



Dott.ssa Elisa Lazzi

Via G. Carducci n.39 - 51039 Quarrata
Tel. 3388815362 - e-mail: elisalazzi@gmail.com

Comune di Quarrata

Provincia di Pistoia

RELAZIONE GEOLOGICA PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA

**RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA TRAMITE DEMOLIZIONE E
RICOSTRUZIONE DI FABBRICATO E PORTICATO A SERVIZIO DEL
CENTRO SPORTIVO "L. BENNATI"**

Committente: Comune di Quarrata

Dott.ssa Elisa Lazzi
Ordine Geologi Toscana n.1587

Quarrata, Luglio 2020



SOMMARIO

1. PREMESSA.....	2
2. ASPETTI MORFOLOGICI E GEOLOGICI	3
2.1 Ubicazione e morfologia	3
2.2 Inquadramento geologico di area vasta.....	3
2.3 Geologia e geomorfologia locale	3
2.4 Inquadramento geologico dell'area di studio	4
2.5 Idrogeologia.....	4
3. RISCHIO IDRAULICO E GEOMORFOLOGICO	5
3.1 DPCM 05/11/99.....	5
3.2 PGRA	5
3.3 Regolamento Urbanistico	5
4. RISCHIO SISMICO	8
4.1 Classificazione.....	8
4.2 Classificazione ai sensi del D.M. 17/01/2018	9
5. CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA.....	11
6. CONCLUSIONI.....	16

FIGURE IN TESTO

- 1) COROGRAFIA DELL'AREA – SCALA 1: 5.000
- 2) CARTA GEOLOGICA – SCALA 1: 10.000
- 3) PERICOLOCITA' GEOMORFOLOGICA – SCALA 1:10.000
- 4) PERICOLOSITA' IDRAULICA – SCALA 1:10.000
- 5) PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE – SCALA 1:10.000
- 6) CARTA DELLE MOPS – SCALA 1:10.000
- 7) SEZIONE GEOLOGICA CON PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA – SCALA 1:200

ALLEGATI:

1. PROVE PENETROMETRICHE
2. ANALISI GEOTECNICA DI LABORATORIO
3. INDAGINE SISMICA

1. PREMESSA

La presente relazione geologica è stata redatta per conto del Comune di Quarrata, a supporto del progetto di ristrutturazione edilizia tramite demolizione e ricostruzione di fabbricato e porticato a servizio del centro sportivo “L. Bennati”, nel Comune di Quarrata.

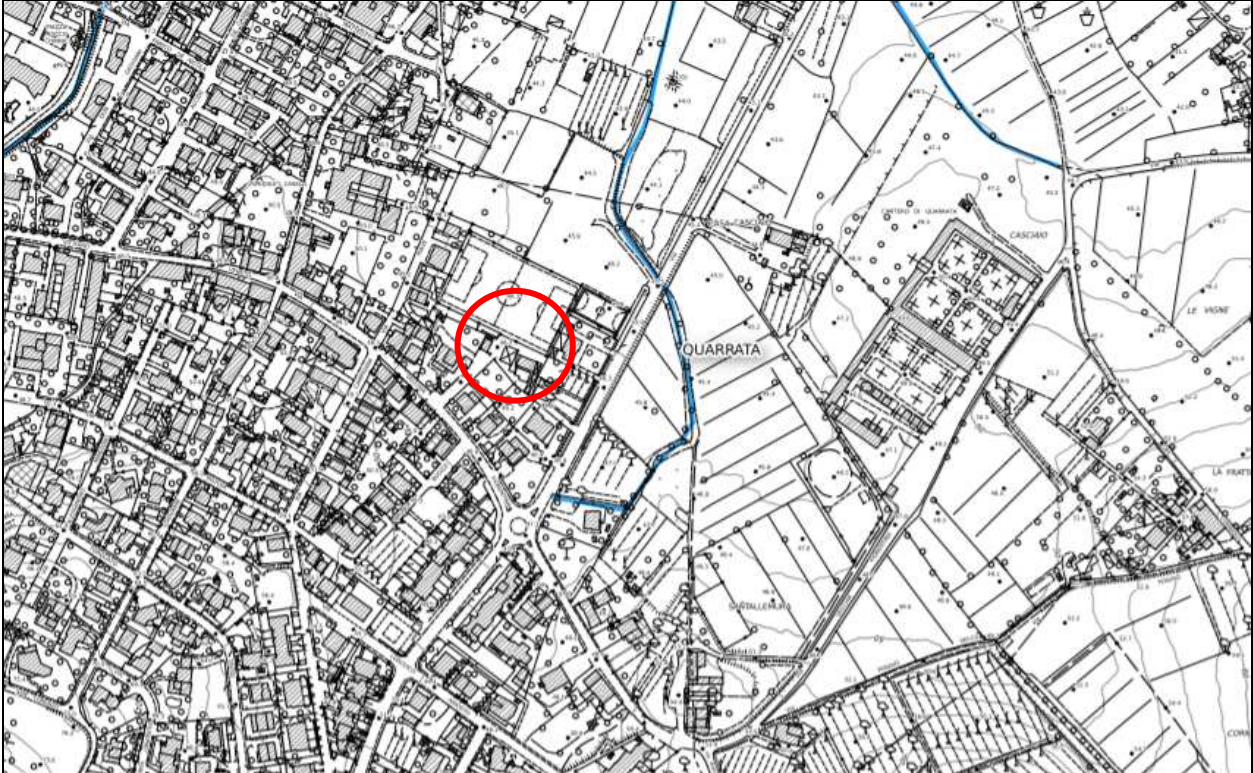


Fig.1 Corografia dei luoghi – scala 1:5.000

Lo scopo dello studio è stato quello di determinare le caratteristiche geomorfologiche, stratigrafiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche del sottosuolo in ottemperanza a quanto richiesto dalla legislazione vigente in materia:

- **Decreto Ministeriale 17.01.2018** – Testo unitario Norme Tecniche per le Costruzioni.
- **Decreto del Presidente della Giunta Regionale 9 luglio 2009, n. 36/R.** Regolamento di attuazione dell'articolo 117, commi 1 e 2 della legge regionale 3 gennaio 2005 n. 1 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico (1). (Bollettino Ufficiale n. 25, parte prima, del 17.07.2009).
- **D.P.C.M. 5/11/1999** pubblicato su G.U. n° 229 del 22/12/1999 riguardante "Approvazione del piano stralcio relativo alla riduzione del Rischio Idraulico del bacino del fiume Arno"
- **DPCM n.230 del 06/05/2005** Autorità di Bacino Fiume Arno.
- **PGRA:** Piano di Gestione Rischio Alluvione (17 Dicembre 2015).
- **Piano Strutturale e Piano Operativo** del Comune di Quarrata.

2. ASPETTI MORFOLOGICI E GEOLOGICI

2.1 Ubicazione e morfologia

L'area in oggetto si colloca nella periferia est del centro cittadino, in un'area urbanizzata e posta ad una quota di circa 46 mt sul livello medio del mare e caratterizzata da morfologia pianeggiante (vedi Corografia).

2.2 Inquadramento geologico di area vasta

Geologicamente l'area è situata nella parte nord occidentale del Bacino di natura lacustre, che si estende da Pistoia fino a Firenze, di età Villafranchiana, formatosi in seguito di una fase orogenetica, secondo un modello ad horst e graben, che portò alla scomparsa del mare verso SO ed alla formazione di fosse tettoniche estese per tutta la Toscana.

Il Bacino di Firenze-Prato-Pistoia ha una lunghezza di circa 45 Km ed una larghezza di circa 10 Km, disposto in direzione appenninica NO-SE; il margine a nord-est è caratterizzato da una faglia diretta con un rigetto di alcune centinaia di metri, mentre nel margine sud-ovest non si riscontrano importanti dislocazioni tettoniche.

L'evoluzione del Bacino avviene in diverse fasi iniziate con un forte accumulo di materiale portati dai vari immissari che scendono dai rilievi circostanti.

Quando il lago non ha ancora raggiunto il completo colmamento e fra i depositi marginali e quelli mediani c'è ancora un notevole dislivello, la conca di Firenze si svuota nel bacino Prato-Pistoia a causa di un sollevamento differenziale che la innalza rispetto al resto del bacino lacustre. Tale dislivello è legato allo sviluppo di faglie trasversali al bacino. L'emissario si localizza definitivamente nella zona di Signa (Gonfolina).

Nella Piana Di Firenze si sviluppa un reticolo idrografico il cui corso principale scorre da est verso ovest e sbocca nel lago Prato-Pistoia formando una pseudo-conoide. In tale bacino continua la sedimentazione lacustre, fino al riempimento, con la formazione di aree paludose residue.

Nella Pianura Firenze-Prato-Pistoia unificata si sviluppa un reticolo idrografico, e attraverso lo stretto della Gonfolina defluiscono tutte le acque del bacino. La pianura alluvionale attraversa fasi di impaludamento e di prosciugamento a seconda del prevalere del sollevamento della dorsale del M. Albano o dell'erosione dell'Arno nella stretta della Gonfolina.

I terreni di origine lacustre e alluvionale presenti nel bacino poggiano con giacitura sub-orizzontale su di un substrato roccioso mesozoico-terziario e variano notevolmente da zona a zona per composizione granulometrica e spessore passando da una granulometria francamente grossolana nella parte nella parte nord orientale in prossimità dei principali corsi d'acqua (Ombrone e Bisenzio), mentre nella parte meridionale e centrale della pianura prevalgono materiali fini.

2.3 Geologia e geomorfologia locale

Nel territorio comunale possiamo individuare due ambienti morfologici distinti: aree collinari e di pianura, ognuna rappresentata da diverse caratteristiche litologiche.

Aree pedecollinari e collinari

Il territorio pedecollinare è caratterizzato dalla presenza di estesi affioramenti del **Complesso di base**. Si tratta di un'unità composita, che presenta una grande variabilità di facies, in particolare nella zona in esame affiora come argilliti nerastre, fogliettate, in giacitura caotica, con intercalazioni, in strati o blocchi isolati, di calcari marnosi, marne e calcareniti (Cretaceo superiore – Eocene inferiore).

Nella fascia collinare più elevata altimetricamente affiora la Formazione del **Macigno**, caratterizzato da un'alternanza di arenarie quarzoso-feldspatiche a grana da media a grossolana e di strati sottili di siltiti e più raramente di argilliti (Oligocene medio superiore).

Inoltre è presente con lembi di limitata estensione la Formazione del **Calcare Alberese**, costituita da un'alternanza di marne, calcari marnosi, calcisiltiti e calcareniti di colore biancastro, con strati di spessore che varia da pochi centimetri ad alcuni decimetri (Eocene medio).

Aree di pianura

Nelle aree pianeggianti affiorano estesamente i **Depositi alluvionali recenti**, costituiti da depositi litologicamente eterogenei, comprendenti tutti i termini fra le argille e sabbie; al di sotto di tale copertura sono presenti le **Argille e sabbie lacustri**. Si tratta di depositi di origine lacustre e fluvio- lacustre di età Villafranchiana, costituito da elementi eterogenei con tutti i termini granulometrici dalle argille alle sabbie grossolane.

Nelle zone di raccordo fra il piede del versante e la pianura sono frequenti i **Depositi alluvio-colluviali** ovvero sedimenti con elevata eterogeneità litologica essendo costituiti in parte da depositi di versante ed in parte da sedimenti alluvionali a granulometria medio fine.

2.4 Inquadramento geologico dell'area di studio

L'area in esame è costituita da depositi alluvionali recenti costituiti prevalentemente da limi ed argille (vedi carta geologica).

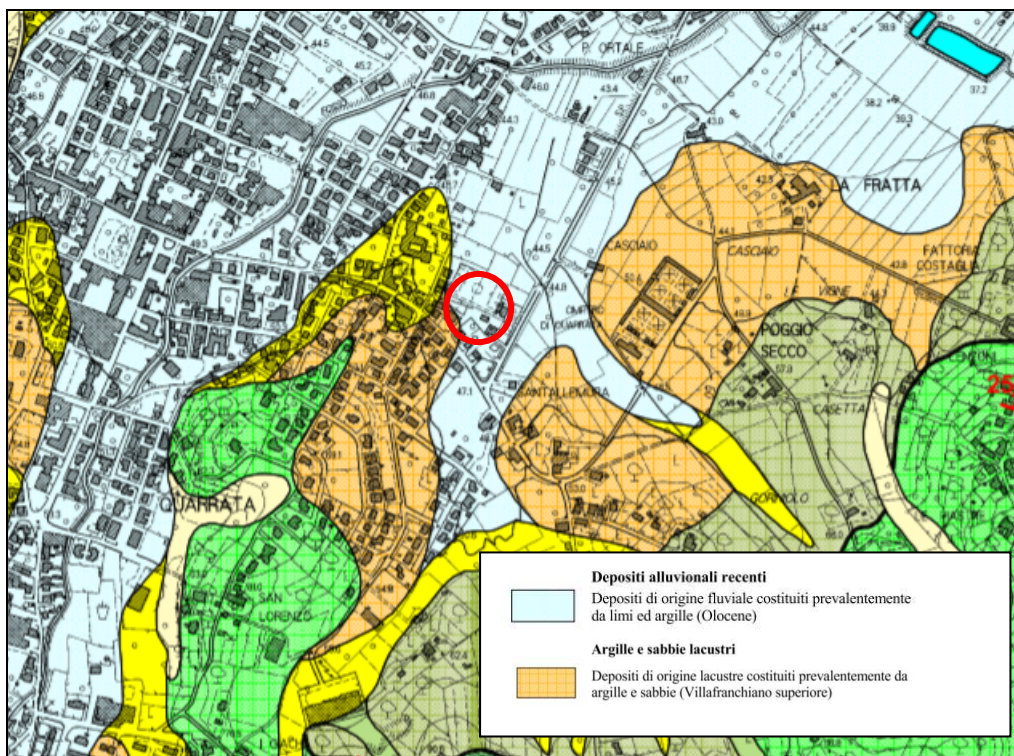


Fig.2 Carta geologica – scala 1:10.000 (Tav. G1)

2.5 Idrogeologia

Dal punto di vista idrografico, il corso d'acqua più significativo è il Fosso della Fermulla che scorre a circa 400 metri dall'area in esame.

Per quanto riguarda la presenza di falda, dalla misurata con freatimetro all'interno del foro di infissione delle prove non è stata rilevata.

3. RISCHIO IDRAULICO E GEOMORFOLOGICO

3.1 DPCM 05/11/99

In riferimento a quanto previsto dalla Norma 5 del D.P.C.M. 5/11/99 (Aree di pertinenza) il lotto in esame non ricade in nessun'area di pertinenza, come non ricade in aree interessate da eventi alluvionali secondo la Norma 6 del D.P.C.M. 5/11/99 (Carta Guida delle aree allagate).

Per quanto riguarda la Norma 13 del D.P.C.M. 5/11/99, la quale ha lo scopo di salvaguardare il sistema idrogeologico e l'equilibrio ecologico-ambientale, qualunque intervento che provochi variazioni morfologiche del suolo diverse dalle tradizionali lavorazioni agricole, comportanti sostanziali movimenti di terra, rialzamenti o variazioni di quota e/o modifiche della rete dei fossi o canali esistenti, è sottoposto ad autorizzazione rilasciata dall'Autorità Idraulica competente. Tale norma è intesa anche a dare una valutazione sul deflusso delle acque in relazione all'intervento previsto che comporterà una variazione delle aree delle superfici rispetto alla situazione attuale e di conseguenza un cambiamento della permeabilità del suolo. Nel caso specifico, non vi sarà alcuna modifica della permeabilità del suolo, pertanto si omette il calcolo previsto da tale normativa.

3.2 PGRA

In ottemperanza a tale delibera concernente "l'adozione del Piano rischio alluvioni" e delle relative misure di salvaguardia l'area in oggetto ricade in classe P1 - pericolosità bassa.

3.3 Regolamento Urbanistico

Nella carta di Pericolosità geologica del Nuovo Piano Strutturale (Tav. GP.1), il lotto ricade nella classe di pericolosità G1 bassa.



Fig.3 Pericolosità geomorfologica (Tav. GP.1 nuovo PS) – scala 1:10.000

Nella carta di pericolosità idraulica (Tav. GP.2 nuovo PS), l'area è classificata con pericolosità idraulica media I2.

