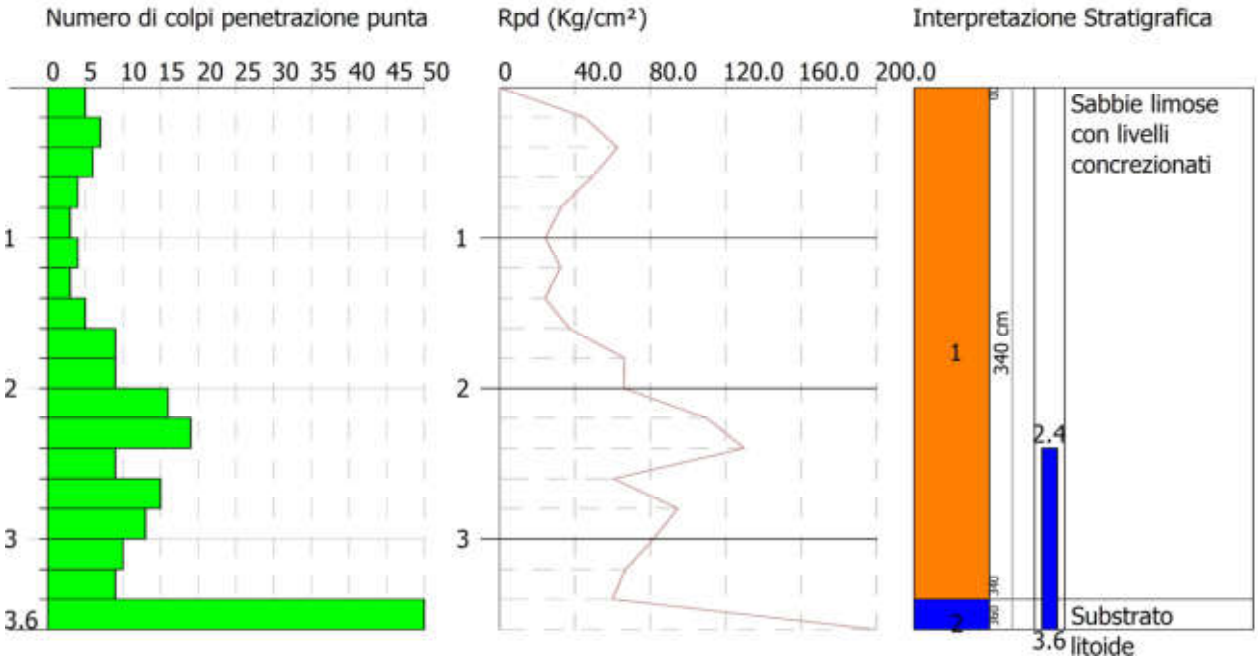
Si allegano tabulati con numero di colpi effettivi (N20) in funzione della profondità; l'elaborazione con programma di calcolo "Dynamic Probing"della GeoStru Software s.a.s. è allegato in calce.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH 1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Acea Elabori SpA
Descrizione: Acquedotto Doganella
Localita': Colonna - Monte Compatri

11/01/2023

Scala 1:50

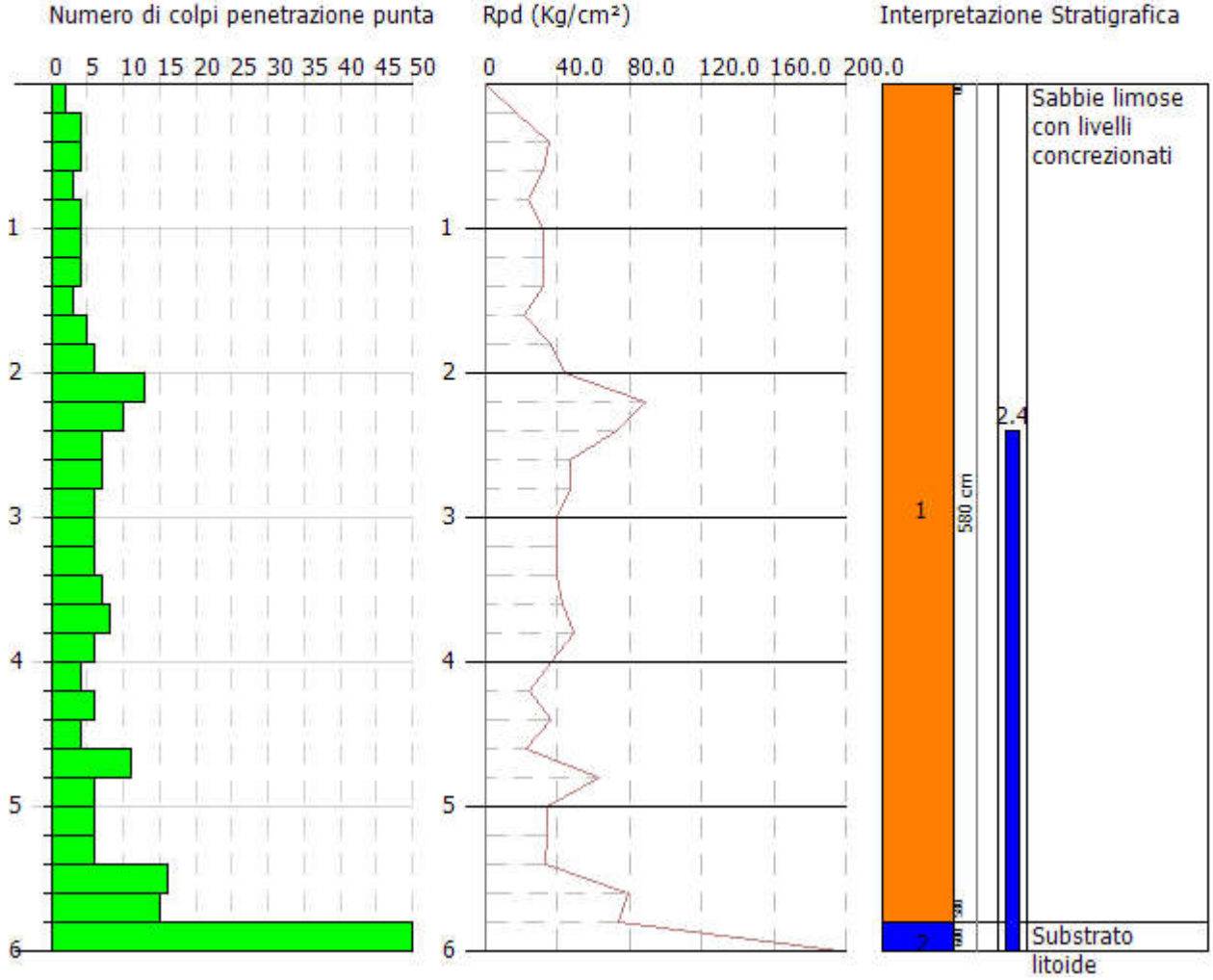


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH 2
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Acea Elabori SpA
Descrizione: Acquedotto Doganella
Localita': Colonna - Monte Compatri

11/01/2023

Scala 1:50

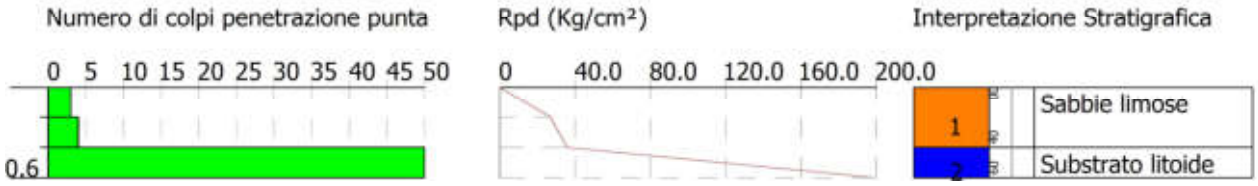


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH 3
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Acea Elabori SpA
Descrizione: Acquedotto Doganella
Localita': Colonna - Monte Compatri

11/01/2023

Scala 1:50

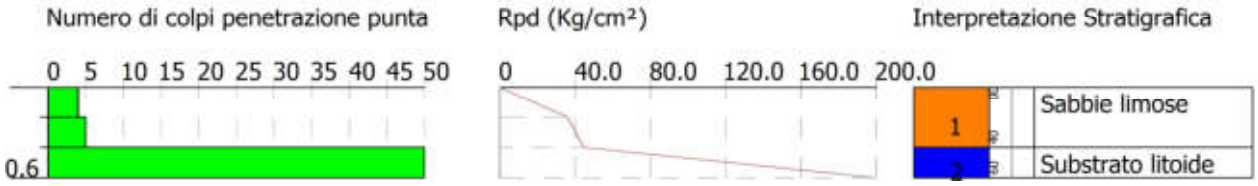


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH 4
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Acea Elabori SpA
Descrizione: Acquedotto Doganella
Localita': Colonna - Monte Compatri

11/01/2023

Scala 1:50

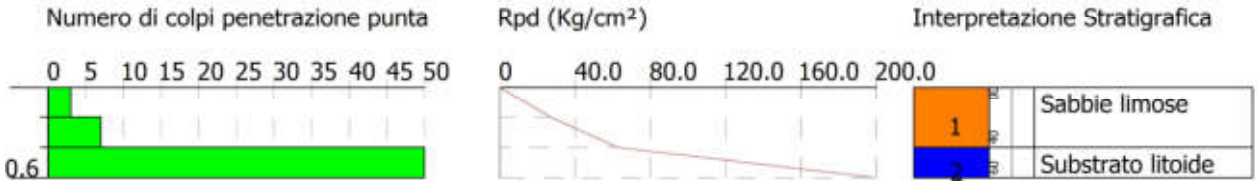


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH 5
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Acea Elabori SpA
Descrizione: Acquedotto Doganella
Localita': Colonna - Monte Compatri

11/01/2023

Scala 1:50



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Acea Elabori SpA Descrizione: Acquedotto Doganella Localita': Colonna - Monte Compatri	

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	0.63 Kg
Diametro punta conica	51.00 mm
Area di base punta	20.43 cm²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.31 Kg/m
Profondita' giunzione prima asta	0.40 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1.47
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

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

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

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

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

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

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

penetrometri in uso in Italia

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

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

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H=0.20 m, avanzamento δ = 10 cm, punta conica (α= 60-90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm^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 δ=30 cm, punta conica (α = 60°), diametro D = 50.8 mm, area base cono A=20.27 cm^2 rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

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

Correlazione con Nspt

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

$$NSPT = \beta_t \cdot N$$

Dove:

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

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

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui

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

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

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

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

Calcolo di $(N_1)_{60}$

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

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

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

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

Metodologia di Elaborazione.

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

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

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

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

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,

- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$Nspt,_k = Nspt,_{medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{Nspt})$$

dove σ_{Nspt} è la deviazione standard di Nspt

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

$$Nspt,_k = Nspt,_{medio} - 1.645 \cdot \left(\sigma_{Nspt}\right) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

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

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati Nspt 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 Nspt dello strato considerato risulta inferiore a Nspt critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione Nspt in presenza di falda

$$Nspt\ corretto = 15 + 0.5 \cdot \left(Nspt - 15\right)$$

Nspt <u>è il valore medio nello strato</u>

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) σ >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) σ >15 t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE 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) s>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 τ 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 *Vs (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 *(Ko)*

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

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico *(Qc)*

- Robertson (1983) - Qc

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 Nspt < 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 , (Cu-Nspt-grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con Nc = 20 e Qc/Nspt = 2.
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (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** (Qc)*

- Robertson (1983) - Qc

***Modulo Edometrico-Confinato** (Mo)*

- 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 1

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 11/01/2023
Profondita' prova 3.60 mt
Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	5	0.855	44.90	52.54	2.24	2.63
0.40	7	0.851	62.58	73.55	3.13	3.68
0.60	6	0.847	49.01	57.86	2.45	2.89
0.80	4	0.843	32.53	38.57	1.63	1.93
1.00	3	0.840	24.29	28.93	1.21	1.45
1.20	4	0.836	32.26	38.57	1.61	1.93
1.40	3	0.833	24.10	28.93	1.20	1.45
1.60	5	0.830	36.96	44.55	1.85	2.23
1.80	9	0.826	66.27	80.20	3.31	4.01
2.00	9	0.823	66.02	80.20	3.30	4.01
2.20	16	0.770	109.80	142.57	5.49	7.13
2.40	19	0.767	129.88	169.31	6.49	8.47
2.60	9	0.814	60.69	74.54	3.03	3.73
2.80	15	0.761	94.59	124.23	4.73	6.21
3.00	13	0.759	81.68	107.66	4.08	5.38
3.20	10	0.806	66.75	82.82	3.34	4.14
3.40	9	0.803	59.88	74.54	2.99	3.73
3.60	50	0.601	232.40	386.78	11.62	19.34

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m³)	Peso unita' di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
3.4	8.59	76.45	Incoerente	0	1.81	1.93	0.31	1.47	12.63	Sabbie limose con livelli concrezionati
3.6	50	386.78	Incoerente	0	2.22	2.13	0.54	1.47	73.5	Substrato litoide

Liquefazione Metodo di Shi-Ming (1982)

Strato	VII Nspt critico	VIII Nspt critico	IX Nspt critico	X Nspt critico	Condizione
Strato 1	**6.6**	**11**	**17.6**	**26.4**	**Liquefazione possibile al IX° Mercalli**
Strato 2	**6.69**	**11.15**	**17.84**	**26.76**	

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH 1

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
Strato (1) Sabbie limose con livelli concrezionati	12.63	0.00-3.40	12.63	Meyerhof 1957	74.35
Strato (2) Substrato litoide	73.50	3.40-3.60	44.25	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Sabbie limose con livelli concrezionati	12.63	0.00-3.40	12.63	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	28.76
Strato (2) Substrato litoide	73.50	3.40-3.60	44.25	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	40.76

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato (1) Sabbie limose con livelli concrezionati	12.63	0.00-3.40	12.63	Schultze-Menzenbach Sabbia media	59.44
Strato (2) Substrato litoide	73.50	3.40-3.60	44.25	Schultze-Menzenbach Sabbia media	201.73

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato (1) Sabbie limose con livelli concrezionati	12.63	0.00-3.40	12.63	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	94.33
Strato (2) Substrato litoide	73.50	3.40-3.60	44.25	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	235.35

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Sabbie limose con livelli concrezionati	12.63	0.00-3.40	12.63	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (2) Substrato litoide	73.50	3.40-3.60	44.25	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m³)
Strato (1) Sabbie limose con livelli concrezionati	12.63	0.00-3.40	12.63	Terzaghi-Peck 1948	1.51
Strato (2) Substrato litoide	73.50	3.40-3.60	44.25	Terzaghi-Peck 1948	1.81

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m³)
Strato (1) Sabbie limose con livelli concrezionati	12.63	0.00-3.40	12.63	Terzaghi-Peck 1948	1.94
Strato (2) Substrato litoide	73.50	3.40-3.60	44.25	Terzaghi-Peck 1948	2.13

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Sabbie limose con livelli concrezionati	12.63	0.00-3.40	12.63	(A.G.I.)	0.33
Strato (2) Substrato litoide	73.50	3.40-3.60	44.25	(A.G.I.)	0.27

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato (1) Sabbie limose con livelli concrezionati	12.63	0.00-3.40	12.63	Ohsaki (Sabbie pulite)	705.07
Strato (2) Substrato litoide	73.50	3.40-3.60	44.25	Ohsaki (Sabbie pulite)	2291.25

Velocita' onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
Strato (1) Sabbie limose con livelli concrezionati	12.63	0.00-3.40	12.63	Ohta & Goto (1978) Limi	117.53
Strato (2) Substrato litoide	73.50	3.40-3.60	44.25	Ohta & Goto (1978) Limi	167.83

Coefficiente spinta a Riposo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1) Sabbie limose con livelli concrezionati	12.63	0.00-3.40	12.63	Navfac 1971-1982	2.65
Strato (2) Substrato litoide	73.50	3.40-3.60	44.25	Navfac 1971-1982	7.42

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato (1) Sabbie limose con livelli concrezionati	12.63	0.00-3.40	12.63	Robertson 1983	25.26
Strato (2) Substrato litoide	73.50	3.40-3.60	44.25	Robertson 1983	88.50

PROVA ...DPSH 2

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 11/01/2023
Profondita' prova 6.00 mt
Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	2	0.855	17.96	21.01	0.90	1.05
0.40	4	0.851	35.76	42.03	1.79	2.10
0.60	4	0.847	32.67	38.57	1.63	1.93
0.80	3	0.843	24.40	28.93	1.22	1.45
1.00	4	0.840	32.39	38.57	1.62	1.93
1.20	4	0.836	32.26	38.57	1.61	1.93
1.40	4	0.833	32.13	38.57	1.61	1.93
1.60	3	0.830	22.18	26.73	1.11	1.34
1.80	5	0.826	36.82	44.55	1.84	2.23
2.00	6	0.823	44.01	53.47	2.20	2.67
2.20	13	0.770	89.21	115.84	4.46	5.79
2.40	10	0.817	72.81	89.11	3.64	4.46
2.60	7	0.814	47.20	57.97	2.36	2.90
2.80	7	0.811	47.04	57.97	2.35	2.90
3.00	6	0.809	40.18	49.69	2.01	2.48
3.20	6	0.806	40.05	49.69	2.00	2.48
3.40	6	0.803	39.92	49.69	2.00	2.48
3.60	7	0.801	43.37	54.15	2.17	2.71
3.80	8	0.798	49.41	61.88	2.47	3.09
4.00	6	0.796	36.95	46.41	1.85	2.32
4.20	4	0.794	24.56	30.94	1.23	1.55
4.40	6	0.791	36.73	46.41	1.84	2.32
4.60	4	0.789	22.91	29.03	1.15	1.45
4.80	11	0.787	62.83	79.83	3.14	3.99
5.00	6	0.785	34.18	43.54	1.71	2.18
5.20	6	0.783	34.09	43.54	1.70	2.18
5.40	6	0.781	34.01	43.54	1.70	2.18
5.60	16	0.729	79.73	109.35	3.99	5.47
5.80	15	0.727	74.55	102.51	3.73	5.13
6.00	50	0.575	196.64	341.71	9.83	17.09

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m³)	Peso unita' di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
5.8	6.52	52.83	Incoerente	0	1.72	1.92	0.46	1.47	9.58	Sabbie limose con livelli concrezionati
6	50	341.71	Incoerente	0	2.46	2.2	1.09	1.47	73.5	Substrato litoide

Liquefazione Metodo di Shi-Ming (1982)

Strato	**VII Nspt critico**	**VIII Nspt critico**	**IX Nspt critico**	**X Nspt critico**	**Condizione**
Strato 1	**6.69**	**11.15**	**17.84**	**26.76**	**Liquefazione possibile al VIII° Mercalli**
Strato 2	**26.76**	**26.76**	**26.76**	**26.76**	

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH 2

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
Strato (1) Sabbie limose con livelli concrezionati	9.58	0.00-5.80	9.58	Meyerhof 1957	60.38
Strato (2) Substrato litoide	73.50	5.80-6.00	73.50	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Sabbie limose con livelli concrezionati	9.58	0.00-5.80	9.58	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	26.99
Strato (2) Substrato litoide	73.50	5.80-6.00	73.50	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	48.2

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato (1) Sabbie limose con livelli concrezionati	9.58	0.00-5.80	9.58	Schultze-Menzenbach Sabbia media	45.71
Strato (2) Substrato litoide	73.50	5.80-6.00	73.50	Schultze-Menzenbach Sabbia media	333.35

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato (1) Sabbie limose con livelli concrezionati	9.58	0.00-5.80	9.58	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	80.73
Strato (2) Substrato litoide	73.50	5.80-6.00	73.50	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	365.81

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Sabbie limose con livelli concrezionati	9.58	0.00-5.80	9.58	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) Substrato litoide	73.50	5.80-6.00	73.50	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m³)
Strato (1) Sabbie limose con livelli concrezionati	9.58	0.00-5.80	9.58	Terzaghi-Peck 1948	1.47
Strato (2) Substrato litoide	73.50	5.80-6.00	73.50	Terzaghi-Peck 1948	1.95

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m³)
Strato (1) Sabbie limose con livelli concrezionati	9.58	0.00-5.80	9.58	Terzaghi-Peck 1948	1.92
Strato (2) Substrato litoide	73.50	5.80-6.00	73.50	Terzaghi-Peck 1948	2.21

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Sabbie limose con livelli concrezionati	9.58	0.00-5.80	9.58	(A.G.I.)	0.34
Strato (2) Substrato litoide	73.50	5.80-6.00	73.50	(A.G.I.)	0.2

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato (1) Sabbie limose con livelli concrezionati	9.58	0.00-5.80	9.58	Ohsaki (Sabbie pulite)	543.75
Strato (2) Substrato litoide	73.50	5.80-6.00	73.50	Ohsaki (Sabbie pulite)	3691.68

Velocita' onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
Strato (1) Sabbie limose con livelli concrezionati	9.58	0.00-5.80	9.58	Ohta & Goto (1978) Limi	124.21
Strato (2) Substrato litoide	73.50	5.80-6.00	73.50	Ohta & Goto (1978) Limi	202.66

Coefficiente spinta a Riposo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1) Sabbie limose con livelli concrezionati	9.58	0.00-5.80	9.58	Navfac 1971-1982	2.01
Strato (2) Substrato litoide	73.50	5.80-6.00	73.50	Navfac 1971-1982	11.93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato (1) Sabbie limose con livelli concrezionati	9.58	0.00-5.80	9.58	Robertson 1983	19.16
Strato (2) Substrato litoide	73.50	5.80-6.00	73.50	Robertson 1983	147.00

PROVA ...DPSH 3

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 11/01/2023
Profondita' prova .60 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	3	0.855	26.94	31.52	1.35	1.58
0.40	4	0.851	35.76	42.03	1.79	2.10
0.60	50	0.647	311.97	482.17	15.60	24.11

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m³)	Peso unita' di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.4	3.5	36.78	Incoerente	0	1.54	1.89	0.03	1.47	5.14	Sabbie limose
0.6	50	482.17	Incoerente	0	2.46	2.2	0.09	1.47	73.5	Substrato litoide

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH 3

TERRENI INCOERENTI
Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
Strato (1) Sabbie limose	5.14	0.00-0.40	5.14	Meyerhof 1957	55.69
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Sabbie limose	5.14	0.00-0.40	5.14	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	23.78
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	48.2

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato (1) Sabbie limose	5.14	0.00-0.40	5.14	Schultze-Menzenbach Sabbia media	25.73
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Schultze-Menzenbach Sabbia media	333.35

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato (1) Sabbie limose	5.14	0.00-0.40	5.14	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	60.92
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	365.81

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Sabbie limose	5.14	0.00-0.40	5.14	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m³)
Strato (1) Sabbie limose	5.14	0.00-0.40	5.14	Terzaghi-Peck 1948	1.41
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Terzaghi-Peck 1948	1.95

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m³)
Strato (1) Sabbie limose	5.14	0.00-0.40	5.14	Terzaghi-Peck 1948	1.88
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Terzaghi-Peck 1948	2.21

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Sabbie limose	5.14	0.00-0.40	5.14	(A.G.I.)	0.34
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	(A.G.I.)	0.2

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato (1) Sabbie limose	5.14	0.00-0.40	5.14	Ohsaki (Sabbie pulite)	302.84
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Ohsaki (Sabbie pulite)	3691.68

Velocita' onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
Strato (1) Sabbie limose	5.14	0.00-0.40	5.14	Ohta & Goto (1978) Limi	66.56
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Ohta & Goto (1978) Limi	125.86

Coefficiente spinta a Riposo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1) Sabbie limose	5.14	0.00-0.40	5.14	Navfac 1971-1982	1.02
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Navfac 1971-1982	11.93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato (1) Sabbie limose	5.14	0.00-0.40	5.14	Robertson 1983	10.28
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Robertson 1983	147.00

PROVA ...DPSH 4

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 11/01/2023
Profondita' prova .60 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	4	0.855	35.92	42.03	1.80	2.10
0.40	5	0.851	44.70	52.54	2.23	2.63
0.60	50	0.647	311.97	482.17	15.60	24.11

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m³)	Peso unita' di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.4	4.5	47.28	Incoerente	0	1.61	1.9	0.03	1.47	6.62	Sabbie limose
0.6	50	482.17	Incoerente	0	2.46	2.2	0.09	1.47	73.5	Substrato litoide

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH 4

TERRENI INCOERENTI
Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
Strato (1) Sabbie limose	6.62	0.00-0.40	6.62	Meyerhof 1957	63.14
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Sabbie limose	6.62	0.00-0.40	6.62	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	24.96
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	48.2

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato (1) Sabbie limose	6.62	0.00-0.40	6.62	Schultze-Menzenbach Sabbia media	32.39
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Schultze-Menzenbach Sabbia media	333.35

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato (1) Sabbie limose	6.62	0.00-0.40	6.62	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	67.53
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	365.81

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Sabbie limose	6.62	0.00-0.40	6.62	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m³)
Strato (1) Sabbie limose	6.62	0.00-0.40	6.62	Terzaghi-Peck 1948	1.43
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Terzaghi-Peck 1948	1.95

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m³)
Strato (1) Sabbie limose	6.62	0.00-0.40	6.62	Terzaghi-Peck 1948	1.89
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Terzaghi-Peck 1948	2.21

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Sabbie limose	6.62	0.00-0.40	6.62	(A.G.I.)	0.34
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	(A.G.I.)	0.2

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato (1) Sabbie limose	6.62	0.00-0.40	6.62	Ohsaki (Sabbie pulite)	384.17
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Ohsaki (Sabbie pulite)	3691.68

Velocita' onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
Strato (1) Sabbie limose	6.62	0.00-0.40	6.62	Ohta & Goto (1978) Limi	69.54
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Ohta & Goto (1978) Limi	125.86

Coefficiente spinta a Riposo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1) Sabbie limose	6.62	0.00-0.40	6.62	Navfac 1971-1982	1.36
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Navfac 1971-1982	11.93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato (1) Sabbie limose	6.62	0.00-0.40	6.62	Robertson 1983	13.24
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Robertson 1983	147.00

PROVA ...DPSH 5

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 11/01/2023
Profondita' prova .60 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	3	0.855	26.94	31.52	1.35	1.58
0.40	7	0.851	62.58	73.55	3.13	3.68
0.60	50	0.647	311.97	482.17	15.60	24.11

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m³)	Peso unita' di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.4	5	52.54	Incoerente	0	1.63	1.9	0.03	1.47	7.35	Sabbie limose
0.6	50	482.17	Incoerente	0	2.46	2.2	0.09	1.47	73.5	Substrato litoide

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH 5

TERRENI INCOERENTI
Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
Strato (1) Sabbie limose	7.35	0.00-0.40	7.35	Meyerhof 1957	66.52
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Sabbie limose	7.35	0.00-0.40	7.35	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	25.5
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	48.2

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato (1) Sabbie limose	7.35	0.00-0.40	7.35	Schultze-Menzenbach Sabbia media	35.67
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Schultze-Menzenbach Sabbia media	333.35

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato (1) Sabbie limose	7.35	0.00-0.40	7.35	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	70.78
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	365.81

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Sabbie limose	7.35	0.00-0.40	7.35	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m³)
Strato (1) Sabbie limose	7.35	0.00-0.40	7.35	Terzaghi-Peck 1948	1.44
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Terzaghi-Peck 1948	1.95

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m³)
Strato (1) Sabbie limose	7.35	0.00-0.40	7.35	Terzaghi-Peck 1948	1.90
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Terzaghi-Peck 1948	2.21

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Sabbie limose	7.35	0.00-0.40	7.35	(A.G.I.)	0.34
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	(A.G.I.)	0.2

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato (1) Sabbie limose	7.35	0.00-0.40	7.35	Ohsaki (Sabbie pulite)	423.86
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Ohsaki (Sabbie pulite)	3691.68

Velocita' onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
Strato (1) Sabbie limose	7.35	0.00-0.40	7.35	Ohta & Goto (1978) Limi	70.81
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Ohta & Goto (1978) Limi	125.86

Coefficiente spinta a Riposo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1) Sabbie limose	7.35	0.00-0.40	7.35	Navfac 1971-1982	1.52
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Navfac 1971-1982	11.93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato (1) Sabbie limose	7.35	0.00-0.40	7.35	Robertson 1983	14.70
Strato (2) Substrato litoide	73.50	0.40-0.60	73.50	Robertson 1983	147.00

Indagine sismiche con metodologia MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni (da 4.5 Hz) e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede almeno i seguenti passi:

- Acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (maglio battente su piastra in alluminio), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni
- Estrazione dei modi dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh;
- Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali delle VS.

Gli algoritmi genetici rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (o anche global-search methods o soft computing).

Rispetto ai comuni metodi di inversione lineare basati su metodi del gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono

un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza.

I comuni metodi lineari forniscono infatti soluzioni che dipendono pesantemente dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente fornire. Per la natura del problema (inversione delle curve di dispersione), la grande quantità di minimi locali porta infatti ad attrarre il modello iniziale verso un minimo locale che può essere significativamente diverso da quello reale (o globale).

In altre parole, i metodi lineari richiedono che il modello di partenza sia già di per sé vicinissimo alla soluzione reale. In caso contrario il rischio è quello di fornire soluzioni erronee.

Gli algoritmi genetici (come altri analoghi) offrono invece un'esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni.

I profili sismici sono stati eseguiti adottando una distanza tra i geofoni di 3 metri. Offset scelto di 3.0 e 6.0 metri.

Per l'infissione dei geofoni non sono stati realizzati dei prefori, ma, laddove possibile, infissi direttamente sul terreno dove l'infissione è risultata difficoltosa sono stati utilizzati dei supporti.

L'energizzazione è stata ottenuta utilizzando una mazza battente del peso di 8 kg che batte su una piattina.

Le onde così generate sono state registrate con un sismografo a 24 canali della GEOMETRICS mod Geode, di cui si riportano specifiche tecniche.

L'elaborazione è avvenuta con software Winmasw.

Le NTC18 effettuano la classificazione del sottosuolo in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, VS,eq (in m/s), definita dall'espressione:

$$Vs_{eq} = \frac{H}{\sum_{n}^{i} \frac{hi}{VS,i}}$$

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

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

UBICAZIONE PROFILI SISMICI MASW

LEGENDA

Masw → Profilo sismico Masw

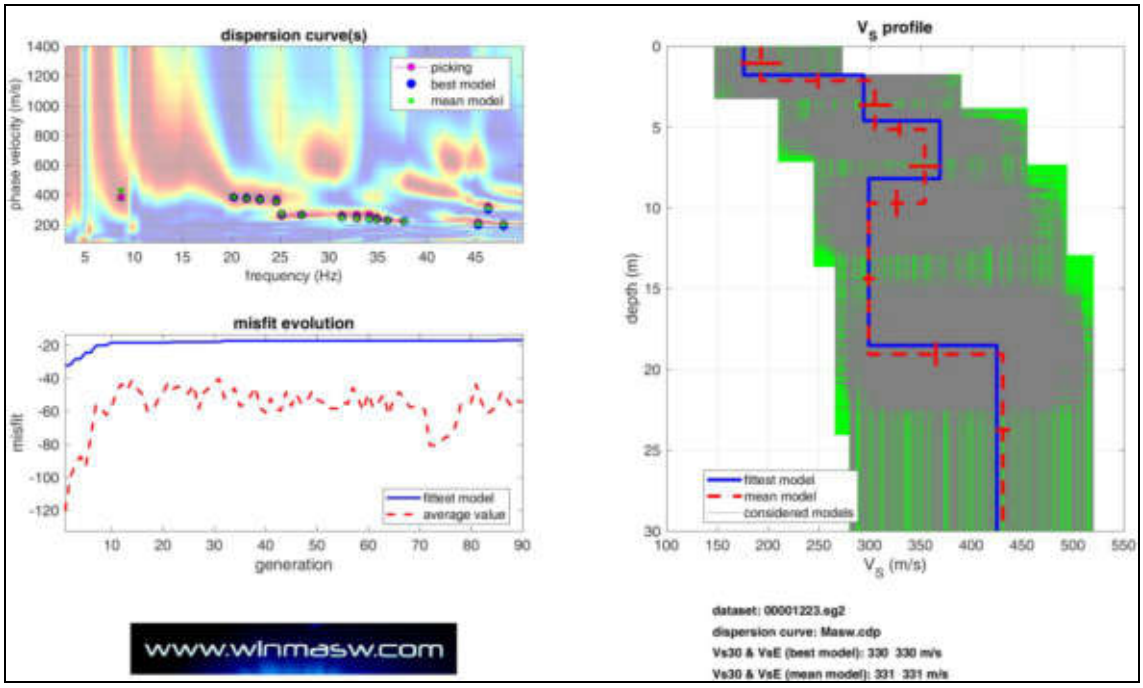
Esecuzione indagine sismica MASW 1

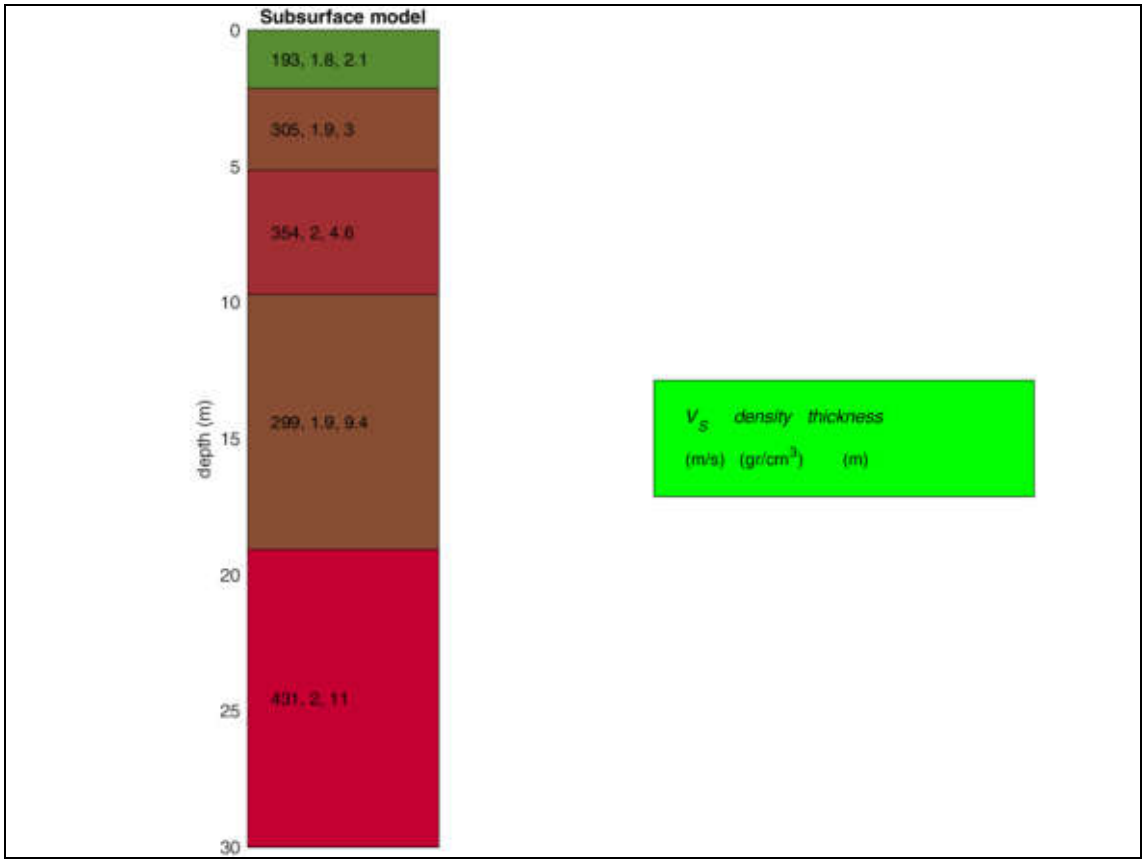
Esecuzione indagine sismica MASW 2

Dall' indagine Masw eseguite è stato ricavato l'andamento delle Vs e da qui calcolato il valore della Vs,eq risultando:

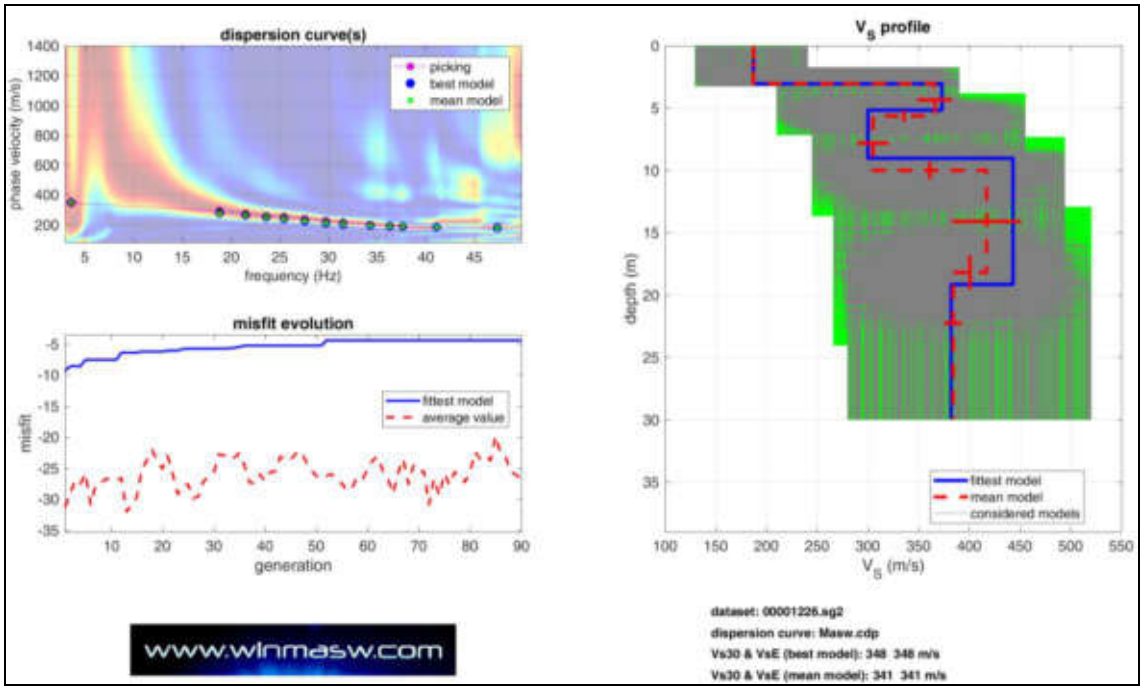
- per l'indagine Masw 1: Vs,30&Vs,eq = **331 m/s**.
- per l'indagine Masw 2: Vs,30&Vs,eq = **341 m/s**.

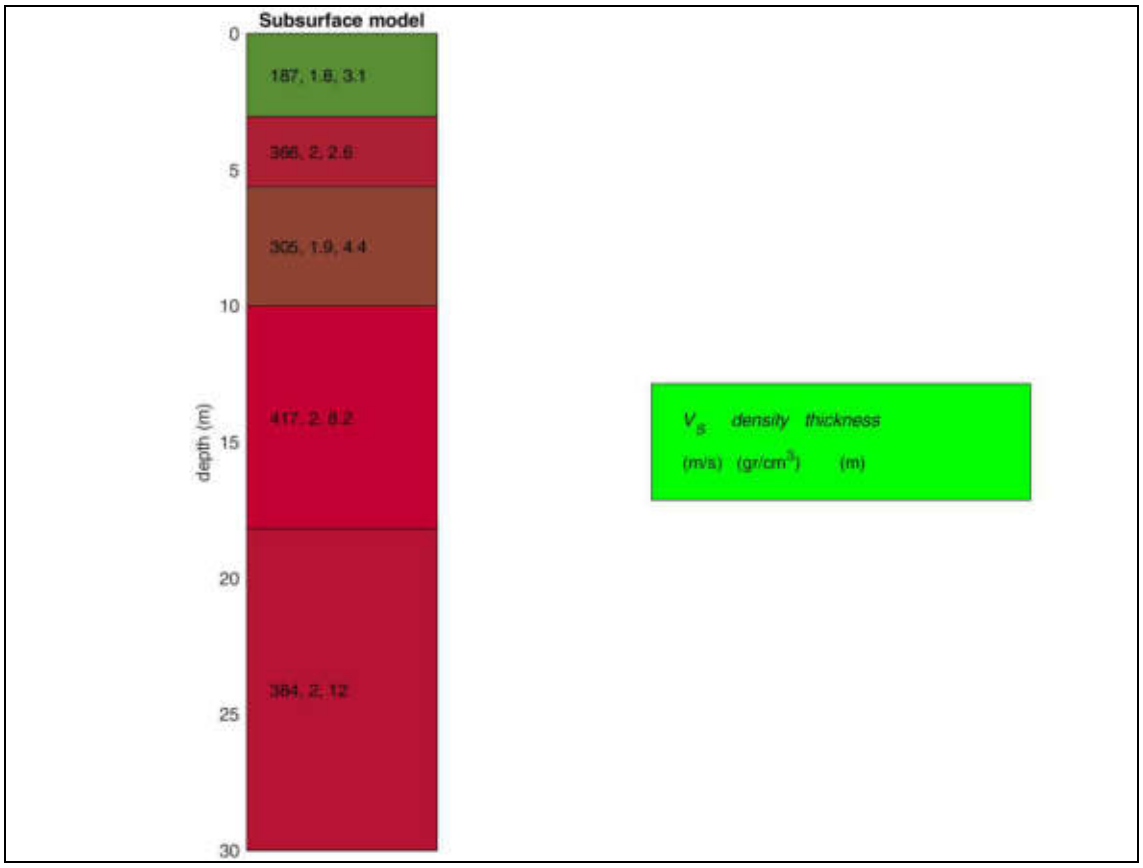
Masw 1 **Loc.: Acquedotto Doganella (Monte Compatri)**





Masw 2 **Loc.: Acquedotto Doganella (Monte Compatri)**





CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

Le categorie di sottosuolo individuate dal Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018, recante "Norme Tecniche per le costruzioni" sono le seguenti:

A) ***Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi*** caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

B) ***Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti***, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

C) ***Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*** con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra180 m/s e 360 m/s.

D) ***Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti***, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra100 e 180 m/s.

E) ***Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D***, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Ne deriva che il sottosuolo di fondazione rientra nella categoria C di ***Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti***

Profili sismici a rifrazione con ricostruzione tomografica

Per la ricostruzione stratigrafica e sismostratigrafica dell'area sono stati eseguiti complessivamente 2 profili sismici a rifrazione di lunghezza 60 metri l'uno.

L'elaborazione dei profili sismici è avvenuta mediante apposito algoritmo delle sezioni sismografiche, con restituzione tomografia. Tale metodo permette di individuare anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche, con un elevato potere risolutivo offrendo la possibilità di ricostruire stratigraficamente situazioni complesse, non risolvibili con differenti tecniche di indagine.

La tomografia sismica, rispetto alla convenzionale sismica a rifrazione, limita i problemi interpretativi dovuti agli strati ad inversione di velocità (orizzonte fantasma) o di ridotti spessori.

Essa consiste nella ricostruzione di sezioni bidimensionali (2D) realizzate mediante serie di stendimenti sismici a rifrazione con sismografo a 12 canali.

Lo strumento di acquisizione è il Geode, della Geometrics con geofoni da 12 Hz, il software utilizzato per l'elaborazione tomografica è il Rayfract.

La sezione di output del software di interpretazione geofisica è in grado di rappresentare la discretizzazione del sottosuolo indagato in differenti sismogrammi, ovvero livelli caratterizzati da omologhe velocità sismiche.

Per il trattamento dei dati per la ricostruzione tomografica dell'immagine si utilizza una suddivisione dell'area di studio in celle elementari, calcolando per ciascuna di queste un valore di velocità congruente con il tempo di tragitto medio relativo ai percorsi dei raggi sismici che le attraversano; la presentazione delle elaborazioni eseguite dà

come risultato una mappa della distribuzione delle velocità sismiche in una sezione piana contenente le sorgenti ed i geofoni.

Le indagini sismiche, in pratica, si effettuano misurando i tempi diretti di propagazione nel terreno delle onde sismiche tra una sorgente di energia, e uno o più sensori (geofoni), che vengono posizionati lungo un allineamento a distanze progressivamente crescenti dal punto di emissione dell'energia. Le indagini possono essere effettuate sia a livello, che in foro.

Le onde elastiche possono essere generate mediante l'utilizzazione di masse battenti o tramite esplosioni controllate. L'impiego dell'una o dell'altra fonte di energizzazione dipende essenzialmente dalla profondità d'investigazione richiesta.

In tale campagna di indagine le prospezioni sismiche sono state realizzate posizionando sorgenti e geofoni lungo un allineamento, utilizzando 12 geofoni con 5 registrazioni per ogni stendimento.

L'energizzazione è stata del tipo a massa battente.

Il risultato finale è la rappresentazione delle velocità (in m/s) per piani o sezioni indagate visualizzata mediante una scala cromatica, che va dal blu (basse velocità) al rosso (alte velocità). Quanto più il mezzo attraversato dal suono è rigido e incomprimibile, tanto maggiore sarà la sua velocità caratteristica. Valori bassi della velocità mettono in evidenza la variazione negativa delle caratteristiche elastiche e meccaniche

Ogni profilo sismico è stato registrato con n.5 scoppi in linea (shots) ed è costituito da n.5 sismogrammi. L'elaborazione tomografica e la restituzione del modello geofisico è stata effettuata con il *software Rayfract* che esegue l'inversione tomografica con il metodo *WET (Wavepath Eikonal Traveltime tomography processing).*

Il software RAYFRACT consente la realizzazione di dettagliati modelli di velocità del sottosuolo, con le più evolute tecniche tomografiche, soprattutto nel caso di strutture profonde. Tali tecniche consistono in due metodi, quello di inversione DELTA t-v, mediante il quale si ottengono dei profili 1D "profondità-velocità" dai dati di *traveltime* e il metodo di inversione 2D, WET, mediante il quale si ottimizzano i modelli di velocità ottenuti con il metodo DELTA t-v.

Il software RAYFRACT è stato supportato dal software SURFER 13 mediante il quale è stato eseguito automaticamente il *gridding*, l'*imaging* ed il *contouring* dei suddetti modelli di velocità.

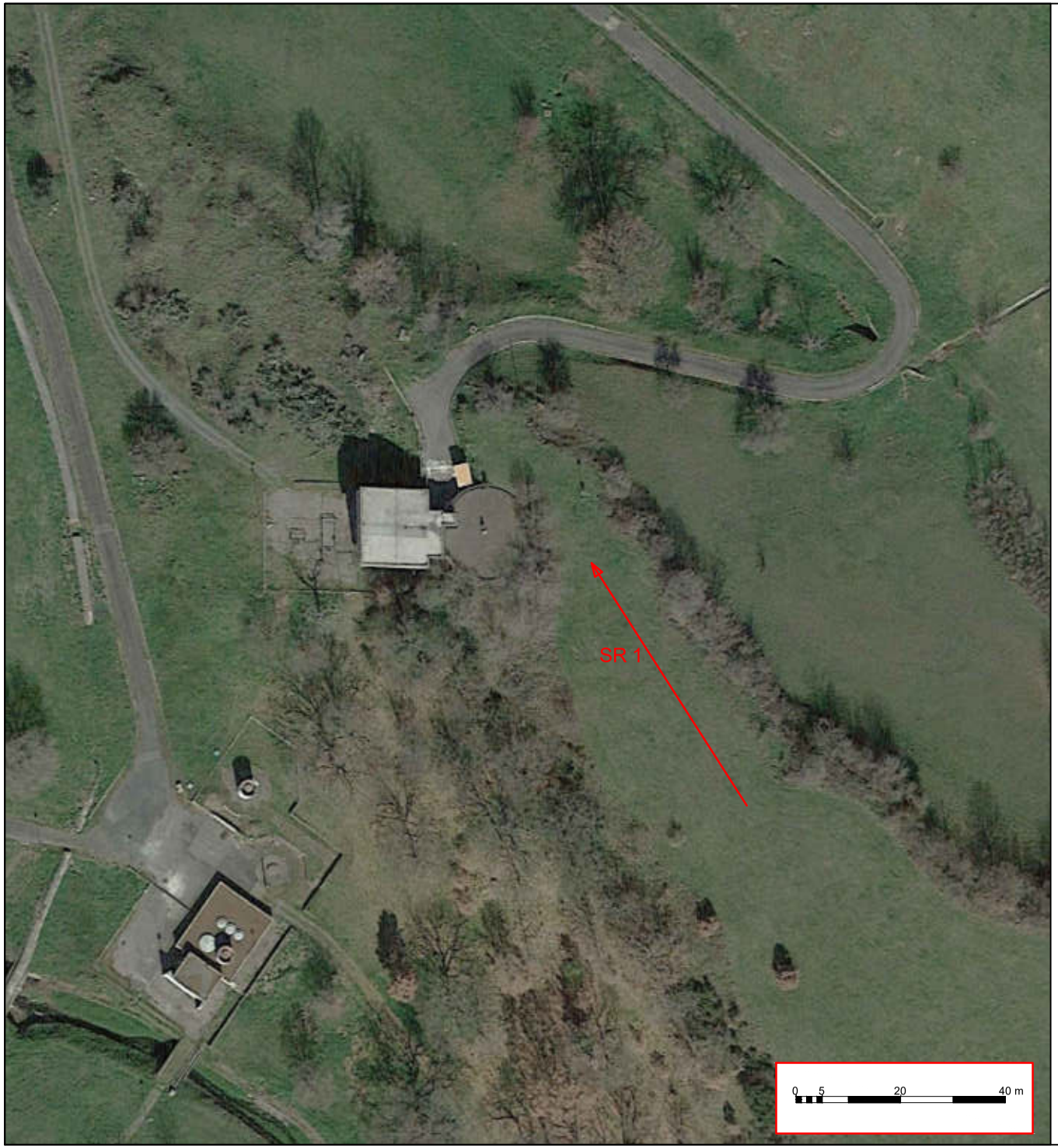
Partendo direttamente dall'importazione delle tracce sismiche, RAYFRACT permette di effettuare il *picking* dei primi arrivi, eseguito in questo caso manualmente, ed ottenere quindi un *image* delle strutture di velocità anche in situazioni di topografia estrema e di marcati contrasti laterali di velocità.

Il modello iniziale del gradiente di velocità ottenuto con il metodo DELTA t-v viene ottimizzato automaticamente mediante l'inversione tomografica 2D WET (*Wet Tomography Eikonal Traveltime*). La teoria in proposito basa i modelli tomografici sulla modellizzazione del percorso di un fascio di raggi per ogni primo arrivo, contrariamente a quanto previsto con la tomografia convenzionale basata sulla modellizzazione del percorso di un raggio sismico per ogni primo arrivo.

In tal modo si ottiene l'output finale dell'inversione WET.

Qui di seguito si allegano:

- planimetria con ubicazione degli stendimenti sismici;
- documentazione fotografica;
- la descrizione dei risultati ottenuti.



UBICAZIONE PROFILI SISMICI A RIFRAZIONE

LEGENDA

SR → Profilo sismico a rifrazione

Profilo sismico a rifrazione SR1

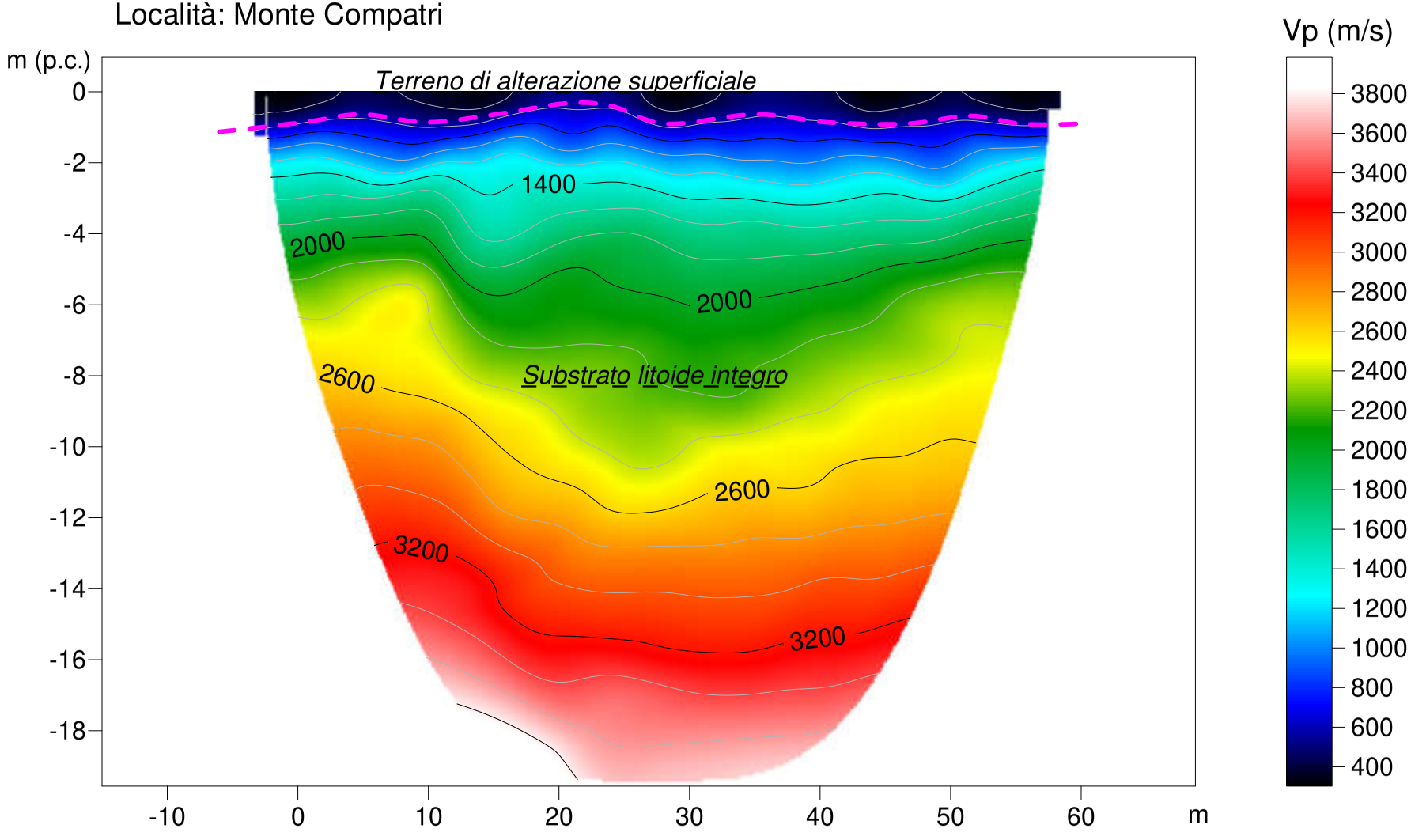
Esecuzione indagine sismica a rifrazione SR1 – Monte Compatri

Nel profilo si individuano 2 sismostrati:

- da 0.00 m a 0.60 m Terreno di alter. superf. (Vp = 300 m/s)
- da 0.60 m a 20.0 m Substrato litoide integro (Vp = 2400 m/s)

Profilo sismico a rifrazione SR1
Località: Monte Compatri

Riferimento: Acquedotto Doganella



Profilo sismico a rifrazione SR2

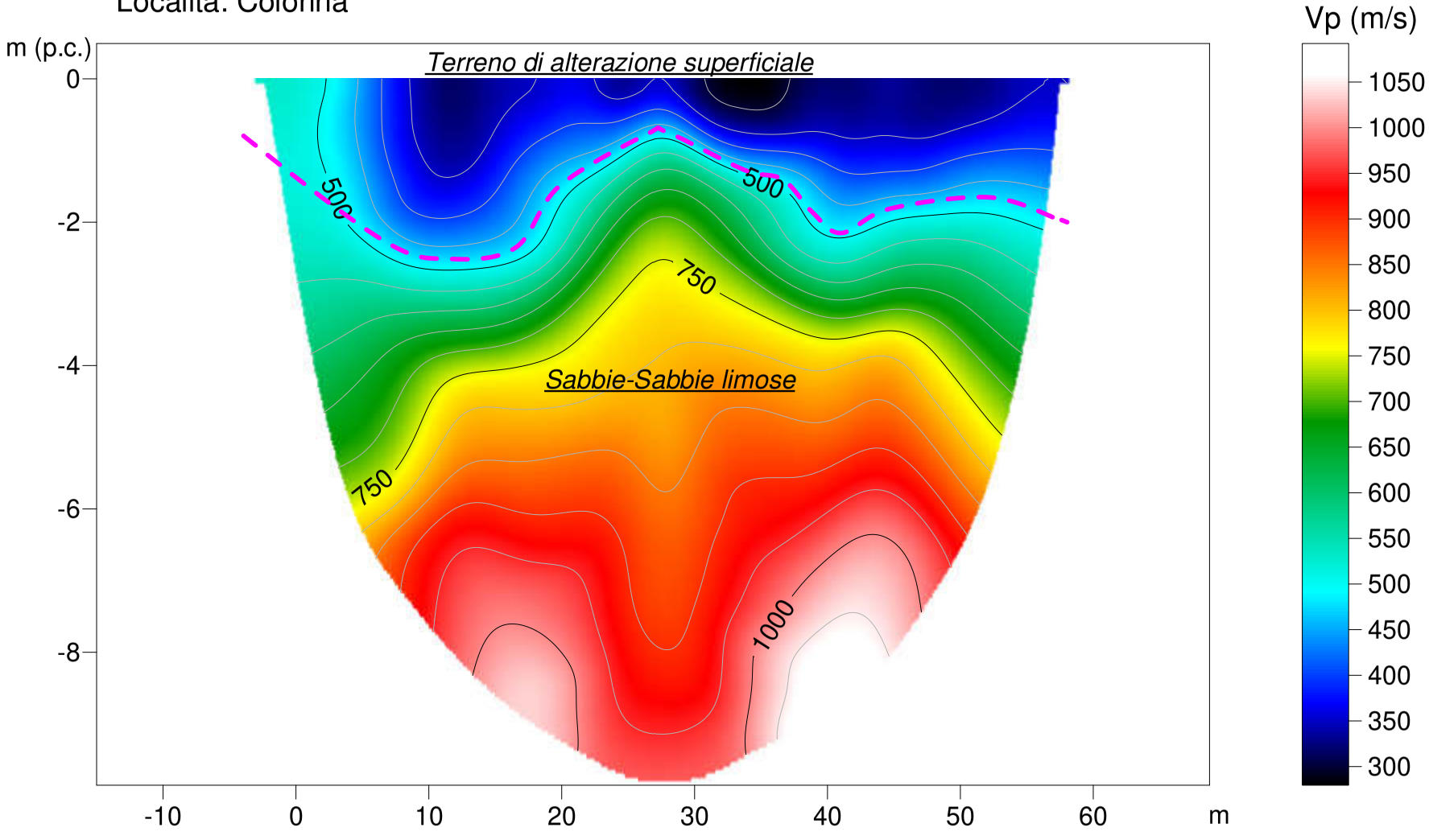
Esecuzione indagine sismica a rifrazione SR2 - Colonna

Nel profilo si individuano 2 sismostrati:

- da 0.00 m a 2.00 m Terreno di alter. superf. (Vp = 400 m/s)
- da 0.60 m a 20.0 m Sabbie – Sabbie limose (Vp = 800 m/s)

Profilo sismico a rifrazione SR2
Località: Colonna

Riferimento: Acquedotto Doganella



Indagine sismica con metodologia HVSR

Nell'area indagata si è proceduto alla misura delle **vibrazioni sismiche ambientali (rumore sismico)** con singola stazione di misura utilizzando il metodo dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).

La tecnica dei rapporti spettrali H/V consiste nel calcolo del rapporto degli spettri di Fourier del rumore nel piano orizzontale H (generalmente lo spettro H viene calcolato come media degli spettri di Fourier delle componenti orizzontali NS ed EW) e della componente verticale V. Il metodo è applicabile alle misure di rumore registrate in una singola stazione.

Il risultato dell'elaborazione è una curva, detta di ellitticità, che rappresenta appunto il rapporto spettrale tra il segnale delle componenti orizzontali e quello della componente verticale.

Questa curva permette di valutare in modo diretto le frequenze di risonanza del sito indagato.

La tecnica, in origine proposta da Nogoshi e Igarashi (1971), in seguito diffusa da Nakamura (1989), consiste nella stima del rapporto fra lo spettro di ampiezza delle componenti orizzontali e quello della componente verticale dei microtremori sismici ambientali registrati da una singola stazione.

Il calcolo del rapporto H/V segue queste fasi:

1. Registrazione del segnale ambientale nelle 3 componenti.

2. Scomposizione del segnale in finestre temporali, con l'obiettivo di isolare le parti della registrazione in cui il segnale risulta maggiormente stazionario ed eliminare i rumori transitori, o transienti.

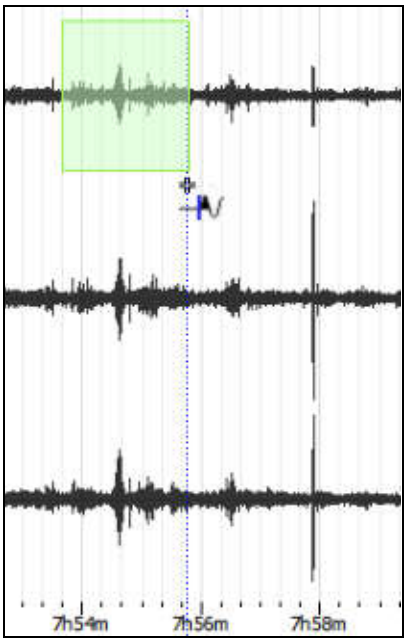
3. Calcolo e smussamento dello spettro di ampiezza ricavato tramite la trasformata di Fourier per ognuna delle finestre selezionate su tutte e tre le componenti.

4. Combinazione, con un'operazione di media, delle due componenti orizzontali per ognuna delle finestre selezionate.

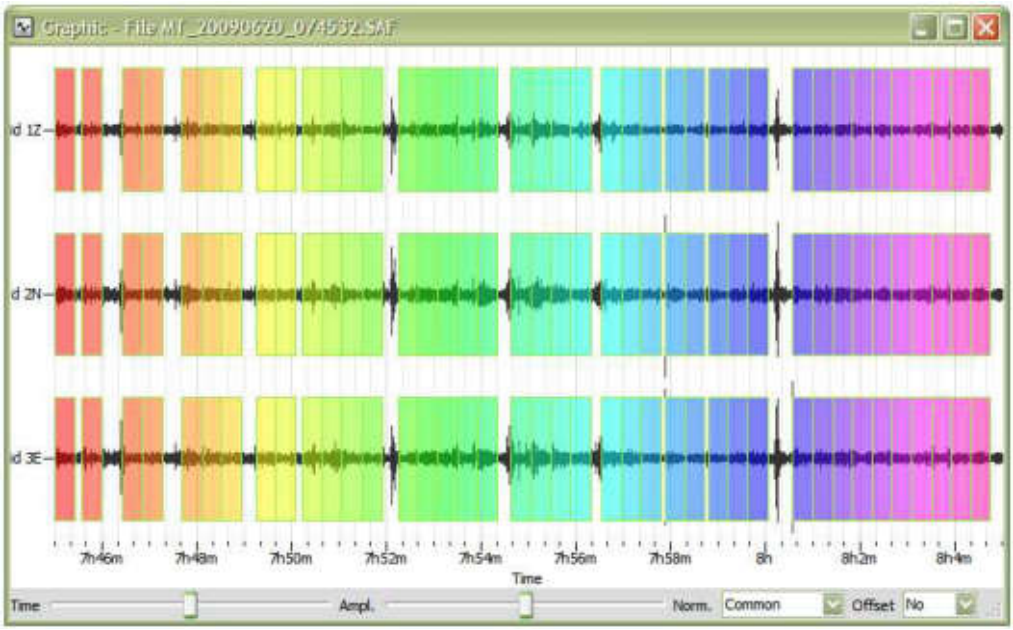
5. Calcolo del rapporto H/V per ogni finestra.

6. Calcolo della media dei rapporti H/V delle singole finestre, che rappresenterà la curva H/V definitiva.

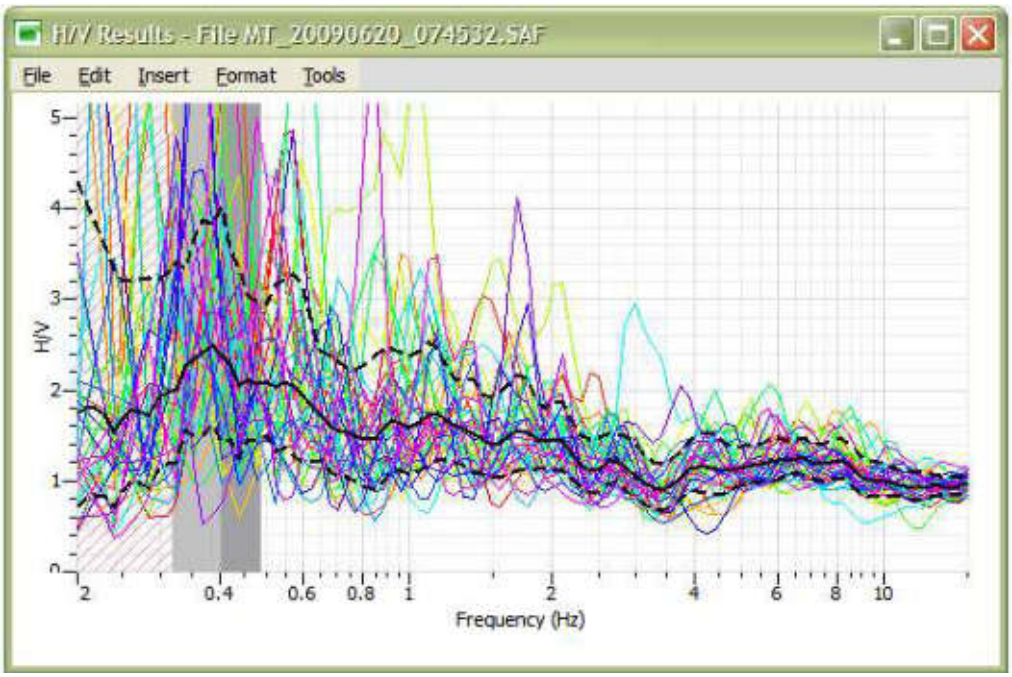
Il segnale misurato in campagna è del tipo:



Attraverso un'elaborazione dei dati di campagna si ottiene il grafico della curva H/V, del tipo



Il grafico della curva H/V si presenta invece come nell'immagine che segue.



La curva nera continua rappresenta il rapporto H/V medio, mentre le curve nere tratteggiate, dette "curve di confidenza", sono il risultato della moltiplicazione (curva superiore) e divisione (curva inferiore) dei valori del

rapporto H/V medio per la deviazione standard dei valori delle singole curve H/V.

Le curve colorate sono i rapporti H/V delle singole finestre; grazie al colore è possibile associare ogni curva alla corrispondente finestra temporale.

Le due bande grigie identificano la frequenza principale, o *f0*, individuata automaticamente. La *f0* del rapporto medio è esattamente al centro delle due bande, mentre l'area coperta dalle bande è ottenuta aggiungendo e sottraendo alla *f0* del rapporto medio la deviazione standard delle *f0* delle singole curve.

L'area tratteggiata di rosso indica invece la zona di frequenze in cui il rapporto calcolato non è affidabile in quanto le finestre temporali scelte per l'elaborazione non sono lunghe a sufficienza per raggiungere quelle basse frequenze.

Per la misura delle velocità di vibrazione è stato utilizzato uno strumento mod. PCE-VT 1000.

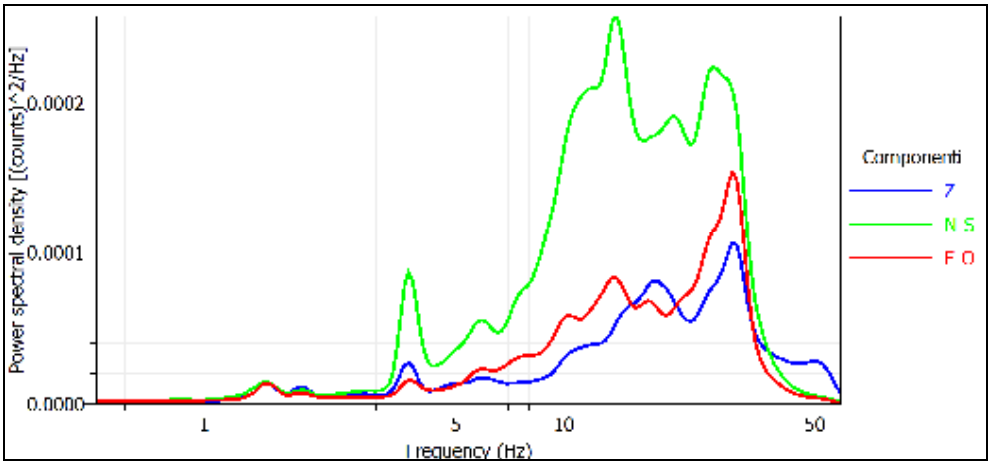
UBICAZIONE INDAGINE SISMICA - HVSR

LEGENDA

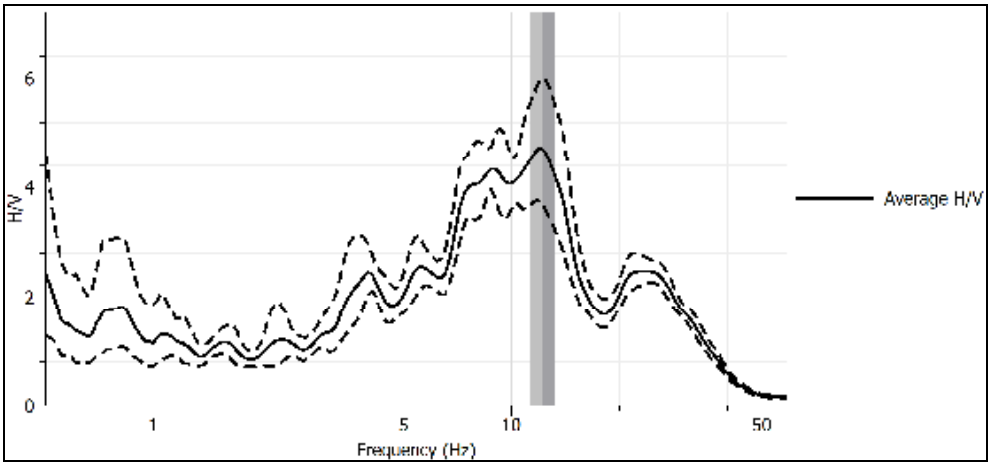
HVSR Indagine sismica - HVSR

Esecuzione indagine sismica HVSR

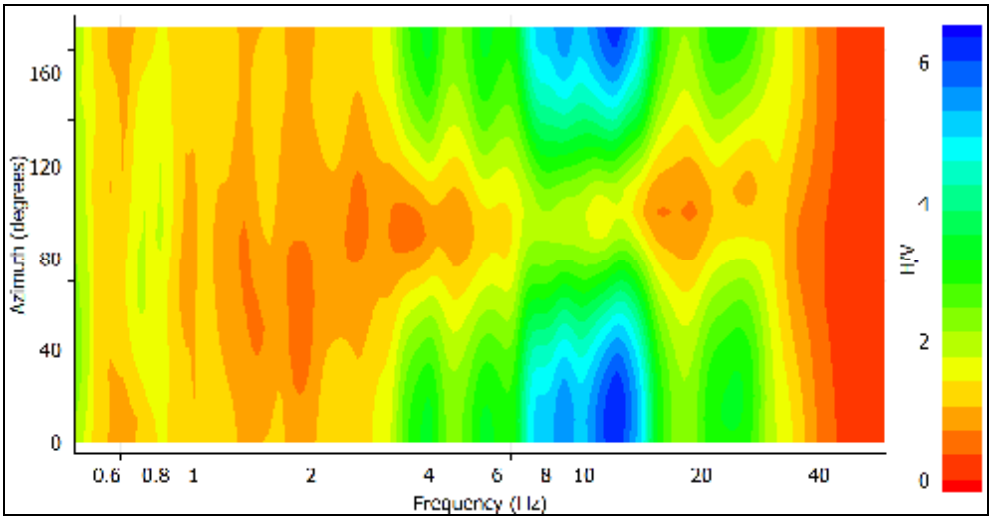
HVSR Loc.: Acquedotto Doganella (Monte Compatri)



Spettri medi delle tre componenti



Curva del risultato H/V



Direzionalità

f_0 = 12.10 Ao = 4.69

CRITERI SESAME

1) $f_0 > 10/L_w$	Ok
2) $n_c (f_0) > 200$	Ok
3) $\sigma_A (f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz o $\sigma_A (f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz	Ok
4) $\exists f^- \varepsilon [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
5) $\exists f^+ \varepsilon [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
6) $A_0 > 2$	Ok
7) fpicco $[A_{H/V} (f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
8) $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	Ok
9) $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

L_w =lunghezza della finestra
n_w = numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w . n_w . f_0$ = numero di cicli significativi
f = frequenza attuale
f_0 = frequenza del picco H/V
σ_f = deviazione standard della frequenza del picco H/V calcolata su tutte le finestre
$\varepsilon(f_0)$ = valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
Ao = ampiezza media della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$ ampiezza media della curva H/V alla frequenza f
f^- = frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < Ao/2$
f^+ = frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < Ao/2$
$\sigma_A (f)$ = deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A (f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{logH/V}(f)$ = deviazione standard della funzione log $A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$ = valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A (f_0) < \theta(f_0)$

Valori soglia

Frequency 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	0.20 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3	2.5	2	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V} (f_0)$	0.48	0.4	0.3	0.25	0.2

Ruffano, Febbraio 2023

IL DIRETTORE TECNICO

Dott. Geol. Marcello DE DONATIS

ALLEGATI:

ANALISI DI LABORATORIO

COMMITTENTE:	ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA	
RIFERIMENTO:	Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23	
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1 Rim.	PROFONDITA': m 2.60 - 2.80

MODULO RIASSUNTIVO

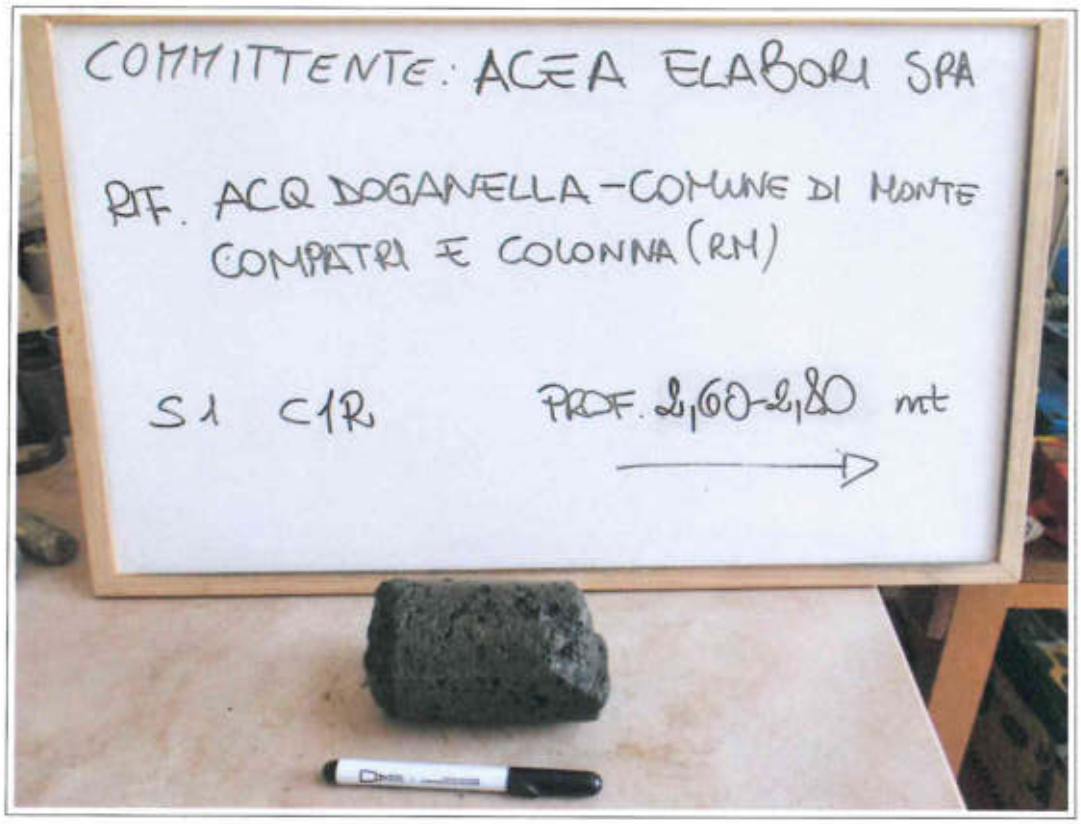
PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Peso di volume (kN/m³):	24.4

PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE

Resistenza a compressione (MPa):	47.40

COMMITTENTE:	ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA	
RIFERIMENTO:	Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23	
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1 Rim.	PROFONDITA': m 2.60 - 2.80



CERTIFICATO DI PROVA N°: 222/mv/23 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	27/01/23	Inizio analisi:	24/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione:	23/01/23	Fine analisi:	24/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 Rim. PROFONDITA': m 2.60 - 2.80

MASSA VOLUMICA NATURALE

Modalità di prova: Norma RACCOMANDAZIONI ISRM

Peso di volume allo stato naturale = 24.4 kN/m³

Tecnico di laboratorio:
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio:
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 222/cs/23 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 27/01/23	Inizio analisi:	25/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	25/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 Rim. PROFONDITA': m 2.60 - 2.80

PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE

Modalità di prova: Norma ASTM-D 7012 method C

Provino n°:	1
Velocità di deformazione (MPa/sec):	0.50
Altezza (cm):	11.60
Diametro (cm):	8.20
Sezione (cm²)	52.81
Peso di volume (kN/m³):	24.4
Resistenza a compressione (MPa):	47.40

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. TECNICO SPERIMENTATORE CUPIANO

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

QUADRO RIASSUNTIVO PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Riferimento: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (RM).

