

COMUNE DI MAGGIORA
PROVINCIA DI NOVARA
REGIONE PIEMONTE

P.E.C. – AMBITO CR 3.8A

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Committenza: Sig. Mongini Riccardo e Sig.ra Fornara Maria Teresa

Borgomanero, Aprile 2024



Dott. Geol. Alberto Rech



SOMMARIO

1.	PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO _____	2
2.	COROGRAFIA DEL SITO _____	3
3.	IDONEITA' ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA E NORMATIVA RIFERIMENTO _____	4
4.	CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI _____	5
5.	NOTE IDROGEOLOGICHE E IDROLOGICHE _____	8
6.	INDAGINE GEOGNOSTICA IN SITO _____	9
6.1	Prove penetrometriche dinamiche _____	9
6.2	Scavi esplorativi _____	10
6.3	Analisi granulometriche di laboratorio _____	11
7.	MODELLO GEOLOGICO DEL SITO _____	13
8.	MODELLO GEOTECNICO DEL TERRENO _____	14
9.	PARAMETRAZIONE DEL TERRENO _____	17
10.	CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE PRELIMINARI _____	19
11.	INDAGINE SISMICA CON IL METODO MASW _____	20
11.1	Generalità sulle onde sismiche _____	20
11.2	Il metodo MASW _____	22
12.	MODELLO SISMICO DEL TERRENO _____	26
13.	PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E PARAMETRAZIONE DEL SITO _____	28
14.	SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE _____	30
15.	MATRICE DI RISCHIO E DI PERICOLOSITA' _____	31
16.	TERRE E ROCCE DA SCAVO _____	32
17.	CONCLUSIONI _____	33

Si allegano:

- Carta geologica;
- Carta geomorfologica;
- Planimetria con ubicazione indagini.
- Grafici e tabulati delle prove geognostiche;
- Grafici della prova MASW.

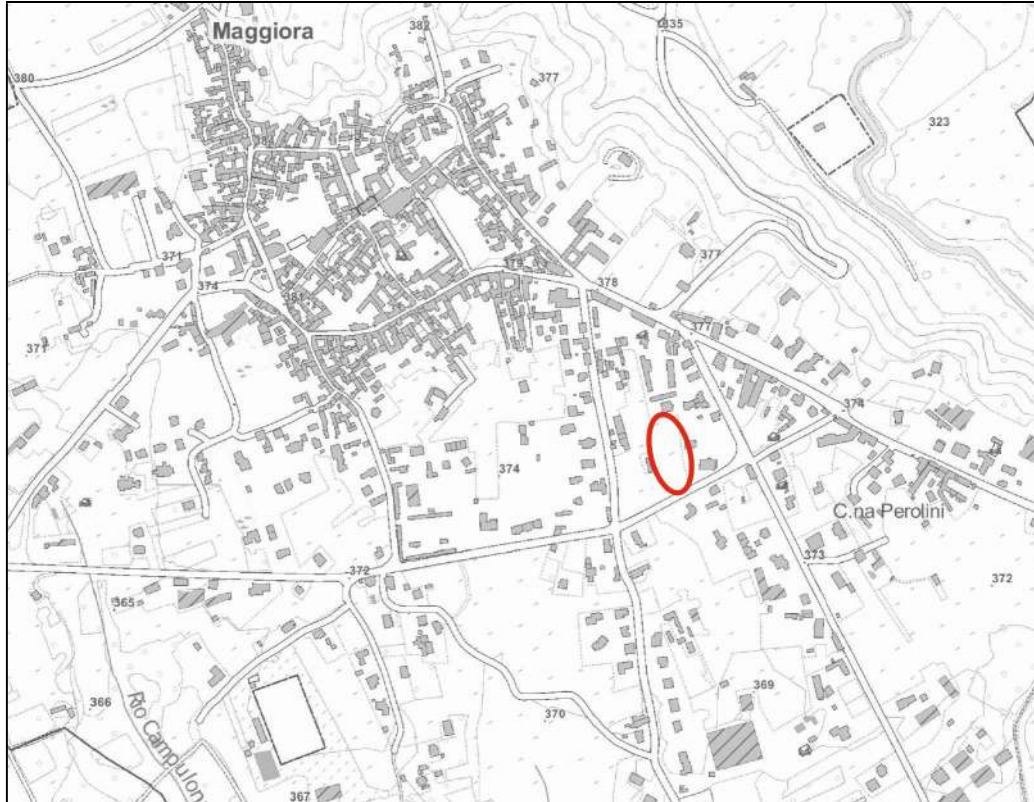
1. PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO

La committenza intende procedere alla realizzazione di nuovi edifici residenziali, appartenenti ad un P.E.C. identificato “nell’ ambito Cr 3.8 A”.

Lo scrivente è stato incaricato di redigere la Relazione geologica e geotecnica di supporto al progetto; nel presente elaborato sarà esaminata la compatibilità dell’intervento in progetto con lo stato del sito e con la normativa vigente. Il modello geologico, geotecnico e sismico del terreno è definito sulla base delle risultanze della campagna di indagini geognostiche eseguite in sito.

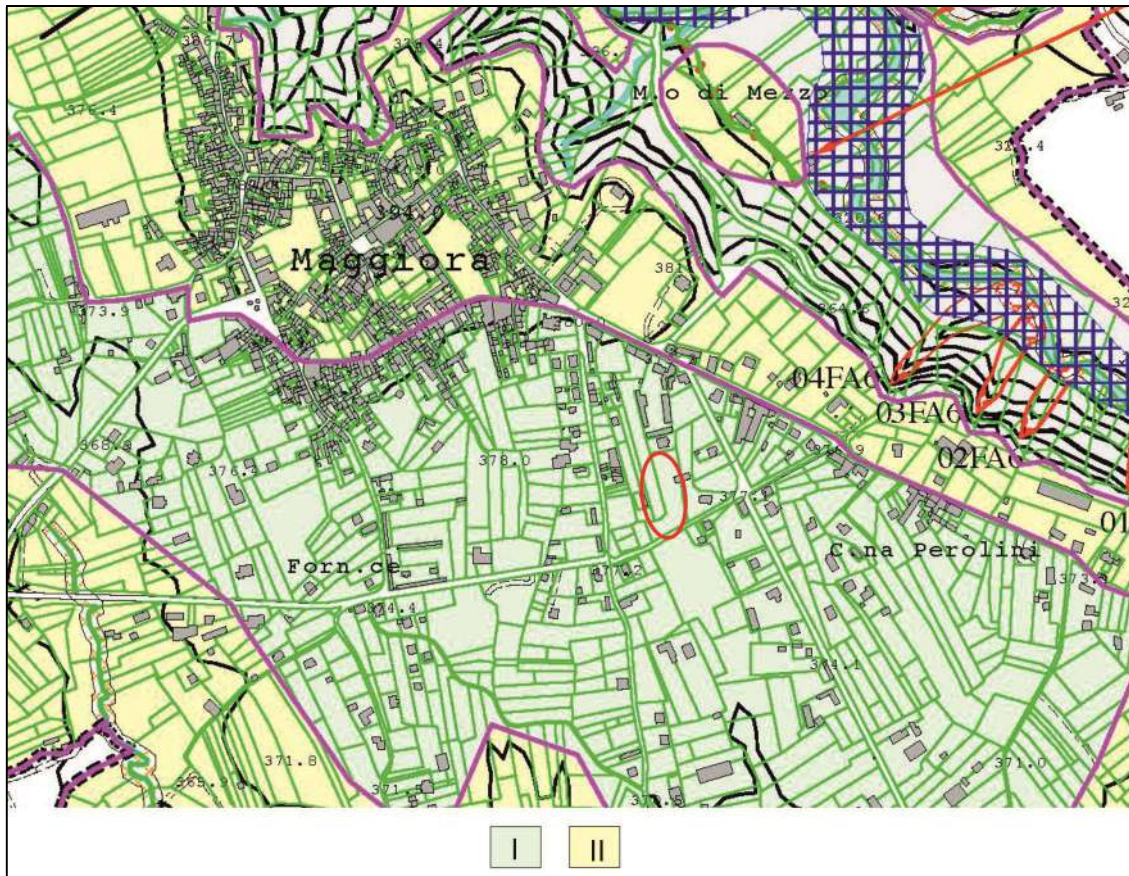
2. COROGRAFIA DEL SITO

L'area di intervento è ubicata in Comune di Maggiora, in Via Matteotti (SP 31). Catastralmente il sito è ascritto al foglio n° 8, mappali n° 439, 564, 896. L'immagine riportata di seguito, costituita da uno stralcio della cartografia BD TRE Piemonte in scala 1:10.000, ritrae graficamente la posizione del sito in parola.



3. IDONEITA' ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA E NORMATIVA RIFERIMENTO

L'area di intervento risulta ascritta in parte alla classe "I" di idoneità all'utilizzazione urbanistica, in funzione di quanto riportato nella "Carta di Sintesi della Pericolosità Geomorfologica e dell'Idoneità all'Utilizzazione Urbanistica" del Piano Regolatore (di cui si allega, di seguito, uno stralcio); l'area di intervento è indicata con ellisse di colore rosso.



Secondo la Circolare del Presidente della Giunta Regionale n° 7/LAP, alla classe I fanno riferimento "Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limite alle scelte urbanistiche".

Alla luce di quanto contenuto nelle NTA del vigente strumento urbanistico, l'intervento in progetto è giudicato ammissibile, in relazione agli approfondimenti geognostici e eseguiti e che hanno permesso di definire in modo esaustivo il modello geologico, idrogeologico e sismico del terreno.

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza a :

- Decreto Ministeriale 17.01.2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni".
- Circolare del Presidente della Giunta Regionale - n° 7/LAP: "L.R. 5 dicembre 1977, n° 56, e successive modifiche ed integrazioni – "Specifiche tecniche per l'elaborazione degli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici".

4. CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI

Da un punto di vista geologico il territorio comunale di Maggiore è inquadrato nel Foglio n° 30 “VARALLO” della Carta Geologica d’Italia (scala 1: 100.000) al limite con il Foglio n° 43 “BIELLA”.

Il presente capitolo è redatto sulla base dei contenuti geologici del vigente PRG; per quanto riguarda lo stralcio cartografico invece, per problemi di apertura del file relativo alla Carta Geologica del vigente PRG, su gentile concessione dello Studio Epifani si è fatto riferimento alla cartografia del vicino comune di Boca che riporta anche parte del territorio comunale di Maggiore.

La zona in esame appartiene al Dominio delle Alpi Meridionali o Sudalpino: grazie alla struttura regionale che immerge a SE, si possono osservare sezioni crostali sempre più profonde, dalle coperture vulcano-sedimentarie permo-liassiche al basamento degli Scisti dei Laghi e dello Strona-Ceneri (sottounità in cui è divisa la Serie dei Laghi) per arrivare più a Nord, verso Varallo e Balmuccia, alla Zona Ivrea-Verbanò (complesso kinzigitico e sottostante corpo gabbrico).

Gli originari edifici vulcanici sono stati cancellati dai processi erosivi, ma le rocce eruttive presenti conservano ancora indizi che consentono di risalire al tipo di eruzione: si tratta in generale di manifestazioni sia a carattere effusivo sia fortemente esplosivo.

In alcuni settori della bassa Valsesia le suddette vulcaniti permiane sono ricoperte dal lembo triassico-liassico del Monte Fenera, le cui sequenze stratigrafiche tipo possono essere osservate al Monte Fenera e in una piccola cava abbandonata in comune di Borgosesia (in particolare in prossimità della frazione Bettole): la sequenza è costituita da calcari marnosi, calcareniti ed arenarie del Triassico inferiore Sudalpino, che poggiano in moderata discordanza angolare sulle ignimbriti permiane.

Nel Pliocene si assiste ad una fase di trasgressione con relativa deposizione di sedimenti marini, che si estendono su tutta la Pianura Padana fino ai primi rilievi alpini, costituiti da sedimenti argilloso-sabbiosi debolmente cementati, che affiorano in prossimità di Cavallirio. Nella zona a Sud del Lago d’Orta tali depositi sono costituiti da sedimenti argilloso-siltosi, debolmente cementati e mal stratificati (L. Scesi, M. Attolini).

Con il Pleistocene medio il fenomeno glaciale raggiunge il suo acme nella zona alpina, depositando due tipi fondamentali di materiali:

- depositi glaciali di fondo, abbandonati alla base della massa di ghiaccio;
- depositi glaciali di ablazione, franati dal fronte del ghiacciaio e dei fianchi vallivi.

L’attività dei ghiacciai porta inoltre all’accumulo di depositi fluvioglaciali, rielaborati dalle acque di fusione che defluiscono lungo il sistema di depressioni allungate (scaricatori glaciali), esistenti tra i vari cordoni dell’edificio morenico.

L’ultima fase dell’evoluzione del territorio in esame è rappresentata dall’erosione e dal conseguente accumulo di sedimenti alluvionali, operata da corsi d’acqua con decorso prevalente

N-S, dei quali, localmente, il maggiore è il T. Strona, mentre regionalmente sono il T. Agogna e il T. Sizzone.

In un intorno significativo dell'area di intervento, come evidenziato nella carta geologica allegata, si osservano le seguenti unità:

- *Porfidi*: gli affioramenti del substrato roccioso sono per la maggior parte costituiti da rocce di età permiana, denominate “*Complesso dei porfidi quarziferi del Biellese*”: si tratta di tufi, porfidi quarziferi e non quarziferi a inclusi di rocce cristalline e di vulcaniti, con frequenti strutture di rinsaldamento, agglomerati tufacei caotici in prevalenza porfiritici, porfiriti plagioclastiche in ridotte colate.

- *Calcari e dolomie*: appartengono all'Unità Carbonatica, che prende il nome di “*Dolomia di San Salvatore*”, caratterizzata da dolomie e calcari dolomitici con locali livelli di breccie intraformazionali. In questa unità si attestano le perforazioni ad uso idropotabile.

Depositi superficiali

- *Depositi pliocenici*: limi e argille di colore grigiastro e grigio azzurro, affioranti lungo le scarpate principali.

- *Alluvioni fluviali*: le alluvioni fluviali datate verosimilmente dall'Olocene all'attuale seguono l'andamento dei corsi d'acqua presenti sul territorio comunale. Sono costituiti in prevalenza da ghiaia sabbiosa. Mentre lungo i corsi d'acqua di dimensioni minori sono contenuti praticamente nell'alveo, lungo i maggiori formano una larga striscia che si amplia procedendo verso valle.

- *Depositi glaciali*: I depositi glaciali in questione sono rappresentati in prevalenza di till di alloggiamento e di ablazione; dal punto di vista litologico si tratta di diamicton con ghiaie, ciottoli e sabbie limose. I ciottoli e le ghiaie sono eterometrici e subarrotondati. Generalmente i depositi in esame sono ricoperti da paleosuoli mediamente evoluti dello spessore massimo di circa 50 cm.

- *Depositi fluvioglaciali*: la maggior parte del settore pianeggiante meridionale è occupato da alluvioni fluvioglaciali ghiaiose e sabbiose in matrice fine, alternate a limi argillosi e ricoperte da paleosuoli e loess. Il grado di alterazione è mediamente elevato in quanto la maggior parte dei clasti risulta friabile al contatto. Questi depositi sono attribuibili al Pleistocene Medio. Costituiscono i settori morfologicamente pianeggianti, digradanti verso Piano Rosa, e formano una bordatura dei depositi glaciali prima descritti, seguendo il decorso dei principali scaricatori glaciali (Rio Marellò e Torrente Strona) fino all'altezza del Santuario.

L'assetto geomorfologico è fortemente controllato dalla geologia del territorio, essendo i rilievi collinari dovuti alla graduale risalita del substrato verso Nord, mentre verso Sud ed Est esso si perde al di sotto della suddetta coltre alluvionale.

A testimonianza di una certa energia di rilievo, sono presenti numerose vallecicole a “v”, che caratterizzano la maggior parte degli impluvi e sottolineano il processo di approfondimento degli alvei. I versanti sono solcati da diversi impluvi, che presentano una forte azione erosiva.

Il sopralluogo effettuato nell'area di intervento esclude la presenza di fenomenologie dissestive; anche consultando la cartografia del Piano Regolatore comunale e il materiale a disposizione sul sito Web Gis ARPA, non risultano evidenze di alcun tipo nell'area di interesse. La foto sotto ritrae il sito in esame.

Dal punto di vista geologico l'area si imposta su depositi fluvioglaciali, composti da materiali a granulometria sabbioso ghiaioso in matrice limosa e coperti da paleosuoli. Morfologicamente il sito risulta subpianeggiante; dal sopralluogo effettuato si evince l'assenza di fenomenologie di dissesto e/o di instabilità geomorfologica.

5. NOTE IDROGEOLOGICHE E IDROLOGICHE

L'area di intervento è caratterizzata da una falda "libera" e superficiale, direttamente alimentata dal regime pluviometrico stagionale e dai corsi d'acqua a carattere alimentante; in funzione di recenti dati in possesso dello scrivente, per l'area di studio la soggiacenza è stimata in circa 8 m con possibili oscillazioni stagionali, di entità compresa tra 1÷1,5 m.