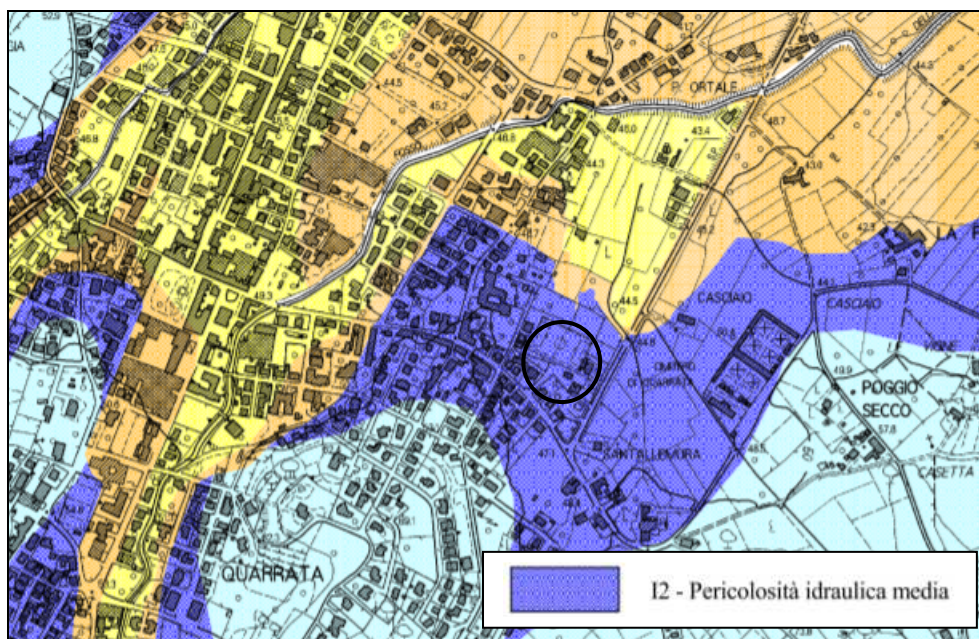


Fig.4 Pericolosità idraulica (Tav. GP.2 nuovo PS) – scala 1:10.000

Nella carta di pericolosità sismica del Piano Strutturale (Tav.GP.3), l'area risulta classificata.

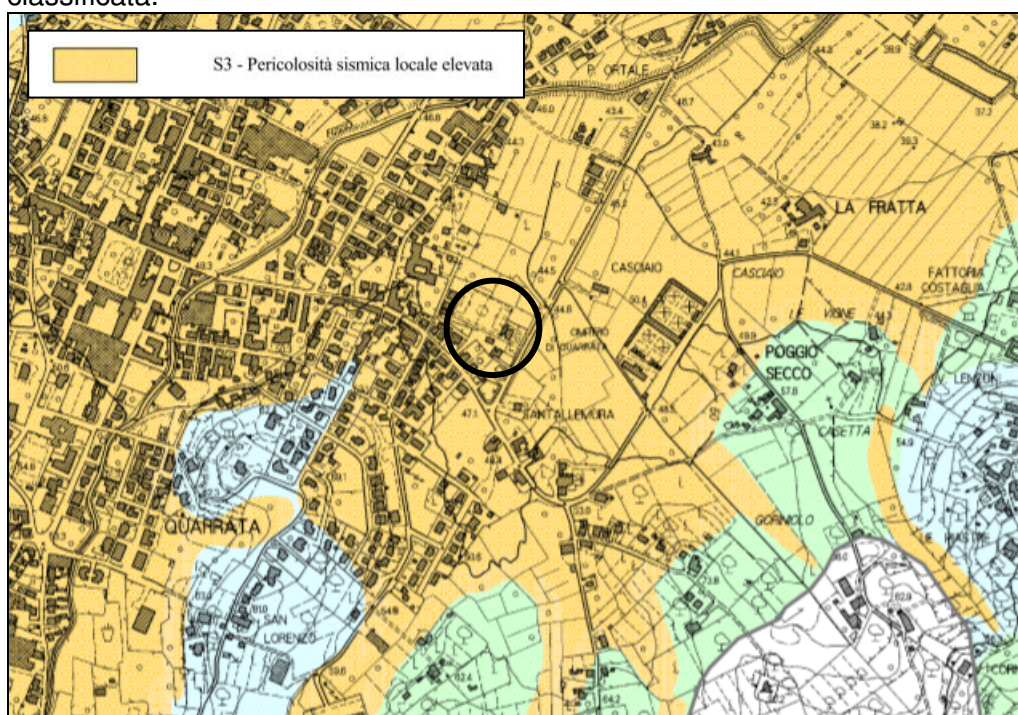


Fig.5 Pericolosità sismica locale (Tav. GP3 nuovo PS) – scala 1:10.000

Negli studi di microzonazione sismica e nella cartografia MOPS della Regione Toscana l'area è classificata come zona 3 – zone stabili suscettibili di amplificazione locale con terreno alluvionale con spessori variabili fra 3 e 12 metri poggianti su un substrato lapideo stratificato.

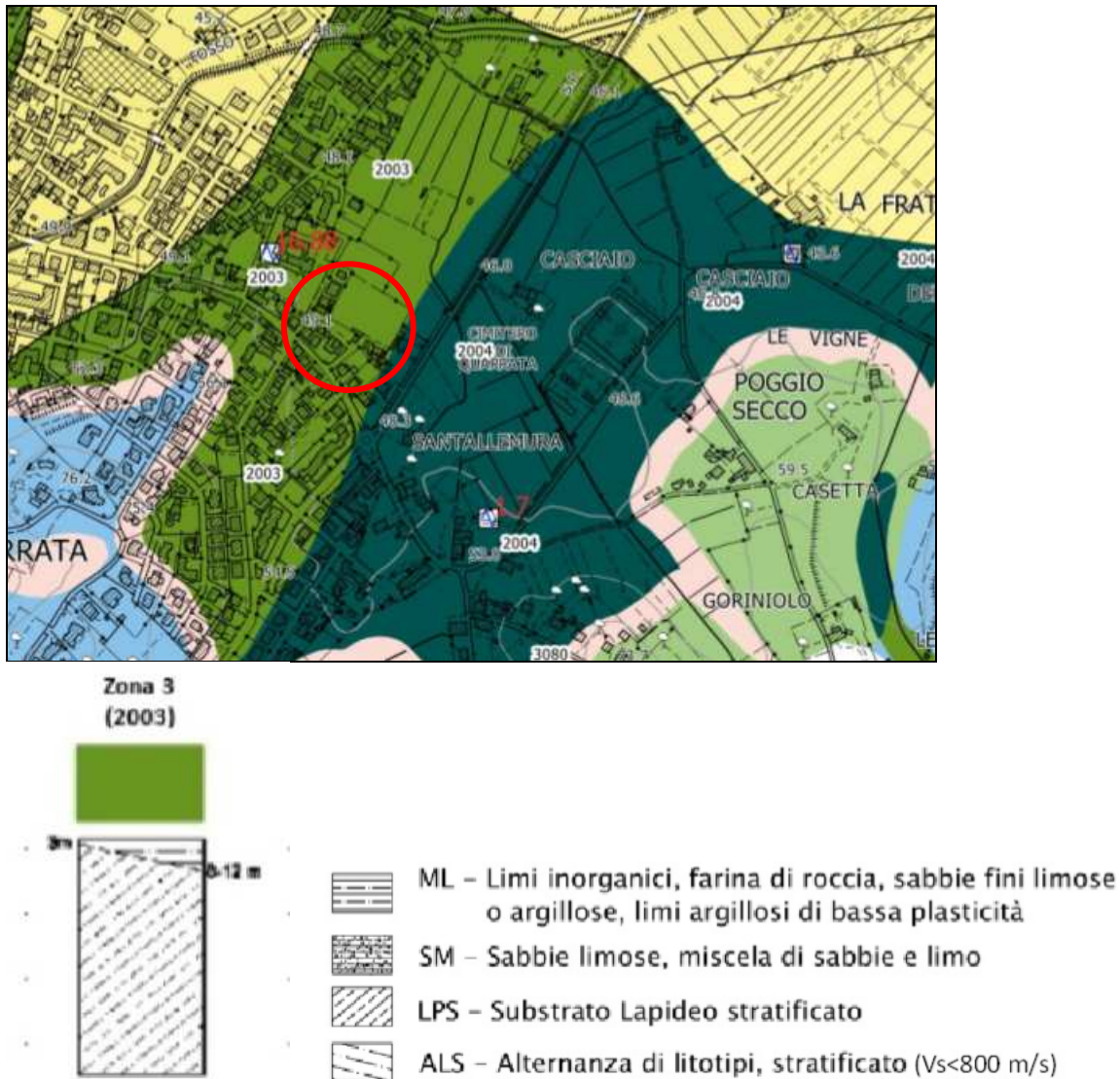


Fig. 6 Carta delle MOPS – scala 1:10.000

4. RISCHIO SISMICO

4.1 Classificazione

Il rischio sismico è il risultato dell'interazione tra il fenomeno naturale e le principali caratteristiche della comunità esposta. Si definisce come l'insieme dei possibili effetti che un terremoto di riferimento può produrre in un determinato intervallo di tempo, in una determinata area, in relazione alla sua probabilità di accadimento ed al relativo grado di intensità (severità del terremoto). La determinazione del rischio è legata a tre fattori principali:

- **Pericolosità:** esprime la probabilità che, in un certo intervallo di tempo, un'area sia interessata da terremoti che possono produrre danni.
- **Esposizione:** è la misura dell'importanza dell'oggetto esposto al rischio in relazione alle principali caratteristiche dell'ambiente, consiste pertanto nell'individuare gli elementi componenti il territorio, il cui stato, comportamento e sviluppo può venire alterato dall'evento sismico.
- **Vulnerabilità:** consiste nella valutazione della possibilità che persone, oggetti, edifici subiscano danni o modificazioni al verificarsi dell'evento sismico.

La classificazione delle zone sismiche in Italia è iniziata nel '900 a seguito del violento terremoto che nel 1908 colpì Messina; con R.D. nel 1927 le località colpite dai sismi furono distinte in due categorie in relazione al loro grado di sismicità e alla loro costituzione geologica.

La prima classificazione sismica della Toscana è avvenuta con Regio Decreto Legge 13 marzo 1927 n. 431 con il quale sono stati dichiarati in zona sismica poco più di 70 Comuni delle aree della Lunigiana, Garfagnana, Mugello, Alta Val Tiberina e Amiata.

Successivamente vari decreti hanno apportato modeste modifiche e in Toscana, così come per il resto del territorio nazionale, la classificazione dei territori è avvenuta solo dopo il verificarsi di un evento sismico con la finalità di applicare i provvedimenti amministrativi e finanziari necessari per la ricostruzione ed ha spesso ridotto il numero di comuni precedentemente classificati sismici.

In seguito la Legge 2 Febbraio 1974, n. 64 Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche (pubblicata nella Gazzetta Ufficiale del 21 marzo 1974, n. 76) ha stabilito il quadro di riferimento per le modalità di classificazione sismica del territorio nazionale poi regolato dal DMLLP del 14/07/1984 e decreti successivi fino a quello fondamentale di riferimento costituito dal DM 16/01/1996 Norme tecniche per costruzioni in zone sismiche.

L'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 (Pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale in data 8 Maggio 2003) proponeva l'adozione di un sistema normativo coerente con il codice europeo in materia antisismica (EC8).

A livello di mappatura macrosismica, il territorio nazionale viene suddiviso in 4 zone (come mostrato nella sottostante tabella) sulla base di un differente valore di accelerazione di picco ag su un terreno a comportamento litoide, derivante da studi macrosismici e sismotettonici a carattere nazionale:

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g/g)	Accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastica (a_g/g)
1	> 0.25	0.35 g
2	0.15 – 0.25	0.25 g
3	0.05 – 0.15	0.15 g
4	< 0.05	0.05 g

Alle Regioni spetta il compito di aggiornare gli elenchi delle zone sismiche, nell'ambito del proprio territorio di competenza.

L'attuale classificazione sismica regionale (Ord. PCM 3519 del 28.04.2006 - Delib. G.R. n. 431 del 19.06.2006) ha tenuto conto della zonazione proposta dall'ordinanza secondo la seguente tabella:

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)	Accelerazione orizzontale max convenzionale (di ancoraggio) dello spettro di risposta elastica (a_g)
1	$0.25\text{ g} < a_g < 0.35\text{ g}$	0.35 g
2	$0.15\text{ g} < a_g < 0.25\text{ g}$	0.25 g
3	$0.05\text{ g} < a_g < 0.15\text{ g}$	0.15 g
4	$< 0.05\text{ g}$	0.05 g

Per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone viene considerata la Mappa di pericolosità sismica (MPS) della Toscana.

Il territorio comunale di Quarrata rientra nella **Classe 3** con un valore del coefficiente d'intensità sismica o accelerazione massima convenzionale = 0.15 g.

4.2 Classificazione ai sensi del D.M. 17/01/2018

Il D.M. del 14/01/2008 Norme Tecniche per le Costruzioni apporta delle importanti modifiche anche per ciò che concerne i criteri di classificazione sismica del territorio nazionale prevedendo una classificazione del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura che dello spessore della stessa. Vengono identificate le classi, A, B, C, D, E, S1 e S2 ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico.

Il D.M. del 17/01/2018 modifica leggermente la classificazione sismica, togliendo le classi S1 e S2 e ridefinendo la categoria E.

Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

Categoria A : Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

Categoria B : Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Categoria 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 miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Categoria 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 miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.

Categoria E : Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30m.

Indagine sismica con tecnica masw

Per la caratterizzazione sismica del sito è stata eseguita in sito un indagine con tecnica masw+remi, la quale ha fornito un valore di $V_{seq}=454$ m/sec corrispondente alla

Categoria di suolo di fondazione B.

In allegato si riporta la relazione sismica.

PARAMETRI SISMICI DELL'AREA

Sito in esame.

latitudine: 43,847286
longitudine: 10,986521
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 19610	Lat: 43,8569	Lon: 10,9248	Distanza: 5060,017
Sito 2	ID: 19611	Lat: 43,8584	Lon: 10,9941	Distanza: 1372,532
Sito 3	ID: 19833	Lat: 43,8084	Lon: 10,9962	Distanza: 4395,131
Sito 4	ID: 19832	Lat: 43,8069	Lon: 10,9269	Distanza: 6560,194

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,047 g
Fo: 2,539
Tc*: 0,248 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,056 g
Fo: 2,574
Tc*: 0,262 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,132 g
Fo: 2,420
Tc*: 0,297 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,169 g
Fo: 2,379
Tc*: 0,307 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:
Ss: 1,200
Cc: 1,450

St: 1,000
 Kh: 0,011
 Kv: 0,006
 Amax: 0,549
 Beta: 0,200
 SLD:
 Ss: 1,200
 Cc: 1,440
 St: 1,000
 Kh: 0,014
 Kv: 0,007
 Amax: 0,662
 Beta: 0,200
 SLV:
 Ss: 1,200
 Cc: 1,400
 St: 1,000
 Kh: 0,038
 Kv: 0,019
 Amax: 1,554
 Beta: 0,240
 SLC:
 Ss: 1,200
 Cc: 1,390
 St: 1,000
 Kh: 0,049
 Kv: 0,024
 Amax: 1,991
 Beta: 0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50 - Geostru

5. CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA

La caratterizzazione geotecnica del sottosuolo è stata realizzata mediante l'esecuzione di n.2 prove penetrometriche statiche spinta fino alla profondità del rifiuto strumentale (rispettivamente 7.60 e 6.4 m). e prelievo di n.1 campione di terreno indisturbato sul quale sono state eseguite le analisi geotecniche di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici e meccanici.