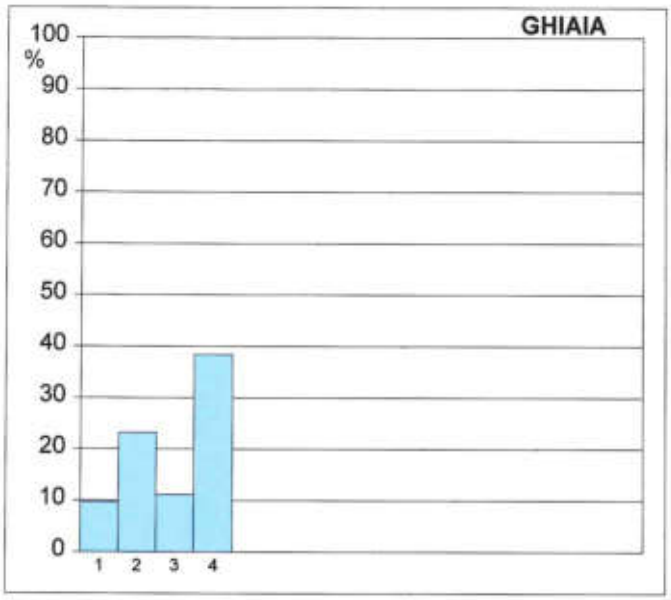
Riferimento			Caratteristiche fisiche								Limiti di consistenza				Granulometria				Classificazione	Compr.	Taglio diretto		Edometrica			
Sond. n°	Camp. n°	Profondità m	W %	γ kN/m³	γ_{sec} kN/m³	γ_{sat} kN/m³	γ_s kN/m³	Indice vuoti	Poros. %	Sat. %	LL %	LP %	IP %	IC %	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	CNR-UNI	σ kPa	ϕ °	c kPa	25.0 kPa	50.0 kPa	100.0 kPa	200.0 kPa
S1	C2	3.00 - 3.30	15.7	21.0	18.2	21.5	27.5	0.52	34.1	85.5	36.4	26.7	9.7	2.13	9.7	72.1	9.3	8.9	A2-4 - I.G. = 0	18.1	31.4	3.9	8741	5302	3169	4260
S1	C3	8.00 - 8.50	15.3	20.2	17.5	20.5	25.1	0.44	30.3	89.9	30.5	19.5	11.0	1.38	23.2	57.8	9.5	9.5	A2-6 - I.G. = 0	58.5	32.2	6.8	3623	3425	3205	3899
S1	C4	11.00 - 11.50	25.6	16.1	12.8	17.6	25.1	0.95	48.8	68.6	37.5	27.3	10.2	1.17	11.1	53.2	19.8	15.9	A6 - I.G. = 0	38.9	27.4	7.3	2421	2570	2674	3527
S1	C5	18.00 - 18.50	29.7	16.3	12.6	17.4	24.6	0.96	49.0	77.7	40.9	31.5	9.4	1.19	38.4	42.9	13.1	5.6	A2-5 - I.G. = 0	60.2	33.6	7.7	3846	2890	3226	5083

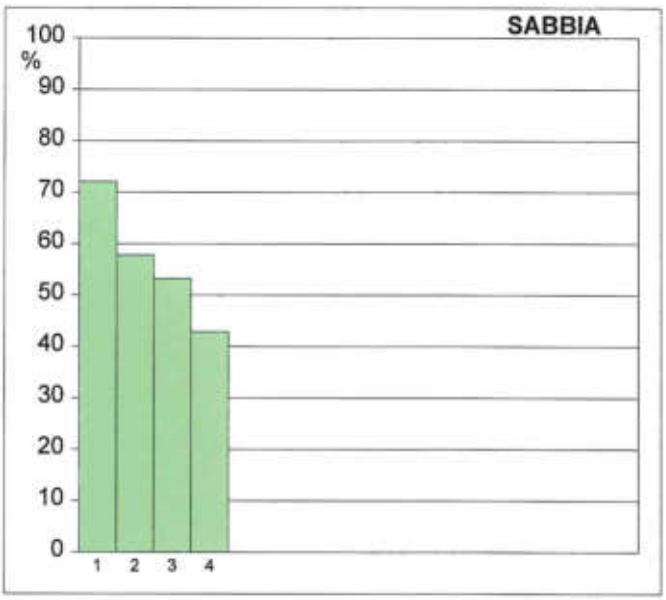
TABELLA RIASSUNTIVA ANALISI GRANULOMETRICHE

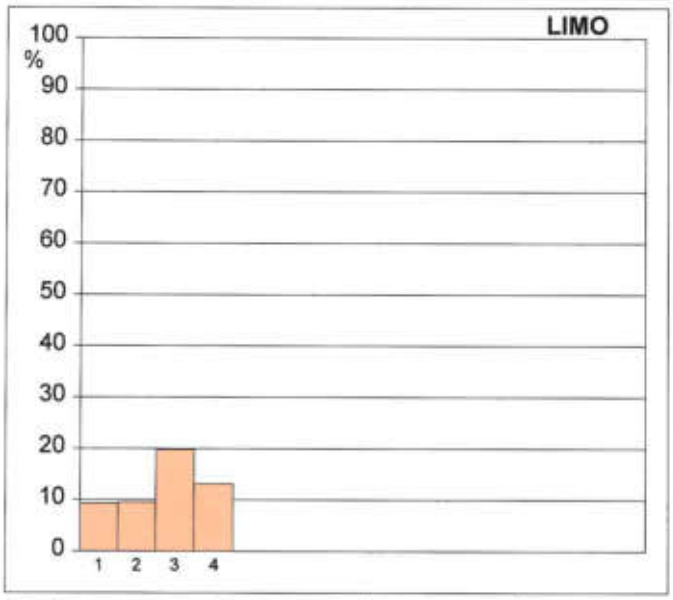
N°	Sondaggio	Campione	Profondità m	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %
1	S1	C2	3.00 - 3.30	9.7	72.1	9.3	8.9
2	S1	C3	8.00 - 8.50	23.2	57.8	9.5	9.5
3	S1	C4	11.00 - 11.50	11.1	53.2	19.8	15.9
4	S1	C5	18.00 - 18.50	38.4	42.9	13.1	5.6

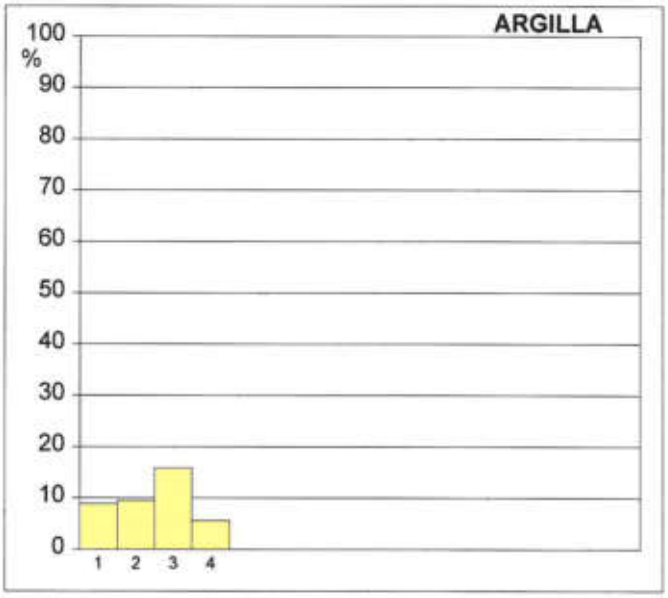
ANALISI STATISTICA

GRAFICI GRANULOMETRIA



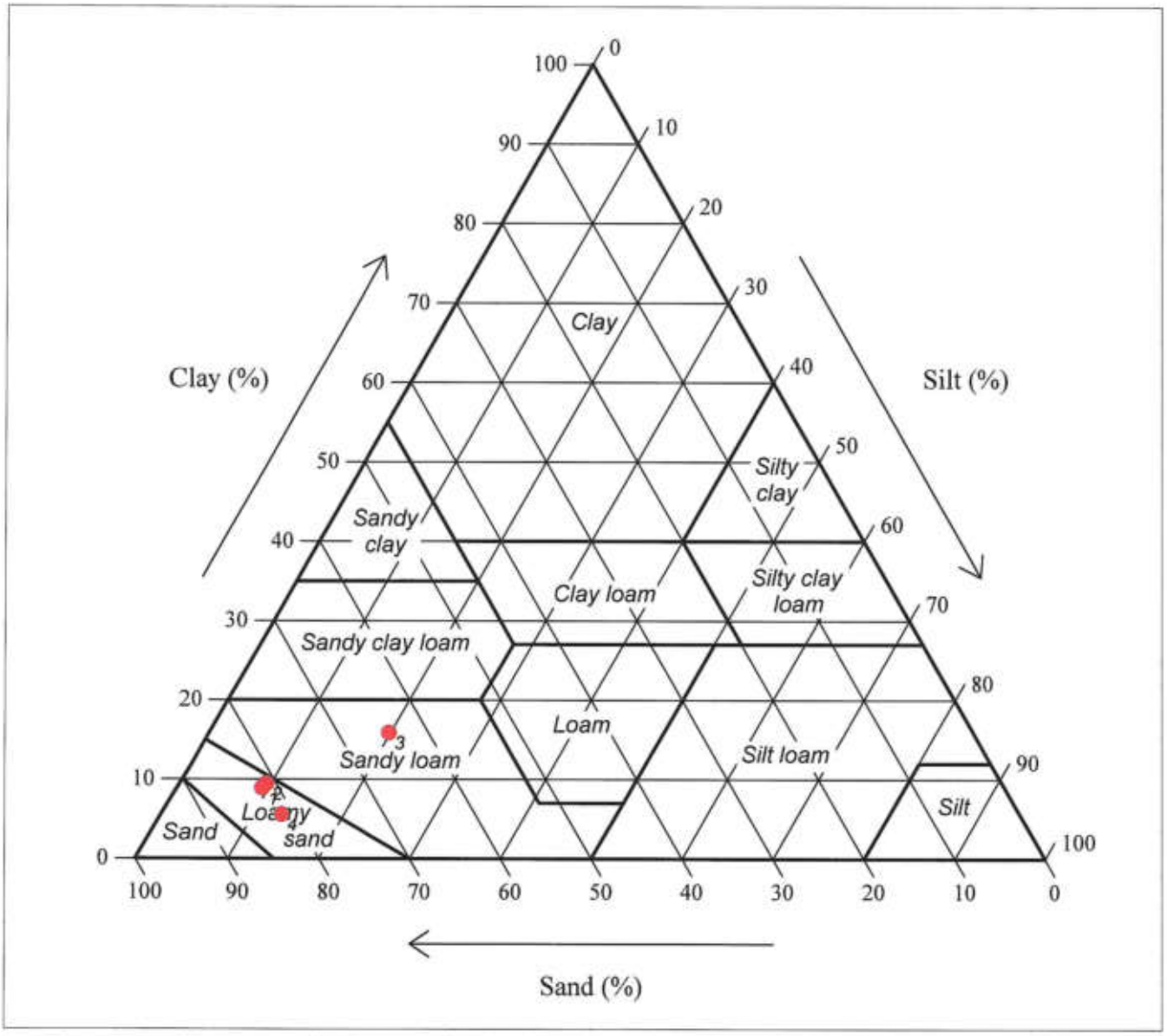






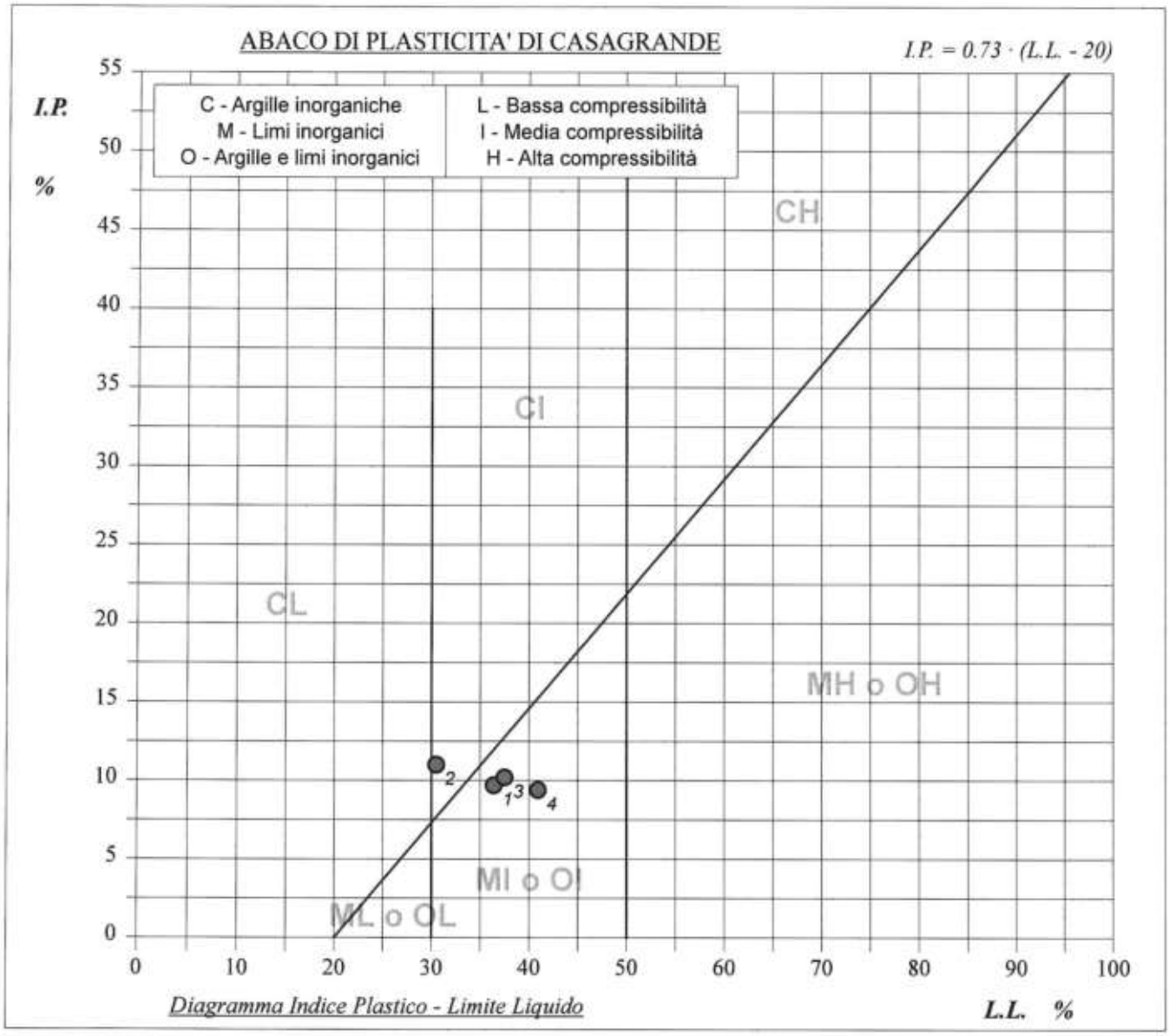
N°	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %
1	9.7	72.1	9.3	8.9
2	23.2	57.8	9.5	9.5
3	11.1	53.2	19.8	15.9
4	38.4	42.9	13.1	5.6

N°	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %



N°	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %
1	9.7	72.1	9.3	8.9
2	23.2	57.8	9.5	9.5
3	11.1	53.2	19.8	15.9
4	38.4	42.9	13.1	5.6

N°	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %



N°	Limite Liquido %	Limite Plastico %	Indice Plastico %
1	36.4	26.7	9.7
2	30.5	19.5	11.0
3	37.5	27.3	10.2
4	40.9	31.5	9.4

N°	Limite Liquido %	Limite Plastico %	Indice Plastico %

COMMITTENTE:	ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA
RIFERIMENTO:	Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C2 — PROFONDITA': m 3.00 - 3.30

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	15.7	%
Peso di volume	21.0	kN/m³
Peso di volume secco	18.2	kN/m³
Peso di volume saturo	21.5	kN/m³
Peso specifico	27.5	kN/m³
Indice dei vuoti	0.517	
Porosità	34.1	%
Grado di saturazione	85.5	%
Limite di liquidità	36.4	%
Limite di plasticità	26.7	%
Indice di plasticità	9.7	%
Indice di consistenza	2.13	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A2-4 I.G. = 0	

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	9.7	%
Sabbia	72.1	%
Limo	9.3	%
Argilla	8.9	%
D 10	0.007155	mm
D 50	0.822792	mm
D 60	1.182861	mm
D 90	4.598022	mm
Passante set. 10	76.3	%
Passante set. 42	33.5	%
Passante set. 200	18.2	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec

COMPRESSIONE

σ	18	kPa	σ Rim		kPa
c_u	9	kPa	c_u Rim		kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta

c'	3.9	kPa	ϕ'	31.4	°
c' Res		kPa	ϕ' Res		°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d		°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}		°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}		°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u		°

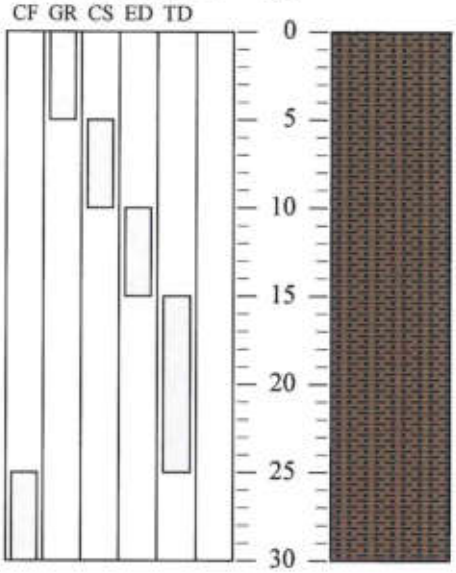
PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec	$C\alpha$
12.5÷25.0	8741	0.001228	1.38E-08	0.00014
25.0÷50.0	5302	0.001493	2.76E-08	0.00040
50.0÷100.0	3169	0.001295	4.01E-08	0.00138
100.0÷200.0	4260	0.000974	2.24E-08	0.00124
200.0÷400.0	6231	0.001104	1.74E-08	0.00215
400.0÷800.0	10776	0.001355	1.23E-08	0.00215
800.0÷1600.0	19289	0.000947	4.82E-09	0.00226

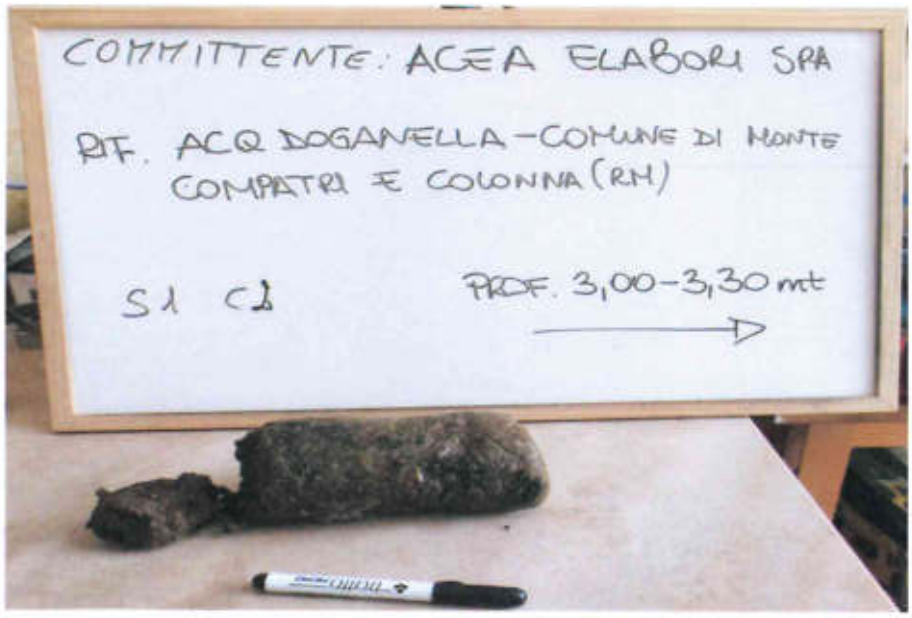
SABBIA DEBOLMENTE GHIAIOSA E LIMOSA E ARGILLOSA DI COLORE MARRONE-GRIGIASTRO.

COMMITTENTE:	ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA	
RIFERIMENTO:	Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23	
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 3.00 - 3.30

Posizione delle prove
CF GR CS ED TD



Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
	10		SABBIA DEBOLMENTE GHIAIOSA E LIMOSA E ARGILLOSA DI COLORE MARRONE-GRIGIASTRO. CLASSIFICAZIONE BASATA SUI LIMITI DI CONSISTENZA: MH o OH - Limi inorganici o argille e limi organici ad alta compressibilità dell'abaco di plasticità di Casagrande.
	10	30	MUNSELL SOIL COLOR: 10YR 5/2 Grayish brown



TIPO DI CAMPIONE

- [x] Cilindrico
- [ ] Cubico
- [ ] Massivo
- [ ] Sciolto

QUALITA' DEL CAMPIONE

- [x] Q5 (Ottima)
- [ ] Q4 (Buona)
- [ ] Q3 (Sufficiente)
- [ ] Q2 (Insufficiente)
- [ ] Q1 (Pessima)

DIMENSIONE DEL CAMPIONE

Diametro: 80 mm

CONTENITORE

Fustella metallica

SABBIA DEBOLMENTE GHIAIOSA E LIMOSA E ARGILLOSA DI COLORE MARRONE-GRIGIASTRO.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750

CERTIFICATO DI PROVA N°: 223/gr/23 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	26/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

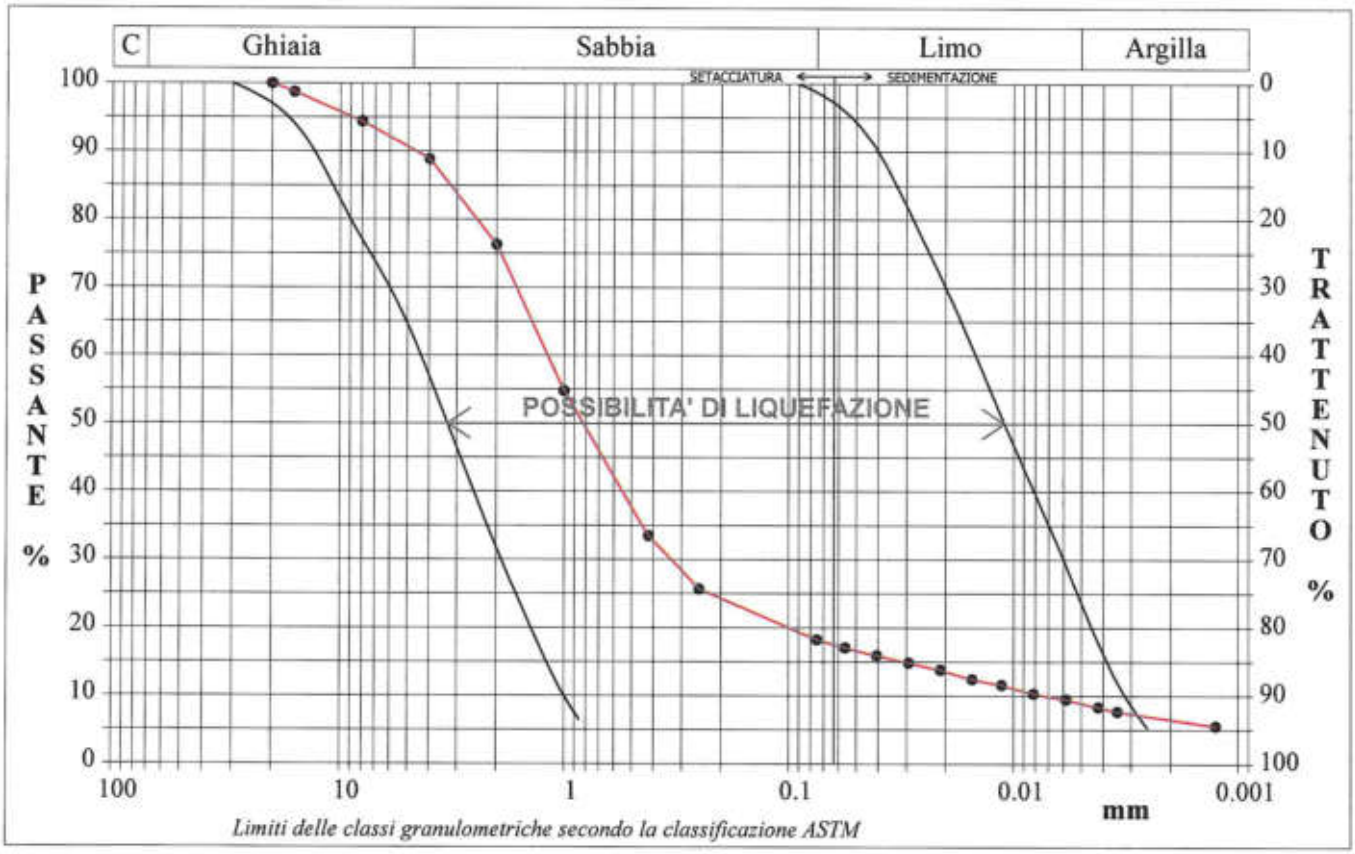
RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 3.00 - 3.30

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma UNI CEN IS 17892-4

Ghiaia	9.7 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	76.3 %	D_{10}	0.00716 mm
Sabbia	72.1 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	33.5 %	D_{30}	0.33254 mm
Limo	9.3 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	18.2 %	D_{50}	0.82279 mm
Argilla	8.9 %			D_{60}	1.18286 mm
Coefficiente di uniformità	165.32	Coefficiente di curvatura	13.07	D_{90}	4.59802 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione ASTM

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
20.0000	100.00	1.0000	54.78	0.0406	15.93	0.0082	10.34		
16.0000	98.75	0.4200	33.51	0.0293	14.87	0.0059	9.49		
8.0000	94.41	0.2500	25.71	0.0211	13.81	0.0042	8.35		
4.0000	88.89	0.0750	18.24	0.0153	12.46	0.0035	7.72		
2.0000	76.32	0.0562	17.06	0.0113	11.61	0.0013	5.59		

SABBIA DEBOLMENTE GHIAIOSA E LIMOSA E ARGILLOSA DI COLORE MARRONE-GRIGIASTRO.

SGEO - Laboratorio 6.3 - 2021

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

CERTIFICATO DI PROVA N°: 223/gr/23 Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	26/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 3.00 - 3.30

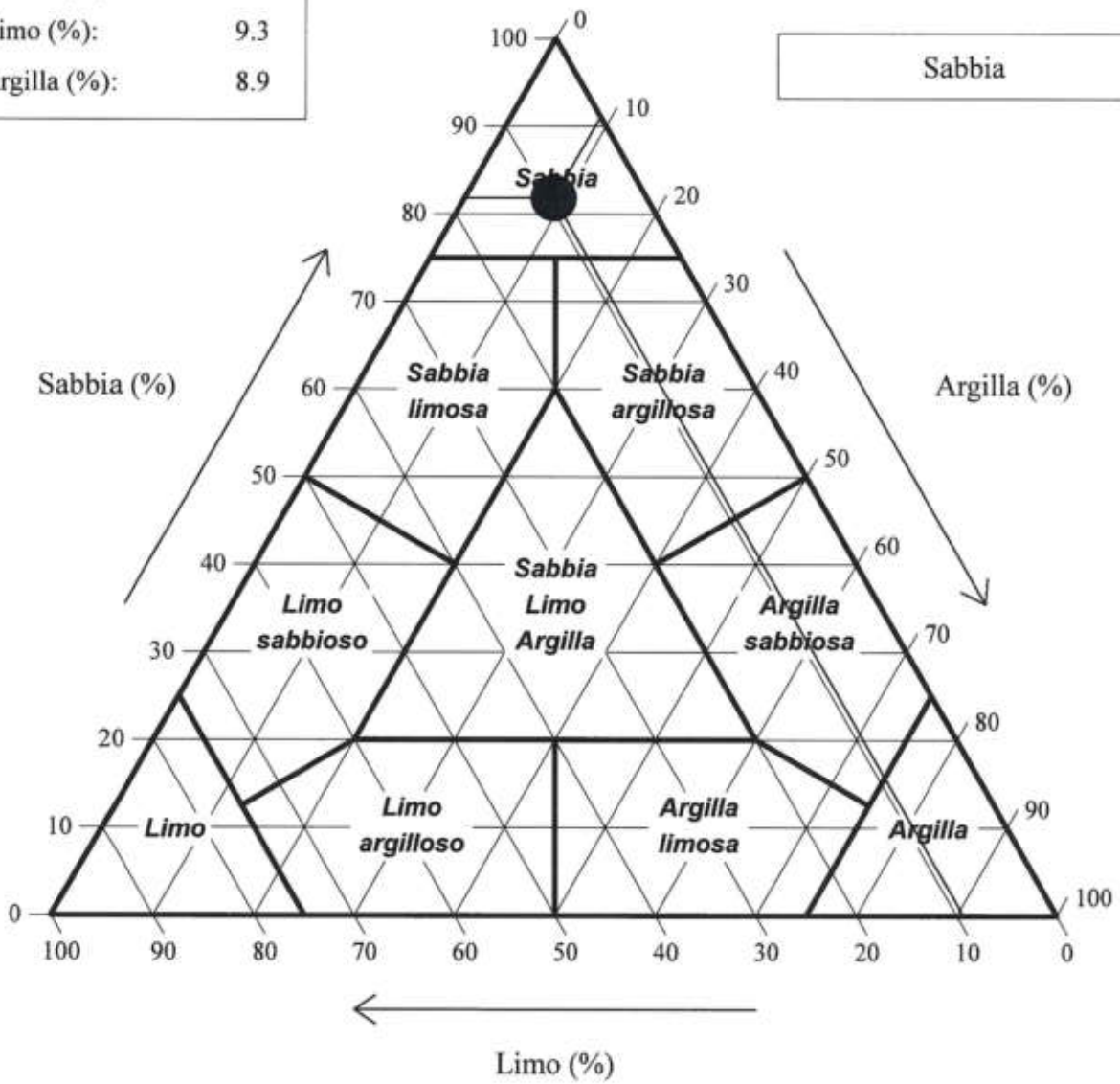
ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

Modalità di prova: Norma UNI CEN IS 17892-4

Sabbia (%):	81.8
Limo (%):	9.3
Argilla (%):	8.9

Diagramma di Shepard

Sabbia



SABBIA DEBOLMENTE GHIAIOSA E LIMOSA E ARGILLOSA DI COLORE MARRONE-GRIGIASTRO.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Carvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 223/u/23	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:	07 del 14/01/23	Apertura campione:	23/01/23	Fine analisi:	24/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 3.00 - 3.30

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-1

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 15.7 %

Struttura del materiale:
- ◉ Omogeneo
- ☐ Stratificato
- ☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Dimensione massima delle particelle: 16.00 mm

SABBIA DEBOLMENTE GHIAIOSA E LIMOSA E ARGILLOSA DI COLORE MARRONE-GRIGIASTRO.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DEL LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 223/pdv/23 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	23/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 3.00 - 3.30

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-2

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 21.0 kN/m³

SABBIA DEBOLMENTE GHIAIOSA E LIMOSA E ARGILLOSA DI COLORE MARRONE-GRIGIASTRO.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 223/ps/23 Pagina 1/1		DATA DI EMISSIONE:	31/01/23	Inizio analisi:	24/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23		Apertura campione:	23/01/23	Fine analisi:	24/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 3.00 - 3.30

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-3

γ_S = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 27.5 kN/m³

γ_{SC} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 27.6 kN/m³

Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 15.8 °C

Dimensione massima delle particelle: 16.00 mm

Disaerazione eseguita sotto vuoto

SABBIA DEBOLMENTE GHIAIOSA E LIMOSA E ARGILLOSA DI COLORE MARRONE-GRIGIASTRO.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 223/lc/23 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	24/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	25/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 3.00 - 3.30

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

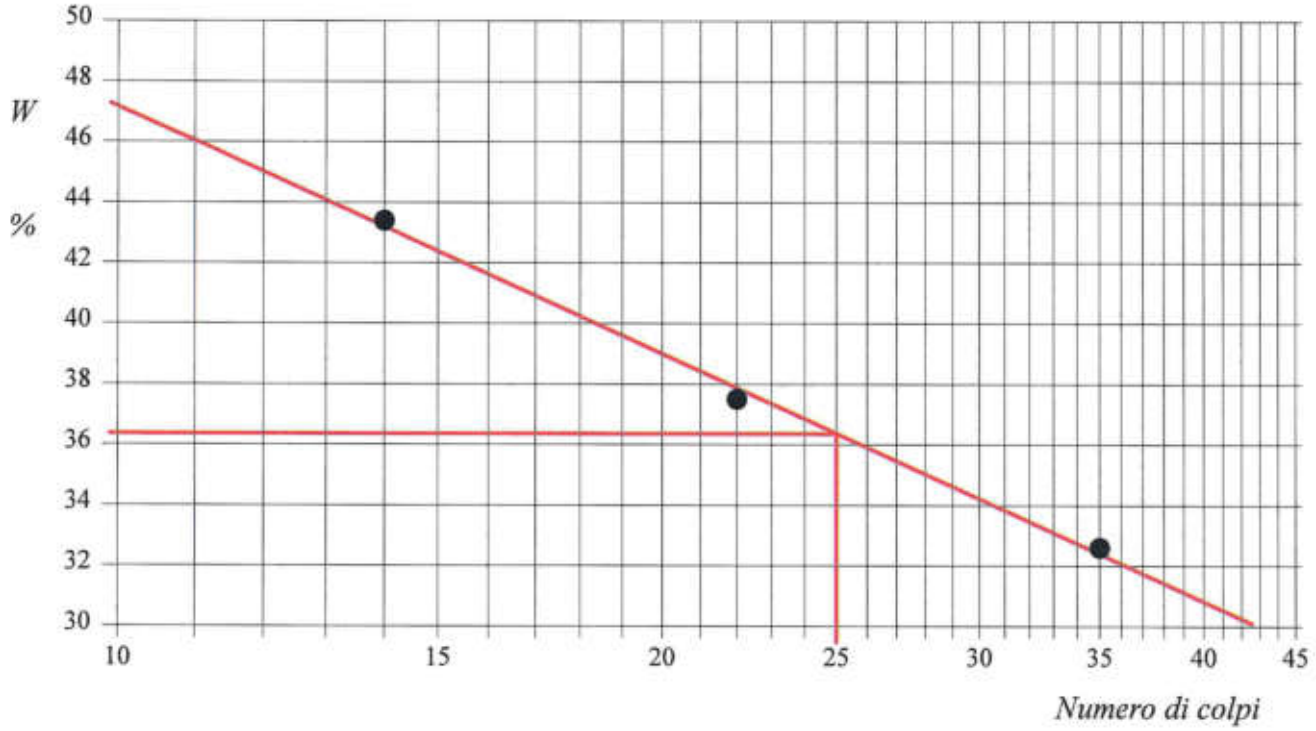
Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-12

Limite di liquidità	36.4	%
Limite di plasticità	26.7	%
Indice di plasticità	9.7	%

La prova è stata eseguita sulla frazione granulometrica passante al setaccio n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'						LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	14	22	35			Umidità (%)	26.6	26.8
Umidità (%)	43.4	37.5	32.6			Umidità media	26.7	

Determinazione del Limite di liquidità



SABBIA DEBOLMENTE GHIAIOSA E LIMOSA E ARGILLOSA DI COLORE MARRONE-GRIGIASTRO.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 223/lc/23 Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	24/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	25/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

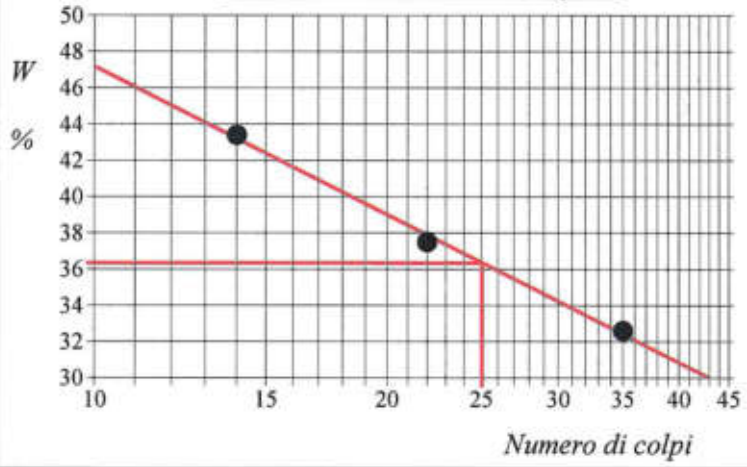
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 3.00 - 3.30

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-12

Limite di liquidità	36.4	%
Limite di plasticità	26.7	%
Indice di plasticità	9.7	%
Indice di consistenza	2.13	
Passante al set. n° 40	SI	

Determinazione del Limite di liquidità



C - Argille inorganiche	L - Bassa compressibilità
M - Limi inorganici	**I - Media compressibilità**
O - Argille e limi organici	H - Alta compressibilità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

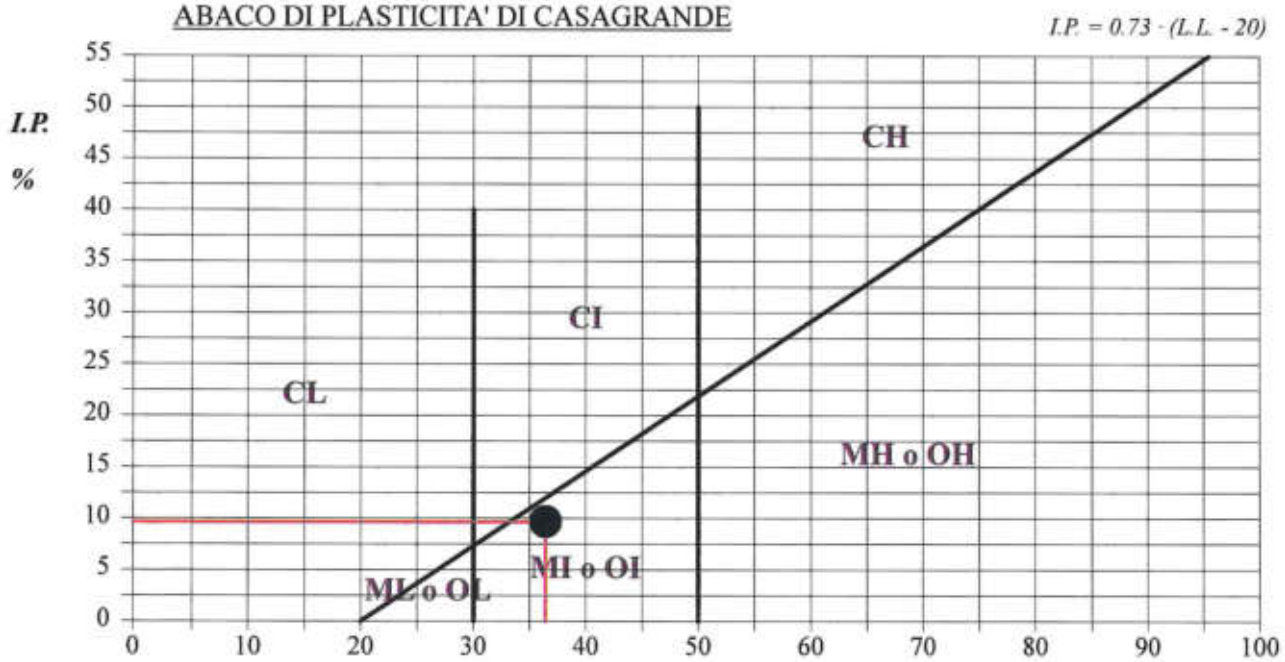


Diagramma Indice plastico - Limite liquido

SABBIA DEBOLMENTE GHIAIOSA E LIMOSA E ARGILLOSA DI COLORE MARRONE-GRIGIASTRO.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 223/gr/23 Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	26/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 3.00 - 3.30

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	76.3	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	33.5	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	18.2	%

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	36.4	%
Limite di plasticità	26.7	%
Indice di plasticità	9.7	%

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A2-4 INDICE DI GRUPPO: 0

Tipi usuali dei materiali principali:
Ghiaia limosa o argillosa e sabbia

SABBIA DEBOLMENTE GHIAIOSA E LIMOSA E ARGILLOSA DI COLORE MARRONE-GRIGIASTRO.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 223/ed/23 Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	30/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 3.00 - 3.30

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-5

Caratteristiche del campione	
Peso di volume (kN/m³)	21.02
Umidità (%)	15.7
Peso specifico (kN/m³)	27.55
Altezza provino (cm)	2.00
Diametro provino (cm)	5.00
Sezione provino (cm²)	19.63
Volume provino (cm³)	39.27
Volume dei vuoti (cm³)	13.38
Indice dei vuoti	0.52
Porosità (%)	34.07
Saturazione (%)	85.5

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI

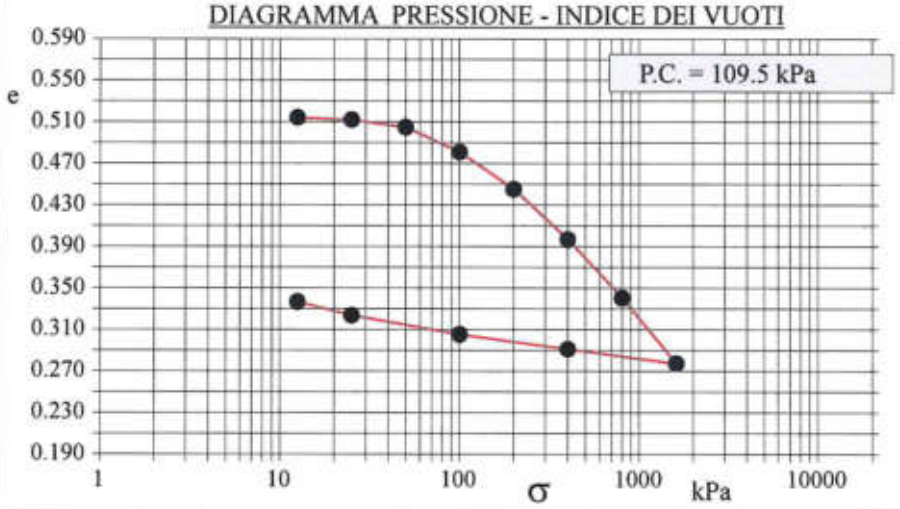
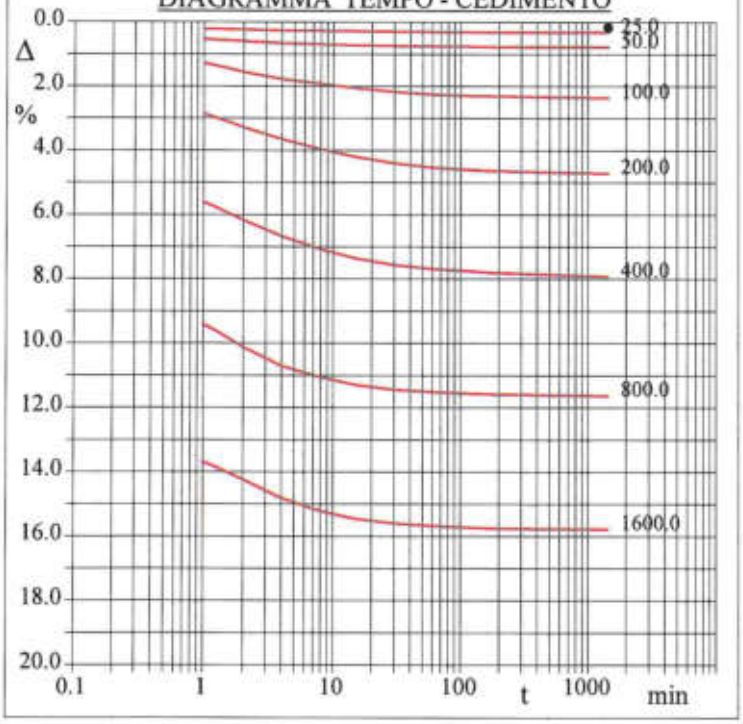


DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc
12.5	3.3	0.514	
25.0	6.2	0.512	0.007
50.0	15.6	0.505	0.024
100.0	47.2	0.481	0.080
200.0	94.1	0.445	0.118
400.0	158.3	0.397	0.162
800.0	232.5	0.340	0.187
1600.0	315.5	0.278	0.209
400.0	297.2	0.291	
100.0	278.8	0.305	
25.0	254.6	0.324	
12.5	237.2	0.337	

SABBIA DEBOLMENTE GHIAIOSA E LIMOSA E ARGILLOSA DI COLORE MARRONE-GRIGIASTRO.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

CERTIFICATO DI PROVA N°: 223/ed/23 Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	30/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 3.00 - 3.30

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-5

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 25.0 kPa		Pressione 50.0 kPa		Pressione 100.0 kPa		Pressione 200.0 kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0.00	3.3	0.00	6.2	0.00	15.6	0.00	47.2
1.00	4.1	1.00	10.6	1.00	25.4	1.00	57.2
2.00	4.6	2.00	11.9	2.00	31.0	2.00	65.5
4.00	5.0	4.00	13.0	4.00	35.4	4.00	72.8
8.00	5.3	8.00	13.8	8.00	38.4	8.00	79.2
15.00	5.6	15.00	14.2	15.00	41.0	15.00	83.9
30.00	5.8	30.00	14.6	30.00	43.4	30.00	87.8
60.00	5.9	60.00	14.9	60.00	44.9	60.00	90.4
120.00	6.0	120.00	15.2	120.00	45.7	120.00	92.0
180.00	6.0	180.00	15.3	180.00	46.0	180.00	92.6
1440.00	6.2	1440.00	15.6	1440.00	47.2	1440.00	94.1

Pressione 400.0 kPa		Pressione 800.0 kPa		Pressione 1600.0 kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0.00	94.1	0.00	158.3	0.00	232.5		
1.00	112.0	1.00	188.0	1.00	273.4		
2.00	123.2	2.00	202.1	2.00	284.4		
4.00	133.3	4.00	213.9	4.00	296.0		
8.00	141.3	8.00	220.8	8.00	304.2		
15.00	147.0	15.00	225.6	15.00	308.8		
30.00	151.1	30.00	228.6	30.00	311.8		
60.00	153.5	60.00	230.0	60.00	313.3		
120.00	155.0	120.00	230.9	120.00	314.2		
180.00	155.9	180.00	231.5	180.00	315.0		
1440.00	158.3	1440.00	232.5	1440.00	315.5		

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. TECNICO SPERIMENTATORE RUFFANO

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 223/Cs/23 Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	25/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	25/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 3.00 - 3.30

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-7

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	-----	-----
Velocità di deformazione (mm/min):	1.270	-----	-----
Peso di volume (kN/m³):	21.0	-----	-----
Deformazione a rottura (%):	7.22	-----	-----
Sforzo a rottura (kPa):	18.1	-----	-----

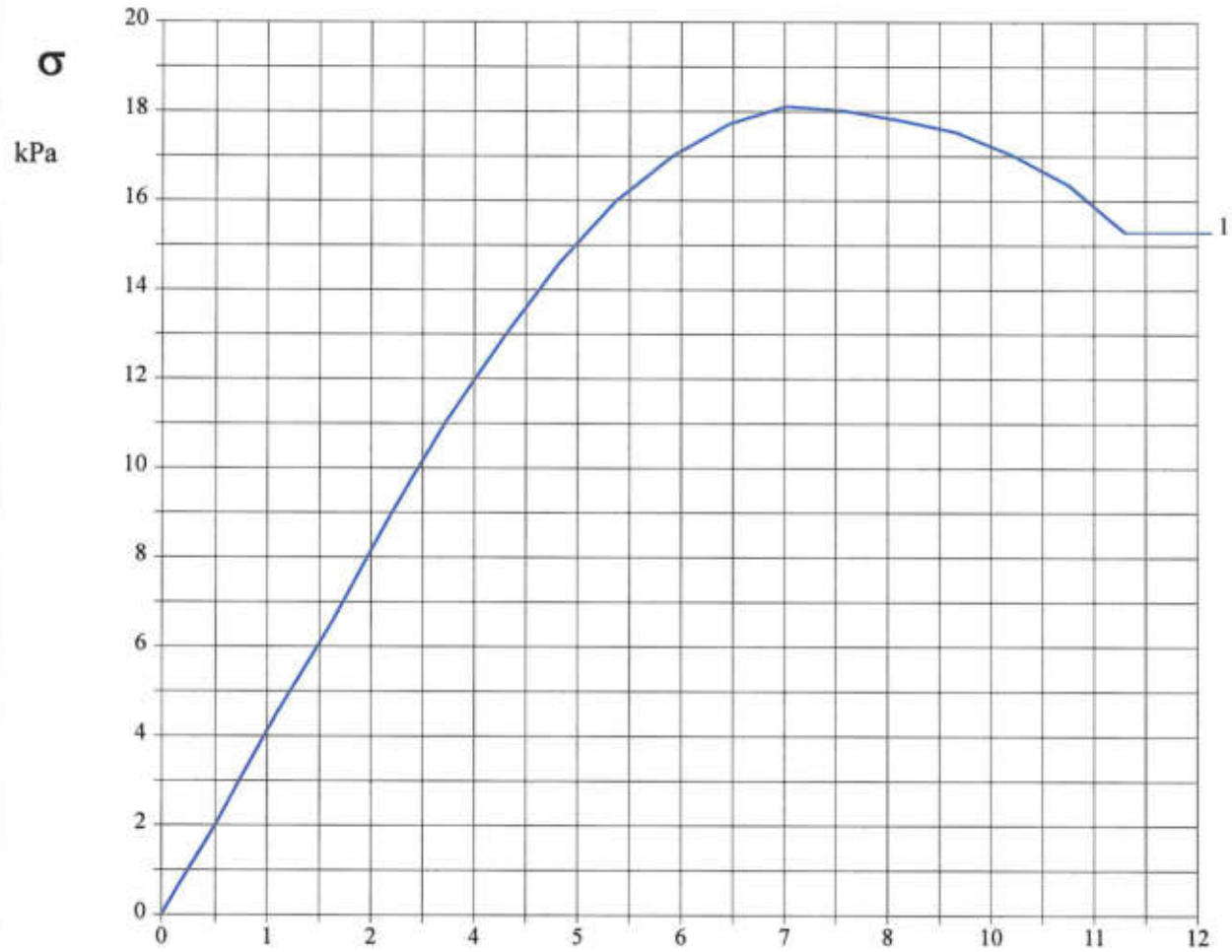


DIAGRAMMA SFORZO - DEFORMAZIONE

SABBIA DEBOLMENTE GHIAIOSA E LIMOSA E ARGILLOSA DI COLORE MARRONE-GRIGIASTRO.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 223/Cs/23 Pagina 2/2		DATA DI EMISSIONE:	31/01/23	Inizio analisi:	25/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23		Apertura campione:	23/01/23	Fine analisi:	25/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 3.00 - 3.30

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-7

Provino 1				Provino 2				Provino 3			
Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione
%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa
0.66	2.2										
1.31	4.5										
1.97	6.6										
2.62	9.0										
3.28	11.1										
3.94	12.9										
4.59	14.6										
5.25	16.0										
5.91	17.0										
6.56	17.7										
7.22	18.1										
7.87	18.0										
8.53	17.8										
9.19	17.5										
9.84	17.0										
10.50	16.4										
11.15	15.3										

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 223/td/23 Pagina 1/4	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	27/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 3.00 - 3.30

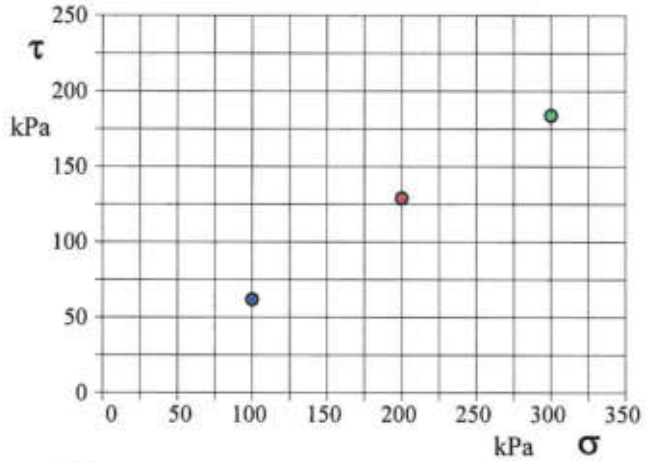
PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-10

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Indisturbato		Indisturbato		Indisturbato	
Pressione verticale (kPa):	100		200		300	
Tensione a rottura (kPa):	62		129		184	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	6.50	-0.14	7.00	-0.23	8.00	-0.26
Umidità iniziale e umidità finale (%):	15.9	19.3	16.0	19.1	15.9	19.3
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	21.0	25.1	21.0	27.4	21.0	29.5
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	86.2	100.0	86.4	100.0	86.3	100.0

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale



Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0.004 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

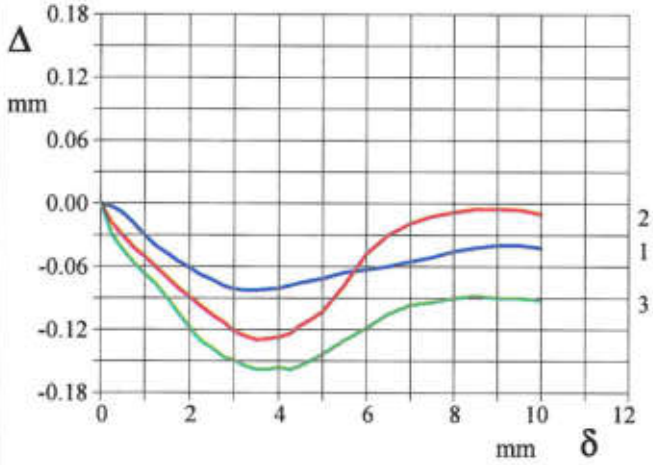


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

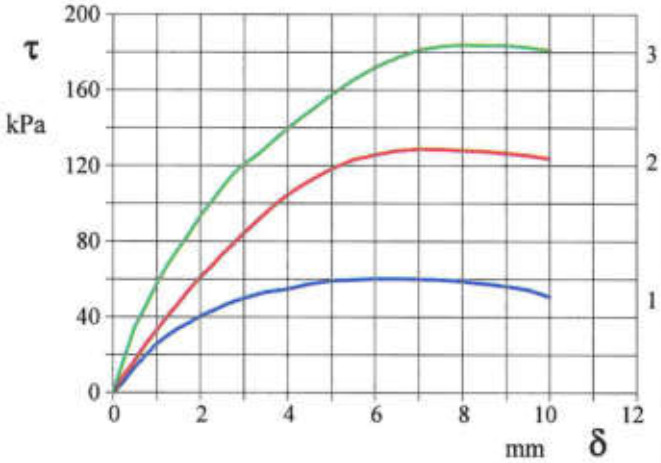


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

SABBIA DEBOLMENTE GHIAIOSA E LIMOSA E ARGILLOSA DI COLORE MARRONE-GRIGIASTRO.

SGEO - Laboratorio 6.3 - 2021

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 223/td/23 Pagina 2/4	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	27/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 3.00 - 3.30

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-10

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0.250	5.8	0.00	0.250	9.2	-0.02	0.250	17.6	-0.03
0.500	13.3	-0.01	0.500	16.6	-0.03	0.500	34.4	-0.04
0.750	19.5	-0.02	0.750	25.5	-0.04	0.750	45.7	-0.06
1.000	25.8	-0.03	1.000	33.0	-0.05	1.000	57.7	-0.07
1.250	30.1	-0.04	1.250	40.5	-0.06	1.250	67.7	-0.08
1.500	34.0	-0.05	1.500	47.2	-0.07	1.500	76.0	-0.09
1.750	37.2	-0.05	1.750	54.6	-0.08	1.750	84.5	-0.10
2.000	40.4	-0.06	2.000	61.1	-0.09	2.000	93.5	-0.12
2.250	43.1	-0.07	2.250	66.9	-0.10	2.250	101.0	-0.13
2.500	45.7	-0.07	2.500	73.1	-0.11	2.500	108.5	-0.14
2.750	48.0	-0.08	2.750	78.8	-0.11	2.750	115.6	-0.15
3.000	50.0	-0.08	3.000	84.5	-0.12	3.000	121.0	-0.15
3.250	51.6	-0.08	3.250	89.9	-0.13	3.250	124.7	-0.15
3.500	53.2	-0.08	3.500	95.2	-0.13	3.500	129.8	-0.16
4.000	54.9	-0.08	3.750	100.1	-0.13	3.750	134.7	-0.16
4.500	57.5	-0.08	4.000	104.8	-0.13	4.000	139.6	-0.16
5.000	59.3	-0.07	4.250	108.4	-0.12	4.250	144.5	-0.16
5.500	59.8	-0.07	4.500	112.2	-0.12	4.500	148.7	-0.15
6.000	60.3	-0.06	4.750	115.4	-0.11	4.750	153.0	-0.15
6.500	60.3	-0.06	5.000	118.4	-0.10	5.000	157.6	-0.14
7.000	60.1	-0.05	5.500	123.2	-0.08	5.500	165.5	-0.13
7.500	59.8	-0.05	6.000	125.7	-0.05	6.000	171.9	-0.12
8.000	59.0	-0.05	6.500	128.0	-0.03	6.500	177.0	-0.11
8.500	57.7	-0.04	7.000	129.0	-0.02	7.000	181.1	-0.10
9.000	56.4	-0.04	7.500	128.7	-0.01	7.500	183.0	-0.09
9.500	54.5	-0.04	8.000	128.2	-0.01	8.000	183.9	-0.09
10.000	50.8	-0.04	8.500	127.8	0.00	8.500	183.5	-0.09
			9.000	126.6	-0.01	9.000	183.6	-0.09
			9.500	125.7	-0.01	9.500	182.5	-0.09
			10.000	123.8	-0.01	10.000	180.8	-0.09

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 223/td/23 Pagina 3/4	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	27/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 3.00 - 3.30

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-10

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	100
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.726
Sezione (cm²):	36.00
T_{50} (min)	5.7
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0.018

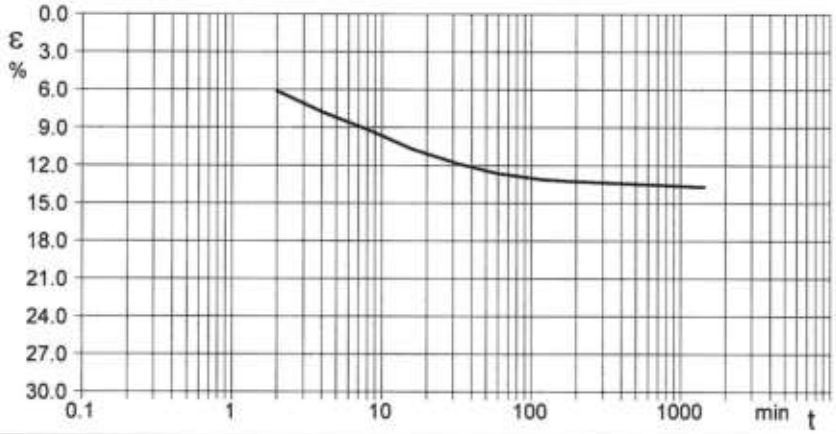


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	200
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.575
Sezione (cm²):	36.00
T_{50} (min)	4.5
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0.022

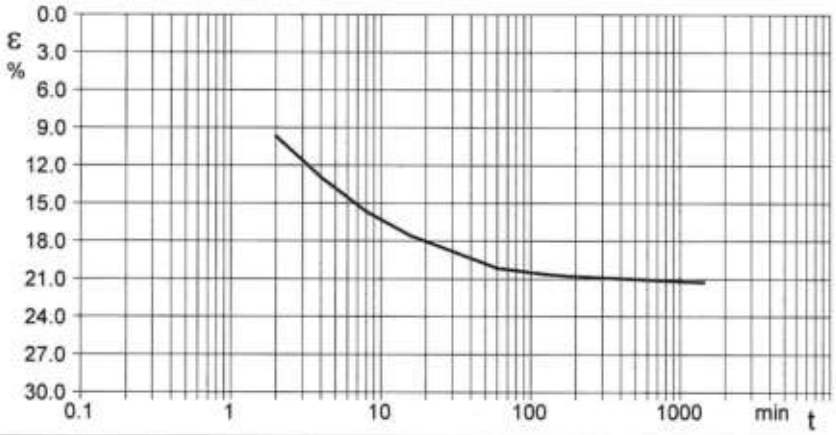
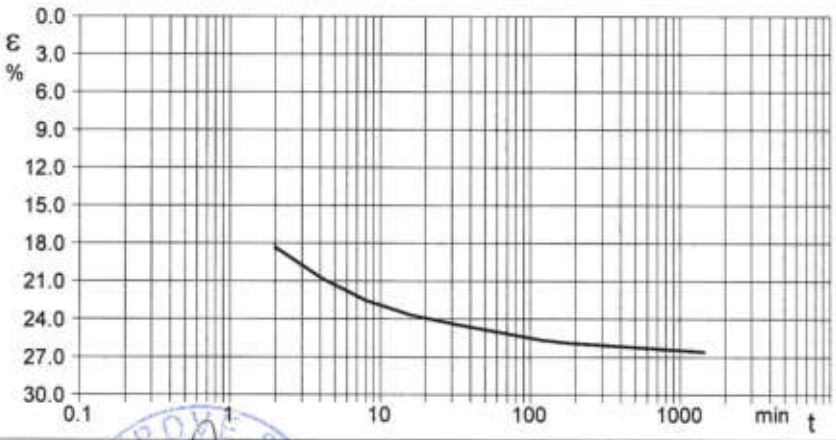


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	300
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.468
Sezione (cm²):	36.00
T_{50} (min)	3.5
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0.029



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata $tf = 50 \times T_{50}$ Vs = Df / tf

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 223/td/23 Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	27/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 3.00 - 3.30

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-10

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Cedim. %	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Cedim. %	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Cedim. %
0.00	0.00	0.00	0.00	125.00	6.25	0.00	0.00	0.00
2.00	122.25	6.11	2.00	193.58	9.68	2.00	366.62	18.33
4.00	155.49	7.77	4.00	258.64	12.93	4.00	414.48	20.72
8.00	183.53	9.18	8.00	313.35	15.67	8.00	450.82	22.54
16.00	214.16	10.71	16.00	351.97	17.60	16.00	473.57	23.68
32.00	237.03	11.85	32.00	378.84	18.94	32.00	488.34	24.42
60.00	252.78	12.64	60.00	403.18	20.16	60.00	500.20	25.01
120.00	262.80	13.14	120.00	412.22	20.61	120.00	513.13	25.66
180.00	265.23	13.26	180.00	415.63	20.78	180.00	517.86	25.89
1440.00	274.18	13.71	1440.00	425.08	21.25	1440.00	531.81	26.59

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

COMMITTENTE:	ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA	
RIFERIMENTO:	Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23	
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 3.00 - 3.30

CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

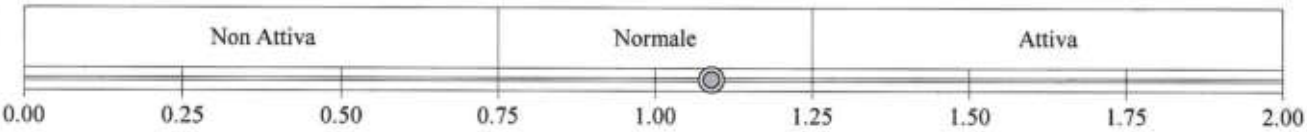
Classifica A.G.I.	Sabbia debolmente ghiaiosa e limosa e argillosa

CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

Abaco di plasticità di Casagrande	MI o OI - Limi inorganici o argille e limi organici a media compressibilità

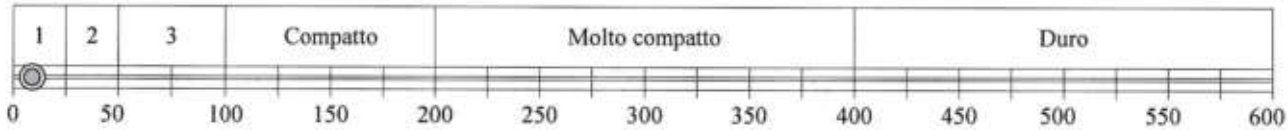
I.C. = Indice di consistenza = (LL - Wn) / IP = 2.13

A = Attività (Skempton) = IP / CF (clay fraction) = 1.09



CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA

Coesione non drenata [da Prova di Compressione ad E.L.L.] = 9 kPa



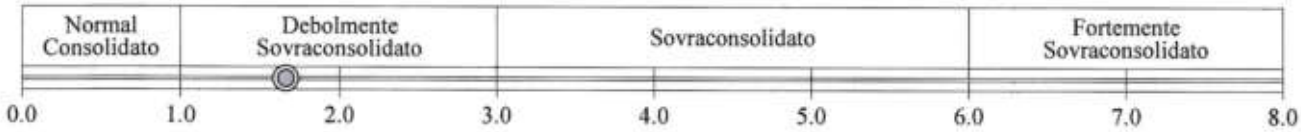
1 - Molto molle 2 - Molle 3 - Mediamente compatto

CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 66.0kPa

Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 109.5kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 1.66



SABBIA DEBOLMENTE GHIAIOSA E LIMOSA E ARGILLOSA DI COLORE MARRONE-GRIGIASTRO.

COMMITTENTE:	ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA
RIFERIMENTO:	Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 8.00 - 8.50

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	15.3	%
Peso di volume	20.2	kN/m³
Peso di volume secco	17.5	kN/m³
Peso di volume saturo	20.5	kN/m³
Peso specifico	25.1	kN/m³
Indice dei vuoti	0.435	
Porosità	30.3	%
Grado di saturazione	89.9	%
Limite di liquidità	30.5	%
Limite di plasticità	19.5	%
Indice di plasticità	11.0	%
Indice di consistenza	1.38	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A2-6 I.G. = 0	

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	23.2	%
Sabbia	57.8	%
Limo	9.5	%
Argilla	9.5	%
D 10	0.005802	mm
D 50	0.947626	mm
D 60	1.626503	mm
D 90	12.044590	mm
Passante set. 10	63.8	%
Passante set. 42	33.9	%
Passante set. 200	19.0	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec

COMPRESSIONE

σ	59	kPa	σ Rim		kPa
c_u	29	kPa	c_u Rim		kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta

c'	6.8	kPa	ϕ'	32.2	°
c' Res		kPa	ϕ' Res		°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

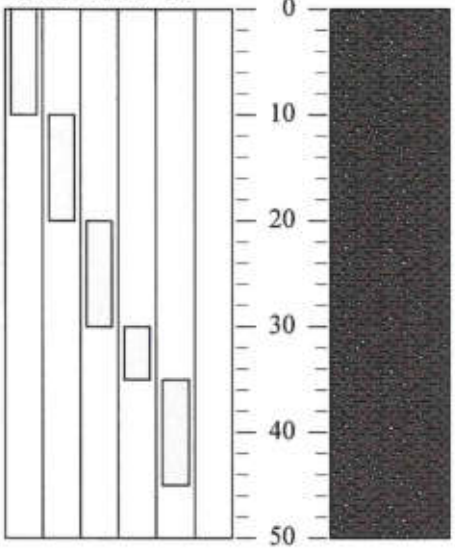
C.D.	c_d	kPa	ϕ_d		°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}		°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}		°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u		°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec	$C\alpha$
12.5÷25.0	3623	0.001046	2.83E-08	0.00029
25.0÷50.0	3425	0.000670	1.92E-08	0.00072
50.0÷100.0	3205	0.000483	1.48E-08	0.00161
100.0÷200.0	3899	0.000426	1.07E-08	0.00233
200.0÷400.0	5780	0.000484	8.21E-09	0.00276
400.0÷800.0	9804	0.000536	5.36E-09	0.00314
800.0÷1600.0	17503	0.000432	2.42E-09	0.00364

SABBIA GHIAIOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA E LIMOSA DI COLORE MARRONE.

COMMITTENTE:	ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA	
RIFERIMENTO:	Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23	
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C3	PROFONDITA': m 8.00 - 8.50



Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
	25 30 30	50	SABBIA GHIAIOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA E LIMOSA DI COLORE MARRONE. CLASSIFICAZIONE BASATA SUI LIMITI DI CONSISTENZA: CI - Argille inorganiche a media compressibilità dell'abaco di plasticità di Casagrande. MUNSELL SOIL COLOR: 7.5YR 4/3 Brown

TIPO DI CAMPIONE

- [x] Cilindrico
- [ ] Cubico
- [ ] Massivo
- [ ] Sciolto

QUALITA' DEL CAMPIONE

- [x] Q5 (Ottima)
- [ ] Q4 (Buona)
- [ ] Q3 (Sufficiente)
- [ ] Q2 (Insufficiente)
- [ ] Q1 (Pessima)

DIMENSIONE DEL CAMPIONE

Diametro: 80 mm

CONTENITORE

Fustella metallica

SABBIA GHIAIOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA E LIMOSA DI COLORE MARRONE.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 224/g/23 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	26/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

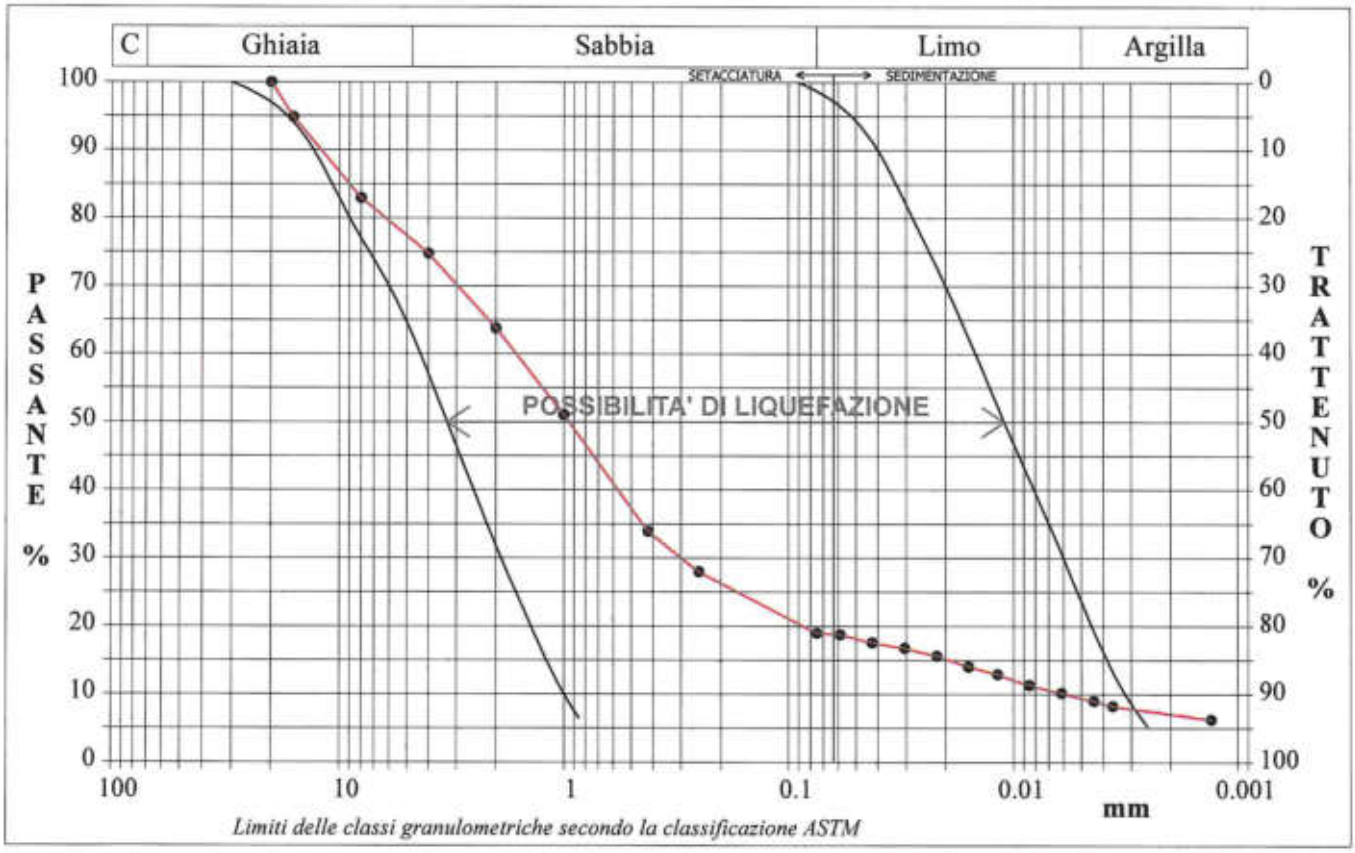
RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 8.00 - 8.50

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma UNI CEN IS 17892-4

Ghiaia	23.2 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	63.8 %	D_{10}	0.00580 mm
Sabbia	57.8 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	33.9 %	D_{30}	0.29800 mm
Limo	9.5 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	19.0 %	D_{50}	0.94763 mm
Argilla	9.5 %			D_{60}	1.62650 mm
Coefficiente di uniformità	280.36	Coefficiente di curvatura	9.41	D_{90}	12.04459 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione ASTM

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
20.0000	100.00	1.0000	51.06	0.0425	17.59	0.0085	11.36		
16.0000	94.89	0.4200	33.93	0.0304	16.81	0.0061	10.20		
8.0000	82.95	0.2500	27.99	0.0219	15.64	0.0044	9.03		
4.0000	74.78	0.0750	18.98	0.0159	14.09	0.0036	8.25		
2.0000	63.80	0.0589	18.76	0.0118	12.92	0.0013	6.30		

SABBIA GHIAIOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA E LIMOSA DI COLORE MARRONE.

GEOPROVE S.R.L. TECNICO LABORATORIO ROLFANO (LE)

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

CERTIFICATO DI PROVA N°: 224/g/23 Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	26/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

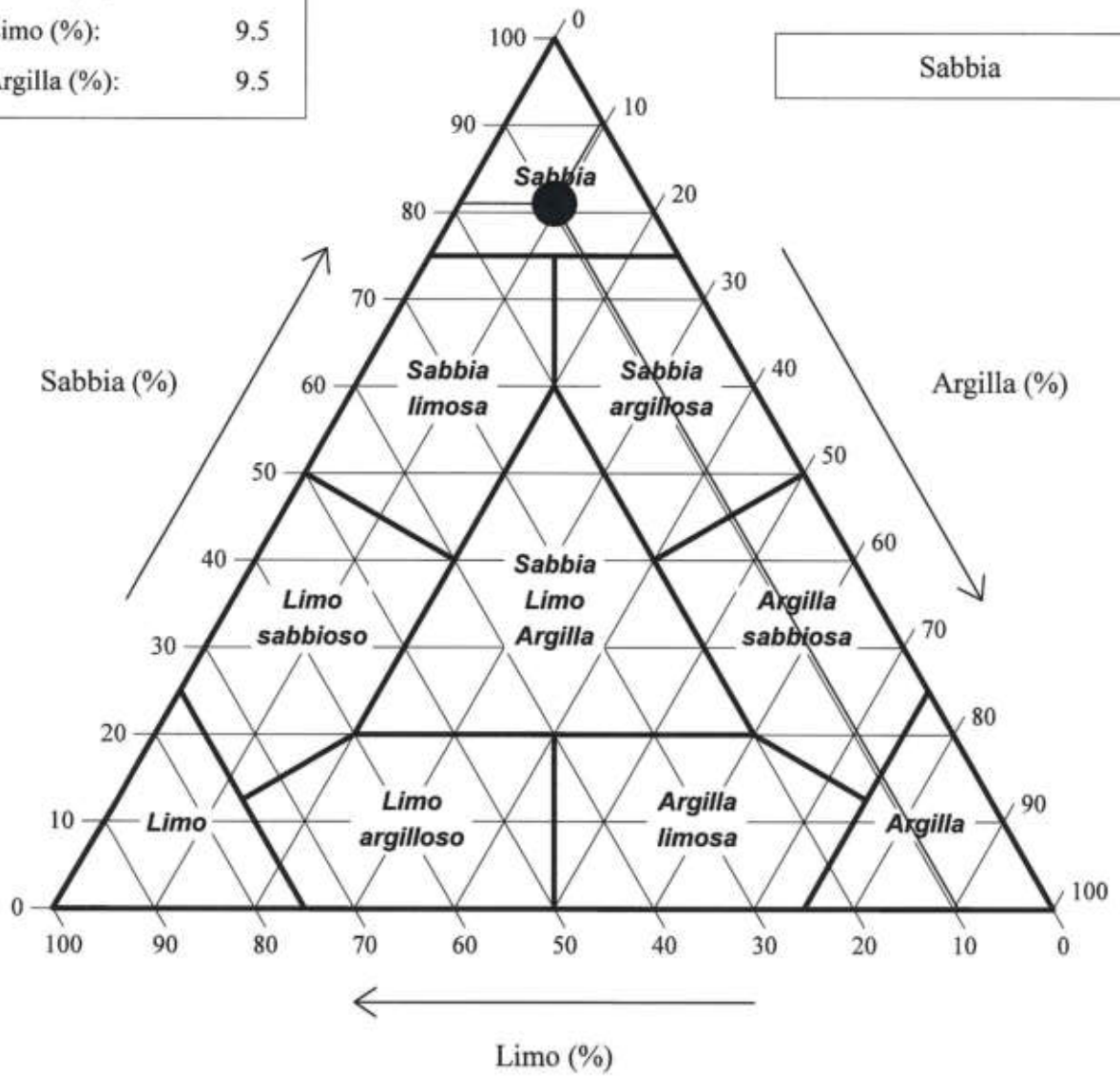
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 8.00 - 8.50

ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

Modalità di prova: Norma UNI CEN IS 17892-4

Sabbia (%):	81.0
Limo (%):	9.5
Argilla (%):	9.5

Diagramma di Shepard



SABBIA GHIAIOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA E LIMOSA DI COLORE MARRONE.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 224/u/23 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	24/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 8.00 - 8.50

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-1

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 15.3 %

Struttura del materiale:
- ◉ Omogeneo
- ☐ Stratificato
- ☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Dimensione massima delle particelle: 16.00 mm

SABBIA GHIAIOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA E LIMOSA DI COLORE MARRONE.

Tecnico di laboratorio
Dott.Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 224/pdv/23 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione:	23/01/23	Fine analisi:	23/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 8.00 - 8.50

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-2

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 20.2 kN/m³

SABBIA GHIAIOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA E LIMOSA DI COLORE MARRONE.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 224/ps/23 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	24/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	24/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 8.00 - 8.50

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-3

γ_S = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 25.1 kN/m³

γ_{SC} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 25.1 kN/m³

Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 16.2 °C

Dimensione massima delle particelle: 16.00 mm

Disaerazione eseguita sotto vuoto

SABBIA GHIAIOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA E LIMOSA DI COLORE MARRONE.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 224/g/23 Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	26/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 8.00 - 8.50

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	63.8	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	33.9	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	19.0	%

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	30.5	%
Limite di plasticità	19.5	%
Indice di plasticità	11.0	%

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A2-6 INDICE DI GRUPPO: 0

Tipi usuali dei materiali principali:
Ghiaia limosa o argillosa e sabbia

SABBIA GHIAIOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA E LIMOSA DI COLORE MARRONE.

