



Studio Geologico Dr. Cinzia Armand

RELAZIONE GEOLOGICA INERENTE
AD UN PIANO ATTUATIVO
VIA ERBOSA/VIA PRATOLINI - S. DONNINO
CAMPI BISENZIO
RELAZIONE DI FATTIBILITÀ – P.IIa 90



MAGGIO 2018



Via Siena, 7 - 50013 Campi Bisenzio (FI)
Tel 055 - 93.67.155 Cell. 320 - 048.48.21
geolithos@libero.it cinzia.armand@geolithos.com

1 - INTRODUZIONE

La presente relazione, effettuata su incarico dello Studio Tecnico dell'Arch. Mathieu per conto dei Proprietari, riguarda lo studio geologico di fattibilità inerente ad un'area soggetta a PUC (Progetto Unitario Convenzionato) in base all'art. 121 della L.R. 65/2014.

Lo studio è stato effettuato in ottemperanza della vigente normativa:

- ♦ D.M. 14/01/08 - Norme tecniche per le costruzioni concernenti i principi per il progetto, l'esecuzione ed il collaudo delle costruzioni nei riguardi delle prestazioni richieste in termini di resistenza, stabilità e durabilità
- ♦ D.P.G.R. n. 36/R del 09/07/2009 - Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico
- ♦ PGRA
- ♦ RUC - Regolamento Urbanistico Comunale
- ♦ PS – Piano Strutturale

2 - LOCALIZZAZIONE

L'area in oggetto si trova compresa fra Via Erbosa a sud e Via Pratolini a nord in località S. Donnino (Campi Bisenzio), in zona di completamento BC – UTOE 8.

E' interessata la part. 90 del foglio catastale n. 37.

Per una migliore localizzazione vedere la Fig. 1.

3 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO E MORFOLOGICO

Il territorio di Campi Bisenzio si trova nel bacino di Firenze-Prato-Pistoia, antica depressione lacustre Villafranchiana (Pleistocene ca. 1.8 ma – 0.7 ma).

Tale bacino è delimitato da due alti strutturali costituiti dalla:

- ➔ Dorsale Pistoia - Montale - Calvana - M. Morello - Fiesole - Settignano dove affiorano le Unità Liguri (Unità di M. Morello e Ofioliti) e, in minor misura, l'Unità del Cervarola - Falterona e il Macigno della Falda Toscana
- ➔ Dorsale Montalbano - Pian dei Cerri - Impruneta costituita dal Macigno della Falda Toscana e dal Complesso Caotico.

A partire dal Miocene superiore (ca. 23 ma – fino a ca. 5 ma), in corrispondenza della fase distensiva successiva all'orogenesi appenninica, si originarono due sistemi di faglie dirette:

1. con orientamento NW-SE (appenninico) che determinò l'allungamento del bacino in questa direzione: Bacino Firenze-Prato-Pistoia
2. con orientamento NE-SW (antiappenninico) che portò alla suddivisione del bacino in due settori: Bacino di Prato-Pistoia e Bacino di Firenze.

Il riempimento lacustre del bacino risulta costituito essenzialmente da argille e limi, con intercalate sabbie e ghiaie, in spessori variabili da qualche decina a qualche centinaia di metri e presenza, localmente, di livelli di lignite e torba.

L'apporto sedimentario dei fiumi ed alcuni sollevamenti differenziali del substrato, dovuti alle succitate faglie, causarono il riempimento e la conseguente estinzione del lago e, con l'evolversi dell'idrografia superficiale, portarono all'attuale configurazione morfologica.

Tali depositi alluvionali, dovuti principalmente alla divagazione del F. Arno e a quelle del F. Bisenzio, sono costituiti da argille e limi argillosi, talora sabbiosi e poggiano direttamente sui sedimenti lacustri (nella zona di Campi Bisenzio lo spessore della coltre fluvio - lacustre supera i 600 metri).

Dal punto di vista morfologico l'area in oggetto si presenta pianeggiante, ad una quota

compresa fra 34,7 m s.l.m. e 35,6 m s.l.m...

4 – CONDIZIONI DI PERICOLOSITÀ

Per determinare la fattibilità dell'intervento vengono prese in considerazione le seguenti condizioni di pericolosità:

- A – Pericolosità Geologica
- B – Pericolosità Idraulica
- C – Pericolosità Sismica

§.4.A - PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

L'area è stata inclusa nella classe di pericolosità geologica bassa (G1) (Fig. 2 - carta della pericolosità geologica).

Le problematiche inerenti al territorio di Campi B. sono determinate dalla presenza di instabilità dinamica per cedimenti e cedimenti differenziali dovuta a depositi alluvionali a granulometria eterogenea, potenzialmente suscettibili di densificazione e di liquefazione (Fig. 3 - carta delle MOPS).

§.4.B - PERICOLOSITÀ IDRAULICA

L'area interessata dal progetto è compresa tra il Collettore Principale delle Acque Basse a ovest ed il Canale Macinante a est.

L'area risulta allagabile con tempi di ritorno T_r compresi fra 30 e 200 anni (Fig. 4 - carta della pericolosità idraulica)

Rispetto alla pericolosità idraulica l'area si trova nelle seguenti condizioni:

1. L'area ha subito gli eventi alluvionali verificatisi nel novembre 1966 e nel 1992, con battente, rispettivamente, di 4.5 - 5 m (39/39,5 m s.l.m.) e di 10 -30 cm (Fig. 5a e 5b).
2. In base alla cartografia aggiornata dell'Autorità di Bacino, la quota di riferimento del battente idraulico deve essere assunta pari a 37 m s.l.m. a cui deve essere aggiunto un franco di 50 cm (37,5 m s.l.m.)

Nella carta dei battenti idraulici è riportata una quota di esondazione ompresa fra 2 e 3 metri per tempi di ritorno di 200 anni (Fig. 6).

§.4.C - PERICOLOSITÀ SISMICA

Il Comune di Campi B. è stato inserito in zona sismica 3 (in questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari), all'interno della fascia di pericolosità sismica B - $0.125g < a_g = 0.150g$ - percentuale di controllo pari al 10% dei preavvisi (Aggiornamento della classificazione sismica dei Comuni della Regione Toscana - Supplemento al Bollettino Ufficiale della Regione Toscana n. 43 del 24.10.2012).

Per quanto attiene alla legge regionale, l'intervento ricade in classe 3 sulla base dell'art. 7, che individua 4 classi di indagini da effettuarsi sulla base delle volumetrie previste (D.P.G.R. n. 36/R del 09/07/2009 - Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico):

Classe 3	<i>La categoria di suolo di fondazione deve essere determinata mediante indagini geofisiche e la definizione dei parametri geotecnici deve essere basata su sondaggi geognostici</i>
	<i>opere di volume lordo < 6000 mc</i>
	<i>altezza in gronda < 20 m</i>

La normativa antisismica (NTC - Decreto del 14/01/2008) prevede l'individuazione di categorie di sottosuolo per la definizione dell'azione sismica, valutate sulla base della velocità delle onde sismiche "s" (onde di taglio) nei primi 30 m (V_{s30}); in alternativa si può fare riferimento alla resistenza penetrometrica dinamica equivalente $NSPT_{30}$, per i terreni granulari, e alla coesione non drenata equivalente $c_{u,30}$ per i terreni coesivi.

Per la determinazione della categoria di suolo è stata effettuata un'indagine sismica MASW e HSVR la cui ubicazione è visibile in Fig. 7, i risultati sono riportati integralmente in allegato.

Categoria di suolo	C
<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi fra a 180 m/s e 360 m/s, (ovvero $15 < NSPT < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fine).</i>	
Categoria topografica	T1
<i>Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ (26%)</i>	

Dall'indagine MASW si rileva, schematicamente quanto riportato nella seguente tabella:

Profondità in m	Spessore dello strato in m	V_s in m/sec	V_p in m/sec	V_{s30}
0 – 1,0	1,0	100	245	294
1,0 – 3,0	2,0	150	312	
3,0 – 7,0	5,0	217	452	
7,0 – 12,0	5,0	343	714	
12,0 – 19,0	7,0	382	795	
> 19,0		437	910	

L'indagine HVSr (che determina la frequenza caratteristica di risonanza del sito e definisce l'entità del rapporto H/V per verificare la presenza o meno di una discontinuità stratigrafica tale da determinare un alto contrasto d'impedenza ($H/V > 3$) che possa generare il fenomeno di amplificazione sismica locale) ha rilevato tre massimi H/V alle frequenze di 0,6 Hz, di 1,1 Hz e di 2 Hz.

La frequenza fondamentale corrisponde a 0,06 Hz da mettere in relazione al substrato rigido rilevato alla profondità di 120 m.

Il basso contrasto di impedenza tra copertura e substrato ($H/V = 2,8$) non determina effetti di amplificazione sismica in superficie.

§.4.C.1 - PARAMETRI SISMICI¹

Tipo di elaborazione: Fondazioni

Sito in esame.

latitudine	longitudine	Classe:	Vita nominale
43,797545	11,14498	2	50

Siti di riferimento

Sito	ID	Lat	Lon	Distanza
1	19835	43,8112	11,1346	1734,217
2	19836	43,8126	11,2039	5013,986
3	20058	43,7626	11,2057	6233,126
4	20057	43,7613	11,1366	4091,909

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

	Operatività (SLO)	Danno (SLD)	Salvaguardia della vita (SLV)	Prevenzione dal collasso (SLC)
Probabilità di superamento	81%	63%	10%	5%
Tr [anni]	30	50	475	975
ag [g]	0,046	0,055	0,130	0,165
Fo	2,554	2,589	2,393	2,384
Tc* [s]	0,251	0,265	0,299	0,308

¹ Le coordinate espresse in questo file sono in ED50 Geostru software - www.geostru.com
Coordinate WGS84 latitudine: 43.796587 longitudine: 11.143994

Coefficienti Sismici

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss	1,500	1,500	1,500	1,460
Cc	1,660	1,630	1,560	1,550
St	1,000	1,000	1,000	1,000
Kh	0,014	0,017	0,047	0,058
Kv	0,007	0,008	0,023	0,029
amax	0,677	0,814	1,912	2,358
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

5 – FATTIBILITÀ

Come evidenziato ai paragrafi precedenti l'area presente le seguenti condizioni di pericolosità:

- Pericolosità Geologica medio bassa (G1) → Fattibilità 2
- Pericolosità Idraulica media (P2) → Fattibilità 3
- Pericolosità Sismica elevata (3) → Fattibilità 3

Nella scheda di fattibilità riferita all'area in oggetto (BC – Via Erbosa – Completamento in Zona B UTOE 8) è riportato quanto segue:

Classe di pericolosità			Classe di fattibilità	
Geologica	G1	bassa	2	<u>Normali vincoli</u> Non vengono date condizioni specifiche. Sono richieste specifiche indagini geognostiche a supporto della relazione geologica di fattibilità e della relazione inerente al progetto esecutivo
Idraulica	I3	elevata	3	<u>Condizionata</u> La fattibilità è vincolata alla messa in sicurezza idraulica è richiesto uno studio idraulico specifico. Livelletta = 37 m s.l.m. (fonte AdB - PGRA)
Sismica locale	S1	suscettibile di amplificazione sismica per effetto della litostratigrafia – zona nord	1	<u>Normali vincoli</u> Per la zona a nord richiede indagini geofisiche
	S3	instabile per fenomeni di liquefazione– zona sud	3	<u>Condizionata</u> Per zona a sud per possibili problemi di liquefazione

All' art. 86 comma 6 (NTA). è indicato un franco di 50 cm:

6, ... laddove è richiesta la messa in sicurezza puntuale, cioè con sottrazione di volumi alla laminazione naturale, la sicurezza idraulica dovrà essere conseguita nei confronti dell'inondazione attesa (centennale o duecentennale secondo i casi) prevedendo un franco di 50 centimetri; ...

6 - CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E GEOTECNICHE DEI TERRENI

Il terreno oggetto di intervento appartiene ai depositi alluvionali recenti (q) costituiti, genericamente, da due tipi litologici prevalenti, quali argille e limi, i cui passaggi laterali e verticali sono spesso gradualmente e sfumati.

La definizione delle caratteristiche meccaniche dei terreni interessati dal progetto è stata effettuata realizzando tre prove penetrometriche statiche (Fig. 7 – ubicazione delle indagini) i cui risultati sono consultabili in allegato.

Nel corso delle prove, sulla base della litologia riscontrata nel corso delle penetrometrie, sono stati prelevati tre campioni indisturbati:

Numero campione	Numero prova	Profondità di prelievo
C1	CPT 1	2,20 – 2,80 m
C2	CPT 2	2,00 – 2,60 m
C3	CPT 3	1,50 – 2,10 m

Al momento i campioni sono ancora in fase di analisi per cui, non appena acquisiti, saranno oggetto di ulteriore relazione a integrazione della presente.

Le tre prove penetrometriche hanno evidenziato la presenza di terreni da coesivi a molto coesivi

CPT 1

Fino alla profondità di 4 m si ritrovano sedimenti prevalentemente argillosi a bassa consistenza con un livello particolarmente consistente alla profondità di ca. 2 m.

L'area è stata utilizzata come deposito di materiale inerte come evidenziato anche dalle foto aeree riferite agli anni compresi fra il 2007 e il 2014 (Fig. 8).

Probabilmente tale livello a maggior consistenza è la base del riporto, al di sotto, infatti, si ritrovano materiali simili a quelli riscontrati nelle altre due prove.

Dalla profondità di ca. 4 m si trovano sedimenti con valori Q_c/F_s compresi fra 10 e 30 identificabili come limi e argille ad elevata consistenza.

La prova ha raggiunto la profondità di 7 m oltre la quale non è stato possibile procedere per l'elevata coesione del materiale incontrato dalle aste che ne ha impedito l'ulteriore infissione.

CPT 2

Questa prova presenta caratteristiche analoghe alla precedente con presenza di materiale a debole consistenza fino a ca. 3,5 m, seguita da limi argillosi ad elevata consistenza.

La prova ha raggiunto la profondità di 8,5 m per i medesimi problemi riscontrati nella prova precedente.

CPT 3

Anche questa prova ha caratteristiche molto simili alle precedenti con un livelletto a bassa consistenza intorno ai 5 m e più sabbioso-limoso a 5,4 m.

La prova ha raggiunto la profondità di 9 m

7 - CONCLUSIONI

La presente relazione, effettuata su incarico dello Studio Tecnico dell'Arch. Mathieu per conto dei Proprietari, ha riguardato lo studio geologico di fattibilità inerente ad un'area soggetta a PUC (Progetto Unitario Convenzionato) in base all'art. 121 della L.R. 65/2014.

Per la definizione delle caratteristiche litotecniche dei terreni interessati e della categoria di suolo, sono state effettuate tre prove penetrometriche statiche con prelievo di tre campioni indisturbati ed effettuata un'indagine sismica MASW e HVSr.

I campioni sono, attualmente, in fase di elaborazione e saranno oggetto di una successiva relazione a integrazione della presente.

Dallo studio è emerso quanto segue:

- Il territorio di Campi Bisenzio si trova nel bacino di Firenze-Prato-Pistoia, antica depressione lacustre Villafranchiana
- Dal punto di vista morfologico l'area in oggetto si presenta pianeggiante, ad una quota compresa fra 34,7 m s.l.m. e 35,6 m s.l.m..
- L'area ha subito gli eventi alluvionali del novembre 1966 e del 1992, con battente, rispettivamente, di 4.5 - 5 m (39/39,5 m s.l.m.) e di 10 -30 cm (34,7/34,9 m s.l.m.)
- Battente idraulico, aggiornato, pari a 37 m s.l.m. a cui deve essere aggiunto un franco di 50 cm
- Pericolosità Geologica bassa (G1)
- Pericolosità Idraulica elevata (I3)
- Pericolosità Sismica bassa (S1): zona a nord del lotto dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica e elevata (S3): zona a sud del lotto per la presenza di terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi
- Classe di sottosuolo C
- Categoria topografica T1
- Basso contrasto di impedenza tra copertura e substrato che non determina effetti di amplificazione sismica
- Classe di indagine 3 ($V < 6000$ mc)
- Fattibilità 2 per pericolosità geologica e 3 per pericolosità idraulica e sismica
- Presenza di terreni costituiti prevalentemente da argille di bassa consistenza nei primi 3,50-4,0 m seguite da argille e/o limi molto consistenti

Al momento i campioni sono ancora in fase di elaborazione per cui, non appena acquisiti i risultati, saranno oggetto di ulteriore relazione a integrazione della presente.

