



TITOLO: Piano di recupero area ex caserma Curtatone

UBICAZIONE: ITALIA - Toscana - Pisa

ELABORATO

SCALA GRAFICA: RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA E
OGGETTO ELAB.: MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

ID DOCUMENTO: FHT PISA PP 00 000 GEO 02 02 000 CG

VERSIONE ELABORATO

VERSIONE: 1

DATA: 02-08-2021

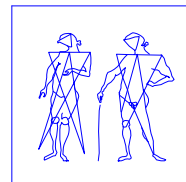
REV: 2

OGGETTO:

PROGETTISTI

Pierattelli Architetture S.r.l.

via pandolfini, 12 - 50121 firenze
tel. 055/2346884 - fax 055/2226034



CAPOGRUPPO: Arch. Massimo Pierattelli

RESP. TECNICO Arch. Massimo Pierattelli
PROGETTAZIONE:

RESP. PRESTAZIONE Dott. Geol. Marco Toschi
SPECIALISTICA

Timbro e Firma

PROJECT MANAGER:

NOTE DI PROPRIETA' E DATI INVESTIRE:

MARCO TOSCHI
G E O L O G O

Viale C. Castracani, 194/F - Arancio - Lucca
Telefono/Fax 0583 469588 Mobile 347 4842326
P. IVA: 01746700465 e-mail: marco.toschi@iol.it

COMUNE DI PISA

PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE DELLA EX CASERMA CURTATONE-
MONTANARA IN PISA

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA E MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

RICHIEDENTE: InvestIRE Società di gestione del risparmio S.p.A.

Relazione Tecnica

Agosto 2021

Indice

1. - PREMESSA	3
2. - CARATTERI GEOLOGICI GENERALI	4
2.1 – Geologia e geomorfologia	4
2.2 - Idrogeologia	4
3. – GEOGNOSTICA	5
3.1 – Sondaggio geognostico	5
3.2 – Prove penetrometriche	6
3.3 - Indagine geofisica	6
3.4 -prelievi campioni indisturbati	6
4. - SUCCESSIONE STRATIGRAFICA E MODELLO GEOTECNICO	7
5. - SISMICITÀ	9
5.1 - analisi del terreno	9
5.2 - azione sismica	9
5.3 - stima della pericolosità sismica	10
5.4 - parametri sismici	11
5.1. – FREQUENZA FONDAMENTALE DEL SOTTOSUOLO	13
6. – STABILITA' NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE	14
7. - ASPETTI IDRAULICI	15

Figure

- CARTA DELLE INDAGINI
- MODELLO STRATIGRAFICO/GEOTECNICO

Allegati

1. Tabulati e diagrammi delle prove penetrometriche
2. Elaborazione indagine MASW
3. Elaborazione analisi di rumore HVSR
4. Certificazioni sondaggio geognostico
5. Certificazioni analisi di laboratorio
6. Elaborazione prova sismica in foro (down hole)

1. PREMESSA

Su incarico ricevuto da InvestIRE Società di gestione del risparmio S.p.A. è stata effettuata la caratterizzazione e modellazione geologica, geotecnica e sismica del sito su cui si prevede la riqualificazione della ex Caserma Curtatone-Montanara in Pisa.

La presente relazione ottempera a quanto richiesto dal Decreto Ministeriale 17.01.2018 - Testo Unitario Norme Tecniche per le Costruzioni ed è finalizzata alla ricostruzione del modello geologico, geotecnico e sismico dell'area di sedime e si ricollega, per quanto concerne la verifica della pericolosità sotto il profilo geologico, idraulico e sismico e le condizioni di fattibilità del progetto, alla Relazione Geologica già redatta dallo scrivente a supporto dello stesso Piano di recupero, recante data 15 dicembre 2020.

2. - CARATTERI GEOLOGICI GENERALI

L'area oggetto di recupero si colloca nel centro storico di Pisa, in sinistra idrografica del F. Arno, su terreni pianeggianti posti alla quota di circa 3.3÷3.6 s.l.m. e si estende per circa 11.000 metri quadrati.

2.1 – Geologia e geomorfologia

Dal punto di vista geologico la zona è caratterizzata da depositi geologicamente recenti (Pleistocene-Olocene) di ambiente lagunare e palustre; si tratta di limi, argille e sabbie fini, intercalati a sabbie eoliche. L'area di intervento si caratterizza per la presenza – in superficie - di materiale di riporto. In generale si tratta di terreni eterogenei rimaneggiati, con caratteristiche geotecniche molto variabili in relazione al tipo di materiale, quindi la coesione può variare molto in relazione al contenuto locale di argilla o limo e l'angolo di attrito interno al tenore di materiale sabbioso o ghiaioso grossolano (v. Quadro Conoscitivo R.U. – CARTA GEOLOGICA e CARTA GEOLOGICO-TECNICA).

Nel volume di nostro interesse, procedendo dal piano di campagna verso il basso, oltre il riporto di spessore variabile intorno a due metri, si incontrano strati misti di limi-argillosi e sabbie, di colore marrone giallastro/olivastro, per una potenza complessiva di circa 8/9 metri. Tale orizzonte sovrasta un potente livello francamente argilloso che, secondo le conoscenze generali, si può rinvenire anche fino alla profondità di circa 40 metri .

2.2 - Idrogeologia

Dal punto di vista idrogeologico è possibile fare le seguenti considerazioni di carattere generale: nel sottosuolo sono presenti tre principali orizzonti idrici: uno superiore - freatico, due inferiori - confinati.

Ai fini dell'intervento in parola è di stretto interesse comprendere il sistema acquifero freatico che si presenta più o meno continuo e comprende alcune limitate falde sospese, con livelli di falda posti mediamente fra uno e due metri dal piano di campagna. Il livello freatico, secondo la misurazione effettuata dal sottoscritto durante le indagini geognostiche è oscillato tra la profondità di circa - 1,20 m dal piano di campagna del dicembre 2020 e la profondità di circa 2,95 m dal piano di campagna del giugno 2021.

3. – GEOGNOSTICA

Sulla base dell'assetto geologico descritto, in relazione al progetto presentatomi, alla luce di quanto richiesto dal D.M. 17.01.2018 e in ottemperanza al Regolamento D.P.G.R. n. 36/R del 9 Luglio 2009, sono state effettuate le seguenti indagini geognostiche, geofisiche e di laboratorio.

n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo in corrispondenza del sedime del fabbricato di progetto, **prelievo di n. 3 campioni di terreno indisturbato** e successive **analisi di laboratorio**. Tale indagine con lo scopo di effettuare una precisa ricostruzione del profilo stratigrafico nel volume significativo e definire le proprietà fisico-meccaniche dei terreni.

n. 5 prove penetrometriche eseguite in modalità statica (**CPT**), mirate ad estendere il dato puntuale del sondaggio all'intero sedime del fabbricato.

n. 1 prospezione sismica in onde di superficie MASW

n. 1 prospezione sismica in foro mediante tecnica Down Hole

entrambe per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio (V_s) e valutare quindi il valore del parametro $V_{sequivalente}$ necessario alla determinazione della categoria di sottosuolo di fondazione.

n. 1 acquisizione HVSR

utile per determinare la frequenza fondamentale del sottosuolo

3.1 – Sondaggio geognostico

Tale indagine, di tipo diretto, ha avuto lo scopo di ricostruire il profilo stratigrafico e definire le proprietà fisico-meccaniche dei terreni mediante prelievo di n. 3 campioni di terreno indisturbato. Il sondaggio è stato spinto alla profondità di metri VENTI a carotaggio continuo e successivamente a distruzione di nucleo fino alla profondità di metri 31, per consentire la messa in opera del tubo in PVC di diametro 3", necessario per la prova sismica in foro (Down Hole).

Come anticipato il sondaggio a carotaggio continuo ha raggiunto la profondità di metri 20 dal piano di campagna, consentendo il prelievo di n. 3 campioni di terreno indisturbato, alla profondità di 3,0÷3,5 6,0÷6,5 e 16,0÷16,5 metri, in terreni argilloso-limo-sabbiosi. Il sondaggio è proseguito poi "a distruzione di nucleo" fino alla profondità di metri 31 dal piano di campagna. Ditta esecutrice Mappo Geognostica s.r.l.. In ALLEGATO N. 04 si riporta il log del sondaggio con

descrizione della stratigrafia attraversata e ogni notizia riguardante l'esecuzione dello stesso.

3.2 – Prove penetrometriche

Sono state effettuate n. 5 prove penetrometriche in modalità statica (CPT). Lo strumento utilizzato è un penetrometro statico-dinamico Pagani Geotechnical Equipment modello TG63/200 da 20 t di spinta avente le seguenti caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann'
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm / sec } (\pm 0,5 \text{ cm / sec})$

Maggiori specifiche tecniche sono riportate in Allegato n. 01, dove sono inoltre riportate le misure di campagna (alla punta e laterale) effettuate ogni 20 cm di avanzamento. Sulla base del rapporto: $F = (q_c / f_s)$ (Begemann 1965-Raccomandazioni A.G.I. 1977) sono state effettuate le scelte litologiche e pertanto la ricostruzione stratigrafica dei terreni attraversati. Le letture effettuate, secondo correlazioni proposte da vari autori, hanno consentito infine la determinazione dei principali parametri geotecnici. Le penetrometrie effettuate hanno consentito di indagare i terreni fino alla profondità di metri quindici.

3.3 - Indagine geofisica

Sulla base dell'indagine geofisica di tipo sismico Down Hole sono stati determinati valori della velocità media delle onde elastiche di taglio nei primi 30 metri di profondità a partire dal piano di campagna. Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborazione della prospezione riportata in ALLEGATO N. 06.

3.4 -prelievi campioni indisturbati

I campioni di terreno indisturbato sono stati prelevati durante l'esecuzione del sondaggio, alla profondità di di 3,0÷3,5 6.0÷6.5 e 16,0÷16,5 metri; i campioni sono stati sigillati in cantiere immediatamente dopo il prelievo e sottoposti ad analisi di laboratorio. Sono state effettuate le seguenti analisi di laboratorio:

- PARAMETRI FISICI (camp. n. 1,2 e 3)
- PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATO DRENATO (camp. n. 1 e 2)
- ESPANSIONE LATERALE LIBERA (camp. 3)

Laboratorio esecutore: LABOTER s.n.c. In ALLEGATO N. 05 si riportano i certificati di prova.

4. - SUCCESSIONE STRATIGRAFICA E MODELLO GEOTECNICO

I risultati delle indagini citate, raffrontati con le conoscenze generali della zona, hanno consentito di ricostruire il seguente profilo stratigrafico/geotecnico, da considerare sostanzialmente omogeneo alla scala di intervento. Trattasi di quattro livelli (unità geotecniche) per le quali si indicano i parametri geotecnici mediante una stima ragionata e cautelativa dei parametri medi:

da metri 0.00 a metri 2.20 - UNITA' GEOTECNICA "A":
terreno rimaneggiato/riportato prevalentemente sabbioso frammisto a materiale arido minuto e laterizi, colore marrone scuro
 $\gamma = 1.78 \text{ t/mc}$
 $\gamma_{\text{sat}} = 1.85 \text{ t/mc}$
 $\phi' = 25^\circ$
 $c' = 0.00 \text{ Kg/cmq}$
 $mv = 0.030 \text{ cmq/kg}$

da metri 2.20 a metri 4.20 - UNITA' GEOTECNICA "B":
limi argillosi prevalenti di colore marrone-olivastro
 $\gamma = 1.95 \text{ t/mc}$
 $\gamma_{\text{sat}} = 1.96 \text{ t/mc}$
 $\phi' = 22^\circ$
 $c' = 0.10 \text{ Kg/cmq}$
 $mv = 0.035 \text{ cmq/kg}$

da metri 4.20 a metri 10.80 - UNITA' GEOTECNICA "C":
sabbie e sabbie limose
 $\gamma = 1.82 \text{ t/mc}$
 $\gamma_{\text{sat}} = 1.89 \text{ t/mc}$
 $\phi' = 27^\circ$
 $c' = 0.10 \text{ Kg/cmq}$
 $mv = 0.015 \text{ cmq/kg}$

da metri 10.80 a metri 15.00 - UNITA' GEOTECNICA "D":

limi argillosi molto molli

$$\gamma = 1.67 \text{ t/mc}$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1.68 \text{ t/mc}$$

$$C_u = 0.20 \text{ Kg/cm}^2$$

$$m_v = 0.030 \text{ cm}^2/\text{kg}$$

I parametri geotecnici caratteristici indicati per i vari orizzonti sono di seguito specificati:

γ : peso di volume naturale

m_v : coefficiente di compressibilità volumetrica

Parametri di resistenza al taglio a lungo termine (espressi in termini di tensioni efficaci):

ϕ' angolo di resistenza a taglio efficace

c' coesione consolidata drenata

Parametri di resistenza al taglio a breve termine (espressi in termini di tensioni totali):

C_u coesione non drenata

5. - SISMICITÀ

Il territorio comunale di Pisa ai sensi dell'Allegato 1 della Del. 421 del 26/05/2014 (Aggiornamento della classificazione sismica regionale) è stato confermato nella Zona sismica 3. Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

5.1 - analisi del terreno

Sulla base dell'indagine geofisica di tipo sismico Down Hole, effettuata nel foro di sondaggio (v. allegato n. 06) il valore della $V_{Sequivalente}$ minimo pari a 180 m/s dal piano di campagna; in assenza di ulteriori indicazioni di carattere strutturale si colloca il sito in esame nella **categoria di sottosuolo D** secondo la tab. 3.2. II delle NTC 2018.

5.2 - azione sismica

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, che è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo ("periodo di riferimento" VR espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata "Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" PVR. La pericolosità sismica è definita in termini di:

- Accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria A), con superficie topografica orizzontale (categoria T1);
- Ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR.

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

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

-Fo valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

-T*C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale. La stima della pericolosità sismica è basata su una griglia di 10751 punti, ove viene fornita la terna di valori a_g , Fo e T*C per nove distinti periodi di ritorno TR.

5.3 - stima della pericolosità sismica

Il primo passo consiste nella determinazione di a_g (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido). Per tale determinazione è necessario conoscere le coordinate geografiche dell'opera da verificare; nel caso specifico le coordinate sono le seguenti:

Coordinate WGS84

latitudine: 43.712237

longitudine: 10.403403

Si determina, quindi, la maglia di riferimento in base alle tabelle dei parametri spettrali fornite dal Ministero e, sulla base della maglia interessata, si determinano i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto.

Otteniamo i tre valori: a_g (g/10), Fo e Tc* che definiscono le forme spettrali. Il passo successivo consiste nella valutazione di a_{max} (accelerazione massima attesa al sito)

$$a_{max} = a_g * S_s * S_t$$

Determiniamo, infine, i coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$K_h = \beta_s * a_{max} / g$$

$$K_v = 0.5 K_h$$

Dove: β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

Nel caso in esame abbiamo:

TIPO DI COSTRUZIONE	2
VITA NOMINALE	VN>50 anni
CLASSE D'USO	II
COEFFICIENTE D'USO	CU 1,0
VITA DI RIFERIMENTO VR = VN×CU	50 anni

5.4 - parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii e fondazioni

Sito in esame:

Coordinate WGS84
latitudine: 43.712237
longitudine: 10.403403
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 20268	Lat: 43,6936	Lon: 10,3783	Distanza: 3027,498
Sito 2	ID: 20269	Lat: 43,6954	Lon: 10,4474	Distanza: 3986,191
Sito 3	ID: 20047	Lat: 43,7453	Lon: 10,4450	Distanza: 4836,210
Sito 4	ID: 20046	Lat: 43,7435	Lon: 10,3757	Distanza: 4085,059

Parametri sismici

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

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,038 g
Fo: 2,575
Tc*: 0,220 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,047 g
Fo: 2,548
Tc*: 0,249 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,118 g
Fo: 2,395

Tc*: 0,280 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %

Tr: 975 [anni]

ag: 0,153 g

Fo: 2,380

Tc*: 0,283 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,800

Cc: 2,670

St: 1,000

Kh: 0,014

Kv: 0,007

Amax: 0,675

Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,800

Cc: 2,500

St: 1,000

Kh: 0,017

Kv: 0,009

Amax: 0,838

Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,800

Cc: 2,360

St: 1,000

Kh: 0,051

Kv: 0,026

Amax: 2,090

Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,800

Cc: 2,350

St: 1,000

Kh: 0,066

Kv: 0,033

Amax: 2,697

Beta: 0,240

5.1. – FREQUENZA FONDAMENTALE DEL SOTTOSUOLO

La tecnica utilizzata per determinare la frequenza fondamentale del sottosuolo si avvale del metodo dei rapporti spettrali HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio). L'individuazione della frequenza fondamentale del sottosuolo o frequenza caratteristica di risonanza del sito, rappresenta un parametro fondamentale per evidenziare la presenza di contrasti nella velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s) all'interno delle coperture, contrasti che sono i principali responsabili dei fenomeni amplificativi del moto sismico in superficie. L'individuazione della frequenza caratteristica di risonanza del sito permette inoltre di valutare la possibilità di insorgenza del pericoloso fenomeno della "doppia risonanza", che si manifesta quando la frequenza propria di vibrazione dei fabbricati replica (o comunque approssima) quella propria del terreno.

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato artificialmente, come ad esempio nella sismica attiva. Anche il debole rumore sismico infatti, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartato dalla sismologia classica, contiene informazioni. Questa informazione si ritrova all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Una di queste tecniche è la teoria dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali dei sottosuoli, informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

Per l'analisi del microtremore sismico è stato utilizzato un tromografo digitale (Echotromo) con software di elaborazione dedicato. Dalle registrazioni del rumore sismico è stata ricavata la curva H/V utilizzando i seguenti parametri:

- Tempo di acquisizione: 60 min
- Frequenza di campionamento: 200 Hz

L'analisi della curva (si rimanda all'Allegato n. 3 per maggiori dettagli) evidenzia che i picchi chiaramente identificabili e aventi fattore di amplificazione maggiore o uguale a 1.5 sono:

picco n.1: 15.05 Hz; picco n.2: 0.44 Hz

Dall'analisi degli spettri delle singole componenti nello spettro di Fourier il picco n.1 sembra essere il risultato di due massimi assoluti e di un massimo relativo (flesso) mentre il picco n.2 sembra non avere natura antropica e quindi probabilmente da ricondursi a passaggi litostratigrafici.

La frequenza di picco della curva H/V sperimentale principale equivale a 0.44 Hz.

6. – STABILITA' NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

Sulla base degli studi di microzonazione sismica condotti a supporto del Piano Strutturale Intercomunale l'area in esame si colloca nelle aree distinte in ZONA 5. Per tali zone il potenziale di liquefazione è stato valutato mediante metodi semplificati e il rischio di liquefazione è risultato MOLTO BASSO. Tuttavia ai sensi del punto § 7.11.3.4.2 del D.M. 2018, nel caso specifico il sito è possibile escludere la possibilità di liquefazione vista la distribuzione granulometrica dei terreni sul quale insiste il manufatto. Si evidenzia infatti che i depositi presentano una granulometria che esce dal fuso granulometrico critico.

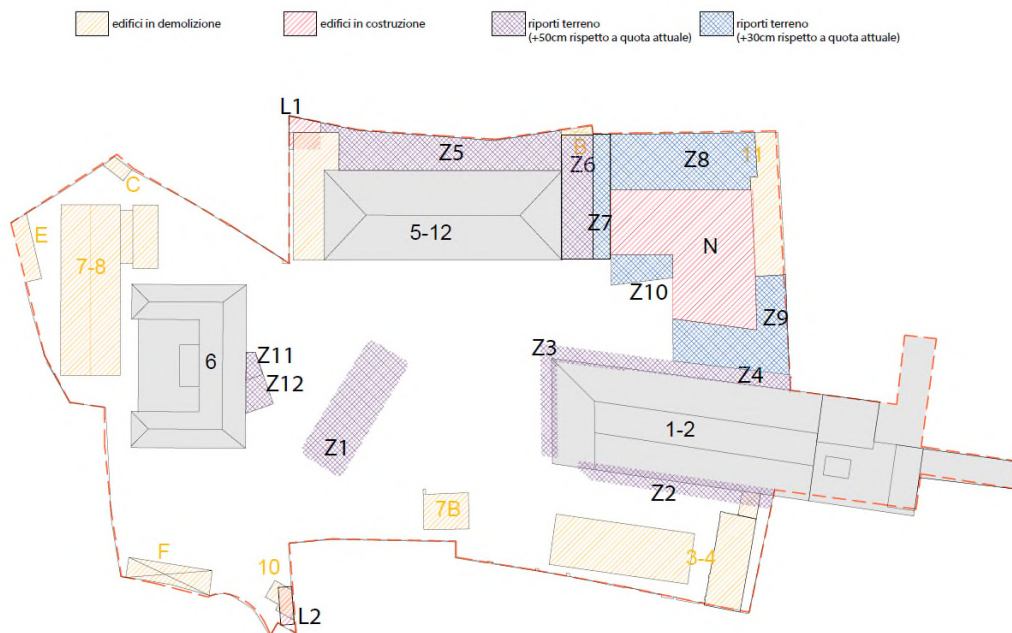
7. - ASPETTI IDRAULICI

Facendo riferimento alla Relazione Geologica già redatta a supporto del solo PdR e recante data 15/12/2020, si riscontra – per quanto di competenza – la richiesta di integrazione inviata dal Comune di Pisa – Ufficio Urbanistica, con lettera del 26/02/2021.

Si prende atto dell'errore di inversione nella campitura nella Tavola 5B associata al P.S.I. che porta l'area di intervento ad essere classificata come I4 (pericolosità idraulica molto elevata). Tale errore, che riguarda alcuni quadri, sarà certamente rettificato nelle opportune sedi. Ai fine del presente procedimento il quadro delle pericolosità da P.S.I. riportato in §2.5 deve pertanto considerarsi sostituito dal seguente:

pericolosità geologica G1 pericolosità BASSA	-	aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi
pericolosità idraulica I4 pericolosità MOLTO ELEVATA	-	aree di fondovalle studiate che risultano inondabili al verificarsi dell'evento con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno $T_r \leq 30$ anni
pericolosità sismica S2 pericolosità MEDIA	-	Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità S.3.

Come meglio rappresentato nell'elaborato grafico redatto dal Progettista e nelle tabelle ad esso associate (V. schema a pag. successiva), assunto un battente idraulico associato a scenari per tempo di ritorno 200 anni pari a 4,27 m s.l.m.m., è stato fatto il confronto tra i volumi di espansione che saranno ricavati in seguito alle demolizioni e di nuovo sottratti in seguito alle costruzioni. Si avranno 933 mc ricavati dalle demolizioni a fronte di 930 sottratti dalle nuove costruzioni. Sulla base di tale confronto è possibile asserire pertanto che l'intervento – nel suo complesso - non andrà a sottrarre volume alla potenziale espansione delle acque e quindi non produrrà alcun aggravio delle condizioni di rischio in altre aree.



VOLUMI IN DEMOLIZIONE								
PORZIONE	Superficie (A)	quota rilievo (B)	differenza rispetto a battente idraulico (C= 4.27m-B)	Volume espansione rilievo (D=AxC)	quota progetto (E)	differenza rispetto a battente idraulico (F=4.27m-E)	Volume espansione progetto (G=AxF)	Differenza (H=D-G)
7-8 + E + C	476 mq	presente edificio	presente edificio	0 mc	3,40 m	0,87 m	414 mc	414 mc
F	62 mq	presente edificio	presente edificio	0 mc	3,50 m	0,77 m	48 mc	48 mc
10	20 mq	presente edificio	presente edificio	0 mc	3,60 m	0,67 m	13 mc	13 mc
7B	55 mq	presente edificio	presente edificio	0 mc	3,60 m	0,67 m	37 mc	37 mc
3-4	388 mq	presente edificio	presente edificio	0 mc	3,45 m	0,82 m	318 mc	318 mc
5-12	150 mq	presente edificio	presente edificio	0 mc	3,95 m	0,32 m	48 mc	48 mc
B	8 mq	presente edificio	presente edificio	0 mc	3,93 m	0,34 m	3 mc	3 mc
11	140 mq	presente edificio	presente edificio	0 mc	3,90 m	0,37 m	52 mc	52 mc
								933 mc

VOLUMI IN COSTRUZIONE								
PORZIONE	Superficie (A)	quota rilievo (B)	differenza rispetto a battente idraulico (C= 4.27m-B)	Volume espansione rilievo (D=AxC)	quota progetto (E)	differenza rispetto a battente idraulico (F=4.27m-E)	Volume espansione progetto (G=AxF)	Differenza (H=D-G)
Edificio Nuovo	512 mq	3,83 m	0,44 m	225 mc	presente edificio	presente edificio	0 mc	-225 mc
Z1	220 mq	3,55 m	0,72 m	158 mc	4,05 m	0,22 m	48 mc	-110 mc
Z2	120 mq	3,50 m	0,77 m	92 mc	4,00 m	0,27 m	32 mc	-60 mc
Z3	130 mq	3,35 m	0,92 m	120 mc	3,85 m	0,42 m	55 mc	-65 mc
Z4	53 mq	3,45 m	0,82 m	43 mc	3,95 m	0,32 m	17 mc	-27 mc
Z5	279 mq	3,45 m	0,82 m	229 mc	3,95 m	0,32 m	89 mc	-140 mc
L1	33 mq	3,55 m	0,72 m	24 mc	presente edificio	presente edificio	0 mc	-24 mc
L2	18 mq	3,60 m	0,67 m	12 mc	presente edificio	presente edificio	0 mc	-12 mc
Z6	132 mq	3,43 m	0,84 m	111 mc	3,93 m	0,34 m	45 mc	-66 mc
Z7	75 mq	3,60 m	0,67 m	50 mc	3,90 m	0,37 m	28 mc	-23 mc
Z8	278 mq	3,60 m	0,67 m	186 mc	3,90 m	0,37 m	103 mc	-83 mc
Z9	226 mq	3,60 m	0,67 m	151 mc	3,90 m	0,37 m	84 mc	-68 mc
Z10	56 mq	3,52 m	0,75 m	42 mc	3,70 m	0,57 m	32 mc	-10 mc
Z11	12 mq	3,50 m	0,77 m	9 mc	4,25 m	0,02 m	0 mc	-9 mc
Z12	25 mq	3,50 m	0,77 m	19 mc	3,87 m	0,40 m	10 mc	-9 mc
								-930 mc

L'area di intervento presenta un tirante idraulico, per tempi di ritorno di 200 anni, compreso tra **4,24 e 4,27 metri s.l.m.m.** (procedendo da Via G. Bruno verso l'interno della proprietà). Facendo riferimento alla banca dati DTM da rilievo LIDAR della Regione Toscana, le quote del terreno nell'area di intervento oscillano mediamente intorno a 3,50 metri s.l.m.m.. L'altezza attesa della lama d'acqua risulta pertanto dell'ordine di 80 cm.

In merito ai disposti normativi di cui alla L.R. 41/2018 si specifica che per quanto riguarda i fabbricati esistenti, i cambi d'uso non riguardano parti di manufatti con piano di calpestio al di sotto del battente e quindi non in contrasto con il dettato normativo di cui all'art. 12 della stessa legge. Si rimanda alla tavola di progetto riportante le sezioni ambientali in scala 1:200.

Lucca, 4 agosto 2021

Geol. Marco Toschi

CARTE DELLE INDAGINI
(su planimetria generale - stato di progetto)

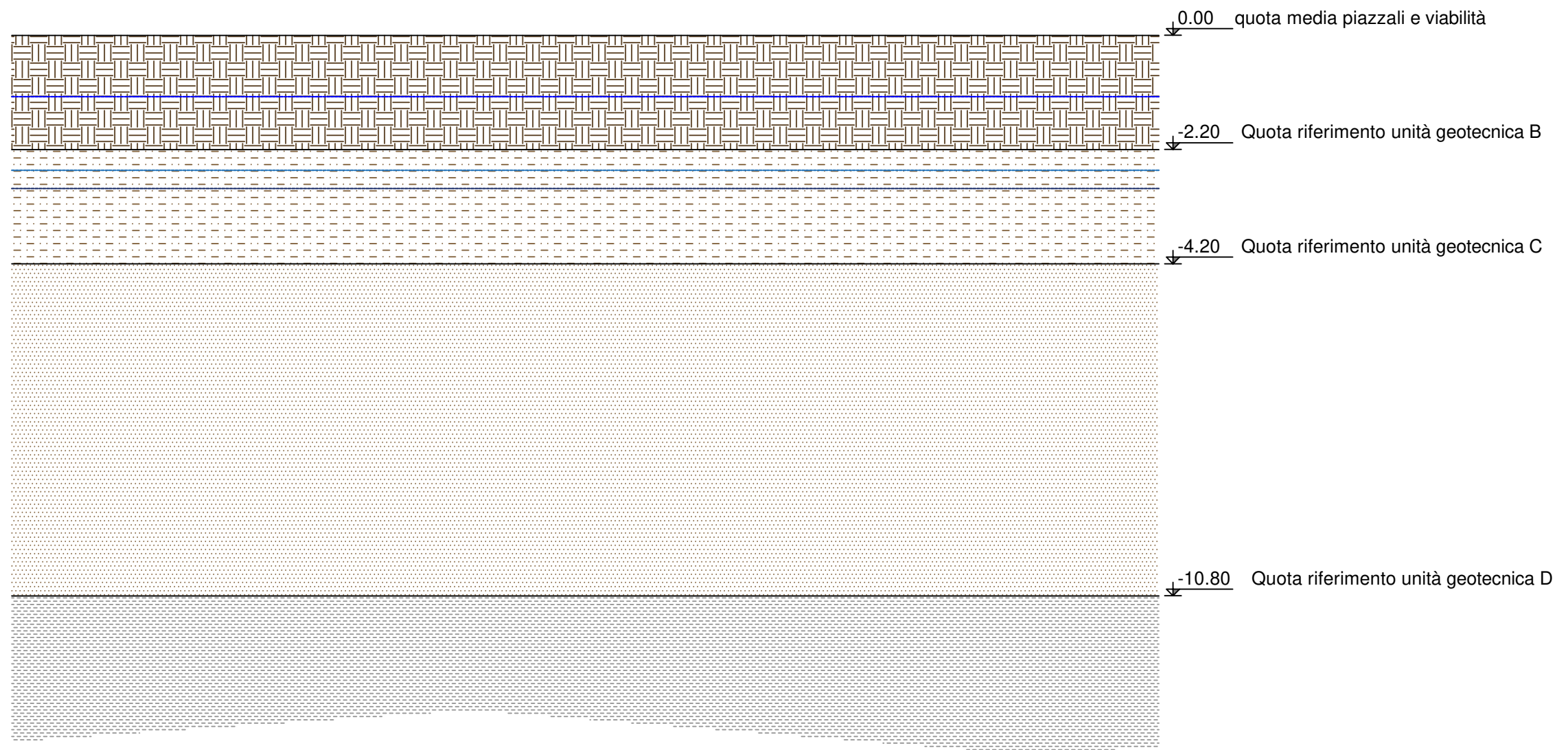


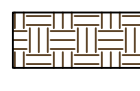
■ **hvsr** Acquisizione in sismica passiva elaborata HVSR
● ● **masw** Acquisizione spettrale MASW

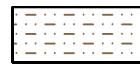
● **cpt 2** Penetrometria statica (cone penetration test)
● **S1/DH** Sondaggio a carotaggio continuo/prova sismica in foro


1:1000


MODELLO STRATIGRAFICO/GEOTECNICO



 UNITA' GEOTECNICA "A": Terreno rimaneggiato/riportato prevalentemente sabbioso, frammisto a materiale arido minuto e laterizi, colore marrone scuro
($\gamma_k=1.78$ t/mc; $\gamma_{satk}=1.85$ t/mc; $\phi'_k=25^\circ$; $c'_k=0.00$ Kg/cmqa; $mv=0.030$ cmq/kg)

 UNITA' GEOTECNICA "B": limi argillosi prevalenti di colore marrone-olivastro
($\gamma_k=1.95$ t/mc; $\gamma_{satk}=1.96$ t/mc; $\phi'_k=22^\circ$; $c'_k=0.10$ Kg/cmqa; $mv=0.035$ cmq/kg)

 UNITA' GEOTECNICA "C": sabbie e sabbie limose
($\gamma_k=1.82$ t/mc; $\gamma_{satk}=1.89$ t/mc; $\phi'_k=27^\circ$; $c'_k=0.10$ Kg/cmqa; $mv=0.015$ cmq/kg)

 UNITA' GEOTECNICA "D": limi argillosi, molto molli
($\gamma_k=1.67$ t/mc; $\gamma_{satk}=1.68$ t/mc; $C_{uk}=0.20$ Kg/cmqa; $mv=0.030$ cmq/kg)

 Livello di falda freatica (misurato in data 7/12/2020: 1,18 m da p.c.)