Tecnico di laboratorio
Dott.Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

CERTIFICATO DI PROVA N°: 224/lc/23 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	24/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	25/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 8.00 - 8.50

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

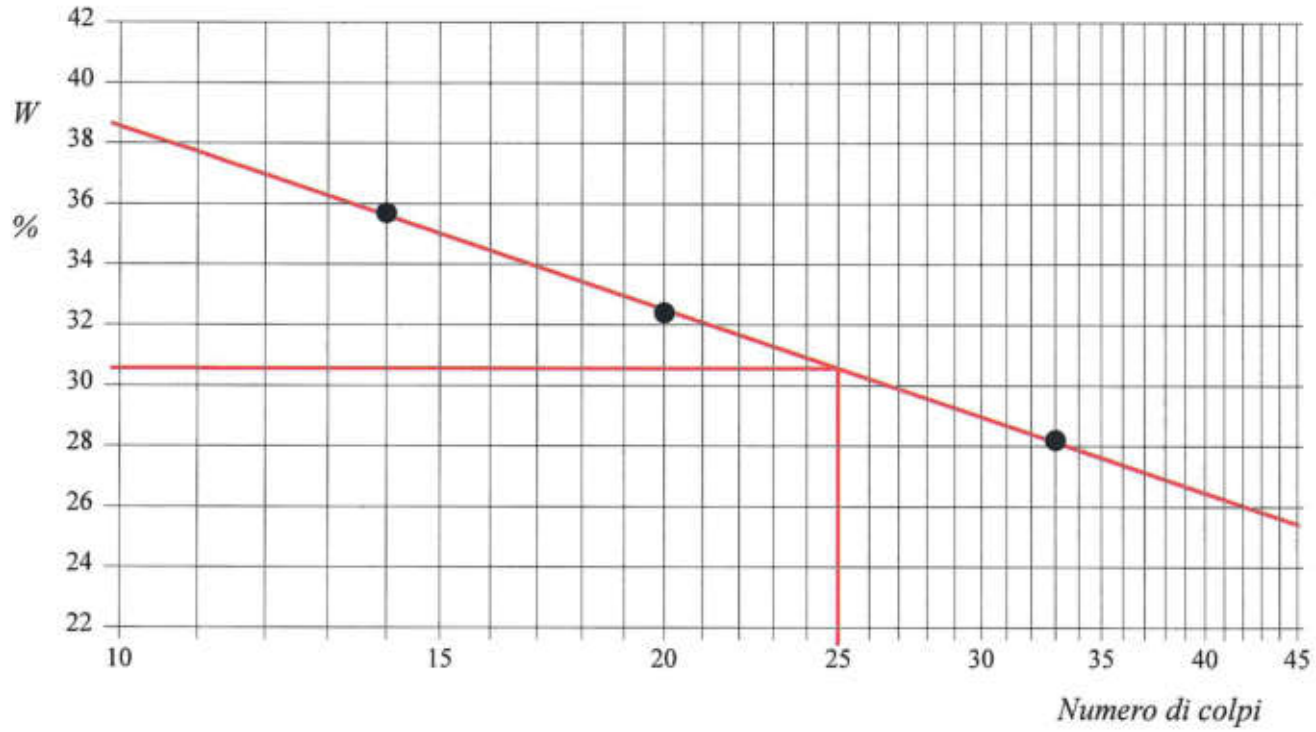
Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-12

Limite di liquidità	30.5	%
Limite di plasticità	19.5	%
Indice di plasticità	11.0	%

La prova è stata eseguita sulla frazione granulometrica passante al setaccio n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'						LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	14	20	33			Umidità (%)	19.4	19.5
Umidità (%)	35.7	32.4	28.2			Umidità media	19.5	

Determinazione del Limite di liquidità



SABBIA GHIAIOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA E LIMOSA DI COLORE MARRONE.

Tecnico di laboratorio
Dott.Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

CERTIFICATO DI PROVA N°: 224/lc/23 Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	24/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	25/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

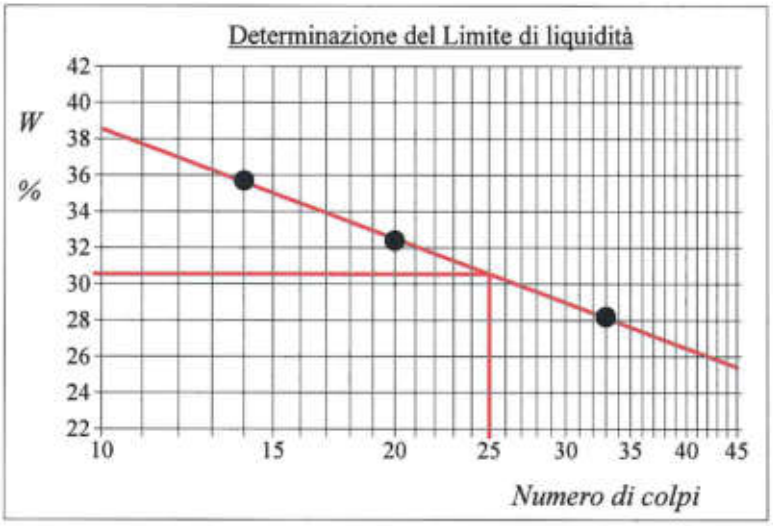
RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 8.00 - 8.50

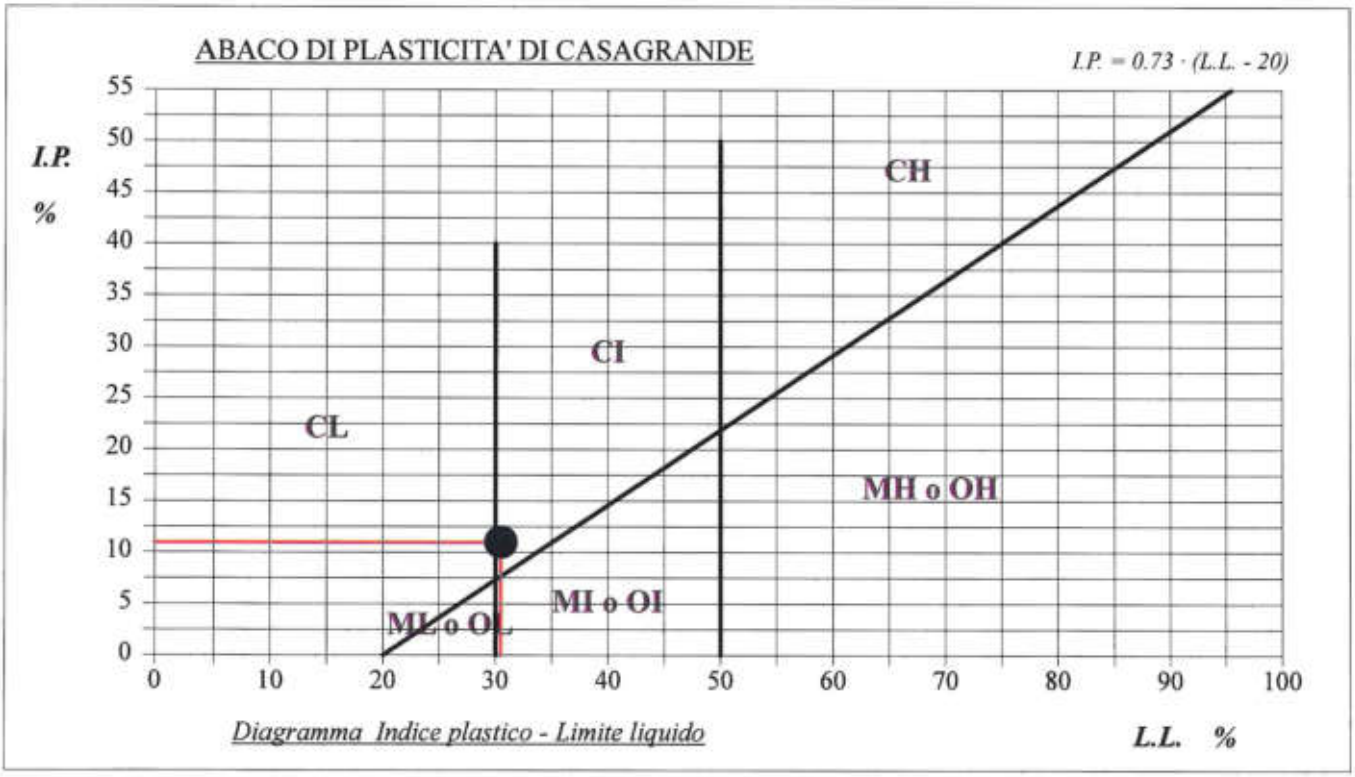
ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-12

Limite di liquidità	30.5	%
Limite di plasticità	19.5	%
Indice di plasticità	11.0	%
Indice di consistenza	1.38	
Passante al set. n° 40	SI	



C - Argille inorganiche	L - Bassa compressibilità
M - Limi inorganici	**I - Media compressibilità**
O - Argille e limi organici	H - Alta compressibilità



SABBIA GHIAIOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA E LIMOSA DI COLORE MARRONE.

Tecnico di laboratorio
Dott.Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

CERTIFICATO DI PROVA N°: 224/ed/23 Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	30/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 8.00 - 8.50

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-5

Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	20.18
Umidità (%)	15.3
Peso specifico (kN/m³)	25.12
Altezza provino (cm)	2.00
Diametro provino (cm)	5.00
Sezione provino (cm²)	19.63
Volume provino (cm³)	39.27
Volume dei vuoti (cm³)	11.91
Indice dei vuoti	0.44
Porosità (%)	30.34
Saturazione (%)	89.9

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI

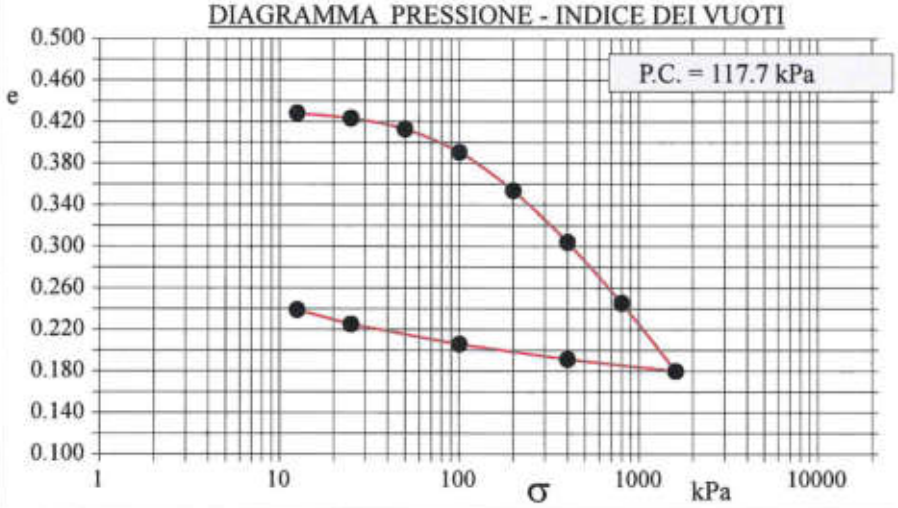
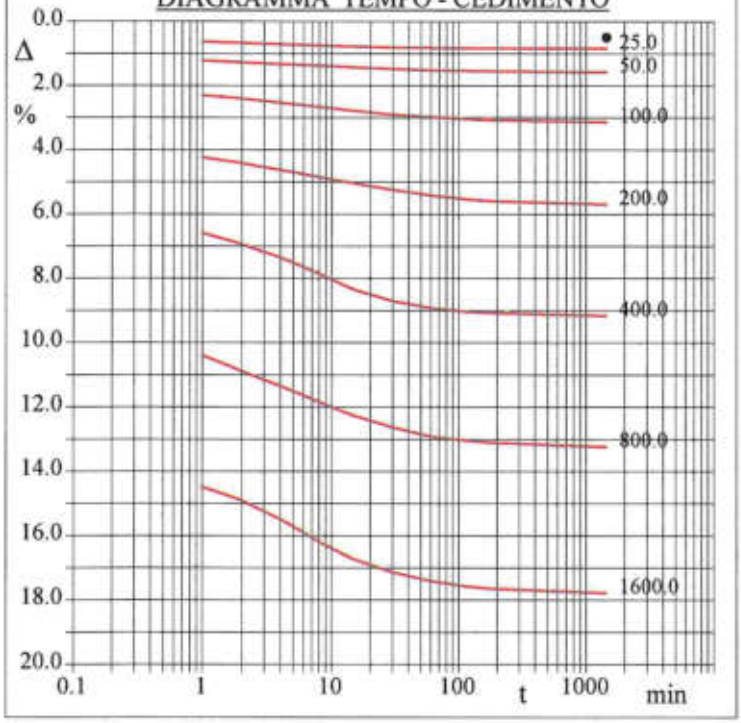


DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc
12.5	9.8	0.428	
25.0	16.7	0.423	0.016
50.0	31.3	0.413	0.035
100.0	62.5	0.391	0.074
200.0	113.8	0.354	0.122
400.0	183.0	0.304	0.165
800.0	264.6	0.246	0.195
1600.0	356.0	0.180	0.218
400.0	340.1	0.191	
100.0	319.8	0.206	
25.0	293.0	0.225	
12.5	273.4	0.239	

SABBIA GHIAIOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA E LIMOSA DI COLORE MARRONE.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 224/ed/23 Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	30/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 8.00 - 8.50

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-5

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 25.0 kPa		Pressione 50.0 kPa		Pressione 100.0 kPa		Pressione 200.0 kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0.00	9.8	0.00	16.7	0.00	31.3	0.00	62.5
1.00	12.4	1.00	24.3	1.00	46.0	1.00	84.6
2.00	13.3	2.00	25.3	2.00	48.0	2.00	88.1
4.00	14.1	4.00	26.3	4.00	50.5	4.00	92.5
8.00	14.9	8.00	27.5	8.00	53.2	8.00	96.7
15.00	15.5	15.00	28.5	15.00	55.5	15.00	100.6
30.00	16.0	30.00	29.5	30.00	57.8	30.00	104.8
60.00	16.2	60.00	30.2	60.00	59.4	60.00	108.1
120.00	16.4	120.00	30.6	120.00	60.7	120.00	110.6
180.00	16.5	180.00	30.8	180.00	61.3	180.00	111.7
1440.00	16.7	1440.00	31.3	1440.00	62.5	1440.00	113.8

Pressione 400.0 kPa		Pressione 800.0 kPa		Pressione 1600.0 kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0.00	113.8	0.00	183.0	0.00	264.6		
1.00	131.7	1.00	207.8	1.00	289.6		
2.00	138.5	2.00	217.5	2.00	297.8		
4.00	146.8	4.00	226.6	4.00	309.4		
8.00	156.9	8.00	236.7	8.00	323.2		
15.00	166.9	15.00	245.3	15.00	334.4		
30.00	173.9	30.00	252.3	30.00	342.4		
60.00	178.3	60.00	258.0	60.00	347.8		
120.00	180.6	120.00	260.8	120.00	351.4		
180.00	181.2	180.00	262.0	180.00	352.6		
1440.00	183.0	1440.00	264.6	1440.00	356.0		

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 02940550750

CERTIFICATO DI PROVA N°: 224/cs/23 Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	26/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	26/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 8.00 - 8.50

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-7

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	-----	-----
Velocità di deformazione (mm/min):	1.270	-----	-----
Peso di volume (kN/m³):	20.2	-----	-----
Deformazione a rottura (%):	5.25	-----	-----
Sforzo a rottura (kPa):	58.5	-----	-----

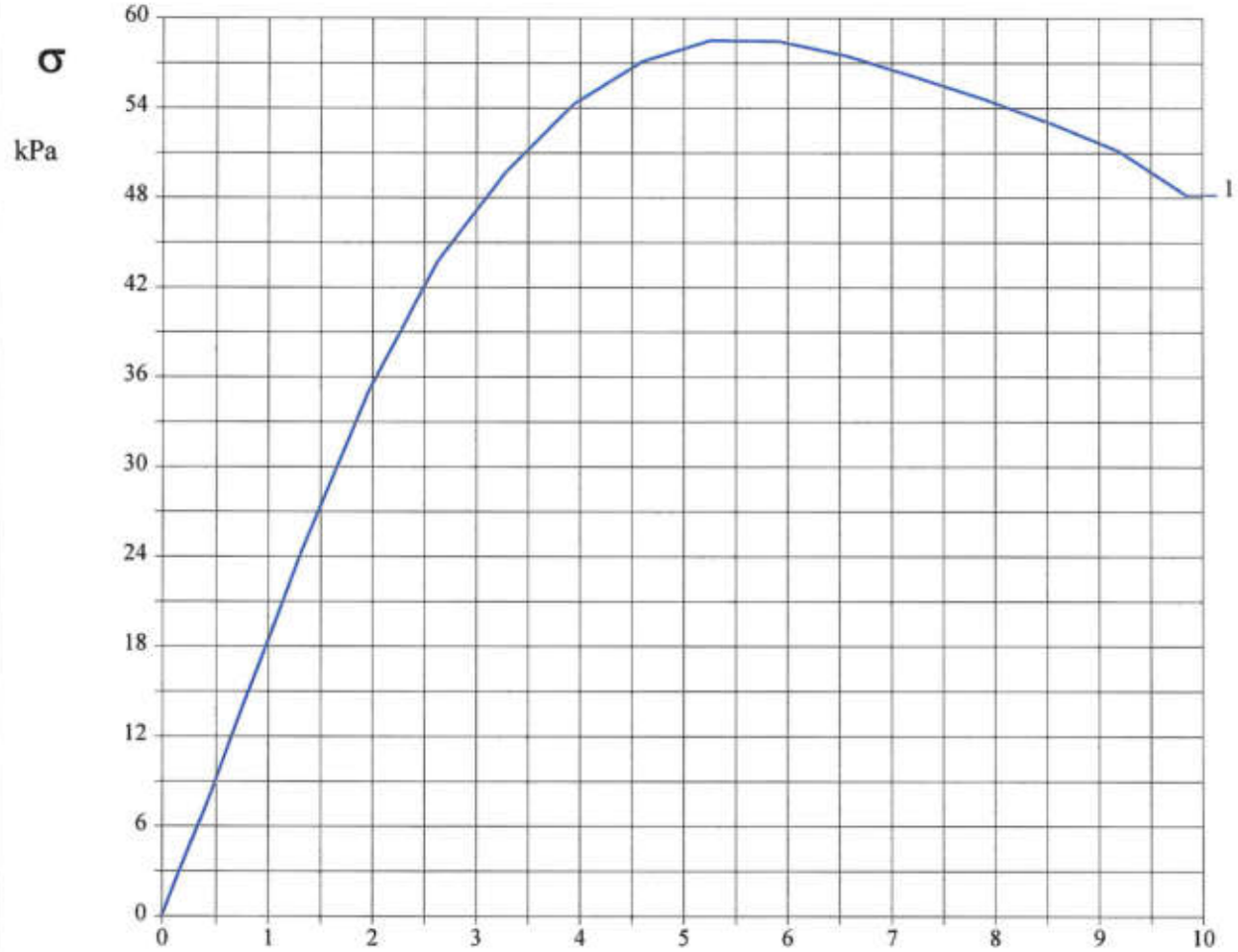


DIAGRAMMA SFORZO - DEFORMAZIONE

SABBIA GHIAIOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA E LIMOSA DI COLORE MARRONE.

SGEO - Laboratorio 6.3 - 2021

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

CERTIFICATO DI PROVA N°: 224/cs/23 Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	26/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	26/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 8.00 - 8.50

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-7

Provino 1				Provino 2				Provino 3			
Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione
%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa
0.66	12.0										
1.31	24.3										
1.97	35.2										
2.62	43.7										
3.28	49.7										
3.94	54.3										
4.59	57.1										
5.25	58.5										
5.91	58.5										
6.56	57.5										
7.22	56.1										
7.87	54.7										
8.53	53.0										
9.19	51.1										
9.84	48.2										

Tecnico di laboratorio
Dott.Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. LATINA

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 224/Td/23 Pagina 1/4	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	27/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 8.00 - 8.50

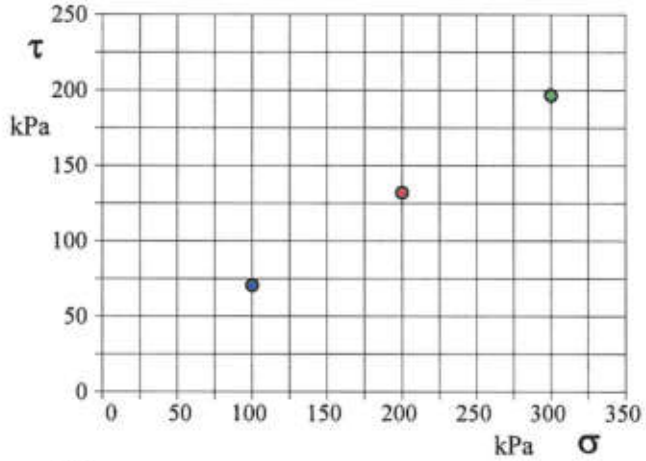
PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-10

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Indisturbato		Indisturbato		Indisturbato	
Pressione verticale (kPa):	100		200		300	
Tensione a rottura (kPa):	71		132		197	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	2.50	-0.11	3.25	-0.19	4.50	-0.28
Umidità iniziale e umidità finale (%):	15.5	20.8	15.5	20.4	15.3	20.7
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	20.2	21.7	20.2	22.1	20.2	22.6
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	90.9	100.0	90.3	100.0	90.6	100.0

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale



Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0.004 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

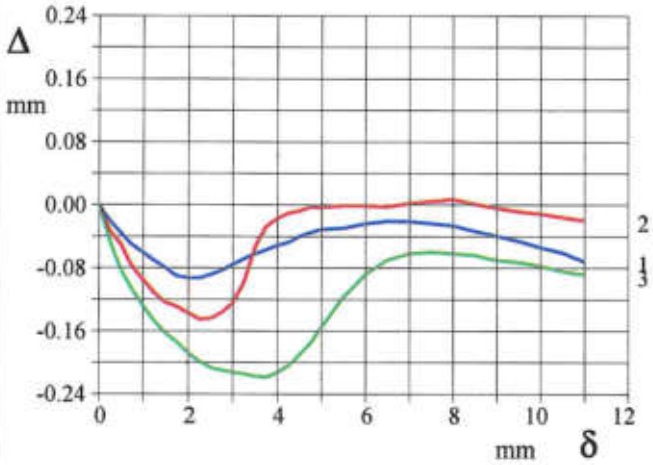


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

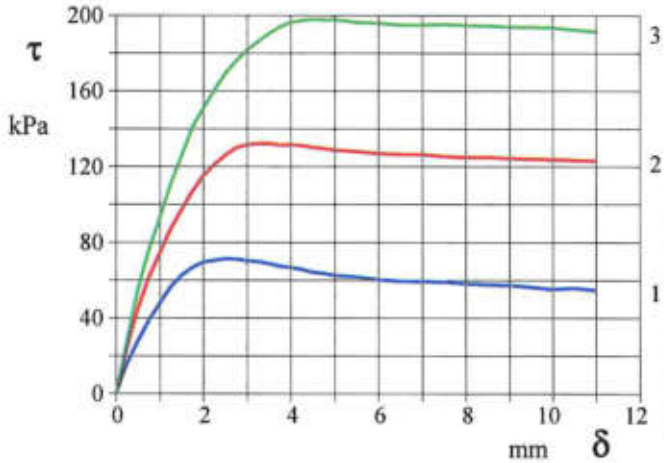


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

SABBIA GHIAIOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA E LIMOSA DI COLORE MARRONE.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

CERTIFICATO DI PROVA N°: 224/Td/23 Pagina 2/4	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	27/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 8.00 - 8.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-10

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0.250	15.4	-0.02	0.250	23.5	-0.03	0.250	27.1	-0.05
0.500	27.4	-0.04	0.500	44.0	-0.05	0.500	54.5	-0.08
0.750	38.4	-0.05	0.750	61.1	-0.08	0.750	76.1	-0.11
1.000	47.8	-0.06	1.000	74.4	-0.09	1.000	93.3	-0.13
1.250	56.4	-0.07	1.250	87.1	-0.11	1.250	111.1	-0.15
1.500	62.4	-0.08	1.500	97.1	-0.12	1.500	125.8	-0.16
1.750	66.7	-0.09	1.750	107.0	-0.13	1.750	141.0	-0.17
2.000	69.7	-0.09	2.000	115.3	-0.14	2.000	151.0	-0.19
2.250	70.7	-0.09	2.250	121.3	-0.15	2.250	160.6	-0.20
2.500	71.5	-0.09	2.500	126.1	-0.14	2.500	169.3	-0.21
2.750	71.2	-0.08	2.750	130.1	-0.14	2.750	176.1	-0.21
3.000	70.4	-0.08	3.000	131.8	-0.12	3.000	181.7	-0.21
3.250	70.0	-0.07	3.250	132.5	-0.10	3.250	186.3	-0.21
3.500	68.9	-0.06	3.500	132.4	-0.05	3.500	190.6	-0.22
3.750	67.6	-0.06	3.750	131.6	-0.03	3.750	193.9	-0.22
4.000	66.8	-0.05	4.000	131.7	-0.02	4.000	196.4	-0.21
4.250	65.8	-0.05	4.250	131.3	-0.01	4.250	197.3	-0.20
4.500	64.3	-0.04	4.500	130.4	-0.01	4.500	197.9	-0.19
4.750	63.6	-0.03	4.750	129.7	0.00	4.750	197.7	-0.18
5.000	62.7	-0.03	5.000	128.8	0.00	5.000	197.8	-0.15
5.500	61.8	-0.03	5.500	128.2	0.00	5.500	196.2	-0.12
6.000	60.5	-0.02	6.000	127.2	0.00	6.000	195.9	-0.09
6.500	59.6	-0.02	6.500	126.6	0.00	6.500	194.9	-0.07
7.000	59.5	-0.02	7.000	126.6	0.00	7.000	194.9	-0.06
7.500	59.3	-0.02	7.500	125.7	0.01	7.500	195.2	-0.06
8.000	58.4	-0.03	8.000	125.1	0.01	8.000	194.8	-0.06
8.500	57.7	-0.03	8.500	125.1	0.00	8.500	194.6	-0.06
9.000	57.5	-0.04	9.000	124.7	0.00	9.000	193.9	-0.07
9.500	56.5	-0.05	9.500	124.3	-0.01	9.500	193.8	-0.07
10.000	55.4	-0.05	10.000	124.0	-0.01	10.000	193.5	-0.08
10.500	56.0	-0.06	11.000	123.2	-0.02	10.500	192.4	-0.08
11.000	54.8	-0.07				11.000	191.5	-0.09

Tecnico di laboratorio
Dott.Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. - SULLANO - LE

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 224/Td/23 Pagina 3/4	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	27/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 8.00 - 8.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-10

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	100
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.942
Sezione (cm²):	36.00
T_{50} (min)	5.4
Df (mm)	8
Vs (mm/min)	0.029

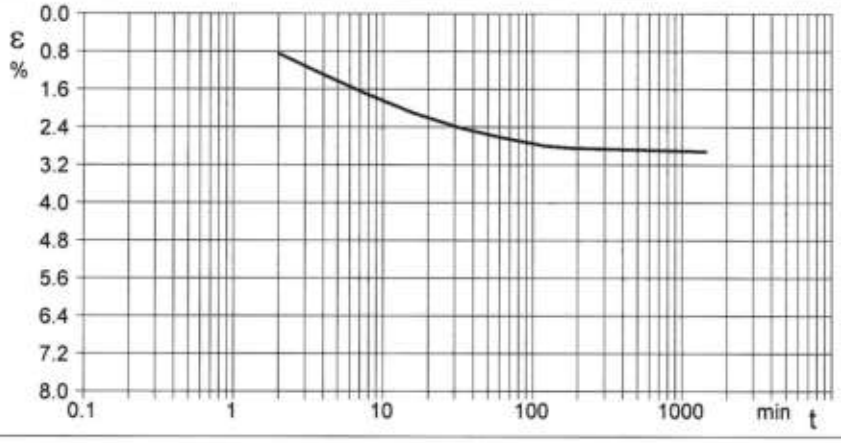


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	200
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.894
Sezione (cm²):	36.00
T_{50} (min)	4.5
Df (mm)	8
Vs (mm/min)	0.035

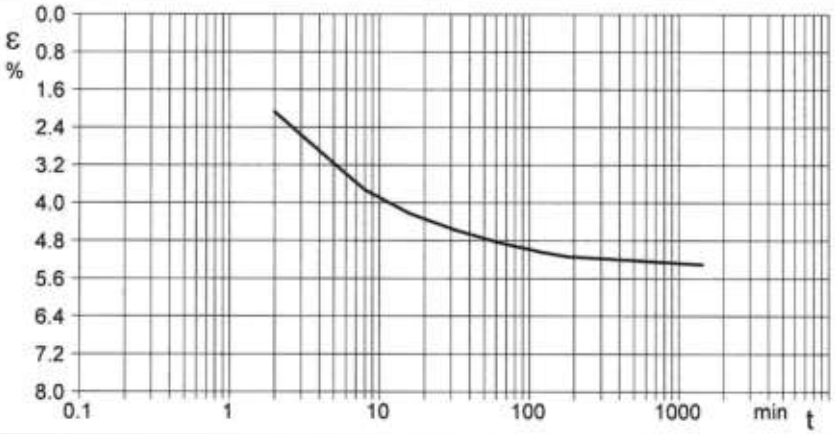
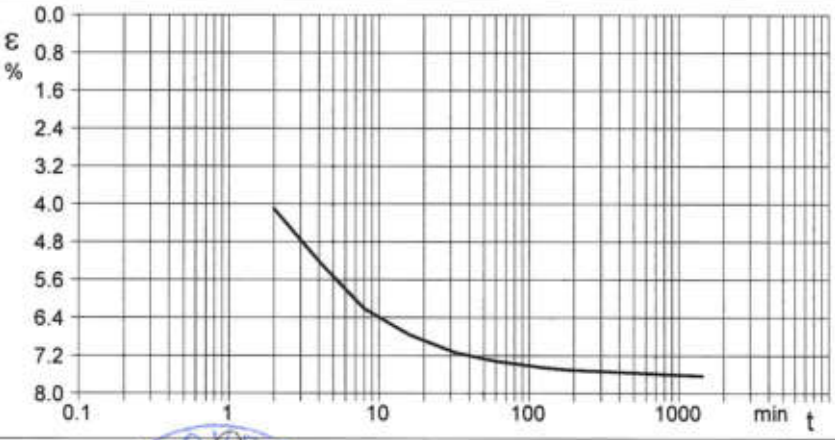


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	300
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.847
Sezione (cm²):	36.00
T_{50} (min)	3.8
Df (mm)	8
Vs (mm/min)	0.042



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata $tf = 50 \times T_{50}$ Vs = Df / tf

Tecnico di laboratorio
Dott.Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L.
DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 224/Td/23 Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	27/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C3 PROFONDITA': m 8.00 - 8.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-10

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Cedim. %	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Cedim. %	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Cedim. %
0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.30	0.00	0.00	0.00
2.00	16.92	0.85	2.00	41.46	2.07	2.00	82.16	4.11
4.00	25.80	1.29	4.00	58.05	2.90	4.00	104.25	5.21
8.00	34.42	1.72	8.00	74.51	3.73	8.00	124.23	6.21
16.00	42.09	2.10	16.00	84.64	4.23	16.00	135.24	6.76
32.00	48.15	2.41	32.00	91.52	4.58	32.00	142.67	7.13
60.00	52.31	2.62	60.00	96.45	4.82	60.00	146.38	7.32
120.00	55.88	2.79	120.00	100.85	5.04	120.00	148.90	7.45
180.00	56.92	2.85	180.00	102.69	5.13	180.00	149.99	7.50
1440.00	58.37	2.92	1440.00	106.07	5.30	1440.00	152.66	7.63

Tecnico di laboratorio
Dott.Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

COMMITTENTE:	ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA		
RIFERIMENTO:	Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C3	PROFONDITA': m	8.00 - 8.50

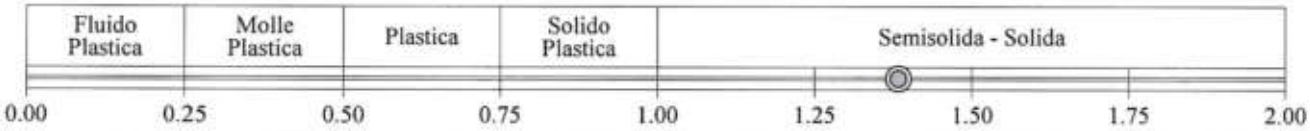
CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

Classifica A.G.I.	Sabbia ghiaiosa debolmente argillosa e limosa

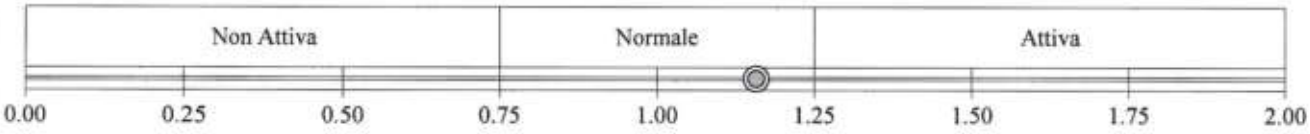
CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

Abaco di plasticità di Casagrande	CI - Argille inorganiche a media compressibilità

I.C. = Indice di consistenza = (LL - Wn) / IP = 1.38

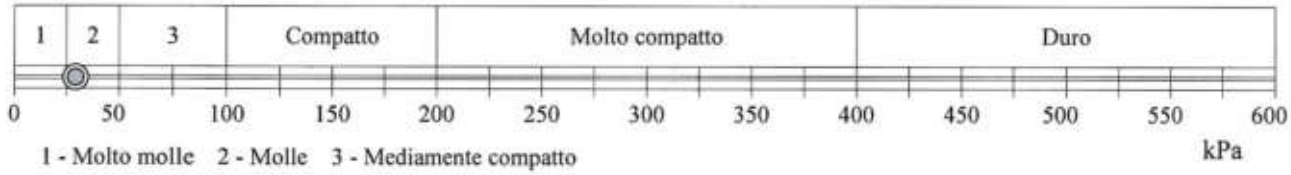


A = Attività (Skempton) = IP / CF (clay fraction) = 1.16



CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA

Coesione non drenata [da Prova di Compressione ad E.L.L.] = 29 kPa

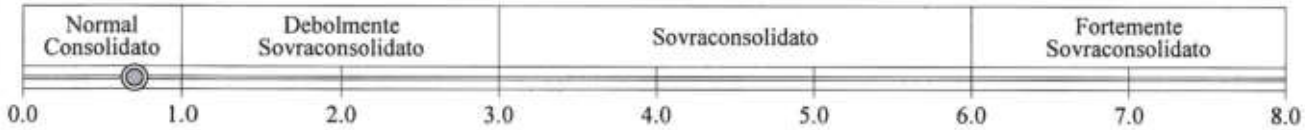


CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 166.2kPa

Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 117.7kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 0.71



SABBIA GHIAIOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA E LIMOSA DI COLORE MARRONE.

COMMITTENTE:	ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA
RIFERIMENTO:	Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C4 PROFONDITA': m 11.00 - 11.50

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	25.6	%
Peso di volume	16.1	kN/m³
Peso di volume secco	12.8	kN/m³
Peso di volume saturo	17.6	kN/m³
Peso specifico	25.1	kN/m³
Indice dei vuoti	0.952	
Porosità	48.8	%
Grado di saturazione	68.6	%
Limite di liquidità	37.5	%
Limite di plasticità	27.3	%
Indice di plasticità	10.2	%
Indice di consistenza	1.17	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A6	I.G. = 0

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	11.1	%
Sabbia	53.2	%
Limo	19.8	%
Argilla	15.9	%
D 10	0.000803	mm
D 50	0.251494	mm
D 60	0.567668	mm
D 90	5.338876	mm
Passante set. 10	75.8	%
Passante set. 42	56.4	%
Passante set. 200	35.7	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec

COMPRESSIONE

σ	39	kPa	σ_{Rim}		kPa
c_u	19	kPa	c_u Rim		kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta

c'	7.3	kPa	ϕ'	27.4	°
c' Res		kPa	ϕ'_{Res}		°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

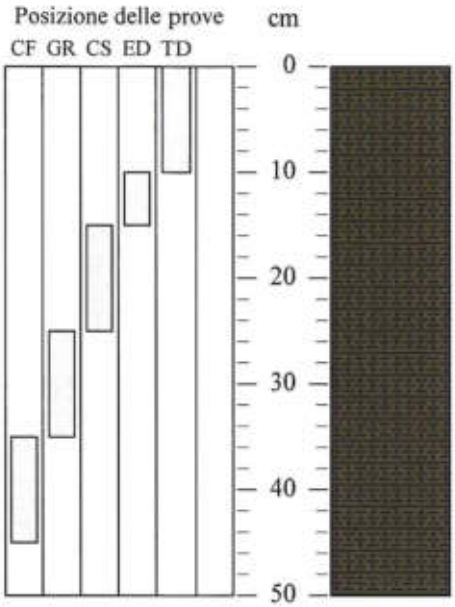
C.D.	c_d	kPa	ϕ_d		°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}		°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}		°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u		°

PROVA EDOMETRICA

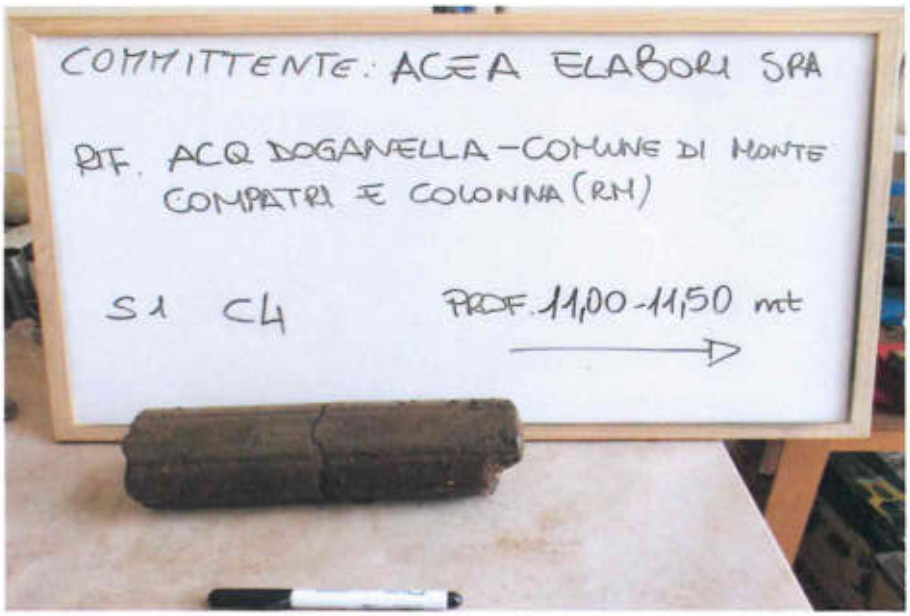
σ kPa	E kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec	$C\alpha$
12.5÷25.0	2421	0.000701	2.84E-08	0.00062
25.0÷50.0	2570	0.000980	3.74E-08	0.00113
50.0÷100.0	2674	0.000939	3.44E-08	0.00247
100.0÷200.0	3527	0.000668	1.86E-08	0.00340
200.0÷400.0	5358	0.000906	1.66E-08	0.00318
400.0÷800.0	9758	0.000926	9.30E-09	0.00373
800.0÷1600.0	21067	0.000802	3.73E-09	0.00349

SABBIA LIMOSA E ARGILLOSA E GHIAIOSA DI COLORE MARRONE.

COMMITTENTE:	ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA
RIFERIMENTO:	Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C4 — PROFONDITA': m 11.00 - 11.50



Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
	20 20 20	50	SABBIA LIMOSA E ARGILLOSA E GHIAIOSA DI COLORE MARRONE. CLASSIFICAZIONE BASATA SUI LIMITI DI CONSISTENZA: MI o OI - Limi inorganici o argille e limi organici a media compressibilità dell'abaco di plasticità di Casagrande. MUNSELL SOIL COLOR: 10YR 4/3 Brown



TIPO DI CAMPIONE

- [x] Cilindrico
- [ ] Cubico
- [ ] Massivo
- [ ] Sciolto

QUALITA' DEL CAMPIONE

- [x] Q5 (Ottima)
- [ ] Q4 (Buona)
- [ ] Q3 (Sufficiente)
- [ ] Q2 (Insufficiente)
- [ ] Q1 (Pessima)

DIMENSIONE DEL CAMPIONE

Diametro: 80 mm

CONTENITORE

Fustella metallica

SABBIA LIMOSA E ARGILLOSA E GHIAIOSA DI COLORE MARRONE.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 225/Gr/23 Pagina 1/1		DATA DI EMISSIONE:	31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23		Apertura campione:	23/01/23	Fine analisi:	26/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

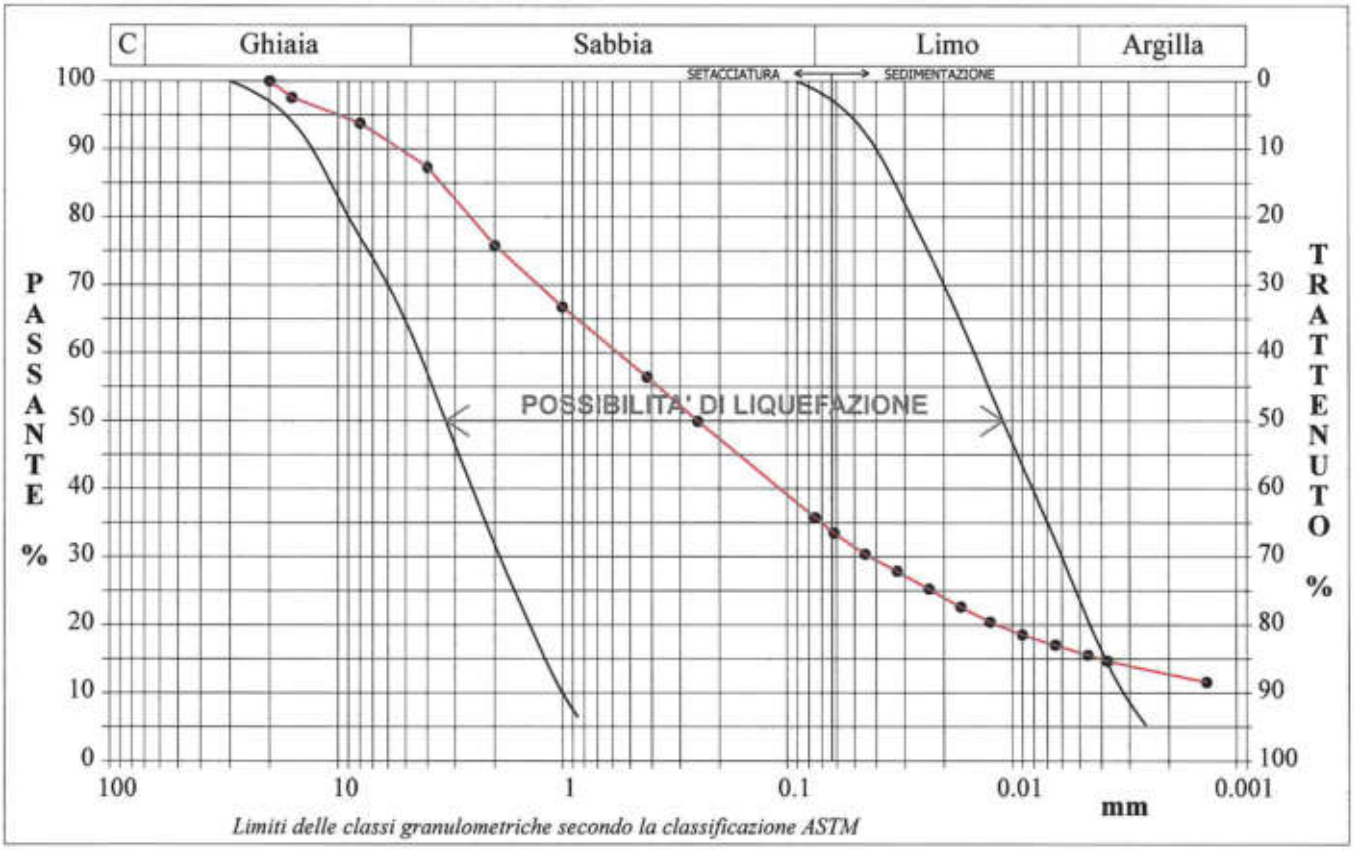
RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C4 PROFONDITA': m 11.00 - 11.50

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma UNI CEN IS 17892-4

Ghiaia	11.1 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	75.8 %	D_{10}	0.00080 mm
Sabbia	53.2 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	56.4 %	D_{30}	0.04263 mm
Limo	19.8 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	35.7 %	D_{50}	0.25149 mm
Argilla	15.9 %			D_{60}	0.56767 mm
Coefficiente di uniformità	706.94	Coefficiente di curvatura	3.99	D_{90}	5.33888 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione ASTM

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
20.0000	100.00	1.0000	66.75	0.0449	30.39	0.0090	18.50		
16.0000	97.56	0.4200	56.41	0.0324	27.90	0.0064	17.03		
8.0000	93.77	0.2500	49.93	0.0234	25.26	0.0046	15.56		
4.0000	87.31	0.0750	35.74	0.0169	22.61	0.0038	14.68		
2.0000	75.76	0.0617	33.48	0.0126	20.41	0.0014	11.60		

SABBIA LIMOSA E ARGILLOSA E GHIAIOSA DI COLORE MARRONE.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

CERTIFICATO DI PROVA N°: 225/Gr/23 Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	26/01/23

COMMITTENTE:	ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA	
RIFERIMENTO:	Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23	
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C4	PROFONDITA': m 11.00 - 11.50

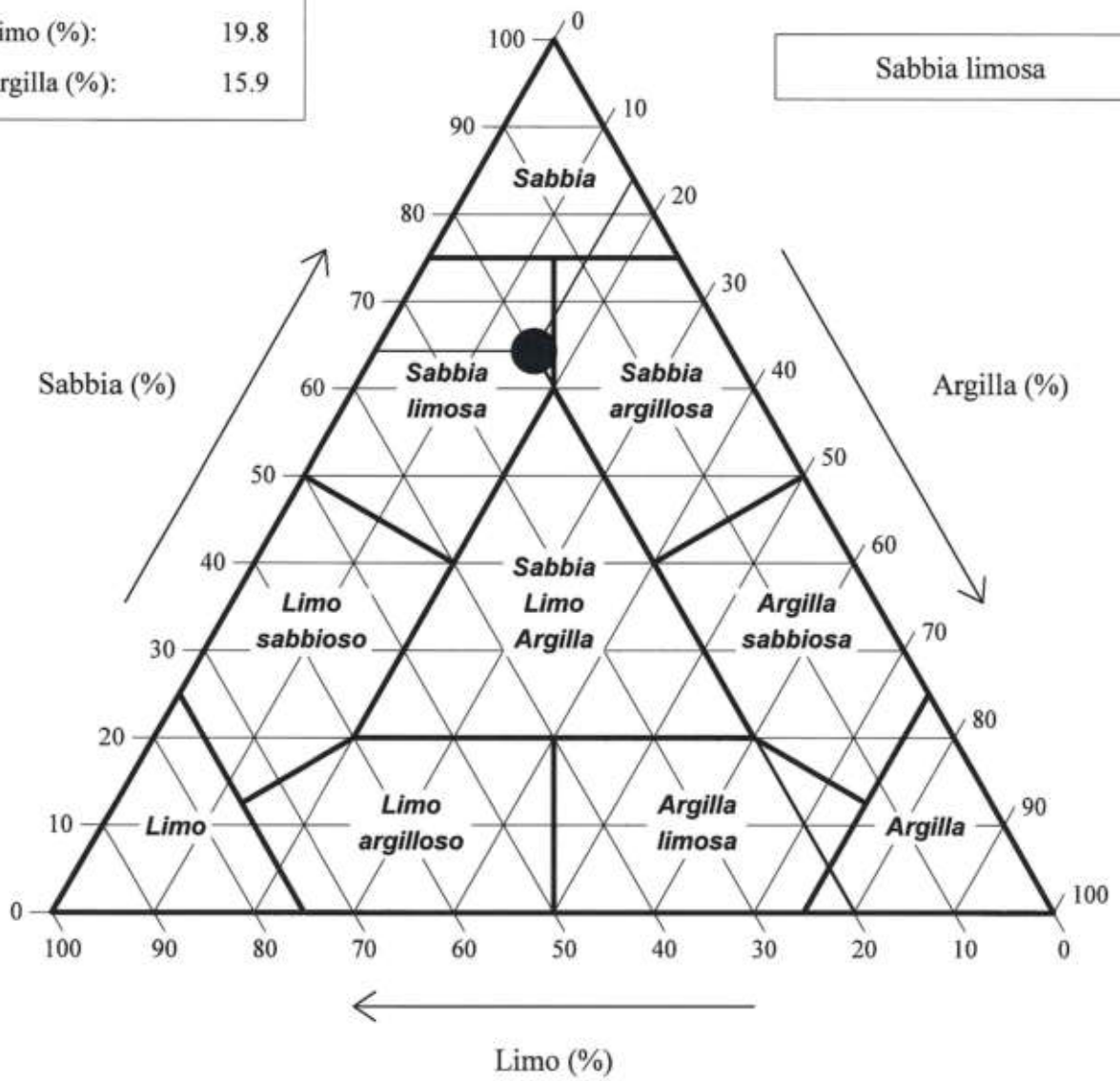
ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

Modalità di prova: Norma UNI CEN IS 17892-4

Sabbia (%):	64.3
Limo (%):	19.8
Argilla (%):	15.9

Diagramma di Shepard

Sabbia limosa



SABBIA LIMOSA E ARGILLOSA E GHIAIOSA DI COLORE MARRONE.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

CERTIFICATO DI PROVA N°: 225/U/23 Pagina 1/1		DATA DI EMISSIONE:	31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23		Apertura campione:	23/01/23	Fine analisi:	24/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C4 PROFONDITA': m 11.00 - 11.50

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-1

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 25.6 %

Struttura del materiale:

- ■ Omogeneo
- ☐ Stratificato
- ☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Dimensione massima delle particelle: 16.00 mm

SABBIA LIMOSA E ARGILLOSA E GHIAIOSA DI COLORE MARRONE.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

CERTIFICATO DI PROVA N°: 225/Pdv/23 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	23/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C4 PROFONDITA': m 11.00 - 11.50

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-2

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 16.1 kN/m³

SABBIA LIMOSA E ARGILLOSA E GHIAIOSA DI COLORE MARRONE.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L.
DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 225/Ps/23 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	24/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	24/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C4 PROFONDITA': m 11.00 - 11.50

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-3

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 25.1 kN/m³

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 25.1 kN/m³

Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 16.0 °C

Dimensione massima delle particelle: 16.00 mm

Disaerazione eseguita sotto vuoto

SABBIA LIMOSA E ARGILLOSA E GHIAIOSA DI COLORE MARRONE.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

CERTIFICATO DI PROVA N°: 225/Lc/23 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	25/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	26/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C4 PROFONDITA': m 11.00 - 11.50

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

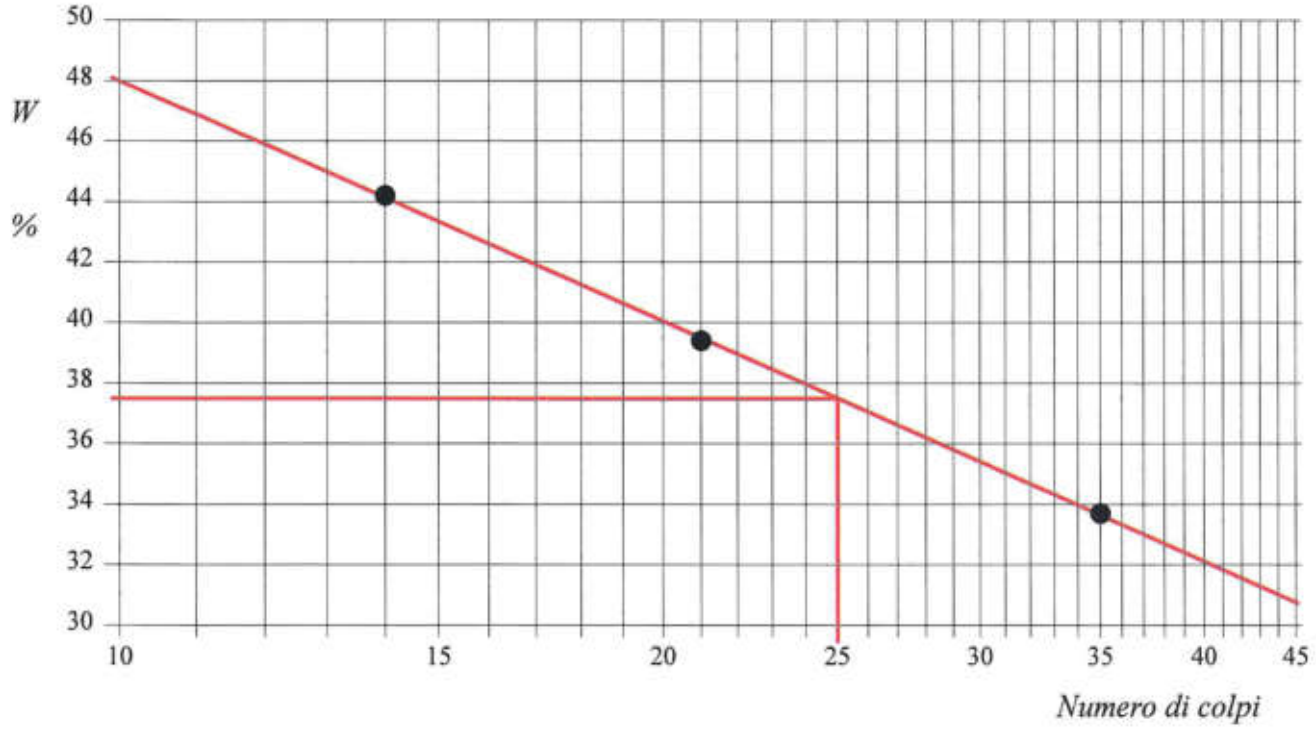
Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-12

Limite di liquidità	37.5 %
Limite di plasticità	27.3 %
Indice di plasticità	10.2 %

La prova è stata eseguita sulla frazione granulometrica passante al setaccio n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'						LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	14	21	35			Umidità (%)	27.4	27.1
Umidità (%)	44.2	39.4	33.7			Umidità media	27.3	

Determinazione del Limite di liquidità



SABBIA LIMOSA E ARGILLOSA E GHIAIOSA DI COLORE MARRONE.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 225/Lc/23 Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	25/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	26/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

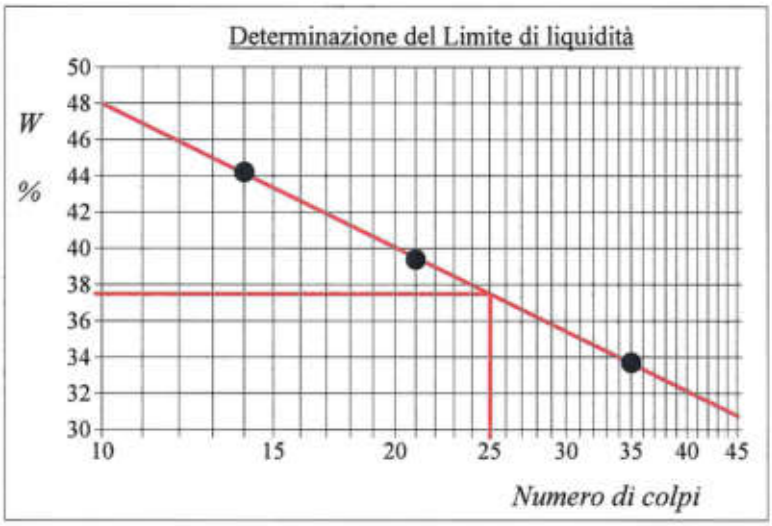
RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C4 PROFONDITA': m 11.00 - 11.50

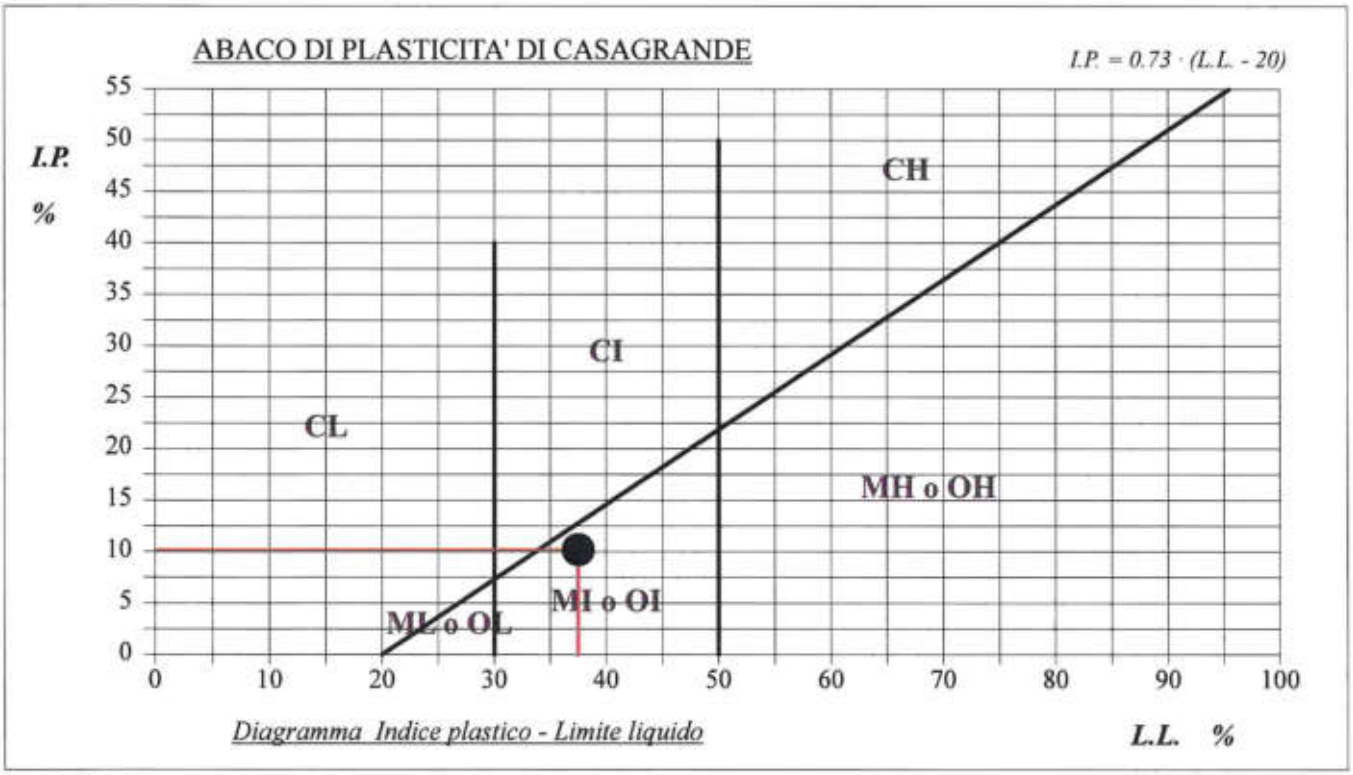
ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-12

Limite di liquidità	37.5	%
Limite di plasticità	27.3	%
Indice di plasticità	10.2	%
Indice di consistenza	1.17	
Passante al set. n° 40	SI	



C - Argille inorganiche	L - Bassa compressibilità
M - Limi inorganici	**I - Media compressibilità**
O - Argille e limi organici	H - Alta compressibilità



SABBIA LIMOSA E ARGILLOSA E GHIAIOSA DI COLORE MARRONE.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

CERTIFICATO DI PROVA N°: 225/Gr/23 Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	26/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C4 PROFONDITA': m 11.00 - 11.50

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	75.8	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	56.4	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	35.7	%

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	37.5	%
Limite di plasticità	27.3	%
Indice di plasticità	10.2	%

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A6 INDICE DI GRUPPO: 0

Tipi usuali dei materiali principali:
Argille poco compressibili

SABBIA LIMOSA E ARGILLOSA E GHIAIOSA DI COLORE MARRONE.

GEOPROVE S.R.L.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

CERTIFICATO DI PROVA N°: 225/Ed/23 Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	30/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C4 PROFONDITA': m 11.00 - 11.50

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-5

Caratteristiche del campione	
Peso di volume (kN/m³)	16.12
Umidità (%)	25.6
Peso specifico (kN/m³)	25.05
Altezza provino (cm)	2.00
Diametro provino (cm)	5.00
Sezione provino (cm²)	19.63
Volume provino (cm³)	39.27
Volume dei vuoti (cm³)	19.15
Indice dei vuoti	0.95
Porosità (%)	48.78
Saturazione (%)	68.6

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI

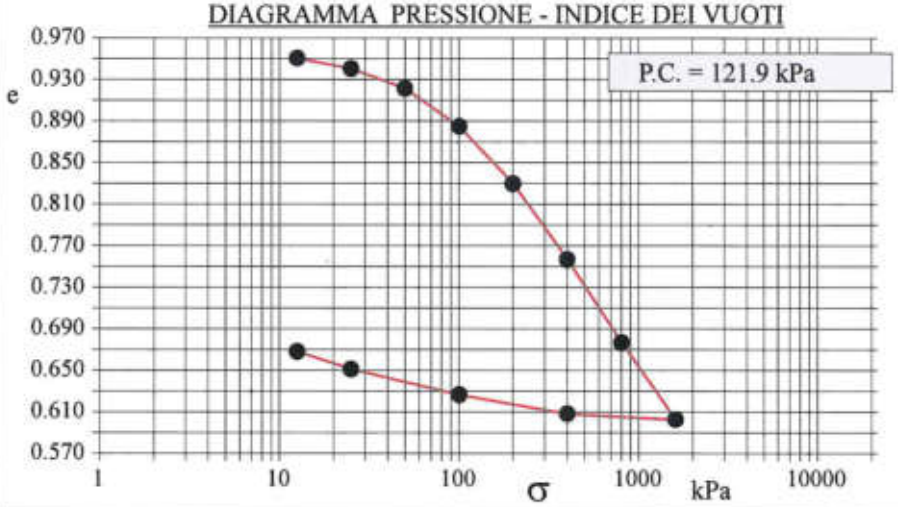
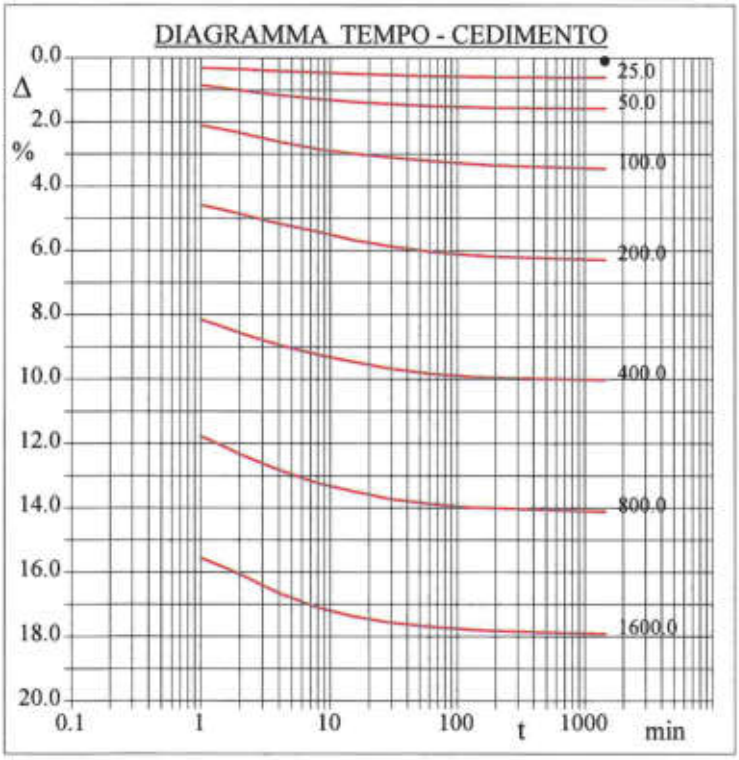


DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc
12.5	1.7	0.951	
25.0	12.0	0.941	0.033
50.0	31.5	0.922	0.063
100.0	68.9	0.885	0.121
200.0	125.6	0.830	0.184
400.0	200.2	0.757	0.242
800.0	282.2	0.677	0.266
1600.0	358.1	0.603	0.246
400.0	352.5	0.608	
100.0	333.6	0.627	
25.0	308.4	0.651	
12.5	291.1	0.668	

SABBIA LIMOSA E ARGILLOSA E GHIAIOSA DI COLORE MARRONE.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

CERTIFICATO DI PROVA N°: 225/Ed/23 Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	30/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C4 PROFONDITA': m 11.00 - 11.50

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-5

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 25.0 kPa		Pressione 50.0 kPa		Pressione 100.0 kPa		Pressione 200.0 kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0.00	1.7	0.00	12.0	0.00	31.5	0.00	68.9
1.00	6.0	1.00	17.1	1.00	41.9	1.00	91.5
2.00	6.9	2.00	20.0	2.00	46.6	2.00	96.9
4.00	8.0	4.00	23.0	4.00	52.2	4.00	103.3
8.00	8.8	8.00	25.4	8.00	56.7	8.00	108.2
15.00	9.7	15.00	27.3	15.00	59.6	15.00	113.3
30.00	10.5	30.00	28.7	30.00	62.0	30.00	117.2
60.00	11.1	60.00	29.8	60.00	63.9	60.00	120.5
120.00	11.5	120.00	30.5	120.00	65.6	120.00	122.4
180.00	11.6	180.00	30.8	180.00	66.6	180.00	123.5
1440.00	12.0	1440.00	31.5	1440.00	68.9	1440.00	125.6

Pressione 400.0 kPa		Pressione 800.0 kPa		Pressione 1600.0 kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0.00	125.6	0.00	200.2	0.00	282.2		
1.00	163.0	1.00	235.4	1.00	311.1		
2.00	171.1	2.00	246.3	2.00	321.0		
4.00	178.7	4.00	256.4	4.00	332.8		
8.00	184.5	8.00	264.6	8.00	341.8		
15.00	189.0	15.00	269.6	15.00	347.1		
30.00	193.3	30.00	274.5	30.00	351.1		
60.00	196.4	60.00	277.2	60.00	353.5		
120.00	198.2	120.00	279.4	120.00	355.4		
180.00	198.8	180.00	279.9	180.00	356.0		
1440.00	200.2	1440.00	282.2	1440.00	358.1		

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 225/cs/23 Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	25/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	25/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C4 PROFONDITA': m 11.00 - 11.50

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-7

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	-----	-----
Velocità di deformazione (mm/min):	1.270	-----	-----
Peso di volume (kN/m³):	16.1	-----	-----
Deformazione a rottura (%):	9.84	-----	-----
Sforzo a rottura (kPa):	38.9	-----	-----

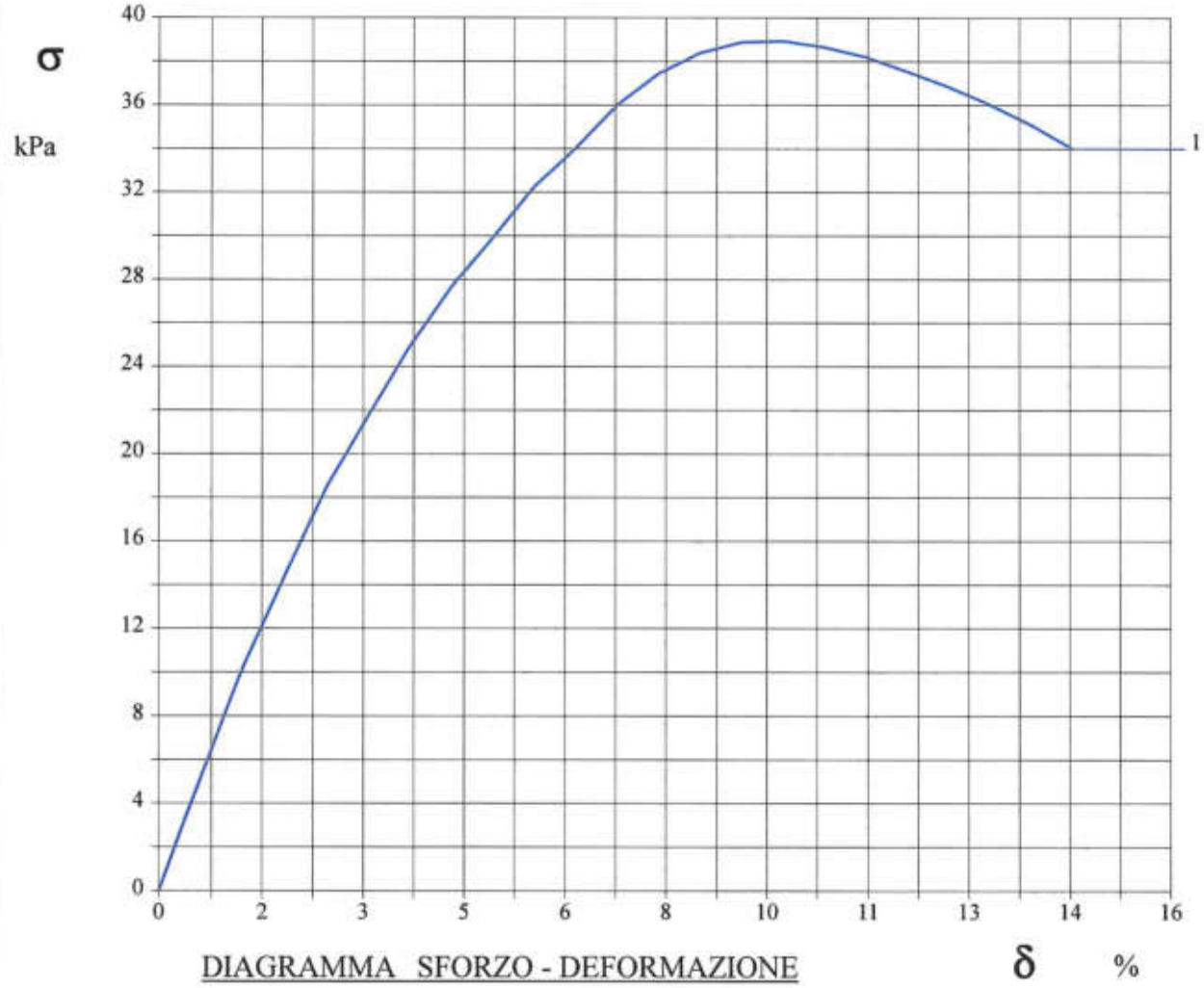


DIAGRAMMA SFORZO - DEFORMAZIONE

SABBIA LIMOSA E ARGILLOSA E GHIAIOSA DI COLORE MARRONE.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

CERTIFICATO DI PROVA N°: 225/cs/23 Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	25/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	25/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C4 PROFONDITA': m 11.00 - 11.50

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-7

Provino 1				Provino 2				Provino 3			
Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione
%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa
0.66	5.4										
1.31	10.3										
1.97	14.5										
2.62	18.5										
3.28	21.8										
3.94	24.9										
4.59	27.6										
5.25	29.9										
5.91	32.3										
6.56	34.0										
7.22	36.0										
7.87	37.5										
8.53	38.4										
9.19	38.9										
9.84	38.9										
10.50	38.7										
11.15	38.2										
11.81	37.5										
12.47	36.9										
13.12	36.0										
13.78	35.1										
14.44	34.0										

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. TECNICO SPERIMENTATORE

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 225/TD/23 Pagina 1/4	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	27/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C4 PROFONDITA': m 11.00 - 11.50

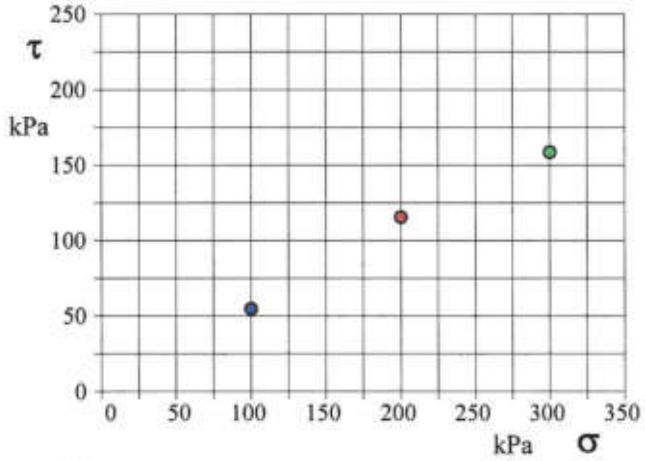
PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-10

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Indisturbato		Indisturbato		Indisturbato	
Pressione verticale (kPa):	100		200		300	
Tensione a rottura (kPa):	55		116		159	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	6.50	-0.25	7.00	-0.27	6.50	-0.33
Umidità iniziale e umidità finale (%):	25.5	32.1	25.9	32.9	25.4	32.8
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	16.1	17.4	16.2	18.0	16.1	18.3
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	68.3	91.4	69.5	98.7	68.6	100.0

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale



Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0.004 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

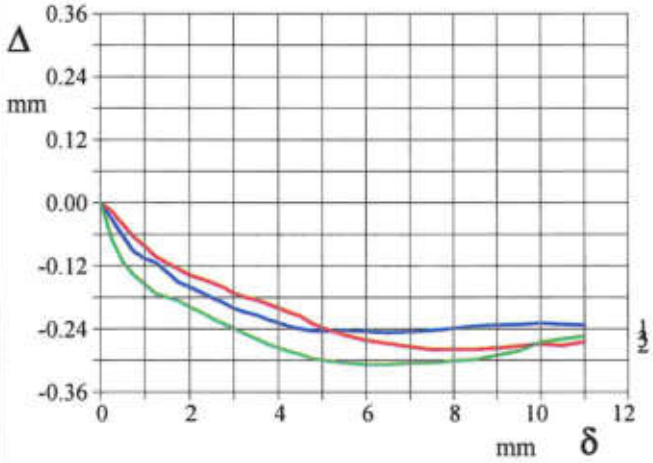


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

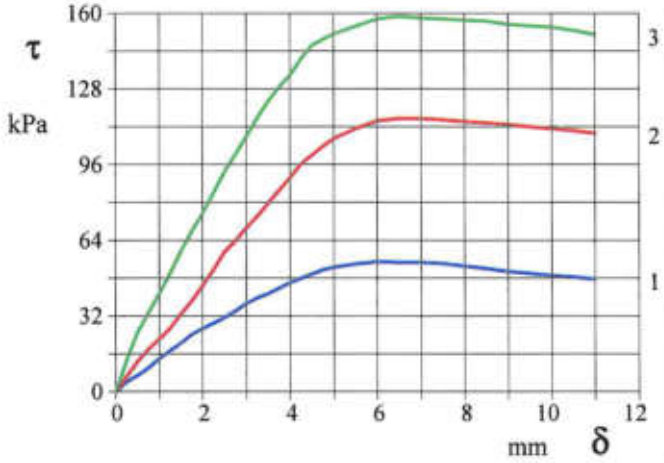


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

SABBIA LIMOSA E ARGILLOSA E GHIAIOSA DI COLORE MARRONE.

SGEO - Laboratorio 6.3 - 2021

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

CERTIFICATO DI PROVA N°: 225/TD/23 Pagina 2/4	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	27/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C4 PROFONDITA': m 11.00 - 11.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-10

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0.250	4.3	-0.03	0.250	6.5	-0.02	0.250	13.5	-0.07
0.500	6.9	-0.06	0.500	12.7	-0.04	0.500	25.1	-0.11
0.750	10.2	-0.09	0.750	18.1	-0.06	0.750	33.5	-0.14
1.000	14.2	-0.11	1.000	22.3	-0.08	1.000	41.7	-0.16
1.250	17.5	-0.11	1.250	26.9	-0.10	1.250	50.2	-0.17
1.500	20.6	-0.13	1.500	32.9	-0.11	1.500	59.4	-0.18
1.750	24.4	-0.15	1.750	38.5	-0.13	1.750	68.0	-0.19
2.000	26.8	-0.16	2.000	44.8	-0.14	2.000	75.5	-0.20
2.250	29.1	-0.17	2.250	51.8	-0.14	2.250	84.3	-0.21
2.500	31.4	-0.18	2.500	59.2	-0.15	2.500	93.1	-0.22
2.750	34.2	-0.19	2.750	63.9	-0.16	2.750	100.5	-0.23
3.000	37.3	-0.20	3.000	69.5	-0.17	3.000	108.1	-0.24
3.250	39.9	-0.21	3.250	74.4	-0.18	3.250	116.1	-0.25
3.500	41.6	-0.21	3.500	79.9	-0.18	3.500	122.9	-0.26
3.750	43.7	-0.22	3.750	85.2	-0.19	3.750	128.8	-0.27
4.000	46.2	-0.23	4.000	90.6	-0.20	4.000	134.0	-0.28
4.250	47.9	-0.24	4.250	96.4	-0.21	4.250	140.9	-0.28
4.500	49.8	-0.24	4.500	100.2	-0.22	4.500	146.6	-0.29
4.750	51.7	-0.24	4.750	103.9	-0.23	4.750	148.8	-0.30
5.000	52.7	-0.24	5.000	107.1	-0.24	5.000	151.4	-0.30
5.500	54.0	-0.24	5.500	111.4	-0.25	5.500	154.5	-0.30
6.000	55.0	-0.24	6.000	114.7	-0.26	6.000	157.7	-0.31
6.500	54.8	-0.25	6.500	115.6	-0.27	6.500	158.6	-0.31
7.000	54.8	-0.24	7.000	115.6	-0.27	7.000	157.9	-0.31
7.500	54.2	-0.24	7.500	115.1	-0.28	7.500	157.5	-0.30
8.000	53.1	-0.24	8.000	114.2	-0.28	8.000	157.0	-0.30
8.500	52.1	-0.23	8.500	113.6	-0.28	8.500	156.5	-0.30
9.000	50.8	-0.23	9.000	112.9	-0.28	9.000	155.3	-0.29
9.500	49.9	-0.23	9.500	112.1	-0.27	9.500	154.5	-0.28
10.000	49.1	-0.23	10.000	111.3	-0.27	10.000	154.1	-0.26
10.500	48.5	-0.23	10.500	110.4	-0.27	10.500	152.7	-0.26
11.000	47.6	-0.23	11.000	109.3	-0.26	11.000	150.9	-0.25

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L.