L'esecuzione delle prove in sito ha mostrato una circolazione idrica più superficiale, costituita da venute d'acqua non sempre continue presenti all'interno dei materiali limoso-argillosi. In particolare, dagli scavi esplorativi si è notato che le venute d'acqua si manifestano con "ritardo", essendo legate alla bassa permeabilità dei materiali; in linea generale, le stesse si rilevano ad una profondità di circa – 1,2÷1,5 m dal piano campagna.

La permeabilità dei depositi è da considerarsi come "scarsa", in relazione alla granulometria fine dei materiali esistenti.

Dal punto di vista idrologico, sul lotto in esame si rileva una tubazione interrata che smaltisce le acque provenienti da monte, che confluisce in un tombino esistente e sottopassando la viabilità stradale; il tracciato non è individuabile su alcuna cartografia, nemmeno catastale. Si precisa come il deflusso delle acque andrà in ogni caso mantenuto, e non potrà essere interrotto e/o occluso in alcun modo.

6. INDAGINE GEOGNOSTICA IN SITO

Al fine di definire adeguatamente le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche del sito di intervento, si è realizzata una campagna di indagine geognostica costituita da quattro prove penetrometriche dinamiche, due scavi esplorativi realizzati con mezzo meccanico, due analisi granulometriche di laboratorio geotecnico (su campioni di terreno raccolti all'interno degli scavi esplorativi). Per l'ubicazione planimetrica si potrà fare riferimento all'apposito allegato grafico.

6.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Lo strumento utilizzato è il penetrometro DPSH cingolato e motorizzato (foto sotto, con i relativi posizionamenti). Le verticali di prova hanno sempre raggiunto il limite del "rifiuto strumentale", con una massima profondità di – 6,4 m dal piano campagna.



La prova consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta d'acciaio, prolungabile con l'aggiunta di aste successive; l'infissione avviene per battitura, facendo cadere da un'altezza costante un maglio di dato peso. Si contano i colpi necessari per la penetrazione di ciascun tratto di lunghezza stabilita (in questo caso, 20 cm); la resistenza del terreno è funzione inversa della penetrazione per ciascun colpo e, diretta, del numero di colpi (N_{DP}) per una data penetrazione.

Di seguito si riassumono i risultati ottenuti; essendo una correlazione indiretta, la natura granulometrica è desunta in base al numero di colpi e al contesto geologico generale; si ricorda che i grafici completi si allegano al termine del presente elaborato:

Prova 01

- da 0 a 1,0 m da p.c.: materiali non resistenti;
- da 1,0 a 2,2 m da p.c.: materiali poco resistenti;
- da 2,2 a 3,8 m da p.c.: materiali mediamente resistenti;
- da 3,8 a 5,2 m da p.c.: materiali resistenti;
- da 5,2 a 5,4 m da p.c.: rifiuto.

Prova 02

- da 0 a 2,2 m da p.c.: materiali non resistenti;
- da 2,2 a 3,8 m da p.c.: materiali poco resistenti;

- da 3,8 a 4,4 m da p.c.: materiali mediamente resistenti;
- da 4,4 a 5,2 m da p.c.: materiali resistenti;
- da 5,2 a 5,4 m da p.c.: rifiuto.

Prova 03

- da 0 a 2,2 m da p.c.: materiali non resistenti;
- da 2,2 a 4,6 m da p.c.: materiali poco resistenti;
- da 4,6 a 5,8 m da p.c.: materiali mediamente resistenti;
- da 5,8 a 6,2 m da p.c.: materiali resistenti;
- da 6,2 a 6,4 m da p.c.: rifiuto.

Prova 04

- da 0 a 1,4 m da p.c.: materiali non resistenti;
- da 1,4 a 4,8 m da p.c.: materiali poco resistenti;
- da 4,8 a 5,2 m da p.c.: materiali mediamente resistenti;
- da 5,2 a 5,6 m da p.c.: materiali resistenti;
- da 5,6 a 5,8 m da p.c.: rifiuto.

6.2 SCAVI ESPLORATIVI

Mediante l'uso di un escavatore meccanico, i due “saggi” hanno raggiunto la profondità di – 2,2 m da piano campagna; tale metodologia ha permesso di osservare direttamente i materiali esistenti e di prelevare i campioni di terreno da sottoporre ad analisi. Le foto di seguito, rispettivamente per il n° 1 e 2, ne evidenziano la stratigrafia e i materiali;





La stratigrafia riscontrata negli scavi, può essere così descritta:

Scavo 01

- da 0 a – 0,40 m da p.c.: coltre vegetale con resti organici abbondanti;
- da -0,4 a – 2,2 m da p.c.: miscele di limi e argille, con poca sabbia, poco addensate.

Scavo 02

- da 0 a 0,40 m da p.c : coltre con resti vegetali abbondanti;
- da 0,4 a – 1,5 m da p.c.: limi e argille, da sciolti a poco addensati;
- da 1,5 a – 2,2 m da p.c.: sabbie limose, con ghiaia inglobata.

6.3 ANALISI GRANULOMETRICHE DI LABORATORIO

All'interno degli scavi esplorativi si sono prelevati complessivamente due campioni "rimaneggiati" di terreno, da sottoporre ad analisi granulometrica di laboratorio geotecnico; lo scopo è quello di definire la componente granulometrica e di procedere quindi alla definizione delle caratteristiche e del comportamento geotecnico.

L'analisi granulometrica comprende due tipologie di prova: per setacciatura, che viene effettuata sulla frazione con diametro dei granuli $>0,075$ mm, e per sedimentazione che interessa esclusivamente la frazione "passante" al diametro 0,075 mm; entrambe avvengono su campioni di terreno che sono stati precedentemente essiccati in forno, al fine di far perdere il naturale contenuto d'acqua. Dai valori di densità ottenuti e dal calcolo delle percentuali di trattenuto ai vari setacci, quindi è possibile tracciare la "curva granulometrica" che rappresenta la distribuzione delle particelle che costituiscono il terreno.

Per classificare il terreno, secondo le norme USCS e UNI-CNR 10006, si sono inoltre determinati i “limiti di liquidità e di plasticità” del terreno: il limite liquido (LL) è definito come “*il contenuto d’acqua in corrispondenza del quale il terreno possiede una resistenza al taglio così piccola che un solco, praticato in un campione rimaneggiato, si richiude quando il cucchiaino che lo contiene è sollecitato secondo una procedura standardizzata (Cucchiaino di Casagrande)*”. Il limite plastico (LP) è definito come “*il contenuto d’acqua in corrispondenza del quale il terreno inizia a perdere il suo comportamento plastico*”. L’indice di plasticità (IP) rappresenta il campo di variazione del contenuto d’acqua all’interno del quale il terreno ha un comportamento plastico (può essere quindi rimaneggiato, senza variazione di volume e/o fessurazioni). Viene definito dalla relazione:

$$IP = LL - LP$$

I risultati ottenuti dalle prove, sono contenuti nella seguente tabella; i campioni di terreno sono stati prelevati a profondità ritenuta significativa dallo scrivente, indicativa della distribuzione areale stratigrafica degli stessi.

Campione	Profondità	UNI-CNR	A.G.I.	LIMITI DI CONSISTENZA
C1 – Scavo 1	2,2 m	A5	Argilla con limo, deb.sabbiosa.	LL: 44,20 - LP: 7,50
C2 – Scavo 2	2,0 m	A2-5	Sabbia limoso ghiaiosa	LL: 47,80 - LP: 8,30

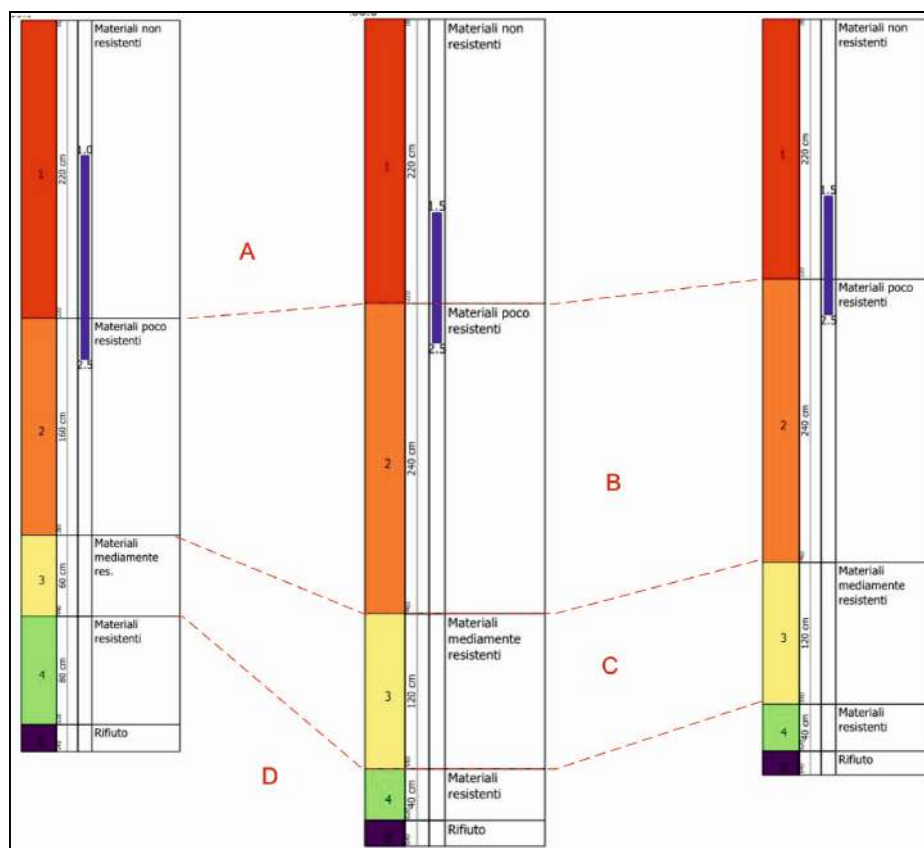
Il campione C1 ricade, secondo la classificazione UNI-CNR 10006, nel campo “*terre limo-argillose, frazione passante al setaccio UNI 0.075 >35%*”. Il campione C2 invece ricade nel campo “*terre ghiaio-argillose, frazione passante al setaccio UNI 0.075 <35%*”.

7. MODELLO GEOLOGICO DEL SITO

I dati specifici ottenuti dall'indagine penetrometrica permettono di modellare geologicamente il terreno in modo adeguato. Il modello geologico del terreno è formato da quattro differenti unità geologico-stratigrafiche, così descritte e riconosciute:

- *Unità A (depositi non resistenti)*: è formata da materiali limoso argillosi, caratterizzati da un modesto grado di addensamento. Lo spessore varia tra 1,0÷2,2 m.
- *Unità B (depositi poco resistenti)*: come la precedente, si tratta di materiali a granulometria fine (limoso-argillosa), ma con un maggiore grado di addensamento. Lo spessore varia tra 1,2 e 3,4 m.
- *Unità C (depositi mediamente resistenti)*: depositi a carattere limoso-sabbioso, mediamente addensati; spessore variabile, tra 0,6 e 1,6 m.
- *Unità D (depositi resistenti)*: materiali a granulometria sabbioso ghiaiosa, in matrice limosa, addensati; è su questa unità che le verticali di prova vanno a rifiuto.

Di seguito si riporta una sezione stratigrafica speditiva, ottenuta correlando i dati ottenuti dalle verticali di prova n° 2,3,4.



Il modello geologico è quindi formato da materiali non resistenti (unità A) fino a 1,0÷2,2 m da p.c., cui seguono materiali poco resistenti (unità B) fino a 2,2÷4,8 m, cui seguono materiali da mediamente resistenti (unità C) a resistenti (unità D).

8. MODELLO GEOTECNICO DEL TERRENO

Dai risultati ottenuti dalle prove, concordanti fra loro, è possibile fornire una modellazione geotecnica del terreno che costituisce l'area di studio. L'immagine seguente ritrae graficamente le differenti tipologie di materiali esistenti, indicate dal numero di colpi della prova penetrometrica.

m da p.c.		POSTAZIONE DIN 1	POSTAZIONE DIN 2	POSTAZIONE DIN 3	POSTAZIONE DIN 4
da	a	n. colpi punta	n. colpi punta	n. colpi punta	n. colpi punta
0.0	1.0	1	2	1	1
1.0	0.4	1	1	1	1
0.4	0.6	1	2	2	1
0.6	0.8	2	1	2	1
0.8	1.0	3	1	1	2
1.0	1.2	8	1	2	4
1.2	1.4	6	2	2	3
1.4	1.6	10	1	2	5
1.6	1.8	9	2	3	7
1.8	2.0	8	1	3	8
2.0	2.2	9	2	3	8
2.2	2.4	15	6	6	10
2.4	2.6	14	7	6	10
2.6	2.8	15	10	6	11
2.8	3.0	16	12	6	10
3.0	3.2	15	9	5	12
3.2	3.4	18	11	7	10
3.4	3.6	19	12	9	6
3.6	3.8	20	12	9	7
3.8	4.0	25	16	8	8
4.0	4.2	24	20	9	10
4.2	4.4	26	20	10	9
4.4	4.6	33	26	9	10
4.6	4.8	36	31	12	10
4.8	5.0	43	30	16	15
5.0	5.2	48	47	18	14
5.2	5.4	Rifiuto	Rifiuto	14	26
5.4	5.6			17	29
5.6	5.8			18	Rifiuto
5.8	6.0			28	
6.0	6.2			32	
6.2	6.4			Rifiuto	

In accordo con il modello geologico, il sito è caratterizzato da quattro differenti unità geotecniche, così descritte:

- *Unità A (depositi poco resistenti)*: materiali sciolti e compressibili, caratterizzati da valori di SPT mediamente pari a 2, di spessore variabile tra 1,0 e 2,2 m. Nell'immagine sopra riportata è individuata con campitura di colore rosso. Proprietà geotecniche molto scadenti;
- *Unità B (depositi resistenti)*: materiali poco addensati, con valori di SPT medi compresi tra 9 e 12. Nell'immagine sopra riportata è individuata con campitura di colore arancione. Mediocri proprietà geotecniche; puntualmente, tali materiali possono essere rappresentati da sabbie limoso ghiaiose.
- *Unità C (depositi mediamente resistenti)*: depositi mediamente addensati, con valori di SPT mediamente compresi tra 17 e 22. Discrete proprietà geotecniche. Colore giallo nel grafico sopra.
- *Unità D (depositi resistenti)*: materiali grossolani e addensati, dalle buone caratteristiche geotecniche. Valori di SPT compresi tra 33÷40. Colore verde nel grafico sopra.

Per la definizione dei caratteri geotecnici del terreno si dispone dei dati sito-specifici provenienti dall'indagine geognostica eseguita; si è scelto di interpretare le verticali penetrometriche secondo la metodologia dei "valori medi", che garantisce una buona precisione lungo tutta la lunghezza del terreno indagata. Non si è considerato, cautelativamente, il valore del rifiuto strumentale.

In particolare si riportano i valori di densità relativa (DR) media percentuale, di angolo di attrito "di picco" (Φ'), del peso di volume saturo (γ_d), del numero di colpi "medio" dei valori (N_{spt}), coesione non drenata (Cu) in Kg/cmq. Come riportato negli allegati, in cui si potrà osservare dettagliatamente l'interpretazione delle prove stesse, si sono utilizzate specifiche correlazioni che hanno permesso di ottenere i valori dei parametri sopra citati.

In particolare, per la determinazione dell'angolo di attrito si è scelto di utilizzare la correlazione di "Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956". Per la densità relativa si è fatto riferimento a quella di "Gibbs & Holtz (1957)", mentre si è utilizzata quella di "Meyerhof" per i valori di peso di volume; per quest'ultimo parametro (peso di volume saturo), diversamente da quanto riportato nei tabulati del software, a favore della sicurezza lo scrivente ha deciso di adottare la metodologia di "Terzaghi 1948-1967" che prevede una diretta correlazione con il valore di N_{SPT} .