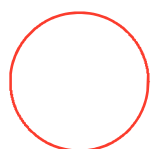
In conclusione, per quanto di competenza, si ritiene che non vi siano problemi di carattere geologico per la realizzazione dell'opera di progetto.

MAGGIO 2018





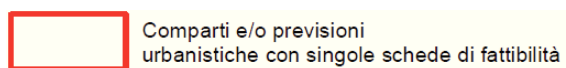
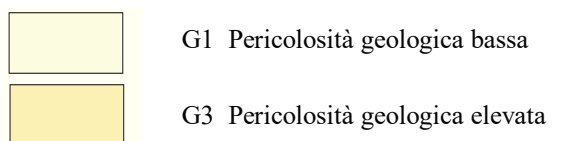
Fig. 1 - Stralcio della carta topografica della Regione Toscana
Foglio n. 275020 scala originale 1:10.000



Ubicazione dell'area in oggetto



Fig. 2. - Stralcio della carta della pericolosità geologica - Tav. 9f



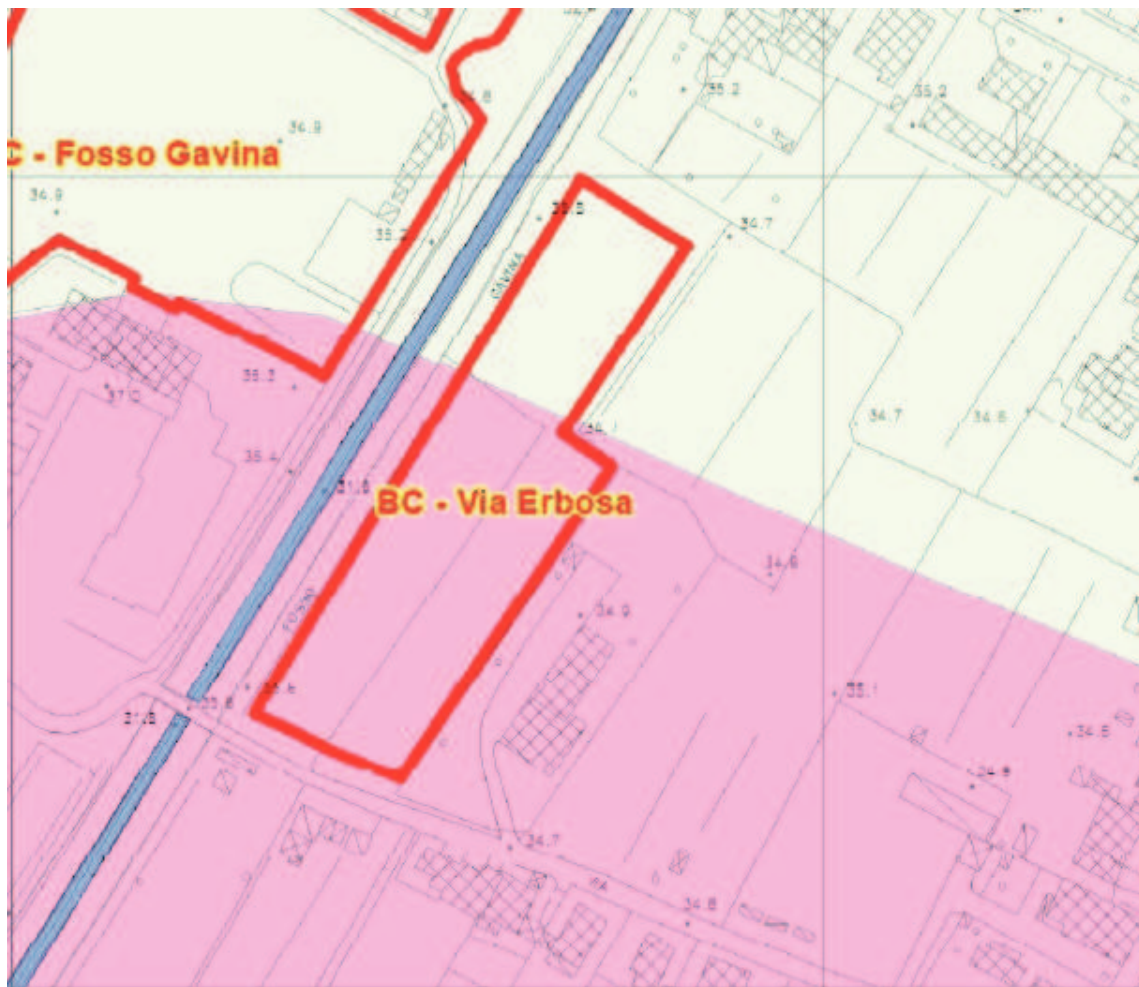


Fig. 3. - Stralcio della carta delle MOPS (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica)- Tav. 8f

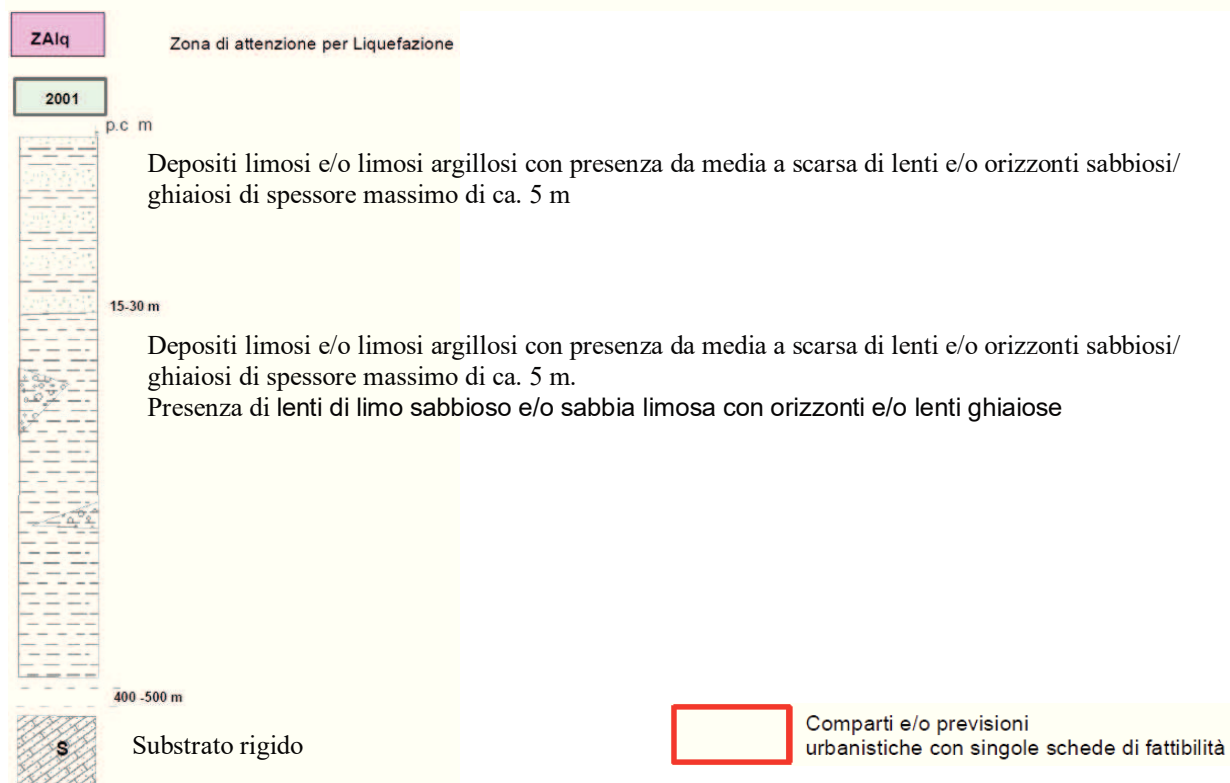




Fig. 4 - Stralcio della carta della pericolosità idraulica - Tav. 10f



Pericolosità Idraulica elevata (I3) per Tr compresi fra 30 e 200 anni.
(AdB - Piano Gestione Rischio Alluvioni PGRA)



Comparti e/o previsioni
urbanistiche con singole schede di fattibilità



Aree inondate durante l'evento del 1966

4.5/5.0

Altezza dell'acqua in metri dal p.c.

39.0/39.5

Altezza dell'acqua in livello assoluto

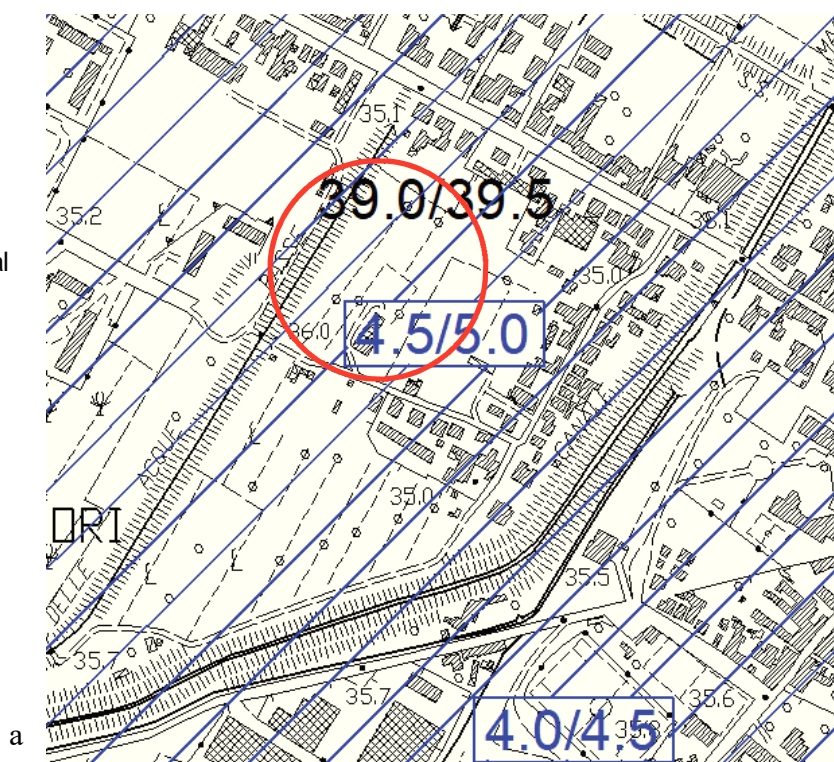


Fig. 5 - Stralcio delle aree inondate nel 1966 (a) e nel triennio 1991/93 (b)
Tavole 10_6 e 10_7



Aree inondate durante l'evento del 1991

0.0/0.2

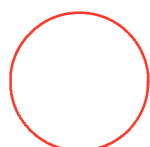
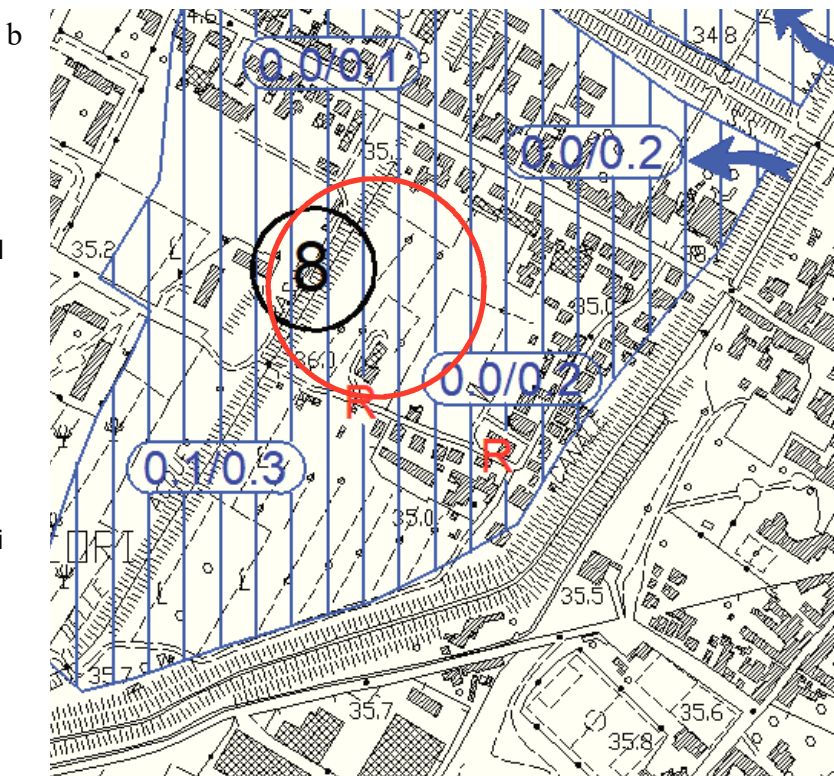
Altezza dell'acqua in metri dal p.c.



Punti di tracimazione

8

Area interessata da fenomeni di allagamento, nell'autunno 1992 per tracimazione dell'argine destro del canale Macinante e del Fosso Gavino



Ubicazione dell'area in oggetto

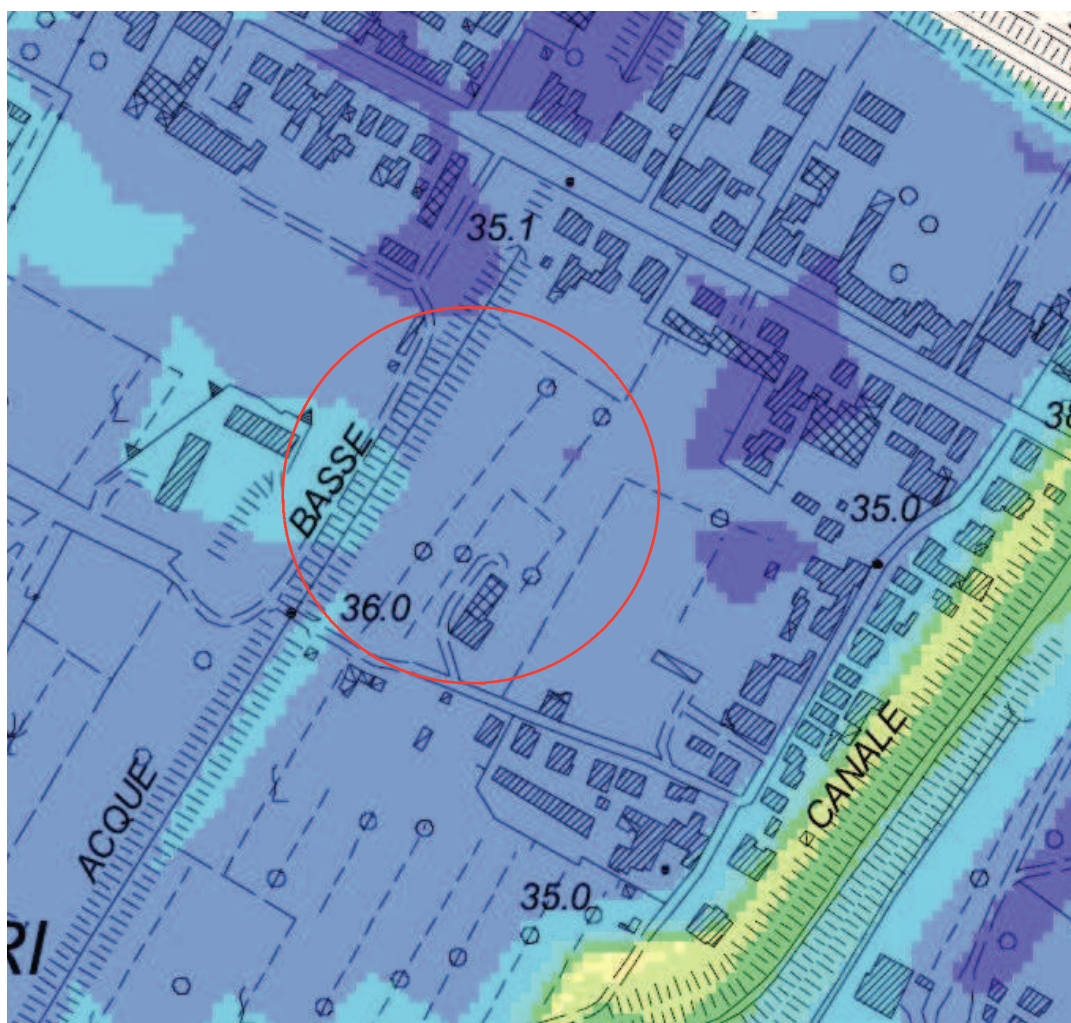
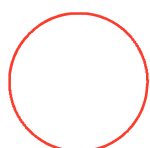
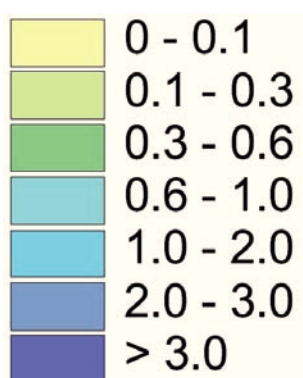