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 225/TD/23 Pagina 3/4	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	27/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C4 PROFONDITA': m 11.00 - 11.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-10

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	100
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.940
Sezione (cm²):	36.00
T_{50} (min)	5.8
Df (mm)	6
Vs (mm/min)	0.021

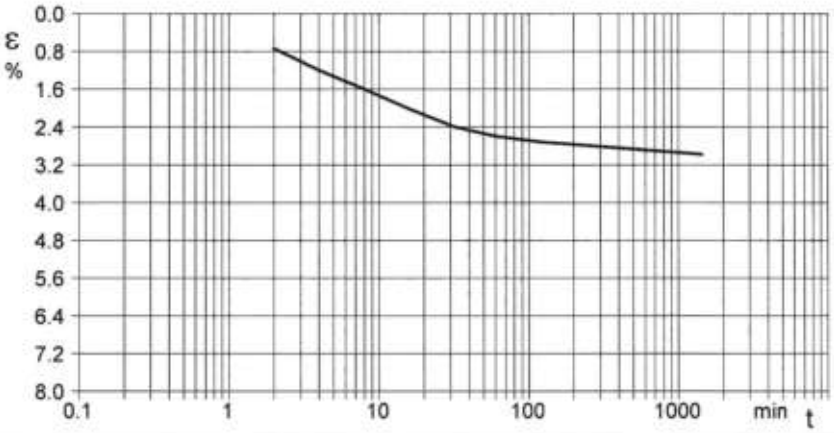


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	200
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.894
Sezione (cm²):	36.00
T_{50} (min)	4.4
Df (mm)	6
Vs (mm/min)	0.027

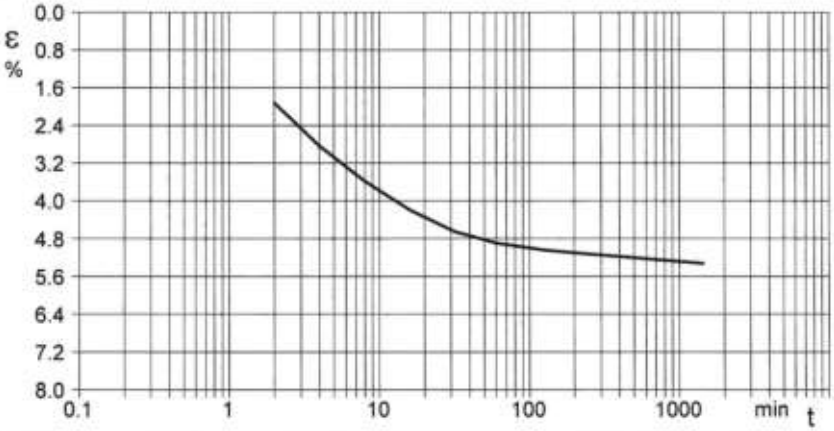
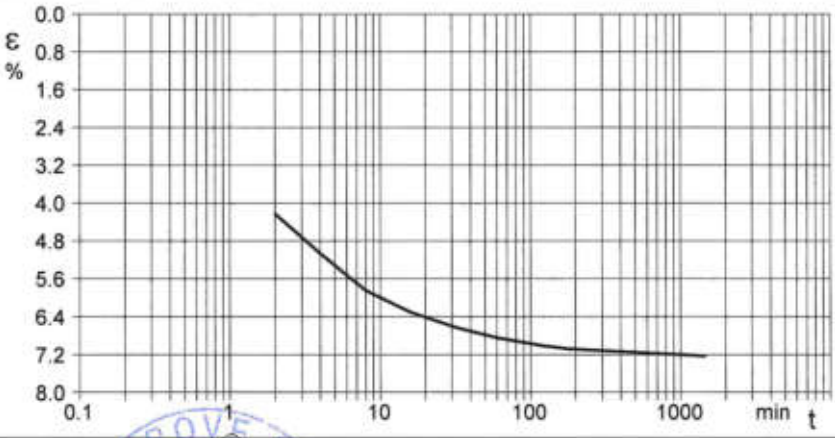


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	300
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.855
Sezione (cm²):	36.00
T_{50} (min)	4.4
Df (mm)	6
Vs (mm/min)	0.027



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata $tf = 50 \times T_{50}$ Vs = Df / tf

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L.
DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 225/TD/23 Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	27/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C4 PROFONDITA': m 11.00 - 11.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-10

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Cedim. %	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Cedim. %	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Cedim. %
0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.20	0.00	0.00	0.00
2.00	14.77	0.74	2.00	38.54	1.93	2.00	84.63	4.23
4.00	23.92	1.20	4.00	56.62	2.83	4.00	101.31	5.07
8.00	31.92	1.60	8.00	71.77	3.59	8.00	116.91	5.85
16.00	40.31	2.02	16.00	83.92	4.20	16.00	126.21	6.31
32.00	47.92	2.40	32.00	93.08	4.65	32.00	132.56	6.63
60.00	51.85	2.59	60.00	97.85	4.89	60.00	136.84	6.84
120.00	54.31	2.72	120.00	100.69	5.03	120.00	140.34	7.02
180.00	55.15	2.76	180.00	101.77	5.09	180.00	141.69	7.08
1440.00	59.54	2.98	1440.00	106.46	5.32	1440.00	144.57	7.23

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. TECNICO SPERIMENTATORE LATIANO - LE

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

COMMITTENTE:	ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA		
RIFERIMENTO:	Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C4	PROFONDITA': m	11.00 - 11.50

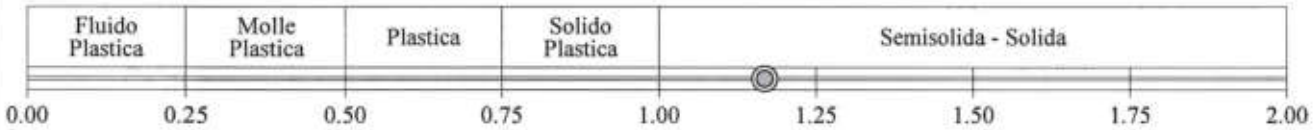
CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

Classifica A.G.I.	Sabbia limosa e argillosa e ghiaiosa

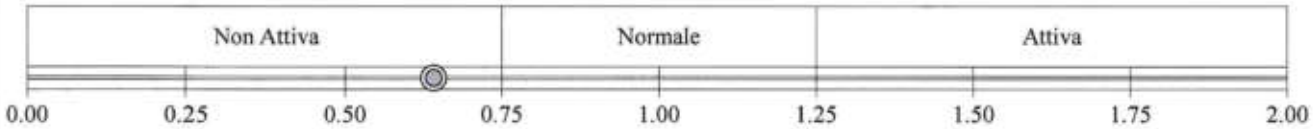
CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

Abaco di plasticità di Casagrande	MI o OI - Limi inorganici o argille e limi organici a media compressibilità

I.C. = Indice di consistenza = (LL - Wn) / IP = 1.17

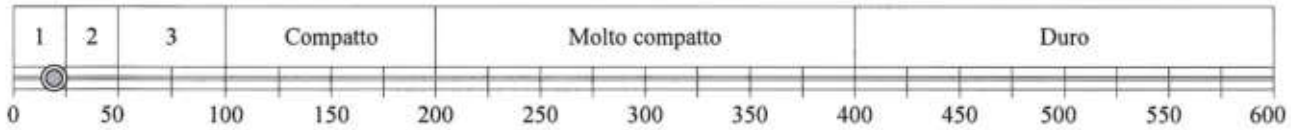


A = Attività (Skempton) = IP / CF (clay fraction) = 0.64



CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA

Coesione non drenata [da Prova di Compressione ad E.L.L.] = 19 kPa



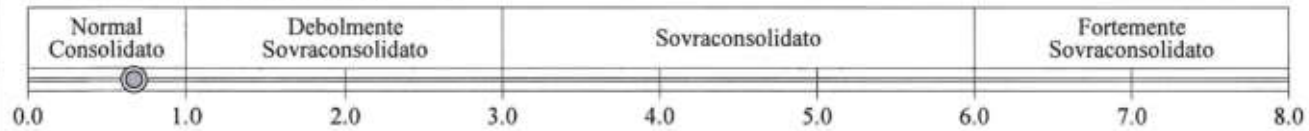
1 - Molto molle 2 - Molle 3 - Mediamente compatto

CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 180.2kPa

Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 121.9kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 0.68



SABBIA LIMOSA E ARGILLOSA E GHIAIOSA DI COLORE MARRONE.

COMMITTENTE:	ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA
RIFERIMENTO:	Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C5 — PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	29.7	%
Peso di volume	16.3	kN/m³
Peso di volume secco	12.6	kN/m³
Peso di volume saturo	17.4	kN/m³
Peso specifico	24.6	kN/m³
Indice dei vuoti	0.959	
Porosità	49.0	%
Grado di saturazione	77.7	%
Limite di liquidità	40.9	%
Limite di plasticità	31.5	%
Indice di plasticità	9.4	%
Indice di consistenza	1.19	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A2-5 I.G. = 0	

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	38.4	%
Sabbia	42.9	%
Limo	13.1	%
Argilla	5.6	%
D 10	0.013862	mm
D 50	2.031578	mm
D 60	4.351974	mm
D 90	16.457200	mm
Passante set. 10	49.8	%
Passante set. 42	34.2	%
Passante set. 200	18.7	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec

COMPRESSIONE

σ	60	kPa	σ_{Rim}		kPa
c_u	30	kPa	c_u Rim		kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta

c'	7.7	kPa	ϕ'	33.6	°
c' Res		kPa	ϕ'_{Res}		°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d		°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}		°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}		°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u		°

PROVA EDOMETRICA

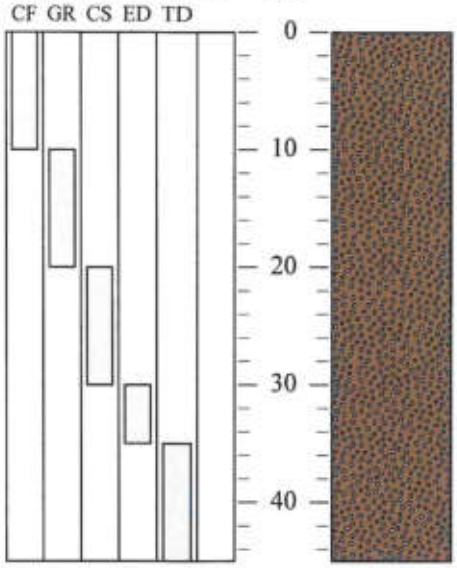
σ kPa	E kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec	$C\alpha$
12.5÷25.0	3846	0.000551	1.40E-08	0.00029
25.0÷50.0	2890	0.001102	3.74E-08	0.00050
50.0÷100.0	3226	0.000672	2.04E-08	0.00109
100.0÷200.0	5083	0.000655	1.26E-08	0.00142
200.0÷400.0	8249	0.001069	1.27E-08	0.00075
400.0÷800.0	14623	0.001049	7.04E-09	0.00069
800.0÷1600.0	25478	0.001064	4.10E-09	0.00124

SABBIA CON GHIAIA LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA DI COLORE MARRONE.

COMMITTENTE:	ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA	
RIFERIMENTO:	Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23	
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C5	PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

Posizione delle prove

CF GR CS ED TD



Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
	30 40 40	45	SABBIA CON GHIAIA LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA DI COLORE MARRONE. CLASSIFICAZIONE BASATA SUI LIMITI DI CONSISTENZA: MI o OI - Limi inorganici o argille e limi organici a media compressibilità dell'Abaco di plasticità di Casagrande. MUNSELL SOIL COLOR: 7.5YR 5/3 Brown

TIPO DI CAMPIONE

- [x] Cilindrico
- [ ] Cubico
- [ ] Massivo
- [ ] Sciolto

QUALITA' DEL CAMPIONE

- [x] Q5 (Ottima)
- [ ] Q4 (Buona)
- [ ] Q3 (Sufficiente)
- [ ] Q2 (Insufficiente)
- [ ] Q1 (Pessima)

DIMENSIONE DEL CAMPIONE

Diametro: 80 mm

CONTENITORE

Fustella metallica

SABBIA CON GHIAIA LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA DI COLORE MARRONE.

CERTIFICATO DI PROVA N°: 226/gr/23 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	26/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

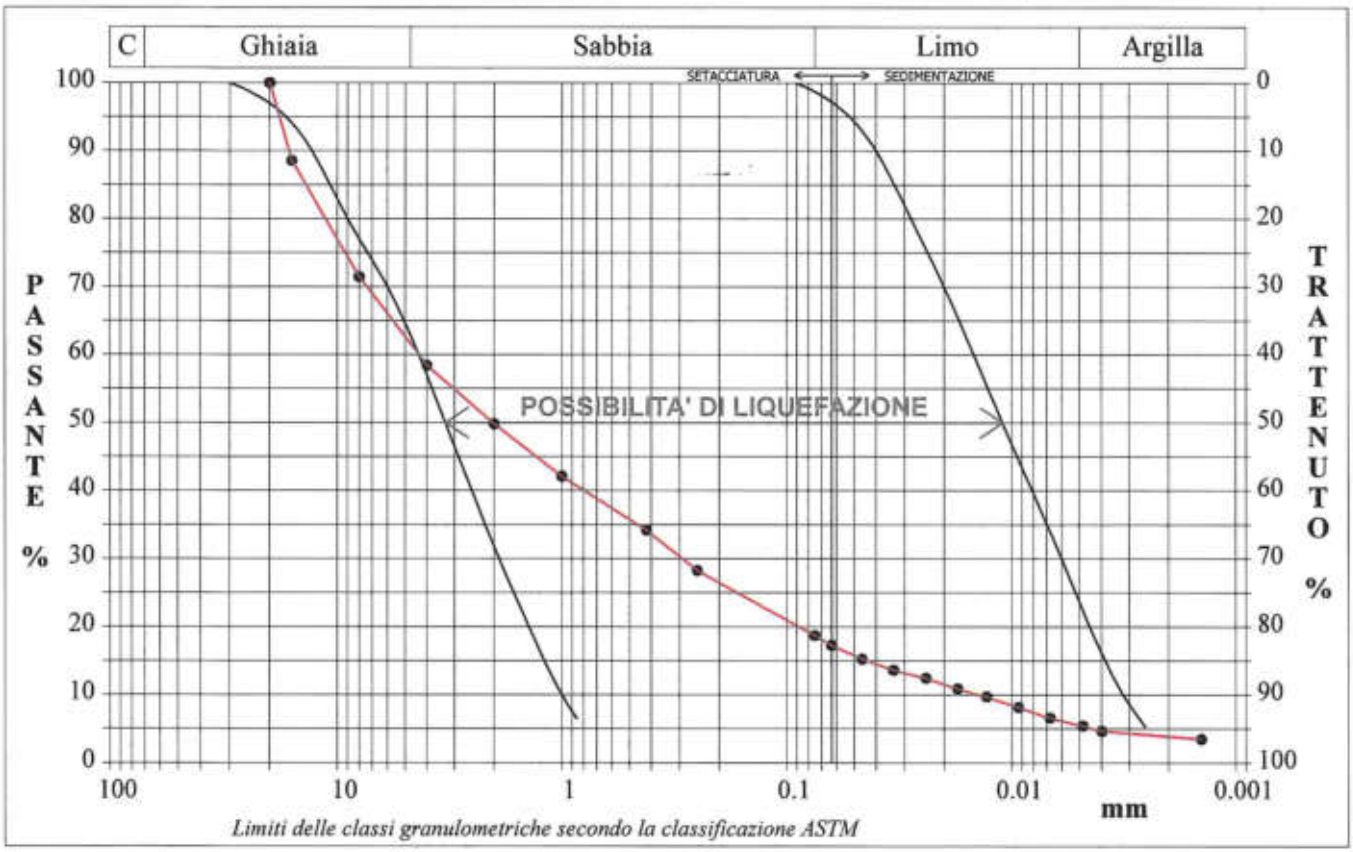
RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C5 PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma UNI CEN IS 17892-4

Ghiaia	38.4 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	49.8 %	D_{10}	0.01386 mm
Sabbia	42.9 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	34.2 %	D_{30}	0.29095 mm
Limo	13.1 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	18.7 %	D_{50}	2.03158 mm
Argilla	5.6 %			D_{60}	4.35197 mm
Coefficiente di uniformità	313.96	Coefficiente di curvatura	1.40	D_{90}	16.45720 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione ASTM

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
20.0000	100.00	1.0000	42.12	0.0462	15.25	0.0093	8.17		
16.0000	88.55	0.4200	34.19	0.0335	13.62	0.0067	6.62		
8.0000	71.43	0.2500	28.27	0.0241	12.45	0.0048	5.45		
4.0000	58.42	0.0750	18.73	0.0174	10.90	0.0040	4.67		
2.0000	49.81	0.0632	17.28	0.0129	9.73	0.0014	3.50		

SABBIA CON GHIAIA LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA DI COLORE MARRONE.

SGEO - Laboratorio 6.3 - 2021

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. - MURANO - LE

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750

CERTIFICATO DI PROVA N°: 226/gr/23 Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	26/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C5 PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

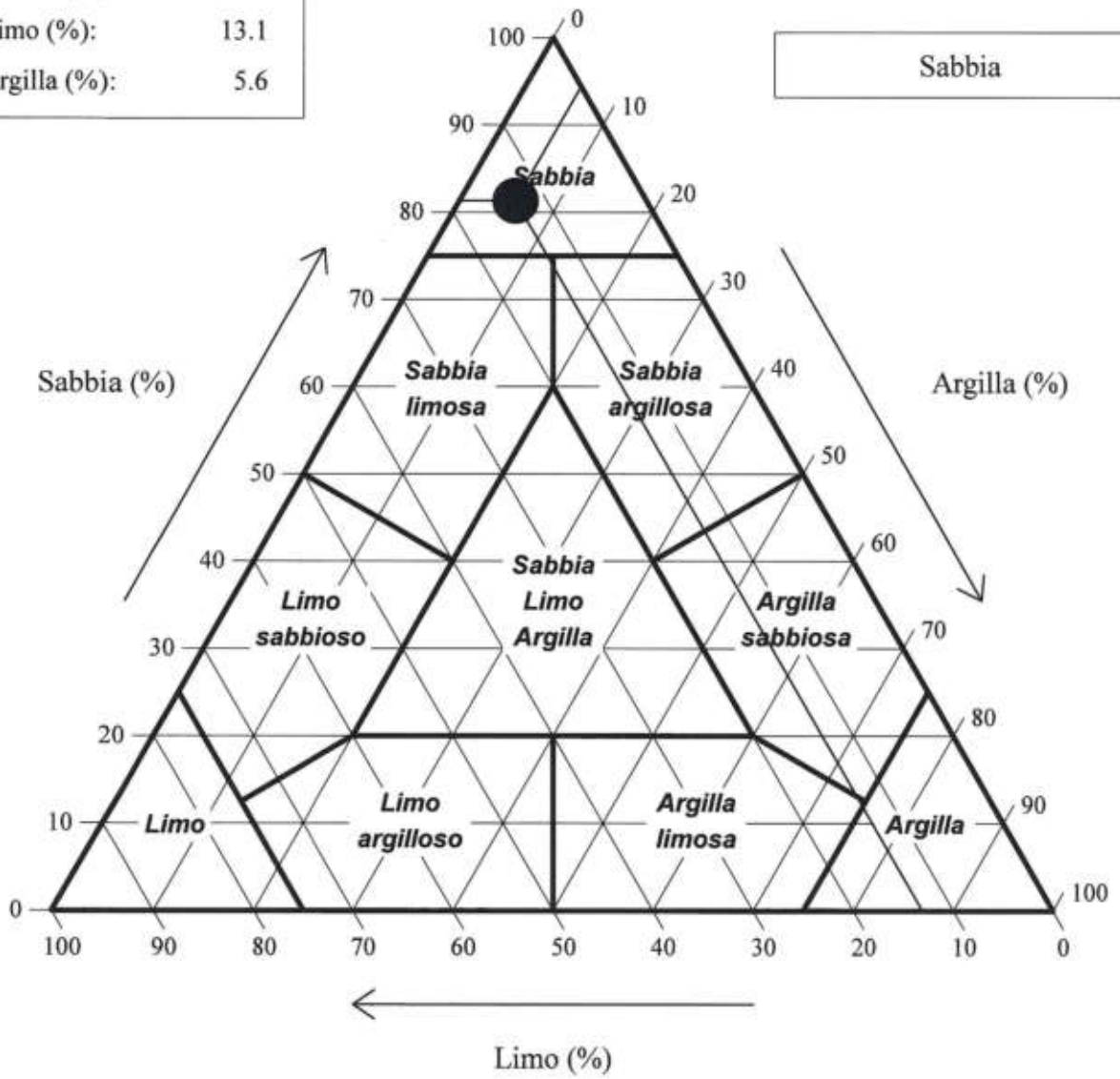
ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

Modalità di prova: Norma UNI CEN IS 17892-4

Sabbia (%):	81.3
Limo (%):	13.1
Argilla (%):	5.6

Diagramma di Shepard

Sabbia



SABBIA CON GHIAIA LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA DI COLORE MARRONE.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750
Sede legale e laboratorio Terni e Rieti: Via I Giugno 2, 73049 Ruffano (LE)
Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9043
www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre rocce e prove in sito DM 270 del 14 giugno 2018
Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 273 del 12 giugno 2018

CERTIFICATO DI PROVA N°: 226/u/23 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	24/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C5 PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-1

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 29.7 %

Struttura del materiale:
- ☒ Omogeneo
- ☐ Stratificato
- ☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Dimensione massima delle particelle: 16.00 mm

SABBIA CON GHIAIA LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA DI COLORE MARRONE.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 226/pdv/23 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione:	23/01/23	Fine analisi:	23/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C5 PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-2

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 16.3 kN/m³

SABBIA CON GHIAIA LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA DI COLORE MARRONE.

Tecnico di laboratorio
Dott.Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L.

GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580730

CERTIFICATO DI PROVA N°: 226/ps/23 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	24/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	24/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C5 PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-3

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 24.6 kN/m³

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 24.6 kN/m³

Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 16.4 °C

Dimensione massima delle particelle: 16.00 mm

Disaerazione eseguita sotto vuoto

SABBIA CON GHIAIA LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA DI COLORE MARRONE.

Tecnico di laboratorio
Dott.Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 226/lc/23 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	25/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	26/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C5 PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

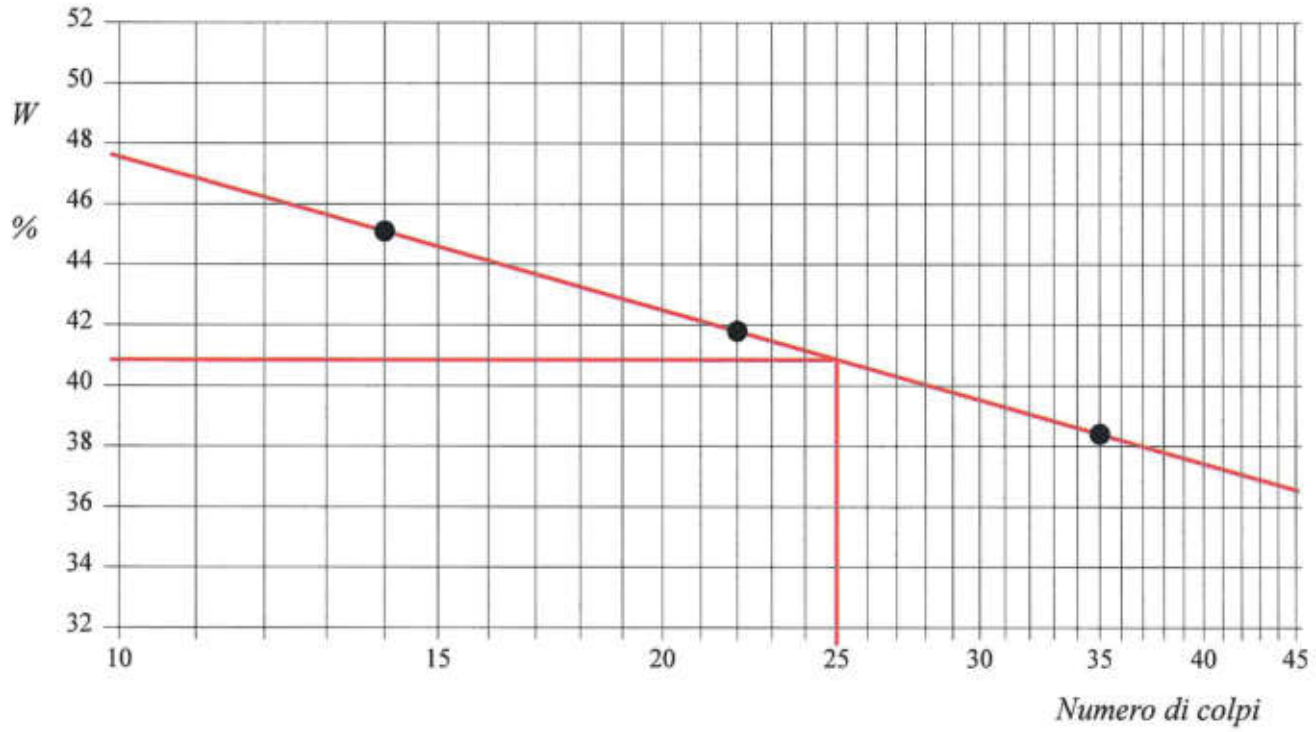
Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-12

Limite di liquidità	40.9	%
Limite di plasticità	31.5	%
Indice di plasticità	9.4	%

La prova è stata eseguita sulla frazione granulometrica passante al setaccio n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'						LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	14	22	35			Umidità (%)	31.0	31.9
Umidità (%)	45.1	41.8	38.4			Umidità media	31.5	

Determinazione del Limite di liquidità



SABBIA CON GHIAIA LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA DI COLORE MARRONE.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 226/lc/23 Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	25/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	26/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

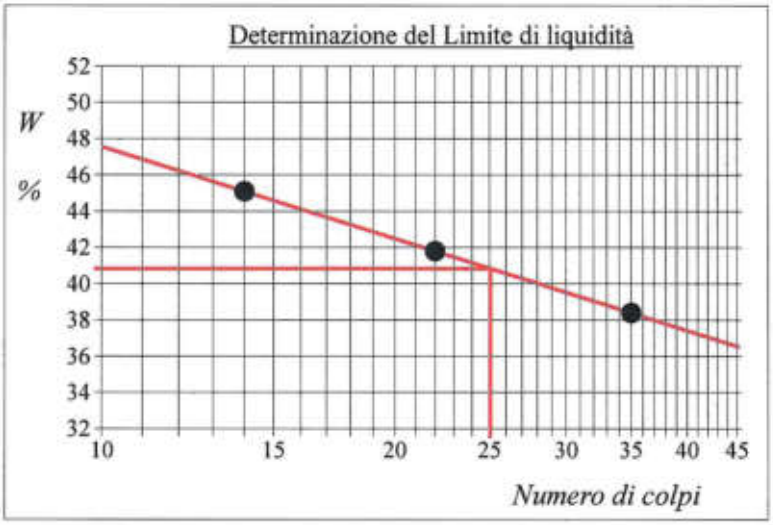
RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C5 PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

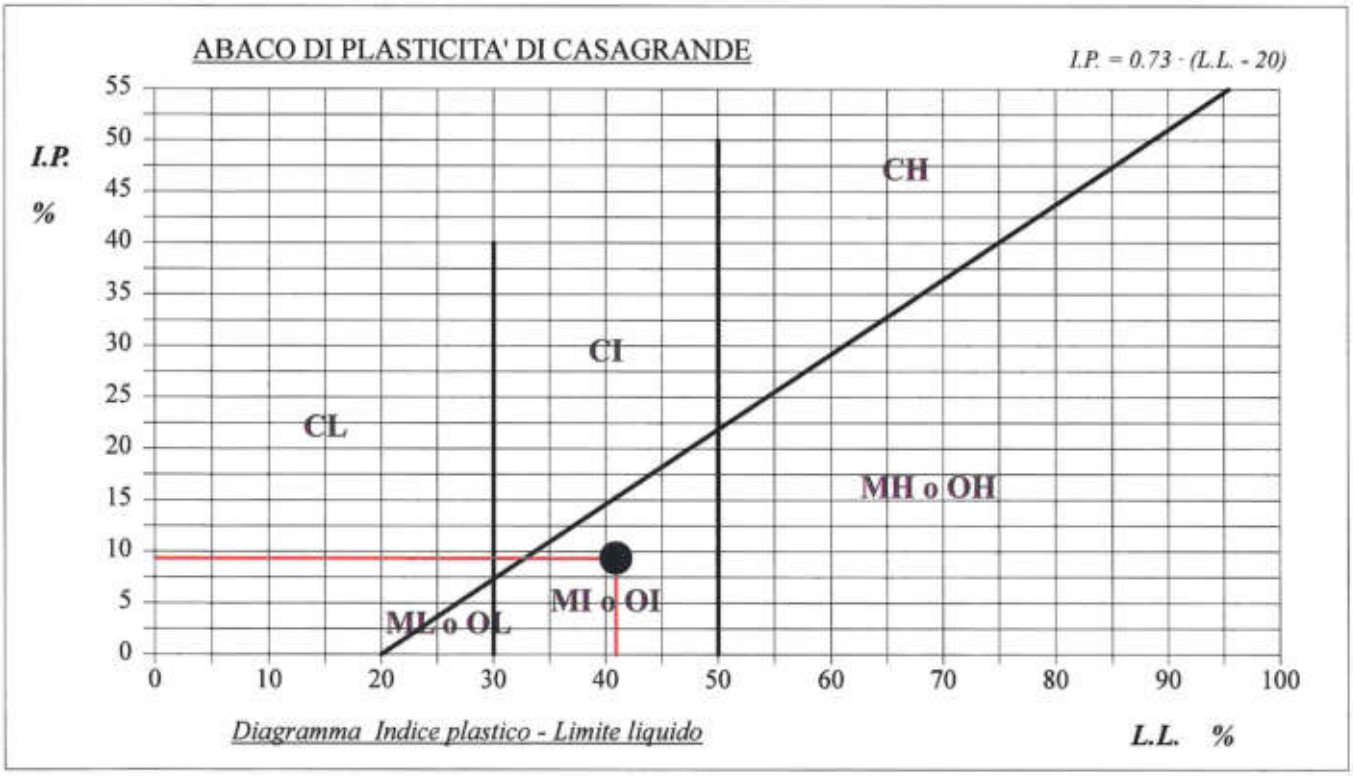
ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-12

Limite di liquidità	40.9	%
Limite di plasticità	31.5	%
Indice di plasticità	9.4	%
Indice di consistenza	1.19	
Passante al set. n° 40	SI	



C - Argille inorganiche	L - Bassa compressibilità
M - Limi inorganici	**I - Media compressibilità**
O - Argille e limi organici	H - Alta compressibilità



SABBIA CON GHIAIA LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA DI COLORE MARRONE.

Tecnico di laboratorio
Dott.Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 226/gr/23 Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	26/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C5 PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	49.8	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	34.2	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	18.7	%

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	40.9	%
Limite di plasticità	31.5	%
Indice di plasticità	9.4	%

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A2-5 INDICE DI GRUPPO: 0

Tipi usuali dei materiali principali:
Ghiaia limosa o argillosa e sabbia

SABBIA CON GHIAIA LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA DI COLORE MARRONE.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 226/ed/23 Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	30/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C5 PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-5

Caratteristiche del campione	
Peso di volume (kN/m³)	16.29
Umidità (%)	29.7
Peso specifico (kN/m³)	24.61
Altezza provino (cm)	2.00
Diametro provino (cm)	5.00
Sezione provino (cm²)	19.63
Volume provino (cm³)	39.27
Volume dei vuoti (cm³)	19.23
Indice dei vuoti	0.96
Porosità (%)	48.96
Saturazione (%)	77.7

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI

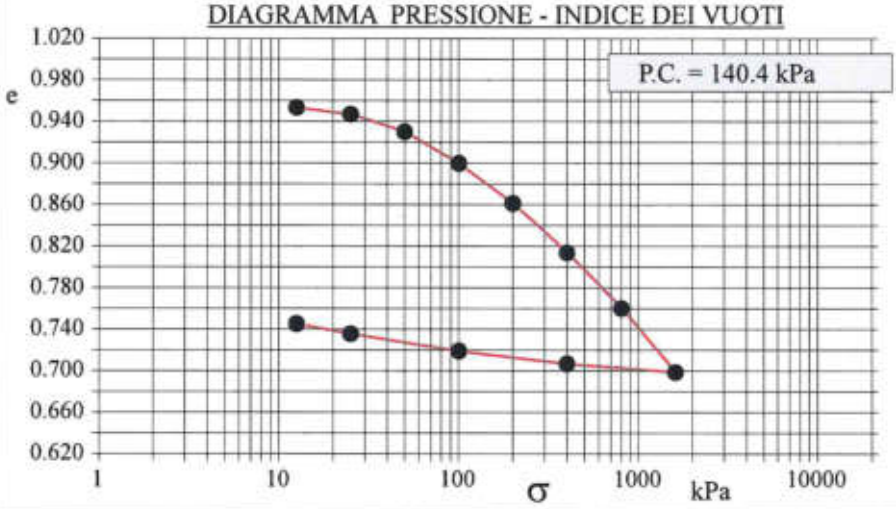
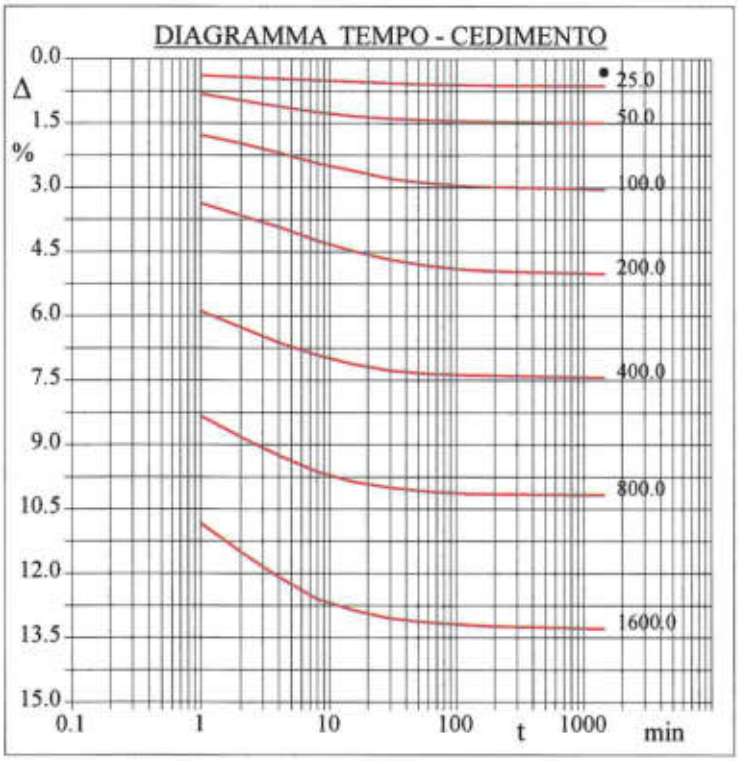


DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc
12.5	6.0	0.953	
25.0	12.5	0.947	0.021
50.0	29.8	0.930	0.056
100.0	60.8	0.900	0.101
200.0	100.2	0.861	0.128
400.0	148.6	0.814	0.158
800.0	203.4	0.760	0.178
1600.0	266.1	0.699	0.204
400.0	257.9	0.707	
100.0	245.3	0.719	
25.0	228.5	0.736	
12.5	218.5	0.745	

SABBIA CON GHIAIA LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA DI COLORE MARRONE.

Tecnico di laboratorio
Dott. Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 226/ed/23 Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	23/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	30/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C5 PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-5

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 25.0 kPa		Pressione 50.0 kPa		Pressione 100.0 kPa		Pressione 200.0 kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0.00	6.0	0.00	12.5	0.00	29.8	0.00	60.8
1.00	7.6	1.00	16.1	1.00	35.3	1.00	67.1
2.00	8.4	2.00	19.2	2.00	39.3	2.00	73.0
4.00	9.1	4.00	22.1	4.00	43.8	4.00	78.4
8.00	9.8	8.00	24.7	8.00	48.7	8.00	84.9
15.00	10.5	15.00	26.5	15.00	52.0	15.00	89.5
30.00	11.2	30.00	27.7	30.00	55.8	30.00	93.7
60.00	11.7	60.00	28.5	60.00	57.9	60.00	96.5
120.00	12.1	120.00	28.9	120.00	59.3	120.00	98.3
180.00	12.2	180.00	29.1	180.00	59.6	180.00	98.9
1440.00	12.5	1440.00	29.8	1440.00	60.8	1440.00	100.2

Pressione 400.0 kPa		Pressione 800.0 kPa		Pressione 1600.0 kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0.00	100.2	0.00	148.6	0.00	203.4		
1.00	117.6	1.00	166.4	1.00	216.2		
2.00	125.1	2.00	176.2	2.00	229.8		
4.00	132.4	4.00	184.9	4.00	241.5		
8.00	138.2	8.00	192.6	8.00	251.8		
15.00	142.2	15.00	197.1	15.00	256.8		
30.00	145.3	30.00	199.9	30.00	260.8		
60.00	146.7	60.00	201.7	60.00	262.7		
120.00	147.4	120.00	202.7	120.00	263.8		
180.00	147.7	180.00	202.9	180.00	264.4		
1440.00	148.6	1440.00	203.4	1440.00	266.1		

Tecnico di laboratorio
Dott.Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 226/cs/23 Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	25/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	25/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C5 PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-7

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	-----	-----
Velocità di deformazione (mm/min):	1.270	-----	-----
Peso di volume (kN/m³):	16.3	-----	-----
Deformazione a rottura (%):	5.91	-----	-----
Sforzo a rottura (kPa):	60.2	-----	-----

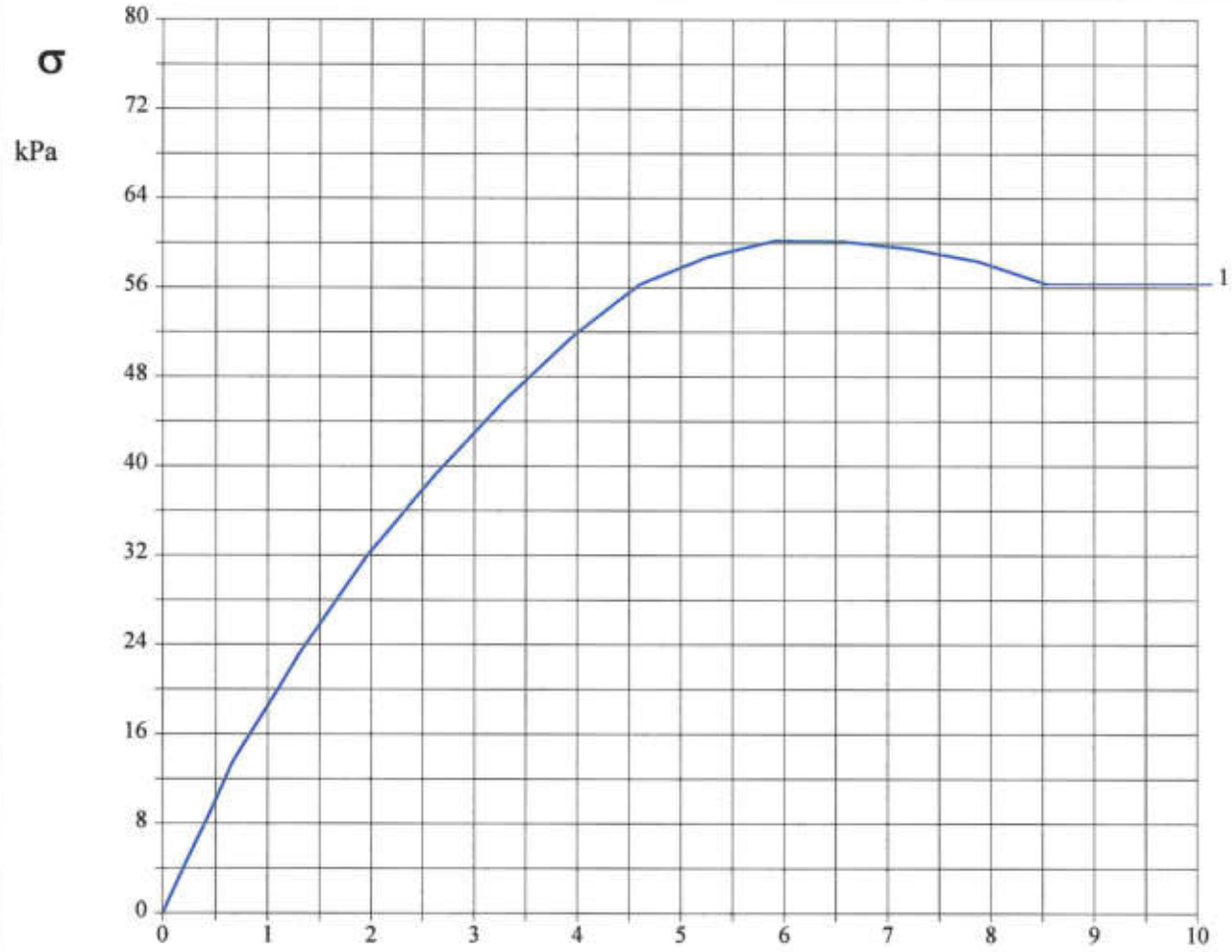


DIAGRAMMA SFORZO - DEFORMAZIONE

SABBIA CON GHIAIA LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA DI COLORE MARRONE.

Tecnico di laboratorio
Dott.Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 226/cs/23 Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	25/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	25/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C5 PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-7

Provino 1				Provino 2				Provino 3			
Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione
%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa
0.66	13.4										
1.31	23.4										
1.97	32.1										
2.62	39.3										
3.28	45.8										
3.94	51.5										
4.59	56.3										
5.25	58.7										
5.91	60.2										
6.56	60.2										
7.22	59.5										
7.87	58.4										
8.53	56.4										

Tecnico di laboratorio
Dott.Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 226/td/23 Pagina 1/4	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	26/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	30/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C5 PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

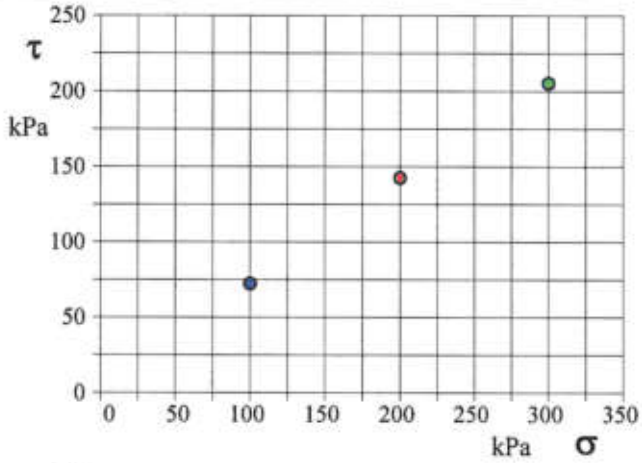
PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-10

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Indisturbato		Indisturbato		Indisturbato	
Pressione verticale (kPa):	100		200		300	
Tensione a rottura (kPa):	72		143		205	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	6.50	-0.10	5.50	-0.10	6.00	-0.15
Umidità iniziale e umidità finale (%):	29.5	35.4	29.6	35.7	29.2	35.0
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	16.3	17.5	16.3	18.0	16.3	18.3
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	77.1	98.7	77.4	100.0	77.0	100.0

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale



Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0.004 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

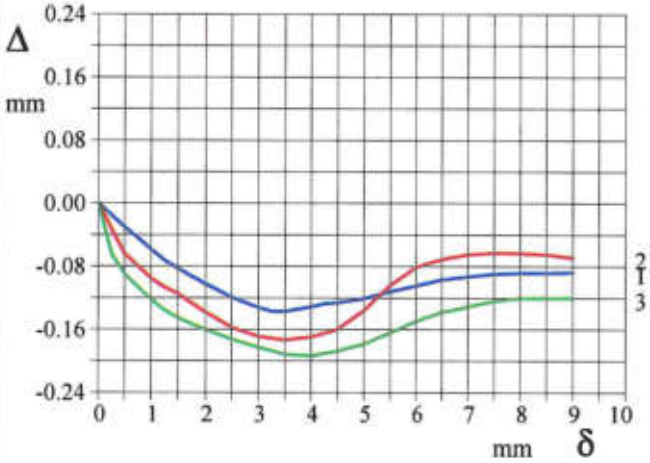


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

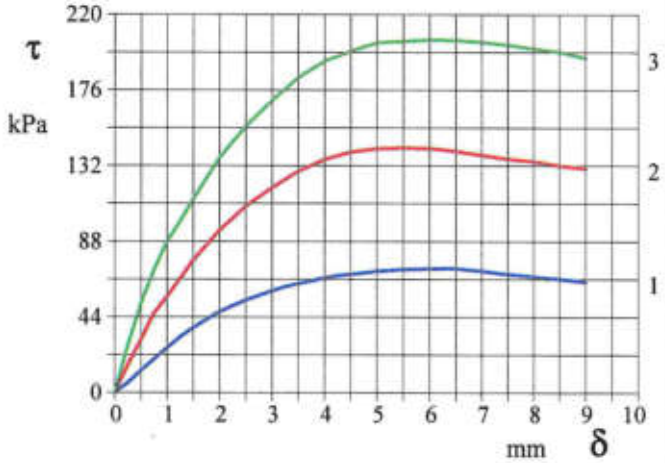


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

SABBIA CON GHIAIA LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA DI COLORE MARRONE.

Tecnico di laboratorio
Dott.Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 226/td/23 Pagina 2/4	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	26/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	30/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C5 PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-10

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0.250	5.9	-0.02	0.250	16.0	-0.03	0.250	27.7	-0.06
0.500	13.1	-0.03	0.500	30.9	-0.06	0.500	52.7	-0.09
0.750	19.5	-0.04	0.750	46.2	-0.08	0.750	71.7	-0.11
1.000	26.1	-0.06	1.000	55.8	-0.09	1.000	88.2	-0.12
1.250	32.4	-0.07	1.250	66.2	-0.11	1.250	99.9	-0.14
1.500	37.7	-0.08	1.500	77.0	-0.11	1.500	112.9	-0.15
2.000	47.2	-0.10	2.000	94.6	-0.14	2.000	137.0	-0.16
2.500	53.9	-0.12	2.500	108.6	-0.16	2.500	155.3	-0.17
3.000	59.4	-0.13	3.000	119.4	-0.17	3.000	170.2	-0.18
3.250	61.8	-0.14	3.500	128.9	-0.17	3.500	183.5	-0.19
3.500	63.5	-0.14	4.000	135.8	-0.17	4.000	193.0	-0.19
4.000	66.8	-0.13	4.500	140.0	-0.16	4.500	198.8	-0.19
4.250	68.1	-0.13	5.000	142.0	-0.14	5.000	203.6	-0.18
4.500	68.9	-0.13	5.500	142.5	-0.10	6.000	205.3	-0.15
5.000	70.8	-0.12	6.000	142.2	-0.08	6.500	205.1	-0.14
5.500	71.9	-0.11	6.500	140.7	-0.07	7.000	204.0	-0.13
6.000	72.3	-0.10	7.000	138.3	-0.06	7.500	202.2	-0.12
6.500	72.3	-0.10	7.500	136.1	-0.06	8.000	200.1	-0.12
7.000	70.9	-0.09	8.000	134.6	-0.06	8.500	198.2	-0.12
7.500	69.1	-0.09	8.500	132.3	-0.06	9.000	194.7	-0.12
8.000	67.6	-0.09	9.000	130.6	-0.07			
8.500	66.2	-0.09						
9.000	64.6	-0.09						

Tecnico di laboratorio
Dott.Raffaele Corvaglia

GEOPROVE S.R.L. TECNICO DI LABORATORIO RUFFANO - LE

GEOPROVE S.R.L.
Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis
DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 226/td/23 Pagina 3/4	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	26/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	30/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C5 PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-10

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	100
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.934
Sezione (cm²):	36.00
T_{50} (min)	3.3
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0.030

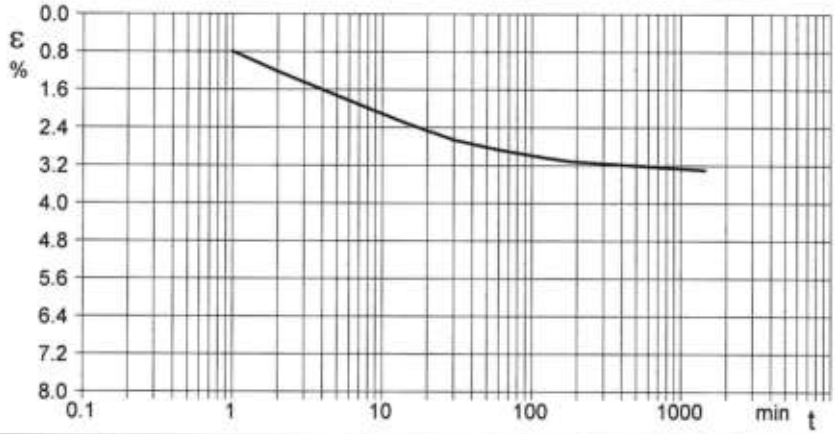


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	200
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.891
Sezione (cm²):	36.00
T_{50} (min)	3.7
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0.027

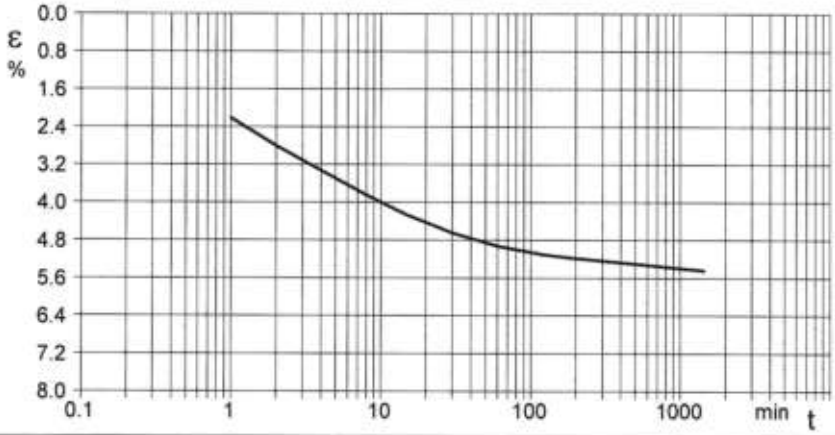
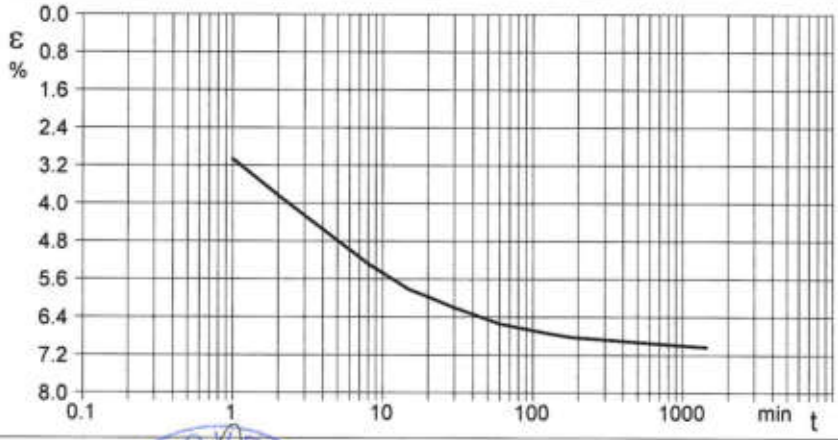


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	300
Altezza iniziale (cm)	2.000
Altezza finale (cm)	1.859
Sezione (cm²):	36.00
T_{50} (min)	3.3
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0.031



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata $tf = 50 \times T_{50}$ Vs = Df / tf

Tecnico di laboratorio
Dott.Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

CERTIFICATO DI PROVA N°: 226/td/23 Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE: 31/01/23	Inizio analisi:	26/01/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 07 del 14/01/23	Apertura campione: 23/01/23	Fine analisi:	30/01/23

COMMITTENTE: ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA

RIFERIMENTO: Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C5 PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-10

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Cedim. %	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Cedim. %	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Cedim. %
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	15.87	0.79	1.00	44.29	2.21	1.00	61.33	3.07
2.00	24.34	1.22	2.00	56.19	2.81	2.00	76.64	3.83
8.00	39.86	1.99	8.00	76.95	3.85	8.00	105.59	5.28
15.00	46.65	2.33	15.00	85.42	4.27	15.00	116.33	5.82
30.00	53.18	2.66	30.00	92.99	4.65	30.00	124.11	6.21
60.00	57.43	2.87	60.00	98.54	4.93	60.00	130.82	6.54
120.00	60.71	3.04	120.00	102.04	5.10	120.00	134.51	6.73
180.00	62.33	3.12	180.00	103.41	5.17	180.00	136.44	6.82
1440.00	66.02	3.30	1440.00	108.77	5.44	1440.00	140.70	7.04

Tecnico di laboratorio
Dott.Raffaele Corvaglia

Direttore del laboratorio
Dott. Marcello De Donatis

GEOPROVE S.R.L. DIRETTORE DI LABORATORIO

COMMITTENTE:	ACEA ELABORI SPA - VIA VITORCHIANO, 165 ROMA	
RIFERIMENTO:	Acquedotto Doganella - Comune di Monte Compatri e Colonna (Rm) - O.d.s 22/23	
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C5	PROFONDITA': m 18.00 - 18.50

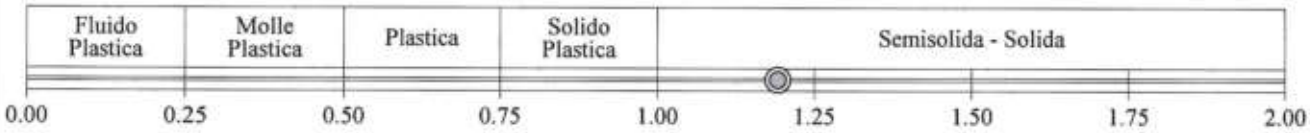
CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

Classifica A.G.I.	Sabbia con ghiaia limosa debolmente argillosa

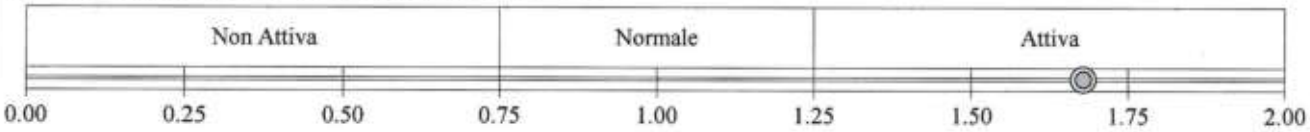
CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

Abaco di plasticità di Casagrande	MI o OI - Limi inorganici o argille e limi organici a media compressibilità

I.C. = Indice di consistenza = (LL - Wn) / IP = 1.19

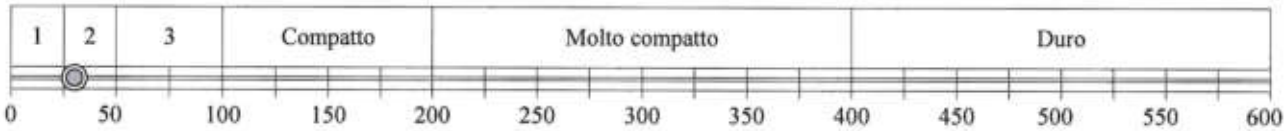


A = Attività (Skempton) = IP / CF (clay fraction) = 1.68



CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA

Coesione non drenata [da Prova di Compressione ad E.L.L.] = 30 kPa



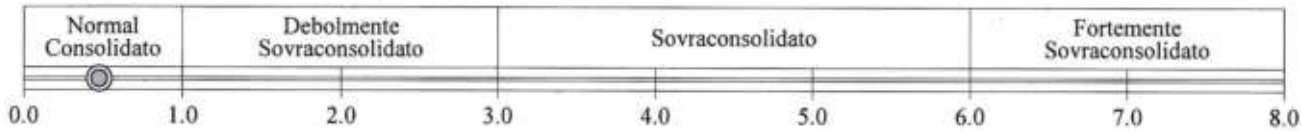
1 - Molto molle 2 - Molle 3 - Mediamente compatto

CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 293.9kPa

Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 140.4kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 0.48



SABBIA CON GHIAIA LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA DI COLORE MARRONE.

REGIONE LAZIO
CITTA' METROPOLITANA DI ROMA CAPITALE
COMUNE DI MONTE COMPATRI

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE NEL COMUNE DI MONTE COMPATRI - O.D.S. N. 22/25

RELAZIONE TECNICA

Committente: **ACEA INFRASTRUCTURE SPA**

Esecuzione: GEOVIT s.r.l.
Dott. Geol. Roberto TRONCARELLI
Dott. Geol. Marco ORFEI
Collaborazione: **Dott.ssa Alessia AMODIO**
Dott.ssa Noemi CONDO'

ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO
Dott. ROBERTO TRONCARELLI
Geologo
A.P. n.803

Data: Dicembre 2025

Elaborato N°: 3158/25

Relazione tecnica

INDICE

1. Premessa e quadro normativo **..... 2**

2. Inquadramento dell'area di studio **..... 4**

3. Indagini eseguite **..... 6**

3.1. Prove geotecniche in sito 6

3.1.1. Prove penetrometriche dinamiche DPSH 6

3.2. Prove geofisiche 8

3.2.1. Stese di sismica a rifrazione 8

ALLEGATI

ALLEGATO 1 – TABULATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH

ALLEGATO 2 – TABULATI PROVE SISMICHE A RIFRAZIONE

ALLEGATO 3 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

1. Premessa e quadro normativo

Il sottoscritto Dott. Geol. Roberto Troncarelli, iscritto all'Ordine dei Geologi del Lazio al n. 803, polizza Responsabilità Civile "Accelerant Insurance Europe" n. R.2025.1386468, in qualità di Legale Rappresentante e Direttore Tecnico della Società GEOVIT s.r.l., con sede in Viterbo, Via Monte Cervino n. 12, iscrizione al Registro delle Imprese e codice fiscale 01416400560 REA 85435, su incarico di Acea Infrastructure s.p.a., con O.d.S. n. 22/25 *"Indagini geognostiche e geofisiche nel Comune di Monte Compatri (RM) – Contratto Quadro n. 4600018925",* ha eseguito una campagna di indagini geognostiche e geofisiche, nel Comune di Monte Compatri (RM).

Le indagini sono state condotte ai sensi del D.M. LL.PP. 11.3.1988 "Norme tecniche per indagini su terreni e rocce...omissis", e della Circolare del Min. LL.PP. n° 30483/88.

Le coordinate geografiche nel sistema WGS84 del sito d'intervento, evidenziate nella sottostante figura 1, sono le seguenti:

Latitudine:	ϕ_{WGS84}	41.825171
Longitudine:	λ_{WGS84}	12.744604

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Figura 1 – Ubicazione da Google Earth dell'area di studio.

Le indagini sono state condotte nel mese di Dicembre 2025 e sono consistite nell'esecuzione di:

- n. 4 prove penetrometriche dinamiche di tipo DPSH, spinte fino al raggiungimento della condizione di rifiuto strumentale;
- n. 5 indagini di sismica a rifrazione (RF).

Di seguito si riportano:

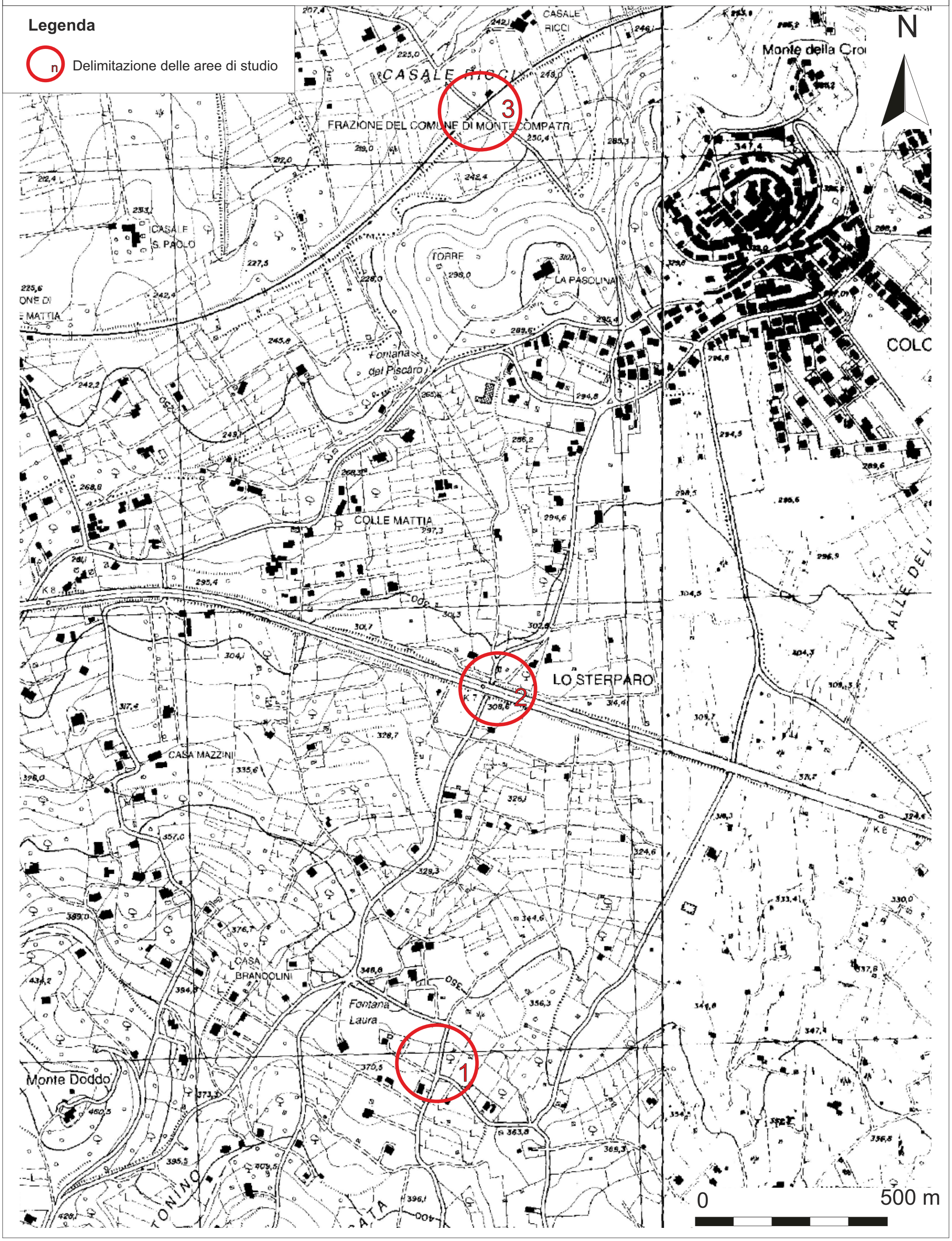
- stralci CTR Sezioni nn. 375130 "Frascati", 375140 "Zagarolo", con ubicazione dell'area di studio, in scala 1:10.000;
- stralci delle immagini Google Earth, con l'ubicazione delle indagini eseguite, suddivise in tre distinte aree.

La corrente relazione presenta i risultati delle indagini eseguite.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

COMUNE DI MONTE COMPATRI (RM)
Area 1, Area2 e Area 3

Stralcio CTR - Sezioni nn. 375130 “Frascati”, 375140 “Zagarolo”
Scala: 1:10.000



COMUNE DI MONTE COMPATRI (RM)

Area 1

UBICAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE

Stralcio immagine Google Earth

COMUNE DI MONTE COMPATRI (RM)

Area 2

UBICAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE

Stralcio immagine Google Earth

COMUNE DI MONTE COMPATRI

Area 3

UBICAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE

Stralcio immagine Google Earth

2. Inquadramento dell'area di studio

Le indagini sono state eseguite presso il Comune di Monte Compatri (RM), in un'area compresa tra 2,7km e 800 m in direzione Nord dal centro storico del comune stesso.

L'andamento morfologico locale è stato trasformato dagli interventi antropici; in linea di massima è comunque possibile intercettare l'originaria morfologia, che rivela un assetto subcollinare.

In particolare, l'area d'intervento è compresa tra due alti strutturali costituiti da Monte Compatri e Colonna.

Dal punto di vista idrografico, sono presenti piccoli fossi subparalleli con andamento circa Sud-Nord e che confluiscono più a valle nel Fiume Aniene.

Dal punto di vista geologico nell'area d'indagine sono presenti depositi piroclastici dell'apparato dei Colli Albani, in particolare depositi appartenenti alla "*Formazione della Madonna degli Angeli*".

La zona più a Sud e quella centrale dell'area di studio sono caratterizzate dall'affioramento della "*Litofacies piroclastica*" costituita da depositi di scorie in bancate e ceneri, da ricaduta e rimaneggiati più o meno pedogenizzati, associati sia a coni di scorie che ad apparati eccentrici (sigla FKB_b – Carta Geologica D'Italia, F° 375 "Tivoli" , in scala 1:50.000).

La zona più a Nord dell'area di studio è costituita da depositi appartenenti alla "*Litofacies lavica*", ovvero lave grigio scure in colate, da porfiriche a microcristalline, da compatte a vacuolari, con contenuto variabile di fenocristalli di leucite, clinopirosseno ed occasionalmente olivina (sigla FKB_{i3a} – Carta Geologica D'Italia, F° 375 "Tivoli" , in scala 1:50.000).

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Dal punto di vista idrogeologico i depositi su descritti sono ascrivibili ai seguenti Complessi Idrogeologici:

- Il "*Complesso Idrogeologico delle Pozzolane*" è costituito da depositi da colata piroclastica, genericamente massivi e caotici, prevalentemente litoidi. Nel complesso sono comprese le ignimbriti e tufi (PLEISTOCENE). Lo spessore va da pochi metri ad un migliaio di metri. Questo complesso è sede di una estesa ed articolata circolazione idrica sotterranea che alimenta la falda di base dei grandi acquiferi vulcanici regionali.
- Il "*Complesso Idrogeologico delle Lave, Laccoliti e Coni di Scorie*" è costituito da scorie generalmente saldate, lave e laccoliti, con spessori da qualche decina a qualche centinaio di metri, contenenti falde di importata locale ad elevata produttività, ma di estensione limitata.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

3. Indagini eseguite

3.1. Prove geotecniche in sito

3.1.1. Prove penetrometriche dinamiche DPSH

Al fine di caratterizzare a livello geotecnico i terreni al sedime dell'area d'intervento, sono state interpretate le risultanze di una campagna di indagini geognostiche che ha previsto l'esecuzione di n. 4 prove penetrometriche dinamiche di tipo DPSH, denominate P1, P1bis, P2 e P3, e ubicate come da stralcio cartografico precedentemente allegato.

Il penetrometro dinamico cingolato utilizzato, Modello Pagani TG-63-200 ISM.C, secondo la classificazione ISSMFE del 1988 appartiene al tipo Superpesante (DPSH), ovvero con massa battente di massa M > 60 kg.

Si allega il certificato di conformità dello strumento alle direttive europee.

Il modello consente l'infissione di aste di acciaio di diametro ø = 3,60 cm, lunghezza 100 cm e peso 6.00 Kg cadauna; il maglio di battuta, del peso di 63,50 Kg, prevede un'altezza di caduta fissa di 75 cm; al termine dell'ultima asta è montata una punta conica, avente area A = 20,43 cmq ed angolo di apertura ß = 90°.

Tale penetrometro sviluppa un'energia specifica / colpo Q = 11,66 kg/cmq (per riferimento, una prova SPT sviluppa una QSPT = 7.83 kg/cmq); il coefficiente teorico di energia βt = Q / QSPT = 1.521 (in teoria quindi NSPT = βt x N).

Sui tabulati allegati si riportano il numero dei colpi N per ogni 20 cm di avanzamento della batteria di aste, sia in veste analitica che grafica, ed i valori delle resistenze dinamiche di rottura alla punta con la profondità in Kg/cmq, calcolate ricorrendo alla formula olandese ricordata sul prospetto riepilogativo iniziale.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Sono infine stati correlati i dati ottenuti elaborando sia un prospetto statistico che un'interpretazione geomeccanica; ciò ha permesso di ricostruire la serie litotecnica, con le rispettive caratteristiche e le indicazioni dei valori di resistenza dinamica corrispondenti ad una prova SPT.

Le colonne litotecniche del test consentono un'interpretazione ed una definizione abbastanza affidabile della sequenza litologica e geomeccanica locale.

Durante l'esecuzione delle prove sono state scattate alcune fotografie, riportate nella apposita sezione in allegato (rif. Documentazione fotografica).

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

3.2. Prove geofisiche

3.2.1. Stese di sismica a rifrazione

Descrizione del metodo

Il metodo della rifrazione sismica si basa sul principio fisico secondo cui quando un'onda sismica (onda incidente) incontra la superficie di separazione tra due mezzi isotropi con differenti caratteristiche meccaniche, una parte dell'energia si trasmette nello stesso mezzo in cui si propaga, l'onda incidente (onda riflessa) e una parte si rifrange nell'altro (onda rifratta). In particolare ogni onda di volume (P o SV) genera nel punto d'incidenza due onde riflesse (una longitudinale e l'altra trasversale) e due onde rifratte (una longitudinale e l'altra trasversale), le direzioni di propagazioni giacciono tutte sullo stesso piano perpendicolare all'interfaccia, gli angoli che formano rispetto alla normale all'interfaccia sono legati tra loro e alla velocità dei mezzi attraversati (principio di Huygens):

Mediante questo tipo di indagine si può risalire alla probabile composizione litologica di massima dei terreni, al loro grado di fratturazione, alla geometria delle prime unità sottostanti la coltre superficiale, alla profondità in cui si trova la roccia di fondo ("bedrock"), alla sua forma e talora, in terreni alluvionali, alla profondità della falda freatica.

L'elaborazione dei dati sismici, con un completo modello matematico bidimensionale appoggiato da procedure iterative, consente di massimizzare la risoluzione e il dettaglio di ricostruzione del modello di velocità attribuito al terreno in esame.

Utilizzando quindi le distanze tra il punto di scoppio e quello di ricezione e i tempi di primo arrivo dei segnali sismici, vengono ricavate le dromocrone (curve tempi-distanze), dalle quali si risale, tramite opportuno programma di calcolo, alle velocità reali nei singoli strati, al loro spessore, profondità, forma ed inclinazione.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Strumentazione utilizzata

L'attrezzatura e la strumentazione è costituita da:

sistema di energizzazione delle onde P: la sorgente è costituita da una mazza di 8 kg battente su una piastra quadrata in acciaio poggiante direttamente sul p.c..

sistema di ricezione: costituito da 24 geofoni verticali con frequenza propria di 10 hz;

sistema di acquisizione dati: la strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale della PASI modello 16S24-U, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- capacità di campionamento dei segnali tra 125 μs e 2 ms;
- filtri in post-acquisizione (50-60 Notch, 250LP);
- antialiasing: attivi, LPF, 8°ordine Butterworth;
- attenuazione -48dB/oct (-160dB/dec);
- f0=5/8fnyq; accuratezza ±1% freq.di taglio;
- 24 bit con algoritmo proprietario;
- 24 geofoni verticali (P) con periodo proprio di 10 Hz;
- massa battente pesante di 8 Kg.

Per l'elaborazione è stato utilizzato il software SMARTTOMO della GeoAstier.

Geometria di acquisizione

È stata realizzata una stesa di sismica a rifrazione denominata RF1 caratterizzata da uno stendimento di lunghezza pari a circa 46 metri lungo i quali sono stati disposti in serie i 24 geofoni con distanza intergeofonica 2 metri, adottando una configurazione a 5 shot per l'energizzazione in onde P.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Configurazione degli shot

Per la stesa di sismica a rifrazione è stata adottata la seguente configurazione:

- 2 end-shot posti alla distanza intergeofonica dai geofoni esterni (E1 e E2);
- 2 intermedi posti rispettivamente fra il geofono G6 e G7 (D2) e tra il G18 e G19 (D5);
- 1 centrale tra il G12 e G13 (C).

Schema Geometrico:

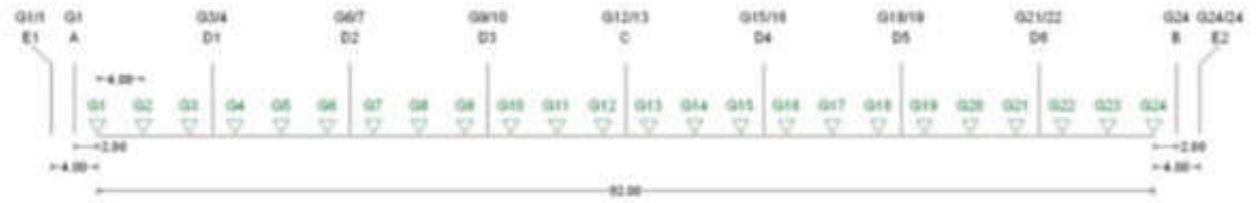


Figura 2: Schema geometrico esemplificativo di acquisizione

Si riportano sulle tavole dei sismogrammi, le caratteristiche geometriche di acquisizione per ciascuna stesa sismica.

I risultati ottenuti dalle ricostruzioni sismiche si sono basate incrociando tutte le informazioni note con il fine di rappresentare un modello conforme alla situazione litostratigrafica presente nell'area; a tal proposito si ribadisce che è il modello rappresentato è uno schema approssimativo della realtà e pertanto è sempre preferibile avere a disposizione informazioni dirette di tipo geologico e/o geotecnico.

Sulle tavole interpretative sono riportate in tabella le progressive dei geofoni, le quote e i tempi di lettura del primo arrivo misurata e calcolata.

Lo scopo della procedura iterativa tomografica è quello di ridurre l'errore fra i tempi delle dromocrone calcolate in base al modello rispetto a quelle effettivamente misurate.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Questo avviene per approssimazioni successive (iterazioni) controllate dall'operatore al quale è possibile intervenire nella scelta di molti coefficienti che influenzano il calcolo come anche nella scelta della procedura stessa che viene utilizzata per realizzare la minimizzazione degli errori.

Il risultato finale è una matrice rappresentativa del terreno indagato costituita da celle ciascuna caratterizzata da una velocità sismica e tale complessivamente da presentare un errore minimo se utilizzata nella procedura di tracciamento dei raggi sismici.

Questa matrice viene visualizzata come sezione sismica tramite un opportuno programma di contouring utilizzando, se ritenuto necessario, diversi colori per diverse velocità

Interpretazione dei risultati

Nella seguente tabella si riportano i valori di velocità delle onde P ed S dei principali litotipi riferibili anche al contesto geologico in esame.

Litotipi	Vp [m/s] min-max	Vs [m/s] min-max
TERRENI E ACQUA		
Alluvioni	400 - 2000	200 - 800
Sabbia asciutta	200 - 1000	80 - 400
Sabbia satura (in funzione anche del grado di saturazione)	600 - 2300	250 - 450
Sabbia siltosa	600 - 1900	200 - 600
Sabbia e ghiaia	300 - 1800	300 - 600
Limo	650 - 1250	240 - 480
Argilla	1000 - 2500	300 - 600
Argilla sabbiosa	600 - 2500	200 - 450
Acqua	1450 - 1500	0
ROCCE SEDIMENTARIE		
Argillite	2100 - 4400	550 - 2100
Arenaria	2000 - 6000	950 - 3100
Arenaria fratturate	800 - 2100	360 - 950
Calcare	2000 - 7000	1000 - 3300
Calcare fratturato	750 - 1500	330 - 1000
Calcarenite	1400 - 4400	800 - 2500
Calcarenite fratturata	600 - 1300	330 - 800
Marna	1500 - 2000	300 - 500
ROCCE IGNEE		
Basalto	1800 - 5000	1000 - 3000
Basalto fratturato	950 - 1350	480 - 700
Granitoidi	1600 - 5000	900 - 3000
Granitoidi fratturati	1000 - 1750	500 - 900
Piroclastite coerente	750 - 2500	350 - 1100
Piroclastite incoerente	350 - 1000	160 - 450

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Area 1:

La sezione sismica **RF1** ha investigato i primi 25 metri di profondità fornendo informazioni di dettaglio sullo strato più superficiale.

È stato possibile evidenziare un unico rifrattore individuando così 2 sismostrati principali. Lo strato più superficiale è caratterizzato da Velocità delle onde P (VP) comprese nel range 348/680 m/s, a terreni di copertura e/o depositi rimaneggiati della Litofacies Piroclastica costituita da scorie e lapilli. Tale strato tende ad ispessirsi verso l'estremo di SSW raggiungendo uno spessore massimo di circa 9 metri.

Al di sotto di questo strato, si passa ad un livello caratterizzato da velocità comprese nel range 680/1719 m/s. Questo strato è attribuibile alla Litofacies Piroclastica costituita da scorie e lapilli.

Area 2:

La sezione sismica **RF2** ha investigato i primi 25 metri di profondità fornendo informazioni di dettaglio sullo strato più superficiale.

È stato possibile evidenziare un unico rifrattore individuando così 2 sismostrati principali. Lo strato più superficiale è caratterizzato da Velocità delle onde P (VP) comprese nel range 433/710 m/s, a terreni di copertura e/o depositi rimaneggiati della Litofacies Piroclastica costituita da scorie e lapilli. Tale strato ha spessore pressoché omogeneo lungo lo stendimento raggiungendo uno spessore massimo di circa 6 metri.

Al di sotto di questo strato, si passa ad un livello caratterizzato da velocità comprese nel range 710/1706 m/s. Questo strato è attribuibile alla Litofacies Piroclastica costituita da scorie e lapilli.

La sezione sismica **RF3** ha investigato i primi 25 metri di profondità fornendo informazioni di dettaglio sullo strato più superficiale.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

È stato possibile evidenziare un unico rifrattore individuando così 2 sismostrati principali. Lo strato più superficiale è caratterizzato da Velocità delle onde P (VP) comprese nel range 284/670 m/s, a terreni di copertura e/o depositi rimaneggiati della Litofacies Piroclastica costituita da scorie e lapilli. Tale strato tende ad ispessirsi verso l'estremo di ESE raggiungendo uno spessore massimo di circa 13 metri.

Al di sotto di questo strato, si passa ad un livello caratterizzato da velocità comprese nel range 670/1385 m/s. Questo strato è attribuibile alla Litofacies Piroclastica costituita da scorie e lapilli.

Area 3:

La sezione sismica **RF4** ha investigato i primi 25 metri di profondità fornendo informazioni di dettaglio sullo strato più superficiale.

È stato possibile evidenziare un unico rifrattore individuando così 2 sismostrati principali. Lo strato più superficiale è caratterizzato da Velocità delle onde P (VP) comprese nel range 354/720 m/s, a terreni di copertura e/o depositi alterati della Litofacies Lavica costituita da lave grigie. Tale strato ha spessore pressoché omogeneo lungo lo stendimento raggiungendo uno spessore massimo di circa 9 metri.

Al di sotto di questo strato, si passa ad un livello caratterizzato da velocità comprese nel range 720/1446 m/s. Questo strato è attribuibile a depositi della Litofacies Lavica costituita da lave grigie da compatte a vacuolari.

La sezione sismica **RF5** ha investigato i primi 25 metri di profondità fornendo informazioni di dettaglio sullo strato più superficiale.

È stato possibile evidenziare un unico rifrattore individuando così 2 sismostrati principali. Lo strato più superficiale è caratterizzato da Velocità delle onde P (VP) comprese nel range 673/1040 m/s, a terreni di copertura e/o depositi alterati della

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Litofacies Lavica costituita da lave grigie. Tale strato ha spessore pressoché omogeneo lungo lo stendimento raggiungendo uno spessore massimo di circa 12 metri.

Al di sotto di questo strato, si passa ad un livello caratterizzato da velocità comprese nel range 1040/2375 m/s. Questo strato è attribuibile a depositi della Litofacies Lavica costituita da lave grigie da compatte a vacuolari.

Viterbo, lì 10 Dicembre 2025

Geol. Roberto Troncarelli

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Allegato 1 – TABULATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,504
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE (DYNAMIC PROBING)

DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α);
- avanzamento (penetrazione) δ ;

- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

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

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

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

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

Penetrometri in uso in Italia

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

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento δ = 10 cm, punta conica (α=60-90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm^2 rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H=0.20 m, avanzamento δ = 10 cm, punta conica (α= 60-90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm^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 δ=30 cm, punta conica (α = 60°), diametro D = 50.8 mm, area base cono A=20.27 cm^2 rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
massa battente M=63.5 kg, altezza caduta H=0.75 m, avanzamento δ=20-30 cm, punta conica conica (α = 60°-90°) diametro D = 50.5 mm, area base cono A = 20 cm^2, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con Nspt

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i

valori del numero di colpi Nspt ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con Nspt. Il passaggio viene dato da:

$$NSPT = \beta_t \cdot N$$

Dove:

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

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

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui

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

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

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

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

Calcolo di $(N_1)_{60}$

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

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

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

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

Metodologia di Elaborazione.

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

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

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

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

In particolare consente di ottenere informazioni su:

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

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$Nspt,_k = Nspt,_{medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{Nspt})$$

dove σ_{Nspt} è la deviazione standard di Nspt

Distribuzione normale R.N.C.