Elaborazione prove penetrometriche

Prova CPT 1

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Descrizione
0,60	24,667	1,711	1,7	Argille sabbiose e limose
1,20	15,333	0,733	2,0	Argille sabbiose e limose
2,00	31,0	2,183	2,0	Argilla compatta
5,80	47,263	3,786	2,1	Argilla molto compatta
7,60	83,444	6,348	2,2	Argilliti

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	0,60	24,667	1,711	0,0	0,0	1,3
Strato 2	1,20	15,333	0,733	0,1	0,1	0,8
Strato 3	2,00	31,0	2,183	0,3	0,3	1,6
Strato 4	5,80	47,263	3,786	0,8	0,8	2,4
Strato 5	7,60	83,444	6,348	1,4	1,4	4,3

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	0,60	24,667	1,711	0,0	0,0	49,3
Strato 2	1,20	15,333	0,733	0,1	0,1	48,3
Strato 3	2,00	31,0	2,183	0,3	0,3	62,0
Strato 4	5,80	47,263	3,786	0,8	0,8	94,5
Strato 5	7,60	83,444	6,348	1,4	1,4	166,9

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	0,60	24,667	1,711	0,0	0,0	923,4
Strato 2	1,20	15,333	0,733	0,1	0,1	569,6
Strato 3	2,00	31,0	2,183	0,3	0,3	1151,8
Strato 4	5,80	47,263	3,786	0,8	0,8	1743,8
Strato 5	7,60	83,444	6,348	1,4	1,4	3078,1

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Modulo di deformazione e a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	0,60	24,667	1,711	0,0	0,0	198,5
Strato 2	1,20	15,333	0,733	0,1	0,1	148,4
Strato 3	2,00	31,0	2,183	0,3	0,3	228,2
Strato 4	5,80	47,263	3,786	0,8	0,8	295,3
Strato 5	7,60	83,444	6,348	1,4	1,4	418,0

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Densità relativa (%)
Strato 1	0,60	24,667	1,711	0,0	0,0	100,0
Strato 2	1,20	15,333	0,733	0,1	0,1	54,2

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	0,60	24,667	1,711	0,0	0,0	26,3
Strato 2	1,20	15,333	0,733	0,1	0,1	28,1

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Ocr
Strato 1	0,60	24,667	1,711	0,0	0,0	<0.5
Strato 2	1,20	15,333	0,733	0,1	0,1	1,3

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Ko
Strato 2	1,20	15,333	0,733	0,1	0,1	0,63

Prova CPT 2

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Descrizione
0,60	69,333	4,8	1,9	Argilla sabbiosa limosa
2,00	32,857	2,257	2,1	Argilla molto compatta
5,40	49,765	3,322	2,1	Argilla molto compatta
6,40	198,8	5,6	2,2	Argilliti

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	0,60	69,333	4,8	0,1	0,1	1,6
Strato 2	2,00	32,857	2,257	0,3	0,3	1,7
Strato 3	5,40	49,765	3,322	0,8	0,8	2,6
Strato 4	6,40	198,8	5,6	1,2	1,2	10,4

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	0,60	69,333	4,8	0,1	0,1	138,7
Strato 2	2,00	32,857	2,257	0,3	0,3	65,7
Strato 3	5,40	49,765	3,322	0,8	0,8	99,5
Strato 4	6,40	198,8	5,6	1,2	1,2	397,6

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Eu (Kg/cm ²)
Strato 1	0,60	69,333	4,8	0,1	0,1	2597,6
Strato 2	2,00	32,857	2,257	0,3	0,3	1221,9
Strato 3	5,40	49,765	3,322	0,8	0,8	1837,0
Strato 4	6,40	198,8	5,6	1,2	1,2	7408,2

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Modulo di deformazione e a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	0,60	69,333	4,8	0,1	0,1	373,2
Strato 2	2,00	32,857	2,257	0,3	0,3	236,5
Strato 3	5,40	49,765	3,322	0,8	0,8	304,8
Strato 4	6,40	198,8	5,6	1,2	1,2	710,4

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Densità relativa (%)
Strato 1	0,60	69,333	4,8	0,1	0,1	100,0

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	0,60	69,333	4,8	0,1	0,1	29,2

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Ocr
Strato 1	0,60	69,333	4,8	0,1	0,1	<0.5

Analisi di laboratorio

Il campione di terreno è stato prelevato alla profondità di imposta fondazione.

Sono state eseguite le principali analisi geotecniche per la determinazione dei parametri fisici e meccanici del terreno.

Ghiaia 0.5%
 Sabbia 4.5%
 Limo 47.8%
 Argilla 47.2%
 g = 18.7 kN/m³
 Cu = 93 kPa
 C' = 18 kPa
 fi = 27.2°
 E = 6685 kPa

Stratigrafia e parametrizzazione geotecnica media

Per la parametrizzazione dei livelli in cui non è stato prelevato il campione si utilizzano i dati della prova penetrometrica 1 essendo la più cautelativa.

da 0.00 a 0.60 mt.: Argilla sabbioso limosa

$g = 16.6 \text{ kN/m}^3$

$C_u = 17.5 \text{ kPa}$

$\phi_i = 26.3^\circ$

$E = 4835 \text{ kPa}$

da 0.60 a 2.00 mt.: Limo con argilloso debolmente sabbioso

(da analisi di laboratorio)

$g = 18.7 \text{ kN/m}^3$

$C_u = 93 \text{ kPa}$

$C' = 18 \text{ kPa}$

$\phi_i = 27.2^\circ$

$E = 6685 \text{ kPa}$

da 2.00 a 5.80 mt.: Argilla compatta

$g = 20.59 \text{ kN/m}^3$

$C_u = 235.3 \text{ kPa}$

$E = 9267 \text{ kPa}$

da 5.80 a 7.60 mt.: Tetto delle Argilliti (porzione più alterata)

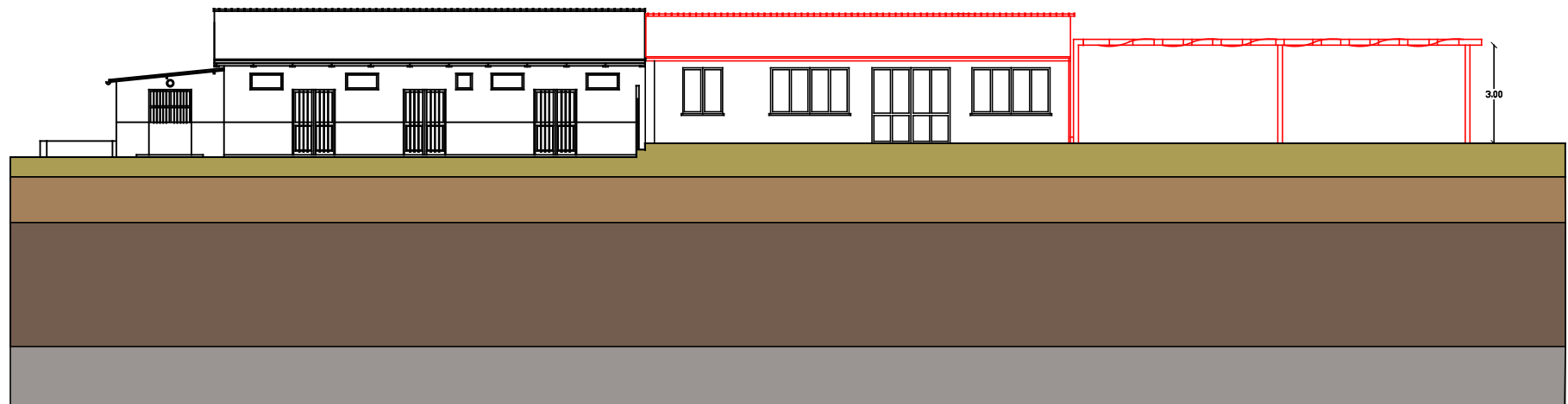
$g = 21.5 \text{ kN/m}^3$

$C_u = 421.7 \text{ kPa}$

$E = 16367 \text{ kPa}$

Per quanto riguarda la suscettibilità a liquefazione, come visibile dalle curva granulometriche, è presente più del 90% di componente fine (limo e argilla), pertanto non sussistono le caratteristiche necessarie per l'innescarsi di tale fenomeno.

Fig.7 - Sezione geologica scala 1:200



da 0.00 a 0.60 mt.: Argilla sabbioso limosa - $g = 16.6 \text{ kN/m}^3$; $C_u = 17.5 \text{ kPa}$; $\phi_i = 26.3^\circ$; $E = 4835 \text{ kPa}$



da 0.60 a 2.00 mt.: Limo con argilloso debolmente sabbioso - $g = 18.7 \text{ kN/m}^3$; $C_u = 93 \text{ kPa}$; $C' = 18 \text{ kPa}$; $\phi_i = 27.2^\circ$
 $E = 6685 \text{ kPa}$



da 2.00 a 5.80 mt.: Argilla compatta - $g = 20.59 \text{ kN/m}^3$; $C_u = 235.3 \text{ kPa}$; $E = 9267 \text{ kPa}$



da 5.80 a 7.60 mt.: Tetto delle Argilliti (porzione più alterata) - $g = 21.5 \text{ kN/m}^3$; $C_u = 421.7 \text{ kPa}$; $E = 16367 \text{ kPa}$

6. CONCLUSIONI

La presente relazione geologica è stata redatta per conto del Comune di Quarrata, a supporto del progetto di ristrutturazione edilizia tramite demolizione e ricostruzione di fabbricato e porticato a servizio del centro sportivo "L. Bennati", nel Comune di Quarrata.

La campagna geognostica di riferimento ha evidenziato la presenza di terreno prevalentemente argilloso.

Sono state valutate le pericolosità previste da normativa comunale e sovracomunale.

Sono stati attribuiti i principali parametri geotecnici e sismici che il progettista calcolatore potrà utilizzare per le verifiche strutturali.

Alla luce delle indagini svolte, stante la situazione morfologica, idraulica e sismica come ora presentata e per quanto di competenza, non sussistono problemi alla realizzazione delle opere in progetto.

Quarrata, 27 Luglio 2020

Dott.ssa Geol. Elisa Lazzi
Ordine dei Geologi della Toscana n.1587



ALLEGATO 1

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

Geoin di Chiappini Luca

Via delle Padulette, 15 - 51016 Montecatini Terme
P.I.:01916520479 cell.335 6274101

PROVE PENETROMETRICHE MECCANICHE / ELETTRICHE SCHEMA PENETROMETRO		
	riferimento	074-2020

Committente: Laboter - Comune Quarrata		
Cantiere: Ristrutturazione Centro Sportivo Bennati		
Località: Via Vecchia Fiorentina il Tronco 25 - Quarrata		

TG63-200S		Pagani - Piacenza
Sigla	TG63-200S	Nominativo o sigla dello strumento
Beta eff.	1,12	Coefficiente Effettivo suggerito dal costruttore del penetrometro
M(massa)	63 kg	Massa del Maglio Battente agente sulla batteria di aste
H(maglio)	0,75 m	Altezza di caduta o corsa del maglio (toll. da 0.01m a 0.02m)
L(aste)	1,00 m	Lunghezza delle aste utilizzabili, variabile da 1.00m a 2.00m (toll. da 0.1% a 0.2%)
M(aste)	6,00 kg	Peso al metro lineare delle aste (N.B. indipendente dalla lunghezza delle aste)
M(sistema)		Massa del complesso asta di guida - testa di battuta
A(punta)	20,00 cm²	Area della superficie laterale del cono della punta
Alfa(punta)	90 °	Angolo di apertura della punta conica variabile tra 60° e 90°
Prf.(1 °asta)	0,80 m	Profondità di giunzione della prima asta infissa
N	0,20 m	Penetrazione standard, tratto di penetrazione per quale sono necessari Nx colpi
Rivest.	Sì	Previsto uso di rivestimento delle aste o uso di fanghi
ø(punta)		Diametro della punta conica integra, cioè non soggetta ad usura (toll. da 0.3 a 0.5mm)
MaxCE%		Massima compressione elastica consentita rispetto alla penetrazione
L/DM		Rapporto tra la lunghezza e il diametro del maglio di battuta
D(tb)		Diametro della testa di battuta.
DEV(a)[<5m]		Deviazione massima delle aste dalla verticale nei primi 5.00 metri
DEV(a)[>5m]		Deviazione massima delle aste dalla verticale oltre i 5.00 metri
ECCmax(a)		Massima eccentricità consentita alle aste
Dest(aste)		Diametro esterno delle aste (toll. max 0.2mm)
Dint(aste)		Diametro interno delle aste cave (toll. da 0.2mm a 0.3mm)
Dmin(punta)		Minimo diametro consentito per la punta conica usurata
hcl(punta)		Altezza del cilindro alla base del cono della punta (toll. da 1.00mm a 2.00mm)
Ras(punta)		Rastremazione del cono nella parte alta
Hc(punta)		Altezza della parte conica della punta non soggetta ad usura (toll. da 0.1mm a 0.4mm)
RangeCP		Massimo numero di colpi utile
Spinta		Spinta nominale strumento

--

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

Strumento utilizzato:**TG63-200S - Pagani - Piacenza**

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura: $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ($\varnothing = 35.7 \text{ mm}$ - $h = 133 \text{ mm}$ - $A_m = 150 \text{ cm}^2$)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm/sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione $CT = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta: $q_c \text{ (kg/cm}^2 \text{)} = (L_1) \times CT / 10$ fase 2 - resistenza laterale locale: $f_s \text{ (kg/cm}^2 \text{)} = [(L_2) - (L_1)] \times CT / 150$ fase 3 - resistenza totale : $R_t \text{ (kg/cm}^2 \text{)} = (L_t) \times CT$

- Prima lettura = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- Terza lettura = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B. : la spinta $S \text{ (Kg)}$, corrispondente a ciascuna fase, si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione CT .

N.B. : causa la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il centro del manicotto laterale e la punta conica del penetrometro, la resistenza laterale locale f_s viene computata 20 cm sopra la punta.

CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N \approx 100 kg = 0,1 t1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N \approx 100 t1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m² = 0,001 MN/m² = 0,001 MPa \approx 0,1 t/m² = 0,01 kg/cm²1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m² = 1.000 kN/m² = 1000 kPa \approx 100 t/m² = 10 kg/cm²1 kg/cm² = 10 t/m² \approx 100 kN/m² = 100 kPa = 0,1 MN/m² = 0,1 MPa1 t = 1000 kg \approx 10 kN

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

Valutazioni in base al rapporto: $F = (q_c / f_s)$

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

	$F = q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
	$F \leq 15 \text{ kg/cm}^2$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 30 \text{ kg/cm}^2$	$F \leq 30 \text{ kg/cm}^2$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 60 \text{ kg/cm}^2$	$F \leq 60 \text{ kg/cm}^2$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
	$F > 60 \text{ kg/cm}^2$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

**Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978),
ricavabili in base ai valori di q_c e di $FR = (f_s / q_c) \% :$**

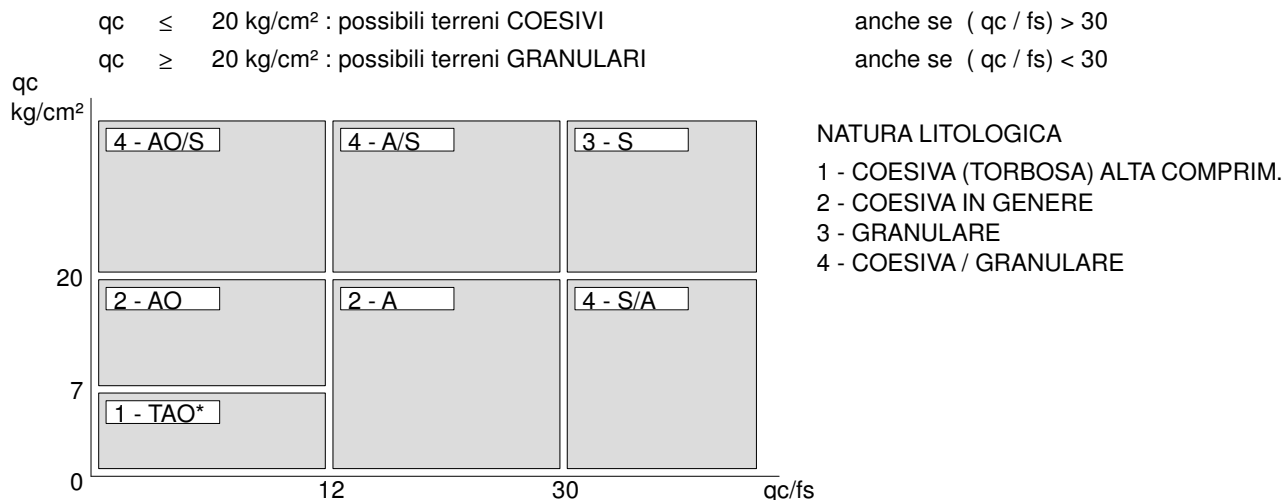
- AO	=	argilla organica e terreni misti
- Att	=	argilla (inorganica) molto tenera
- At	=	argilla (inorganica) tenera
- Am	=	argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac	=	argilla (inorganica) consistente
- Acc	=	argilla (inorganica) molto consistente
- ASL	=	argilla sabbiosa e limosa
- SAL	=	sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss	=	sabbia sciolta
- Sm	=	sabbia mediamente addensata
- Sd	=	sabbia densa o cementata
- SC	=	sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$ di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato) , per depositi coesivi.

