resGEO
studio associato di geologia

via E. Fico, 32/1 - 16039 Sestri Levante (GE)
tel 0185 - 42685 email info@resgeo.it

COMUNE DI COGORNO
(Città Metropolitana di Genova)

PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA
DELL'INTERVENTO DI MITIGAZIONE RISCHIO IDRAULICO
TRATTO TERMINALE RIO RONDANEA IN LOC. PANESI

RELAZIONE GEOLOGICA
D.M. 17 gennaio 2018 (NTC 2018)

COMMITTENTE: Comune di Cogorno

PREPARATO DA	CONTROLLATO DA
Dott. Geol. BARBARA MUSANTE A.P. n. 430 data iscr. 22-02-2000 — ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA dott. geol. Barbara Musante	Dott. Geol. GIOVANNI RIZZI A.P. n. 129 data iscr. 19-6-1985 — ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA Dott. geol. Giovanni Rizzi

Sestri Levante, aprile 2022	EMISSIONE: finale	REVISIONE: 0

resGEO
studio associato di geologia

COMUNE DI COGORNO

CITTA' METROPOLITANA DI GENOVA

PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA

DELL'INTERVENTO DI MITIGAZIONE RISCHIO IDRAULICO

TRATTO TERMINALE RIO RONDANEA IN LOC. PANESI

RELAZIONE GEOLOGICA

D.M. 17 GENNAIO 2018 (NTC 2018)

COMMITTENTE: *COMUNE DI COGORNO*

PROGETTISTA: *B3S - STUDIO TECNICO ASSOCIATO*
ING. SERGIO BRIZZOLARA & ING. STEFANO STURLA

Via E. Fico 32/1 – 16039 SESTRI LEVANTE (GE)
Tel 0185-42685 info@resgeo.it

INDICE DEI CAPITOLI

1. PREMESSE
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO
3. MODELLO GEOLOGICO DEL COMPARTO
   3.1 GEOLOGIA
   3.2 GEOMORFOLOGIA
   3.3 IDROGEOLOGIA
4. SONDAGGI GEOGNOSTICI
   4.1 STRATIGRAFIE
   4.2 PROVE IN SITU: STANDARD PENETRATION TEST
   4.3 PROVE DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO VARIABILE
5. ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO
6. PROSPEZIONI SISMICHE
   6.1 SISMICA A RIFRAZIONE
   6.2 MASW
   6.3 RISULTATI
   6.4 DETERMINAZIONE DEL PARAMETRP Vseq
7. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPERPESANTI DPSH
8 ANALISI DEI TERRENI
   8.1 CARATTERISTICHE DI RESISTENZA AL TAGLIO
   8.2 CARATTERISTICHE DI DEFORMABILITA'
      8.2.1 MODULI ELASTICI DINAMICI
      8.2.2 MODULI ELASTICI OPERATIVI
9. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEL SUSBSTRATO ROCCIOSO
10. MODELLO GEOLOGICO
11. MODELLO GEOTECNICO
12. CARATTERIZZAZIONE SISMICA
13. CRITICITA' ALLA LIQUEFAZIONE
14. GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE SCAVO
15. CONCLUSIONI

ALLEGATI GRAFICI

TAV. 1: COROGRAFIA

TAV. 2: CARTA GEOLOGICA (ISPRA PROGETTO CARG)

TAV. 3: PLANIMETRIA DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

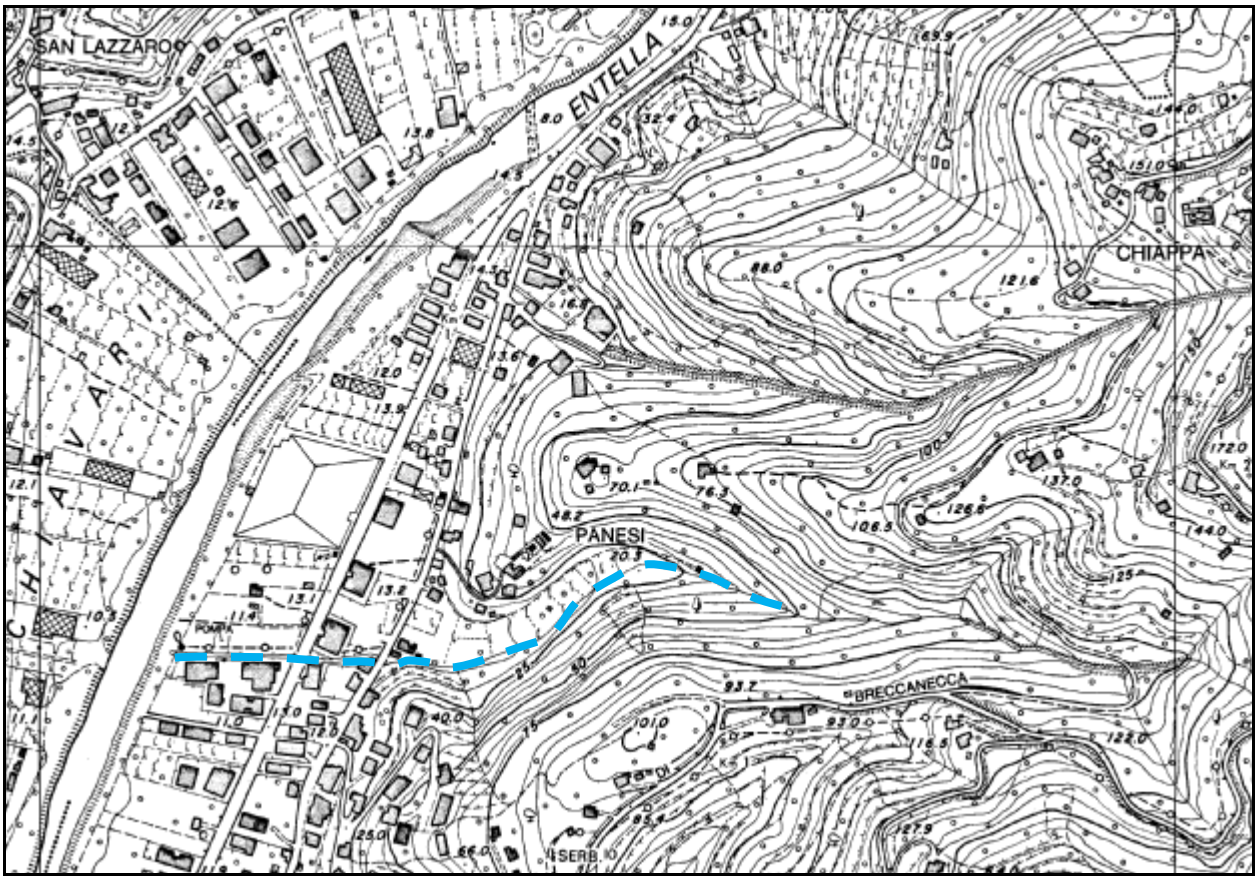
TAV. 4: RAPPORTO INDAGINI GEOGNOSTICHE

TAV. 5. PLANIMETRIA TECNICA

TAV. 6: PROFILO GEOLOGICO - GEOTECNICO

1. PREMESSE

E' stato ricevuto incarico dal Comune di Cogorno, di effettuare un'indagine geologica a supporto della progettazione definitivo - esecutiva inerente la messa in sicurezza idraulica del tratto terminale del rio Rondanea in località Panesi nel territorio comunale di Cogorno (GE).



Tav. 1: Corografia con indicazione del tratto di rio Rondanea in oggetto

Obiettivo delle indagini è stato quello di ricostruire il "modello geologico" del contesto considerato e dell'immediato intorno, tenendo conto dei principi dettati dal D.M. 17 gennaio 2018 (NTC 2018) e delle fasi progettuali in cui si opera.

Premesso che nell'area d'indagine sono state eseguite campagne geognostiche pregresse a corredo di altri interventi, a supporto delle attuali fasi progettuali sono stati eseguiti i seguenti

ulteriori approfondimenti di indagine e geognostici:

- ANALISI DATI BIBLIOGRAFICI
- RILEVAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO
- RILEVAMENTO GEOMECCANICO
- N° 3 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO
- APPRONTAMENTO DI N°2 TUBI PIEZOMETRICI
- PROVE GEOTECNICHE IN SITU
- PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO
- PROSPEZIONI SISMICHE
- N°2 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPERPESANTI (DPSH)

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il tracciato di interesse è posto ad una quota compresa tra circa 10-18m slm.

La connotazione morfologica dell'area d'intervento è ascrivibile all'ampia piana alluvionale associata al fiume Entella interdigitata alla conoide alluvionale del rio Rondanea.

Proseguendo in direzione monte lungo il corso d'acqua si arriva alla transizione con i rilievi collinari che costituiscono il versante orografico sinistro del fiume Entella.

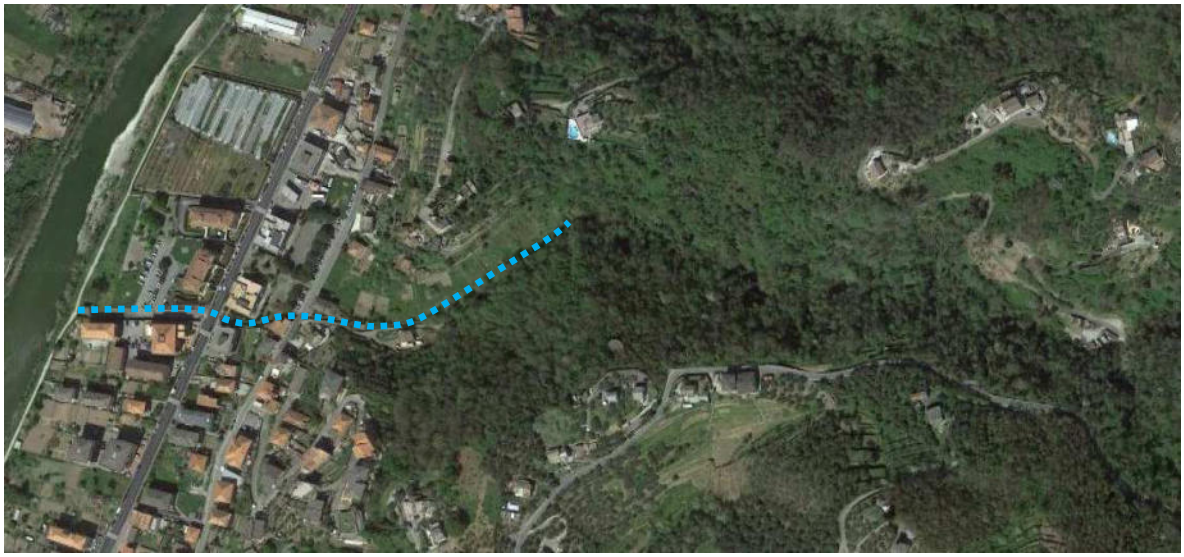


Foto 1: - foto area di interesse (Google maps)

Per quanto riguarda l'assetto Normativo – Geologico vigente sull'area si richiama la relazione geologica preliminare redatta dagli scriventi e resa nell'anno 2014.

3. MODELLO GEOLOGICO DEL COMPARTO

L'indagine geologica (sl) è stata estesa ad un ambito significativo e modulata in relazione alle caratteristiche dell'opera e del contesto in cui questa si inserisce con l'obiettivo di descrivere il modello geologico che comprende quanto previsto al § 6.2.1 delle NTC, pervenendo ad una ricostruzione geologica adeguata ed utile per la caratterizzazione e la modellazione geotecnica del sottosuolo. Gli studi sono stati svolti per condurre ad una valutazione delle pericolosità geologiche presenti e finalizzati alla definizione della compatibilità geologica con gli interventi da realizzare.

3.1 Geologia

Lo schema geologico a scala territoriale propone una serie sedimentaria a contatto con le rocce verdi sul limite occidentale della zona ofiolitica della Val Graveglia e del Bargonasco, nell'entroterra della costa compresa tra Lavagna e Sestri Levante.

In corrispondenza di tale limite compaiono di volta in volta i vari tipi di ofioliti sottoposte ai diaspri e ai calcari a Calpionelle tipo maiolica, entrambi strettamente associati al primo termine della serie.

La serie geologica degli affioramenti ofiolitici di val Graveglia-Bargonasco è costituita, a partire dal termine più antico, da serpentiniti, gabbri, basalti, ai quali seguono appunto i diaspri ed i calcari a Calpionella.

La serie cretacea, costituita da diversi livelli di Argilloscisti, Ardesie, Arenarie di M.te Ramaceto (compresa tra il Titoniano-Berriasiano e il Turoniano), si estende verso l'alto in continuità con la serie precedente e si sviluppa arealmente verso Ovest e Sud-Ovest a partire dal limite suddetto, modellando anche i rilievi retrostanti le cittadine di Lavagna, Cogorno e Chiavari.

La continuità della serie sedimentaria si interrompe in prossimità della Collina delle Grazie (Chiavari) e lungo l'incisione del retrostante rio Campodonico (affluente di destra del torrente Rupinaro) per l'affioramento della Formazione dei Flysch di Monte Antola, costituita da alternanze ritmiche di banchi calcareo-marnosi, arenarie micacee, argilloscisti e strati argilloso-marnosi.

Il settore di specifico interesse è ubicato sulla sponda orografica sinistra del Fiume Entella, e la sua ossatura litologica è caratterizzata dal contatto tra gli Scisti Manganesiferi e la Formazione delle Ardesie di Monte Verzi (Tav. 2, Carta Geologica – ISPRA).

In particolare gli scisti manganesiferi probabilmente costituiscono il substrato su cui giace il materasso alluvionale in prossimità del fiume Entella mentre le Ardesie caratterizzano la restante parte limitrofa del bacino.

La Facies degli Scisti è costituita sostanzialmente da scisti argillosi lamellari sottili, talora brillanti, di colore grigio-verde prevalente, con tonalità giallognola per alterazione, generalmente manganesiferi, spesso intensamente qua e là arrossati sulle superfici di scistosità ed in corrispondenza delle fratture.

La facies degli Scisti argillosi manganesiferi propone potenti pacchi e strati più o meno continui formati da fitte successioni di straterelli, talora pellicolari, a volte minutamente pieghettati, con divisibilità in placche grossolane, in scaglie ed anche in forme prismatiche.

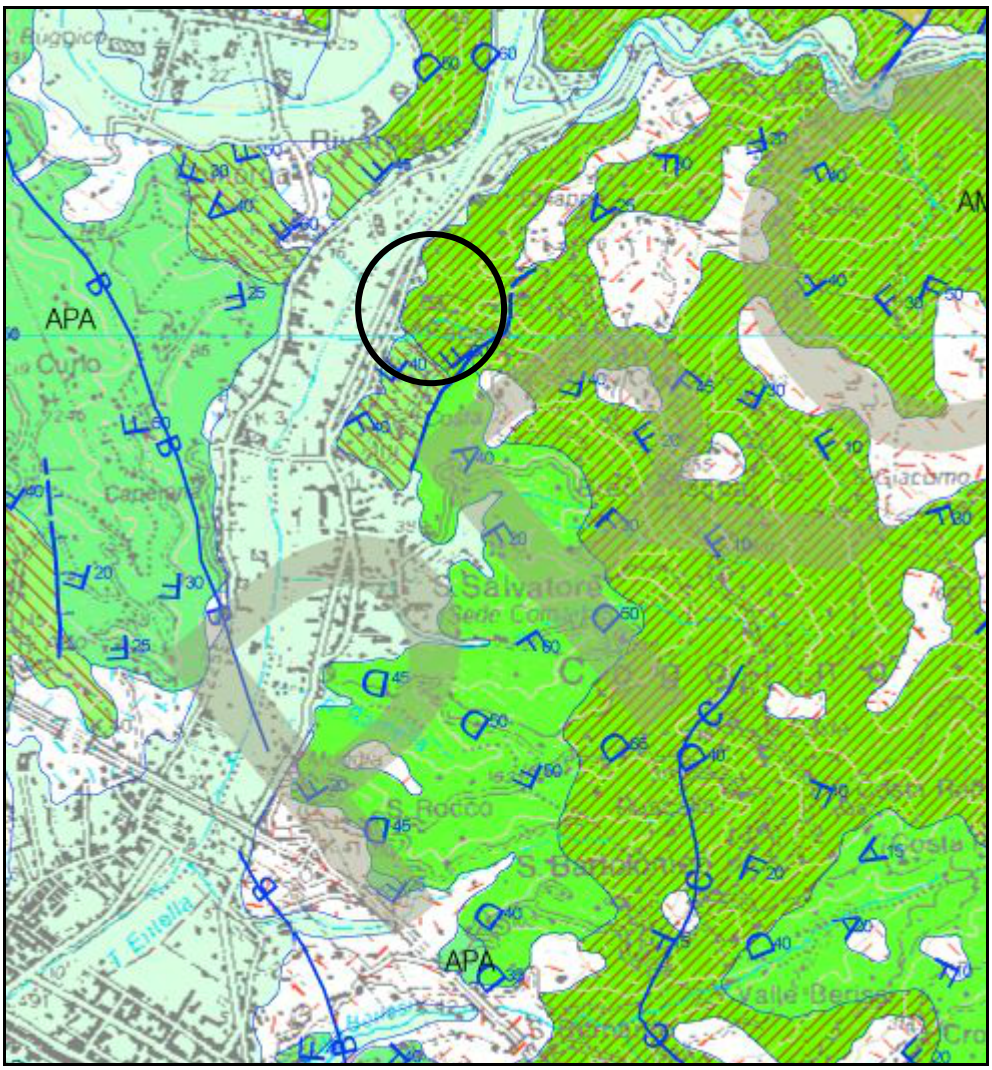
I lineamenti litostratigrafici caratterizzanti la formazione ardesiaca possono invece essere utilmente richiamati dalla bibliografia (cfr. R. Terranova, 1966):

- Ardesie, scisti marnoso-ardesiaci e scisti argilloso-marnosi, di colore grigio-nero al taglio e biancastro sulle superfici esposte, a grana molto fine o spesso privi di grana, taglienti alla rottura, dotati di fittissima scistosità per cui divisibili in lastre sottilissime; formano strati di potenza assai variabile, da pochi centimetri a diversi metri, fino ad una decina di metri, nei quali i piani di scistosità sono generalmente obliqui rispetto ai piani di stratificazione, con valori angolari più frequenti intorno a 20°-30°, qualche volta superiori soprattutto in corrispondenza di zone particolarmente tettonizzate.

- Arenarie, costituite in grande prevalenza da quarzo e mica, con cemento argilloso e argilloso-siliceo, a volte debolmente marnoso; la grana è fine, talora finissima soprattutto nei banchetti più sottili; formano strati di potenza più frequente intorno ad alcuni decimetri, a volte superiore al metro; il colore al taglio fresco è grigio-biancastro, sulle superfici esposte assume invece tonalità grigio-brune fino a raggiungere una colorazione giallo-terrosa.

- Scisti argillosi ed argilloso-arenacei, di colori grigio-nero e grigio-verde, a facies lamellare e grossolanamente lastroide i primi ed a facies prevalentemente prismatica i secondi (coltellini); formano strati di potenza molto variabile, da pochi centimetri (con il limite inferiore dato da veli millimetrici) a valori che superano il metro; la colorazione sulle superfici esposte non è molto diversa da quella al taglio fresco.

- Calcareniti massicce, di colore grigio-biancastro ed interessate spesso da vene di calcite; formano strati di potenza variabile, talora superiore al metro, che si accompagnano talvolta con l'arenaria a costituire intercalazioni nell'ambito della formazione.



DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI

b — Depositi alluvionali prevalentemente grossolani, costituiti da ghiaie e ciottolami con limi e sabbie, spessc frammisti a clasti poco elaborati.
OLOCENE

DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI

b_1 — Depositi alluvionali prevalentemente grossolani, costituiti da ghiaie e ciottolami con limi e sabbie, spesso frammisti a clasti poco elaborati, distribuiti in un unico ordine con un dislivello massimo di circa dieci m e-tri dall'attuale livello dei corsi d'acqua.
PLEISTOCENE SUP? – OLOCENE

ARDESIE DI MONTE VERZI

AMV — Torbiditi marnose in strati e banchi con caratteristica scistosità ardesiaca intercalate ad argilliti grigie e torbiditi siltoso-arenacee in strati da sottili a medi, localmente prevalenti.

AMV_a — Litofacies arenacea: torbiditi arenacee in strati e banchi alternate ad argilliti grigie scure e a marne ardesiache in strati da spessi a molto spessi (arenarie di Cogorno-Cavi, AMV_a).
CAMPANIANO SUP. - MAASTRICHTIANO INF. p.p.

TAV. 2: Stralcio di Carta geologica (ISPRA – PROGETTO CARG)

3.2 Geomorfologia

L'area d'intervento è caratterizzata da una morfologia pianeggiante fino al raggiungimento delle prime pendici collinari che delimitano la piana in direzione circa Est.

Allontanandosi dall'alveo attivo del fiume Entella il materasso alluvionale, pluridecametrico, si riduce in spessore e in prossimità dei versanti risulta intercalato alle coltri colluviali originate dalla normale dinamica delle porzioni di territorio in rilievo.

3.3 Idrogeologia

Sotto il profilo idrogeologico i sedimenti e le coltri, oggetto di rimaneggiamento superficiale attuato in epoca storica e recente, propongono una "permeabilità primaria per porosità", variabile in funzione della loro granulometria e dello stato di addensamento.

Il substrato roccioso è generalmente classificato da semipermeabile a permeabile in funzione del grado di alterazione/fratturazione e della presenza di materiale di riempimento all'interno delle discontinuità. La falda idrica è stata rilevata alle seguenti profondità: -7.30m da pc in Pz1 (S1) e -4.80m da pc in Pz2 (S2) nel mese di giugno 2022.

4. SONDAGGI GEOGNOSTICi

Come già riferito in premessa, sono stati eseguiti n° 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, spinti rispettivamente alle seguenti profondità:

- S1: -15m da pc
- S2: -10m da pc
- S3: -10m da pc

Per l'esecuzione delle prospezioni è stata utilizzata una perforatrice idraulica Beretta T44, montata su cingoli gommati e dotata di centralina separata. Durante l'avanzamento della perforazione, al fine redigere la caratterizzazione geotecnica degli orizzonti investigati, sono state eseguite le

seguenti prove S.P.T. (Standard Penetration Test).

STANDARD PENETRATION TEST

SONDAGGIO S1:

- S1 SPT1 (3,00-3,45m): 2/3/2

-S1 SPT2 (6,00-6,45m): 4/3/4

-S1 SPT3 (9,00-9,45m): 3/3/2

-S1 SPT4 (12,00-12,45m): 2/7/9

-S1 SPT5 (15,00-15,45m): 11/13/15

SONDAGGIO S2:

S2 SPT1 (2,00-2,45m): 9/9/8

-S2 SPT2 (4,00-4.45m): 2/3/2

-S2 SPT3 (6,00-6,45m): 4/5/10

-S2 SPT4 (8.00-8.45m): 14/16/18

-S2 SPT5 (10.00-10.45m): 17/20/22

SONDAGGIO S3:

-S3 SPT1 (3,00-3,45m): 5/3/5

-S3 SPT2 (6,00-6,45m): 2/1/3

-S3 SPT5 (9.00-9.45m): 10/9/11

Sempre durante l'avanzamento della perforazione sono state eseguite prove di permeabilità di tipo "Lefranc". In particolare tale prova consiste nel creare un gradiente idraulico in un tratto di terreno in modo tale che possa essere misurata la tendenza al ristabilirsi dell'equilibrio idraulico (prova a carico variabile).

PROVE LEFRANC A CARICO VARIABILE

- S2 P1 (3.00-4.00m da pc)
- S2 P2 (5.00-6.00m da pc)
- S2 P3 (7.00-8.00m da pc)
- S3 P1 (2.00-3.00m da pc)
- S3 P2 (5.00-6.00m da pc)
- S3 P3 (8.00-9.00m da pc)

4.1 STRATIGRAFIE

L'analisi visuale dei campioni di terreno prelevati mediante il carotaggio, debitamente confrontata con i risultati delle prove di laboratorio, ha consentito la ricostruzione delle sequenze stratigrafiche, di cui si propone di seguito una sintesi.

SONDAGGIO S1			
PROFONDITA' (m)	DESCRIZIONE	K (m/s) PROVE DI PERMEABILITA' LEFRANC	CLASS. U.S.C.S
0.00-3.20	Riporti eterometrici costituiti da ghiaia con sabbia e frazione coesiva, sono presenti frammenti di laterizi. Clasti da subarrotondati a subangolari. Colore bruno chiaro.		S1 C1 (2.4-2.7 m da pc) **GC-GM** Ghiaia limoso argillosa con sabbia
3.20-8.40	Coltri a granulometria prevalentemente fine, sabbia e argilla di bassa plasticità, subordinata la frazione ghiaiosa. Clasti prevalentemente sub angolari. Colore bruno-grigio.		S1 C2 (4.0-4.3m da pc)- **SC** Sabbia argillosa con ghiaia S1 C3 (6.2-6.5m da pc)- **CL** Argilla sabbiosa di bassa plasticità
8.40-14.00	Sedimenti alluvionali a granulometria prevalentemente fine poco plastici con sabbia e rara ghiaia. Colore bruno.		S1 C4 (9.50-9.80m da pc)- **CL** Argilla sabbiosa di bassa plasticità S1 C5 (12.70-13.00m da pc)- **ML** Limo di bassa plasticità
14.00-15.00	Coltre eluviale		

Tab. 4.1.1

SONDAGGIO S2			
PROFONDITA' (m)	DESCRIZIONE	K (m/s) PROVE DI PERMEABILITA' LEFRANC	CLASS. U.S.C.S
0.00-5.00	Riporti eterometrici e coltre costituiti da ghiaia e sabbia con frazione coesiva subordinata. Clasti subangolari. Colore bruno.	S2P1 (3.0-4.0m da pc) $7.1 * 10^{-6}$ (m/s)	S2 C1 (2.4-2.7 m da pc) **GC** Ghiaia argillosa con sabbia S2 C2 (4.60-5.00 m da pc) **GC** Ghiaia argillosa con sabbia
5.00-7.40	Depositi alluvionali costituiti da ghiaia con sabbia e frazione fine subordinata. Clasti prevalentemente sub arrotondati. Colore bruno.	S2P2 (5.0-6.0m da pc) $8.6 * 10^{-7}$ (m/s)	
7.40-10.00	Depositi alluvionali costituiti da ghiaia e sabbia, rispetto al livello precedente aumenta la frazione coesiva. Clasti prevalentemente sub arrotondati. Colore bruno.	S2P3 (7.0-8.0m da pc) $5.9 * 10^{-7}$ (m/s)	S2 C4 (7.40-7.60m da pc)- **GC** Ghiaia argillosa con sabbia S2 C5 (9.50-10.00m da pc)- **SC** Sabbia argillosa con ghiaia

Tab. 4.1.2

SONDAGGIO S3			
PROFONDITA' (m)	DESCRIZIONE	K (m/s) PROVE DI PERMEABILITA' LEFRANC	CLASS. U.S.C.S
0.00-1.80	Terreno agricolo eterometrico, costituito da ghiaia e sabbia con frazione fine subordinata. Colore bruno-chiaro.		
1.80-3.30	Depositi alluvionali costituiti da sabbia con ghiaia e frazione coesiva di natura limosa. Clasti prevalentemente subarrotondati ed in subordine subangolosi. Colore bruno-chiaro.	S3P1 (2.0-3.0m da pc) $8.4 * 10^{-7}$ (m/s)	S3 C1 (2.50-2.70m da pc)- **SM** Sabbia limosa con ghiaia
3.30-9.00	Sedimenti alluvionali costituiti da sabbia con ghiaia e frazione coesiva di natura argillosa. Clasti prevalentemente subarrotondati ed in subordine subangolosi. Colore bruno-chiaro.	S3P2 (5.0-6.0m da pc) $7.5 * 10^{-8}$ (m/s) S3P3 (8.0-9.0m da pc) $7.4 * 10^{-8}$ (m/s)	S3 Ci1 (4.50-5.00m da pc)- **SC** Sabbia argillosa con ghiaia S3 C2 (5.50-5.70m da pc)- **SC** Sabbia argillosa con ghiaia S3 C4 (8.50-8.70m da pc)- **SC** Sabbia argillosa con ghiaia
9.00-10.00	Coltre eluviale		

Tab. 4.1.3

Il substrato roccioso per le profondità indagate non è stato reperito.

Le postazioni S1 e S2 sono state attrezzate con tubo piezometrico in PVC rigido del tipo a circuito aperto con diametro pari a 2".

Come anticipato, il livello della falda idrica, è stato misurato alle seguenti profondità

Piezometro	DATA	LIVELLO FALDA (m da pc)
Pz1	22/6/2022	7.30
Pz2	22/6/2022	4.80

Tab. 4.1.4

4.2 PROVE IN SITU: STANDARD PENETRATION TEST

Ai fini della elaborazione numerica delle prove penetrometriche vengono di seguito riportate le correlazioni utilizzate per ogni parametro in relazione alle caratteristiche dei depositi.

- densità relativa (Dr) : Schultze & Menzenbach (1961)
- peso di volume (γ) : Meyerhof ed altri
- peso di volume saturo (γsat) : Meyerhof ed altri- Terzaghi –Peck
- angolo di attrito efficace di picco (ϕ') : Sowers (1961)
- coefficiente di Poisson (ν) : A.G.I.

SONDAGGIO S1

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Densità relativa (%)	Peso Unità di Volume (t/m³)	Peso Unità di Volume saturo (t/m³)	Angolo d'attrito (°)	Poisson
S1 SPT1	5	3.30	51	1.76	1.88	29.4	0.34
S1 SPT2	7	6.30	45	1.86	1.90	30.0	0.34
S1 SPT3	5	9.30	34	1.76	1.88	29.4	0.34
S1 SPT4	16	12.30	55	2.08	2.29	32.3	0.32
S1 SPT5	28	15.30	61	2.14	2.31	34.0	0.31

Tab. 4.2.1

SONDAGGIO S2

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Densità relativa (%)	Peso Unità di Volume (t/m³)	Peso Unità di Volume saturo (t/m³)	Angolo d'attrito (°)	Poisson
S2 SPT1	17	2.30	95	1.93	1.96	32.8	0.32
S2 SPT2	5	4.30	41	1.54	1.89	29.4	0.34
S2 SPT3	15	6.30	62	1.88	1.95	32.2	0.32
S2 SPT4	34	8.30	73	2.07	2.01	34.9	0.31
S2 SPT5	42	10.30	74	2.12	2.03	36.0	0.30

Tab. 4.2.2

SONDAGGIO S3

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Densità relativa (%)	Peso Unità di Volume (t/m³)	Peso Unità di Volume saturo (t/m³)	Angolo d'attrito (°)	Poisson
S3 SPT1	8	3.30	62	1.66	1.91	30.2	0.34
S3 SPT2	4	6.30	35	1.70	1.87	29.1	0.35
S3 SPT3	20	9.30	64	1.94	1.96	32.9	0.32

Tab. 4.2.3

4.3 PROVE IN SITU: PROVE DI PERMEABILITA LEFRANC A CARICO VARIABILE

Durante le fasi di perforazione sono state eseguite prove Lefranc a carico variabile in funzione delle caratteristiche granulometriche dei depositi, al fine di ricavare la permeabilità al fondo dei fori dei terreni interessati dalla perforazione.

La prova è destinata a misurare la conducibilità idrica del terreno in corrispondenza di un tratto di foro prescelto e si esegue misurando gli assorbimenti e\o gli abbassamenti di acqua all'interno della tasca, di lunghezza pari a 0.50m, creata appositamente. Per l'esecuzione delle prove si è fatto riferimento alle seguenti specifiche tecniche: A.G.I. (1977) – "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche". I risultati ottenuti sono i seguenti:

PROVA	PROFONDITA' (m da pc)	TIPOLOGIA PROVA	K (m/sec)
S2 P1	3.00-4.00	CV	$7.10E^{-6}$
S2 P2	5.00-6.00	CV	$8.56E^{-7}$
S2 P3	7.00-8.00	CV	$5.87E^{-7}$
S3 P1	2.00-3.00	CV	$8.35E^{-7}$
S3 P2	5.00-6.00	CV	$7.47E^{-8}$
S 3P3	8.00-9.00	CV	$7.40E^{-8}$

Tab. 4.3.1

5. ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono stati selezionati campioni di tipo rimaneggiato. semindisturbato e indisturbato, rappresentativi delle coperture attraversate; si specifica che i campioni semindisturbati e rimaneggiati sono stati fasciati mediante pellicola plastica immediatamente dopo l'estrazione in modo da mantenere il contenuto d'acqua naturale proprio del terreno. Sono state eseguite analisi di tipo classificativo (curva granulometrica per setacciatura e Limiti di Atterberg), su n. 1 campione è stata eseguita 1 prova triassiale di tipo non consolidata non drenata (UU) al fine di determinare la coesione non drenata (cu), e su n°2 campioni sono state eseguite prove di taglio diretto CD (Consolidato Drenato) per la determinazioni delle caratteristiche di resistenza al taglio in condizioni drenate.

Si riporta in dettaglio le norme di riferimento relative alle prove eseguite:

- Analisi granulometrica: ASTM D4318-10
- Limiti di consistenza: ASTM D4318-10
- Prova triassiale non consolidata non drenata: ASTM D2850-03a
- Prova di taglio diretto: ASTM D3080-11

I risultati ottenuti vengono proposti sinteticamente nelle tabelle di seguito allegate.

γ	Peso di volume
w	Contenuto in acqua
γ_d	Peso di volume secco
LL	Limite Liquido
IP	Indice di plasticità
Cu	Coesione non drenata
c'	Coesione efficace
ϕ '	Angolo di attrito efficace

SONDAGGIO S1	Campione profondità m da pc	S1 C1 (2.40-2.70)	S1 C2 (4.00-4.30)	S1 C3 (6.20-6.50)	S1 C4 (9.50-9.80)	S1 C5 (12.7-13.0)
	γ (kN/m^3)	-	20.43	-	20.00	-
	w (%)	-	20.10	-	22.37	-
	γd (kN/m^3)	-	17.00	-	16.70	-
	Ghiaia (%)	42.00	25.49	4.36	7.46	0.67
	Sabbia (%)	41.32	32.02	30.26	25.48	13.59
	Fini (%)	16.68	42.49	65.38	67.06	85.74
	LL	19	37	32	34	43
	IP	3	14	11	15	16
	Class. U.S.C.S.	GC-GM	SC	CL	CL	ML
	Cu (kPa)	-	-	-	114.5	-
	ϕ '(°)	-	34.2	-	-	-
	c' (kPa)	-	6.2	-	-	-

Tab. 5.1

SONDAGGIO S2	Campione profondità m da pc	S2 C1 (2.40-2.70)	S2 C2 (4.60-5.00)	S2 C4 (7.40-7.60)	S2 C5 (9.50-10.0)
	γ (kN/m^3)	-	21.06	-	-
	w (%)	-	16.5	-	-
	γd (kN/m^3)	-	18.0	-	-

	Ghiaia (%)	46.61	41.95	30.20	22.61
	Sabbia (%)	28.64	34.83	24.61	33.57
	Fini (%)	24.75	23.22	45.19	43.82
	LL	29	35	45	44
	IP	10	14	18	18
	Class. U.S.C.S.	GC	GC	GC	SC
	Cu (kPa)	-	-	-	-
	ϕ '(°)	-	33.8	-	-
	c' (kPa)	-	7.2	-	-

Tab. 5.2

	Campione profondità m da pc	S3 C1 (2.50-2.70)	S3 CI1 (4.50-5.00)	S3 C2 (5.50-5.70)	S3 4 (8.50-8.70)
SONDAGGIO S3	γ (kN/m^3)	-	-	-	-
	w (%)	-	-	-	-
	γd (kN/m^3)	-	-	-	-
	Ghiaia (%)	18.29	31.28	27.30	22.43
	Sabbia (%)	41.73	41.84	46.80	31.21
	Fini (%)	39.98	26.88	25.90	46.36
	LL	41	32	32	43
	IP	13	12	12	17
	Class. U.S.C.S.	SM	SC	SC	SC
	Cu (kPa)	-	-	-	-
	ϕ '(°)	-	-	-	-
	c' (kPa)	-	-	-	-

Tab. 5.3

6. PROSPEZIONI SISMICHE

Come anticipato, nell'ambito della campagna geognostica complessiva, sono state eseguite indagini geofisiche la cui finalità principale è stata la caratterizzazione sismica dell'area così come previsto da normativa D.M. 17 gennaio 2018 (NTC 2018). In particolare sono stati eseguiti n° 3

stendimenti di tomografia sismica a rifrazione in onde P e MASW, denominate rispettivamente:

- STESA A
- STESA B
- STESA C

L'acquisizione dei dati è stata effettuata mediante sismografo PASI GEA24 a 12 canali. L'energizzazione nel terreno, per la generazione di onde di compressione, è stata ottenuta mediante percussione con massa battente su piastra di acciaio.

6.1 SISMICA A RIFRAZIONE

Lo stendimento di sismica a rifrazione in onde di compressione consente la determinazione di un profilo sismico bidimensionale rappresentativo dell'area di indagine, ovvero di ottenere la distribuzione delle velocità Vp (onde compressionali) in funzione della profondità nel sottosuolo, quindi di estendere le risultanze dirette - ma puntuali - ottenute mediante i sondaggi geognostici. La metodologia cui ci si riferisce è basata sulla generazione di onde rilevate da sensori (geofoni) disposti lungo una linea sismica. Nella tomografia sismica a rifrazione i dati vengono acquisiti nel modo standard della sismica a rifrazione, valutando i primi arrivi delle onde compressionali P. Le dromocrone relative alle diverse energizzazioni vengono dapprima interpretate tramite inversione col metodo del fronte d'onda, considerato il più affidabile e meno approssimato tra i metodi tradizionali di interpretazione della sismica a rifrazione. Il modello ottenuto viene poi utilizzato come modello iniziale dal software di inversione tomografica per ottenere un modello 2D delle velocità delle onde P che si propagano in maniera curvilinea a causa dei gradienti di velocità verticali.

6.2 MASW

Con questa tipologia d'indagine vengono studiate le velocità delle onde superficiali di Rayleigh al variare della frequenza, ricavandone un sondaggio delle velocità Vs delle onde di taglio: tali onde

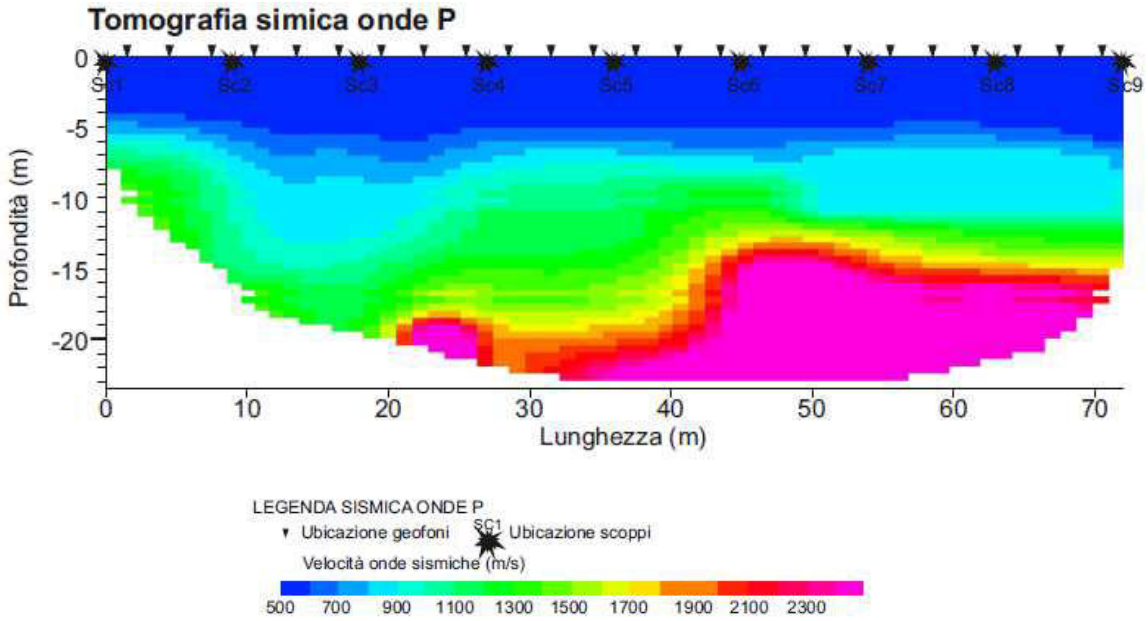
interessano una porzione di terreno fino ad una profondità dell'ordine della metà della loro lunghezza d'onda λ. Una volta ricavate le frequenze relative a diverse lunghezze d'onda tramite trasformata fk, se ne ricava la velocità ottenendo la cosiddetta curva di dispersione f-V.

Da questa, tramite inversione, si ricava l'andamento delle Vs con la profondità, ottenendo quindi un sondaggio verticale.

6.3 RISULTATI

Si riportano in sintesi i risultati ottenuti mediante tali indagini:

STESA A



PROFILO IN ONDE S

CLASSIFICAZIONE SISMICA

Strato	Profondità (m) da	a	Vs (m/s)
1	0.0	-2.0	190
2	-2.0	-5.0	230
3	-5.0	-8.0	260
4	-8.0	-12.0	300
5	-12.0	-21.0	400
6	-21.0	-30.0	460

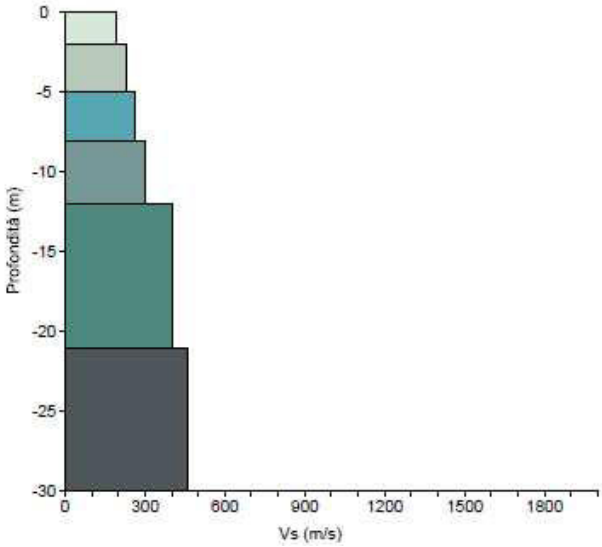
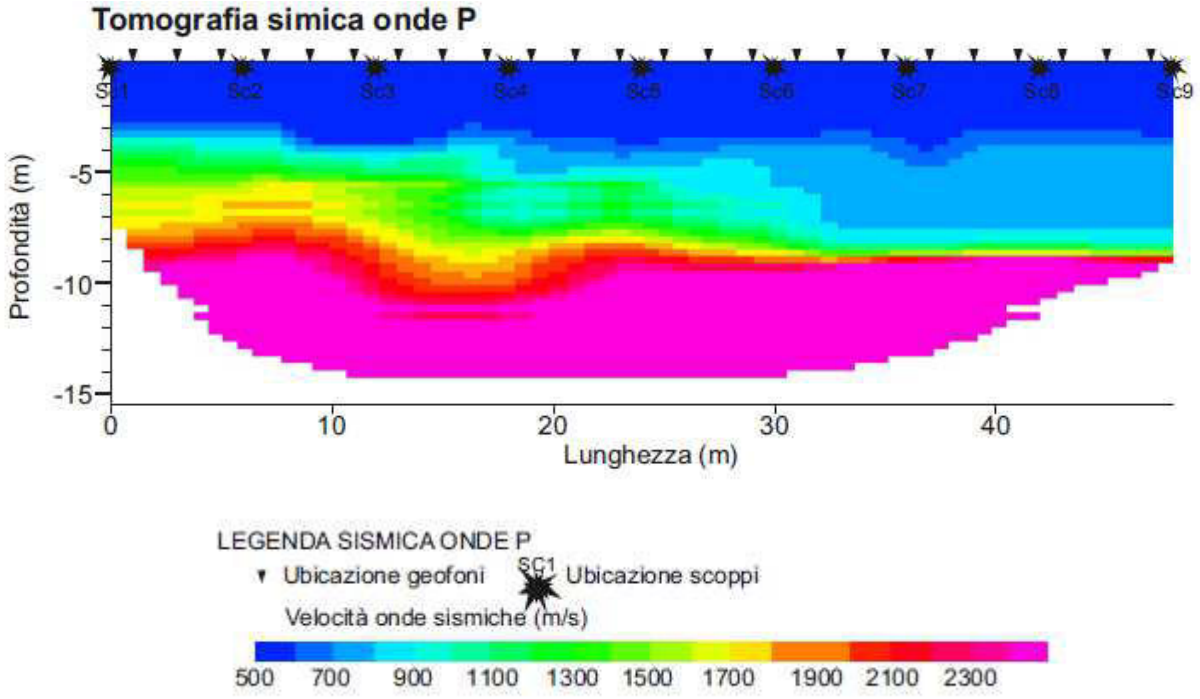


Fig. 6.3.1

STESA B



PROFILO IN ONDE S

CLASSIFICAZIONE SISMICA

Strato	Profondità (m) da	a	Vs (m/s)
1	0.0	-2.0	220
2	-2.0	-5.0	300
3	-5.0	-12.0	380
4	-12.0	-21.0	740
5	-21.0	-30.0	780

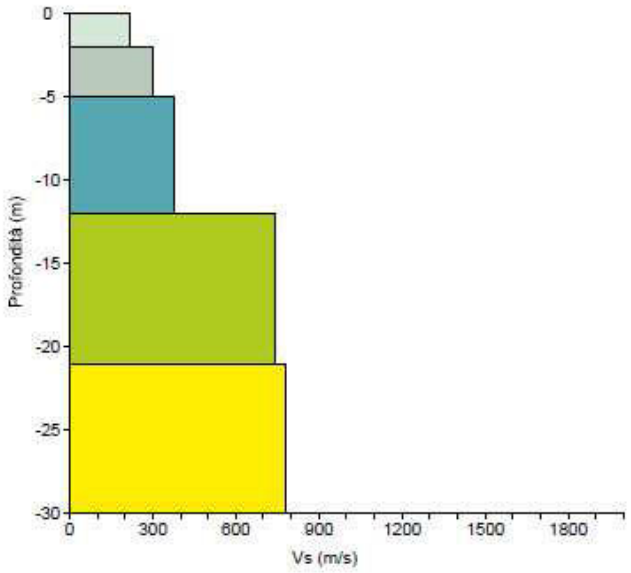
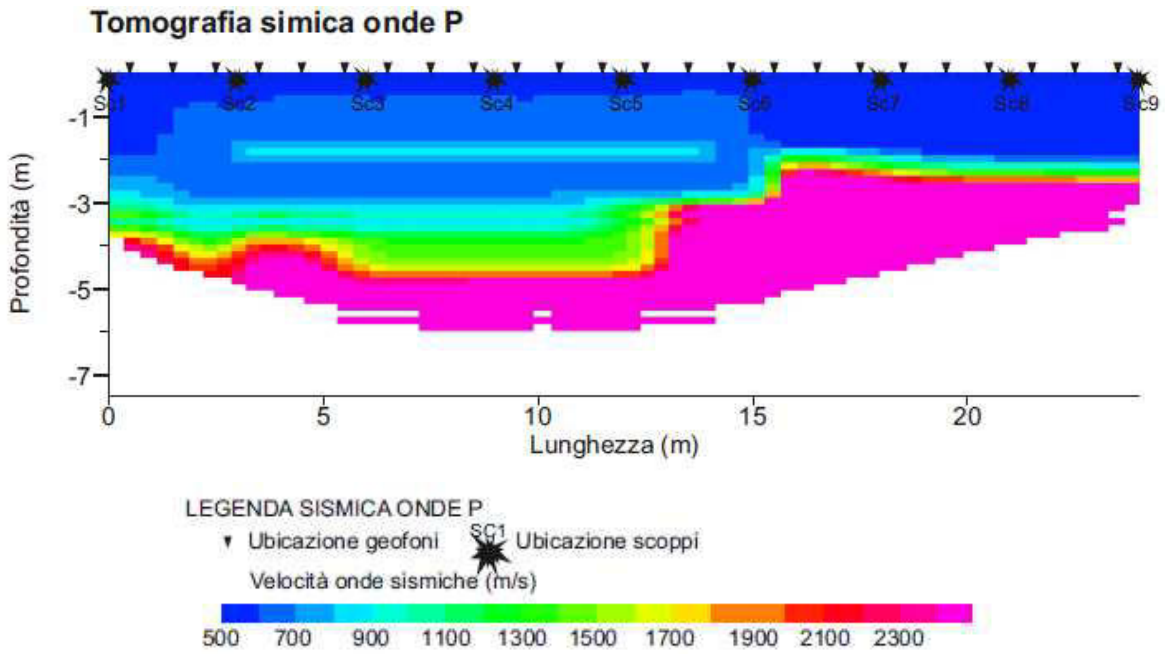


Fig. 6.3.2

STESA C



PROFILO IN ONDE S

CLASSIFICAZIONE SISMICA

Strato	Profondità (m) da	a	Vs (m/s)
1	0.0	-2.0	210
2	-2.0	-5.0	290
3	-5.0	-8.0	350
4	-8.0	-12.0	390
5	-12.0	-30.0	420

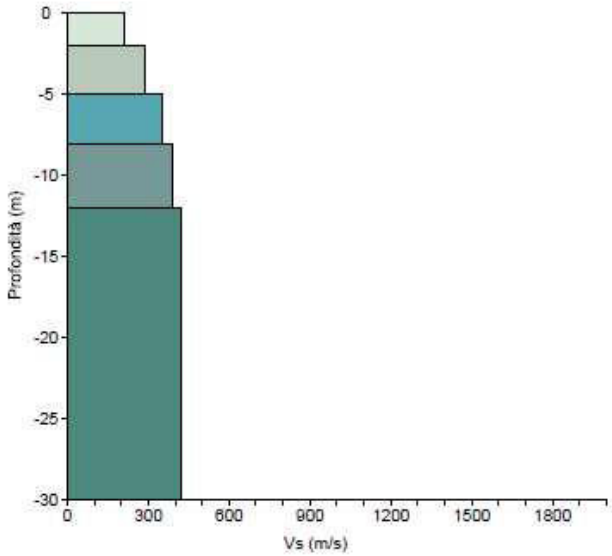


Fig. 6.3.3

6.4 DETERMINAZIONE DEL PARAMETRO VS_{eq}

Il DM 17-01-2018 individua come parametro di riferimento per la classificazione sismica dei suoli la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$ (m/s) che viene calcolato mediante l'espressione:

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

dove hi e Vi indicano rispettivamente lo spessore (m) e la velocità (m/s) delle onde di taglio dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti tra il piano campagna ed il substrato, definito come quella formazione - costituita da roccia o terreno molto rigido - caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 metri, 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.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II delle NTC 2018, di seguito riportata:

I

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

Tab. 6.4.1

Le prove eseguite hanno condotto ai seguenti risultati:

STESA	$V_{S,30}$ (m/s)	$V_{S,eq}$ (m/s)	CAT. (D.M. 17/01/2018)
A	333	333	C
B	490	490	B
C	368	368	B

Tab. 6.4.2

7. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPERPESANTI (DPSH)

Nel tratto di intervento compreso tra la strada provinciale e il fiume Entella non è stato possibile eseguire sondaggi geognostici in quanto presente un campo pozzi per l'approvvigionamento idropotabile. Sono state quindi realizzate n°2 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH) condotte fino alla profondità di -14.7m dal locale p.c., denominate rispettivamente DIN 1 –

DIN 2, che hanno consentito la redazione del modello geologico dell'area e la determinazione dei parametri geotecnici necessari alla progettazione.