PROVA 01

Unità geotecnica	N_{SPT}	DR	CU	Φ'	γ_s	Profondità
A	2		0,19		1.56	0.00-1.00
B	10		0,98		1.97	1.00-2.20
C	20		1,96		2.10	2.20-3.80
D	40	56		38.51	1.79	3.80-5.20
rifiuto						5.20-5.40

PROVA 02

Unità geotecnica	N_{SPT}	DR	CU	Φ'	γ_s	Profondità
A	2		0,17		1.54	0.00-2.20
B	12		1,17		2.01	2.20-3.80
C	22		2,22		2.11	3.80-4.40
D	40	56		38.49	1.79	4.40-5.20
rifiuto						5.20-5.40

PROVA 03

Unità geotecnica	N _{SPT}	DR	CU	Φ'	γ_s	Profondità
A	2		0.23		1.59	0.00-2.20
B	9		0.88		1.94	2.20-4.60
C	19		1.88		2.10	4.60-5.80
D	36	50		37.29	1.74	5.80-6.20
rifiuto						6.20-6.40

PROVA 04

Unità geotecnica	N _{SPT}	DR	CU	Φ'	γ_s	Profondità
A	2		0.22		1.58	0.00-1.40
B	11		1.05		1.99	1.40-4.80
C	17		1.78		2.09	4.80-5.20
D	33	50		36.43	1.73	5.20-5.60
rifiuto						5.60-5.80

9. PARAMETRAZIONE DEL TERRENO

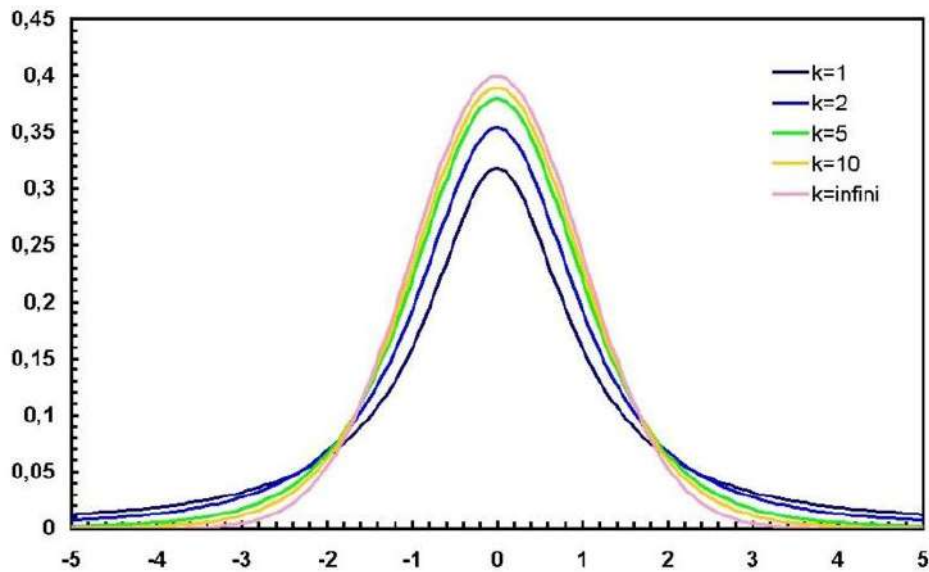
La normativa vigente, rappresentata dalle “Norme Tecniche sulle Costruzioni”, definisce la necessità di fare riferimento non ai valori di picco ma ai valori di angolo di attrito e di coesione caratteristici. *Si ricorda che per valore caratteristico si intende “quel valore a cui è fissata la probabilità di non superamento e rappresenta la soglia al di sotto della quale si colloca non più del 5% dei valori desumibili da una serie illimitata di prove”.* E’ inoltre importante ricordare come utilizzando sia l’approccio statistico che quello geotecnico, la stima e la valutazione dei parametri del terreno non si limita a determinare numericamente come valore caratteristico dell’angolo di resistenza al taglio o della coesione non drenata o di qualsiasi altro parametro, un limite inferiore talmente basso da avere praticamente la certezza che non venga raggiunto e superato nella realtà. *“E’ necessario infatti anche che tale numero abbia una giustificazione fisica e geologica”.*

Come anticipato nel precedente capitolo, i dati provenienti dalla elaborazione numerica delle prove penetrometriche effettuate in sito si sono utilizzati per calcolare i parametri geotecnici caratteristici. Oltre a ciò, si è ragionato come segue:

- peso di volume: oltre a quello saturo sarà fornito un valore “naturale”, ovvero equivalente ad un peso parzialmente saturo in assenza di falda, che ben rappresenta le condizioni del terreno in studio.
- coesione non drenata: è stata considerata relativamente alle unità A, B, C, caratterizzate da materiali limoso argillosi.
- angolo di attrito; partendo dai valori di picco e dalla correlazione proposta, si sono ricavati i valori caratteristici;
- i restanti parametri si sono invece ricavati dai dati ottenuti dalle prove geognostiche in sito; il modulo di Young si è calcolato con la formula di Schertmann, mentre il modulo di Poisson con la formula AGI.
- per il calcolo dei parametri caratteristici si sono considerati “piccoli” volumi di terreno influenzati dalle opere in progetto.

Nella meccanica dei terreni a volte viene utilizzata una distribuzione di probabilità lognormale, caratterizzata da una curva asimmetrica limitata inferiormente dal valore zero e superiormente da +infinito. La distribuzione lognormale prende questo nome perché può essere vista come una trasformazione logaritmica di quella normale; se $n < 30$ la corrispondenza $m(x) \approx \mu(x)$ e $s(x) \approx \sigma(x)$ diventa incerta. Bisogna utilizzare una distribuzione di probabilità differente, ed è ormai quasi universalmente accettata l’opinione secondo la quale per $n \geq 30$ $m(x)$ e $s(x)$ sono da considerarsi dei validi stimatori di $\mu(x)$ e $\sigma(x)$. Con un numero di misure inferiore a 30 invece la distribuzione normale diventa difficilmente applicabile in quanto gli errori insiti nella valutazione di (x) e (x) , eseguita attraverso $m(x)$ e $s(x)$, non sono più trascurabili. Nel caso quindi in cui $n < 30$ la

distribuzione normale andrà sostituita con quella scoperta William S. Gosset (alias Student), che elaborò uno nuovo tipo di distribuzione che tende a quella normale per $n \rightarrow \infty$



La formula utilizzata per il calcolo statistico dei parametri risulta la seguente:

$$x_k = x_m - 1,645 \cdot COV \cdot x_m$$

dove:

- x_m : media dei valori;
- 1,645: costante relativa alla distribuzione normale;
- COV: coefficiente di variazione (da fonti bibliografiche, variabile tra 6 e 8 per le unità presenti).

Nella tabella seguente, si riporta la parametrizzazione geotecnica e in particolare: angolo di attrito, peso di volume naturale e saturo, modulo elastico, modulo di poisson e coesione non drenata

Unità geotecnica	Φ_k [°]	γ_{nk} [t/mc]	γ_{sk} [t/mc]	E_k [kg/cmq]	Poisson (ν_k)	Cu_k [kg/cmq]
A (materiali non resistenti)	--	1,60	1,70	15	--	0.18
B (materiali poco resistenti)	--	1,70	1,85	70	--	0.89
C (materiali mediamente res.)	--	1.90	2.05	160	--	1.70
D (materiali resistenti)	32.7	1.90	2.00	380	0.28	--

10. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE PRELIMINARI

L'indagine eseguita e la conseguente modellazione del terreno hanno evidenziato la presenza di depositi sciolti e compressibili, dalle proprietà geotecniche "molto scadenti", per uno spessore compreso tra 1,0÷2,2 m e non sono quindi idonee da utilizzare come strato di fondazione.

Dal momento che le fondazioni degli edifici in progetto andranno ad insistere ad una quota superficiale, il bulbo di carico coinvolgerà tali materiali, caratterizzati da una compressibilità significativa. A giudizio dello scrivente risulta pertanto necessario procedere ad un miglioramento geotecnico del terreno, al fine di garantire la presenza di uno strato di fondazione dalle adeguate caratteristiche e soprattutto di limitare i cedimenti indotti dai carichi di progetto.

La soluzione è quindi quella di asportare lo spessore di materiale citato in precedenza, riquotando con materiali tecnicamente idonei (posati per strati di ridotto spessore e compattati meccanicamente di volta in volta) allo scopo di creare un rilevato dalle proprietà geotecniche e di resistenza ottimali.

Indicazioni di dettaglio su tale aspetto (anche sotto l'aspetto operativo) come spessore di "bonifica", modalità esecutive, ecc., potranno essere fornite in accordo con il tecnico strutturista sulla base della tipologia di opere fondazionali e degli effettivi carichi agenti sul terreno.

Si ricorda come la vigente normativa (DM 17.01.18 – Capitolo 6.8.6) prevede che *"per scavi in trincea a fronte verticale di altezza superiore ai 2 m, nei quali sia prevista la permanenza di operai, e per scavi che ricadano in prossimità di manufatti esistenti, deve essere prevista un'armatura delle pareti di scavo"*.

In fase esecutiva è possibile osservare la stabilità del fronte di scavo per altezze superiori, in funzione della presenza di parametri legati alla coesione naturale dei depositi (debole cementazione, ecc.), che però al tempo stesso può essere "velocemente" compromessa per saturazione, disseccamento, ecc. Nel caso di studio e trattandosi di materiali limoso argillosi, con evidenza di venute d'acqua alla profondità di circa 1,5 m dal piano campagna, si dovrà necessariamente considerare come "altezza critica di scavo" il valore di 1,5 m.

11. INDAGINE SISMICA CON IL METODO MASW

L'indagine eseguita viene sviluppata allo scopo di *definire del parametro sismico $V_{s,eq}$ medio negli strati superficiali di terreno (primi 30 m)*, al fine di determinare la tipologia di sottuolo. Al valore della *Velocità delle Onde Trasversali (V_s)* corrisponde la propensione dei terreni ad esaltare/contenere (effetto di sito) le sollecitazioni provocate dalle onde sismiche superficiali. Per lo studio delle V_s nel presente lavoro si è adottato il metodo MASW (acronimo di *Multichannel Analysis Surface Waves*), osservabile dalla foto a lato.



11.1 GENERALITÀ SULLE ONDE SISMICHE

La prospezione sismica consiste in una serie di misure, condotte in superficie, sulla variazione nello spazio della proprietà fisica dei terreni denominata "elasticità".

Tale metodo non sfrutta campi di forze naturali ma richiede l'immissione artificiale nel terreno di una certa quantità di energia, la cui intensità, così come la distanza fra sorgente di energia e apparecchi di misura, può essere regolata al fine di rispondere al meglio ai quesiti posti dall'indagine.

Tale energia genera nel terreno delle onde sismiche che si dividono in due grandi categorie:

- onde di corpo (o di volume): onde P (Primarie) e onde S (Secondarie)
- onde superficiali (onde di Rayleigh e onde di Love)

Tra le onde generate, per più di due terzi vengono trasmesse nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali.

Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata *velocità di fase*) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga: questa proprietà si chiama *dispersione*.

Le **Onde P** sono delle onde di corpo di compressione (o longitudinali) e corrispondono a compressioni e rarefazioni del mezzo in cui viaggiano: al loro passaggio le particelle di terreno infatti oscillano in avanti e indietro nella stessa direzione di propagazione dell'onda.

Sono le onde più veloci generate da un sisma, quindi sono le prime avvertite, da cui il nome di Onda P (Primaria).

La velocità dell'onda può essere ricavata dall'equazione:

$$V_p = \sqrt{\frac{k + \frac{4}{3}\mu}{\rho}}$$

con :

- k che rappresenta il modulo di incompressibilità;
- μ è il modulo di rigidità;
- ρ la densità del materiale attraversato dall'onda.

Le **Onde S** sono onde di corpo che oscillano perpendicolarmente rispetto alla direzione di propagazione. Possono essere immaginate come le onde che si propagano su una corda che viene fatta oscillare. Un'importante caratteristica di queste onde è che non possono propagarsi in mezzi fluidi:

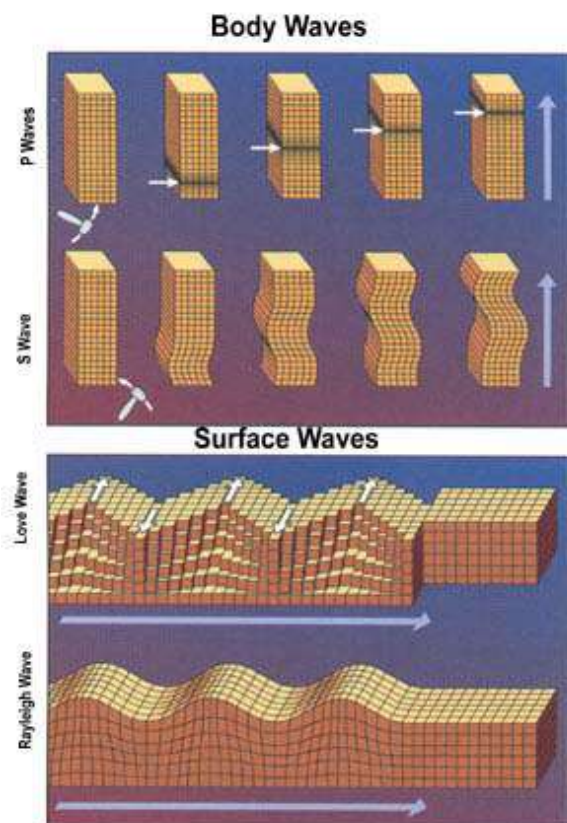
$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

con:

- μ che rappresenta il modulo di taglio del materiale;
- ρ la densità.

Dal confronto delle due relazioni sopra citate, è possibile osservare come la velocità delle onde S è necessariamente inferiore alla velocità delle onde P (in quanto manca il termine K) e raggiungono una velocità che si aggira solitamente intorno al 60-70% della velocità delle onde P. Per questo motivo giungono sempre dopo le Onde P (da cui onde S come Secondarie).

Le **onde superficiali** (o **onde di superficie**) vengono a crearsi a causa dell'intersezione delle onde di corpo con la superficie. Queste onde vengono trasmesse lungo la superficie e decadono esponenzialmente con la profondità (è questo il motivo per cui si dicono superficiali). Queste onde vengono generate facilmente nelle situazioni in cui la sorgente sismica è poco profonda. È da sottolineare che in caso di terremoto, dalla sorgente sismica vengono generate solo Onde P e Onde S, in quanto queste sono le *onde di corpo*, cioè le onde che si propagano all'interno della terra mentre non vengono generate direttamente le onde



superficiali.

La velocità delle onde di superficie è inferiore alla velocità delle onde di corpo, per cui il loro arrivo è successivo all'arrivo delle Onde P ed S, al contrario l'ampiezza di queste onde è notevolmente maggiore di quella delle onde di corpo.

Le *Onde di Rayleigh* vengono generate quando un'onda S, che incide sulla superficie libera, viene in parte riflessa, determinando un'ulteriore onda che si propaga sulla superficie stessa.

Queste onde esistono sia in semispazi omogenei (in questo caso la sua velocità è circa 0,92 volte la velocità delle onde S) che disomogenei (in cui risulta essere un'onda dispersa, cioè la sua velocità dipende dalla frequenza). Per meglio visualizzarle possono essere immaginate come molto simili a quelle che si creano gettando un sasso nello stagno, provocando quindi uno scuotimento o un sussulto del terreno. Il loro moto è vincolato in uno spazio verticale contenente la direzione di propagazione dell'onda.

Le *Onde di Love* sono anch'esse generate dalla riflessione delle Onde S sulla superficie libera del terreno, ma vengono generate solo nei mezzi in cui la velocità delle Onde S aumenta con la profondità (quindi siamo in presenza di un mezzo disomogeneo) e quindi sono sempre *onde disperse*. Le Onde di Love fanno vibrare il terreno sul piano orizzontale lungo la direzione ortogonale rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.

La velocità delle onde di Love è maggiore di quella delle onde S negli strati più superficiali della crosta, ma minore della stessa negli strati più bassi.

Nella figura sotto riportata, è illustrato il movimento dei diversi tipi di onde di corpo e di superficie.

11.2 IL METODO MASW

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

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), ottenuto dall'analisi delle onde di Rayleigh e di Love, è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali.

L'intero processo comprende tre passi successivi:

1. l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll),
2. la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza)
3. l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s .

- *Modalità di esecuzione, strumentazione e squadra*

Per ottenere un profilo V_s è necessario produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarli minimizzando il rumore.

La base sismica è costituita da uno stendimento formato da un cavo multipolare cui sono collegati 12 geofoni a bassa frequenza (4,5 Hz), tali geofoni vengono infissi nel terreno con un intervallo variabile tra 2 e 5 metri.

Attraverso tali geofoni (ricevitori) vengono rilevati gli impulsi sismici generati artificialmente da una sorgente di energia (mazza, fucile sismico, ecc.); gli impulsi sismici vengono poi trasformati in impulsi elettrici dal sismografo registratore che ha la possibilità di ampliarli e decodificarli.

Il punto di energizzazione “P” è ubicato all’estremità dello stendimento, ad una distanza (offset) variabile dall’ultimo geofono; il tempo “zero”, corrispondente all’attimo dell’energizzazione, viene inviato al sismografo registratore da un geofono starter, collegato via cavo.

Per ogni punto di energizzazione è stata effettuata una registrazione dei tempi di arrivo ai geofoni degli impulsi generati per una finestra di ricezione di 1000 millisecondi (1,0 sec) sufficiente a captare tutti gli arrivi d’onda e le relative attenuazioni.

La squadra geofisica è stata composta da:

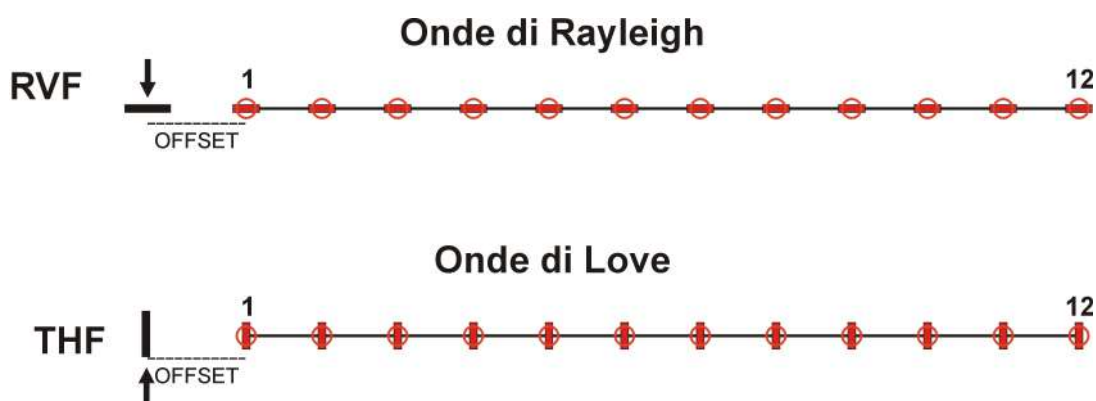
- geologo-geofisico responsabile dell'unità operativa;
- tecnico operatore.