 Livello di falda freatica (misurato in data 16/04/2021: 2,60 m da p.c.)

 Livello di falda freatica (misurato in data 25/06/2021: 2,95 m da p.c.)

TABULATI E DIAGRAMMI DELLE PROVE PENETROMETRICHE

Geotecnica

Geofisica

Monitoraggio idrogeologico



Indagini Ambientali

Committenza: Geol. Marco Toschi

località: ex cas. Curtatone Montanara - Pisa

data esecuzione indagine: 07/12/2020

tipologia di indagine: n.5 CPT

strumentazione: Pagani TG 63/200

software elaborazione: WinCpt2

data produzione elaborati: 14/12/2019



SEDE OPERATIVA E SEDE LEGALE: VIA PESCIATINA, 1560/A - 55100 LUCCA

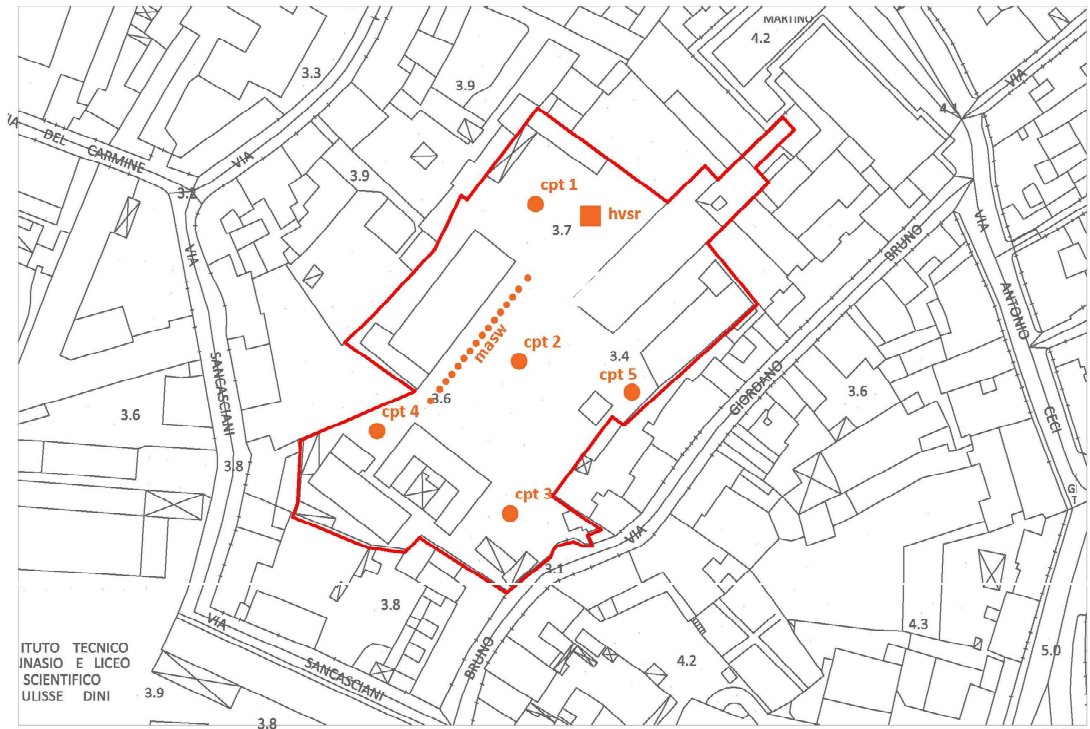
R.E.A. LUCCA N. 194371 - CAPITALE SOCIALE € 10.000,00 I.V.

TEL 393 9371580 - FAX 0583 469588 - www.geoluk.com - info@geoluk.com - geoluk@pec.it

CARTOGRAFIA



CARTE DELLE INDAGINI
(su base Carta Tecnica Regionale scala 1:2.000 - Foglio: 18F50-2002)



- hvsr Acquisizione in sistema passiva elaborata HVSR
- msW Acquisizione spettrale msW
- cpt 2 Penetrometria statica (cone penetration test)

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

PENETROMETRO STATICO tipo:

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$ - (area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$)
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (\varnothing 35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. = 150 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 (lett. \Rightarrow spinta) $C_t = \text{spinta (Kg)} / \text{LETTURA al manometro}$

$$\text{fase 1 - resistenza alla punta} \quad q_c \text{ (Kg / cm}^2\text{)} = L_1 \times C_t / 10$$

$$\text{fase 2 - resistenza laterale locale} \quad f_s \text{ (Kg / cm}^2\text{)} = (L_2 - L_1) \times C_t / 150$$

$$\text{fase 3 - resistenza totale} \quad R_t \text{ (Kg)} = (L_t) \times C_t$$

$$q_c / f_s = \text{rapporto Begemann}$$

- L1. punta = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)
- L2. totale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- Lt. aste = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B. : la spinta S (Kg) , corrispondente a ciascuna fase , si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione C_t .

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

CONVERSIONI

$$1 \text{ kN (kiloNewton)} = 1000 \text{ N} \approx 100 \text{ kg} = 0,1 \text{ t} - 1 \text{ MN (megaNewton)} = 1000 \text{ kN} = 1000000 \text{ N} \approx 100 \text{ t}$$

$$1 \text{ kPa (kiloPascal)} = 1 \text{ kN/m}^2 = 0,001 \text{ MN/m}^2 = 0,001 \text{ MPa} \approx 0,1 \text{ t/m}^2 = 0,01 \text{ kg/cm}^2$$

$$1 \text{ MPa (MegaPascal)} = 1 \text{ MN/m}^2 = 1000 \text{ kN/m}^2 = 1000 \text{ kPa} \approx 100 \text{ t / m}^2 = 10 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{kg/cm}^2 = 10 \text{ t/m}^2 \approx 100 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kPa} = 0,1 \text{ MN/m}^2 = 0,1 \text{ Mpa}$$

$$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg} \approx 10 \text{ kN}$$

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

Valutazioni in base al rapporto: $F = (qc / fs)$

(Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977)

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = qc / fs$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F < 15$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 < F \leq 30$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 < F \leq 60$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

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

- 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

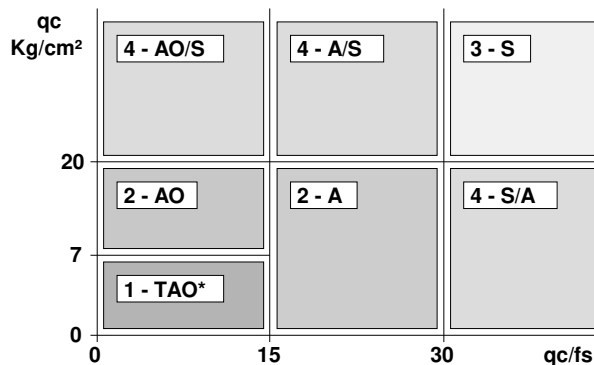
LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

SCELTE LITOLOGICHE (validità orientativa)

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

$qc \leq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni COESIVI anche se $(qc / fs) > 30$

$qc \geq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni GRANULARI anche se $(qc / fs) < 30$



NATURA LITOLOGICA

- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIMIBILITA'
- 2 - COESIVA IN GENERE
- 3 - GRANULARE
- 4 - COESIVA / GRANULARE

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

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - qc - 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 - qc]
- 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 (terr.coes.) [correl. : Eu - C_u - OCR - I_p I_p = indice plastico] Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico corrisp. al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - qc] E'_{50} - E'_{25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico corrisp. al 50-25% (coefficiente di sicurezza $F = 2 - 4$ rispettivamente) (Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983)
- Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : Mo - qc - natura] (Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- Dr = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati) [correlazioni : Dr - qc - σ'_{vo}] (Schmertmann 1976)
- \emptyset' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : \emptyset' - Dr - qc - σ'_{vo}] (Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976)
 \emptyset'_{1s} - (Schmertmann) sabbia fine uniforme \emptyset'_{2s} - sabbia media uniforme/ fine ben gradata
 \emptyset'_{3s} - sabbia grossa uniforme/ media ben gradata
 \emptyset'_{4s} - sabbia-ghiaia poco limosa/ ghiaietto unorme
- \emptyset'_{dm} - (Durgunoglu & Mitchell) sabbie N.C. \emptyset'_{my} - (Meyerhof) sabbie limose
- Amax = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari) (g = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (Amax/g) - Dr]

PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

2.0105-PG076

- committente : Geol. Marco Toschi
- lavoro : indagine geognostica
- località : ex caserma Curtatone Montanara - Pisa
- assist. cantiere :

- data : 07/12/2020
- quota inizio : -0.6m da p.c.
- falda :
- data di emissione : 14/12/2020

- note : riporto superato in DPSH; falda -1.18

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	----	----	--	-----	----	7,80	56,0	79,0	56,0	1,73	32,0
0,40	----	----	--	-----	----	8,00	36,0	62,0	36,0	1,60	22,0
0,60	----	----	--	-----	----	8,20	34,0	58,0	34,0	1,20	28,0
0,80	7,0	----	7,0	0,27	26,0	8,40	31,0	49,0	31,0	1,33	23,0
1,00	14,0	18,0	14,0	0,67	21,0	8,60	30,0	50,0	30,0	0,93	32,0
1,20	15,0	25,0	15,0	0,73	20,0	8,80	36,0	50,0	36,0	1,73	21,0
1,40	15,0	26,0	15,0	0,33	45,0	9,00	38,0	64,0	38,0	1,07	36,0
1,60	16,0	21,0	16,0	0,27	60,0	9,20	55,0	71,0	55,0	1,53	36,0
1,80	16,0	20,0	16,0	0,53	30,0	9,40	38,0	61,0	38,0	0,93	41,0
2,00	19,0	27,0	19,0	0,93	20,0	9,60	23,0	37,0	23,0	1,47	16,0
2,20	12,0	26,0	12,0	0,67	18,0	9,80	27,0	49,0	27,0	1,47	18,0
2,40	8,0	18,0	8,0	0,40	20,0	10,00	26,0	48,0	26,0	1,20	22,0
2,60	8,0	14,0	8,0	0,33	24,0	10,20	68,0	86,0	68,0	1,73	39,0
2,80	8,0	13,0	8,0	0,47	17,0	10,40	68,0	94,0	68,0	1,80	38,0
3,00	7,0	14,0	7,0	0,33	21,0	10,60	48,0	75,0	48,0	1,33	36,0
3,20	10,0	15,0	10,0	0,40	25,0	10,80	56,0	76,0	56,0	2,40	23,0
3,40	7,0	13,0	7,0	0,33	21,0	11,00	9,0	45,0	9,0	0,53	17,0
3,60	6,0	11,0	6,0	0,33	18,0	11,20	7,0	15,0	7,0	0,53	13,0
3,80	22,0	27,0	22,0	0,67	33,0	11,40	7,0	15,0	7,0	0,33	21,0
4,00	29,0	39,0	29,0	0,67	43,0	11,60	8,0	13,0	8,0	0,27	30,0
4,20	20,0	30,0	20,0	0,87	23,0	11,80	9,0	13,0	9,0	0,13	67,0
4,40	20,0	33,0	20,0	1,47	14,0	12,00	10,0	12,0	10,0	0,20	50,0
4,60	34,0	56,0	34,0	0,73	46,0	12,20	9,0	12,0	9,0	0,20	45,0
4,80	35,0	46,0	35,0	0,93	37,0	12,40	9,0	12,0	9,0	0,33	27,0
5,00	14,0	28,0	14,0	1,93	7,0	12,60	9,0	14,0	9,0	0,33	27,0
5,20	20,0	49,0	20,0	1,47	14,0	12,80	9,0	14,0	9,0	0,33	27,0
5,40	11,0	33,0	11,0	0,20	55,0	13,00	8,0	13,0	8,0	0,33	24,0
5,60	19,0	22,0	19,0	0,27	71,0	13,20	8,0	13,0	8,0	0,33	24,0
5,80	47,0	51,0	47,0	1,93	24,0	13,40	9,0	14,0	9,0	0,33	27,0
6,00	40,0	69,0	40,0	1,00	40,0	13,60	9,0	14,0	9,0	0,33	27,0
6,20	20,0	35,0	20,0	1,33	15,0	13,80	9,0	14,0	9,0	0,47	19,0
6,40	16,0	36,0	16,0	1,00	16,0	14,00	14,0	21,0	14,0	0,47	30,0
6,60	49,0	64,0	49,0	1,47	33,0	14,20	13,0	20,0	13,0	0,40	32,0
6,80	44,0	66,0	44,0	1,67	26,0	14,40	9,0	15,0	9,0	0,27	34,0
7,00	40,0	65,0	40,0	1,60	25,0	14,60	9,0	13,0	9,0	0,13	67,0
7,20	56,0	80,0	56,0	1,73	32,0	14,80	13,0	15,0	13,0	0,40	32,0
7,40	60,0	86,0	60,0	1,93	31,0	15,00	8,0	14,0	8,0	----	----
7,60	20,0	49,0	20,0	1,53	13,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\sigma = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 2

2.0105-PG076

- committente : Geol. Marco Toschi
- lavoro : indagine geognostica
- località : ex caserma Curtatone Montanara - Pisa
- assist. cantiere :

- data : 07/12/2020
- quota inizio : -0.4m da p.c.
- falda :
- data di emissione : 14/12/2020

- note : riporto superato in DPSH; falda -1.18

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	----	----	--	-----	----	7,80	40,0	64,0	40,0	1,80	22,0
0,40	----	----	--	0,27	----	8,00	47,0	74,0	47,0	1,60	29,0
0,60	8,0	12,0	8,0	0,60	13,0	8,20	36,0	60,0	36,0	1,07	34,0
0,80	5,0	14,0	5,0	0,47	11,0	8,40	35,0	51,0	35,0	1,00	35,0
1,00	5,0	12,0	5,0	0,40	12,0	8,60	60,0	75,0	60,0	1,07	56,0
1,20	11,0	17,0	11,0	0,53	21,0	8,80	54,0	70,0	54,0	2,53	21,0
1,40	16,0	24,0	16,0	0,67	24,0	9,00	30,0	68,0	30,0	1,53	20,0
1,60	15,0	25,0	15,0	0,87	17,0	9,20	36,0	59,0	36,0	1,53	23,0
1,80	14,0	27,0	14,0	0,87	16,0	9,40	73,0	96,0	73,0	2,93	25,0
2,00	14,0	27,0	14,0	0,80	17,0	9,60	75,0	119,0	75,0	2,67	28,0
2,20	12,0	24,0	12,0	0,67	18,0	9,80	64,0	104,0	64,0	2,80	23,0
2,40	10,0	20,0	10,0	0,53	19,0	10,00	34,0	76,0	34,0	2,13	16,0
2,60	10,0	18,0	10,0	0,53	19,0	10,20	48,0	80,0	48,0	1,60	30,0
2,80	7,0	15,0	7,0	0,40	17,0	10,40	45,0	69,0	45,0	1,53	29,0
3,00	9,0	15,0	9,0	0,53	17,0	10,60	68,0	91,0	68,0	3,07	22,0
3,20	10,0	18,0	10,0	0,47	21,0	10,80	13,0	59,0	13,0	1,13	11,0
3,40	7,0	14,0	7,0	0,40	17,0	11,00	7,0	24,0	7,0	0,33	21,0
3,60	9,0	15,0	9,0	0,47	19,0	11,20	5,0	10,0	5,0	0,33	15,0
3,80	13,0	20,0	13,0	1,27	10,0	11,40	5,0	10,0	5,0	0,27	19,0
4,00	44,0	63,0	44,0	0,73	60,0	11,60	6,0	10,0	6,0	0,33	18,0
4,20	23,0	34,0	23,0	0,73	31,0	11,80	5,0	10,0	5,0	0,33	15,0
4,40	49,0	60,0	49,0	0,93	52,0	12,00	5,0	10,0	5,0	0,33	15,0
4,60	71,0	85,0	71,0	1,47	48,0	12,20	5,0	10,0	5,0	0,33	15,0
4,80	36,0	58,0	36,0	1,47	25,0	12,40	5,0	10,0	5,0	0,33	15,0
5,00	28,0	50,0	28,0	1,07	26,0	12,60	5,0	10,0	5,0	0,33	15,0
5,20	30,0	46,0	30,0	1,47	20,0	12,80	5,0	10,0	5,0	0,33	15,0
5,40	40,0	62,0	40,0	1,20	33,0	13,00	5,0	10,0	5,0	0,33	15,0
5,60	15,0	33,0	15,0	0,93	16,0	13,20	6,0	11,0	6,0	0,33	18,0
5,80	28,0	42,0	28,0	1,47	19,0	13,40	6,0	11,0	6,0	0,33	18,0
6,00	11,0	33,0	11,0	0,80	14,0	13,60	6,0	11,0	6,0	0,33	18,0
6,20	38,0	50,0	38,0	1,87	20,0	13,80	6,0	11,0	6,0	0,33	18,0
6,40	36,0	64,0	36,0	1,47	25,0	14,00	6,0	11,0	6,0	0,27	22,0
6,60	31,0	53,0	31,0	1,00	31,0	14,20	7,0	11,0	7,0	0,27	26,0
6,80	39,0	54,0	39,0	1,80	22,0	14,40	7,0	11,0	7,0	0,20	35,0
7,00	36,0	63,0	36,0	1,20	30,0	14,60	8,0	11,0	8,0	0,13	60,0
7,20	33,0	51,0	33,0	1,60	21,0	14,80	9,0	11,0	9,0	0,20	45,0
7,40	20,0	44,0	20,0	1,40	14,0	15,00	8,0	11,0	8,0	----	----
7,60	34,0	55,0	34,0	1,60	21,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\sigma = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 3

2.0105-PG076

- committente : Geol. Marco Toschi
- lavoro : indagine geognostica
- località : ex caserma Curtatone Montanara - Pisa
- assist. cantiere :

- data : 07/12/2020
- quota inizio : p.c.
- falda :
- data di emissione : 14/12/2020

- note : falda -1.18

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	3,0	---	3,0	0,33	9,0	7,80	46,0	74,0	46,0	1,53	30,0
0,40	3,0	8,0	3,0	0,47	6,0	8,00	41,0	64,0	41,0	1,73	24,0
0,60	5,0	12,0	5,0	0,40	12,0	8,20	36,0	62,0	36,0	1,53	23,0
0,80	7,0	13,0	7,0	0,20	35,0	8,40	35,0	58,0	35,0	1,27	28,0
1,00	10,0	13,0	10,0	0,53	19,0	8,60	32,0	51,0	32,0	0,40	80,0
1,20	19,0	27,0	19,0	0,93	20,0	8,80	60,0	66,0	60,0	0,53	112,0
1,40	19,0	33,0	19,0	0,87	22,0	9,00	73,0	81,0	73,0	0,93	78,0
1,60	18,0	31,0	18,0	0,53	34,0	9,20	76,0	90,0	76,0	2,40	32,0
1,80	17,0	25,0	17,0	0,73	23,0	9,40	64,0	100,0	64,0	1,07	60,0
2,00	16,0	27,0	16,0	0,67	24,0	9,60	39,0	55,0	39,0	1,60	24,0
2,20	13,0	23,0	13,0	0,47	28,0	9,80	37,0	61,0	37,0	1,73	21,0
2,40	8,0	15,0	8,0	0,33	24,0	10,00	32,0	58,0	32,0	0,53	60,0
2,60	5,0	10,0	5,0	0,27	19,0	10,20	64,0	72,0	64,0	1,07	60,0
2,80	6,0	10,0	6,0	0,27	22,0	10,40	62,0	78,0	62,0	1,67	37,0
3,00	8,0	12,0	8,0	0,67	12,0	10,60	44,0	69,0	44,0	1,60	27,0
3,20	7,0	17,0	7,0	0,40	17,0	10,80	38,0	62,0	38,0	1,47	26,0
3,40	7,0	13,0	7,0	0,80	9,0	11,00	30,0	52,0	30,0	2,33	13,0
3,60	10,0	22,0	10,0	0,73	14,0	11,20	6,0	41,0	6,0	0,33	18,0
3,80	39,0	50,0	39,0	1,73	22,0	11,40	5,0	10,0	5,0	0,40	12,0
4,00	20,0	46,0	20,0	0,87	23,0	11,60	5,0	11,0	5,0	0,47	11,0
4,20	52,0	65,0	52,0	0,73	71,0	11,80	5,0	12,0	5,0	0,27	19,0
4,40	50,0	61,0	50,0	1,53	33,0	12,00	6,0	10,0	6,0	0,40	15,0
4,60	27,0	50,0	27,0	1,27	21,0	12,20	5,0	11,0	5,0	0,27	19,0
4,80	28,0	47,0	28,0	1,33	21,0	12,40	6,0	10,0	6,0	0,20	30,0
5,00	36,0	56,0	36,0	1,00	36,0	12,60	7,0	10,0	7,0	0,33	21,0
5,20	26,0	41,0	26,0	1,40	19,0	12,80	5,0	10,0	5,0	0,40	12,0
5,40	15,0	36,0	15,0	1,13	13,0	13,00	6,0	12,0	6,0	0,40	15,0
5,60	16,0	33,0	16,0	0,67	24,0	13,20	7,0	13,0	7,0	0,27	26,0
5,80	17,0	27,0	17,0	0,67	25,0	13,40	8,0	12,0	8,0	0,40	20,0
6,00	36,0	46,0	36,0	1,20	30,0	13,60	7,0	13,0	7,0	0,33	21,0
6,20	32,0	50,0	32,0	1,07	30,0	13,80	9,0	14,0	9,0	0,27	34,0
6,40	36,0	52,0	36,0	0,87	42,0	14,00	9,0	13,0	9,0	0,40	22,0
6,60	35,0	48,0	35,0	0,73	48,0	14,20	8,0	14,0	8,0	0,20	40,0
6,80	38,0	49,0	38,0	1,20	32,0	14,40	9,0	12,0	9,0	0,13	67,0
7,00	28,0	46,0	28,0	0,73	38,0	14,60	10,0	12,0	10,0	0,07	150,0
7,20	33,0	44,0	33,0	1,47	22,0	14,80	9,0	10,0	9,0	0,20	45,0
7,40	40,0	62,0	40,0	1,93	21,0	15,00	8,0	11,0	8,0	----	----
7,60	40,0	69,0	40,0	1,87	21,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\sigma = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 4

2.0105-PG076

- committente : Geol. Marco Toschi
- lavoro : indagine geognostica
- località : ex caserma Curtatone Montanara - Pisa
- assist. cantiere :

- data : 07/12/2020
- quota inizio : -0.4m da p.c.
- falda :
- data di emissione : 14/12/2020

- note : riporto superato in DPSH; falda -1.18

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	----	----	--	-----	----	7,80	59,0	78,0	59,0	1,20	49,0
0,40	----	----	--	0,60	----	8,00	54,0	72,0	54,0	0,87	62,0
0,60	16,0	25,0	16,0	0,47	34,0	8,20	16,0	29,0	16,0	1,13	14,0
0,80	17,0	24,0	17,0	0,40	42,0	8,40	32,0	49,0	32,0	1,27	25,0
1,00	15,0	21,0	15,0	0,87	17,0	8,60	32,0	51,0	32,0	1,07	30,0
1,20	14,0	27,0	14,0	0,67	21,0	8,80	34,0	50,0	34,0	1,20	28,0
1,40	19,0	29,0	19,0	0,73	26,0	9,00	72,0	90,0	72,0	1,60	45,0
1,60	16,0	27,0	16,0	0,33	48,0	9,20	28,0	52,0	28,0	1,07	26,0
1,80	5,0	10,0	5,0	0,27	19,0	9,40	23,0	39,0	23,0	1,60	14,0
2,00	6,0	10,0	6,0	0,20	30,0	9,60	32,0	56,0	32,0	2,47	13,0
2,20	6,0	9,0	6,0	0,33	18,0	9,80	30,0	67,0	30,0	1,53	20,0
2,40	5,0	10,0	5,0	0,33	15,0	10,00	36,0	59,0	36,0	2,13	17,0
2,60	7,0	12,0	7,0	0,27	26,0	10,20	68,0	100,0	68,0	1,27	54,0
2,80	8,0	12,0	8,0	0,33	24,0	10,40	61,0	80,0	61,0	1,27	48,0
3,00	6,0	11,0	6,0	0,40	15,0	10,60	75,0	94,0	75,0	1,47	51,0
3,20	8,0	14,0	8,0	0,33	24,0	10,80	40,0	62,0	40,0	1,53	26,0
3,40	8,0	13,0	8,0	0,27	30,0	11,00	6,0	29,0	6,0	0,27	22,0
3,60	11,0	15,0	11,0	0,80	14,0	11,20	6,0	10,0	6,0	0,33	18,0
3,80	20,0	32,0	20,0	0,40	50,0	11,40	5,0	10,0	5,0	0,47	11,0
4,00	17,0	23,0	17,0	0,87	20,0	11,60	5,0	12,0	5,0	0,53	9,0
4,20	20,0	33,0	20,0	0,13	150,0	11,80	4,0	12,0	4,0	0,53	7,0
4,40	19,0	21,0	19,0	1,07	18,0	12,00	4,0	12,0	4,0	0,47	9,0
4,60	11,0	27,0	11,0	1,07	10,0	12,20	4,0	11,0	4,0	0,53	7,0
4,80	17,0	33,0	17,0	1,20	14,0	12,40	4,0	12,0	4,0	0,33	12,0
5,00	17,0	35,0	17,0	1,60	11,0	12,60	5,0	10,0	5,0	0,40	12,0
5,20	46,0	70,0	46,0	0,20	230,0	12,80	5,0	11,0	5,0	0,33	15,0
5,40	48,0	51,0	48,0	2,07	23,0	13,00	5,0	10,0	5,0	0,33	15,0
5,60	47,0	78,0	47,0	1,20	39,0	13,20	6,0	11,0	6,0	0,20	30,0
5,80	32,0	50,0	32,0	1,40	23,0	13,40	9,0	12,0	9,0	0,33	27,0
6,00	35,0	56,0	35,0	1,33	26,0	13,60	7,0	12,0	7,0	0,47	15,0
6,20	40,0	60,0	40,0	1,27	32,0	13,80	6,0	13,0	6,0	0,13	45,0
6,40	41,0	60,0	41,0	1,60	26,0	14,00	8,0	10,0	8,0	0,20	40,0
6,60	42,0	66,0	42,0	1,07	39,0	14,20	9,0	12,0	9,0	0,20	45,0
6,80	39,0	55,0	39,0	2,13	18,0	14,40	10,0	13,0	10,0	0,20	50,0
7,00	38,0	70,0	38,0	1,87	20,0	14,60	9,0	12,0	9,0	0,33	27,0
7,20	42,0	70,0	42,0	0,73	57,0	14,80	7,0	12,0	7,0	0,27	26,0
7,40	41,0	52,0	41,0	0,53	77,0	15,00	8,0	12,0	8,0	----	----
7,60	50,0	58,0	50,0	1,27	39,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\sigma = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 5

2.0105-PG076

- committente : Geol. Marco Toschi
- lavoro : indagine geognostica
- località : ex caserma Curtatone Montanara - Pisa
- assist. cantiere :

- data : 07/12/2020
- quota inizio : -0.4m da p.c.
- falda :
- data di emissione : 14/12/2020

- note : riporto superato in DPSH; falda -1.18

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	----	----	--	-----	----	7,80	34,0	40,0	34,0	0,47	73,0
0,40	----	----	--	0,27	----	8,00	35,0	42,0	35,0	0,67	52,0
0,60	11,0	15,0	11,0	0,20	55,0	8,20	34,0	44,0	34,0	0,80	42,0
0,80	14,0	17,0	14,0	0,40	35,0	8,40	36,0	48,0	36,0	0,53	67,0
1,00	18,0	24,0	18,0	0,73	25,0	8,60	59,0	67,0	59,0	0,80	74,0
1,20	17,0	28,0	17,0	1,00	17,0	8,80	65,0	77,0	65,0	1,87	35,0
1,40	13,0	28,0	13,0	0,93	14,0	9,00	40,0	68,0	40,0	0,87	46,0
1,60	5,0	19,0	5,0	0,53	9,0	9,20	38,0	51,0	38,0	0,93	41,0
1,80	7,0	15,0	7,0	0,20	35,0	9,40	34,0	48,0	34,0	1,20	28,0
2,00	7,0	10,0	7,0	0,60	12,0	9,60	46,0	64,0	46,0	1,73	27,0
2,20	8,0	17,0	8,0	0,20	40,0	9,80	40,0	66,0	40,0	1,33	30,0
2,40	9,0	12,0	9,0	1,20	7,0	10,00	44,0	64,0	44,0	0,60	73,0
2,60	16,0	34,0	16,0	2,80	6,0	10,20	71,0	80,0	71,0	1,07	67,0
2,80	21,0	63,0	21,0	2,73	8,0	10,40	68,0	84,0	68,0	0,80	85,0
3,00	28,0	69,0	28,0	3,47	8,0	10,60	50,0	62,0	50,0	1,07	47,0
3,20	26,0	78,0	26,0	8,53	3,0	10,80	35,0	51,0	35,0	1,93	18,0
3,40	34,0	162,0	34,0	2,07	16,0	11,00	30,0	59,0	30,0	2,67	11,0
3,60	36,0	67,0	36,0	3,93	9,0	11,20	8,0	48,0	8,0	0,67	12,0
3,80	41,0	100,0	41,0	3,07	13,0	11,40	8,0	18,0	8,0	0,60	13,0
4,00	23,0	69,0	23,0	4,73	5,0	11,60	9,0	18,0	9,0	0,53	17,0
4,20	26,0	97,0	26,0	1,00	26,0	11,80	8,0	16,0	8,0	0,47	17,0
4,40	22,0	37,0	22,0	0,47	47,0	12,00	9,0	16,0	9,0	0,33	27,0
4,60	30,0	37,0	30,0	0,87	35,0	12,20	8,0	13,0	8,0	0,27	30,0
4,80	33,0	46,0	33,0	0,60	55,0	12,40	9,0	13,0	9,0	0,40	22,0
5,00	43,0	52,0	43,0	1,00	43,0	12,60	10,0	16,0	10,0	0,53	19,0
5,20	33,0	48,0	33,0	1,27	26,0	12,80	7,0	15,0	7,0	0,40	17,0
5,40	32,0	51,0	32,0	0,87	37,0	13,00	6,0	12,0	6,0	0,40	15,0
5,60	33,0	46,0	33,0	0,87	38,0	13,20	8,0	14,0	8,0	0,40	20,0
5,80	46,0	59,0	46,0	1,20	38,0	13,40	9,0	15,0	9,0	0,60	15,0
6,00	47,0	65,0	47,0	0,87	54,0	13,60	6,0	15,0	6,0	0,33	18,0
6,20	61,0	74,0	61,0	0,73	83,0	13,80	5,0	10,0	5,0	0,33	15,0
6,40	78,0	89,0	78,0	1,07	73,0	14,00	8,0	13,0	8,0	0,40	20,0
6,60	35,0	51,0	35,0	1,07	33,0	14,20	6,0	12,0	6,0	0,33	18,0
6,80	35,0	51,0	35,0	0,53	66,0	14,40	8,0	13,0	8,0	0,27	30,0
7,00	36,0	44,0	36,0	1,60	22,0	14,60	7,0	11,0	7,0	0,40	17,0
7,20	40,0	64,0	40,0	1,07	37,0	14,80	6,0	12,0	6,0	0,33	18,0
7,40	29,0	45,0	29,0	0,67	43,0	15,00	6,0	11,0	6,0	----	----
7,60	46,0	56,0	46,0	0,40	115,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\sigma = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