Fig. 6 - Stralcio della carta dei battenti idraulici per $Tr = 200$ a. Tav. 03



Ubicazione dell'area in oggetto

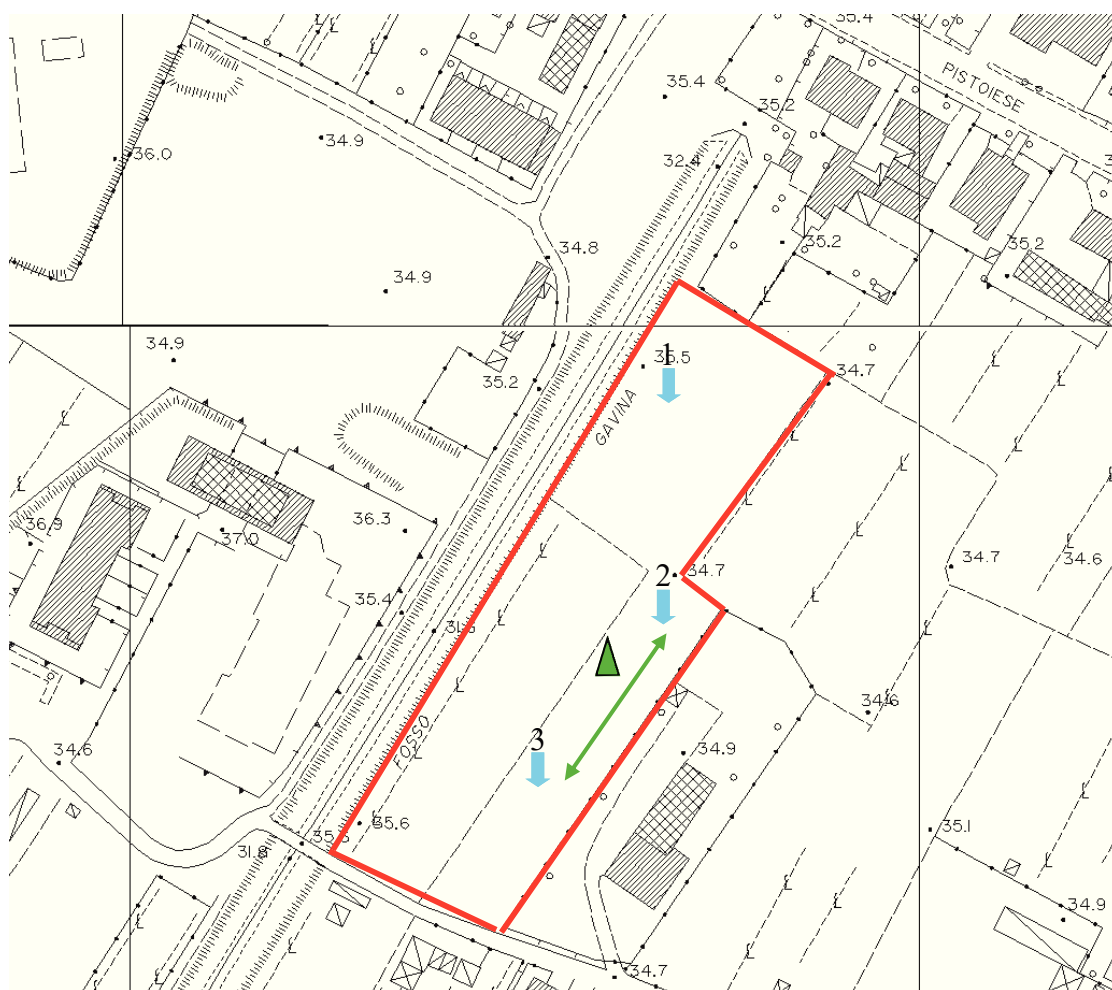


Fig. 7 - Ubicazione delle prove

- 
 Prova penetrometrica statica
- 
 Indagine sismica MASW
- 
 Indagine sismica HVSR


 Comparti e/o previsioni urbanistiche con singole schede di fattibilità

2007 - Fonte Regione Toscana*



2010 - Fonte Regione Toscana*



Fig. 8 - Foto aeree



2014 - Fonte Google Earth

* <http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/geologia.html>

Scala 1:2.000



PENETRATIO s.n.c.

Via P.Maioli 37, 56028 San Miniato (PI)

tel./fax:0571418116

PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

C.F. 02174580502

Rif. 19 – 2018

(Archivio interno 37L-2018)

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 1

committente:	Studio SISMAgeo	data:	02/05/2018
cantiere:	Via Pratolini	profondità prova:	7,00
località:	Comune di Campi Bisenzio (FI)	quota inizio:	p.c.
		profondità falda:	-
		note:	

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

Penetrometro: statico/dinamico PAGANI TG 63-200 da 20 ton, autoancorante

Sistema di ancoraggio: aste elicoidali di serie (mm) Ø100x750

Sistema di misura: cella di carico AEP con visualizzatore Pagani

Punta: conica meccanica Ø 35.7 mm, angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$ - (area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$)

Manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (Ø 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 massima rilevabile dalla cella di carico 200 kN

Passo di lettura 0,20 m



PENETRATIO s.n.c.

Via P.Maioli 37, 56028 San Miniato (PI)

tel./fax:0571418116

PEC: penetratiosnc@lamiaptec.it

C.F. 02174580502

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT1
TABULATO DELLA PROVA

Rif. 19 – 2018

(Archivio interno 37L-2018)

committente: Studio SISMAgeo
cantiere: Via Pratolini
località: Comune di Campi Bisenzio (FI)

data: 02/05/2018
profondità prova: 7,00
quota inizio: p.c.
profondità falda: -
note:

0

profondità	letture di campagna		qc	fs	qc/fs	profondità	letture di campagna		qc	fs	qc/fs
(metri)	punta	Punta + laterale	(Kg/cmq)			(metri)	punta	Punta +laterale	(Kg/cmq)		
0,20	----	----	----	0,33	----	3,80	26,0	60,0	26,0	2,13	12,19
0,40	17,0	22,0	17,0	1,40	12,14	4,00	27,0	59,0	27,0	2,07	13,06
0,60	14,0	35,0	14,0	1,07	13,13	4,20	30,0	61,0	30,0	2,20	13,64
0,80	11,0	27,0	11,0	0,53	20,63	4,40	31,0	64,0	31,0	2,20	14,09
1,00	12,0	20,0	12,0	0,93	12,86	4,60	32,0	65,0	32,0	2,13	15,00
1,20	15,0	29,0	15,0	1,13	13,24	4,80	32,0	64,0	32,0	2,53	12,63
1,40	15,0	32,0	15,0	1,20	12,50	5,00	33,0	71,0	33,0	2,67	12,38
1,60	11,0	29,0	11,0	1,07	10,31	5,20	33,0	73,0	33,0	3,20	10,31
1,80	11,0	27,0	11,0	1,13	9,71	5,40	43,0	91,0	43,0	2,53	16,97
2,00	12,0	29,0	12,0	1,13	10,62	5,60	59,0	97,0	59,0	4,33	13,62
2,20	20,0	21,0	20,0	1,93	10,34	5,80	33,0	98,0	33,0	2,33	14,14
2,40	23,0	52,0	23,0	2,20	10,45	6,00	33,0	68,0	33,0	2,00	16,50
2,60	21,0	54,0	21,0	2,07	10,16	6,20	33,0	63,0	33,0	2,00	16,50
2,80	19,0	50,0	19,0	1,87	10,18	6,40	35,0	65,0	35,0	2,13	16,41
3,00	21,0	49,0	21,0	1,93	10,86	6,60	33,0	65,0	33,0	2,20	15,00
3,20	22,0	51,0	22,0	2,07	10,65	6,80	34,0	67,0	34,0	2,20	15,45
3,40	22,0	53,0	22,0	1,93	11,38	7,00	34,0	67,0	34,0		
3,60	25,0	54,0	25,0	2,27	11,01						

PENETRATIO s.n.c.

Via P.Maioli 37, 56028 San Miniato (PI)

tel./fax:0571418116

PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

C.F. 02174580502

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT1
GRAFICI DELLE RESISTENZE

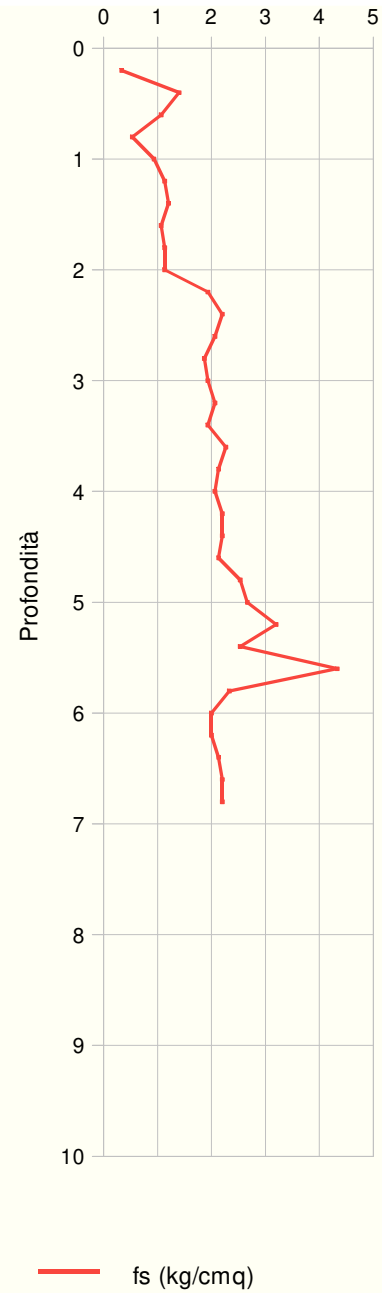
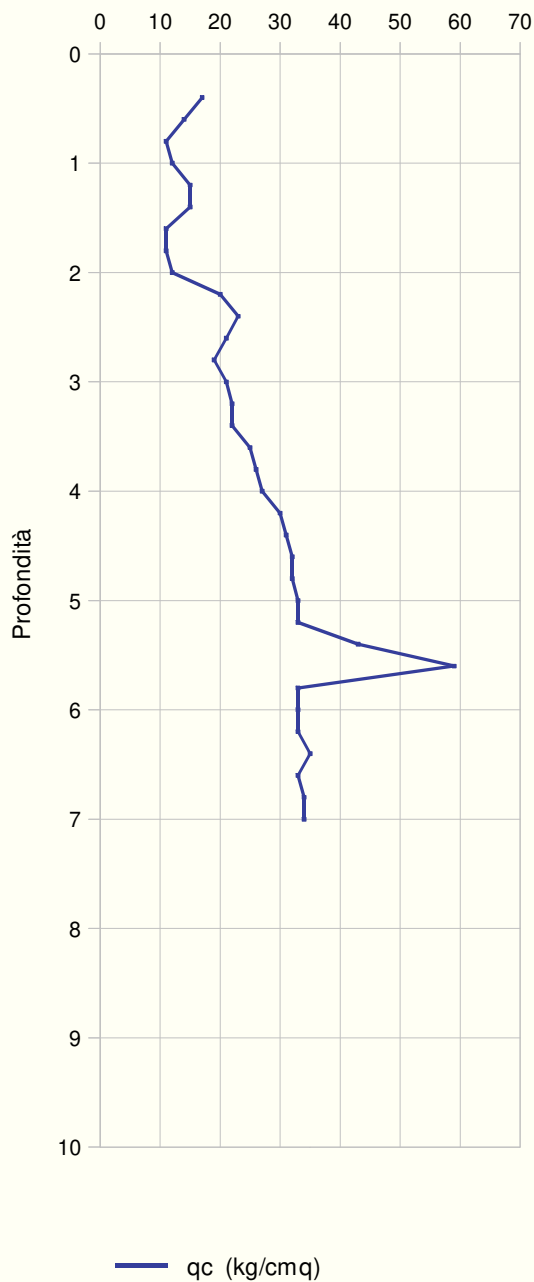
Rif. **19 – 2018**

(Archivio interno 37L-2018)

committente: Studio SISMAgeo
cantiere: Via Pratolini
località: Comune di Campi Bisenzio (FI)

data: 02/05/2018
profondità prova: 7,00
quota inizio: p.c.
profondità falda: -
note:

0



PENETRATIO s.n.c.

Via P.Maioli 37, 56028 San Miniato (PI)

tel./fax:0571418116

PEC: penetratiosnc@lamiaptec.it

C.F. 02174580502

Rif. 19 – 2018

(Archivio interno 37L-2018)

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 2

committente:	Studio SISMAgeo	data:	02/05/2018
cantiere:	Via Pratolini	profondità prova:	8,80
località:	Comune di Campi Bisenzio (FI)	quota inizio:	p.c.
		profondità falda:	-
		note:	

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

Penetrometro: statico/dinamico PAGANI TG 63-200 da 20 ton, autoancorante

Sistema di ancoraggio: aste elicoidali di serie (mm) Ø100x750

Sistema di misura: cella di carico AEP con visualizzatore Pagani

Punta: conica meccanica Ø 35.7 mm, angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$ - (area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$)

Manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (Ø 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 massima rilevabile dalla cella di carico 200 kN

Passo di lettura 0,20 m



PENETRATIO s.n.c.

Via P.Maioli 37, 56028 San Miniato (PI)

tel./fax:0571418116

PEC: penetratiosnc@lamiaptec.it

C.F. 02174580502

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT2
TABULATO DELLA PROVA

Rif. 19 – 2018

(Archivio interno 37L-2018)

committente: Studio SISMAgeo
cantiere: Via Pratolini
località: Comune di Campi Bisenzio (FI)

data: 02/05/2018
profondità prova: 8,80
quota inizio: p.c.
profondità falda: -
note:

0

profondità	letture di campagna		qc	fs	qc/fs	profondità	letture di campagna		qc	fs	qc/fs
(metri)	punta	Punta + laterale	(Kg/cm ²)			(metri)	punta	Punta + laterale	(Kg/cm ²)		
0,20	----	----	----	0,60	----	4,60	30,0	58,0	30,0	2,07	14,52
0,40	27,0	36,0	27,0	1,73	15,58	4,80	34,0	65,0	34,0	2,00	17,00
0,60	23,0	49,0	23,0	2,13	10,78	5,00	34,0	64,0	34,0	2,27	15,00
0,80	23,0	55,0	23,0	2,20	10,45	5,20	27,0	61,0	27,0	1,80	15,00
1,00	20,0	53,0	20,0	2,00	10,00	5,40	29,0	56,0	29,0	1,73	16,73
1,20	17,0	47,0	17,0	1,53	11,09	5,60	27,0	53,0	27,0	1,47	18,41
1,40	19,0	42,0	19,0	1,40	13,57	5,80	29,0	51,0	29,0	1,60	18,13
1,60	21,0	42,0	21,0	1,73	12,12	6,00	28,0	52,0	28,0	1,40	20,00
1,80	18,0	44,0	18,0	1,67	10,80	6,20	30,0	51,0	30,0	1,47	20,45
2,00	21,0	46,0	21,0	1,13	18,58	6,40	30,0	52,0	30,0	1,53	19,57
2,20	27,0	50,0	27,0	1,40	19,29	6,60	32,0	55,0	32,0	1,67	19,20
2,40	24,0	45,0	24,0	2,20	10,91	6,80	35,0	60,0	35,0	2,27	15,44
2,60	26,0	59,0	26,0	2,20	11,82	7,00	31,0	65,0	31,0	1,93	16,03
2,80	27,0	60,0	27,0	2,40	11,25	7,20	28,0	57,0	28,0	1,80	15,56
3,00	27,0	63,0	27,0	2,33	11,57	7,40	22,0	49,0	22,0	1,47	15,00
3,20	29,0	64,0	29,0	2,40	12,08	7,60	25,0	47,0	25,0	1,33	18,75
3,40	28,0	64,0	28,0	2,33	12,00	7,80	27,0	47,0	27,0	1,73	15,58
3,60	31,0	66,0	31,0	2,27	13,66	8,00	31,0	57,0	31,0	1,87	16,61
3,80	34,0	69,0	34,0	2,33	14,57	8,20	27,0	55,0	27,0	2,00	13,50
4,00	33,0	68,0	33,0	2,47	13,38	8,40	35,0	65,0	35,0	2,87	12,21
4,20	30,0	67,0	30,0	2,20	13,64	8,60	28,0	71,0	28,0	2,60	10,77
4,40	30,0	63,0	30,0	1,87	16,07	8,80	30,0	69,0	30,0		