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

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

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

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

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati Nspt 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 Nspt dello strato considerato risulta inferiore a Nspt critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione Nspt in presenza di falda

$$Nspt\ corretto = 15 + 0.5 \cdot (Nspt - 15)$$

Nspt <u>è il valore medio nello strato</u>

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) σ >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) σ >15 t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE 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) s>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 τ 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 Vs (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 (Ko)

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

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Qc)

- Robertson (1983) - Qc

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 Nspt < 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 , (Cu-Nspt-grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con Nc = 20 e Qc/Nspt = 2.
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (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 (Qc)

- Robertson (1983) - Qc

Modulo Edometrico-Confinato *(Mo)*

- 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 (Eγ)

- 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 ...P1

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 09/12/2025
Profondità prova 2,40 mt
Falda non rilevata
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	10	0,855	8,81	10,30	440,31	515,21
0,40	6	0,851	5,26	6,18	262,99	309,12
0,60	5	0,847	4,01	4,73	200,25	236,42
0,80	5	0,843	3,99	4,73	199,38	236,42
1,00	6	0,840	4,76	5,67	238,25	283,71
1,20	7	0,836	5,54	6,62	276,80	330,99
1,40	6	0,833	4,73	5,67	236,29	283,71
1,60	5	0,830	3,62	4,37	181,23	218,46
1,80	5	0,826	3,61	4,37	180,52	218,46
2,00	4	0,823	2,88	3,50	143,87	174,77
2,20	3	0,820	2,15	2,62	107,50	131,08
2,40	80	0,617	43,14	69,91	2157,18	3495,42

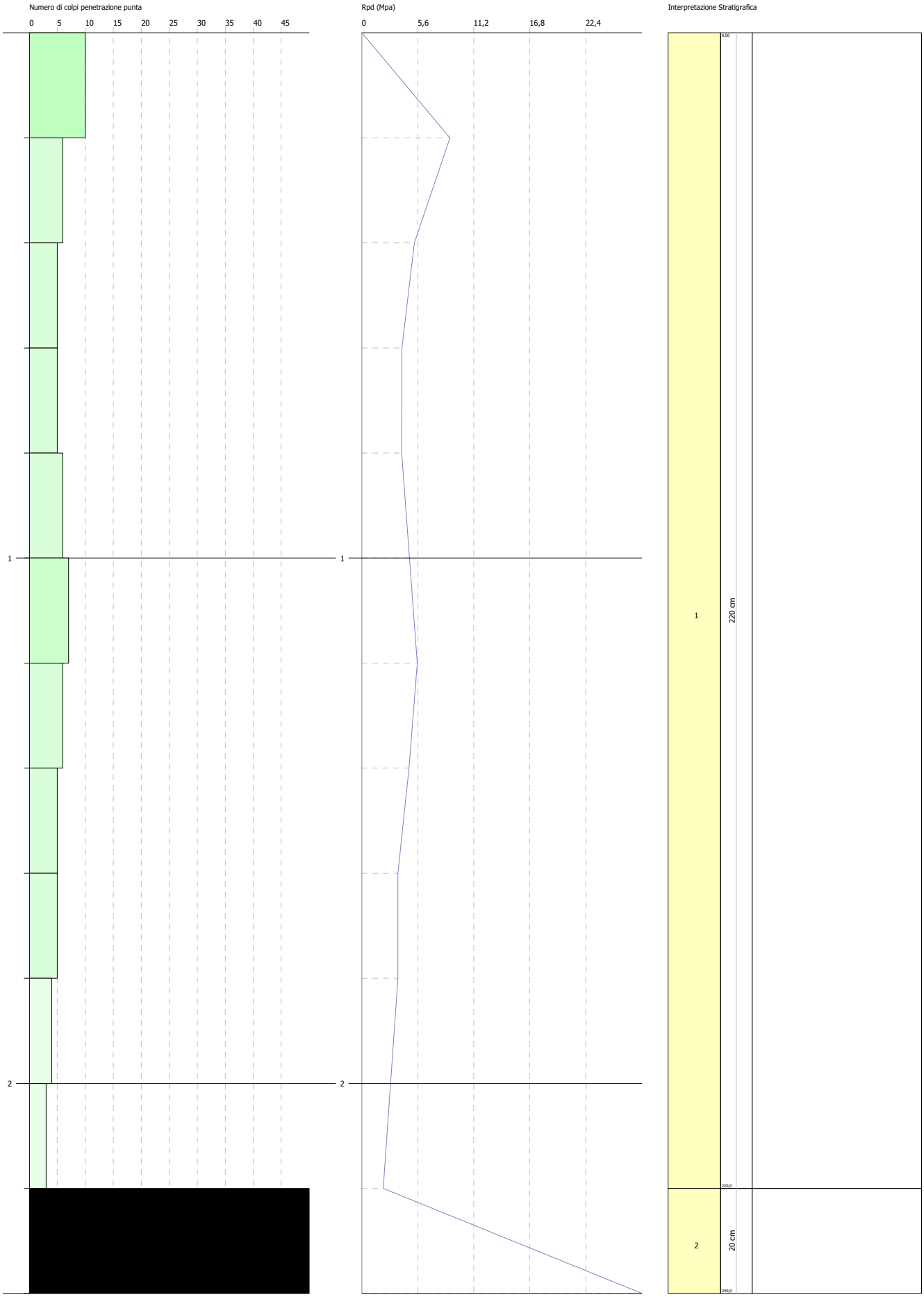
Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT
2,2	5,2	4,85	Incoerente - coesivo	0	18,53	18,63	20,38	1,47	7,64
2,4	80	69,91	Incoerente - coesivo	0	24,52	24,52	43,22	1,47	117,6

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: ACEA Infrastructure
Descrizione: Indagini geognostiche
Località: Montecompatri

Data: 09/12/2025

Scala 1:10



TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (KPa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] -	7,64	2,20	46,78	93,65	24,52	30,20	73,26	145,53	66,98	99,05	37,46	104,64	93,65
[2] -	117,6	2,40	778,45	1441,58	0,00	306,16	1165,42	2097,35	561,23	1698,61	576,63	2017,33	1441,58

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] -	7,64	2,20	Robertson (1983)	1,50
[2] -	117,6	2,40	Robertson (1983)	23,07

Modulo Edometrico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	7,64	2,20	3,44	--	7,82	9,37
[2] -	117,6	2,40	52,91	--	117,80	115,33

Modulo di Young (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	7,64	2,20	6,62	7,49
[2] -	117,6	2,40	130,62	115,33

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	7,64	2,20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] -	117,6	2,40	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
[1] -	7,64	2,20	Meyerhof	18,53
[2] -	117,6	2,40	Meyerhof	24,52

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
[1] -	7,64	2,20	Meyerhof	18,63
[2] -	117,6	2,40	Meyerhof	24,52

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	7,64	2,20		0
[2] -	117,6	2,40		0

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	7,64	2,20	31,01	60,92	68,28	27,54
[2] -	117,6	2,40	99,51	100	100	100

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	7,64	2,20	7,64	29,18	22,18	30,14	31,71	32,75	0	<30	25,71	29,29	35,96	27,36
[2] -	117,6	2,40	117,6	60,6	53,6	60,93	34,5	28,25	42	>38	57	62,28	58,94	63,5

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] -	7,64	2,20	7,64	---	5,99	---	---	---
[2] -	117,6	2,40	117,6	75,91	92,26	136,15	104,15	65,02

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] -	7,64	2,20	7,64	---	4,23	5,32	7,07
[2] -	117,6	2,40	117,6	69,20	26,38	81,88	55,16

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
[1] -	7,64	2,20	7,64	Terzaghi-Peck 1948	14,19
[2] -	117,6	2,40	117,6	Terzaghi-Peck 1948	18,57

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
[1] -	7,64	2,20	7,64	Terzaghi-Peck 1948	18,64
[2] -	117,6	2,40	117,6	Terzaghi-Peck 1948	21,30

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	7,64	2,20	7,64	(A.G.I.)	0,34
[2] -	117,6	2,40	117,6	(A.G.I.)	0,11

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] -	7,64	2,20	7,64	43,11	42,46
[2] -	117,6	2,40	117,6	563,14	225,66

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	7,64	2,20	7,64	Ohta & Goto (1978) Limi	99,06
[2] -	117,6	2,40	117,6	Ohta & Goto (1978) Limi	183,28

PROVA ...P1-BIS

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 09/12/2025
Profondità prova 11,60 mt
Falda non rilevata
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

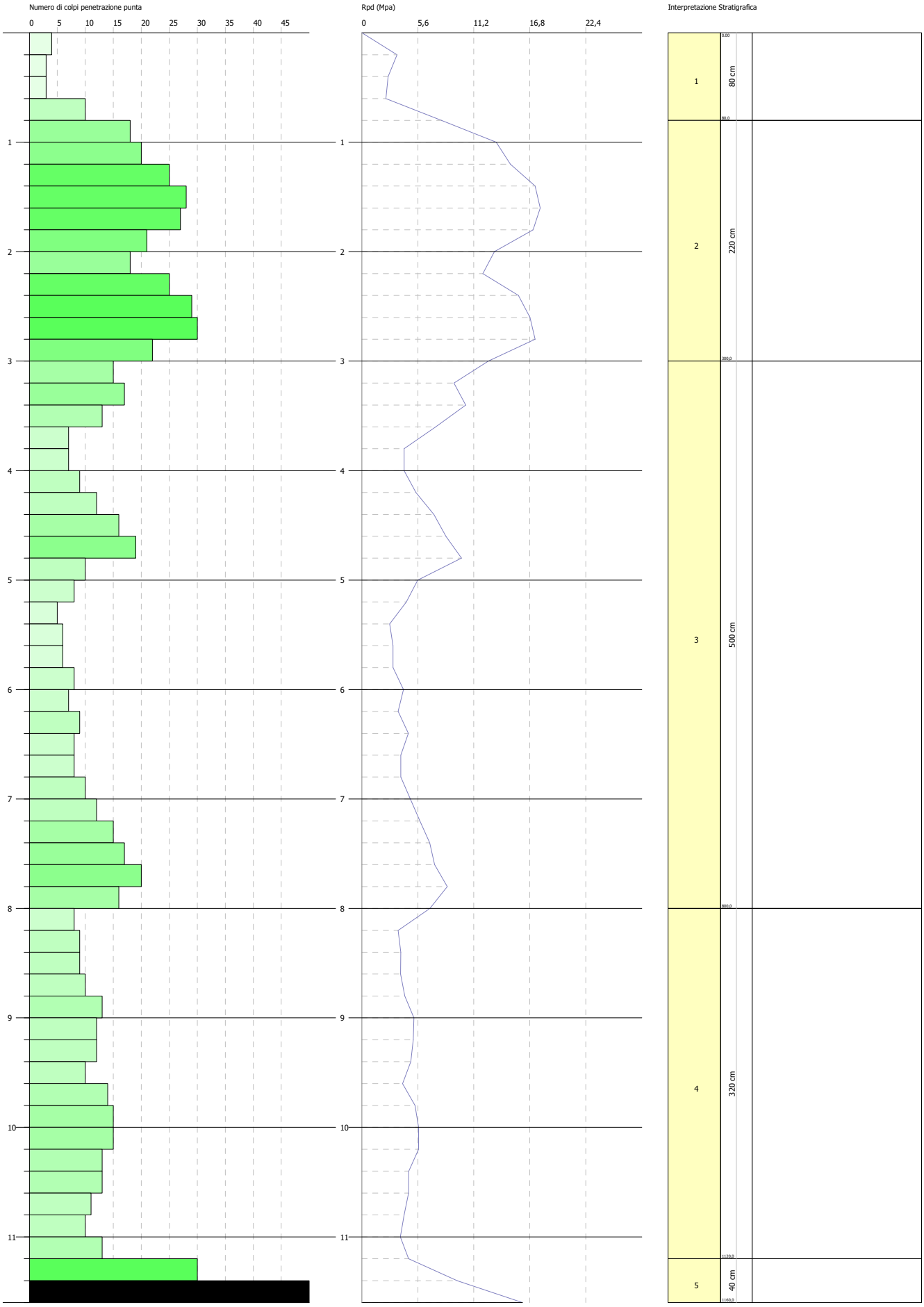
Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	4	0,855	3,52	4,12	176,13	206,08
0,40	3	0,851	2,63	3,09	131,50	154,56
0,60	3	0,847	2,40	2,84	120,15	141,85
0,80	10	0,843	7,98	9,46	398,77	472,85
1,00	18	0,790	13,44	17,02	672,18	851,13
1,20	20	0,786	14,87	18,91	743,57	945,70
1,40	25	0,733	17,33	23,64	866,34	1182,12
1,60	28	0,730	17,85	24,47	892,53	1223,40
1,80	27	0,726	17,14	23,59	856,85	1179,70
2,00	21	0,723	13,27	18,35	663,56	917,55
2,20	18	0,770	12,11	15,73	605,68	786,47
2,40	25	0,717	15,67	21,85	783,35	1092,32
2,60	29	0,714	16,82	23,55	841,11	1177,63
2,80	30	0,711	17,33	24,36	866,68	1218,23
3,00	22	0,709	12,66	17,87	633,11	893,37
3,20	15	0,756	9,21	12,18	460,49	609,12
3,40	17	0,753	10,40	13,81	520,10	690,33
3,60	13	0,751	7,40	9,86	370,25	493,09
3,80	7	0,798	4,24	5,31	211,99	265,51
4,00	7	0,796	4,23	5,31	211,35	265,51
4,20	9	0,794	5,42	6,83	270,94	341,37
4,40	12	0,791	7,20	9,10	360,23	455,16
4,60	16	0,739	8,42	11,39	420,87	569,33
4,80	19	0,737	9,97	13,52	498,34	676,08
5,00	10	0,785	5,59	7,12	279,34	355,83
5,20	8	0,783	4,46	5,69	222,89	284,66
5,40	5	0,781	2,78	3,56	138,96	177,92
5,60	6	0,779	3,13	4,02	156,65	201,06
5,80	6	0,777	3,13	4,02	156,28	201,06
6,00	8	0,775	4,16	5,36	207,89	268,08
6,20	7	0,774	3,63	4,69	181,49	234,57
6,40	9	0,772	4,66	6,03	232,83	301,59
6,60	8	0,770	3,90	5,07	195,15	253,32
6,80	8	0,769	3,89	5,07	194,74	253,32
7,00	10	0,767	4,86	6,33	242,92	316,65
7,20	12	0,766	5,82	7,60	290,93	379,98
7,40	15	0,714	6,78	9,50	339,20	474,97
7,60	17	0,713	7,27	10,20	363,63	510,21
7,80	20	0,711	8,54	12,01	426,95	600,25
8,00	16	0,710	6,82	9,60	340,90	480,20
8,20	8	0,759	3,64	4,80	182,13	240,10
8,40	9	0,757	4,09	5,40	204,54	270,11
8,60	9	0,756	3,88	5,13	194,07	256,72
8,80	10	0,755	4,31	5,70	215,28	285,24
9,00	13	0,703	5,22	7,42	260,86	370,81
9,20	12	0,752	5,15	6,85	257,50	342,29
9,40	12	0,751	5,14	6,85	257,10	342,29
9,60	10	0,750	4,08	5,44	203,81	271,76
9,80	14	0,699	5,32	7,61	265,88	380,47
10,00	15	0,698	5,69	8,15	284,41	407,64
10,20	15	0,697	5,68	8,15	283,96	407,64
10,40	13	0,696	4,91	7,07	245,72	353,29

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P1-BIS
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: ACEA Infrastructure
Descrizione: Indagini geognostiche
Località: Montecompatri

Data: 09/12/2025

Scala 1:48



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)
10,60	13	0,694	4,69	6,75	234,27	337,35
10,80	11	0,743	4,24	5,71	212,20	285,45
11,00	10	0,742	3,85	5,19	192,64	259,50
11,20	13	0,691	4,66	6,75	233,21	337,35
11,40	30	0,640	9,97	15,57	498,45	778,50
11,60	60	0,539	16,07	29,80	803,36	1489,79

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT
0,8	5,33	5,13	Incoerente - coesivo	0	18,53	18,63	7,41	1,47	7,84
3	23,91	20,85	Incoerente - coesivo	0	22,46	24,52	39,53	1,47	35,15
8	11,2	7,73	Incoerente - coesivo	0	20,4	22,46	115,24	1,47	16,46
11,2	11,69	6,44	Incoerente - coesivo	0	20,5	22,56	199,04	1,47	17,18
11,6	45	22,68	Incoerente - coesivo	0	24,52	24,52	236,74	1,47	66,15

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (KPa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] -	7,84	0,80	48,05	96,11	24,52	30,99	75,22	153,87	68,65	100,62	38,44	126,70	96,11
[2] -	35,15	3,00	232,71	430,90	0,00	127,00	343,43	625,47	273,02	358,73	172,40	567,41	430,90
[3] -	16,46	8,00	108,95	201,72	98,07	63,25	159,36	231,93	139,06	172,11	80,71	171,71	201,72
[4] -	17,18	11,20	113,76	210,65	98,07	65,90	166,42	193,19	144,65	178,48	84,24	136,90	210,65
[5] -	66,15	11,60	437,87	810,91	0,00	213,98	651,06	680,39	439,34	763,64	324,40	955,27	810,91

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] -	7,84	0,80	Robertson (1983)	1,54
[2] -	35,15	3,00	Robertson (1983)	6,89
[3] -	16,46	8,00	Robertson (1983)	3,23
[4] -	17,18	11,20	Robertson (1983)	3,37
[5] -	66,15	11,60	Robertson (1983)	12,97

Modulo Edometrico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	7,84	0,80	3,53	--	8,02	9,61
[2] -	35,15	3,00	15,81	--	35,33	34,47
[3] -	16,46	8,00	7,41	--	16,64	16,14
[4] -	17,18	11,20	7,73	--	17,36	16,85
[5] -	66,15	11,60	29,76	--	66,34	64,87

Modulo di Young (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	7,84	0,80	6,84	7,69
[2] -	35,15	3,00	37,64	34,47
[3] -	16,46	8,00	16,56	16,14
[4] -	17,18	11,20	17,37	16,85
[5] -	66,15	11,60	72,60	64,87

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	7,84	0,80	A.G.I. (1977)	MOD. CONSISTENTE
[2] -	35,15	3,00	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
[3] -	16,46	8,00	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[4] -	17,18	11,20	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[5] -	66,15	11,60	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
[1] -	7,84	0,80	Meyerhof	18,53
[2] -	35,15	3,00	Meyerhof	22,46
[3] -	16,46	8,00	Meyerhof	20,40
[4] -	17,18	11,20	Meyerhof	20,50
[5] -	66,15	11,60	Meyerhof	24,52

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
[1] -	7,84	0,80	Meyerhof	18,63
[2] -	35,15	3,00	Meyerhof	24,52
[3] -	16,46	8,00	Meyerhof	22,46
[4] -	17,18	11,20	Meyerhof	22,56
[5] -	66,15	11,60	Meyerhof	24,52

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	7,84	0,80		0
[2] -	35,15	3,00		0
[3] -	16,46	8,00		0
[4] -	17,18	11,20		0
[5] -	66,15	11,60		0

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	7,84	0,80	34,36	66,77	90,1	28,02
[2] -	35,15	3,00	62,83	100	100	68,34
[3] -	16,46	8,00	32,76	62,22	62,59	45,59
[4] -	17,18	11,20	26,02	52,68	55,36	46,8
[5] -	66,15	11,60	52,51	96,79	100	97,95

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	7,84	0,80	7,84	29,24	22,24	30,2	33,94	32,83	0	<30	25,84	29,35	36,69	27,52
[2] -	35,15	3,00	35,15	37,04	30,04	37,84	32,74	40,7	42	32-35	37,96	37,55	48,54	41,51
[3] -	16,46	8,00	16,46	31,7	24,7	32,61	29,19	35,96	36,71	30-32	30,71	31,94	38,99	33,14
[4] -	17,18	11,20	17,18	31,91	24,91	32,81	28,07	36,19	35,38	30-32	31,05	32,15	36,11	33,54
[5] -	66,15	11,60	66,15	45,9	38,9	46,52	29,88	42,4	41,55	>38	46,5	46,85	46,42	51,37

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] -	7,84	0,80	7,84	---	6,15	---	---	---
[2] -	35,15	3,00	35,15	41,50	27,58	40,74	43,50	24,59
[3] -	16,46	8,00	16,46	28,40	12,91	19,12	29,76	15,43
[4] -	17,18	11,20	17,18	29,01	13,48	19,95	30,29	15,78
[5] -	66,15	11,60	66,15	56,93	51,90	76,62	66,30	39,79

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] -	7,84	0,80	7,84	---	4,27	5,46	7,16
[2] -	35,15	3,00	35,15	20,68	9,77	24,47	19,10
[3] -	16,46	8,00	16,46	9,69	6,01	11,46	10,93
[4] -	17,18	11,20	17,18	10,11	6,15	11,96	11,24
[5] -	66,15	11,60	66,15	38,92	16,02	46,06	32,66

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
[1] -	7,84	0,80	7,84	Terzaghi-Peck 1948	14,22
[2] -	35,15	3,00	35,15	Terzaghi-Peck 1948	17,10
[3] -	16,46	8,00	16,46	Terzaghi-Peck 1948	15,26
[4] -	17,18	11,20	17,18	Terzaghi-Peck 1948	15,34
[5] -	66,15	11,60	66,15	Terzaghi-Peck 1948	18,93

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
[1] -	7,84	0,80	7,84	Terzaghi-Peck 1948	18,66
[2] -	35,15	3,00	35,15	Terzaghi-Peck 1948	20,44
[3] -	16,46	8,00	16,46	Terzaghi-Peck 1948	19,30
[4] -	17,18	11,20	17,18	Terzaghi-Peck 1948	19,35
[5] -	66,15	11,60	66,15	Terzaghi-Peck 1948	21,56

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	7,84	0,80	7,84	(A.G.I.)	0,34
[2] -	35,15	3,00	35,15	(A.G.I.)	0,28
[3] -	16,46	8,00	16,46	(A.G.I.)	0,32
[4] -	17,18	11,20	17,18	(A.G.I.)	0,32
[5] -	66,15	11,60	66,15	(A.G.I.)	0,22

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] -	7,84	0,80	7,84	44,17	43,14
[2] -	35,15	3,00	35,15	180,97	107,89
[3] -	16,46	8,00	16,46	88,69	67,87
[4] -	17,18	11,20	17,18	92,33	69,67
[5] -	66,15	11,60	66,15	327,89	158,77

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	7,84	0,80	7,84	Ohta & Goto (1978) Limi	81,85
[2] -	35,15	3,00	35,15	Ohta & Goto (1978) Limi	143,34
[3] -	16,46	8,00	16,46	Ohta & Goto (1978) Limi	154,33
[4] -	17,18	11,20	17,18	Ohta & Goto (1978) Limi	173,12
[5] -	66,15	11,60	66,15	Ohta & Goto (1978) Limi	225,97

PROVA ...P2

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 09/12/2025
Profondità prova 18,20 mt
Falda non rilevata
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	10	0,855	8,81	10,30	440,31	515,21
0,40	9	0,851	7,89	9,27	394,49	463,69
0,60	8	0,847	6,41	7,57	320,40	378,28
0,80	7	0,843	5,58	6,62	279,14	330,99
1,00	8	0,840	6,35	7,57	317,66	378,28
1,20	7	0,836	5,54	6,62	276,80	330,99
1,40	7	0,833	5,51	6,62	275,67	330,99
1,60	6	0,830	4,35	5,24	217,47	262,16
1,80	6	0,826	4,33	5,24	216,63	262,16
2,00	6	0,823	4,32	5,24	215,80	262,16
2,20	5	0,820	3,58	4,37	179,17	218,46
2,40	5	0,817	3,57	4,37	178,52	218,46
2,60	5	0,814	3,31	4,06	165,32	203,04
2,80	5	0,811	3,30	4,06	164,75	203,04
3,00	5	0,809	3,28	4,06	164,19	203,04
3,20	4	0,806	2,62	3,25	130,92	162,43
3,40	1	0,803	0,65	0,81	32,62	40,61
3,60	4	0,801	2,43	3,03	121,51	151,72
3,80	5	0,798	3,03	3,79	151,42	189,65
4,00	7	0,796	4,23	5,31	211,35	265,51
4,20	6	0,794	3,61	4,55	180,63	227,58
4,40	7	0,791	4,20	5,31	210,13	265,51
4,60	8	0,789	4,49	5,69	224,67	284,66
4,80	8	0,787	4,48	5,69	224,06	284,66
5,00	6	0,785	3,35	4,27	167,60	213,50
5,20	4	0,783	2,23	2,85	111,45	142,33
5,40	4	0,781	2,22	2,85	111,17	142,33
5,60	6	0,779	3,13	4,02	156,65	201,06
5,80	6	0,777	3,13	4,02	156,28	201,06
6,00	7	0,775	3,64	4,69	181,90	234,57
6,20	9	0,774	4,67	6,03	233,35	301,59
6,40	6	0,772	3,10	4,02	155,22	201,06
6,60	4	0,770	1,95	2,53	97,57	126,66
6,80	4	0,769	1,95	2,53	97,37	126,66
7,00	4	0,767	1,94	2,53	97,17	126,66
7,20	4	0,766	1,94	2,53	96,98	126,66
7,40	3	0,764	1,45	1,90	72,59	94,99
7,60	3	0,763	1,37	1,80	68,67	90,04
7,80	4	0,761	1,83	2,40	91,39	120,05
8,00	4	0,760	1,82	2,40	91,23	120,05
8,20	4	0,759	1,82	2,40	91,07	120,05
8,40	4	0,757	1,82	2,40	90,91	120,05
8,60	4	0,756	1,73	2,28	86,25	114,10
8,80	4	0,755	1,72	2,28	86,11	114,10
9,00	5	0,753	2,15	2,85	107,46	142,62
9,20	4	0,752	1,72	2,28	85,83	114,10
9,40	2	0,751	0,86	1,14	42,85	57,05
9,60	1	0,750	0,41	0,54	20,38	27,18
9,80	4	0,749	1,63	2,17	81,40	108,71
10,00	4	0,748	1,63	2,17	81,28	108,71
10,20	4	0,747	1,62	2,17	81,16	108,71
10,40	4	0,746	1,62	2,17	81,04	108,71

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)
10,60	4	0,744	1,55	2,08	77,27	103,80
10,80	5	0,743	1,93	2,60	96,45	129,75
11,00	5	0,742	1,93	2,60	96,32	129,75
11,20	5	0,741	1,92	2,60	96,18	129,75
11,40	5	0,740	1,92	2,60	96,05	129,75
11,60	6	0,739	2,20	2,98	110,13	148,98
11,80	6	0,738	2,20	2,98	109,98	148,98
12,00	3	0,737	1,10	1,49	54,91	74,49
12,20	1	0,736	0,37	0,50	18,28	24,83
12,40	1	0,735	0,37	0,50	18,25	24,83
12,60	4	0,734	1,40	1,90	69,90	95,21
12,80	5	0,733	1,75	2,38	87,25	119,01
13,00	6	0,732	2,09	2,86	104,55	142,81
13,20	6	0,731	2,09	2,86	104,41	142,81
13,40	5	0,730	1,74	2,38	86,88	119,01
13,60	6	0,729	2,00	2,74	99,97	137,14
13,80	6	0,728	2,00	2,74	99,82	137,14
14,00	6	0,727	1,99	2,74	99,67	137,14
14,20	6	0,726	1,99	2,74	99,52	137,14
14,40	5	0,725	1,66	2,29	82,81	114,28
14,60	6	0,723	1,91	2,64	95,42	131,90
14,80	7	0,722	2,22	3,08	111,15	153,88
15,00	6	0,721	1,90	2,64	95,11	131,90
15,20	6	0,720	1,90	2,64	94,96	131,90
15,40	7	0,719	2,21	3,08	110,59	153,88
15,60	7	0,717	2,13	2,96	106,34	148,21
15,80	5	0,716	1,52	2,12	75,82	105,87
16,00	6	0,715	1,82	2,54	90,82	127,04
16,20	5	0,714	1,51	2,12	75,54	105,87
16,40	4	0,712	1,21	1,69	60,31	84,69
16,60	5	0,711	1,45	2,04	72,57	102,11
16,80	5	0,709	1,45	2,04	72,42	102,11
17,00	5	0,708	1,45	2,04	72,27	102,11
17,20	4	0,706	1,15	1,63	57,69	81,69
17,40	5	0,705	1,44	2,04	71,96	102,11
17,60	5	0,703	1,39	1,97	69,33	98,61
17,80	6	0,701	1,66	2,37	83,00	118,33
18,00	5	0,700	1,38	1,97	69,00	98,61
18,20	4	0,698	1,10	1,58	55,06	78,89

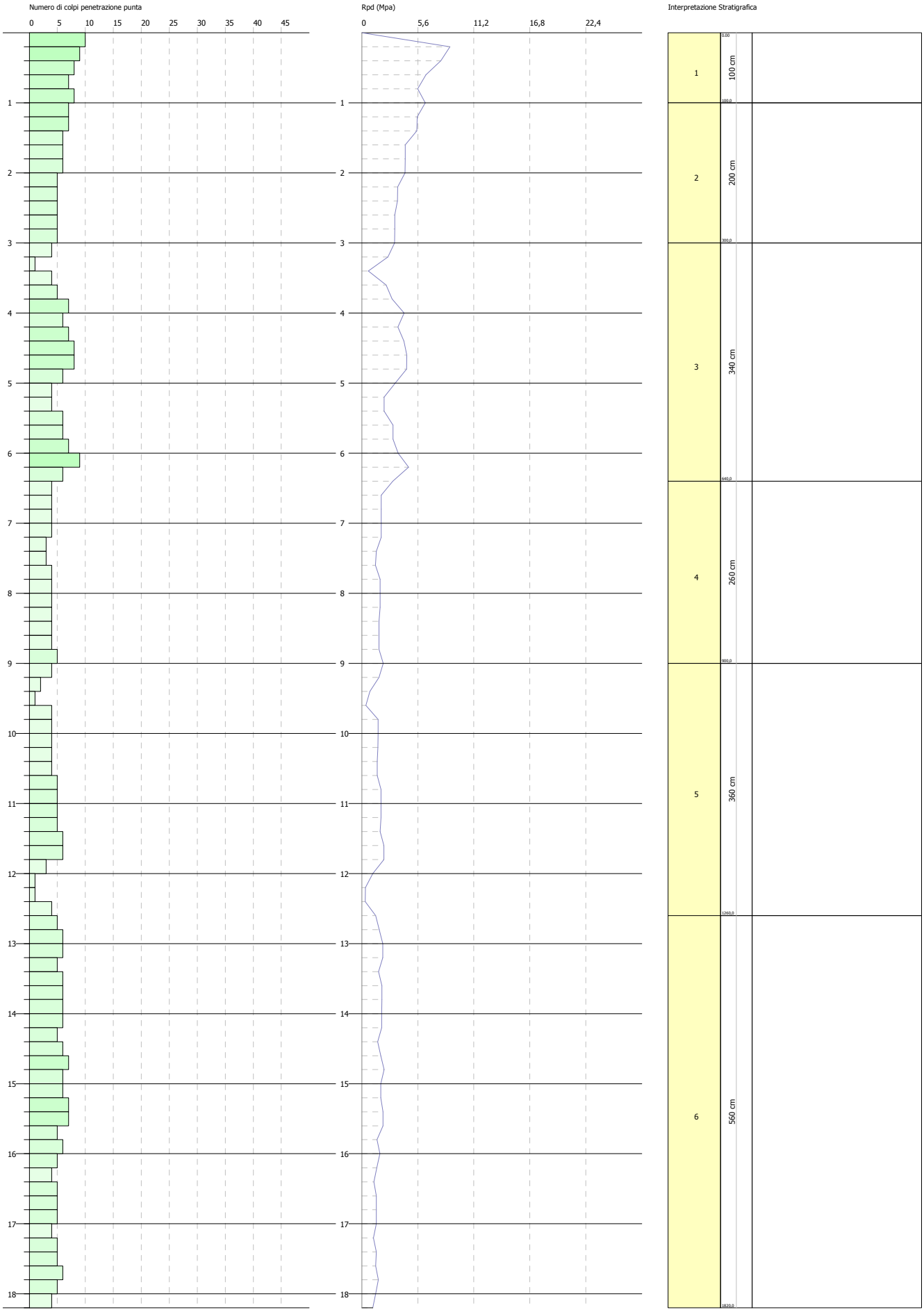
Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT
1	8	7,76	Incoerente - coesivo	0	19,71	21,67	9,85	1,47	11,76
3	5,7	4,99	Incoerente - coesivo	0	18,73	20,59	38,44	1,47	8,38
6,4	5,76	4,13	Incoerente - coesivo	0	18,83	20,69	89,18	1,47	8,47
9	3,92	2,37	Incoerente - coesivo	0	17,65	18,53	144,14	1,47	5,76
12,6	3,78	1,97	Incoerente - coesivo	0	17,55	18,44	198,67	1,47	5,56
18,2	5,5	2,39	Incoerente - coesivo	0	18,63	18,73	282,43	1,47	8,09

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P2
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: ACEA Infrastructure
Descrizione: Indagini geognostiche
Località: Montecompatri

Data: 09/12/2025

Scala 1:75



TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (KPa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] -	11,76	1,00	77,86	144,16	49,03	45,90	113,36	232,81	101,30	132,00	57,66	191,82	144,16
[2] -	8,38	3,00	55,51	102,77	49,03	33,05	80,51	149,75	73,26	104,83	41,09	106,60	102,77
[3] -	8,47	6,40	56,09	103,85	49,03	33,34	81,40	123,86	74,04	105,52	41,58	62,27	103,85
[4] -	5,76	9,00	35,30	70,61	24,52	22,85	55,11	71,10	50,90	84,73	28,24	0,00	70,61
[5] -	5,56	12,60	34,03	68,16	24,52	22,06	53,15	59,13	49,13	83,26	27,26	0,00	68,16
[6] -	8,09	18,20	53,54	99,15	49,03	31,97	77,67	71,69	70,80	102,58	39,72	0,00	99,15

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] -	11,76	1,00	Robertson (1983)	2,31
[2] -	8,38	3,00	Robertson (1983)	1,64
[3] -	8,47	6,40	Robertson (1983)	1,66
[4] -	5,76	9,00	Robertson (1983)	1,13
[5] -	5,56	12,60	Robertson (1983)	1,09
[6] -	8,09	18,20	Robertson (1983)	1,59

Modulo Edometrico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	11,76	1,00	5,29	--	11,94	11,53
[2] -	8,38	3,00	3,77	--	8,56	10,27
[3] -	8,47	6,40	3,81	--	8,65	10,38
[4] -	5,76	9,00	2,59	8,47	5,94	7,06
[5] -	5,56	12,60	2,50	8,18	5,74	6,82
[6] -	8,09	18,20	3,64	--	8,27	9,92

Modulo di Young (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	11,76	1,00	11,26	11,53
[2] -	8,38	3,00	7,45	8,22
[3] -	8,47	6,40	7,55	8,31
[4] -	5,76	9,00	4,50	5,65
[5] -	5,56	12,60	4,27	5,45
[6] -	8,09	18,20	7,12	7,93

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	11,76	1,00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[2] -	8,38	3,00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3] -	8,47	6,40	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[4] -	5,76	9,00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[5] -	5,56	12,60	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[6] -	8,09	18,20	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
[1] -	11,76	1,00	Meyerhof	19,71
[2] -	8,38	3,00	Meyerhof	18,73
[3] -	8,47	6,40	Meyerhof	18,83
[4] -	5,76	9,00	Meyerhof	17,65
[5] -	5,56	12,60	Meyerhof	17,55
[6] -	8,09	18,20	Meyerhof	18,63

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
[1] -	11,76	1,00	Meyerhof	21,67
[2] -	8,38	3,00	Meyerhof	20,59
[3] -	8,47	6,40	Meyerhof	20,69
[4] -	5,76	9,00	Meyerhof	18,53
[5] -	5,56	12,60	Meyerhof	18,44
[6] -	8,09	18,20	Meyerhof	18,73

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	11,76	1,00		0
[2] -	8,38	3,00		0
[3] -	8,47	6,40		0
[4] -	5,76	9,00		0
[5] -	5,56	12,60		0
[6] -	8,09	18,20		0

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	11,76	1,00	42,63	80,49	100	36,75
[2] -	8,38	3,00	29,53	58,17	60,43	29,3
[3] -	8,47	6,40	22,75	48,18	48,72	29,51
[4] -	5,76	9,00	11,12	34,22	35,73	22,83
[5] -	5,56	12,60	6,99	29,99	32,3	22,31
[6] -	8,09	18,20	8,26	31,57	35,24	28,62

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	11,76	1,00	11,76	30,36	23,36	31,29	33,98	34,33	39,27	<30	28,28	30,53	40,13	30,34
[2] -	8,38	3,00	8,38	29,39	22,39	30,35	30,48	33,04	0	<30	26,21	29,51	36,07	27,95
[3] -	8,47	6,40	8,47	29,42	22,42	30,37	28,67	33,08	0	<30	26,27	29,54	34,2	28,02
[4] -	5,76	9,00	5,76	28,65	21,65	29,61	27	31,99	0	<30	24,3	28,73	28,7	25,73
[5] -	5,56	12,60	5,56	28,59	21,59	29,56	26,25	31,9	0	<30	24,13	28,67	26,28	25,55
[6] -	8,09	18,20	8,09	29,31	22,31	30,27	26,09	32,93	0	<30	26,02	29,43	26,31	27,72

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] -	11,76	1,00	11,76	24,00	9,23	13,68	26,30	13,12
[2] -	8,38	3,00	8,38	---	6,57	9,77	---	---
[3] -	8,47	6,40	8,47	---	6,64	9,87	---	---
[4] -	5,76	9,00	5,76	---	4,52	---	---	---
[5] -	5,56	12,60	5,56	---	4,36	---	---	---
[6] -	8,09	18,20	8,09	---	6,35	9,43	---	---

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] -	11,76	1,00	11,76	6,92	5,06	8,19	8,87
[2] -	8,38	3,00	8,38	---	4,38	5,83	7,39
[3] -	8,47	6,40	8,47	---	4,40	5,90	7,43
[4] -	5,76	9,00	5,76	---	3,85	4,01	6,25
[5] -	5,56	12,60	5,56	---	3,81	3,87	6,16
[6] -	8,09	18,20	8,09	---	4,32	5,63	7,26

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
[1] -	11,76	1,00	11,76	Terzaghi-Peck 1948	14,71
[2] -	8,38	3,00	8,38	Terzaghi-Peck 1948	14,29
[3] -	8,47	6,40	8,47	Terzaghi-Peck 1948	14,30
[4] -	5,76	9,00	5,76	Terzaghi-Peck 1948	13,95
[5] -	5,56	12,60	5,56	Terzaghi-Peck 1948	13,92
[6] -	8,09	18,20	8,09	Terzaghi-Peck 1948	14,25

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
[1] -	11,76	1,00	11,76	Terzaghi-Peck 1948	18,96
[2] -	8,38	3,00	8,38	Terzaghi-Peck 1948	18,70
[3] -	8,47	6,40	8,47	Terzaghi-Peck 1948	18,71
[4] -	5,76	9,00	5,76	Terzaghi-Peck 1948	18,49
[5] -	5,56	12,60	5,56	Terzaghi-Peck 1948	18,48
[6] -	8,09	18,20	8,09	Terzaghi-Peck 1948	18,68

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	11,76	1,00	11,76	(A.G.I.)	0,33
[2] -	8,38	3,00	8,38	(A.G.I.)	0,34
[3] -	8,47	6,40	8,47	(A.G.I.)	0,34
[4] -	5,76	9,00	5,76	(A.G.I.)	0,34
[5] -	5,56	12,60	5,56	(A.G.I.)	0,34
[6] -	8,09	18,20	8,09	(A.G.I.)	0,34

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] -	11,76	1,00	11,76	64,66	55,27
[2] -	8,38	3,00	8,38	47,02	44,93
[3] -	8,47	6,40	8,47	47,49	45,22
[4] -	5,76	9,00	5,76	33,05	35,73
[5] -	5,56	12,60	5,56	31,97	34,97
[6] -	8,09	18,20	8,09	45,49	43,97

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	11,76	1,00	11,76	Ohta & Goto (1978)	91,66
[2] -	8,38	3,00	8,38	Ohta & Goto (1978)	112,96
[3] -	8,47	6,40	8,47	Ohta & Goto (1978) Limi	133,46
[4] -	5,76	9,00	5,76	Ohta & Goto (1978) Limi	137,33
[5] -	5,56	12,60	5,56	Ohta & Goto (1978) Limi	145,7
[6] -	8,09	18,20	8,09	Ohta & Goto (1978) Limi	166,49

PROVA ...P3

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 09/12/2025
Profondità prova 8,80 mt
Falda non rilevata
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

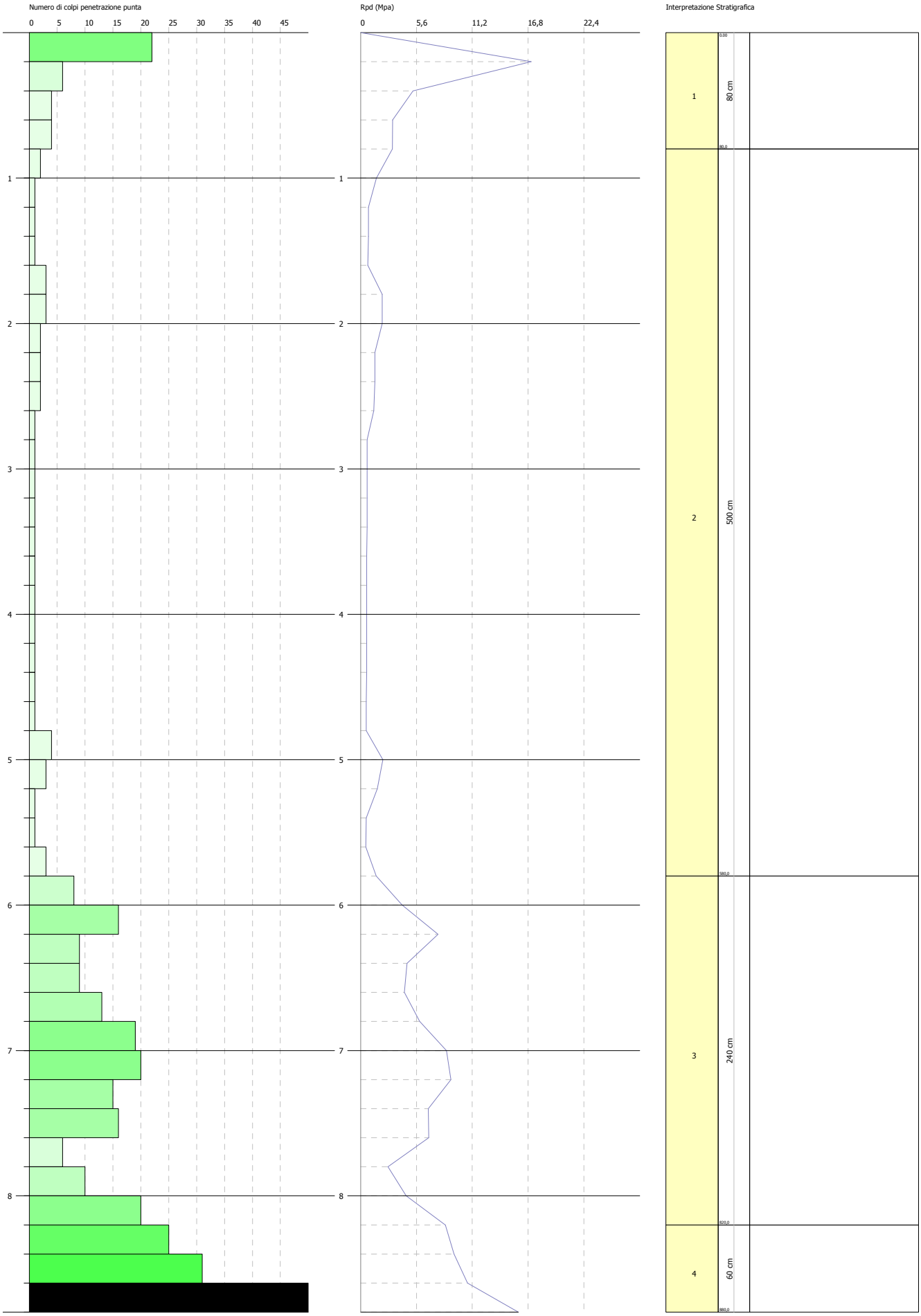
Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	22	0,755	17,11	22,67	855,34	1133,46
0,40	6	0,851	5,26	6,18	262,99	309,12
0,60	4	0,847	3,20	3,78	160,20	189,14
0,80	4	0,843	3,19	3,78	159,51	189,14
1,00	2	0,840	1,59	1,89	79,42	94,57
1,20	1	0,836	0,79	0,95	39,54	47,28
1,40	1	0,833	0,79	0,95	39,38	47,28
1,60	1	0,830	0,72	0,87	36,25	43,69
1,80	3	0,826	2,17	2,62	108,31	131,08
2,00	3	0,823	2,16	2,62	107,90	131,08
2,20	2	0,820	1,43	1,75	71,67	87,39
2,40	2	0,817	1,43	1,75	71,41	87,39
2,60	2	0,814	1,32	1,62	66,13	81,22
2,80	1	0,811	0,66	0,81	32,95	40,61
3,00	1	0,809	0,66	0,81	32,84	40,61
3,20	1	0,806	0,65	0,81	32,73	40,61
3,40	1	0,803	0,65	0,81	32,62	40,61
3,60	1	0,801	0,61	0,76	30,38	37,93
3,80	1	0,798	0,61	0,76	30,28	37,93
4,00	1	0,796	0,60	0,76	30,19	37,93
4,20	1	0,794	0,60	0,76	30,10	37,93
4,40	1	0,791	0,60	0,76	30,02	37,93
4,60	1	0,789	0,56	0,71	28,08	35,58
4,80	1	0,787	0,56	0,71	28,01	35,58
5,00	4	0,785	2,23	2,85	111,73	142,33
5,20	3	0,783	1,67	2,13	83,59	106,75
5,40	1	0,781	0,56	0,71	27,79	35,58
5,60	1	0,779	0,52	0,67	26,11	33,51
5,80	3	0,777	1,56	2,01	78,14	100,53
6,00	8	0,775	4,16	5,36	207,89	268,08
6,20	16	0,724	7,76	10,72	388,03	536,16
6,40	9	0,772	4,66	6,03	232,83	301,59
6,60	9	0,770	4,39	5,70	219,54	284,98
6,80	13	0,719	5,92	8,23	295,87	411,64
7,00	19	0,717	8,63	12,03	431,48	601,63
7,20	20	0,716	9,06	12,67	453,22	633,30
7,40	15	0,714	6,78	9,50	339,20	474,97
7,60	16	0,713	6,84	9,60	342,24	480,20
7,80	6	0,761	2,74	3,60	137,09	180,08
8,00	10	0,760	4,56	6,00	228,07	300,13
8,20	20	0,709	8,51	12,01	425,32	600,25
8,40	25	0,657	9,86	15,01	493,15	750,31
8,60	31	0,606	10,72	17,68	535,83	884,25
8,80	50	0,555	15,82	28,52	791,14	1426,20

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P3
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: ACEA Infrastructure
Descrizione: Indagini geognostiche
Località: Montecompatri

Data: 09/12/2025

Scala 1:36



Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT
0,8	4,67	4,58	Incoerente - coesivo	0	18,14	18,53	7,26	1,47	6,86
5,8	1,6	1,27	Incoerente - coesivo	0	15,59	18,24	53,49	1,47	2,35
8,2	13,42	8,46	Incoerente - coesivo	0	20,59	22,65	117,17	1,47	19,73
8,8	35,33	20,4	Incoerente - coesivo	0	24,52	24,52	149,23	1,47	51,94

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (KPa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] -	6,86	0,80	42,07	84,14	24,52	27,16	65,70	137,39	60,31	93,07	33,64	109,74	84,14
[2] -	2,35	5,80	14,42	28,83	14,71	9,41	22,26	38,15	21,08	59,92	11,47	0,00	28,83
[3] -	19,73	8,20	130,62	241,83	98,07	75,02	191,43	253,80	164,26	201,62	96,69	224,87	241,83
[4] -	51,94	8,80	343,82	636,65	0,00	177,01	509,75	612,03	371,77	563,20	254,68	755,41	636,65

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] -	6,86	0,80	Robertson (1983)	1,35
[2] -	2,35	5,80	Robertson (1983)	0,46
[3] -	19,73	8,20	Robertson (1983)	3,87
[4] -	51,94	8,80	Robertson (1983)	10,19

Modulo Edometrico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	6,86	0,80	3,09	--	7,04	8,41
[2] -	2,35	5,80	1,06	3,46	2,53	2,88
[3] -	19,73	8,20	8,88	--	19,91	19,35
[4] -	51,94	8,80	23,37	--	52,13	50,94

Modulo di Young (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	6,86	0,80	5,74	6,73
[2] -	2,35	5,80	0,65	2,30
[3] -	19,73	8,20	20,25	19,35
[4] -	51,94	8,80	56,58	50,94

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	6,86	0,80	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] -	2,35	5,80	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[3] -	19,73	8,20	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[4] -	51,94	8,80	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
[1] -	6,86	0,80	Meyerhof	18,14
[2] -	2,35	5,80	Meyerhof	15,59
[3] -	19,73	8,20	Meyerhof	20,59
[4] -	51,94	8,80	Meyerhof	24,52

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
[1] -	6,86	0,80	Meyerhof	18,53
[2] -	2,35	5,80	Meyerhof	18,24
[3] -	19,73	8,20	Meyerhof	22,65
[4] -	51,94	8,80	Meyerhof	24,52

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	6,86	0,80		0
[2] -	2,35	5,80		0
[3] -	19,73	8,20		0
[4] -	51,94	8,80		0

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	6,86	0,80	31,64	62,52	85	25,62
[2] -	2,35	5,80	5,72	28,85	30,18	13,42
[3] -	19,73	8,20	36,34	67,76	67,95	50,83
[4] -	51,94	8,80	55,27	100	100	82,03

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROADBRIDGE)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	6,86	0,80	6,86	28,96	21,96	29,92	33,77	32,44	0	<30	25,14	29,06	35,53	26,71
[2] -	2,35	5,80	2,35	27,67	20,67	28,66	27,7	30,53	0	<30	20,94	27,7	24,39	21,86
[3] -	19,73	8,20	19,73	32,64	25,64	33,52	29,44	36,99	37,49	30-32	32,2	32,92	40,49	34,86
[4] -	51,94	8,80	51,94	41,84	34,84	42,54	30,49	42,57	42	>38	42,91	42,58	47,7	47,23

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] -	6,86	0,80	6,86	---	5,38	---	---	---
[2] -	2,35	5,80	2,35	---	1,84	---	---	---
[3] -	19,73	8,20	19,73	31,09	15,48	22,90	32,16	17,03
[4] -	51,94	8,80	51,94	50,45	40,75	60,17	55,85	32,82

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] -	6,86	0,80	6,86	---	4,08	4,78	6,73
[2] -	2,35	5,80	2,35	---	3,17	1,64	4,75
[3] -	19,73	8,20	19,73	11,61	6,67	13,74	12,36
[4] -	51,94	8,80	51,94	30,56	13,16	36,16	26,44

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
[1] -	6,86	0,80	6,86	Terzaghi-Peck 1948	14,09
[2] -	2,35	5,80	2,35	Terzaghi-Peck 1948	13,49
[3] -	19,73	8,20	19,73	Terzaghi-Peck 1948	15,62
[4] -	51,94	8,80	51,94	Terzaghi-Peck 1948	18,28

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
[1] -	6,86	0,80	6,86	Terzaghi-Peck 1948	18,58
[2] -	2,35	5,80	2,35	Terzaghi-Peck 1948	18,21
[3] -	19,73	8,20	19,73	Terzaghi-Peck 1948	19,53
[4] -	51,94	8,80	51,94	Terzaghi-Peck 1948	21,17

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	6,86	0,80	6,86	(A.G.I.)	0,34
[2] -	2,35	5,80	2,35	(A.G.I.)	0,35
[3] -	19,73	8,20	19,73	(A.G.I.)	0,32
[4] -	51,94	8,80	51,94	(A.G.I.)	0,25

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] -	6,86	0,80	6,86	38,96	39,76
[2] -	2,35	5,80	2,35	14,23	20,66
[3] -	19,73	8,20	19,73	105,16	75,81
[4] -	51,94	8,80	51,94	261,22	136,96

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	6,86	0,80	6,86	Ohta & Goto (1978) Limi	79,98
[2] -	2,35	5,80	2,35	Ohta & Goto (1978) Limi	99,86
[3] -	19,73	8,20	19,73	Ohta & Goto (1978) Limi	166,83
[4] -	51,94	8,80	51,94	Ohta & Goto (1978) Limi	204,78

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	6,86	0,80	6,86	Seed e Idriss (1971)	--
[2] -	2,35	5,80	2,35	Seed e Idriss (1971)	--
[3] -	19,73	8,20	19,73	Seed e Idriss (1971)	--
[4] -	51,94	8,80	51,94	Seed e Idriss (1971)	--

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] -	6,86	0,80	6,86		---
[2] -	2,35	5,80	2,35		---
[3] -	19,73	8,20	19,73		---
[4] -	51,94	8,80	51,94		---

Allegato 2 – TABULATI PROVE SISMICHE A RIFRAZIONE

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

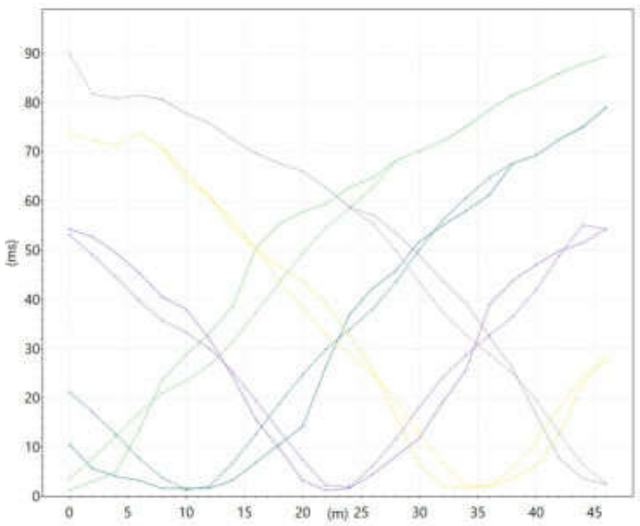
UBICAZIONE

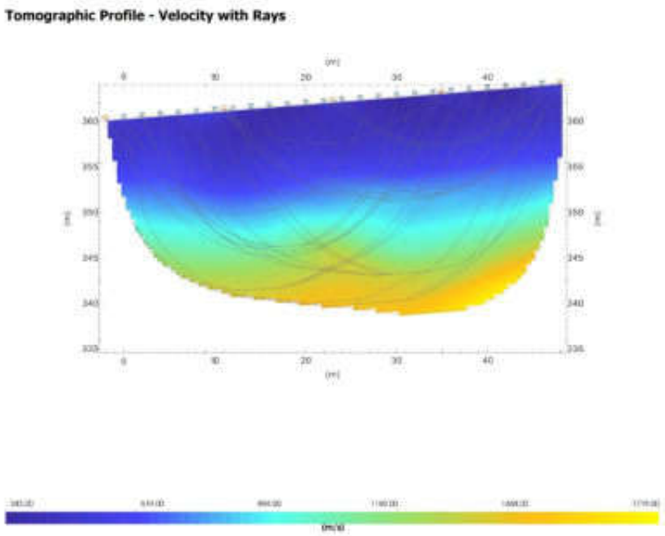
GEOMETRIA DI ACQUISIZIONE

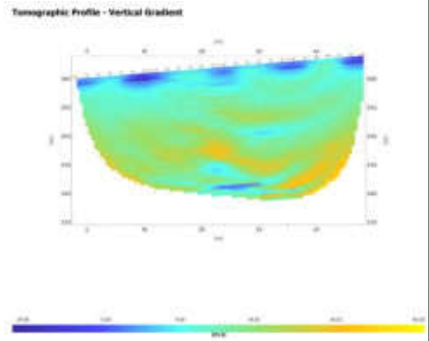
Geofoni
Shot

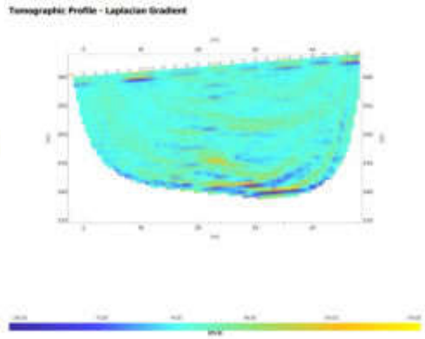
DROMOCRONE MISURATE E CALCOLATE

Dromocrona Misurata
Dromocrona Calcolata





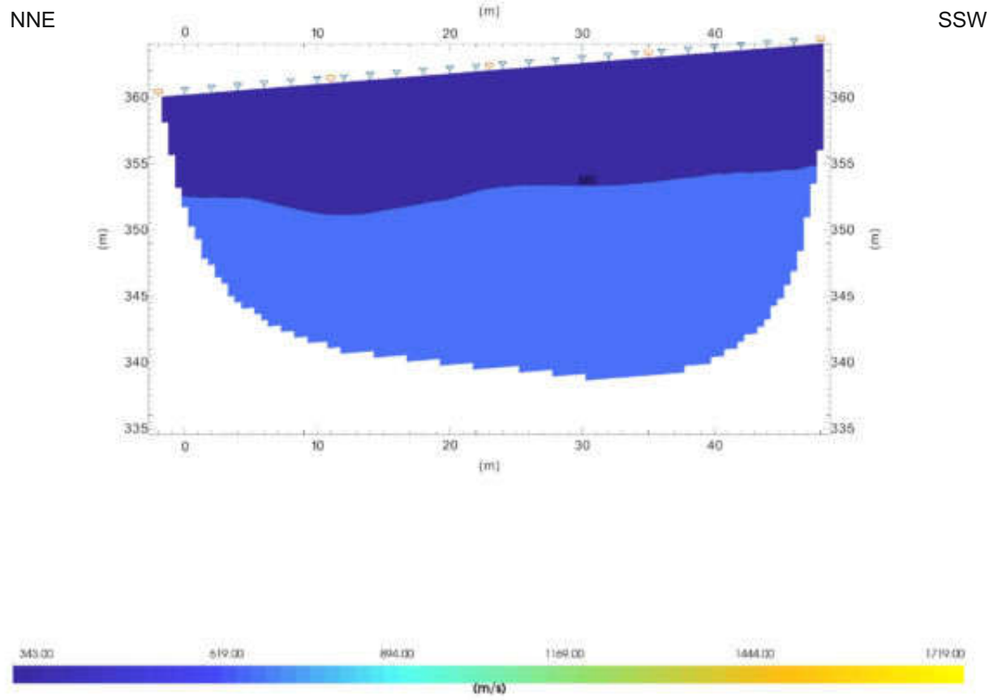




Tomographic Profile - Velocity with Filled Isolines

NNE

SSW



Sismostrato caratterizzato da 343<VP<680 m/s, litologia assimilabile a terreni di copertura e/o depositi rimaneggiati della Litofacies Piroclastica costituita da scorie e lapilli

Sismostrato caratterizzato da 680<VP<1719 m/s, litologia assimilabile a depositi della Litofacies Piroclastica costituita da scorie e lapilli

Geophone	X	Elevation	1_Monte_Rif1_E1. DAT Observed TravelTime / Computed TravelTime	2_Monte_Rif1_D2. DAT Observed TravelTime / Computed TravelTime	3_Monte_Rif1_C. DAT Observed TravelTime / Computed TravelTime	4_Monte_Rif1_D5. DAT Observed TravelTime / Computed TravelTime	5_Monte_Rif1_E2. DAT Observed TravelTime / Computed TravelTime
G1	0	360.46	0.00121519 / 0.00349607	0.0105316 / 0.0211987	0.0542785 / 0.053167	-2 / 0.0737979	0.0899241 / 0.0899259
G2	2	360.62	0.00296239 / 0.00764721	0.00567089 / 0.0170551	0.0526582 / 0.0490234	-2 / 0.0722553	-99 / 0.0816757
G3	4	360.78	0.00493732 / 0.0121158	0.00405063 / 0.0125896	0.0494177 / 0.0445579	-2 / 0.0712836	-99 / 0.0807203
G4	6	360.94	0.0133308 / 0.0169355	0.00324051 / 0.00777214	0.0453671 / 0.0397404	0.0737215 / 0.0737272	0.0814177 / 0.081434
G5	8	361.1	0.0236991 / 0.020962	0.00162025 / 0.00373674	0.0405063 / 0.035705	0.0708861 / 0.0708063	0.0806076 / 0.0805758
G6	10	361.26	0.0286365 / 0.0233543	0.00162025 / 0.00133165	0.0380759 / 0.0333	0.0656203 / 0.064126	0.0777722 / 0.0777555
G7	12	361.42	0.03308 / 0.0266421	0.00162025 / 0.00200617	0.032 / 0.0300273	0.0607595 / 0.0608533	0.0757468 / 0.0757452
G8	14	361.58	0.0385111 / 0.0313624	0.00324051 / 0.00672651	0.0243038 / 0.0253167	0.0546835 / 0.0561427	0.0725063 / 0.0725184
G9	16	361.74	0.0503607 / 0.0373303	0.00688608 / 0.0126944	0.0155 / 0.019359	0.0502278 / 0.0501851	0.0696709 / 0.0696702
G10	18	361.9	0.055298 / 0.0433903	0.0105316 / 0.0187543	0.00972152 / 0.0132988	0.0465823 / 0.0441248	0.0676456 / 0.0676449
G11	20	362.06	0.0577666 / 0.0493054	0.0141772 / 0.0246695	0.00324051 / 0.00738087	0.0437468 / 0.0382069	0.0660253 / 0.066019
G12	22	362.22	0.059375 / 0.0545031	0.0263291 / 0.0298672	0.00121519 / 0.00217536	0.0392911 / 0.0330014	0.0627848 / 0.0627524
G13	24	362.38	0.062704 / 0.0584612	0.0368608 / 0.0338253	0.00162025 / 0.00187166	0.0328101 / 0.029031	0.0587342 / 0.0587124
G14	26	362.54	0.0646789 / 0.0626467	0.04225 / 0.0380108	0.0044557 / 0.00605714	0.0259241 / 0.0248522	0.0571139 / 0.0554577
G15	28	362.7	0.068135 / 0.0681354	0.0457722 / 0.0435264	0.00810127 / 0.0115727	0.0162025 / 0.0193505	0.0534684 / 0.049956
G16	30	362.86	0.0701099 / 0.0701234	0.05175 / 0.0500246	0.0117468 / 0.0180709	0.00648101 / 0.0128589	0.0490127 / 0.0434644
G17	32	363.02	0.0720849 / 0.0720865	0.055 / 0.0560376	0.019038 / 0.0240839	0.00202532 / 0.00683823	0.0437468 / 0.0374437
G18	34	363.18	0.0750473 / 0.0750321	0.0579241 / 0.0605978	0.025519 / 0.0286441	0.00162025 / 0.0022632	0.0392911 / 0.0328687
G19	36	363.34	0.0785034 / 0.0784987	0.0611646 / 0.0646917	0.0388861 / 0.0327381	0.00202532 / 0.00191793	0.0324051 / 0.0287691
G20	38	363.5	0.0814658 / 0.0814363	0.0676456 / 0.0676234	0.0437468 / 0.0365046	0.00364557 / 0.00568449	0.0259241 / 0.0250073
G21	40	363.66	0.0834407 / 0.0834483	0.0692658 / 0.0692534	0.0469873 / 0.0418811	0.00607595 / 0.011061	0.0166076 / 0.0196468
G22	42	363.82	0.0859094 / 0.0859312	0.0725063 / 0.0725292	0.0498228 / 0.0488518	0.012557 / 0.0180316	0.0076962 / 0.0126873
G23	44	363.98	0.0878843 / 0.0878819	0.0749367 / 0.0749757	0.051443 / 0.0551297	0.0230886 / 0.0243096	0.00364557 / 0.00639844
G24	46	364.14	0.0893655 / 0.0893352	0.0789873 / 0.0789328	0.0542785 / 0.0542495	0.0275443 / 0.0280582	0.00243038 / 0.00262715

GEOVIT s.r.l.

Geologia ◆ Ingegneria ◆ Topografia ◆ Ambiente

INDAGINE GEOFISICA

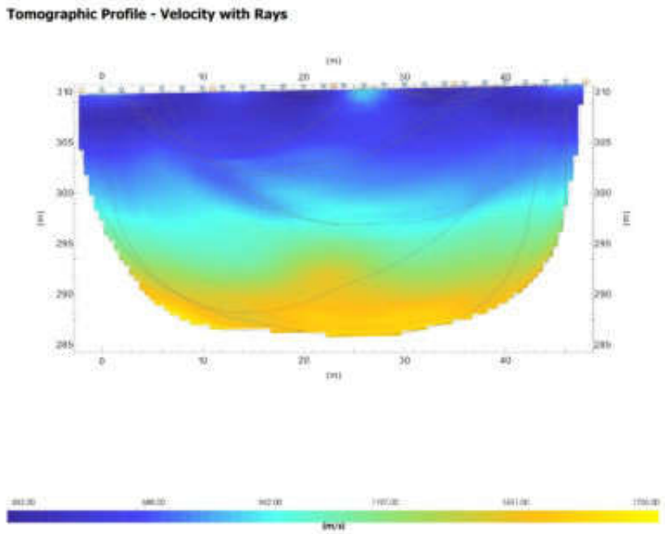
REGIONE LAZIO
COMUNE DI MONTE COMPATRI (RM)

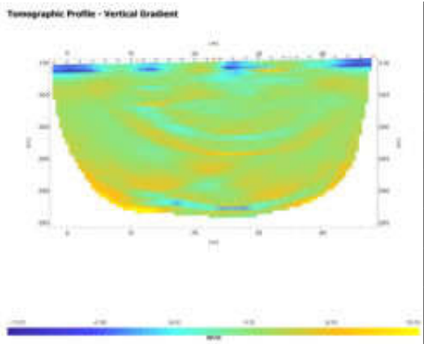
INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE PRESSO IL COMUNE DI MONTE COMPATRI (RM)
O.D.S. N. 22/25

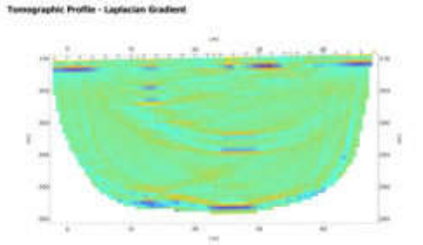
LINEA SISMICA A RIFRAZIONE RF1 (0.0 - 50.0 m)

Dicembre 2025	Esecuzione: M.Orfei - R.Troncarelli Collaborazione: G. De Gasperi	3158_25

UBICAZIONE







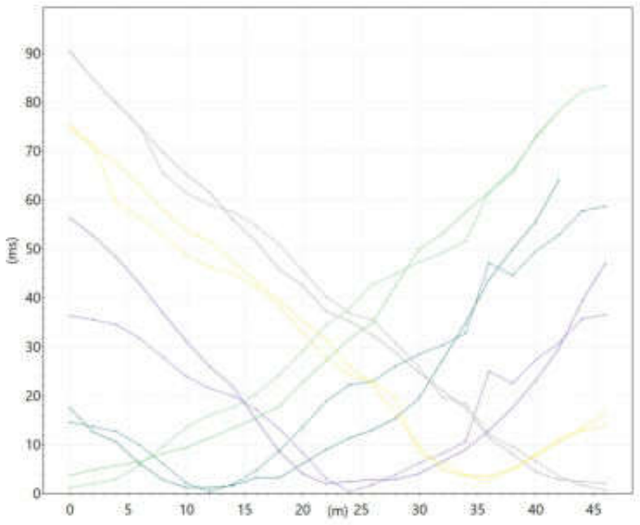
GEOMETRIA DI ACQUISIZIONE

Geofoni
Shot

Geophone	X	Elevation	1_Monte_Rif2_E1. DAT Observed TravelTime / Computed TravelTime	2_Monte_Rif2_D2. DAT Observed TravelTime / Computed TravelTime	3_Monte_Rif2_C. DAT Observed TravelTime / Computed TravelTime	4_Monte_Rif2_D5. DAT Observed TravelTime / Computed TravelTime	5_Monte_Rif2_E2. DAT Observed TravelTime / Computed TravelTime
G1	0	310.04	0.00364557 / 0.0010904	0.0174177 / 0.0145415	0.0563038 / 0.0363405	0.0753418 / 0.0744957	0.0903291 / 0.0903196
G2	2	310.08	0.00486076 / 0.00193119	0.012557 / 0.0136973	0.0526582 / 0.0354963	0.070481 / 0.0714557	0.0846582 / 0.0846817
G3	4	310.12	0.00567089 / 0.0029721	0.0105316 / 0.0126658	0.0482025 / 0.0344648	0.0676456 / 0.0593773	0.0797975 / 0.0797255
G4	6	310.16	0.00648101 / 0.00576085	0.00607595 / 0.00989227	0.0429367 / 0.0316913	0.0631899 / 0.0566038	0.0749367 / 0.0749588
G5	8	310.2	0.00810127 / 0.00954907	0.00283544 / 0.00611056	0.0368608 / 0.0279096	0.0579241 / 0.0528221	0.0696709 / 0.0654562
G6	10	310.24	0.00931646 / 0.0135175	0.00121519 / 0.00214223	0.0311899 / 0.0239413	0.0538734 / 0.0488538	0.0652152 / 0.0614878
G7	12	310.28	0.0113418 / 0.0159962	0.00121519 / 0.000403078	0.0259241 / 0.021434	0.051443 / 0.0463464	0.0615696 / 0.0589805
G8	14	310.32	0.0133671 / 0.0174752	0.00162025 / 0.00188203	0.0218734 / 0.019964	0.0473924 / 0.0448934	0.0558987 / 0.0575275
G9	16	310.36	0.0153924 / 0.0203195	0.00324051 / 0.00472639	0.0149873 / 0.0171331	0.0433418 / 0.042076	0.051443 / 0.0547101
G10	18	310.4	0.0178228 / 0.0243008	0.00324051 / 0.00870767	0.00850633 / 0.013162	0.0392911 / 0.0381914	0.0457722 / 0.0508255
G11	20	310.44	0.0226835 / 0.0291413	0.00607595 / 0.0135482	0.00405063 / 0.00832845	0.0352405 / 0.0328901	0.0425316 / 0.0455242
G12	22	310.48	0.0271392 / 0.034368	0.00891139 / 0.0187749	0.00202532 / 0.00310555	0.0315949 / 0.0276672	0.0372658 / 0.0403013
G13	24	310.52	0.0315949 / 0.0377662	0.0113418 / 0.0221731	0.00243038 / 0.000385447	0.0259241 / 0.0242257	0.0352405 / 0.0368598
G14	26	310.56	0.0348354 / 0.0427354	0.012962 / 0.0229419	0.00283544 / 0.00176586	0.0222785 / 0.0228579	0.0324051 / 0.035492
G15	28	310.6	0.0425316 / 0.0448553	0.0153924 / 0.0259997	0.002875 / 0.00382055	0.0162025 / 0.0196494	0.0287595 / 0.0307592
G16	30	310.64	0.0498228 / 0.0472799	0.019443 / 0.0284244	0.00405063 / 0.00624522	0.00972152 / 0.00810777	0.0247089 / 0.0257913
G17	32	310.68	0.0530633 / 0.0491377	0.0271392 / 0.0302821	0.00648101 / 0.00810296	0.00486076 / 0.00626331	0.0210633 / 0.0196575
G18	34	310.72	0.057519 / 0.0515985	0.0348354 / 0.032743	0.00891139 / 0.0105638	0.00364557 / 0.00382497	0.0174177 / 0.0182984
G19	36	310.76	0.0615696 / 0.061611	0.0437468 / 0.0471323	0.012962 / 0.0249938	0.00364557 / 0.00253803	0.0113418 / 0.0120372
G20	38	310.8	0.0656203 / 0.0659308	0.0498228 / 0.0445695	0.0174177 / 0.022431	0.00486076 / 0.00499124	0.00810127 / 0.0095683
G21	40	310.84	0.0729114 / 0.0726868	0.0554937 / 0.0494344	0.0230886 / 0.0272959	0.0076962 / 0.00793019	0.0044557 / 0.00663675
G22	42	310.88	0.0781772 / 0.0781805	0.064 / 0.0528541	0.0295696 / 0.0307156	0.0105316 / 0.0110838	0.00283544 / 0.00347751
G23	44	310.92	0.0822278 / 0.0822211	-2 / 0.0577647	0.0392911 / 0.0356262	0.0133671 / 0.0129071	0.00243038 / 0.00164162
G24	46	310.96	-2 / 0.0833865	-2 / 0.0587005	0.0469873 / 0.036562	0.0166076 / 0.0138601	0.00202532 / 0.00068329

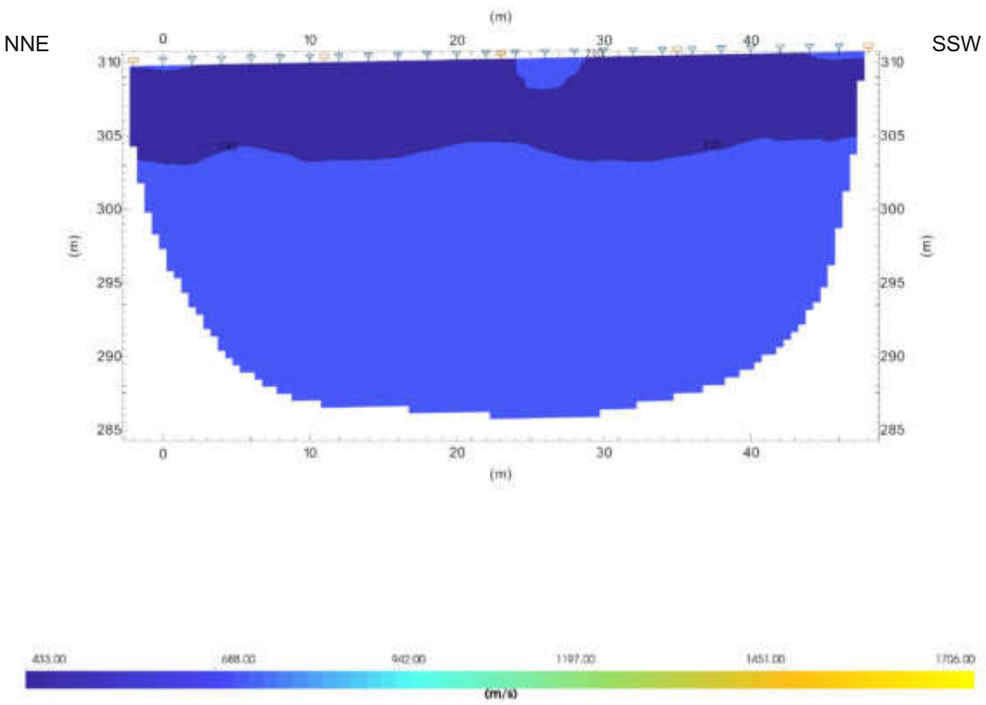
DROMOCRONE MISURATE E CALCOLATE

Dromocrona Misurata
Dromocrona Calcolata



Tomographic Profile - Velocity with Filled Isolines

NNE SSW



Sismostrato caratterizzato da 433<VP<710 m/s, litologia assimilabile a terreni di copertura e/o depositi rimaneggiati della Litofacies Piroclastica costituita da scorie e lapilli

Sismostrato caratterizzato da 710<VP<1706 m/s, litologia assimilabile a depositi della Litofacies Piroclastica costituita da scorie e lapilli

GEOVIT s.r.l.