Per la realizzazione di tali prove è stato utilizzato un penetrometro Pagani denominato TG 63/73-100 montato su un carro cingolato semovente.

Tale attrezzatura conforme alle norme A.G.I. 1977, presenta le seguenti caratteristiche tecniche:

Peso massa battente	M = 73,00 kg	Angolo d'apertura punta	β = 60°
Peso sistema di battuta	p = 0.63 kg	Lunghezza cadauna asta	La = 0,90 m
Altezza di caduta libera	H = 0.75 m	Peso asta per metro	Ma = 6.20 kg/m
Diametro punta conica	Dp = 51.00 mm	Prof. 1^ aggiunta asta	P1 = 0.30 m
Area base punta conica	Ap = 20.43 cm^2	Penetrazione standard	δ = 0.30 m

Tab. 7.1

Dal numero di colpi (N30) necessari per ogni infissione di 30cm è stata ricavata la resistenza dinamica alla punta Rpd attraverso la formula empirica detta "degli olandesi".

In seguito mediante l'applicazione di correlazioni note in letteratura sono stati calcolati i parametri geotecnici rappresentativi dei livelli individuati mediante correlazione con il valore Nspt (Standard Penetration Test)

Si riportano di seguito i risultati delle elaborazione eseguite:

- densità relativa (Dr) : Schultze & Menzenbach (1961)
- peso di volume (γ) : Meyerhof ed altri
- peso di volume saturo (γsat) : Meyerhof ed altri
- angolo di attrito efficace di picco (ϕ') : Sowers (1961)
- coefficiente di Poisson (ν) : A.G.I.

DIN 1

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m da pc)	Densità relativa (%)	Peso Unità di Volume (t/m³)	Peso Unità di Volume saturo (t/m³)	Angolo d'attrito (°)	Poisson
Riporti	4.1	0.0 / -3.9	45	1.70	1.87	29.1	0.35
Sed. All. granulometria medio-fine	16.4	-3.9 / 14.7	56	1.92	1.96	32.6	0.32

Tab. 7.2

DIN 2

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m da pc)	Densità relativa (%)	Peso Unità di Volume (t/m³)	Peso Unità di Volume saturo (t/m³)	Angolo d'attrito (°)	Poisson
Riporti	1.7	0.0 / -2.1	36	1.54	1.85	28.5	0.35
Sed. All. granulometria medio-fine	12.5	-2.1 / 8.4	58	1.81	1.93	31.5	0.33
Sed. All. granulometria medio-gross.	16.5	-8.4 / 14.7	53	1.92	1.96	32.6	0.32

Tab. 7.3

8. ANALISI DEI TERRENI

Come risulta dalle prove classificative, i terreni prelevati mediante i sondaggi S2 ed S3 presentano caratteristiche granulometrie mediamente omogenee fino a circa -10m da pc, in particolare le frazioni sabbiosa e ghiaiosa non mostrano variazioni con la profondità, tranne una lieve contrazione di ghiaia in S2. La frazione sabbiosa si mostra circa costante con la profondità in tutte le prospezioni. In S1 invece la ghiaia diminuisce significativamente con la profondità.

Per quanto riguarda la frazione coesiva (limo e argilla) mentre S2 e S3 presentano contenuti abbastanza omogenei per la profondità indagata, in S1 aumenta in maniera considerevole.

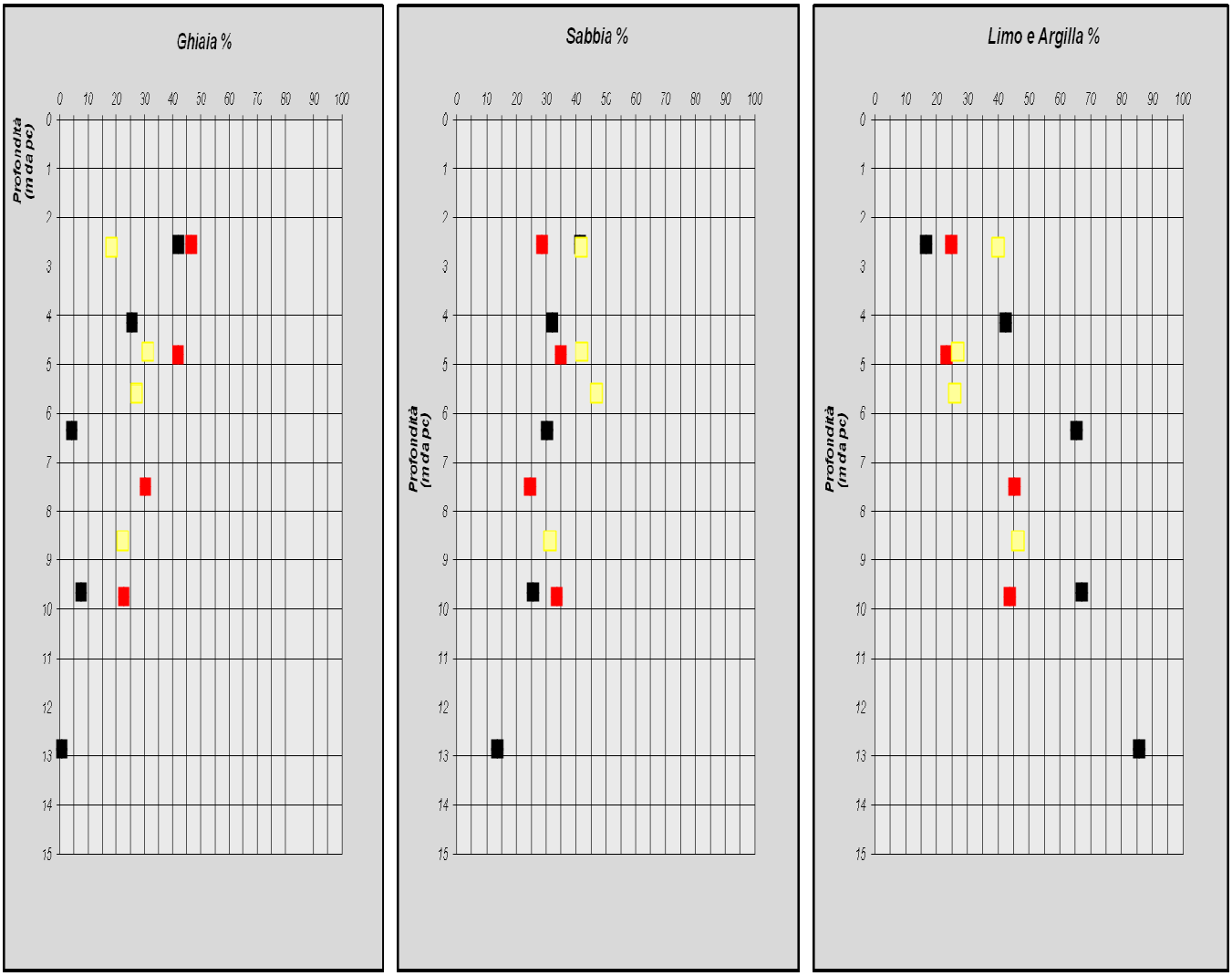
Per facilitare l'analisi dei dati si riportano gli andamenti di ghiaia, sabbia, limo con argilla (P200).

SONDAGGIO S1

SONDAGGIO S2

SONDAGGIO S3

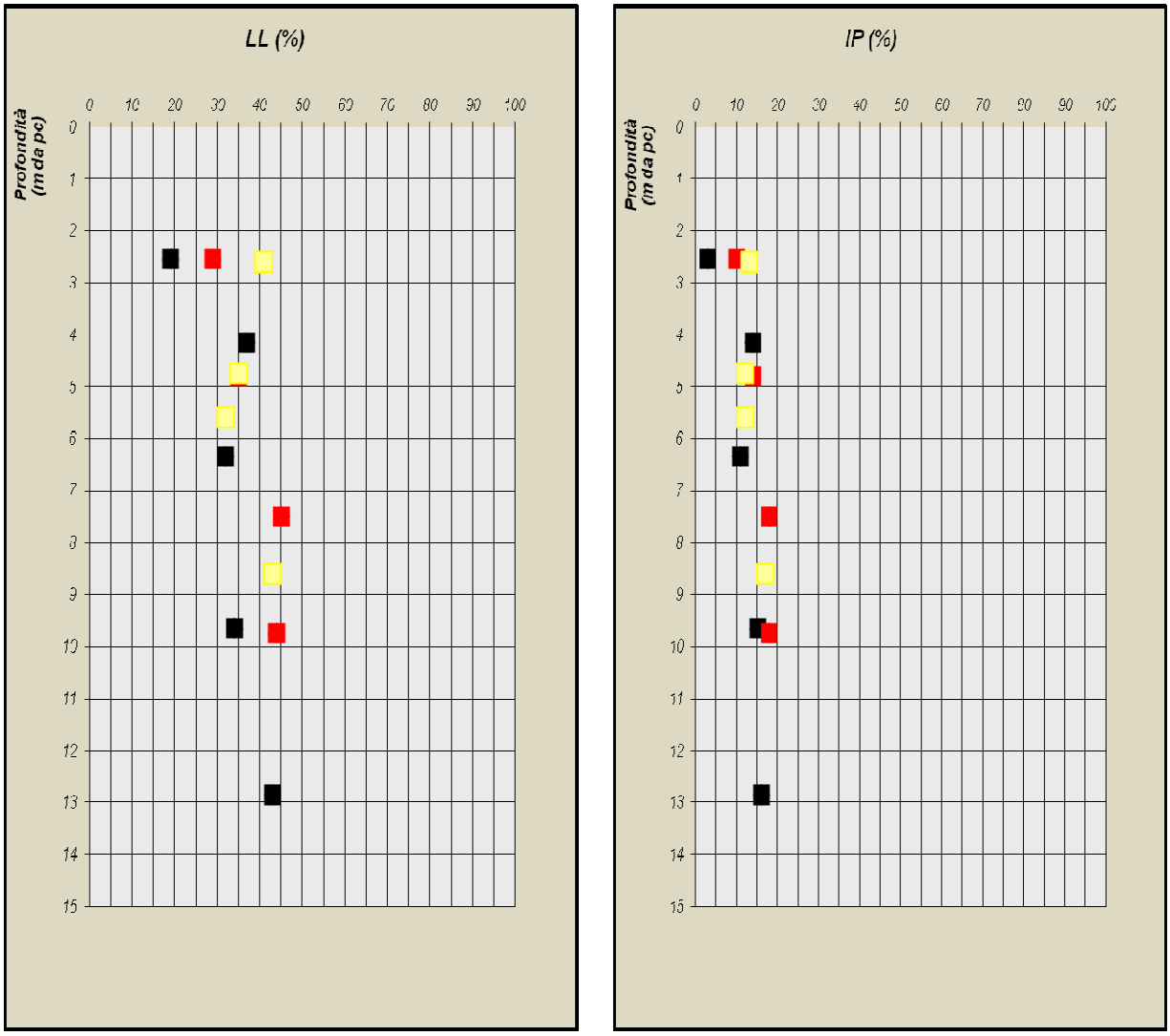
Fig. 8.1



Anche per quanto attiene le caratteristiche di plasticità della frazione coesiva si evidenzia un andamento abbastanza omogeneo e costante con la profondità.

Le differenze riscontrate nei campioni più superficiali sono da imputarsi ai rimaneggiamenti antropici attuati nelle coltri superficiali, sia in relazione all'attività agricola che alla realizzazione delle urbanizzazioni presenti.

Fig. 8.2



8.1 CARATTERISTICHE DI RESISTENZA AL TAGLIO

Data la natura prevalentemente granulare dei terreni indagati si è ritenuto di determinare la resistenza al taglio in condizioni drenate in termini di angolo di attrito efficace di picco ϕ'.

I valori dell'angolo di attrito sono stati calcolati attraverso le prove di laboratorio, le DPSH e le SPT eseguite durante l'avanzamento dei carotaggi. Si specifica tuttavia che stante la presenza di frazione coesiva, la prova SPT tendenzialmente tende a sovrastimare il valore di tale parametro.

Per quanto attiene le caratteristiche di resistenza al taglio non drenata cu, si ricorda che tale parametro non è una proprietà intrinseca del materiale ma è una funzione dello stato del materiale (indice dei vuoti) e di conseguenza deve essere messa in relazione con lo stato iniziale del terreno. Considerata la natura granulare dei depositi si è ritenuto di porre uguale a 0 tale parametro tranne che per il LIVELLO I2b nell'intervallo compreso tra circa -5/-10m da pc il cui valore viene attribuito sulla base dei risultati ricavati dalla prova triassiale UU.

8.2 CARATTERISTICHE DI DEFORMABILITA'

In relazione alle caratteristiche di deformabilità, sono stati calcolati i moduli a piccole deformazioni (deformazioni dell'ordine dello 0,001%) e a deformazioni più elevate proprie della geotecnica (fino all'1%); si ricorda che al crescere della deformazione diminuisce il modulo (legge di degradazione del modulo).

Si precisa inoltre che i moduli sono stati attribuiti ai livelli individuati che verranno esplicati nel modello geotecnico (cfr. cap.11).

8.2.1 MODULI ELASTICI DINAMICI

Sono stati ricavati i moduli elastici dinamici a partire dalle misure delle velocità delle onde P ed S conoscendo il peso di volume ⍰.

Tali moduli possono essere utilizzati per uno stato deformativo pari a circa 0.001%. I valori sono stati calcolati mediante l'applicazione delle seguenti correlazioni:

Modulo di taglio dinamico (ISRM, 2006; Barton, 2007):

$$G_{max} = \gamma Vs^2$$

Modulo di Young dinamico (Barton, 2007):

$$E_{max} = 2\, G_{max}\, (1+\nu)$$

Date le caratteristiche granulometriche dei depositi si è ritenuto opportuno calcolare il modulo edometrico attraverso la seguente relazione:

$$M_{max} = 1.06\, E_{max}$$

Relativamente ai dati di velocità Vp e Vs, come detto ricavati dalle prospezioni sismiche, sono stati mediati i valori individuati per i sismostrati in funzione della stratigrafia determinata attraverso il sondaggio geognostico.

8.2.2 MODULI ELASTICI OPERATIVI

In relazione alla tipologia di intervento si ritiene utile il calcolo dei moduli elastici operativi, ovvero in condizioni di deformazioni più elevate (0.1 - 1%).

Per quanto riguarda la valutazione del decadimento del modulo G in corrispondenza di uno stato deformativo maggiore si forniscono le relazioni sotto riportate (Seed e Idriss, 1970 – Seed et al., 1986) nell'ipotesi di terreni granulari.

G/G_{max}	Sabbie	Ghiaie
def= 0.1%	0.291	0.200
def=0.5%	0.098	0.072
def=1.0%	0.060	0.049

Tab. 8.2.2.1

Nell'ipotesi di terreni di tipo coesivo si può utilizzare la seguente relazione in funzione dell'indice di plasticità (Vucetic e Dobry, 1991):

G/G_{max}	*IP= 15%*
def= 0.1%	0.408
def=0.5%	0.158
def=1.0%	0.096

Tab. 8.2.2.1

Per quanto concerne il modulo E operativo si specifica che:

- per opere che possono raggiungere livelli deformativi fino all'1%, E = Emax/10
- per livelli di deformazioni minori è consuetudine assumere E = Emax/5

Il modulo edometrico M operativo può essere calcolato mediante la seguente correlazione:

$$M = 0.017\, G_{max}^{1.12}$$ *Burns e Mayne (2002)*

9. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEL SUBSTRATO ROCCIOSO

Gli affioramenti presenti nel comparto oggetto di studio, reperiti esternamente all'area direttamente interessata dalla progettazione, hanno consentito l'esecuzione di un dettagliato rilevamento; in particolare la metodologia d'indagine applicata al presente studio è quella tipica prevista per l'esecuzione di un rilievo geomeccanico nel corso del quale è stata rivolta particolare attenzione a registrare tutti i parametri, qualitativi e quantitativi, che concorrono a formare il giudizio di qualità dell'ammasso roccioso mediante l'applicazione di due criteri di classificazione disponibili in letteratura (Bieniawski e GSI) e in definitiva formulare una ragionevole ipotesi preliminare circa il suo comportamento.

Tutti i dati rilevati sono stati raccolti in un'unica stazione di rilevamento ed elaborati congiuntamente.

In particolare sono state registrate le seguenti caratteristiche:

- *Orientazione ed inclinazione dei piani di discontinuità.*
- *Morfologia dei giunti a scala metrica.*
- *Coefficiente di rugosità JRC a scala decimetrica.*
- *Spaziatura dei giunti.*
- *Apertura dei giunti.*
- *Stato di alterazione delle pareti dei giunti.*
- *Eventuale presenza e natura del materiale di riempimento delle discontinuità.*
- *Condizioni idrauliche.*
- *Resistenza della roccia adiacente la superficie dei giunti.*

Relativamente ai due criteri classificativi utilizzati si riportano in sintesi le principali caratteristiche.

Il sistema di Bieniawski consiste nell'attribuzione di valori numerici a parametri qualitatitivi e quantitativi caratteristici, consentendo l'elaborazione dell'indice RMR ricavato mediante la seguente relazione:

$$RMRbase= (A1+A2+A3+A4+A5)$$

- *A1 = valore numerico derivato dalla resistenza della roccia intatta.*
- *A2 = valore numerico derivato dall'indice RQD.*
- *A3 = valore numerico derivato dalla spaziatura delle discontinuità.*
- *A4 = valore numerico derivato dalle condizioni delle discontinuità.*
- *A5 = valore numerico derivato dalle condizioni idrauliche.*

In seguito sono stati calcolati i valori dei parametri geomeccanici rappresentativi mediante l'applicazione delle relazioni:

- Coesione (kPa) = 5*RMRb (Bieniawski).
- Angolo d'attrito (°) = 0.5 * RMRb + 5(Bieniawski).

Per la determinazione del peso di volume saturo si è applicata la seguente relazione (Mayne, 1999-2001), che correla tale parametro alla Vs e alla profondità (z)

$$\gamma_{sat} = 8.32 \log (V_s) - 1.61 \log(z)$$

Per quanto attiene invece l'indice GSI (Geological Strenght Index), secondo il sistema proposto da Hoek nel 1980 e modificato nel corso degli anni, esso fornisce un indice di qualità della roccia in base alle osservazioni esperite in situ.

In relazione alla determinazione dei parametri necessari si specifica quanto segue:

- per il parametro relativo alla resistenza della roccia sono stati utilizzati i valori medi dell'indice di rimbalzo R ottenuti dalle prove sclerometriche eseguite sugli affioramenti, correlati alla resistenza alla compressione uniassiale mediante la relazione di Irfan e Dearman (1978):

$$Su = 0.775R + 21.3$$

- in assenza di carote di sondaggio, il valore di RQD è stato calcolato attraverso la relazione di Palmstrom, che permette di ricavare tale valore dal numero di famiglie di discontinuità e dalla loro spaziatura:

$$RQD = 115 - 3.3\ jv$$

Jv (n° di fratture per m^3 di roccia) = 1/S1 + 1/S2 + 1/S3 + Nr/5

Si = spaziatura della famiglia "i"

Nr = numero di famiglie random eventualmente presenti

- I set delle discontinuità sono stati caratterizzati mediante un'analisi morfologica e qualitativa delle superfici di giunto.

Si riportano quindi i parametri rappresentativi del bedrock in termini di valori mediamente rappresentativi.

I moduli di elasticità sono stati ricavati dalle prospezioni sismiche.

R.M.R. : Rock Mass Rating
GSI : Geological Strenght Index
C : coesione dell'ammasso roccioso
ϕ : angolo di attrito dell'ammasso roccioso
γ: peso di volume unitario
G: modulo di taglio dell'ammasso roccioso (da prospezioni sismiche)
E: modulo di elasticità dell'ammasso roccioso (da prospezioni sismiche)

Bieniawski 1989	Indice medio	Coefficiente medio
A1 Resistenza roccia integra (MPa)	25-50	4
A2 RQD (%)	25-50	8
A3 Spaziatura discontinuità (m)	0.20-0.60	10
A4 Condizioni dei giunti	-	13-18
A5 Condizioni idrauliche	asciutto	15
RMRb		50-55 Classe III MEDIOCRE
GSI		45-50
C (kPa)		250-275
ϕ (°)		30.0-32.5
γ (KN/m^3)		24.0-25.0
G (MPa)		1314-1521
E (MPa)		3680-4259

Tab. 9.1

10. MODELLO GEOLOGICO

Il tratto di piana alluvionale su cui scorre il rio Remigiano si inquadra nel complesso settore correlato con i depositi dell'Entella e dei suoi principali affluenti.

Le ricerche bibliografiche e di archivio permettono di estrapolare utili informazioni sia in ordine all'andamento del paleoalveo che in ordine alla granulometria delle alluvioni sulla piana dell'Entella.

In particolare si possono distinguere vari settori con diverse caratteristiche, sia in senso longitudinale che verticale.

Per quanto attiene la posizione del paleoalveo, le ricerche cui si fa riferimento riferiscono che esso rispecchia più o meno l'andamento dell'alveo attuale, salvo piccole variazioni scarsamente significative soprattutto verso la foce dell'Entella.

In tema di granulometria delle alluvioni, gli studi hanno appurato che in generale esse presentano una forte variabilità longitudinale, probabilmente dovuta sia agli apporti differenziati degli affluenti più importanti (Sturla e Graveglia) sia agli episodi sedimentari strettamente attinenti la paleogeografia della zona.

Quattro chilometri della zona, corrispondente al tratto terminale del bacino, costituiscono una pianura formata dai depositi dell'Entella in età recente, in quanto da fonti storiche si sa che in epoca romana l'Entella formava un estuario all'altezza di S. Salvatore dove i Lapicini ed i Liguri Tiguli avevano le loro basi marittime commerciali.

L'origine fluviale della pianura è messa in evidenza dalla presenza di terrazzi fluviali: ne sono stati riconosciuti due in sponda sinistra, uno nei pressi della Basilica dei Fieschi a 4 km dalla foce ad una quota di circa 30 m slm e l'altro a circa 2 km dalla foce nei pressi del casello autostradale di Lavagna ad una quota prossima alla precedente. Per entrambi la sommità si presenta pianeggiante ed i depositi appaiono cementati senza però alcuna traccia di stratificazione.

Così come è evidente l'origine fluviale della pianura non si può negare il contributo marino nell'ultimo chilometro prima della foce, infatti in questo tratto si ha una prevalenza di depositi limoso-argillosi attribuibili a facies di piana costiera, quasi del tutto assenti nel tratto a monte dove dominano i depositi ghiaioso-sabbiosi.

Per quanto attiene la natura del substrato e la posizione del paleoalveo non sono stati ritrovati risultati di indagini dirette che tarino la natura litologica e la profondità del bedrock. Solo mediante metodi indiretti e specificatamente usufruendo di indagini geoelettriche, in passato sono state ottenute sezioni trasversali alla valle che consentono una quantificazione e definizione al quesito.

Si evince dunque, come già accennato in precedenza, che il substrato presenta una morfologia concava massima in posizione poco eccentrica rispetto all'attuale alveo attivo. La profondità massima sarebbe intorno ai 50 m sotto il greto e le pareti laterali del bedrock risalirebbero ripidamente a collegarsi con gli affioramenti presenti ai piedi dei due versanti orografici opposti.

Ne consegue che il materasso alluvionale presenterebbe potenze assai variabili a seconda della posizione più o meno distante dalla depressione morfologica pseudoassiale "sepolta". Circa la natura litologica del substrato, come precisato in precedenza, essa può essere letta direttamente dalla corrispondenza di litologie sui due opposti versanti orografici.

Riguardo la granulometria delle alluvioni i materiali varierebbero notevolmente a seconda della posizione:

- nel contesto dello sviluppo longitudinale del corso d'acqua
- in profondità
- in senso trasversale

Lo sviluppo longitudinale della piana alluvionale può essere distinto in tre settori, i cui reciproci limiti possono essere sostanzialmente fissati, l'uno con la località Panesi e l'altro con l'abitato di San Salvatore.

Su tale suddivisione, come detto, influiscono in modo preponderante i fattori paleogeografici ed in particolare gli apporti differenziali degli affluenti nonchè i rapporti del corso d'acqua col mare.

Nel primo settore (a monte) prevalgono sedimentazioni grossolane legate al trasporto solido del Graveglia caratterizzato da notevole vivacità di trasporto.

Nel secondo settore (intermedio) è nota l'esistenza di sacche argillose passanti a limoso-sabbiose ed infine ghiaiose avvicinandosi all'asse della piana, legate ad alimentazioni da parte di rivi laterali.

L'ultimo settore a valle presenta più frequenti variazioni granulometriche legate alla divagazione del fiume nei pressi della foce, depositando in modo eterogeneo e discontinuo i materiali grossolani e creando perifericamente zone di stanca ove si sarebbero sedimentati materiali più fini secondo meccanismi tipici di acquitrini e paludi costiere.

Nello specifico il tracciato del rio Rondanea interessa il settore intermedio e le indagini svolte ben rappresentano le descrizioni generali menzionate.

In particolare le eterogeneità stratigrafiche riscontrate longitudinalmente spostandosi dall'argine dell'Entella verso monte motivano la diversificazione rappresentata sui tre distinti profili allegati e definiti indicativamente dai limiti di seguito precisati:

- ✓ Argine Entella – Strada Provinciale
- ✓ Strada Provinciale – Strada Comunale (Via G. B. Ghio)
- ✓ Strada Comunale (Via G. B. Ghio) – verso monte

Il primo tratto propone prevalentemente successioni di materiali granulari con limitate alternanze di orizzonti fini individuati peraltro nel corso di indagini geognostiche pregresse.

Già nel settore mediano si riscontra un aumento dei depositi medio-fini al tetto dei depositi a granulometria media, situazione correlata sia alla posizione periferica rispetto alla piana che agli

apporti colluviali dai versanti retrostanti.

Risalendo il corso d'acqua, la valle si restringe e la condizione precedente si stabilizza ridefinendo due distinti livelli (materiali medio-fini più in superficie e granulari sottostanti) di spessore progressivamente meno significativo fino a configurare un substrato subaffiorante con coperture eluvio-colluviali rimaneggiate a scopo agricolo e livelli alluvionali poco maturi subordinati.

La piezometrica nell'ambito della piana è condizionata dalla presenza dell'Entella e mediamente attestata alla quota del suo greto ed il suo profilo risale gradualmente verso il piede dei versanti assumendo una connotazione stagionale.

11. MODELLO GEOTECNICO

Il modello geologico, debitamente integrato / affinato attraverso le prospezioni geognostiche illustrate e rappresentato in allegato sulla sezione geologica – geotecnica, ove i dati sono estesi all'intera area d'intervento, si traduce nella definizione dei seguenti orizzonti, di cui, come prescritto da normativa (NTC 2018) si fornisce la corrispondente parametrizzazione in termini di valori medi.

Dr = densità relativa
γ = peso di volume
γsat = peso di volume saturo
ϕ = angolo di attrito efficace
c' = coesione efficace
cu = coesione apparente
k = coefficiente di permeabilità (prove Lefranc)

<u>MODULI DI ELASTICITA' DINAMICI (deformazioni circa 0.001%)</u>

G_{max}= modulo di taglio
E_{max} = modulo di elasticità
M_{max} = modulo edometrico

TRATTO SP33 – FIUME ENTELLA

LIVELLO	Dr (%)	γ (KN/mc)	γsat (KN/mc)	ϕ (°)	*c'* *(KPa)*	*cu* *(KPa)*
Ia	-	15.7	18.2	28.8	0.0	0.0
IIa	58	17.8	18.9	31.5	0.0	0.0
IIIa	54	18.8	19.2	32.6	0.0	0.0

Tab. 11.1

LIVELLO	G_{max} *(MPa)*	E_{max} *(MPa)*	M_{max} *(MPa)*
Ia	66	187	198
IIa	109	311	330
IIIa	151	433	459

Tab. 11.2

<u>MODULI DI ELASTICITA' OPERATIVI (cfr 9.2.2)</u>

M = modulo edometrico

LIVELLO	M *(MPa)*
Ia	1.9
IIa	3.2
IIIa	4.7

Tab. 11.3

TRATTO SP33 – MONTE

LIVELLO	Dr (%)	γ (KN/mc)	γsat (KN/mc)	ϕ (°)	*c'* *(KPa)*	*cu* *(-5/-10m da pc)* *(KPa)*	*K* *(m/s)*
I_B	62	14.3	19.3	31.2	-	-	$8.4\ 10^{-7} \div 7.1\ 10^{-6}$
II_B	49	18.0	19.6	31.4	6.2	114.5	$7.4\ 10^{-8} \div 8.6\ 10^{-7}$
III_B	69	20.8	20.8	35.0	-	-	$5.9\ 10^{-7}$

Tab. 11.4

LIVELLO	G_{max} *(MPa)*	E_{max} *(MPa)*	M_{max} *(MPa)*
I_B	130	349	370
II_B	284	756	801
III_B	354	926	982

Tab. 11.5

<u>MODULI DI ELASTICITA' OPERATIVI (cfr 9.2.2)</u>

M = modulo edometrico

LIVELLO	M *(MPa)*
I_B	4.0
II_B	9.5

Tab. 11.6

R.M.R. : Rock Mass Rating

GSI : Geological Strenght Index
C : coesione dell'ammasso roccioso
ϕ : angolo di attrito dell'ammasso roccioso
γ: peso di volume unitario
G: modulo di taglio dell'ammasso roccioso (da prospezioni sismiche)
E: modulo di elasticità dell'ammasso roccioso (da prospezioni sismiche)

LIVELLO	**IV**
RMRb	50-55 CLASSE III - MEDIOCRE
GSI	45-50
C (kPa)	250-275
ϕ (°)	30.0-32.5
γ (KN/m^3)	24.0-25.0
G (MPa)	1314-1521
E (MPa)	3680-4259

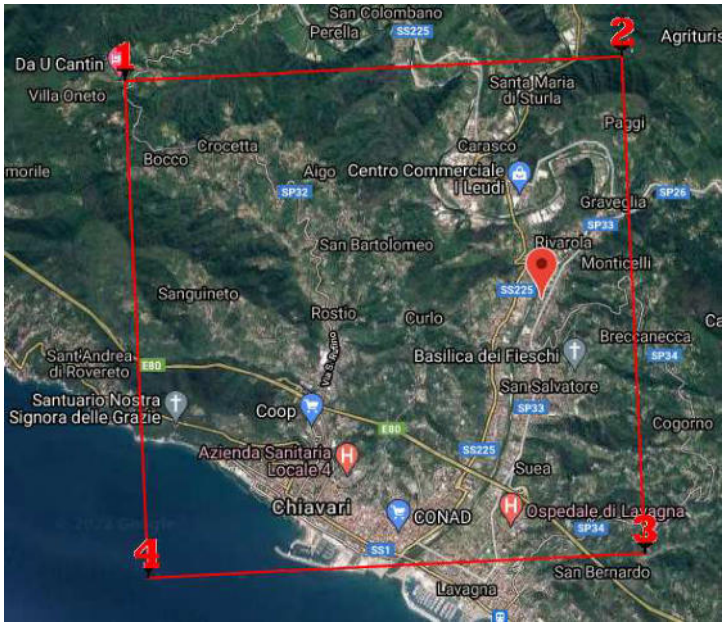
Tab. 11.7

12. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Relativamente all'inquadramento sismico del sito, con la D.G.R. n. 216 del 17 Marzo 2017, pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Liguria (B.U.R.L.) il Comune di Cogorno è stato inserito in classe sismica 3 con pga = 0,15g.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di intervento e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la "risposta sismica locale" (RSL).

SITO IN ESAME (*Fig. 12.1)*:



Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e (ED50):

	ID	LAT.	LONG.
SITO1	17145	44.3607	9.2949
SITO2	17146	44.3631	9.3646
SITO3	17368	44.3132	9.3680
SITO4	17367	44.3107	9.2982

Tab. 12.1

La pericolosità sismica è definita in termini di:

• ag: accelerazione orizzontale massima attesa in condizioni di campo libero, su sito di riferimento rigido, con superficie topografica orizzontale (di categoria A come definita al § 3.2.2 delle NTC)

• Se(T): ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR come definite nel § 3.2.1 delle NTC, nel periodo di riferimento VR (= CU * VN), come definito nel § 2.4 delle NTC.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento PVR nel periodo di riferimento VR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ag accelerazione orizzontale massima al sito
- Fo valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T*C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

	Significato simboli
V_N	vita nominale della struttura
C_u	coefficiente che dipende dalla classe d'uso
V_R	periodo di riferimento dell'azione sismica
P_{VR}	periodo di ritorno per la definizione dell'azione sismica
T_R	tempo di ritorno
a_g	accelerazione orizzontale di riferimento massima su suolo rigido (Cat. A
F_o	fattore di amplificazione spettrale massima su suolo rigido
T_c	periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro
S_s	coefficiente di amplificazione stratigrafica
C_c	coefficiente correttivo del periodo Tc
S_t	coefficiente di correzione topografica
a_{max}	accelerazione orizzontale massima attesa al sito
β	coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito
kh	coefficiente sismico orizzontale
kv	coefficiente sismico verticale

Tab. 12.2

TRATTO FIUME ENTELLA - SP33

Sulla base delle indagini sismiche effettuate, la Categoria di sottosuolo individuata con riferimento al piano campagna è la C (NCT 2018).

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

Tab. 12.3

Richiamate le NCT 2018 si definisce la Categoria topografica T1.

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

Tab. 12.4

FONDAZIONI

Parametri sismici					
		SLE		SLU	
		SLO	SLD	SLV	SLC
Cat.suolo		**C**			
Cat. Top.		**T1**			
Classe uso		II			
V_N	anni	50			
C_u		1			
V_R	anni	50			
P_{VR}	%	81	63	10	5
T_R	anni	30	50	475	975
a_g	g	0.034	0.042	0.105	0.139
F_o		2.505	2.528	2.439	2.394
T_c	s	0.206	0.229	0.285	0.291
S_s		1.500	1.500	1.500	1.500
C_c		1.770	1.710	1.590	1.580
S_t		1.000	1.000	1.000	1.000
a_{max}	m/s^2	0.494	0.612	1.549	2.045
β		0.200	0.200	0.240	0.240
kh		0.010	0.012	0.038	0.050
kv	±	0.005	0.006	0.019	0.025

Tab. 12.5

OPERE DI SOSTEGNO (NTC 2018) – FONTI DI SCAVO

Parametri sismici					
		SLE		SLU	
		SLO	SLD	SLV	SLC
Cat.suolo		**C**			
Cat. Top.		**T1**			
Classe uso		II			
V_N	anni	50			
C_u		1			
V_R	anni	50			
P_{VR}	%	81	63	10	5
T_R	anni	30	50	475	975
a_g	g	0.034	0.042	0.105	0.139
F_o		2.505	2.528	2.439	2.394
T_c	s	0.206	0.229	0.285	0.291
S_s		1.500	1.500	1.500	1.500
C_c		1.770	1.710	1.590	1.580
S_t		1.000	1.000	1.000	1.000
a_{max}	m/s^2	0.494	0.612	1.549	2.045
β		0.000	0.470	0.380	0.000
kh		0.000	0.029	0.060	0.000
kv	±	0.000	0.015	0.030	0.000

Tab. 12.6

TRATTO SP33 – VIA G.B. GHIO

Sulla base delle indagini sismiche effettuate, la Categoria di sottosuolo individuata con riferimento al piano campagna sono la B e la E (TRATTO COMPRESO DALLA SEZIONE PROGETTUALE 19 FINO A TERMINE INTERVENTO A MONTE) - NCT 2018.

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

Tab. 12.7

Richiamate le NCT 2018 si definisce la Categoria topografica T1.

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

Tab. 12.8

FONDAZIONI

Parametri sismici					
		SLE		SLU	
		SLO	SLD	SLV	SLC
Cat.suolo		**B**			
Cat. Top.		**T1**			
Classe uso		II			
V_N	anni	50			
C_u		1			
V_R	anni	50			
P_{VR}	%	81	63	10	5
T_R	anni	30	50	475	975
a_g	g	0.034	0.042	0.105	0.139
F_o		2.505	2.528	2.438	2.394
T_c	s	0.206	0.230	0.285	0.291
S_s		1.200	1.200	1.200	1.200
C_c		1.510	1.480	1.410	1.410
S_t		1.000	1.000	1.000	1.000
a_{max}	m/s^2	0.396	0.490	1.241	1.638
β		0.200	0.200	0.240	0.240
kh		0.008	0.010	0.030	0.040
kv	±	0.004	0.005	0.015	0.020

Tab. 12.9

OPERE DI SOSTEGNO (NTC 2018) – FRONTI DI SCAVO

Parametri sismici					
		SLE		SLU	
		SLO	SLD	SLV	SLC
Cat.suolo		**B**			
Cat. Top.		**T1**			
Classe uso		II			
V_N	anni	50			
C_u		1			
V_R	anni	50			
P_{VR}	%	81	63	10	5
T_R	anni	30	50	475	975
a_g	g	0.034	0.042	0.105	0.139
F_o		2.505	2.528	2.438	2.394
T_c	s	0.206	0.230	0.285	0.291
S_s		1.200	1.200	1.200	1.200
C_c		1.510	1.480	1.410	1.410
S_t		1.000	1.000	1.000	1.000
a_{max}	m/s^2	0.396	0.490	1.241	1.638
β		0.000	0.470	0.380	0.000
kh		0.000	0.023	0.048	0.000
kv	±	0.000	0.012	0.024	0.020

Tab. 12.10

TRATTO VIA G.B. GHIO – FINE INTERVENTO A MONTE

CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE: E

CATEGORIA TOPOGRAFICA: T1

FONDAZIONI

Parametri sismici					
		SLE		SLU	
		SLO	SLD	SLV	SLC
Cat.suolo		**E**			
Cat. Top.		**T1**			
Classe uso		II			
V_N	anni	50			
C_u		1			
V_R	anni	50			
P_{VR}	%	81	63	10	5
T_R	anni	30	50	475	975
a_g	g	0.034	0.042	0.106	0.139
F_o		2.505	2.527	2.437	2.394
T_c	s	0.206	0.230	0.285	0.291
S_s		1.600	1.600	1.600	1.600
C_c		2.160	2.070	1.900	1.890
S_t		1.000	1.000	1.000	1.000
a_{max}	m/s^2	0.528	0.654	1.656	2.185
β		0.200	0.200	0.240	0.240
kh		0.011	0.013	0.041	0.053
kv	±	0.005	0.007	0.020	0.027

Tab. 12.11

OPERE DI SOSTEGNO (NTC 2018) – FRONTI DI SCAVO

Parametri sismici					
		SLE		SLU	
		SLO	SLD	SLV	SLC
Cat.suolo		**E**			
Cat. Top.		**T1**			
Classe uso		II			
V_N	anni	50			
C_u		1			
V_R	anni	50			
P_{VR}	%	81	63	10	5
T_R	anni	30	50	475	975
a_g	g	0.034	0.042	0.106	0.139
F_o		2.505	2.527	2.437	2.394
T_c	s	0.206	0.230	0.285	0.291
S_s		1.600	1.600	1.600	1.600
C_c		2.160	2.070	1.900	1.890
S_t		1.000	1.000	1.000	1.000
a_{max}	m/s^2	0.528	0.654	1.656	2.185
β		0.000	0.470	0.380	0.000
kh		0.000	0.031	0.064	0.000
kv	±	0.000	0.016	0.032	0.000

Tab. 12.12

13. CRITICITA' ALLA LIQUEFAZIONE

In relazione alla criticità alla liquefazione si specifica, in accordo con il D.M. 17/01/2018 – NTC, che tale verifica può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti quattro circostanze:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15m da pc, per piano di campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N1)60 >30;
- distribuzione granulometrica esterna ai fusi granulometrici di riferimento riportati in Normativa in funzione del coefficiente di uniformità (Uc).

Nel presente caso di studio si specifica quanto segue:

- l'accelerazione massima, nello stato limite SLV, risulta maggiore di 0.1g;
- la profondità della falda idrica, nel corso degli accertamenti fino ad ora eseguiti, è risultata pari a circa 4m da pc;
- la resistenza penetrometrica normalizzata risulta <30
- i depositi esaminati presentano caratteristiche granulometriche che non consentono di escludere univocamente tale criticità come da confronti di seguito proposti

In relazione a quanto sopra specificato si ritiene di eseguire cautelativamente la verifica a liquefazione in quanto non si rientra esaustivamente nei casi di esclusione definiti dalla normativa.
La valutazione del rischio di liquefazione sotto l'azione di un carico ciclico indotto da un sisma è stata condotta utilizzando diversi metodi empirici semplificati noti in letteratura.

Tali metodologie si basano sul rapporto che intercorre fra le sollecitazioni di taglio che producono liquefazione e quelle indotte dal terremoto; si basano quindi sulla valutazione dei parametri relativi sia all'evento sismico atteso che alle caratteristiche del deposito desunte dalle prove in situ e dalle prove di laboratorio eseguite.

Viene quindi valutata la resistenza dei terreni alla liquefazione secondo la seguente espressione:

$$FS = CRR/CSR$$

CRR (Cyclic Resistance Ratio): resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico

CSR (Cyclic Stress Ratio): sollecitazione massima indotta dal sisma

Precisamente è stato applicato il metodo di Andrus e Stokoe che si basa sui valori di Vs determinati mediante la prospezione MASW.

Sono stati inoltre applicati i seguenti metodi empirici semplificati basati sui valori di Nspt determinati durante l'esecuzione del sondaggio geognostico a varie profondità:

- Iwasaki et alii
- Youd Idriss (2001)

La magnitudo attesa è stata posta pari a 5.68. A tale riguardo si ricorda che (fermo restando quanto prescritto dalle Norme Tecniche sulle Costruzioni), come specificato nel documento Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica, un metodo semplice e a favore della sicurezza che può essere utilizzato per stimare quale sia il valore di magnitudo da considerare ai fini delle valutazioni - preferibilmente per le verifiche di liquefazione - per il sito o la microzona d'interesse - consiste nell'impiego del valore di magnitudo Mmax associato alla zona sismogenetica della zonazione ZS9 in cui ricade il sito d'interesse: nel caso specifico zona 911, Magnitudo Mmax 5.68.