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto q_c / f_s (Begemann 1965 - A.G.I. 1977) prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :



PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - q_c - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - q_c]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [correl. : Eu - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - q_c]
E'50 - E'25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza F = 2 - 4 rispettivamente)
Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski ed altri 1983)
- Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : Mo - q_c - natura]
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- Dr = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : Dr - R_p - σ'_{vo} (Schmertmann 1976)]
- \emptyset' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : \emptyset' - Dr - $q_c \sigma'_{vo}$)
 \emptyset'_{Ca} - Caquot (1948) \emptyset'_{Ko} - Koppejan (1948)
 \emptyset'_{DB} - De Beer (1965) \emptyset'_{Sc} - Schmertmann (1978)
 \emptyset'_{DM} - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.) \emptyset'_{Me} - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)
- F.L. = fattore di liquefazione (F.L.1 = Sabbie Pulite, F.L.2 = Sabbie Limose)
- Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Iyisan 1996)

Geoin di Chiappini Luca

Via delle Padulette, 15 - 51016 Montecatini Terme
P.I.:01916520479 cell.335 6274101

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	1
	riferimento	074-2020

Committente: Laboter - Comune Quarrata	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 13/07/2020
Cantiere: Ristrutturazione Centro Sportivo Bennati	Pagina: 1	
Località: Via Vecchia Fiorentina il Tronco 25 - Quarrata	Elaborato:	Falda: Assente

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,0	2,07	0									
0,40	47,0	78,0		47,0	2,00	24	4,3								
0,60	27,0	57,0		27,0	1,07	25	4,0								
0,80	16,0	32,0		16,0	0,93	17	5,8								
1,00	12,0	26,0		12,0	0,60	20	5,0								
1,20	18,0	27,0		18,0	0,67	27	3,7								
1,40	25,0	35,0		25,0	1,53	16	6,1								
1,60	26,0	49,0		26,0	2,20	12	8,5								
1,80	31,0	64,0		31,0	2,53	12	8,2								
2,00	42,0	80,0		42,0	2,47	17	5,9								
2,20	51,0	88,0		51,0	3,60	14	7,1								
2,40	52,0	106,0		52,0	3,40	15	6,5								
2,60	50,0	101,0		50,0	2,20	23	4,4								
2,80	60,0	93,0		60,0	3,87	16	6,5								
3,00	48,0	106,0		48,0	3,87	12	8,1								
3,20	48,0	106,0		48,0	3,40	14	7,1								
3,40	48,0	99,0		48,0	2,87	17	6,0								
3,60	46,0	89,0		46,0	3,60	13	7,8								
3,80	36,0	90,0		36,0	3,60	10	10,0								
4,00	33,0	87,0		33,0	3,33	10	10,1								
4,20	41,0	91,0		41,0	2,87	14	7,0								
4,40	34,0	77,0		34,0	3,00	11	8,8								
4,60	49,0	94,0		49,0	3,73	13	7,6								
4,80	40,0	96,0		40,0	4,00	10	10,0								
5,00	56,0	116,0		56,0	4,80	12	8,6								
5,20	59,0	131,0		59,0	5,33	11	9,0								
5,40	42,0	122,0		42,0	4,80	9	11,4								
5,60	47,0	119,0		47,0	4,73	10	10,1								
5,80	58,0	129,0		58,0	4,93	12	8,5								
6,00	80,0	154,0		80,0	6,87	12	8,6								
6,20	82,0	185,0		82,0	6,93	12	8,5								
6,40	81,0	185,0		81,0	7,27	11	9,0								
6,60	71,0	180,0		71,0	6,33	11	8,9								
6,80	84,0	179,0		84,0	4,40	19	5,2								
7,00	56,0	122,0		56,0	7,47	7	13,3								
7,20	89,0	201,0		89,0	8,73	10	9,8								
7,40	93,0	224,0		93,0	9,13	10	9,8								
7,60	115,0	252,0		115,0											

H = profondità	qc = resistenza di punta
L1 = prima lettura (punta)	fs = resistenza laterale calcolata
L2 = seconda lettura (punta + laterale)	0.20 m sopra quota qc
Lt = terza lettura (totale)	F = rapporto Begemann (qc / fs)
CT =10,00 costante di trasformazione	Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	2
	riferimento	074-2020

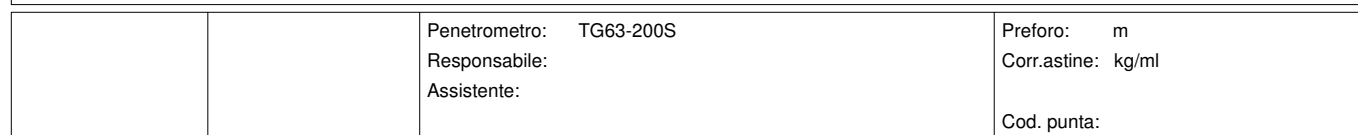
Committente: Laboter - Comune Quarrata	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 13/07/2020
Cantiere: Ristrutturazione Centro Sportivo Bennati	Pagina: 1	
Località: Via Vecchia Fiorentina il Tronco 25 - Quarrata	Elaborato:	Falda: Assente

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,0	3,73	0									
0,40	138,0	194,0		138,0	7,73	18	5,6								
0,60	70,0	186,0		70,0	2,93	24	4,2								
0,80	33,0	77,0		33,0	1,60	21	4,8								
1,00	28,0	52,0		28,0	1,80	16	6,4								
1,20	30,0	57,0		30,0	1,73	17	5,8								
1,40	32,0	58,0		32,0	2,20	15	6,9								
1,60	37,0	70,0		37,0	2,67	14	7,2								
1,80	33,0	73,0		33,0	2,93	11	8,9								
2,00	37,0	81,0		37,0	2,87	13	7,8								
2,20	45,0	88,0		45,0	2,60	17	5,8								
2,40	43,0	82,0		43,0	2,93	15	6,8								
2,60	52,0	96,0		52,0	2,67	19	5,1								
2,80	50,0	90,0		50,0	2,93	17	5,9								
3,00	49,0	93,0		49,0	3,07	16	6,3								
3,20	45,0	91,0		45,0	2,93	15	6,5								
3,40	59,0	103,0		59,0	3,07	19	5,2								
3,60	65,0	111,0		65,0	4,20	15	6,5								
3,80	54,0	117,0		54,0	4,00	14	7,4								
4,00	55,0	115,0		55,0	4,20	13	7,6								
4,20	52,0	115,0		52,0	3,27	16	6,3								
4,40	45,0	94,0		45,0	3,60	13	8,0								
4,60	51,0	105,0		51,0	2,93	17	5,7								
4,80	47,0	91,0		47,0	3,13	15	6,7								
5,00	36,0	83,0		36,0	2,93	12	8,1								
5,20	43,0	87,0		43,0	3,27	13	7,6								
5,40	55,0	104,0		55,0	4,73	12	8,6								
5,60	86,0	157,0		86,0	6,73	13	7,8								
5,80	168,0	269,0		168,0	8,07	21	4,8								
6,00	225,0	346,0		225,0	7,00	32	3,1								
6,20	247,0	352,0		247,0	6,20	40	2,5								
6,40	268,0	361,0		268,0											

H = profondità	qc = resistenza di punta
L1 = prima lettura (punta)	fs = resistenza laterale calcolata
L2 = seconda lettura (punta + laterale)	0.20 m sopra quota qc
Lt = terza lettura (totale)	F = rapporto Begemann (qc / fs)
CT =10,00 costante di trasformazione	Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

074-2020

Data esec.:	13/07/2020
Quota inizio:	
Falda:	Assente



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT

riferimento

2**074-2020**

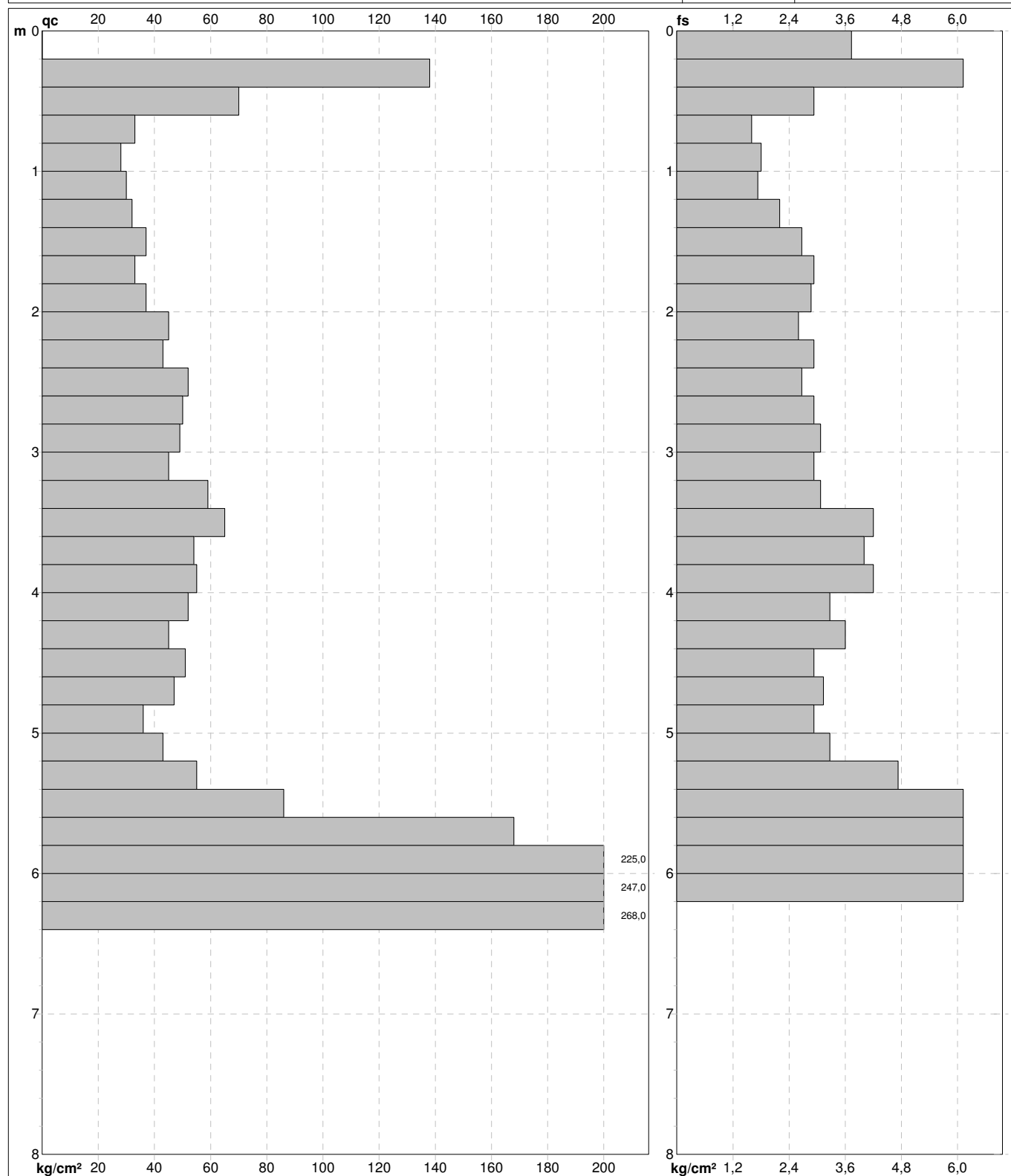
Committente: **Laboter - Comune Quarrata**
 Cantiere: **Ristrutturazione Centro Sportivo Bennati**
 Località: **Via Vecchia Fiorentina il Tronco 25 - Quarrata**

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: **1:40**
 Pagina: **1**
 Elaborato:

Data esec.: 13/07/2020

Quota inizio:

Falda: Assente



Penetrometro: TG63-200S

Responsabile:

Assistente:

Preforo: m

Corr.astine: kg/ml

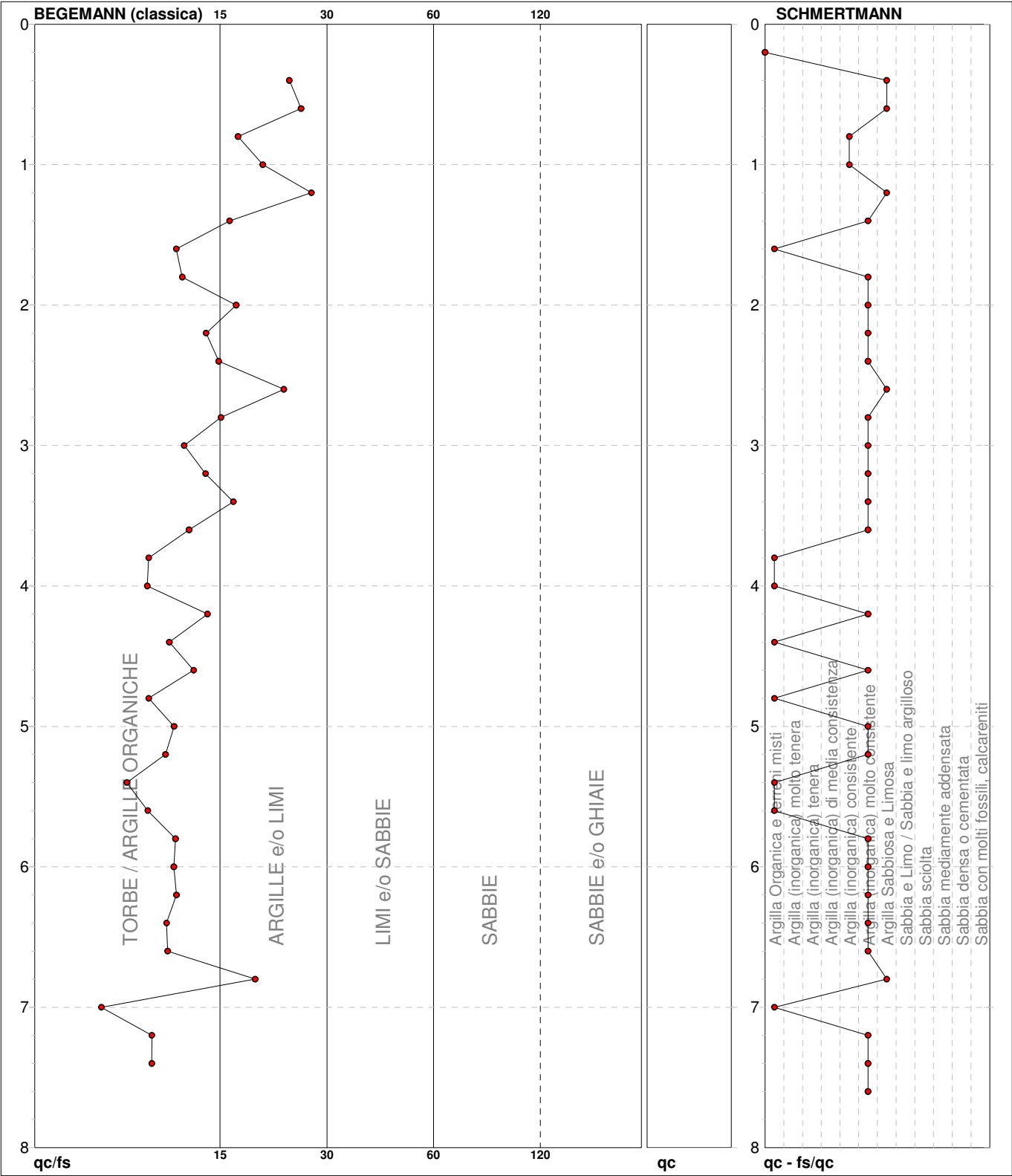
Cod. punta:

FON088

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA	CPT	1
	referimento	074-2020