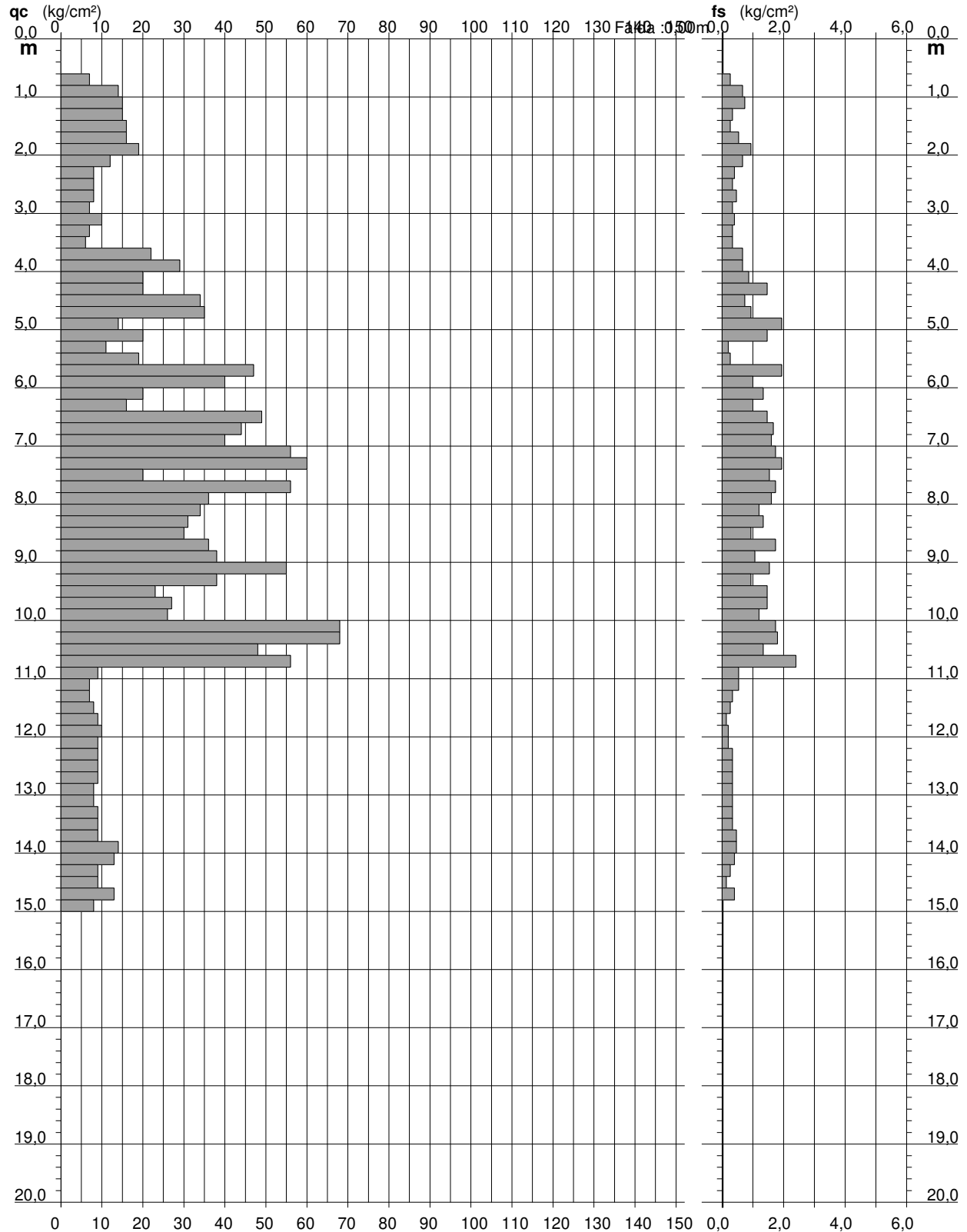
CPT 1

2.0105-PG076

- committente : Geol. Marco Toschi
- lavoro : indagine geognostica
- località : ex caserma Curtatone Montanara - Pisa
- assist. cantiere :

- data : 07/12/2020
- quota inizio : -0.6m da p.c.
- falda :
- data di emissione : 14/12/2020

- note : riporto superato in DPSH; falda -1.18



PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

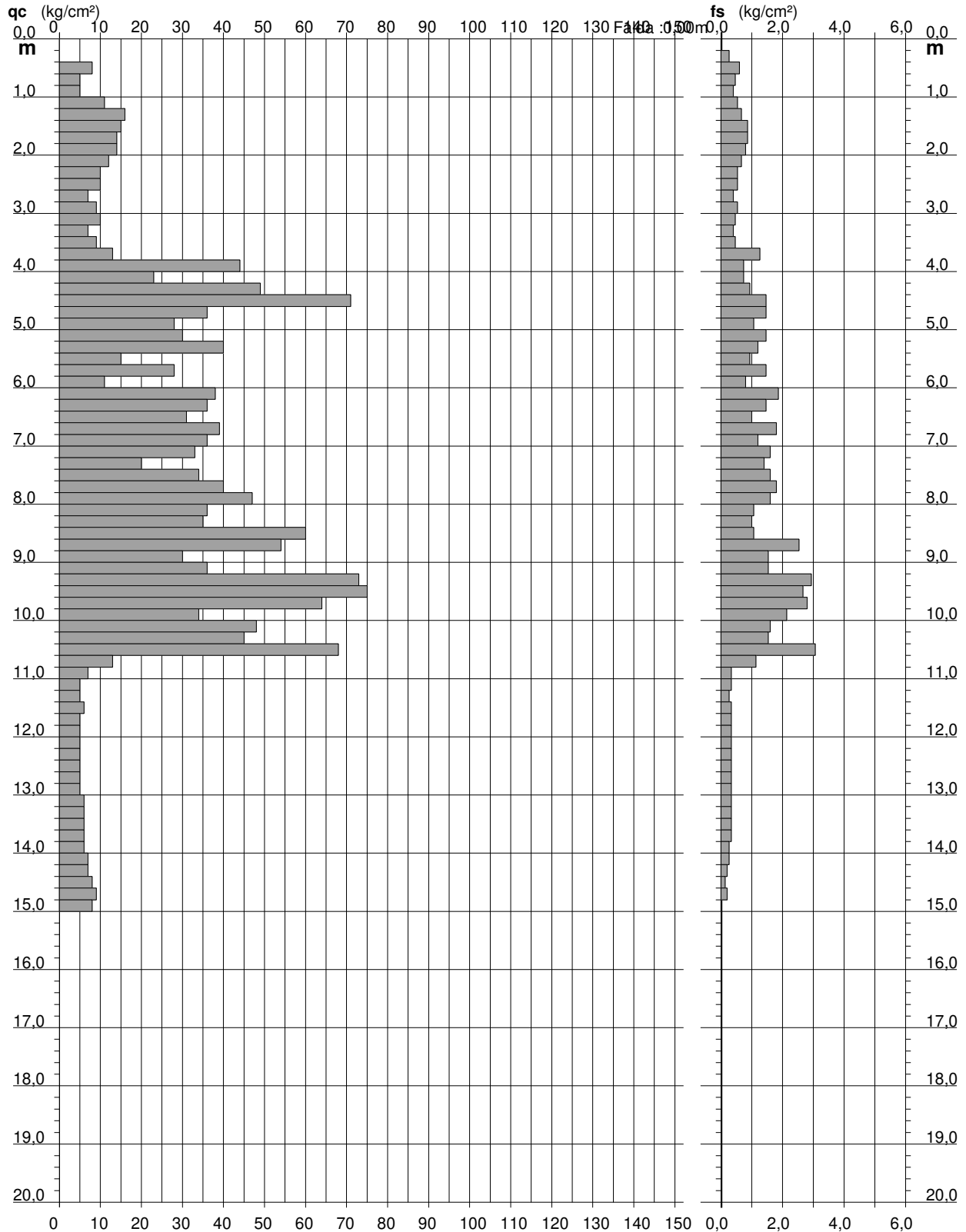
CPT 2

2.0105-PG076

- committente : Geol. Marco Toschi
- lavoro : indagine geognostica
- località : ex caserma Curtatone Montanara - Pisa
- assist. cantiere :

- data : 07/12/2020
- quota inizio : -0.4m da p.c.
- falda :
- data di emissione : 14/12/2020

- note : riporto superato in DPSH; falda -1.18



PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

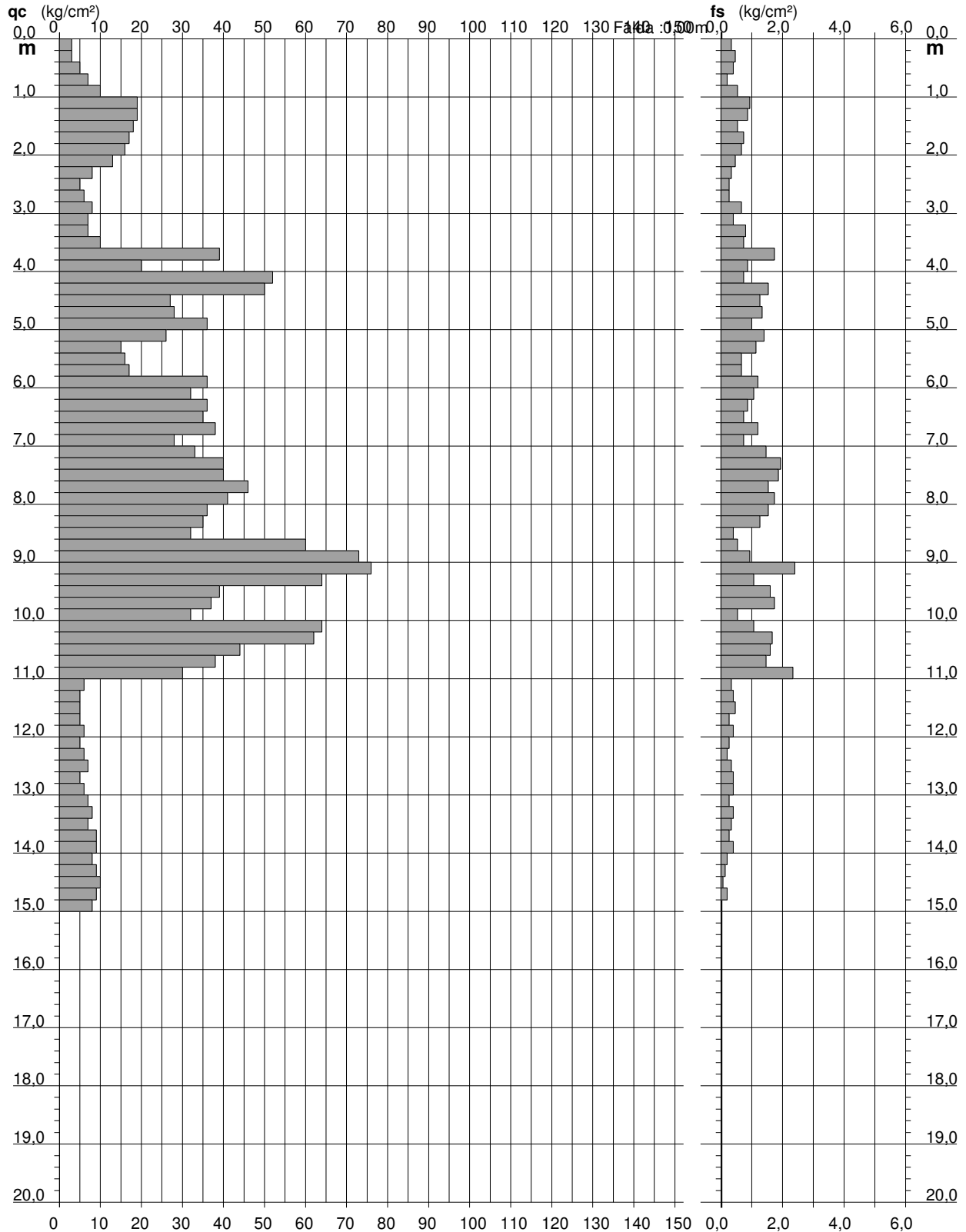
CPT 3

2.0105-PG076

- committente : Geol. Marco Toschi
- lavoro : indagine geognostica
- località : ex caserma Curtatone Montanara - Pisa
- assist. cantiere :

- data : 07/12/2020
- quota inizio : p.c.
- falda :
- data di emissione : 14/12/2020

- note : falda -1.18



PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

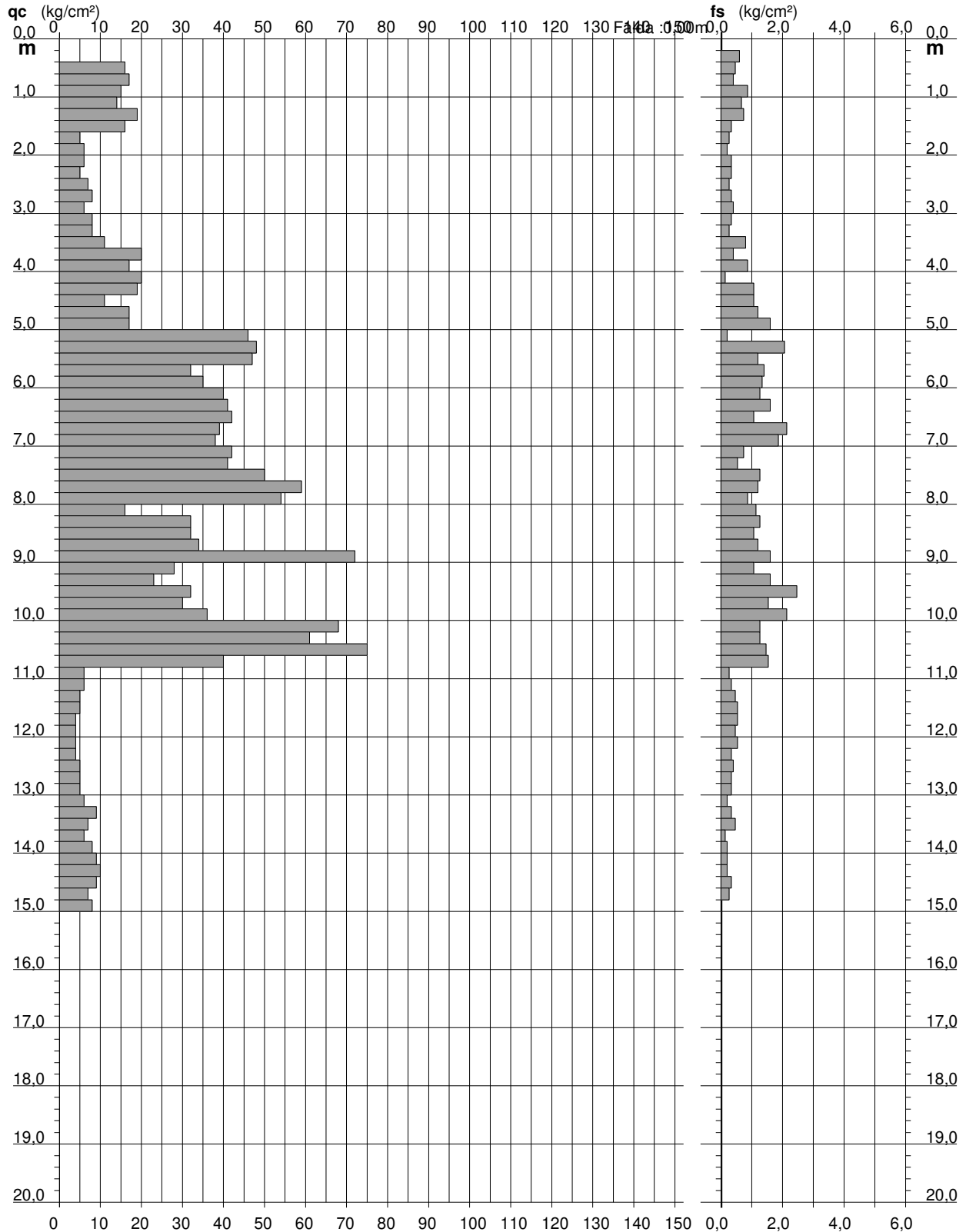
CPT 4

2.0105-PG076

- committente : Geol. Marco Toschi
- lavoro : indagine geognostica
- località : ex caserma Curtatone Montanara - Pisa
- assist. cantiere :

- data : 07/12/2020
- quota inizio : -0.4m da p.c.
- falda :
- data di emissione : 14/12/2020

- note : riporto superato in DPSH; falda -1.18



PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

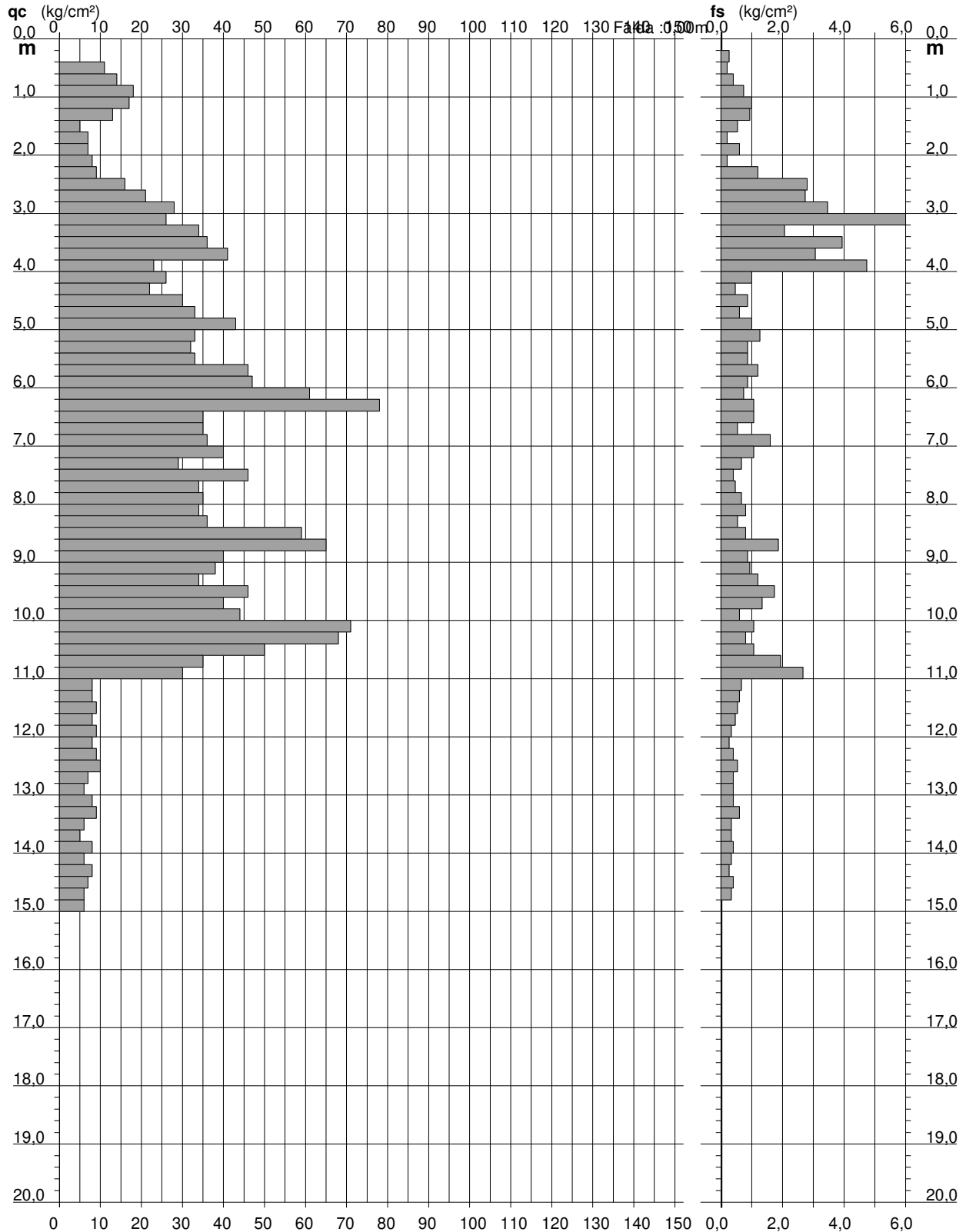
CPT 5

2.0105-PG076

- committente : Geol. Marco Toschi
- lavoro : indagine geognostica
- località : ex caserma Curtatone Montanara - Pisa
- assist. cantiere :

- data : 07/12/2020
- quota inizio : -0.4m da p.c.
- falda :
- data di emissione : 14/12/2020

- note : riporto superato in DPSH; falda -1.18



PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

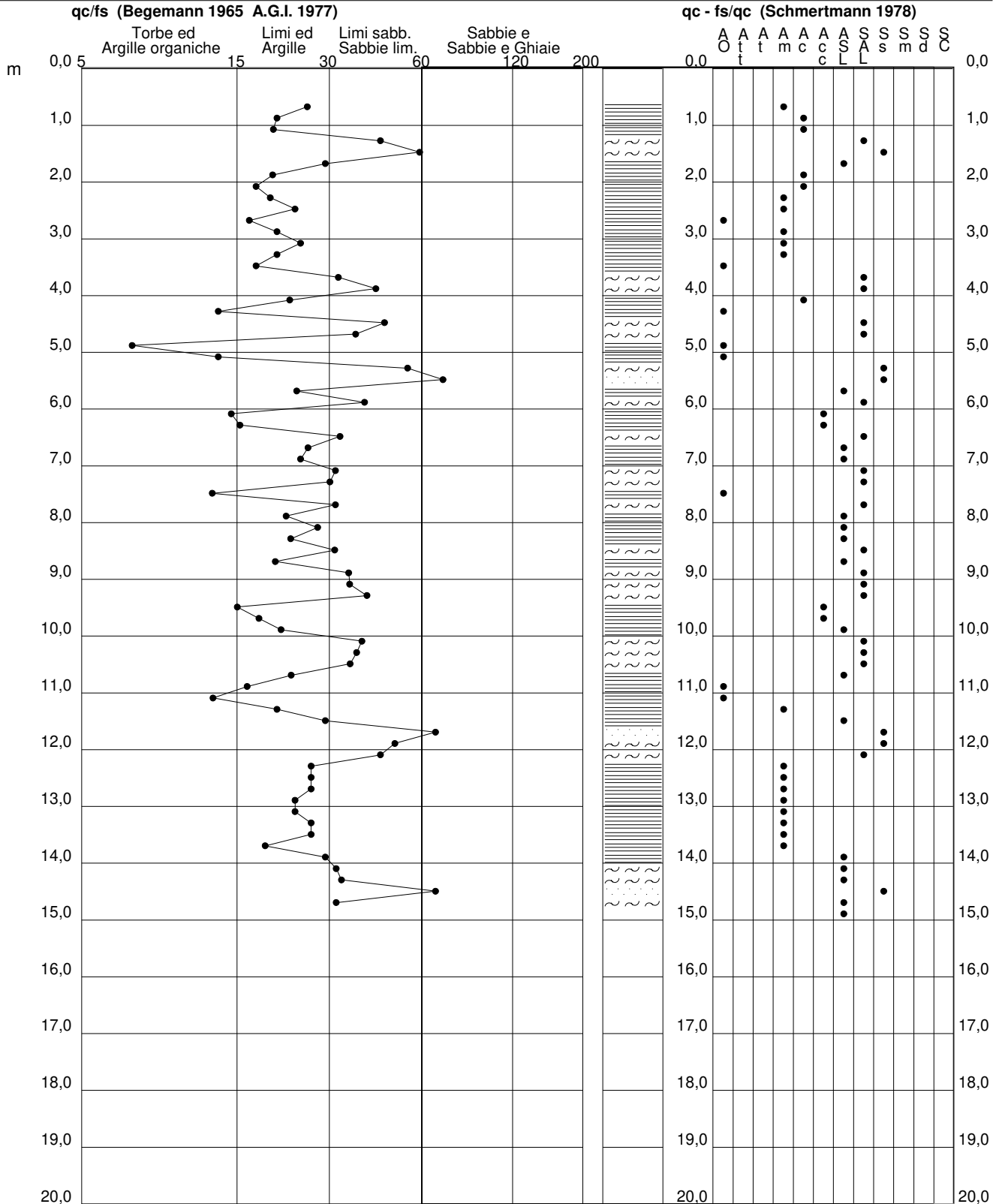
CPT 1

2.0105-PG076

- committente : Geol. Marco Toschi
- lavoro : indagine geognostica
- località : ex caserma Curtatone Montanara - Pisa
- assist. cantiere :

- data : 07/12/2020
- quota inizio : -0.6m da p.c.
- falda :
- data di emissione : 14/12/2020

- note : riporto superato in DPSH; falda -1.18



PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

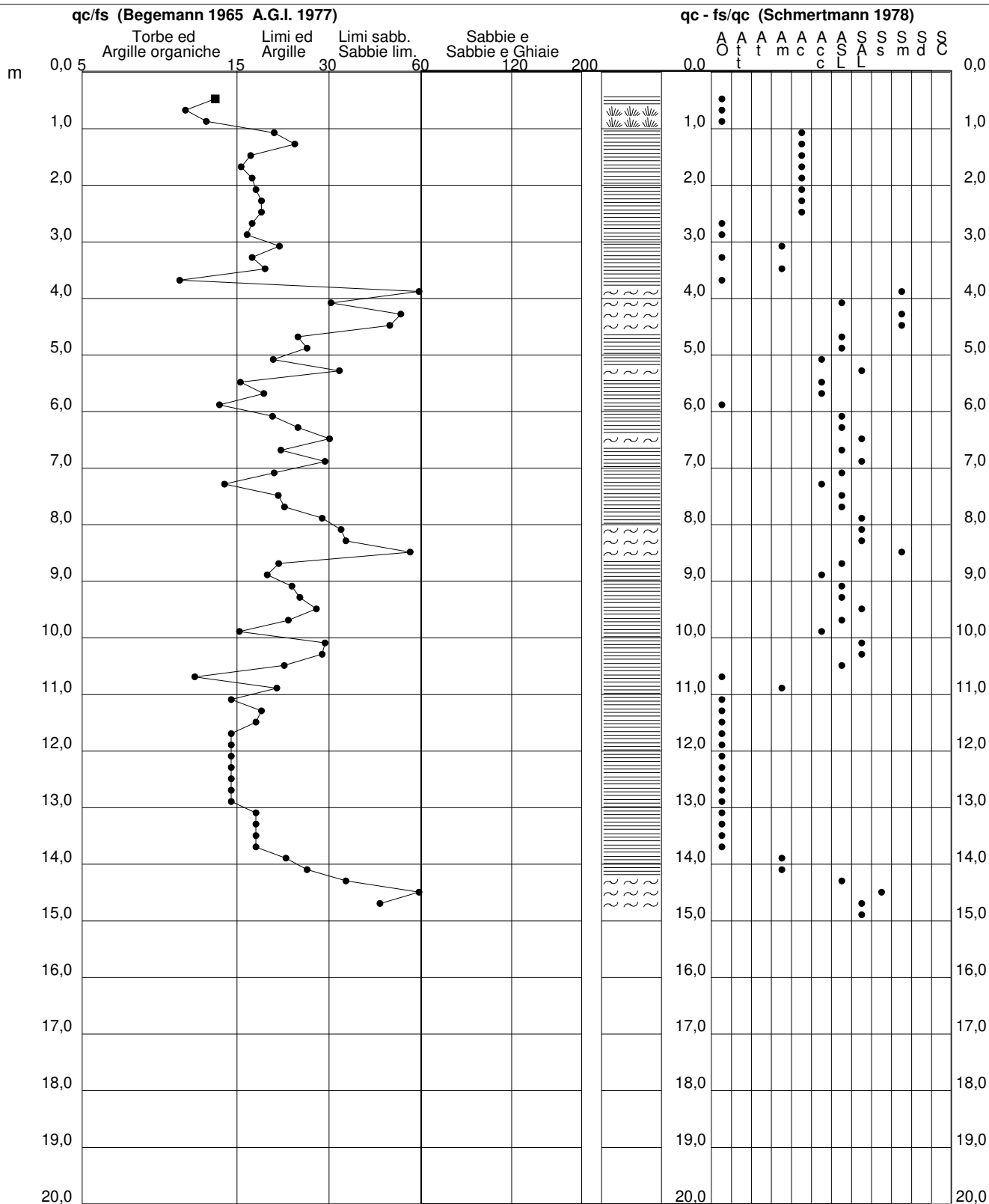
CPT 2

2.0105-PG076

- committente : Geol. Marco Toschi
- lavoro : indagine geognostica
- località : ex caserma Curtatone Montanara - Pisa
- assist. cantiere :

- data : 07/12/2020
- quota inizio : -0.4m da p.c.
- falda :
- data di emissione : 14/12/2020

- note : riporto superato in DPSH; falda -1.18



PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

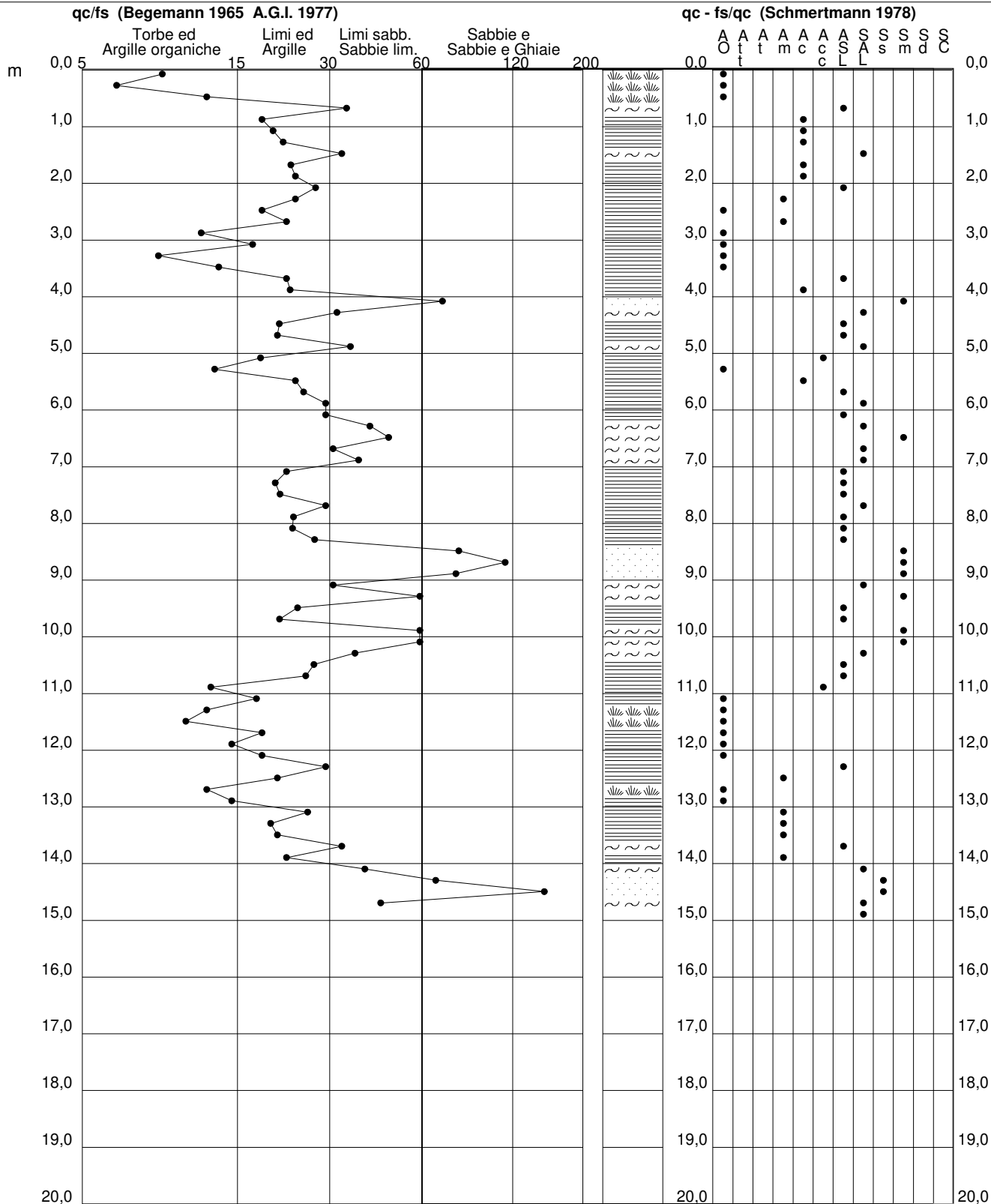
CPT 3

2.0105-PG076

- committente : Geol. Marco Toschi
- lavoro : indagine geognostica
- località : ex caserma Curtatone Montanara - Pisa
- assist. cantiere :