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT2
GRAFICI DELLE RESISTENZE

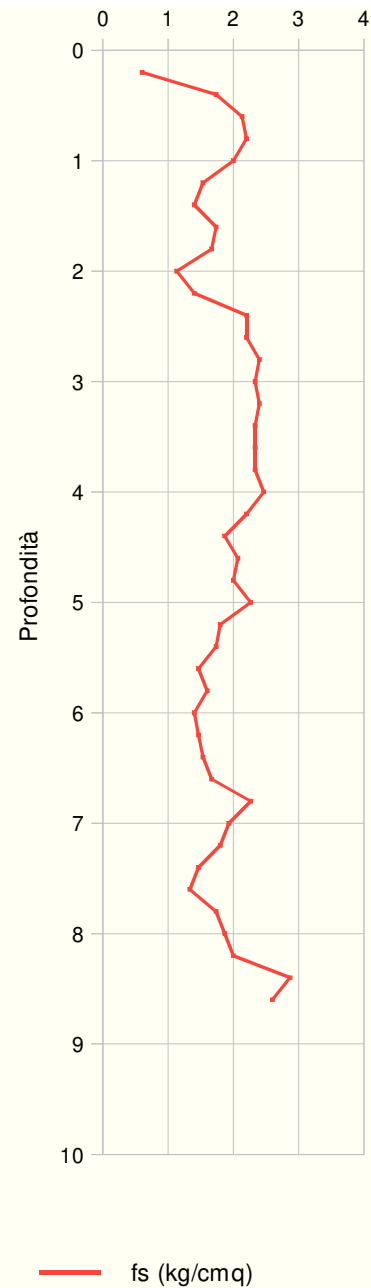
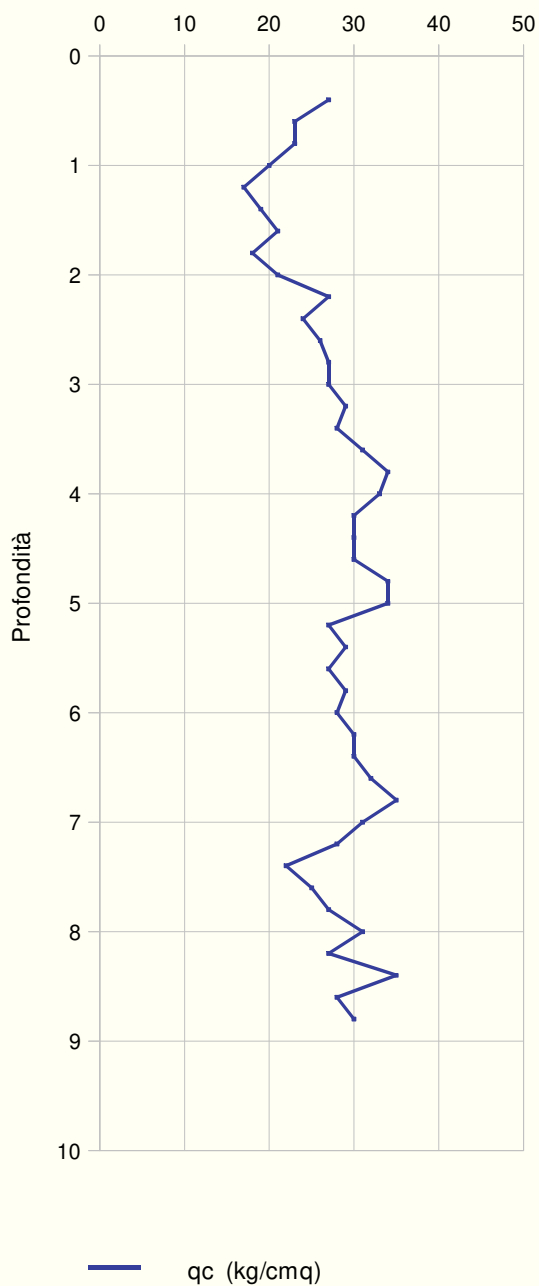
Rif. **19 - 2018**

(Archivio interno 37L-2018)

committente: Studio SISMAgeo
cantiere: Via Pratolini
località: Comune di Campi Bisenzio (FI)

data: 02/05/2018
profondità prova: 8,80
quota inizio: p.c.
profondità falda: -
note:

0



PENETRATIO s.n.c.

Via P.Maioli 37, 56028 San Miniato (PI)

tel./fax:0571418116

PEC: penetratiosnc@lamiaptec.it

C.F. 02174580502

Rif. 19 – 2018

(Archivio interno 37L-2018)

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 3

committente:	Studio SISMAgeo	data:	02/05/2018
cantiere:	Via Pratolini	profondità prova:	9,00
località:	Comune di Campi Bisenzio (FI)	quota inizio:	p.c.
		profondità falda:	-
		note:	

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

Penetrometro: statico/dinamico PAGANI TG 63-200 da 20 ton, autoancorante

Sistema di ancoraggio: aste elicoidali di serie (mm) Ø100x750

Sistema di misura: cella di carico AEP con visualizzatore Pagani

Punta: conica meccanica Ø 35.7 mm, angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$ - (area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$)

Manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (Ø 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 massima rilevabile dalla cella di carico 200 kN

Passo di lettura 0,20 m



PENETRATIO s.n.c.

Via P.Maioli 37, 56028 San Miniato (PI)

tel./fax:0571418116

PEC: penetratiosnc@lamiaptec.it

C.F. 02174580502

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT3
TABULATO DELLA PROVA

Rif. 19 – 2018

(Archivio interno 37L-2018)

committente: Studio SISMAgeo
cantiere: Via Pratolini
località: Comune di Campi Bisenzio (FI)

data: 02/05/2018
profondità prova: 9,00
quota inizio: p.c.
profondità falda: -
note:

0

profondità	letture di campagna		qc	fs	qc/fs	profondità	letture di campagna		qc	fs	qc/fs
(metri)	punta	Punta + laterale	(Kg/cm ²)			(metri)	punta	Punta +laterale	(Kg/cm ²)		
0,20	----	----	----	0,47	----	4,80	38,0	74,0	38,0	3,07	12,39
0,40	33,0	40,0	33,0	0,47	70,71	5,00	28,0	74,0	28,0	2,47	11,35
0,60	34,0	41,0	34,0	1,07	31,88	5,20	44,0	81,0	44,0	3,00	14,67
0,80	14,0	30,0	14,0	1,33	10,50	5,40	45,0	90,0	45,0	2,47	18,24
1,00	15,0	35,0	15,0	1,33	11,25	5,60	53,0	90,0	53,0	4,60	11,52
1,20	22,0	42,0	22,0	1,40	15,71	5,80	39,0	108,0	39,0	2,80	13,93
1,40	24,0	45,0	24,0	2,27	10,59	6,00	40,0	82,0	40,0	2,67	15,00
1,60	18,0	52,0	18,0	2,07	8,71	6,20	41,0	81,0	41,0	2,53	16,18
1,80	13,0	44,0	13,0	1,33	9,75	6,40	39,0	77,0	39,0	2,40	16,25
2,00	20,0	40,0	20,0	1,13	17,70	6,60	36,0	72,0	36,0	2,07	17,42
2,20	23,0	42,0	23,0	1,80	12,78	6,80	33,0	64,0	33,0	1,80	18,33
2,40	24,0	51,0	24,0	1,93	12,41	7,00	29,0	56,0	29,0	1,60	18,13
2,60	26,0	55,0	26,0	2,13	12,19	7,20	30,0	54,0	30,0	1,80	16,67
2,80	29,0	61,0	29,0	2,47	11,76	7,40	31,0	58,0	31,0	1,67	18,60
3,00	29,0	66,0	29,0	2,60	11,15	7,60	30,0	55,0	30,0	1,87	16,07
3,20	28,0	67,0	28,0	2,60	10,77	7,80	26,0	54,0	26,0	1,60	16,25
3,40	27,0	66,0	27,0	2,33	11,57	8,00	24,0	48,0	24,0	1,47	16,36
3,60	30,0	65,0	30,0	2,27	13,22	8,20	24,0	46,0	24,0	1,67	14,40
3,80	28,0	63,0	28,0	2,07	13,55	8,40	22,0	47,0	22,0	1,53	14,35
4,00	29,0	60,0	29,0	2,00	14,50	8,60	35,0	58,0	35,0	2,40	14,58
4,20	30,0	60,0	30,0	1,87	16,07	8,80	42,0	78,0	42,0	2,93	14,32
4,40	31,0	59,0	31,0	2,07	15,00	9,00	35,0	79,0	35,0		
4,60	34,0	65,0	34,0	2,40	14,17						

PENETRATIO s.n.c.

Via P.Maioli 37, 56028 San Miniato (PI)

tel./fax:0571418116

PEC: penetratiosnc@lamiapec.it

C.F. 02174580502

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT3
GRAFICI DELLE RESISTENZE

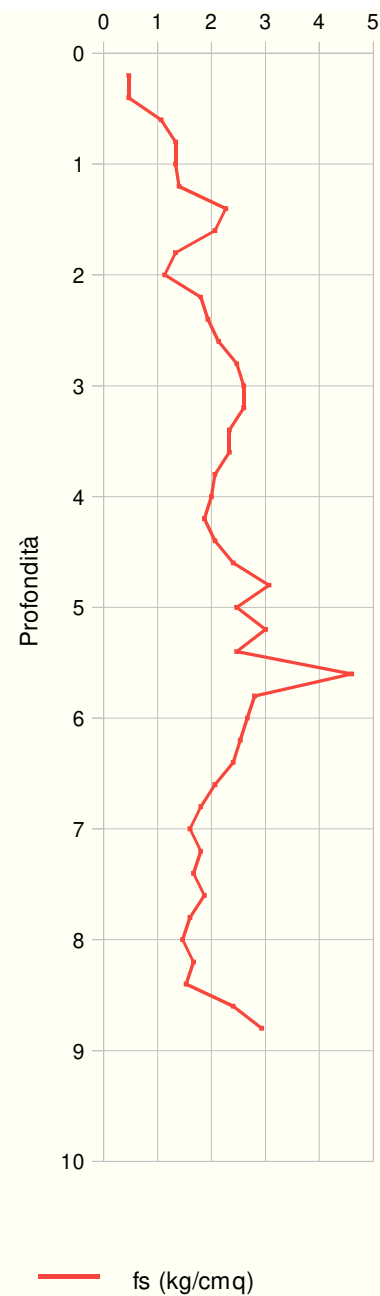
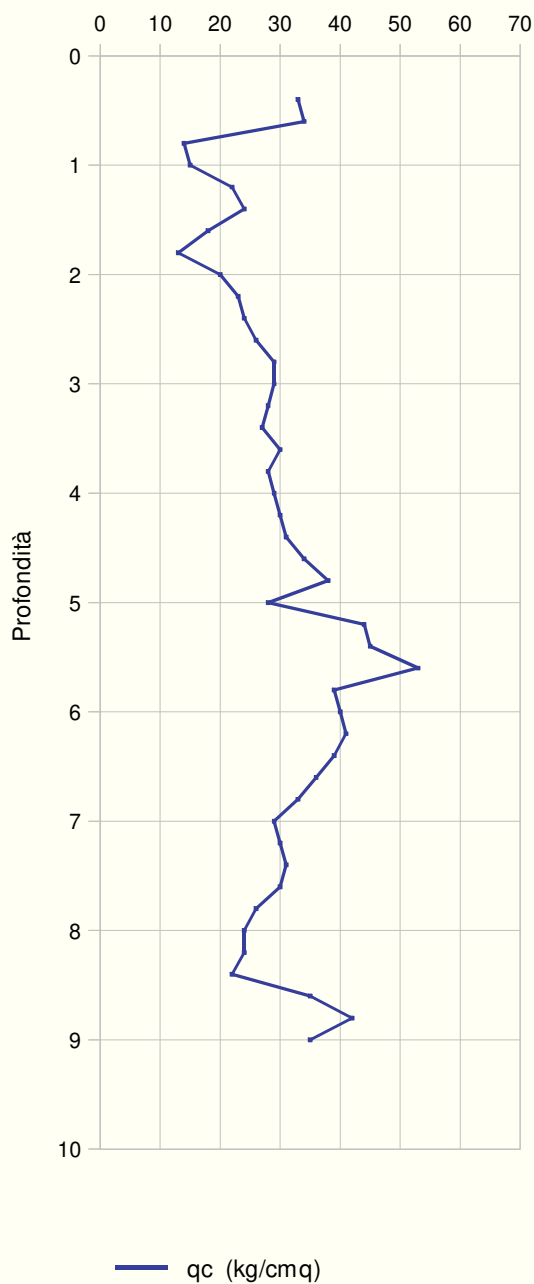
Rif. 19 – 2018

(Archivio interno 37L-2018)

committente: Studio SISMAgeo
cantiere: Via Pratolini
località: Comune di Campi Bisenzio (FI)

data: 02/05/2018
profondità prova: 9,00
quota inizio: p.c.
profondità falda: -
note:

0



PROVA PENETROMETRICA STATICA

VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 1

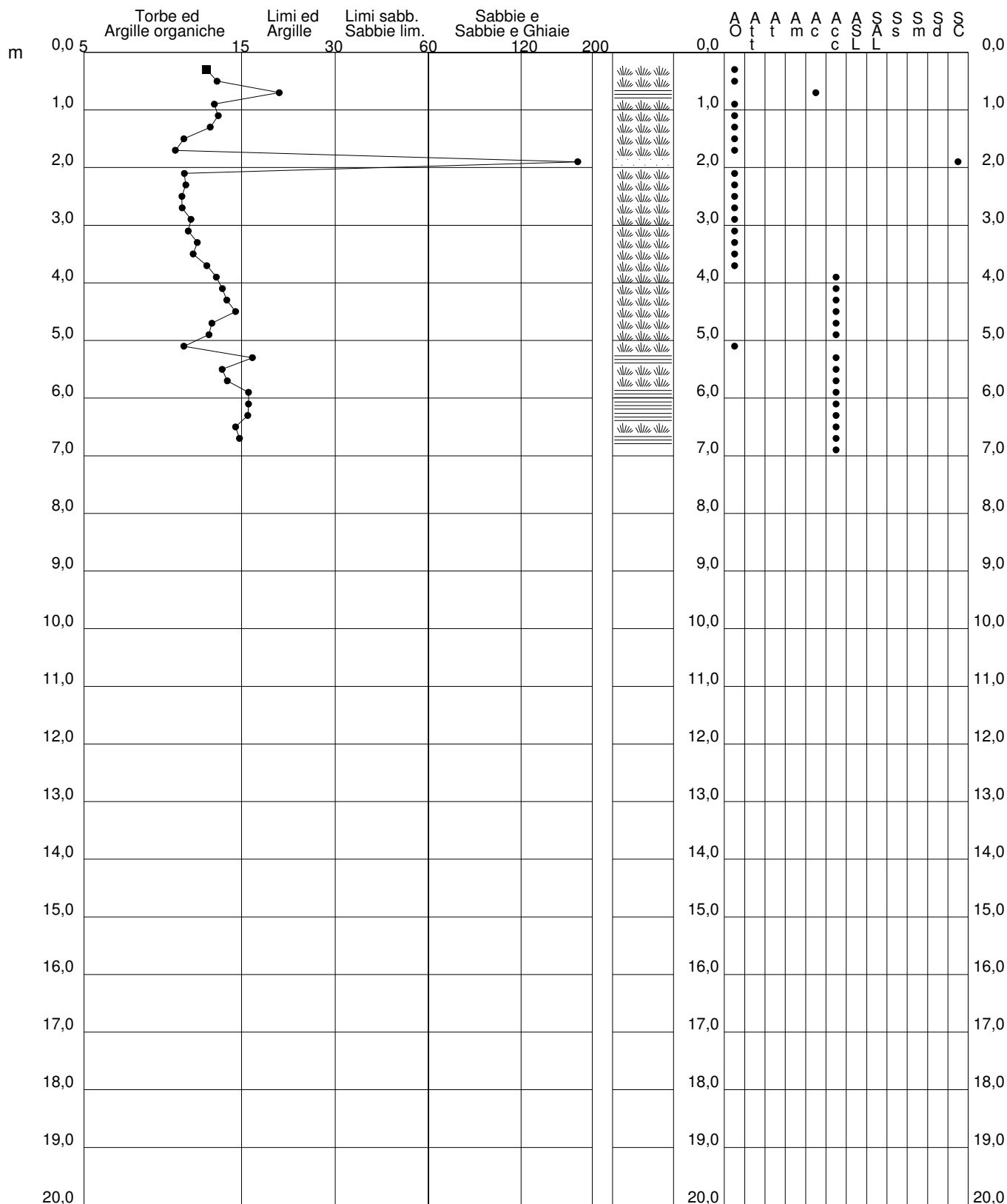
2.0105-157

- committente : Studio SISMAgeo
 - lavoro :
 - località : Via Pratolini - Campi Bisenzio (FI)
 - assist. cantiere :