La falda è stata impostata alla profondità di -4m da pc.

Per quanto riguarda le caratteristiche granulometriche, contenuto in fini e D_{50}, sono state

impostate le condizioni più cautelative in funzioni delle analisi granulometriche eseguite in laboratorio.

Il valore di a_{max} imposto è riferito allo Stato Limite di salvaguardia della vita (SLV) come prescritto dalla normativa vigente (NTC – 17/01/2018).

Il Fattore di sicurezza imposto è pari a 1,25 (NTC 2018).

Le verifiche numeriche hanno condotto ai seguenti risultati:

METODO ANDRUS STOKOE	
LIVELLO	fS
IIa	5
IIIa	3
IIb	9
IIIb	8

Tab.13.1

METODO IWASAKI ET ALII	
LIVELLO	fS
IIa	30-33
IIIa	40-41
IIb	26-28
IIIb	60-62

Tab.13.2

METODO YOUD IDRISS	
LIVELLO	fS
IIa	1.9
IIIa	1.6
IIb	1.7
IIIb	2.9

Tab.13.3

I risultati evidenziano una bassa criticità alla liquefazione.

In relazione a tale criticità si specifica inoltre, con riferimento alla DGR 535 del 18/6/2021 che il comune di Cogorno non è stato inserito nell'elenco dei Comuni suscettibili di liquefazione sulla base dei dati di pericolosità sismica di base (ag e M – Appendice 1).

La procedura della verifica eseguita posta alla base di tale classsifcazione si è basata sui seguenti dati sperimentali:

- Valutazione del valore di ag utilizzando l'analisi di pericolosità sismica realizzata dal gruppo di lavoro MPS04 ovvero la mappa di Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale. Il valore di ag è stato valutato considerando tre periodi di ritorno ovvero 475 anni, 975 anni e 2475 anni;

- Valutazione del valore di M utilizzando un'analisi di disaggregazione 1D specificatamente eseguita per il territorio ligure. Tale analisi è stata effettuata sia considerando i tre periodi di ritorno già valutati per il calcolo di ag sia considerando la distribuzione dei valori di magnitudo ottenuti dall'analisi di disaggregazione in termini di media e moda separatamente;

- Utilizzo dei dati storici di liquefazione osservati sul territorio ligure e censiti all'interno del "The Italian Catalogue of Earthquake-Induced Ground Failures (CEDIT)", 2014 pubblicato dal centro di ricerca CERI, Università La Sapienza, Roma (http://www.ceri.uniroma1.it/).

La procedura di individuazione delle aree potenzialmente suscettibili a fenomeni di liquefazione è stata dunque condotta considerando una suddivisione del territorio ligure in funzione dei limiti Comunali.

A ciascun Comune è stata associata una coppia di valori ag e M attraverso cui stabilire se il territorio comunale sia o meno potenzialmente soggetto al fenomeno della liquefazione.

Si riportano quindi le mappe in termini di distribuzione di ag ottenute dall'elaborazione:

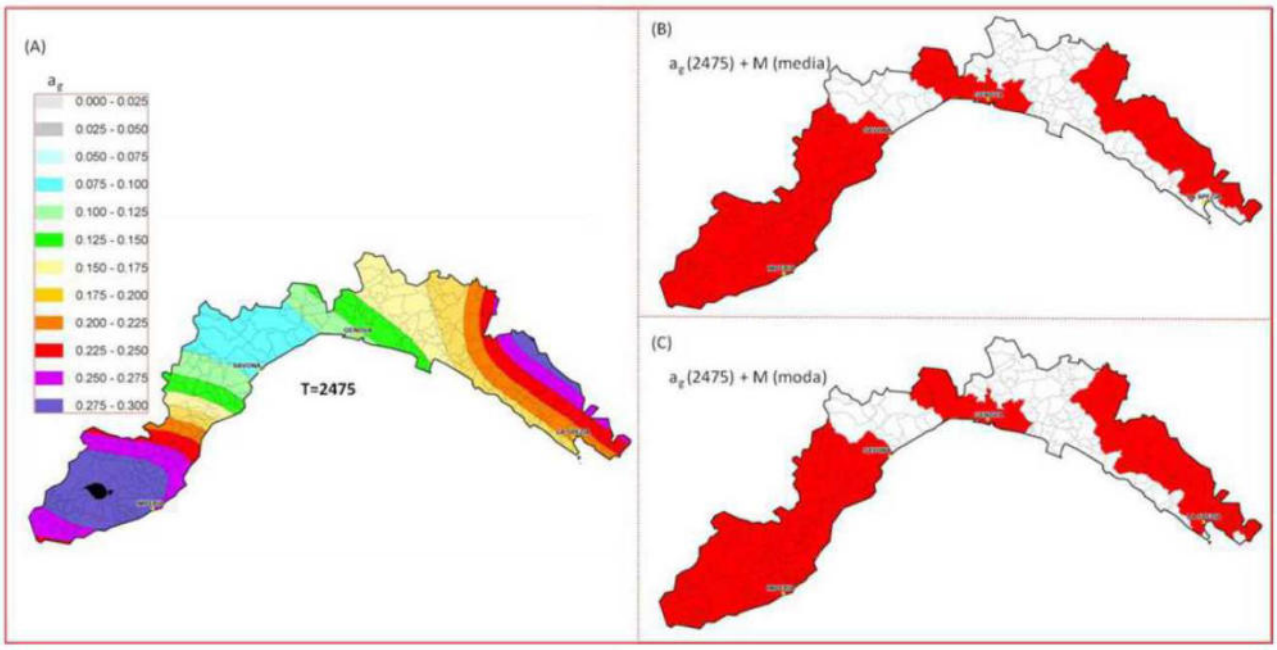


Fig. 13.1

a) distribuzione dei valori di ag estratti per il territorio ligure dalla mappa di pericolosità sismica italiana (MPS04) per il periodo di ritorno di 2475 anni;

b) Comuni caratterizzati da un valore medio della distribuzione della magnitudo attesa maggiore o uguale a 5 e da un valore di ag uguale o superiore a 0.1g – aree rosse;

c) Comuni caratterizzati da un valore modale della distribuzione della magnitudo attesa maggiore o uguale a 5 e da un valore di ag uguale o superiore a 0.1g – aree rosse.

14. GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

I volumi interessati dagli scavi saranno costituiti dal 100% di materiale terroso: gli indirizzi operativi per la gestione delle terre e rocce da scavo sono da ricondursi al D.P.R. n. 120 pubblicato in Gazzetta Ufficiale il 13/06/2017 ed entrato in vigore il 22/08/2017.

Il D.P.R. riunisce in un unico testo le regole sul riutilizzo delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti abrogando sia il DM 161/2012 sia l'art. 41bis del D.L. 69/2013 convertito in L. 98/2013. Esso regolamenta inoltre l'utilizzo nel sito di produzione delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti (art. 185 c.1, lett. c) e le terre e rocce provenienti dai siti oggetto di bonifica e introduce infine un apposito regime per il deposito temporaneo delle terre e rocce da scavo qualificate come rifiuti.

Per quanto attiene il riutilizzo, esso può essere ammissibile per rinterri ed agguagliamenti in eventuale alternativa a conferimenti quali discarica, rimodellamento di siti cava ecc.

Il materiale risultante dagli scavi e non utilizzabile in sito potrà essere infatti eventualmente impiegato in altri progetti - tra quelli ammessi - se in possesso dei requisiti richiesti e definiti a seguito di specifiche analisi ambientali condotte in accordo alla legislazione vigente in materia di gestione delle terre e rocce provenienti dagli scavi.

In questo contesto si è ritenuto comunque opportuno fornire considerazioni su questo argomento per l'eventuale utilizzo anche parziale dei materiali di scavo allo scopo di avere uno strumento utile nel caso, in sede di progetto esecutivo, il loro impiego venga preso in considerazione.

Gli scavi sono previsti sostanzialmente per la realizzazione della riprofilatura della scarpata e per l'impostazione della cunetta; nell'ipotesi d'utilizzo di detti materiali si riportano di seguito gli aspetti formali da espletare.

Alla luce del D.P.R. n. 120, la situazione che si viene a delineare per assoggettare i materiali da scavo al regime di cui all'art. 184bis del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. (quindi al regime dei sottoprodotti e non a quello dei rifiuti) è la seguente:

v) cantiere di piccole dimensioni non sottoposto a VIA o AIA»: cantiere in cui sono prodotte terre e rocce da scavo in quantità inferiori a seimila metri cubi, calcolati dalle sezioni di progetto, nel corso di attività o di opere non soggette a procedure di valutazione di impatto ambientale o ad autorizzazione integrata ambientale di cui alla Parte II del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

Tipologia	Cantieri soggetti a VIA o AIA	Cantieri non soggetti a VIA o AIA
Grandi cantieri (oltre 6.000 mc di materiali da cavo)	Regime ordinario (Piano di utilizzo)	Regime semplificato (Dichiarazione di utilizzo)
Grandi cantieri (minore di 6.000 mc di materiali da cavo)	Regime semplificato	Regime semplificato

Tab. 14.1

Nel sito interessato lo scavo non avverrà internamente o in prossimità di aree riconducibili a:

- siti di produzione interessati da attività potenzialmente contaminanti
- affioramenti delle Pietre verdi segnalate per la possibile presenza di materiali amiantiferi
- siti di produzione con potenziale inquinamento del suolo superficiale

Se necessario le proprietà fisiche e meccaniche dei terreni e delle rocce risultanti dallo scavo saranno determinate mediante prove di laboratorio su campioni rappresentativi dei geomateriali prodotti dalle attività di scavo; questo aspetto sarà affrontato compiutamente, compresi i campionamenti e relative prove, in fase esecutiva.

In considerazione degli Indirizzi operativi, per la gestione delle terre e rocce da scavo specificati nell'All. 2 del D.P.R. n. 120 si riporta quanto di seguito.

"Allegato 2 – Procedure di campionamento in fase di progettazione (articolo 8)".

Relativamente alle procedure di campionamento sono preferibili scavi esplorativi (pozzetti o trincee) e, in subordine, sondaggi a carotaggio.

La norma specifica che la densità dei punti di indagine, nonché la loro ubicazione, sono basate su un modello concettuale preliminare delle aree (campionamento ragionato) o sulla base di considerazioni di tipo statistico (campionamento sistematico su griglia o casuale).

Nel caso in cui si proceda con una disposizione a griglia, il lato di ogni maglia potrà variare da 10 a 100 m a secondo del tipo e delle dimensioni del sito oggetto dello scavo.

I punti d'indagine potranno essere localizzati in corrispondenza dei nodi della griglia (ubicazione sistematica) oppure all'interno di ogni maglia in posizione opportuna (ubicazione sistematica causale). Il numero di punti d'indagine non può essere inferiore a tre e, in base alle dimensioni dell'area d'intervento, è aumentato secondo i criteri minimi riportati nella tabella seguente.

Dimensione dell'area	Punti di prelievo
Inferiore a 2.500 metri quadri	3
Tra 2.500 e 10.000 metri quadri	3 + 1 ogni 2.500 metri quadri
Oltre i 10.000 metri quadri	7 + 1 ogni 5.000 metri quadri

Tab. 14.2

Nel caso di opere infrastrutturali lineari, come nel caso della progettazione in oggetto, il campionamento è effettuato almeno ogni 500 metri lineari di tracciato, salvo particolari situazioni locali quali la tipologia di attività antropiche svolte nel sito; in ogni caso è effettuato un

campionamento ad ogni variazione significativa di litologia.

La profondità d'indagine è determinata in base alle profondità previste degli scavi: i campioni da sottoporre ad analisi chimico-fisiche sono almeno:

- *campione 1: da 0 a 1 m dal piano campagna;*
- *campione 2: nella zona di fondo scavo;*
- *campione 3: nella zona intermedia tra i due.*

Per scavi superficiali, di profondità inferiore a 2 metri, i campioni da sottoporre ad analisi chimico-fisiche sono almeno due.

Nel caso in cui gli scavi interessino la porzione satura del terreno, per ciascun sondaggio, oltre ai campioni sopra elencati, è acquisito un campione delle acque sotterranee e, compatibilmente con la situazione locale, con campionamento dinamico.

15. CONCLUSIONI

Il complesso di indagini effettuate e di dati ottenuti ha consentito di ricavare un affidabile modello geologico del sito a cui, attraverso le prospezioni, è stato possibile abbinare un modello geotecnico medio dell'area di interesse che potrà essere utilizzato per la progettazione esecutiva delle opere.

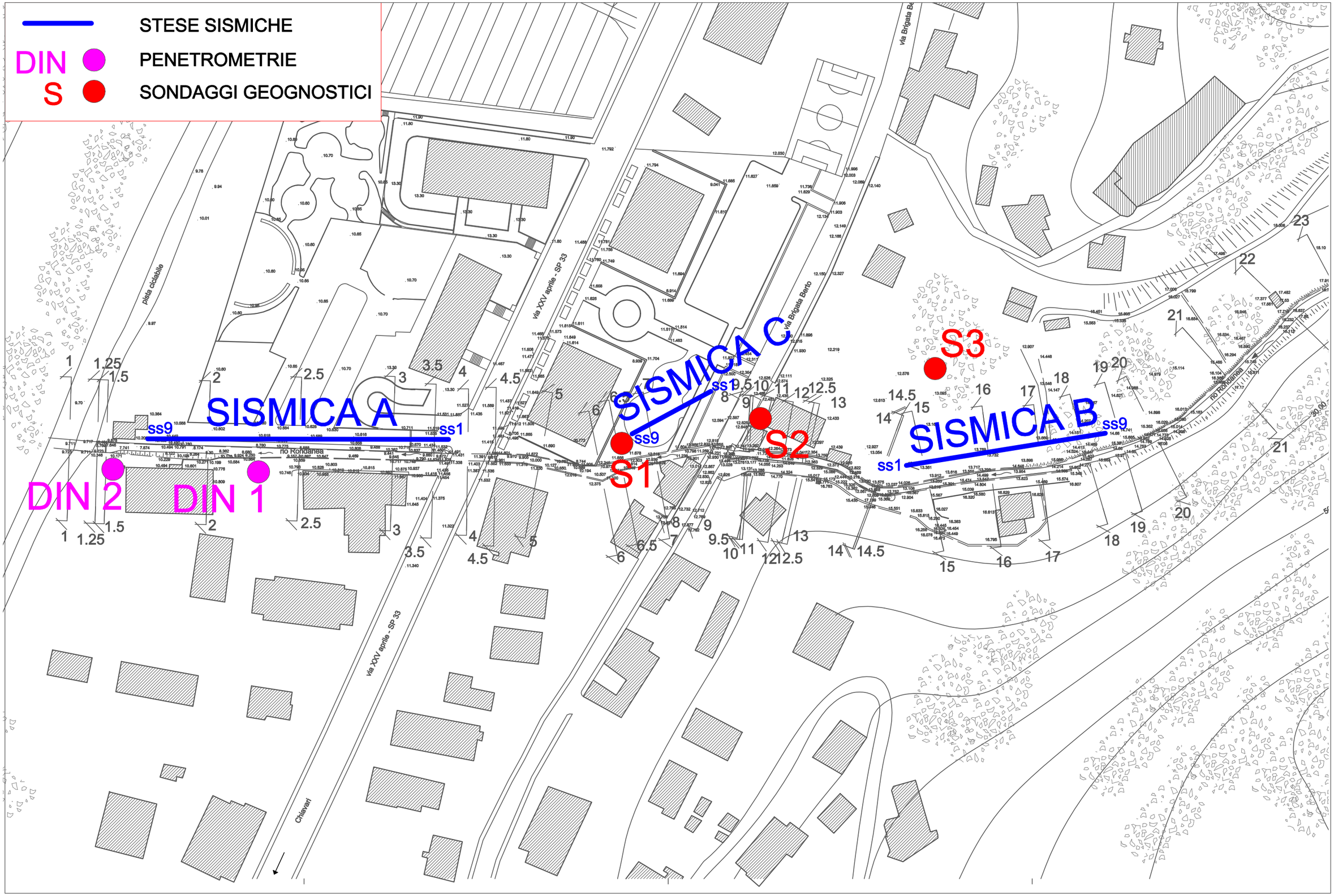
Ulteriori affinamenti potranno utilmente essere effettuati nel corso dei lavori attraverso una opportuna D.L. geologica per la quale gli scriventi confermano fin d'ora la più completa disponibilità ad un'estensione dell'incarico.

Sestri Levante, Aprile 2022

Dott. geol. Giovanni Rizzi

dott. geol. Barbara Musante

TAV. 3: PLANIMETRIA DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE - 1:1.000



TAV.4: RAPPORTO INDAGINI GEOGNOSTICHE

m3d costruzioni speciali s.r.l.

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

COMUNE DI COGORNO

Piazza Aldo Moro 1 - 16030 Cogorno (GE)

COMMITTENTE

RAPPORTO INDAGINI GEOGNOSTICHE

PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA DELL'INTERVENTO DI MITIGAZIONE RISCHIO IDRAULICO TRATTO TERMINALE RIO RONDANEA IN LOC. PANESI - D.M. INTERNO 31/08/2020.

CUP: F57C20000010001 - CIG: Z6E316B6E9

"INDAGINI GEOGNOSTICHE"

COMUNE DI COGORNO

CITTA' METROPOLITANA DI GENOVA

Genova, 19_01_2022

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA
Dott. Geol. LUCA MALDOTTI
A.P. n. 411
data iscr. 18-03-99

Dott. Geol. Luca Maldotti
(Direttore Tecnico Indagini Geognostiche)

P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

AssociazioneImpreseFondazioni consolidamenti - indagini nel sottosuolo

ANCE 2021 GENOVA Socio n.ro 16-GE-3175

m3d costruzioni speciali s.r.l.

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

INDICE

1. PREMESSA 03

2. SONDAGGI GEOGNOSTICI 04

2.1 PERFORAZIONE

2.2 STRATIGRAFIA

3. PROVE GEOTECNICHE IN SITU 07

3.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE S.P.T.

3.2 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPERPESANTI

3.3 PROVE DI PERMEABILITA' LEFRANC

4. ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO 08

5. TUBI PIEZOMETRICI 09

6. INDAGINE SISMICA 11

6.1 PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

6.2 PROSPEZIONE SISMICA MASW

ALLEGATI AL TESTO

1. ORTOFOTO CON UBICAZIONE INDAGINI

2. DOCUMENTAZIONE SONDAGGIO GEOGNOSTICO A C.C. **S1**

3. DOCUMENTAZIONE SONDAGGIO GEOGNOSTICO A C.C. **S2**

4. DOCUMENTAZIONE SONDAGGIO GEOGNOSTICO A C.C. **S3**

5. DOCUMENTAZIONE PROVA PENETROMETRICA DPSH **DIN1**

6. DOCUMENTAZIONE PROVA PENETROMETRICA DPSH **DIN2**

7. DOCUMENTAZIONE PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE E MASW

8. CERTIFICATO ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO

P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

AssociazioneImpreseFondazioni consolidamenti - indagini nel sottosuolo

ANCE GENOVA 2021 Socio n.ro 16-GE-3175

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

1. PREMESSA

L'Impresa M3D Costruzioni Speciali S.r.l. è stata incaricata dal COMUNE DI COGORNO, in attuazione della D.D. N°37-183 R.G. del 20_04_2021, di eseguire una campagna di indagini geognostiche nell'ambito della "*Progettazione Definitiva ed Esecutiva dell'intervento di mitigazione del rischio idraulico del tratto terminale del Rio Rondanea. CUP: F57C20000010001. CIG: Z6E316B6E9*".

L'incarico, per quanto di ns. competenza, è stato condotta secondo quanto riportato nel disciplinare di incarico ed ha previsto la realizzazione delle seguenti lavorazioni:

1. Approntamento cantiere e recinzione delle aree di lavoro;
2. Verifica dei sottoservizi presso gli enti preposti;
3. Realizzazione di N°01 sondaggio geognostico, a rotazione ed a carotaggio continuo, ad andamento verticale della profondità di 15 ml, denominato S1 e di N°02 sondaggi geognostici, a rotazione ed a carotaggio continuo, ad andamento verticale della profondità di 10 ml. denominati S2 e S3.
4. Esecuzione di prove penetrometriche dinamiche Standard Penetration Test all'interno delle N°03 verticali di indagine;
5. Esecuzione di prove di permeabilità di tipo Lefranc all'interno delle N°03 verticali di indagine;
6. Prelievo di campioni di terre e di rocce da sottoporre ad analisi geotecniche di laboratorio;
7. Allestimento dei sondaggi denominati S1 e S2 a tubi piezometrici in PVC ø2" per la verifica dei livelli di falda;
8. Esecuzione di N°03 prospezioni sismiche a rifrazione e MASW;
9. Esecuzione di N°02 prove penetrometriche dinamiche superpesanti
10. Rimozione cantiere.

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

2. SONDAGGI GEOGNOSTICI

2.1 PERFORAZIONE

Le perforazioni sono state condotte con una perforatrice idraulica Beretta T44, montata su cingoli gommati e dotata di centralina separata, avente le seguenti caratteristiche:

- Velocità di rotazione: 550 rpm
- Coppia massima: 650 Kgm
- Corsa continua: 350 cm
- Spinta: 4000 Kg
- Tiro: 4000 Kg
- Pompa per fluidi di perforazione pressione 50 Bar portata 200 lt

Durante l'avanzamento nei terreni sciolti sono stati utilizzati carotieri semplici con valvola a sfera in testa e calice per perforazione a secco, muniti di corone ad inserti di widia, con le seguenti caratteristiche:
- Diametro nominale Øest = 101 / 116 mm
- Lunghezza utile L = 150 cm.

Per il campionamento del substrato roccioso è stato utilizzato un carotiere doppio (T2/T6/T6S), con una debole circolazione di acqua, utilizzando corone diamantate, con le seguenti caratteristiche:
- Diametro nominale Øest = 101 / 116 mm
- Lunghezza utile L = 150 cm.

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

In assenza di sufficiente autosostentamento delle pareti del foro ad ogni manovra di carotaggio è seguita una manovra di rivestimento utilizzando tubi di diametro 127 / 152 mm, dotati di una scarpa ad inserti di widia. Le operazioni di rivestimento, viste le caratteristiche litologiche dei terreni attraversati, hanno richiesto un debole circolazione di acqua.

Le carote provenienti dalle perforazioni sono state ordinate in successione continua, entro apposite cassette catalogatrici in pvc di centimetri 100 x 50 e d'altezza adeguata. Le cassette sono state in seguito fotografate da un'angolazione di circa 90°, previa l'installazione di un riferimento indicante la località del cantiere, il numero del sondaggio e le quote di riferimento delle carote. Le fotografie sono state eseguite con una fotocamera digitale.

2.2 STRATIGRAFIE

Per ogni sondaggio geognostico è stata redatta la relativa stratigrafia allegata alla presente relazione, riportante tutte le informazioni riguardanti le operazioni di perforazione e le caratteristiche delle carote e dei terreni, come di seguito indicato:

a) informazioni generali del sondaggio:
- metodo di perforazione;
- diametro del foro;
- utensili utilizzati;
- lunghezza del tratto rivestito;
- metri realizzati con i diversi carotieri e le diverse corone.

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

b) informazioni relative ai terreni:

- tipo di terreno;
- colore;
- massime dimensioni dei clasti e forma predominante per i terreni ghiaiosi;
- uniformità dei terreni granulari;
- struttura del terreno;
- presenza di materiale organico.

Nella stesura della descrizione è stato elencato per primo il nome del costituente principale seguito dal costituente secondario nella seguente forma, in accordo alle Raccomandazioni AGI (1977):

- preceduto dalla congiunzione "con" se rappresenta una percentuale compresa tra il 25% ed il 50 %;
- seguito dal suffisso "oso" se rappresenta una percentuale compresa tra il 10% ed il 25%;
- preceduto da "debolmente" e seguito dal suffisso "oso" se rappresenta una percentuale compresa tra il 5% ed il 10%.

Per le carote è stato inoltre determinato in sito il recupero percentuale.

Nella descrizione dei terreni sciolti è stato fatto riferimento alla seguente tabella:

Definizione		*Diametro dei grani [mm]*	*Criteri d'identificazione*
blocchi		>200	Visibili ad occhio nudo
Ciottoli		60-200	Visibili ad occhio nudo
Ghiaia	grossolana	20-60	Visibile ad occhio nudo
	media	6-20	
	fine	2-6	
Sabbia	grossolana	0.6-2	Visibile ad occhio nudo
	media	0.2-0.6	
	fine	0.06-0.2	
Limo		0.002-0.06	Solo se grossolano è visibile a occhio nudo, poco plastico, dilatante, lievemente granulare al tatto, si disgrega velocemente in acqua, si essicca velocemente, possiede coesione ma può essere polverizzato tra le dita
Argilla		<0.002	Plastica, non dilatante, liscia al tatto, appiccica alle dita, si disgrega in acqua lentamente, asciuga lentamente, si ritira durante l'essiccazione, i frammenti asciutti possono essere rotti ma non polverizzati fra le dita
terreno organico o vegetale			Contiene una rilevante percentuale di sostanze organiche vegetali
Torba			Predominano i resti lignei non mineralizzati, colore scuro, bassa densità

P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

AssociazioneImpreseFondazioni consolidamenti - indagini nel sottosuolo

ANCE 2021 GENOVA Socio n.ro 16-GE-3175

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

3. PROVE GEOTECNICHE IN SITU

3.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT

Durante l'esecuzione delle perforazioni è stata richiesta l'esecuzione di alcune prove Standard Penetration Test; tale prova 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.
L'attrezzatura utilizzata per l'esecuzione della prova S.P.T. è stata quella di dimensioni standard (Raccomandazioni A.G.I. per la programmazione e l'esecuzione delle indagini geotecniche, 1977).

Il dispositivo di percussione comprende: testa di battitura avvitata sulle aste, un maglio del peso di 63.5 kg (± 0.5 kg), ed un sistema di guida sganciamento automatico del maglio, che assicura una corsa a caduta libera di 75 cm. La prova d'infissione, avvenuta in fondo al foro precedentemente pulito, consiste nel far penetrare il campionatore in questo caso a punta aperta per tratti successivi di 15 cm., registrando ogni volta il numero di colpi necessari (N_1, N_2, N_3). Con il primo tratto, detto di "avviamento", s'intende superare la zona di terreno rimaneggiata in fase di perforazione; se con N_1 = 50 colpi

P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

AssociazioneImpreseFondazioni consolidamenti - indagini nel sottosuolo
ANCE 2021 GENOVA Socio n.ro 16-GE-3175

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

l'avviamento è minore di 15 cm., l'infissione deve essere sospesa e la prova si dichiara conclusa, annotando la relativa penetrazione.
Se il tratto di avviamento è stato superato, si conteggiano N_2 e N_3 (da 15 a 30 e da 30 a 45 cm.) fino ad un limite complessivo di 100 colpi ($N_2 + N_3$), raggiunto il quale si sospende la prova annotando l'avanzamento ottenuto. Il parametro caratteristico della prova $N_{S.P.T.}$ è: $N_{S.P.T.} = N_2 + N_3$

3.2 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPERPESANTI

Per la realizzazione delle prove si è utilizzato un penetrometro statico-dinamico di fabbricazione PAGANI GEOTECHINICAL EQUIPMENT (PGE), denominato "TG 63/73-100" e montato su un carro cingolato semovente.

L'attrezzatura dinamica di tipo è stata utilizzata in configurazione standard - superpesante MEARDI-AGI (come da norme A.G.I., 1977) - le cui caratteristiche strumentali sono le seguenti (cfr. Caratteristiche tecniche in allegato)

Peso massa battente	M = 73,00 kg	Angolo d'apertura punta	β = 60°
Peso sistema di battuta	p = 0.63 kg	Lunghezza cadauna asta	La = 0,90 m
Altezza di caduta libera	H = 0.75 m	Peso asta per metro	Ma = 6.20 kg/m
Diametro punta conica	Dp = 51.00 mm	Prof. 1^ aggiunta asta	P1 = 0.30 m
Area base punta conica	Ap = 20.43 cm^2	Penetrazione standard	δ = 0.30 m

La PGE ha inoltre calcolato il rendimento medio del dispositivo di battuta come pari al 73%
In allegato sono riportate le tabelle ed i diagrammi (le prove sono state contraddistinte dalla sigla DIN 1-2) indicanti il numero di colpi N30 per ogni infissione di 30 cm, ed anche il valore corrispondente della resistenza dinamica alla punta Rpd.
Quest'ultimo valore è ottenuto con una formula empirica detta "degli olandesi" ed è un parametro caratteristico dello stato di addensamento e di consistenza del terreno che può essere utile per confrontare attrezzatura strumentale differente,

P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

AssociazioneImpreseFondazioni consolidamenti - indagini nel sottosuolo

ANCE 2021 GENOVA Socio n.ro 16-GE-3175

per correlazioni con la resistenza alla punta del penetrometro statico, o per valutazioni speditive del valore di carico ammissibile:

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

dove:

M (kg) = massa battente; H (cm) = altezza di caduta; AP (cm2) = area della punta conica;
e (cm) = infissione per colpo = δ (cm)/N ; P (kg) = peso totale aste

Per effettuare una valutazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni attraversati comunemente si fa riferimento alle correlazioni tra il numero di colpi misurati NDPSHA-AGI e quello delle prove in foro di sondaggio SPT (Standard Penetration Test) NSPT.

Si può in tal senso utilizzare il rapporto tra l'energia specifica per colpo dei due strumenti (Pasqualini, 1983, Bruzzi & Cestari, 1983); l'energia specifica per colpo è definita dalla formula seguente:

$$Q = (MH) / (A\delta)$$

da cui si ottiene

$$\beta = \frac{Q_{1\,(DPSH\text{-}AGI)}}{Q_{2\,(SPT)}} = \frac{M_1\, H_1\, A_2\, \delta_2}{M_2\, H2_1\, A_1\, \delta_1} = 1.15$$

da cui <u>teoricamente</u> $N_{SPT} \cong \beta\ N_{DPSH\text{-}AGI} \cong 1.15\ N_{DPSH\text{-}AGI}$

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

In una delle più recenti ed esaustive pubblicazioni in materia (Cestari, 1990-2005) viene fornita una correlazione empirica media ricavata da una serie di dati sperimentali ottenuti da vari autori (S.G.I e Tissoni 1987) per confronto diretto con le prove SPT, che è espressa dalla seguente formula

$$N_{DPSH\text{-}AGI} \cong 0.50 - 0.57\ N_{SPT}$$

da cui si ricava

$$N_{SPT} \cong 1.75 \div 2\ N_{DPSH\text{-}AGI}$$

Sulla base dell'esperienza maturata dallo scrivente in materiali prevalentemente granulari si ritiene che quest'ultima correlazione (ed in particolare NSPT ≅ 12 NDPSH-AGI) sia da considerarsi valida ancorché comunque ampiamente cautelativa, sempre comunque quando non venga registrato attrito significativo sulle aste.

Qualora invece si riscontrasse un attrito laterale molto elevato (registrato come vedremo tramite la rotazione delle aste ed anche riconoscibile sull'andamento dell'istogramma) e si è in presenza di terreni con componente coesiva significativa e/o prevalente, sulla base delle indicazioni bibliografiche (Cestari 1990 , Lopresti Puci 2001) si ritiene più attendibile e comunque maggiormente cautelativa la seguente relazione:

$$N_{SPT} \cong 1 - 1.2\ N_{DPSH\text{-}AGI}$$

Tutte le prove sono state spinte sino alla profondità di 14.70 m che era la massima possibile in relazione al numero di aste a disposizione.

Ad ogni cambio d'asta (o quando variava in modo significativo il numero di colpi registrato) si è sempre effettuata una valutazione dell'attrito laterale; nella tabella seguente si fornisce un'indicazione significativa, ancorché qualitativa,

dell'influenza dell'attrito laterale sulle aste (per poter meglio caratterizzare i terreni investigati e scegliere il valore di correlazione SPT) registrato durante la realizzazione delle prove attraverso la rotazione periodica delle aste.

Si tengano presenti le seguenti definizioni:

- attrito laterale nullo o trascurabile = le aste ruotano agevolmente
- attrito laterale moderato = le aste ruotano con sforzo delle chiavi
- attrito laterale elevato = le aste sono bloccate o ruotano a malapena con sforzo notevole

Sigla. prova	*Attrito nullo*	*Attrito moderato*	*Attrito Forte*
DIN1	da p.c. sino a ca 13.50	Da 13.50 a fine prova	
DIN2	da p.c. sino a ca 8.70	Da 8.70 a fine prova	

Nella prova DIN2 in fase di estrazione è stata annotata la presenza di aste bagnate dalla profondità di circa 4 m dal p.c. locale.

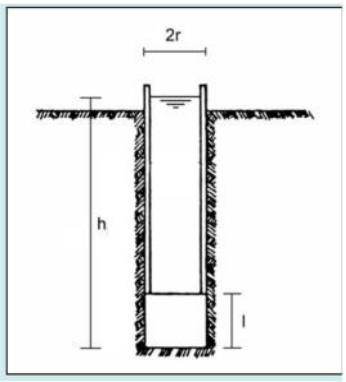
Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

3.3 PROVE DI PERMEABILITA' IN FORO TIPO "LEFRANC"

La prova di permeabilità consiste nel creare un gradiente idraulico su un tratto di terreno scoperto tale per cui si possa misurare la tendenza al ristabilirsi dell'equilibrio idraulico (prova a carico variabile in abbassamento) o al mantenimento di una portata costante di immissione (prova a carico costante).



Durante le perforazioni sono state eseguite prove di permeabilità tipo Lefranc a carico variabile e/o a carico variabile nei terreni presenti.

La prova Lefranc consiste nel preparare un tratto di foro scoperto durante la perforazione del sondaggio e creare un gradiente idraulico mediante immissione (o estrazione) di acqua nella colonna di rivestimento, tale per cui si possa misurare la portata necessaria a mantenerlo costante (prova a carico costante), o la tendenza al ristabilirsi dell'equilibrio idraulico (prova a carico variabile). In questa maniera è possibile ricavare tramite opportuni algoritmi di calcolo il coefficiente di permeabilità del terreno.

3.1.1 CARICO COSTANTE

In questo tipo di prova si misura l'immissione di acqua pulita nella batteria di rivestimento, fino alla determinazione di un carico idraulico costante, cui corrisponde un a portata assorbita del terreno costante e misurata.

La misura della portata immessa a regime idrico costante è determinata con contalitri di sensibilità pari a 0.1 litri. La taratura del contalitri deve essere verificata in situ riempiendo un recipiente di volume noto e di capacità superiore a 100 litri. Le condizioni di immisione a regime costante devono essere mantenute, senza variazione alcuna per 10-20 min.

P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

AssociazioneImpreseFondazioni
consolidamenti – indagini nel sottosuolo

ANCE 2021 GENOVA
Socio n.ro 16-GE-3175

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

Il coefficiente di permeabilità K viene determinato utilizzando la seguente formulazione:

$$K = \frac{Q}{F \cdot h}$$

dove:

- Q= portata immessa o emunta (m^3 /sec);
- F= fattore di forma che dipende dalla geometria della prova (m);
- h= differenza di altezza del livello dell'acqua provocato dall'immissione o dall'emungimento (m).

3.1.2 CARICO VARIABILE

In questo tipo di prova si misura la velocità di riequilibrio del livello dell'acqua nel foro dopo averlo alterato mediante l'immissione di acqua. Dall'istante in cui si sospende l'immissione dell'acqua (raggiunta la testa della tubazione di rivestimento), a intervalli di tempo variabili a seconda della velocità di discesa dell'acqua nel foro, si annotano il livello e il tempo di ciascun abbassamento.

Il metodo utilizzato per l'interpretazione dei risultati della prova fa riferimento alla metodologia consigliata dalla Associazione Geotecnica Italiana (AGI) ed utilizza il seguente schema geometrico e relazione di calcolo.

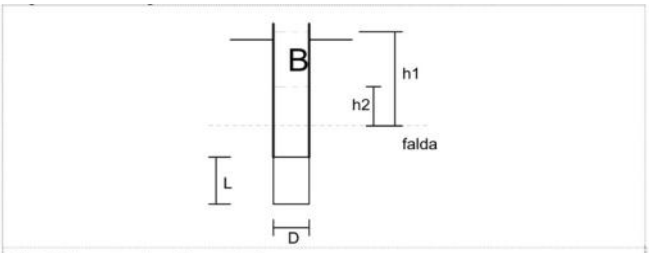


Fig. 1: Schema esecutivo della prova Lefranc

$$K = \frac{A}{C_L \cdot (t_2 - t_1)} \cdot \ln \frac{h_1}{h_2}$$

dove:

K = coefficiente di permeabilità

A = area di base

h1, h2 = altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello di falda indisturbata o a fondo foro, ai tempi t1 e t2

t1, t2 = tempi nei quali si misurano h1 e h2

CL = coeff. di forma dipendente dalla configurazione geometrica

CL = L se $L > D$

CL = 2·π·D+L se $L \leq D$

L'immissione degli abbassamenti o delle risalite fa riferimento alle effettive variazioni di livello dell'acqua partendo dal livello iniziale (t = 0), con una successione di letture cumulate da cui tramite opportuno foglio di calcolo si

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

deriva automaticamente i valori complementari di h implementati nella formula in relazione al livello di falda.

Per quanto riguarda le altezze di carico idraulico variabili nel tempo, le NORME AGI affermano che esse sono "altezze rispetto alla falda indisturbata o rispetto al fondo foro"; risulterebbe pertanto che in mancanza di dati relativi alla falda il livello di riferimento può essere indifferentemente anche il fondo foro.

In base a quanto detto il metodo "AGI" permette di ovviare all'introduzione della falda, se non nota, considerando automaticamente il fondo foro come livello di riferimento. Nell'allegato è visualizzato il grafico tempi/abbassamenti in cui viene calcolato un valore di K per ogni tratto della curva tra una lettura e la successiva.

Il coefficiente di permeabilità stimato è quello medio dal punto della curva ove si ritiene che si sia instaurato un regime di flusso permanente (dopo saturazione dei terreni), fino a fine curva. Applicando la formula ai dati rilevati si ottengono i seguenti risultati.

	Tipo prova	Tratto prova	K m/sec
S2 P1	Lefranc carico variabile	da 3.00 a 4.00 m	7.10E-06
S2 P2	Lefranc carico variabile	da 5.00 a 6.00 m	8.56E-07
S2 P3	Lefranc carico variabile	da 7.00 a 8.00 m	5.87E-07
S3 P1	Lefranc carico variabile	da 2.00 a 3.00 m	8.35E-07
S3 P2	Lefranc carico variabile	da 5.00 a 6.00 m	7.47E-08
S3 P3	Lefranc carico variabile	da 8.00 a 9.00 m	7.40E-08

4. ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Durante le operazioni di carotaggio è stato richiesto il prelievo di alcuni campioni di terre e di rocce con le seguenti modalità / tipologie:

- Indisturbati con campionatore a pareti sottili tipo Shelby;
- Rimaneggiati direttamente dalle cassette catalogatrici;
- Rimaneggiati direttamente da N°02 singoli pozzetti in alveo per ricostruzione curva granulometrica per studio morfodinamico.

I campioni, debitamente sigillati ed etichettati sono trasportati presso il laboratorio geotecnico:
RINA Consulting GET S.r.l. *(Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto n° 219 del 11/05/2018 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce – Settori A e B ai sensi del D.M. 17/01/2018)* di Genova - Bolzaneto per essere sottoposti alle prove geotecniche di laboratorio.

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

5. TUBI PIEZOMETRICI

Al termine delle perforazioni, le verticali di indagine sono state attrezzate con tubo piezometrico del tipo a circuito aperto ø 2".

Questi strumenti di monitoraggio consentiranno di verificare il livello di falda presente nel terreno per tutta la durata degli accertamenti tecnici.

I piezometri constano di una colonna di tubi in PVC rigido, fessurati ed eventualmente rivestiti di tessuto non tessuto per la parte in falda e ciechi per il rimanente tratto.

Vanno posti in opera entro un foro rivestito con una tubazione provvisoria, di diametro utile pari almeno al doppio del diametro dei tubi di misura adottati.

Una volta eseguita a quota la pulizia del foro, si inserisce la colonna fino a fondo foro; quindi si procede all'immissione, nell'intercapedine colonna - tubazione, di materiale granulare (sabbia, sabbia - ghiaietto) in modo da realizzare un filtro poroso attorno al tratto di colonna fenestrato.

Tale operazione va eseguita ritirando la tubazione provvisoria mano a mano che si procede con l'immissione dall'alto del materiale filtrante, curando di controllare la quota di

P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

AssociazioneImpreseFondazioni consolidamenti - indagini nel sottosuolo
ANCE 2021 GENOVA Socio n.ro 16-GE-3175

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

questo con idonei sistemi di misura (cordelle metriche, etc.). Il bordo inferiore della tubazione dovrà sempre trovarsi al di sotto della quota raggiunta dal materiale di riempimento.
Al termine della formazione del filtro, si procede all'esecuzione di un tappo impermeabile di circa 1 metro di altezza, formato generalmente da palline di bentonite o argilla opportunamente pestellate, onde separare la zona filtrante dal tratto di foro superficiale, che andrà poi riempito con materiale di risulta, oppure cementato a seconda delle esigenze.
In superficie, si provvede quindi ad eseguire un idoneo pozzetto, per il contenimento e la protezione della testa del piezometro.

Il piezometro, al termine della posa in opera è stato protetto con un tombino in ghisa.

6. INDAGINE SISMICA

Al fine di determinare le caratteristiche sismo-stratigrafiche del sottosuolo sono state condotte alcune prospezioni sismiche in particolare:

- N°03 prospezione sismica a rifrazione abbinate a N°03 prospezioni MASW;

6.1 INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE

Nel sito in oggetto sono state realizzate N°03 prospezione sismica a rifrazione ai fini di individuare lo spessore dei materiali sciolti nonché andamento e geometria del basamento roccioso (laddove raggiunto), interpolando e correlando i dati puntuali dedotti con i sondaggi geognostici. L'ubicazione dell'indagine sismica è stata eseguita lungo il tracciato stradale.

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

L'indagine geofisica indiretta di tipo sismico a rifrazione consente di rilevare e registrare le onde elastiche di compressione e/o taglio generate e prodotte alla superficie da energizzazioni artificiali, ricostruendone il tragitto e il percorso soggetto a rifrazione e riflessione indotte da discontinuità fisico-chimiche sepolte riconducibili a differenti stati elastici dei terreni, quali orizzonti e contatti stratigrafici, interfaccia tra materiali sciolti e roccia, faglie, vuoti, cavità.

La ricezione e la trasmissione della perturbazione alla superficie viene rilevata da trasduttori elettromagnetici, chiamati geofoni, i quali, attraverso un cavo schermato multipolare, inviano il dato al ad un sismografo multicanale che misura e registra i tempi di percorrenza dell'impulso elastico, memorizzando i ritardi sequenziali di arrivo tra i vari geofoni. Tali ritardi, graficati in funzione della distanza e della spaziatura indotta nella stesa, consentono di elaborare le dromocrone, attraverso le quali è possibile interpretare la prospezione e ricostruire un modello stratigrafico del sottosuolo.

L'acquisizione dei dati è stata effettuata mediante un sismografo PASI GEA24 a 12 canali con memorizzazione incrementale dei segnali per ogni traccia, digitalizzati mediante convertitore A/D a 16 bit in 260 campioni per una lunghezza di registrazione pari a 256 millesimi di secondo. L'energizzazione nel terreno, per la generazione delle onde di compressione, è stata ottenuta mediante percussione con massa battente (mazza con testa da 9 kg) su piastra di acciaio.

La spaziatura dei geofoni è stata decisa sulla base del target d'indagine, ovvero del presunto spessore minimo di materiali sciolti da indagare, nonché soprattutto dalle potenziali condizioni logistico di sviluppo della stesa.
Per la ricezione delle onde sono stati utilizzati geofoni verticali Oyo Geospace con frequenza naturale di 14 Hz. I tempi zero di energizzazione sono stati rilevati mediante l'utilizzo di geofono starter collegato direttamente alla mazza perturbante.

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

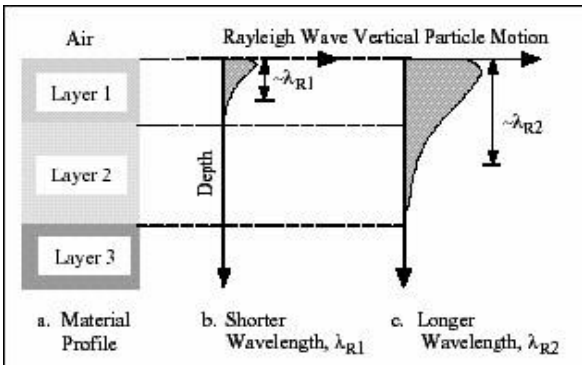
E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

L'interpretazione dei dati è stata condotta mediante software specialistico di tomografia sismica SmartTomo. La sequenza degli strati sismici, discretizzati da intervalli di velocità, viene quindi inevitabilmente ricondotta ai terreni e alle litologie presenti nell'area in studio, coltre detritica, substrato alterato e bedrock, ovvero agli orizzonti discriminati con i sondaggi geognostici diretti. L'individuazione dei primi arrivi permette di individuare le dromocrone e quindi la sezione sismostratigrafica.

La sezione sismostratigrafica è stata elaborata riconducendola alle evidenze emerse dalle indagini dirette, e attribuendo ai valori delle velocità sismiche misurate, un grado di addensamento ed elasticità riconducibile ai materiali sciolti di alterazione residuale e al substrato roccioso e/o il suo livello destrutturato.
Oltre per ciascuna prospezione sismica sono riportate le dromocrone, e la sezione sismostratigrafica elaborata in tomografia, con copertura e sviluppo dei raggi sismici in profondità.

6.2 MASW

La prova MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagini non invasiva utile al calcolo del parametro Vs30 basata sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo.



Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo

Il metodo MASW consiste in tre fasi (Roma, 2002):

1. la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale;
2. la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica;
3. la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, modificando opportunamente lo spessore h, le velocità delle onde di taglio Vs e di compressione Vp (o in maniera alternativa alle velocità Vp è possibile assegnare il coefficiente di Poisson u), la densità di massa r degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

Per la realizzazione di la stesa sismica MASW è stata utilizzata la stessa strumentazione della simica a rifrazione.

In fase di elaborazione è stato utilizzato il Programma MASW2007.

Nella Tavola relativa alle prove MASW sono riportati i seguenti elaborati

- ✓ Tracce acquisizione;
- ✓ Curva di dispersione sperimentale;
- ✓ Curva di dispersione non elaborata;
- ✓ Curva di dispersione elaborata;
- ✓ Spettro;
- ✓ Calcolo VS30 e Vs,eq;
- ✓ Definizione della Categoria sismica dei terreni presenti.