Geologia ◆ Ingegneria ◆ Topografia ◆ Ambiente

INDAGINE GEOFISICA

REGIONE LAZIO
COMUNE DI MONTE COMPATRI (RM)

INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE PRESSO IL COMUNE DI MONTE COMPATRI (RM)
O.D.S. N. 22/25

LINEA SISMICA A RIFRAZIONE RF2 (0.0 - 50.0 m)

Dicembre 2025	Esecuzione: M.Orfei - R.Troncarelli Collaborazione: G. De Gasperi	3158_25

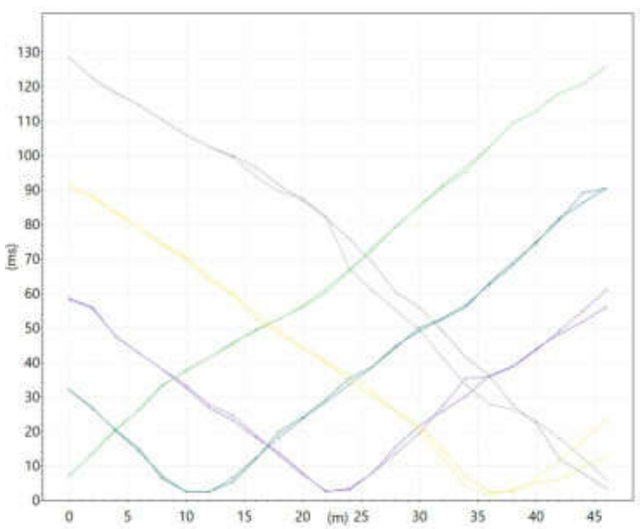
UBICAZIONE

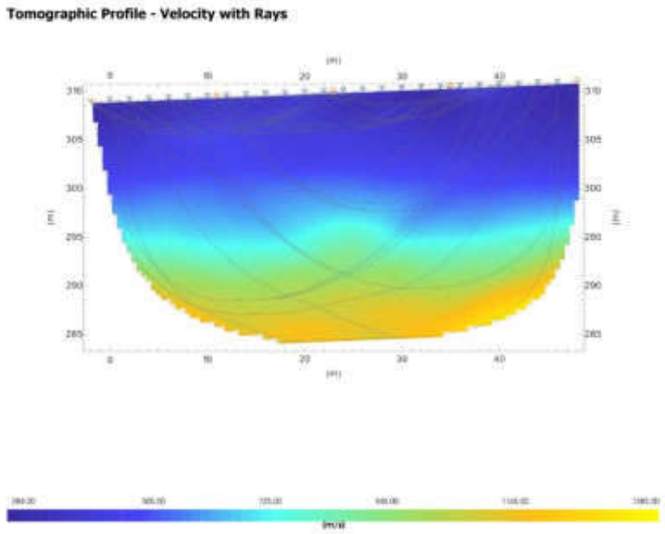
GEOMETRIA DI ACQUISIZIONE

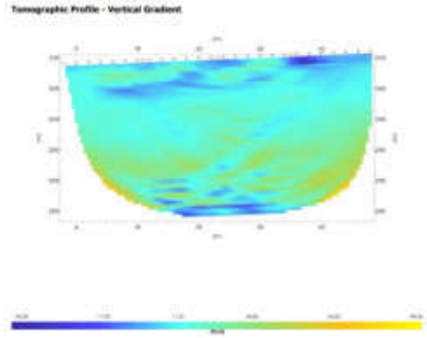
- Geofoni
- Shot

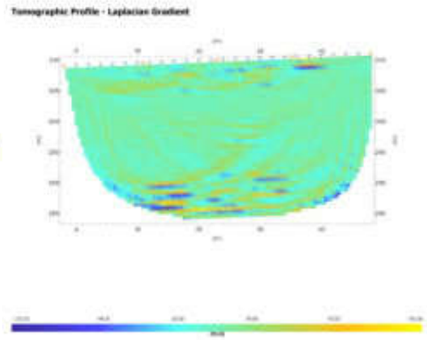
DROMOCRONE MISURATE E CALCOLATE

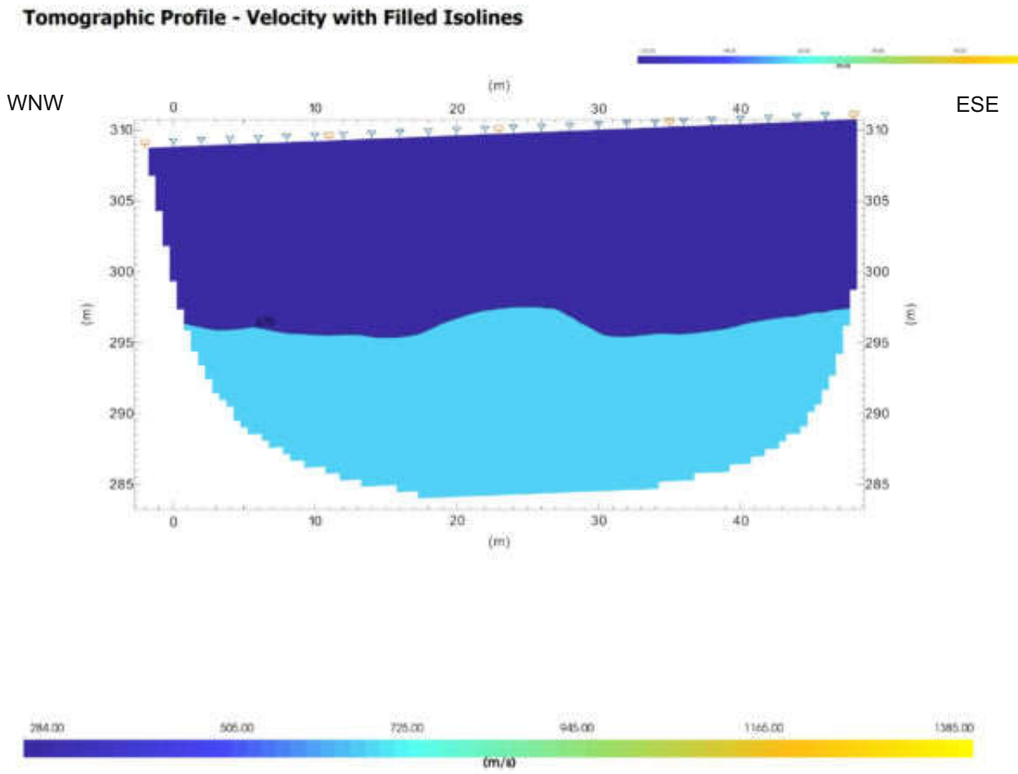
Dromocrona Misurata
Dromocrona Calcolata











Sismostrato caratterizzato da 284<VP<670 m/s, litologia assimilabile a terreni di copertura e/o depositi rimaneggiati della Litofacies Piroclastica costituita da scorie e lapilli

Sismostrato caratterizzato da 670<VP<1385 m/s, litologia assimilabile a depositi della Litofacies Piroclastica costituita da scorie e lapilli

Geophone	X	Elevation	1_Monte_Rif3_E1. DAT Observed TravelTime / Computed TravelTime	2_Monte_Rif3_D2. DAT Observed TravelTime / Computed TravelTime	3_Monte_Rif3_C. DAT Observed TravelTime / Computed TravelTime	4_Monte_Rif3_D5. DAT Observed TravelTime / Computed TravelTime	5_Monte_Rif3_E2. DAT Observed TravelTime / Computed TravelTime
G1	0	309.08	0.00688982 / 0.00696293	0.0318654 / 0.0319708	0.0585635 / 0.0581407	0.0904289 / 0.0914523	0.128323 / 0.128317
G2	2	309.16	0.013625 / 0.0136122	0.0266981 / 0.0268337	0.0559798 / 0.0555244	0.08775 / 0.0883611	0.122294 / 0.122307
G3	4	309.24	0.0206695 / 0.0202736	0.02025 / 0.0201708	0.0473675 / 0.04742	0.0835391 / 0.083266	0.117988 / 0.117973
G4	6	309.32	0.026125 / 0.0263207	0.014875 / 0.0141208	0.042625 / 0.0426475	0.079233 / 0.0792044	0.114543 / 0.11456
G5	8	309.4	0.033125 / 0.0334119	0.00625 / 0.00703189	0.037894 / 0.0379268	0.0740656 / 0.0739516	0.110237 / 0.110245
G6	10	309.48	0.037625 / 0.0374164	0.00258368 / 0.00242057	0.0327267 / 0.0334062	0.0706207 / 0.0699216	0.105931 / 0.105958
G7	12	309.56	0.0413389 / 0.0413487	0.0025 / 0.00234449	0.0266981 / 0.027665	0.0645921 / 0.0635133	0.102486 / 0.102444
G8	14	309.64	0.0456451 / 0.045254	0.00525 / 0.00651901	0.0232532 / 0.0245993	0.0594247 / 0.0598893	0.0999024 / 0.0994538
G9	16	309.72	0.04909 / 0.0495774	0.0120572 / 0.0123227	0.0180858 / 0.018816	0.0525349 / 0.0543687	0.0964575 / 0.0939332
G10	18	309.8	0.0525349 / 0.0525131	0.0198082 / 0.0182245	0.0137796 / 0.0129115	0.0482288 / 0.0492947	0.0912902 / 0.0894684
G11	20	309.88	0.0559798 / 0.0562859	0.0241144 / 0.0235224	0.00775105 / 0.00761128	0.0439226 / 0.0445071	0.086984 / 0.0875114
G12	22	309.96	0.060286 / 0.0613786	0.0292817 / 0.0283893	0.0025 / 0.00262599	0.0404777 / 0.039475	0.0818167 / 0.0823117
G13	24	310.04	0.0663146 / 0.0669425	0.0353103 / 0.033572	0.003375 / 0.00287462	0.0344491 / 0.0365907	0.0757881 / 0.0670947
G14	26	310.12	0.0732044 / 0.0723173	0.038625 / 0.0386815	0.007875 / 0.0079841	0.030143 / 0.0314768	0.0688982 / 0.0607106
G15	28	310.2	0.079233 / 0.0793684	0.0447839 / 0.0443107	0.015375 / 0.0136134	0.0258368 / 0.025853	0.060286 / 0.0550868
G16	30	310.28	0.0852616 / 0.0851694	0.04909 / 0.0500668	0.0215307 / 0.0193694	0.0215307 / 0.0201067	0.0559798 / 0.0493405
G17	32	310.36	0.0912902 / 0.090676	0.0525349 / 0.05263	0.0258368 / 0.0273898	0.0146409 / 0.0121003	0.04909 / 0.0413341
G18	34	310.44	0.0964575 / 0.0950573	0.0559798 / 0.0566979	0.030143 / 0.0353962	0.00688982 / 0.004086	0.0413389 / 0.0333198
G19	36	310.52	0.102486 / 0.102522	0.0628696 / 0.0624494	0.0361716 / 0.0356277	0.0025 / 0.0015178	0.0361716 / 0.0278135
G20	38	310.6	0.109376 / 0.109351	0.0688982 / 0.0680176	0.0387553 / 0.0386915	0.0025 / 0.00306435	0.0275593 / 0.0262658
G21	40	310.68	0.112821 / 0.112836	0.0745 / 0.0748474	0.0439226 / 0.0434443	0.00516737 / 0.00641204	0.0223919 / 0.0229338
G22	42	310.76	0.117988 / 0.118002	0.0818167 / 0.0811535	0.0482288 / 0.0491042	0.0060286 / 0.0114262	0.0120572 / 0.0179351
G23	44	310.84	0.120572 / 0.120574	0.0861228 / 0.0890624	0.0516737 / 0.0547746	0.00947351 / 0.0170966	0.00775105 / 0.0122694
G24	46	310.92	0.125739 / 0.125739	0.0904289 / 0.0904378	0.0559798 / 0.0609025	0.0129184 / 0.0232245	0.00344491 / 0.00614438

GEOVIT s.r.l.

Geologia ◆ Ingegneria ◆ Topografia ◆ Ambiente

INDAGINE GEOFISICA

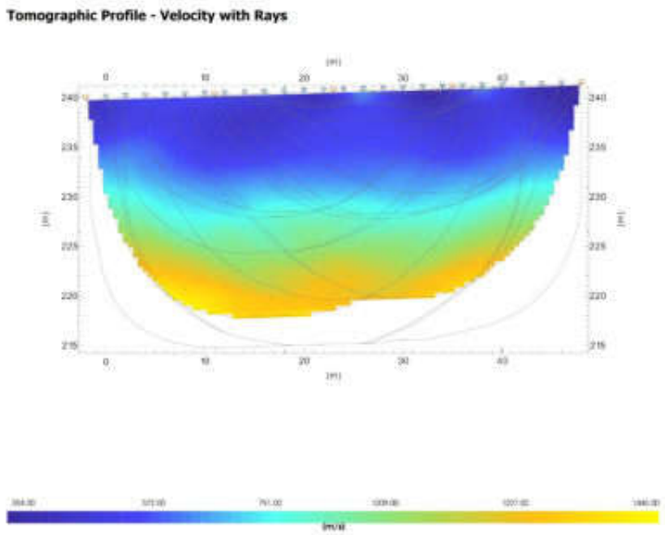
REGIONE LAZIO
COMUNE DI MONTE COMPATRI (RM)

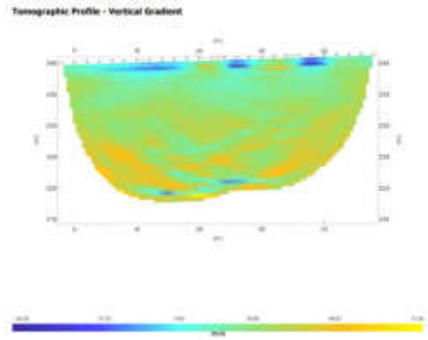
INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE PRESSO IL COMUNE DI MONTE COMPATRI (RM)
O.D.S. N. 22/25

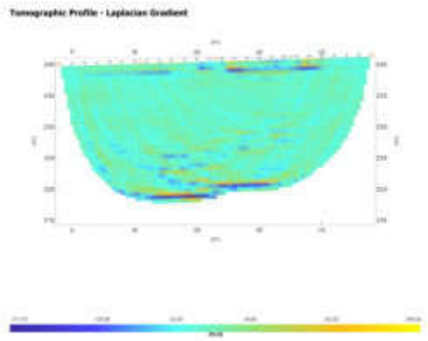
LINEA SISMICA A RIFRAZIONE RF3 (0.0 - 50.0 m)

Dicembre 2025	Esecuzione: M.Orfei - R.Troncarelli Collaborazione: G. De Gasperi	3158_25

UBICAZIONE





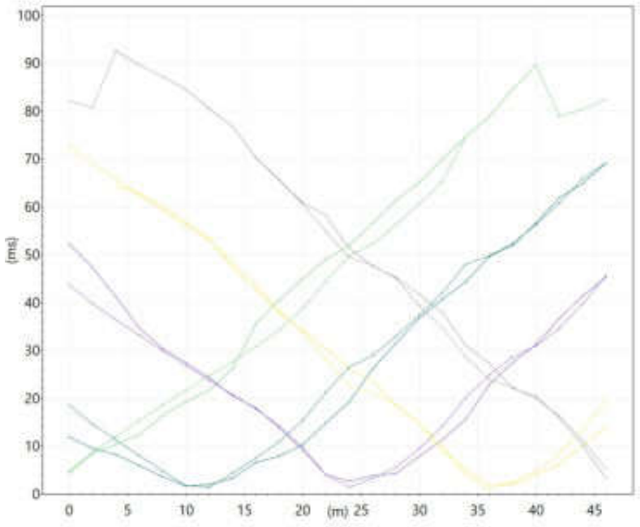


GEOMETRIA DI ACQUISIZIONE

Geofoni
Shot

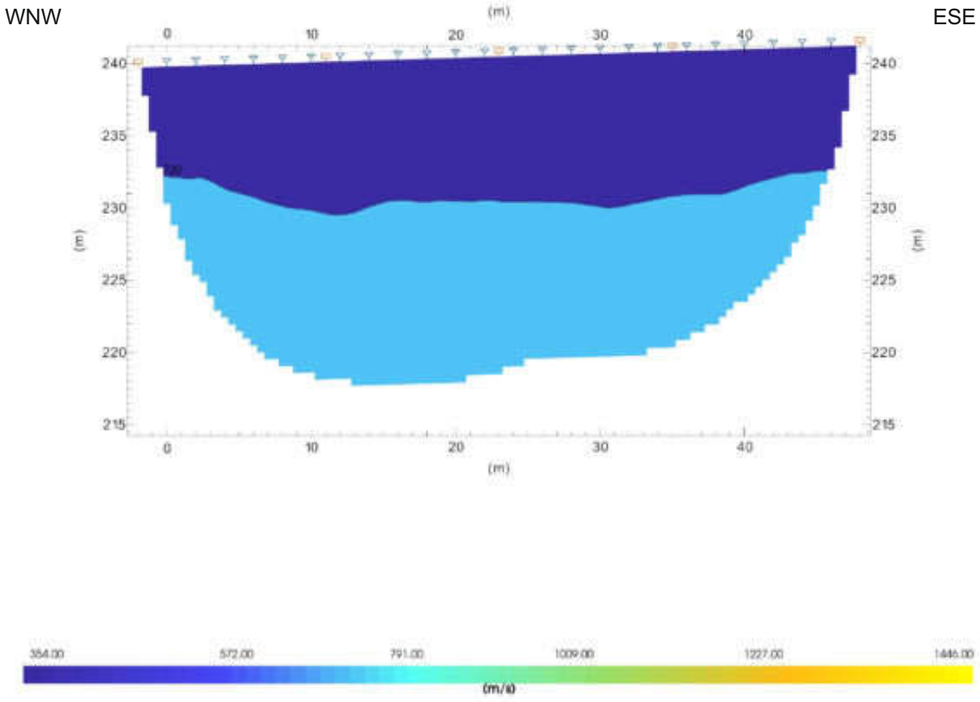
DROMOCRONE MISURATE E CALCOLATE

Dromocrona Misurata
Dromocrona Calcolata



Tomographic Profile - Velocity with Filled Isolines

WNW — ESE



Sismostrato caratterizzato da 354<VP<720 m/s, litologia assimilabile a terreni di copertura e/o depositi rimaneggiati della Litofacies Lavica costituita da lave grigie

Sismostrato caratterizzato da 720<VP<1446 m/s, litologia assimilabile a depositi della Litofacies Lavica costituita da lave grigie da compatte a vacuolari

Geophone	X	Elevation	1_Monte_Rif4_E1. DAT Observed TravelTime / Computed TravelTime	2_Monte_Rif4_D2. DAT Observed TravelTime / Computed TravelTime	3_Monte_Rif4_C. DAT Observed TravelTime / Computed TravelTime	4_Monte_Rif4_D5. DAT Observed TravelTime / Computed TravelTime	5_Monte_Rif4_E5. DAT Observed TravelTime / Computed TravelTime
G1	0	240.06	0.00444359 / 0.00478152	0.0119108 / 0.018576	0.0522229 / 0.0437034	-2 / 0.0725915	-2 / 0.0820495
G2	2	240.12	0.00839344 / 0.00875268	0.00959483 / 0.014597	0.0473775 / 0.0397244	-2 / 0.0690703	-99 / 0.0807846
G3	4	240.18	0.0103684 / 0.0120429	0.00827141 / 0.0113025	0.0411861 / 0.0364299	0.0646057 / 0.0657759	0.0926015 / 0.0925931
G4	6	240.24	0.0123433 / 0.0152743	0.00595541 / 0.00807122	0.0347256 / 0.0331986	0.0627213 / 0.0625445	0.0896404 / 0.0896339
G5	8	240.3	0.0162932 / 0.0185131	0.00363942 / 0.00483187	0.0304185 / 0.0299592	0.0600294 / 0.0593049	0.0872177 / 0.0872106
G6	10	240.36	0.0192555 / 0.021621	0.00165428 / 0.00172416	0.0274574 / 0.0268515	0.0567992 / 0.0561954	0.0845258 / 0.0845254
G7	12	240.42	0.0217242 / 0.0247442	0.00198514 / 0.00146203	0.0242271 / 0.0237253	0.0532997 / 0.0530678	0.0804879 / 0.0804671
G8	14	240.48	0.0261678 / 0.0276463	0.00330856 / 0.00436415	0.0204585 / 0.0208251	0.0473775 / 0.0482583	0.0767192 / 0.0767171
G9	16	240.54	0.0355487 / 0.0307636	0.00661712 / 0.0074814	0.0180358 / 0.0177087	0.0428013 / 0.0440011	0.0702587 / 0.0702301
G10	18	240.6	0.040486 / 0.0342186	0.00794055 / 0.0109364	0.0137287 / 0.01426	0.0379558 / 0.0383048	0.0656824 / 0.0655443
G11	20	240.66	0.0449296 / 0.0386688	0.0102565 / 0.0153866	0.00915247 / 0.0098211	0.0341872 / 0.0338658	0.060837 / 0.0606144
G12	22	240.72	0.0489926 / 0.044483	0.0148885 / 0.0212009	0.00403785 / 0.00402265	0.0304185 / 0.0280674	0.0581451 / 0.054816
G13	24	240.78	0.0519537 / 0.0498092	0.0191897 / 0.026527	0.0026919 / 0.00142835	0.0261115 / 0.0227008	0.0514154 / 0.0494494
G14	26	240.84	0.05653 / 0.0521691	0.0261376 / 0.0288836	0.00376866 / 0.00314178	0.0236887 / 0.0209808	0.0476467 / 0.0477344
G15	28	240.9	0.0613754 / 0.0562076	0.0314313 / 0.032922	0.00430705 / 0.00562189	0.0185741 / 0.0185122	0.045224 / 0.0450277
G16	30	240.96	0.0651441 / 0.0606036	0.036725 / 0.037318	0.00780652 / 0.00944382	0.0148055 / 0.0147031	0.0417245 / 0.0393256
G17	32	241.02	0.0699895 / 0.0653078	0.0406953 / 0.0420222	0.011306 / 0.014148	0.00888328 / 0.0100093	0.0379558 / 0.0346318
G18	34	241.08	0.0745657 / 0.0745899	0.0443347 / 0.0479625	0.015613 / 0.0200882	0.00511462 / 0.00408091	0.0309569 / 0.0287033
G19	36	241.14	0.0788728 / 0.078871	0.0496284 / 0.0497663	0.0228812 / 0.0249129	0.00188433 / 0.000861457	0.02725 / 0.0238393
G20	38	241.2	0.0845258 / 0.0845131	0.0519444 / 0.052258	0.0274574 / 0.02862	0.00188433 / 0.00244261	0.0220736 / 0.02225
G21	40	241.26	0.0896404 / 0.08964	0.0565764 / 0.0562839	0.0312261 / 0.0309597	0.00403785 / 0.00478208	0.0204585 / 0.0199216
G22	42	241.32	-2 / 0.0789115	0.0618701 / 0.0608095	0.0366099 / 0.0346172	0.00619138 / 0.0084396	0.0158822 / 0.0162782
G23	44	241.38	-2 / 0.080386	0.0648478 / 0.0658671	0.0414553 / 0.0396749	0.0102292 / 0.0134972	0.0102292 / 0.0112333
G24	46	241.44	-2 / 0.0823313	0.0691489 / 0.0691581	0.045224 / 0.0456595	0.0137287 / 0.0194819	0.00323028 / 0.00525015

GEOVIT s.r.l.

Geologia ◆ Ingegneria ◆ Topografia ◆ Ambiente

INDAGINE GEOFISICA

REGIONE LAZIO
COMUNE DI MONTE COMPATRI (RM)

INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE PRESSO IL COMUNE DI MONTE COMPATRI (RM)
O.D.S. N. 22/25

LINEA SISMICA A RIFRAZIONE RF4 (0.0 - 50.0 m)

Dicembre 2025	Esecuzione: M.Orfei - R.Troncarelli Collaborazione: G. De Gasperi	3158_25

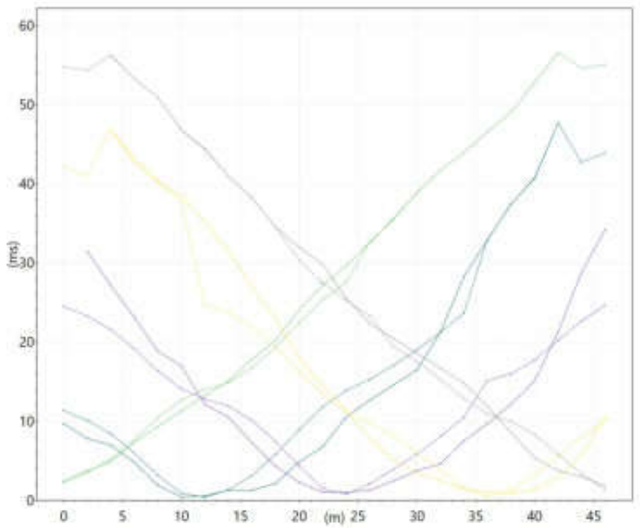
UBICAZIONE

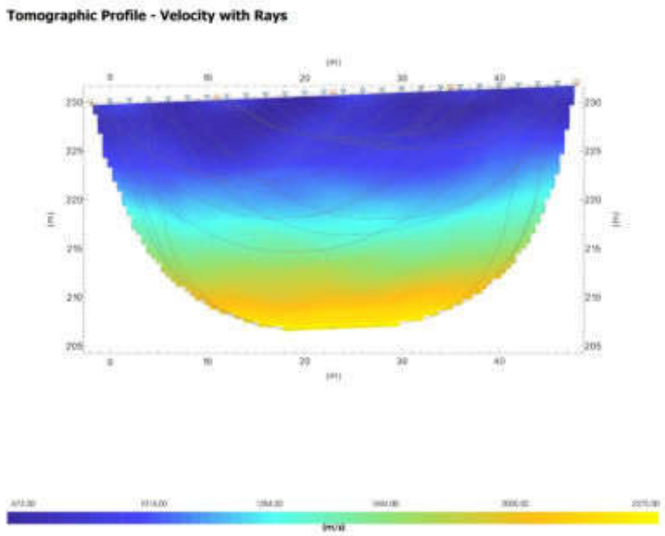
GEOMETRIA DI ACQUISIZIONE

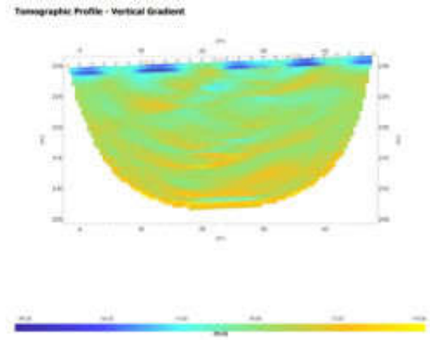
- Geofoni
- Shot

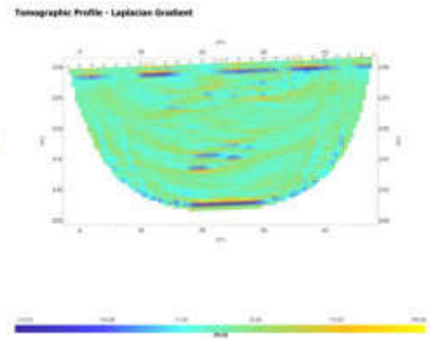
DROMOCRONE MISURATE E CALCOLATE

Dromocrona Misurata
Dromocrona Calcolata



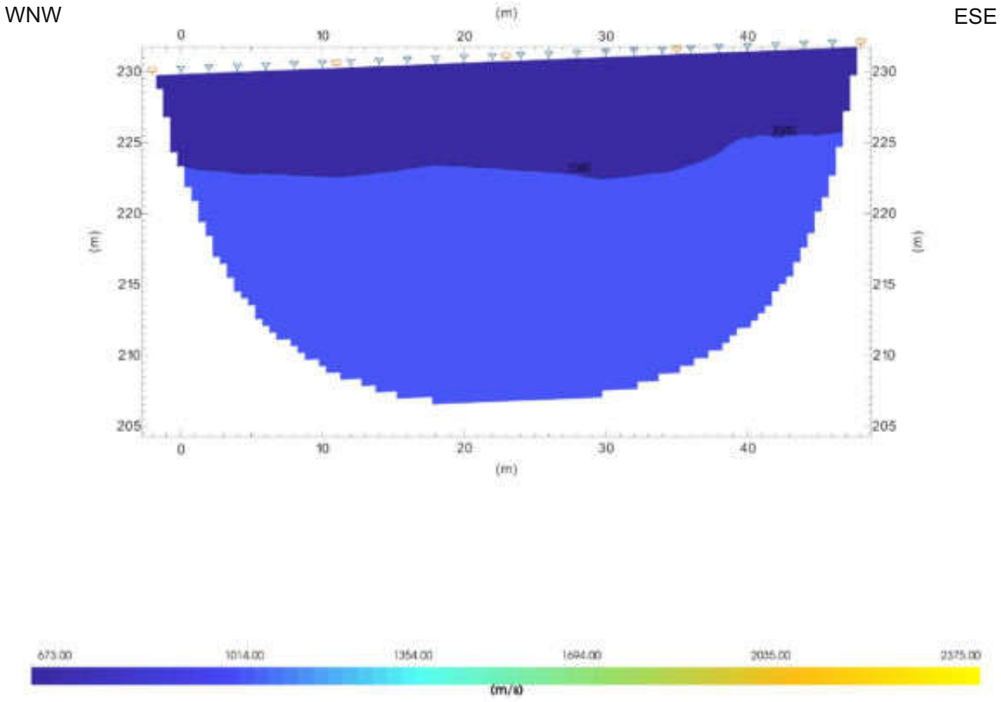






Tomographic Profile - Velocity with Filled Isolines

WNW ESE



Sismostrato caratterizzato da 673<VP<1040 m/s, litologia assimilabile a terreni di copertura e/o depositi di alterazione della Litofacies Lavica costituita da lave grigie

Sismostrato caratterizzato da 1040<VP<2375 m/s, litologia assimilabile a depositi della Litofacies Lavica costituita da lave grigie da compatte a vacuolari

Geophone	X	Elevation	1_Monte_Rif5_E1. DAT Observed TravelTime / Compuded TravelTime	2_Monte_Rif5_D2. DAT Observed TravelTime / Compuded TravelTime	3_Monte_Rif5_C. DAT Observed TravelTime / Compuded TravelTime	4_Monte_Rif5_D5. DAT Observed TravelTime / Compuded TravelTime	5_Monte_Rif5_E2. DAT Observed TravelTime / Compuded TravelTime
G1	0	230.08	0.00242271 / 0.00226011	0.00969085 / 0.0113473	-2 / 0.0245215	-2 / 0.0421436	-2 / 0.0547436
G2	2	230.16	0.00376866 / 0.00350802	0.00780652 / 0.0100938	0.0314953 / 0.0232679	-2 / 0.0409906	-2 / 0.0543359
G3	4	230.24	0.00484543 / 0.00515981	0.00699895 / 0.00844862	0.0271882 / 0.0216228	0.0468391 / 0.0468771	0.0562608 / 0.0562508
G4	6	230.32	0.00726814 / 0.00763558	0.00484543 / 0.00597944	0.0231504 / 0.0191536	0.0428013 / 0.0432013	0.0532997 / 0.0532983
G5	8	230.4	0.00931646 / 0.0104257	0.00188433 / 0.00318952	0.0188433 / 0.0163637	0.0401094 / 0.0404114	0.050877 / 0.0508671
G6	10	230.48	0.011306 / 0.0127058	0.000427796 / 0.000905025	0.016959 / 0.0140792	0.0384942 / 0.0376955	0.0468391 / 0.0468018
G7	12	230.56	0.0131903 / 0.0139857	0.000570394 / 0.0004086	0.0121136 / 0.0127865	0.0352639 / 0.0246943	0.0444164 / 0.0443254
G8	14	230.64	0.0150747 / 0.0148739	0.00128339 / 0.00129679	0.0104984 / 0.0119005	0.0314953 / 0.0238084	0.0409169 / 0.0409215
G9	16	230.72	0.0178228 / 0.0167103	0.00128339 / 0.00313319	0.00726814 / 0.010074	0.026919 / 0.0219818	0.038225 / 0.0382111
G10	18	230.8	0.0202532 / 0.0193923	0.00215352 / 0.00581516	0.00430705 / 0.00739852	0.0228812 / 0.0193063	0.0344564 / 0.0344946
G11	20	230.88	0.0239626 / 0.0224191	0.00484543 / 0.00884199	0.00228158 / 0.00437339	0.0180358 / 0.0162812	0.0320336 / 0.0303595
G12	22	230.96	0.0271576 / 0.0253248	0.00672976 / 0.0117477	0.00099819 / 0.00146608	0.0145363 / 0.0133739	0.0298801 / 0.0274522
G13	24	231.04	0.0296109 / 0.0274975	0.0104984 / 0.0139204	0.00099819 / 0.000758269	0.011306 / 0.0111876	0.0255731 / 0.0252659
G14	26	231.12	0.032572 / 0.0326757	0.0126519 / 0.0152721	0.00128339 / 0.00211004	0.00780652 / 0.00983591	0.0223428 / 0.0233262
G15	28	231.2	0.0355331 / 0.0354201	0.0145363 / 0.017023	0.00242271 / 0.00386094	0.00511462 / 0.00808685	0.0204585 / 0.0194831
G16	30	231.28	0.0387634 / 0.0388056	0.0164206 / 0.019005	0.00376866 / 0.00584286	0.00342236 / 0.00610956	0.0185741 / 0.0175058
G17	32	231.36	0.0417245 / 0.0417304	0.021266 / 0.0212129	0.00457624 / 0.00805076	0.0025 / 0.00390365	0.0166898 / 0.0152999
G18	34	231.44	0.043878 / 0.0438922	0.028265 / 0.0236579	0.00753733 / 0.0104958	0.00142599 / 0.00145947	0.0148055 / 0.0128557
G19	36	231.52	0.0465699 / 0.0465682	0.0328412 / 0.0329084	0.00969085 / 0.0151154	0.00099819 / 0.000494742	0.0118444 / 0.0109364
G20	38	231.6	0.0489926 / 0.0489817	0.0374175 / 0.0373898	0.0121136 / 0.0159926	0.000855591 / 0.00140505	0.00861409 / 0.0100288
G21	40	231.68	0.0527613 / 0.0527657	0.0406477 / 0.0407242	0.0150747 / 0.0177106	0.00134595 / 0.00312308	0.00538381 / 0.008319
G22	42	231.76	0.05653 / 0.0565414	0.0476467 / 0.0476608	0.021266 / 0.0201951	0.00296109 / 0.00560761	0.00376866 / 0.00583988
G23	44	231.84	-2 / 0.0546332	-2 / 0.0427013	0.0288034 / 0.0226688	0.005653 / 0.00808124	0.00296109 / 0.00336389
G24	46	231.92	-2 / 0.0550153	-2 / 0.0438703	0.0341872 / 0.0246423	0.0104984 / 0.0100548	0.00185378 / 0.00138457

GEOVIT s.r.l.

Geologia ◆ Ingegneria ◆ Topografia ◆ Ambiente

INDAGINE GEOFISICA

REGIONE LAZIO
COMUNE DI MONTE COMPATRI (RM)

INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE PRESSO IL COMUNE DI MONTE COMPATRI (RM)
O.D.S. N. 22/25

LINEA SISMICA A RIFRAZIONE RF5 (0.0 - 50.0 m)

Dicembre 2025	Esecuzione: M.Orfei - R.Troncarelli Collaborazione: G. De Gasperi	3158_25

Allegato 3 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Foto 1: Esecuzione prova penetrometrica dinamica DPSH1.

Foto 2: Esecuzione prova penetrometrica dinamica DPSH1bis.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Foto 3: Esecuzione prova penetrometrica dinamica DPSH2.

Foto 4: Esecuzione prova penetrometrica dinamica DPSH3.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Foto 5: Prova sismica a rifrazione RF1.

Foto 6: Prova sismica a rifrazione RF2.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Foto 7: Prova sismica a rifrazione RF3.

Foto 8: Prova sismica a rifrazione RF4.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Foto 9: Prova sismica a rifrazione RF5.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

GEOVIT s.r.l.

Geologia ◆ Ingegneria ◆ Topografia ◆ Ambiente

ISO 9001 LL-C (Certification) N° 398808 | ISO 14001 LL-C (Certification) N° 398738 | ISO 45001 LL-C (Certification) N° 398739

Bentley SOA
Attestazione N° 30949/35/00
Categorie OS20A II - OS20B III - OS21 II

AutentiCert
ISO 27001:2022
Certificato GEO-280725

REGIONE LAZIO
CITTA' METROPOLITANA DI ROMA CAPITALE
MONTE COMPATRI E COLONNA

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE PRESSO I COMUNI DI MONTE COMPATRI E COLONNA - O.D.S. N. 28/25

RELAZIONE TECNICA

Committente: **ACEA INFRASTRUCTURE SPA**

Esecuzione: GEOVIT s.r.l.

Dott. Geol. Roberto TRONCARELLI

Collaborazione:
Dott. Geol. Marco ORFEI
Dott.ssa Alessia AMODIO
Dott.ssa Noemi CONDO'

ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO
Dott. ROBERTO TRONCARELLI
Geologo
A.P. n.803

Data: Aprile 2026

Elaborato N°: 3199/26

Relazione tecnica

INDICE

1. Premessa e quadro normativo **2**

2. Inquadramento dell'area di studio **5**

3. Indagini eseguite **7**

3.1. Prove geotecniche in sito 7

3.1.1. Prove penetrometriche dinamiche DPSH 7

3.2. Prove geofisiche 9

3.2.1. Stese sismiche MASW 9

3.2.2. Misure di microtremore HVSR 39

ALLEGATI

ALLEGATO 1 – TABULATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH

ALLEGATO 2 – TABULATI PROVE SISMICHE MASW

ALLEGATO 3 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

1. Premessa e quadro normativo

Il sottoscritto Dott. Geol. Roberto Troncarelli, iscritto all'Ordine dei Geologi del Lazio al n. 803, polizza Responsabilità Civile "Accelerant Insurance Europe" n. R.2025.1386468, in qualità di Legale Rappresentante e Direttore Tecnico della Società GEOVIT s.r.l., con sede in Viterbo, Via Monte Cervino n. 12, iscrizione al Registro delle Imprese e codice fiscale 01416400560 REA 85435, su incarico di Acea Infrastructure s.p.a., con O.d.S. n. 22/25 *"Indagini geognostiche e geofisiche nei comuni di Monte Compatri e Colonna (RM) – Contratto Quadro n. 4600018925",* ha eseguito una campagna di indagini geognostiche e geofisiche nei comuni di Monte Compatri e Colonna (RM).

Le indagini sono state condotte ai sensi del D.M. LL.PP. 11.3.1988 "Norme tecniche per indagini su terreni e rocce...omissis", e della Circolare del Min. LL.PP. n° 30483/88.

Le coordinate geografiche delle aree dove sono state eseguite le indagini, evidenziate nella sottostante figura 1, nel sistema WGS84 sono le seguenti:

Area 1

Latitudine:	ϕ_{WGS84}	41.817243
Longitudine:	λ_{WGS84}	12.743057

Area 2

Latitudine:	ϕ_{WGS84}	41.825189
Longitudine:	λ_{WGS84}	12.744574

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Area 3

Latitudine:	ϕ_{WGS84}	41.836752
Longitudine:	λ_{WGS84}	12.743826

Area 4

Latitudine:	ϕ_{WGS84}	41.838827
Longitudine:	λ_{WGS84}	12.749477

Figura 1 – Ubicazione da Google Earth delle areee di studio.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Le indagini sono state condotte nel mese di Marzo 2026 e sono consistite nell'esecuzione di:

- n. 2 prove penetrometriche dinamiche di tipo DPSH, spinte fino al raggiungimento della condizione di rifiuto strumentale;
- n. 7 indagini di sismica attiva in array di tipo Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW);
- n. 4 indagini di sismica passiva a stazione singola, con tecnica dei rapporti spettrali Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR).

Di seguito si riportano:

- stralci CTR Sezioni nn. 375130 "Frascati", 375140 "Zagarolo", con ubicazione delle aree di studio, in scala 1:10.000;
- n. 4 stralci immagine da Google Earth con l'ubicazione delle indagini eseguite suddivise in 4 aree.

La corrente relazione presenta i risultati delle indagini eseguite.

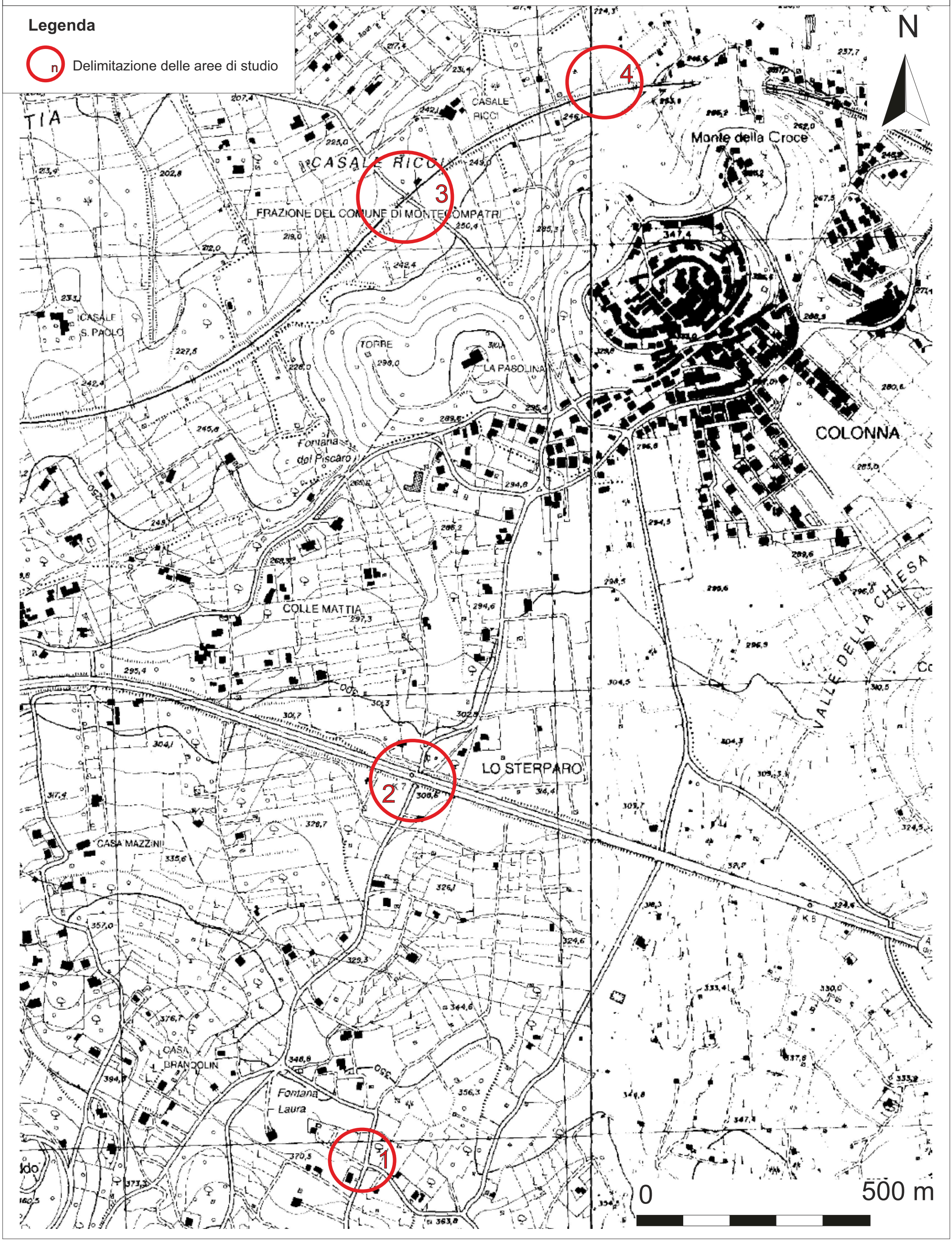
Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

COMUNI di MONTE COMPATRI e COLONNA (RM)

Area 1, Area2, Area 3 e Area 4

Stralcio CTR - Sezioni nn. 375130 “Frascati”, 375140 “Zagarolo”

Scala: 1:10.000



COMUNE di MONTE COMPATRI (RM)

Area 1

UBICAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE

Stralcio immagine Google Earth

COMUNE di MONTE COMPATRI (RM)

Area 2

UBICAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE

Stralcio immagine Google Earth

COMUNE di MONTE COMPATRI

Area 3

UBICAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE

Stralcio immagine Google Earth

COMUNE di COLONNA (RM)

Area 4

UBICAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE

Stralcio immagine Google Earth

2. Inquadramento dell'area di studio

Le indagini sono state eseguite presso i comuni di Monte Compatri e Colonna (RM), in un'area che si estende per circa 2,5 km.

L'andamento morfologico locale è stato trasformato dagli interventi antropici; in linea di massima è comunque possibile intercettare l'originaria morfologia, che rivela un assetto sub-collinare.

In particolare, l'area d'intervento è compresa tra due alti strutturali costituiti da Monte Compatri e Colonna.

Dal punto di vista idrografico, sono presenti piccoli fossi subparalleli con andamento circa Sud-Nord e che confluiscono più a valle nel Fiume Aniene.

Dal punto di vista geologico nell'area d'indagine sono presenti depositi piroclastici dell'apparato dei Colli Albani, in particolare depositi appartenenti alla "*Formazione della Madonna degli Angeli*".

La zona più a Sud e quella centrale dell'area di studio sono caratterizzate dall'affioramento della "*Litofacies piroclastica*" costituita da depositi di scorie in bancate e ceneri, da ricaduta e rimaneggiati più o meno pedogenizzati, associati sia a coni di scorie che ad apparati eccentrici (sigla FKB_b – Carta Geologica D'Italia, F° 375 "Tivoli" , in scala 1:50.000).

La zona più a Nord dell'area di studio è costituita da depositi appartenenti alla "*Litofacies lavica*", ovvero lave grigio scure in colate, da porfiriche a microcristalline, da compatte a vacuolari, con contenuto variabile di fenocristalli di leucite, clinopirosseno ed occasionalmente olivina (sigla FKB_{i3a} – Carta Geologica D'Italia, F° 375 "Tivoli" , in scala 1:50.000).

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Dal punto di vista idrogeologico i depositi su descritti sono ascrivibili ai seguenti Complessi Idrogeologici:

- Il "*Complesso Idrogeologico delle Lave, Laccoliti e Coni di Scorie*" è costituito da scorie generalmente saldate, lave e laccoliti, con spessori da qualche decina a qualche centinaio di metri, contenenti falde di importata locale ad elevata produttività, ma di estensione limitata.
- Il "*Complesso Idrogeologico delle Pozzolane*" è costituito da depositi da colata piroclastica, genericamente massivi e caotici, prevalentemente litoidi. Nel complesso sono comprese le ignimbriti e tufi (PLEISTOCENE). Lo spessore va da pochi metri ad un migliaio di metri. Questo complesso è sede di una estesa ed articolata circolazione idrica sotterranea che alimenta la falda di base dei grandi acquiferi vulcanici regionali.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

3. Indagini eseguite

3.1. Prove geotecniche in sito

3.1.1. Prove penetrometriche dinamiche DPSH

Al fine di caratterizzare a livello geotecnico i terreni al sedime dell'area d'intervento, sono state interpretate le risultanze di una campagna di indagini geognostiche che ha previsto l'esecuzione di n. 2 prove penetrometriche dinamiche di tipo DPSH, denominate P1 e P2, e ubicate nell'area 4 come da stralcio cartografico precedentemente allegato.

Il penetrometro dinamico cingolato utilizzato, Modello Pagani TG-63-200 ISM.C, secondo la classificazione ISSMFE del 1988 appartiene al tipo Superpesante (DPSH), ovvero con massa battente di massa M > 60 kg.

Si allega il certificato di conformità dello strumento alle direttive europee.

Il modello consente l'infissione di aste di acciaio di diametro ø = 3,60 cm, lunghezza 100 cm e peso 6.00 Kg cadauna; il maglio di battuta, del peso di 63,50 Kg, prevede un'altezza di caduta fissa di 75 cm; al termine dell'ultima asta è montata una punta conica, avente area A = 20,43 cmq ed angolo di apertura ß = 90°.

Tale penetrometro sviluppa un'energia specifica / colpo Q = 11,66 kg/cmq (per riferimento, una prova SPT sviluppa una QSPT = 7.83 kg/cmq); il coefficiente teorico di energia βt = Q / QSPT = 1.521 (in teoria quindi NSPT = βt x N).

Sui tabulati allegati si riportano il numero dei colpi N per ogni 20 cm di avanzamento della batteria di aste, sia in veste analitica che grafica, ed i valori delle resistenze dinamiche di rottura alla punta con la profondità in Kg/cmq, calcolate ricorrendo alla formula olandese ricordata sul prospetto riepilogativo iniziale.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Sono infine stati correlati i dati ottenuti elaborando sia un prospetto statistico che un'interpretazione geomeccanica; ciò ha permesso di ricostruire la serie litotecnica, con le rispettive caratteristiche e le indicazioni dei valori di resistenza dinamica corrispondenti ad una prova SPT.

Le colonne litotecniche del test consentono un'interpretazione ed una definizione abbastanza affidabile della sequenza litologica e geomeccanica locale.

Durante l'esecuzione delle prove sono state scattate alcune fotografie, riportate nella apposita sezione in allegato (rif. Documentazione fotografica).

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

3.2. Prove geofisiche

3.2.1. Stese sismiche MASW

Descrizione del metodo

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Ogni singolo geofono è collegato mediante un cavo bipolare che trasmette il segnale al sismografo, il segnale sismico viene così registrato, opportunamente amplificato, visualizzato sullo strumento e memorizzato per le successive elaborazioni ed interpretazioni.

Questa tipologia di prospezione è stata realizzata con n. 7 stendimenti sismici, denominati MASW1 – MASW7, a 24 geofoni allineati rispettivamente ad una distanza intergeofonica di un metro, che hanno registrato le onde sismiche generate in corrispondenza di almeno 2 punti di energizzazione dislocati rispettivamente ad una distanza (offset) di 4,0 e 5,0 dal primo geofono all'esterno dello stendimento ed in allineamento con i geofoni.

La distanza intergeofonica indicativamente rappresenta lo spessore minimo della discontinuità rilevabile.

La profondità massima di penetrazione, diversamente dalla sismica a rifrazione tradizionale, è determinata dalla relazione fra velocità di propagazione dell'onda e le sue frequenze, quindi non dipende dalla geometria dello stendimento, ma dalle caratteristiche della successione litostratigrafia del terreno investigato.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Le acquisizioni sono state eseguite con diversi tempi di campionamento pari a 2.000 ms, 0.500 ms e 0.125 ms ed una durata di acquisizione di 2048 ms.

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale della PASI modello 16S24-U, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- capacità di campionamento dei segnali tra 125 μs e 2 ms;
- filtri in post-acquisizione (50-60 Notch, 250LP)
- antialiasing: attivi, LPF, 8°ordine Butterworth;
- attenuazione -48dB/oct (-160dB/dec);
- f0=5/8fnyq; accuratezza ±1% freq.di taglio
- 24 bit con algoritmo proprietario
- 12 geofoni verticali (P) con periodo proprio di 4.5 Hz;
- massa battente pesante di 8 Kg.

Per l'elaborazione del profilo verticale della Vs (velocità delle onde di taglio), è stato utilizzato il software *winMASW della ELIOSOFT srl .*

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Elaborazione dei dati della MASW1

Il passo di campionamento con il quale sono stati registrati i sismogrammi è stato pari a 0.125 ms, 2 ms e 0.500 ms ed il sismogramma analizzato è quello con passo campionamento pari a 0.5 ms e offset pari a 4.0 metri di distanza dal primo geofono.

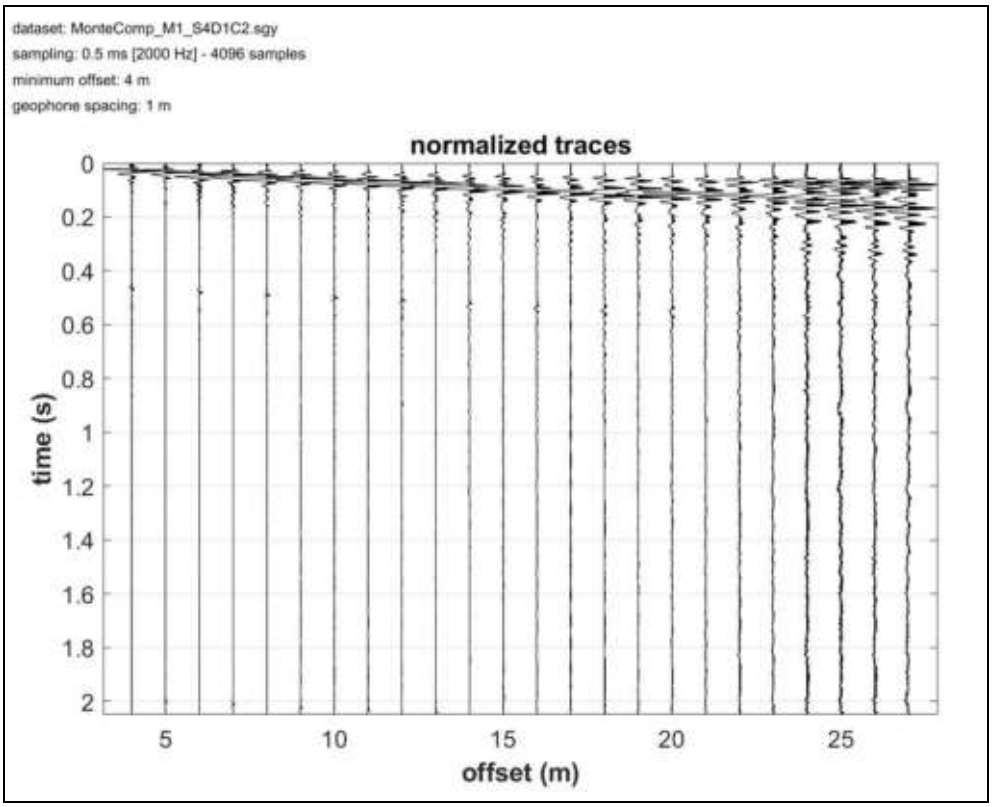


Figura 2 – Sismogramma della MASW1.

Dal sismogramma così ottenuto si è ricavato lo spettro delle velocità (diagramma velocità-frequenza) sul quale si individua la curva di dispersione.

Nelle figure successive si riportano i modelli sismo-stratigrafici calcolati evidenziando il modello “medio” e “migliore” con colori differenti.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

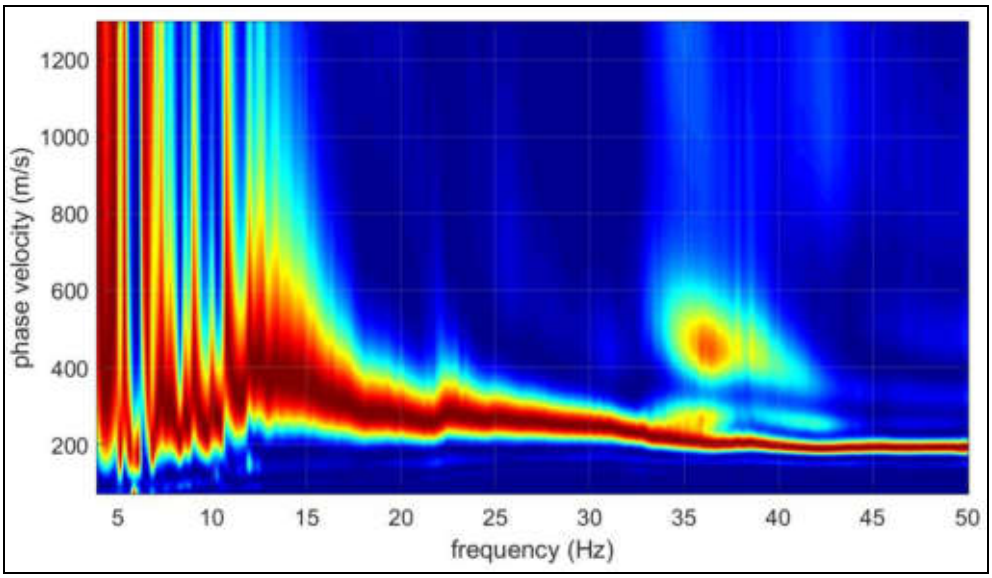


Figura 3 – Spettro di velocità della MASW1.

Risultati della MASW1

Dallo spettro di velocità (figura 3) si osserva che la velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s) -frequenza (Hz) in un intervallo compreso tra 2 Hz e 50 Hz.

La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 200 m/s e 400 m/s (figura 3).

Nella figura n. 4 si riportano i profili delle Vs calcolati.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

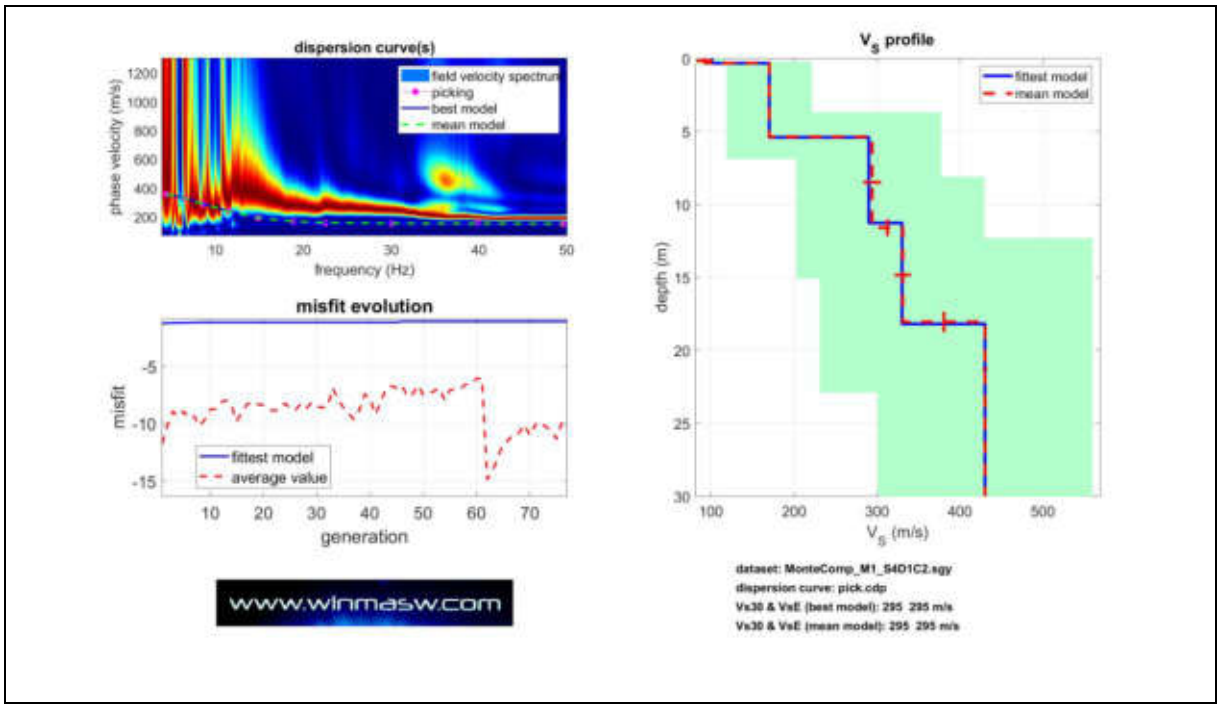


Figura 4 – Modelli di velocità calcolati per la MASW1.

Nella figura successiva si presenta una schematizzazione del profilo sismo-stratigrafico calcolato.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

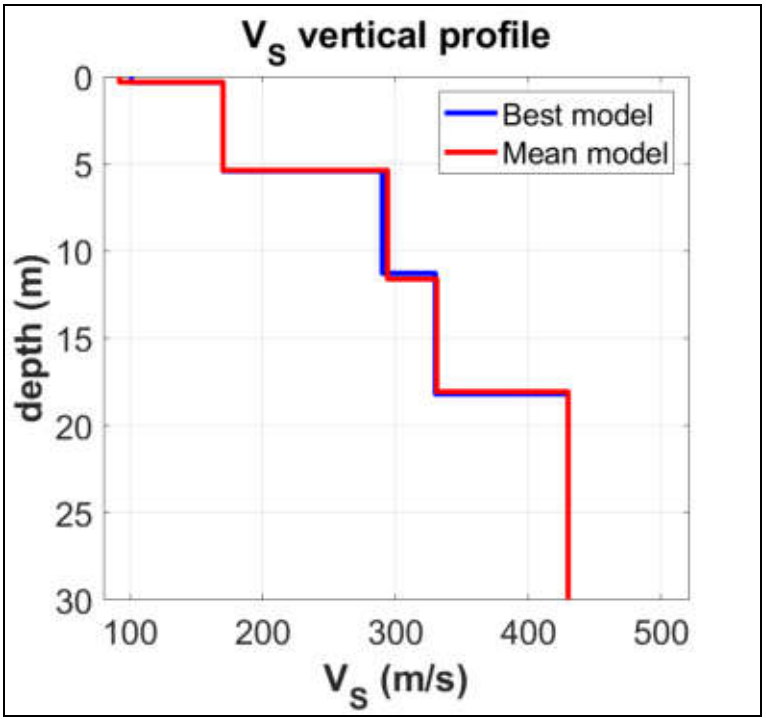


Figura 5 – Modello sismo-stratigrafico della MASW1.

La classificazione del suolo è stata eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità:

Per il caso in esame, utilizzando i valori del modello di velocità relativo alle onde di taglio ed estendendo il semispazio fino alla profondità di 30 metri, risulta che la velocità media è di 295 m/sec corrispondente ad una **categoria di sottosuolo di tipo "C"**.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Elaborazione dei dati della MASW2

Il passo di campionamento con il quale sono stati registrati i sismogrammi è stato pari a 0.125 ms, 2 ms e 0.500 ms ed il sismogramma analizzato è quello con passo campionamento pari a 0.5 ms e offset pari a 4.0 metri di distanza dal primo geofono.

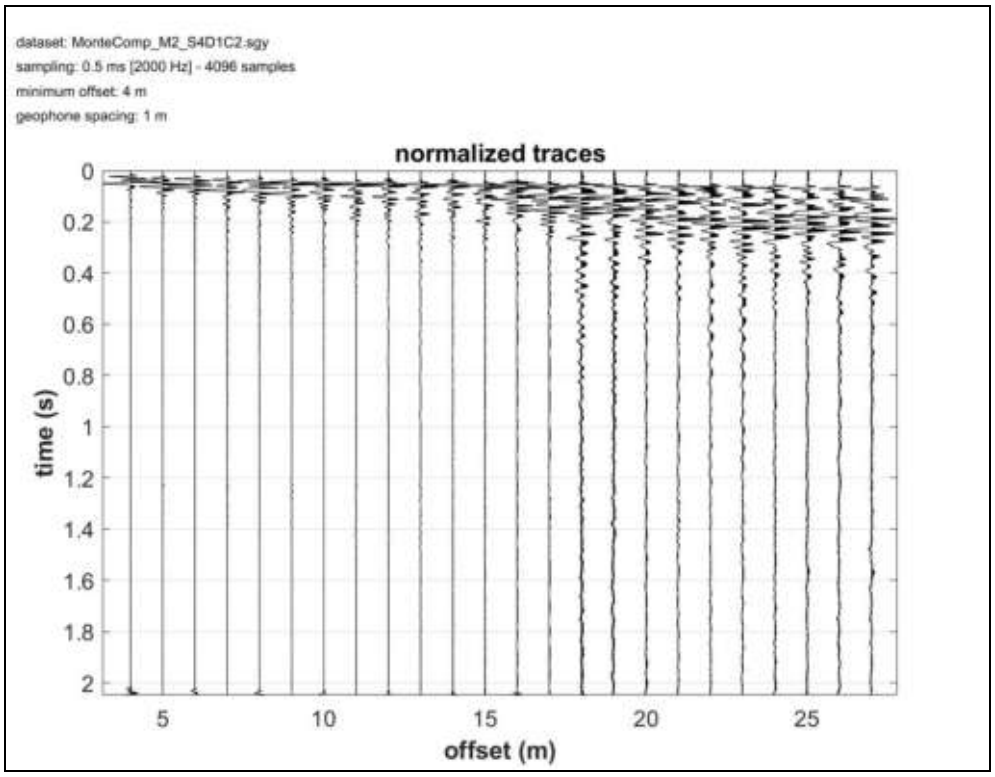


Figura 6 – Sismogramma della MASW2.

Dal sismogramma così ottenuto si è ricavato lo spettro delle velocità (diagramma velocità-frequenza) sul quale si individua la curva di dispersione.

Nelle figure successive si riportano i modelli sismo-stratigrafici calcolati evidenziando il modello “medio” e “migliore” con colori differenti.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

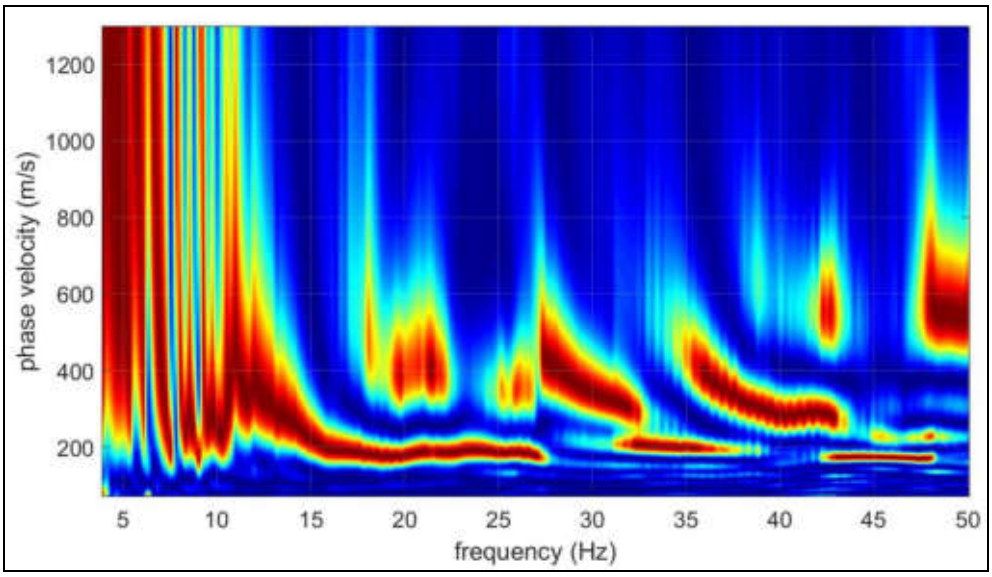


Figura 7 – Spettro di velocità della MASW2.

Risultati della MASW2

Dallo spettro di velocità (figura 7) si osserva che la velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s) -frequenza (Hz) in un intervallo compreso tra 2 Hz e 50 Hz.

La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 150 m/s e 400 m/s (figura 7).

Nella figura n. 8 si riportano i profili delle Vs calcolati.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

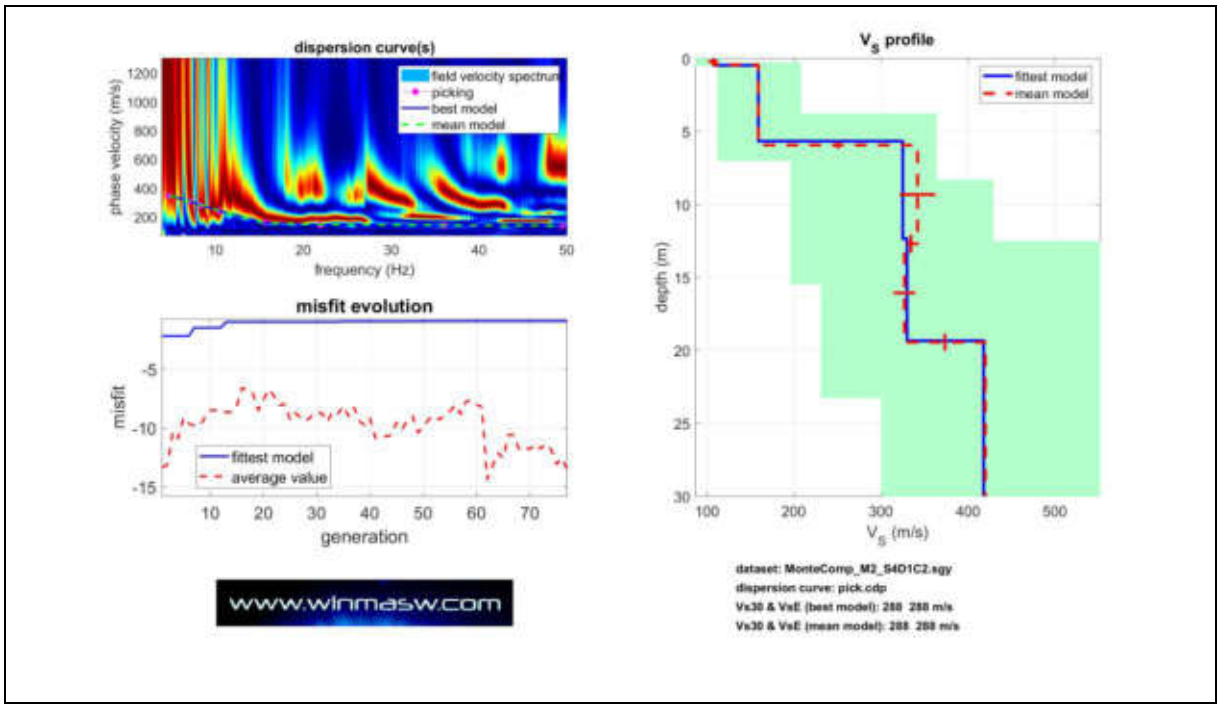


Figura 8 – Modelli di velocità calcolati per la MASW2.

Nella figura successiva si presenta una schematizzazione del profilo sismo-stratigrafico calcolato.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

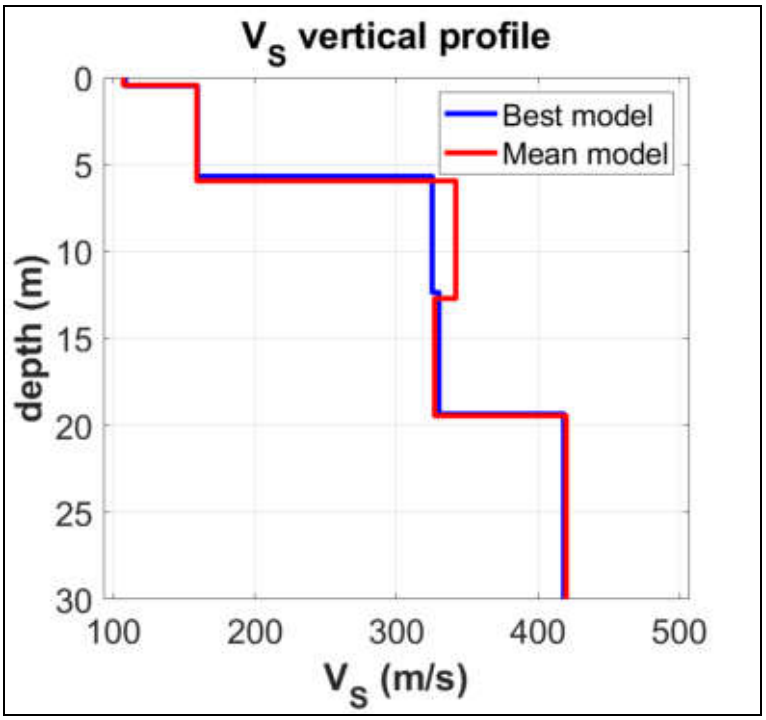


Figura 9 – Modello sismo-stratigrafico della MASW2.

La classificazione del suolo è stata eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità:

Per il caso in esame, utilizzando i valori del modello di velocità relativo alle onde di taglio ed estendendo il semispazio fino alla profondità di 30 metri, risulta che la velocità media è di 288 m/sec corrispondente ad una **categoria di sottosuolo di tipo "C"**.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Elaborazione dei dati della MASW3

Il passo di campionamento con il quale sono stati registrati i sismogrammi è stato pari a 0.125 ms, 2 ms e 0.500 ms ed il sismogramma analizzato è quello con passo campionamento pari a 0.5 ms e offset pari a 4.0 metri di distanza dal primo geofono.

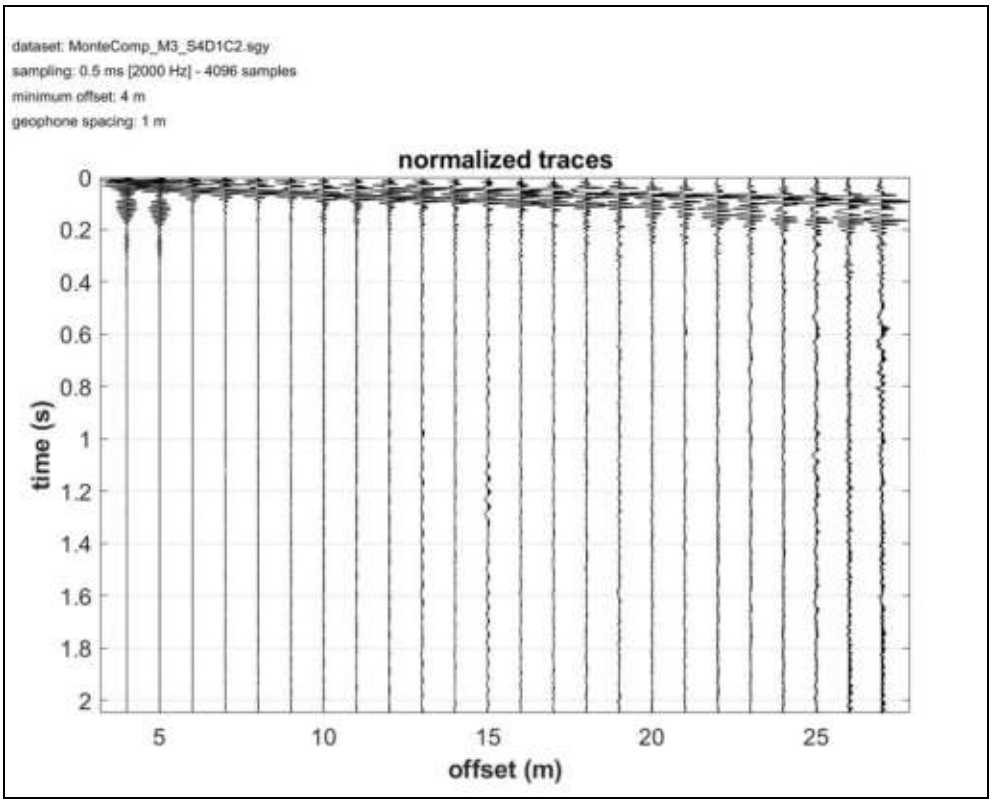


Figura 10 – Sismogramma della MASW3.

Dal sismogramma così ottenuto si è ricavato lo spettro delle velocità (diagramma velocità-frequenza) sul quale si individua la curva di dispersione.

Nelle figure successive si riportano i modelli sismo-stratigrafici calcolati evidenziando il modello “medio” e “migliore” con colori differenti.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

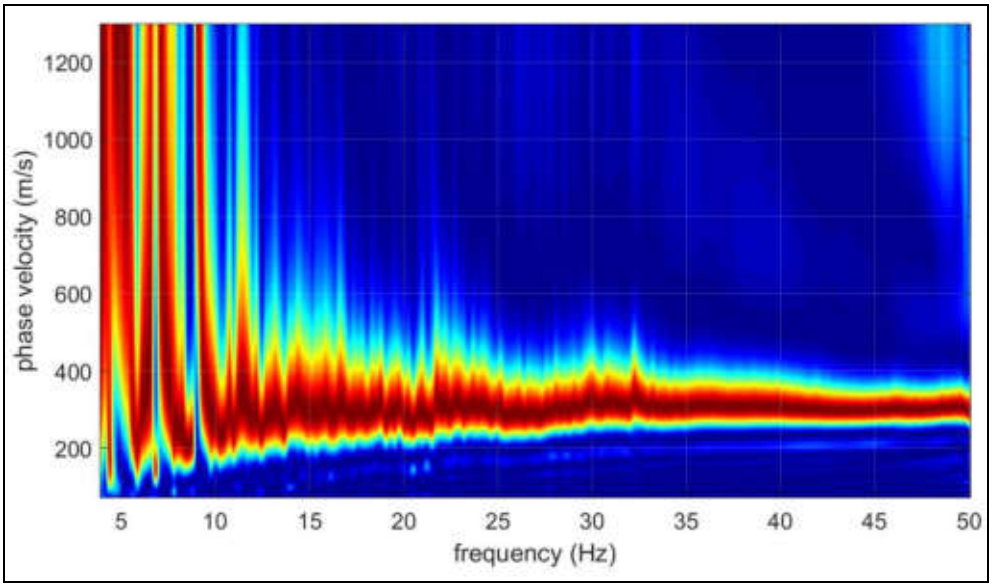


Figura 11 – Spettro di velocità della MASW3.

Risultati della MASW3

Dallo spettro di velocità (figura 11) si osserva che la velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s) -frequenza (Hz) in un intervallo compreso tra 2 Hz e 50 Hz.

La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 300 m/s e 500 m/s (figura 11).

Nella figura n. 12 si riportano i profili delle Vs calcolati.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

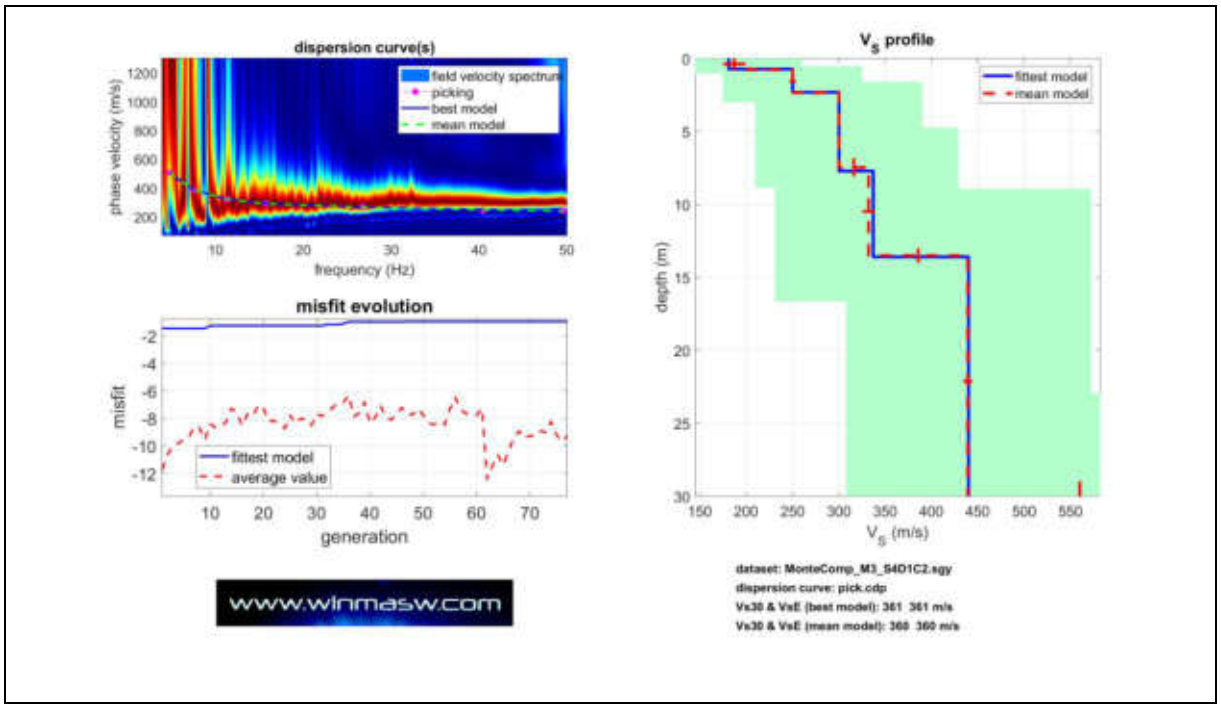


Figura 12 – Modelli di velocità calcolati per la MASW3.

Nella figura successiva si presenta una schematizzazione del profilo sismo-stratigrafico calcolato.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

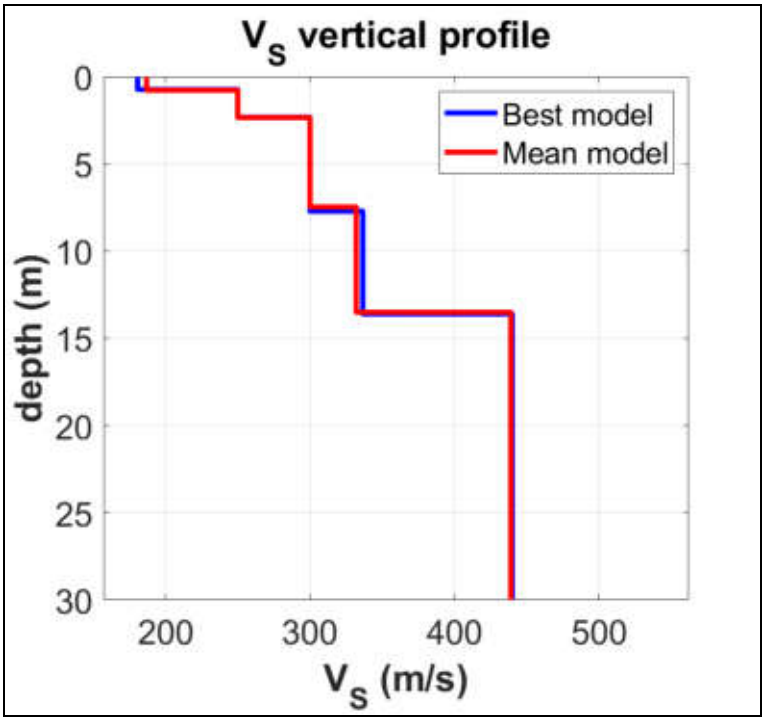


Figura 13 – Modello sismo-stratigrafico della MASW3.

La classificazione del suolo è stata eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità:

Per il caso in esame, utilizzando i valori del modello di velocità relativo alle onde di taglio ed estendendo il semispazio fino alla profondità di 30 metri, risulta che la velocità media è di 360 m/sec corrispondente ad una **categoria di sottosuolo di tipo "B"**.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Elaborazione dei dati della MASW4

Il passo di campionamento con il quale sono stati registrati i sismogrammi è stato pari a 0.125 ms, 2 ms e 0.500 ms ed il sismogramma analizzato è quello con passo campionamento pari a 1.0 ms e offset pari a 4.0 metri di distanza dal primo geofono.

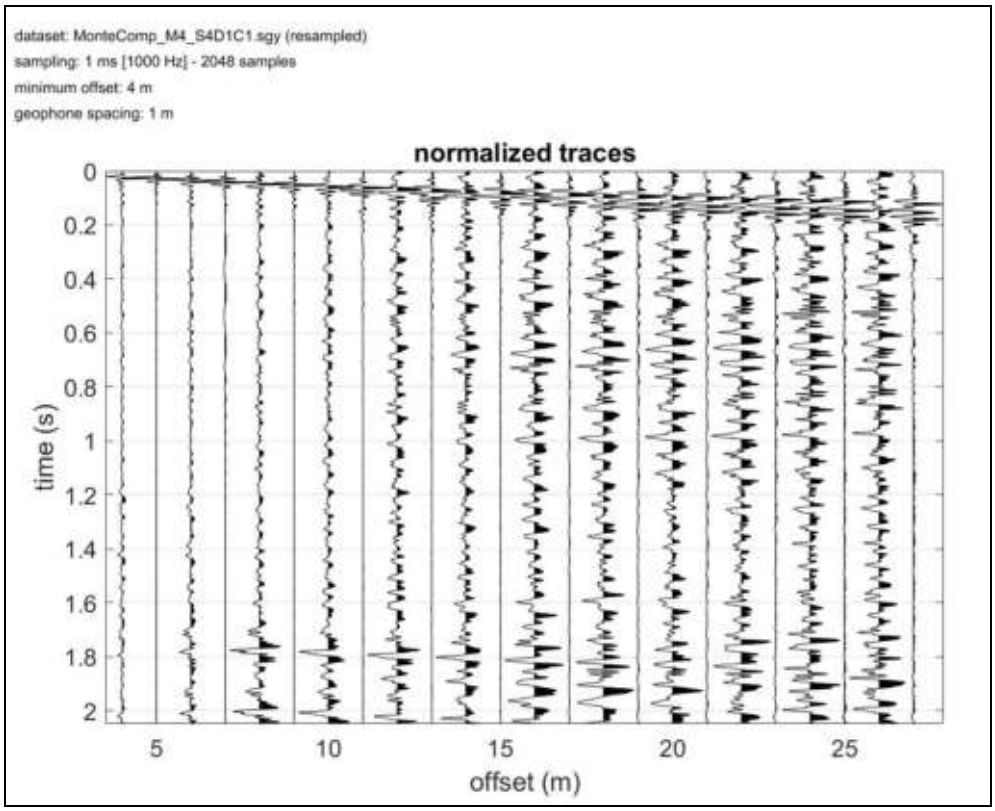


Figura 14 – Sismogramma della MASW4.