- data : 07/12/2020
- quota inizio : p.c.
- falda :
- data di emissione : 14/12/2020

- note : falda -1.18



PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

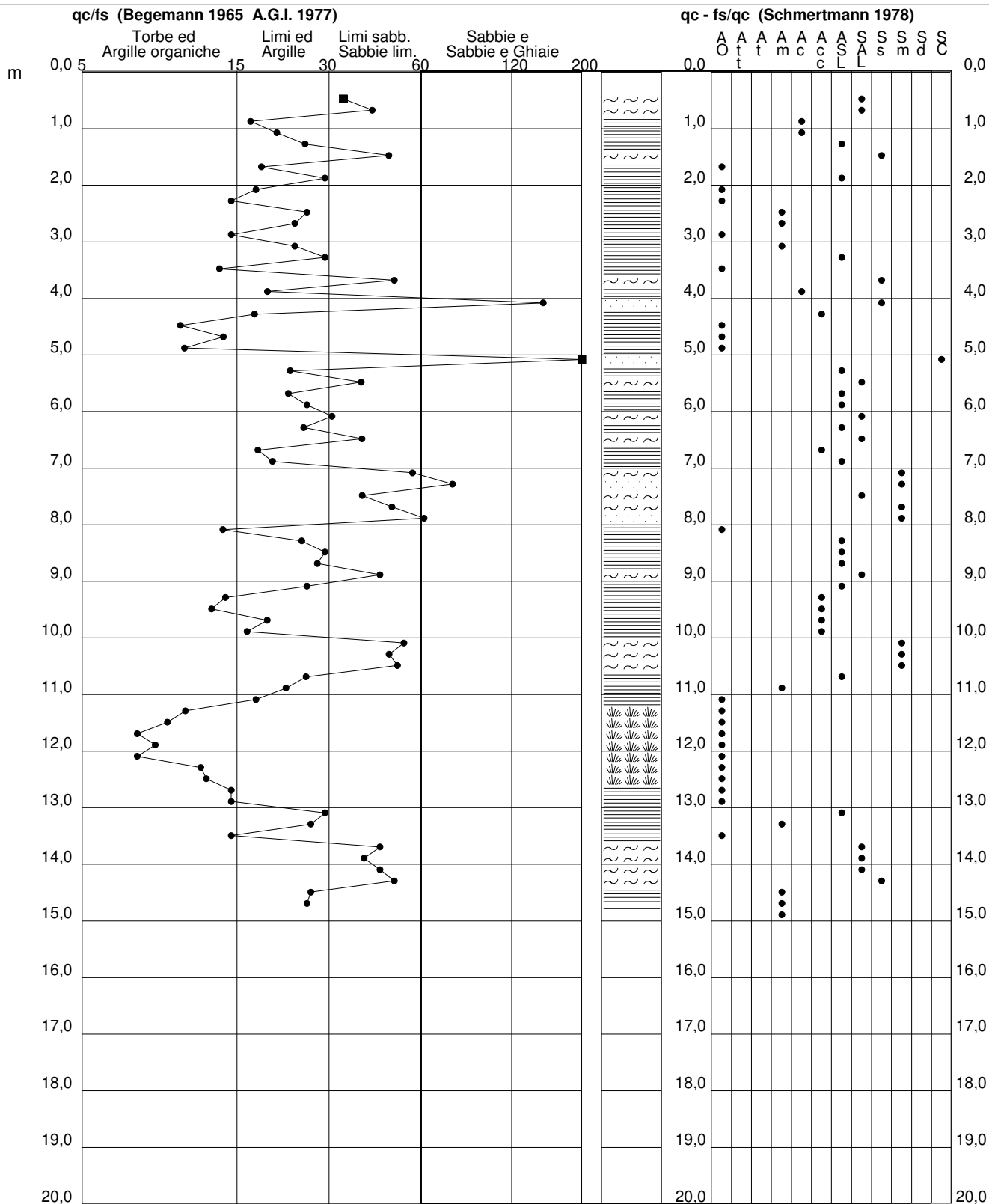
CPT 4

2.0105-PG076

- committente : Geol. Marco Toschi
- lavoro : indagine geognostica
- località : ex caserma Curtatone Montanara - Pisa
- assist. cantiere :

- data : 07/12/2020
- quota inizio : -0.4m da p.c.
- falda :
- data di emissione : 14/12/2020

- note : riporto superato in DPSH; falda -1.18



PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

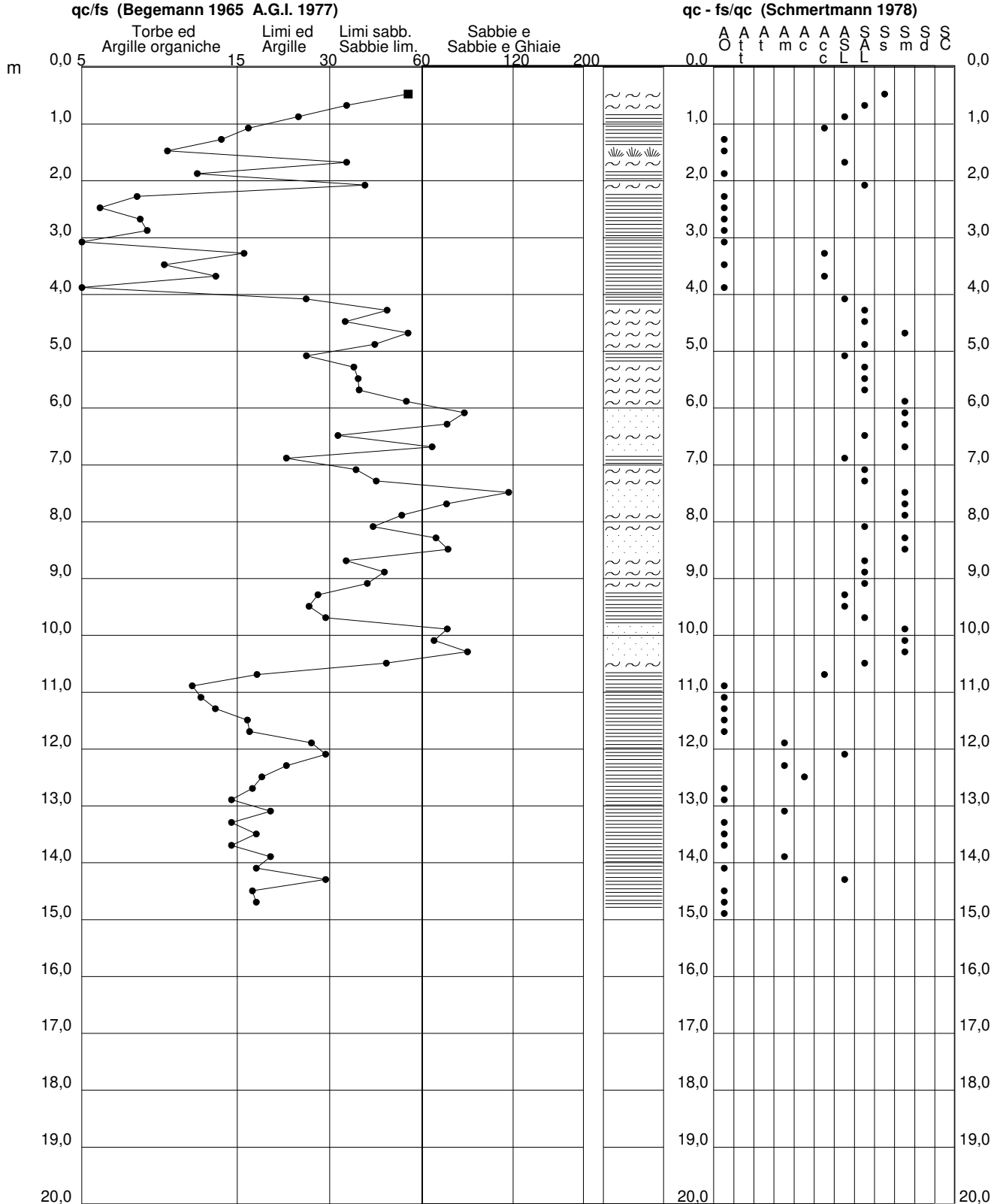
CPT 5

2.0105-PG076

- committente : Geol. Marco Toschi
- lavoro : indagine geognostica
- località : ex caserma Curtatone Montanara - Pisa
- assist. cantiere :

- data : 07/12/2020
- quota inizio : -0.4m da p.c.
- falda :
- data di emissione : 14/12/2020

- note : riporto superato in DPSH; falda -1.18



ELABORAZIONE INDAGINE MASW

Geognostica

*Monitoraggio
idrogeologico*



Geofisica

*Indagini
ambientali*

Committente: Geol. Marco Toschi

Località d'indagine: ex caserma Curtatone Montanara - Pisa

data: 07 / 12 / 2020

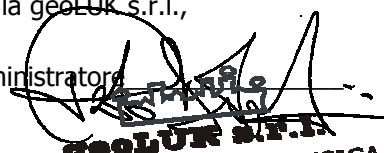


indagine: M.A.S.W.

strumentazione: Ambrogeo Echo 12/24 2002
software di acquisizione: Ambrogeo v. 7.1.1 Segy
software di elaborazione: WinMASW 4.1 std

per la geolUK s.r.l.,

l'Amministratore


geolUK s.r.l.
GEOGNOSTICA E GEOFISICA
www.geoluk.com info@geoluk.com

sede operativa e sede legale: Via Pesciatina, 1560/A - 55100 Lucca
codice fiscale e numero di iscrizione al registro delle imprese di Lucca: 02069440465
R.E.A. Lucca n. 194371 - capitale sociale € 10.000,00 i.v.
tel 393 9371580 - fax 0583 469588 - www.geoluk.com - info@geoluk.com

INDICE

1. Premessa.....	3
1.1. Introduzione al metodo.....	3
2. Acquisizione.....	4
2.1.1. Strumentazione impiegata.....	4
3. Utilizzo del programma Winmasw.....	5
5. Ubicazione dell'area indagata e coordinate delle indagini in WGS84.	8

ALLEGATI e FIGURE

Sismogramma acquisito in campagna

Spettro di velocità e curva di dispersione e picking

Profilo verticale delle Vs

Esempio di modello stratigrafico

Ubicazione dell'area indagata (fuori scala)

1. Premessa

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto del sito in esame, ubicato presso la ex caserma Curtatone – Montanara, all'interno del quartiere San Martino a Pisa (PI), è stata effettuata per conto del Geol. Marco Toschi una serie di acquisizioni con la metodologia M.A.S.W., utili a definire il profilo superficiale verticale della V_s (velocità di propagazione delle onde di taglio).

1.1. Introduzione al metodo

La Metodologia M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) adottata per il presente lavoro è una tecnica di investigazione sismica non invasiva del sottosuolo di tipo attivo, presentata nel 1999 in seguito agli studi effettuati dal Kansas Geological Survey (Park et al., 1999). Attraverso l'analisi delle onde superficiali di Rayleigh questa tecnica mira a ricostruire un profilo sismostratigrafico in onde di taglio lungo la verticale al di sotto dello stendimento (profilo V_s -z).

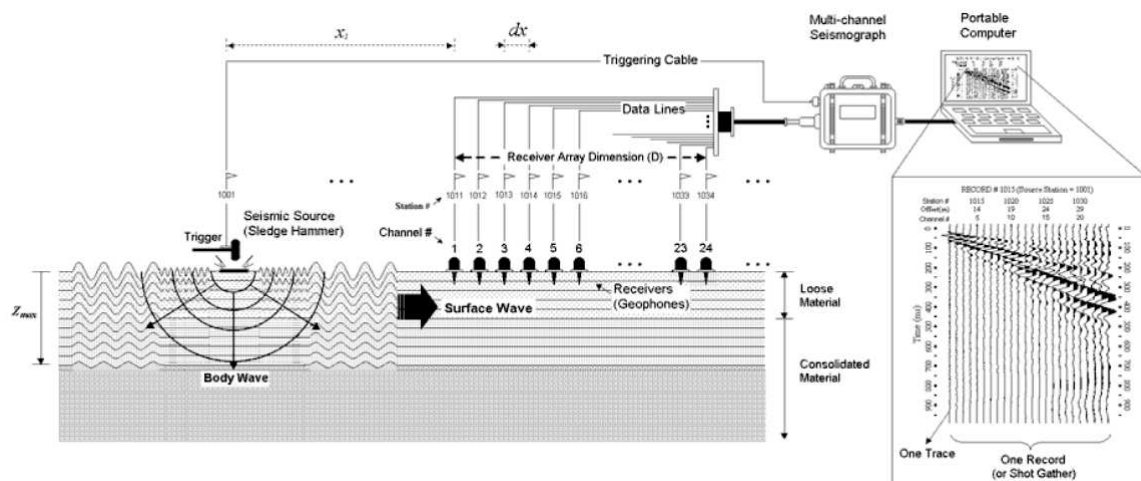


Figura 1. Illustrazione della tecnica di indagine eseguita (SurfSeis – Active Masw, 2006)

La propagazione delle onde nel caso di mezzi stratificati e trasversalmente isotropi avviene in maniera diversa rispetto ai mezzi omogenei; non esiste più una unica velocità ma ogni frequenza è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione a sua volta legata alle varie lunghezze d'onda (fenomeno detto della dispersione in frequenza). Queste interessano il terreno a diverse profondità e risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche, appunto variabili con la profondità. Le lunghezze d'onda più grandi corrispondono alle frequenze più basse e vanno ad

interessare il terreno più in profondità; al contrario le lunghezze d'onda più piccole, poiché sono associate alle frequenze più alte, rimangono nelle immediate vicinanze della superficie.

Come tutte le tecniche di investigazione del sottosuolo, anche la M.A.S.W. presenta dei limiti nella sua applicabilità e dei vantaggi che devono essere tenuti ben presente nel momento in cui si pianifica e commissiona una campagna di investigazione geofisica. Brevemente i principali limiti della metodologia sono la necessità di operare in condizioni geologiche particolari (strati circa piano paralleli e lateralmente isotropi), la necessità di disporre di una taratura stratigrafica di riferimento fino alla profondità di interesse per ottimizzare il modello finale e la necessità di effettuare lo stendimento su superfici che non presentino brusche irregolarità morfologiche (salti, scalini...)

Per contro, i principali vantaggi della metodologia sono per esempio, a parità di profondità di investigazione, la possibilità di lavorare in ambienti con ingombri limitati, oppure al fine di poter ottimizzare il modello sismostratigrafico finale la possibilità di intervenire attivamente nel software di elaborazione in virtù delle conoscenze geologiche/geotecniche dell'area indagata. Inoltre, la tecnica M.A.S.W riesce, come ad es. il downhole, a rilevare il fenomeno dell'inversione di velocità.

2. Acquisizione

2.1.1. Strumentazione impiegata

Hardware

L'acquisizione è avvenuta tramite sismografo a 24 canali modello "Echo 12-24" (della *Ambrogeo* di Piacenza), collegato a geofoni verticali a frequenza propria di 4.5Hz.

Di seguito vengono brevemente elencate le caratteristiche tecniche del sismografo:

- Registrazione a 24 canali
- Impedenza di ingresso 20 Kohm
- Range dinamico: 93 dB
- Conversione A/D a 16 bit
- Intervallo di campionamento selezionabile a: 25, 50, 100, 200, 400, 800, 1000, 30000 ms
- Guadagno 10 dB – 100 dB, passo 1 dB
- Tensione di saturazione +/- 2,3 V
- Distorsione 0,01%
- Campionamento 130 ms
- Filtro passa basso da 50 a 950 Hz, passo 1 Hz
- Alimentazione 12V

Software

Per la registrazione in campagna del segnale sismico è stato utilizzato il software Ambrogeo v 7.1.1 Segy (della *Ambrogeo* di Piacenza) mentre, per le analisi dei dati acquisiti, è stato adottato il software *winMASW* 4.1.1 Std (della *Eliosoft* di Udine).

3. Utilizzo del programma *winMASW*

Al fine di fornire un supporto interpretativo dei dati acquisiti in campagna segue un esempio di elaborazione attraverso la determinazione dello spettro di velocità, identificazione curve di dispersione, inversione/modellazione di queste ultime, al fine di ricostruire un profilo verticale di massima della velocità delle onde di taglio (V_s) per stimare il valore del parametro V_s equivalente utile alla classificazione del terreno (determinazione della categoria di sottosuolo).

Resta tuttavia a carico del Geologo la validazione della proposta interpretativa in base alle proprie conoscenze in materia sismica e geologica del sito in esame.

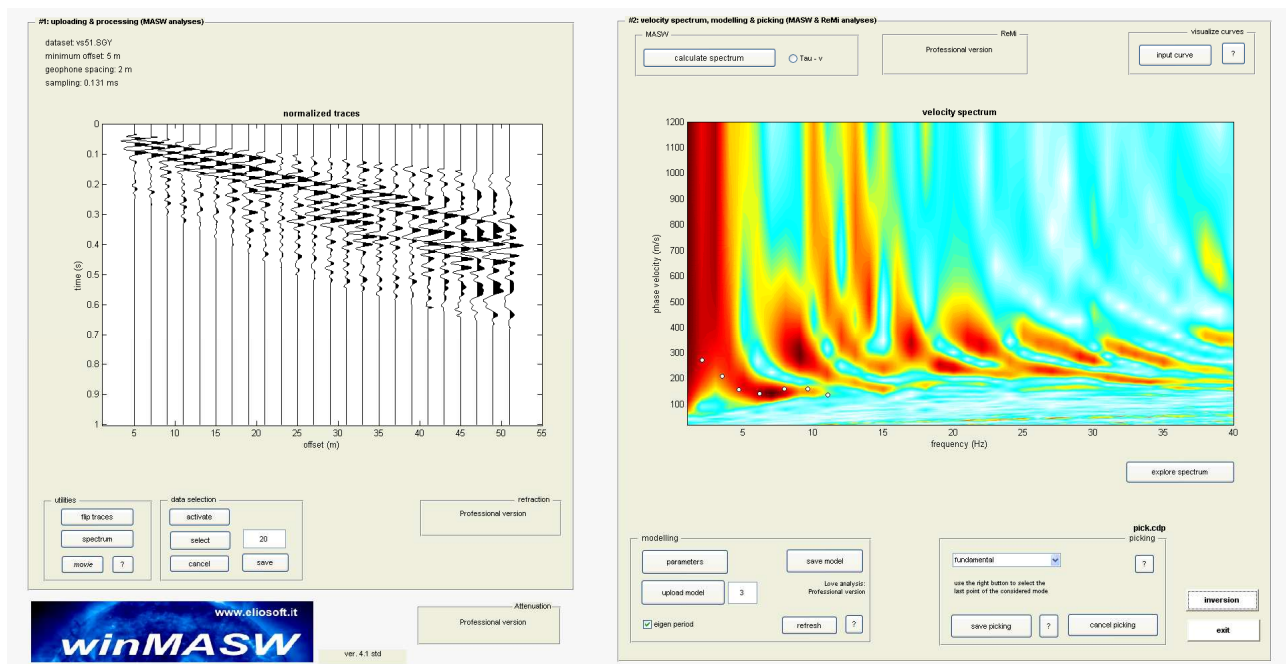


Fig. 2. Sulla sinistra i dati di campagna e, sulla destra, lo spettro di velocità calcolato.

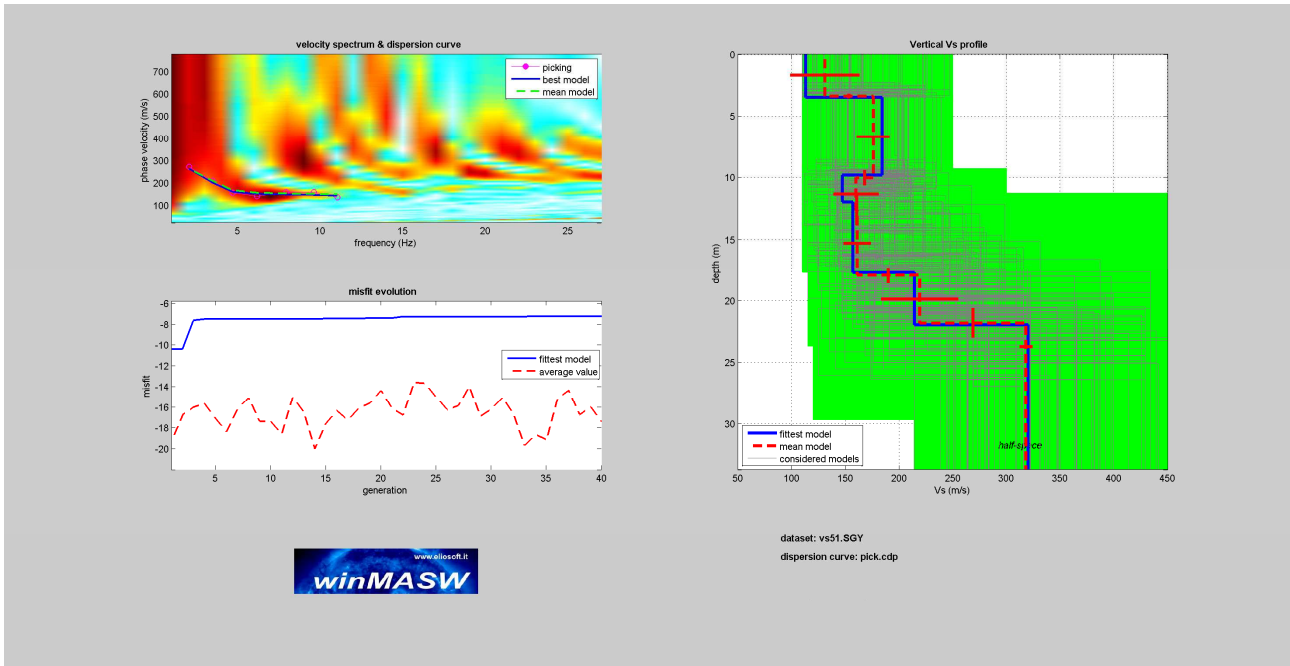


Fig. 3. Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite l'analisi dei dati. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione "piccate" e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale V_s identificato. In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli *Algoritmi Genetici* – Dal Moro et al., 2007).

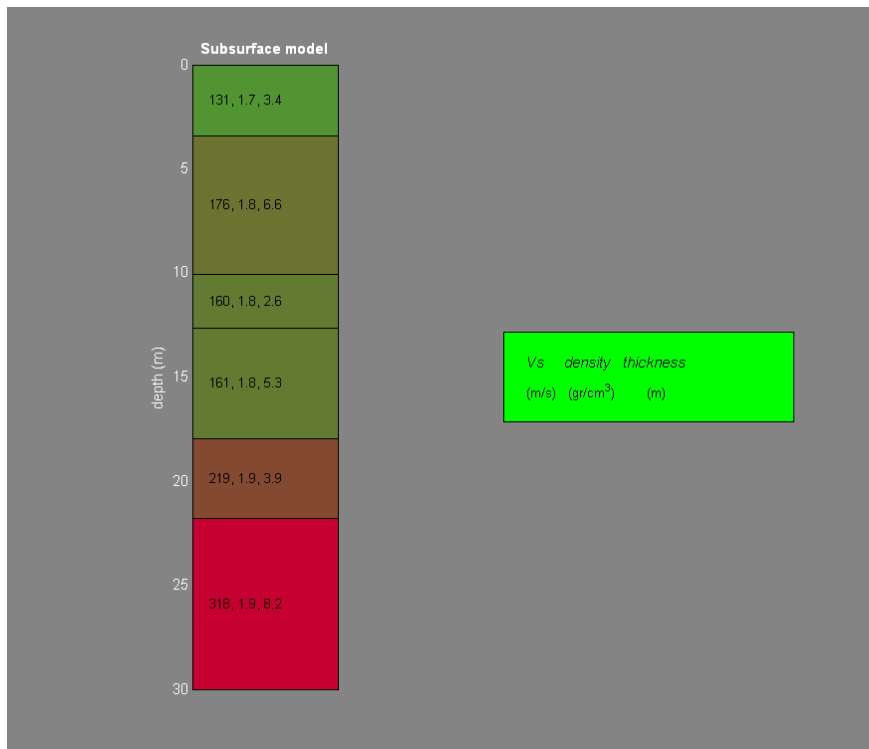


Fig. 4. Colonnina sismo-stratigrafica di massima del sito. Per ciascun strato indicate V_s , densità (stimate) e spessori.

Dall'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh, a partire dai dati di sismica attiva raccolti con la tecnica M.A.S.W. e in riferimento alla ricostruzione stratigrafica (modello di partenza) ricavabile dalle informazioni/indagini puntuali a taratura messe a disposizione dalla Committenza, viene proposto un profilo sismostratigrafico della V_S monodimensionale al di sotto dello stendimento effettuato.

Sulla base dei dati disponibili viene pertanto calcolata la $V_{S,eq}$ - a partire dal piano campagna attuale - secondo le modalità di calcolo indicate nelle *Norme Tecniche per le Costruzioni 2018*:

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

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

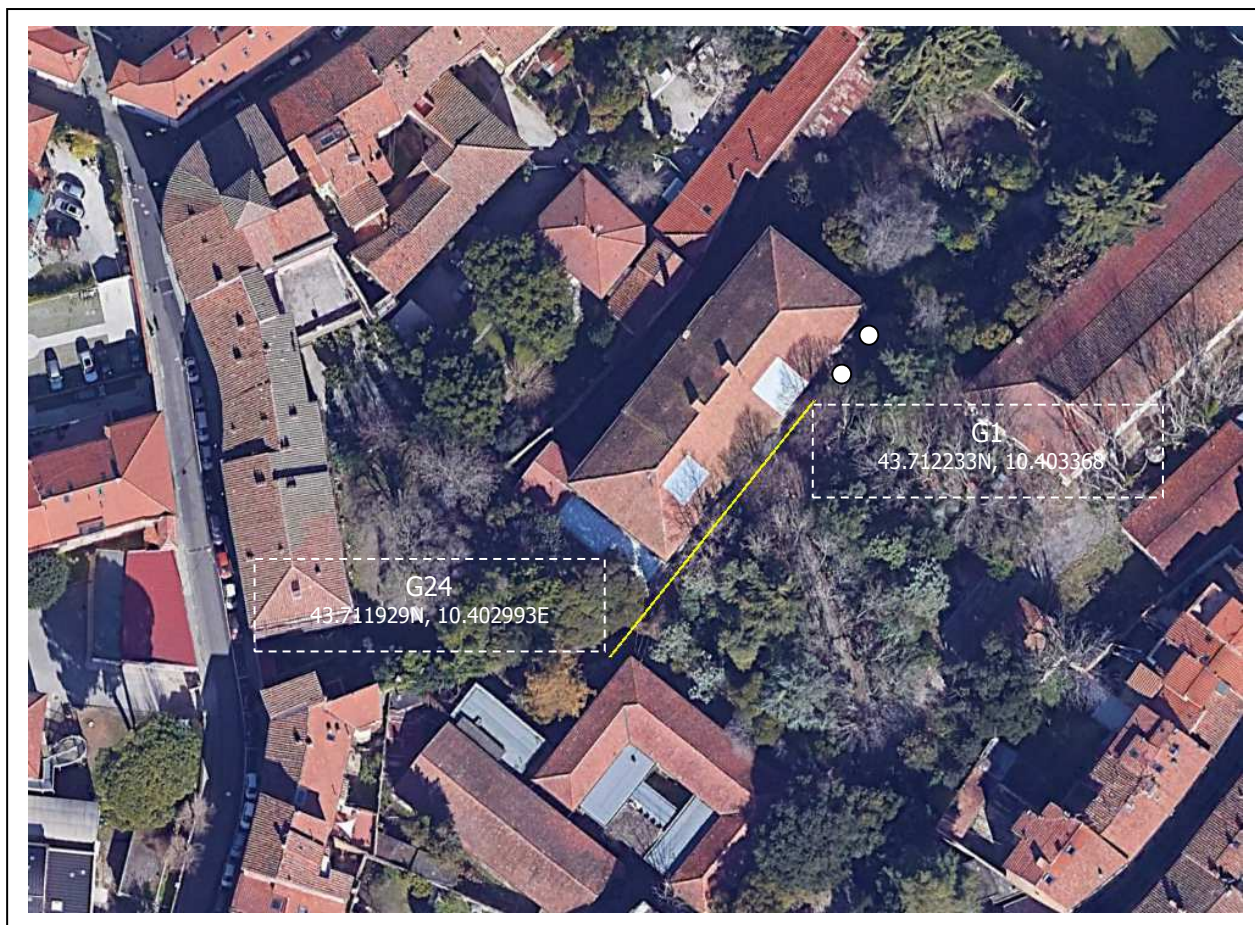
H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

$$V_{S,eq} = 192 \text{ m/s}$$

Tuttavia si ricorda che, sempre in ottemperanza alla Normativa, per la determinazione corretta della $V_{S,eq}$ il Geologo deve far riferimento alla profondità di imposta delle fondazioni previste nel progetto:

- per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse;
- per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali;
- Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera;
- Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

5. Ubicazione dell'area indagata e coordinate delle indagini in WGS84



(fuori scala)

Legenda:

G1 / Traccia della linea sismica (G1= geofono n.1)

○ Shots eseguiti

ELABORAZIONE ANALISI DI RUMORE
(HVSr)

Geognostica

*Monitoraggio
idrogeologico*



Geofisica

*Indagini
ambientali*

Committente: Geol. Marco Toschi

Località d'indagine: ex caserma Curtatone Montanara - Pisa

data: 07 / 12 / 2020



indagine: HVSR

strumentazione: Echotromo

software di elaborazione: Software HV 1.0.0.2
Geopsy
GeoExplorerHVSR

per la geOLUK s.r.l.,

l'Amministratore

geOLUK s.r.l.
GEOGNOSTICA E GEOFISICA
www.geoluk.com info@geoluk.com

sede legale: e sede operativa: Via Pesciatina, 1560/A - 55100
codice fiscale e numero di iscrizione al registro delle imprese di Lucca: 02069440465
R.E.A. Lucca n. 194371 - capitale sociale € 10.000,00 i.v.
tel 393 9371580 - fax 0583 956364 - www.geoluk.com - info@geoluk.com - geoluk@pec.it

INDICE

1. Descrizione dell'indagine	3
2. Segnale	3
3. Curva HVSR e elaborati.....	4
4. Conclusioni	6
5. Specifiche strumentali.....	7
6. Ubicazione	8

ALLEGATI e FIGURE

Fig.1	Dati sperimentali
Fig.2	Curva HVSR
Fig.3	Curva delle singole componenti
Fig.4	Stazionarietà
Fig.5	Direzionalità
Fig.6	Ubicazione
Tabella1	Criteri di ammissibilità
Tabella2	Classe di qualità

1. Descrizione dell'indagine

L'area oggetto di indagine, morfologicamente collocata in pianura alluvionale, è ubicata all'interno del centro storico di Pisa, quartiere San Martino, all'interno dell'area ex caserma militare Curtatone Montanara. L'area risulta essere caratterizzata principalmente dalla presenza di sorgenti di rumore di tipo transiente, provenienti principalmente dal traffico veicolare presente lungo le strade circostanti.