Secondo le NTC 2018 la classificazione del sottosuolo si effettua 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:

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

con:

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

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

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II delle NTC 218

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

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

Certi di aver adempiuto correttamente ed in modo esaustivo all'incarico conferitoci, rimaniamo comunque a disposizione per eventuali chiarimenti e/o approfondimenti di indagine.

Genova, 19_01_2022

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA
Dott. Geol. LUCA MALDOTTI
A.P. n. 411
data iscr. 18-03-99

Dott. Geol. Luca Maldotti
(Direttore Tecnico Indagini Geognostiche)

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

ALLEGATI

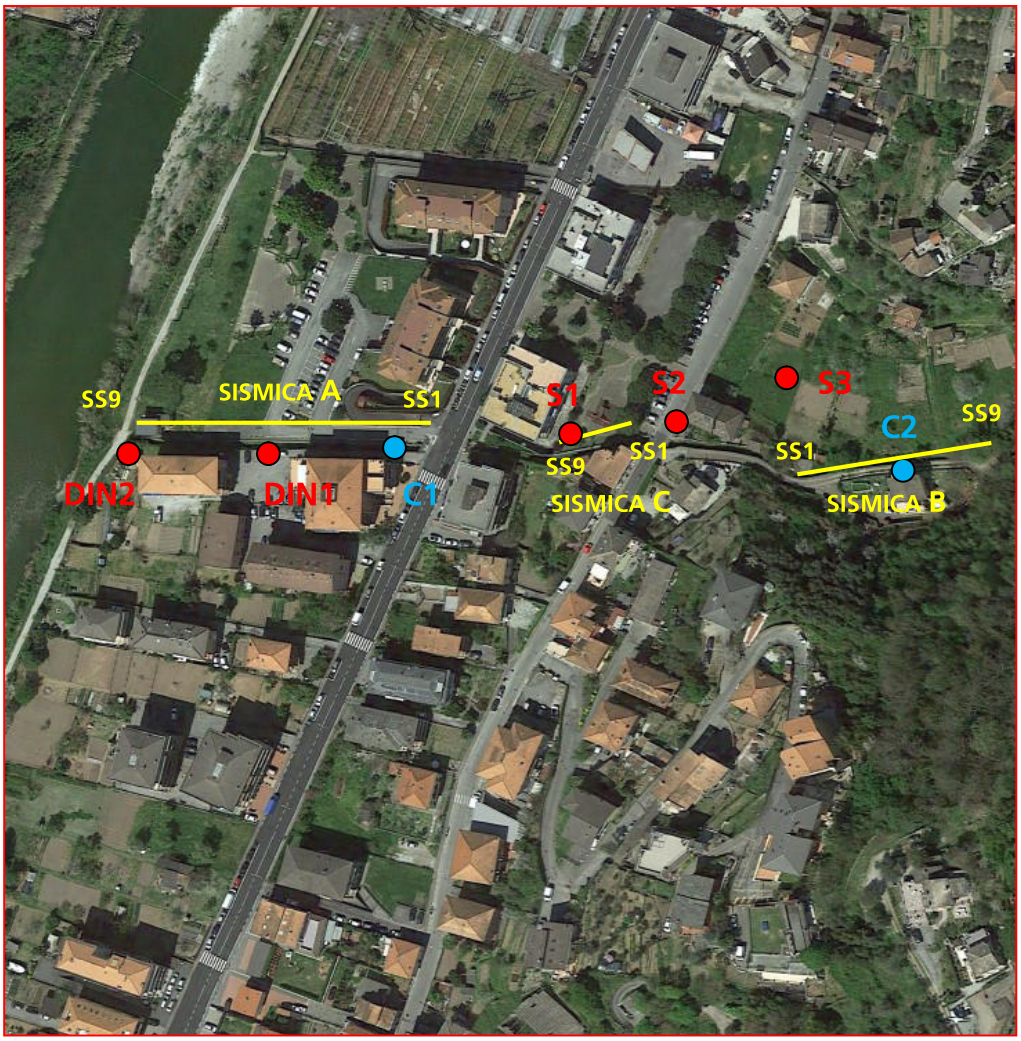
P.IVA-C.F.-N° Iscr. Reg.Imp. GE 01293970990 - **R.E.A.della CCIAA GE** 398554 - **Cap.Soc.**€ 100.000,00 i.v.

m3d costruzioni speciali s.r.l.

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it



N°	allegato
1	ORTOFOTO CON UBICAZIONE INDAGINI

codice	data	scala	redatto	committente
M3D056_21	19_01_2022	-	Luca MALDOTTI	COMUNE DI COGORNO

m3d costruzioni speciali s.r.l.

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

N° allegato	
2	DOCUMENTAZIONE SONDAGGIO GEOGNOSTICO A C.C. **S1**

codice	data	scala	redatto	committente
M3D056_21	19_01_2022	-	Luca MALDOTTI	COMUNE DI COGORNO

M3D Costruzioni Speciali S.r.l.
Via al Santuario di N.S. della Guardia 49A rosso
16162 GENOVA
tel. 010 2518889 e-mail: info@m3dsrl.com

STRATIGRAFIA SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Commessa	Sigla sondaggio
056/21	**PZ-S1**

Committente:	**Comune di Cogorno**
Cantiere:	**Rio Rondaneo - Giardini pubblici**
Località:	**Cogorno (GE)**
Data:	**Inizio e fine 09/06/2021**
Quota:	**p.c.**

Dati di perforazione - computo metrico

Tipo e diametro di perforazione: *carotaggio continuo - 101 mm*
Rivestimento diam. 127 mm: *12.00 m* Casse: *n. 3*
Carotiere semplice: *15.00 m*
Carotiere doppio: -
Corona diamantata: -
Strumentazione*: Piezometro 2" a tubo aperto profondità 15.00 m*

Profondità e potenza strato (m)	Descrizione litologica
0,00 – 3.20 (3.20)	Ghiaia eterometrica da sabbiosa a con sabbia debolmente limosa; clasti poligenici, da angolari a subangolari; colore marrone-beige.
3.20 – 9.30 (6.10)	Ghiaia eterometrica con limo sabbioso-argillosa; clasti poligenici, da angolari a subangolari; poco addensato (valori di N_{SPT} pari a 5 e 7 rispettivamente a 3.00 m e 6.00 m di profondità); colore marrone chiaro.
9.30 – 15.00 (5.70)	Limo sabbioso-argilloso; da poco addensato a moderatamente addensato (valori di N_{SPT} pari a 5, 16 e 28 rispettivamente a 9.00 m, 12.00 m e 15.00 m di profondità); colore marrone chiaro, localmente grigio oltre i 14.00 m di profondità.
15.00 – 20,00	

% Carotaggio: 100

Manovre % RQD: 1.50, 3.00, 4.50, 6.00, 7.50, 9.00, 10.50, 12.00, 13.50, 15.00

Campioni: C. 1 (2.40-2.70 m), C. 2 (4.00-4.30 m), C. 3 (6.20-6.50 m), C. 4 (9.50-9.80 m), C. 5 (12.70-13.00 m)

Prove geotecniche in foro – Standard Penetration Test

prof.	Risutato	N_{spt}
3.00 – 3.45	2 - 3 - 2	5
6.00 – 6.45	4 - 3 - 4	7
9.00 – 9.45	3 - 3 - 2	5
12.00 – 12.45	2 - 7 - 9	16
15.00 – 15.45	11 - 13 - 15	28

Lefranc / Lugeon / Menard / Inclinometro

Piezometro a tubo aperto: 2" – 3.0 – 15.00

Utensile: Carotiere semplice – 15.00; Carotiere doppio; Corona Diamantata

Falda: 22/06/2021 – 7.30

m3d costruzioni speciali s.r.l.

SOA GROUP
Member of CISQ Federation
RINA
CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM
ISO 9001 - BS OHSAS 18001

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

Web www.m3dsrl.com
E-mail info@m3dsrl.com

Committente: **COMUNE DI COGORNO**
Sondaggio: **PZ-S1** - Cassetta: **n°1**
Prof. da **0.00 m. a 5.00 m.** ⟶

Committente: **COMUNE DI COGORNO**
Sondaggio: **PZ-S1** Cassetta: **n°2**
Prof. da **5.00 m. a 10.00 m.** ⟶

m3d costruzioni speciali s.r.l.

SOA GROUP
Member of CISQ Federation
RINA
CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM
ISO 9001 - BS OHSAS 18001

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

Web www.m3dsrl.com
E-mail info@m3dsrl.com

Committente: **COMUNE DI COGORNO**
Sondaggio: **PZ-S1** Cassetta: **n°3**
Prof. da **10.00 m. a 15.00 m.** ⟶

m3d costruzioni speciali s.r.l.

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

N°	allegato
3	DOCUMENTAZIONE SONDAGGIO GEOGNOSTICO A C.C. **S2**

codice	data	scala	redatto	committente
M3D056_21	19_01_2022	-	Luca MALDOTTI	COMUNE DI COGORNO

M3D Costruzioni Speciali S.r.l.
Via al Santuario di N.S. della Guardia 49A rosso
16162 GENOVA
tel. 010 2518889 e-mail: info@m3dsrl.com

STRATIGRAFIA SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Commessa	Sigla sondaggio
056/21	**PZ-S2**

Committente:	**Comune di Cogorno**
Cantiere:	**Rio Rondaneo - Via Brigata Berto**
Località:	**Cogorno (GE)**
Data:	**Inizio e fine 10/06/2021**
Quota:	**p.c.**

Dati di perforazione - computo metrico

Tipo e diametro di perforazione: *carotaggio continuo - 101 mm*
Rivestimento diam. 127 mm: *9.00 m* Casse: *n. 2*
Carotiere semplice: *10.00 m*
Carotiere doppio: -
Corona diamantata: -
Strumentazione*: Piezometro 2" a tubo aperto profondità 10.00 m*

Profondità e potenza strato (m)		Descrizione litologica
0,00	4.00	Ghiaia eterometrica da sabbiosa a con sabbia debolmente limosa; clasti poligenici, da angolari a subangolari; moderatamente addensato (valore di N_{SPT} pari a 17 a 2.00 m di profondità); colore beige.
4.00	3.40	Ghiaia eterometrica con limo sabbioso-argillosa; clasti poligenici, da angolari a subangolari; da poco addensato a moderatamente addensato (valori di N_{SPT} pari a 5 e 15 rispettivamente a 4.00 m e 6.00 m di profondità); colore marrone chiaro.
7.40	2.60	Limo sabbioso-argilloso, debolmente ghiaioso; da poco addensato a moderatamente addensato (valori di N_{SPT} pari a 34 e 42 rispettivamente a 8.00 m e 10.00 m di profondità); colore marrone chiaro.
10.00		
20,00		

% Carotaggio: 100

Manovre % RQD: 1.50, 2.00, 3.00, 4.00, 5.00, 6.00, 7.00, 8.00, 9.00, 10.00

Campioni: C. 1 (2.40-2.70 m), C. 2 (4.60-5.00 m), C. 3 (6.10-6.40 m), C. 4 (7.40-7.60 m), C. 5 (9.50-10.0 m)

Prove geotecniche in foro — Standard Penetration Test

prof.	Risutato	N_{spt}
2.00 / 2.45	9 - 9 - 8	17
4.00 / 4.45	2 - 3 - 2	5
6.00 / 6.45	4 - 5 - 10	15
8.00 / 8.45	14 - 16 - 18	34
10.00 / 10.45	17 - 20 - 22	42

Lefranc: 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0

Lugeon: -

Menard: -

Inclinometro: -

Piezometro a tubo aperto: 2" — 3.0 — 10.00

Utensile: Carotiere semplice — 10.00; Carotiere doppio: -; Corona Diamantata: -

Falda: 22/06/2021 — 4.80

m3d costruzioni speciali s.r.l.

SOA GROUP
Member of CISQ Federation
RINA
CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM
ISO 9001 - BS OHSAS 18001

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

Web www.m3dsrl.com
E-mail info@m3dsrl.com

Committente: **COMUNE DI COGORNO**
Sondaggio: **PZ-S2** - Cassetta: **n°1**
Prof. da **0.00 m. a 5.00 m.** ⟶

Committente: **COMUNE DI COGORNO**
Sondaggio: **PZ-S2** Cassetta: **n°2**
Prof. da **5.00 m. a 10.00 m.** ⟶

m3d costruzioni speciali s.r.l.

PROVA DI PERMEABILITA' TIPO: LEFRANC
- Carico Variabile -

S2	**1**
Sondaggio	Prova n°

Rio Rondaneo	Messa in sicurezza idraulica Rio Rondaneo
Cantiere	Opera
Comune di Cogorno	-
Committente	Appaltatore
Via G.B. Ghio, Cogorno GE	10 Giugno 2021
Località	Data esecuzione

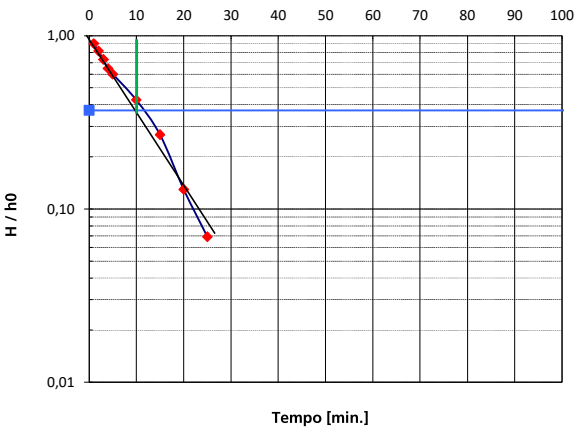
101	4,00	101	1,00
ϕ foro [mm.]	Prof. foro da p.c. [m.]	ϕ tratto prova [mm.]	Lungh. tratto prova [m.]
127	3,00	0,25	3,37
ϕ rivestimento [mm.]	Prof. rivest. da p.c. [m.]	Altezza rivest. da p.c. [m.]	Altezza acqua in foro [m.]

Descrizione delle grandezze utilizzate

h0 livello [in m.] acqua iniziale sul livello falda / sul fondo foro = **3,62**
hm altezza misurata
H h0 - hm
dh hmsucc. - hmprec.
t tempo
A area della sezione trasversale del rivestimento in cui avvengono le misure del livello [mq.]
F fattore di forma che dipende dalla geometria della prova [m.]
T tempo di riequilibrio [sec.] corrispondente al valore H/h0 = **0,28**

t [min.]	hm [m.]	dh [m.]	H [m.]	H/h0
1,00	0,36	0,00	3,26	0,90
2,00	0,67	0,31	2,95	0,81
3,00	0,98	0,31	2,64	0,73
4,00	1,28	0,30	2,34	0,65
5,00	1,45	0,17	2,17	0,60
10,00	2,08	0,63	1,54	0,43
15,00	2,65	0,57	0,97	0,27
20,00	3,15	0,50	0,47	0,13
25,00	3,37	0,22	0,25	0,07

Prova di Permeabilità Lefranc a carico variabile



K = A / F T [m. / sec.] permeabilità

A	F	T	K
0,013	2,97	600	7,10509E-06

D. Cosenza - R. Chiappori	-
Operatore	Osservazioni

m3d costruzioni speciali s.r.l.

PROVA DI PERMEABILITA' TIPO: LEFRANC
- Carico Variabile -

S2	**2**
Sondaggio	Prova n°

Rio Rondaneo	Messa in sicurezza idraulica Rio Rondaneo
Cantiere	Opera
Comune di Cogorno	-
Committente	Appaltatore
Via G.B. Ghio, Cogorno GE	10 Giugno 2021
Località	Data esecuzione

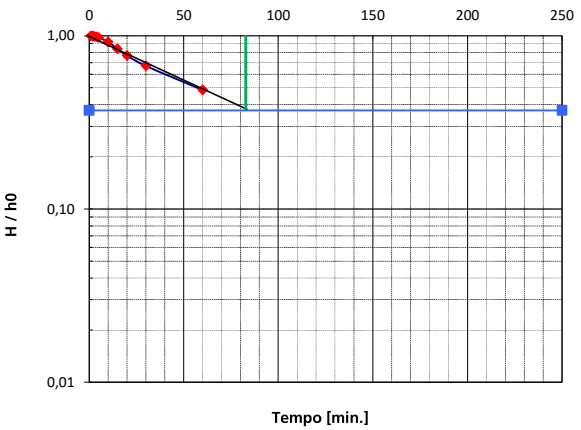
101	6,00	101	1,00
ϕ foro [mm.]	Prof. foro da p.c. [m.]	ϕ tratto prova [mm.]	Lungh. tratto prova [m.]
127	5,00	0,00	4,40
ϕ rivestimento [mm.]	Prof. rivest. da p.c. [m.]	Altezza rivest. da p.c. [m.]	Altezza acqua in foro [m.]

Descrizione delle grandezze utilizzate

h0 livello [in m.] acqua iniziale sul livello falda / sul fondo foro = **4,40**
hm altezza misurata
H h0 - hm
dh hmsucc. - hmprec.
t tempo
A area della sezione trasversale del rivestimento in cui avvengono le misure del livello [mq.]
F fattore di forma che dipende dalla geometria della prova [m.]
T tempo di riequilibrio [sec.] corrispondente al valore H/h0 = **0,23**

t [min.]	hm [m.]	dh [m.]	H [m.]	H/h0
1,00	0,01	0,00	4,39	1,00
2,00	0,03	0,02	4,37	0,99
3,00	0,05	0,02	4,35	0,99
4,00	0,07	0,02	4,33	0,98
5,00	0,10	0,03	4,30	0,98
10,00	0,35	0,25	4,05	0,92
15,00	0,71	0,36	3,69	0,84
20,00	1,02	0,31	3,38	0,77
30,00	1,45	0,43	2,95	0,67
60,00	2,26	0,81	2,14	0,49

Prova di Permeabilità Lefranc a carico variabile



K = A / F T [m. / sec.] permeabilità

A	F	T	K
0,013	2,97	4980	8,56035E-07

D. Cosenza - R. Chiappori	-
Operatore	Osservazioni

m3d costruzioni speciali s.r.l.

PROVA DI PERMEABILITA' TIPO: LEFRANC
- Carico Variabile -

S2	**3**
Sondaggio	Prova n°

Rio Rondaneo	Messa in sicurezza idraulica Rio Rondaneo
Cantiere	Opera
Comune di Cogorno	-
Committente	Appaltatore
Via G.B. Ghio, Cogorno GE	10 Giugno 2021
Località	Data esecuzione

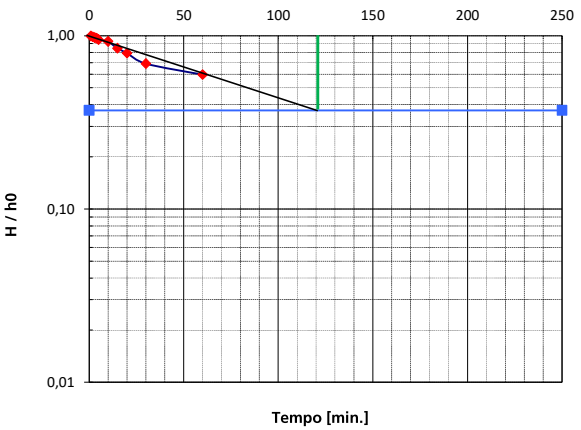
101	8,00	101	1,00
ϕ foro [mm.]	Prof. foro da p.c. [m.]	ϕ tratto prova [mm.]	Lungh. tratto prova [m.]
127	7,00	0,30	3,56
ϕ rivestimento [mm.]	Prof. rivest. da p.c. [m.]	Altezza rivest. da p.c. [m.]	Altezza acqua in foro [m.]

Descrizione delle grandezze utilizzate

h0 livello [in m.] acqua iniziale sul livello falda / sul fondo foro = **3,86**
hm altezza misurata
H h0 - hm
dh hmsucc. - hmprec.
t tempo
A area della sezione trasversale del rivestimento in cui avvengono le misure del livello [mq.]
F fattore di forma che dipende dalla geometria della prova [m.]
T tempo di riequilibrio [sec.] corrispondente al valore H/h0 = **0,26**

t [min.]	hm [m.]	dh [m.]	H [m.]	H/h0
1,00	0,02	0,00	3,84	0,99
2,00	0,06	0,04	3,80	0,98
3,00	0,10	0,04	3,76	0,97
4,00	0,13	0,03	3,73	0,97
5,00	0,19	0,06	3,67	0,95
10,00	0,29	0,10	3,57	0,92
15,00	0,59	0,30	3,27	0,85
20,00	0,80	0,21	3,06	0,79
30,00	1,20	0,40	2,66	0,69
60,00	1,56	0,36	2,30	0,60

Prova di Permeabilità Lefranc a carico variabile



K = A / F T [m. / sec.] permeabilità

A	F	T	K
0,013	2,97	7260	5,87197E-07

D. Cosenza - R. Chiappori	-
Operatore	Osservazioni

m3d costruzioni speciali s.r.l.

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

N°	allegato
4	DOCUMENTAZIONE SONDAGGIO GEOGNOSTICO A C.C. **S3**

codice	data	scala	redatto	committente
M3D056_21	19_01_2022	-	Luca MALDOTTI	COMUNE DI COGORNO

M3D Costruzioni Speciali S.r.l.
Via al Santuario di N.S. della Guardia 49A rosso
16162 GENOVA
tel. 010 2518889 e-mail: info@m3dsrl.com

STRATIGRAFIA SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Commessa	Sigla sondaggio
056/21	**S3**

Committente:	**Comune di Cogorno**
Cantiere:	**Rio Rondaneo - A monte**
Località:	**Cogorno (GE)**
Data:	**Inizio e fine 11/06/2021**
Quota:	**p.c.**

Dati di perforazione - computo metrico

Tipo e diametro di perforazione: *carotaggio continuo - 101 mm*
Rivestimento diam. 127 mm: *7.00 m* Casse: *n. 2*
Carotiere semplice: *10.00 m*
Carotiere doppio: -
Corona diamantata: -
Strumentazione: -

Profondità e potenza strato (m)		Descrizione litologica
0,00	1.50	Ghiaia eterometrica da sabbiosa a con sabbia debolmente limosa; clasti poligenici, da angolari a subangolari; colore marrone-beige.
1.50	1.70	Ghiaia eterometrica con limo sabbioso-argillosa; clasti poligenici, da angolari a subangolari; colore marrone chiaro.
3.20	5.80	Limo sabbioso-argilloso, debolmente ghiaiosa; poco addensato (valori di N_{SPT} pari a 8 e 4 rispettivamente a 3.00 m e 6.00 m di profondità); colore marrone chiaro, localmente grigio oltre i 14.00 m di profondità.
9.00	1.00	Limo sabbioso-argilloso localmente ghiaioso; moderatamente addensato (valore di N_{SPT} pari a 20 a 9.00 m di profondità); colore grigio.
10.00		
20,00		

Colonne: Litologia; % Carotaggio (10 30 50 70 90); Manovre % RQD (10 30 50 70 90); Campioni; Prove geotecniche in foro (Standard Penetration Test: prof., Risutato, N_{spt}; Lefranc; Lugeon; Menard); Inclinometro; Piezometro a tubo aperto (2"); Utensile (Carotiere semplice; Carotiere doppio; Corona Diamantata); Falda

% Carotaggio: 100

Manovre % RQD: 1.50, 2.00, 3.00, 4.50, 5.00, 6.00, 7.00, 8.00, 9.00, 10.00

Campioni: C. 1 2.50-2.70 m; C.I. 1 4.50-5.00 m; C. 2 5.50-5.70 m; C. 3 7.60-7.80 m; C. 4 8.50-8.70 m

Prove geotecniche in foro:

prof.	Risutato	N_{spt}
3.00–3.45	5 - 3 - 5	8
6.00–6.45	2 - 1 - 3	4
9.00–9.45	10 - 9 - 11	20

Lefranc: 2.0, 3.0, 5.0, 6.0, 8.0, 9.0

Utensile: 10.00

m3d costruzioni speciali s.r.l.

SOA GROUP
Member of CISQ Federation
RINA
CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM
ISO 9001 - BS OHSAS 18001

Sede Operativa e uffici Via al Santuario N.S. della Guardia 49 A rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

Web www.m3dsrl.com
E-mail info@m3dsrl.com

Committente: **COMUNE DI COGORNO**
Sondaggio: **S3** - Cassetta: **n°1**
Prof. da **0.00 m. a 5.00 m.** ⟶

Committente: **COMUNE DI COGORNO**
Sondaggio: **S3** Cassetta: **n°2**
Prof. da **5.00 m. a 10.00 m.** ⟶

m3d costruzioni speciali s.r.l.

PROVA DI PERMEABILITA' TIPO: LEFRANC
- Carico Variabile -

S3	**1**
Sondaggio	Prova n°

Rio Rondaneo	Messa in sicurezza idraulica Rio Rondaneo
Cantiere	Opera
Comune di Cogorno	-
Committente	Appaltatore
Via G.B. Ghio, Cogorno GE	11 Giugno 2021
Località	Data esecuzione

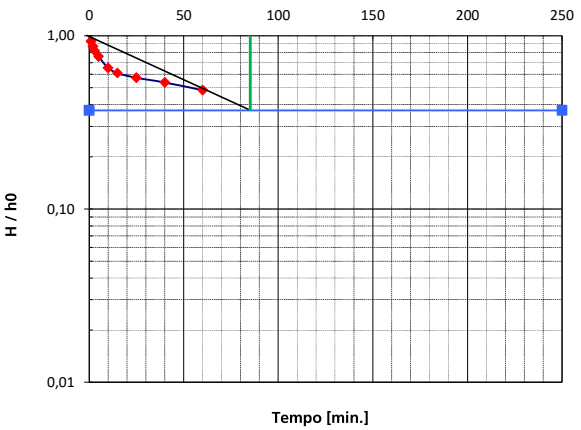
101	3,00	101	1,00
ϕ foro [mm.]	Prof. foro da p.c. [m.]	ϕ tratto prova [mm.]	Lungh. tratto prova [m.]
127	2,00	0,50	3,00
ϕ rivestimento [mm.]	Prof. rivest. da p.c. [m.]	Altezza rivest. da p.c. [m.]	Altezza acqua in foro [m.]

Descrizione delle grandezze utilizzate

h0 livello [in m.] acqua iniziale sul livello falda / sul fondo foro = **3,50**
hm altezza misurata
H h0 - hm
dh hmsucc. - hmprec.
t tempo
A area della sezione trasversale del rivestimento in cui avvengono le misure del livello [mq.]
F fattore di forma che dipende dalla geometria della prova [m.]
T tempo di riequilibrio [sec.] corrispondente al valore H/h0 = **0,29**

t [min.]	hm [m.]	dh [m.]	H [m.]	H/h0
1,00	0,25	0,00	3,25	0,93
2,00	0,46	0,21	3,04	0,87
3,00	0,64	0,18	2,86	0,82
5,00	0,84	0,20	2,66	0,76
10,00	1,22	0,38	2,28	0,65
15,00	1,37	0,15	2,13	0,61
25,00	1,50	0,13	2,00	0,57
40,00	1,62	0,12	1,88	0,54
60,00	1,80	0,18	1,70	0,49

Prova di Permeabilità Lefranc a carico variabile



K = A / F T [m. / sec.] permeabilità

A	F	T	K
0,013	2,97	5100	8,35893E-07

D. Cosenza - R. Chiappori	-
Operatore	Osservazioni

m3d costruzioni speciali s.r.l.

PROVA DI PERMEABILITA' TIPO: LEFRANC
- Carico Variabile -

S3	**2**
Sondaggio	Prova n°

Rio Rondaneo	Messa in sicurezza idraulica Rio Rondaneo
Cantiere	Opera
Comune di Cogorno	-
Committente	Appaltatore
Via G.B. Ghio, Cogorno GE	11 Giugno 2021
Località	Data esecuzione

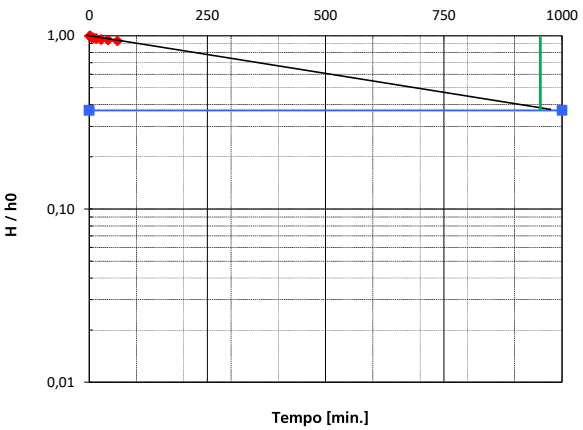
101	6,00	101	1,00
ϕ foro [mm.]	Prof. foro da p.c. [m.]	ϕ tratto prova [mm.]	Lungh. tratto prova [m.]
127	5,00	0,50	2,10
ϕ rivestimento [mm.]	Prof. rivest. da p.c. [m.]	Altezza rivest. da p.c. [m.]	Altezza acqua in foro [m.]

Descrizione delle grandezze utilizzate

h0 livello [in m.] acqua iniziale sul livello falda / sul fondo foro = **2,60**
hm altezza misurata
H h0 - hm
dh hmsucc. - hmprec.
t tempo
A area della sezione trasversale del rivestimento in cui avvengono le misure del livello [mq.]
F fattore di forma che dipende dalla geometria della prova [m.]
T tempo di riequilibrio [sec.] corrispondente al valore H/h0 = **0,38**

t [min.]	hm [m.]	dh [m.]	H [m.]	H/h0
1,00	0,01	0,00	2,59	1,00
2,00	0,01	0,00	2,59	1,00
3,00	0,02	0,01	2,58	0,99
5,00	0,07	0,05	2,53	0,97
10,00	0,08	0,01	2,52	0,97
15,00	0,10	0,02	2,50	0,96
25,00	0,13	0,03	2,47	0,95
40,00	0,15	0,02	2,45	0,94
60,00	0,18	0,03	2,42	0,93

Prova di Permeabilità Lefranc a carico variabile



K = A / F T [m. / sec.] permeabilità

A	F	T	K
0,013	2,97	57000	7,47904E-08

D. Cosenza - R. Chiappori	-
Operatore	Osservazioni

m3d costruzioni speciali s.r.l.

PROVA DI PERMEABILITA' TIPO: LEFRANC
- Carico Variabile -

S3	**3**
Sondaggio	Prova n°

Rio Rondaneo	Messa in sicurezza idraulica Rio Rondaneo
Cantiere	Opera
Comune di Cogorno	-
Committente	Appaltatore
Via G.B. Ghio, Cogorno GE	11 Giugno 2021
Località	Data esecuzione

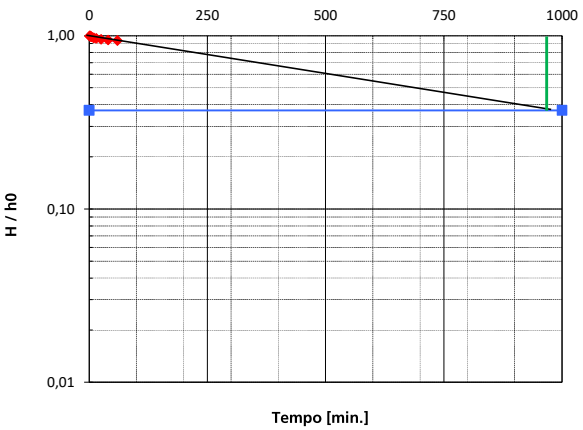
101	9,00	101	1,00
ϕ foro [mm.]	Prof. foro da p.c. [m.]	ϕ tratto prova [mm.]	Lungh. tratto prova [m.]
127	8,00	0,00	2,25
ϕ rivestimento [mm.]	Prof. rivest. da p.c. [m.]	Altezza rivest. da p.c. [m.]	Altezza acqua in foro [m.]

Descrizione delle grandezze utilizzate

h0 livello [in m.] acqua iniziale sul livello falda / sul fondo foro = **2,25**
hm altezza misurata
H h0 - hm
dh hmsucc. - hmprec.
t tempo
A area della sezione trasversale del rivestimento in cui avvengono le misure del livello [mq.]
F fattore di forma che dipende dalla geometria della prova [m.]
T tempo di riequilibrio [sec.] corrispondente al valore H/h0 = **0,44**

t [min.]	hm [m.]	dh [m.]	H [m.]	H/h0
1,00	0,01	0,00	2,24	1,00
2,00	0,01	0,00	2,24	1,00
3,00	0,02	0,01	2,23	0,99
5,00	0,04	0,02	2,22	0,98
10,00	0,07	0,04	2,18	0,97
15,00	0,08	0,01	2,17	0,96
25,00	0,11	0,03	2,14	0,95
40,00	0,13	0,02	2,13	0,94
60,00	0,14	0,02	2,11	0,94

Prova di Permeabilità Lefranc a carico variabile



K = A / F T [m. / sec.] permeabilità

A	F	T	K
0,013	2,97	57600	7,40113E-08

D. Cosenza - R. Chiappori	-
Operatore	Osservazioni

m3d costruzioni speciali s.r.l.

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

N° allegato	
5	DOCUMENTAZIONE PROVA PENETROMETRICA **DIN1**

codice	data	scala	redatto	committente
M3D056_21	19_01_2022	-	Luca MALDOTTI	COMUNE DI COGORNO

m3d costruzioni speciali s.r.l.

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA — DIN 1
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- committente :	M3D Costruzioni Speciali s.r.l.	- data :	16/06/2021
- lavoro :	Caratterizzazione geotecnica	- quota inizio :	p.c.
- località :	Cogorno (GE)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :	Prescavo = 0.5 m	- pagina :	1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,30	----	----	----	1	7,50 - 7,80	6	32,8	----	8
0,30 - 0,60	2	16,7	----	1	7,80 - 8,10	7	38,2	----	8
0,60 - 0,90	3	25,0	----	1	8,10 - 8,40	11	57,2	----	9
0,90 - 1,20	4	33,3	----	1	8,40 - 8,70	9	46,8	----	9
1,20 - 1,50	2	15,5	----	2	8,70 - 9,00	10	52,0	----	9
1,50 - 1,80	2	15,5	----	2	9,00 - 9,30	5	24,9	----	10
1,80 - 2,10	2	15,5	----	2	9,30 - 9,60	7	34,8	----	10
2,10 - 2,40	4	29,0	----	3	9,60 - 9,90	11	54,7	----	10
2,40 - 2,70	5	36,2	----	3	9,90 - 10,20	11	54,7	----	10
2,70 - 3,00	3	21,7	----	3	10,20 - 10,50	6	28,5	----	11
3,00 - 3,30	3	20,4	----	4	10,50 - 10,80	12	57,1	----	11
3,30 - 3,60	3	20,4	----	4	10,80 - 11,10	3	14,3	----	11
3,60 - 3,90	2	13,6	----	4	11,10 - 11,40	8	36,5	----	12
3,90 - 4,20	12	81,6	----	4	11,40 - 11,70	11	50,2	----	12
4,20 - 4,50	12	76,9	----	5	11,70 - 12,00	12	54,8	----	12
4,50 - 4,80	14	89,7	----	5	12,00 - 12,30	19	83,3	----	13
4,80 - 5,10	13	83,3	----	5	12,30 - 12,60	16	70,1	----	13
5,10 - 5,40	12	72,7	----	6	12,60 - 12,90	17	74,5	----	13
5,40 - 5,70	10	60,6	----	6	12,90 - 13,20	12	52,6	----	13
5,70 - 6,00	7	42,4	----	6	13,20 - 13,50	13	54,8	----	14
6,00 - 6,30	10	57,4	----	7	13,50 - 13,80	12	50,6	----	14
6,30 - 6,60	10	57,4	----	7	13,80 - 14,10	12	50,6	----	14
6,60 - 6,90	9	51,7	----	7	14,10 - 14,40	16	65,0	----	15
6,90 - 7,20	16	91,9	----	7	14,40 - 14,70	15	60,9	----	15
7,20 - 7,50	11	60,1	----	8					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG-63-73-M A C**
- M (massa battente)= **73,00** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,00** cm² - D(diam. punta)= **51,00 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**30**) [δ = 30 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

m3d costruzioni speciali s.r.l.

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

SOA GROUP

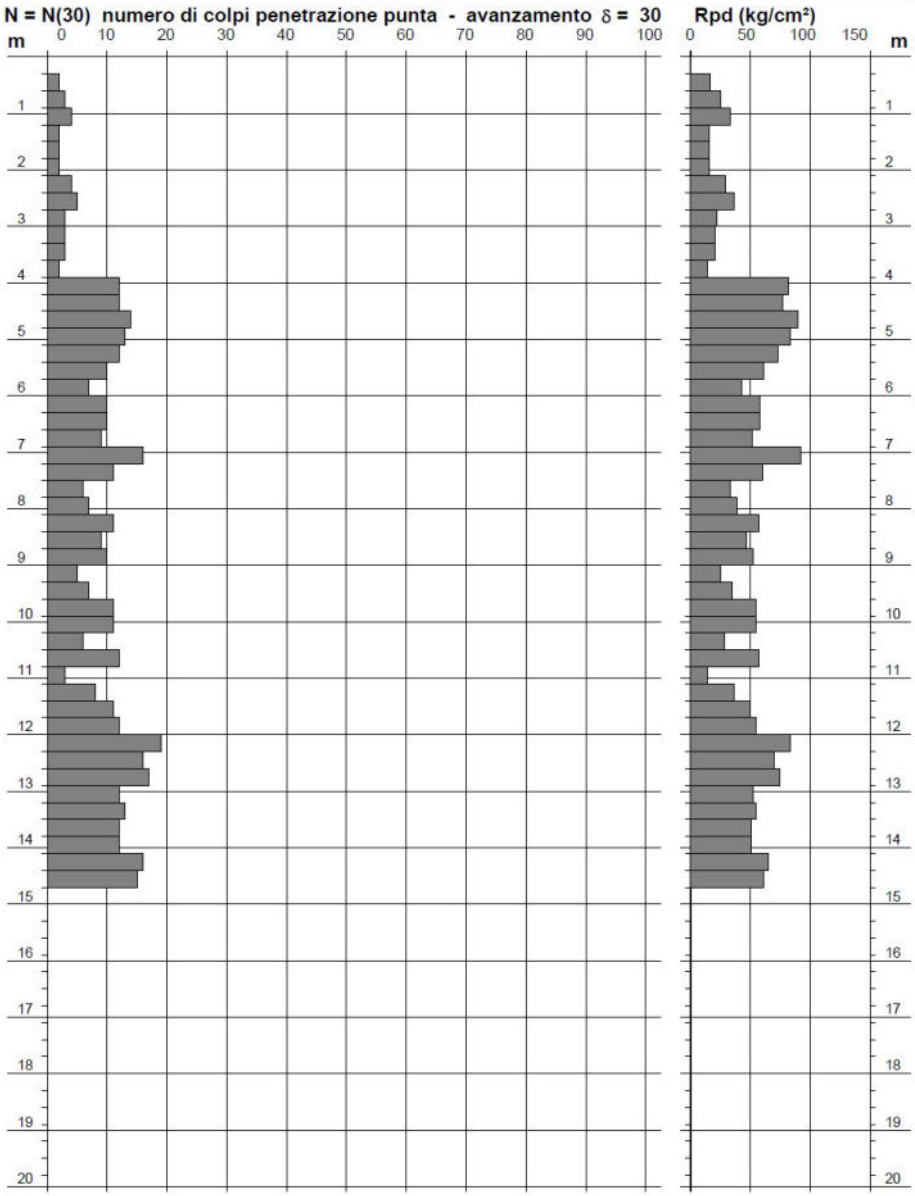
Member of CISQ Federation
RINA
CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM
ISO 9001 - ISO 45001

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA — DIN 1

DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

Scala 1: 100

- committente :	M3D Costruzioni Speciali s.r.l.	- data :	16/06/2021
- lavoro :	Caratterizzazione geotecnica	- quota inizio :	p.c.
- località :	Cogorno (GE)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :	Prescavo = 0.5 m	- pagina :	1



AssociazioneImpreseFondazioni
consolidamenti – indagini nel sottosuolo

ANCE 2021 GENOVA
Socio n.ro 16-GE-3175

m3d costruzioni speciali s.r.l.

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

N° allegato	
6	DOCUMENTAZIONE PROVA PENETROMETRICA **DIN2**

codice	data	scala	redatto	committente
M3D056_21	19_01_2022	-	Luca MALDOTTI	COMUNE DI COGORNO

m3d costruzioni speciali s.r.l.

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 2

- committente : M3D Costruzioni Speciali s.r.l.
- lavoro : Caratterizzazione geotecnica
- località : Cogorno (GE)
- note :
- data : 16/06/2021
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,30	6	50,0	----	1	7,50 - 7,80	15	81,9	----	8
0,30 - 0,60	1	8,3	----	1	7,80 - 8,10	9	49,1	----	8
0,60 - 0,90	1	8,3	----	1	8,10 - 8,40	5	26,0	----	9
0,90 - 1,20	1	8,3	----	1	8,40 - 8,70	27	140,5	----	9
1,20 - 1,50	1	7,7	----	2	8,70 - 9,00	22	114,5	----	9
1,50 - 1,80	1	7,7	----	2	9,00 - 9,30	17	84,5	----	10
1,80 - 2,10	1	7,7	----	2	9,30 - 9,60	11	54,7	----	10
2,10 - 2,40	6	43,4	----	3	9,60 - 9,90	10	49,7	----	10
2,40 - 2,70	8	57,9	----	3	9,90 - 10,20	18	89,5	----	10
2,70 - 3,00	9	65,2	----	3	10,20 - 10,50	14	66,6	----	11
3,00 - 3,30	11	74,8	----	4	10,50 - 10,80	11	52,3	----	11
3,30 - 3,60	18	122,3	----	4	10,80 - 11,10	11	52,3	----	11
3,60 - 3,90	17	115,6	----	4	11,10 - 11,40	9	41,1	----	12
3,90 - 4,20	10	68,0	----	4	11,40 - 11,70	10	45,6	----	12
4,20 - 4,50	12	76,9	----	5	11,70 - 12,00	22	100,4	----	12
4,50 - 4,80	19	121,7	----	5	12,00 - 12,30	29	127,1	----	13
4,80 - 5,10	19	121,7	----	5	12,30 - 12,60	27	118,3	----	13
5,10 - 5,40	12	72,7	----	6	12,60 - 12,90	22	96,4	----	13
5,40 - 5,70	11	66,6	----	6	12,90 - 13,20	12	52,6	----	13
5,70 - 6,00	10	60,6	----	6	13,20 - 13,50	7	29,5	----	14
6,00 - 6,30	11	63,2	----	7	13,50 - 13,80	7	29,5	----	14
6,30 - 6,60	11	63,2	----	7	13,80 - 14,10	13	54,8	----	14
6,60 - 6,90	14	80,4	----	7	14,10 - 14,40	19	77,2	----	15
6,90 - 7,20	15	86,1	----	7	14,40 - 14,70	21	85,3	----	15
7,20 - 7,50	19	103,7	----	8					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG-63-73-M A C**
- M (massa battente)= **73,00** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,00** cm² - D(diam. punta)= **51,00 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**30**) [δ = 30 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

m3d costruzioni speciali s.r.l.

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

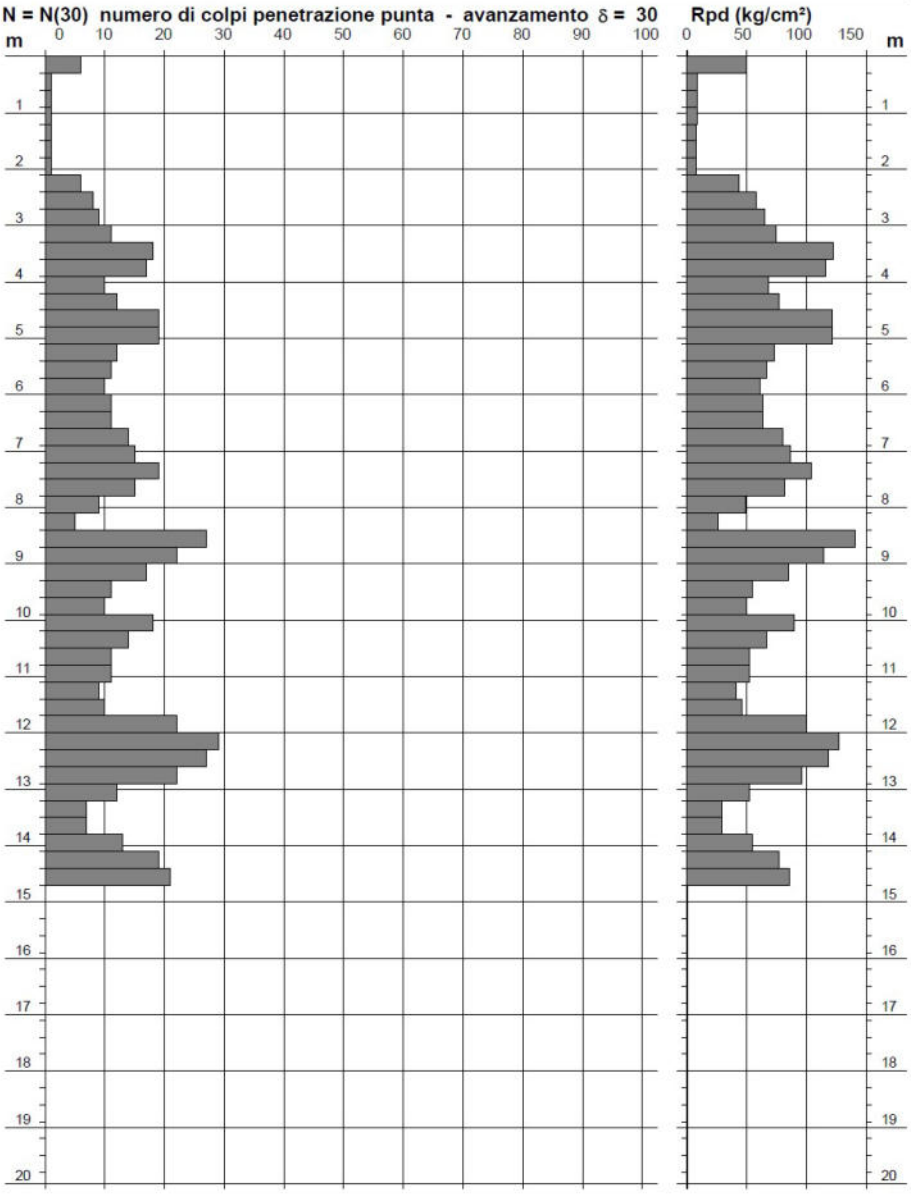
SOA GROUP

Member of CISQ Federation
RINA
CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM
ISO 9001 - ISO 45001

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN 2
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

Scala 1: 100

- committente :	M3D Costruzioni Speciali s.r.l.	- data :	16/06/2021
- lavoro :	Caratterizzazione geotecnica	- quota inizio :	p.c.
- località :	Cogorno (GE)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1



m3d costruzioni speciali s.r.l.