Dal sismogramma così ottenuto si è ricavato lo spettro delle velocità (diagramma velocità-frequenza) sul quale si individua la curva di dispersione.

Nelle figure successive si riportano i modelli sismo-stratigrafici calcolati evidenziando il modello “medio” e “migliore” con colori differenti.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

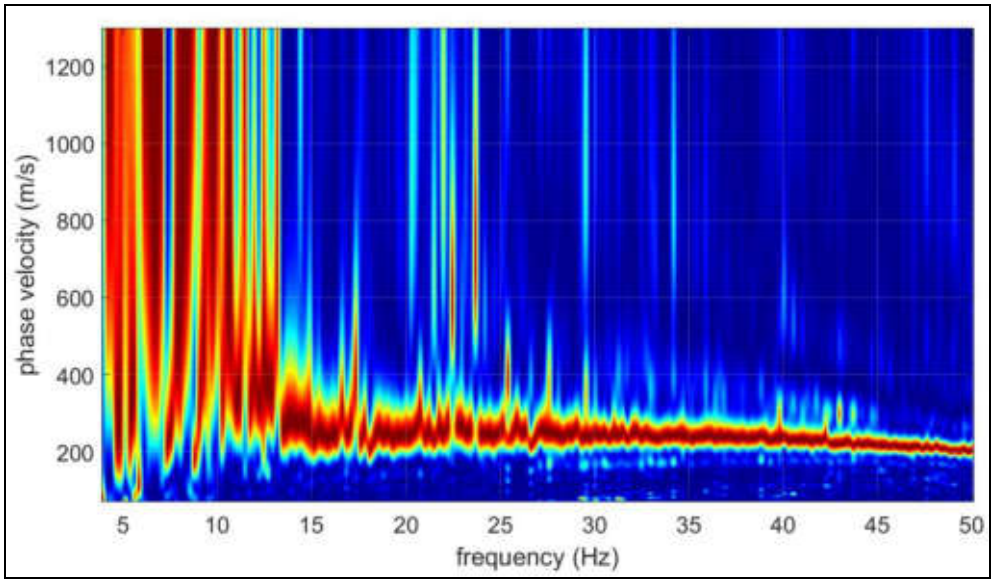


Figura 15 – Spettro di velocità della MASW4.

Risultati della MASW4

Dallo spettro di velocità (figura 15) si osserva che la velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s) -frequenza (Hz) in un intervallo compreso tra 2 Hz e 50 Hz.

La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 200 m/s e 400 m/s (figura 15).

Nella figura n. 16 si riportano i profili delle Vs calcolati.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

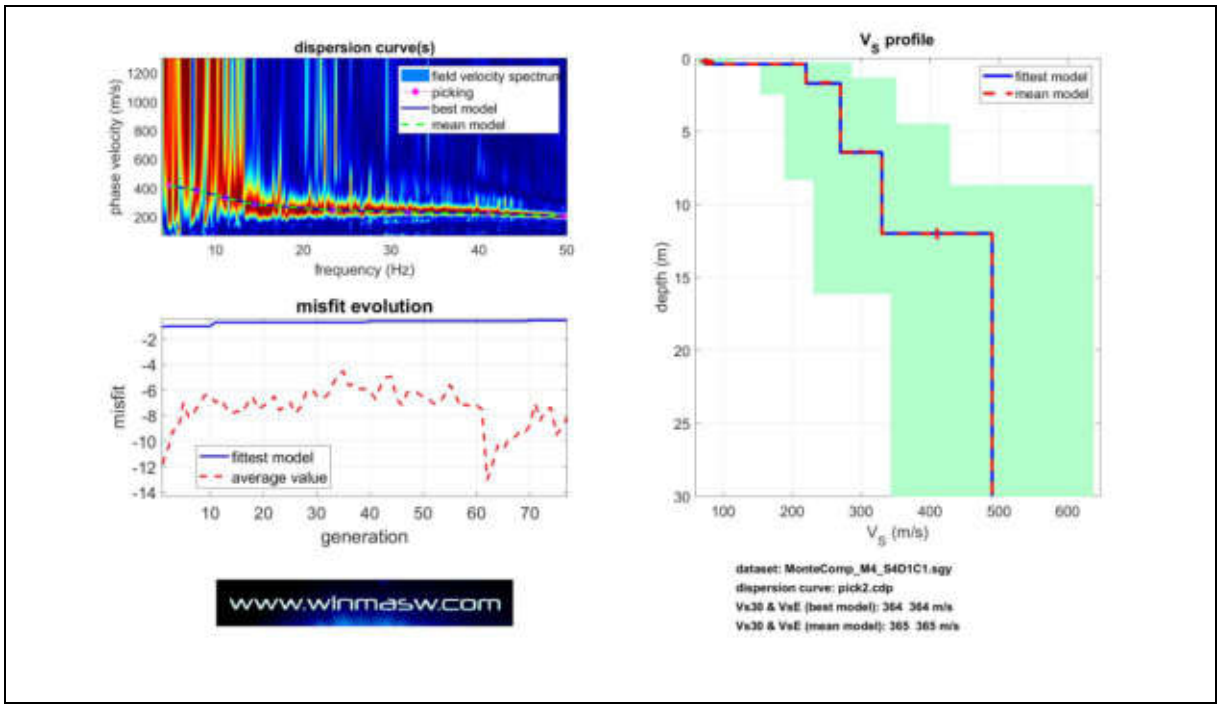


Figura 16 – Modelli di velocità calcolati per la MASW4.

Nella figura successiva si presenta una schematizzazione del profilo sismo-stratigrafico calcolato.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

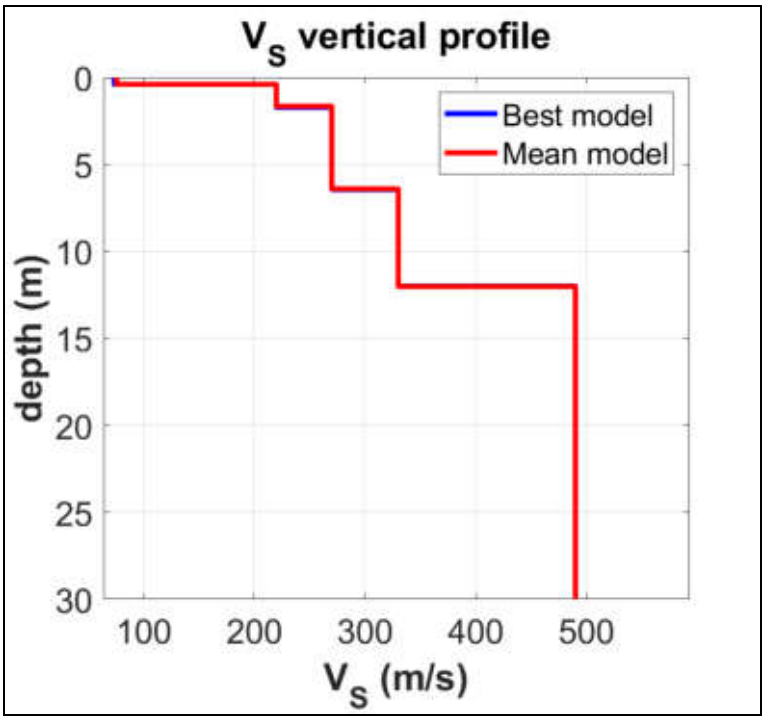


Figura 17 – Modello sismo-stratigrafico della MASW4.

La classificazione del suolo è stata eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità:

Per il caso in esame, utilizzando i valori del modello di velocità relativo alle onde di taglio ed estendendo il semispazio fino alla profondità di 30 metri, risulta che la velocità media è di 365 m/sec corrispondente ad una **categoria di sottosuolo di tipo "B"**.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Elaborazione dei dati della MASW5

Il passo di campionamento con il quale sono stati registrati i sismogrammi è stato pari a 0.125 ms, 2 ms e 0.500 ms ed il sismogramma analizzato è quello con passo campionamento pari a 0.5 ms e offset pari a 4.0 metri di distanza dal primo geofono.

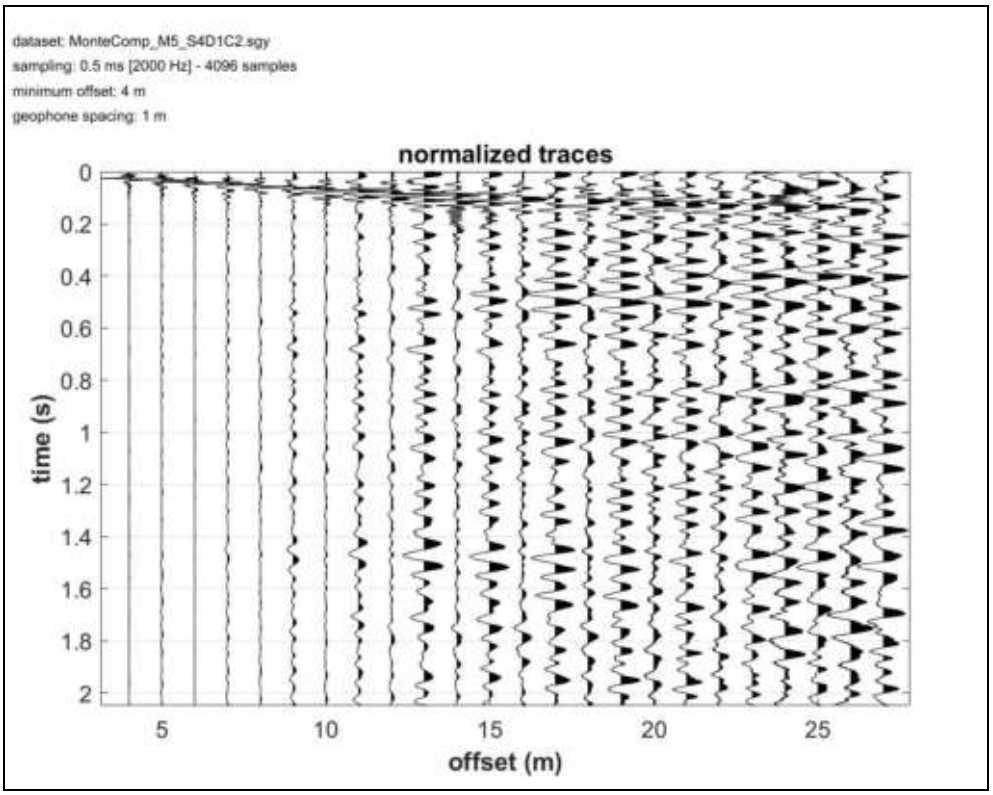


Figura 18 – Sismogramma della MASW5.

Dal sismogramma così ottenuto si è ricavato lo spettro delle velocità (diagramma velocità-frequenza) sul quale si individua la curva di dispersione.

Nelle figure successive si riportano i modelli sismo-stratigrafici calcolati evidenziando il modello “medio” e “migliore” con colori differenti.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

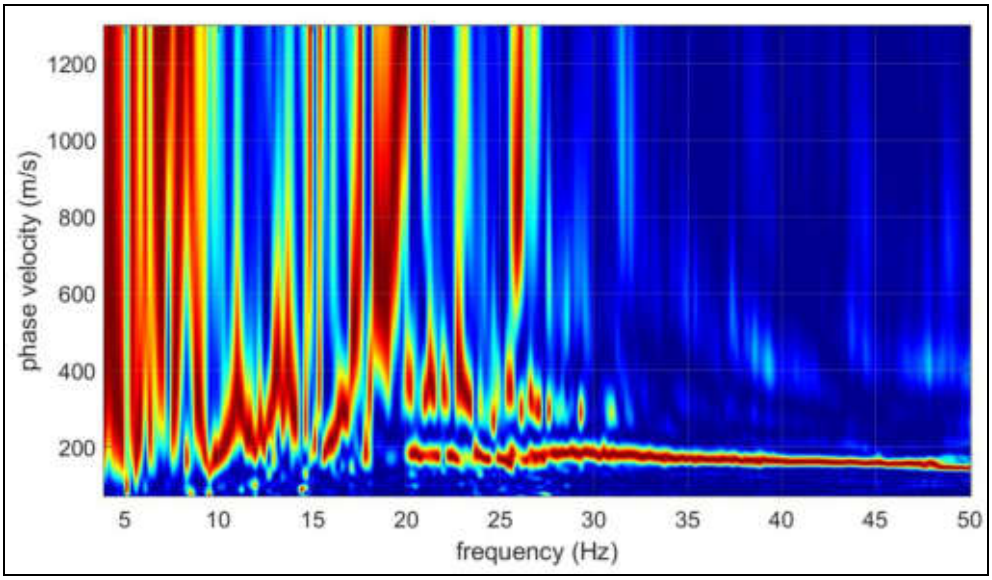


Figura 19 – Spettro di velocità della MASW5.

Risultati della MASW5

Dallo spettro di velocità (figura 19) si osserva che la velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s) -frequenza (Hz) in un intervallo compreso tra 2 Hz e 50 Hz.

La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 200 m/s e 400 m/s (figura 19).

Nella figura n. 20 si riportano i profili delle Vs calcolati.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

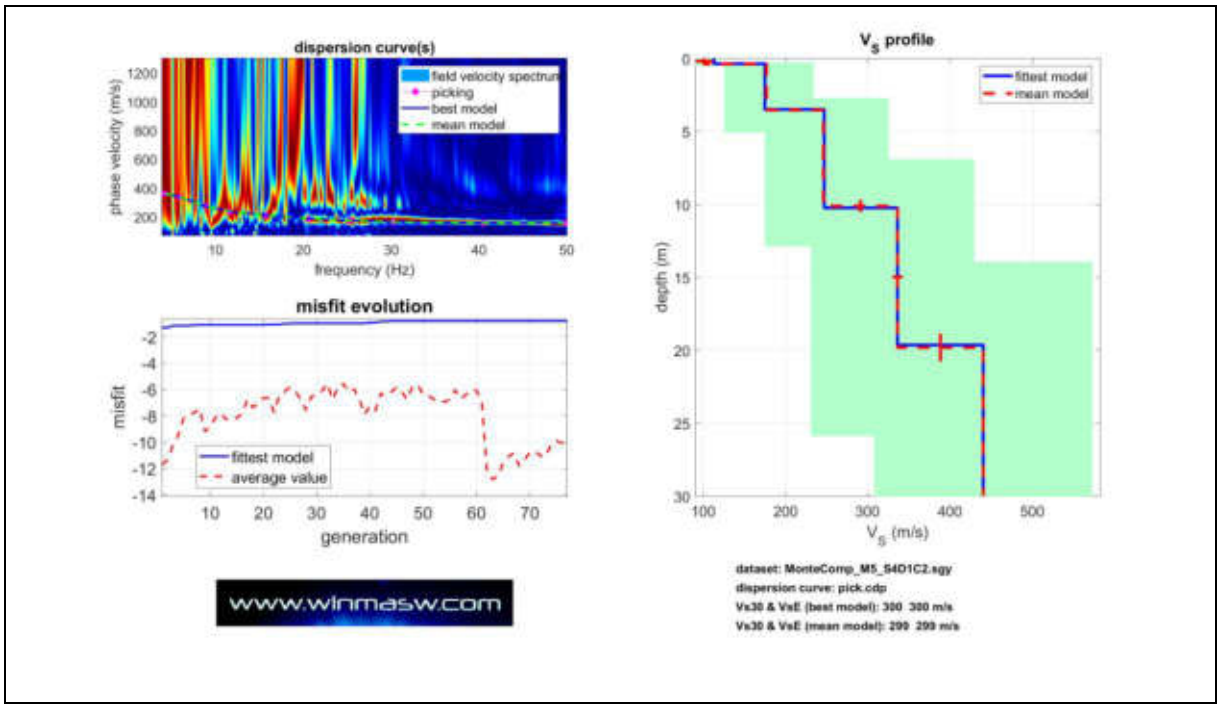


Figura 20 – Modelli di velocità calcolati per la MASW5.

Nella figura successiva si presenta una schematizzazione del profilo sismo-stratigrafico calcolato.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

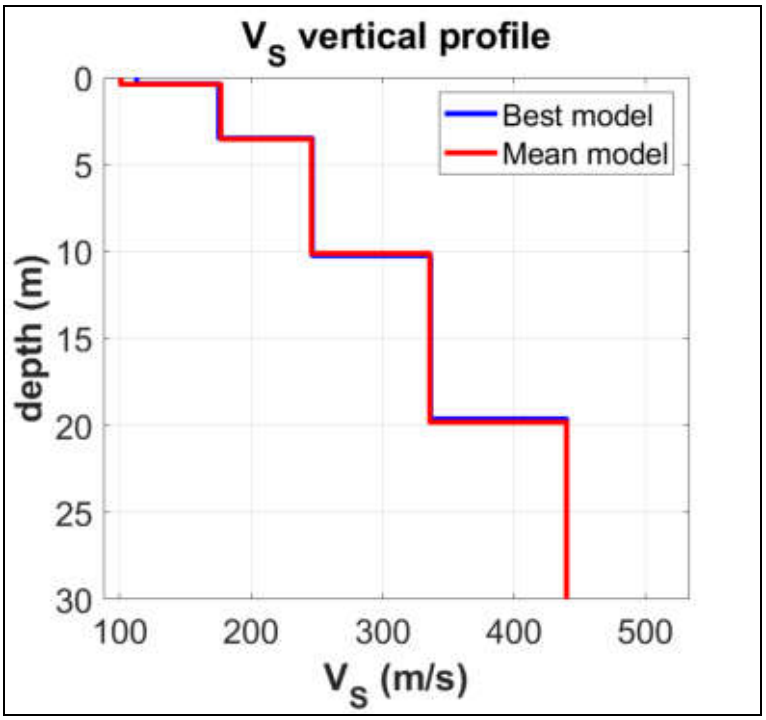


Figura 21 – Modello sismo-stratigrafico della MASW5.

La classificazione del suolo è stata eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità:

Per il caso in esame, utilizzando i valori del modello di velocità relativo alle onde di taglio ed estendendo il semispazio fino alla profondità di 30 metri, risulta che la velocità media è di 299 m/sec corrispondente ad una **categoria di sottosuolo di tipo "C"**.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Elaborazione dei dati della MASW6

Il passo di campionamento con il quale sono stati registrati i sismogrammi è stato pari a 0.125 ms, 2 ms e 0.500 ms ed il sismogramma analizzato è quello con passo campionamento pari a 0.5 ms e offset pari a 4.0 metri di distanza dal primo geofono.

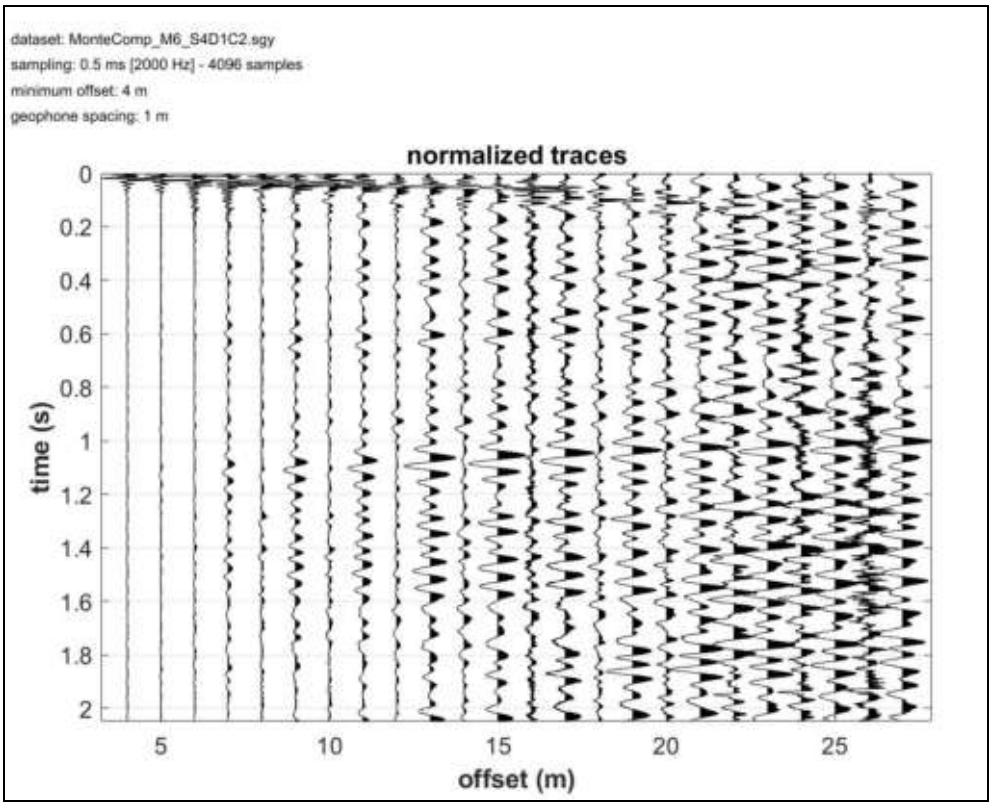


Figura 22 – Sismogramma della MASW6.

Dal sismogramma così ottenuto si è ricavato lo spettro delle velocità (diagramma velocità-frequenza) sul quale si individua la curva di dispersione.

Nelle figure successive si riportano i modelli sismo-stratigrafici calcolati evidenziando il modello “medio” e “migliore” con colori differenti.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

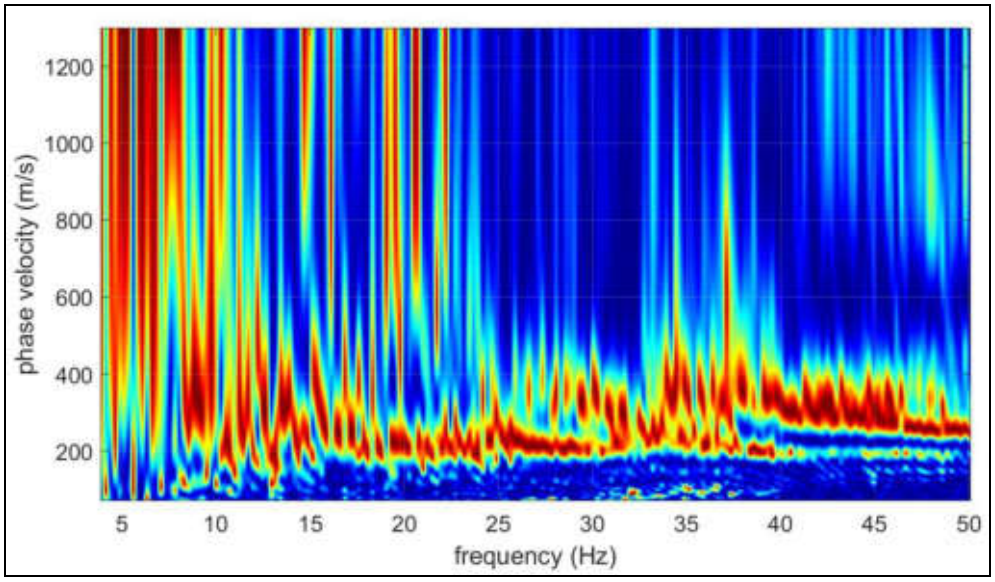


Figura 23 – Spettro di velocità della MASW6.

Risultati della MASW6

Dallo spettro di velocità (figura 23) si osserva che la velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s) -frequenza (Hz) in un intervallo compreso tra 2 Hz e 50 Hz.

La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 200 m/s e 400 m/s (figura 23).

Nella figura n. 24 si riportano i profili delle Vs calcolati.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

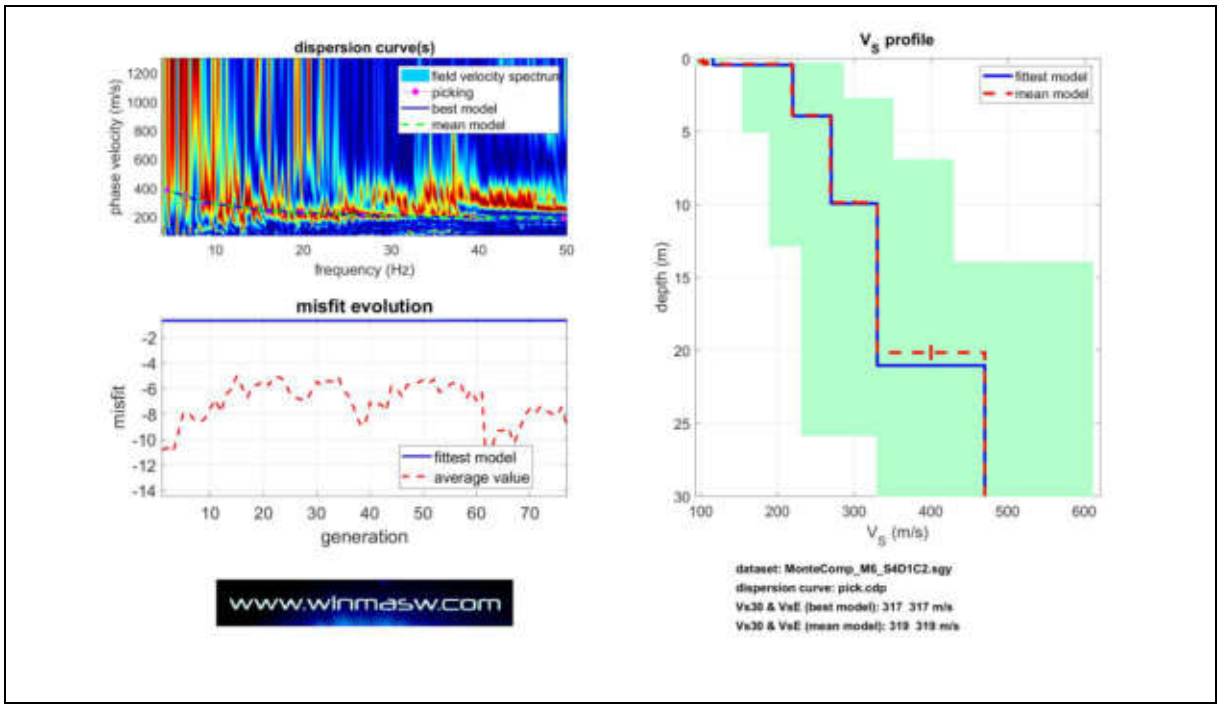


Figura 24 – Modelli di velocità calcolati per la MASW6.

Nella figura successiva si presenta una schematizzazione del profilo sismo-stratigrafico calcolato.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

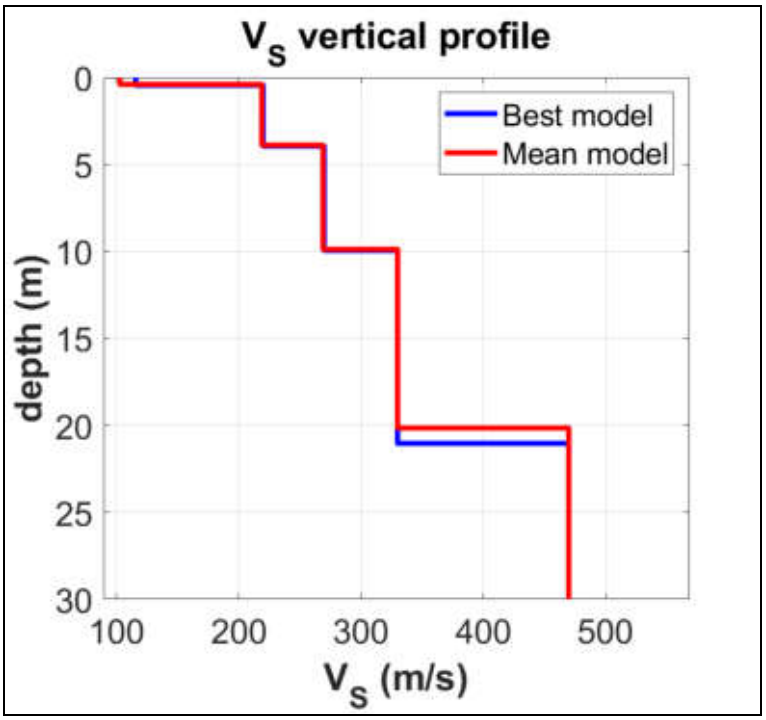


Figura 25 – Modello sismo-stratigrafico della MASW6.

La classificazione del suolo è stata eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità:

Per il caso in esame, utilizzando i valori del modello di velocità relativo alle onde di taglio ed estendendo il semispazio fino alla profondità di 30 metri, risulta che la velocità media è di 319 m/sec corrispondente ad una **categoria di sottosuolo di tipo "C"**.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Elaborazione dei dati della MASW7

Il passo di campionamento con il quale sono stati registrati i sismogrammi è stato pari a 0.125 ms, 2 ms e 0.500 ms ed il sismogramma analizzato è quello con passo campionamento pari a 0.25 ms e offset pari a 4.0 metri di distanza dal primo geofono.

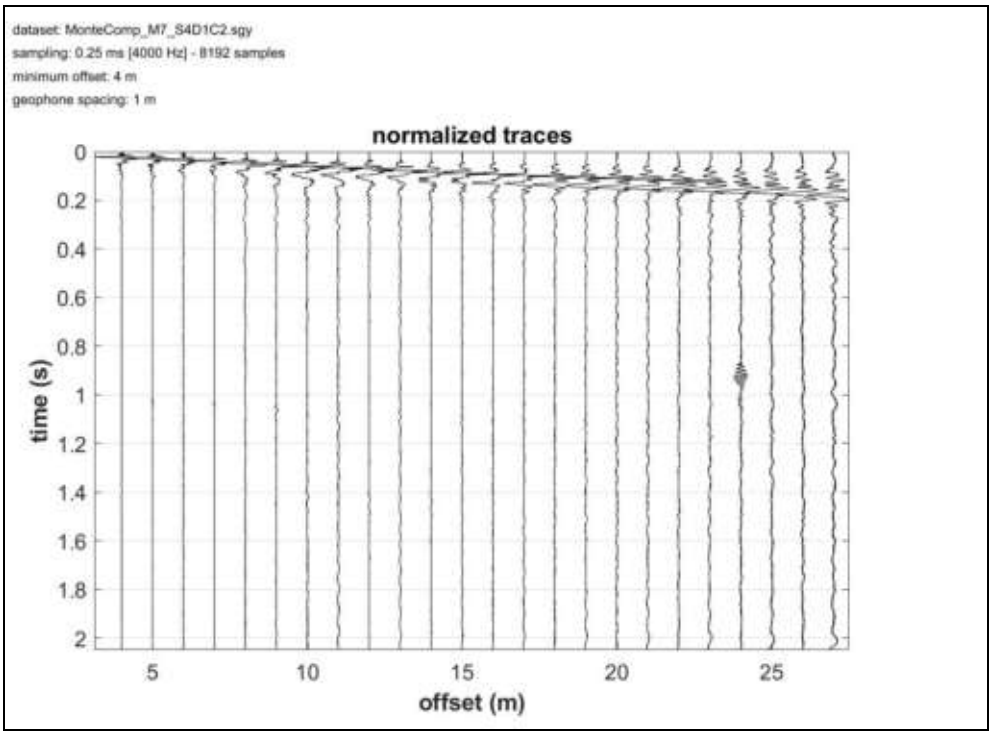


Figura 26 – Sismogramma della MASW7.

Dal sismogramma così ottenuto si è ricavato lo spettro delle velocità (diagramma velocità-frequenza) sul quale si individua la curva di dispersione.

Nelle figure successive si riportano i modelli sismo-stratigrafici calcolati evidenziando il modello “medio” e “migliore” con colori differenti.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

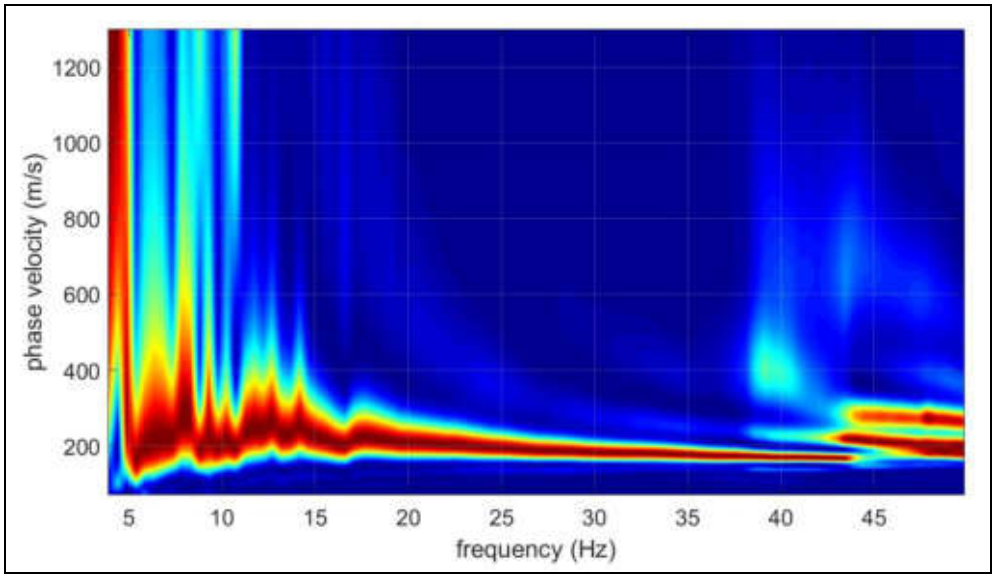


Figura 27 – Spettro di velocità della MASW7.

Risultati della MASW7

Dallo spettro di velocità (figura 27) si osserva che la velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s) -frequenza (Hz) in un intervallo compreso tra 2 Hz e 50 Hz.

La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 200 m/s e 400 m/s (figura 27).

Nella figura n. 28 si riportano i profili delle Vs calcolati.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

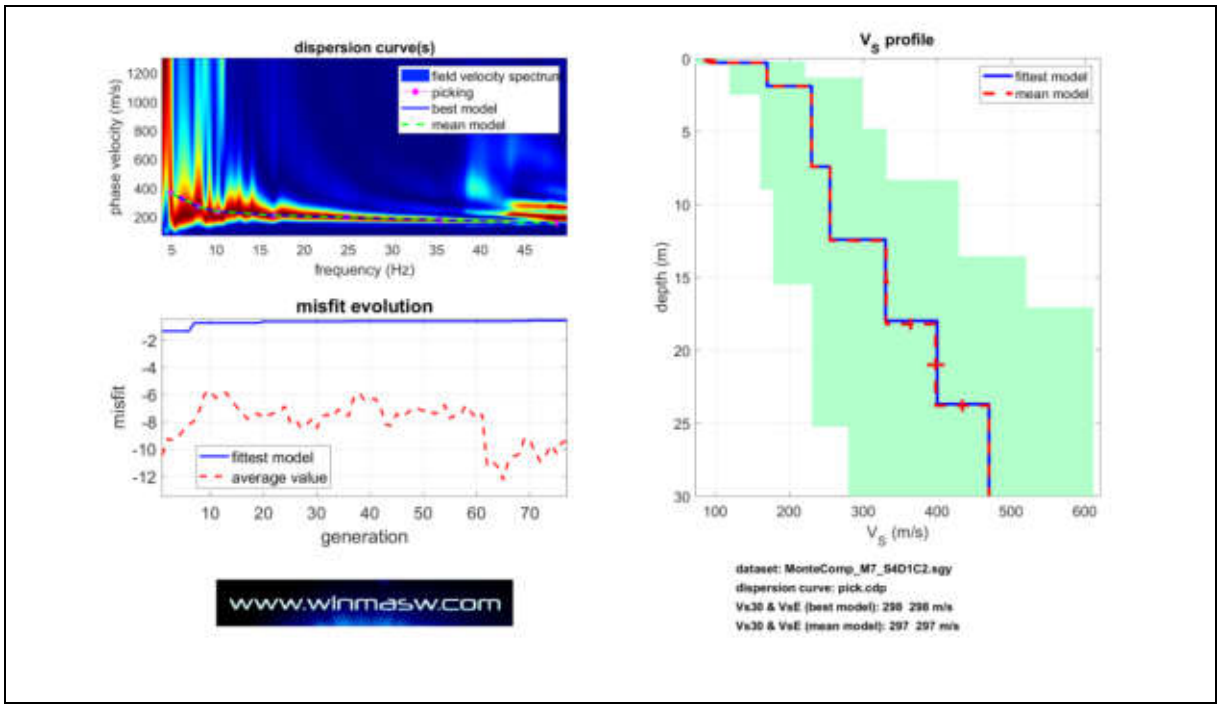


Figura 28 – Modelli di velocità calcolati per la MASW7.

Nella figura successiva si presenta una schematizzazione del profilo sismo-stratigrafico calcolato.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

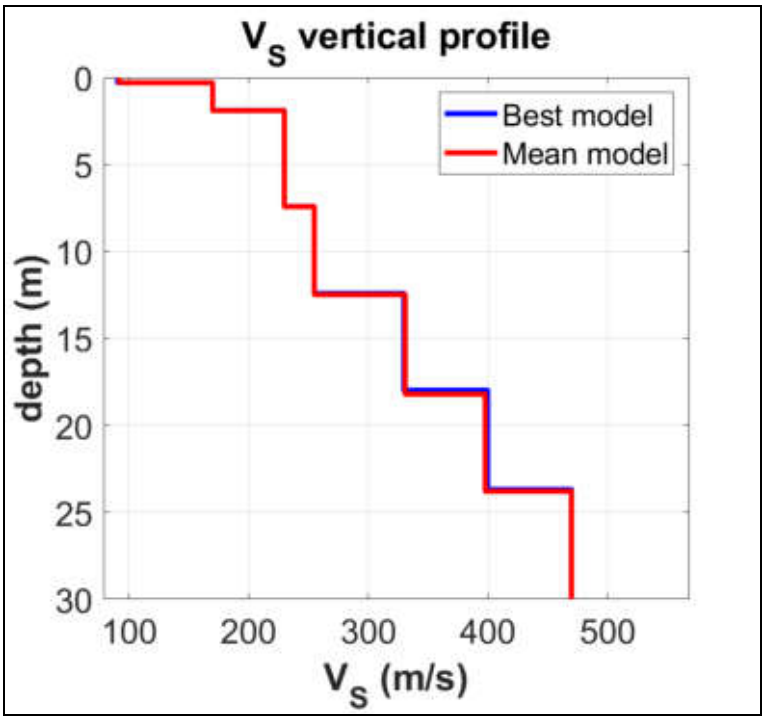


Figura 29 – Modello sismo-stratigrafico della MASW7.

La classificazione del suolo è stata eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità:

Per il caso in esame, utilizzando i valori del modello di velocità relativo alle onde di taglio ed estendendo il semispazio fino alla profondità di 30 metri, risulta che la velocità media è di 297 m/sec corrispondente ad una **categoria di sottosuolo di tipo "C"**.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

3.2.2. Misure di microtremore HVSR

Descrizione del metodo

Il rumore sismico, generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terreste, si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro.

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S.

In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossime a quella delle onde S, il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione dalla velocità di queste ultime.

La tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso, è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970).

La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo (Field e Jacob, 1993; Lachet e Bard, 1994; Lermo e Chavez-Garcia, 1993, 1994; Bard, 1998; Ibs-von Seht e Wohlenberg, 1999; Fah et al., 2001).

Sono state interpretate n. 4 registrazioni del rumore di fondo per un tempo di 16 minuti.

Lo scopo di questa indagine è quello di verificare attraverso il metodo di Nakamura, l'eventuale presenza di eventuali contrasti di impedenza fra gli strati sismici investigati.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Risultati dell'analisi H/V

Per le misure H/V (misure di microtremori a stazione singola) è stato utilizzato un tromografo ®Tromino (Micromed), strumento digitale dotato di tre sensori elettrodinamici (geofoni o velocimetri), solidali al case metallico, orientati secondo una terna cartesiana.

La frequenza di campionamento è stata di 128 Hz, con tempo di acquisizione pari a 16 minuti.

Sono state analizzate n. 4 registrazioni del rumore di fondo, come risulta dalle "carte ubicazione delle indagini", in allegato.

L'elaborazione della misura H/V è consistita in un lavoro di pulizia del dato, allo scopo di eliminare segnali transienti e poter quindi procedere al calcolo degli spettri delle componenti orizzontali (H) e verticali (V), successivamente sintetizzate nel rapporto spettrale H/V (in allegato).

Seguono i rapporti delle registrazioni eseguite.

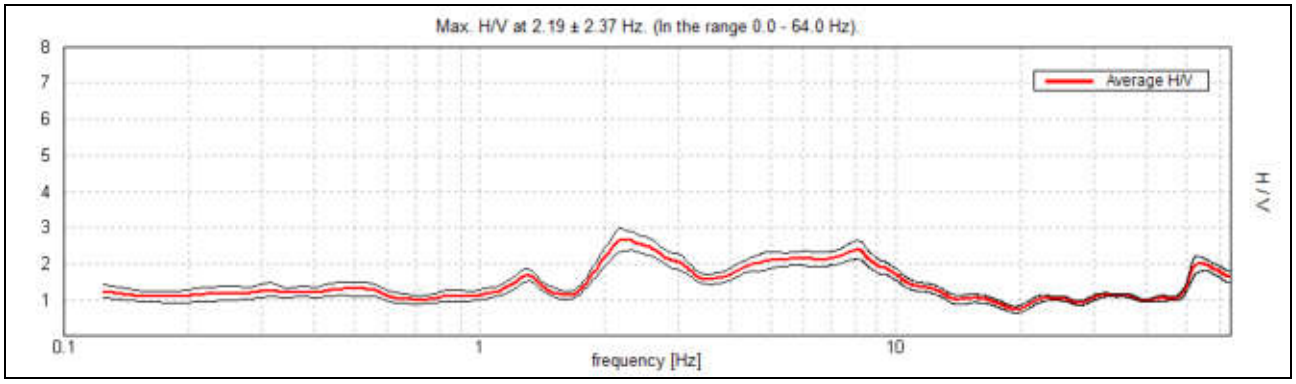
Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

ACEA_MONTECOMPATRI_1, COLO1 R1

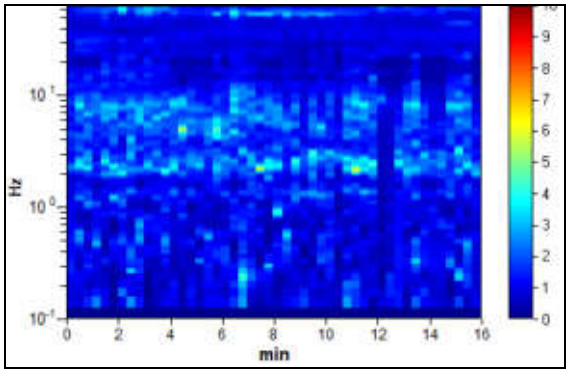
Strumento: TRZ-0142/01-11
Formato dati: 16 bit
Fondo scala [mV]: 51
Inizio registrazione: 25/03/2026 10:52:22 Fine registrazione: 25/03/2026 11:08:22
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

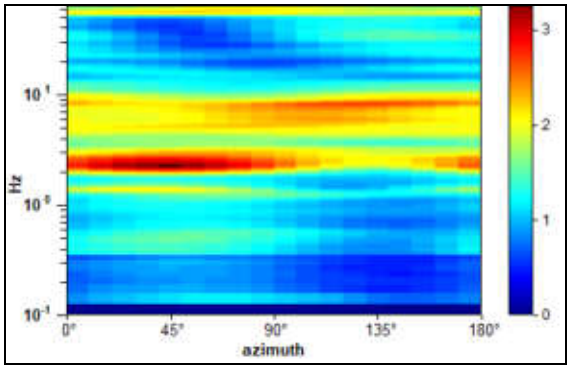
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



SERIE TEMPORALE H/V

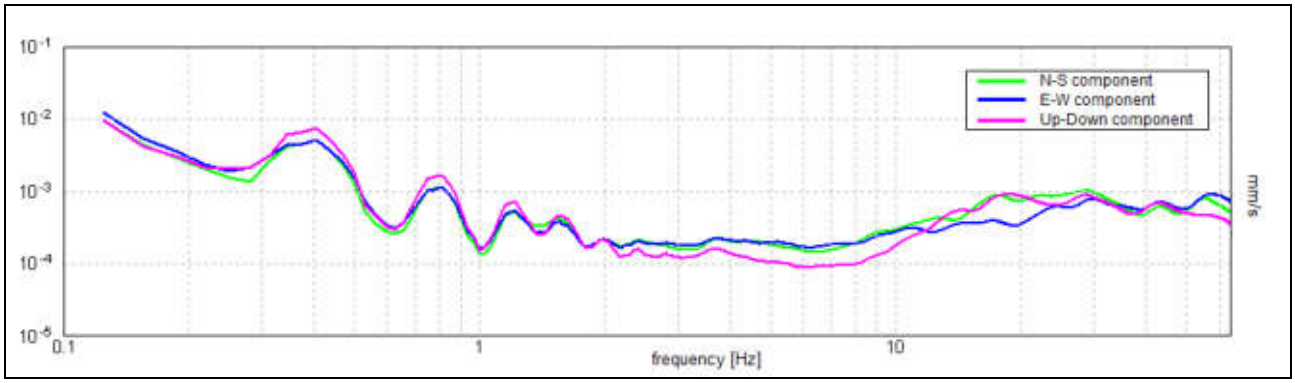


DIREZIONALITA' H/V

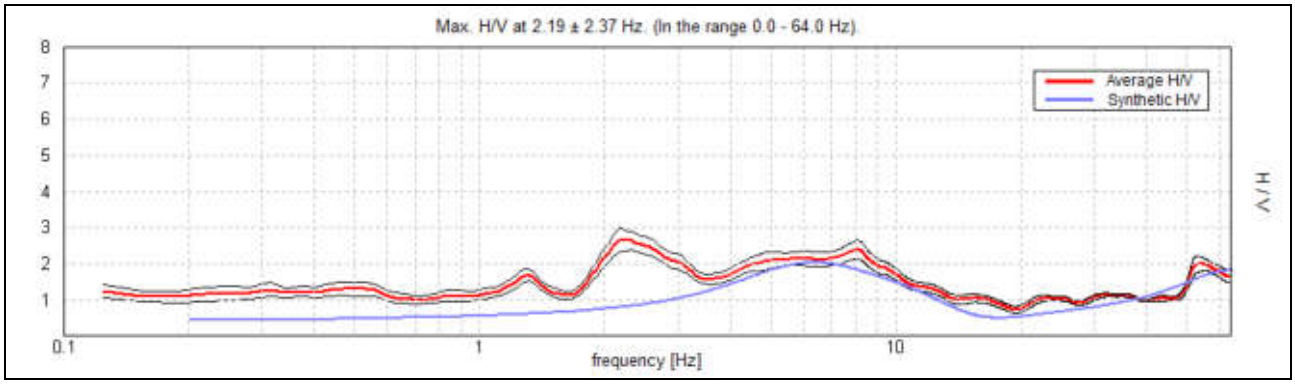


Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



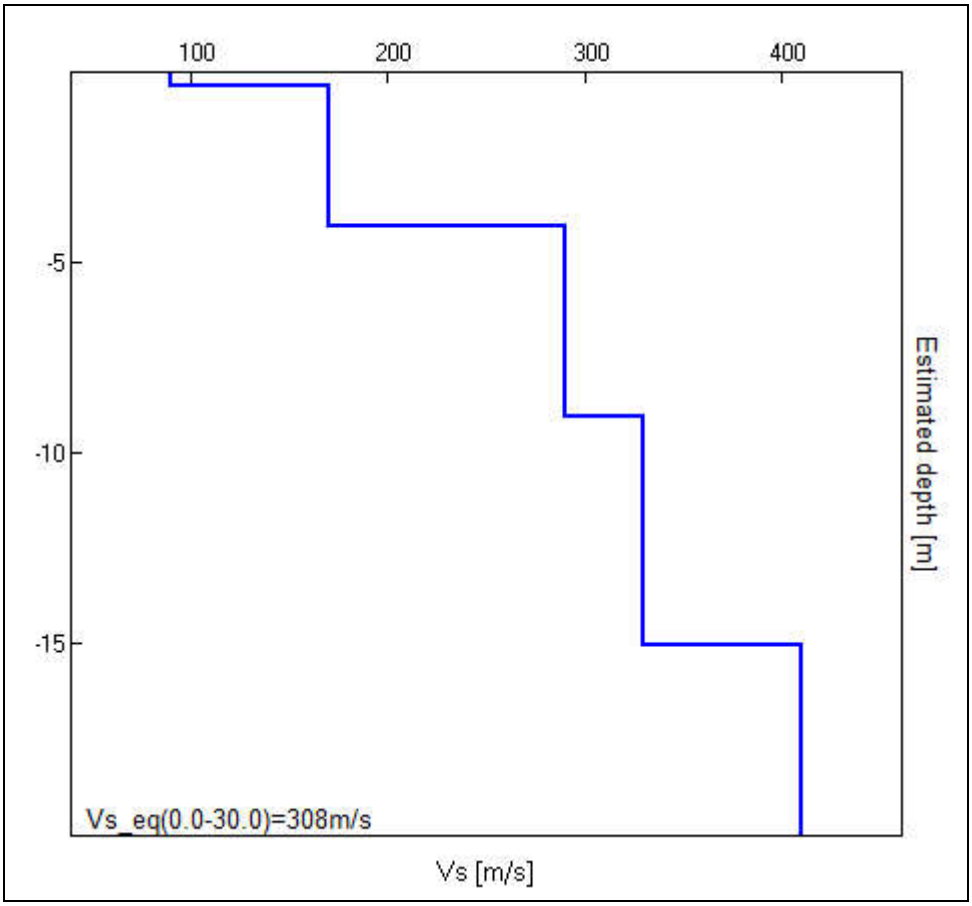
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.33	0.33	90	0.42
4.03	3.70	170	0.42
9.03	5.00	290	0.42
15.03	6.00	330	0.42
inf.	inf.	410	0.42

Vs_eq(0.0-30.0) = 308 m/s

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it



Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di** *Grilla* **prima di interpretare la tabella seguente**].

Picco H/V a 2.19 ± 2.37 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	2.19 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	2100.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz**	Superato 0 volte su 106	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.75 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.66 > 2	OK	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|1.08279| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	2.36859 < 0.10938		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3192 < 1.58	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{logH/V}(f)$	deviazione standard della funzione log $A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [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
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

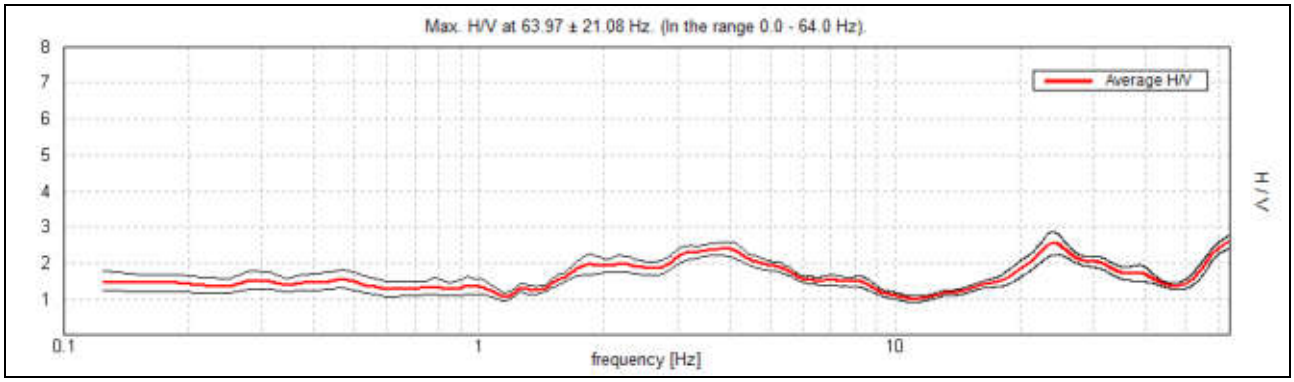
Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

ACEA_MONTECOMPATRI_2, COMP2 R1

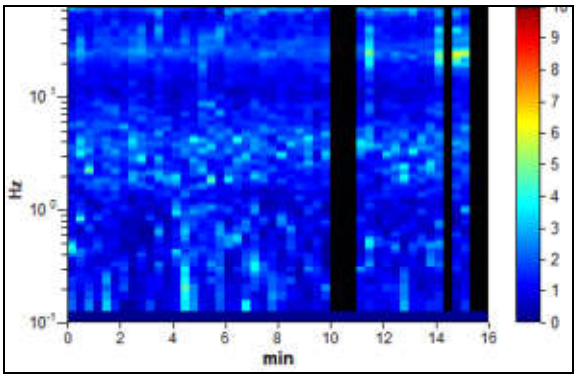
Strumento: TRZ-0142/01-11
Formato dati: 16 bit
Fondo scala [mV]: 51
Inizio registrazione: 25/03/2026 14:12:16 Fine registrazione: 25/03/2026 14:28:16
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00". Analizzato 88% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

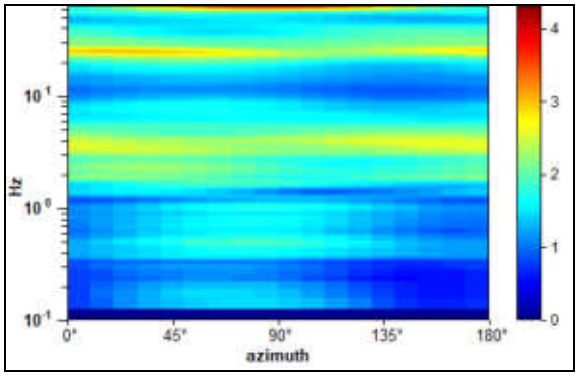
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



SERIE TEMPORALE H/V

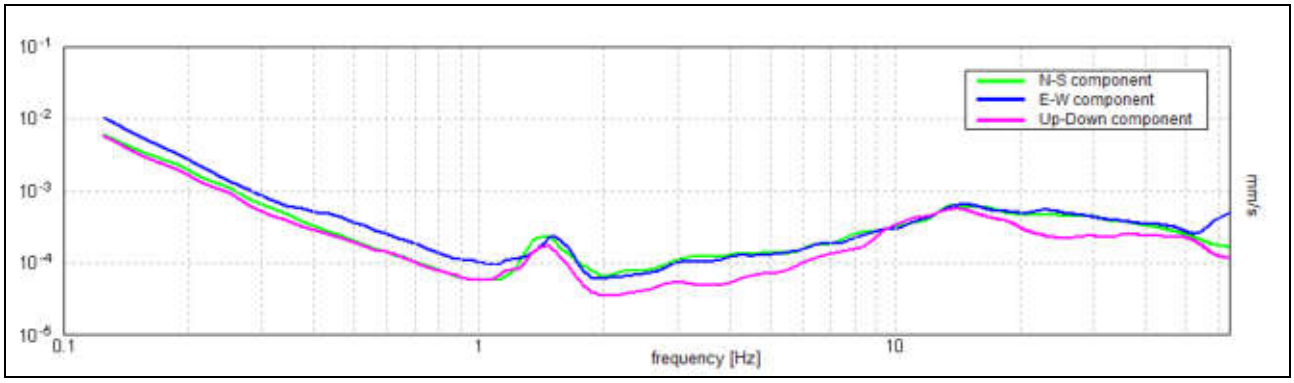


DIREZIONALITA' H/V

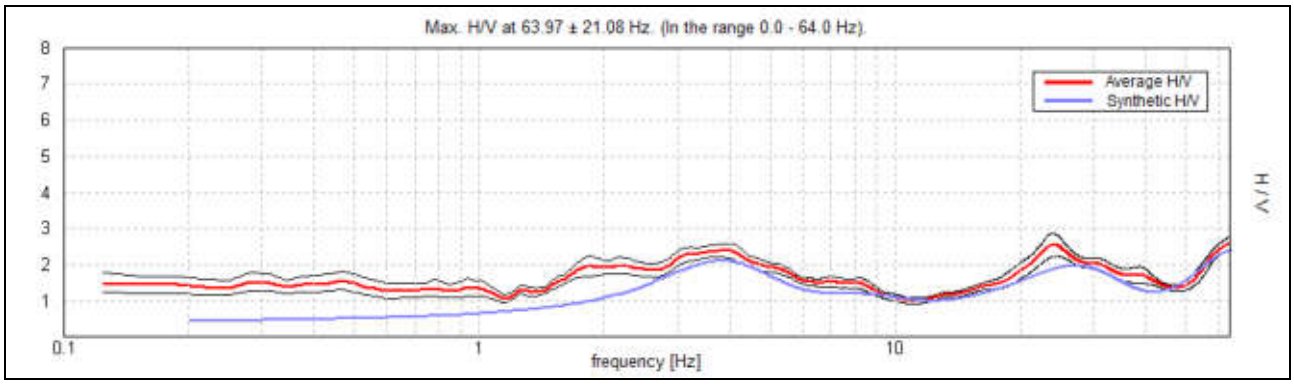


Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

SINGLE COMPONENT SPECTRA



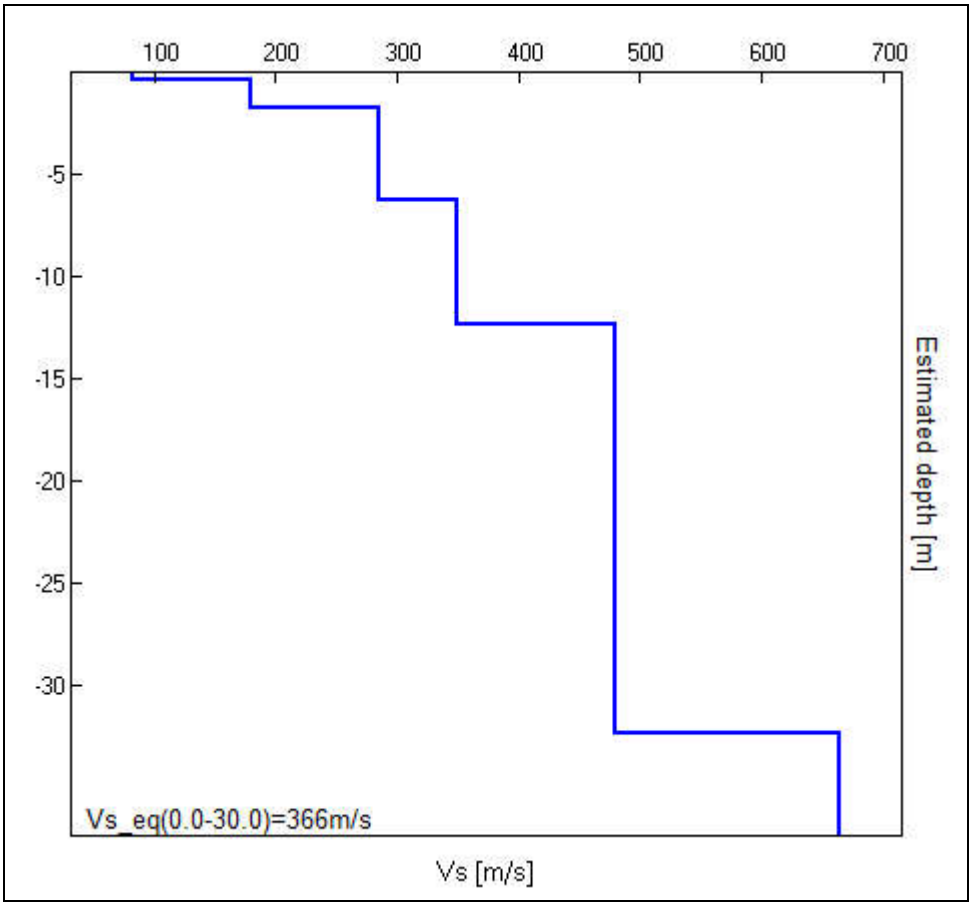
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.33	0.33	82	0.42
1.78	1.45	180	0.42
6.28	4.50	285	0.42
12.28	6.00	350	0.42
32.28	20.00	480	0.42
inf.	inf.	665	0.42

Vs_eq(0.0-30.0) = 366 m/s

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it



Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di** *Grilla* **prima di interpretare la tabella seguente**].

Picco H/V a 63.97 ± 21.08 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	63.97 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	53733.8 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz	Superato 0 volte su 1026	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.60 > 2	OK	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.32955| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	21.08066 < 3.19844		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1898 < 1.58	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{logH/V}(f)$	deviazione standard della funzione log $A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [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
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

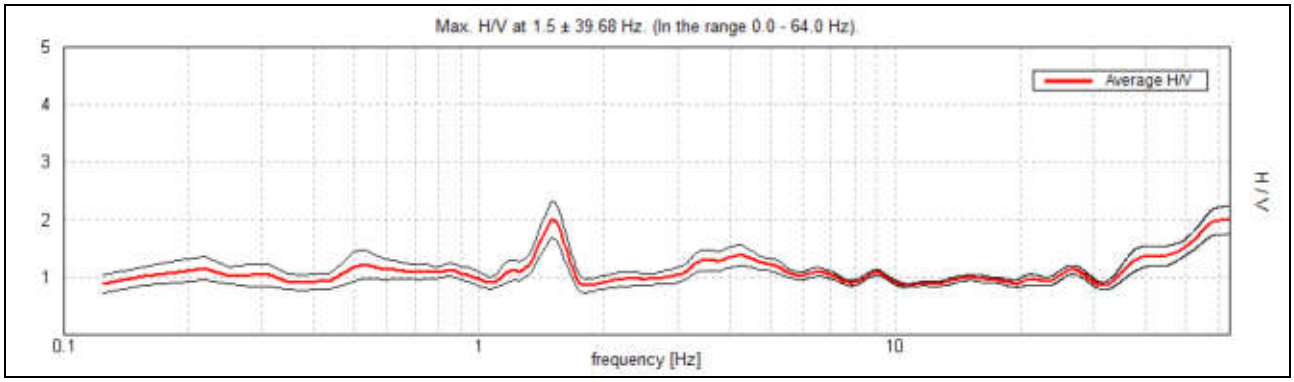
Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

ACEA_MONTECOMPATRI_3, COMP3 R1

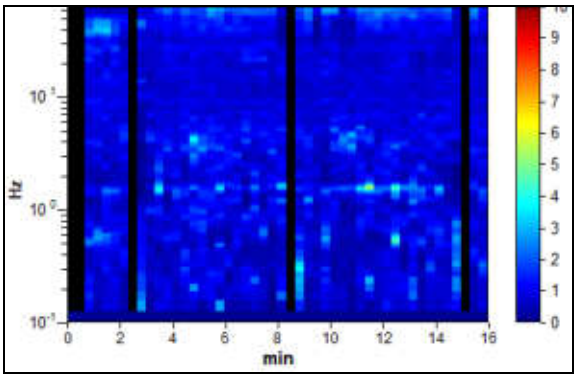
Strumento: TRZ-0142/01-11
Formato dati: 16 bit
Fondo scala [mV]: 51
Inizio registrazione: 25/03/2026 14:34:01 Fine registrazione: 25/03/2026 14:50:01
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00". Analizzato 90% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

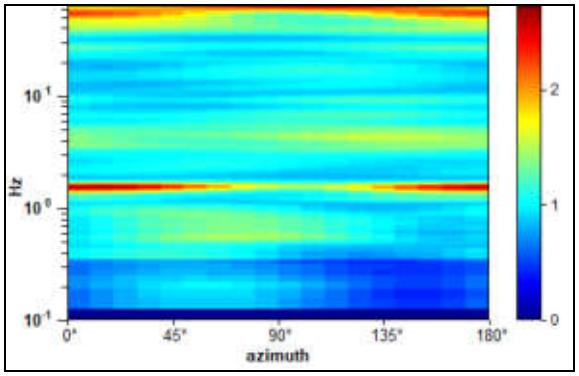
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



SERIE TEMPORALE H/V

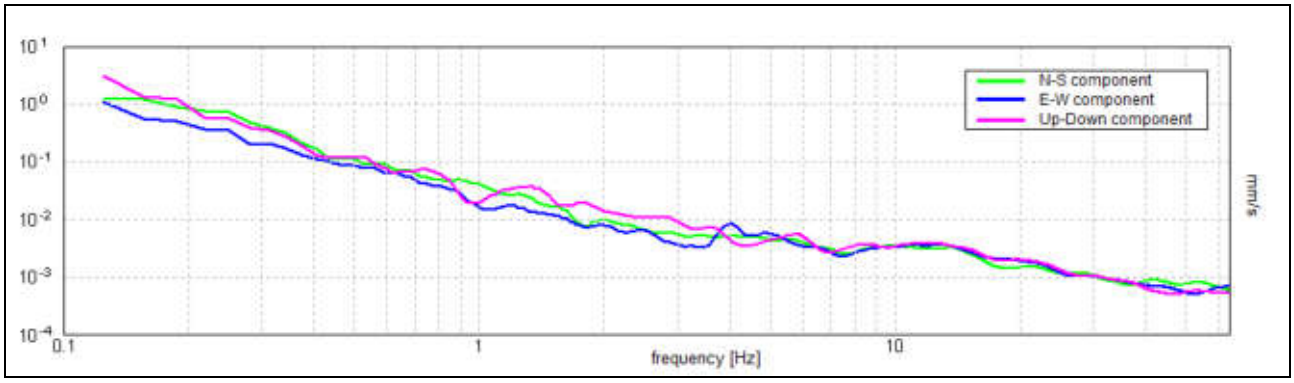


DIREZIONALITA' H/V

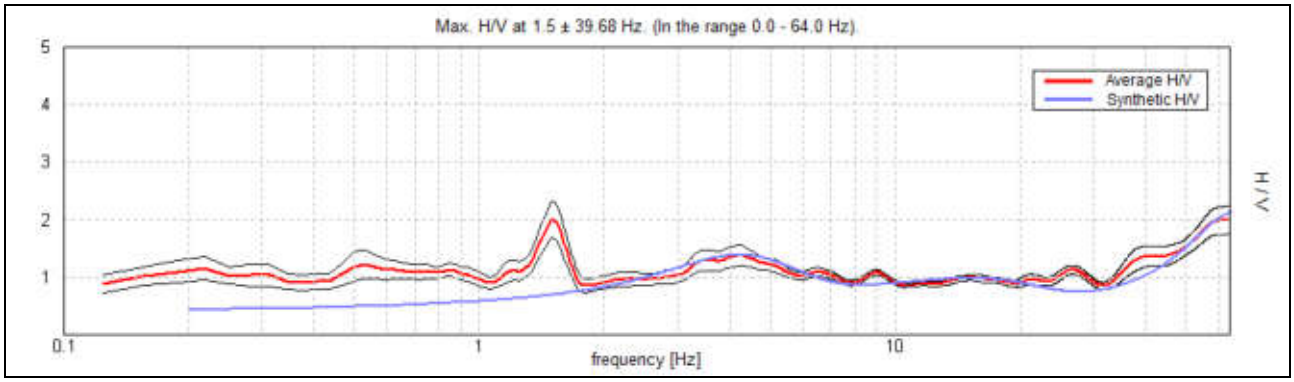


Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

SINGLE COMPONENT SPECTRA



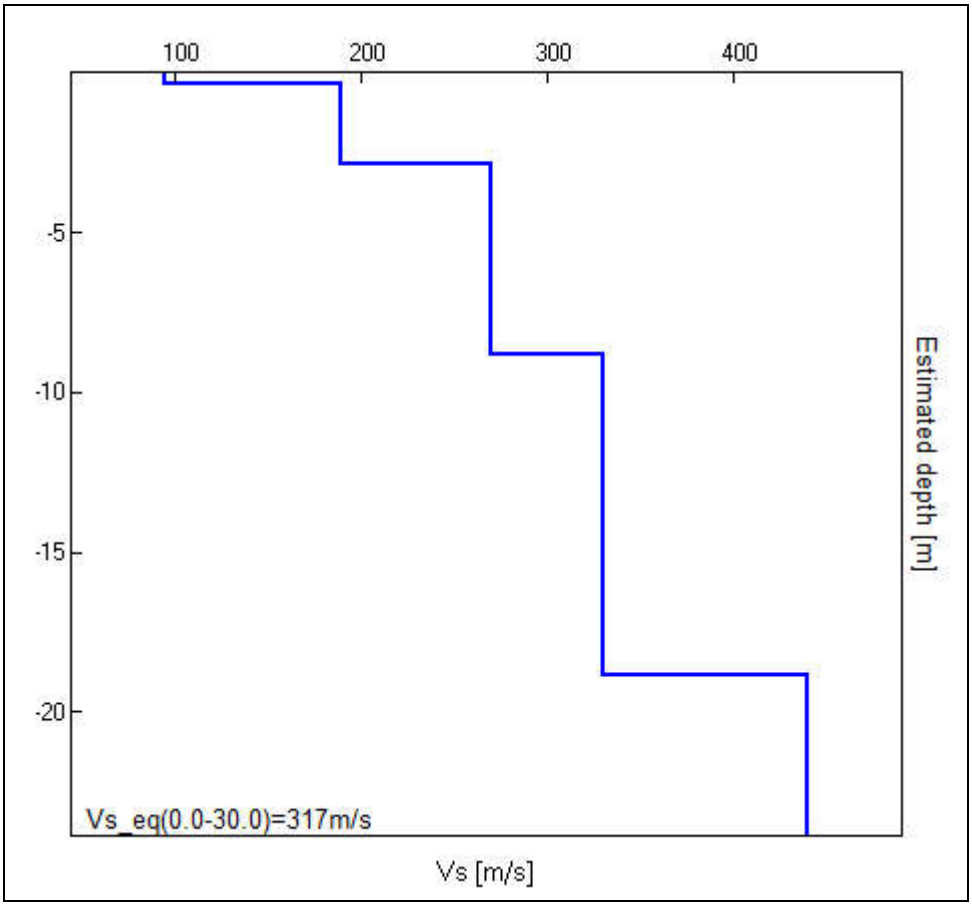
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.35	0.35	95	0.42
2.85	2.50	190	0.42
8.85	6.00	270	0.42
18.85	10.00	330	0.42
inf.	inf.	440	0.42

Vs_eq(0.0-30.0) = 317 m/s

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it



Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di** *Grilla* **prima di interpretare la tabella seguente**].

Picco H/V a 1.5 ± 39.68 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	1.50 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1290.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz**	Superato 0 volte su 73	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.125 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.719 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.01 > 2	OK	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|26.45112| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	39.67667 < 0.15		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3206 < 1.78	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{logH/V}(f)$	deviazione standard della funzione log $A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [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
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

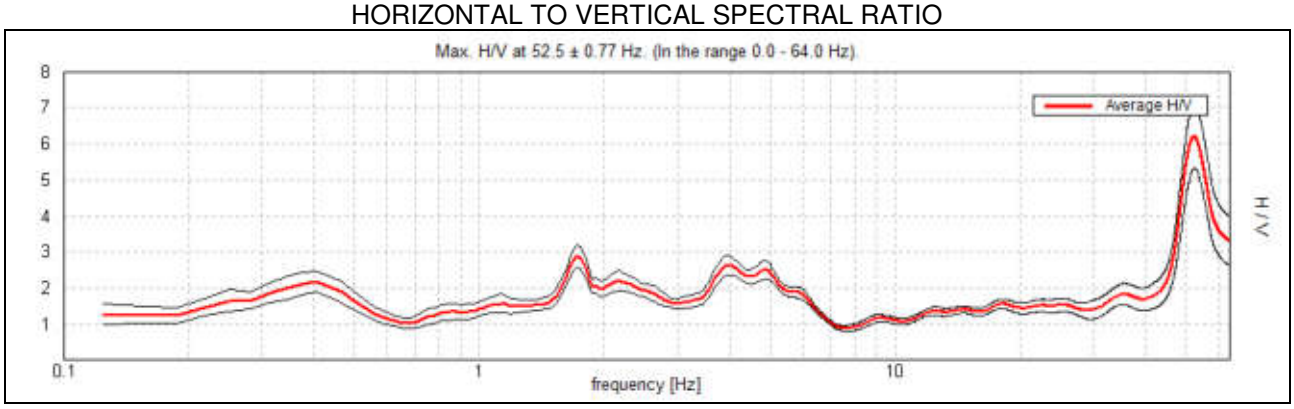
Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

ACEA_MONTECOMPATRI_4, COM4 R1

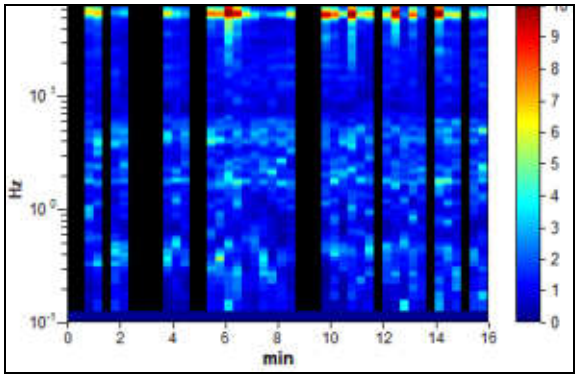
Strumento: TRZ-0142/01-11
Formato dati: 16 bit
Fondo scala [mV]: 51
Inizio registrazione: 01/04/2026 11:11:44 Fine registrazione: 01/04/2026 11:27:44
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00". Analizzato 69% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

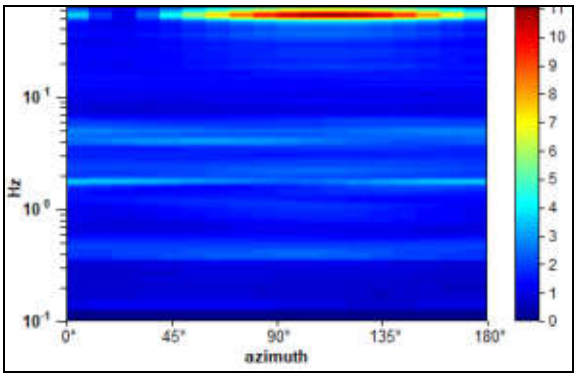
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY

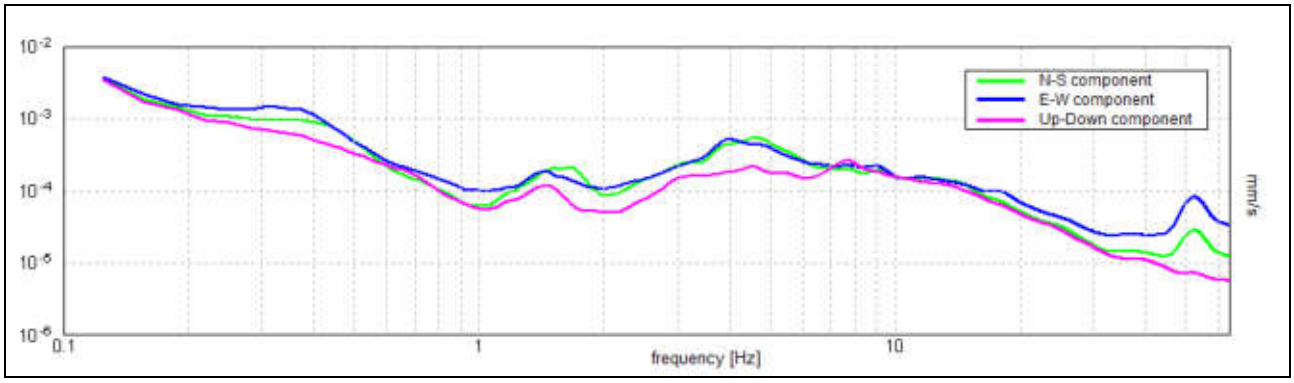


DIRECTIONAL H/V

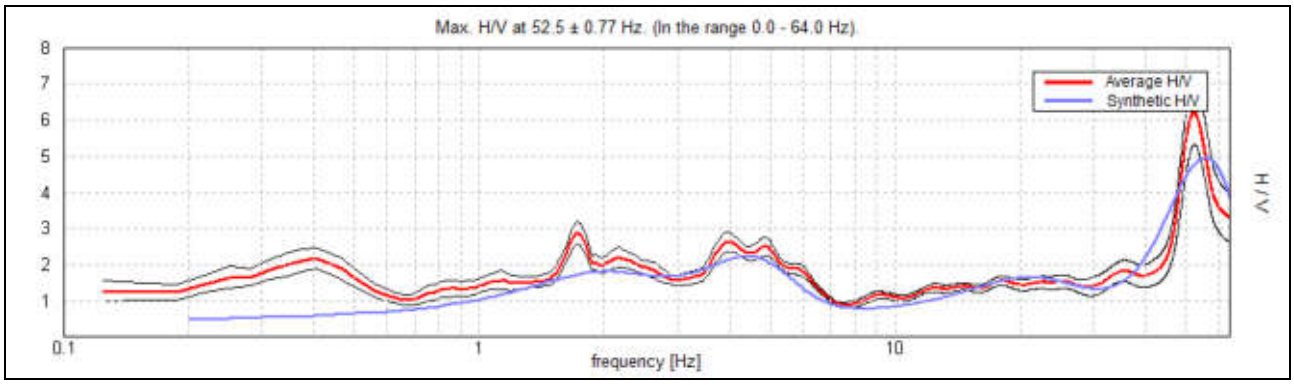


Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

SINGLE COMPONENT SPECTRA



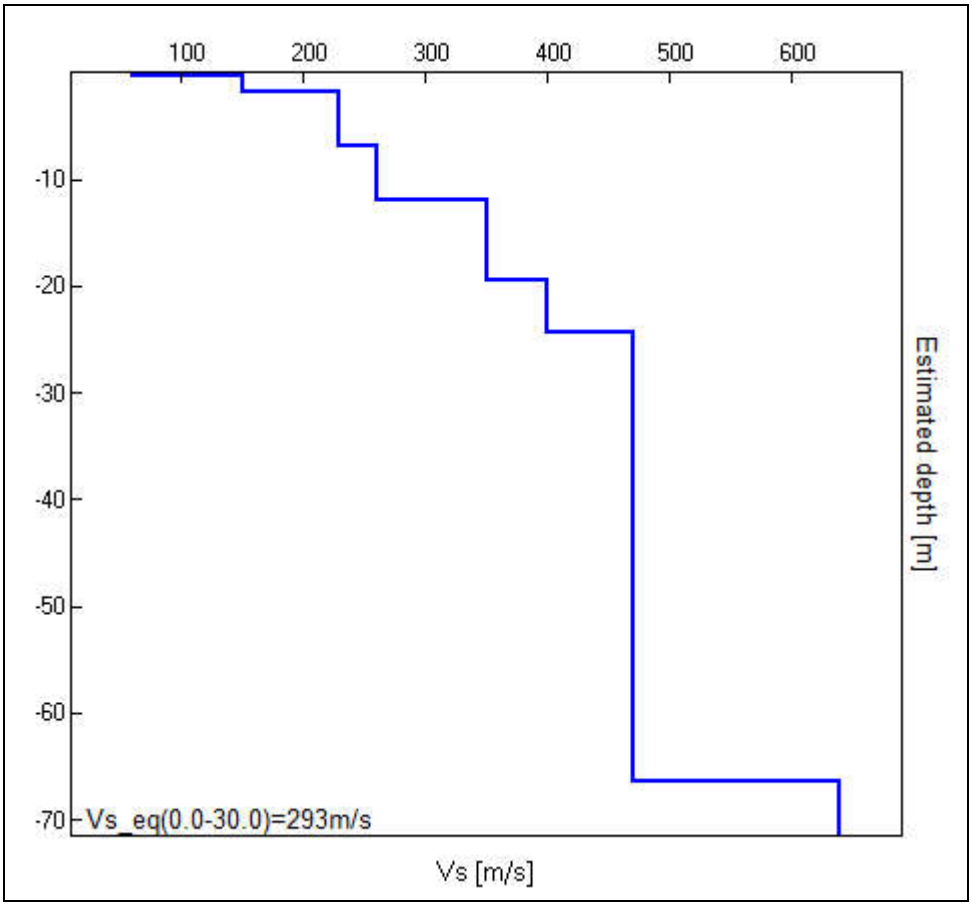
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.30	0.30	60	0.42
1.90	1.60	150	0.42
6.90	5.00	230	0.42
11.90	5.00	260	0.42
19.40	7.50	350	0.42
24.40	5.00	400	0.42
66.40	42.00	470	0.42
inf.	inf.	640	0.42

Vs_eq(0.0-30.0) = 293 m/s

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it



Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di** *Grilla* **prima di interpretare la tabella seguente**].