Il tromografo, correttamente orientato nella direzione del nord geografico, è stato posizionato per livellamento al suolo mediante tre spike regolabili a 120°, avendo cura di attendere il tempo necessario affinché lo strumento fosse stabile.

La posizione del sito di registrazione è stata scelta considerando la opportuna distanza dai fabbricati circostanti, oltre che dalle piante ad alto fusto presenti. Nonostante la giornata sia stata caratterizzata da discontinui rovesci e raffiche di vento si segnala che l'acquisizione è stata eseguita in un momento favorevole di assenza di pioggia e vento.

Per la determinazione della curva HVSR è stata realizzata n.1 registrazione, della durata di 30 minuti, ovvero 1800 secondi, adottando una frequenza di campionamento pari a 200 Hz.

In fase di lettura a monitor delle tracce registrate, si conferma la bontà del segnale per il mantenimento della verticalità del sensore e pertanto si ritiene significativo ai fini della determinazione della definizione della curva HVSR per l'area indagata.

2. Segnale

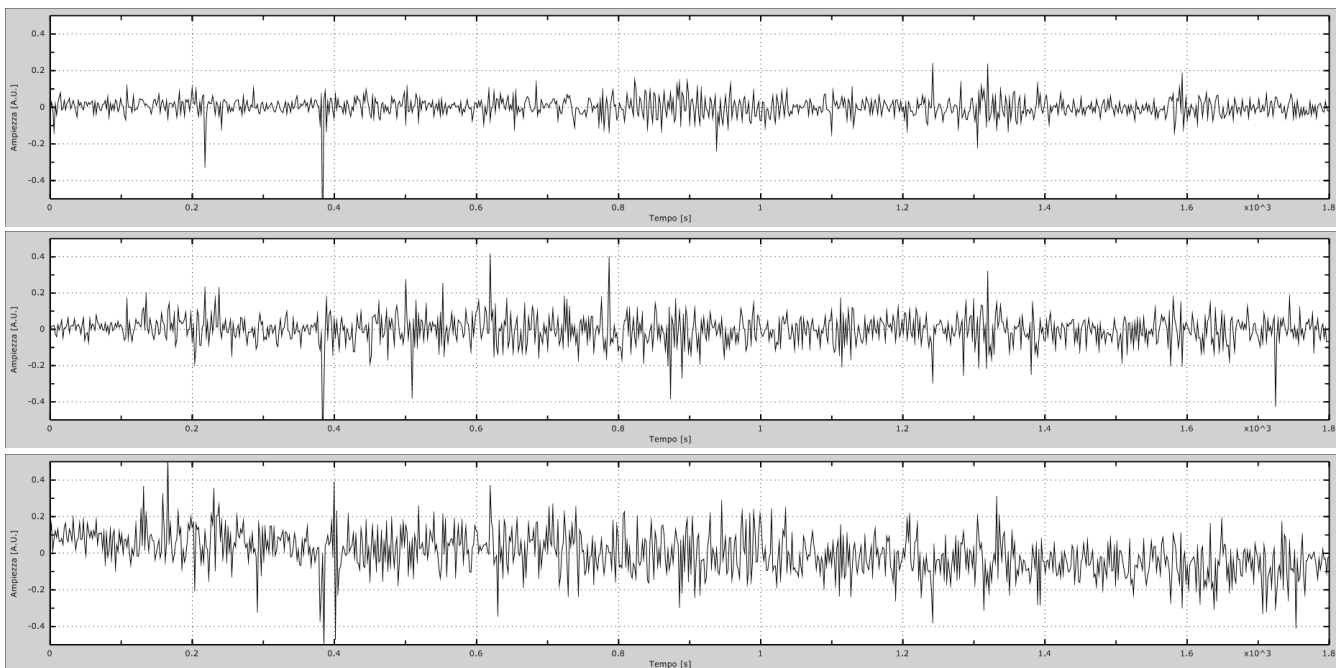


Fig. 1: Reg.1: Dati sperimentali in direzione Z (alto), N-S (centro) e E-W (basso).

3. Curva HVSR e elaborati

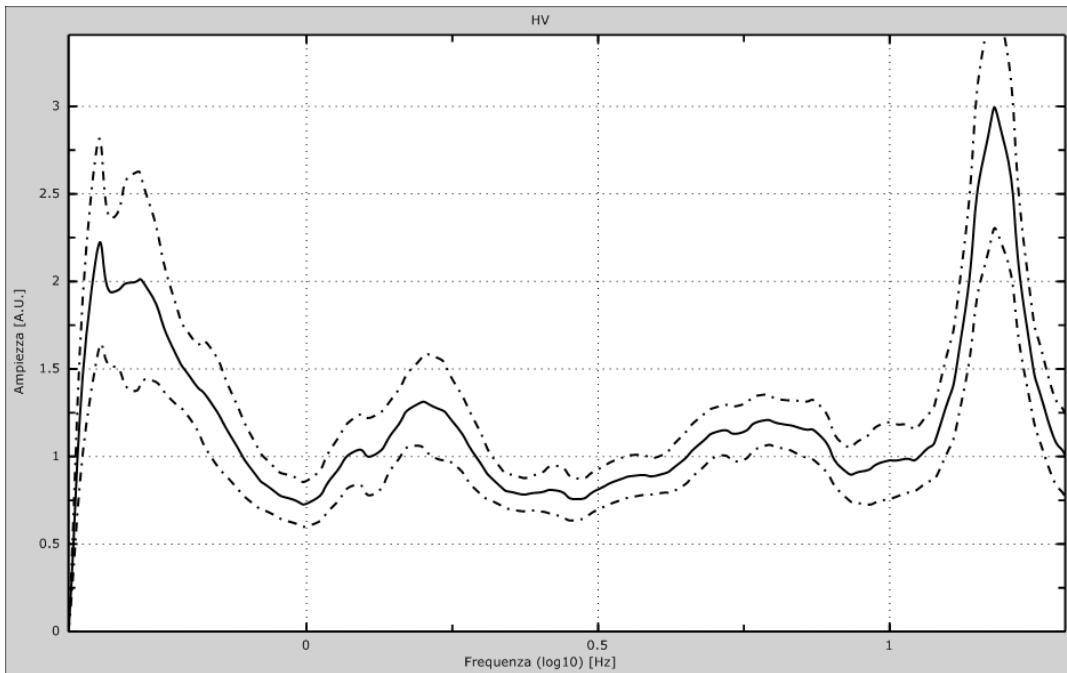


Fig. 2: Reg.1: Curva HVSR

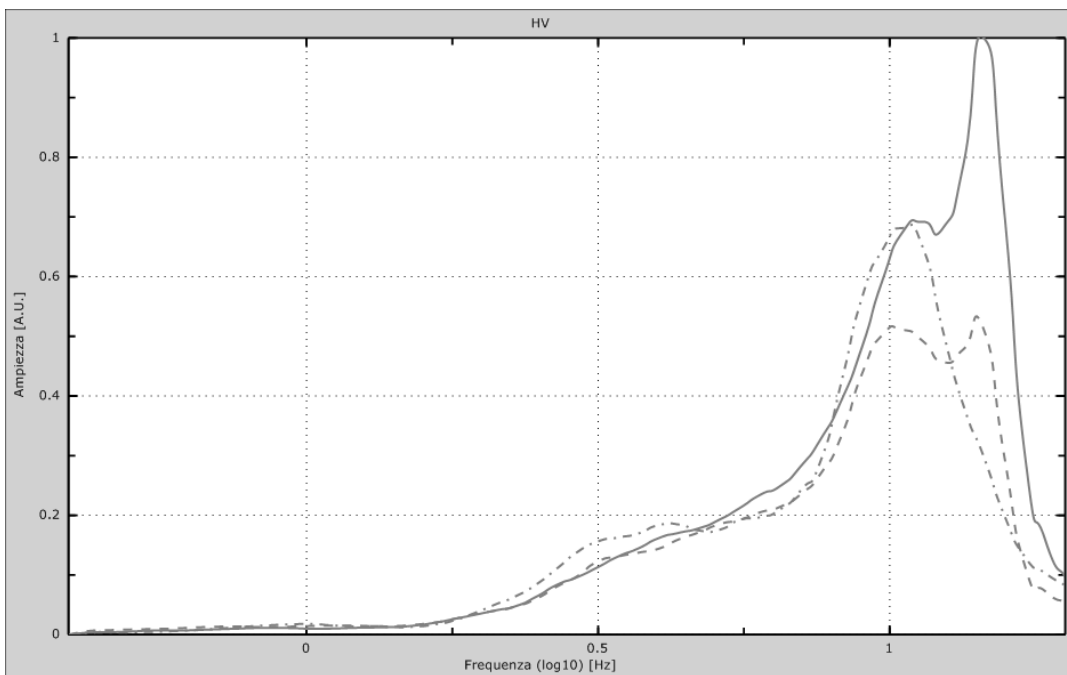


Fig. 3: Reg.1: Spettri delle singole componenti: Z (tratto-punto); N-S (linea continua); E-O (tratteggiato).

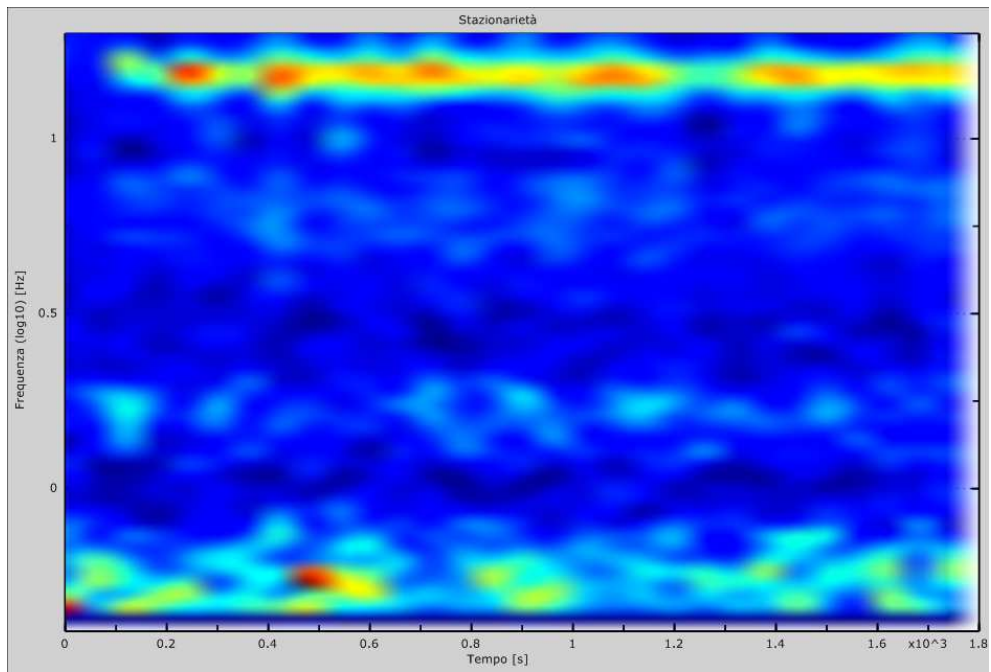


Fig. 4: Reg.1: Stazionarietà

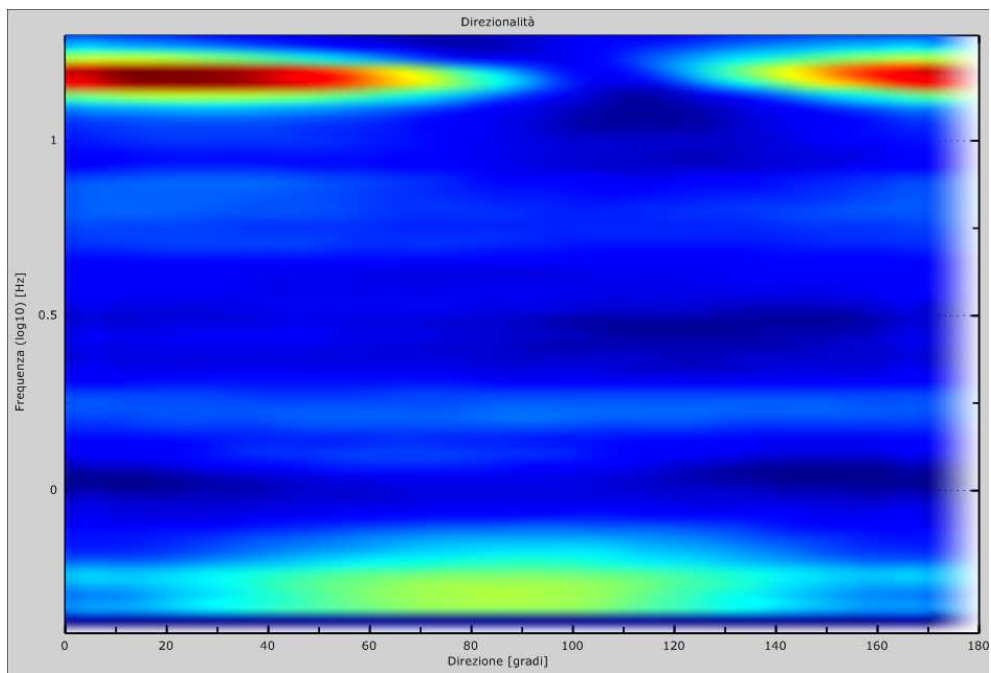


Fig. 5: Reg.1: Direzionalità

4. Conclusioni

ANALISI CURVA H/V (Fig.2): i picchi chiaramente identificabili e aventi fattore di amplificazione maggiore di 2 sono:

- picco n.1: 15.05 Hz
- picco n.2: 0.44 Hz

Dall'analisi degli spettri delle singole componenti nello spettro di Fourier di Fig. 3 si nota che il picco numero 1 in realtà sembra esser il risultato di due massimi assoluti e di un massimo relativo (flesso), mentre il picco numero 2 sembra non avere una natura antropica, per cui è da ritenersi con buona certezza, di origine naturale.

Frequenza di picco della curva H/V sperimentale [Hz] principale = 0.44

Della frequenza anzidetta si riportano i criteri di ammissibilità del picco, che presenta amplificazione 2.23. Pertanto:

Criterio 1	OK
Criterio 2	OK
Criterio 3	OK
Criterio 4	OK
Criterio 5	OK
Criterio 6	OK
Criterio 7	NO

Tabella 1: Reg.1: Criteri di ammissibilità (vedasi manuale Software HVSR)

Classe di Qualità: A

CLASSE A	(H/V affidabile, può essere utilizzata anche da sola)
<i>condizioni:</i>	1)-La forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% della durata della misura; 2)-le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo; 3)-assenza di disturbi elettromagnetici nella banda di frequenza di interesse; 4)-i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata dello spettro della componente verticale; 5)-i primi 3 criteri SESAME per una curva H/V attendibile sono verificati; 6)-durata della misura di almeno 15-20 minuti.
<i>eccezione:</i>	nel caso di assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati, la condizione 5 non sarà soddisfatta anche se la misura è affidabile (H/V tipo 2, v. sotto).
CLASSE B	(H/V da "interpretare": va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure vicine)
<i>condizione:</i>	Almeno una delle 6 condizioni della classe A non è soddisfatta (a meno che non si rientri nell'eccezione sopra citata)
CLASSE C	(H/V scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata)
<i>condizioni:</i>	1)-Misura di tipo B con curva H/V che mostra ampiezza crescente al diminuire della frequenza (deriva) indice di movimento dello strumento durante la misura; 2)-misura di tipo B con presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenze di interesse.
<i>Per le classi A e B si possono inoltre definire le seguenti due sottoclassi:</i>	
Tipo 1: H/V con almeno un picco "chiaro" secondo i criteri SESAME (possibile risonanza)	
Tipo 2: H/V senza picchi "chiaro" nell'intervallo di frequenze di interesse (ampiezza della curva circa uguali ad 1: assenza di risonanza)	

Tabella 2: Tabella della classe di qualità

Si suggerisce tuttavia il confronto di coerenza con altre misure disponibili vicine, per escludere la possibilità di "inquinamento" del segnale da parte di disturbi elettromagnetici vicini alla banda di frequenza di interesse non rilevati dalla presente registrazione.

5. Specifiche strumentali

Specifiche tecniche del tromografo Echotromo:

- Number of channels: 3 with differential input
- Input impedance: 47 Kohm
- Noise: 0,4 uV 1KHz sample frequency
- Max Input voltage: 1Vpp
- AD convertion: 24 bit
- Sample frequency: 50Hz, 100 Hz, 200 Hz

- Data storage: Internal flash disk 2GB (minimum 1GB)
- Recording format: SAF (SESAME ASCII Format)
- Power supply: 9,6Volt Ni Mh rechargeable battery
- Power autonomy: 6 hours
- IP Grade: IP 40
- Operating temperature: -25 / 70°C
- Gain of signal input: 1,2,4,8,16,32,64
- Max recording time: \approx 2,5 hours

6. Ubicazione e coordinate in WGS84°



Fig. 6: Ubicazione e coordinate in WGS84°

CERTIFICAZIONI SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Cantiere: via Giordano Bruno Località: Pisa Data inizio: 15/04/2021 Data fine: 16/04/2021
Sondaggio n.: 1 Metodo perfor.: Sondaggio a carotaggio continuo m. 20,0, a distruzione m. 11,0 Diamm. (mm): 101/127

Il presente certificato è composto da n. 5 pagine

SONDAGGIO GEOGNOSTICO



Norma di riferimento: *raccomandazioni AGI 1977.*

Deviazione dalla norma: Nessuna

Verbale di accettazione n. 065/2021 Del. 16/04/2021

Certificato di prova n. 195/2021 del. 28/06/2021

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

Perforatrice: Sonda IPC DRILL 650

Caratteristiche tecniche della perforatrice: Il gruppo rotary è costituito da un motore di 315 cm³ che consente una coppia massima di 745 daNm e un numero di giri massimi di 289 r.p.m. Il gruppo morsa-svitatore, una forza di serraggio di 15904 daN e una coppia di sviamento pari a 3000 daNm.

Diametro perforazione ϕ : 101

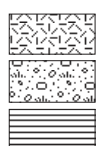
Diametro rivestimento ϕ : 127

Sistema di perforazione: Carotaggio continuo
Distruzione di nucleo

Cantiere: via Giordano Bruno Località: Pisa Data inizio: 15/04/2021 Data fine: 16/04/2021
 Sondaggio n.: 1 Metodo perfor.: Sondaggio a carotaggio continuo m. 20,0, a distruzione m. 11,0 Diamm. (mm): 101/127

o mm	R v	A r	A s	Pz	metri bat.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	SPT S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE		
					1										Terreno di riporto costituito da laterizi eterogenei in matrice limosa abbondante, caratterizzati da buono stato di consistenza; colore marrone scuro.		
					2										2,0	Limi argillosi compatti prevalenti di colore marrone chiaro con striature grigie.	
					3		1) She < 3,00 3,50									3,0	Limo sabbioso e argilloso, molle, di colore grigio con rari elementi litoidi angolosi.
					4											4,2	Sabbia fine color marrone chiaro compatta.
					5											4,7	Sabbia con limo, con locale presenza di rari elementi litoidi angolosi di dimensioni 1-2 cm; marrone chiaro; (5.60+5.90: Intercalazioni limose)
					6		2) She < 5,00 6,50										
					7												
					8												
					9						12-18-22	40					
					10										10,0	Sabbia monogranulare di colore grigio scuro; presente da 11.40 m a 11.60 m livello sabbioso-ghiaioso con ciottoli arrotondati.	
					11												
					12										12,0	Argilla grigia molle, plastica.	
					13												
					14										14,0	Sabbia monogranulare di colore grigio scuro.	
					15										14,5	Sabbia monogranulare di colore grigio scuro.	
					16						3-4-5	9				Limo argilloso grigio, molle.	
					17												
					18												
					19												
					20										20,0	Perforazione eseguita a distruzione di nucleo.	
					21												
					22												
					23												
					24												

She = Shelby Den = Denison Osl = Osterberg
 Ar = Livello acqua rinvenuta
 As = Livello acqua stabilizzata
 P.z. = Piezometro
 Rp = Penetrometro tascabile
 V.T. = Vane Test (kg/cmq) max-residuo
 S.P.T. = Standard Penetration Test
 N = Nspt
 R.Q.D. = Rock Quality Designation



Ripporto

Terreno vegetale

Argilla



Limo

Sabbia

Ghiaia, ciottoli

NOTE: _____

Cantiere: via Giordano Bruno Località: Pisa Data inizio: 15/04/2021 Data fine: 16/04/2021
 Sondaggio n.: 1 Metodo perfor.: Sondaggio a carotaggio continuo m. 20,0, a distruzione m. 11,0 Diamm. (mm): 101/127

Ø mm	R V	A F	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
									Prel. % 0 --- 100	S.P.T. N			
				25									Perforazione eseguita a distruzione di nucleo.
				26									
				27									
				28									
				29									
				30									
				31								31,0	

Installato tubo in PVC, diametro 80 mm, per prova sismica in foro di tipo down hole.

Sho = Shelby Den = Denison Osl = Osterberg
 Ar = Livello acqua rinvenuta
 As = Livello acqua stabilizzata
 Pz = Pico metro
 Rp = Penetrometro tascabile
 V.T. = Vane Test (kg/cm²) max-residuo
 S.P.T. = Standard Penetration Test
 N = Napt
 R.Q.D. = Rock Quality Designation



Ripporto



Terreno vegetale



Argilla



Limo



Sabbia



Ghiaia, ciottoli

NOTE: _____

Cantiere: via Giordano Bruno Località: Pisa Data inizio: 15/04/2021 Data fine: 16/04/2021
Sondaggio n.: 1 Metodo perfor.: Sondaggio a carotaggio continuo m. 20,0, a distruzione m. 11,0 Diamm. (mm): 101/127

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA CAROTE DI SONDAGGIO



Cassetta n. 1: da 0,0 m a - 5,0 m



Cassetta n. 2: da - 5,0 m a - 10,0 m



Cassetta n. 3: da - 10,0 m a - 15,0 m



Cassetta n. 4: da - 15,0 m a - 20,0 m

Cantiere: via Giordano Bruno Località: Pisa Data inizio: 15/04/2021 Data fine: 16/04/2021
Sondaggio n.: 1 Metodo perfor.: Sondaggio a carotaggio continuo m. 20,0, a distruzione m. 11,0 Diamm. (mm): 101/127

UBICAZIONE INDAGINE



CERTIFICAZIONI 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 Srl

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

Committente : Dott. Geologo Marco Toschi
Cantiere : Ex Caserma Curtatone Montanara - Pisa (PI)

Verbale Accettazione n° : 246 del 28/04/2021
Data Certificazione : 21/06/2021
Campioni n°: 3
Certificati da n° a n° : 02824 a 02834





LABOTER S.r.l.

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV 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

COMMITTENTE:	Dott. Geologo Marco Toschi		
RIFERIMENTO:	Ex Caserma Curtatone Montanara - Pisa (PI)		
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	1
			PROFONDITA': m 3.0-3.5

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	25,8	%
Peso di volume	19,5	kN/m³
Peso di volume secco	15,5	kN/m³
Peso di volume saturo	19,6	kN/m³
Peso specifico	26,5	kN/m³
Indice dei vuoti	0,704	
Porosità	41,3	%
Grado di saturazione	99,0	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		%
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	1,3	%
Sabbia	20,3	%
Limo	58,8	%
Argilla	19,6	%
D 10	0,000395	mm
D 50	0,013078	mm
D 60	0,020673	mm
D 90	0,227022	mm
Passante set. 10	98,7	%
Passante set. 42	93,6	%
Passante set. 200	82,1	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

COMPRESSIONE

σ	kPa
c_u	kPa
σ_{Rim}	kPa
$c_{u Rim}$	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c'	10,4	kPa	
ϕ'	22,6	°	
c'_{Res}		kPa	
ϕ'_{Res}		°	

COMPRESSIONE TRIASSIALE

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

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm²/sec	k cm/sec

FOTOGRAFIA



OSSERVAZIONI

Tipi di campione: Cilindrico	Qualità del campione: Q 5

Posizione delle prove				cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR	TD	cm					
			0					Limo sabbioso e argilloso MUNSELL SOIL COLOR: N 5/ Gray
			10		70			Classificazione del terreno in base alla resistenza al pocket penetrometer e vane test < 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
			20		20			
			30		20			
			40		70			
						49		



LABOTER S.r.l.

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV 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°: 02824	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 21/06/21	Inizio analisi: 09/06/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 246 del 28/04/21		Apertura campione: 09/06/21	Fine analisi: 10/06/21

COMMITTENTE: Dott. Geologo Marco Toschi		
RIFERIMENTO: Ex Caserma Curtatone Montanara - Pisa (PI)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 3.0-3.5

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 25,8 %

Struttura del materiale:

Omogeneo
 Stratificato
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV 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°: 02825	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 21/06/21	Inizio analisi: 09/06/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 246 del 28/04/21		Apertura campione: 09/06/21	Fine analisi: 09/06/21

COMMITTENTE: Dott. Geologo Marco Toschi		
RIFERIMENTO: Ex Caserma Curtatone Montanara - Pisa (PI)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 3.0-3.5

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 = 19,5 kN/m³





LABOTER S.r.l.

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV 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

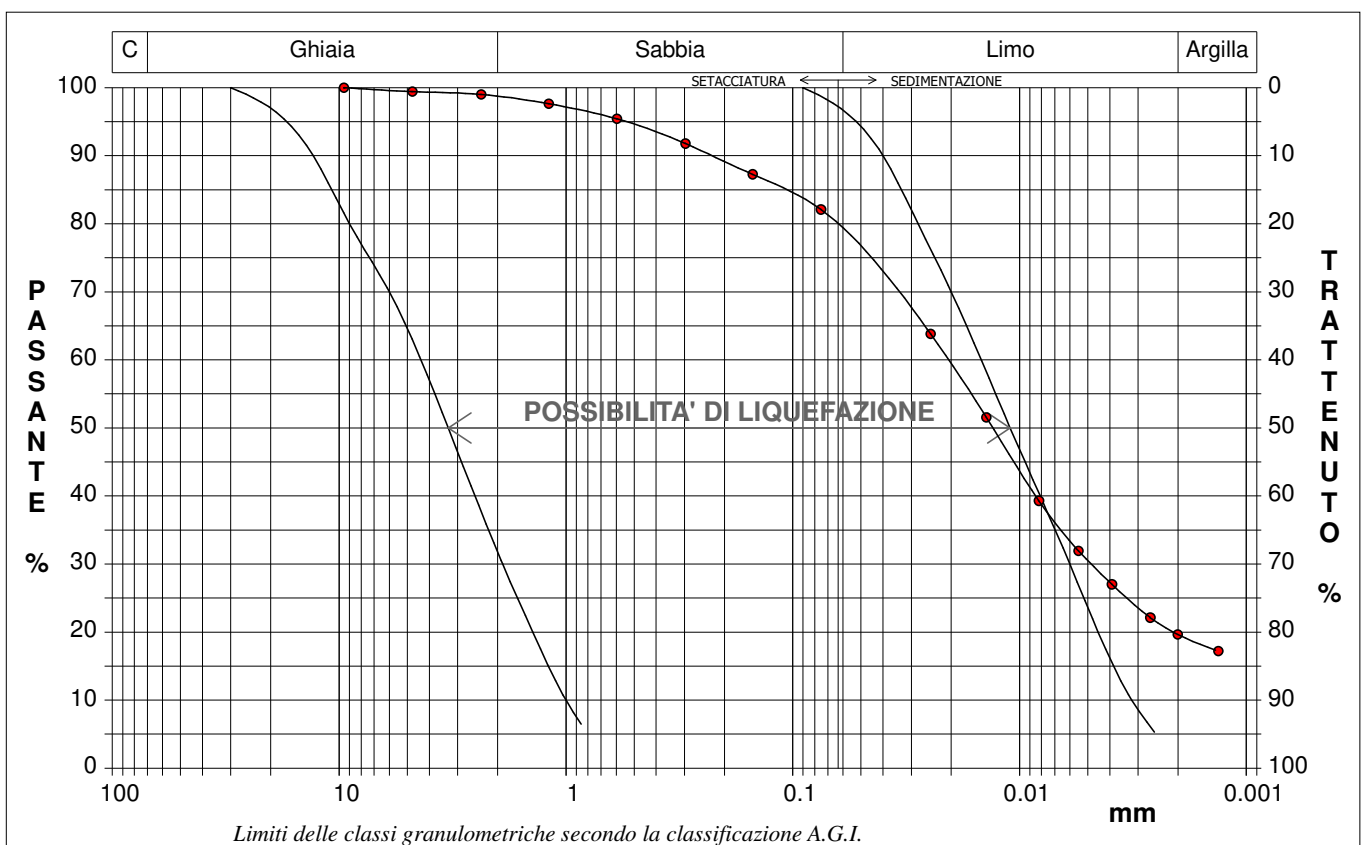
CERTIFICATO DI PROVA N°: 02826	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 21/06/21	Inizio analisi: 14/06/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 246 del 28/04/21		Apertura campione: 09/06/21	Fine analisi: 17/06/21

COMMITTENTE: Dott. Geologo Marco Toschi
RIFERIMENTO: Ex Caserma Curtatone Montanara - Pisa (PI)
SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 3.0-3.5

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	1,3 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	98,7 %	D ₁₀	0,00040 mm
Sabbia	20,3 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	93,6 %	D ₃₀	0,00481 mm
Limo	58,8 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	82,1 %	D ₅₀	0,01308 mm
Argilla	19,6 %			D ₆₀	0,02067 mm
Coefficiente di uniformità	52,33	Coefficiente di curvatura	2,83	D ₉₀	0,22702 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
9,5200	100,00	0,2970	91,78	0,0082	39,29	0,0013	17,20		
4,7500	99,43	0,1500	87,25	0,0055	31,92				
2,3600	99,00	0,0750	82,09	0,0039	27,01				
1,1900	97,63	0,0247	63,83	0,0026	22,11			Setacci	7
0,5950	95,42	0,0140	51,56	0,0020	19,65			Punti sediment.	8

--

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV 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°: 02827** Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 246 del 28/04/21

DATA DI EMISSIONE: 21/06/21

Inizio analisi: 11/06/21

Apertura campione: 09/06/21

Fine analisi: 15/06/21

COMMITTENTE: Dott. Geologo Marco Toschi

RIFERIMENTO: Ex Caserma Curtatone Montanara - Pisa (PI)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 3.0-3.5

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):	42	103	157
Tensione a rottura (kPa):	33	48	81
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	2,23	5,23	1,68
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,12	0,29	0,24
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 23,9	--- 22,8	--- 23,6
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,5 24,2	19,4 23,8	19,8 24,4

DIAGRAMMA
Tensione - Pressione verticale

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

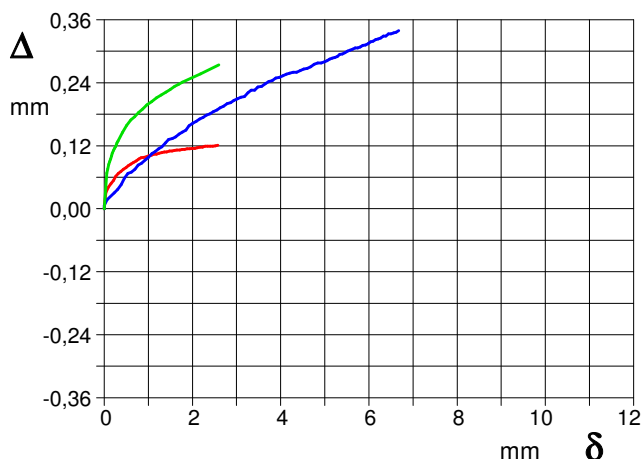
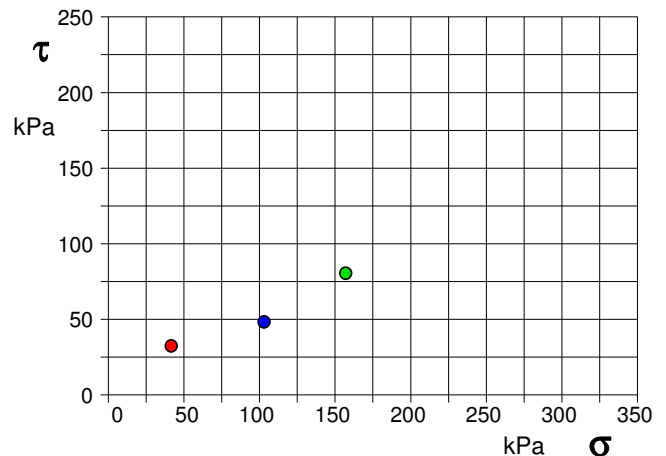


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

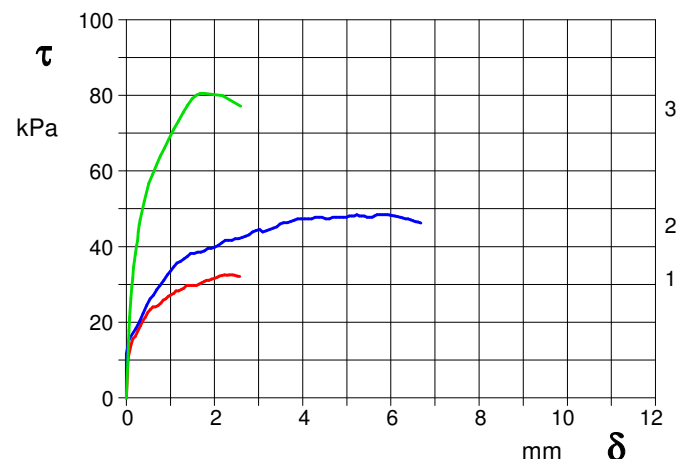


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



LABOTER S.r.l.