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

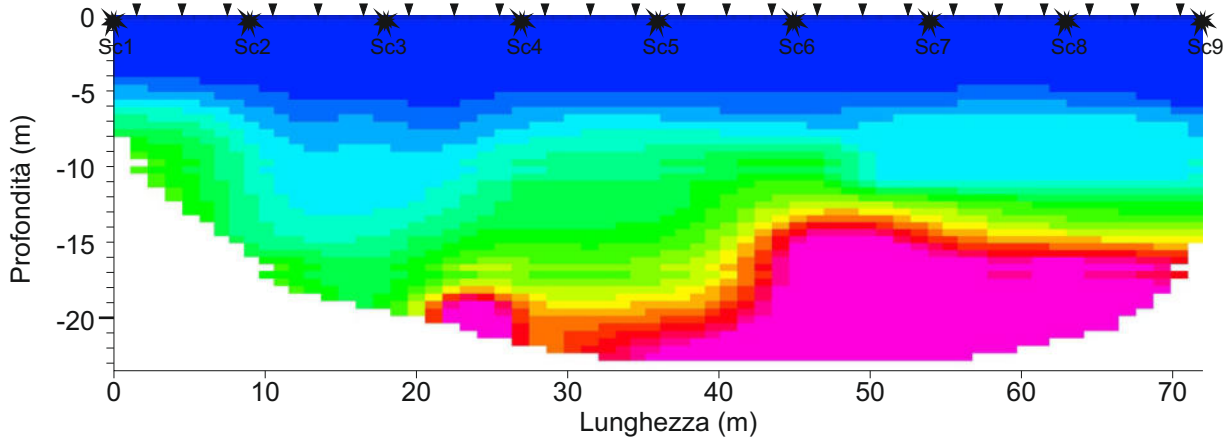
E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

7	DOCUMENTAZIONE PROSPEZIONI SISMICHE
N°	**allegato**

M3D056_21	19_01_2022	-	Luca MALDOTTI	COMUNE DI COGORNO
codice	**data**	**scala**	**redatto**	**committente**

M3D **Costruzioni Speciali S.r.l.** Via al Santuario di N.S. Della Guardia 49A rosso 16162 GENOVA	**COMMITTENTE:** Comune di Cogorno **CANTIERE:** Rio Rondaneo **LOCALITA':** Cogorno (GE) **DATA:** 15/06/2021	**Lunghezza stesa:** 72 m **Distanza intergeofonica:** 3 m **N° geofoni:** 24 a 4.5 Hz **Energizzazione:** Mazza 10 Kg	**ELABORAZIONE SISMICA A RIFRAZIONE Onde P**	**STESA A**

Tomografia simica onde P



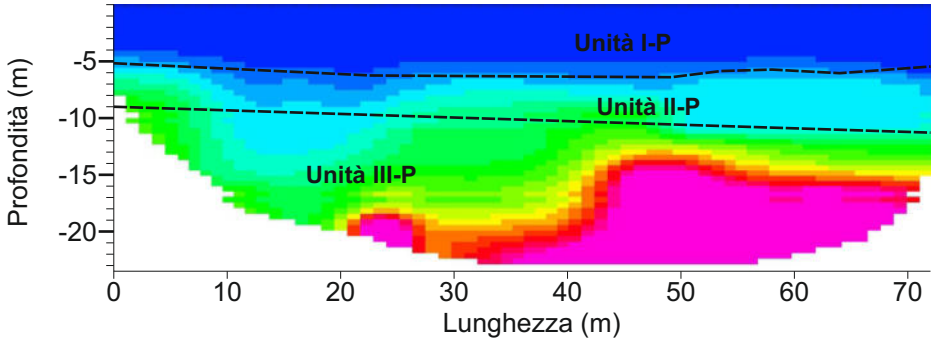
LEGENDA SISMICA ONDE P

- Ubicazione geofoni
- SC1 Ubicazione scoppi

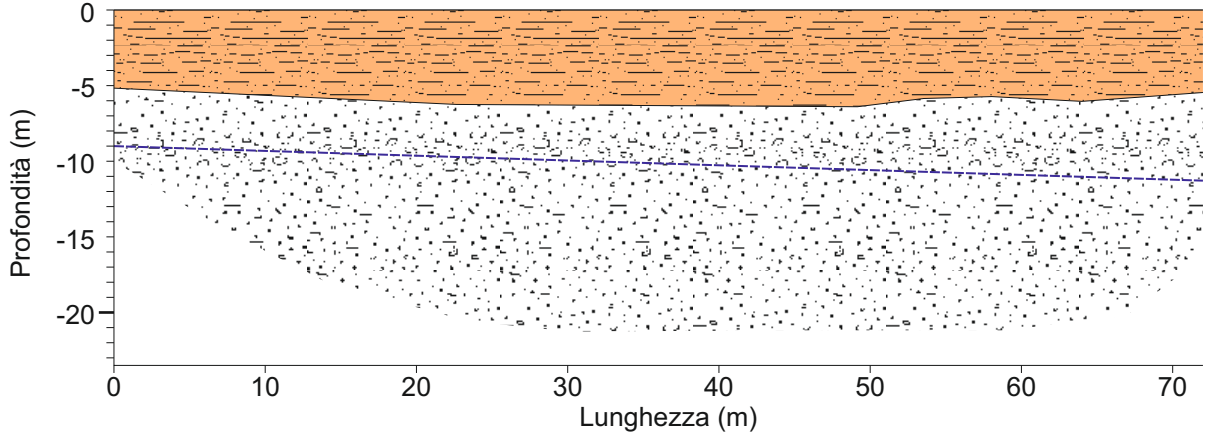
Velocità onde sismiche (m/s)

500 700 900 1100 1300 1500 1700 1900 2100 2300

Unità sismostratigrafiche onde P



Profilo geologico interpretativo

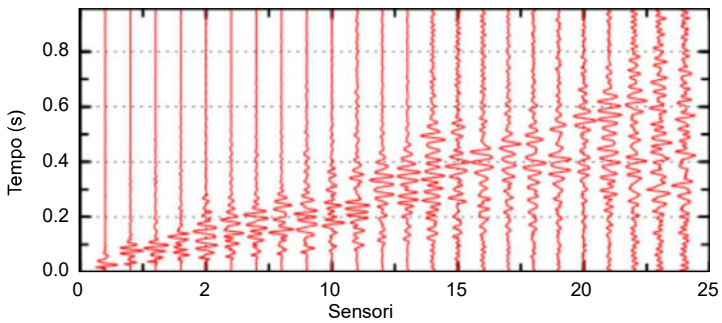


LEGENDA LITOLOGICA

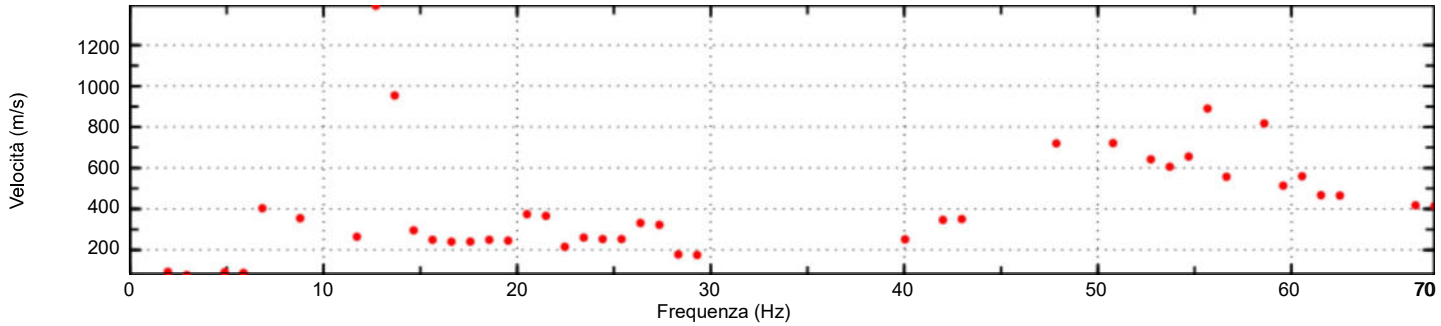
- Alluvioni poco addensate
- Substrato
- Alluvioni addensate
- Falda

M3D Costruzioni Speciali S.r.l. Via al Santuario di N.S. Della Guardia 49A rosso 16162 GENOVA	**ELABORAZIONE PROVA MASW**	**COMMITTENTE:** Comune di Cogorno **CANTIERE:** Rio Rondaneo **LOCALITA':** Cogorno (GE) **DATA:** 15/06/2021	**Lunghezza stesa:** 72 m **Distanza intergeofonica:** 3 m **N° geofoni:** 24 a 4.5 Hz **Energizzazione:** Mazza 10 Kg	**STESA A**

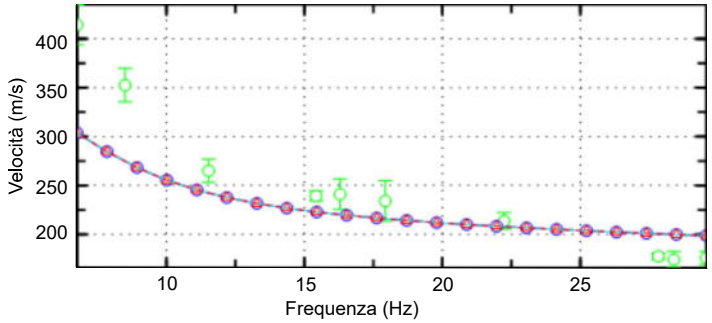
Tracce acquisizioni



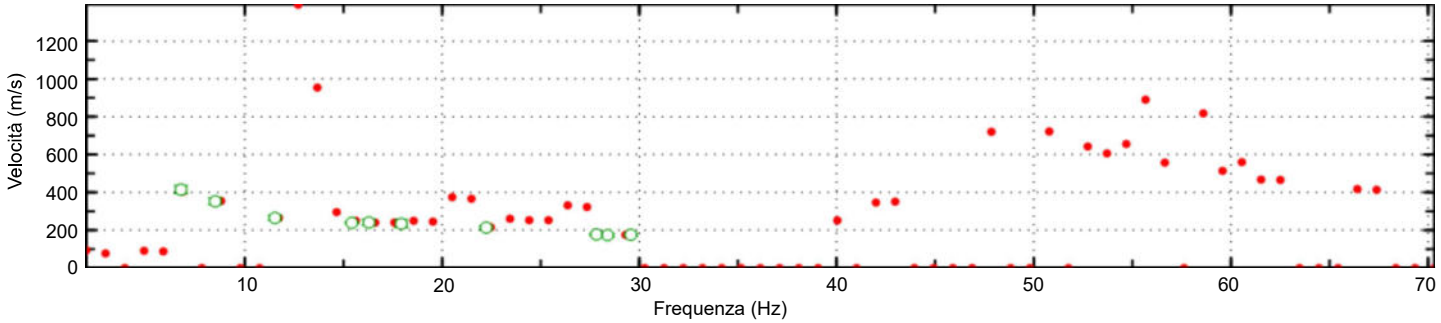
Curva di dispersione sperimentale



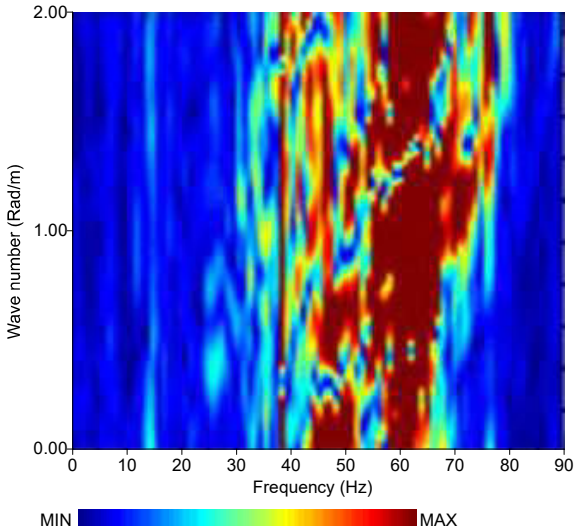
Curve di dispersione elaborate



Curva di dispersione

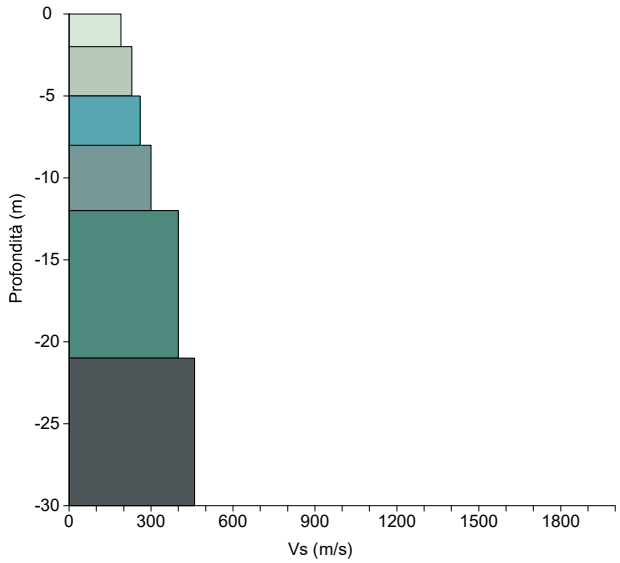


Spettro f/k



CLASSIFICAZIONE SISMICA

Strato	Profondità (m) da	a	Vs (m/s)
1	0.0	-2.0	190
2	-2.0	-5.0	230
3	-5.0	-8.0	260
4	-8.0	-12.0	300
5	-12.0	-21.0	400
6	-21.0	-30.0	460

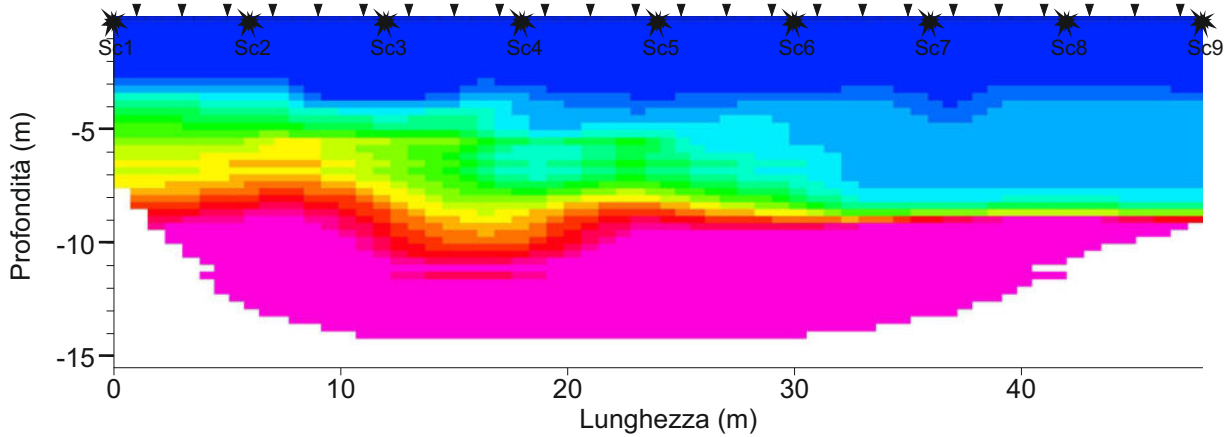


Vs30 = 333 m/s
Vs,eq = 333 m/s
Categoria di sottosuolo C
D.M. 17/01/2018

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.

M3D **Costruzioni Speciali S.r.l.** Via al Santuario di N.S. Della Guardia 49A rosso 16162 GENOVA	**COMMITTENTE:** Comune di Cogorno **CANTIERE:** Rio Rondaneo **LOCALITA':** Cogorno (GE) **DATA:** 15/06/2021	**Lunghezza stesa:** 48 m **Distanza intergeofonica:** 2 m **N° geofoni:** 24 a 4.5 Hz **Energizzazione:** Mazza 10 Kg	**ELABORAZIONE SISMICA A RIFRAZIONE Onde P**	**STESA B**

Tomografia simica onde P



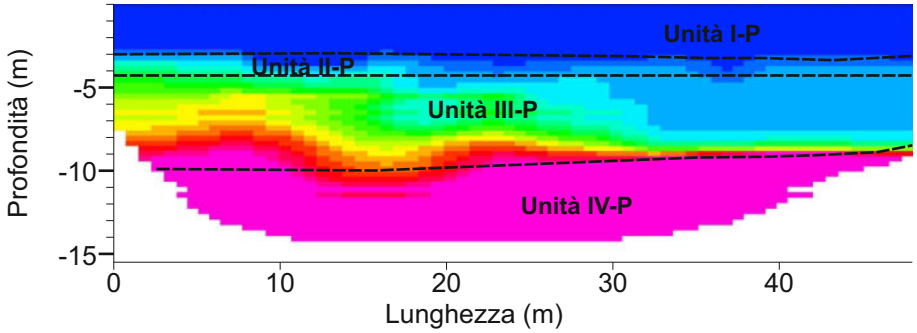
LEGENDA SISMICA ONDE P

Ubicazione geofoni — SC1 Ubicazione scoppi

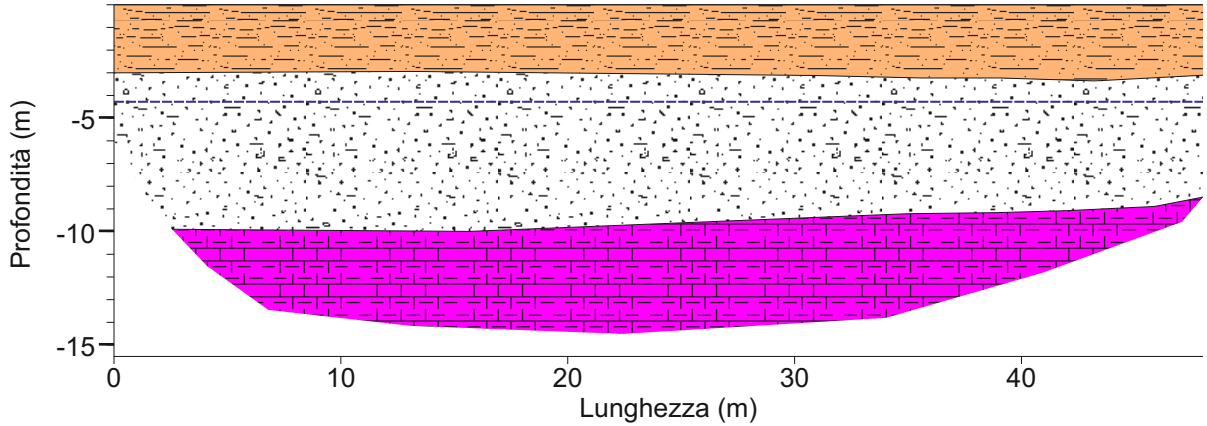
Velocità onde sismiche (m/s)

500 700 900 1100 1300 1500 1700 1900 2100 2300

Unità sismostratigrafiche onde P



Profilo geologico interpretativo

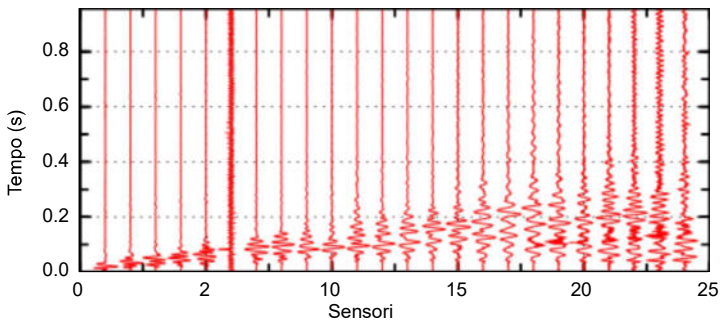


LEGENDA LITOLOGICA

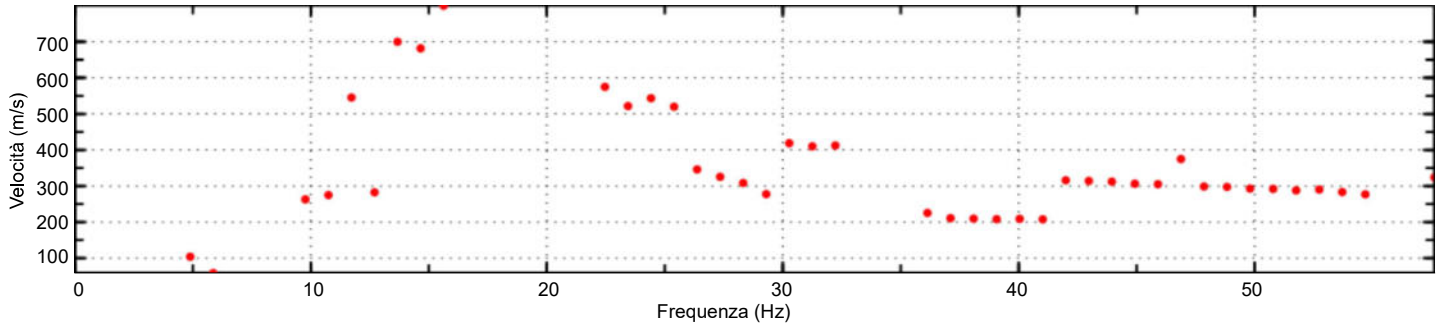
- Alluvioni poco addensate
- Substrato
- Alluvioni addensate
- Falda

M3D Costruzioni Speciali S.r.l. Via al Santuario di N.S. Della Guardia 49A rosso 16162 GENOVA	**ELABORAZIONE PROVA MASW**	**COMMITTENTE:** Comune di Cogorno **CANTIERE:** Rio Rondaneo **LOCALITA':** Cogorno (GE) **DATA:** 15/06/2021	**Lunghezza stesa:** 48 m **Distanza intergeofonica:** 2 m **N° geofoni:** 24 a 4.5 Hz **Energizzazione:** Mazza 10 Kg	**STESA B**

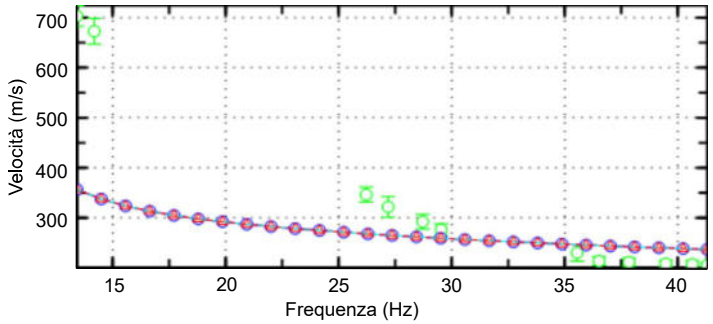
Tracce acquisizioni



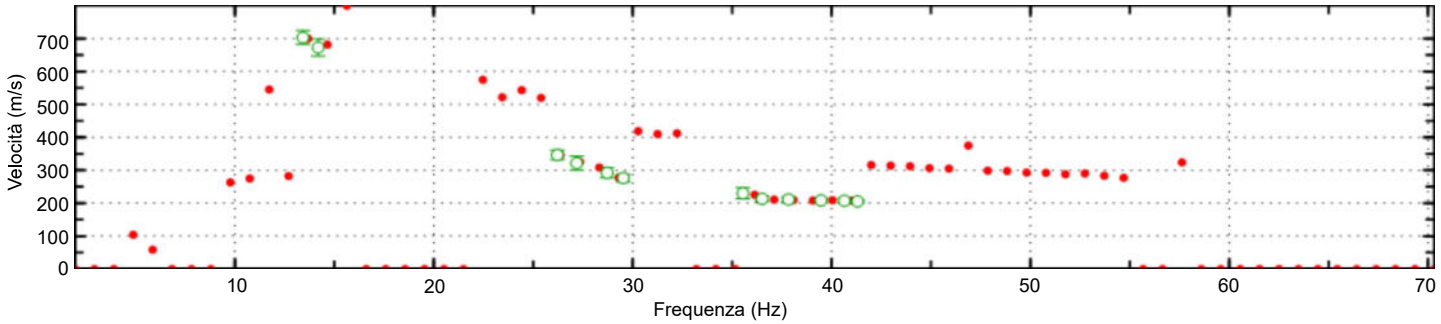
Curva di dispersione sperimentale



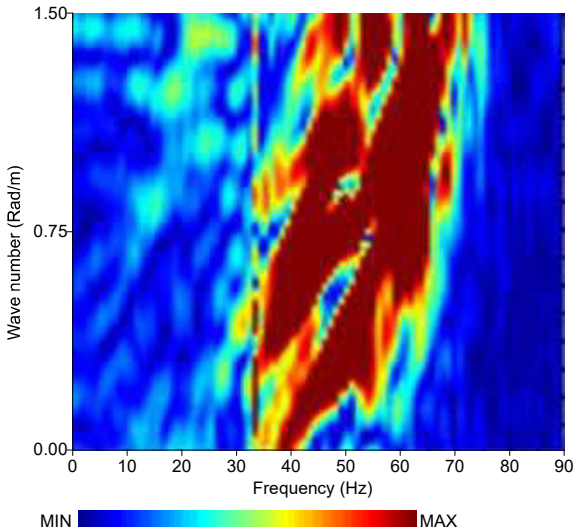
Curve di dispersione elaborate



Curva di dispersione

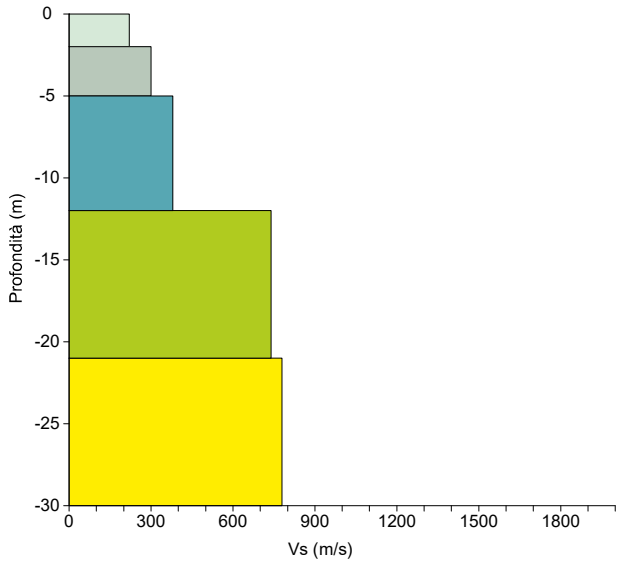


Spettro f/k



CLASSIFICAZIONE SISMICA

Strato	Profondità (m) da	a	Vs (m/s)
1	0.0	-2.0	220
2	-2.0	-5.0	300
3	-5.0	-12.0	380
4	-12.0	-21.0	740
5	-21.0	-30.0	780



Vs30 = 490 m/s

Vs,eq = 490 m/s

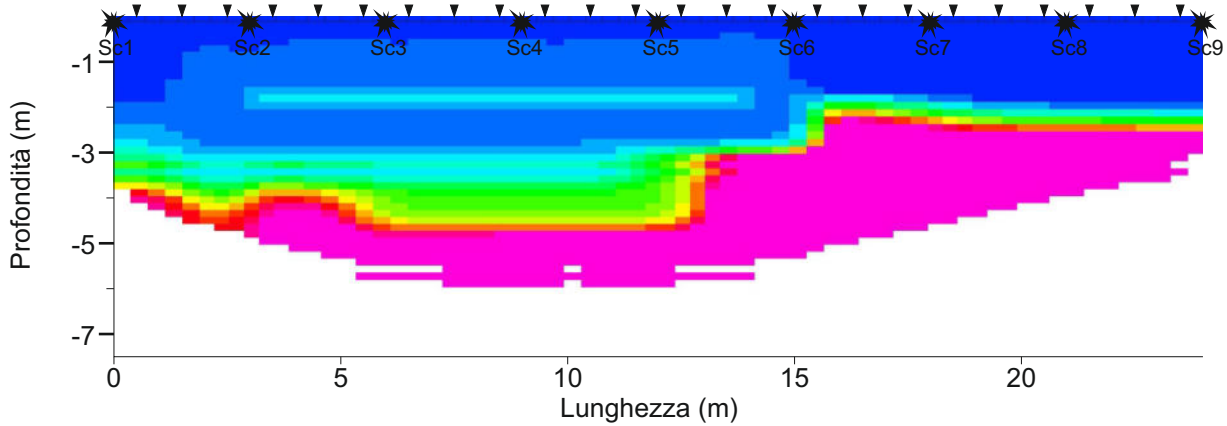
Categoria di sottosuolo B

D.M. 17/01/2018

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.

M3D **Costruzioni Speciali S.r.l.** Via al Santuario di N.S. Della Guardia 49A rosso 16162 GENOVA	**COMMITTENTE:** Comune di Cogorno **CANTIERE:** Rio Rondaneo **LOCALITA':** Cogorno (GE) **DATA:** 15/06/2021	**Lunghezza stesa:** 24 m **Distanza intergeofonica:** 1 m **N° geofoni:** 24 a 4.5 Hz **Energizzazione:** Mazza 10 Kg	**ELABORAZIONE SISMICA A RIFRAZIONE Onde P**	**STESA C**

Tomografia simica onde P



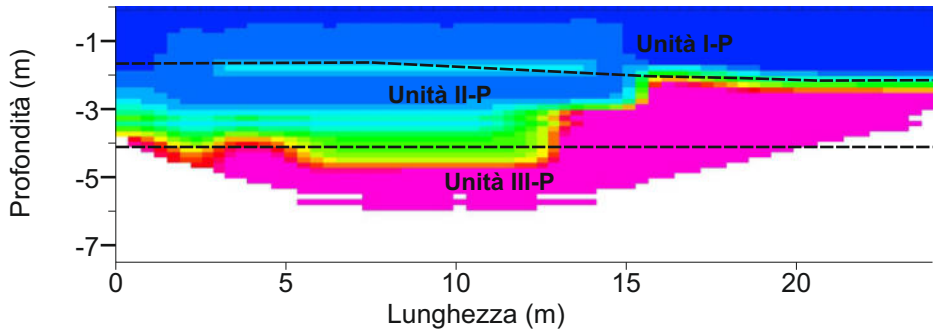
LEGENDA SISMICA ONDE P

Ubicazione geofoni — SC1 Ubicazione scoppi

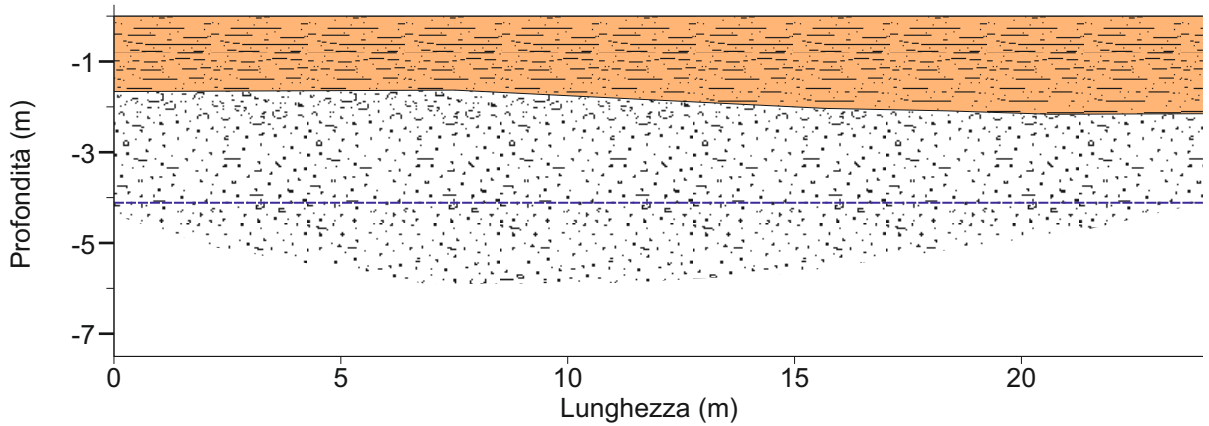
Velocità onde sismiche (m/s)

500 700 900 1100 1300 1500 1700 1900 2100 2300

Unità sismostratigrafiche onde P



Profilo geologico interpretativo

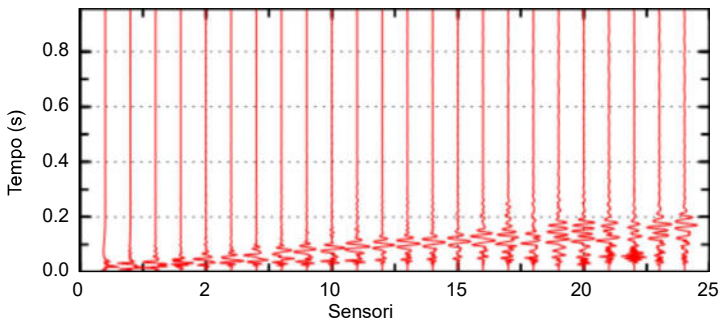


LEGENDA LITOLOGICA

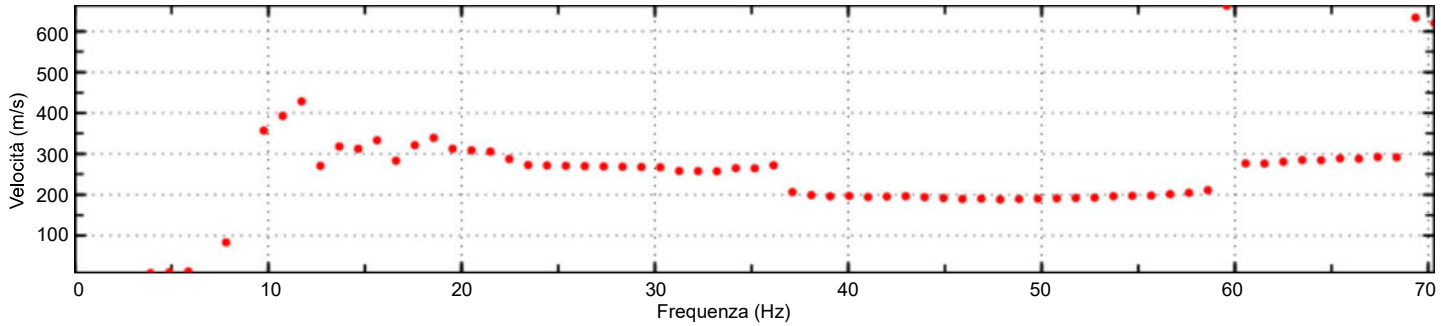
- Alluvioni poco addensate
- Substrato
- Alluvioni addensate
- Falda

M3D Costruzioni Speciali S.r.l. Via al Santuario di N.S. Della Guardia 49A rosso 16162 GENOVA	**ELABORAZIONE PROVA MASW**	**COMMITTENTE:** Comune di Cogorno **CANTIERE:** Rio Rondaneo **LOCALITA':** Cogorno (GE) **DATA:** 15/06/2021	**Lunghezza stesa:** 24 m **Distanza intergeofonica:** 1 m **N° geofoni:** 24 a 4.5 Hz **Energizzazione:** Mazza 10 Kg	**STESA C**

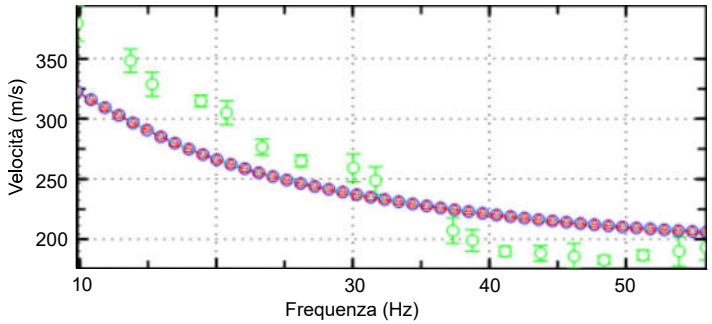
Tracce acquisizioni



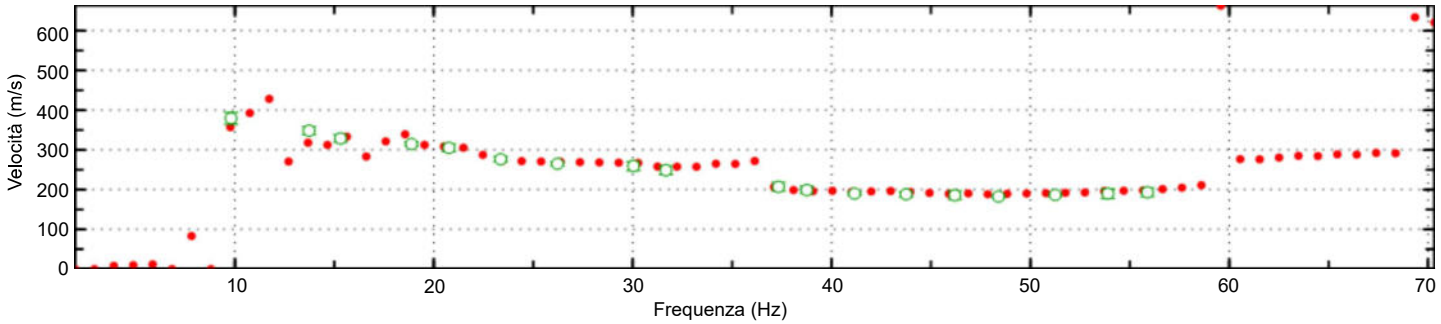
Curva di dispersione sperimentale



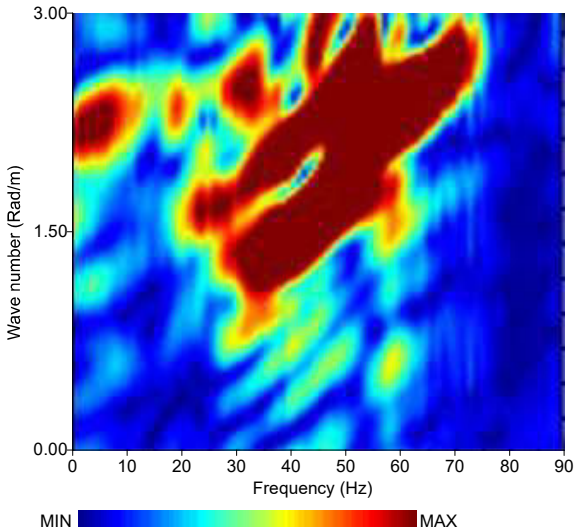
Curve di dispersione elaborate



Curva di dispersione

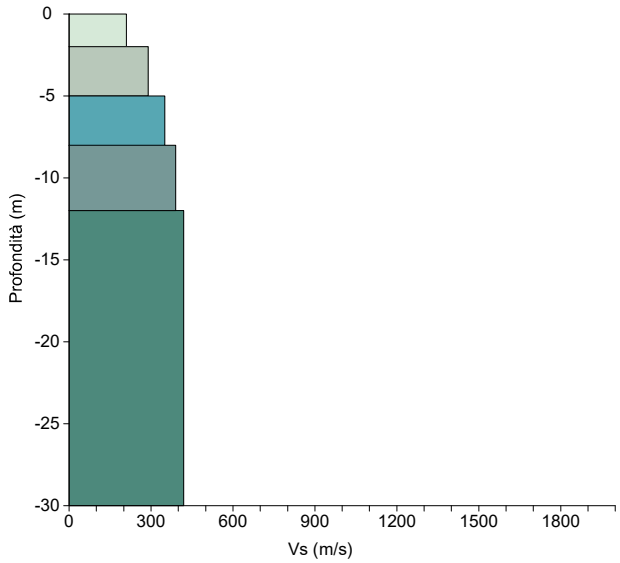


Spettro f/k



CLASSIFICAZIONE SISMICA

Strato	Profondità (m) da	a	Vs (m/s)
1	0.0	-2.0	210
2	-2.0	-5.0	290
3	-5.0	-8.0	350
4	-8.0	-12.0	390
5	-12.0	-30.0	420



Vs30 = 368 m/s

Vs,eq = 368 m/s

Categoria di sottosuolo B

D.M. 17/01/2018

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.

m3d costruzioni speciali s.r.l.

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

8	CERTIFICATO ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO
N°	**allegato**

M3D056_21	19_01_2022	-	Luca MALDOTTI	COMUNE DI COGORNO
codice	**data**	**scala**	**redatto**	**committente**

m3d costruzioni speciali s.r.l.

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

8.1	ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO SU TERRE OGGETTO DI CAROTAGGI
N°	**allegato**

M3D056_21	19_01_2022	-	Luca MALDOTTI	COMUNE DI COGORNO
codice	**data**	**scala**	**redatto**	**committente**

RAPPORTO DI PROVA n. 21064-01

Verbale di accettazione N. 21064 del 15/06/2021

Data di emissione: 13/07/2021

Cliente: M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL

Cantiere: Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)

Il rapporto contiene 32 pagine, inclusa la presente

Genova, 13/07/2021

Paolo Brasey
(Direttore del laboratorio)

RINA Consulting - GET S.r.l.
Società soggetta a direzione e coordinamento amministrativo e finanziario del socio unico RINA Consulting S.p.A.
Via Albisola, 64-66 - 16162 Genova
Tel. +39 010 6506644 - Fax +39 010 6591896 - www.rinaconsulting.org - rinaconsulting@rina.org
C.F. / P. IVA 01650450990 - REA GE 425381 - Cap. Soc. € 25.000,00 i.v.

Sede legale: Via A. Cecchi, 6 - 16129 Genova (GE)

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

LIMITI DI ATTERBERG - ASTM D4318-10

Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL		
Località :	Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)		
Identificazione Campione :	S1-C1		
Profondità (m) :	2.40-2.70	Data Ricevimento :	15/06/2021
Tipo Campione :	Semi-indisturbato	Data Esecuzione Prova :	29/06/2021
Descrizione del Materiale :	Ghiaia limoso-argillosa con sabbia	U.S.C.S. Class. :	GC-GM

LIMITE LIQUIDO (MULTIPOINT)

Numero di colpi	(#)	27	23	16
Peso lordo umido	(g)	48.80	46.52	36.08
Peso lordo secco	(g)	45.22	43.31	34.55
Tara	(g)	26.09	26.38	26.62
Peso netto secco	(g)	19.13	16.93	7.93
Peso acqua	(g)	3.58	3.21	1.53
Contenuto acqua	(%)	18.7	19.0	19.3

w % (per N=25) 19.0

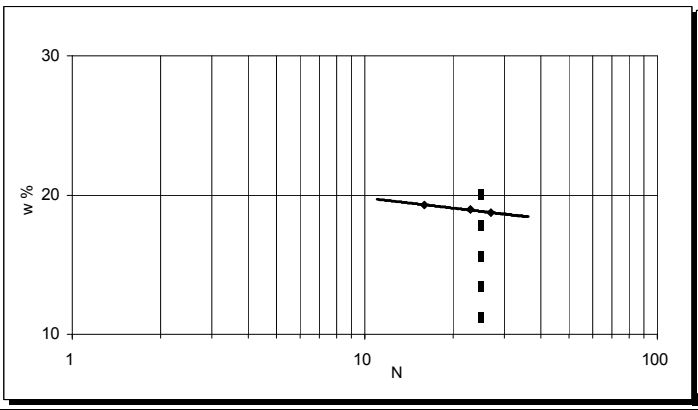
LIMITE PLASTICO

Peso lordo umido	(g)	34.71	33.58
Peso lordo secco	(g)	33.61	32.60
Tara	(g)	26.41	26.56
Peso netto secco	(g)	7.20	6.04
Peso acqua	(g)	1.10	0.98
Contenuto acqua	(%)	15.3	16.2

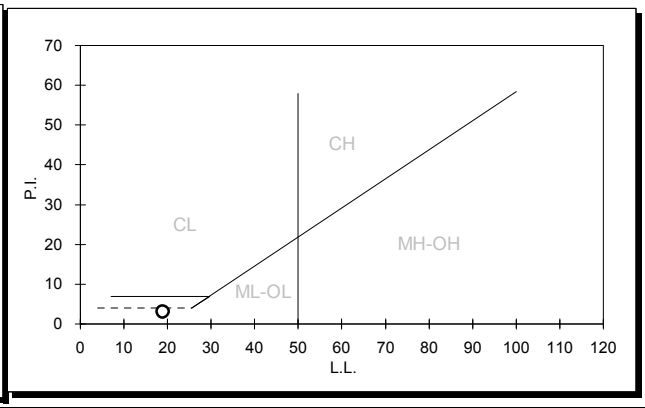
w % medio 15.8

LIMITE DI LIQUIDITA'	**19**
LIMITE DI PLASTICITA'	**16**
INDICE PLASTICITA'	**3**

DETERMINAZIONE LIMITE LIQUIDO



CARTA DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE



Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore : Dott. Mariangela Spigno

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

ANALISI GRANULOMETRICA DI UN TERRENO - ASTM D6913-17 / D7928-21

Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL		
Località :	Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)		
Identificazione Campione :	S1-C1		
Profondità (m) :	2.40-2.70	Data Ricevimento :	15/06/2021
Tipo Campione :	Semi-indisturbato	Data Esecuzione Prova :	01/07/2021
Descrizione del Materiale :	Ghiaia limoso-argillosa con sabbia	U.S.C.S. Class. :	GC-GM

DATI GRANULOMETRICI

Ciottoli (%)	0.00
Ghiaia (%)	42.00
Sabbia (%)	41.32
Limo (%)	N.D.
Argilla (%)	N.D.
Fini (%)	16.68
D. max (mm)	37.0

ALTRI PARAMETRI

D_{90} (mm)	51.750
D_{60} (mm)	5.891
D_{50} (mm)	1.771
D_{30} (mm)	0.389
D_{10} (mm)	N.D.
C_c	N.D.
C_u	N.D.