Per una completezza di dati che consenta una migliore modellizzazione del sottosuolo, vengono effettuate molteplici acquisizioni per l’ottenimento sia delle onde di Rayleigh sia di quelle di Love.

Come illustrato negli schemi sottostanti, per la registrazione delle diverse tipologie di onde si ha una diversa direzione di energizzazione ed un diverso posizionamento dei geofoni.

Onde di Rayleigh: l’energizzazione avviene perpendicolarmente alla superficie del terreno e l’asse dei geofoni viene disposto parallelamente all’asse dello stendimento.

Onde di Love: l’energizzazione avviene parallelamente alla superficie del terreno (colpendo la piastra ortogonalmente all’asse dello stendimento) e l’asse dei geofoni viene disposto perpendicolarmente all’asse dello stendimento.



- Elaborazione dei dati

Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

Per le analisi dei dati acquisiti si è utilizzato il software winMASW 4.1.1 academy, prodotto dalla Società Eliosoft.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento.

Per ottenere il profilo verticale Vs dalla curva di dispersione è necessario conoscere i valori approssimati del rapporto di Poisson e della densità; tali valori vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali (stratigrafie di pozzi limitrofi).

Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Reyleigh, vengono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde. Fra queste le onde di corpo, le onde superficiali non piane ed infine le onde riverberate (back scattered), generate dalle disomogeneità superficiali, dal rumore ambientale e da quello imputabile alle attività umane.

Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale: le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni), mentre quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) fra le superfici di discontinuità.

Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali. Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane.

Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali, quali fondazioni e muri di contenimento. Le ampiezze relative a ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno.

La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore analizzando la fase e la frequenza dipendentemente dalla distanza dalla sorgente. La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione.

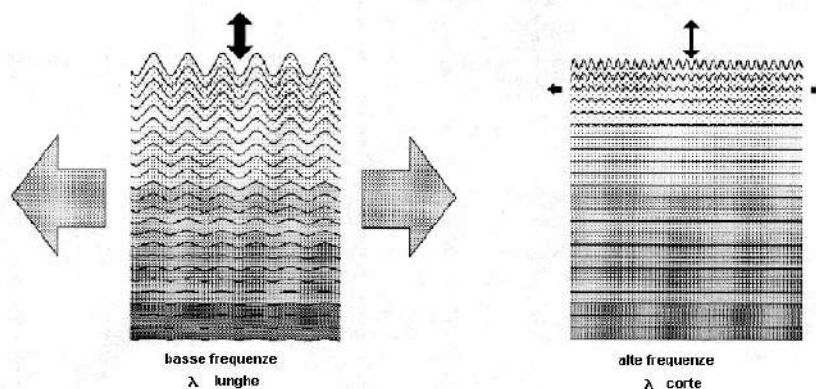
La scelta dei parametri di elaborazione, così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggior accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale. Una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza.

La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili (x, y) il cui legame costituisce la curva di dispersione. È anche possibile determinare l'accuratezza del calcolo della curva di dispersione analizzando la pendenza lineare di ciascuna componente di frequenza delle onde superficiali in un singolo sismogramma. In questo caso la metodologia MASW permette la miglior registrazione e

separazione ad ampia banda ed elevati rapporti Segnale/Disturbo (S/N). Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo V_s di inversione.

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una massa battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP). Questa similitudine permette di ottenere, con la procedura MASW, delle sezioni superficiali di velocità che possono essere utilizzate per accurate correzioni statiche dei profili a riflessione.

L'illustrazione sottostante mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori) sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.



12. MODELLO SISMICO DEL TERRENO

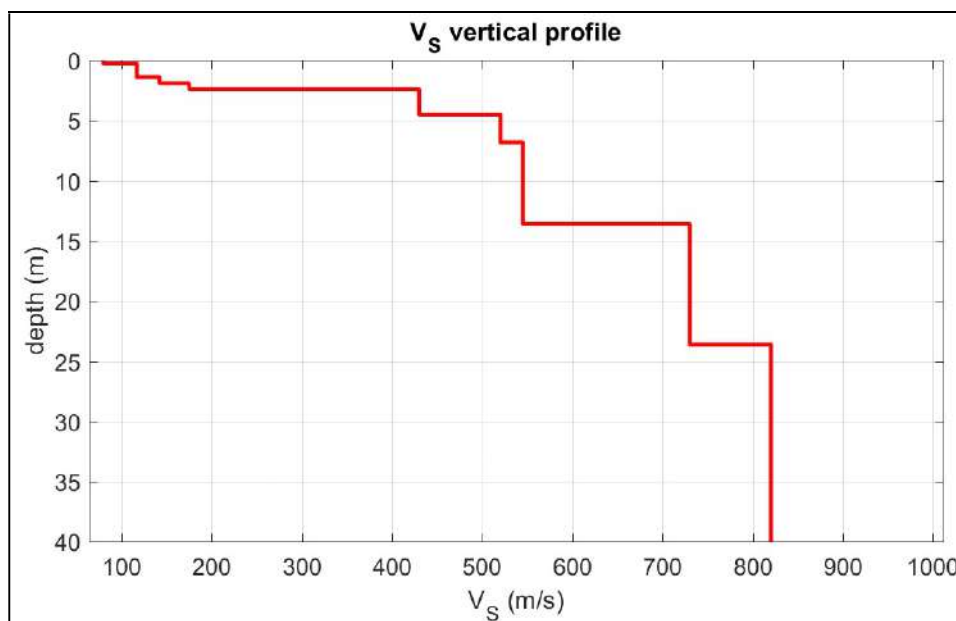
La strumentazione utilizzata per l'indagine sismica è stata la seguente:

- sismografo PASI 16S24U 24 canali;
- notebook per la registrazione dei dati;
- geofoni PASI ad asse orizzontale da 4,5 Hz;
- cavi sismici multipolari con 24 prese intervallate di 5 metri, con cavi di collegamento;
- massa battente;
- geofono starter, munito di "switch" per l'invio via cavo del "time break" al sismografo.

L'indagine è stata realizzata mediante uno stendimento di 12 geofoni, per una lunghezza complessiva di 55 m; la linea sismica si è ubicata in corrispondenza planimetrica dell'opera in progetto.

Le acquisizioni, sia di tipo RVF che di tipo ZHF, sono state effettuate con offset pari a 6 m ed energizzazione manuale mediante l'utilizzo di una massa battente di peso pari a 8 kg.

Per la definizione del modello del terreno si è proceduto all'analisi congiunta delle onde di rayleigh e di love. Negli elaborati grafici allegati a fine elaborato si riportano le curve di dispersione e l'andamento delle velocità, mentre dall'immagine di seguito si evince il modello sismico del terreno.



Di ogni frequenza presente nell'onda viene valutata la velocità e quindi viene ricavata la curva di dispersione (velocità-frequenza). Una procedura iterativa, per mezzo del software WinMasw, consente di ricavare il modello di velocità delle onde S del terreno.

La $V_{s,eq}$ viene definita dalla formula:

$$V_{s.eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{Z_i}}$$

h_i = spessore dello strato individuato con specifica velocità V_s .

V_i = velocità V_s dello strato h_i .

H = profondità del substrato, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s, pari a 25 m.

E' stato determinato un valore di V_{seq} pari a **429 m/s** a piano campagna.

Osservando i grafici allegati, dal punto di vista sismico il terreno è caratterizzato da velocità modeste fino a circa 3 m da p.c., con successivo incremento con la profondità. Bed-rock sismico rilevato a circa 24 m di profondità, anche se velocità molto elevate lo fanno supporre (alterato e fratturato) a partire da circa 15 m dal piano campagna.

Il Decreto Ministeriale 17/01/2018 definisce cinque diverse categorie di sottosuolo, in funzione del valore di $V_{s,eq}$, che sono descritte di seguito:

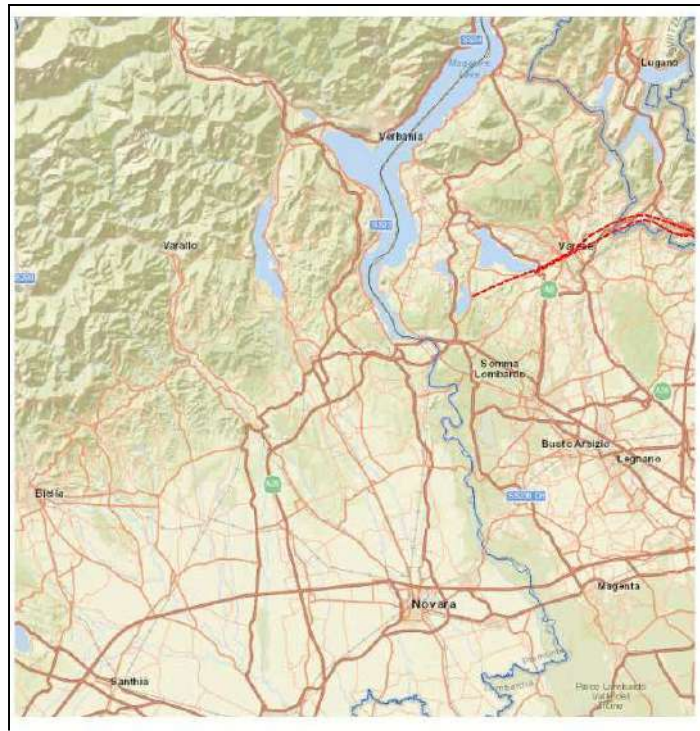
CAT.	DESCRIZIONE
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni dalle caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi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

A seguito dell'indagine eseguita è possibile attribuire il terreno alla categoria dei suoli di fondazione di tipo "B" (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 e 800 m/s*).

13. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E PARAMETRAZIONE DEL SITO

Il Comune di Maggiore appartiene alla classe sismica “IV” rispetto alla nuova zonizzazione sismica dei comuni italiani; il rischio è definito come “molto basso”.

Al fine di verificare la pericolosità sismica di base, si è fatto riferimento al database dell'INGV. Lo stralcio della cartografia (progetto ITHACA) riportato di seguito evidenzia come il sito di studio non è caratterizzato da strutture sismiche attive o “capaci”.



Per la definizione dei parametri sismici si è proceduto ad individuare la posizione dell'area al fine della definizione degli spettri di risposta relativi alla stessa: attraverso queste elaborazioni verranno definiti gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti, orizzontali e verticali, delle azioni sismiche di progetto per il sito specifico.

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC18, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame.

Nel caso in esame si è fatto riferimento alla “classe d'uso II - Costruzioni con presenza normale di persone...”. La vita nominale è stata considerata pari a 50 anni. Si ricorda che per Vita Nominale

s'intende la "durata alla quale deve farsi espresso riferimento in sede progettuale, con riferimento alla durabilità delle costruzioni, nel dimensionare le strutture e i particolari costruttivi, nella scelta dei materiali delle varie applicazioni e delle misure protettive per garantire il mantenimento della resistenza e della funzionalità".

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento VR che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU. Tale parametro riveste notevole importanza in quanto è utilizzato per valutare, fissata la probabilità di superamento P_{VR} corrispondente allo stato limite considerato, il tempo di ritorno (T_R) dell'azione sismica cui fare riferimento per la verifica.

$$VR = VN \cdot CU$$

dove Il valore del coefficiente d'uso CU è definito al variare della classe d'uso, secondo quanto riportato nella sottostante tabella.

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Nel nostro caso avremo:

$$VR = 50 \cdot 1 = 50 \text{ anni}$$

I dati ottenuti sono riassunti nelle tabelle sotto riportate.

Si farà riferimento alla categoria sismica "B", mentre in base alle esistenti condizioni morfologiche si è fatto riferimento alla categoria topografica "T1".

Nella seguente tabella si riassumono i valori di Amplificazione stratigrafica (Ss), Coeff. funzione della categoria suolo (Cc), Amplificazione topografica (St), Accelerazione massima attesa al sito (A_{max}), Coefficiente sismico orizzontale (Kh), Coefficiente sismico verticale (Kv) e Coefficiente riduzione "beta".

Stato limite Ultimo (SLV)

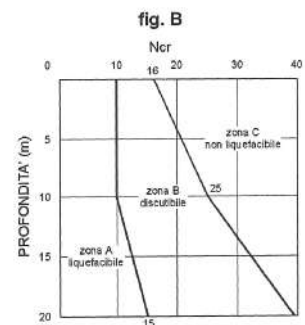
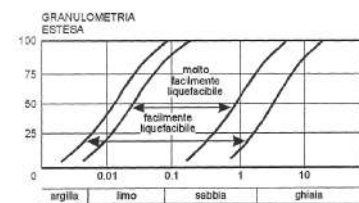
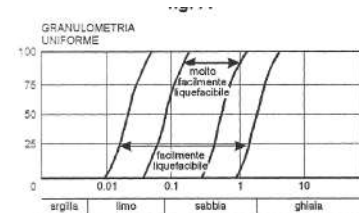
-	Ss	Cc	St	A_{max}	Kh	Kv	beta
FONDAZIONI-STABILITA' PENDIO	1,20	1,42	1,00	0,459	0,009	0,005	0,200

14. SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

La normativa vigente, prevede che sia verificata la suscettibilità alla liquefazione del terreno; tale verifica può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti cinque condizioni e in particolare:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni free-field minori di 0.1g;
2. accelerazioni massime al piano campagna inferiori a 0.15g e terreni con le caratteristiche riportate nell'Allegato 4 al punto 2.3 dell'OPCM 3274;
3. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura a fianco;
4. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m per edifici con fondazioni superficiali.

Considerando la condizione posta al sopra citato punto 1 risulta che il valore di A_{max} è inferiore al valore di riferimento; essendo verificata almeno una condizione la verifica della suscettibilità alla liquefazione può essere omessa.



15. MATRICE DI RISCHIO E DI PERICOLOSITA'

Al fine di sintetizzare gli aspetti esaminati nei precedenti capitoli, viene proposta una tabella che riporta una combinazione tra la pericolosità (probabilità che un certo evento accada in un dato periodo di tempo) e la possibilità che si verifichi un danno alla struttura in progetto.

I colori indicano le diverse combinazioni che possono presentarsi, variando da un "rischio" contenuto e accettabile (colore verde) a un rischio molto elevato e non accettabile (colore rosso), a seconda del fattore considerato. Nel caso in esame si è fatto riferimento ad aspetti sismici (S), idrogeologici (I), geomorfologici (GM), geologici (G), geotecnici (GT).

	PERICOLOSITA'			
	ALTA	MEDIO ALTA	MEDIO BASSA	BASSA/MOLTO BASSA
DANNO MOLTO GRAVE				
DANNO GRAVE				
DANNO MEDIO/BASSO			GT	
DANNO NON ESISTENTE/ LEGGERO				S - G - GM - I

Per l'intervento in esame, la pericolosità risulta molto bassa e medio bassa per gli aspetti presi in esame.

16. TERRE E ROCCE DA SCAVO

La gestione delle terre da scavo andrà quindi effettuata secondo la nuova normativa vigente, rappresentata dal DPR n° 120 del 13 giugno 2017 “Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell’articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014 n° 133, convertito con modificazioni dalla legge 11 novembre 2014 n° 164”.

Il progetto in esame rientra quindi nella casistica delle “terre e rocce da scavo prodotte da cantieri di piccole dimensioni”, chiaramente escluso da procedure di VIA e/o AIA; si ricorda che per cantieri di piccole dimensioni sono da intendere quelli in cui le trs prodotte sono inferiori a 6.000 mc.

Si ricorda che le terre e rocce da scavo che soddisfano la definizione di sottoprodotto (e non sono quindi da considerarsi rifiuti) devono possedere diversi requisiti, elencati nell’articolo 4 del DPR sopra citato.

Il capo III del DPR n° 120, all’ art. 20 evidenzia gli ambiti di applicazione. “Con riferimento ai requisiti ambientali di cui all’art.4, si applicano se il produttore dimostra, qualora siano destinate a rimodellamenti, recuperi, ripristini, riempimenti ambientali o altri utilizzi del suolo, che non siano superati i valori di CSC di cui alle colonne A e B – tabella 1 – Allegato 5 – Titolo V della parte IV del Decreto Legislativo 152/2006, con riferimento alle caratteristiche delle matrici ambientali e alla destinazione d’uso urbanistica del sito di destinazione e che le terre e rocce da scavo non costituiscono fonte diretta o indiretta di contaminazione fatti salvi i valori di fondo naturale”.