- data : 02/05/2018
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : Falda non rilevata

qc/fs (Begemann 1965 A.G.I. 1977)

qc - fs/qc (Schmertmann 1978)



PROVA PENETROMETRICA STATICA

VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 2

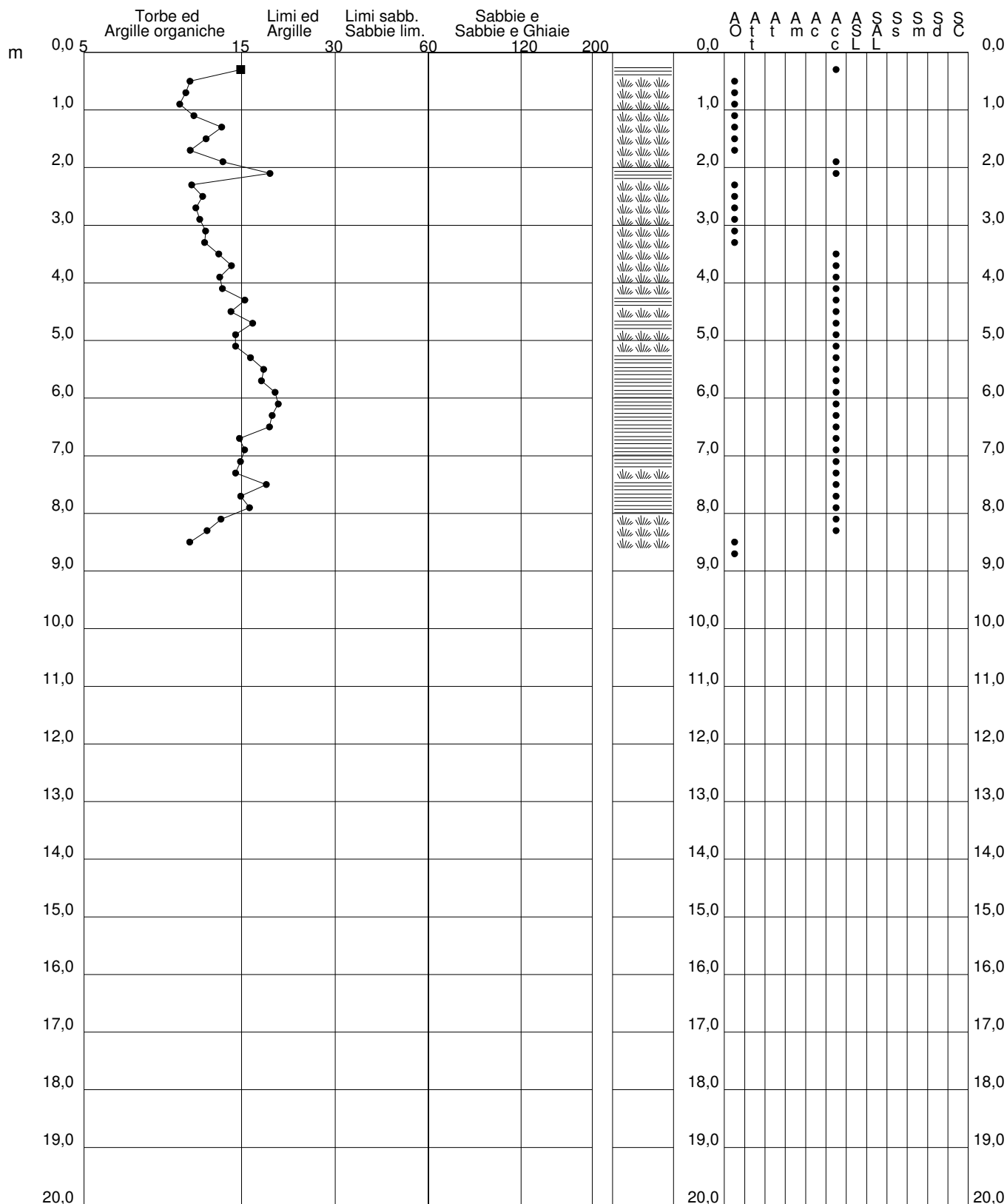
2.0105-157

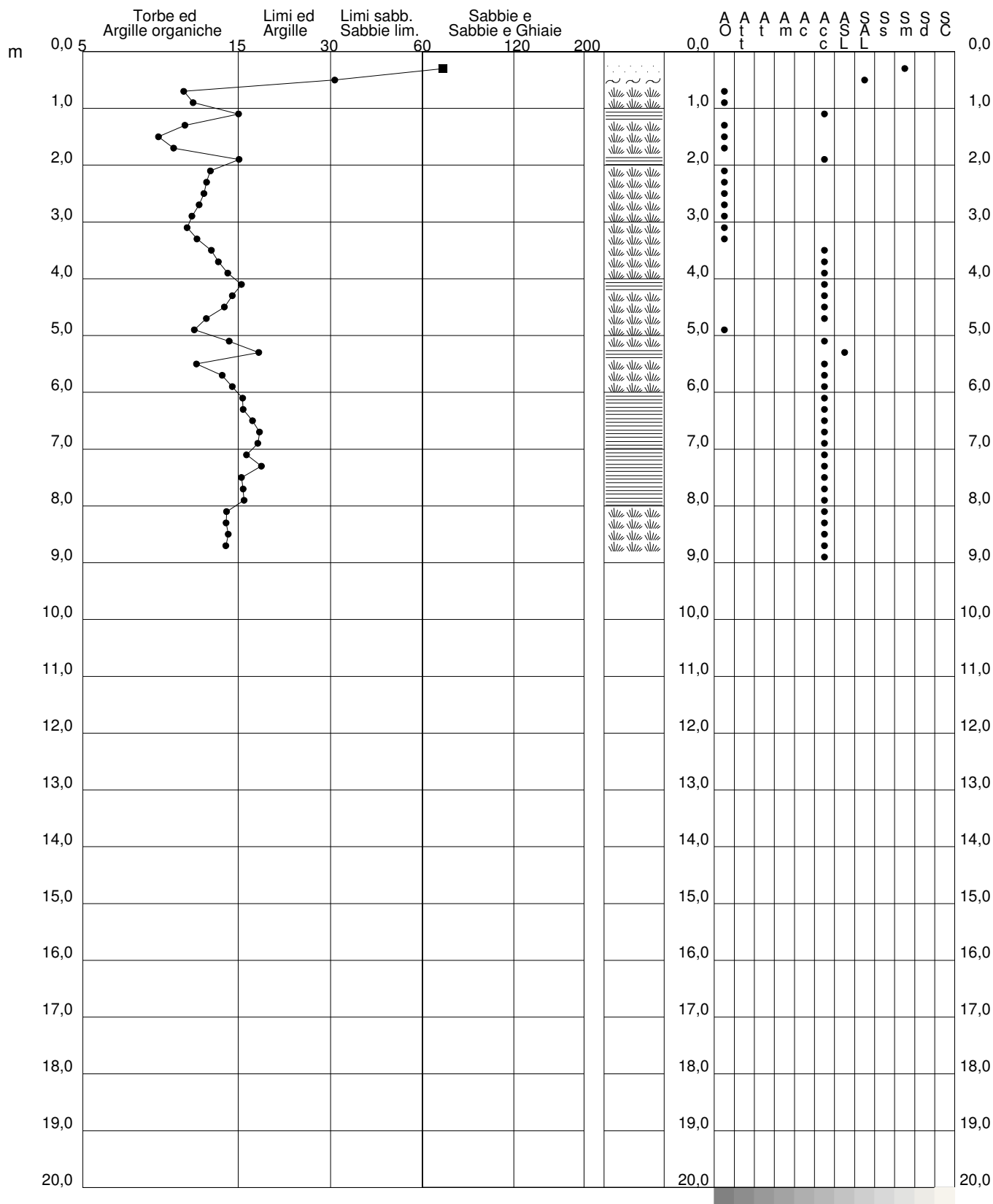
- committente : Studio SISMAgeo
 - lavoro :
 - località : Via Pratolini - Campi Bisenzio (FI)
 - assist. cantiere :

- data : 02/05/2018
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : Falda non rilevata

qc/fs (Begemann 1965 A.G.I. 1977)

qc - fs/qc (Schmertmann 1978)





PROVA PENETROMETRICA STATICA

TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1

2.0105-157

- committente : Studio SISMAgeo
 - lavoro :
 - località : Via Pratolini - Campi Bisenzio (FI)
 - assist. cantiere :

- data : 02/05/2018
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : Falda non rilevata

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	17	12	2////	1,85	0,07	0,72	99,9	123	184	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	14	13	2////	1,85	0,11	0,64	55,7	108	162	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	11	21	2////	1,85	0,15	0,54	31,4	91	137	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	12	13	2////	1,85	0,19	0,57	25,7	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	15	13	2////	1,85	0,22	0,67	24,8	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	15	12	2////	1,85	0,26	0,67	20,5	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	11	10	2////	1,85	0,30	0,54	13,2	91	137	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	11	10	2////	1,85	0,33	0,54	11,4	91	137	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,00	12	180	4/:/	1,85	0,37	0,57	10,8	97	146	45	23	31	34	37	40	31	26	0,044	20	30	36
2,20	20	10	4/:/	1,85	0,41	0,80	14,6	136	204	60	39	33	36	38	41	33	27	0,077	33	50	60
2,40	23	10	4/:/	1,85	0,44	0,87	14,5	148	221	69	41	34	36	39	41	33	28	0,083	38	58	69
2,60	21	10	4/:/	1,85	0,48	0,82	12,3	140	210	63	36	33	36	38	41	32	27	0,071	35	53	63
2,80	19	10	2////	1,85	0,52	0,78	10,4	132	198	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,00	21	11	4/:/	1,85	0,55	0,82	10,3	140	210	63	33	33	35	38	41	32	27	0,064	35	53	63
3,20	22	11	4/:/	1,85	0,59	0,85	9,8	144	216	66	33	33	35	38	41	31	28	0,064	37	55	66
3,40	22	11	4/:/	1,85	0,63	0,85	9,1	149	224	66	31	32	35	38	41	31	28	0,060	37	55	66
3,60	25	11	4/:/	1,85	0,67	0,91	9,3	159	238	75	34	33	35	38	41	32	28	0,067	42	63	75
3,80	26	12	4/:/	1,85	0,70	0,93	8,9	167	250	78	34	33	35	38	41	31	28	0,067	43	65	78
4,00	27	13	4/:/	1,85	0,74	0,95	8,5	176	263	81	34	33	35	38	41	31	28	0,067	45	68	81
4,20	30	14	4/:/	1,85	0,78	1,00	8,6	184	276	90	37	33	36	38	41	32	29	0,072	50	75	90
4,40	31	14	4/:/	1,85	0,81	1,03	8,5	193	290	93	37	33	36	38	41	32	29	0,072	52	78	93
4,60	32	15	4/:/	1,85	0,85	1,07	8,3	203	304	96	37	33	36	38	41	32	29	0,072	53	80	96
4,80	32	13	4/:/	1,85	0,89	1,07	7,9	214	321	96	36	33	36	38	41	31	29	0,070	53	80	96
5,00	33	12	4/:/	1,85	0,93	1,10	7,8	224	336	99	36	33	36	38	41	31	29	0,070	55	83	99
5,20	33	10	4/:/	1,85	0,96	1,10	7,4	236	355	99	35	33	35	38	41	31	29	0,068	55	83	99
5,40	43	17	4/:/	1,85	1,00	1,43	9,9	244	366	129	43	34	36	39	41	32	30	0,087	72	108	129
5,60	59	14	4/:/	1,85	1,04	1,97	14,0	334	502	177	53	35	38	40	42	34	32	0,112	98	148	177
5,80	33	14	4/:/	1,85	1,07	1,10	6,5	277	415	99	32	33	35	38	41	30	29	0,062	55	83	99
6,00	33	16	4/:/	1,85	1,11	1,10	6,2	291	436	99	31	32	35	38	41	30	29	0,061	55	83	99
6,20	33	16	4/:/	1,85	1,15	1,10	6,0	304	456	99	31	32	35	38	40	30	29	0,059	55	83	99
6,40	35	16	4/:/	1,85	1,18	1,17	6,2	311	466	105	32	32	35	38	41	30	29	0,062	58	88	105
6,60	33	15	4/:/	1,85	1,22	1,10	5,5	331	496	99	29	32	35	37	40	30	29	0,056	55	83	99
6,80	34	15	4/:/	1,85	1,26	1,13	5,5	341	511	102	29	32	35	37	40	30	29	0,056	57	85	102
7,00	34	--	3:::	1,85	1,30	--	--	--	--	--	29	32	35	37	40	30	29	0,055	57	85	102

PROVA PENETROMETRICA STATICA

TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 2

2.0105-157

- committente : Studio SISMAgeo
 - lavoro :
 - località : Via Pratolini - Campi Bisenzio (FI)
 - assist. cantiere :

- data : 02/05/2018
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : Falda non rilevata