GHIAIA E SABBIA

Forma : angolare

Durezza : dura e resistente

Note:

-

SETACCIATURA

D (mm)	Pass (%)
125.00	100.00
90.00	100.00
75.00	100.00
63.00	100.00
50.80	100.00
38.10	100.00
25.40	77.14
19.00	73.19
12.70	67.06

SETACCIATURA

D (mm)	Pass (%)
9.50	64.44
4.75	58.00
2.00	51.36
0.85	41.80
0.425	31.23
0.250	23.95
0.180	20.28
0.125	18.51
0.075	16.68

SEDIMENTAZIONE

D (mm)	Pass (%)
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Direttore Tecnico :	Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore :	Dott. Mariangela Spigno

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

LIMITI DI ATTERBERG - ASTM D4318-10

Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL		
Località :	Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)		
Identificazione Campione :	S1-C2		
Profondità (m) :	4.00 - 4.30	Data Ricevimento :	15/06/2021
Tipo Campione :	Semi-indisturbato	Data Esecuzione Prova :	01/07/2021
Descrizione del Materiale :	Sabbia argillosa con ghiaia	U.S.C.S. Class. :	SC

LIMITE LIQUIDO (MULTIPOINT)

Numero di colpi	(#)	31	24	15
Peso lordo umido	(g)	48.25	47.42	56.96
Peso lordo secco	(g)	46.25	45.66	52.30
Tara	(g)	40.59	40.88	40.38
Peso netto secco	(g)	5.66	4.78	11.92
Peso acqua	(g)	2.00	1.76	4.66
Contenuto acqua	(%)	35.3	36.8	39.1

w % (per N=25) 37.0

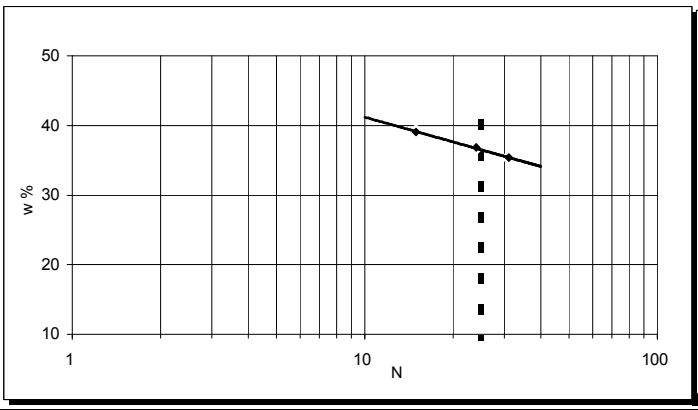
LIMITE PLASTICO

Peso lordo umido	(g)	32.90	33.12
Peso lordo secco	(g)	31.70	31.87
Tara	(g)	26.35	26.42
Peso netto secco	(g)	5.35	5.45
Peso acqua	(g)	1.20	1.25
Contenuto acqua	(%)	22.4	22.9

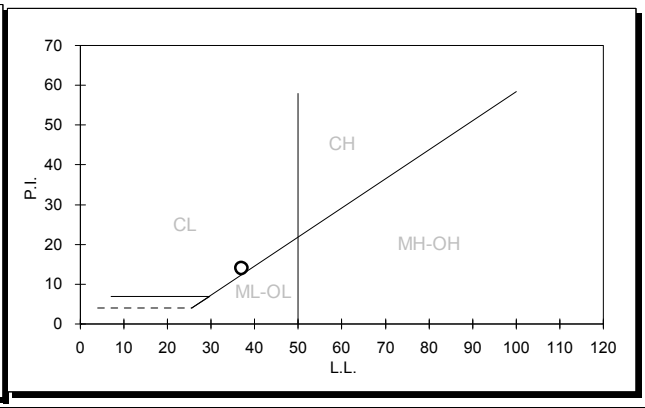
w % medio 22.7

LIMITE DI LIQUIDITA'	**37**
LIMITE DI PLASTICITA'	**23**
INDICE PLASTICITA'	**14**

DETERMINAZIONE LIMITE LIQUIDO



CARTA DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE



Direttore Tecnico :	Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore :	Dott. Giada Zavaglia

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

ANALISI GRANULOMETRICA DI UN TERRENO - ASTM D6913-17 / D7928-21

Cliente : M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL
Località : Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)

Identificazione Campione : S1-C2
Profondità (m) : 4.00 - 4.30
Tipo Campione : Semi-indisturbato
Descrizione del Materiale : Sabbia argillosa con ghiaia

Data Ricevimento : 15/06/2021
Data Esecuzione Prova : 01/07/2021
U.S.C.S. Class. : SC

DATI GRANULOMETRICI

Ciottoli (%)	0.00
Ghiaia (%)	25.49
Sabbia (%)	32.02
Limo (%)	N.D.
Argilla (%)	N.D.
Fini (%)	42.49
D. max (mm)	13.6

ALTRI PARAMETRI

D_{90} (mm)	17.145
D_{60} (mm)	1.455
D_{50} (mm)	0.342
D_{30} (mm)	N.D.
D_{10} (mm)	N.D.
C_c	N.D.
C_u	N.D.

GHIAIA E SABBIA

Forma : angolare
Durezza : dura e resistente
Note:

-

SETACCIATURA

D (mm)	Pass (%)
125.00	100.00
90.00	100.00
75.00	100.00
63.00	100.00
50.80	100.00
38.10	100.00
25.40	100.00
19.00	100.00
12.70	88.19

SETACCIATURA

D (mm)	Pass (%)
9.50	86.15
4.75	74.51
2.00	62.68
0.85	55.47
0.425	51.14
0.250	48.35
0.180	46.75
0.125	44.55
0.075	42.49

SEDIMENTAZIONE

D (mm)	Pass (%)
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore : Dott. Mariangela Spigno

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

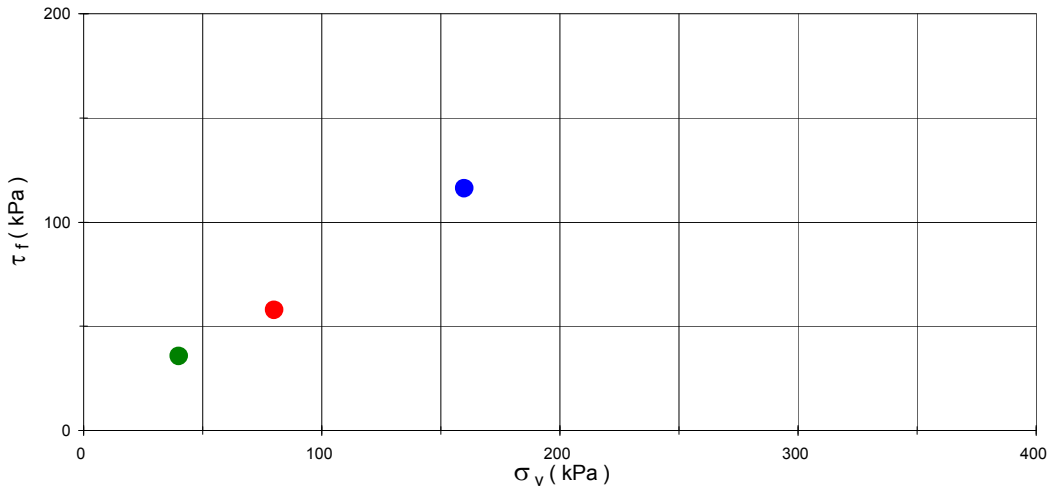
PROVA DI TAGLIO DIRETTO - ASTM D3080-11

Test eseguito in scatola di Casagrande, con provino immerso, a sezione circolare

Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL		
Località :	Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)		
Sondaggio :	S1		
Campione :	C2		
Profondità (m) :	4.00 - 4.30	Data Ricevimento :	15/06/2021
Tipo del campione :	semi-indisturbato	Data Inizio Prova :	28/06/2021
Descrizione :	Sabbia argillosa con ghiaia	Data Fine Prova :	01/07/2021

CONDIZIONI INIZIALI			Provino 1	Provino 2	Provino 3
H	(cm)		2.08	2.08	2.08
D	(cm)		6.00	6.00	6.00
γ_t	(kN/m^3)		20.44	20.42	20.43
W_i	(%)		20.1	20.2	20.1
γ_d	(kN/m^3)		17.02	16.98	17.01
G_s	(-)	(stimato)	2.70	2.70	2.70
metodo preparazione provino			Infustellamento	Infustellamento	Infustellamento
Orientazione del provino nel campione			Coassiale	Coassiale	Coassiale

FASE DI TAGLIO		Provino 1	Provino 2	Provino 3
Velocità di avanzamento	(mm/min)	0.008	0.008	0.008
σ_v	(kPa)	40	80	160
ΔH_c	(mm)	0.50	0.64	0.88
ΔH_f	(mm)	0.11	0.16	0.32
d_h	(mm)	4.07	4.84	3.91
τ_f	(kPa)	35.5	57.6	116.2
W_f	(%)	19.0	18.7	17.5
γ_{df}	(kN/m^3)	17.51	17.60	17.99
Criterio di rottura considerato		Massimo sforzo	Massimo sforzo	Massimo sforzo



Direttore tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey Operatore : Dott. Geol. Cristiano Pastore

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

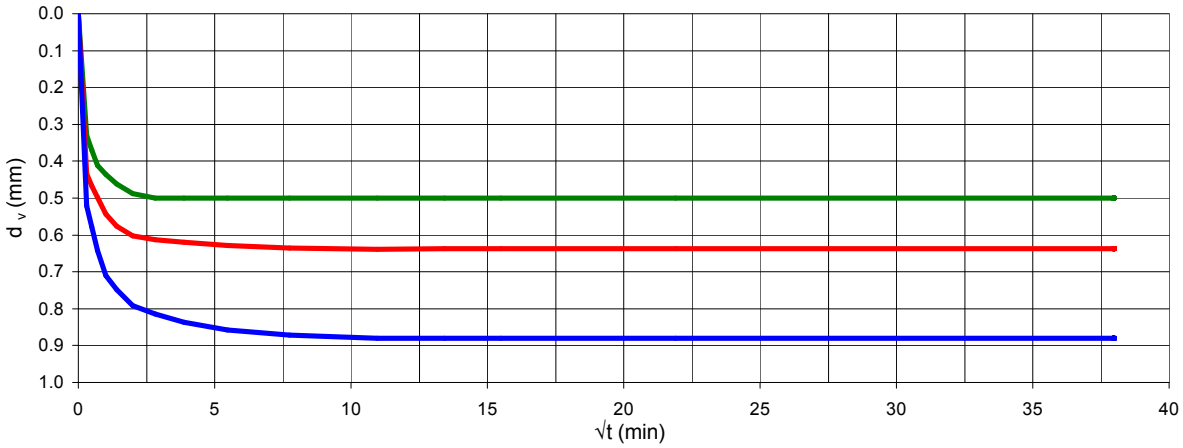
PROVA DI TAGLIO DIRETTO - ASTM D3080-11

Test eseguito in scatola di Casagrande, con provino immerso, a sezione circolare

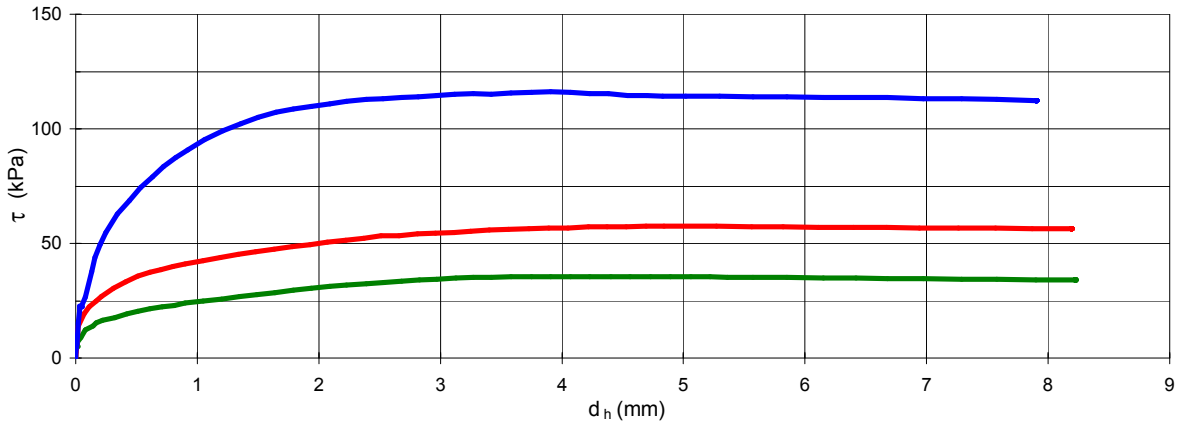
Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL
Località :	Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)
Campione :	S1-C2
Profondità (m) :	4.00 - 4.30

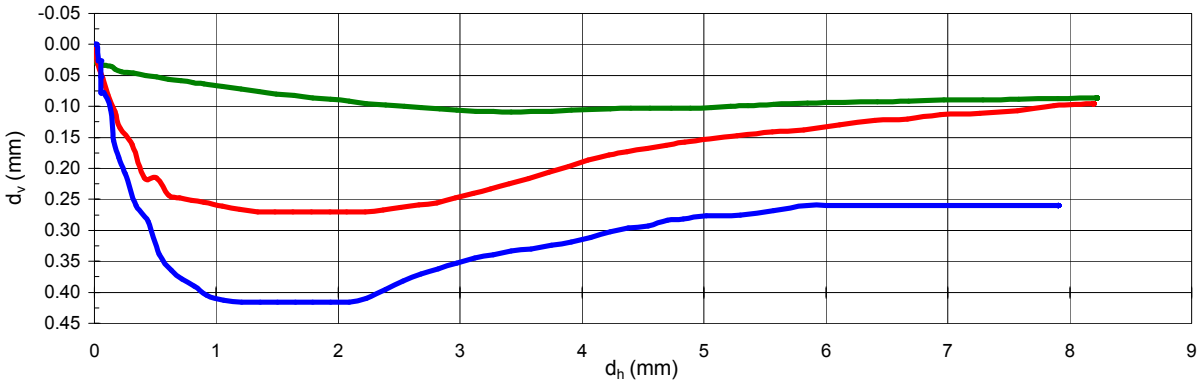
Provino 1
Provino 2
Provino 3

FASE DI CONSOLIDAZIONE



FASE DI TAGLIO





Direttore tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey

Operatore : Dott. Geol. Cristiano Pastore

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

LIMITI DI ATTERBERG - ASTM D4318-10

Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL		
Località :	Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)		
Identificazione Campione :	S1-C3		
Profondità (m) :	6.20 - 6.50	Data Ricevimento :	15/06/2021
Tipo Campione :	Semi-indisturbato	Data Esecuzione Prova :	02/07/2021
Descrizione del Materiale :	Argilla sabbiosa di bassa plasticità	U.S.C.S. Class. :	CL

LIMITE LIQUIDO (MULTIPOINT)

Numero di colpi	(#)	33	28	20
Peso lordo umido	(g)	62.12	61.89	59.83
Peso lordo secco	(g)	53.85	56.90	55.11
Tara	(g)	26.42	40.90	40.94
Peso netto secco	(g)	27.43	16.00	14.17
Peso acqua	(g)	8.27	4.99	4.72
Contenuto acqua	(%)	30.1	31.2	33.3

w % (per N=25) 32.0

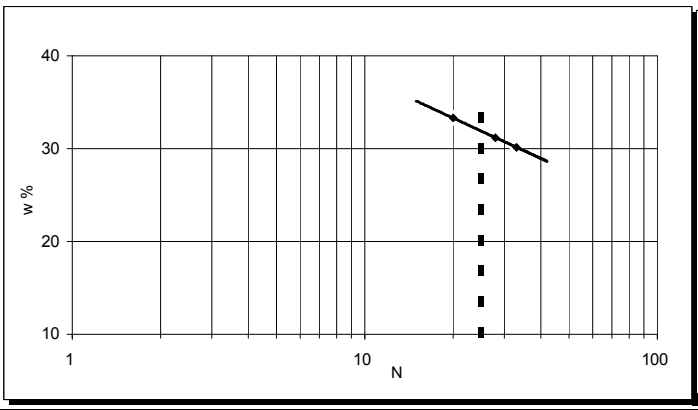
LIMITE PLASTICO

Peso lordo umido	(g)	49.24	47.89
Peso lordo secco	(g)	47.74	46.62
Tara	(g)	40.59	40.38
Peso netto secco	(g)	7.15	6.24
Peso acqua	(g)	1.50	1.27
Contenuto acqua	(%)	21.0	20.4

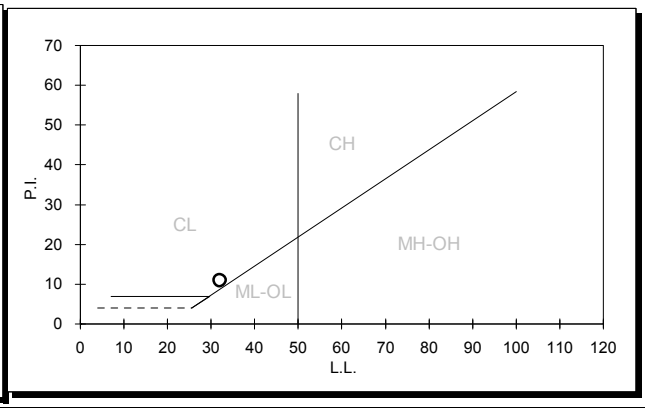
w % medio 20.7

LIMITE DI LIQUIDITA'	**32**
LIMITE DI PLASTICITA'	**21**
INDICE PLASTICITA'	**11**

DETERMINAZIONE LIMITE LIQUIDO



CARTA DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE



Direttore Tecnico :	Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore :	Dott. Mariangela Spigno

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

ANALISI GRANULOMETRICA DI UN TERRENO - ASTM D6913-17 / D7928-21

Cliente : M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL
Località : Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)

Identificazione Campione : S1-C3
Profondità (m) : 6.20 - 6.50
Tipo Campione : Semi-indisturbato
Descrizione del Materiale : Argilla sabbiosa di bassa plasticità

Data Ricevimento : 15/06/2021
Data Esecuzione Prova : 01/07/2021
U.S.C.S. Class. : CL

DATI GRANULOMETRICI

Ciottoli (%)	0.00
Ghiaia (%)	4.36
Sabbia (%)	30.26
Limo (%)	N.D.
Argilla (%)	N.D.
Fini (%)	65.38
D. max (mm)	6.6

ALTRI PARAMETRI

D_{90} (mm)	1.856
D_{60} (mm)	N.D.
D_{50} (mm)	N.D.
D_{30} (mm)	N.D.
D_{10} (mm)	N.D.
C_c	N.D.
C_u	N.D.

GHIAIA E SABBIA

Forma : angolare
Durezza : dura e resistente
Note:

-

SETACCIATURA

D (mm)	Pass (%)
125.00	100.00
90.00	100.00
75.00	100.00
63.00	100.00
50.80	100.00
38.10	100.00
25.40	100.00
19.00	100.00
12.70	100.00

SETACCIATURA

D (mm)	Pass (%)
9.50	100.00
4.75	95.64
2.00	90.47
0.85	85.07
0.425	77.59
0.250	72.89
0.180	70.30
0.125	67.68
0.075	65.38

SEDIMENTAZIONE

D (mm)	Pass (%)
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore : Dott. Mariangela Spigno

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

LIMITI DI ATTERBERG - ASTM D4318-10

Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL		
Località :	Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)		
Identificazione Campione :	S1-C4		
Profondità (m) :	9.50 -9.80	Data Ricevimento :	15/06/2021
Tipo Campione :	Semi-indisturbato	Data Esecuzione Prova :	02/07/2021
Descrizione del Materiale :	Argilla sabbiosa di bassa plasticità	U.S.C.S. Class. :	CL

LIMITE LIQUIDO (MULTIPOINT)

Numero di colpi	(#)	29	23	17
Peso lordo umido	(g)	39.32	38.74	36.78
Peso lordo secco	(g)	36.10	35.52	33.78
Tara	(g)	26.22	26.42	26.09
Peso netto secco	(g)	9.88	9.10	7.69
Peso acqua	(g)	3.22	3.22	3.00
Contenuto acqua	(%)	32.6	35.4	39.0

w % (per N=25) 34.0

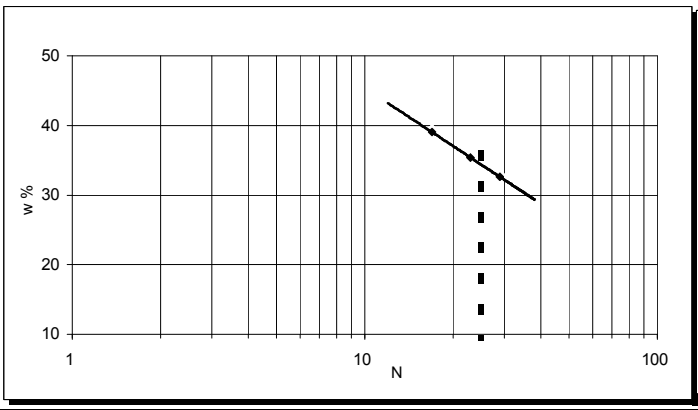
LIMITE PLASTICO

Peso lordo umido	(g)	33.12	33.02
Peso lordo secco	(g)	32.00	32.00
Tara	(g)	26.22	26.41
Peso netto secco	(g)	5.78	5.59
Peso acqua	(g)	1.12	1.02
Contenuto acqua	(%)	19.4	18.2

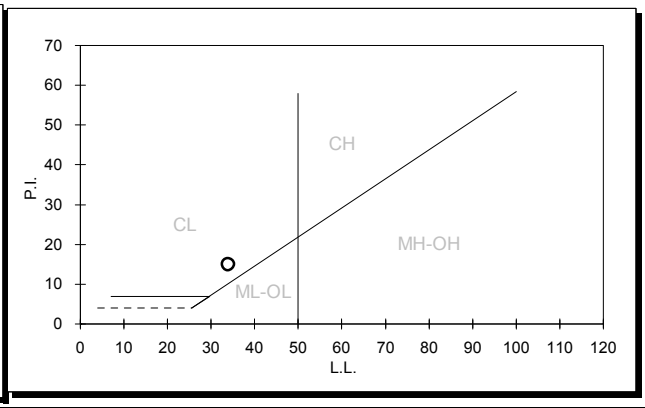
w % medio 18.8

LIMITE DI LIQUIDITA'	**34**
LIMITE DI PLASTICITA'	**19**
INDICE PLASTICITA'	**15**

DETERMINAZIONE LIMITE LIQUIDO



CARTA DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE



Direttore Tecnico :	Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore :	Dott. Mariangela Spigno

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

ANALISI GRANULOMETRICA DI UN TERRENO - ASTM D6913-17 / D7928-21

Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL		
Località :	Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)		
Identificazione Campione :	S1-C4		
Profondità (m) :	9.50 -9.80	Data Ricevimento :	15/06/2021
Tipo Campione :	Semi-indisturbato	Data Esecuzione Prova :	08/07/2021
Descrizione del Materiale :	Argilla sabbiosa di bassa plasticità	U.S.C.S. Class. :	CL

DATI GRANULOMETRICI

Ciottoli (%)	0.00
Ghiaia (%)	7.46
Sabbia (%)	25.48
Limo (%)	N.D.
Argilla (%)	N.D.
Fini (%)	67.06
D. max (mm)	N.D.

ALTRI PARAMETRI

D_{90} (mm)	3.825
D_{60} (mm)	N.D.
D_{50} (mm)	N.D.
D_{30} (mm)	N.D.
D_{10} (mm)	N.D.
C_c	N.D.
C_u	N.D.

GHIAIA E SABBIA

Forma : N.D.

Durezza : N.D.

Note:

SETACCIATURA

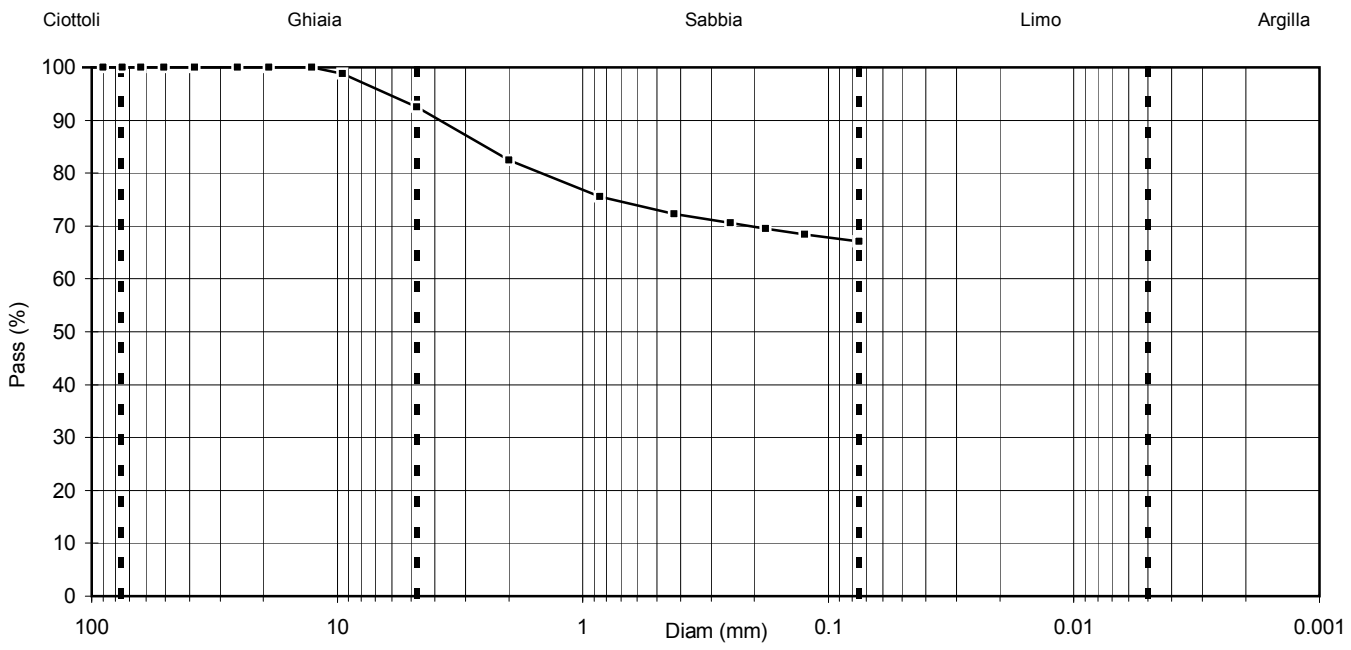
D (mm)	Pass (%)
125.00	100.00
90.00	100.00
75.00	100.00
63.00	100.00
50.80	100.00
38.10	100.00
25.40	100.00
19.00	100.00
12.70	100.00

SETACCIATURA

D (mm)	Pass (%)
9.50	98.80
4.75	92.54
2.00	82.40
0.85	75.51
0.425	72.25
0.250	70.57
0.180	69.50
0.125	68.46
0.075	67.06

SEDIMENTAZIONE

D (mm)	Pass (%)
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-



Direttore Tecnico :	Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore :	Dott. Mariangela Spigno

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

PROVA TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA - ASTM D2850-03a

Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL		
Località :	Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)		
Progetto N. :	-		
Id Campione :	S1 - C4		
Profondità (m) :	9.00 - 9.80	Data Ricevimento :	28/06/2021
Tipo Campione :	Semi-indisturbato	Data Prova :	12/07/2021
Descrizione :	Argilla sabbiosa di bassa plasticità		

CONDIZIONI INIZIALI

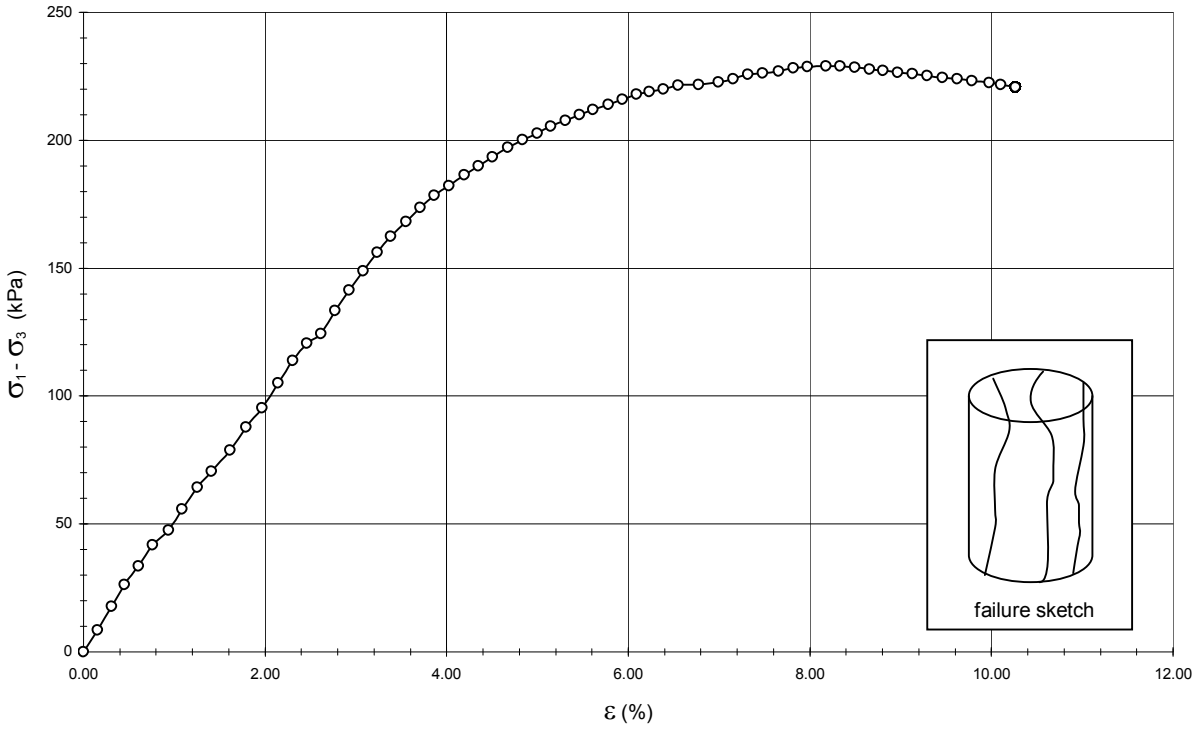
D	(cm)	9.40
H	(cm)	15.62
ρ	(Mg/m^3)	2.04
w_0	(%)	22.37
ρ_d	(Mg/m^3)	1.67
ρ_s	(Mg/m^3)	2.70
e	(-)	0.62
S	(%)	97.9

FASE DI ROTTURA

Velocità di deformazione	(%/min)	1.0
σ_1	(kPa)	417.9
σ_3	(kPa)	189.0
$\sigma_1 - \sigma_3$	(kPa)	228.9
ε	(%)	8.2
$\mathbf{c_u}$	(kPa)	114.5

Metodo di acquisizione dati : Acquisizione elettronica mediante trasduttori di forza e deformazione

DIAGRAMMA SFORZO - DEFORMAZIONE



Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey Sperimentatore : Dott. Costabile Andrea Botti

Test E06-001 Pag 1/1

LIMITI DI ATTERBERG - ASTM D4318-10

Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL		
Località :	Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)		
Identificazione Campione :	S1-C5		
Profondità (m) :	12.70.13.00	Data Ricevimento :	15/06/2021
Tipo Campione :	Semi-indisturbato	Data Esecuzione Prova :	01/07/2021
Descrizione del Materiale :	Limo di bassa plasticità	U.S.C.S. Class. :	ML

LIMITE LIQUIDO (MULTIPOINT)

Numero di colpi	(#)	28	23	19
Peso lordo umido	(g)	44.68	43.63	41.36
Peso lordo secco	(g)	39.23	38.30	36.65
Tara	(g)	26.40	26.10	26.19
Peso netto secco	(g)	12.83	12.20	10.46
Peso acqua	(g)	5.45	5.33	4.71
Contenuto acqua	(%)	42.5	43.7	45.0

w % (per N=25) 43.0

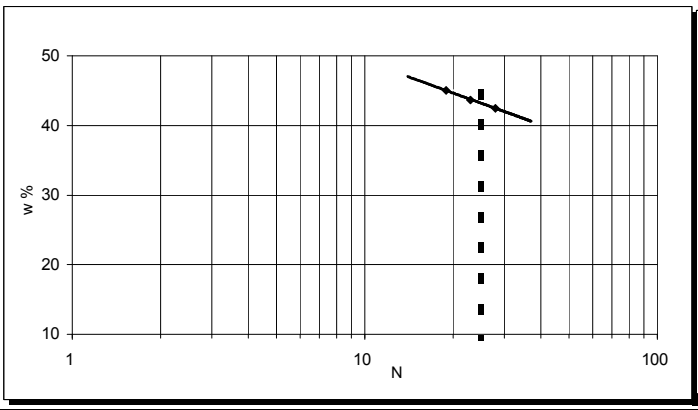
LIMITE PLASTICO

Peso lordo umido	(g)	33.16	32.63
Peso lordo secco	(g)	31.74	31.34
Tara	(g)	26.42	26.62
Peso netto secco	(g)	5.32	4.72
Peso acqua	(g)	1.42	1.29
Contenuto acqua	(%)	26.7	27.3

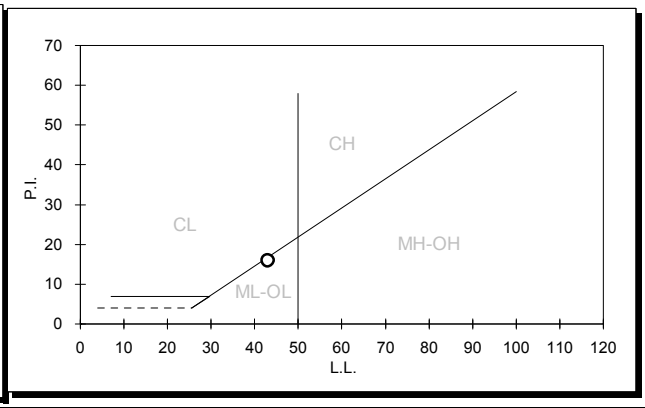
w % medio 27.0

LIMITE DI LIQUIDITA'	**43**
LIMITE DI PLASTICITA'	**27**
INDICE PLASTICITA'	**16**

DETERMINAZIONE LIMITE LIQUIDO



CARTA DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE



Direttore Tecnico :	Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore :	Dott. Giada Zavaglia

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

ANALISI GRANULOMETRICA DI UN TERRENO - ASTM D6913-17 / D7928-21

Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL		
Località :	Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)		
Identificazione Campione :	S1-C5		
Profondità (m) :	12.70.13.00	Data Ricevimento :	15/06/2021
Tipo Campione :	Semi-indisturbato	Data Esecuzione Prova :	01/07/2021
Descrizione del Materiale :	Limo di bassa plasticità	U.S.C.S. Class. :	ML

DATI GRANULOMETRICI

Ciottoli (%)	0.00
Ghiaia (%)	0.67
Sabbia (%)	13.59
Limo (%)	N.D.
Argilla (%)	N.D.
Fini (%)	85.74
D. max (mm)	7.2

ALTRI PARAMETRI

D_{90} (mm)	0.141
D_{60} (mm)	N.D.
D_{50} (mm)	N.D.
D_{30} (mm)	N.D.
D_{10} (mm)	N.D.
C_c	N.D.
C_u	N.D.

GHIAIA E SABBIA

Forma : angolare

Durezza : dura e resistente

Note:

-

SETACCIATURA

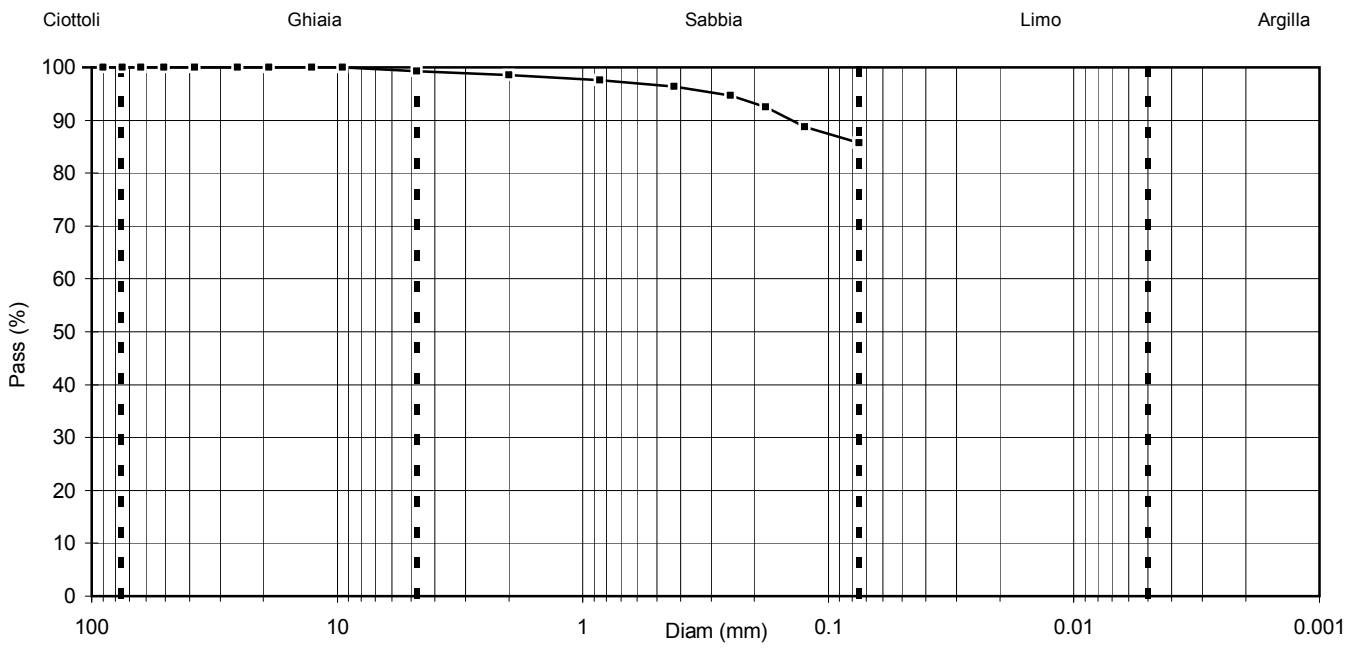
D (mm)	Pass (%)
125.00	100.00
90.00	100.00
75.00	100.00
63.00	100.00
50.80	100.00
38.10	100.00
25.40	100.00
19.00	100.00
12.70	100.00

SETACCIATURA

D (mm)	Pass (%)
9.50	100.00
4.75	99.33
2.00	98.52
0.85	97.52
0.425	96.41
0.250	94.71
0.180	92.49
0.125	88.75
0.075	85.74

SEDIMENTAZIONE

D (mm)	Pass (%)
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-



Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey

Sperimentatore : Dott. Mariangela Spigno

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

LIMITI DI ATTERBERG - ASTM D4318-10

Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL		
Località :	Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)		
Identificazione Campione :	S2-C1		
Profondità (m) :	2.40-2.70	Data Ricevimento :	15/06/2021
Tipo Campione :	Rimaneggiato	Data Esecuzione Prova :	05/07/2021
Descrizione del Materiale :	Ghiaia argillosa con sabbia	U.S.C.S. Class. :	GC

LIMITE LIQUIDO (MULTIPOINT)

Numero di colpi	(#)	30	25	19
Peso lordo umido	(g)	58.71	59.71	56.49
Peso lordo secco	(g)	54.65	55.17	52.75
Tara	(g)	40.09	39.87	40.94
Peso netto secco	(g)	14.56	15.30	11.81
Peso acqua	(g)	4.06	4.54	3.74
Contenuto acqua	(%)	27.9	29.7	31.7

w % (per N=25) 29.0

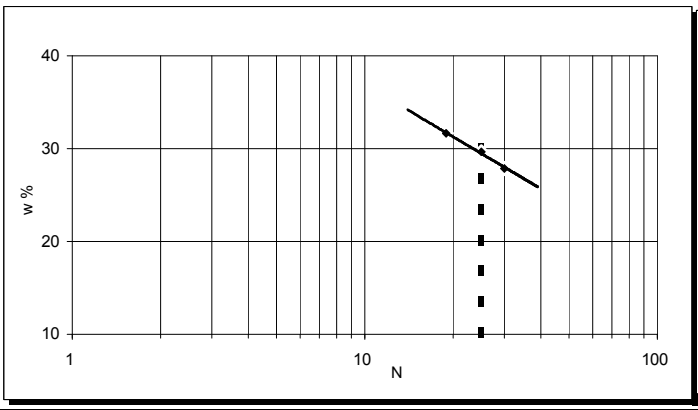
LIMITE PLASTICO

Peso lordo umido	(g)	31.54	32.19
Peso lordo secco	(g)	30.72	31.20
Tara	(g)	26.42	26.09
Peso netto secco	(g)	4.30	5.11
Peso acqua	(g)	0.82	0.99
Contenuto acqua	(%)	19.1	19.4

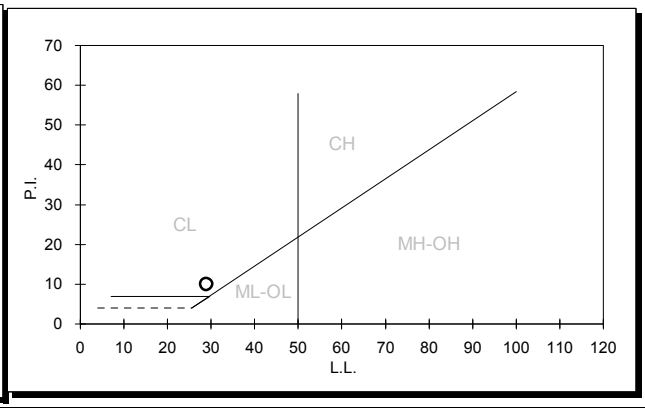
w % medio 19.2

LIMITE DI LIQUIDITA'	**29**
LIMITE DI PLASTICITA'	**19**
INDICE PLASTICITA'	**10**

DETERMINAZIONE LIMITE LIQUIDO



CARTA DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE



Direttore Tecnico :	Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore :	Dott. Giada Zavaglia

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

ANALISI GRANULOMETRICA DI UN TERRENO - ASTM D6913-17 / D7928-21

Cliente : M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL
Località : Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)

Identificazione Campione : S2-C1
Profondità (m) : 2.40-2.70
Tipo Campione : Rimaneggiato
Descrizione del Materiale : Ghiaia argillosa con sabbia

Data Ricevimento : 15/06/2021
Data Esecuzione Prova : 30/06/2021
U.S.C.S. Class. : GC

DATI GRANULOMETRICI

Ciottoli (%)	0.00
Ghiaia (%)	46.61
Sabbia (%)	28.64
Limo (%)	N.D.
Argilla (%)	N.D.
Fini (%)	24.75
D. max (mm)	36.6

ALTRI PARAMETRI

D_{90} (mm)	40.947
D_{60} (mm)	7.854
D_{50} (mm)	3.559
D_{30} (mm)	0.238
D_{10} (mm)	N.D.
C_c	N.D.
C_u	N.D.

GHIAIA E SABBIA

Forma : angolare
Durezza : dura e resistente
Note:

-

SETACCIATURA

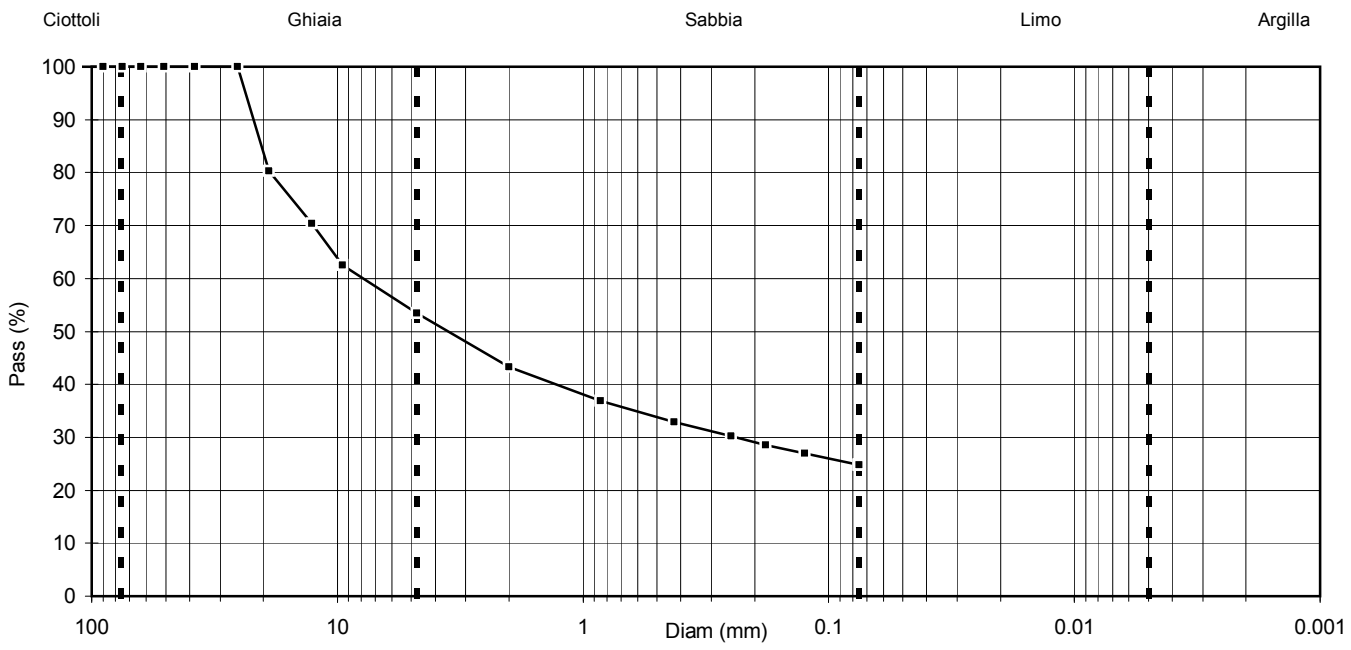
D (mm)	Pass (%)
125.00	100.00
90.00	100.00
75.00	100.00
63.00	100.00
50.80	100.00
38.10	100.00
25.40	100.00
19.00	80.25
12.70	70.35

SETACCIATURA

D (mm)	Pass (%)
9.50	62.50
4.75	53.39
2.00	43.23
0.85	36.82
0.425	32.89
0.250	30.25
0.180	28.56
0.125	26.93
0.075	24.75

SEDIMENTAZIONE

D (mm)	Pass (%)
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-



Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore : Dott. Mariangela Spigno

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

LIMITI DI ATTERBERG - ASTM D4318-10

Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL		
Località :	Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)		
Identificazione Campione :	S2-C2		
Profondità (m) :	4.60-5.00	Data Ricevimento :	15/06/2021
Tipo Campione :	Rimaneggiato	Data Esecuzione Prova :	02/07/2021
Descrizione del Materiale :	Ghiaia argillosa con sabbia	U.S.C.S. Class. :	GC

LIMITE LIQUIDO (MULTIPOINT)

Numero di colpi	(#)	31	24	16
Peso lordo umido	(g)	42.28	40.40	43.99
Peso lordo secco	(g)	38.25	36.76	39.11
Tara	(g)	26.10	26.44	26.40
Peso netto secco	(g)	12.15	10.32	12.71
Peso acqua	(g)	4.03	3.64	4.88
Contenuto acqua	(%)	33.2	35.3	38.4

w % (per N=25) 35.0

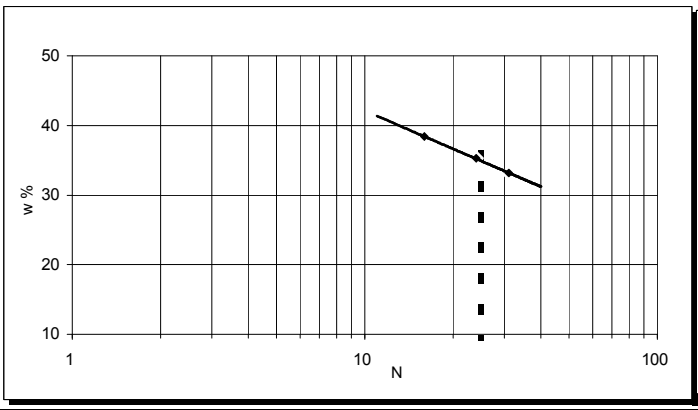
LIMITE PLASTICO

Peso lordo umido	(g)	33.90	32.87
Peso lordo secco	(g)	32.55	31.74
Tara	(g)	26.10	26.44
Peso netto secco	(g)	6.45	5.30
Peso acqua	(g)	1.35	1.13
Contenuto acqua	(%)	20.9	21.3

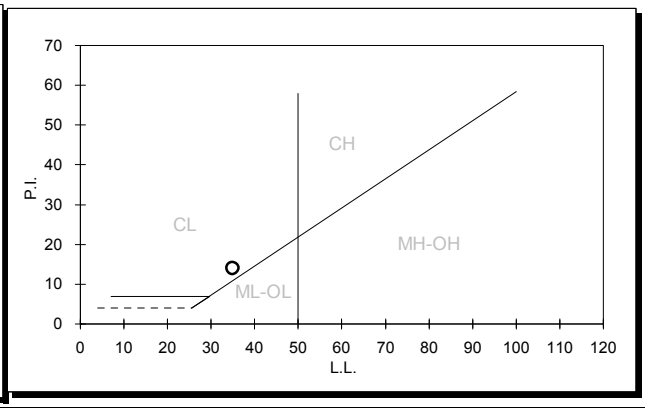
w % medio 21.1

LIMITE DI LIQUIDITA'	**35**
LIMITE DI PLASTICITA'	**21**
INDICE PLASTICITA'	**14**

DETERMINAZIONE LIMITE LIQUIDO



CARTA DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE



Direttore Tecnico :	Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore :	Dott. Giada Zavaglia

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

ANALISI GRANULOMETRICA DI UN TERRENO - ASTM D6913-17 / D7928-21

Cliente : M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL
Località : Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)

Identificazione Campione : S2-C2
Profondità (m) : 4.60-5.00
Tipo Campione : Rimaneggiato
Descrizione del Materiale : Ghiaia argillosa con sabbia

Data Ricevimento : 15/06/2021
Data Esecuzione Prova : 01/07/2021
U.S.C.S. Class. : GC

DATI GRANULOMETRICI

Ciottoli (%)	0.00
Ghiaia (%)	41.95
Sabbia (%)	34.83
Limo (%)	N.D.
Argilla (%)	N.D.
Fini (%)	23.22
D. max (mm)	23.7

ALTRI PARAMETRI

D_{90} (mm)	24.007
D_{60} (mm)	5.715
D_{50} (mm)	2.545
D_{30} (mm)	0.347
D_{10} (mm)	N.D.
C_c	N.D.
C_u	N.D.