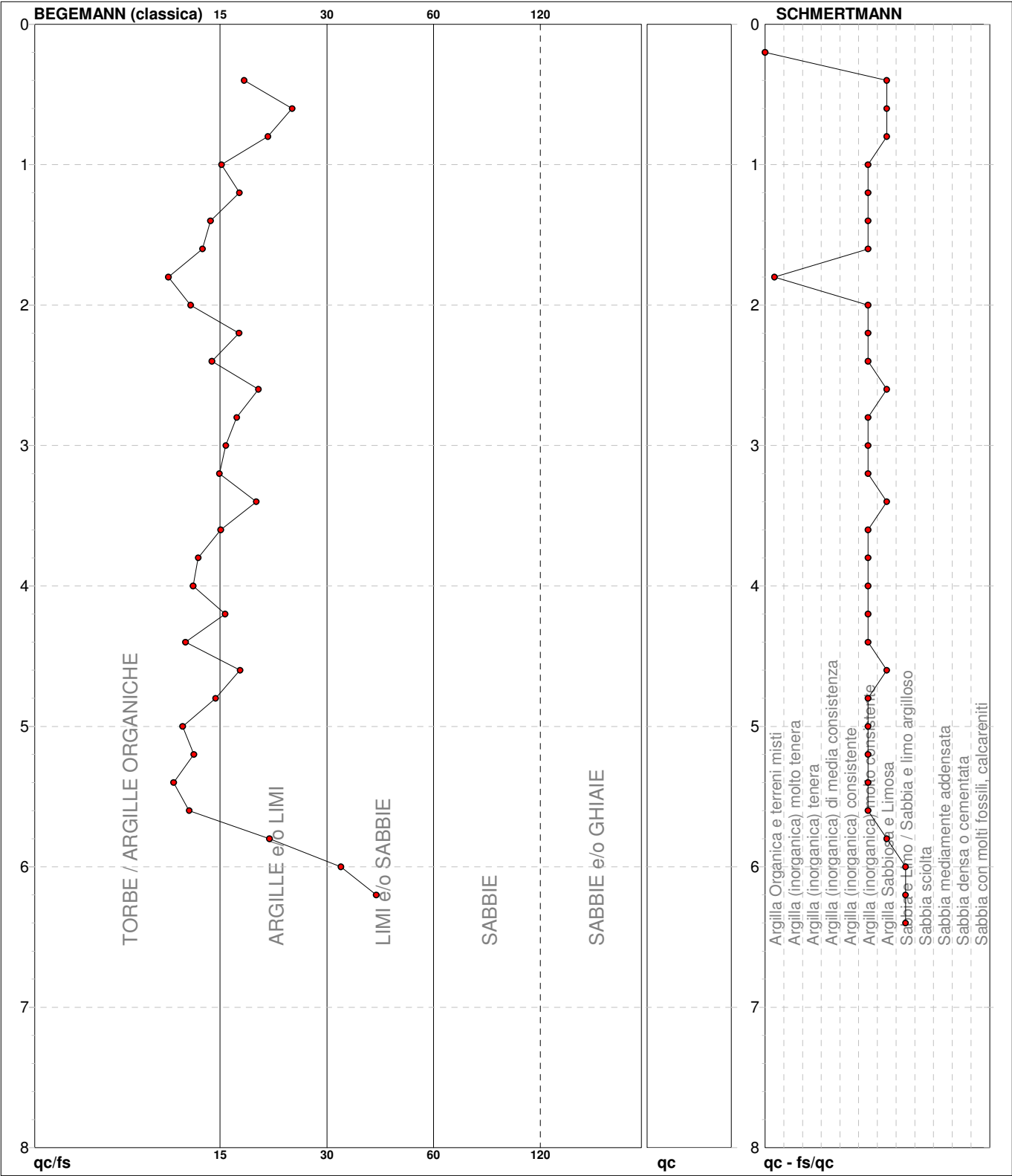
Committente: Laboter - Comune Quarrata	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 13/07/2020
Cantiere: Ristrutturazione Centro Sportivo Bennati	Scala: 1:40	
Località: Via Vecchia Fiorentina il Tronco 25 - Quarrata	Pagina: 1	
	Elaborato:	Falda: Assente



Torbe / Argille org. :	25 punti, 64,10%	Argilla Organica e terreni misti:	8 punti, 20,51%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	5 punti, 12,82%
Argille e/o Limi :	12 punti, 30,77%	Argilla (inorganica) consistente:	2 punti, 5,13%		
		Argilla (inorganica) molto consist.:	21 punti, 53,85%		

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA	CPT	2
	referimento	074-2020

Committente: Laboter - Comune Quarrata	U.M.: kg/cm²	Data eseg.: 13/07/2020
Cantiere: Ristrutturazione Centro Sportivo Bennati	Scala: 1:40	
Località: Via Vecchia Fiorentina il Tronco 25 - Quarrata	Pagina: 1	
	Elaborato:	Falda: Assente



Torbe / Argille org. :	13 punti, 33,33%	Argilla Organica e terreni misti:	1 punti, 2,56%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	7 punti, 17,95%
Argille e/o Limi :	16 punti, 41,03%	Argilla (inorganica) molto consist.:	20 punti, 51,28%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	2 punti, 5,13%
Limi e/o Sabbie :	2 punti, 5,13%				

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	1
	riferimento	074-2020

Committente: Laboter - Comune Quarrata	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 13/07/2020
Cantiere: Ristrutturazione Centro Sportivo Bennati	Pagina: 1	
Località: Via Vecchia Fiorentina il Tronco 25 - Quarrata	Elaborato:	Falda: Assente

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'_{vo} U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
							Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2
							U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0,20	--	--	4	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	47,0	23,5	4	2,01	0,08	236	1,57	99,9	266,3	399,5	141,0	100	43	42	39	36	45	31	78,3	117,5	141,0	--	--
0,60	27,0	25,2	4	1,95	0,12	192	0,95	86,6	161,1	241,6	81,0	80	41	37	34	32	41	28	45,0	67,5	81,0	--	--
0,80	16,0	17,2	2	1,96	0,16	157	0,70	40,9	118,3	177,4	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	12,0	20,0	2	1,92	0,19	141	0,57	24,3	97,1	145,7	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	18,0	26,9	2	1,98	0,23	164	0,75	27,0	127,5	191,3	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	25,0	16,3	4	1,94	0,27	186	0,91	28,3	154,5	231,8	75,0	56	38	32	29	27	37	28	41,7	62,5	75,0	--	--
1,60	26,0	11,8	4	1,95	0,31	189	0,93	24,6	157,9	236,8	78,0	54	38	32	29	27	36	28	43,3	65,0	78,0	--	--
1,80	31,0	12,3	4	1,97	0,35	202	1,03	24,3	175,7	263,5	93,0	57	38	32	29	27	36	29	51,7	77,5	93,0	--	--
2,00	42,0	17,0	4	2,00	0,39	226	1,40	31,0	238,0	357,0	126,0	65	39	33	30	28	37	30	70,0	105,0	126,0	--	--
2,20	51,0	14,2	4	2,01	0,43	243	1,70	34,9	289,0	433,5	153,0	69	40	33	31	29	38	31	85,0	127,5	153,0	--	--
2,40	52,0	15,3	4	2,01	0,47	245	1,73	32,0	294,7	442,0	156,0	68	39	33	30	28	38	31	86,7	130,0	156,0	--	--
2,60	50,0	22,7	4	2,01	0,51	242	1,67	27,5	283,3	425,0	150,0	65	39	33	30	28	37	31	83,3	125,0	150,0	--	--
2,80	60,0	15,5	4	2,02	0,55	259	2,00	31,4	340,0	510,0	180,0	69	40	33	30	28	37	32	100,0	150,0	180,0	--	--
3,00	48,0	12,4	4	2,01	0,59	238	1,60	21,8	272,0	408,0	144,0	60	38	32	29	27	36	31	80,0	120,0	144,0	--	--
3,20	48,0	14,1	4	2,01	0,63	238	1,60	20,1	272,0	408,0	144,0	58	38	31	28	27	35	31	80,0	120,0	144,0	--	--
3,40	48,0	16,7	4	2,01	0,67	238	1,60	18,6	272,0	408,0	144,0	56	38	31	28	26	35	31	80,0	120,0	144,0	--	--
3,60	46,0	12,8	4	2,01	0,71	234	1,53	16,4	260,7	391,0	138,0	54	38	30	27	26	35	31	76,7	115,0	138,0	--	--
3,80	36,0	10,0	4	1,99	0,75	214	1,20	11,3	204,0	306,0	108,0	44	37	29	26	24	33	30	60,0	90,0	108,0	--	--
4,00	33,0	9,9	4	1,97	0,79	207	1,10	9,5	189,7	284,6	99,0	40	36	28	25	24	32	29	55,0	82,5	99,0	--	--
4,20	41,0	14,3	4	2,00	0,83	224	1,37	11,7	232,3	348,5	123,0	46	37	29	26	24	33	30	68,3	102,5	123,0	--	--
4,40	34,0	11,3	4	1,98	0,87	209	1,13	8,7	206,2	309,3	102,0	38	36	28	25	23	32	29	56,7	85,0	102,0	--	--
4,60	49,0	13,1	4	2,01	0,91	240	1,63	13,0	277,7	416,5	147,0	50	37	30	27	25	34	31	81,7	122,5	147,0	--	--
4,80	40,0	10,0	4	2,00	0,95	222	1,33	9,6	229,0	343,5	120,0	42	36	28	25	24	32	30	66,7	100,0	120,0	--	--
5,00	56,0	11,7	4	2,01	0,99	252	1,87	13,9	317,3	476,0	168,0	52	38	30	27	25	34	31	93,3	140,0	168,0	--	--
5,20	59,0	11,1	4	2,02	1,03	257	1,97	14,1	334,3	501,5	177,0	53	38	30	27	25	34	32	98,3	147,5	177,0	--	--
5,40	42,0	8,8	4	2,00	1,07	226	1,40	8,8	253,7	380,6	126,0	40	36	28	25	23	32	30	70,0	105,0	126,0	--	--
5,60	47,0	9,9	4	2,01	1,11	236	1,57	9,6	268,5	402,7	141,0	43	36	28	25	24	32	31	78,3	117,5	141,0	--	--
5,80	58,0	11,8	4	2,02	1,15	256	1,93	12,0	328,7	493,0	174,0	50	37	29	26	25	33	31	96,7	145,0	174,0	--	--
6,00	80,0	11,6	4	2,03	1,19	289	2,67	17,2	453,3	680,0	240,0	60	38	31	28	26	35	33	133,3	200,0	240,0	--	--
6,20	82,0	11,8	4	2,04	1,23	291	2,73	17,0	464,7	697,0	246,0	60	38	31	28	26	35	33	136,7	205,0	246,0	--	--
6,40	81,0	11,1	4	2,03	1,27	290	2,70	16,1	459,0	688,5	243,0	59	38	30	27	26	34	33	135,0	202,5	243,0	--	--
6,60	71,0	11,2	4	2,03	1,31	276	2,37	13,1	402,3	603,5	213,0	54	38	30	27	25	34	32	118,3	177,5	213,0	--	--
6,80	84,0	19,1	4	2,04	1,35	294	2,80	15,6	476,0	714,0	252,0	59	38	30	27	26	34	33	140,0	210,0	252,0	--	--
7,00	56,0	7,5	4	2,01	1,40	252	1,87	9,0	331,0	496,5	168,0	44	37	28	25	23	32	31	93,3	140,0	168,0	--	--
7,20	89,0	10,2	4	2,04	1,44	300	2,97	15,6	504,3	756,5	267,0	59	38	30	27	26	34	33	148,3	222,5	267,0	--	--
7,40	93,0	10,2	4	2,04	1,48	305	3,10	15,9	527,0	790,5	279,0	60	38	30	27	26	34	33	155,0	232,5	279,0	--	--
7,60	115,0	--	3	2,02	1,52	331	--	--	--	--	--	67	39	31	28	27	35	35	191,7	287,5	345,0	--	--

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	2
	riferimento	074-2020

Committente: Laboter - Comune Quarrata	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 13/07/2020
Cantiere: Ristrutturazione Centro Sportivo Bennati	Pagina: 1	Falda: Assente
Località: Via Vecchia Fiorentina il Tronco 25 - Quarrata	Elaborato:	

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'vo U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
							Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2
							U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0,20	--	--	4	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	138,0	17,9	4	2,08	0,08	354	4,60	99,9	782,0	1173,0	414,0	100	43	47	45	41	45	36	230,0	345,0	414,0	--	--
0,60	70,0	23,9	4	2,03	0,12	274	2,33	99,9	396,7	595,0	210,0	100	43	41	39	36	45	32	116,7	175,0	210,0	--	--
0,80	33,0	20,6	4	1,97	0,16	207	1,10	70,7	187,0	280,5	99,0	79	41	36	34	31	40	29	55,0	82,5	99,0	--	--
1,00	28,0	15,6	4	1,96	0,20	194	0,97	45,6	164,1	246,2	84,0	68	39	34	32	29	39	28	46,7	70,0	84,0	--	--
1,20	30,0	17,3	4	1,96	0,24	199	1,00	38,0	170,0	255,0	90,0	66	39	34	31	29	38	29	50,0	75,0	90,0	--	--
1,40	32,0	14,5	4	1,97	0,28	204	1,07	34,0	181,3	272,0	96,0	64	39	33	31	29	38	29	53,3	80,0	96,0	--	--
1,60	37,0	13,9	4	1,99	0,32	216	1,23	34,4	209,7	314,5	111,0	66	39	33	31	29	38	30	61,7	92,5	111,0	--	--
1,80	33,0	11,3	4	1,97	0,36	207	1,10	25,8	187,0	280,5	99,0	59	38	32	29	27	37	29	55,0	82,5	99,0	--	--
2,00	37,0	12,9	4	1,99	0,40	216	1,23	26,0	209,7	314,5	111,0	60	39	32	29	28	37	30	61,7	92,5	111,0	--	--
2,20	45,0	17,3	4	2,00	0,44	232	1,50	29,5	255,0	382,5	135,0	65	39	33	30	28	37	31	75,0	112,5	135,0	--	--
2,40	43,0	14,7	4	2,00	0,48	228	1,43	24,9	243,7	365,5	129,0	61	39	32	29	27	36	30	71,7	107,5	129,0	--	--
2,60	52,0	19,5	4	2,01	0,52	245	1,73	28,6	294,7	442,0	156,0	66	39	33	30	28	37	31	86,7	130,0	156,0	--	--
2,80	50,0	17,1	4	2,01	0,56	242	1,67	24,8	283,3	425,0	150,0	62	39	32	29	27	36	31	83,3	125,0	150,0	--	--
3,00	49,0	16,0	4	2,01	0,60	240	1,63	22,1	277,7	416,5	147,0	60	38	32	29	27	36	31	81,7	122,5	147,0	--	--
3,20	45,0	15,4	4	2,00	0,64	232	1,50	18,3	255,0	382,5	135,0	56	38	31	28	26	35	31	75,0	112,5	135,0	--	--
3,40	59,0	19,2	4	2,02	0,68	257	1,97	23,8	334,3	501,5	177,0	63	39	32	29	27	36	32	98,3	147,5	177,0	--	--
3,60	65,0	15,5	4	2,02	0,72	267	2,17	25,0	368,3	552,5	195,0	65	39	32	29	27	36	32	108,3	162,5	195,0	--	--
3,80	54,0	13,5	4	2,01	0,76	249	1,80	18,5	306,0	459,0	162,0	58	38	31	28	26	35	31	90,0	135,0	162,0	--	--
4,00	55,0	13,1	4	2,01	0,80	251	1,83	17,8	311,7	467,5	165,0	57	38	31	28	26	35	31	91,7	137,5	165,0	--	--
4,20	52,0	15,9	4	2,01	0,84	245	1,73	15,6	294,7	442,0	156,0	54	38	30	27	26	34	31	86,7	130,0	156,0	--	--
4,40	45,0	12,5	4	2,00	0,88	232	1,50	12,3	255,0	382,5	135,0	48	37	29	26	25	33	31	75,0	112,5	135,0	--	--
4,60	51,0	17,4	4	2,01	0,92	243	1,70	13,6	289,0	433,5	153,0	51	37	30	27	25	34	31	85,0	127,5	153,0	--	--
4,80	47,0	15,0	4	2,01	0,96	236	1,57	11,6	266,3	399,5	141,0	47	37	29	26	24	33	31	78,3	117,5	141,0	--	--
5,00	36,0	12,3	4	1,99	1,00	214	1,20	7,9	240,2	360,4	108,0	37	36	28	24	23	31	30	60,0	90,0	108,0	--	--
5,20	43,0	13,1	4	2,00	1,04	228	1,43	9,4	248,2	372,3	129,0	42	36	28	25	24	32	30	71,7	107,5	129,0	--	--
5,40	55,0	11,6	4	2,01	1,08	251	1,83	12,2	311,7	467,5	165,0	50	37	29	26	25	33	31	91,7	137,5	165,0	--	--
5,60	86,0	12,8	4	2,04	1,12	297	2,87	20,4	487,3	731,0	258,0	64	39	31	28	27	36	33	143,3	215,0	258,0	--	--
5,80	168,0	20,8	4	2,10	1,16	382	5,60	44,9	952,0	1428,0	504,0	86	42	34	32	30	39	37	280,0	420,0	504,0	--	--
6,00	225,0	32,1	3	2,15	1,20	426	--	--	--	--	--	95	43	36	33	31	40	39	375,0	562,5	675,0	--	--
6,20	247,0	39,8	3	2,15	1,25	441	--	--	--	--	--	98	43	36	33	31	40	39	411,7	617,5	741,0	--	--
6,40	268,0	--	3	2,15	1,29	455	--	--	--	--	--	100	43	36	34	31	40	40	446,7	670,0	804,0	--	--

ALLEGATO 2

ANALISI DI LABORATORIO



Autorizzazione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Settore A – Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 – ART. 59 DPR 380/2001 – Circolare 7618/STC 2010

LABOTER snc di Paolo Tognelli e C.