Relativamente al caso di studio, gli scenari possibili risultano tre:

- Riutilizzo sul medesimo sito di produzione: le terre da scavo non sono trasportate esternamente al cantiere, ma impiegate nello stesso sito. In questo caso è comunque necessario verificare la “non contaminazione dei materiali” (ai sensi dell’art. 4 del DPR), e dimostrarla in caso di controllo.
- Utilizzo esterno al sito di produzione: necessaria la compilazione della modulistica prevista, da spedire ad ARPA territorialmente competente almeno 15 gg prima dell’inizio degli scavi e al Comune. Necessaria la verifica di “non contaminazione” dei materiali e, al termine dei lavori, la trasmissione della modulistica “di avvenuto utilizzo” ad ARPA e ai Comune/i interessati.
- Smaltimento in discarica autorizzata.

17. CONCLUSIONI

A conclusione del presente lavoro si evidenzia quanto segue:

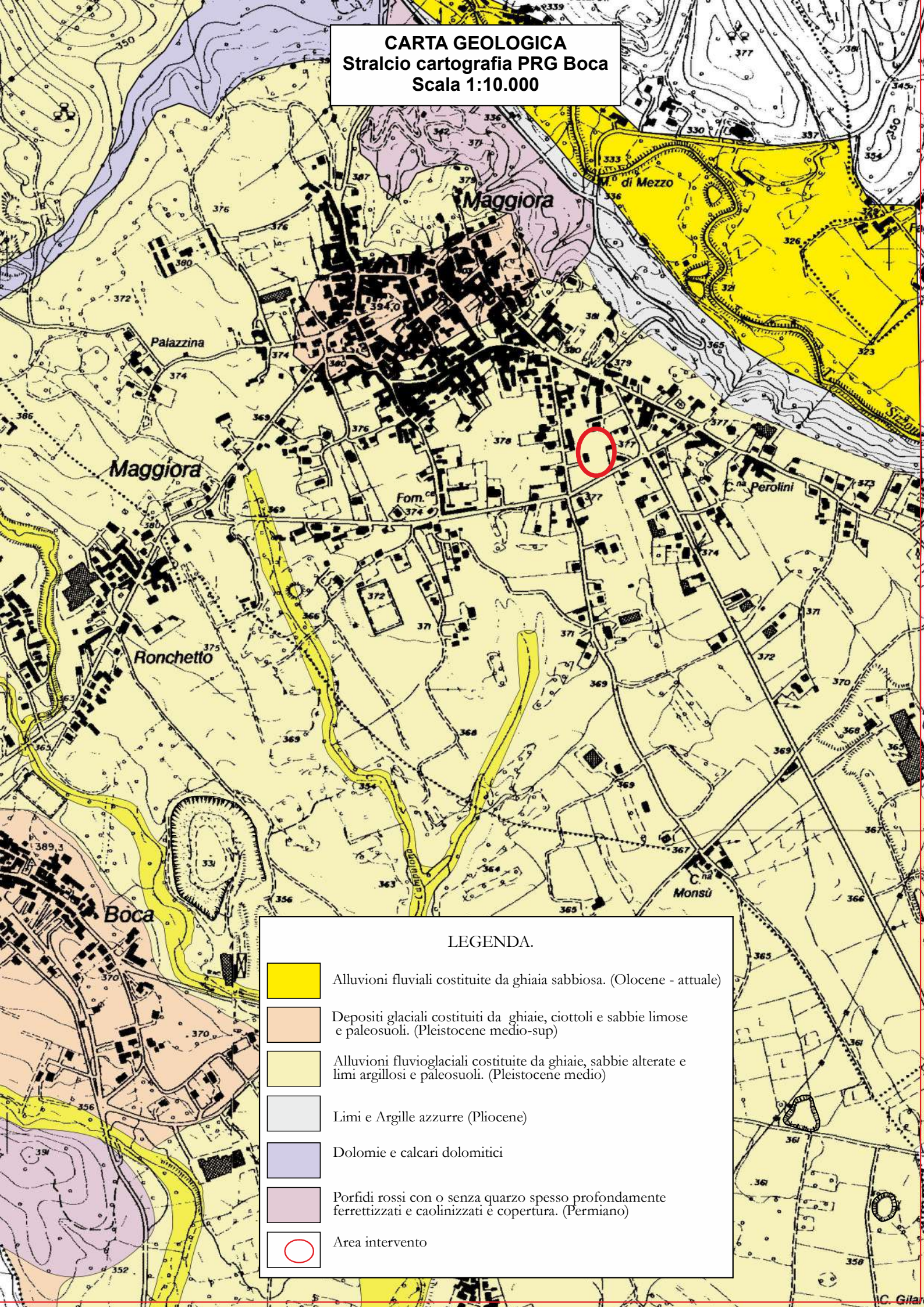
- l'area in oggetto ascritta in parte alla classe "1" di idoneità all'utilizzazione urbanistica; l'intervento in progetto risulta compatibile con la vigente legislazione;
- assenza di vincoli di natura geologica e/o idrogeologica;
- dal punto di vista geologico l'area è caratterizzata da depositi fluvioglaciali;
- geomorfologicamente il sito si presenta subpianeggiante; nessuna evidenza di dissesto evidenziata sia dal sopralluogo effettuato, sia dalla cartografia ufficiale di riferimento;
- la soggiacenza della falda, sulla base di dati bibliografici e dati in possesso dello scrivente, presenta un valore pari a circa 8 m; durante la fase di indagine, si sono però rilevate venute d'acqua superficiali, contenute nei materiali poco permeabili, alla profondità di circa 1,2÷1,5 m dal piano campagna;
- permeabilità "scarsa" dei depositi presenti;
- eseguita una indagine geognostica in sito, a mezzo di quattro prove penetrometriche dinamiche, che hanno raggiunto la massima profondità di – 6,4 m dal piano campagna e il limite del rifiuto in tutti i casi;
- si sono inoltre realizzati due scavi esplorativi, con mezzo meccanico e spinti alla profondità di -2,2 m dal piano campagna, che hanno permesso di osservare direttamente i materiali esistenti e di prelevare i campioni di terreno da sottoporre ad analisi granulometrica di laboratorio;
- il modello geologico, redatto sulla base delle risultanze delle prove in sito, è costituito da materiali sciolti non resistenti (unità A) fino a 1,0÷2,2 m da p.c., cui seguono materiali poco resistenti (unità B) fino a 2,2÷4,8 m, cui seguono materiali da mediamente resistenti (unità C) a resistenti (unità D);
- i parametri geotecnici sono stati elaborati in modo statistico, dalle prove eseguite in sito e ragionati dal punto di vista geologico sulla base delle evidenze degli scavi eseguiti;
- le proprietà dei materiali sono da ritenersi "molto scadenti" per l'unità A (costituita da depositi sciolti e compressibili), "mediocri" per l'unità B, "discrete" per la C, "buone" per l'unità D;
- le proprietà dei materiali, molto scadenti fino a circa 1,0÷2,2 m dal piano campagna, impongono l'esecuzione di un miglioramento geotecnico del terreno, mediante asportazione e riquotatura con materiale grossolano e compattato così come descritto preliminarmente nel presente elaborato;
- la pericolosità sismica di base risulta "molto bassa";
- in funzione della prova MASW eseguita in sito, che ha misurato un valore di $V_{s,eq}$ di 429 m/s a piano campagna, si è potuto classificare il terreno alla categoria sismica "B" equivalente a "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da

valori di velocità equivalente compresi tra 360 e 800 m/s”;








- la matrice di pericolosità risulta molto bassa e medio-bassa per gli aspetti presi in esame;
- la gestione dei materiali da scavo andrà effettuata ottemperando alla legislazione vigente;
- scavi eventualmente aperti, durante periodi piovosi, andranno protetti con opere antierosive;
- il materiale scavato, in attesa del riutilizzo e se lasciato in loco, andrà coperto con teli impermeabili al fine di evitare dilavamenti verso le aree contermini;
- l'altezza critica di scavo sarà da considerarsi pari a 1,5 m, in relazione alla presenza di venute d'acqua che compromettono le proprietà geotecniche dei materiali limoso-argillosi esistenti; in ogni caso, si consiglia la sbadacchiatura dei fronti di scavo, anche per altezze inferiori.

ALLEGATI

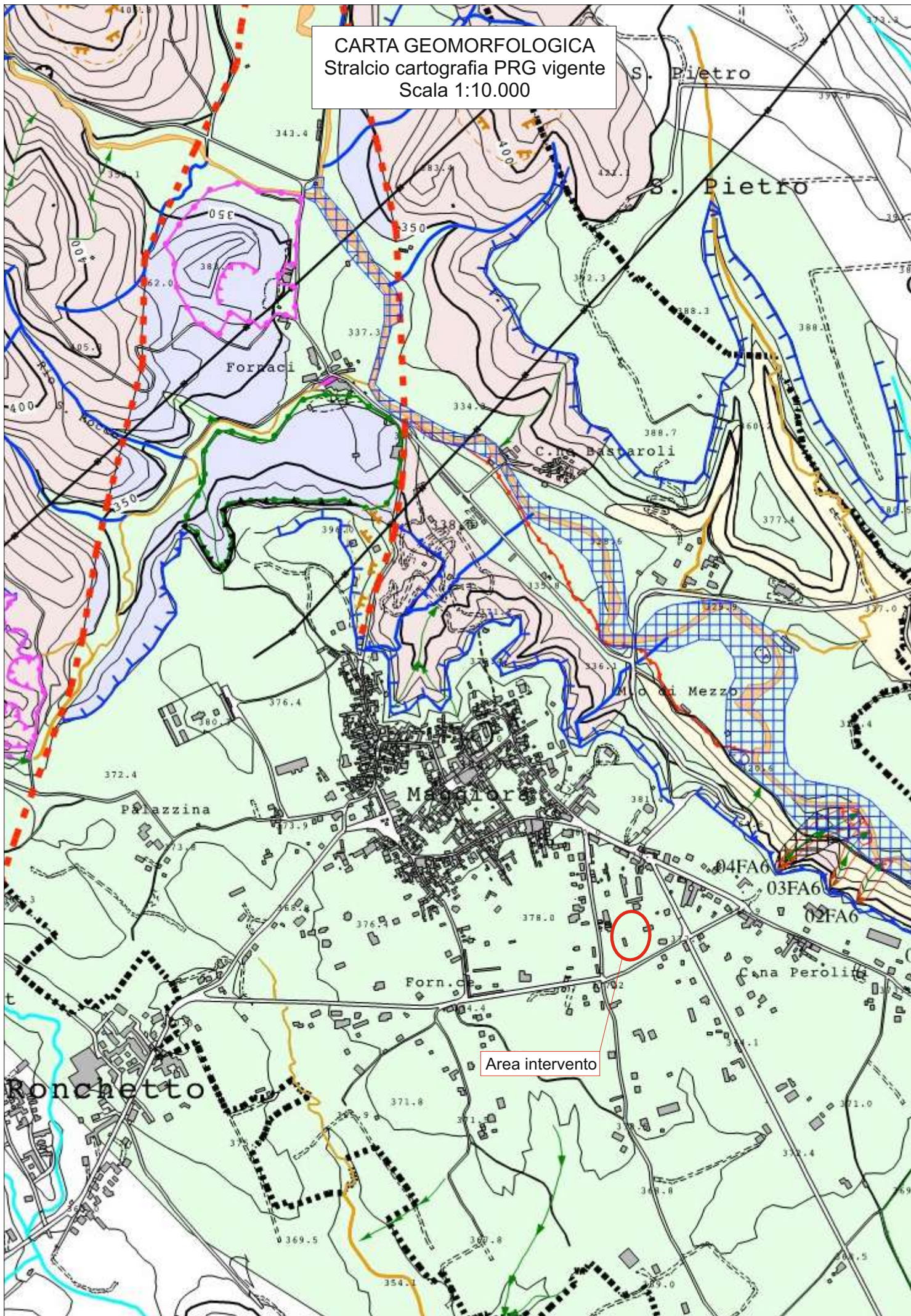
CARTA GEOLOGICA
Stralcio cartografia PRG Boca
Scala 1:10.000



LEGENDA.

-  Alluvioni fluviali costituite da ghiaia sabbiosa. (Olocene - attuale)
-  Depositi glaciali costituiti da ghiaie, ciottoli e sabbie limose e paleosuoli. (Pleistocene medio-sup)
-  Alluvioni fluvio-glaciali costituite da ghiaie, sabbie alterate e limi argillosi e paleosuoli. (Pleistocene medio)
-  Limi e Argille azzurre (Pliocene)
-  Dolomie e calcari dolomitici
-  Porfidi rossi con o senza quarzo spesso profondamente ferrettizzati e caolinizzati e copertura. (Permiano)
-  Area intervento

CARTA GEOMORFOLOGICA
Stralcio cartografia PRG vigente
Scala 1:10.000



ELEMENTI GEOLOGICO STRUTTURALI



Rocce vulcaniche prevalentemente massive



Rocce carbonatiche



Depositi argillosi e marnosi



Faglie presunte

FORME DI VERSANTE DOVUTE ALLA GRAVITA'



FA9

Frana per saturazione e fluidificazione della copertura detritica superficiale



FA6

Colamento veloce attivo

FORME FLUVIALI, FLUVIOGLACIALI E DOVUTE AL DILAVAMENTO DEI VERSANTI



Depositi alluvionali recenti ed attuali e depositi fluvio-glaciali



Orlo di terrazzo morfologico (altezza > 10 m)



Orlo di terrazzo morfologico (altezza < 10 m)



Solco da ruscellamento concentrato



Limite di esondazione delle acque del torrente Sizzano desunto da elementi geomorfologici ed associabile ad un indice di pericolosità EoA (molto elevata)

FORME ANTROPICHE



Nicchia di cava o miniera attiva



Area di cava o miniera attiva



Nicchia di cava o miniera abbandonata



Area di cava o miniera abbandonata



Area di discarica dismessa



Versante con terrazzamento antropico integro



Lago artificiale



Canale di derivazione attivo



Canale di derivazione abbandonato

ALVEO TIPI



A) Tronchi di corsi d'acqua (pendenze mediamente $\geq 6\%$) con alvei incisi prevalentemente in roccia o in depositi eluvio-colluviali, talora alluvionali. Processi: accentuata erosione laterale e di fondo; attività prevalente di trasporto solido per trascinarsi sul fondo;



B) Tronchi di corsi d'acqua (pendenze mediamente minori del 6%) sviluppati su fondovalle ristretti ed incisi in roccia e/o depositi alluvionali. Processi: abbondante trasporto solido al fondo e in sospensione; intensa erosione laterale;




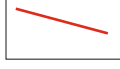
C) Tronchi di corsi d'acqua tendenzialmente unicursali (pendenze mediamente comprese tra 1% e $0,1\%$) con alvei prevalentemente poco incisi ad andamento sinuoso regolare. Processi: trasporto sul fondo e in sospensione; locali erosioni laterali allagamenti talora anche estesi e deposito di materiale fine.