GHIAIA E SABBIA

Forma : angolare
Durezza : dura e resistente
Note:

-

SETACCIATURA

D (mm)	Pass (%)
125.00	100.00
90.00	100.00
75.00	100.00
63.00	100.00
50.80	100.00
38.10	100.00
25.40	100.00
19.00	88.23
12.70	71.38

SETACCIATURA

D (mm)	Pass (%)
9.50	65.36
4.75	58.05
2.00	46.89
0.85	37.41
0.425	31.11
0.250	28.22
0.180	26.71
0.125	24.72
0.075	23.22

SEDIMENTAZIONE

D (mm)	Pass (%)
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore : Dott. Mariangela Spigno

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

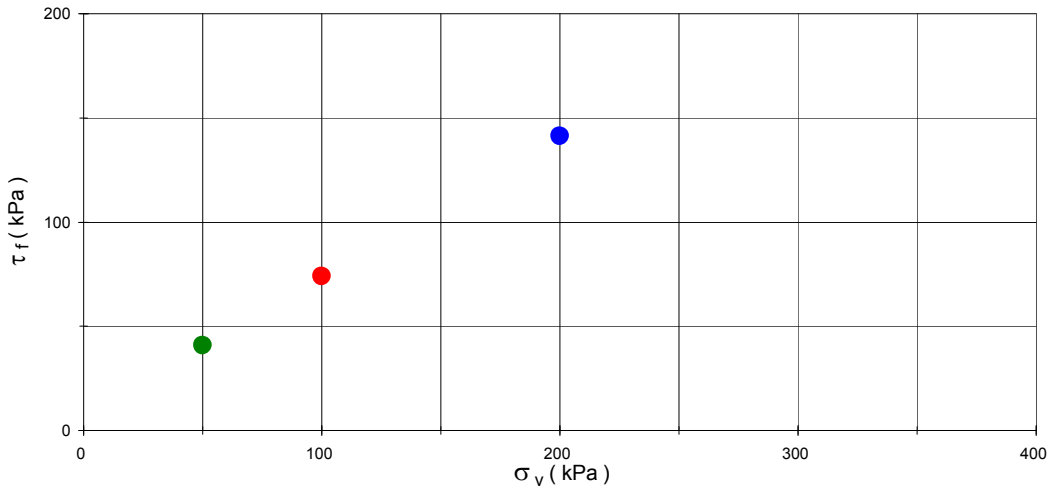
PROVA DI TAGLIO DIRETTO - ASTM D3080-11

Test eseguito in scatola di Casagrande, con provino immerso, a sezione circolare

Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL		
Località :	Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)		
Sondaggio :	S2		
Campione :	C2		
Profondità (m) :	4.60-5.00	Data Ricevimento :	15/06/2021
Tipo del campione :	semi-indisturbato	Data Inizio Prova :	28/06/2021
Descrizione :	Ghiaia argillosa con sabbia	Data Fine Prova :	02/07/2021

CONDIZIONI INIZIALI			Provino 1	Provino 2	Provino 3
H	(cm)		2.08	2.08	2.08
D	(cm)		6.00	6.00	6.00
γ_t	(kN/m^3)		21.06	21.07	21.04
W_i	(%)		16.6	16.7	16.3
γ_d	(kN/m^3)		18.06	18.05	18.10
G_s	(-)	(stimato)	2.70	2.70	2.70
metodo preparazione provino			Infustellamento	Infustellamento	Infustellamento
Orientazione del provino nel campione			Coassiale	Coassiale	Coassiale

FASE DI TAGLIO		Provino 1	Provino 2	Provino 3
Velocità di avanzamento	(mm/min)	0.008	0.008	0.008
σ_v	(kPa)	50	100	200
ΔH_c	(mm)	0.32	0.70	1.12
ΔH_f	(mm)	0.16	0.28	0.25
d_h	(mm)	3.08	6.31	3.25
τ_f	(kPa)	40.8	74.0	141.3
W_f	(%)	15.9	14.7	13.4
γ_{df}	(kN/m^3)	18.54	18.96	19.44
Criterio di rottura considerato		Massimo sforzo	Massimo sforzo	Massimo sforzo



Direttore tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey Operatore : Dott. Geol. Cristiano Pastore

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

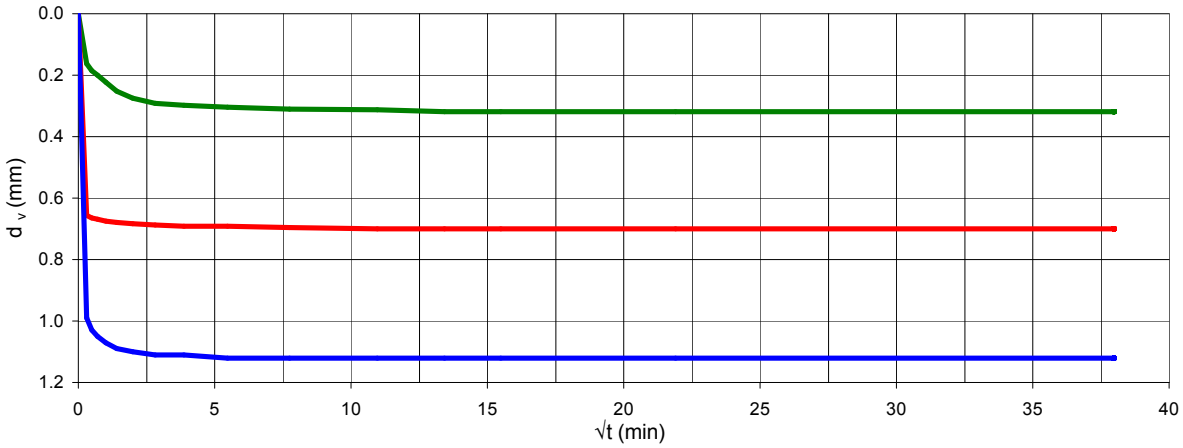
PROVA DI TAGLIO DIRETTO - ASTM D3080-11

Test eseguito in scatola di Casagrande, con provino immerso, a sezione circolare

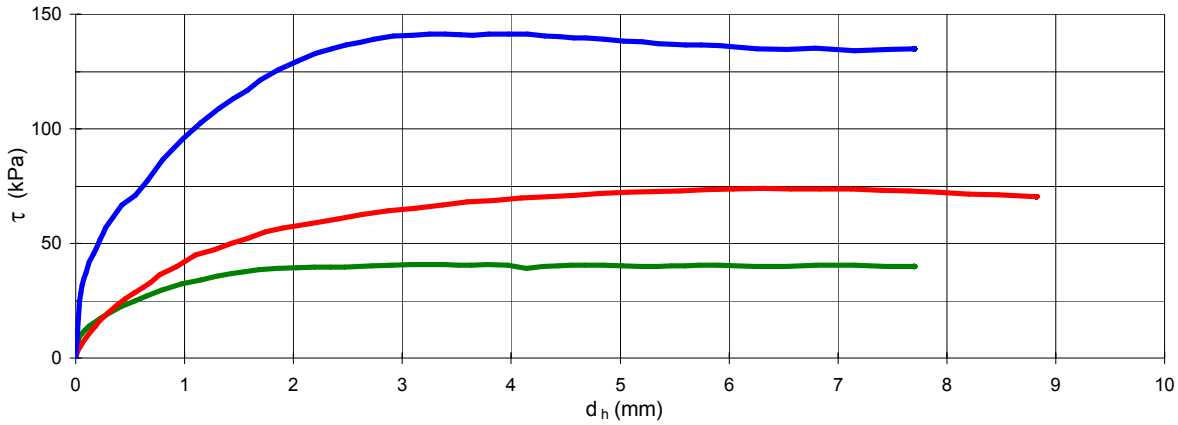
Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL
Località :	Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)
Campione :	S2-C2
Profondità (m) :	4.60-5.00

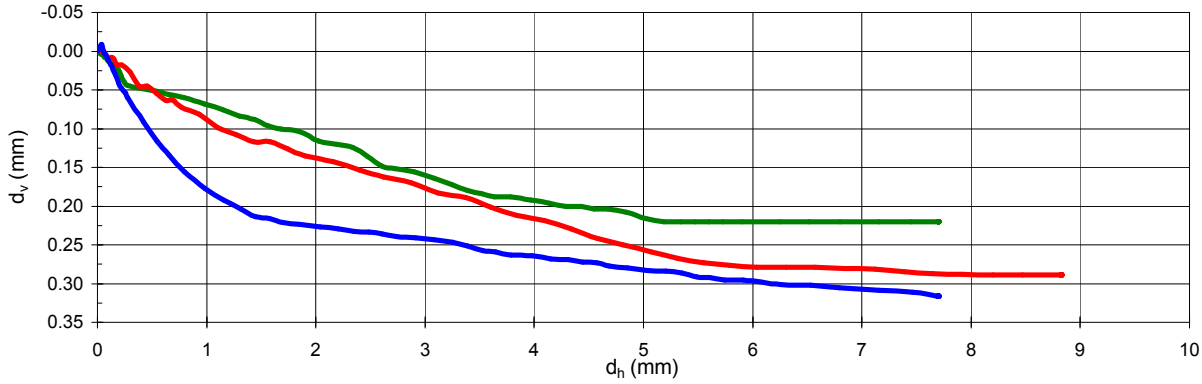
Provino 1
Provino 2
Provino 3

FASE DI CONSOLIDAZIONE



FASE DI TAGLIO





Direttore tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey

Operatore : Dott. Geol. Cristiano Pastore

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

LIMITI DI ATTERBERG - ASTM D4318-10

Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL		
Località :	Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)		
Identificazione Campione :	S2-C4		
Profondità (m) :	7.40-7.60	Data Ricevimento :	15/06/2021
Tipo Campione :	Semi-indisturbato	Data Esecuzione Prova :	05/07/2021
Descrizione del Materiale :	Ghiaia argillosa con sabbia	U.S.C.S. Class. :	GC

LIMITE LIQUIDO (MULTIPOINT)

Numero di colpi	(#)	31	23	18
Peso lordo umido	(g)	54.60	57.36	59.17
Peso lordo secco	(g)	50.44	52.20	53.37
Tara	(g)	40.91	40.90	40.94
Peso netto secco	(g)	9.53	11.30	12.43
Peso acqua	(g)	4.16	5.16	5.80
Contenuto acqua	(%)	43.7	45.7	46.7

w % (per N=25) 45.0

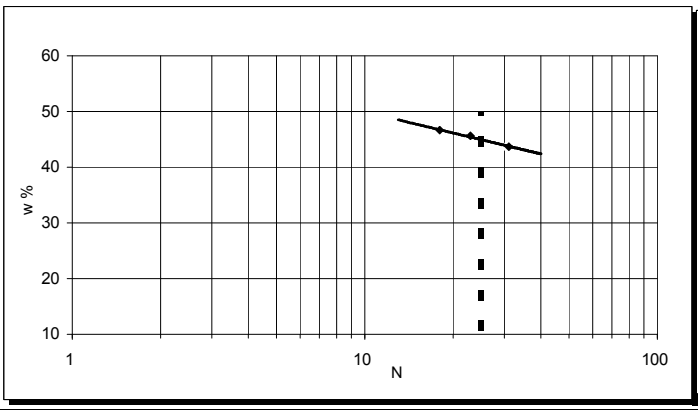
LIMITE PLASTICO

Peso lordo umido	(g)	33.01	32.84
Peso lordo secco	(g)	31.54	31.45
Tara	(g)	26.09	26.42
Peso netto secco	(g)	5.45	5.03
Peso acqua	(g)	1.47	1.39
Contenuto acqua	(%)	27.0	27.6

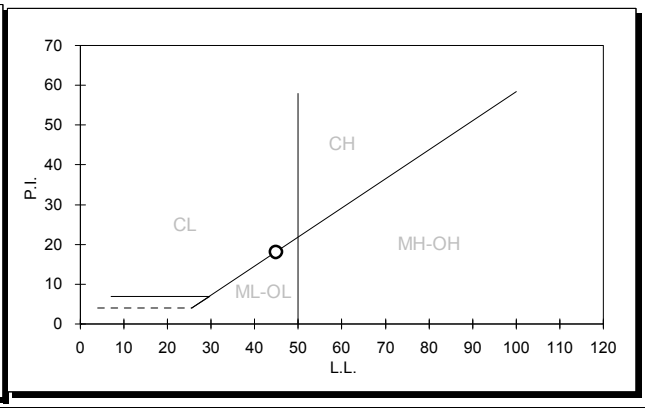
w % medio 27.3

LIMITE DI LIQUIDITA'	**45**
LIMITE DI PLASTICITA'	**27**
INDICE PLASTICITA'	**18**

DETERMINAZIONE LIMITE LIQUIDO



CARTA DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE



Direttore Tecnico :	Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore :	Dott. Mariangela Spigno

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

ANALISI GRANULOMETRICA DI UN TERRENO - ASTM D6913-17 / D7928-21

Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL		
Località :	Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)		
Identificazione Campione :	S2-C4		
Profondità (m) :	7.40-7.60	Data Ricevimento :	15/06/2021
Tipo Campione :	Semi-indisturbato	Data Esecuzione Prova :	01/07/2021
Descrizione del Materiale :	Ghiaia argillosa con sabbia	U.S.C.S. Class. :	GC

DATI GRANULOMETRICI

Ciottoli (%)	0.00
Ghiaia (%)	30.20
Sabbia (%)	24.61
Limo (%)	N.D.
Argilla (%)	N.D.
Fini (%)	45.19
D. max (mm)	15.6

ALTRI PARAMETRI

D_{90} (mm)	14.386
D_{60} (mm)	1.966
D_{50} (mm)	0.319
D_{30} (mm)	N.D.
D_{10} (mm)	N.D.
C_c	N.D.
C_u	N.D.

GHIAIA E SABBIA

Forma : angolare

Durezza : dura e resistente

Note:

-

SETACCIATURA

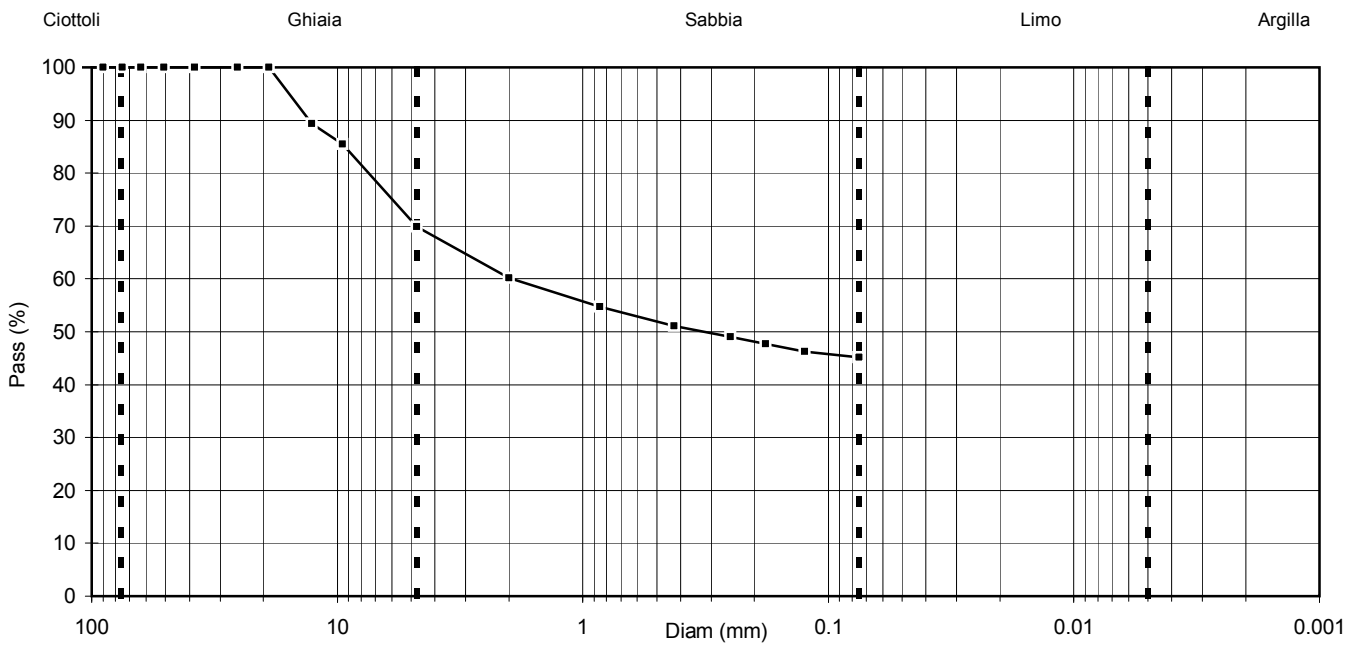
D (mm)	Pass (%)
125.00	100.00
90.00	100.00
75.00	100.00
63.00	100.00
50.80	100.00
38.10	100.00
25.40	100.00
19.00	100.00
12.70	89.32

SETACCIATURA

D (mm)	Pass (%)
9.50	85.51
4.75	69.80
2.00	60.11
0.85	54.67
0.425	51.12
0.250	49.05
0.180	47.73
0.125	46.28
0.075	45.19

SEDIMENTAZIONE

D (mm)	Pass (%)
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-



Direttore Tecnico :	Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore :	Dott. Mariangela Spigno

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

LIMITI DI ATTERBERG - ASTM D4318-10

Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL		
Località :	Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)		
Identificazione Campione :	S2-C5		
Profondità (m) :	9.50 - 10.00	Data Ricevimento :	15/06/2021
Tipo Campione :	Semi-indisturbato	Data Esecuzione Prova :	08/07/2021
Descrizione del Materiale :	Sabbia argillosa con ghiaia	U.S.C.S. Class. :	SC

LIMITE LIQUIDO (MULTIPOINT)

Numero di colpi	(#)	29	22	18
Peso lordo umido	(g)	43.63	44.36	46.32
Peso lordo secco	(g)	38.45	38.78	39.90
Tara	(g)	26.35	26.38	26.09
Peso netto secco	(g)	12.10	12.40	13.81
Peso acqua	(g)	5.18	5.58	6.42
Contenuto acqua	(%)	42.8	45.0	46.5

w % (per N=25) 44.0

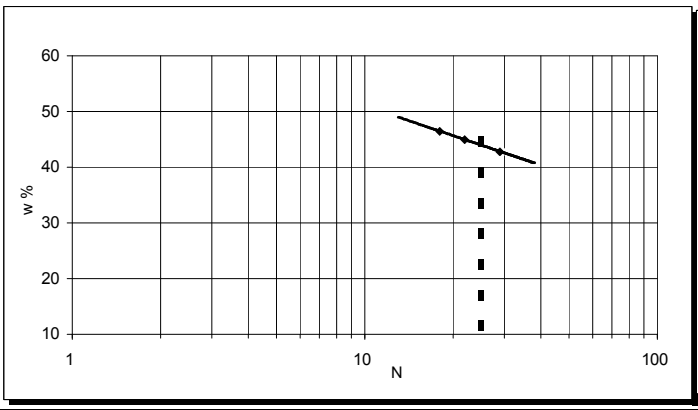
LIMITE PLASTICO

Peso lordo umido	(g)	33.14	32.85
Peso lordo secco	(g)	31.78	31.45
Tara	(g)	26.56	26.22
Peso netto secco	(g)	5.22	5.23
Peso acqua	(g)	1.36	1.40
Contenuto acqua	(%)	26.1	26.8

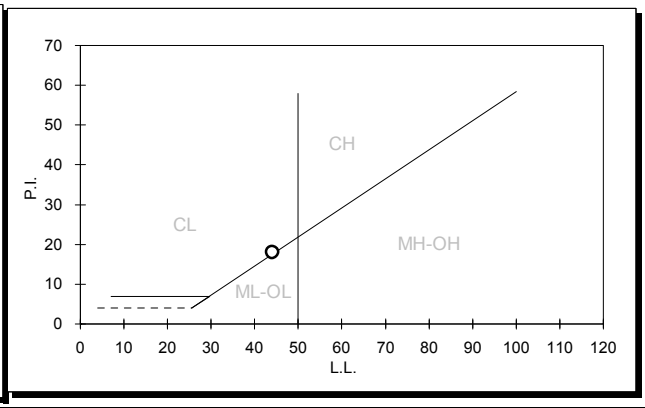
w % medio 26.4

LIMITE DI LIQUIDITA'	**44**
LIMITE DI PLASTICITA'	**26**
INDICE PLASTICITA'	**18**

DETERMINAZIONE LIMITE LIQUIDO



CARTA DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE



Direttore Tecnico :	Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore :	Dott. Mariangela Spigno

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

ANALISI GRANULOMETRICA DI UN TERRENO - ASTM D6913-17 / D7928-21

Cliente : M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL
Località : Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)

Identificazione Campione : S2-C5
Profondità (m) : 9.50 - 10.00
Tipo Campione : Semi-indisturbato
Descrizione del Materiale : Sabbia argillosa con ghiaia

Data Ricevimento : 15/06/2021
Data Esecuzione Prova : 08/07/2021
U.S.C.S. Class. : SC

DATI GRANULOMETRICI

Ciottoli (%)	0.00
Ghiaia (%)	22.61
Sabbia (%)	33.57
Limo (%)	N.D.
Argilla (%)	N.D.
Fini (%)	43.82
D. max (mm)	12.0

ALTRI PARAMETRI

D_{90} (mm)	12.521
D_{60} (mm)	1.120
D_{50} (mm)	0.248
D_{30} (mm)	N.D.
D_{10} (mm)	N.D.
C_c	N.D.
C_u	N.D.

GHIAIA E SABBIA

Forma : angolare
Durezza : dura e resistente
Note:

SETACCIATURA

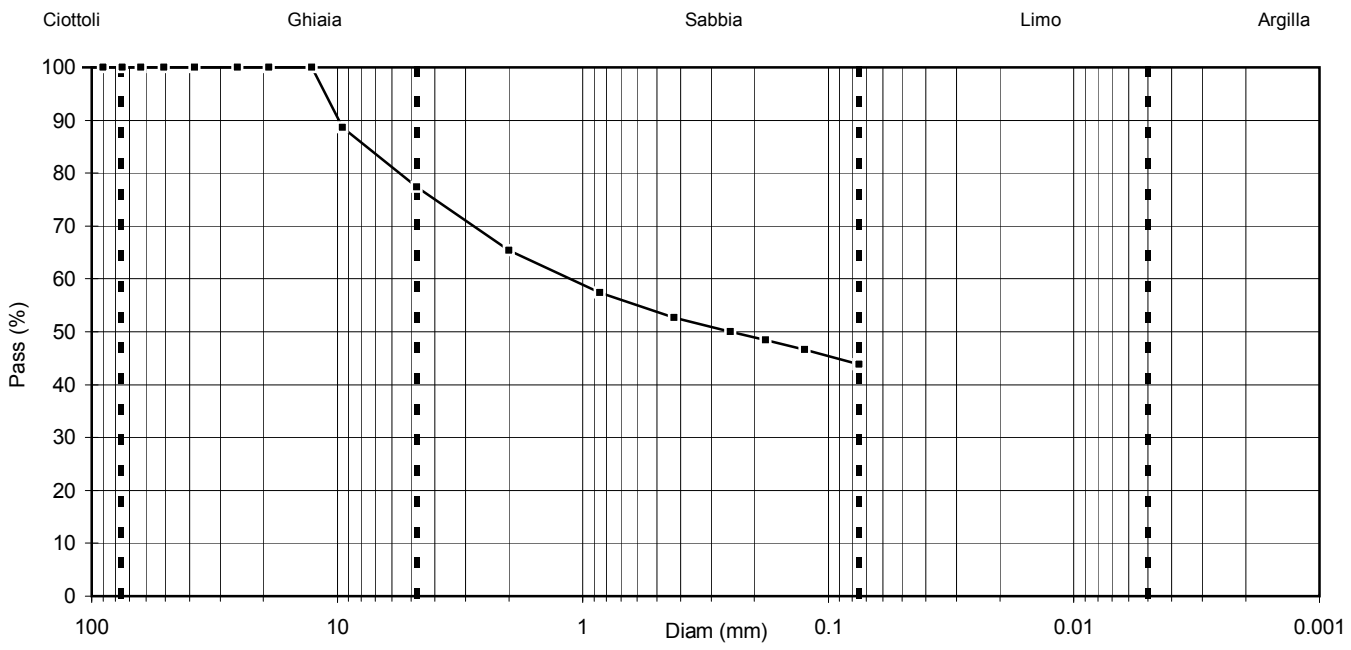
D (mm)	Pass (%)
125.00	100.00
90.00	100.00
75.00	100.00
63.00	100.00
50.80	100.00
38.10	100.00
25.40	100.00
19.00	100.00
12.70	100.00

SETACCIATURA

D (mm)	Pass (%)
9.50	88.60
4.75	77.39
2.00	65.42
0.85	57.42
0.425	52.69
0.250	50.04
0.180	48.39
0.125	46.58
0.075	43.82

SEDIMENTAZIONE

D (mm)	Pass (%)
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-



Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore : Dott. Mariangela Spigno

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

LIMITI DI ATTERBERG - ASTM D4318-10

Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL		
Località :	Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)		
Identificazione Campione :	S3-C1		
Profondità (m) :	2.50-2.70	Data Ricevimento :	15/06/2021
Tipo Campione :	Rimaneggiato	Data Esecuzione Prova :	01/07/2021
Descrizione del Materiale :	Sabbia limosa con ghiaia	U.S.C.S. Class. :	SM

LIMITE LIQUIDO (MULTIPOINT)

Numero di colpi	(#)	31	22	19
Peso lordo umido	(g)	54.78	58.65	55.32
Peso lordo secco	(g)	50.85	53.12	50.93
Tara	(g)	40.91	40.09	40.94
Peso netto secco	(g)	9.94	13.03	9.99
Peso acqua	(g)	3.93	5.53	4.39
Contenuto acqua	(%)	39.5	42.4	43.9

w % (per N=25) 41.0

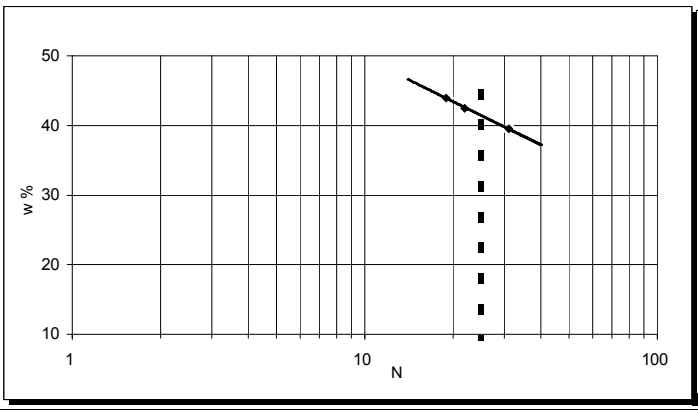
LIMITE PLASTICO

Peso lordo umido	(g)	47.95	45.25
Peso lordo secco	(g)	46.23	44.30
Tara	(g)	39.87	40.91
Peso netto secco	(g)	6.36	3.39
Peso acqua	(g)	1.72	0.95
Contenuto acqua	(%)	27.0	28.0

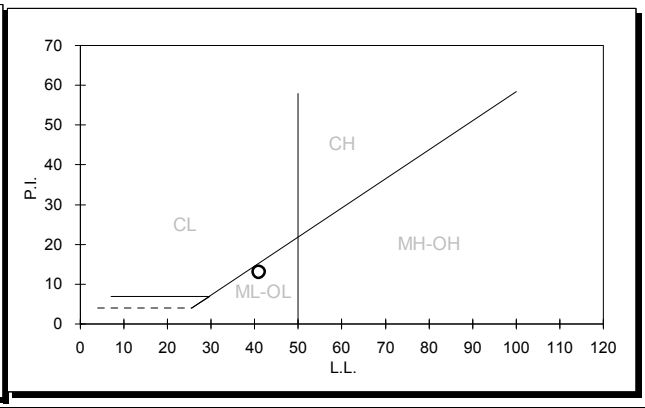
w % medio 27.5

LIMITE DI LIQUIDITA'	**41**
LIMITE DI PLASTICITA'	**28**
INDICE PLASTICITA'	**13**

DETERMINAZIONE LIMITE LIQUIDO



CARTA DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE



Direttore Tecnico :	Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore :	Dott. Giada Zavaglia

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

ANALISI GRANULOMETRICA DI UN TERRENO - ASTM D6913-17 / D7928-21

Cliente : M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL
Località : Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)

Identificazione Campione : S3-C1
Profondità (m) : 2.50-2.70
Tipo Campione : Rimaneggiato
Descrizione del Materiale : Sabbia limosa con ghiaia

Data Ricevimento : 15/06/2021
Data Esecuzione Prova : 01/07/2021
U.S.C.S. Class. : SM

DATI GRANULOMETRICI

Ciottoli (%)	0.00
Ghiaia (%)	18.29
Sabbia (%)	41.73
Limo (%)	N.D.
Argilla (%)	N.D.
Fini (%)	39.98
D. max (mm)	9.9

ALTRI PARAMETRI

D_{90} (mm)	8.249
D_{60} (mm)	1.058
D_{50} (mm)	0.401
D_{30} (mm)	N.D.
D_{10} (mm)	N.D.
C_c	N.D.
C_u	N.D.

GHIAIA E SABBIA

Forma : angolare
Durezza : dura e resistente
Note:

-

SETACCIATURA

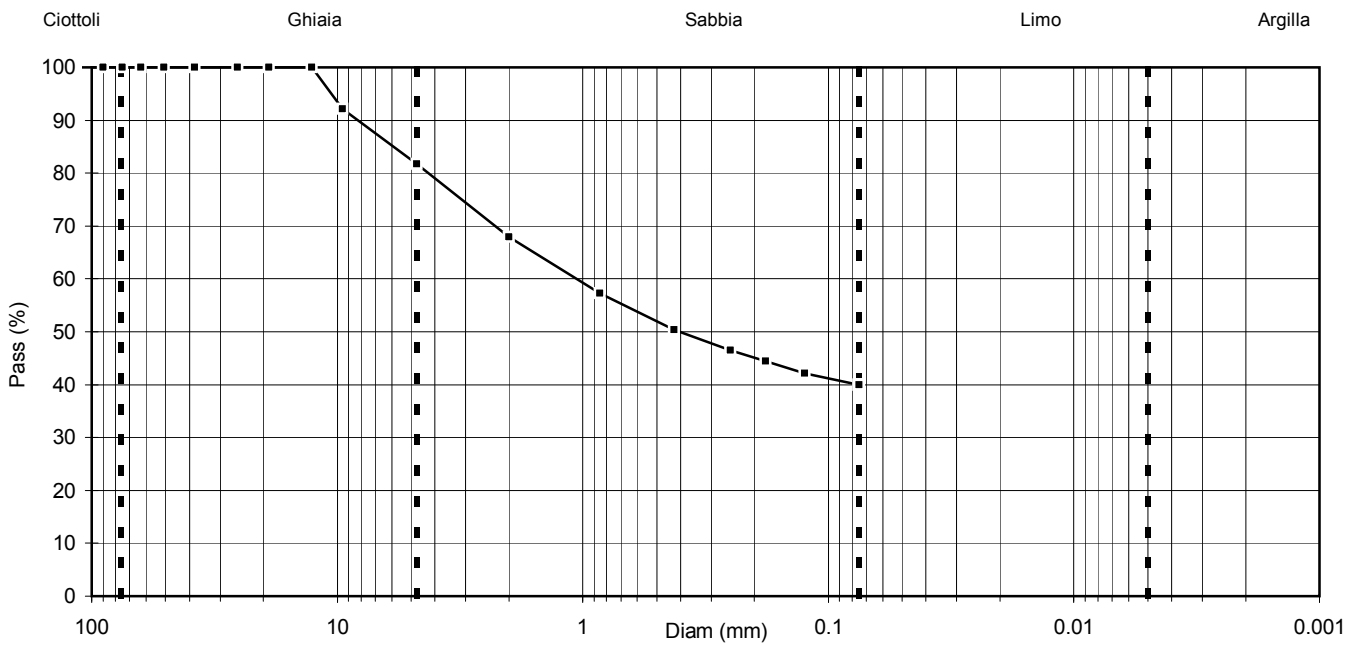
D (mm)	Pass (%)
125.00	100.00
90.00	100.00
75.00	100.00
63.00	100.00
50.80	100.00
38.10	100.00
25.40	100.00
19.00	100.00
12.70	100.00

SETACCIATURA

D (mm)	Pass (%)
9.50	92.12
4.75	81.71
2.00	67.93
0.85	57.28
0.425	50.42
0.250	46.52
0.180	44.38
0.125	42.13
0.075	39.98

SEDIMENTAZIONE

D (mm)	Pass (%)
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-



Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore : Dott. Mariangela Spigno

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

LIMITI DI ATTERBERG - ASTM D4318-10

Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL		
Località :	Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)		
Identificazione Campione :	S3-CI1		
Profondità (m) :	4.50 - 5.00	Data Ricevimento :	15/06/2021
Tipo Campione :	Indisturbato	Data Esecuzione Prova :	08/07/2021
Descrizione del Materiale :	Sabbia argillosa con ghiaia	U.S.C.S. Class. :	SC

LIMITE LIQUIDO (MULTIPOINT)

Numero di colpi	(#)	32	26	21
Peso lordo umido	(g)	42.32	43.48	46.68
Peso lordo secco	(g)	38.45	39.10	41.32
Tara	(g)	26.41	26.22	26.35
Peso netto secco	(g)	12.04	12.88	14.97
Peso acqua	(g)	3.87	4.38	5.36
Contenuto acqua	(%)	32.1	34.0	35.8

w % (per N=25) 34.0

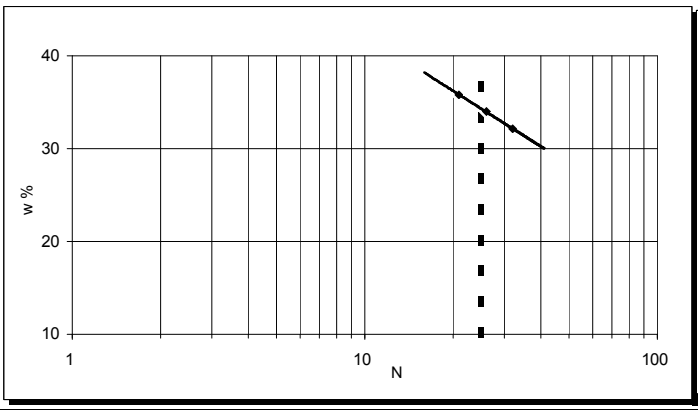
LIMITE PLASTICO

Peso lordo umido	(g)	32.60	31.74
Peso lordo secco	(g)	31.45	30.74
Tara	(g)	26.22	26.35
Peso netto secco	(g)	5.23	4.39
Peso acqua	(g)	1.15	1.00
Contenuto acqua	(%)	22.0	22.8

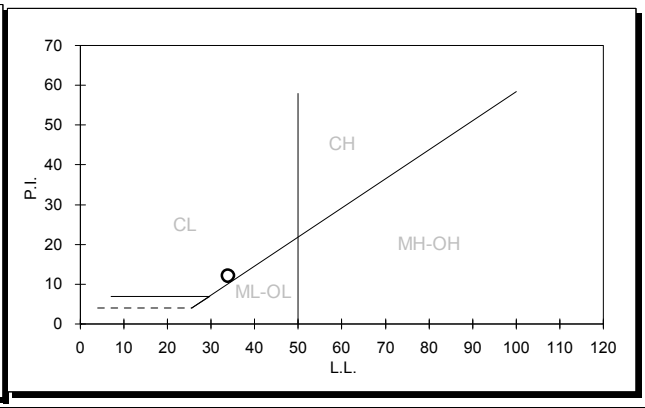
w % medio 22.4

LIMITE DI LIQUIDITA'	**34**
LIMITE DI PLASTICITA'	**22**
INDICE PLASTICITA'	**12**

DETERMINAZIONE LIMITE LIQUIDO



CARTA DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE



Direttore Tecnico :	Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore :	Dott. Giada Zavaglia

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

ANALISI GRANULOMETRICA DI UN TERRENO - ASTM D6913-17 / D7928-21

Cliente : M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL
Località : Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)

Identificazione Campione : S3-CI1
Profondità (m) : 4.50 - 5.00
Tipo Campione : Indisturbato
Descrizione del Materiale : Sabbia argillosa con ghiaia

Data Ricevimento : 15/06/2021
Data Esecuzione Prova : 08/07/2021
U.S.C.S. Class. : SC

DATI GRANULOMETRICI

Ciottoli (%)	0.00
Ghiaia (%)	31.28
Sabbia (%)	41.84
Limo (%)	N.D.
Argilla (%)	N.D.
Fini (%)	26.88
D. max (mm)	21.3

ALTRI PARAMETRI

D_{90} (mm)	14.669
D_{60} (mm)	2.898
D_{50} (mm)	1.502
D_{30} (mm)	0.144
D_{10} (mm)	N.D.
C_c	N.D.
C_u	N.D.

GHIAIA E SABBIA

Forma : angolare
Durezza : dura e resistente
Note:

-

SETACCIATURA

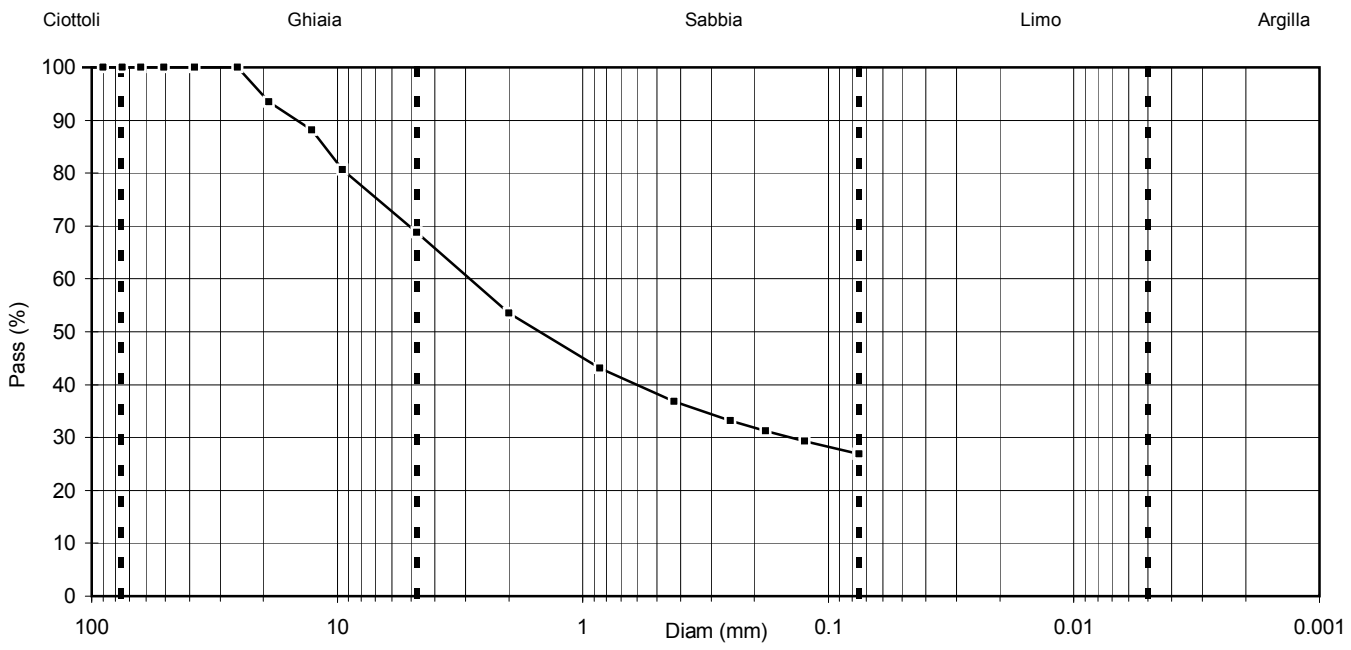
D (mm)	Pass (%)
125.00	100.00
90.00	100.00
75.00	100.00
63.00	100.00
50.80	100.00
38.10	100.00
25.40	100.00
19.00	93.41
12.70	88.10

SETACCIATURA

D (mm)	Pass (%)
9.50	80.69
4.75	68.72
2.00	53.46
0.85	43.13
0.425	36.82
0.250	33.21
0.180	31.19
0.125	29.27
0.075	26.88

SEDIMENTAZIONE

D (mm)	Pass (%)
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-



Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore : Dott. Mariangela Spigno

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

LIMITI DI ATTERBERG - ASTM D4318-10

Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL		
Località :	Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)		
Identificazione Campione :	S3-C2		
Profondità (m) :	5.50-5.70	Data Ricevimento :	15/06/2021
Tipo Campione :	Rimaneggiato	Data Esecuzione Prova :	02/07/2021
Descrizione del Materiale :	Sabbia argillosa con ghiaia	U.S.C.S. Class. :	SC

LIMITE LIQUIDO (MULTIPOINT)

Numero di colpi	(#)	30	24	18
Peso lordo umido	(g)	58.68	59.38	55.24
Peso lordo secco	(g)	54.35	54.86	51.47
Tara	(g)	40.59	40.95	40.15
Peso netto secco	(g)	13.76	13.91	11.32
Peso acqua	(g)	4.33	4.52	3.77
Contenuto acqua	(%)	31.5	32.5	33.3

w % (per N=25) 32.0

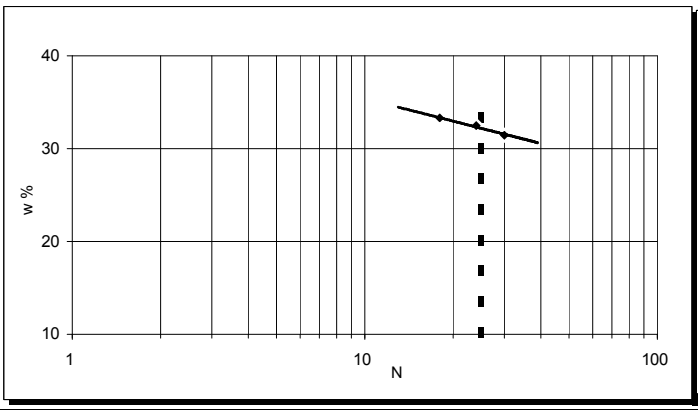
LIMITE PLASTICO

Peso lordo umido	(g)	47.84	48.23
Peso lordo secco	(g)	46.54	46.89
Tara	(g)	40.03	40.09
Peso netto secco	(g)	6.51	6.80
Peso acqua	(g)	1.30	1.34
Contenuto acqua	(%)	20.0	19.7

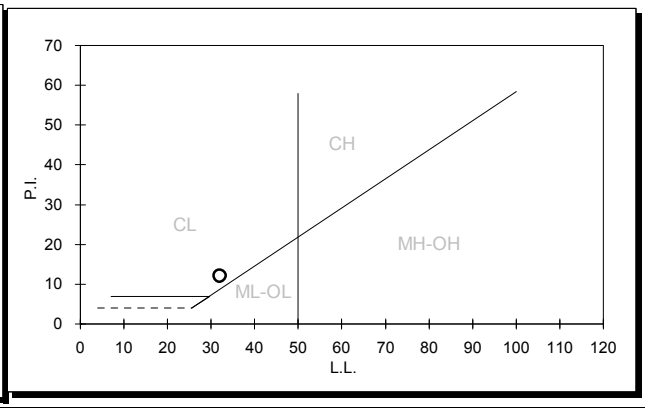
w % medio 19.8

LIMITE DI LIQUIDITA'	**32**
LIMITE DI PLASTICITA'	**20**
INDICE PLASTICITA'	**12**

DETERMINAZIONE LIMITE LIQUIDO



CARTA DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE



Direttore Tecnico :	Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore :	Dott. Mariangela Spigno

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

ANALISI GRANULOMETRICA DI UN TERRENO - ASTM D6913-17 / D7928-21

Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL		
Località :	Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)		
Identificazione Campione :	S3-C2		
Profondità (m) :	5.50-5.70	Data Ricevimento :	15/06/2021
Tipo Campione :	Rimaneggiato	Data Esecuzione Prova :	01/07/2021
Descrizione del Materiale :	Sabbia argillosa con ghiaia	U.S.C.S. Class. :	SC

DATI GRANULOMETRICI

Ciottoli (%)	0.00
Ghiaia (%)	27.30
Sabbia (%)	46.80
Limo (%)	N.D.
Argilla (%)	N.D.
Fini (%)	25.90
D. max (mm)	13.0

ALTRI PARAMETRI

D_{90} (mm)	10.247
D_{60} (mm)	2.487
D_{50} (mm)	1.360
D_{30} (mm)	0.200
D_{10} (mm)	N.D.
C_c	N.D.
C_u	N.D.