NATURA COESIVA														NATURA GRANULARE													
Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²						
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
0,40	27	16	4/3	1,85	0,07	0,95	99,9	161	242	81	91	41	42	44	45	43	28	0,225	45	68	81						
0,60	23	11	4/3	1,85	0,11	0,87	82,1	148	221	69	75	39	40	42	44	40	28	0,175	38	58	69						
0,80	23	10	4/3	1,85	0,15	0,87	57,3	148	221	69	68	38	39	41	43	39	28	0,153	38	58	69						
1,00	20	10	4/3	1,85	0,19	0,80	39,2	136	204	60	58	36	38	40	43	37	27	0,125	33	50	60						
1,20	17	11	2/III	1,85	0,22	0,72	27,5	123	184	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
1,40	19	14	2/III	1,85	0,26	0,78	24,7	132	198	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
1,60	21	12	4/3	1,85	0,30	0,82	22,6	140	210	63	48	35	37	39	42	35	27	0,099	35	53	63						
1,80	18	11	2/III	1,85	0,33	0,75	17,3	128	191	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
2,00	21	14	4/3	1,85	0,37	0,82	17,1	140	210	63	43	34	36	39	41	34	27	0,086	35	53	63						
2,20	27	19	4/3	1,85	0,41	0,95	18,1	161	242	81	49	35	37	39	42	35	28	0,101	45	68	81						
2,40	24	11	4/3	1,85	0,44	0,89	15,0	151	227	72	43	34	36	39	41	34	28	0,086	40	60	72						
2,60	26	12	4/3	1,85	0,48	0,93	14,3	158	237	78	44	34	36	39	41	34	28	0,088	43	65	78						
2,80	27	11	4/3	1,85	0,52	0,95	13,4	161	242	81	43	34	36	39	41	33	28	0,087	45	68	81						
3,00	27	12	4/3	1,85	0,55	0,95	12,2	161	242	81	41	34	36	39	41	33	28	0,083	45	68	81						
3,20	29	12	4/3	1,85	0,59	0,98	11,8	167	251	87	42	34	36	39	41	33	29	0,085	48	73	87						
3,40	28	12	4/3	1,85	0,63	0,97	10,7	164	246	84	40	34	36	38	41	32	28	0,079	47	70	84						
3,60	31	13	4/3	1,85	0,67	1,03	10,9	176	264	93	42	34	36	39	41	33	29	0,084	52	78	93						
3,80	34	15	4/3	1,85	0,70	1,13	11,4	193	289	102	44	34	36	39	41	33	29	0,088	57	85	102						
4,00	33	13	4/3	1,85	0,74	1,10	10,3	187	281	99	41	34	36	39	41	32	29	0,083	55	83	99						
4,20	30	14	4/3	1,85	0,78	1,00	8,6	184	276	90	37	33	36	38	41	32	29	0,072	50	75	90						
4,40	30	16	4/3	1,85	0,81	1,00	8,1	195	292	90	36	33	36	38	41	31	29	0,070	50	75	90						
4,60	30	15	4/3	1,85	0,85	1,00	7,7	207	310	90	35	33	35	38	41	31	29	0,068	50	75	90						
4,80	34	17	4/3	1,85	0,89	1,13	8,5	211	316	102	38	33	36	38	41	32	29	0,075	57	85	102						
5,00	34	15	4/3	1,85	0,93	1,13	8,1	221	332	102	37	33	36	38	41	31	29	0,073	57	85	102						
5,20	27	15	4/3	1,85	0,96	0,95	6,2	253	379	81	28	32	35	37	40	30	28	0,054	45	68	81						
5,40	29	17	4/3	1,85	1,00	0,98	6,2	262	393	87	29	32	35	37	40	30	29	0,057	48	73	87						
5,60	27	18	4/3	1,85	1,04	0,95	5,6	279	419	81	26	32	34	37	40	29	28	0,050	45	68	81						
5,80	29	18	4/3	1,85	1,07	0,98	5,6	289	434	87	28	32	35	37	40	30	29	0,053	48	73	87						
6,00	28	20	4/3	1,85	1,11	0,97	5,3	304	455	84	26	32	34	37	40	29	28	0,049	47	70	84						
6,20	30	20	4/3	1,85	1,15	1,00	5,3	313	470	90	27	32	35	37	40	29	29	0,052	50	75	90						
6,40	30	20	4/3	1,85	1,18	1,00	5,1	326	489	90	26	32	34	37	40	29	29	0,051	50	75	90						
6,60	32	19	4/3	1,85	1,22	1,07	5,3	334	500	96	28	32	35	37	40	29	29	0,054	53	80	96						
6,80	35	15	4/3	1,85	1,26	1,17	5,7	338	506	105	30	32	35	38	40	30	29	0,058	58	88	105						
7,00	31	16	4/3	1,85	1,30	1,03	4,7	360	540	93	25	32	34	37	40	29	29	0,048	52	78	93						
7,20	28	16	4/3	1,85	1,33	0,97	4,2	372	558	84	21	31	34	37	40	28	28	0,040	47	70	84						
7,40	22	15	4/3	1,85	1,37	0,85	3,4	385	578	66	12	30	33	36	39	27	28	0,024	37	55	66						
7,60	25	19	4/3	1,85	1,41	0,91	3,6	397	595	75	16	30	33	36	39	27	28	0,031	42	63	75						
7,80	27	16	4/3	1,85	1,44	0,95	3,7	407	611	81	18	31	33	36	39	28	28	0,034	45	68	81						
8,00	31	17	4/3	1,85	1,48	1,03	4,0	413	619	93	22	31	34	37	40	28	29	0,042	52	78	93						
8,20	27	14	4/3	1,85	1,52	0,95	3,5	428	641	81	17	30	33	36	39	27	28	0,032	45	68	81						
8,40	35	12	4/3	1,85	1,55	1,17	4,4	434	651	105	25	32	34	37	40	29	29	0,048	58	88	105						
8,60	28	11	4/3	1,85	1,59	0,97	3,4	447	670	84	17	30	33	36	39	27	28	0,032	47	70	84						
8,80	30	--	3:III	1,85	1,63	--	--	--	--	--	19	31	33	36	39	28	29	0,036	50	75	90						

PROVA PENETROMETRICA STATICA

TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 3

2.0105-157

- committente : Studio SISMAgeo
 - lavoro :
 - località : Via Pratolini - Campi Bisenzio (FI)
 - assist. cantiere :

- data : 02/05/2018
 - quota inizio : Piano Campagna
 - falda : Falda non rilevata

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	33	71	3:::	1,85	0,07	--	--	--	--	--	97	42	43	44	46	43	29	0,249	55	83	99
0,60	34	32	3:::	1,85	0,11	--	--	--	--	--	89	40	42	43	45	42	29	0,218	57	85	102
0,80	14	10	2:///	1,85	0,15	0,64	38,9	108	162	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	15	11	2:///	1,85	0,19	0,67	31,2	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	22	16	4:/:	1,85	0,22	0,85	33,4	144	216	66	57	36	38	40	43	37	28	0,121	37	55	66
1,40	24	11	4:/:	1,85	0,26	0,89	29,3	151	227	72	56	36	38	40	42	37	28	0,119	40	60	72
1,60	18	9	2:///	1,85	0,30	0,75	20,1	128	191	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	13	10	2:///	1,85	0,33	0,60	13,2	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,00	20	16	4:/:	1,85	0,37	0,80	16,5	136	204	60	41	34	36	39	41	34	27	0,082	33	50	60
2,20	23	13	4:/:	1,85	0,41	0,87	16,2	148	221	69	43	34	36	39	41	34	28	0,088	38	58	69
2,40	24	12	4:/:	1,85	0,44	0,89	15,0	151	227	72	43	34	36	39	41	34	28	0,086	40	60	72
2,60	26	12	4:/:	1,85	0,48	0,93	14,3	158	237	78	44	34	36	39	41	34	28	0,088	43	65	78
2,80	29	12	4:/:	1,85	0,52	0,98	14,0	167	251	87	45	34	37	39	42	34	29	0,093	48	73	87
3,00	29	11	4:/:	1,85	0,55	0,98	12,8	167	251	87	44	34	37	39	42	33	29	0,089	48	73	87
3,20	28	11	4:/:	1,85	0,59	0,97	11,6	164	246	84	41	34	36	39	41	33	28	0,082	47	70	84
3,40	27	12	4:/:	1,85	0,63	0,95	10,5	161	242	81	38	33	36	38	41	32	28	0,076	45	68	81
3,60	30	13	4:/:	1,85	0,67	1,00	10,4	170	255	90	41	34	36	39	41	33	29	0,081	50	75	90
3,80	28	14	4:/:	1,85	0,70	0,97	9,3	168	252	84	37	33	36	38	41	32	28	0,073	47	70	84
4,00	29	14	4:/:	1,85	0,74	0,98	9,0	175	263	87	37	33	36	38	41	32	29	0,072	48	73	87
4,20	30	16	4:/:	1,85	0,78	1,00	8,6	184	276	90	37	33	36	38	41	32	29	0,072	50	75	90
4,40	31	15	4:/:	1,85	0,81	1,03	8,5	193	290	93	37	33	36	38	41	32	29	0,072	52	78	93
4,60	34	14	4:/:	1,85	0,85	1,13	9,0	202	303	102	39	33	36	38	41	32	29	0,077	57	85	102
4,80	38	12	4:/:	1,85	0,89	1,27	9,8	216	324	114	42	34	36	39	41	32	30	0,084	63	95	114
5,00	28	11	4:/:	1,85	0,93	0,97	6,6	237	355	84	30	32	35	38	40	30	28	0,058	47	70	84
5,20	44	15	4:/:	1,85	0,96	1,47	10,6	249	374	132	45	34	37	39	42	33	31	0,091	73	110	132
5,40	45	18	4:/:	1,85	1,00	1,50	10,4	255	383	135	45	34	37	39	42	33	31	0,091	75	113	135
5,60	53	12	4:/:	1,85	1,04	1,77	12,2	300	451	159	49	35	37	39	42	33	31	0,102	88	133	159
5,80	39	14	4:/:	1,85	1,07	1,30	8,0	258	387	117	38	33	36	38	41	31	30	0,075	65	98	117
6,00	40	15	4:/:	1,85	1,11	1,33	7,9	267	401	120	38	33	36	38	41	31	30	0,075	67	100	120
6,20	41	16	4:/:	1,85	1,15	1,37	7,8	277	416	123	38	33	36	38	41	31	30	0,075	68	103	123
6,40	39	16	4:/:	1,85	1,18	1,30	7,1	296	444	117	36	33	36	38	41	31	30	0,070	65	98	117
6,60	36	17	4:/:	1,85	1,22	1,20	6,1	321	481	108	32	32	35	38	41	30	30	0,062	60	90	108
6,80	33	18	4:/:	1,85	1,26	1,10	5,3	344	515	99	28	32	35	37	40	30	29	0,054	55	83	99
7,00	29	18	4:/:	1,85	1,30	0,98	4,4	361	542	87	23	31	34	37	40	29	29	0,044	48	73	87
7,20	30	17	4:/:	1,85	1,33	1,00	4,4	372	558	90	24	31	34	37	40	29	29	0,045	50	75	90
7,40	31	19	4:/:	1,85	1,37	1,03	4,4	382	573	93	24	31	34	37	40	29	29	0,046	52	78	93
7,60	30	16	4:/:	1,85	1,41	1,00	4,1	393	589	90	22	31	34	37	40	28	29	0,042	50	75	90
7,80	26	16	4:/:	1,85	1,44	0,93	3,6	407	611	78	17	30	33	36	39	27	28	0,032	43	65	78
8,00	24	16	4:/:	1,85	1,48	0,89	3,3	415	622	72	13	30	33	36	39	27	28	0,026	40	60	72
8,20	24	14	4:/:	1,85	1,52	0,89	3,2	422	634	72	13	30	33	36	39	27	28	0,025	40	60	72
8,40	22	14	4:/:	1,85	1,55	0,85	2,9	422	633	66	9	29	32	35	39	26	28	0,019	37	55	66
8,60	35	15	4:/:	1,85	1,59	1,17	4,3	444	667	105	25	31	34	37	40	29	29	0,047	58	88	105
8,80	42	14	4:/:	1,85	1,63	1,40	5,2	446	670	126	30	32	35	38	40	29	30	0,058	70	105	126
9,00	35	--	3:::	1,85	1,66	--	--	--	--	--	23	31	34	37	40	28	29	0,045	58	88	105

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: **$F = (q_c / f_s)$**

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

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F < 15$	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 q_c e di $FR = (f_s / q_c) \%$

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

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

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

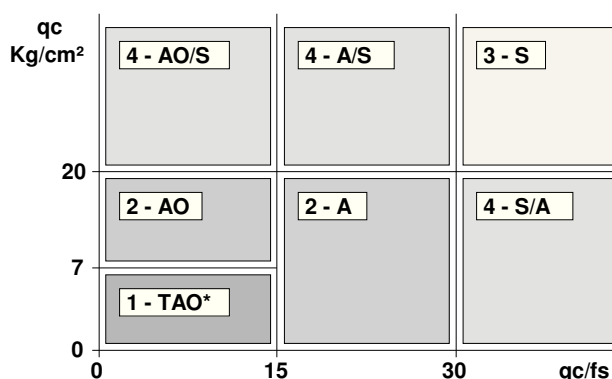
LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

SCELTE LITOLOGICHE (validità orientativa)

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

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

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



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 - q_c - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ)
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - q_c]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- Eu = modulo di deformazione non drenato (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' - q_c]
 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 - q_c - natura]
(Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- Dr = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : Dr - q_c - σ'_{vo}] (Schmertmann 1976)
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : ϕ' - Dr - q_c - σ'_{vo}]
(Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976)
 ϕ'_{1s} - (Schmertmann) sabbia fine uniforme ϕ'_{2s} - sabbia media uniforme/ fine ben gradata
 ϕ'_{3s} - sabbia grossa uniforme/ media ben gradata
 ϕ'_{4s} - sabbia-ghiaia poco limosa/ ghiaietto uniforme
- ϕ'_{dm} - (Durgunoglu & Mitchell) sabbie N.C. ϕ'_{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]

INDAGINI GEOFISICHE

PROSPEZIONE SISMICA M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves)

SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA DEI RAPPORTI SPETTRALI (HVSr)

via Pratolini – Comune di Campi Bisenzio (Fi)



RELAZIONE TECNICA

Maggio 2018



1 – Premessa

Su incarico della Dott.ssa Geol. C. Armand, in data 04/05/2018 in via Pratolini nel Comune di Campi Bisenzio (FI), sono state eseguite le seguenti indagini geofisiche:

- esecuzione di un profilo sismico con metodologia **M.A.S.W.**, al fine di ricostruire l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità per la determinazione del parametro Vs30 per l'area di progetto;
- esecuzione di una misura di rumore **HVSR** a stazione singola per la determinazione della frequenza di risonanza del sito.

Il modello sismico monodimensionale costituisce infatti l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica).

Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni sitospecifiche, garantendo un adeguato livello di protezione antisismica delle costruzioni (O.P.C.M. 3274 e s.m.i.; D.M. 14.09.2005; D.M. 14.01.2008; D.M. 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni)).

Nei capitoli successivi verranno descritte le modalità d'esecuzione delle misure sperimentali e l'interpretazione geofisica delle stesse.

Nelle figg. 1a e 1b seguenti si riporta l'ubicazione delle indagini eseguite.



Fig. 1a

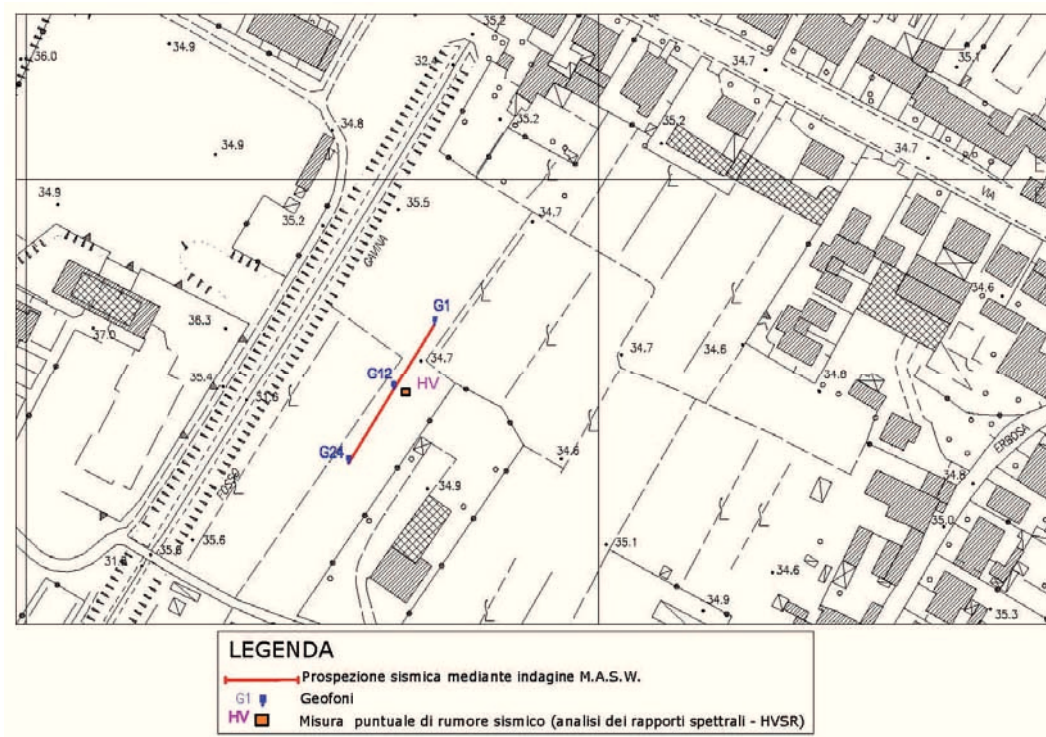


Fig. 1b

2 - Indagine geofisica M.A.S.W.: descrizione del metodo e della strumentazione utilizzata

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione. Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali. La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.

Il metodo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. Il metodo di indagine M.A.S.W. si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J. 1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può

essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5 Hz e 70 Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30-50 m, in funzione della rigidità del suolo.

Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10 Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50 m, in funzione della rigidità del suolo. In questa indagine faremo riferimento al metodo M.A.S.W. attivo, che consente la classificazione sismica dei suoli in quanto fornisce il profilo di velocità entro i primi 30 m di profondità.

Il metodo M.A.S.W. consiste in tre fasi (Roma, 2002): nella prima fase si calcola la velocità di fase o curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) apparente sperimentale; nella seconda fase si calcola la velocità di fase apparente numerica; nella terza ed ultima fase si individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s degli strati che costituiscono il modello del suolo. Il modello di suolo e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio verticali, possono essere individuati con procedura manuale o con procedura automatica o con una combinazione delle due.

Nella procedura manuale si modificano opportunamente gli spessori h e le velocità delle onde di taglio V_s assegnando anche il coefficiente di Poisson ν fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase sperimentale (o curva di dispersione sperimentale) e la velocità di fase numerica (o curva di dispersione numerica) corrispondente al modello di suolo assegnato.