Lab. Geotecnico - C.S.LL.PP. Decr. 2436/13

Committente :	Comune di Quarrata
Cantiere :	Centro sportivo L. Bennati - Quarrata (PT)
Verbale Accettazione n° :	246 del 13/07/2020
Data Certificazione :	23/07/2020
Campioni n°:	1
Certificati da n° a n° :	02529 a 02535



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

Settore A - Prove di Laboratorio su terre

Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE: Comune di Quarrata

RIFERIMENTO: Centro sportivo L. Bennati - Quarrata (PT)

SONDAGGIO: CPT1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 0.8-1.3

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	27,4	%
Peso di volume	18,7	kN/m ³
Peso di volume secco	14,7	kN/m ³
Peso di volume saturo	19,0	kN/m ³
Peso specifico	26,2	kN/m ³
Indice dei vuoti	0,781	
Porosità	43,9	%
Grado di saturazione	93,6	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		%
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
UNI 11531/14		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	0,5	%
Sabbia	4,5	%
Limo	47,8	%
Argilla	47,2	%
D 10		mm
D 50	0,002678	mm
D 60	0,005049	mm
D 90	0,028693	mm
Passante set. 10	99,5	%
Passante set. 42	98,6	%
Passante set. 230	95,3	%

COMPRESSIONE

σ	187	kPa
c_u	93	kPa
σ_{Rim}		kPa
$c_u Rim$		kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c'	18,0	kPa	
ϕ'	27,2	°	
c'_{Res}		kPa	
ϕ'_{Res}		°	

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	C_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	C'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	C_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	C_u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec
24,6 ÷ 49,2	9666	0,000181	1,83E-09
49,2 ÷ 98,4	6685	0,000246	3,60E-09
98,4 ÷ 196,8	6838	0,000371	5,32E-09
196,8 ÷ 393,6	6917	0,000796	1,13E-08
393,6 ÷ 787,2	8566	0,000621	7,11E-09
787,2 ÷ 1574,4	17039	0,000647	3,72E-09

FOTOGRAFIA**OSSERVAZIONI**

Tipo di campione: Cilindrico		Qualità del campione: Q 5
------------------------------	--	---------------------------

Posizione delle prove		cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR	TD	CS	ED		
					0	Limo con argilla MUNSELL SOIL COLOR: 10YR 5/6 Yellowish brown
					10	
					20	Classificazione del terreno in base alla resistenza al pocket penetrometer e vane test
					30	< 24.5 kPa molto molle
						24.5 - 49.1 kPa molle
						49.1 - 98.1 kPa plastico
						98.1 - 196.2 kPa consistente
						196.2 - 392.4 kPa molto consistente
						>392,4 kPa duro
					38	

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02529	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 23/07/20	Inizio analisi: 13/07/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 246 del 13/07/20		Apertura campione: 13/07/20	Fine analisi: 14/07/20

COMMITTENTE: Comune di Quarrata				
RIFERIMENTO: Centro sportivo L. Bennati - Quarrata (PT)				
SONDAGGIO:	CPT1	CAMPIONE:	1	PROFONDITA': m 0.8-1.3

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 27,4 %☒ Omogeneo

Struttura del materiale:

☐ Stratificato☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02530	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 23/07/20	Inizio analisi: 13/07/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 246 del 13/07/20		Apertura campione: 13/07/20	Fine analisi: 13/07/20

COMMITTENTE: Comune di Quarrata				
RIFERIMENTO: Centro sportivo L. Bennati - Quarrata (PT)				
SONDAGGIO: CPT1		CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	0.8-1.3

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 18,7 kN/m³

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02531	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 23/07/20	Inizio analisi: 15/07/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 246 del 13/07/20		Apertura campione: 13/07/20	Fine analisi: 17/07/20

COMMITTENTE: Comune di Quarrata				
RIFERIMENTO: Centro sportivo L. Bennati - Quarrata (PT)				
SONDAGGIO:	CPT1	CAMPIONE:	1	PROFONDITA': m 0.8-1.3

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D 854-10

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 26,2 kN/m³

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 26,2 kN/m³

Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 25,0 °C

Disaerazione eseguita sotto vuoto



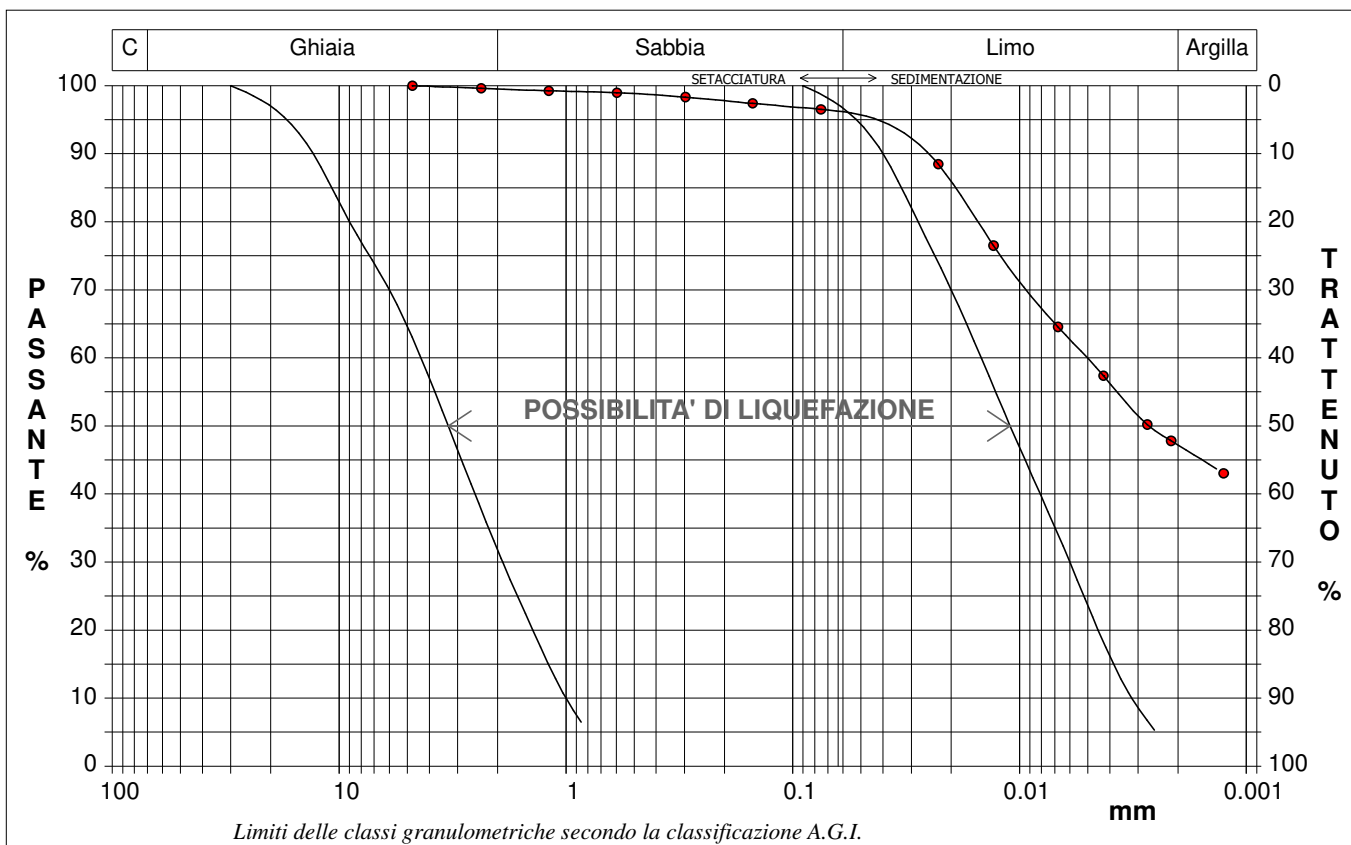
CERTIFICATO DI PROVA N°: 02532	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 23/07/20	Inizio analisi: 14/07/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 246 del 13/07/20		Apertura campione: 13/07/20	Fine analisi: 17/07/20

COMMITTENTE: Comune di Quarrata				
RIFERIMENTO: Centro sportivo L. Bennati - Quarrata (PT)				
SONDAGGIO: CPT1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 0.8-1.3

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	0,5 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99,5 %	D ₁₀	---	mm
Sabbia	4,5 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	98,6 %	D ₃₀	---	mm
Limo	47,8 %	Passante setaccio 230 (0.063 mm)	95,3 %	D ₅₀	0,00268	mm
Argilla	47,2 %			D ₆₀	0,00505	mm
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---	
				D ₉₀	0,02869	mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
4,7500	100,00	0,1500	97,39	0,0043	57,38				
2,3600	99,61	0,0750	96,52	0,0027	50,21				
1,1900	99,24	0,0228	88,45	0,0021	47,82				
0,5950	98,97	0,0130	76,50	0,0013	43,04				
0,2970	98,32	0,0068	64,55						

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

Settore A - Prove di Laboratorio su terre

Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02533 Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 246 del 13/07/20

DATA DI EMISSIONE: 23/07/20

Inizio analisi: 13/07/20

Apertura campione: 13/07/20

Fine analisi: 22/07/20

COMMITTENTE: Comune di Quarrata

RIFERIMENTO: Centro sportivo L. Bennati - Quarrata (PT)

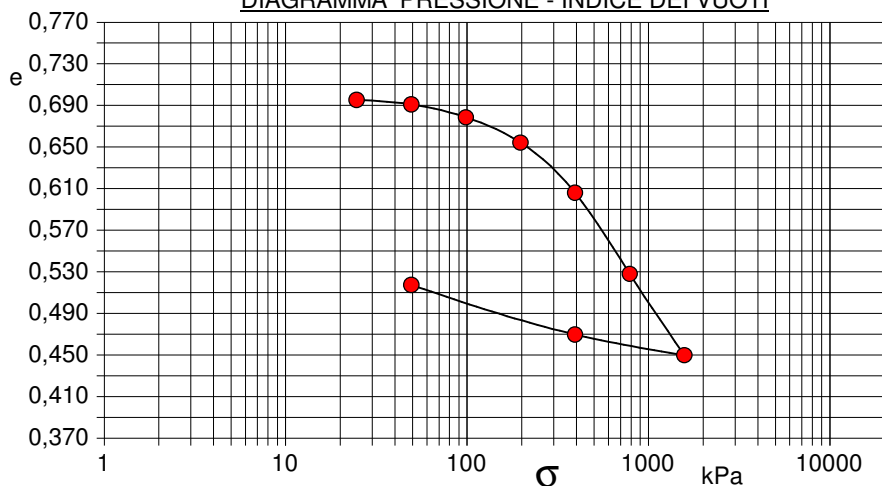
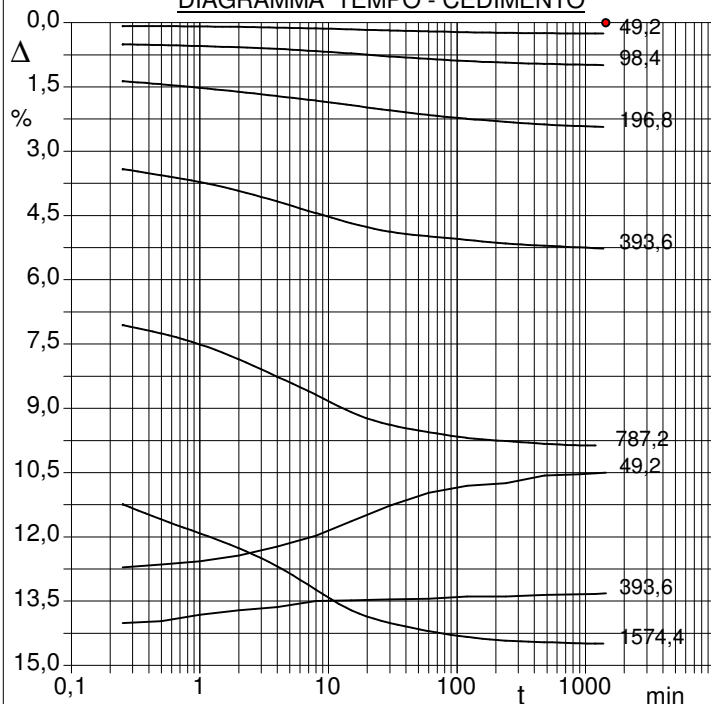
SONDAGGIO: CPT1

CAMPIONE: 1

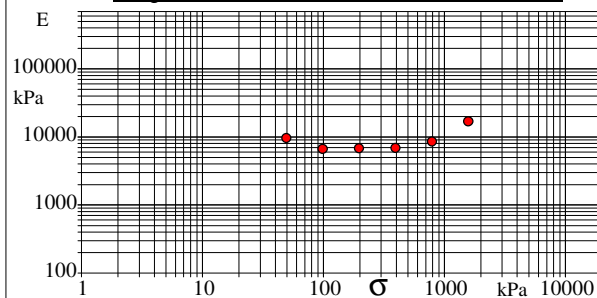
PROFONDITA': m 0.8-1.3

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

Caratteristiche del campionePeso di volume (kN/m³) 19,65
Umidità (%) 27,1
Peso specifico (kN/m³) 26,20Altezza provino (cm) 2,00
Diametro provino (cm) 5,00
Sezione provino (cm²) 19,63
Volume provino (cm³) 39,27Volume dei vuoti (cm³) 16,11
Indice dei vuoti 0,70
Porosità (%) 41,02
Saturazione (%) 100,0**DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI****DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO**

Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
24,6	0,0	0,695				
49,2	5,1	0,691	0,014	9666	0,000181	1,83E-09
98,4	19,8	0,679	0,041	6685	0,000246	3,60E-09
196,8	48,6	0,654	0,081	6838	0,000371	5,32E-09
393,6	105,5	0,606	0,160	6917	0,000796	1,13E-08
787,2	197,4	0,528	0,259	8566	0,000621	7,11E-09
1574,4	289,8	0,450	0,260	17039	0,000647	3,72E-09
393,6	266,3	0,470				
49,2	210,1	0,517				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



LABOTER snc
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 02533	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 23/07/20	Inizio analisi: 13/07/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 246 del 13/07/20		Apertura campione: 13/07/20	Fine analisi: 22/07/20

COMMITTENTE: Comune di Quarrata			
RIFERIMENTO: Centro sportivo L. Bennati - Quarrata (PT)			
SONDAGGIO: CPT1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	0.8-1.3