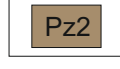
UBICAZIONE INDAGINE GEOGNOSTICA IN SITO



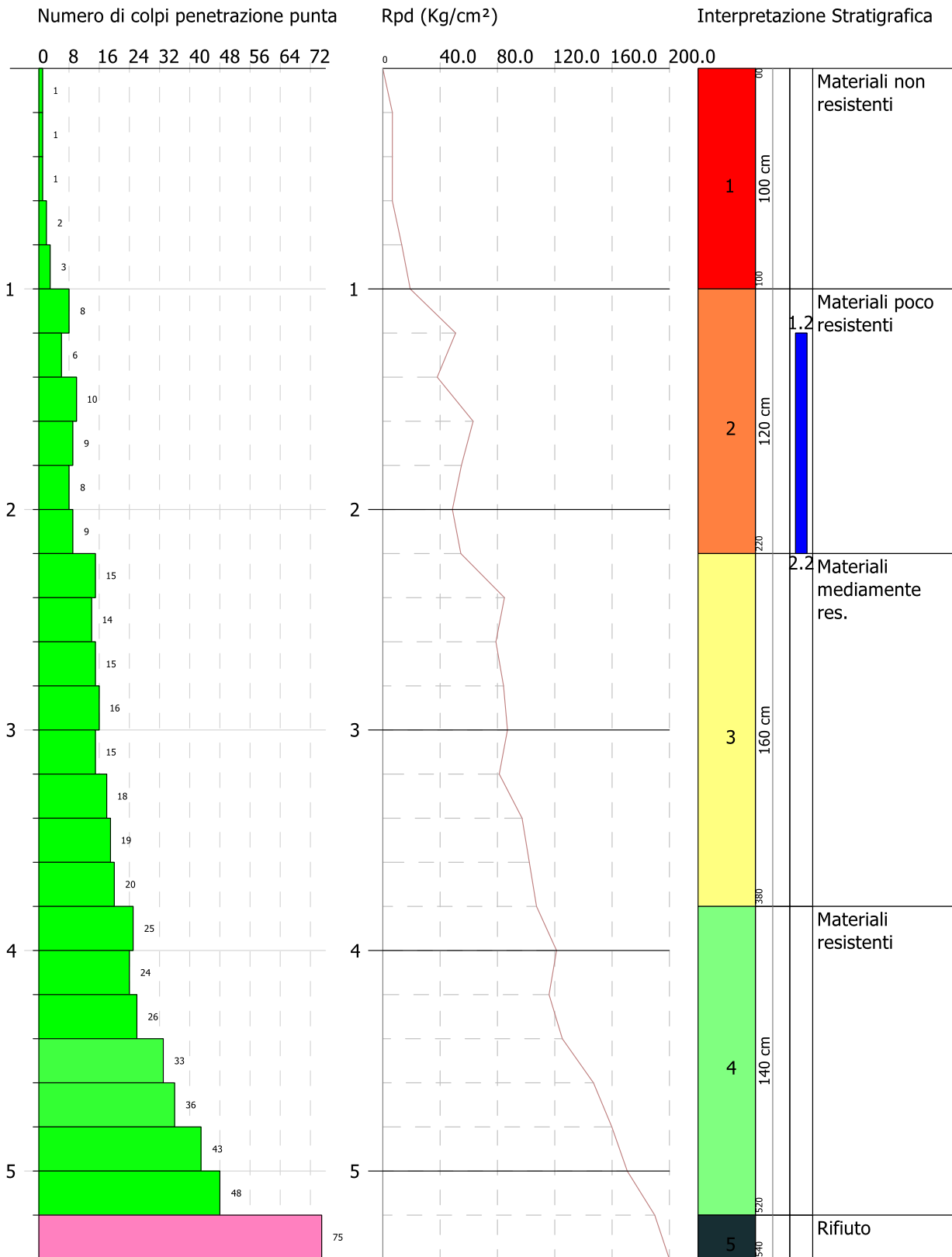
LEGENDA

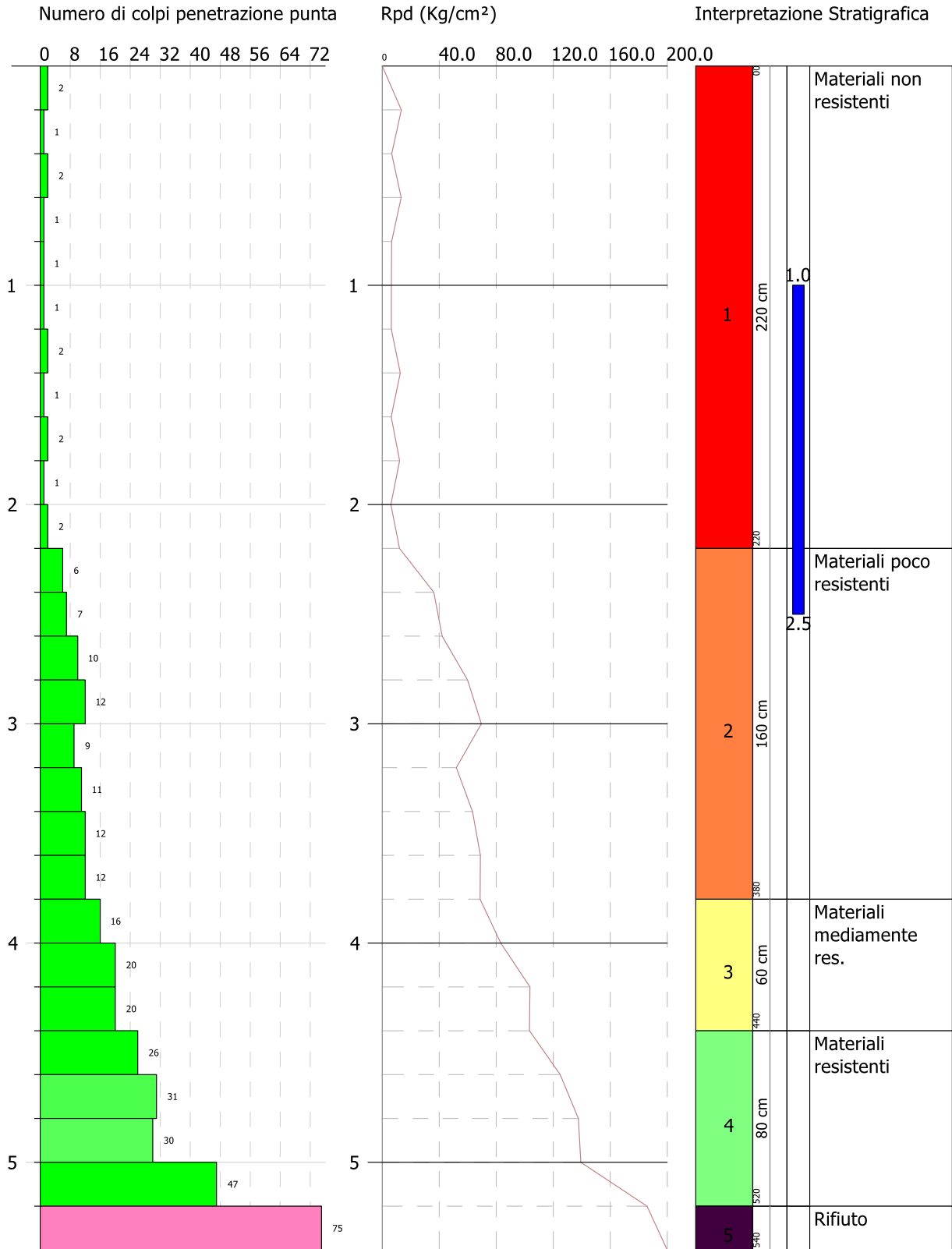
- 

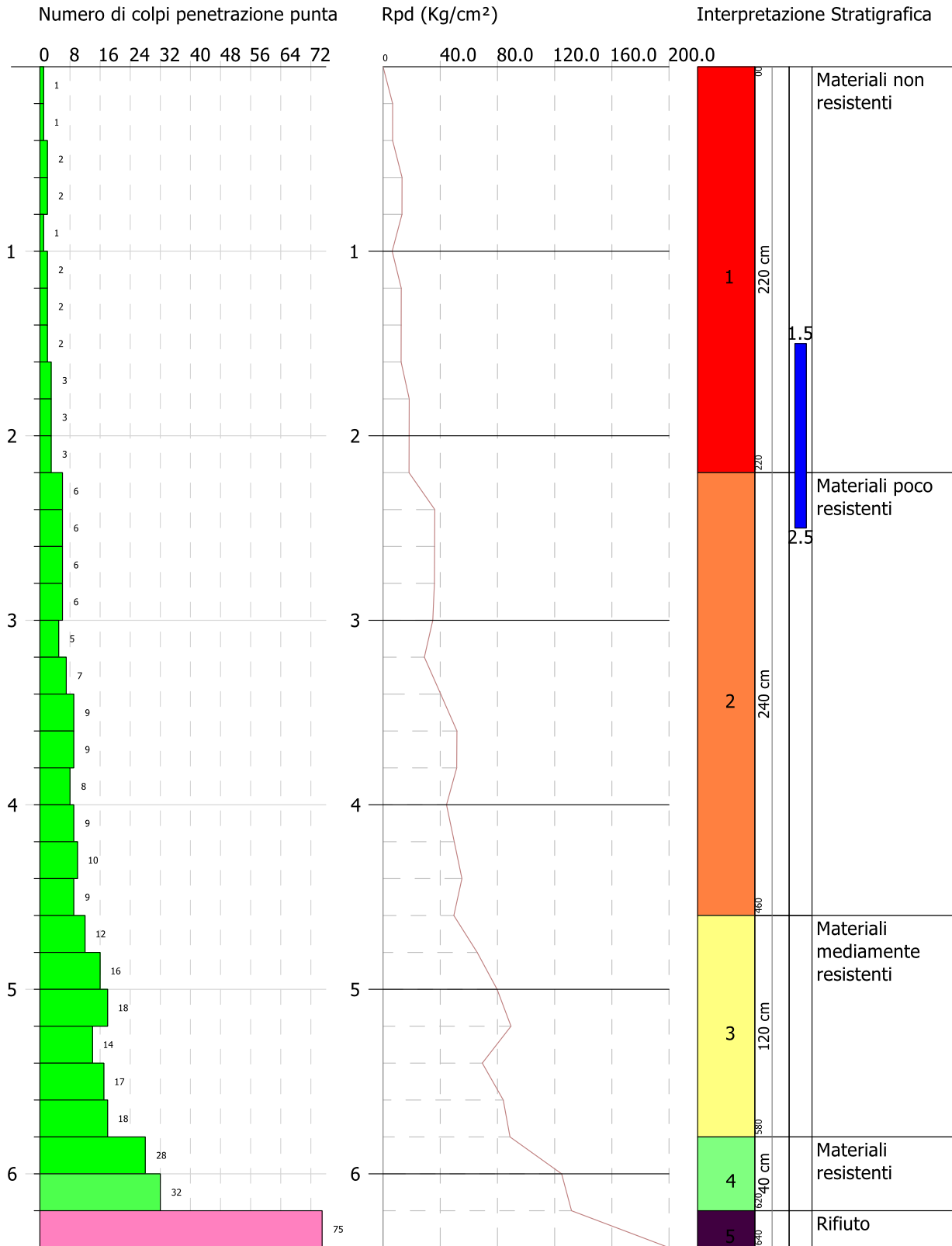
P1 Prova penetr. dinamica con relativa numerazione.
- 

Linea MASW
- 

Pz2 Scavo esplorativo con relativa numerazione.



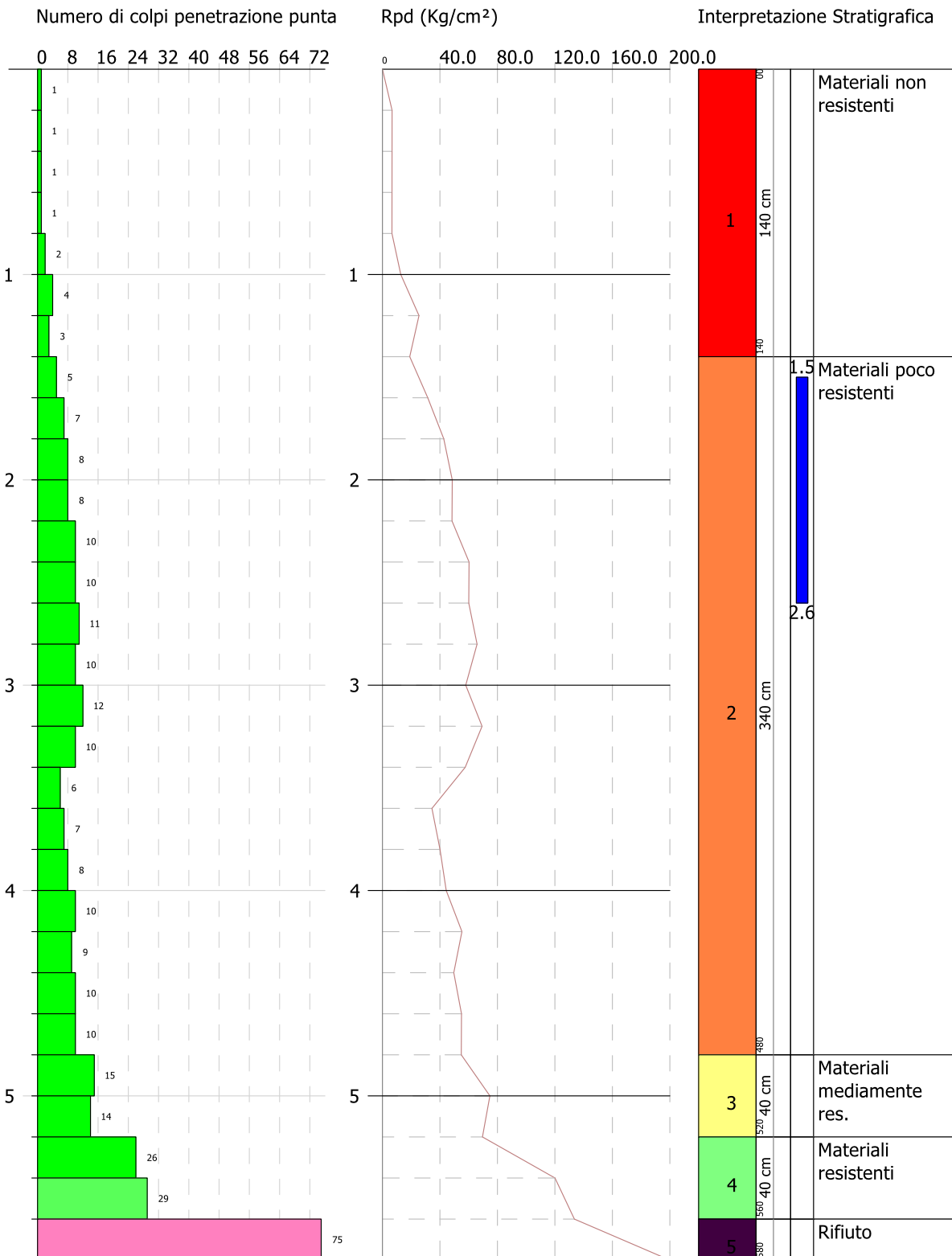




Committente:
Descrizione: Nuovi ed. residenziali
Localita': Maggiore (NO)

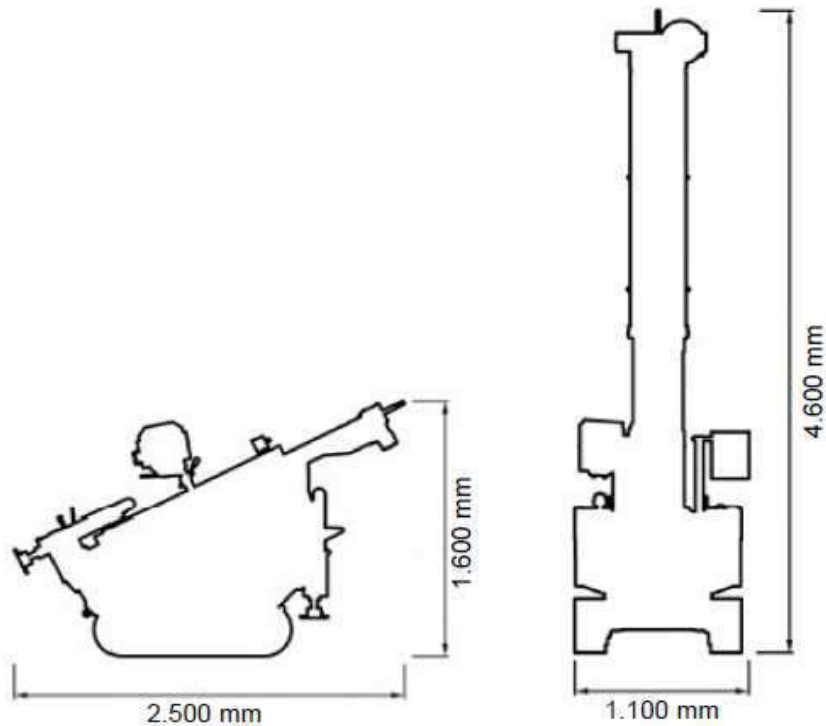
23-04-2024

Scala 1:28



PENETROMETRO STATICO/DINAMICO
Modello **TG 63-100** - Pagani Geotechnical Equipment

DIMENSIONI:



CARATTERISTICHE TECNICHE: TG 63-100 EML.C

PESO MASSA BATTENTE	M	=	63,50 kg	
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H	=	0,75 m	
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms	=	0,63 kg	
DIAMETRO PUNTA CONICA	D	=	51,00 mm	
AREA BASE PUNTA CONICA	A	=	20,43 cm ²	
ANGOLO APERTURA PUNTA	α	=	90 °	
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La	=	1,00 m	
PESO ASTE PER METRO	Ma	=	6,50 kg	
AVANZAMENTO PUNTA	δ	=	0,20 m	
NUMERO DI COLPI PUNTA	N	=	N(20)	⇒ relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	SI			

ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q	=	(MH)/(A δ)	=	11,66 kg/cm ²	(prova SPT: Qspt=7,83 kg/cm ²)
COEFF. TEORICO DI ENERGIA	β_t	=	Q/Qspt	=	1,489	(teoricamente: Nspt = β_t N)

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

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

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

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

UNITA' di MISURA (conversioni)	
1 kg/cm ²	= 0,098067 MPa
1 MPa	= 1 MN/m ² = 10.197 kg/cm ²
1 bar	= 1.0197 kg/cm ² = 0.1 MPa
1 kN	= 0.001 MN = 101.97 kg

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Descrizione: Nuovi ed. residenziali Localita': Maggiore (NO)	
---	--