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV 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°: 02827 Pagina 0/4
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 246 del 28/04/21

DATA DI EMISSIONE: 21/06/21 Inizio analisi: 11/06/21
Apertura campione: 09/06/21 Fine analisi: 15/06/21

COMMITTENTE: Dott. Geologo Marco Toschi
RIFERIMENTO: Ex Caserma Curtatone Montanara - Pisa (PI)
SONDAGGIO: 1 **CAMPIONE:** 1 **PROFONDITA': m** 3.0-3.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,040	10,2	0,03	0,001	11,7	0,01	0,060	17,6	0,07
0,152	15,5	0,05	0,302	20,1	0,04	0,078	21,3	0,08
0,262	17,7	0,06	0,539	26,1	0,07	0,104	26,2	0,08
0,378	20,5	0,07	0,768	29,7	0,08	0,123	29,4	0,09
0,490	22,6	0,08	1,001	33,6	0,10	0,145	31,7	0,10
0,604	24,0	0,09	1,231	36,0	0,11	0,163	34,4	0,10
0,722	24,4	0,09	1,460	38,2	0,13	0,182	36,2	0,11
0,834	25,8	0,10	1,697	38,5	0,14	0,207	38,0	0,11
0,954	26,9	0,10	1,926	39,6	0,16	0,232	40,3	0,12
1,074	27,6	0,10	2,162	41,0	0,17	0,253	41,6	0,12
1,182	28,3	0,10	2,394	41,7	0,18	0,272	43,9	0,12
1,303	29,0	0,11	2,628	42,4	0,19	0,289	45,7	0,13
1,418	29,7	0,11	2,863	43,8	0,20	0,311	47,0	0,13
1,536	29,7	0,11	3,096	43,8	0,21	0,411	52,0	0,15
1,649	30,0	0,11	3,331	44,9	0,23	0,507	56,7	0,16
1,768	30,7	0,11	3,567	46,3	0,23	0,599	59,1	0,17
1,878	31,1	0,11	3,811	47,0	0,24	0,686	61,6	0,18
1,994	31,6	0,12	4,049	47,3	0,25	0,775	63,9	0,18
2,108	32,2	0,12	4,282	47,7	0,26	0,868	66,0	0,19
2,227	32,5	0,12	4,521	47,3	0,27	0,962	68,3	0,20
2,341	32,5	0,12	4,759	47,7	0,28	1,072	71,0	0,20
2,459	32,4	0,12	4,997	47,7	0,28	1,183	73,2	0,21
2,573	32,1	0,12	5,167	48,1	0,29	1,291	75,5	0,22
			5,341	48,1	0,29	1,396	77,5	0,22
			5,513	47,7	0,30	1,497	79,2	0,23
			5,687	48,4	0,31	1,595	80,1	0,23
			5,862	48,4	0,31	1,680	80,5	0,24
			6,036	48,2	0,32	1,768	80,5	0,24
			6,212	47,7	0,32	2,182	79,9	0,26
			6,387	47,3	0,33	2,595	77,2	0,27
			6,560	46,6	0,34			

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2020
Lo sperimentatore: Dott. Geologo Paolo Tognelli
Il direttore del laboratorio: Dott. Geologo Paolo Tognelli

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV 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°: 02827** Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 246 del 28/04/21

DATA DI EMISSIONE: 21/06/21 Inizio analisi: 11/06/21

Apertura campione: 09/06/21 Fine analisi: 15/06/21

COMMITTENTE: Dott. Geologo Marco Toschi

RIFERIMENTO: Ex Caserma Curtatone Montanara - Pisa (PI)

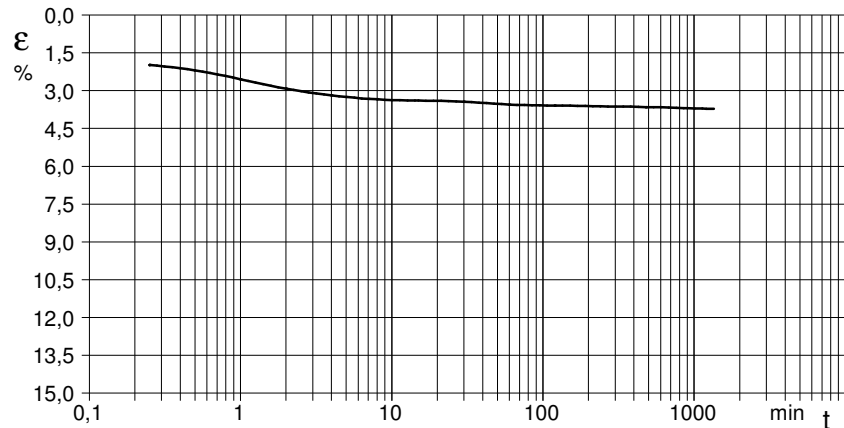
SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 3.0-3.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

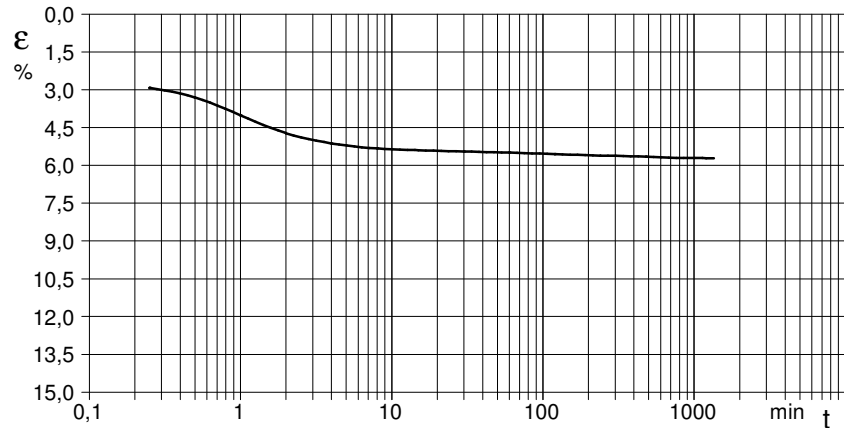
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 1**

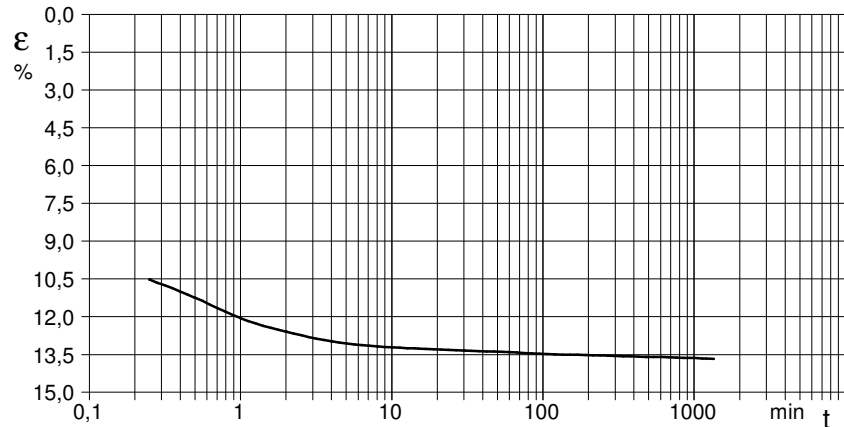
Pressione (kPa)	42
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,926
Sezione (cm ²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 2**

Pressione (kPa)	103
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,886
Sezione (cm ²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 3**

Pressione (kPa)	157
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,726
Sezione (cm ²):	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 $tf = 50 \times T_{50}$ Vs = Df / tf

COMMITTENTE: Dott. Geologo Marco Toschi			
RIFERIMENTO: Ex Caserma Curtatone Montanara - Pisa (PI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	3.0-3.5

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):	42	103	157
Tensione a rottura (kPa):	33	48	81
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	2,23	5,23	1,68
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,12	0,29	0,24
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 23,9	--- 22,8	--- 23,6
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,5 24,2	19,4 23,8	19,8 24,4

DIAGRAMMA
Tensione - Pressione verticale

Coesione:	10,4 kPa
Angolo di attrito interno:	22,6 °

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

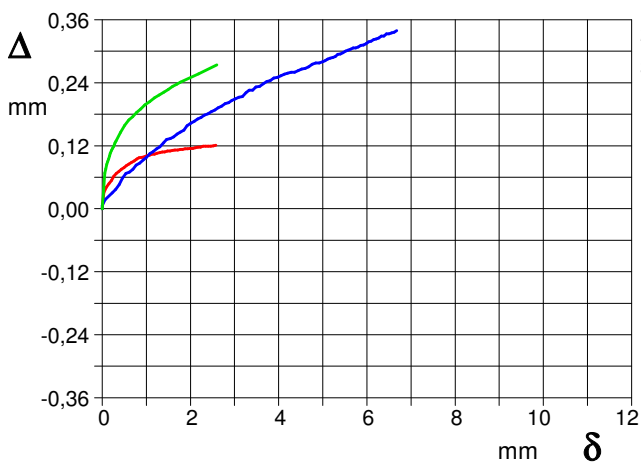
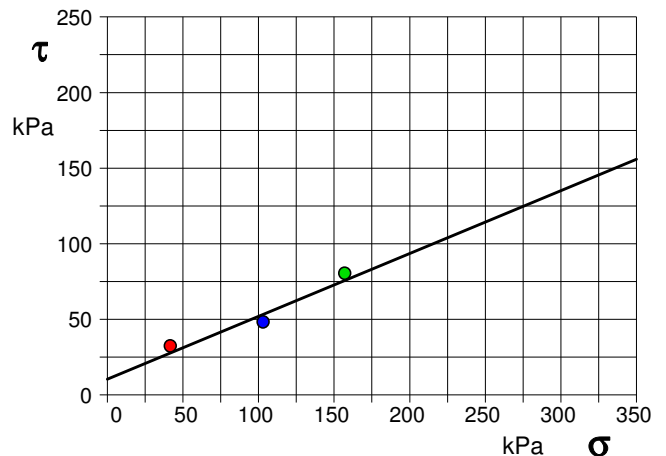


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

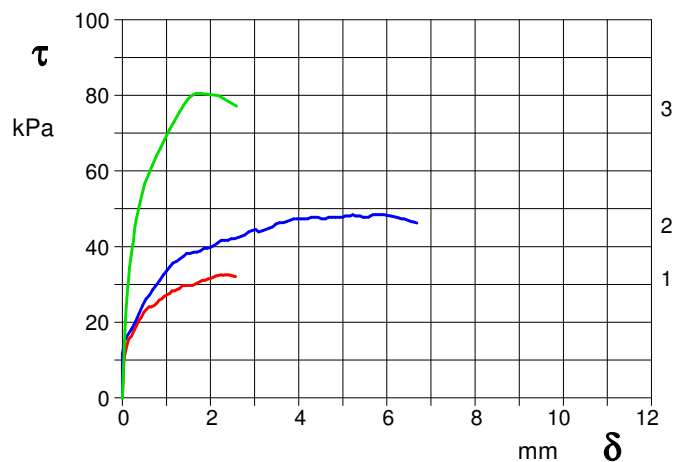


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



LABOTER S.r.l.

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV 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

COMMITTENTE:	Dott. Geologo Marco Toschi		
RIFERIMENTO:	Ex Caserma Curtatone Montanara - Pisa (PI)		
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	2
		PROFONDITA': m	6.0-6.5

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	26,2	%
Peso di volume	18,2	kN/m ³
Peso di volume secco	14,4	kN/m ³
Peso di volume saturo	18,9	kN/m ³
Peso specifico	26,5	kN/m ³
Indice dei vuoti	0,836	
Porosità	45,5	%
Grado di saturazione	84,7	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		%
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia		%
Sabbia	66,9	%
Limo	29,9	%
Argilla	3,2	%
D 10	0,005884	mm
D 50	0,181938	mm
D 60	0,255012	mm
D 90	0,556106	mm
Passante set. 10	100,0	%
Passante set. 42	78,6	%
Passante set. 200	35,8	%

COMPRESSIONE

σ	kPa
c_u	kPa
σ_{Rim}	kPa
$c_{u Rim}$	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta		
c'	13,5	kPa
ϕ'	27,4	°
c'_{Res}		kPa
ϕ'_{Res}		°

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

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

FOTOGRAFIA



OSSERVAZIONI

<p>Tipi di campione: Cilindrico</p> <p>Qualità del campione: Q 5</p>
--

Posizione delle prove	cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF GR TD	0				Sabbia con limo
	10				
	20				
	27				
	30				Limo con sabbia MUNSELL SOIL COLOR: 7.5YR 5/3 Brown
	40				

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV 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°: 02828	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 21/06/21	Inizio analisi: 09/06/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 246 del 28/04/21		Apertura campione: 09/06/21	Fine analisi: 10/06/21

COMMITTENTE: Dott. Geologo Marco Toschi			
RIFERIMENTO: Ex Caserma Curtatone Montanara - Pisa (PI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	6.0-6.5

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

W_n = contenuto d'acqua allo stato naturale = 26,2 %

Struttura del materiale:

Omogeneo
 Stratificato
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV 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°: 02829	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 21/06/21	Inizio analisi: 09/06/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 246 del 28/04/21		Apertura campione: 09/06/21	Fine analisi: 09/06/21

COMMITTENTE: Dott. Geologo Marco Toschi			
RIFERIMENTO: Ex Caserma Curtatone Montanara - Pisa (PI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	6.0-6.5

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 = 18,2 kN/m³



**LABOTER S.r.l.**

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV 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°: 02830 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 246 del 28/04/21

DATA DI EMISSIONE: 21/06/21 Inizio analisi: 14/06/21

Apertura campione: 09/06/21 Fine analisi: 17/06/21

COMMITTENTE: Dott. Geologo Marco Toschi

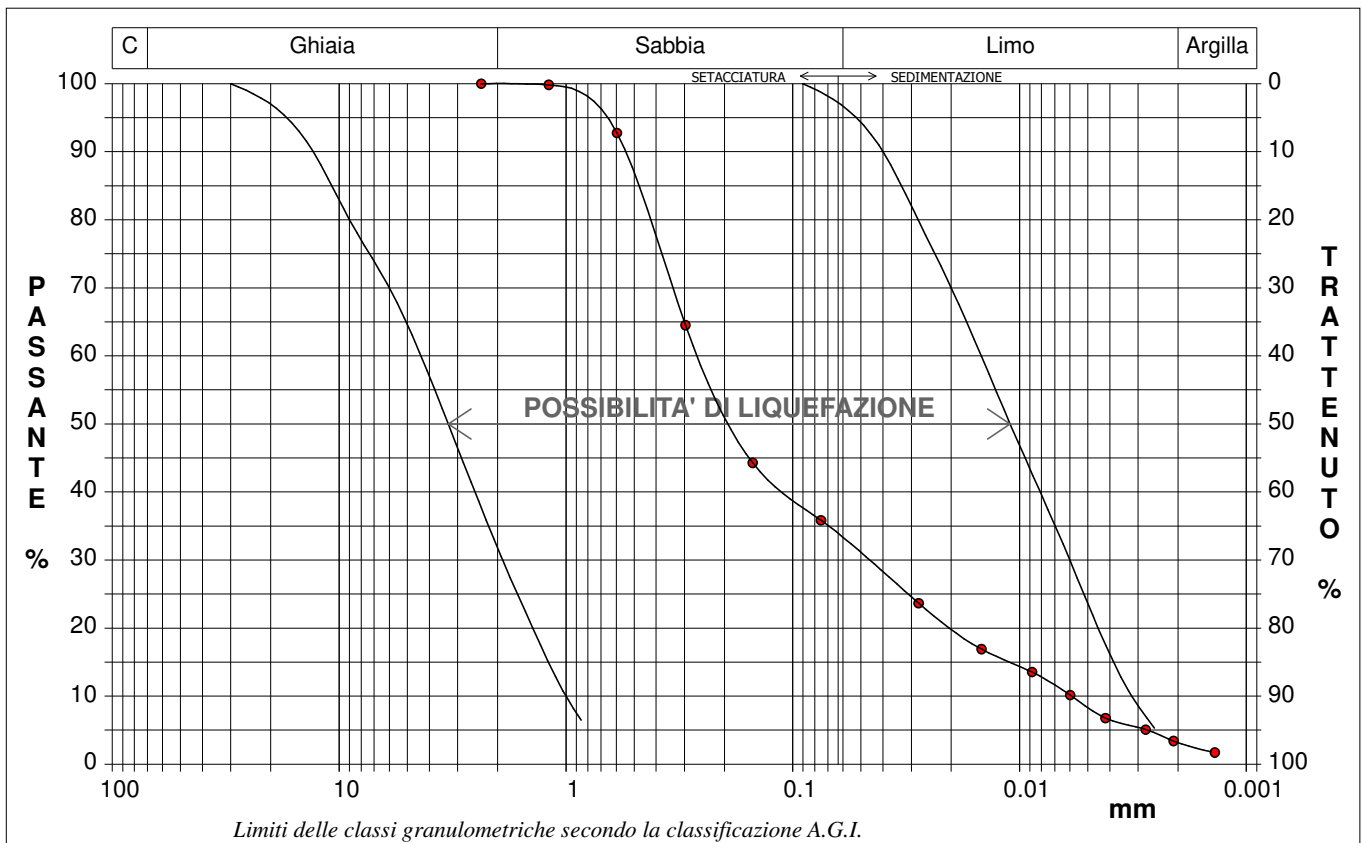
RIFERIMENTO: Ex Caserma Curtatone Montanara - Pisa (PI)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 6.0-6.5

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D ₁₀	0,00588 mm
Sabbia	66,9 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	78,6 %	D ₃₀	0,04667 mm
Limo	29,9 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	35,8 %	D ₅₀	0,18194 mm
Argilla	3,2 %			D ₆₀	0,25501 mm
Coefficiente di uniformità		43,34	Coefficiente di curvatura		1,45
				D ₉₀	0,55611 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
2,3600	100,00	0,0750	35,83	0,0042	6,77				
1,1900	99,82	0,0278	23,65	0,0028	5,09				
0,5950	92,75	0,0147	16,90	0,0021	3,40				
0,2970	64,51	0,0088	13,53	0,0014	1,71			Setacci	5
0,1500	44,28	0,0060	10,15					Punti sediment.	8

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV 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°: 02831** Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 246 del 28/04/21

DATA DI EMISSIONE: 21/06/21

Inizio analisi: 11/06/21

Apertura campione: 09/06/21

Fine analisi: 16/06/21

COMMITTENTE: Dott. Geologo Marco Toschi

RIFERIMENTO: Ex Caserma Curtatone Montanara - Pisa (PI)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 6.0-6.5

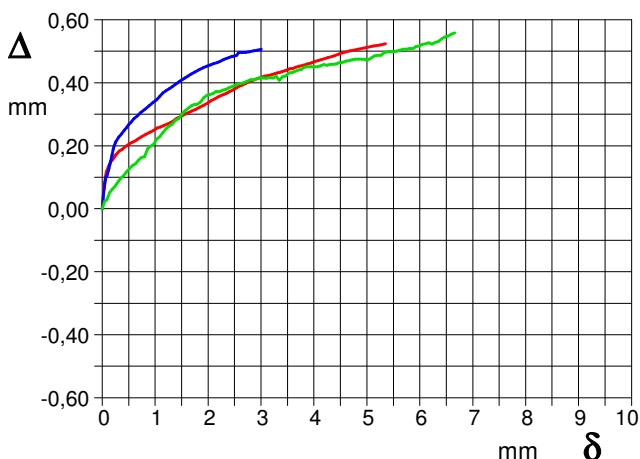
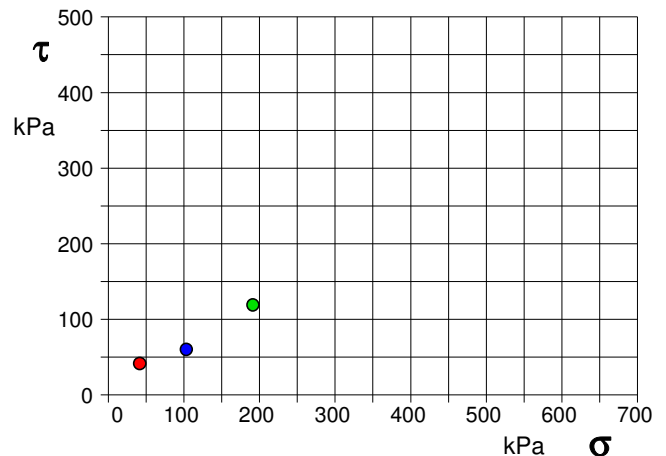
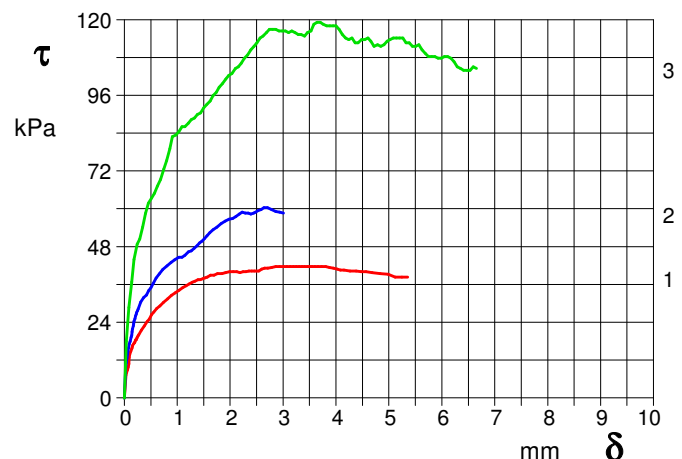
PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	42	103	191
Tensione a rottura (kPa):	42	60	119
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	2,86	2,64	3,64
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,41	0,50	0,44
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 38,2	--- 43,6	--- 33,1
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	18,6 25,7	17,9 25,7	18,1 24,1

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.

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV 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°: 02831	Pagina 0/4	DATA DI EMISSIONE: 21/06/21	Inizio analisi: 11/06/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 246 del 28/04/21		Apertura campione: 09/06/21	Fine analisi: 16/06/21

COMMITTENTE: Dott. Geologo Marco Toschi			
RIFERIMENTO: Ex Caserma Curtatone Montanara - Pisa (PI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	6.0-6.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,032	7,2	0,07	0,025	9,5	0,05	0,041	17,9	0,02
0,073	9,7	0,11	0,050	12,6	0,08	0,185	43,9	0,06
0,106	13,9	0,13	0,068	14,8	0,10	0,348	54,1	0,10
0,145	15,8	0,14	0,095	17,0	0,11	0,514	63,4	0,13
0,179	17,2	0,15	0,129	19,3	0,13	0,685	69,3	0,15
0,212	18,3	0,16	0,146	20,9	0,14	0,858	79,1	0,19
0,246	19,2	0,17	0,169	22,9	0,16	1,031	84,5	0,22
0,323	21,4	0,18	0,187	24,3	0,17	1,211	87,2	0,26
0,475	25,0	0,20	0,215	26,0	0,19	1,382	89,9	0,28
0,614	28,3	0,22	0,235	27,1	0,20	1,560	93,1	0,31
0,821	31,4	0,24	0,259	28,2	0,21	1,737	96,9	0,33
1,039	34,2	0,26	0,364	31,8	0,24	1,916	101,3	0,35
1,227	36,1	0,27	0,461	34,0	0,26	2,099	104,5	0,37
1,391	37,5	0,29	0,546	36,3	0,28	2,272	107,8	0,38
1,528	38,1	0,30	0,663	39,4	0,30	2,450	111,5	0,39
1,695	38,9	0,31	0,804	41,9	0,32	2,623	114,8	0,40
1,915	39,7	0,33	0,952	43,8	0,34	2,805	117,0	0,41
2,127	40,0	0,35	1,089	44,7	0,36	2,982	116,4	0,42
2,299	40,0	0,36	1,212	46,3	0,38	3,164	116,4	0,42
2,459	40,3	0,38	1,322	47,4	0,39	3,341	115,3	0,41
2,594	40,8	0,39	1,426	49,1	0,40	3,524	116,4	0,43
2,784	41,4	0,40	1,514	50,5	0,41	3,704	119,1	0,44
3,008	41,7	0,42	1,618	52,5	0,42	3,884	118,0	0,45
3,193	41,7	0,43	1,750	54,1	0,43	4,060	117,0	0,45
3,360	41,7	0,43	1,905	56,1	0,45	4,243	113,7	0,46
3,503	41,7	0,44	2,046	56,9	0,46	4,419	112,6	0,46
3,658	41,7	0,45	2,171	58,3	0,46	4,605	114,3	0,47
3,877	41,4	0,46	2,285	58,6	0,47	4,786	112,1	0,48
4,087	40,6	0,47	2,393	58,3	0,48	4,965	113,2	0,47
4,379	40,3	0,49	2,482	58,9	0,48	5,141	114,3	0,49
4,685	39,7	0,50	2,582	59,7	0,50	5,327	112,6	0,50
5,119	38,3	0,52	2,704	60,3	0,50	5,504	111,5	0,50
			2,860	59,2	0,50	5,689	109,4	0,51
			3,006	58,6	0,51	5,870	108,3	0,51
						6,047	108,3	0,52
						6,231	106,7	0,52
						6,414	104,0	0,54
						6,597	105,0	0,55

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AG-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°: 02831** Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 246 del 28/04/21

DATA DI EMISSIONE: 21/06/21

Inizio analisi: 11/06/21

Apertura campione: 09/06/21

Fine analisi: 16/06/21

COMMITTENTE: Dott. Geologo Marco Toschi

RIFERIMENTO: Ex Caserma Curtatone Montanara - Pisa (PI)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

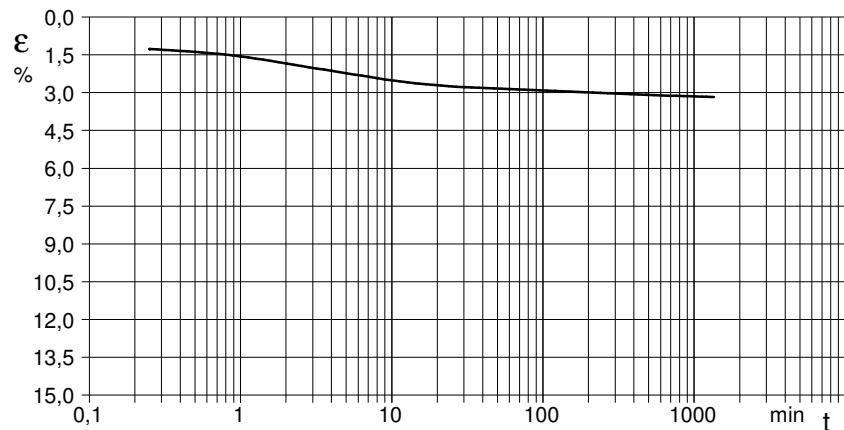
PROFONDITA': m 6.0-6.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

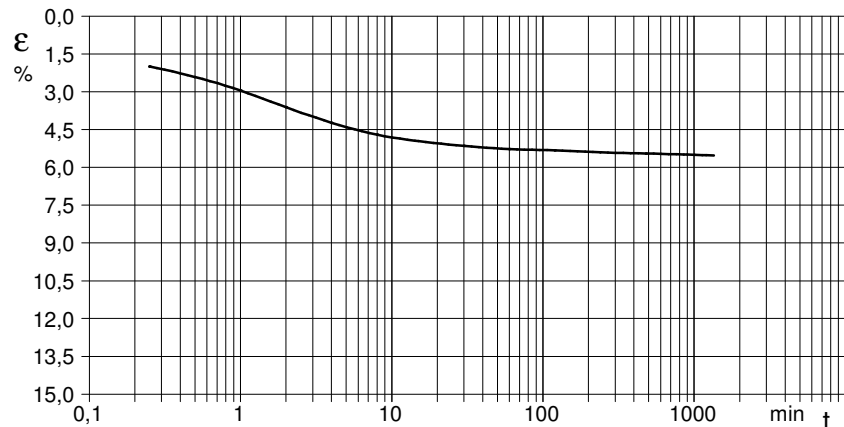
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 1**

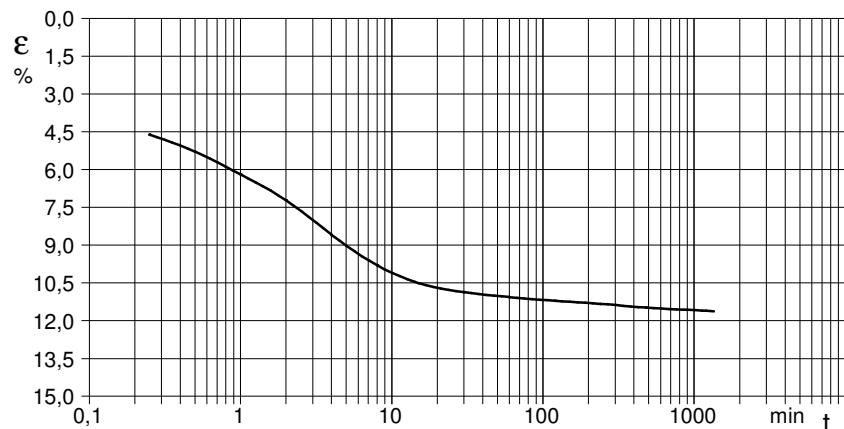
Pressione (kPa)	42
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,937
Sezione (cm ²):	36,00
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 2**

Pressione (kPa)	103
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,889
Sezione (cm ²):	36,00
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 3**

Pressione (kPa)	191
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,767
Sezione (cm ²):	36,00
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



LABOTER S.r.l.