Nella procedura automatica (Roma, 2002, Roma, 2001, Joh, 1998) la ricerca del profilo di velocità ottimale è affidata ad un algoritmo di ricerca globale o locale che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica. In genere quando l'errore relativo tra curva sperimentale e curva numerica è compresa tra il 5% e il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio V_s e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresentano una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

Dopo aver determinato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s è possibile procedere al calcolo della velocità equivalente nei primi 30 m di profondità V_{s30} e quindi individuare la categoria sismica di sottosuolo. A tale proposito si ricorda quanto sia necessario avere a disposizione anche altre informazioni complementari sulla natura e sul comportamento geotecnico del suolo, prima di poter procedere alla classificazione sismica dello stesso.

2.1 - Caratteristiche della strumentazione

Il sistema di acquisizione dati è un sismografo marca M.A.E. srl, modello SYSMATRACK (vedi foto seguenti), sistema multicanale (12/24 canali) in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica a 24 bit. Sul pannello frontale trovano posto i due connettori 24 poli per i cavi sismici da 12 canali ciascuno, il connettore per lo starter, l'alimentazione esterna 12V e l'interfaccia USB per collegare il notebook necessario alla gestione della strumentazione. Esso è collegato a ciascuno dei trasduttori di velocità e al trigger e consente quindi di registrare in forma numerica e visualizzare come tracce su un apposito monitor le vibrazioni a partire dall'impulso inviato dal trigger. Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e la produzione di un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati. In questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica. Come trigger/starter è stato utilizzato un geofono verticale a 14Hz, posto in prossimità della piastra posizionata alla distanza di 5 m dal primo geofono.

L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita secondo un array lineare da 24 geofoni di lunghezza di 57.5 m con spaziatura intergeofonica pari a 2.5 m (vedi foto seguenti).



Stendimento geofoni

Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni da 4.5 Hz, è stato utilizzato un sismografo a 24 bit. Nell'esecuzione della prova M.A.S.W. attiva è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico posto, come prima accennato, ad una distanza di 5 m circa dal primo geofono (Optimum Field Parameters of an M.A.S.W. Survey", Park et al., 2005; Dal Moro, 2008).



Sismografo

Caratteristiche tecniche:

- Risoluzione: 24 bit - Numero canali: 24 - Campioni per canale : 20.000 - Campionamento : da 80 a 13.500 c/s - Analisi del rumore ambientale pre-acquisizione - Test geofoni automatico - Funzioni Trigger e Pre-Trigger - Filtri settabili da software	- Alimentazione: power box esterno 12V - Valigia in copolimeri di polypropylene - Temperatura di funzionamento da 0 a 60°C - Interfaccia USB su pannello interno - Connettore per cavo sismico 1-12 - Connettore per cavo sismico 13-24 - Dimensioni: 30 x 22,5 x 13,2 cm.
---	--

Di seguito si riportano alcuni stralci dell'elaborazione.

2.2 – MASW: dati acquisiti

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC e convertiti in un formato compatibile (KGS format file) per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (winM.A.S.W. PRO).

L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "phase velocity-frequency (c-f)" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica.

Elaborazione M.A.S.W.

L'analisi M.A.S.W., come accennato in precedenza, può essere ricondotta in tre fasi:

- Prima fase: trasformazione delle serie temporali nel dominio frequenza f - numero d'onda K ;

- Seconda fase: individuazione delle coppie f-k cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (densità spettrale) che consentono di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel piano V_{fase} (m/sec) - frequenza (Hz) - (Fig. 2).

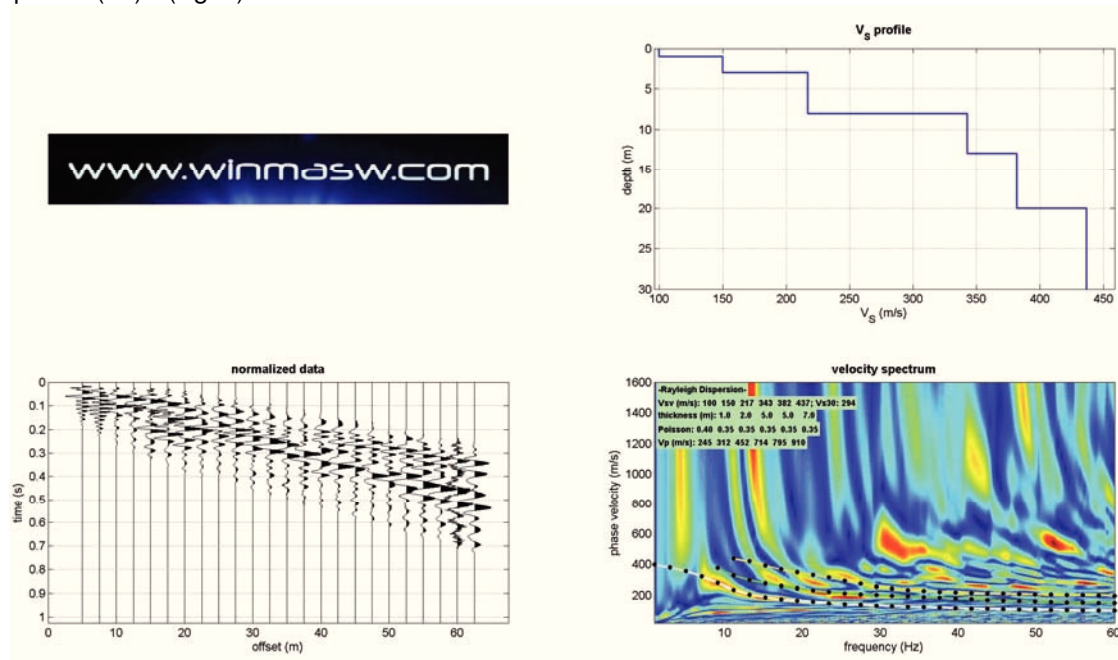


Fig. 2

- Terza fase: calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s (Fig. 3).

Nelle tabelle seguenti sono riassunti i principali parametri desunti dall'indagine effettuata.

SISMOSTRATO N.	PROFONDITA' DELLA BASE (m)	SPESSORE DELLO STRATO (m)	Vs (m/sec)			
1	1.0	1.0	100			
2	3.0	2.0	150			
3	7.0	5.0	217			
4	12.0	5.0	343			
5	19.0	7.0	382			
6			437			
MEAN MODEL						
Approximate values for Vp, density, Shear modulus						
Ssmostrato n.	1	2	3	4	5	6
Vp (m/s)	245	312	452	714	795	910
Density (gr/cm ^c)	1.71	1.77	1.86	1.97	2.00	2.03
Shear modulus (MPa)	17	40	88	232	292	388

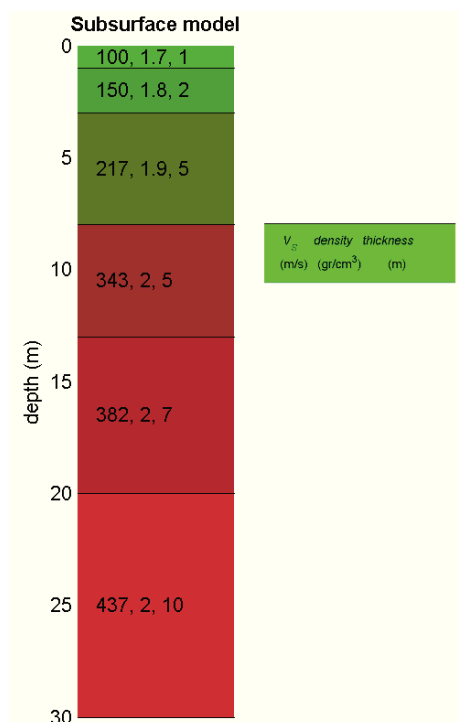


Fig. 3

2.3 - Velocità Vs30 (D.M. 17/01/2018)

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3 del D.M. 17 gennaio 2018 (Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni). In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità VS per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2 delle NTC 2018.

I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche (per i terreni a grana grossa) e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità

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

equivalente di propagazione delle onde di taglio, VS,eq (in m/s), definita dall'espressione:

con:

hi spessore dell'i-esimo strato;

VS,i velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

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

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre 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.

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

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

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

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

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al § 3.2.3 del D.M. 17 gennaio 2018 (Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni).

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Il valore medio di V_{s30} , derivante dall'esecuzione del profilo sismico con metodologia M.A.S.W., è risultato pari a **294 m/sec**.

Tale parametro dovrà essere accuratamente definito, oltre che sulla base dei dati contenuti nel presente rapporto, sulla scorta di ulteriori informazioni, ed in particolare delle caratteristiche geometriche delle opere di fondazione in progetto (piano di posa delle fondazioni), così da potere determinare l'effettiva categoria di sottosuolo. A tale proposito, si ritiene opportuno ricordare quanto sia necessario avere a disposizione altre informazioni complementari sulla natura e sul comportamento geotecnico del suolo.

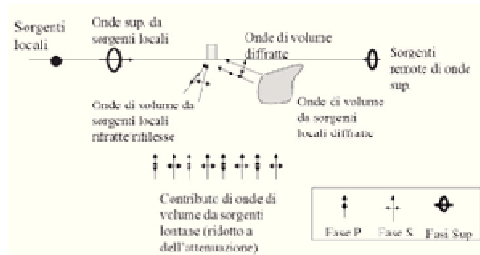
3 - HVSR: descrizione del metodo e della strumentazione utilizzata

Scopo di tale indagine è determinare, in primo luogo, la **frequenza caratteristica di risonanza del sito (f_0)** (picco H/V principale nel range di frequenze di interesse ingegneristico), in secondo luogo definire l'entità del rapporto H/V per verificare la presenza o meno di una discontinuità stratigrafica tale da determinare un **alto contrasto d'impedenza ($H/V > 3$)** che possa generare il fenomeno dell'amplificazione sismica locale.

Le vibrazioni sismiche ambientali (rumore sismico) sono onde sismiche di bassa energia con ampiezze dell'ordine di 10^{-4} - 10^{-2} mm (Okada, 2003). In riferimento al contenuto in frequenza, il rumore sismico è anche chiamato microtremore se contiene alte frequenze (in genere maggiori di 0.5 Hz) e microsisma per ciò che concerne le basse frequenze.

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento ecc.) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni con ampiezze minime, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il segnale da acquisire non è generato con strumenti o tecniche attive, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Nel tragitto dalla sorgente *s* al sito *x* le onde elastiche (sia di origine sismiche che dovute al microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, canalizzazioni per fenomeni di guida d'onda ed attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato. Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte di informazioni correlata al contenuto frequenziale del segnale che può essere estratta e che permette di ottenere informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore.



Modalità di generazione e propagazione microtremore

Pertanto, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartato dalla sismologia classica, contiene informazioni. Questa informazione è però correlata alle caratteristiche frequenziali e spettrali del cosiddetto "rumore casuale" o microtremore, e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Una di queste tecniche è la tecnica di analisi dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR e che è in grado di fornire stime affidabili sul comportamento frequenziale dei sottosuoli, informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

Le misure puntuali di rumore sismico possono essere utilizzate per la stima sia degli effetti di sito (funzione di amplificazione), sia degli effetti sulle costruzioni nel rispetto della normativa che ne stabilisce la soglia massima (UNI9916).

In relazione agli effetti di sito, l'analisi delle misure di rumore sismico può essere condotta con tre metodi:

- Spettri di Fourier
- Rapporti spettrali
- Rapporti spettrali H/V

Tra questi, quello che sembra fornire i risultati migliori è quello dei Rapporti spettrali H/V o, come prima accennato, noto anche come metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) e conosciuto anche come metodo di Nakamura.

La tecnica dei rapporti spettrali H/V consiste nel calcolo del rapporto degli spettri di Fourier del rumore nel piano orizzontale H (generalmente lo spettro H viene calcolato come media degli spettri di Fourier delle componenti orizzontali NS ed EW) e della componente verticale V. Il metodo è applicabile alle misure di rumore registrate in una singola stazione posta su sedimenti. Il metodo è stato introdotto da scienziati giapponesi agli inizi degli anni '70, tra i quali Nogoshi e Igarashi (1971) e Shiono et al. (1979), che indagarono sul significato fisico del rapporto H/V e mostrarono la sua relazione diretta con la curva di ellitticità delle onde di Rayleigh. Essi conclusero che il picco massimo di ampiezza si verifica alla frequenza di risonanza fondamentale della copertura di terreni. Nel 1989, Nakamura propose in inglese il rapporto H/V come stima affidabile della funzione di trasferimento delle onde S per un dato sito. Le argomentazioni usate da Nakamura sono estremamente

qualitative e si basano sull'ipotesi che i microtremori siano originati da sorgenti molto locali, come il traffico vicino al sismometro, e siano onde di Rayleigh che si propagano in un solo strato su un semispazio.

3.1 - Tecnica HVSR

La tecnica di acquisizione ed analisi dei rapporti spettrali o HVSR è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque.

Le conoscenze e le informazioni che si possono ottenere dall'analisi ed interpretazione di una registrazione di questo tipo, in generale, sono:

- ove esistente, la **frequenza caratteristica di risonanza del sito** che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale ai fini dell'individuazione di adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;
- ove determinabile, la **frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso, a seguito di analisi correlate sarà possibile confrontare le frequenze di sito e dell'edificio, e valutare se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la **stratigrafia del sottosuolo** con un ampio range di profondità di indagine, e secondo il principio che in termini di stratigrafia del sottosuolo, uno strato è inteso come unità distinta, in termini di contrasto d'impedenza sismica.

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremori.

La forma di un'onda registrata in un sito oggetto di indagine è funzione di quanto segue:

1. dalla forma dell'onda prodotta dall'insieme delle sorgenti *s* dei microtremori;
2. dal percorso dell'onda dalle sorgenti "*s*" fino alla posizione "*x*" del sito oggetto di indagine e funzione dei processi di attenuazione, riflessione, rifrazione e canalizzazione di guida d'onda;
3. dalla modalità di acquisizione dello strumento in funzione dei parametri e delle caratteristiche strumentali.

3.2 - Caratteristiche della strumentazione utilizzata e procedura di analisi dei dati

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sensore 3D a stazione singola che racchiude al suo interno tre velocimetri elettrodinamici ortogonali tra loro ad alta definizione con intervallo di frequenza compreso tra 0.1 e 256 Hz. Il sensore è collegato ad un sismografo alimentato a batteria esterna ed ad un netbook in cui trasferisce i dati acquisiti, memorizzati e convertiti in file ASCII mediante il software "Sysmatrack" fornito a supporto dello strumento utilizzato, quindi elaborati per ottenere spettri di velocità in funzione della frequenza.



Strumentazione

Sensore 3D

In fase operativa si sono seguite le seguenti operazioni:

1. il rumore sismico è stato registrato nelle sue tre componenti per un intervallo di tempo pari a 30 minuti;
2. la registrazione è stata suddivisa in intervalli della durata di qualche decina di secondi ciascuno;

3. per ogni segmento viene eseguita un'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti;
4. per ciascun segmento si calcolano i rapporti spettrali fra le componenti del moto sui piani orizzontale e verticale;
5. vengono calcolati i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti.

Per considerare la misura ottenuta come una stima dell'ellitticità delle onde di Rayleigh è necessario che:

- i rapporti H/V ottenuti sperimentalmente siano "stabili" ovvero frutto di un campionamento statistico adeguato;
- gli effetti di sorgente siano stati effettivamente mediati ovvero non ci siano state sorgenti "dominanti";
- la misura non contenga errori sistematici (per es. dovuti ad un cattivo accoppiamento dello strumento con il terreno).

Procedura di analisi dei dati

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

1. la curva HVSR, ottenuta col software WinMasw Pro, con parametri:
 - larghezza delle finestre d'analisi (in secondi);
 - lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale;
 - rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine / media a lungo termine) superiore ad 2;
 - rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti.
2. le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto (ottenute dopo analisi con gli stessi parametri del punto 1).

Nei casi particolarmente semplici (copertura + bedrock o bedrock like) le profondità h delle discontinuità sismiche sono state ricavate tramite la formula seguente:

$$H = \left[\frac{V_0(1-a)}{4\hat{v}_1} + 1 \right]^{\frac{1}{1-a}} - 1$$

dove:

V_0 = velocità al tetto dello strato;

a = fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.);

v = frequenza fondamentale di risonanza.

Nei casi più complessi (la maggioranza) si sono invertite le curve HVSR creando una serie di modelli teorici da confrontare con quello sperimentale, fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali.

3.3 - Elaborazione dei dati di microtremore

L'interpretazione consente di correlare il valore di un eventuale picco dello spettro di risposta HVSR con la profondità relativa della rispettiva discontinuità sismica e i cambi litologici presenti nell'immediato sottosuolo.

Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh ed i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si possono ricavare il valore di frequenza caratteristica del sito.