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... EMILIA (20)
Prova eseguita in data 23-04-2024
Profondita' prova 5.40 mt
Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	1	0.855	6.70	7.83	0.33	0.39
0.40	1	0.851	6.67	7.83	0.33	0.39
0.60	1	0.847	6.64	7.83	0.33	0.39
0.80	2	0.843	13.21	15.67	0.66	0.78
1.00	3	0.840	19.14	22.80	0.96	1.14
1.20	8	0.836	50.83	60.79	2.54	3.04
1.40	6	0.833	37.97	45.59	1.90	2.28
1.60	10	0.830	63.03	75.98	3.15	3.80
1.80	9	0.826	56.51	68.39	2.83	3.42
2.00	8	0.823	48.57	59.01	2.43	2.95
2.20	9	0.820	54.44	66.38	2.72	3.32
2.40	15	0.767	84.88	110.64	4.24	5.53
2.60	14	0.764	78.92	103.26	3.95	5.16
2.80	15	0.761	84.24	110.64	4.21	5.53
3.00	16	0.759	86.99	114.66	4.35	5.73
3.20	15	0.756	81.27	107.49	4.06	5.37
3.40	18	0.753	97.18	128.99	4.86	6.45
3.60	19	0.751	102.24	136.16	5.11	6.81
3.80	20	0.748	107.27	143.33	5.36	7.17
4.00	25	0.696	121.25	174.20	6.06	8.71
4.20	24	0.694	116.01	167.24	5.80	8.36
4.40	26	0.691	125.27	181.17	6.26	9.06

4.60	33	0.639	146.99	229.95	7.35	11.50
4.80	36	0.637	159.82	250.85	7.99	12.54
5.00	43	0.585	170.58	291.57	8.53	14.58
5.20	48	0.583	189.75	325.47	9.49	16.27
5.40	75	0.581	295.49	508.55	14.77	25.43

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlazione con Nspt	NSPT	Descrizione
1	1.6	12.39	Coesivo	0	1.61	1.86	0.08	1.2	1.92	Materiali non resistenti
2.2	8.33	62.69	Coesivo	0	2.05	2.25	0.25	1.2	10	Materiali poco resistenti
3.8	16.5	119.4	Coesivo	0	2.13	2.29	0.61	1.2	19.8	Materiali mediamente res.
5.2	33.57	231.49	Incoerente	0	2.26	2.16	0.94	1.2	40.28	Materiali resistenti
5.4	75	508.55	Incoerente	0	2.5	2.31	1.12	1.65	123.45	Rifiuto

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) Materiali non resistenti	1.92	0.00-1.00	Schmertmann 1975	0.19
Strato (2) Materiali poco resistenti	10.00	1.00-2.20	Schmertmann 1975	0.98
Strato (3) Materiali mediamente res.	19.80	2.20-3.80	Schmertmann 1975	1.96

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) Materiali non resistenti	1.92	0.00-1.00	Robertson (1983)	3.84
Strato (2) Materiali poco resistenti	10.00	1.00-2.20	Robertson (1983)	20.00
Strato (3) Materiali mediamente res.	19.80	2.20-3.80	Robertson (1983)	39.60

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) Materiali non resistenti	1.92	0.00-1.00	Vesic (1970)	28.80
Strato (2) Materiali poco resistenti	10.00	1.00-2.20	Vesic (1970)	---
Strato (3) Materiali mediamente res.	19.80	2.20-3.80	Vesic (1970)	---

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) Materiali non resistenti	1.92	0.00-1.00	Schultze	1.68
Strato (2) Materiali poco resistenti	10.00	1.00-2.20	Schultze	94.60
Strato (3) Materiali mediamente res.	19.80	2.20-3.80	Schultze	207.30

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
Strato (1) Materiali non resistenti	1.92	0.00-1.00	Meyerhof	1.56
Strato (2) Materiali poco	10.00	1.00-2.20	Meyerhof	1.97

resistenti				
Strato (3) Materiali mediamente res.	19.80	2.20-3.80	Meyerhof	2.10

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)
Strato (1) Materiali non resistenti	1.92	0.00-1.00	Meyerhof	1.85
Strato (2) Materiali poco resistenti	10.00	1.00-2.20	Meyerhof	2.17
Strato (3) Materiali mediamente res.	19.80	2.20-3.80	Meyerhof	2.31

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
Strato (4) Materiali resistenti	40.28	3.80-5.20	40.28	Gibbs & Holtz 1957	56.43
Strato (5) Rifiuto	123.45	5.20-5.40	123.45	Gibbs & Holtz 1957	86.06

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (4) Materiali resistenti	40.28	3.80-5.20	40.28	Peck-Hanson-T hornburn-Meyerhof 1956	38.51
Strato (5) Rifiuto	123.45	5.20-5.40	123.45	Peck-Hanson-T hornburn-Meyerhof 1956	62.27

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (4) Materiali resistenti	40.28	3.80-5.20	40.28	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	482.10

Strato (5) Rifiuto	123.45	5.20-5.40	123.45	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	1105.88
-----------------------	--------	-----------	--------	---	---------

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (4) Materiali resistenti	40.28	3.80-5.20	40.28	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	110.20
Strato (5) Rifiuto	123.45	5.20-5.40	123.45	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	281.03

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m ³)
Strato (4) Materiali resistenti	40.28	3.80-5.20	40.28	Terzaghi-Peck 1948	1.79
Strato (5) Rifiuto	123.45	5.20-5.40	123.45	Terzaghi-Peck 1948	1.86

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m ³)
Strato (4) Materiali resistenti	40.28	3.80-5.20	40.28	Terzaghi-Peck 1948	2.11
Strato (5) Rifiuto	123.45	5.20-5.40	123.45	Terzaghi-Peck 1948	2.15

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (4) Materiali resistenti	40.28	3.80-5.20	40.28	(A.G.I.)	0.27
Strato (5) Rifiuto	123.45	5.20-5.40	123.45	(A.G.I.)	0.1

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... EMILIA (20)
 Prova eseguita in data 23-04-2024
 Profondita' prova 5.40 mt
 Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	2	0.855	13.39	15.67	0.67	0.78
0.40	1	0.851	6.67	7.83	0.33	0.39
0.60	2	0.847	13.27	15.67	0.66	0.78
0.80	1	0.843	6.61	7.83	0.33	0.39
1.00	1	0.840	6.38	7.60	0.32	0.38
1.20	1	0.836	6.35	7.60	0.32	0.38
1.40	2	0.833	12.66	15.20	0.63	0.76
1.60	1	0.830	6.30	7.60	0.32	0.38
1.80	2	0.826	12.56	15.20	0.63	0.76
2.00	1	0.823	6.07	7.38	0.30	0.37
2.20	2	0.820	12.10	14.75	0.60	0.74
2.40	6	0.817	36.16	44.26	1.81	2.21
2.60	7	0.814	42.04	51.63	2.10	2.58
2.80	10	0.811	59.85	73.76	2.99	3.69
3.00	12	0.809	69.54	86.00	3.48	4.30
3.20	9	0.806	51.98	64.50	2.60	3.22
3.40	11	0.803	63.33	78.83	3.17	3.94
3.60	12	0.801	68.87	86.00	3.44	4.30
3.80	12	0.798	68.66	86.00	3.43	4.30
4.00	16	0.746	83.17	111.49	4.16	5.57
4.20	20	0.744	103.64	139.36	5.18	6.97
4.40	20	0.741	103.33	139.36	5.17	6.97
4.60	26	0.689	124.87	181.17	6.24	9.06
4.80	31	0.637	137.62	216.01	6.88	10.80
5.00	30	0.685	139.35	203.42	6.97	10.17
5.20	47	0.583	185.80	318.69	9.29	15.93
5.40	75	0.581	295.49	508.55	14.77	25.43

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturo	Tension e efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con	NSPT	Descrizione
------------------	------	--------------------------	------	-------------------	---	------------------------------	--	-------------------------	------	-------------

						(t/m ³))	Nspt		
2.2	1.45	11.12	Coesivo	0	1.59	1.86	0.17	1.2	1.74	Materiali non resistenti
3.8	9.88	71.37	Coesivo	0	2.08	2.29	0.57	1.2	11.86	Materiali poco resistenti
4.4	18.67	130.07	Coesivo	0	2.17	2.4	0.82	1.2	22.4	Materiali mediamente res.
5.2	33.5	229.82	Incoerente	0	2.26	2.16	0.98	1.2	40.2	Materiali resistenti
5.4	75	508.55	Incoerente	0	2.5	2.31	1.09	1.2	90	Rifiuto

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) Materiali non resistenti	1.74	0.00-2.20	Schmertmann 1975	0.17
Strato (2) Materiali poco resistenti	11.86	2.20-3.80	Schmertmann 1975	1.17
Strato (3) Materiali mediamente res.	22.40	3.80-4.40	Schmertmann 1975	2.22

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) Materiali non resistenti	1.74	0.00-2.20	Robertson (1983)	3.48
Strato (2) Materiali poco resistenti	11.86	2.20-3.80	Robertson (1983)	23.72
Strato (3) Materiali	22.40	3.80-4.40	Robertson (1983)	44.80

mediamente res.				
-----------------	--	--	--	--

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) Materiali non resistenti	1.74	0.00-2.20	Vesic (1970)	26.10
Strato (2) Materiali poco resistenti	11.86	2.20-3.80	Vesic (1970)	---
Strato (3) Materiali mediamente res.	22.40	3.80-4.40	Vesic (1970)	---

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) Materiali non resistenti	1.74	0.00-2.20	Schultze	-0.39
Strato (2) Materiali poco resistenti	11.86	2.20-3.80	Schultze	115.99
Strato (3) Materiali mediamente res.	22.40	3.80-4.40	Schultze	237.20

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
Strato (1) Materiali non resistenti	1.74	0.00-2.20	Meyerhof	1.54
Strato (2) Materiali poco resistenti	11.86	2.20-3.80	Meyerhof	2.01
Strato (3) Materiali mediamente res.	22.40	3.80-4.40	Meyerhof	2.11

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)
Strato (1)	1.74	0.00-2.20	Meyerhof	1.85

Materiali non resistenti					
Strato (2) Materiali poco resistenti	11.86	2.20-3.80	Meyerhof	2.21	
Strato (3) Materiali mediamente res.	22.40	3.80-4.40	Meyerhof	2.15	

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
Strato (4) Materiali resistenti	40.20	4.40-5.20	40.20	Gibbs & Holtz 1957	55.86
Strato (5) Rifiuto	90.00	5.20-5.40	90.00	Gibbs & Holtz 1957	76.67

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (4) Materiali resistenti	40.20	4.40-5.20	40.20	Peck-Hanson-T hornburn-Meyer hof 1956	38.49
Strato (5) Rifiuto	90.00	5.20-5.40	90.00	Peck-Hanson-T hornburn-Meyer hof 1956	52.71

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (4) Materiali resistenti	40.20	4.40-5.20	40.20	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	481.50
Strato (5) Rifiuto	90.00	5.20-5.40	90.00	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	855.00

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (4) Materiali	40.20	4.40-5.20	40.20	Begemann 1974 (Ghiaia con	110.04

resistenti				sabbia)	
Strato (5) Rifiuto	90.00	5.20-5.40	90.00	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	212.33

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m ³)
Strato (4) Materiali resistenti	40.20	4.40-5.20	40.20	Terzaghi-Peck 1948	1.79
Strato (5) Rifiuto	90.00	5.20-5.40	90.00	Terzaghi-Peck 1948	1.97

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m ³)
Strato (4) Materiali resistenti	40.20	4.40-5.20	40.20	Terzaghi-Peck 1948	2.11
Strato (5) Rifiuto	90.00	5.20-5.40	90.00	Terzaghi-Peck 1948	2.22

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (4) Materiali resistenti	40.20	4.40-5.20	40.20	(A.G.I.)	0.27
Strato (5) Rifiuto	90.00	5.20-5.40	90.00	(A.G.I.)	0.17

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato... EMILIA (20)
 Prova eseguita in data 23-04-2024
 Profondita' prova 6.40 mt
 Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	1	0.855	6.70	7.83	0.33	0.39
0.40	1	0.851	6.67	7.83	0.33	0.39
0.60	2	0.847	13.27	15.67	0.66	0.78
0.80	2	0.843	13.21	15.67	0.66	0.78
1.00	1	0.840	6.38	7.60	0.32	0.38
1.20	2	0.836	12.71	15.20	0.64	0.76
1.40	2	0.833	12.66	15.20	0.63	0.76
1.60	2	0.830	12.61	15.20	0.63	0.76
1.80	3	0.826	18.84	22.80	0.94	1.14
2.00	3	0.823	18.22	22.13	0.91	1.11
2.20	3	0.820	18.15	22.13	0.91	1.11
2.40	6	0.817	36.16	44.26	1.81	2.21
2.60	6	0.814	36.04	44.26	1.80	2.21
2.80	6	0.811	35.91	44.26	1.80	2.21
3.00	6	0.809	34.77	43.00	1.74	2.15
3.20	5	0.806	28.88	35.83	1.44	1.79
3.40	7	0.803	40.30	50.16	2.02	2.51
3.60	9	0.801	51.65	64.50	2.58	3.22
3.80	9	0.798	51.50	64.50	2.57	3.22
4.00	8	0.796	44.37	55.75	2.22	2.79
4.20	9	0.794	49.78	62.71	2.49	3.14
4.40	10	0.791	55.15	69.68	2.76	3.48
4.60	9	0.789	49.50	62.71	2.47	3.14
4.80	12	0.787	65.82	83.62	3.29	4.18
5.00	16	0.735	79.74	108.49	3.99	5.42
5.20	18	0.733	89.47	122.05	4.47	6.10
5.40	14	0.731	69.40	94.93	3.47	4.75
5.60	17	0.729	84.05	115.27	4.20	5.76
5.80	18	0.727	88.77	122.05	4.44	6.10
6.00	28	0.675	124.89	184.88	6.24	9.24
6.20	32	0.624	131.79	211.30	6.59	10.56
6.40	75	0.572	283.28	495.23	14.16	24.76

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m ³)	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlazione con Nspt	NSPT	Descrizione
2.2	2	15.2	Coesivo	0	1.65	1.86	0.18	1.2	2.4	Materiali non resistenti
4.6	7.5	53.47	Coesivo	0	2.02	2.22	0.64	1.2	9	Materiali poco resistenti
5.8	15.83	107.74	Coesivo	0	2.12	2.25	1.05	1.2	19	Materiali mediamente resistenti
6.2	30	198.09	Incoerente	0	2.24	2.16	1.22	1.2	36	Materiali resistenti
6.4	75	495.23	Incoerente	0	2.5	2.31	1.29	1.2	90	Rifiuto

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) Materiali non resistenti	2.40	0.00-2.20	Schmertmann 1975	0.23
Strato (2) Materiali poco resistenti	9.00	2.20-4.60	Schmertmann 1975	0.88
Strato (3) Materiali mediamente resistenti	19.00	4.60-5.80	Schmertmann 1975	1.88

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
-------------	------	------------------	--------------	--------------------------

Strato (1) Materiali non resistenti	2.40	0.00-2.20	Robertson (1983)	4.80
Strato (2) Materiali poco resistenti	9.00	2.20-4.60	Robertson (1983)	18.00
Strato (3) Materiali mediamente resistenti	19.00	4.60-5.80	Robertson (1983)	38.00

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) Materiali non resistenti	2.40	0.00-2.20	Vesic (1970)	36.00
Strato (2) Materiali poco resistenti	9.00	2.20-4.60	Vesic (1970)	---
Strato (3) Materiali mediamente resistenti	19.00	4.60-5.80	Vesic (1970)	---

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) Materiali non resistenti	2.40	0.00-2.20	Schultze	7.20
Strato (2) Materiali poco resistenti	9.00	2.20-4.60	Schultze	83.10
Strato (3) Materiali mediamente resistenti	19.00	4.60-5.80	Schultze	198.10

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
Strato (1) Materiali non resistenti	2.40	0.00-2.20	Meyerhof	1.59
Strato (2)	9.00	2.20-4.60	Meyerhof	1.94

Materiali poco resistenti				
Strato (3) Materiali mediamente resistenti	19.00	4.60-5.80	Meyerhof	2.10

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (t/m ³)
Strato (1) Materiali non resistenti	2.40	0.00-2.20	Meyerhof	1.86
Strato (2) Materiali poco resistenti	9.00	2.20-4.60	Meyerhof	2.13
Strato (3) Materiali mediamente resistenti	19.00	4.60-5.80	Meyerhof	2.31

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
Strato (4) Materiali resistenti	36.00	5.80-6.20	36.00	Gibbs & Holtz 1957	49.74
Strato (5) Rifiuto	90.00	6.20-6.40	90.00	Gibbs & Holtz 1957	73.49

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (4) Materiali resistenti	36.00	5.80-6.20	36.00	Peck-Hanson-T hornburn-Meyerhof 1956	37.29
Strato (5) Rifiuto	90.00	6.20-6.40	90.00	Peck-Hanson-T hornburn-Meyerhof 1956	52.71

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
-------------	------	------------------	------------	--------------	---------------------------------------

Strato (4) Materiali resistenti	36.00	5.80-6.20	36.00	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	450.00
Strato (5) Rifiuto	90.00	6.20-6.40	90.00	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	855.00

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (4) Materiali resistenti	36.00	5.80-6.20	36.00	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	101.41
Strato (5) Rifiuto	90.00	6.20-6.40	90.00	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	212.33

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m ³)
Strato (4) Materiali resistenti	36.00	5.80-6.20	36.00	Terzaghi-Peck 1948	1.75
Strato (5) Rifiuto	90.00	6.20-6.40	90.00	Terzaghi-Peck 1948	1.97

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m ³)
Strato (4) Materiali resistenti	36.00	5.80-6.20	36.00	Terzaghi-Peck 1948	2.09
Strato (5) Rifiuto	90.00	6.20-6.40	90.00	Terzaghi-Peck 1948	2.22