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV 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°: 02831	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE: 21/06/21	Inizio analisi: 11/06/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 246 del 28/04/21		Apertura campione: 09/06/21	Fine analisi: 16/06/21

COMMITTENTE: Dott. Geologo Marco Toschi			
RIFERIMENTO: Ex Caserma Curtatone Montanara - Pisa (PI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 6.0-6.5	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Tempo	Cedim.	Cedim.	Tempo	Cedim.	Cedim.	Tempo	Cedim.	Cedim.
minuti	mm/100	%	minuti	mm/100	%	minuti	mm/100	%
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,25	25,40	1,27	0,25	39,80	1,99	0,25	92,40	4,62
0,50	27,70	1,39	0,50	48,30	2,42	0,50	105,80	5,29
1,00	31,20	1,56	1,00	59,10	2,96	1,00	123,90	6,20
2,00	36,90	1,85	2,00	72,30	3,62	2,00	144,40	7,22
4,00	42,70	2,14	4,00	84,60	4,23	4,00	171,80	8,59
8,00	48,50	2,43	8,00	94,10	4,71	8,00	196,00	9,80
15,00	52,80	2,64	15,00	99,10	4,96	15,00	210,10	10,51
30,00	55,60	2,78	30,00	103,00	5,15	30,00	217,40	10,87
60,00	57,20	2,86	60,00	105,40	5,27	60,00	221,30	11,07
120,00	58,60	2,93	120,00	106,50	5,33	120,00	224,20	11,21
240,00	60,20	3,01	240,00	108,00	5,40	240,00	226,60	11,33
480,00	61,70	3,09	480,00	109,00	5,45	480,00	229,60	11,48
900,00	62,80	3,14	900,00	109,80	5,49	900,00	231,40	11,57
1200,00	63,30	3,17	1200,00	110,30	5,52	1200,00	232,10	11,61
1440,00	63,50	3,18	1440,00	110,70	5,54	1440,00	232,70	11,64

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

COMMITTENTE: Dott. Geologo Marco Toschi			
RIFERIMENTO: Ex Caserma Curtatone Montanara - Pisa (PI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	6.0-6.5

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):	42	103	191
Tensione a rottura (kPa):	42	60	119
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	2,86	2,64	3,64
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,41	0,50	0,44
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 38,2	--- 43,6	--- 33,1
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	18,6 25,7	17,9 25,7	18,1 24,1

DIAGRAMMA
Tensione - Pressione verticale

Coesione:	13,5 kPa
Angolo di attrito interno:	27,4 °

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

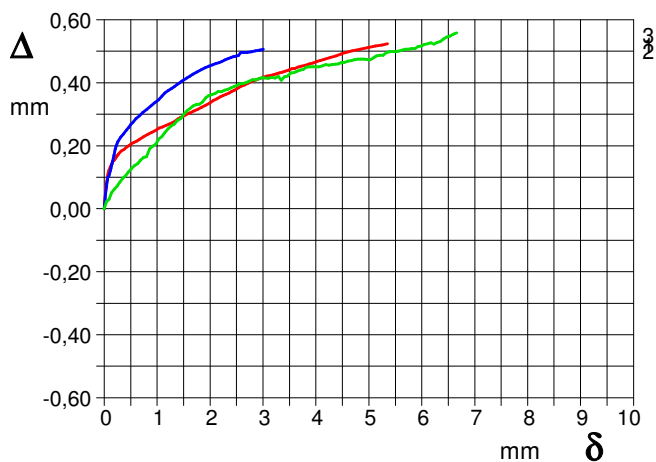
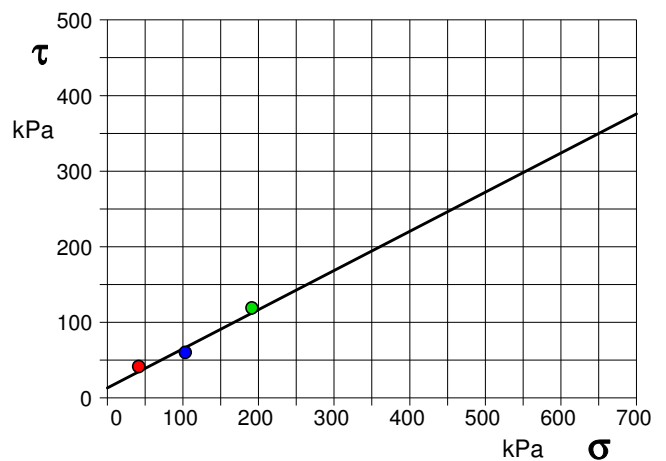


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

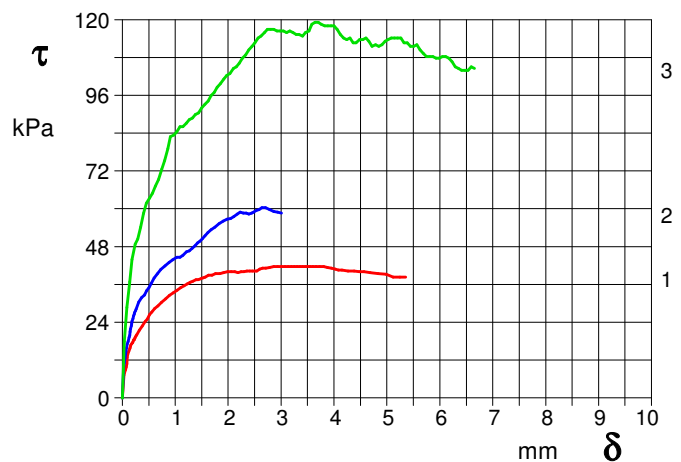


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV 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

COMMITTENTE: Dott. Geologo Marco Toschi

RIFERIMENTO: Ex Caserma Curtatone Montanara - Pisa (PI)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 3

PROFONDITA': m 16.0-16.5

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	51,6	%
Peso di volume	16,7	kN/m ³
Peso di volume secco	11,0	kN/m ³
Peso di volume saturo	16,8	kN/m ³
Peso specifico	26,5	kN/m ³
Indice dei vuoti	1,398	
Porosità	58,3	%
Grado di saturazione	99,6	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	%
Sabbia	%
Limo	%
Argilla	%
D 10	mm
D 50	mm
D 60	mm
D 90	mm
Passante set. 10	%
Passante set. 42	%
Passante set. 200	%

COMPRESSIONE

σ	11	kPa
c_u	5	kPa
σ_{Rim}		kPa
$c_u Rim$		kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta	
c'	kPa
ϕ'	°
c'_{Res}	kPa
ϕ'_{Res}	°

PERMEABILITA'

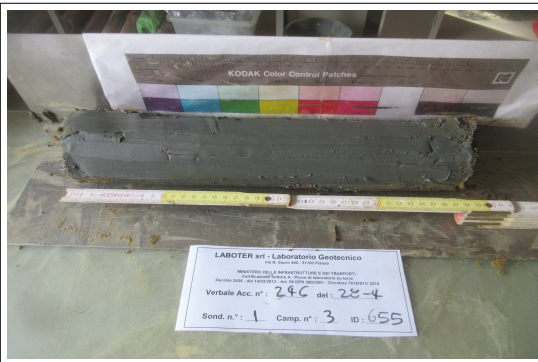
Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

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

FOTOGRAFIA**OSSERVAZIONI**

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

Posizione delle prove		cm	Rp	VT	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	CS		kPa	kPa		
		0				Limo argilloso MUNSELL SOIL COLOR: 5YR 5/1 Gray
		10	20			Classificazione del terreno in base alla resistenza al pocket penetrometer e vane test
		20	20			< 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
		30	20			
					38	

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV 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°: 02832	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 21/06/21	Inizio analisi: 09/06/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 246 del 28/04/21		Apertura campione: 09/06/21	Fine analisi: 10/06/21

COMMITTENTE: Dott. Geologo Marco Toschi		
RIFERIMENTO: Ex Caserma Curtatone Montanara - Pisa (PI)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m 16.0-16.5

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

W_n = contenuto d'acqua allo stato naturale = 51,6 %

Struttura del materiale:

Omogeneo
 Stratificato
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV 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°: 02833	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 21/06/21	Inizio analisi: 09/06/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 246 del 28/04/21		Apertura campione: 09/06/21	Fine analisi: 09/06/21

COMMITTENTE: Dott. Geologo Marco Toschi		
RIFERIMENTO: Ex Caserma Curtatone Montanara - Pisa (PI)		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m 16.0-16.5

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 = 16,7 kN/m³





LABOTER S.r.l.

Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV 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°: 02834 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 246 del 28/04/21

DATA DI EMISSIONE: 21/06/21 Inizio analisi: 10/06/21

Apertura campione: 09/06/21 Fine analisi: 11/06/21

COMMITTENTE: Dott. Geologo Marco Toschi

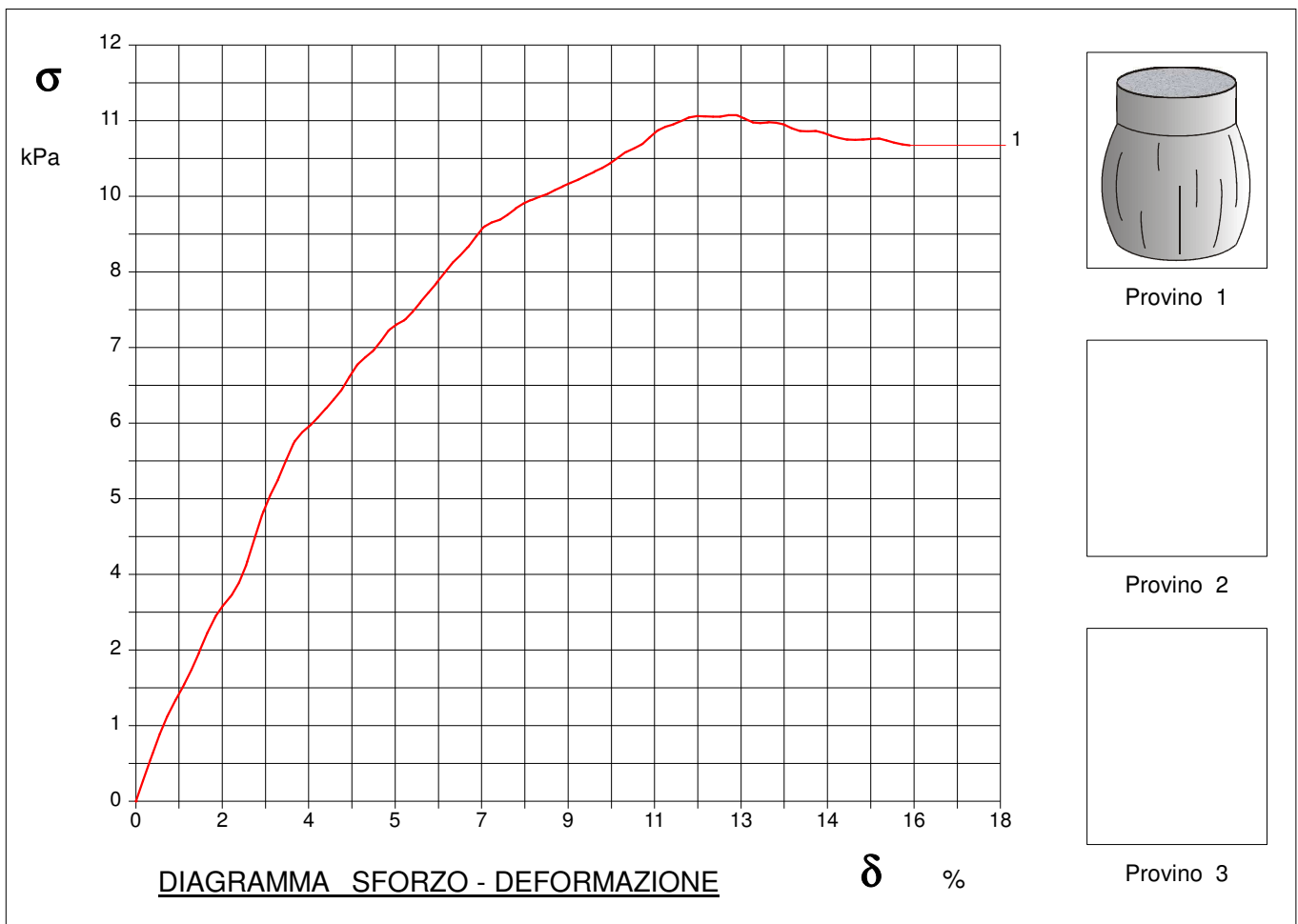
RIFERIMENTO: Ex Caserma Curtatone Montanara - Pisa (PI)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 3 PROFONDITA': m 16.0-16.5

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):	1,270	----	----
Altezza (cm):	7,60	----	----
Sezione (cm²):	11,28	----	----
Peso di volume (kN/m³):	16,7	----	----
Umidità naturale (%):	51,1	----	----



Moduli di elasticità kPa	Tangente Secante A rottura	Provino 1:	217	Provino 2:	---	Provino 3:	---
		Provino 1:	---	Provino 2:	---	Provino 3:	---
		Provino 1:	---	Provino 2:	---	Provino 3:	---

**LABOTER S.r.l.**Via Nazario Sauro n.440
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.itDNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AG-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°: 02834	Pagina 0/1	DATA DI EMISSIONE: 21/06/21	Inizio analisi: 10/06/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 246 del 28/04/21		Apertura campione: 09/06/21	Fine analisi: 11/06/21

COMMITTENTE: Dott. Geologo Marco Toschi			
RIFERIMENTO: Ex Caserma Curtatone Montanara - Pisa (PI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m	16.0-16.5

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-06

Provino 1				Provino 2				Provino 3			
Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione
%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa
0,35	0,8	12,85	10,8								
0,68	1,4	13,18	10,8								
1,01	1,9	13,51	10,7								
1,34	2,4	13,84	10,6								
1,67	2,9	14,17	10,6								
2,00	3,3	14,50	10,6								
2,32	3,8	14,82	10,5								
2,65	4,6	15,15	10,5								
2,98	5,1	15,48	10,5								
3,31	5,7	15,81	10,4								
3,64	6,0	16,14	10,4								
3,97	6,2										
4,30	6,5										
4,63	6,9										
4,96	7,2										
5,29	7,5										
5,61	7,7										
5,94	7,9										
6,27	8,2										
6,60	8,6										
6,93	8,8										
7,26	9,1										
7,59	9,2										
7,92	9,4										
8,25	9,5										
8,57	9,6										
8,90	9,8										
9,23	9,9										
9,56	10,0										
9,89	10,1										
10,22	10,3										
10,55	10,4										
10,88	10,7										
11,21	10,7										
11,54	10,9										
11,86	10,9										
12,19	10,9										
12,52	10,9										

ELABORAZIONE PROVA SISMICA IN FORO
(DOWN HOLE)

Geognostica

*Monitoraggio
idrogeologico*



Geofisica

*Indagini
ambientali*

Committente: Geol. Marco Toschi

Località d'indagine: ex caserma Curtatone e Montanara – San Martino – Pisa

Data: 25 / 06 / 2021



indagine: 1 downhole

strumentazione: Ambrogeo Echo 12/24 2002

software di elaborazione: Intersism v3.2

per la geOLUK s.r.l.,

l'Amministratore


geOLUK s.r.l.
GEOGNOSTICA E GEOFISICA
www.geoluk.com info@geoluk.com

sede operativa e sede legale: via Pesciatina, 1560/a - 55100 Picciorana - Lucca
codice fiscale e numero di iscrizione al registro delle imprese di Lucca: 02069440465
R.E.A. Lucca n. 194371 - capitale sociale € 10.000,00 i.v.
tel 393 9371580 - fax 0583 469588 - www.geoluk.com - info@geoluk.com

INDICE

1. PREMESSA	2
1.1. Introduzione al metodo	2
1.2. Sistema di acquisizione	2
1.2.1. Sismografo + software di acquisizione.....	2
1.2.2. Sistema energizzante	3
1.2.3. Trigger	3
1.2.4. Apparecchiatura di ricezione	3
2. METODOLOGIA D'INDAGINE.....	4
2.1.1. Acquisizione, elaborazione, restituzione	4
3. INDAGINE E INTERPRETAZIONE	5
3.1. Breve descrizione dell'area d'indagine	5
3.2. Interpretazione.....	5

ALLEGATI e FIGURE

Ubicazione

Sismogrammi grezzi (P,S)

Dromocrone (P, S)

Tabella riassuntiva

PROSPEZIONE SISMICA IN FORO DI TIPO DOWNHOLE

1. PREMESSA

Per incarico del Dott. Geol. Marco Toschi è stata effettuata n°1 prospezione sismica a rifrazione in foro di tipo downhole, eseguita in onde P e S, per definire la categoria sismica di sottosuolo all'interno della ex caserma Curtatone e Montanara, ubitaca in via Giordano Bruno, a San Martino, Pisa.

1.1. Introduzione al metodo

Fra le indagini geofisiche del sottosuolo la sismica a rifrazione in foro rappresenta ad oggi una delle migliori tecniche di caratterizzazione sismica del terreno e per questo viene comunemente utilizzata in geologia applicata ed in campo ingegneristico. La sua esecuzione richiede tuttavia la preparazione da parte di una sonda di un foro nel terreno, successivamente attrezzato con un tubo in plastica a sua volta ben cementato con il terreno circostante. Questo procedimento, il più delle volte economicamente poco vantaggioso e logisticamente non sempre possibile, risulta forse l'unica grande limitazione di questo valido metodo di caratterizzazione sismica. Inoltre, per la corretta e funzionale applicazione della metodologia si rende necessaria la condizione di disporre per tutta la sua lunghezza di una perfetta cementazione del tubo di indagine e di poter garantire un'energia di superficie sufficientemente efficace e "pulita". Tuttavia l'efficacia di questa metodologia è oggettivamente riconosciuta e addirittura prescritta, in taluni casi, anche in campo normativo.

La prospezione sismica di tipo downhole viene generalmente realizzata congiuntamente in onde compressionali e trasversali anche perché disponendo dei valori di densità delle principali formazioni attraversate (ricavabili dalle analisi di laboratorio dei campioni prelevati durante il sondaggio) è possibile ricavare i moduli elastici che in campo geologico/ingegneristico risultano essere spesso molto utili in fase di progettazione.

Il prodotto finale di un'indagine sismica in foro consiste generalmente in una parte grafica e in una numerica. La prima è costituita sia sismogramma derivante dall'unione di tutte le singole tracce prodotte con le energizzazioni sia dal profilo sismico lungo la verticale del foro. La parte analitica raccoglie le informazioni geometriche (spessore e profondità degli strati incontrati) e le proprietà fisiche dei sismostrati (velocità, parametri elastici) indagati.

1.2. Sistema di acquisizione

L'acquisizione dei dati in campagna è stata eseguita utilizzando un sistema composto dalle seguenti parti:

- sismografo + personal computer portatile dotato di software di acquisizione;
- sorgente energizzante;
- trigger;
- apparecchiatura di ricezione (geofono di tipo twin, cavi di collegamento).

1.2.1. Sismografo + software di acquisizione

Lo strumento utilizzato per l'indagine è un Echo 12/24 2002 Seismic UNIT, gestito dal software di acquisizione Ambrogeo Echo 12-24, che complessivamente presentano le seguenti caratteristiche:

- Registrazione a 12/24 canali
- Impedenza di ingresso 20 Kohm
- Range dinamico: 93 dB
- Conversione A/D a 16 bit
- Intervallo di campionamento selezionabile a: 25, 50, 100, 200, 400, 800 ms
- Durata della registrazione: 25, 50, 10, 20, 400, 800 m
- Guadagno 10 dB – 100 dB, passo 1 dB
- Tensione di saturazione +/- 2,3 V
- Distorsione 0,01%
- Campionamento 130 ms
- Filtro passa basso da 50 a 950 Hz, passo 1 Hz
- Alimentazione 12V

1.2.2. Sistema energizzante

A seconda della tipologia di onde da generare si distingue per la parte energizzante la mazza da 10Kg impattante su un piattello quadrato (20x20x0.4cm) in duralluminio, utilizzato per le onde compressionali (tipo P) e sempre la suddetta mazza impattante su una traversina in legno sovraccaricata da una massa statica e disposta ortogonalmente alla distanza della stessa con il foro superficiale attrezzato (congiungente shot-boccaforo). La traversina percossa alle due estremità permette di generare onde di taglio (tipo Sh) polarizzate orizzontalmente (destra DX e sinistra SX).

Nel caso vengano realizzate entrambe le onde S polarizzate (+/-) i rispettivi sismogrammi in fase di elaborazione, vengono sommati, DX+(-SX), consentendo generalmente l'amplificazione del segnale utile. L'orientazione utilizzata in questo lavoro intende SX come la percossione della parte sinistra (spalle alla traversina guardando verso il boccaforo) della massa energizzata.

L'accoppiamento traversina-terreno o piattello-terreno viene all'occorrenza (es. su asfalto/cemento/selciato) migliorato interponendo e mantenendo per tutta l'acquisizione un sottile strato (2-3cm) di terriccio fine.

1.2.3. Trigger

Il trigger utilizzato consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un apparecchio starter (geofono starter, starter a lamelle) nell'istante in cui il sistema energizzante (es. mazza) colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e la produzione di un impulso della durata di qualche secondo che viene inviato al sensore collegato al sistema di acquisizione dati.

1.2.4. Apparecchiatura di ricezione

Il sistema di ricezione, composto da un geofono twin attrezzato con trasduttori GS-20DM della GeoSpace fornito dalla Ambrogeo di Piacenza, è composto da due ricevitori, ognuno dei quali è costituito da un trasduttore di velocità orientato secondo le componenti di una terna cartesiana ortonormale, collocati all'interno di un unico contenitore, in modo che uno dei tre trasduttori sia orientato secondo la lunghezza del contenitore (trasduttore verticale) e gli altri due risultino ad esso perpendicolari (trasduttori orizzontali). I ricevitori, alloggiati all'interno di un telaio semirigido sono fissati in posizione secondo una distanza verticale pari a 1m e risultano fra loro paralleli e concordi.

2. METODOLOGIA D'INDAGINE

2.1.1. Acquisizione, elaborazione, restituzione

- L'acquisizione consiste nella produzione di una serie di files (*dataset*) in formato SEGY che contengono le informazioni geometriche e sismiche (n°stacks, forma dell'onda registrata, tempi di arrivo...) della prospezione;

- L'elaborazione dei dati, eseguita con il software Intersism V 3.2 della *Pasi* prevede:
 - la determinazione dei primi arrivi attraverso picking;
 - l'elaborazione dei dati ed interpretazione;

- La restituzione consiste nella produzione dei seguenti elaborati:
 - sismogramma complessivo in onde P e in onde S;
 - dromocrone;
 - profilo sismostratigrafico, unitamente alle velocità sismostrati calcolate
 - tabella riassuntiva con tempi di arrivo, spessore e velocità sismostrati, calcolo Vs

3. INDAGINE E INTERPRETAZIONE

3.1. Breve descrizione dell'area d'indagine

L'area oggetto di indagine finalizzata a un piano di recupero è ubicata in pieno centro storico della città di Pisa e pertanto in pianura alluvionale, in sinistra idrografica del fiume Arno, quartiere San Martino. Nel dettaglio, il punto di indagine scelto per la realizzazione del sondaggio è ubicato all'interno di un'ampia area a verde, ad una quota di circa 8m slm.

Il sondaggio, successivamente attrezzato per la prospezione sismica e per la cui logistica si rimanda alla relativa tavola (v. ubicazione), è stato spinto fino alla profondità di 30m (fondo foro) dal piano campagna. In fase di avanzamento e in particolare fino alla quota di -20m dal p.c. è stata utilizzata la tecnica del carotaggio continuo, mentre per i rimanenti 10m l'indagine è proseguita a distruzione. La porzione di stratigrafia recuperata con la tecnica del carotaggio continuo, raccolta nelle cassette catalogatrici, è stata utilizzata come riferimento per la taratura geologica della prospezione sismica eseguita in foro. Per la porzione più profonda rimanente sono stati consultati i dati bibliografici disponibili nelle immediate vicinanze estratti dal database geologico della Regione Toscana, i dati ricavabili dagli strumenti urbanistici del Comune di Pisa e i dati derivanti dall'analisi del *cutting* affiorante in superficie durante la perforazione a distruzione.

L'accoppiamento terreno naturale/tubazione è stato realizzato mediante cementazione e, per l'esecuzione dell'indagine geofisica, è stato atteso il tempo opportuno affinché il materiale legante risultasse indurito.

L'indagine geofisica in foro ha previsto, per la sua fase di acquisizione, la raccolta di tre dataset di sismogrammi (uno in onde P e due in onde S), partendo da quota -30m fino a -1m da p.c.

Come sorgente di onde compressionali è stata utilizzata una mazza da 10Kg impattante sul terreno mediante un piattello in resina quadrato, mentre per le onde di taglio la stessa mazza è stata fatta impattare in senso longitudinale su una traversina in legno sovraccaricata da una autovettura. La traversina è stata percossa da entrambi i lati, in modo da poter generare onde a polarità invertita, tali da poter essere successivamente sommate in fase di elaborazione, per la corretta identificazione del primo arrivo.

La zona di indagine, pur essendo inserita all'interno di un contesto antropizzato caratterizzato da intenso traffico veicolare, ha comunque permesso la registrazione di segnali mediamente buoni.

Nel calcolo della Vs30 si riporta in tabella allegata il valore risultante a partire dal piano campagna, in quanto non sono state fornite specifiche sulle tipologie e geometrie fondazionali previste in progetto.

3.2. Interpretazione

La porzione di terreno indagato risulta essere complessivamente caratterizzata da una situazione a 4 sismostrati principali. In particolare:

DH1 - 43.563602N, 10.329140E WGS84 (°):

- sismostrato superficiale:
 - VS variabile tra 316 e 318 m/s e spessore di circa 2m, riconducibile a riporto consistente;
 - VP circa 421 m/s e spessore di circa 2m riconducibile a riporto consistente.

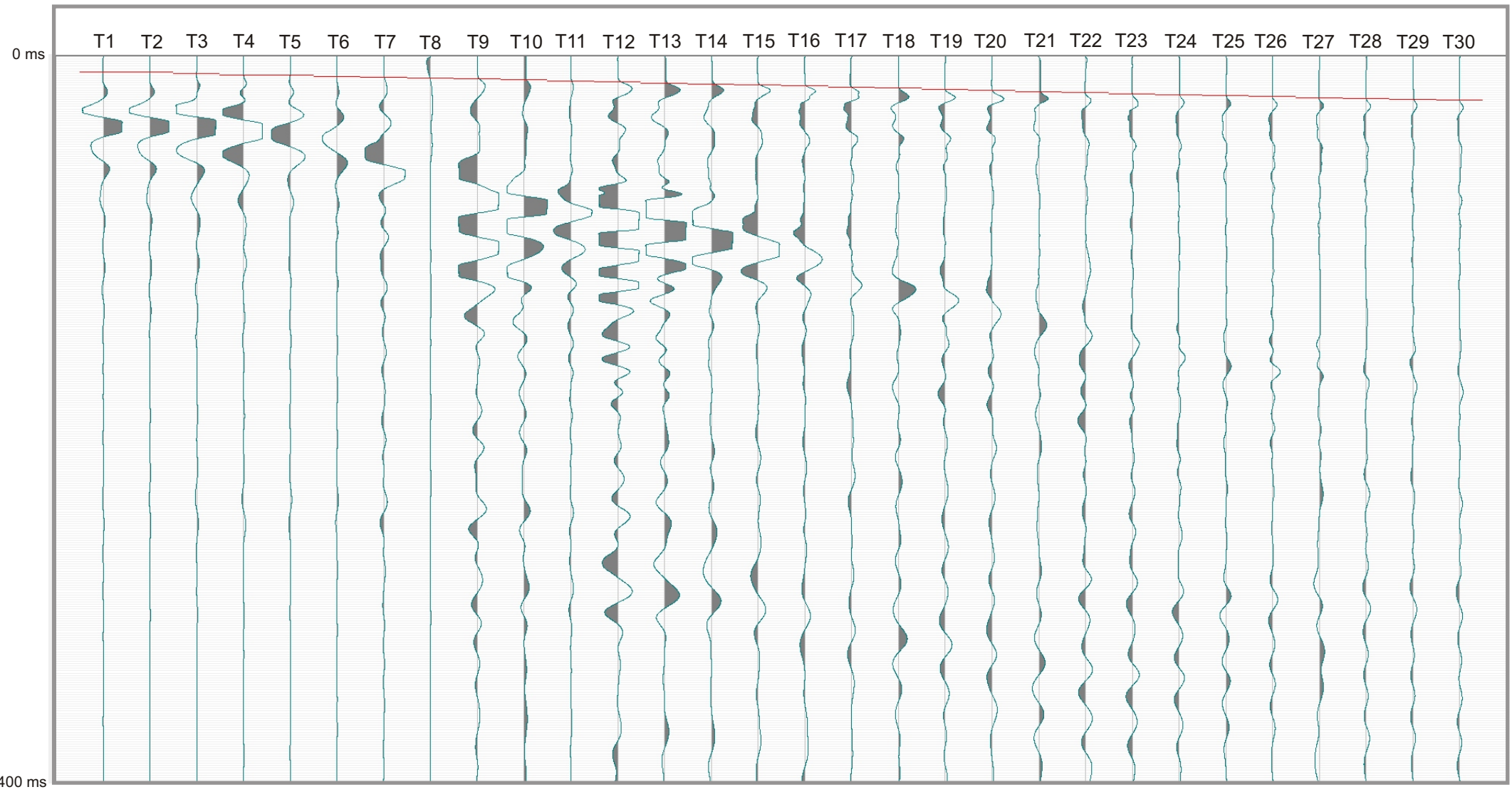
- sismostrato intermedio superiore:
 - VS variabile tra 135 e 151 m/s e spessore di circa 2m, riconducibile a limi sabbiosi e sabbie limose;
 - VP circa 578 m/s e spessore di circa 2m, riconducibile a limi sabbiosi e sabbie limose.

- sismostrato intermedio inferiore:
 - VS variabile tra 158 e 159 m/s e spessore di circa 19m, riconducibile principalmente a sabbie limose sature;
 - VP circa 1585 m/s e spessore di circa 19m, riconducibile principalmente a sabbie limose sature.