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 49,2 kPa		Pressione 98,4 kPa		Pressione 196,8 kPa		Pressione 393,6 kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0,02	0,0	0,02	5,1	0,02	19,8	0,02	48,6
0,25	1,6	0,25	10,1	0,25	27,3	0,25	68,3
0,50	1,6	0,50	10,4	0,50	28,7	0,50	71,3
1,00	1,7	1,00	10,9	1,00	30,5	1,00	74,4
2,00	2,0	2,02	11,5	2,00	32,2	2,00	78,5
4,00	2,3	4,02	12,2	4,02	34,3	4,02	83,5
8,00	2,7	8,02	13,3	8,02	36,4	8,02	88,9
15,00	3,1	15,02	14,4	15,02	38,5	15,02	93,6
30,00	3,6	30,02	15,7	30,02	40,9	30,02	97,6
60,00	4,1	60,02	16,9	60,02	43,1	60,02	99,7
120,00	4,4	120,02	17,9	120,02	44,8	120,02	101,4
240,00	4,7	240,02	18,7	240,02	46,3	240,02	103,1
480,00	4,9	480,02	19,2	480,02	47,5	480,02	104,1
900,00	5,1	900,02	19,6	900,02	48,3	900,02	104,9
1200,00	5,1	1200,02	19,7	1200,02	48,5	1200,00	105,3
1440,00	5,1	1440,02	19,8	1440,02	48,6	1440,00	105,5

Pressione 787,2 kPa		Pressione 1574,4 kPa		Pressione 393,6 kPa		Pressione 49,2 kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0,02	105,5	0,02	197,4	0,02	289,8	0,02	266,3
0,25	141,1	0,25	224,8	0,25	280,2	0,25	254,2
0,50	145,1	0,50	231,9	0,50	279,4	0,50	252,9
1,00	150,2	1,00	238,4	1,00	276,3	1,00	251,4
2,00	157,1	2,00	245,3	2,00	274,3	2,00	248,7
4,00	165,3	4,00	253,8	4,00	272,8	4,00	244,6
8,00	173,7	8,00	264,7	8,00	270,0	8,00	239,5
15,00	181,8	15,00	274,2	15,00	269,6	15,00	232,7
30,00	187,7	30,00	280,2	30,00	269,2	30,00	225,4
60,00	191,1	60,00	284,0	60,00	268,9	60,00	219,4
120,00	193,8	120,00	286,7	120,00	267,9	120,00	216,2
240,00	195,3	240,00	288,5	240,00	267,8	240,00	215,0
480,00	196,6	480,00	289,2	480,00	267,1	480,00	211,4
900,00	197,2	900,00	289,7	900,00	266,8	900,00	210,7
1200,00	197,3	1200,00	289,8	1200,00	266,6	1200,00	210,4
1344,63	197,4	1440,00	289,8	1440,00	266,3	1440,00	210,1

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02534** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 246 del 13/07/20

DATA DI EMISSIONE: 23/07/20

Inizio analisi: 13/07/20

Apertura campione: 13/07/20

Fine analisi: 13/07/20

COMMITTENTE: Comune di Quarrata

RIFERIMENTO: Centro sportivo L. Bennati - Quarrata (PT)

SONDAGGIO: CPT1

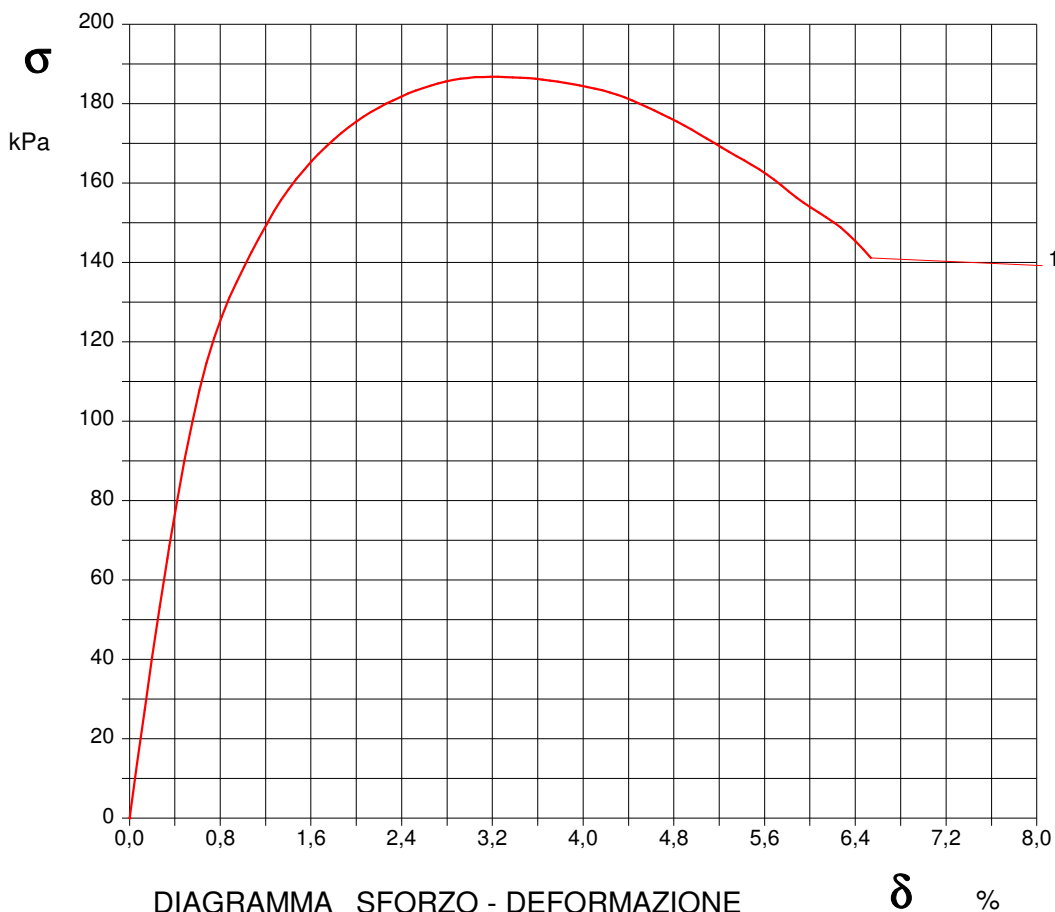
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 0.8-1.3

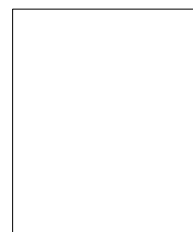
PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-06

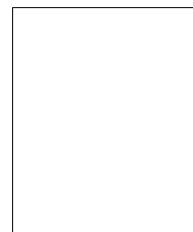
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	-----	-----
Velocità di deformazione (mm/min):	1,500	-----	-----
Altezza (cm):	7,60	-----	-----
Sezione (cm²):	11,34	-----	-----
Peso di volume (kN/m³):	19,2	-----	-----
Umidità naturale (%):	27,4	-----	-----



Provino 1

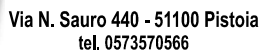


Provino 2



Provino 3

Moduli di elasticità kPa	Tangente	Provino 1: 19532	Provino 2: ---	Provino 3: ---
	Secante	Provino 1: ---	Provino 2: ---	Provino 3: ---
	A rottura	Provino 1: ---	Provino 2: ---	Provino 3: ---



Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-06

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Lo sperimentatore
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02535** Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 246 del 13/07/20

DATA DI EMISSIONE: 23/07/20

Inizio analisi: 17/07/20

Apertura campione: 13/07/20

Fine analisi: 19/07/20

COMMITTENTE: Comune di Quarrata

RIFERIMENTO: Centro sportivo L. Bennati - Quarrata (PT)

SONDAGGIO: CPT1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 0.8-1.3

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

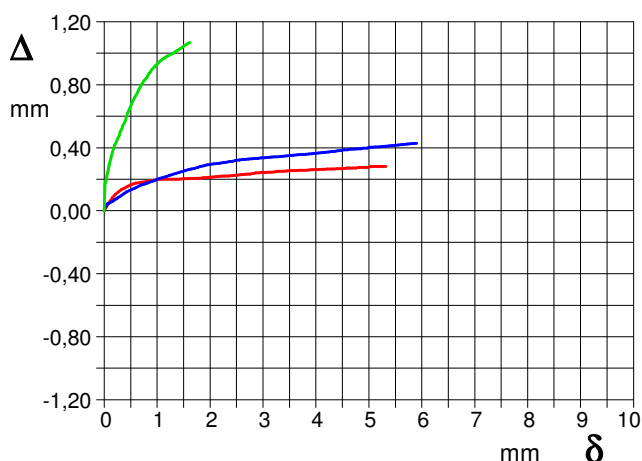
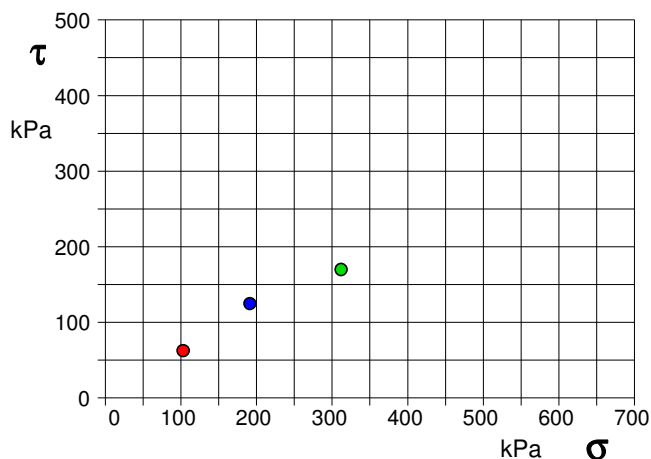
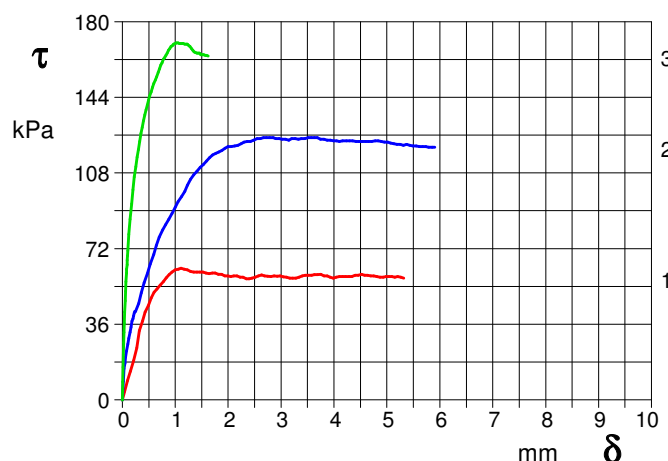
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	63	125	170
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,11	2,67	1,03
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,20	0,33	0,94
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 27,9	--- 27,8	--- 27,7
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	18,6 23,8	19,1 24,4	18,5 23,7

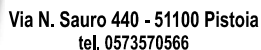
DIAGRAMMATensione - Pressione verticale

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,007 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24

DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Il direttore del laboratorio
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02535** Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 246 del 13/07/20

DATA DI EMISSIONE: 23/07/20

Inizio analisi: 17/07/20

Apertura campione: 13/07/20

Fine analisi: 19/07/20

COMMITTENTE: Comune di Quarrata

RIFERIMENTO: Centro sportivo L. Bennati - Quarrata (PT)

SONDAGGIO: CPT1

CAMPIONE: 1

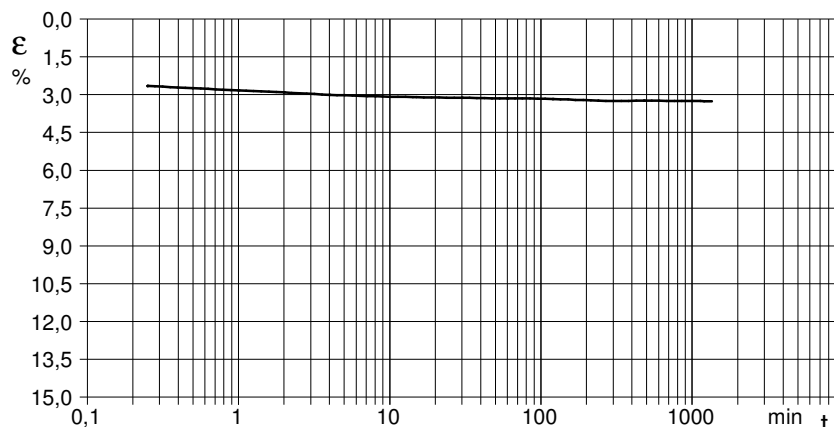
PROFONDITA': m 0.8-1.3

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

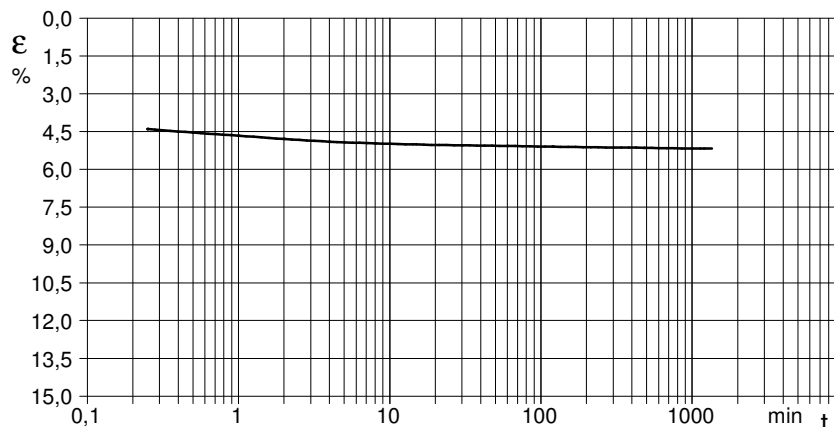
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 1**

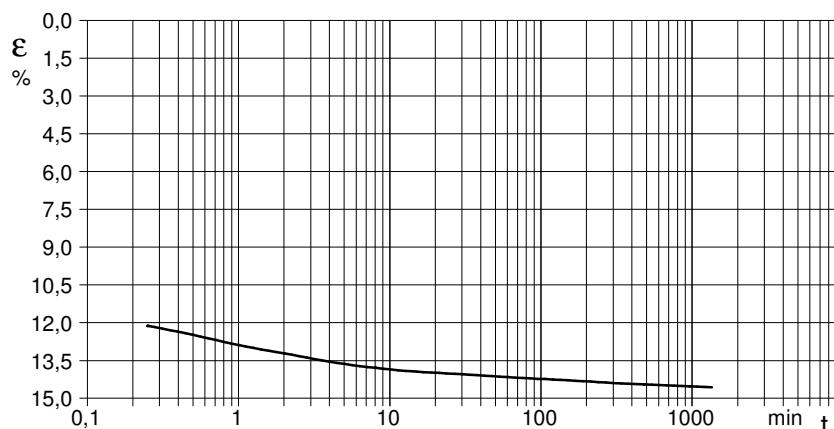
Pressione (kPa)	103
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,935
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 2**

Pressione (kPa)	191
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,896
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 3**

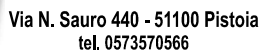
Pressione (kPa)	312
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,709
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata

tf = 50 x T₅₀

Vs = Df / tf



Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Lo sperimentatore
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli

COMMITTENTE:	Comune di Quarrata		
RIFERIMENTO:	Centro sportivo L. Bennati - Quarrata (PT)		
SONDAGGIO:	CPT1	CAMPIONE:	1
		PROFONDITA': m	0.8-1.3

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	63	125	170
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,11	2,67	1,03
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,20	0,33	0,94
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 27,9	--- 27,8	--- 27,7
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	18,6 23,8	19,1 24,4	18,5 23,7

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 18,0 kPa
Angolo di attrito interno: 27,2 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,007 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

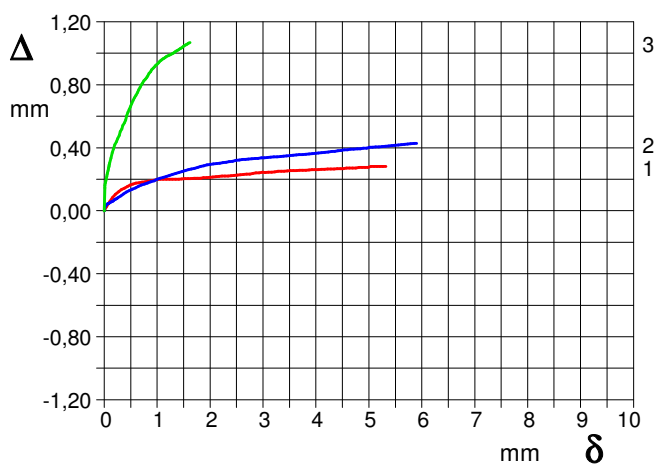
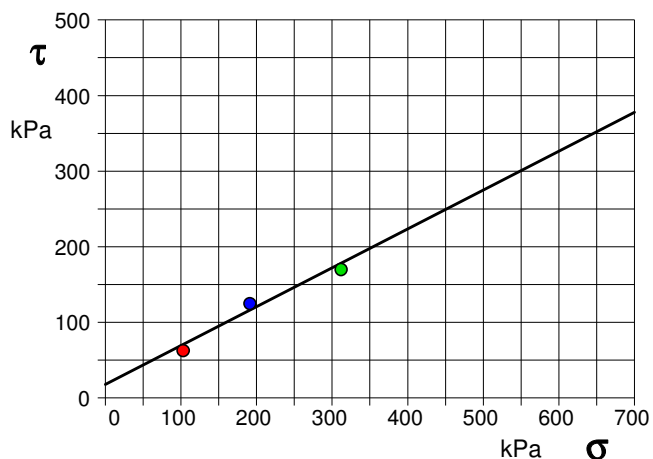