GHIAIA E SABBIA

Forma : angolare

Durezza : dura e resistente

Note:

-

SETACCIATURA

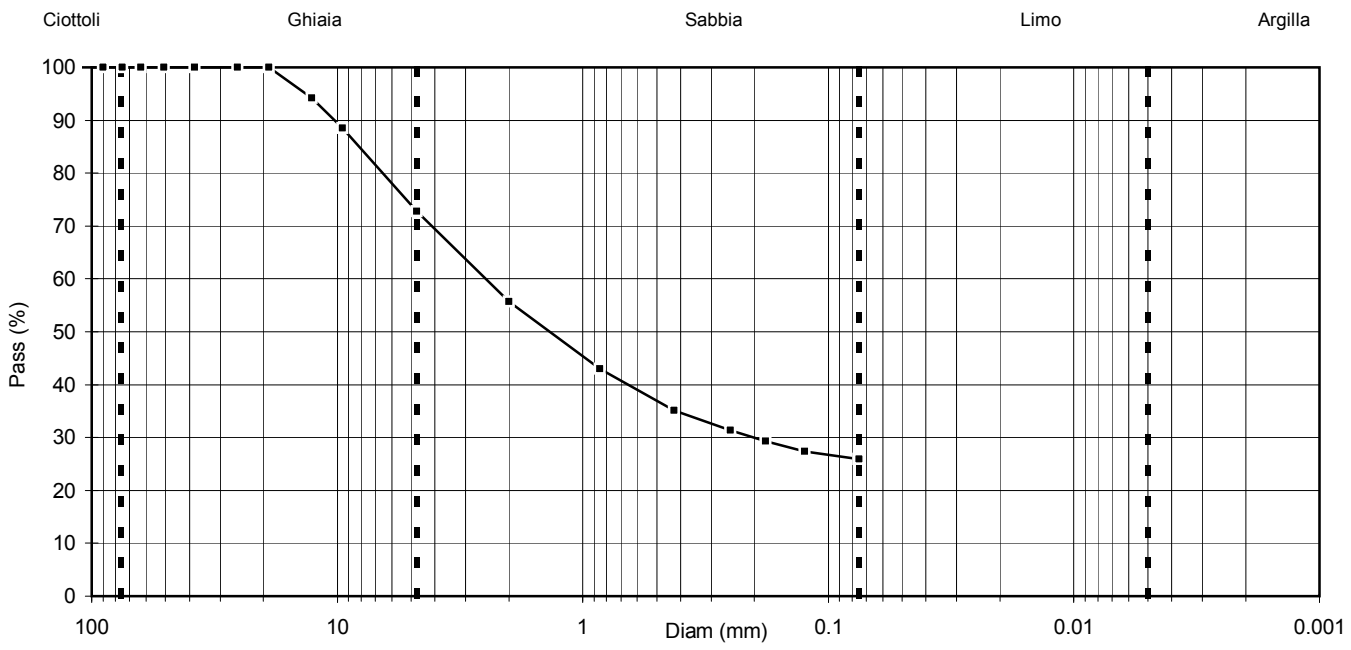
D (mm)	Pass (%)
125.00	100.00
90.00	100.00
75.00	100.00
63.00	100.00
50.80	100.00
38.10	100.00
25.40	100.00
19.00	100.00
12.70	94.17

SETACCIATURA

D (mm)	Pass (%)
9.50	88.53
4.75	72.70
2.00	55.72
0.85	43.03
0.425	35.16
0.250	31.41
0.180	29.34
0.125	27.33
0.075	25.90

SEDIMENTAZIONE

D (mm)	Pass (%)
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-



Direttore Tecnico :	Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore :	Dott. Mariangela Spigno

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

LIMITI DI ATTERBERG - ASTM D4318-10

Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL		
Località :	Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)		
Identificazione Campione :	S3-C4		
Profondità (m) :	8.50-8.70	Data Ricevimento :	15/06/2021
Tipo Campione :	Semi-indisturbato	Data Esecuzione Prova :	01/07/2021
Descrizione del Materiale :	Sabbia argillosa con ghiaia	U.S.C.S. Class. :	SC

LIMITE LIQUIDO (MULTIPOINT)

Numero di colpi	(#)	30	25	18
Peso lordo umido	(g)	42.18	41.87	43.36
Peso lordo secco	(g)	37.46	37.23	38.02
Tara	(g)	26.19	26.44	25.98
Peso netto secco	(g)	11.27	10.79	12.04
Peso acqua	(g)	4.72	4.64	5.34
Contenuto acqua	(%)	41.9	43.0	44.4

w % (per N=25) 43.0

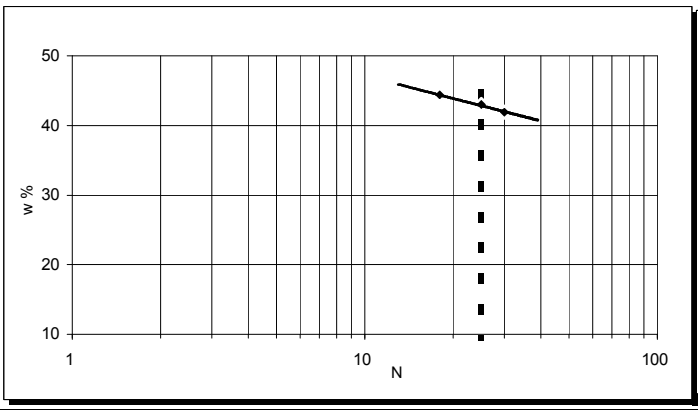
LIMITE PLASTICO

Peso lordo umido	(g)	35.88	32.32
Peso lordo secco	(g)	33.84	31.05
Tara	(g)	26.10	26.09
Peso netto secco	(g)	7.74	4.96
Peso acqua	(g)	2.04	1.27
Contenuto acqua	(%)	26.4	25.6

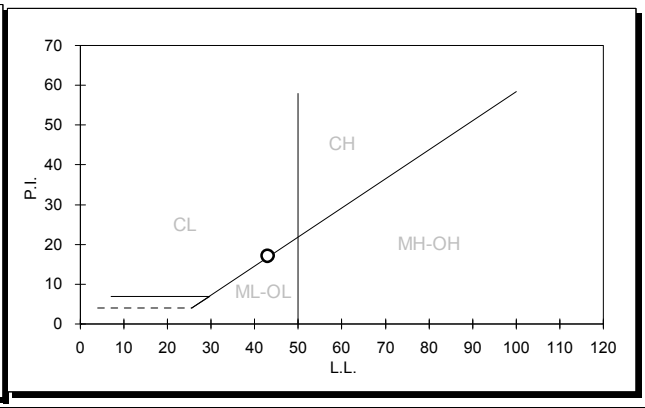
w % medio 26.0

LIMITE DI LIQUIDITA'	**43**
LIMITE DI PLASTICITA'	**26**
INDICE PLASTICITA'	**17**

DETERMINAZIONE LIMITE LIQUIDO



CARTA DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE



Direttore Tecnico :	Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore :	Dott. Giada Zavaglia

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

ANALISI GRANULOMETRICA DI UN TERRENO - ASTM D6913-17 / D7928-21

Cliente : M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL
Località : Messa in sicurezza Rio Rondanea - Cogorno (GE)

Identificazione Campione : S3-C4
Profondità (m) : 8.50-8.70
Tipo Campione : Semi-indisturbato
Descrizione del Materiale : Sabbia argillosa con ghiaia

Data Ricevimento : 15/06/2021
Data Esecuzione Prova : 01/07/2021
U.S.C.S. Class. : SC

DATI GRANULOMETRICI

Ciottoli (%)	0.00
Ghiaia (%)	22.43
Sabbia (%)	31.21
Limo (%)	N.D.
Argilla (%)	N.D.
Fini (%)	46.36
D. max (mm)	14.6

ALTRI PARAMETRI

D_{90} (mm)	11.153
D_{60} (mm)	0.908
D_{50} (mm)	0.226
D_{30} (mm)	N.D.
D_{10} (mm)	N.D.
C_c	N.D.
C_u	N.D.

GHIAIA E SABBIA

Forma : angolare
Durezza : dura e resistente
Note:

-

SETACCIATURA

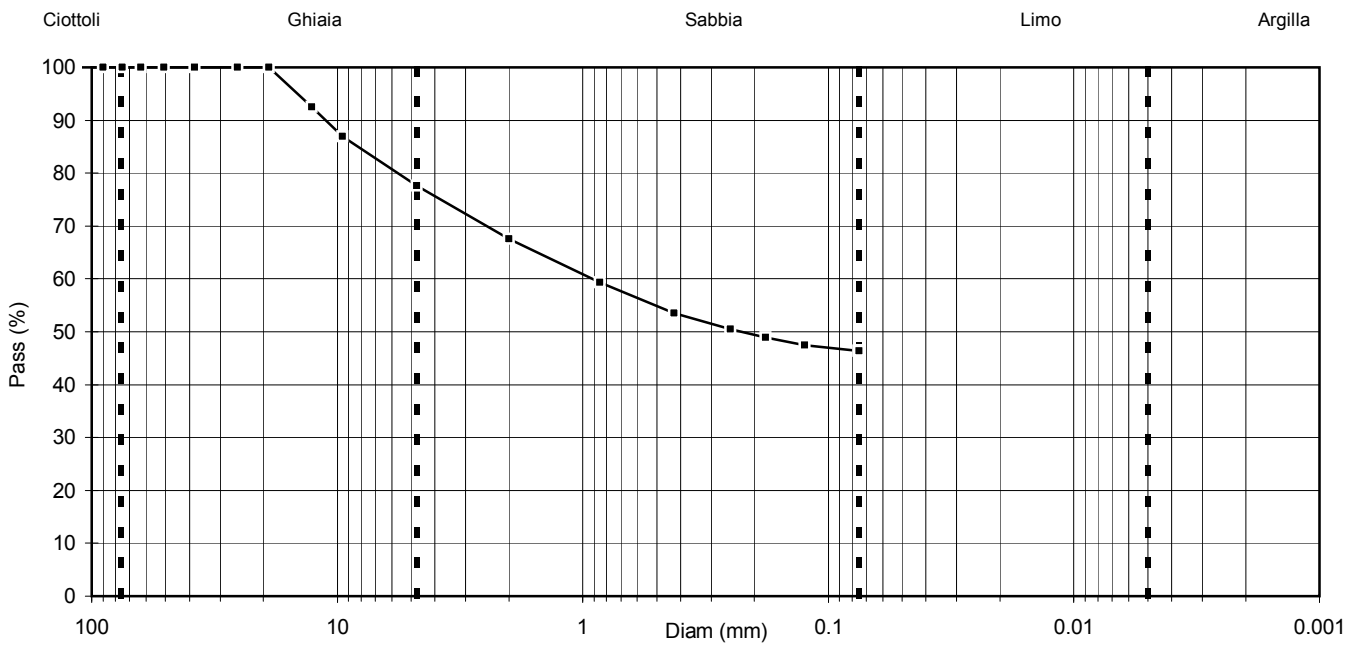
D (mm)	Pass (%)
125.00	100.00
90.00	100.00
75.00	100.00
63.00	100.00
50.80	100.00
38.10	100.00
25.40	100.00
19.00	100.00
12.70	92.47

SETACCIATURA

D (mm)	Pass (%)
9.50	86.95
4.75	77.57
2.00	67.54
0.85	59.37
0.425	53.57
0.250	50.51
0.180	48.85
0.125	47.44
0.075	46.36

SEDIMENTAZIONE

D (mm)	Pass (%)
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-



Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey
Sperimentatore : Dott. Mariangela Spigno

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

m3d costruzioni speciali s.r.l.

Sede Operativa Via al Santuario di N.S. della Guardia, 49A Rosso - 16162 Genova (GE)
Sede Legale Via Trento, 4/2 - 16013 Campo Ligure (GE)

T> +39 010 2518889
F> +39 010 2517028

E> info@m3dsrl.com
PEC> m3d@pec.it

8.2	ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO SU TERRE DA POZZETTI IN ALVEO
N°	**allegato**

M3D056_21	19_01_2022	-	Luca MALDOTTI	COMUNE DI COGORNO
codice	**data**	**scala**	**redatto**	**committente**

RAPPORTO DI PROVA n. 21137-01

Verbale di accettazione N. 21137 del 20/12/2021

Data di emissione: 17/01/2022

Cliente: M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL

Cantiere: Comune di Cogorno - Rio Rondanea

Il rapporto contiene 5 pagine, inclusa la presente

Genova, 17/01/2022

Paolo Brasey
(Direttore del laboratorio)

RINA Consulting - GET S.r.l.
Società soggetta a direzione e coordinamento amministrativo e finanziario del socio unico RINA Consulting S.p.A.
Via Albisola, 64-66 - 16162 Genova
Tel. +39 010 6506644 - Fax +39 010 6591896 - www.rinaconsulting.org - rinaconsulting@rina.org
C.F. / P. IVA 01650450990 - REA GE 425381 - Cap. Soc. € 25.000,00 i.v.

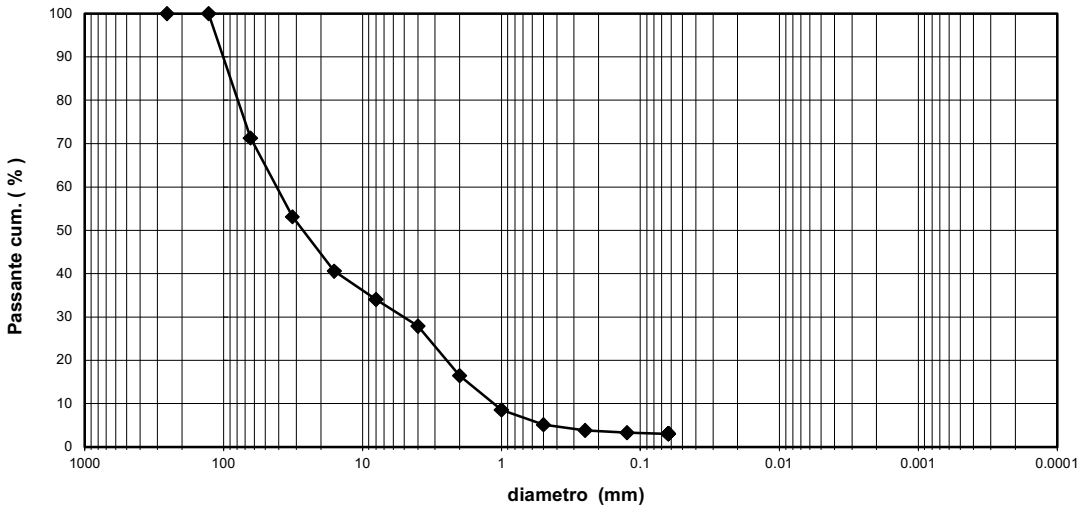
Sede legale: Via A. Cecchi, 6 - 16129 Genova (GE)

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

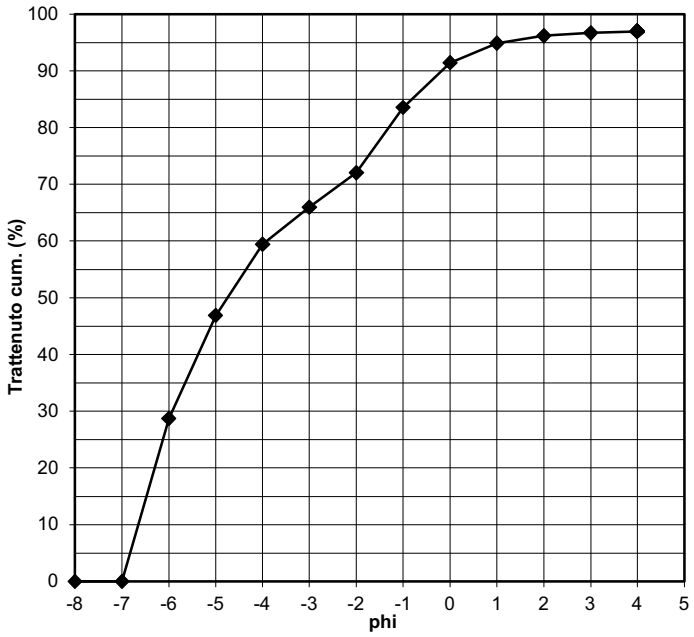
ANALISI GRANULOMETRICA SERIE WENTWORTH
ASTM D422-63, PROTOCOLLO ARPAL CRITERI RIPASCIMENTO, L.R. 13-1999
Vagliatura eseguita per via umida - scala di Wentworth

Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL		
Località :	Comune di Cogorno - Rio Rondanea		
Id. Campione :	C1	Data Ricevimento :	20/12/2021
Descrizione :	ciottoli con ghiaia e sabbia	Data Prova :	12/01/2022

Curva cumulativa - Scala Wentworth



Curva cumulativa - scala in phi



Parametri Granulometrici

% ciottoli	% ghiaia	% sabbia	% pelite
72.07	11.49	13.41	3.03

Tabella diametri setacci - passanti in %

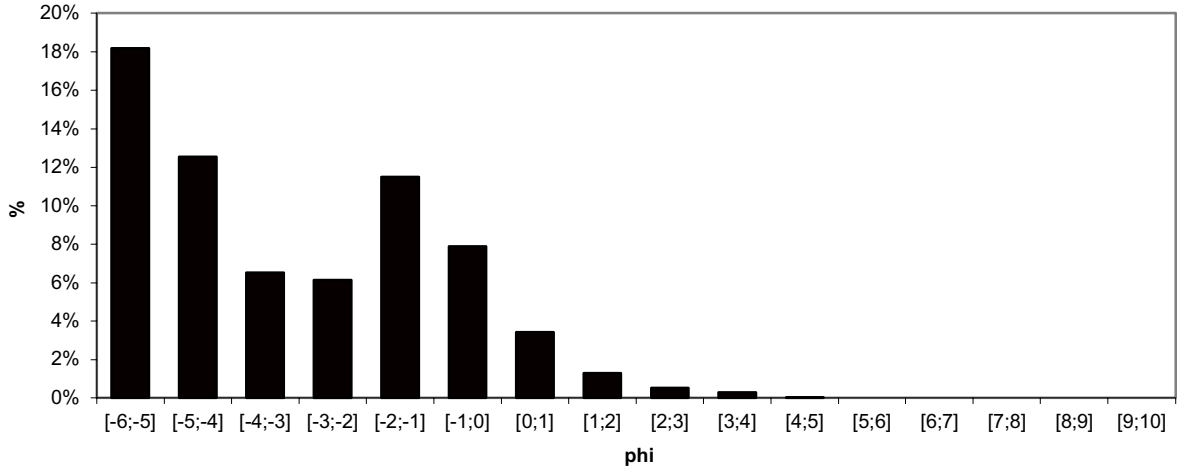
Diametro setacci (mm)	Passanti cumulativi %
128	100.00
64	71.31
32	53.13
16	40.59
8	34.06
4	27.93
2	16.44
1	8.55
0.5	5.13
0.25	3.84
0.125	3.32
0.063	3.03
0.032	N.D.
0.016	N.D.
0.008	N.D.
0.004	N.D.
0.002	N.D.
0.001	N.D.
0.0005	N.D.

Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey Sperimentatore : Giada Zavaglia

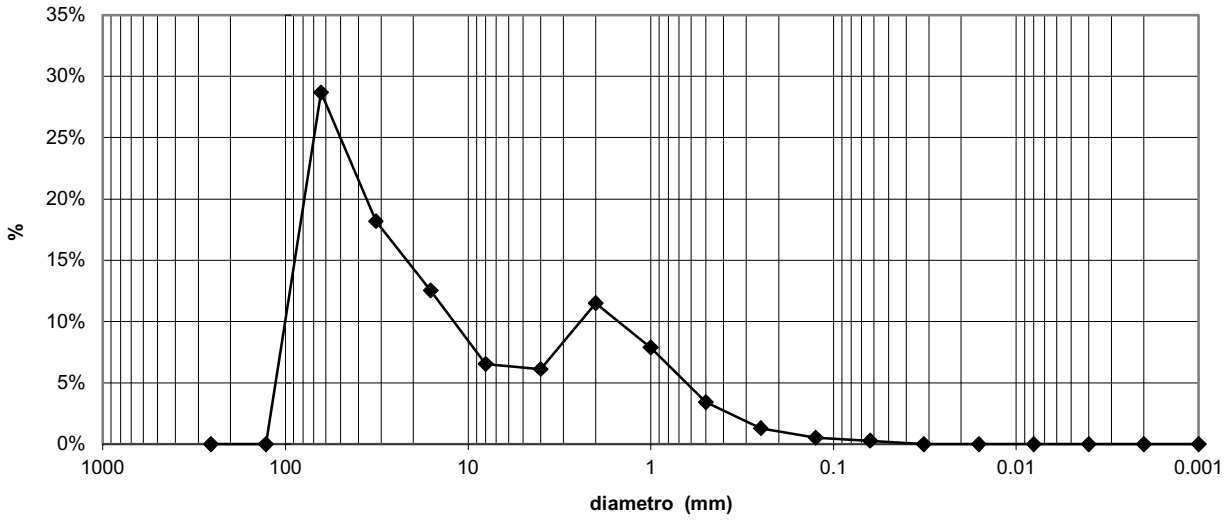
Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL		
Località :	Comune di Cogorno - Rio Rondanea		
Id. Campione :	C1	Data Ricevimento :	20/12/2021
Descrizione :	ciottoli con ghiaia e sabbia	Data Prova :	12/01/2022

Trattenuto



Curva di frequenza



Parametri granulometrici

DIAMETRO MEDIO (di Folk & Ward) in phi:	-4.10
DIAM. MEDIO (di Folk & Ward) in mm:	31.89
CLASSAZIONE (di Folk & Ward):	2.60
DISPERSIONE (di Folk & Ward):	2.78
SKEWNESS (di Folk & Ward) :	0.43

Parametri organolettici

Colore:	grigio
Odore:	assente
Concrezioni:	assenti
Conchiglie:	assenti

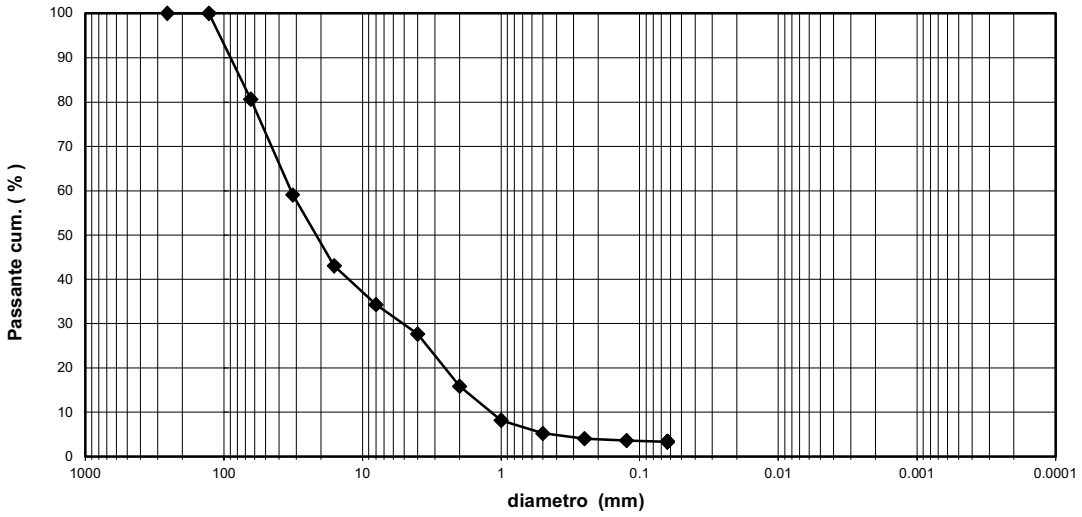
Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey Sperimentatore : Giada Zavaglia

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

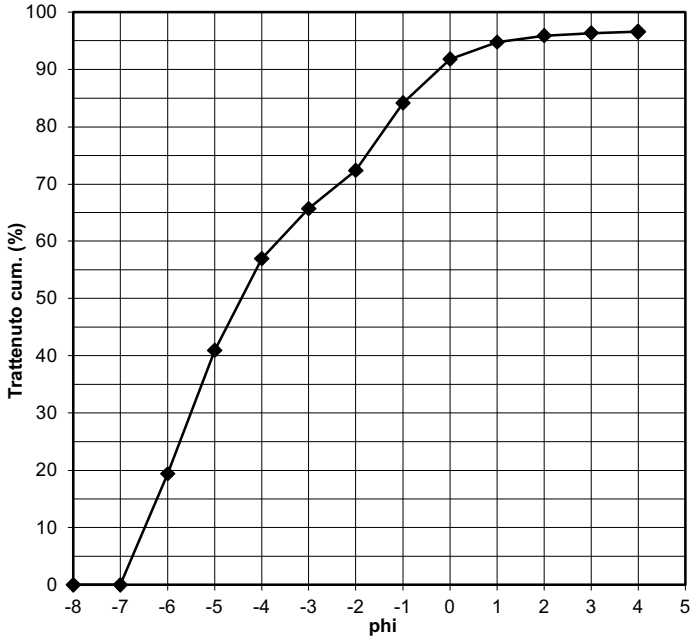
ANALISI GRANULOMETRICA SERIE WENTWORTH
ASTM D422-63, PROTOCOLLO ARPAL CRITERI RIPASCIMENTO, L.R. 13-1999
Vagliatura eseguita per via umida - scala di Wentworth

Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL		
Località :	Comune di Cogorno - Rio Rondanea		
Id. Campione :	C2	Data Ricevimento :	10/12/2021
Descrizione :	ciottoli con ghiaia e sabbia	Data Prova :	12/01/2022

Curva cumulativa - Scala Wentworth



Curva cumulativa - scala in phi



Parametri Granulometrici

% ciottoli	% ghiaia	% sabbia	% pelite
72.36	11.76	12.50	3.38

Tabella diametri setacci - passanti in %

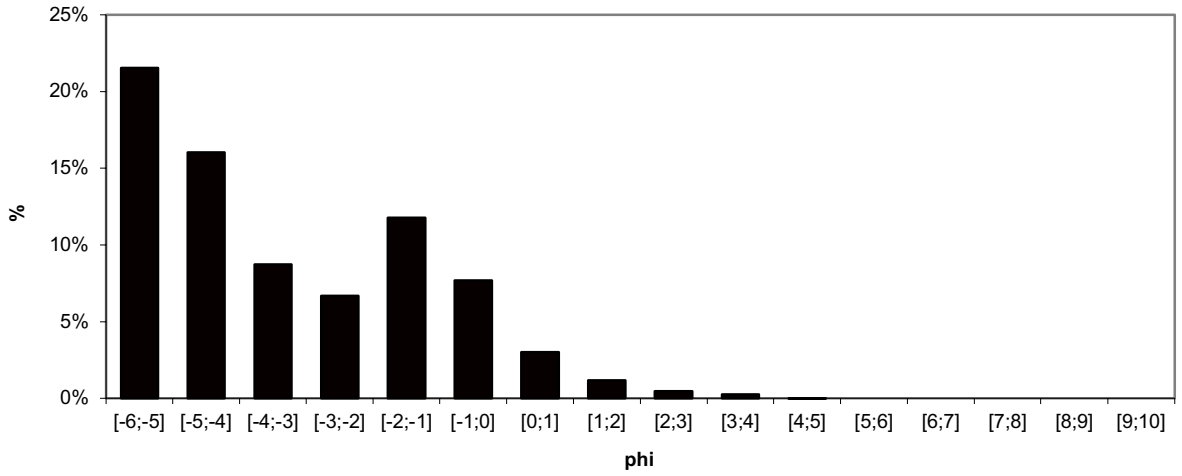
Diametro setacci (mm)	Passanti cumulativi %
128	100.00
64	80.60
32	59.05
16	43.04
8	34.31
4	27.64
2	15.88
1	8.22
0.5	5.22
0.25	4.08
0.125	3.63
0.063	3.38
0.032	N.D.
0.016	N.D.
0.008	N.D.
0.004	N.D.
0.002	N.D.
0.001	N.D.
0.0005	N.D.

Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey Sperimentatore : Giada Zavaglia

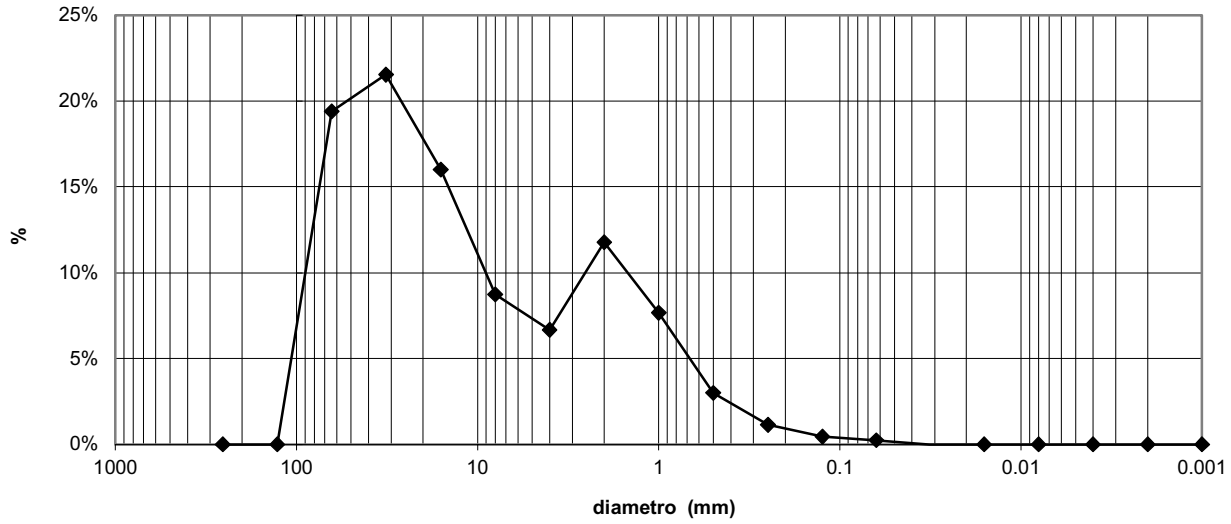
Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

Cliente :	M3D COSTRUZIONI SPECIALI SRL		
Località :	Comune di Cogorno - Rio Rondanea		
Id. Campione :	C2	Data Ricevimento :	10/12/2021
Descrizione :	ciottoli con ghiaia e sabbia	Data Prova :	12/01/2022

Trattenuto



Curva di frequenza



Parametri granulometrici

DIAMETRO MEDIO (di Folk & Ward) in phi:	-3.92
DIAM. MEDIO (di Folk & Ward) in mm:	25.18
CLASSAZIONE (di Folk & Ward):	2.51
DISPERSIONE (di Folk & Ward):	2.61
SKEWNESS (di Folk & Ward) :	0.38

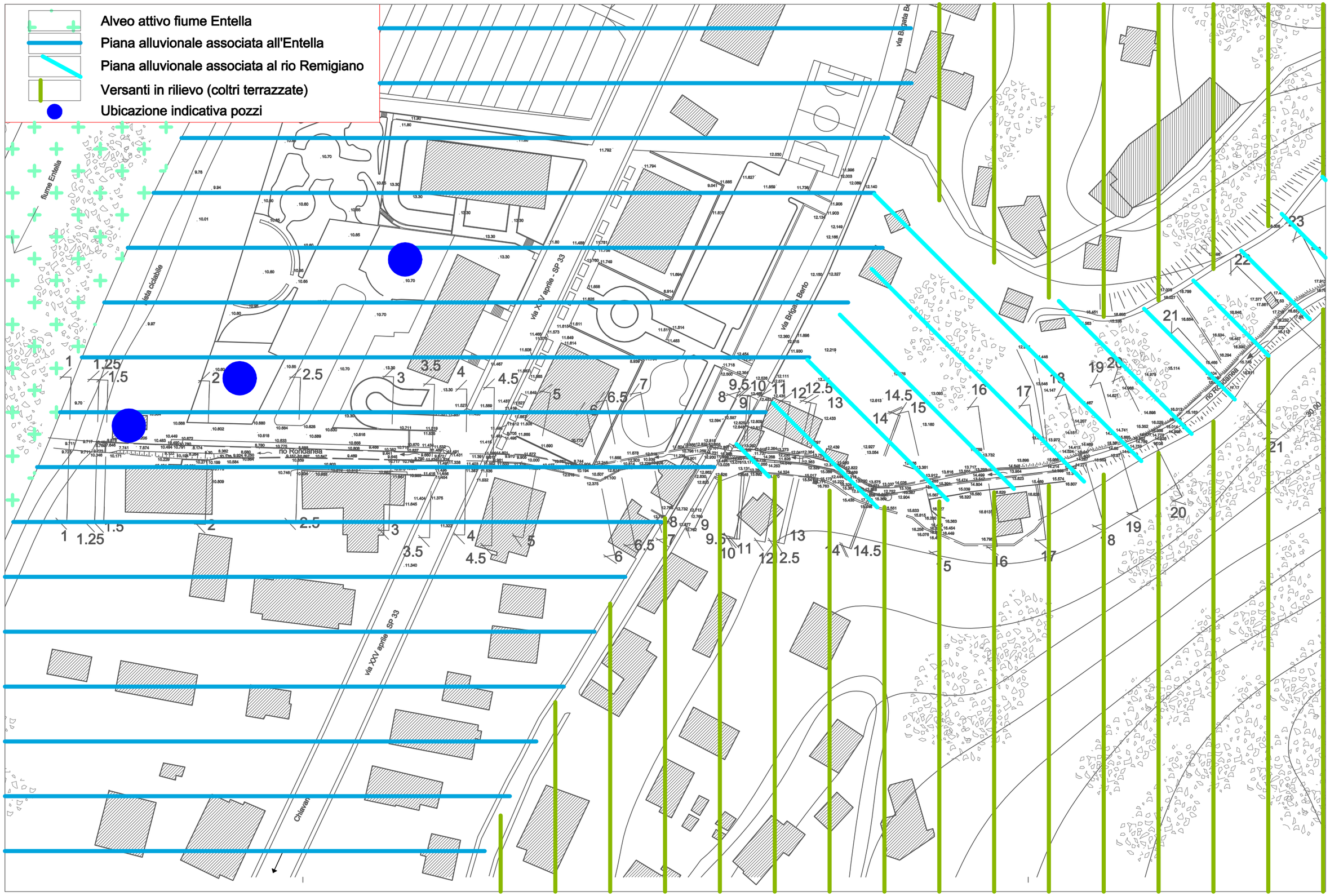
Parametri organolettici

Colore:	grigio
Odore:	assente
Concrezioni:	assenti
Conchiglie:	assenti

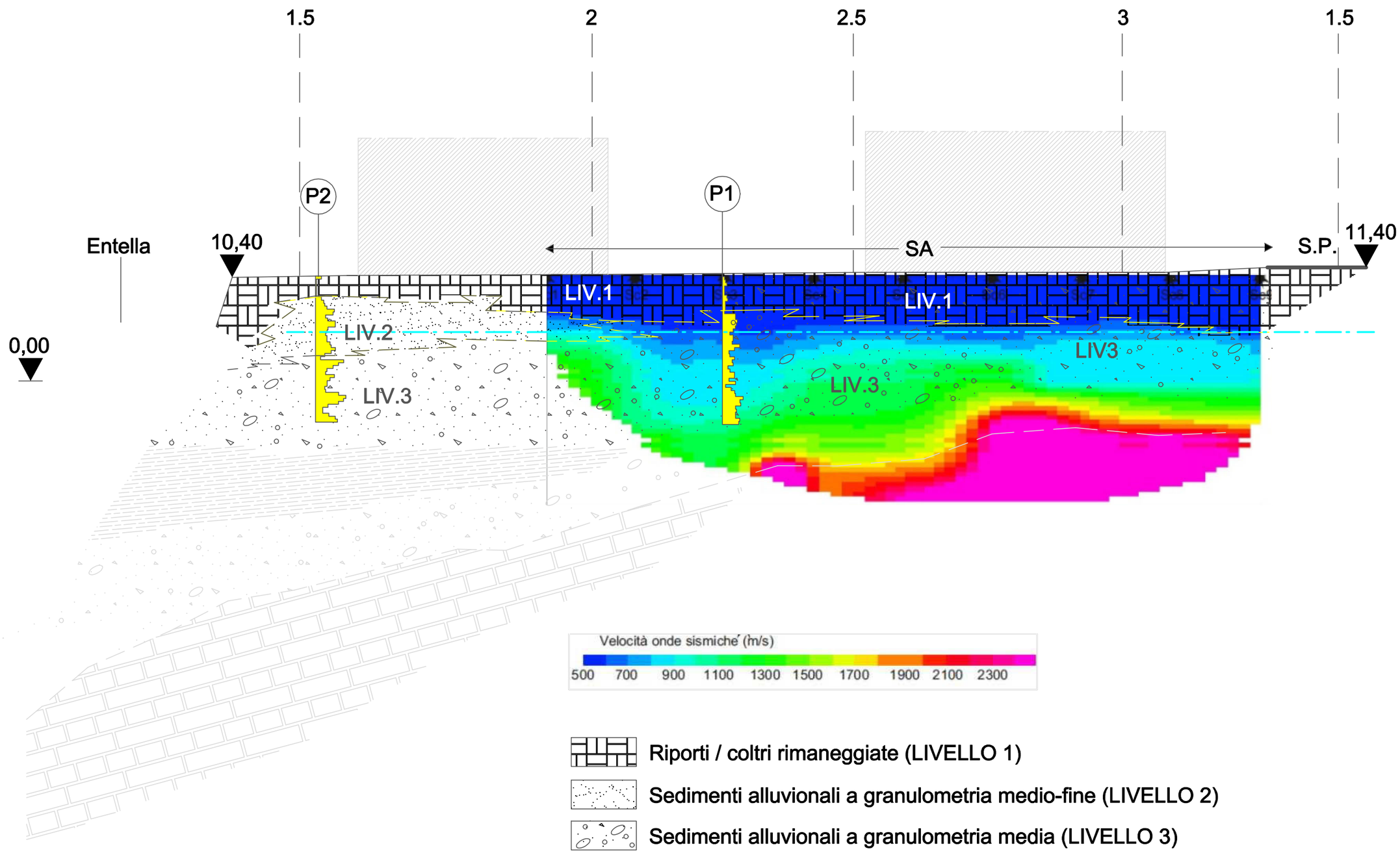
Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey Sperimentatore : Giada Zavaglia

Documento firmato digitalmente secondo la normativa vigente

TAV. 5: PLANIMETRIA TECNICA - 1:1.000



TAV. 6A: SEZIONE GEOLOGICA - GEOTECNICA 1:400



Riporti / coltri rimaneggiate (LIVELLO 1)

Sedimenti alluvionali a granulometria medio-fine (LIVELLO 2)

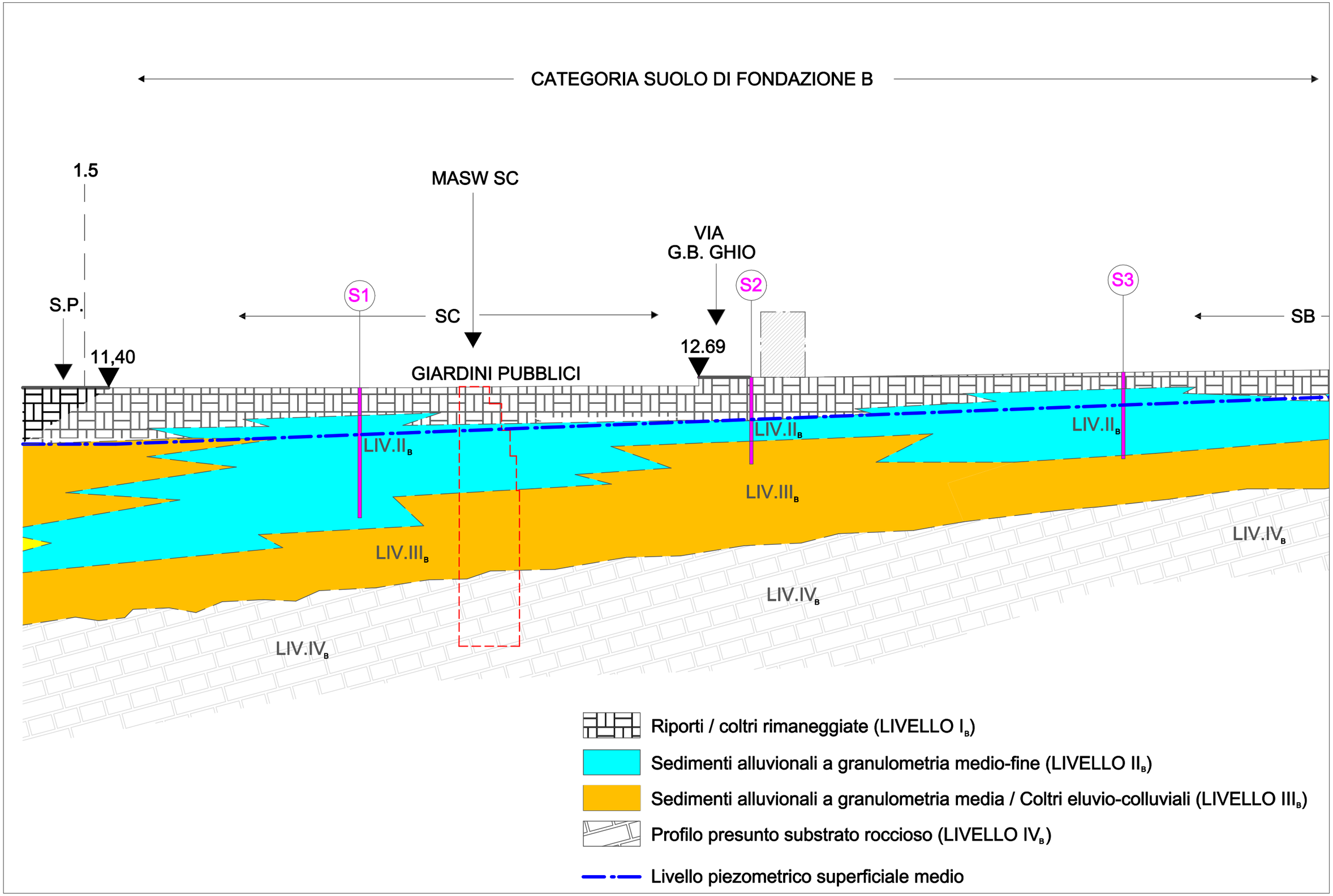
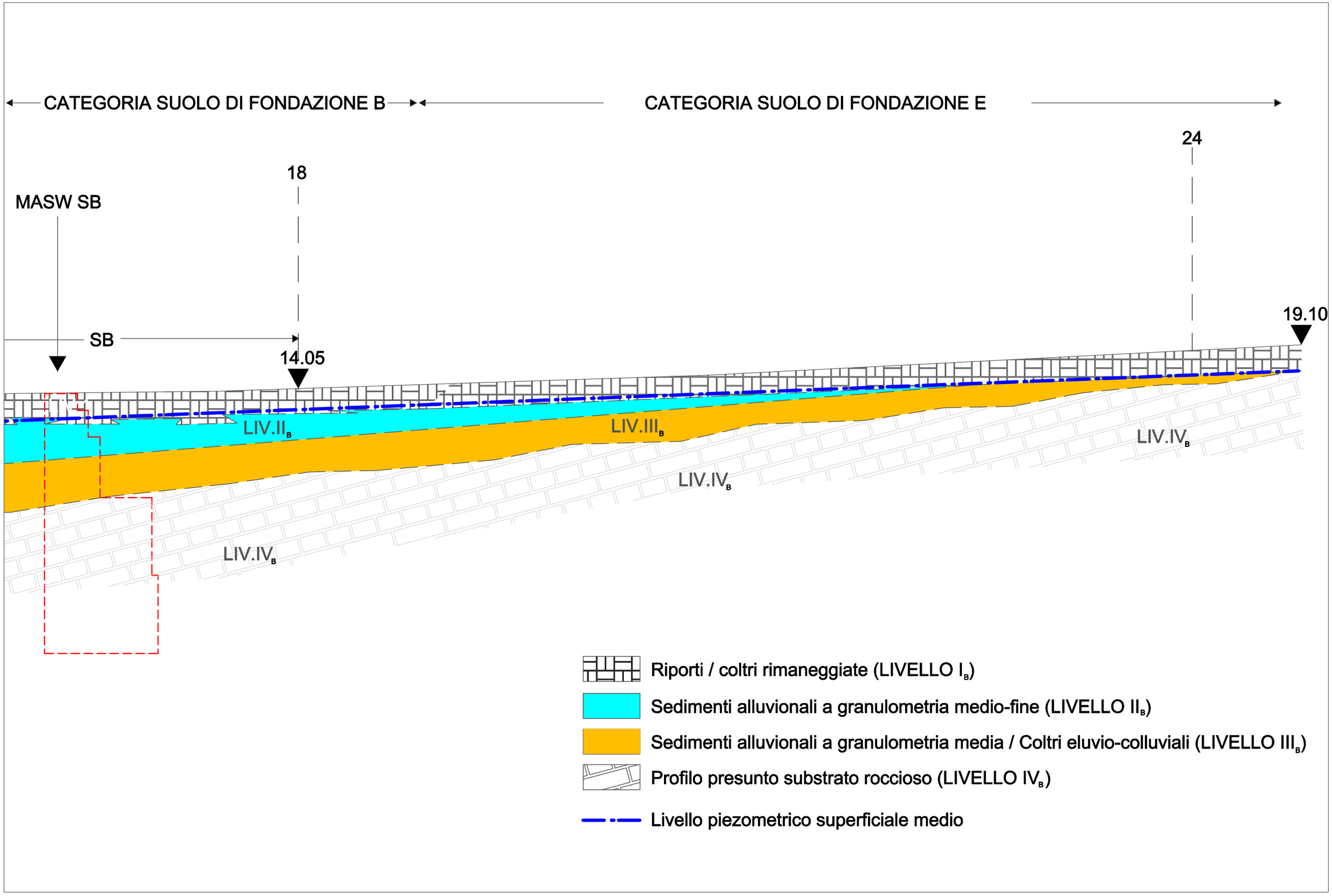
Sedimenti alluvionali a granulometria media (LIVELLO 3)

Profilo presunto substrato roccioso

Sedimenti alluvionali a granulometria fine (da prospezioni geognostiche pregresse)

Livello piezometrico superficiale medio

TAV. 6B: SEZIONE GEOLOGICA - GEOTECNICA SETTORE CENTRALE - 1:400



TAV. 6C: SEZIONE GEOLOGICA - GEOTECNICA SETTORE A MONTE - 1:400