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (4) Materiali resistenti	36.00	5.80-6.20	36.00	(A.G.I.)	0.28
Strato (5) Rifiuto	90.00	6.20-6.40	90.00	(A.G.I.)	0.17

PROVA ... Nr.4

Strumento utilizzato... EMILIA (20)
 Prova eseguita in data 23-04-2024
 Profondita' prova 5.80 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	1	0.855	6.70	7.83	0.33	0.39
0.40	1	0.851	6.67	7.83	0.33	0.39
0.60	1	0.847	6.64	7.83	0.33	0.39
0.80	1	0.843	6.61	7.83	0.33	0.39
1.00	2	0.840	12.76	15.20	0.64	0.76
1.20	4	0.836	25.42	30.39	1.27	1.52
1.40	3	0.833	18.99	22.80	0.95	1.14
1.60	5	0.830	31.52	37.99	1.58	1.90
1.80	7	0.826	43.95	53.19	2.20	2.66
2.00	8	0.823	48.57	59.01	2.43	2.95
2.20	8	0.820	48.39	59.01	2.42	2.95
2.40	10	0.817	60.27	73.76	3.01	3.69
2.60	10	0.814	60.06	73.76	3.00	3.69
2.80	11	0.811	65.84	81.14	3.29	4.06
3.00	10	0.809	57.95	71.66	2.90	3.58
3.20	12	0.806	69.31	86.00	3.47	4.30
3.40	10	0.803	57.57	71.66	2.88	3.58
3.60	6	0.801	34.44	43.00	1.72	2.15
3.80	7	0.798	40.05	50.16	2.00	2.51
4.00	8	0.796	44.37	55.75	2.22	2.79
4.20	10	0.794	55.31	69.68	2.77	3.48
4.40	9	0.791	49.63	62.71	2.48	3.14
4.60	10	0.789	55.00	69.68	2.75	3.48
4.80	10	0.787	54.85	69.68	2.74	3.48
5.00	15	0.735	74.76	101.71	3.74	5.09
5.20	14	0.733	69.58	94.93	3.48	4.75
5.40	26	0.681	120.07	176.30	6.00	8.81
5.60	29	0.679	133.54	196.64	6.68	9.83
5.80	75	0.577	293.58	508.55	14.68	25.43

Prof. Strato	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction	Peso unita' di	Peso unita' di	Tensione	Coeff. di	NSPT	Descrizione
--------------	------	--------------------------	------	---------------	----------------	----------------	----------	-----------	------	-------------

(m))		(%)	volume (t/m ³)	volume saturo (t/m ³)	efficace (Kg/cm ²)	correlaz . con Nspt		
1.4	1.86	14.25	Coesivo	0	1.64	1.86	0.11	1.2	2.23	Materiali non resistenti
4.8	8.88	63.99	Coesivo	0	2.06	2.27	0.58	1.2	10.66	Materiali poco resistenti
5.2	14.5	98.32	Coesivo	0	2.11	2.19	0.97	1.2	17.4	Materiali mediamente res.
5.6	27.5	186.47	Incoerente	0	2.22	2.14	1.06	1.2	33	Materiali resistenti
5.8	75	508.55	Incoerente	0	2.5	2.31	1.13	1.2	90	Rifiuto

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) Materiali non resistenti	2.23	0.00-1.40	Schmertmann 1975	0.22
Strato (2) Materiali poco resistenti	10.66	1.40-4.80	Schmertmann 1975	1.05
Strato (3) Materiali mediamente res.	17.40	4.80-5.20	Schmertmann 1975	1.72

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) Materiali non resistenti	2.23	0.00-1.40	Robertson (1983)	4.46
Strato (2) Materiali poco resistenti	10.66	1.40-4.80	Robertson (1983)	21.32

Strato (3) Materiali mediamente res.	17.40	4.80-5.20	Robertson (1983)	34.80
--	-------	-----------	------------------	-------

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) Materiali non resistenti	2.23	0.00-1.40	Vesic (1970)	33.45
Strato (2) Materiali poco resistenti	10.66	1.40-4.80	Vesic (1970)	---
Strato (3) Materiali mediamente res.	17.40	4.80-5.20	Vesic (1970)	---

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) Materiali non resistenti	2.23	0.00-1.40	Schultze	5.25
Strato (2) Materiali poco resistenti	10.66	1.40-4.80	Schultze	102.19
Strato (3) Materiali mediamente res.	17.40	4.80-5.20	Schultze	179.70

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (t/m ³)
Strato (1) Materiali non resistenti	2.23	0.00-1.40	Meyerhof	1.58
Strato (2) Materiali poco resistenti	10.66	1.40-4.80	Meyerhof	1.99
Strato (3) Materiali mediamente res.	17.40	4.80-5.20	Meyerhof	2.09

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo
-------------	------	---------------------	--------------	---------------------------------

				(t/m ³)	
Strato (1) Materiali non resistenti	2.23	0.00-1.40	Meyerhof	1.85	
Strato (2) Materiali poco resistenti	10.66	1.40-4.80	Meyerhof	2.19	
Strato (3) Materiali mediamente res.	17.40	4.80-5.20	Meyerhof	2.30	

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
Strato (4) Materiali resistenti	33.00	5.20-5.60	33.00	Gibbs & Holtz 1957	49.78
Strato (5) Rifiuto	90.00	5.60-5.80	90.00	Gibbs & Holtz 1957	76.01

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (4) Materiali resistenti	33.00	5.20-5.60	33.00	Peck-Hanson-T hornburn-Meyerhof 1956	36.43
Strato (5) Rifiuto	90.00	5.60-5.80	90.00	Peck-Hanson-T hornburn-Meyerhof 1956	52.71

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (4) Materiali resistenti	33.00	5.20-5.60	33.00	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	427.50
Strato (5) Rifiuto	90.00	5.60-5.80	90.00	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	855.00

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
-------------	------	------------------	------------	--------------	---

Strato (4) Materiali resistenti	33.00	5.20-5.60	33.00	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	95.25
Strato (5) Rifiuto	90.00	5.60-5.80	90.00	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	212.33

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m ³)
Strato (4) Materiali resistenti	33.00	5.20-5.60	33.00	Terzaghi-Peck 1948	1.73
Strato (5) Rifiuto	90.00	5.60-5.80	90.00	Terzaghi-Peck 1948	1.97

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (t/m ³)
Strato (4) Materiali resistenti	33.00	5.20-5.60	33.00	Terzaghi-Peck 1948	2.07
Strato (5) Rifiuto	90.00	5.60-5.80	90.00	Terzaghi-Peck 1948	2.22

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (4) Materiali resistenti	33.00	5.20-5.60	33.00	(A.G.I.)	0.29
Strato (5) Rifiuto	90.00	5.60-5.80	90.00	(A.G.I.)	0.17

CERTIFICATO di PROVA

COMMITTENTE:

PROVA di ANALISI GRANULOMETRICA

Normativa di riferimento per l'esecuzione della prova: ASTM D 0422/63-07

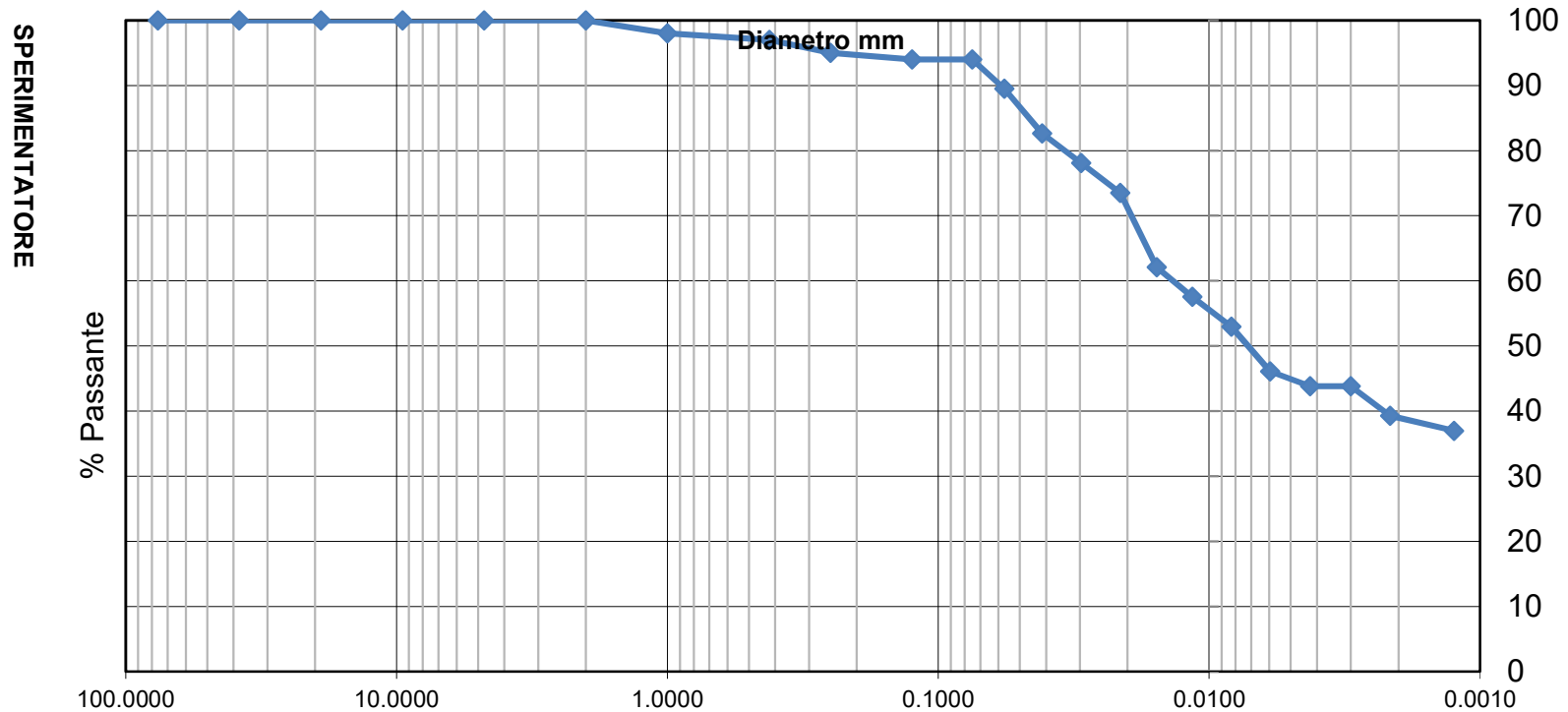
CANTIERE

Maggiara (NO)

Profondità (m)

Campione C1

DATA: Aprile 2024



LIMO DEB. SABBIOSO CON ARGILLA

CLASSIFICAZIONE UNI-CNR A5

AGI				
ciotoli	ghiaia	sabbia	limo	argilla
0.00	0.00	9.00	51.00	40.00
200	60	2	0.06	0.002

CERTIFICATO di PROVA

COMMITTENTE:

PROVA di ANALISI GRANULOMETRICA

Normativa di riferimento per l'esecuzione della prova: ASTM D 0422/63-07

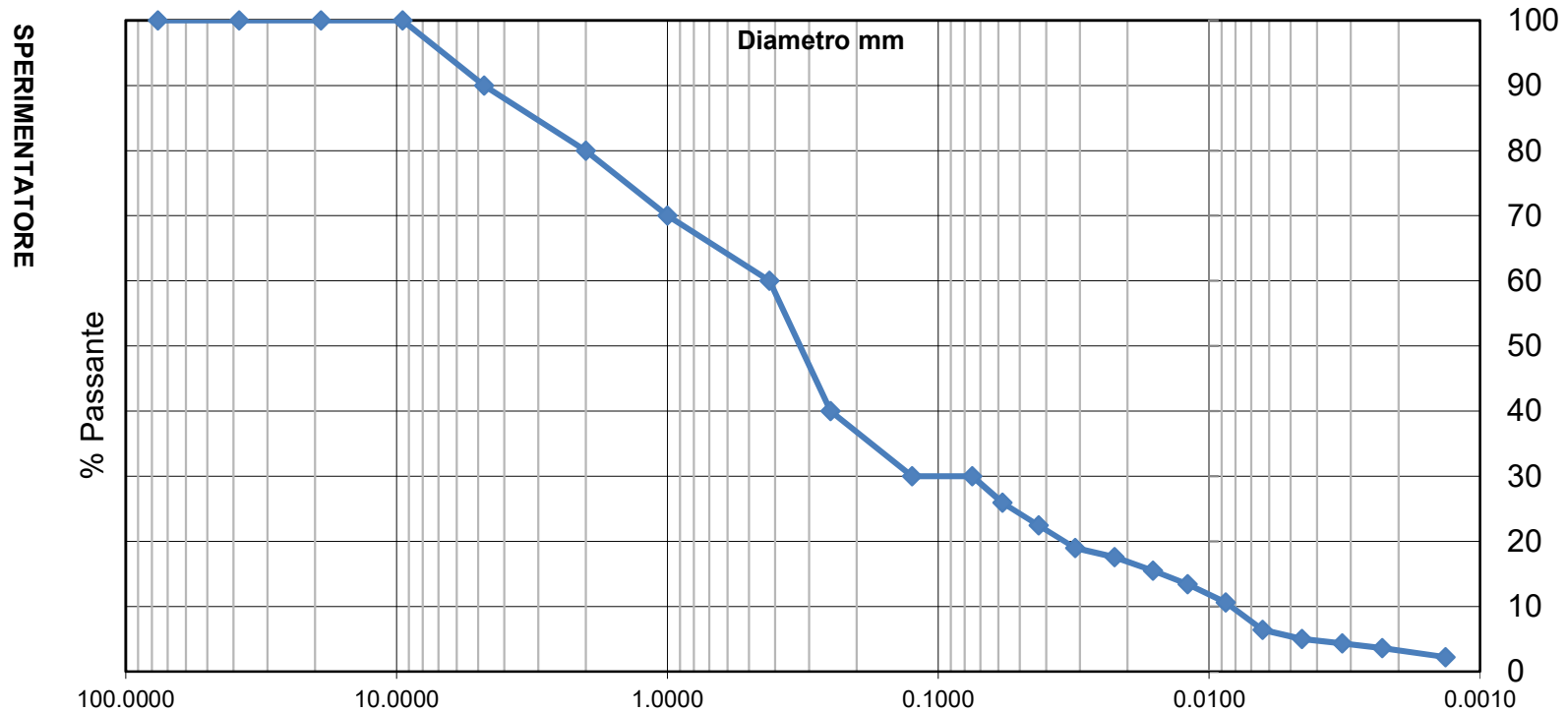
CANTIERE

Maggiara (NO)

Profondità (m)

Campione C2

DATA: Aprile 2024



SABBIA LIMOSO GHIAIOSA

CLASSIFICAZIONE UNI-CNR **A2-5**

AGI				
ciotoli	ghiaia	sabbia	limo	argilla
0.00	20.00	53.00	23.00	4.00
200	60	2	0.06	0.002

MASW - ALLEGATO TECNICO 01

1. input first component (Rayleigh)

dataset: rvdv5mo6#1.DAT
 sampling: 1ms [1000Hz] - 2048 samples
 minimum offset: 6 m
 geophone spacing: 5 m

flip data | out | spectrogram | zero/flip

select data
 activate
 select 60
 cancel save
 mode separation

flip polarity
 R/V: hor. geo. v

save spectrum | upload spectrum | input curve

auto pick | select mo. v | save | cancel

phase velocity (m/s)

frequency (Hz)

2. input second component

dataset: rhdv5mo6#1.DAT
 sampling: 1ms [1000Hz] - 2048 samples
 minimum offset: 6 m
 geophone spacing: 5 m

flip data | out | spectrogram | zero/flip

select data
 activate
 select save
 cancel
 mode separation

flip polarity
 T/H: Love w. v

save spectrum | upload spectrum | input curve

select mode | save | cancel

phase velocity (m/s)

frequency (Hz)

modelling

general settings

Ref. depth

HV (body waves)

HV (surface waves)

Refraction 0.2

Vsv (m/s)	Qs	Arts (%)	Poisson	thk (m)
80	10	0	0.4	0.3
117	16	0	0.35	1.1
142	24	0	0.35	0.5
175	28	0	0.35	0.5
430	25	0	0.3	2.1
520	38	0	0.3	2.3
545	44	0	0.3	6.6
720	88	0	0.28	10
820	150	0	0.28	20
600	313	0	0.25	0
0	0	0	0.20	0

Rayleigh modes: 1
 Love modes: 1

phase velocity v

refresh | compute

angles effective (passive)

model
 save | show M & R | upload

synthetics (FVS)
 show DC
 just overlap (FVS)
 show model
 RPM offset-freq

synthetics

some basic (cleaning) tools

2.047 | time length to visualize (s) | show | out | decimate | filter

Site Response

phase velocity spectra | group velocity spectra

RPM and RVSR | 12 | trace | RPM
 Rayleigh-wave PM | 22 | freq (Hz) | video RPM

reporting
 report DC | 40 | max depth | dispersion inversion
 report SS | dispersion + RPM inv

www.winmasw.com

MASW - ALLEGATO TECNICO 02

www.winmasw.com