Picco H/V a 52.5 ± 0.77 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	52.50 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	34650.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz**	Superato 0 volte su 1209	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	47.188 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	6.21 > 2	OK	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.01466| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.76959 < 2.625	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.8869 < 1.58	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{logH/V}(f)$	deviazione standard della funzione log $A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [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
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Viterbo, lì 3 Aprile 2026

Geol. Roberto Troncarelli

ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO
Dott. ROBERTO TRONCARELLI Geologo A.P. n.803

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Allegato 1 – TABULATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,504
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE (DYNAMIC PROBING)

DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α);
- avanzamento (penetrazione) δ ;

- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

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

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

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

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

Penetrometri in uso in Italia

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

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento δ = 10 cm, punta conica (α=60-90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm^2 rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H=0.20 m, avanzamento δ = 10 cm, punta conica (α= 60-90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm^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 δ=30 cm, punta conica (α = 60°), diametro D = 50.8 mm, area base cono A=20.27 cm^2 rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
massa battente M=63.5 kg, altezza caduta H=0.75 m, avanzamento δ=20-30 cm, punta conica conica (α = 60°-90°) diametro D = 50.5 mm, area base cono A = 20 cm^2, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con Nspt

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i

valori del numero di colpi Nspt ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con Nspt. Il passaggio viene dato da:

$$NSPT = \beta_t \cdot N$$

Dove:

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

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

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui

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

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

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

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

Calcolo di $(N_1)_{60}$

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

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

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

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

Metodologia di Elaborazione.

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

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

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

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

In particolare consente di ottenere informazioni su:

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

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$Nspt,_k = Nspt,_{medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{Nspt})$$

dove σ_{Nspt} è la deviazione standard di Nspt

Distribuzione normale R.N.C.

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

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

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

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

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati Nspt 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 Nspt dello strato considerato risulta inferiore a Nspt critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione Nspt in presenza di falda

$$Nspt\ corretto = 15 + 0.5 \cdot (Nspt - 15)$$

Nspt <u>è il valore medio nello strato</u>

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) σ >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) σ >15 t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE 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) s>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 τ 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 Vs (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 (Ko)

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

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Qc)

- Robertson (1983) - Qc

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 Nspt < 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 , (Cu-Nspt-grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con Nc = 20 e Qc/Nspt = 2.
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (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 (Qc)

- Robertson (1983) - Qc

Modulo Edometrico-Confinato *(Mo)*

- 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 (Eγ)

- 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 ...P1

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 24/03/2026
Profondità prova 13,40 mt
Falda non rilevata
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	11	0,855	9,69	11,33	484,34	566,73
0,40	6	0,851	5,26	6,18	262,99	309,12
0,60	5	0,847	4,01	4,73	200,25	236,42
0,80	5	0,843	3,99	4,73	199,38	236,42
1,00	5	0,840	3,97	4,73	198,54	236,42
1,20	5	0,836	3,95	4,73	197,71	236,42
1,40	5	0,833	3,94	4,73	196,91	236,42
1,60	4	0,830	2,90	3,50	144,98	174,77
1,80	3	0,826	2,17	2,62	108,31	131,08
2,00	4	0,823	2,88	3,50	143,87	174,77
2,20	7	0,820	5,02	6,12	250,83	305,85
2,40	6	0,817	4,28	5,24	214,22	262,16
2,60	4	0,814	2,65	3,25	132,26	162,43
2,80	3	0,811	1,98	2,44	98,85	121,82
3,00	4	0,809	2,63	3,25	131,35	162,43
3,20	6	0,806	3,93	4,87	196,38	243,65
3,40	8	0,803	5,22	6,50	261,00	324,86
3,60	8	0,801	4,86	6,07	243,02	303,44
3,80	7	0,798	4,24	5,31	211,99	265,51
4,00	7	0,796	4,23	5,31	211,35	265,51
4,20	7	0,794	4,21	5,31	210,73	265,51
4,40	6	0,791	3,60	4,55	180,11	227,58
4,60	6	0,789	3,37	4,27	168,50	213,50
4,80	6	0,787	3,36	4,27	168,04	213,50
5,00	6	0,785	3,35	4,27	167,60	213,50
5,20	6	0,783	3,34	4,27	167,17	213,50
5,40	6	0,781	3,34	4,27	166,75	213,50
5,60	6	0,779	3,13	4,02	156,65	201,06
5,80	8	0,777	4,17	5,36	208,37	268,08
6,00	10	0,775	5,20	6,70	259,86	335,10
6,20	14	0,724	6,79	9,38	339,53	469,14
6,40	12	0,772	6,21	8,04	310,44	402,12
6,60	12	0,770	5,85	7,60	292,72	379,98
6,80	12	0,769	5,84	7,60	292,11	379,98
7,00	11	0,767	5,34	6,97	267,22	348,31
7,20	12	0,766	5,82	7,60	290,93	379,98
7,40	13	0,714	5,88	8,23	293,98	411,64
7,60	13	0,713	5,56	7,80	278,07	390,16
7,80	14	0,711	5,98	8,40	298,87	420,18
8,00	13	0,710	5,54	7,80	276,98	390,16
8,20	13	0,709	5,53	7,80	276,46	390,16
8,40	15	0,707	6,37	9,00	318,40	450,19
8,60	15	0,706	6,04	8,56	302,06	427,86
8,80	14	0,705	5,63	7,99	281,42	399,34
9,00	16	0,703	6,42	9,13	321,06	456,39
9,20	18	0,702	7,21	10,27	360,58	513,43
9,40	20	0,701	8,00	11,41	399,97	570,48
9,60	19	0,700	7,23	10,33	361,42	516,35
9,80	19	0,699	7,22	10,33	360,83	516,35
10,00	18	0,698	6,83	9,78	341,30	489,17
10,20	18	0,697	6,82	9,78	340,76	489,17
10,40	19	0,696	7,18	10,33	359,13	516,35

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)
10,60	21	0,644	7,02	10,90	351,19	544,95
10,80	17	0,693	6,12	8,82	305,89	441,15
11,00	12	0,742	4,62	6,23	231,17	311,40
11,20	10	0,741	3,85	5,19	192,37	259,50
11,40	6	0,740	2,31	3,11	115,26	155,70
11,60	5	0,739	1,84	2,48	91,78	124,15
11,80	5	0,738	1,83	2,48	91,65	124,15
12,00	11	0,737	4,03	5,46	201,35	273,13
12,20	8	0,736	2,92	3,97	146,24	198,64
12,40	20	0,685	6,81	9,93	340,25	496,60
12,60	23	0,634	6,94	10,95	347,17	547,45
12,80	22	0,633	6,63	10,47	331,54	523,65
13,00	35	0,582	9,70	16,66	484,93	833,08
13,20	51	0,531	12,89	24,28	644,66	1213,91
13,40	61	0,530	15,39	29,04	769,55	1451,93

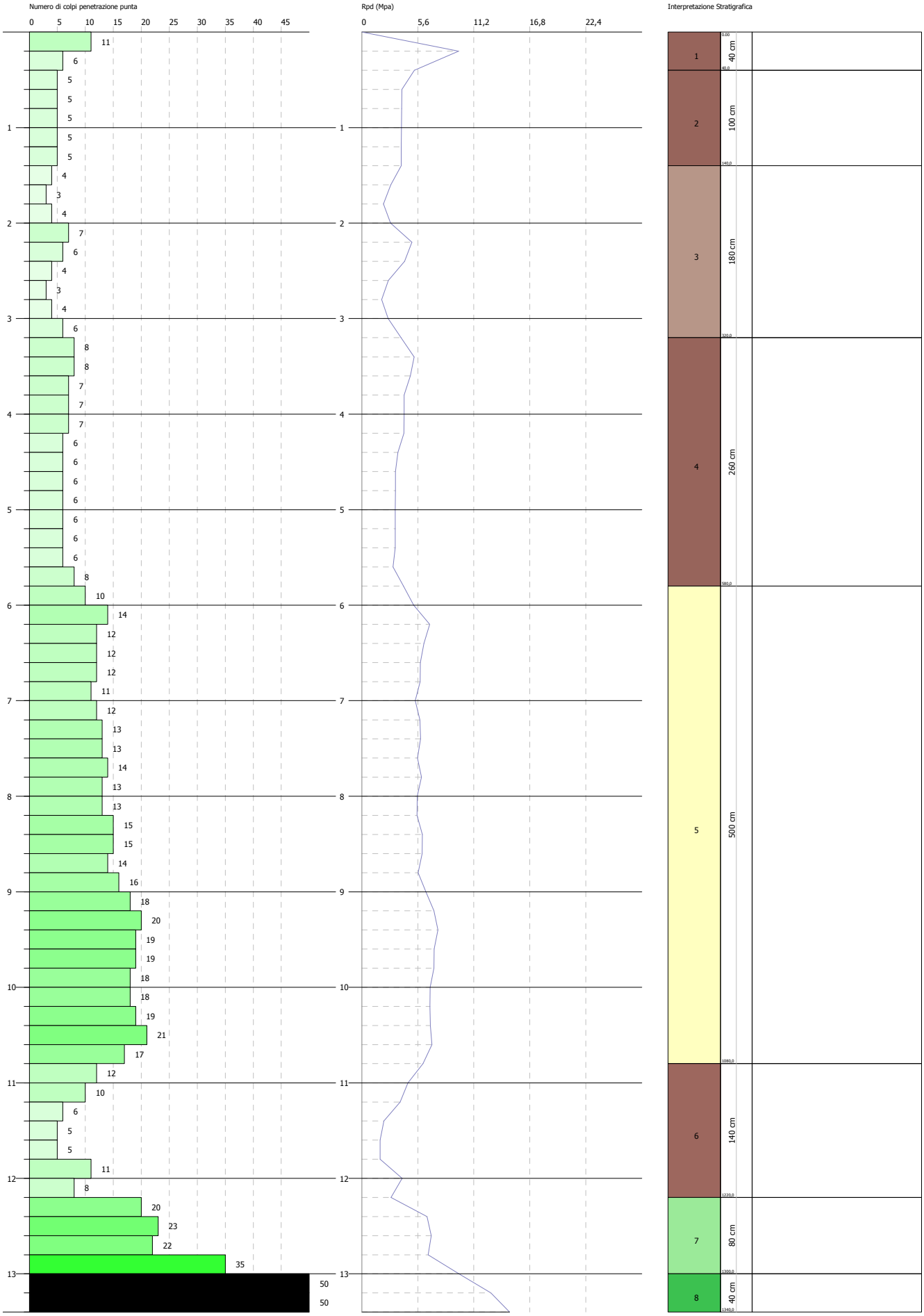
Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT
0,4	6	6,18	Incoerente - coesivo	0	18,93	20,79	3,79	1,47	8,82
1,4	5	4,73	Incoerente - coesivo	0	18,34	18,63	16,74	1,47	7,35
3,2	4,56	3,86	Incoerente - coesivo	0	18,14	18,53	42,24	1,47	6,7
5,8	6,69	4,91	Incoerente - coesivo	0	19,22	21,18	83,55	1,47	9,83
10,8	15,04	8,820001	Incoerente - coesivo	0	20,69	21,08	160,26	1,47	22,11
12,2	8,14	4,13	Incoerente - coesivo	0	19,81	21,77	225,85	1,47	11,97
13	25	12	Incoerente - coesivo	0	23,05	24,52	248,94	1,47	36,75
13,4	56	26,66	Incoerente - coesivo	0	24,52	24,52	263,06	1,47	82,32

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Acea Infrastructure
Descrizione: Indagini geognostiche
Località: Montecompatri - Colonna

Data: 24/03/2026

Scala 1:55



TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (KPa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] -	8,82	0,40	58,35	108,07	49,03	34,72	84,73	185,44	76,98	108,27	43,25	149,06	108,07
[2] -	7,35	1,40	45,01	90,12	24,52	29,03	70,51	141,90	64,53	96,79	36,09	110,32	90,12
[3] -	6,7	3,20	41,09	82,08	24,52	26,58	64,14	115,82	58,94	91,89	32,85	75,90	82,08
[4] -	9,83	5,80	65,12	120,52	49,03	38,54	94,63	147,30	85,42	116,31	48,15	92,48	120,52
[5] -	22,11	10,80	146,32	271,06	98,07	83,45	214,86	264,58	182,21	223,89	108,36	227,61	271,06
[6] -	11,97	12,20	79,24	146,71	49,03	46,68	115,42	123,86	103,07	133,66	58,74	36,97	146,71
[7] -	36,75	13,00	243,30	450,52	0,00	132,10	359,22	360,00	283,31	376,67	180,15	429,53	450,52
[8] -	82,32	13,40	544,96	1009,10	0,00	249,97	812,38	799,83	498,37	1022,15	403,64	1206,90	1009,10

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] -	8,82	0,40	Robertson (1983)	1,73
[2] -	7,35	1,40	Robertson (1983)	1,44
[3] -	6,7	3,20	Robertson (1983)	1,31
[4] -	9,83	5,80	Robertson (1983)	1,93
[5] -	22,11	10,80	Robertson (1983)	4,34
[6] -	11,97	12,20	Robertson (1983)	2,35
[7] -	36,75	13,00	Robertson (1983)	7,21
[8] -	82,32	13,40	Robertson (1983)	16,15

Modulo Edometrico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	8,82	0,40	3,97	--	9,00	10,81
[2] -	7,35	1,40	3,31	--	7,53	9,01
[3] -	6,7	3,20	3,01	--	6,88	8,21
[4] -	9,83	5,80	4,42	--	10,01	12,05
[5] -	22,11	10,80	9,95	--	22,29	21,68
[6] -	11,97	12,20	5,39	--	12,15	11,74
[7] -	36,75	13,00	16,53	--	36,93	36,04
[8] -	82,32	13,40	37,04	--	82,51	80,73

Modulo di Young (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	8,82	0,40	7,95	8,65
[2] -	7,35	1,40	6,29	7,21
[3] -	6,7	3,20	5,56	6,57
[4] -	9,83	5,80	9,09	9,64
[5] -	22,11	10,80	22,93	21,68
[6] -	11,97	12,20	11,50	11,74
[7] -	36,75	13,00	39,44	36,04
[8] -	82,32	13,40	90,84	80,73

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	8,82	0,40	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[2] -	7,35	1,40	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] -	6,7	3,20	A.G.I. (1977)	MOD. CONSISTENTE
[4] -	9,83	5,80	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[5] -	22,11	10,80	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[6] -	11,97	12,20	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[7] -	36,75	13,00	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
[8] -	82,32	13,40	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
[1] -	8,82	0,40	Meyerhof	18,93
[2] -	7,35	1,40	Meyerhof	18,34
[3] -	6,7	3,20	Meyerhof	18,14
[4] -	9,83	5,80	Meyerhof	19,22
[5] -	22,11	10,80	Meyerhof	20,69
[6] -	11,97	12,20	Meyerhof	19,81
[7] -	36,75	13,00	Meyerhof	23,05
[8] -	82,32	13,40	Meyerhof	24,52

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
[1] -	8,82	0,40	Meyerhof	20,79
[2] -	7,35	1,40	Meyerhof	18,63
[3] -	6,7	3,20	Meyerhof	18,53
[4] -	9,83	5,80	Meyerhof	21,18
[5] -	22,11	10,80	Meyerhof	21,08
[6] -	11,97	12,20	Meyerhof	21,77
[7] -	36,75	13,00	Meyerhof	24,52
[8] -	82,32	13,40	Meyerhof	24,52

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	8,82	0,40	37,76	72,57	100	30,33
[2] -	7,35	1,40	30,97	61,01	70,57	26,83
[3] -	6,7	3,20	24,59	51,12	52,98	25,23
[4] -	9,83	5,80	26,2	52,85	53,22	32,61
[5] -	22,11	10,80	34,3	64,63	66,1	54,23
[6] -	11,97	12,20	17,64	41,93	45,06	37,18
[7] -	36,75	13,00	37,84	70,74	75,09	69,71
[8] -	82,32	13,40	55,81	100	100	100

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	8,82	0,40	8,82	29,52	22,52	30,47	35,59	33,22	0	<30	26,5	29,65	37,86	28,28
[2] -	7,35	1,40	7,35	29,1	22,1	30,06	32,07	32,63	0	<30	25,5	29,2	35,76	27,12
[3] -	6,7	3,20	6,7	28,91	21,91	29,88	29,91	32,37	0	<30	25,02	29,01	33,97	26,58
[4] -	9,83	5,80	9,83	29,81	22,81	30,75	29,05	33,61	0	<30	27,14	29,95	35,71	29,02
[5] -	22,11	10,80	22,11	33,32	26,32	34,19	28,95	37,69	37,05	30-32	33,21	33,63	39,82	36,03
[6] -	11,97	12,20	11,97	30,42	23,42	31,35	27,21	34,4	33,87	<30	28,4	30,59	31,92	30,47
[7] -	36,75	13,00	36,75	37,5	30,5	38,29	28,82	40,97	37,9	32-35	38,48	38,03	40,82	42,11
[8] -	82,32	13,40	82,32	50,52	43,52	51,05	30	40,23	42	>38	50,14	51,7	47,31	55,58

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] -	8,82	0,40	8,82	---	6,92	10,28	---	---
[2] -	7,35	1,40	7,35	---	5,77	---	---	---
[3] -	6,7	3,20	6,7	---	5,26	---	---	---
[4] -	9,83	5,80	9,83	---	7,71	11,44	---	---
[5] -	22,11	10,80	22,11	32,91	17,35	25,65	33,91	18,20
[6] -	11,97	12,20	11,97	24,22	9,39	13,92	26,46	13,22
[7] -	36,75	13,00	36,75	42,43	28,83	42,60	44,68	25,37
[8] -	82,32	13,40	82,32	63,51	64,58	95,33	78,20	47,72

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] -	8,82	0,40	8,82	---	4,47	6,14	7,58
[2] -	7,35	1,40	7,35	---	4,17	5,12	6,94
[3] -	6,7	3,20	6,7	---	4,04	4,67	6,66
[4] -	9,83	5,80	9,83	---	4,67	6,84	8,03
[5] -	22,11	10,80	22,11	13,01	7,15	15,39	13,40
[6] -	11,97	12,20	11,97	7,04	5,10	8,33	8,96
[7] -	36,75	13,00	36,75	21,62	10,10	25,59	19,80
[8] -	82,32	13,40	82,32	48,44	19,27	57,32	39,73

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
[1] -	8,82	0,40	8,82	Terzaghi-Peck 1948	14,34
[2] -	7,35	1,40	7,35	Terzaghi-Peck 1948	14,16
[3] -	6,7	3,20	6,7	Terzaghi-Peck 1948	14,07
[4] -	9,83	5,80	9,83	Terzaghi-Peck 1948	14,47
[5] -	22,11	10,80	22,11	Terzaghi-Peck 1948	15,87
[6] -	11,97	12,20	11,97	Terzaghi-Peck 1948	14,73
[7] -	36,75	13,00	36,75	Terzaghi-Peck 1948	17,23
[8] -	82,32	13,40	82,32	Terzaghi-Peck 1948	19,27

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
[1] -	8,82	0,40	8,82	Terzaghi-Peck 1948	18,74
[2] -	7,35	1,40	7,35	Terzaghi-Peck 1948	18,62
[3] -	6,7	3,20	6,7	Terzaghi-Peck 1948	18,57
[4] -	9,83	5,80	9,83	Terzaghi-Peck 1948	18,81
[5] -	22,11	10,80	22,11	Terzaghi-Peck 1948	19,68
[6] -	11,97	12,20	11,97	Terzaghi-Peck 1948	18,98
[7] -	36,75	13,00	36,75	Terzaghi-Peck 1948	20,52
[8] -	82,32	13,40	82,32	Terzaghi-Peck 1948	21,77

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] -	8,82	0,40	8,82	49,34	46,36
[2] -	7,35	1,40	7,35	41,57	41,47
[3] -	6,7	3,20	6,7	38,10	39,19
[4] -	9,83	5,80	9,83	54,63	49,53
[5] -	22,11	10,80	22,11	117,04	81,28
[6] -	11,97	12,20	11,97	65,74	55,87
[7] -	36,75	13,00	36,75	188,70	110,87
[8] -	82,32	13,40	82,32	402,73	181,47

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	8,82	0,40	8,82	Ohta & Goto (1978) Limi	73,08
[2] -	7,35	1,40	7,35	Ohta & Goto (1978) Limi	94,66
[3] -	6,7	3,20	6,7	Ohta & Goto (1978) Limi	111,65
[4] -	9,83	5,80	9,83	Ohta & Goto (1978) Limi	135,8
[5] -	22,11	10,80	22,11	Ohta & Goto (1978) Limi	175,84
[6] -	11,97	12,20	11,97	Ohta & Goto (1978) Limi	168,4
[7] -	36,75	13,00	36,75	Ohta & Goto (1978) Limi	208,1
[8] -	82,32	13,40	82,32	Ohta & Goto (1978) Limi	241,42

PROVA ...P2

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 24/03/2026
Profondità prova 15,00 mt
Falda non rilevata
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	6	0,855	5,28	6,18	264,19	309,12
0,40	6	0,851	5,26	6,18	262,99	309,12
0,60	4	0,847	3,20	3,78	160,20	189,14
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	1	0,836	0,79	0,95	39,54	47,28
1,40	4	0,833	3,15	3,78	157,53	189,14
1,60	4	0,830	2,90	3,50	144,98	174,77
1,80	4	0,826	2,89	3,50	144,42	174,77
2,00	5	0,823	3,60	4,37	179,84	218,46
2,20	1	0,820	0,72	0,87	35,83	43,69
2,40	1	0,817	0,71	0,87	35,70	43,69
2,60	1	0,814	0,66	0,81	33,06	40,61
2,80	1	0,811	0,66	0,81	32,95	40,61
3,00	1	0,809	0,66	0,81	32,84	40,61
3,20	4	0,806	2,62	3,25	130,92	162,43
3,40	3	0,803	1,96	2,44	97,87	121,82
3,60	4	0,801	2,43	3,03	121,51	151,72
3,80	4	0,798	2,42	3,03	121,13	151,72
4,00	5	0,796	3,02	3,79	150,96	189,65
4,20	4	0,794	2,41	3,03	120,42	151,72
4,40	4	0,791	2,40	3,03	120,08	151,72
4,60	5	0,789	2,81	3,56	140,42	177,92
4,80	5	0,787	2,80	3,56	140,04	177,92
5,00	4	0,785	2,23	2,85	111,73	142,33
5,20	4	0,783	2,23	2,85	111,45	142,33
5,40	5	0,781	2,78	3,56	138,96	177,92
5,60	5	0,779	2,61	3,35	130,54	167,55
5,80	4	0,777	2,08	2,68	104,19	134,04
6,00	3	0,775	1,56	2,01	77,96	100,53
6,20	3	0,774	1,56	2,01	77,78	100,53
6,40	3	0,772	1,55	2,01	77,61	100,53
6,60	3	0,770	1,46	1,90	73,18	94,99
6,80	4	0,769	1,95	2,53	97,37	126,66
7,00	3	0,767	1,46	1,90	72,88	94,99
7,20	3	0,766	1,45	1,90	72,73	94,99
7,40	3	0,764	1,45	1,90	72,59	94,99
7,60	4	0,763	1,83	2,40	91,56	120,05
7,80	5	0,761	2,28	3,00	114,24	150,06
8,00	4	0,760	1,82	2,40	91,23	120,05
8,20	3	0,759	1,37	1,80	68,30	90,04
8,40	4	0,757	1,82	2,40	90,91	120,05
8,60	4	0,756	1,73	2,28	86,25	114,10
8,80	8	0,755	3,44	4,56	172,22	228,19
9,00	12	0,753	5,16	6,85	257,91	342,29
9,20	12	0,752	5,15	6,85	257,50	342,29
9,40	14	0,701	5,60	7,99	279,98	399,34
9,60	14	0,700	5,33	7,61	266,31	380,47
9,80	13	0,699	4,94	7,07	246,89	353,29
10,00	12	0,748	4,88	6,52	243,84	326,12
10,20	14	0,697	5,30	7,61	265,03	380,47
10,40	13	0,696	4,91	7,07	245,72	353,29

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)
10,60	12	0,744	4,64	6,23	231,82	311,40
10,80	12	0,743	4,63	6,23	231,49	311,40
11,00	12	0,742	4,62	6,23	231,17	311,40
11,20	10	0,741	3,85	5,19	192,37	259,50
11,40	12	0,740	4,61	6,23	230,52	311,40
11,60	9	0,739	3,30	4,47	165,20	223,47
11,80	10	0,738	3,67	4,97	183,30	248,30
12,00	11	0,737	4,03	5,46	201,35	273,13
12,20	15	0,686	5,11	7,45	255,57	372,45
12,40	19	0,685	6,46	9,44	323,24	471,77
12,60	27	0,634	8,15	12,85	407,54	642,66
12,80	25	0,633	7,53	11,90	376,75	595,05
13,00	24	0,632	7,22	11,43	361,09	571,25
13,20	19	0,681	6,16	9,04	308,00	452,24
13,40	20	0,680	6,47	9,52	323,72	476,04
13,60	20	0,679	6,21	9,14	310,37	457,13
13,80	23	0,628	6,60	10,51	330,08	525,69
14,00	27	0,627	7,74	12,34	386,82	617,12
14,20	31	0,576	8,16	14,17	407,92	708,54
14,40	30	0,625	8,57	13,71	428,28	685,69
14,60	27	0,623	7,40	11,87	370,05	593,53
14,80	25	0,622	6,84	10,99	342,00	549,57
15,00	28	0,621	7,65	12,31	382,32	615,51

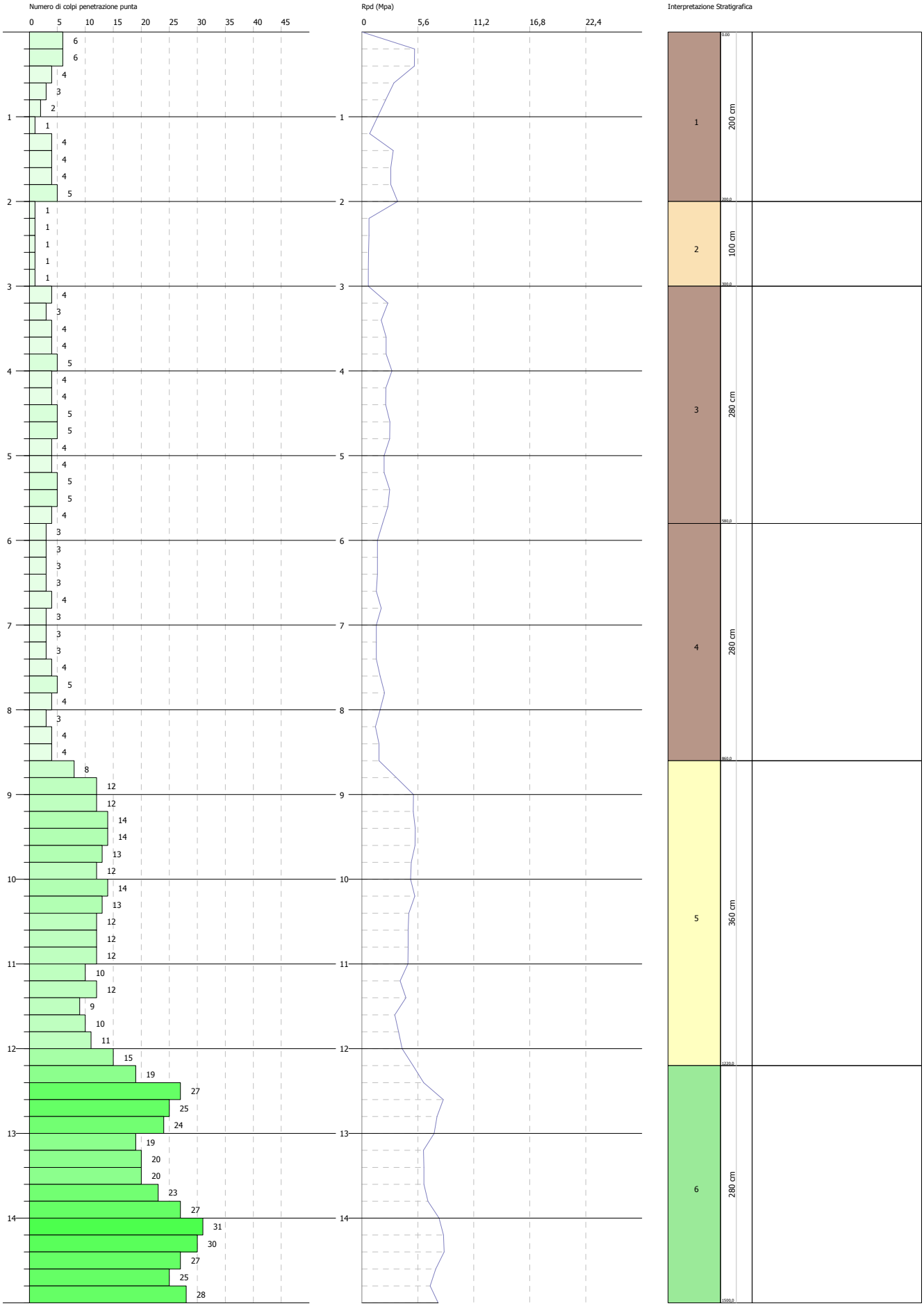
Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT
2	3,67	3,42	Incoerente - coesivo	0	17,46	18,44	17,46	1,47	5,39
3	1	0,84	Incoerente - coesivo	0	14,91	18,14	42,38	1,47	1,47
5,8	4,29	3,14	Incoerente - coesivo	0	17,95	18,53	74,96	1,47	6,31
8,6	3,5	2,18	Incoerente - coesivo	0	17,36	18,44	124,39	1,47	5,14
12,2	11,94	6,36	Incoerente - coesivo	0	20,5	22,56	185,6	1,47	17,55
15	24,64	11,37	Incoerente - coesivo	0	22,85	24,52	254,49	1,47	36,22

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P2
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Acea Infrastructure
Descrizione: Indagini geognostiche
Località: Montecompatri - Colonna

Data: 24/03/2026

Scala 1:62



TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (KPa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] -	5,39	2,00	33,05	66,10	24,52	21,48	51,48	102,58	47,66	81,98	26,38	69,43	66,10
[2] -	1,47	3,00	9,02	18,04	0,00	5,88	13,83	25,20	13,24	53,74	7,16	0,00	18,04
[3] -	6,31	5,80	38,64	77,37	24,52	25,01	60,41	94,24	55,60	88,85	30,89	36,09	77,37
[4] -	5,14	8,60	31,48	62,96	24,52	20,50	49,03	65,41	45,50	80,12	25,20	0,00	62,96
[5] -	17,55	12,20	116,21	215,16	98,07	67,18	170,05	190,84	147,49	181,82	86,00	128,66	215,16
[6] -	36,22	15,00	239,77	444,05	0,00	130,43	354,02	341,08	279,88	370,69	177,60	389,42	444,05

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] -	5,39	2,00	Robertson (1983)	1,06
[2] -	1,47	3,00	Robertson (1983)	0,29
[3] -	6,31	5,80	Robertson (1983)	1,24
[4] -	5,14	8,60	Robertson (1983)	1,01
[5] -	17,55	12,20	Robertson (1983)	3,44
[6] -	36,22	15,00	Robertson (1983)	7,10

Modulo Edometrico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	5,39	2,00	2,43	7,93	5,57	6,61
[2] -	1,47	3,00	0,66	2,16	1,65	1,80
[3] -	6,31	5,80	2,84	--	6,49	7,73
[4] -	5,14	8,60	2,31	7,56	5,32	6,30
[5] -	17,55	12,20	7,90	--	17,73	17,21
[6] -	36,22	15,00	16,30	--	36,40	35,52

Modulo di Young (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	5,39	2,00	4,08	5,29
[2] -	1,47	3,00	-0,34	1,44
[3] -	6,31	5,80	5,12	6,19
[4] -	5,14	8,60	3,80	5,04
[5] -	17,55	12,20	17,79	17,21
[6] -	36,22	15,00	38,85	35,52

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	5,39	2,00	A.G.I. (1977)	MOD. CONSISTENTE
[2] -	1,47	3,00	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[3] -	6,31	5,80	A.G.I. (1977)	MOD. CONSISTENTE
[4] -	5,14	8,60	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[5] -	17,55	12,20	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[6] -	36,22	15,00	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
[1] -	5,39	2,00	Meyerhof	17,46
[2] -	1,47	3,00	Meyerhof	14,91
[3] -	6,31	5,80	Meyerhof	17,95
[4] -	5,14	8,60	Meyerhof	17,36
[5] -	17,55	12,20	Meyerhof	20,50
[6] -	36,22	15,00	Meyerhof	22,85

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
[1] -	5,39	2,00	Meyerhof	18,44
[2] -	1,47	3,00	Meyerhof	18,14
[3] -	6,31	5,80	Meyerhof	18,53
[4] -	5,14	8,60	Meyerhof	18,44
[5] -	17,55	12,20	Meyerhof	22,56
[6] -	36,22	15,00	Meyerhof	24,52

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	5,39	2,00	24,78	52,03	60,18	21,87
[2] -	1,47	3,00	0,39	23,93	25,64	10,79
[3] -	6,31	5,80	19,09	43,59	44,3	24,24
[4] -	5,14	8,60	10,87	33,93	35,17	21,21
[5] -	17,55	12,20	27,47	54,64	56,96	47,41
[6] -	36,22	15,00	37,12	69,62	74,14	69,26

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	5,39	2,00	5,39	28,54	21,54	29,51	31,48	31,83	0	<30	23,99	28,62	33,03	25,38
[2] -	1,47	3,00	1,47	27,42	20,42	28,41	27,45	30,14	0	<30	19,7	27,44	20,72	20,42
[3] -	6,31	5,80	6,31	28,8	21,8	29,77	28,57	32,21	0	<30	24,73	28,89	32,18	26,23
[4] -	5,14	8,60	5,14	28,47	21,47	29,44	27,14	31,73	0	<30	23,78	28,54	28,47	25,14
[5] -	17,55	12,20	17,55	32,01	25,01	32,91	28,26	36,31	35,65	30-32	31,22	32,26	36,82	33,73
[6] -	36,22	15,00	36,22	37,35	30,35	38,14	28,74	40,88	37,75	32-35	38,31	37,87	40,48	41,91

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] -	5,39	2,00	5,39	---	4,23	---	---	---
[2] -	1,47	3,00	1,47	---	1,15	---	---	---
[3] -	6,31	5,80	6,31	---	4,95	---	---	---
[4] -	5,14	8,60	5,14	---	4,03	---	---	---
[5] -	17,55	12,20	17,55	29,32	13,77	20,38	30,56	15,96
[6] -	36,22	15,00	36,22	42,13	28,42	41,98	44,29	25,11

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] -	5,39	2,00	5,39	---	3,78	3,75	6,08
[2] -	1,47	3,00	1,47	---	2,99	1,02	4,37
[3] -	6,31	5,80	6,31	---	3,96	4,39	6,49
[4] -	5,14	8,60	5,14	---	3,73	3,58	5,97
[5] -	17,55	12,20	17,55	10,33	6,23	12,22	11,40
[6] -	36,22	15,00	36,22	21,31	9,99	25,22	19,57

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
[1] -	5,39	2,00	5,39	Terzaghi-Peck 1948	13,90
[2] -	1,47	3,00	1,47	Terzaghi-Peck 1948	13,37
[3] -	6,31	5,80	6,31	Terzaghi-Peck 1948	14,02
[4] -	5,14	8,60	5,14	Terzaghi-Peck 1948	13,87
[5] -	17,55	12,20	17,55	Terzaghi-Peck 1948	15,38
[6] -	36,22	15,00	36,22	Terzaghi-Peck 1948	17,19

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
[1] -	5,39	2,00	5,39	Terzaghi-Peck 1948	18,46
[2] -	1,47	3,00	1,47	Terzaghi-Peck 1948	18,14
[3] -	6,31	5,80	6,31	Terzaghi-Peck 1948	18,54
[4] -	5,14	8,60	5,14	Terzaghi-Peck 1948	18,44
[5] -	17,55	12,20	17,55	Terzaghi-Peck 1948	19,38
[6] -	36,22	15,00	36,22	Terzaghi-Peck 1948	20,50

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] -	5,39	2,00	5,39	31,05	34,31
[2] -	1,47	3,00	1,47	9,16	15,51
[3] -	6,31	5,80	6,31	36,01	37,78
[4] -	5,14	8,60	5,14	29,70	33,33
[5] -	17,55	12,20	17,55	94,20	70,58
[6] -	36,22	15,00	36,22	186,14	109,89

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	5,39	2,00	5,39	Ohta & Goto (1978) Limi	91,56
[2] -	1,47	3,00	1,47	Ohta & Goto (1978) Limi	87,27
[3] -	6,31	5,80	6,31	Ohta & Goto (1978) Limi	125,23
[4] -	5,14	8,60	5,14	Ohta & Goto (1978) Limi	132,92
[5] -	17,55	12,20	17,55	Ohta & Goto (1978) Limi	176,47
[6] -	36,22	15,00	36,22	Ohta & Goto (1978) Limi	210,66

Allegato 2 – TABULATI PROVE SISMICHE MASW

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

REPORT MASW1

```
========================================================== SECTION#1
dataset: MonteComp_M1_S4D1C2.sgy
sampling (ms): 0.5
minimum offset (m): 4
geophone spacing (m): 1
offsets (m): 4   5   6   7   8   9  10  11  12  13  14  15  16  17  18  19  20
21  22  23  24  25  26  27
dispersion curve: pick.cdp
Number of individuals: 64
Number of generations: 61

Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing phase velocities

search space (minimum Vs): 63           119           203           231
 301
search space (maximum Vs): 117  221  377  429  559

search space (minimum Poisson): 0.28046     0.28064       0.245       0.245
 0.245
search space (maximum Poisson): 0.499       0.499       0.455       0.455
0.455

search space (minimum Qs): 5.6          9.8         16.8         19.6
25.2
search space (maximum Qs): 10.4         18.2         31.2         36.4
46.8

search space (minimum reference frequency): 1
search space (maximum reference frequency): 49.562

search space (minimum thickness): 0.21         3.5        4.41         4.2
search space (maximum thickness): 0.39         6.5        8.19         7.8

output folder: C:\Users\geode\Desktop\IN_CORSO\GEOVIT\ACEA INFRASTRUCTURE -
Montecompatri_Colonna - OdS 28\geofisica\MASW1\output_1obs



========================================================== SECTION#2
Rayleigh-wave analysis
Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -11.7382
-1.24358
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -10.1252
-1.24359
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -8.9299
-1.2025
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -9.3532
-1.2025
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -8.924
-1.2025
```

```
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -9.5234
-1.1776
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -9.3339
-1.1776
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -10.1778
-1.15548
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -9.641
-1.1555
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -8.779
-1.1555
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -8.6875
-1.1555
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -8.1332
-1.1555
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -7.9379
-1.1555
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -8.447
-1.1555
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -9.7914
-1.1555
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -8.9053
-1.1555
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -8.29
-1.1555
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -8.0521
-1.1555
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -8.3193
-1.1555
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -8.3893
-1.1555
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -8.7157
-1.1555
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -8.9045
-1.1555
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -8.7151
-1.1555
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -8.2225
-1.1555
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -8.6479
-1.1555
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -8.8064
-1.1541
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -8.274
-1.1541
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -8.6779
-1.1541
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -8.1779
-1.1541
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -8.5404
-1.1541
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -8.5515
-1.1541
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits: -8.5728
-1.1541
```

```
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits: -6.8914
-1.1541
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits: -7.8906
-1.1541
Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits: -8.5864
-1.1541
Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits: -9.1069
-1.1541
Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits: -9.6327
-1.1541
Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits: -8.8032
-1.1541
Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits: -7.4334
-1.1541
Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits: -7.7251
-1.1541
Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits: -9.207
-1.1541
Optimizing Vs & Thickness - generation: 42; average & best misfits: -8.1448
-1.1541
Optimizing Vs & Thickness - generation: 43; average & best misfits: -6.915
-1.1541
Optimizing Vs & Thickness - generation: 44; average & best misfits: -6.7137
-1.1541
Optimizing Vs & Thickness - generation: 45; average & best misfits: -6.8606
-1.1541
Optimizing Vs & Thickness - generation: 46; average & best misfits: -6.624
-1.0862
Optimizing Vs & Thickness - generation: 47; average & best misfits: -7.6436
-1.0862
Optimizing Vs & Thickness - generation: 48; average & best misfits: -7.4086
-1.0862
Optimizing Vs & Thickness - generation: 49; average & best misfits: -6.6454
-1.0862
Optimizing Vs & Thickness - generation: 50; average & best misfits: -7.5136
-1.0862
Optimizing Vs & Thickness - generation: 51; average & best misfits: -7.3623
-1.0825
Optimizing Vs & Thickness - generation: 52; average & best misfits: -7.1655
-1.0825
Optimizing Vs & Thickness - generation: 53; average & best misfits: -6.8802
-1.0825
Optimizing Vs & Thickness - generation: 54; average & best misfits: -7.928
-1.0825
Optimizing Vs & Thickness - generation: 55; average & best misfits: -7.081
-1.0825
Optimizing Vs & Thickness - generation: 56; average & best misfits: -6.9981
-1.0825
Optimizing Vs & Thickness - generation: 57; average & best misfits: -6.9179
-1.0825
Optimizing Vs & Thickness - generation: 58; average & best misfits: -6.5533
-1.0825
Optimizing Vs & Thickness - generation: 59; average & best misfits: -6.5274
-1.0825
```

```
Optimizing Vs & Thickness - generation: 60; average & best misfits: -6.0689
-1.0825
Optimizing Vs & Thickness - generation: 61; average & best misfits: -6.0365
-1.0825
Forcing search space - new search space

search space (minimum Vs): 63         112.2         191.4         217.8
283.8
search space (maximum Vs): 135.3759         227.8         388.6         442.2
     576.2

search space (minimum Qs): 6          9.8         16.8      13.7634      24.8578
search space (maximum Qs): 10.9397      23.7331      38.9583         36.4
50.4689

search space (minimum reference frequency): 0.66
search space (maximum reference frequency): 49.562

search space (minimum Poisson): 0.22669      0.2646       0.245     0.18897
0.22542
search space (maximum Poisson): 0.497       0.497       0.497       0.455
0.45767

search space (minimum thickness): 0.21       3.351      3.8734         4.2
search space (maximum thickness): 0.443      6.8035        8.19      9.2714


Now a finer search around the most promising search space area


second run [2D-SuPPSALA]: 1 out of 1
Rayleigh-wave analysis
Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -14.8385
-1.08253
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -14.0978
-1.08254
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -12.9762
-1.08254
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -11.7119
-1.08254
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -11.4382
-1.08254
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -10.84
-1.08254
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -10.765
-1.08253
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -10.0635
-1.08254
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -11.0327
-1.08254
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -10.0934
-1.08254
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -9.8321
-1.0825
```

```
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -10.2818
-1.08254
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -10.5077
-1.08254
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -11.3332
-1.08253
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -9.9482
-1.0825
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -9.6549
-1.0825
Number of models considered to calculate the average model: 129


#####################################################################
RESULTS
#####################################################################

Dataset: MonteComp_M1_S4D1C2.sgy
Analyzed curve/spectrum: pick.cdp

ans =

   1.0e+05 *

    1.5073
    1.5252
    1.5518
    1.6067
    1.6814
    1.9174
    2.4037
    2.9054
    3.2939
    3.5778


ans =

   1.0e+05 *

    1.5091
    1.5257
    1.5517
    1.6076
    1.6844
    1.9286
    2.4108
    2.8927
    3.2908
    3.5889



========================================================== SECTION#3
```

Analyzing Phase Velocities

Analyzing Rayleigh-Wave Dispersion

==========
MEAN MODEL

Vs (m/s): 92 170 294 331 430
Standard deviations (m/s): 10 1 11 10 3

Thickness (m): 0.3 5.1 6.2 6.5
Standard deviations (m): 0.0 0.1 0.6 0.7

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus
Vp (m/s): 219 407 624 670 910
Density (gr/cm3): 1.63 1.79 1.94 1.97 2.05
Vp/Vs ratio: 2.38 2.39 2.12 2.02 2.12
Poisson: 0.39 0.39 0.36 0.34 0.36
Shear modulus (MPa): 14 52 168 216 378
Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0 0
0

Fundamental mode
Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
4.36635	358.8871
6.44247	329.0834
8.55852	289.2728
11.4731	241.0783
14.8268	192.86
18.8593	168.441
22.4925	160.7584
30.0384	155.1746
39.9	152.5724
49.562	150.9085

========== SECTION#4

BEST MODEL

Vs (m/s): 101 170 290 330 430
thickness (m): 0.33059 5.0772 5.8688 6.9189

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus
Vp (m/s): 207 418 702 603 877
Density (gr/cm3): 1.65 1.79 1.94 1.97 2.05
Vp/Vs ratio: 2.05 2.46 2.42 1.83 2.04
Poisson: 0.34 0.40 0.40 0.29 0.34
Shear modulus (MPa): 17 52 163 215 378
Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0 0

0

dispersion curve (frequency - velocity)

Fundamental mode)
best model

F(Hz)	VR(m/s)
4.36635	357.7798
6.44247	329.3865
8.55852	290.5387
11.4731	240.3707
14.8268	191.7394
18.8593	168.1375
22.4925	160.6724
30.0384	155.1802
39.9	152.5221
49.562	150.7265

========== SECTION#5

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 30 m

Inversion quality: very good

Vs30 & VsE (mean model): 295 295 m/s
Vs30 & VsE (best model): 295 295 m/s

========== SECTION#6

For Italian Users:
Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018:
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 pari a 3 m.
B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

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

Results saved in the folder "C:\Users\geode\Desktop\IN_CORSO\GEOVIT\ACEA INFRASTRUCTURE - Montecompatri_Colonna - OdS 28\geofisica\MASW1\output_1obs".

==========
winMASW® - Surface Waves & Beyond
www.winMASW.com

Number of models used to define the mean model: 129
Analyzing phase velocities

REPORT MASW2

```
========================================================= SECTION#1
dataset: MonteComp_M2_S4D1C2.sgy
sampling (ms): 0.5
minimum offset (m): 4
geophone spacing (m): 1
offsets (m): 4   5   6   7   8   9  10  11  12  13  14  15  16  17  18  19  20
21  22  23  24  25  26  27
dispersion curve: pick.cdp
Number of individuals: 64
Number of generations: 61

Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing phase velocities

search space (minimum Vs): 63           112           196           231
 301
search space (maximum Vs): 117  208  364  429  559

search space (minimum Poisson): 0.24064     0.28064     0.27798     0.20036
0.23923
search space (maximum Poisson): 0.4469       0.499       0.499     0.37209
0.44428

search space (minimum Qs): 5.6          9.1         16.1         19.6
25.2
search space (maximum Qs): 10.4         16.9         29.9         36.4
46.8

search space (minimum reference frequency): 1
search space (maximum reference frequency): 49.4821

search space (minimum thickness): 0.28         3.5        4.55         4.2
search space (maximum thickness): 0.52         6.5        8.45         7.8

output folder: C:\Users\geode\Desktop\IN_CORSO\GEOVIT\ACEA INFRASTRUCTURE -
Montecompatri_Colonna - OdS 28\geofisica\MASW2\output_1obs



========================================================= SECTION#2
Rayleigh-wave analysis
Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -13.3666
 -2.194
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -13.0835
-2.1925
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -10.2934
-2.1925
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -10.8784
-2.1925
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -9.1186
-2.1925
```

```
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -9.6347
-2.1925
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -9.8007
-1.4936
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -9.8025
-1.4936
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -9.1336
-1.4936
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -8.5001
-1.4903
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -8.4886
-1.4903
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -8.6582
-1.4903
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -8.6442
-0.99875
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -8.6727
-0.99875
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -8.0984
-0.99875
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -6.575
-0.99875
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -6.8118
-0.99875
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -7.0262
-0.99875
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -8.4933
-0.99875
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -7.5883
-0.99875
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -6.7152
-0.99875
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -7.2941
-0.99875
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -8.0881
-0.99875
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -7.9639
-0.99875
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -9.3097
-0.99875
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -8.7208
-0.99875
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -9.1133
-0.99875
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -9.3978
-0.99875
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -9.0017
-0.99875
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -8.6304
-0.99875
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -8.7789
-0.99875
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits: -9.4897
-0.99875
```

```
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits: -8.5653
-0.99875
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits: -8.7733
-0.99875
Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits: -8.162
-0.9595
Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits: -8.9981
-0.9595
Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits: -8.2399
-0.9595
Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits: -9.4237
-0.9595
Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits: -9.744
-0.9595
Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits: -9.1714
-0.9595
Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits: -10.8486
-0.959496
Optimizing Vs & Thickness - generation: 42; average & best misfits: -10.6404
-0.959496
Optimizing Vs & Thickness - generation: 43; average & best misfits: -10.7369
-0.959496
Optimizing Vs & Thickness - generation: 44; average & best misfits: -10.5748
-0.959496
Optimizing Vs & Thickness - generation: 45; average & best misfits: -9.5114
-0.9595
Optimizing Vs & Thickness - generation: 46; average & best misfits: -10.1001
-0.959496
Optimizing Vs & Thickness - generation: 47; average & best misfits: -9.4012
-0.9595
Optimizing Vs & Thickness - generation: 48; average & best misfits: -9.0037
-0.9595
Optimizing Vs & Thickness - generation: 49; average & best misfits: -10.3877
-0.959496
Optimizing Vs & Thickness - generation: 50; average & best misfits: -9.8989
-0.9486
Optimizing Vs & Thickness - generation: 51; average & best misfits: -9.2813
-0.9486
Optimizing Vs & Thickness - generation: 52; average & best misfits: -8.9469
-0.9486
Optimizing Vs & Thickness - generation: 53; average & best misfits: -9.2961
-0.9486
Optimizing Vs & Thickness - generation: 54; average & best misfits: -8.9642
-0.9486
Optimizing Vs & Thickness - generation: 55; average & best misfits: -8.5707
-0.9486
Optimizing Vs & Thickness - generation: 56; average & best misfits: -8.0298
-0.9486
Optimizing Vs & Thickness - generation: 57; average & best misfits: -8.8247
-0.9486
Optimizing Vs & Thickness - generation: 58; average & best misfits: -7.7736
-0.9486
Optimizing Vs & Thickness - generation: 59; average & best misfits: -7.6313
-0.9384
```

```
Optimizing Vs & Thickness - generation: 60; average & best misfits: -8.0199
-0.9384
Optimizing Vs & Thickness - generation: 61; average & best misfits: -8.2049
-0.9384
Forcing search space - new search space

search space (minimum Vs): 63      105.1745           196         217.8
276.0759
search space (maximum Vs): 145.3706      213.5361      435.9098         442.2
  560.5177

search space (minimum Qs): 6      6.77683      13.7321         19.6      22.6854
search space (maximum Qs): 10.4         16.9         29.9      48.7618
46.8

search space (minimum reference frequency): 0.66
search space (maximum reference frequency): 49.4821

search space (minimum Poisson): 0.24064     0.21116     0.27798     0.20036
0.22556
search space (maximum Poisson): 0.497       0.497       0.497     0.49634
0.45795

search space (minimum thickness): 0.28      3.4298      4.4101         4.2
search space (maximum thickness): 0.64024      6.9636      8.9539      9.3684


Now a finer search around the most promising search space area


second run [2D-SuPPSALA]: 1 out of 1
Rayleigh-wave analysis
Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -14.3508
-0.938396
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -13.2062
-0.938396
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -12.1041
-0.938395
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -12.5476
-0.938394
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -10.5662
-0.938394
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -10.5995
-0.938391
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -11.8321
-0.938392
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -11.6417
-0.938396
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -11.7992
-0.938398
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -11.3568
-0.938395
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -11.7536
-0.938395
```

```
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -11.3499
 -0.9384
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -11.8373
-0.938394
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -13.0772
-0.938393
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -12.5426
-0.938399
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -13.5074
-0.938394
Number of models considered to calculate the average model: 54


#################################################################
RESULTS
#################################################################

Dataset: MonteComp_M2_S4D1C2.sgy
Analyzed curve/spectrum: pick.cdp

ans =

   1.0e+05 *

    1.3936
    1.4164
    1.4630
    1.5967
    2.4164
    2.8192
    3.0659
    3.4998


ans =

   1.0e+05 *

    1.3963
    1.4175
    1.4600
    1.5770
    2.4090
    2.8263
    3.0507
    3.4833



========================================================= SECTION#3

Analyzing Phase Velocities

Analyzing Rayleigh-Wave Dispersion
```

```
=================================================================
MEAN MODEL

Vs (m/s):                  107  159  342  327  420
Standard deviations (m/s): 5   1  21  13   2

Thickness (m):            0.4         5.5         6.8         6.7
Standard deviations (m): 0.1         0.2         0.6         0.6


Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus
Vp (m/s):                  233   316  1054   649   850
Density (gr/cm3):            1.67    1.78    1.98    1.97    2.04
Vp/Vs ratio: 2.18     1.99     3.08     1.98     2.02
Poisson: 0.37    0.33    0.44    0.33    0.34
Shear modulus (MPa): 19         45        232        211        360
Estimated static shear modulus (MPa): 0          0          0          0
 0


Fundamental mode
Mean model
 f(Hz)       VR(m/s)
4.64583      348.3346
7.04135      305.0681
8.31897       282.631
10.3552      240.8991
15.6653      157.6988
21.9336      146.0023
36.0272      141.7474
49.4821       139.626


========================================================= SECTION#4

BEST MODEL

Vs (m/s): 108  159  325  330  418
thickness (m): 0.47779      5.1967       6.682      6.9913

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus
Vp (m/s):                  245   309  1096   727   853
Density (gr/cm3):            1.67    1.78    1.97    1.97    2.04
Vp/Vs ratio: 2.27     1.94     3.37     2.20     2.04
Poisson: 0.38    0.32    0.45    0.37    0.34
Shear modulus (MPa): 20         45        208        215        356
Estimated static shear modulus (MPa): 0          0          0          0
 0


dispersion curve (frequency - velocity)

Fundamental mode)
```

best model

F(Hz)	VR(m/s)
4.64583	349.9785
7.04135	306.5865
8.31897	281.9214
10.3552	241.6432
15.6653	159.6735
21.9336	146.3042
36.0272	141.6446
49.4821	139.361

========== SECTION#5

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 30 m

Inversion quality: very good

Vs30 & VsE (mean model): 288 288 m/s
Vs30 & VsE (best model): 288 288 m/s

========== SECTION#6

For Italian Users:
Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018:
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 pari a 3 m.
B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

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

```
Results saved in the folder "C:\Users\geode\Desktop\IN_CORSO\GEOVIT\ACEA
INFRASTRUCTURE - Montecompatri_Colonna - OdS 28\geofisica\MASW2\output_1obs".


====================================================================
winMASW® - Surface Waves & Beyond
www.winMASW.com

Number of models used to define the mean model: 54
Analyzing phase velocities
```

```
REPORT MASW3

========================================================= SECTION#1
dataset: MonteComp_M3_S4D1C2.sgy
sampling (ms): 0.5
minimum offset (m): 4
geophone spacing (m): 1
offsets (m): 4   5   6   7   8   9  10  11  12  13  14  15  16  17  18  19  20
21  22  23  24  25  26  27
dispersion curve: pick.cdp
Number of individuals: 64
Number of generations: 61

Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing phase velocities

search space (minimum Vs): 140           175           210           231
  308         465.5
search space (maximum Vs): 260           325           390           429
  572         864.5

search space (minimum Poisson): 0.28046     0.28064       0.245       0.245
 0.245       0.245
search space (maximum Poisson): 0.499       0.499       0.455       0.455
0.455       0.455

search space (minimum Qs): 11.9         14.7         17.5         19.6
25.9         38.5
search space (maximum Qs): 22.1         27.3         32.5         36.4
48.1         71.5

search space (minimum reference frequency): 1
search space (maximum reference frequency): 49.562

search space (minimum thickness): 0.56         1.05         3.15          4.2
       14
search space (maximum thickness): 1.04         1.95         5.85          7.8
       26

output folder: C:\Users\geode\Desktop\IN_CORSO\GEOVIT\ACEA INFRASTRUCTURE -
Montecompatri_Colonna - OdS 28\geofisica\MASW3\output_1obs



========================================================= SECTION#2
Rayleigh-wave analysis
Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -11.7324
-1.44796
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -10.6434
-1.44796
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -9.9568
-1.448
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -9.7925
```

```
-1.448
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -9.5818
-1.448
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -9.3712
-1.448
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -8.5693
-1.448
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -8.7038
-1.448
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -9.5559
-1.448
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -8.4101
-1.2467
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -8.6647
-1.2467
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -8.5865
-1.2467
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -8.2424
-1.2467
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -7.271
-1.2467
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -7.5252
-1.2467
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -8.5115
-1.2467
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -7.6898
-1.2467
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -7.8577
-1.2467
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -7.0514
-1.2467
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -7.2058
-1.2467
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -8.2173
-1.2467
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -8.1591
-1.2467
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -8.4247
-1.2467
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -8.7229
-1.2467
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -7.7676
-1.2467
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -8.3592
-1.2467
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -7.9953
-1.2467
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -8.0619
-1.2467
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -8.5083
-1.2467
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -7.656
-1.2467
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -7.8258
```

```
-1.2467
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits: -7.5232
-1.1615
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits: -7.2152
-1.1615
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits: -6.8501
-1.1615
Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits: -6.8292
-1.1066
Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits: -6.325
-0.96795
Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits: -7.8556
-0.96795
Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits: -7.6058
-0.96795
Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits: -6.8012
-0.96795
Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits: -8.3441
-0.96795
Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits: -7.9066
-0.96795
Optimizing Vs & Thickness - generation: 42; average & best misfits: -7.1014
-0.96795
Optimizing Vs & Thickness - generation: 43; average & best misfits: -7.9095
-0.96795
Optimizing Vs & Thickness - generation: 44; average & best misfits: -8.1138
-0.96795
Optimizing Vs & Thickness - generation: 45; average & best misfits: -7.6318
-0.96795
Optimizing Vs & Thickness - generation: 46; average & best misfits: -7.191
-0.96795
Optimizing Vs & Thickness - generation: 47; average & best misfits: -7.6999
-0.95329
Optimizing Vs & Thickness - generation: 48; average & best misfits: -7.7222
-0.95329
Optimizing Vs & Thickness - generation: 49; average & best misfits: -7.2745
-0.95329
Optimizing Vs & Thickness - generation: 50; average & best misfits: -7.756
-0.95329
Optimizing Vs & Thickness - generation: 51; average & best misfits: -8.3241
-0.95329
Optimizing Vs & Thickness - generation: 52; average & best misfits: -8.4478
-0.95329
Optimizing Vs & Thickness - generation: 53; average & best misfits: -8.2243
-0.95329
Optimizing Vs & Thickness - generation: 54; average & best misfits: -8.4497
-0.95329
Optimizing Vs & Thickness - generation: 55; average & best misfits: -7.307
-0.95329
Optimizing Vs & Thickness - generation: 56; average & best misfits: -6.4614
-0.95329
Optimizing Vs & Thickness - generation: 57; average & best misfits: -7.3176
-0.95329
Optimizing Vs & Thickness - generation: 58; average & best misfits: -7.6403
```

```
-0.95329
Optimizing Vs & Thickness - generation: 59; average & best misfits: -7.721
-0.95329
Optimizing Vs & Thickness - generation: 60; average & best misfits: -7.7759
-0.95329
Optimizing Vs & Thickness - generation: 61; average & best misfits: -7.2636
-0.95329
Forcing search space - new search space

search space (minimum Vs): 119.27           165           198      222.1525
   290.4      459.2987
search space (maximum Vs): 260           335           402      451.0369
589.6      932.5155

search space (minimum Qs): 11.0366      10.3211      13.1398         19.6
23.3621      32.4772
search space (maximum Qs): 22.4076         27.3         32.5      43.7268
 48.1         71.5

search space (minimum reference frequency): 0.66
search space (maximum reference frequency): 49.562

search space (minimum Poisson): 0.26443      0.2646       0.245      0.1783
0.17734     0.17977
search space (maximum Poisson): 0.497       0.497       0.497       0.455
0.455       0.455

search space (minimum thickness): 0.483817      1.04982         3.15
3.8859      10.8647
search space (maximum thickness): 1.04      2.13144      7.22434      7.88954
       26


Now a finer search around the most promising search space area


second run [2D-SuPPSALA]: 1 out of 1
Rayleigh-wave analysis
Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -12.4098
-0.953289
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -11.4061
-0.953289
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -10.653
-0.953288
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -11.3991
-0.953289
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -10.3598
-0.953289
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -9.4153
-0.95329
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -8.9045
-0.95329
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -9.4128
-0.95329
```

```
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -9.2555
-0.95329
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -9.2967
-0.95329
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -8.9025
-0.95329
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -9.0084
-0.95329
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -8.2084
-0.95329
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -9.183
-0.95329
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -9.6628
-0.95329
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -9.2675
-0.95329
Number of models considered to calculate the average model: 47


#################################################################
RESULTS
#################################################################

Dataset: MonteComp_M3_S4D1C2.sgy
Analyzed curve/spectrum: pick.cdp

ans =

   1.0e+05 *

    2.4030
    2.5067
    2.6714
    2.9186
    3.2200
    3.8783
    5.0546


ans =

   1.0e+05 *

    2.4005
    2.5048
    2.6725
    2.9171
    3.2175
    3.8768
    5.0660


========================================================= SECTION#3
```

Analyzing Phase Velocities

Analyzing Rayleigh-Wave Dispersion

==========
MEAN MODEL

Vs (m/s): 187 250 300 332 439 681
Standard deviations (m/s): 12 3 1 7 5 16

Thickness (m): 0.8 1.6 5.1 6.0 17.3
Standard deviations (m): 0.1 0.1 0.6 0.5 1.8

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus
Vp (m/s): 455 600 702 609 830 1286
Density (gr/cm3): 1.82 1.90 1.95 1.98 2.05 2.17
Vp/Vs ratio: 2.43 2.40 2.34 1.83 1.89 1.89
Poisson: 0.40 0.39 0.39 0.29 0.31 0.31
Shear modulus (MPa): 64 119 175 218 395 1007
Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0 0
0 0

Fundamental mode
Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
4.72568	506.6034
7.44061	387.6764
11.3134	321.7531
15.7052	291.7063
26.7246	267.2549
40.4989	250.4801
49.562	240.047

========== SECTION#4

BEST MODEL

Vs (m/s): 181 250 300 337 440 696
thickness (m): 0.733056 1.59063 5.3913 5.88772 16.4617

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus
Vp (m/s): 445 615 667 601 782 1244
Density (gr/cm3): 1.81 1.90 1.95 1.98 2.05 2.18
Vp/Vs ratio: 2.46 2.46 2.22 1.78 1.78 1.79
Poisson: 0.40 0.40 0.37 0.27 0.27 0.27
Shear modulus (MPa): 59 119 175 225 397 1055
Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0 0
0 0

dispersion curve (frequency - velocity)

Fundamental mode)
best model

F(Hz)	VR(m/s)
4.72568	505.4637
7.44061	387.831
11.3134	321.9966
15.7052	291.8644
26.7246	267.1404
40.4989	250.6674
49.562	240.2998

========== SECTION#5

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 30 m

Inversion quality: very good

Vs30 & VsE (mean model): 360 360 m/s
Vs30 & VsE (best model): 361 361 m/s

========== SECTION#6

For Italian Users:
Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018:
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 pari a 3 m.
B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per

la definizione delle azioni sismiche.

Results saved in the folder "C:\Users\geode\Desktop\IN_CORSO\GEOVIT\ACEA INFRASTRUCTURE - Montecompatri_Colonna - OdS 28\geofisica\MASW3\output_1obs".

==========
winMASW® - Surface Waves & Beyond
www.winMASW.com

Number of models used to define the mean model: 47
Analyzing phase velocities

REPORT MASW4

```
========================================================= SECTION#1
dataset: MonteComp_M4_S4D1C1.sgy
sampling (ms): 1
minimum offset (m): 4
geophone spacing (m): 1
offsets (m): 4   5   6   7   8   9  10  11  12  13  14  15  16  17  18  19  20
21  22  23  24  25  26  27
dispersion curve: pick2.cdp
Number of individuals: 64
Number of generations: 61

Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing phase velocities

search space (minimum Vs): 63           154           189           231
 343
search space (maximum Vs): 117  286  351  429  637

search space (minimum Poisson): 0.28052     0.28084     0.26132     0.18859
0.18768
search space (maximum Poisson): 0.499       0.499     0.48531     0.35024
0.34856

search space (minimum Qs): 5.6         12.6         16.1         19.6
28.7
search space (maximum Qs): 10.4         23.4         29.9         36.4
53.3

search space (minimum reference frequency): 1
search space (maximum reference frequency): 49.614

search space (minimum thickness): 0.28        1.05        3.15         4.2
search space (maximum thickness): 0.52        1.95        5.85         7.8

output folder: C:\Users\geode\Desktop\IN_CORSO\GEOVIT\ACEA INFRASTRUCTURE -
Montecompatri_Colonna - OdS 28\geofisica\MASW4\output_1obs



========================================================= SECTION#2
Rayleigh-wave analysis
Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -11.8106
-1.04738
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -10.6697
-0.998589
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -9.1713
-0.99859
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -9.0801
-0.99864
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -6.9977
-0.99865
```

```
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -8.192
-0.99862
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -7.7303
-0.99863
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -7.0412
-0.99861
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -6.4038
-0.9986
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -6.3731
-0.99862
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -6.9675
-0.69479
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -6.7017
-0.69478
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -7.3915
-0.69479
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -7.8558
-0.69479
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -7.6422
-0.69477
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -7.7829
-0.69478
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -7.0553
-0.69479
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -6.5135
-0.69478
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -7.5099
-0.69477
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -7.2243
-0.69479
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -6.979
-0.69478
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -6.4839
-0.69478
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -7.5722
-0.69477
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -7.2914
-0.69478
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -6.9745
-0.69478
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -7.8439
-0.69477
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -7.2894
-0.69479
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -6.1785
-0.69478
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -5.905
-0.69478
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -6.4363
-0.69478
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -6.6936
-0.69479
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits: -6.395
-0.69477
```

```
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits: -5.5577
-0.69477
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits: -4.766
-0.69478
Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits: -4.5323
-0.69479
Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits: -5.6463
-0.69478
Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits: -5.5218
-0.69478
Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits: -5.9155
-0.69478
Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits: -5.892
-0.69478
Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits: -5.9924
-0.60829
Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits: -6.7106
-0.60829
Optimizing Vs & Thickness - generation: 42; average & best misfits: -5.6956
-0.60829
Optimizing Vs & Thickness - generation: 43; average & best misfits: -5.0038
-0.60829
Optimizing Vs & Thickness - generation: 44; average & best misfits: -4.9218
-0.60829
Optimizing Vs & Thickness - generation: 45; average & best misfits: -6.6981
-0.60829
Optimizing Vs & Thickness - generation: 46; average & best misfits: -7.1745
-0.60829
Optimizing Vs & Thickness - generation: 47; average & best misfits: -6.1651
-0.60829
Optimizing Vs & Thickness - generation: 48; average & best misfits: -6.0706
-0.60829
Optimizing Vs & Thickness - generation: 49; average & best misfits: -6.2346
-0.60829
Optimizing Vs & Thickness - generation: 50; average & best misfits: -6.5679
-0.60829
Optimizing Vs & Thickness - generation: 51; average & best misfits: -6.6799
-0.60829
Optimizing Vs & Thickness - generation: 52; average & best misfits: -7.0876
-0.60829
Optimizing Vs & Thickness - generation: 53; average & best misfits: -7.0295
-0.60829
Optimizing Vs & Thickness - generation: 54; average & best misfits: -6.3889
-0.60829
Optimizing Vs & Thickness - generation: 55; average & best misfits: -5.5898
-0.60829
Optimizing Vs & Thickness - generation: 56; average & best misfits: -6.2947
-0.60829
Optimizing Vs & Thickness - generation: 57; average & best misfits: -7.3565
-0.60829
Optimizing Vs & Thickness - generation: 58; average & best misfits: -7.092
-0.60829
Optimizing Vs & Thickness - generation: 59; average & best misfits: -7.3481
-0.60829
```

```
Optimizing Vs & Thickness - generation: 60; average & best misfits: -7.1814
-0.60829
Optimizing Vs & Thickness - generation: 61; average & best misfits: -7.4967
-0.60829
Forcing search space - new search space

search space (minimum Vs): 48.62398         145.2         178.2         217.8
     323.4
search space (maximum Vs): 117         294.8         361.8         442.2
656.6

search space (minimum Qs): 6      9.83493      11.6595      19.4226         28.7
search space (maximum Qs): 11.3564         23.4         29.9      39.4337
64.0316

search space (minimum reference frequency): 0.66
search space (maximum reference frequency): 49.614

search space (minimum Poisson): 0.25557      0.2648     0.20244     0.17859
0.18768
search space (maximum Poisson): 0.497       0.497     0.48531      0.3626
0.45412

search space (minimum thickness): 0.25872     0.79915      3.1172      3.6613
search space (maximum thickness): 0.52528        1.95      6.3288         7.8


Now a finer search around the most promising search space area


second run [2D-SuPPSALA]: 1 out of 1
Rayleigh-wave analysis
Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -13.0052
-0.608311
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -11.8022
-0.6083
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -10.334
-0.608309
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -10.6652
-0.608313
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -9.8225
-0.6083
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -9.7294
-0.60829
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -9.3181
-0.6083
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -9.4055
-0.60828
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -8.7292
-0.53913
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -7.0759
-0.53912
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -8.3748
-0.53912
```

```
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -7.5194
-0.53912
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -7.3872
-0.53913
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -9.5055
-0.53913
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -8.8925
-0.53912
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -8.1577
-0.53913
Number of models considered to calculate the average model: 27


#################################################################
RESULTS
#################################################################

Dataset: MonteComp_M4_S4D1C1.sgy
Analyzed curve/spectrum: pick2.cdp

ans =

   1.0e+05 *

    2.0689
    2.2097
    2.3347
    2.4711
    2.8749
    3.3244
    3.8622
    4.1644


ans =

   1.0e+05 *

    2.0614
    2.2048
    2.3306
    2.4670
    2.8692
    3.3157
    3.8567
    4.1621



========================================================= SECTION#3

Analyzing Phase Velocities

Analyzing Rayleigh-Wave Dispersion
```

```
==================================================================
MEAN MODEL

Vs (m/s):                  76  220  270  330  490
Standard deviations (m/s): 10   1   1   2   0

Thickness (m):            0.4         1.3         4.8         5.6
Standard deviations (m): 0.0         0.1         0.2         0.4


Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus
Vp (m/s):                  180  540  521  588  992
Density (gr/cm3):            1.58    1.86    1.92    1.97    2.08
Vp/Vs ratio: 2.37     2.45     1.93     1.78     2.02
Poisson: 0.39    0.40    0.32    0.27    0.34
Shear modulus (MPa): 9         90        140        215        500
Estimated static shear modulus (MPa): 0          0          0          0
 0


Fundamental mode
Mean model
 f(Hz)       VR(m/s)
4.72683      416.2066
7.84178      385.6685
11.1564      331.5652
14.4311      286.9227
23.3766      246.7001
31.9227      233.0601
41.1478      220.4833
 49.614      206.1428


========================================================== SECTION#4

BEST MODEL

Vs (m/s): 74  220  270  330  490
thickness (m): 0.392      1.3273       4.723      5.5474

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus
Vp (m/s):                  208  552  523  588  993
Density (gr/cm3):            1.57    1.86    1.92    1.97    2.08
Vp/Vs ratio: 2.81     2.51     1.94     1.78     2.03
Poisson: 0.43    0.41    0.32    0.27    0.34
Shear modulus (MPa): 9         90        140        215        500
Estimated static shear modulus (MPa): 0          0          0          0
 0


dispersion curve (frequency - velocity)

Fundamental mode)
```

best model

F(Hz)	VR(m/s)
4.72683	416.4362
7.84178	386.2246
11.1564	332.4436
14.4311	287.4904
23.3766	247.1065
31.9227	233.4697
41.1478	220.9736
49.614	206.89

========== SECTION#5

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 30 m

Inversion quality: very good

Vs30 & VsE (mean model): 365 365 m/s
Vs30 & VsE (best model): 364 364 m/s

========== SECTION#6

For Italian Users:
Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018:
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 pari a 3 m.
B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

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

```
Results saved in the folder "C:\Users\geode\Desktop\IN_CORSO\GEOVIT\ACEA
INFRASTRUCTURE - Montecompatri_Colonna - OdS 28\geofisica\MASW4\output_1obs".


=====================================================================
winMASW® - Surface Waves & Beyond
www.winMASW.com

Number of models used to define the mean model: 27
Analyzing phase velocities
```

Allegato 3 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Foto 1: Esecuzione prova penetrometrica dinamica DPSH1.

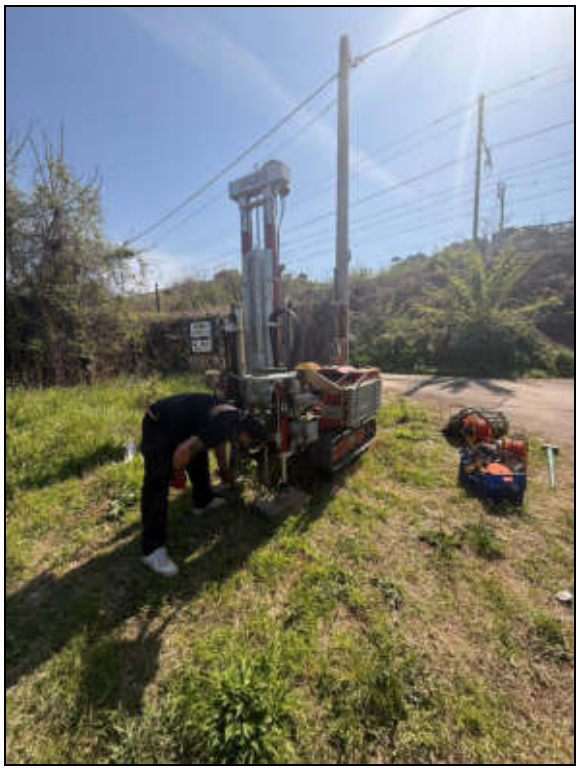


Foto 2: Esecuzione prova penetrometrica dinamica DPSH2.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Foto 3: Esecuzione della stesa di sismica attiva MASW1.

Foto 4: Esecuzione della stesa di sismica attiva MASW2.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Foto 5: Esecuzione della stesa di sismica attiva MASW3.

Foto 6: Esecuzione della stesa di sismica attiva MASW4.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Foto 7: Esecuzione della stesa di sismica attiva MASW5.

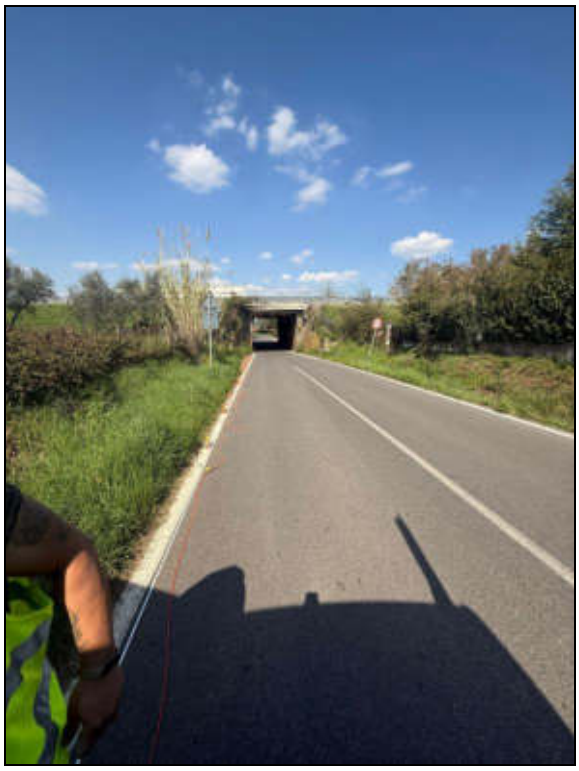


Foto 8: Esecuzione della stesa di sismica attiva MASW6.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Foto 9: Esecuzione della stesa di sismica attiva MASW7.

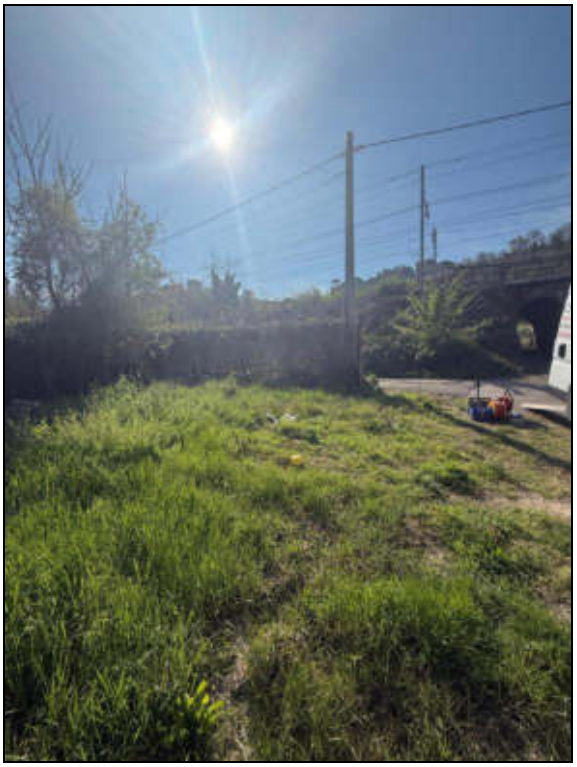


Foto 10: Misura di microtremori con tecnica HVSR T1.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Foto 11: Misura di microtremori con tecnica HVSR T2.

Foto 12: Misura di microtremori con tecnica HVSR T3.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

Foto 13: Misura di microtremori con tecnica HVSR T4.

Geovit s.r.l.
Via Piave, 15A - 01100 VITERBO - Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944 - P.IVA 01416400560
email info@geovit.eu PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it