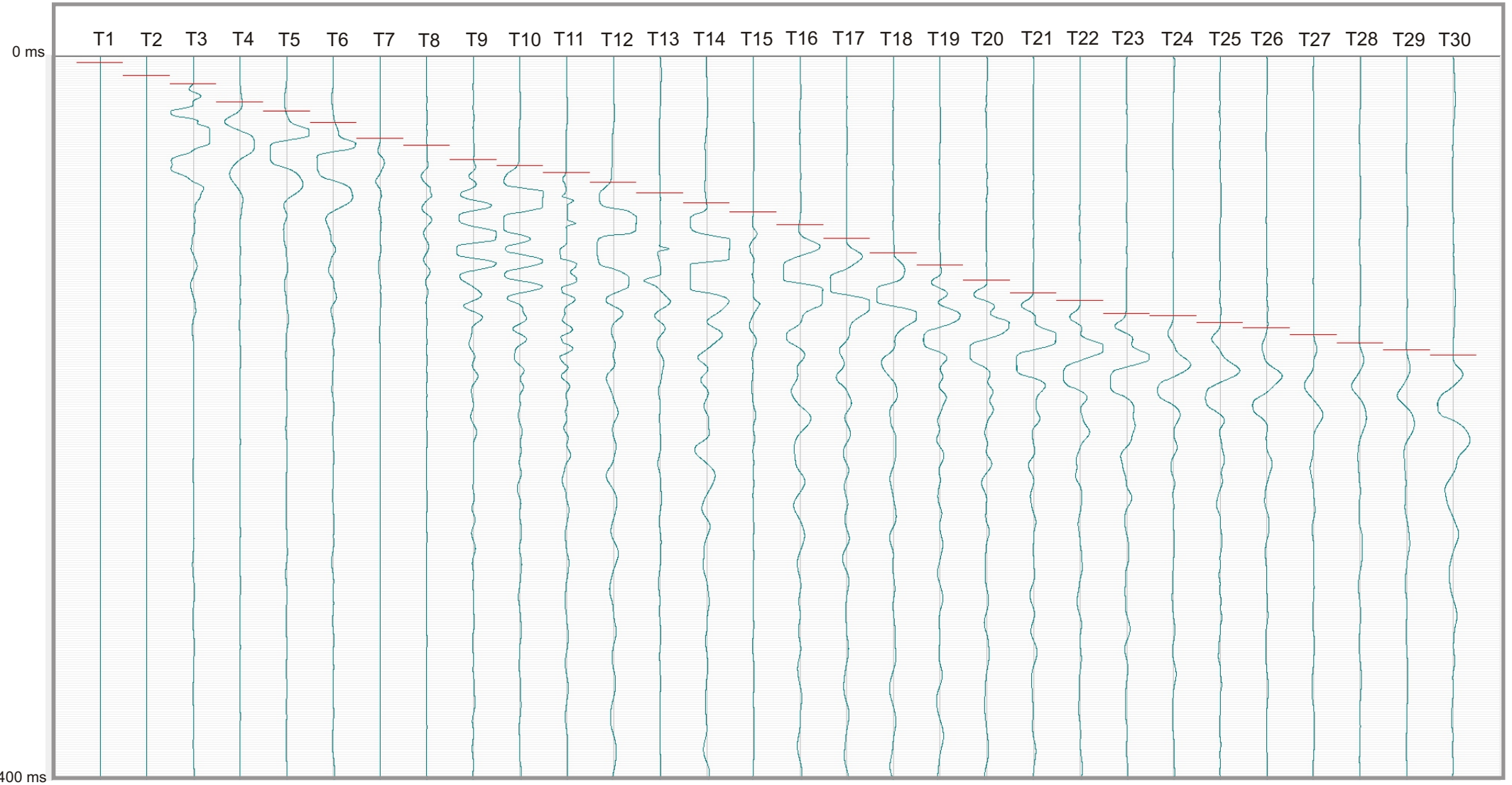
- sismostrato profondo:
 - VS variabile tra 331 e 254 m/s e spessore di circa 7m, riconducibile probabilmente a sabbie addensate;
 - VP circa 1980 m/s e spessore di circa 7m, riconducibile probabilmente a sabbie addensate;

Lucca, 29 Giugno 2021

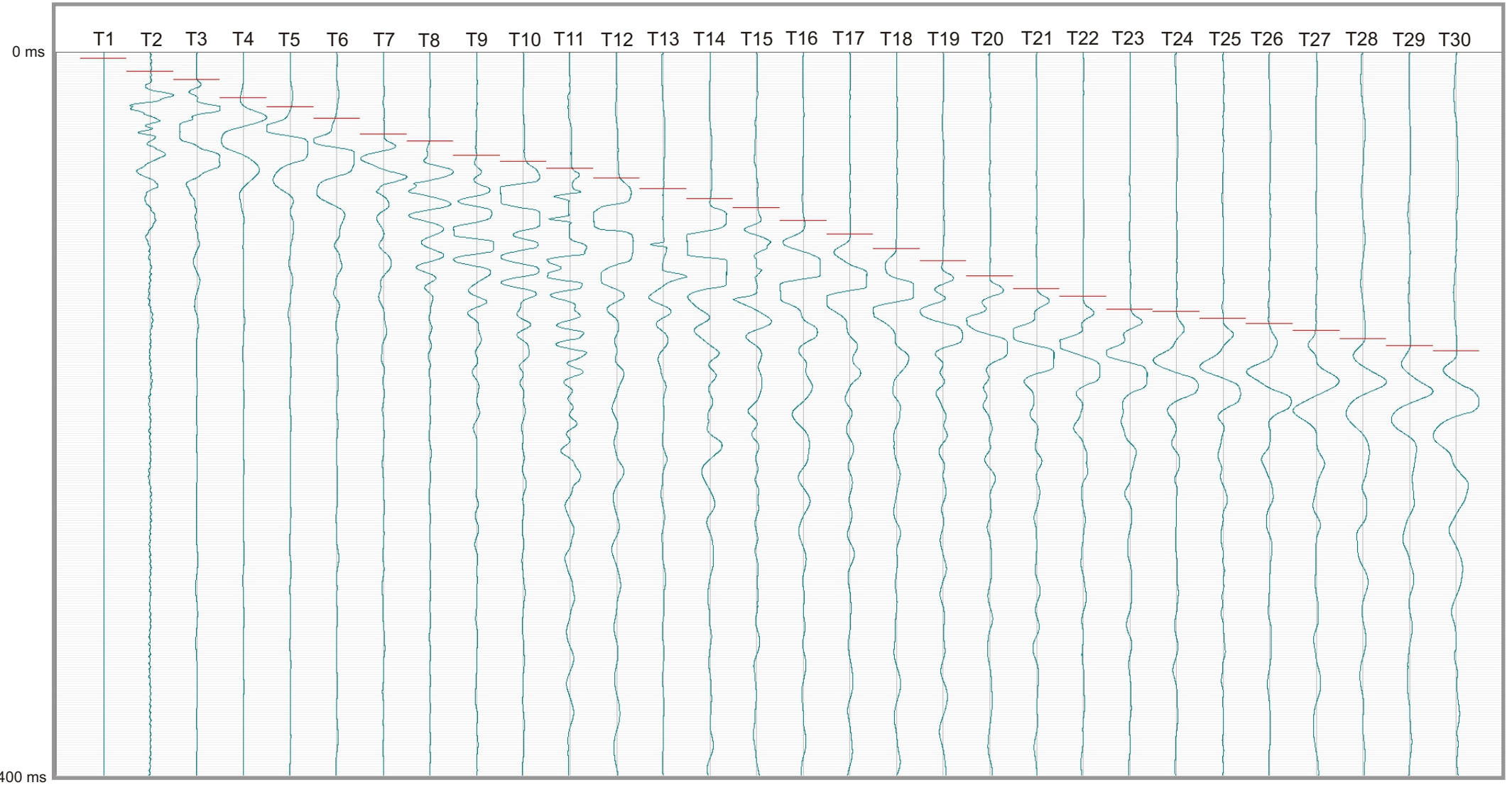
SISMOGRAMMI E PRIMI ARRIVI - ONDE P



SISMOGRAMMI E PRIMI ARRIVI - ONDE Sx



SISMOGRAMMI E PRIMI ARRIVI - ONDE Sy



PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI
GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

(fuori scala)



LEGENDA

S1



sondaggio geognostico
strumentato con tubo in
PVC per prova sismica in
foro

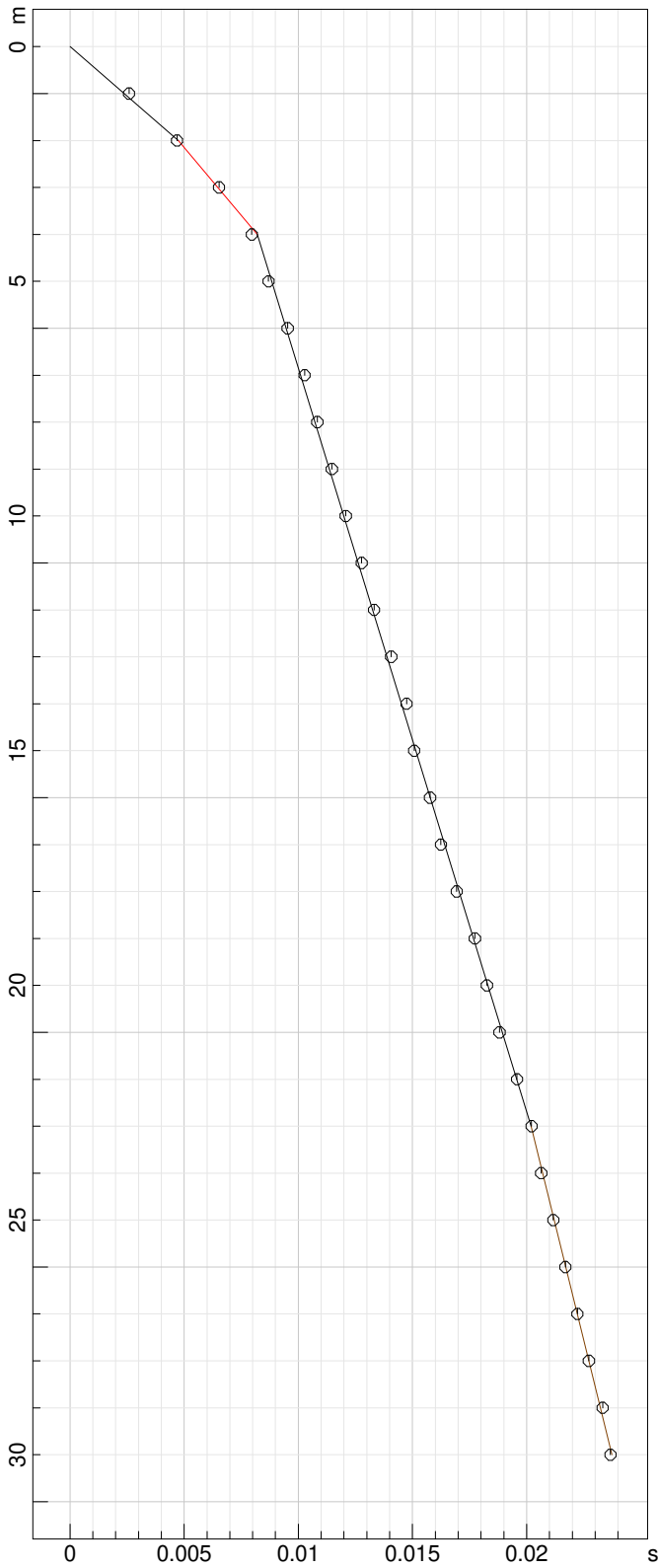


punto di energizzazione
onde sismiche

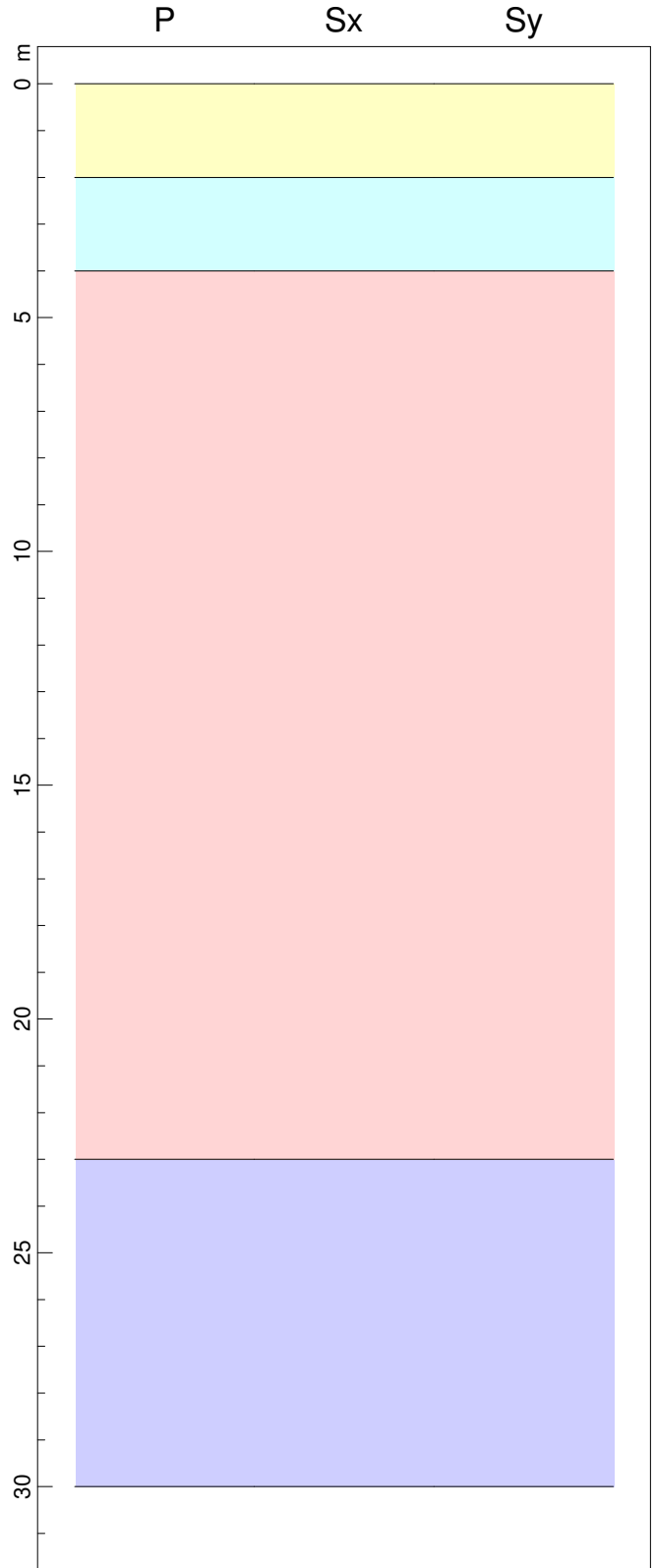


congiungente
shot - boccaforo

Dromocrona onde P

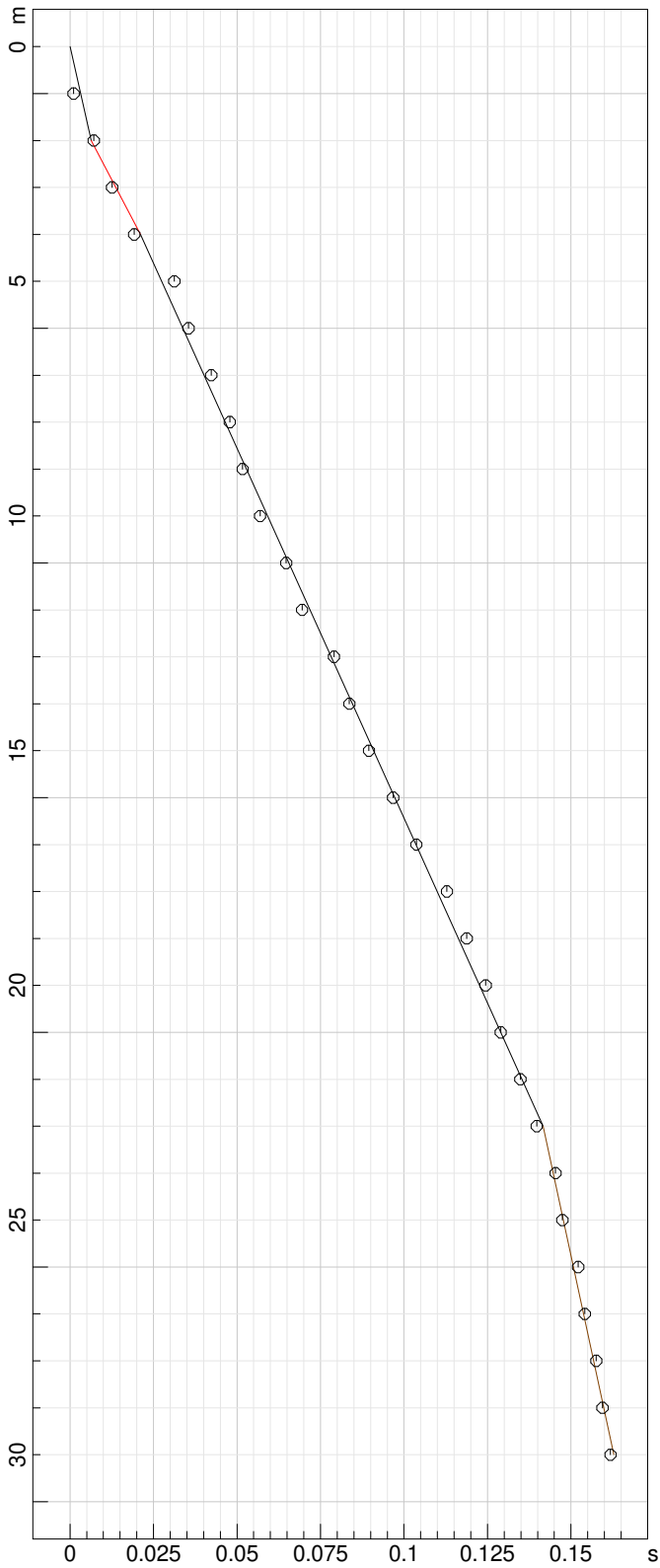


Sezioni verticali

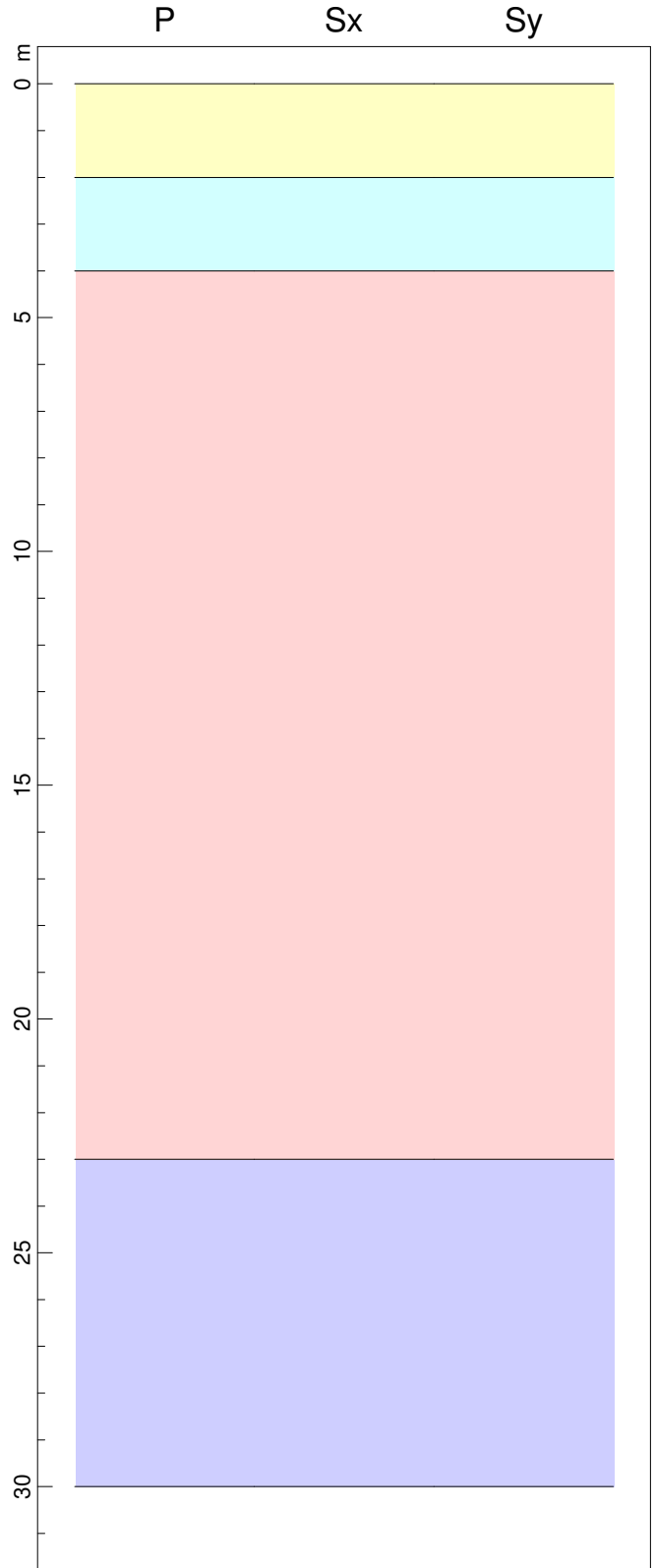


P	421 m/s	P	578 m/s	P	1585 m/s	P	1980 m/s	Vs30 185.0 m/s 180.0 m/s
Sx	316 m/s	Sx	135 m/s	Sx	158 m/s	Sx	331 m/s	
Sy	318 m/s	Sy	151 m/s	Sy	159 m/s	Sy	254 m/s	

Dromocrona onde Sx

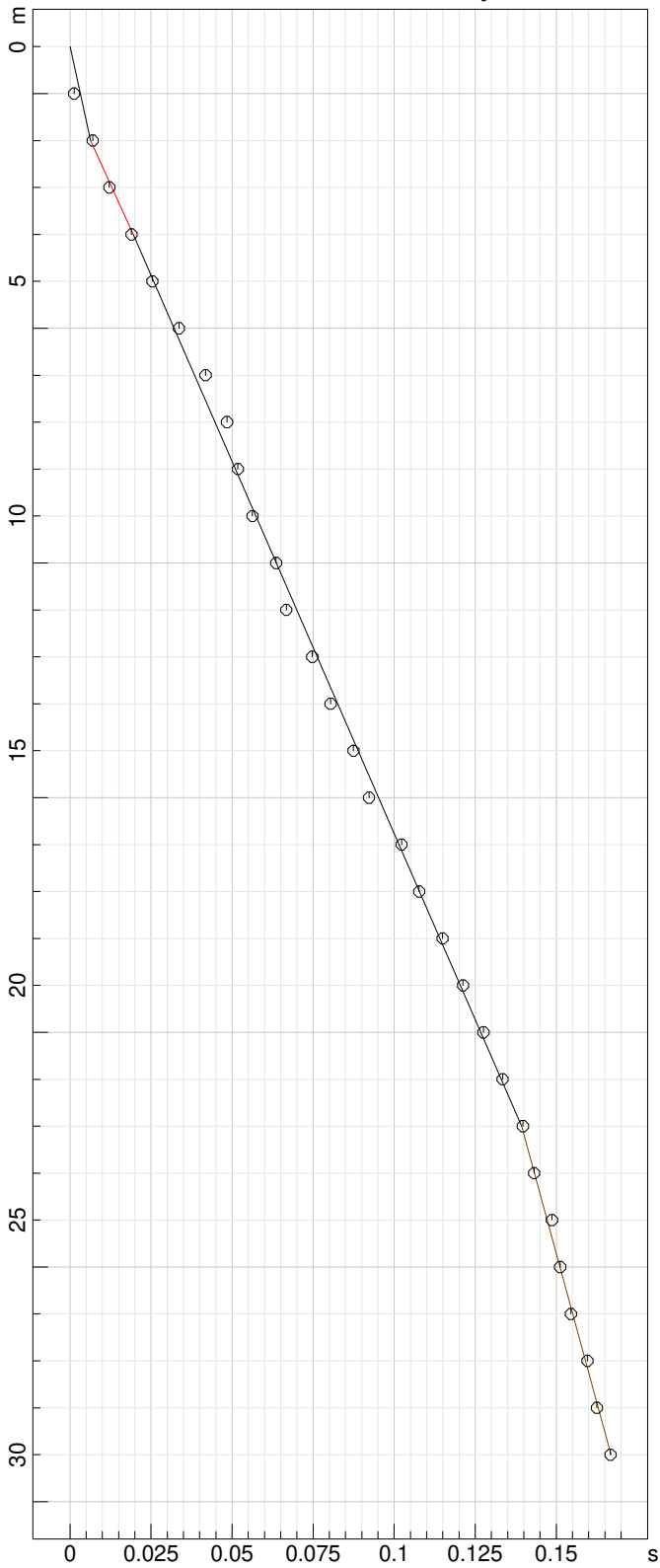


Sezioni verticali

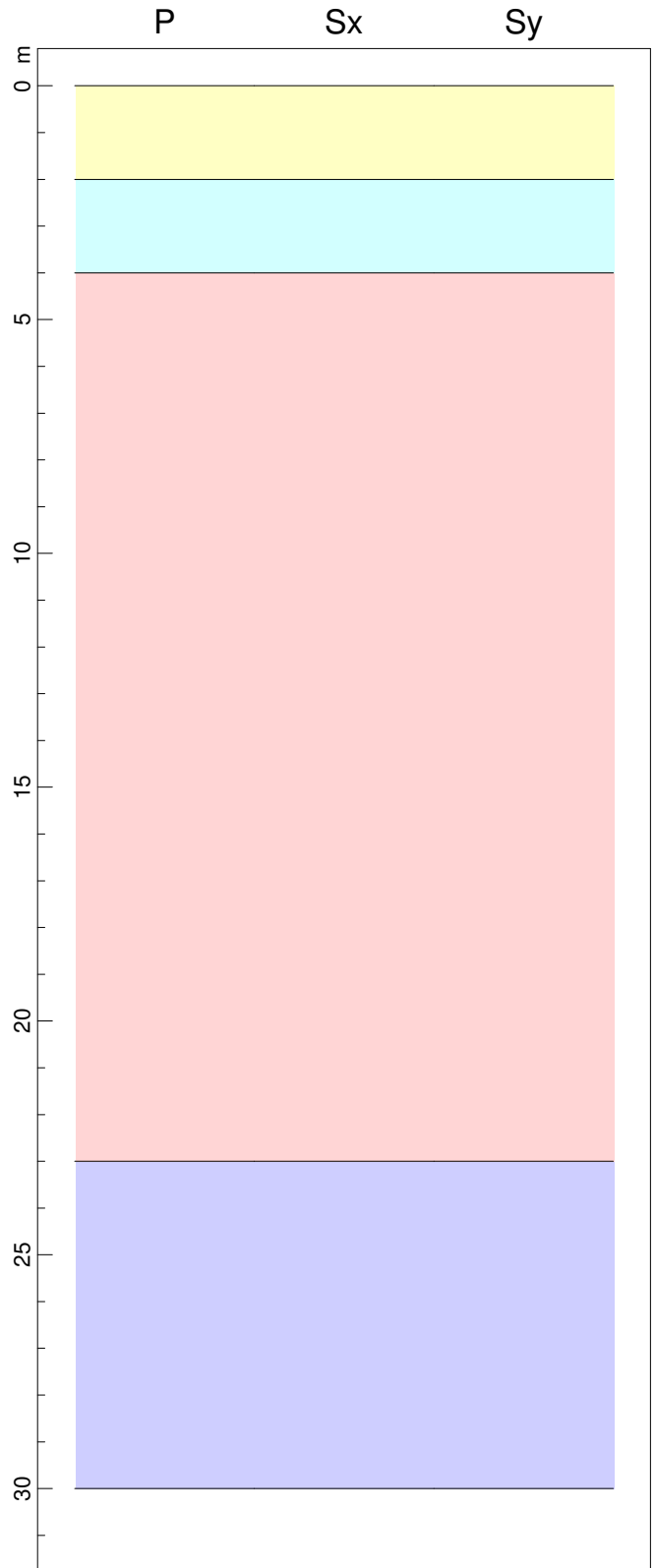


P	421 m/s	P	578 m/s	P	1585 m/s	P	1980 m/s	Vs30 185.0 m/s 180.0 m/s
Sx	316 m/s	Sx	135 m/s	Sx	158 m/s	Sx	331 m/s	
Sy	318 m/s	Sy	151 m/s	Sy	159 m/s	Sy	254 m/s	

Dromocrona onde Sy



Sezioni verticali



P	421 m/s	P	578 m/s	P	1585 m/s	P	1980 m/s	Vs30 185.0 m/s 180.0 m/s
Sx	316 m/s	Sx	135 m/s	Sx	158 m/s	Sx	331 m/s	
Sy	318 m/s	Sy	151 m/s	Sy	159 m/s	Sy	254 m/s	

ANALISI SISMICA DOWN-HOLE

DISTANZA DELLO SPARO DA BOCCA FORO

Distanza = 3.00 [m]

PRIMI ARRIVI

N° Geof.	Profondità [m]	Onde P [ms]	Onde S (X) [ms]	Onde S (Y) [ms]	Onde P (corretti) [ms]	Onde S (X) (corretti) [ms]	Onde S (Y) (corretti) [ms]
1	1.00	8.18	3.38	3.95	2.59	1.07	1.25
2	2.00	8.45	12.87	12.65	4.69	7.14	7.02
3	3.00	9.23	17.81	17.16	6.53	12.59	12.13
4	4.00	9.95	24.05	23.71	7.96	19.24	18.97
5	5.00	10.14	36.40	29.64	8.69	31.21	25.42
6	6.00	10.66	39.65	37.57	9.53	35.46	33.60
7	7.00	11.18	46.02	45.50	10.28	42.30	41.82
8	8.00	11.57	51.09	51.74	10.83	47.84	48.45
9	9.00	12.09	54.47	54.60	11.47	51.67	51.80
10	10.00	12.61	59.41	58.76	12.08	56.90	56.28
11	11.00	13.24	67.08	65.91	12.77	64.72	63.59
12	12.00	13.73	71.63	68.77	13.32	69.49	66.72
13	13.00	14.44	81.12	76.70	14.07	79.04	74.74
14	14.00	15.07	85.54	82.20	14.74	83.64	80.38
15	15.00	15.37	91.26	89.18	15.07	89.49	87.45
16	16.00	16.05	98.41	93.86	15.77	96.72	92.25

17	17.00	16.50	105.30	103.87	16.24	103.70	102.29
18	18.00	17.17	114.40	109.20	16.93	112.84	107.71
19	19.00	17.95	120.25	116.35	17.73	118.78	114.93
20	20.00	18.46	125.84	122.59	18.26	124.45	121.23
21	21.00	19.00	130.26	128.83	18.81	128.95	127.54
22	22.00	19.76	136.11	134.68	19.58	134.86	133.45
23	23.00	20.39	140.92	140.92	20.21	139.74	139.74
24	24.00	20.80	146.51	144.30	20.64	145.38	143.19
25	25.00	21.32	148.46	149.76	21.17	147.40	148.69
26	26.00	21.84	153.14	152.23	21.70	152.13	151.23
27	27.00	22.36	155.09	155.48	22.22	154.14	154.53
28	28.00	22.85	158.47	160.55	22.72	157.57	159.64
29	29.00	23.45	160.29	163.41	23.33	159.44	162.54
30	30.00	23.79	162.63	167.57	23.67	161.82	166.74

VELOCITA' ONDE P

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]
1	2	421
2	4	578
3	23	1585
4	30	1980

PARAMETRI ONDE SX

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	2	316	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2	4	135	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	23	158	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	30	331	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

PARAMETRI ONDE SY

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	2	318	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2	4	151	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	23	159	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	30	254	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

VELOCITA' MEDIE VS30 a partire da p.c.

Geofono	VS30 [m/s]
orizzontale Sx	185.0
orizzontale Sy	180.0