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

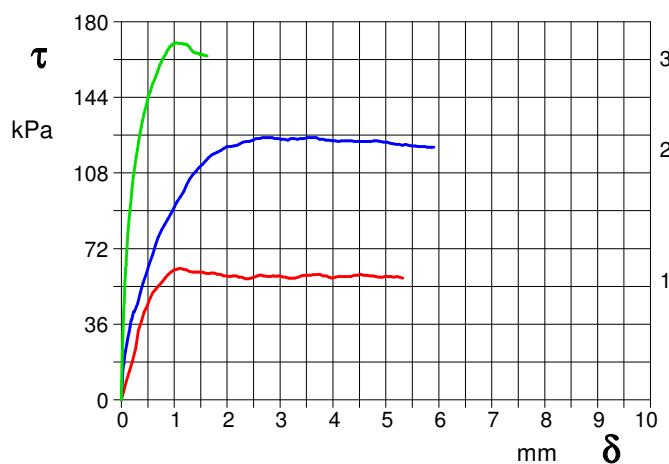


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

ALLEGATO 3

INDAGINE SISMICA

LABOTER s.n.c.
Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Ufficio: 0573/570566
Laboratorio: 0573/1720130
Fax. 0573/910056
laboter@laboterpt.it
laboter@pec.laboterpt.it
www.laboterpt.it
P.IVA: 00515880474

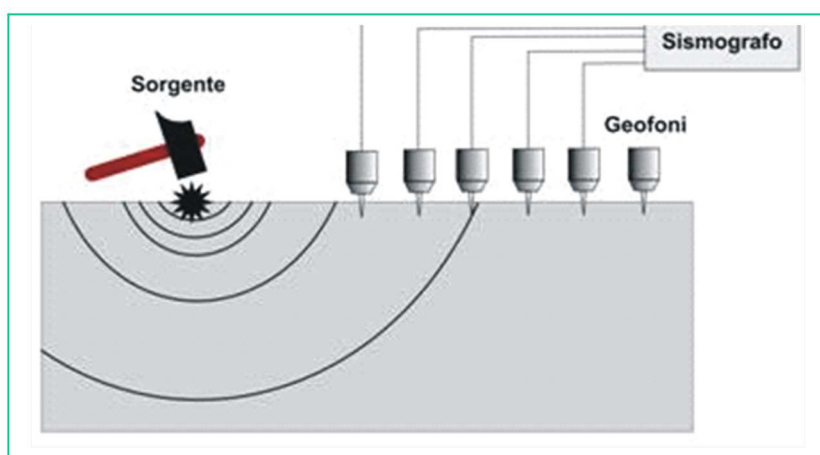


MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Certificazione settore "A" - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - ART. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

INDAGINE SISMICA CON TECNICA MASW + REMI

Ubicazione: Centro sportivo "L.Bennati" – Quarrata (PT)

Committente: Comune di Quarrata



Pistoia, 13 Luglio 2020

Laboter snc

1. PREMESSA

Su incarico del Comune di Quarrata, è stata eseguita un'indagine sismica presso il centro sportivo "L.Bennati", Via Vecchia Fiorentina Il Tronco. Lo scopo dell'indagine è la caratterizzazione dinamica del sottosuolo nelle prime decine di metri con l'individuazione delle principali unità geofisiche e delle relative proprietà meccaniche elastiche, quali velocità delle onde longitudinali P (V_p), velocità delle onde trasversali S (V_s) e i relativi parametri elastici (E , G , K e ν). Sulla base dei valori di V_s e del modulo di taglio (G) sarà possibile valutare la rigidezza del suolo e fornire delle prime indicazioni sul comportamento dinamico della parte superficiale del sottosuolo.

2. INDAGINE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

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

Moto del segnale sismico

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

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

Onde di Rayleigh – "R"

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

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi

spettroale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

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

$$v = \lambda \times v$$

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

Modi di vibrazione

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

2.1 Strumentazione utilizzata

La strumentazione ed attrezzatura (Do.Re.Mi) utilizzata per l'acquisizione dei dati è costituita da:

- Sistema di energizzazione delle onde: la sorgente è costituita da una mazza dal peso di 10 Kg battente verticalmente od eventualmente orizzontalmente, su di una piastra del diametro di 20 cm posta direttamente sul piano campagna, la quale permette di avere un preciso punto di impatto in fase di energizzazione ed aiuta a far sì che la massa energizzante non affondi troppo nel terreno disperdendo energia.
- Sistema di ricezione: costituito da 12 geofoni verticali ed orizzontali monocomponente del tipo elettromagnetico a bobina mobile con peso della massa 23.6 gr e frequenza propria di 4.5 Hz, ovvero dei trasduttori di velocità in grado di tradurre in segnale elettrico la velocità

con cui il suolo si sposta al passaggio delle onde sismiche longitudinali e trasversali prodotte da una specifica sorgente.

- Sistema di acquisizione dati: cavo sismico a cui sono collegati in sequenza i vari geofoni ciascuno dei quali rappresenta un singolo canale, notebook PC Windows XP con software DoReMi; il sistema è in grado di convertire in digitale e registrare su memoria il segnale proveniente da ciascuna canale dal sistema di ricezione.
- Sistema di trigger: interruttore di consenso che individua il momento in cui viene prodotta l'energizzazione sul terreno: può essere costituito dalla chiusura di un contatto che si realizza dal far toccare due poli mediante un geofono.

2.2 Indagine MASW – metodologia ed acquisizione

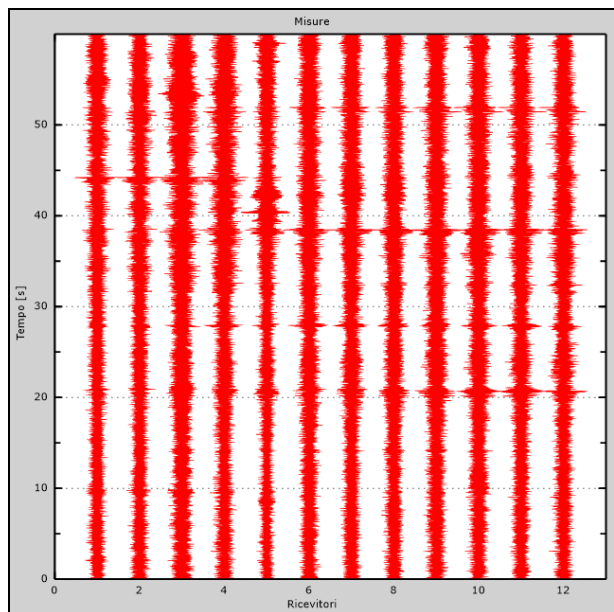
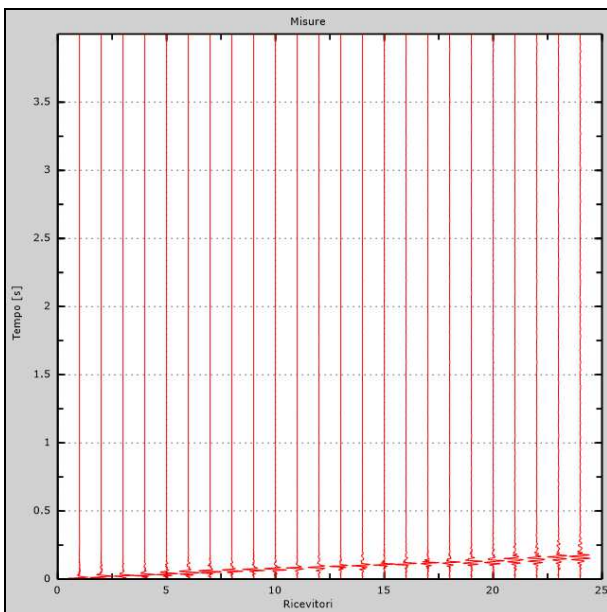
Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio Vs, sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Reyleigh, le quali viaggiano ad una velocità correlata con la rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Reyleigh sono dispersive, ovvero la velocità di fase apparente di tali onde dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva di queste è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali, dando informazione sulla parte più superficiale del suolo, mentre onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi. Il metodo di indagine masw utilizzato è di tipo attivo, in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo, tramite energizzazione con massa battente da 10 Kg, e misurate da uno strumento lineare di sensori. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenze tra 5-10Hz e 70-100Hz. Inoltre, ed unitamente alla tecnica attiva, viene utilizzata una tecnica passiva (REMI) che permette di analizzare frequenze più basse 0-5Hz e quindi di scendere più in profondità con l'analisi del sottosuolo. I fondamenti teorici del metodo masw fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata dalla presenza di pendenze significative. L'acquisizione dei dati è stata effettuata posizionando 12+12 geofoni da 4.5 Hz con distanza intergeofonica di 1.0 metri, per una lunghezza totale di 24 metri.

L'elaborazione è stata eseguita tramite il software MASW (V. Roma 2007) ed EasyMasw.

3. ELABORAZIONE INDAGINE MASW

L'elaborazione dei dati acquisiti in campagna mediante strumentazione Do.Re.Mi., sono stati elaborati con il software Easy MASW e con MASW 2007. Inoltre è stata effettuata l'acquisizione REMI, ovvero una tecnica passiva che consiste nel registrare i microtremori, cioè rumori ambientali dovuti a sorgenti naturali e/o artificiali.

N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	4000
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	0.333



3.1 Risultati analisi e tecnica passiva (REMI)

Frequenza finale	70Hz
Frequenza iniziale	2Hz
Numero di ricevitori.....	12
Numero di campioni temporali.....	3.26787e-312
Passo temporale di acquisizione.....	2ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi.....	12
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....	0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a.....	59998ms

3.3 Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
8.13664	550.389	460.21	640.569
14.8144	430.15	358.757	501.542
21.3345	351.242	302.395	400.09
25.7996	275.196	247.676	302.715
29.2237	249.375	224.438	274.313
32.6477	245.818	221.236	270.4
36.0718	230.86	207.774	253.946
39.4959	221.264	199.137	243.39
42.92	218.022	196.22	239.825
46.344	211.858	190.673	233.044
49.7681	208.863	187.977	229.749
53.1922	206.321	185.689	226.953
56.6163	203.569	183.212	223.926
60.0403	199.615	179.653	219.576
63.4644	208.293	187.464	229.123
66.8885	192.398	173.159	211.638

3.4 Risultati

Numero di strati (escluso semispazio).....	7
Spaziatura ricevitori [m]	1.0m
Numero ricevitori.....	24
Numero modi	10
Strato 1	
h [m].....	2
z [m].....	-2
Vs fin.[m/s]	205
Strato 2	
h [m].....	3
z [m].....	-5
Vs fin.[m/s]	280

Laboter snc

Via Nazario Sauro n.440 – 51030 Pontelungo (PT)

Tel. 0573/570566 – Fax 0573/910056 – e.mail: laboter@laboterpt.it

Strato 3

h [m] 3
 z [m] -8
 Vs fin.[m/s] 390

Strato 4

h [m] 4
 z [m] -12
 Vs fin.[m/s] 475

Strato 5

h [m] 4
 z [m] -16
 Vs fin.[m/s] 490

Strato 6

h [m] 5
 z [m] -21
 Vs fin.[m/s] 570

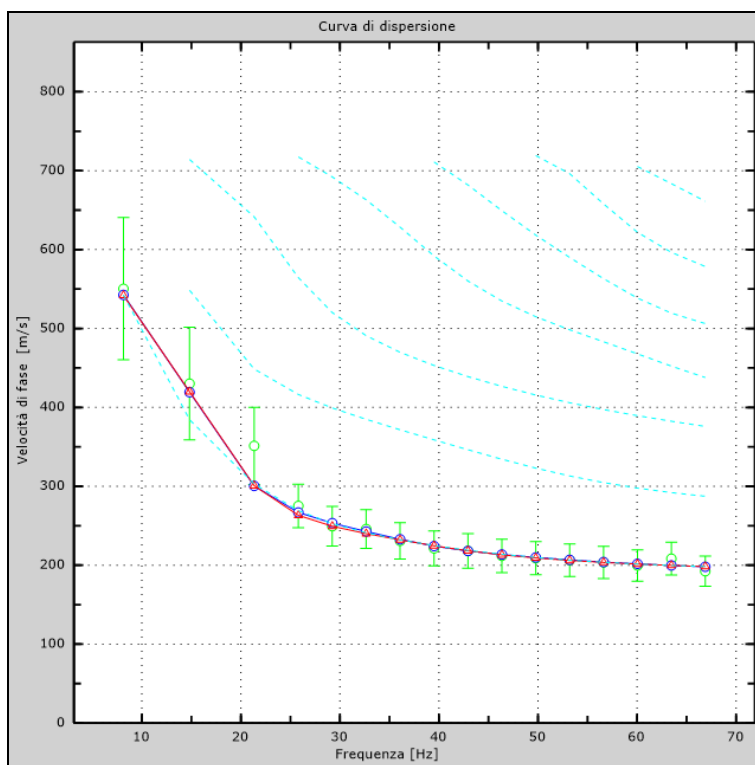
Strato 7

h [m] 0
 z [m] -00
 Vs fin.[m/s] 720

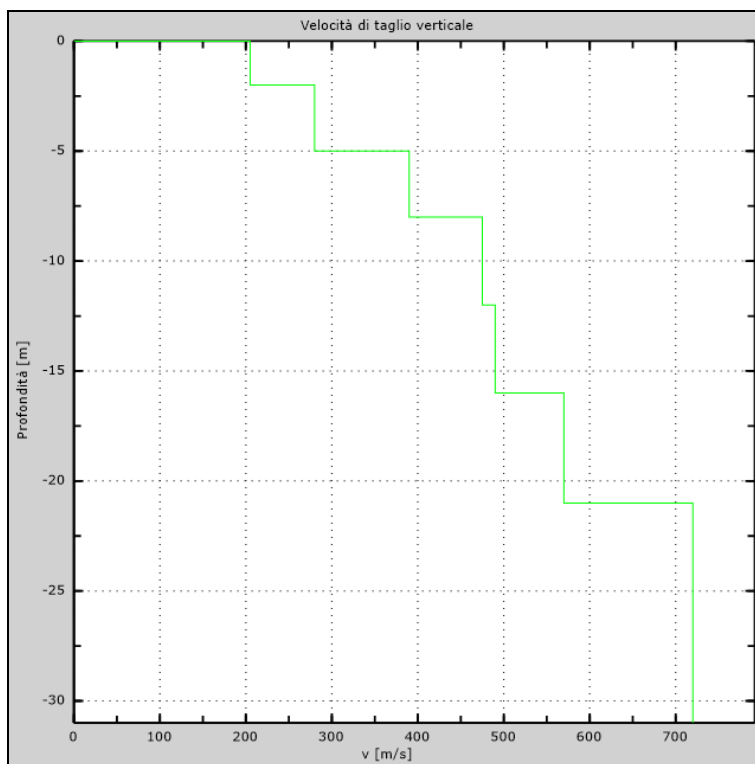
Calcolo Vseq da NTC2018

Vseq= 454 m/sec

H (m)	Vs_equ (m/s)				Vs (m/s)
	100	180	360	800	> 800
3	RSL	E	E	B	A
20					
30		D	C		
>30					



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



Velocità di taglio verticale

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



UBICAZIONE PROVA



INDICE

1. PREMESSA.....	1
2. INDAGINE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....	1
2.1 Strumentazione utilizzata.....	2
2.2 Indagine MASW – metodologia ed acquisizione	3
3. ELABORAZIONE INDAGINE MASW	4
3.1 Risultati analisi e tecnica passiva (REMI)	4
3.3 Curva di dispersione	5
3.4 Risultati	5