Sapendo che ad ogni picco in frequenza corrisponde una profondità (m) dell'orizzonte che genera il contrasto d'impedenza si può estrapolare una stratigrafia geofisica di massima del sottosuolo.

La frequenza fondamentale del sito è da intendersi quella più significativa a bassa frequenza. Eventuali altre frequenze evidenziate (picchi secondari) se vicine alle frequenze di interesse ingegneristico (struttura) possono essere comunque significative.

La validità della misura HVSR eseguita è stata verificata sulla base della procedura SESAME, che definisce i

criteri sia per l'ottenimento di una curva H/V affidabile sia per la determinazione di un picco certo del rapporto H/V.

Nella seguente tabella sono riassunti i risultati della misura HVSR, mentre in Appendice viene riportata una scheda tecnica riassuntiva dove sono descritte, oltre alla suddetta check-list dei criteri SESAME, tutte le informazioni sulla localizzazione della misura stessa e le caratteristiche principali dell'analisi.

HVSRn. 1	Frequenza di picco F_0 (Hz)	Ampiezza picco A_0	Stima profondità picco (m dal p.c.)
	0,6	2,8	123
	1,1	2,0	67
	2,0	1,4	37

3.4 - Commento ai risultati

L'indagine relativa alla misura HVSR ha rilevato due massimi H/V, il primo alla frequenza di 0,6 Hz, il secondo a quella di 1,1 Hz e il terzo a quella di 2,0 Hz.

Relativamente ai criteri di SESAME (2004), così come riportato nelle schede in appendice, il picco di frequenza 0,6 Hz soddisfa tutti i punti del primo gruppo (curva H/V affidabile) e 4 punti su 6 del secondo gruppo (picco H/V chiaro) e pertanto è "certo".

Pertanto la frequenza fondamentale del sito è **0,6 Hz**: questa può essere messa in relazione ad un "substrato rigido", la cui profondità è stimabile a circa 120 metri, e inoltre, essendo caratterizzato da un contrasto di impedenza sismica basso con la copertura ($H/V = 2,8$), non determina effetti di amplificazione delle onde sismiche in superficie.

Mentre le altre frequenze di picco pari a 1,1 Hz e 2,0 Hz, possono essere messe in relazione a transizioni litologiche presenti rispettivamente a circa 67 m e 37 m di profondità, tali però da non generare amplificazione sismica locale per basso contrasto d'impedenza ($H/V = 2,0$ e $1,4$).

Concludendo si ribadisce che i modelli ottenuti dai risultati geofisici non invasivi, in generale, sono utilizzabili ai fini di valutazioni semiquantitative della risposta sismica locale e devono essere accertati mediante indagini dirette di tipo geologico, geotecnico e/o idrogeologico; infatti, le indagini geofisiche non invasive devono considerarsi conoscitive e non esaustive per la definizione della reale situazione litostratigrafica del sottosuolo. In ragione di ciò, la *S.I.S.M.A. geo* declina ogni responsabilità relativamente alle attività che si basano esclusivamente sui risultati geofisici e poste in essere dal committente o da terzi incaricati sui luoghi oggetto dell'indagine.

Pisa, maggio 2018

S.I.S.M.A. geo
PROSPEZIONI SISMICHE
Studio Associato: via Novelli, 5 - 56124 Pisa
P. IVA: 01961590500

Dott. S. Buttiglieri Dott. L. Guido

Salvatore Buttiglieri *Luca Guido*

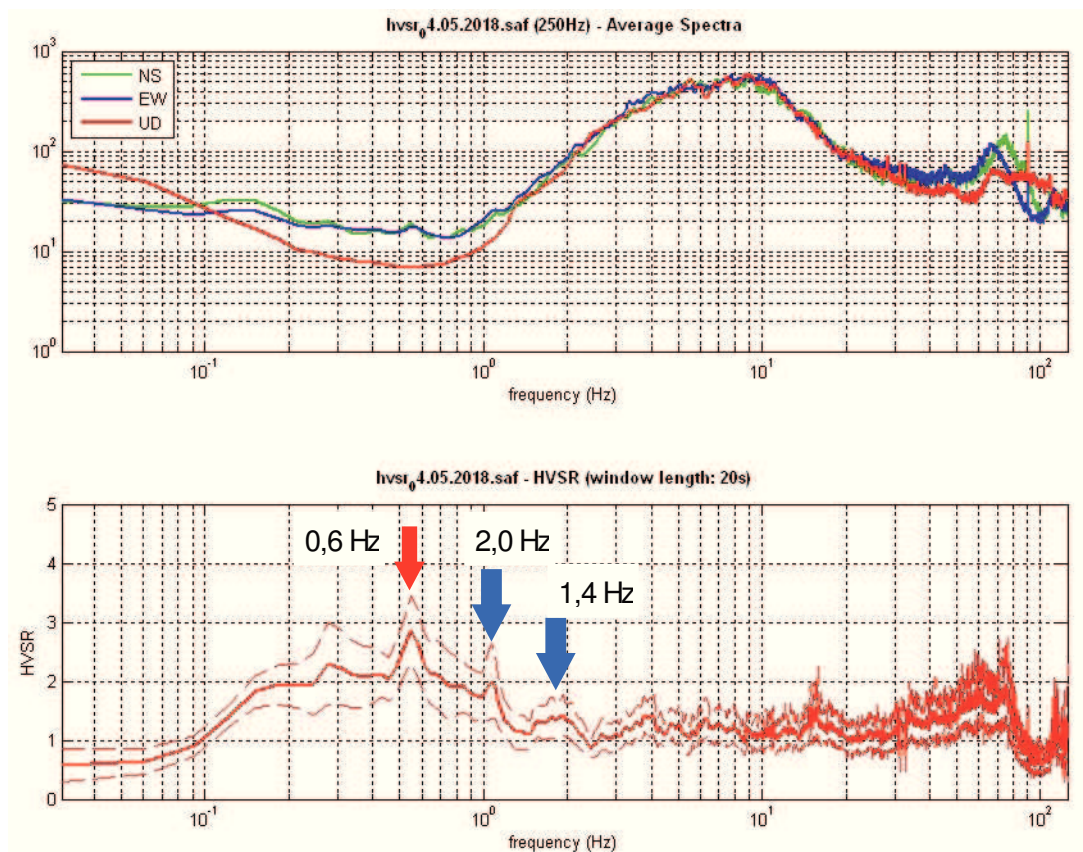
APPENDICE

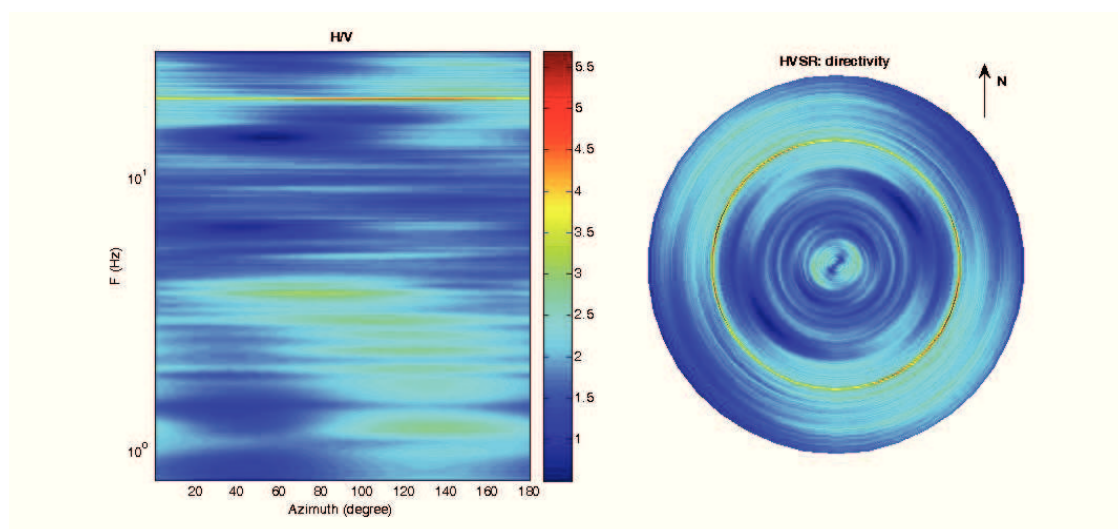
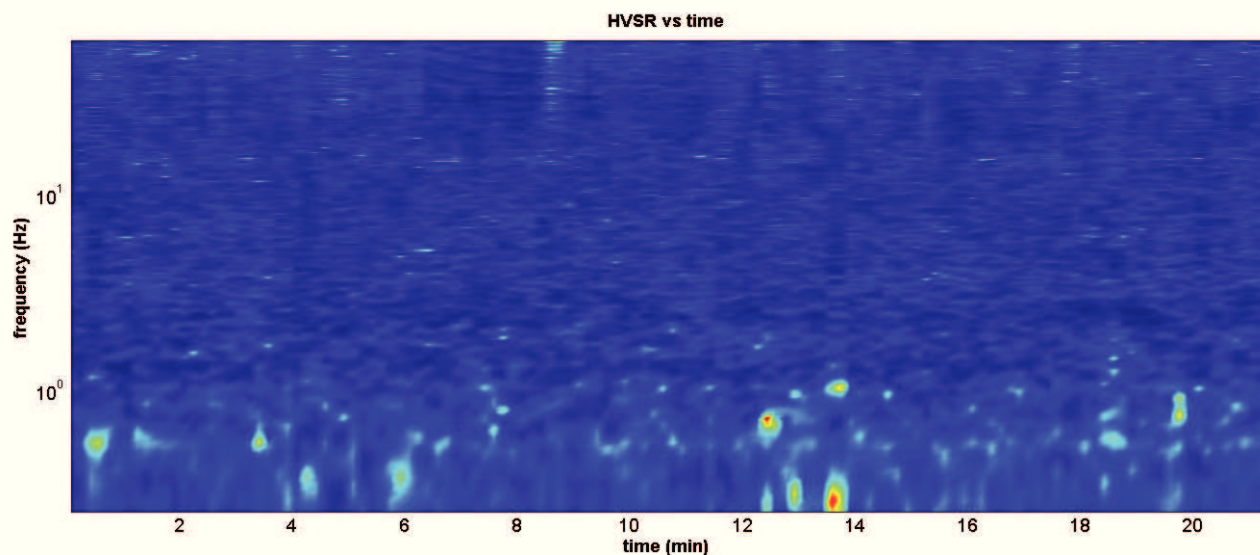
SCHEDA TECNICA MISURA HVSR

Date: 04.05.2018 – via Pratolini, Campi Bisenzio (Fi)

Dataset: **HVSR**_via pratolini Campi Bisenzio.saf
Sampling frequency (Hz): 256 (resampled)
Window length (sec): 20
Length of analysed temporal sequence (min): 30
Tapering (%): 10
Spectral smoothing (triangular window): 10%

Coordinate Gauss-Boaga (X, Y): 1672532 - 4851525





CRITERIA DI AFFIDABILITÀ SESAME (RANGE DI FREQUENZA 0.5-20 Hz)			
Peak frequency (Hz): 0.6 (± 6.7)			
Peak HVSR value: 2.8 (± 0.5)			
CRITERI PER UNA CURVA H/ V AFFIDABILE			
#1	$f_0 > 10/Lw$	$0.6 > 0.5$	OK
#2	$nc > 200$	$1521 > 200$	OK
#3	$f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$		OK
CRITERI PER PICCO H/ V CHIARO (at least 5 should be fulfilled)			
#1	exists f_- in the range $[f_0/4, f_0] \mid AH/V(f_-) < A_0/2$		NO
#2	exists f_+ in the range $[f_0, 4f_0] \mid AH/V(f_+) < A_0/2$	yes, at frequency 1.2Hz	OK
#3	$A_0 > 2$	$2.8 > 2$	OK
#4	$f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		NO
#5	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$6.691 > 0.089$	NO
#6	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.577 < 2$	OK

CRITERIA DI AFFIDABILITÀ SESAME (RANGE DI FREQUENZA 0.8-10.0 Hz)			
Peak frequency (Hz): 1.1 (± 3.1)			
Peak HVSR value: 2.0 (± 0.5)			
CRITERI PER UNA CURVA H/ V AFFIDABILE			
#1	$f_0 > 10/Lw$	$1.1 > 0.5$	OK
#2	$nc > 200$	$2813 > 200$	OK
#3	$f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0$		OK
CRITERI PER PICCO H/ V CHIARO (at least 5 should be fulfilled)			
#1	exists f- in the range $[f_0/4, f_0] \mid AH/V(f-) < A_0/2$		NO
#2	exists f+ in the range $[f_0, 4f_0] \mid AH/V(f+) < A_0/2$	YES, at frequency 2.4Hz	OK
#3	$A_0 > 2$	$2.0 < 2$	NO
#4	$f_{peak}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		NO
#5	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$3.105 > 0.110$	NO
#6	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.642 < 1.78$	OK

CRITERIA DI AFFIDABILITÀ SESAME (RANGE DI FREQUENZA 1.2-3.0 Hz)			
Peak frequency (Hz): 2.0 (± 0.5)			
Peak HVSR value: 1.4 (± 0.3)			
CRITERI PER UNA CURVA H/ V AFFIDABILE			
#1	$f_0 > 10/Lw$	$2.0 > 0.5$	OK
#2	$nc > 200$	$5001 > 200$	OK
#3	$f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0$		OK
CRITERI PER PICCO H/ V CHIARO (at least 5 should be fulfilled)			
#1	exists f- in the range $[f_0/4, f_0] \mid AH/V(f-) < A_0/2$		NO
#2	exists f+ in the range $[f_0, 4f_0] \mid AH/V(f+) < A_0/2$		NO
#3	$A_0 > 2$		NO
#4	$f_{peak}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		OK
#5	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$6.244. > 0.209$	NO
#6	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.345 < 1.58$	OK



Studio Geologico Dr. Cinzia Armand

INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA
DI FATTIBILITÀ INERENTE AD UN PIANO ATTUATIVO
VIA ERBOSA/VIA PRATOLINI - S. DONNINO
CAMPI BISENZIO
P.IIa 900



SETTEMBRE 2018



Via Siena, 7 - 50013 Campi Bisenzio (FI)
Tel 055 - 93.67.155 Cell. 320 - 048.48.21
geolithos@libero.it cinzia.armand@email.it

1 - INTRODUZIONE

La presente relazione viene a integrazione allo studio Geologico di Fattibilità effettuato in data maggio 2018.

Tale relazione, effettuata su incarico dello Studio Tecnico dell'Arch. Mathieu per conto dei Proprietari, riguardava lo studio geologico di fattibilità inerente ad un'area soggetta a PUC (Progetto Unitario Convenzionato) in base all'art. 121 della L.R. 65/2014.

In questo studio si riportano i risultati ottenuti dalle analisi di laboratorio che, a maggio, erano ancora in corso.

2 - LOCALIZZAZIONE

L'area in oggetto si trova compresa fra Via Erbosa a sud e Via Pratolini a nord in località S. Donnino (Campi Bisenzio), in zona di completamento BC – UTOE 8.

E' interessata la part. 900 del foglio catastale n. 37.

Per una migliore localizzazione vedere la Fig. 1.

3 - SINTESI DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

In questo paragrafo vengono riassunte le caratteristiche geologiche dell'area, più diffusamente trattate nella Relazione di fattibilità del maggio 2018.

Il territorio di Campi Bisenzio si trova nel bacino di Firenze-Prato-Pistoia, antica depressione lacustre Villafranchiana (Pleistocene ca. 1.8 ma – 0.7 ma) costituito essenzialmente da argille e limi, con intercalate sabbie e ghiaie, in spessori variabili da qualche decina a qualche centinaia di metri e presenza, localmente, di livelli di lignite e torba.

A seguito del riempimento e dell'estinzione del lago, si instaurò un reticolo fluviale, di cui il F. Arno e il F. Bisenzio rappresentano i corsi d'acqua principali, con la conseguente deposizione prevalente di argille e limi argillosi, talora sabbiosi.

4 - CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E GEOTECNICHE DEI TERRENI

L'area di intervento si trova sui depositi alluvionali recenti (q) costituiti, genericamente, da due tipi litologici prevalenti, quali argille e limi, i cui passaggi laterali e verticali sono spesso graduali e sfumati.

La definizione delle caratteristiche meccaniche dei terreni interessati dal progetto è stata effettuata realizzando tre prove penetrometriche statiche (Fig. 2 – ubicazione delle indagini)

Nel corso delle prove, sulla base della litologia riscontrata nel corso della penetrometria, sono stati prelevati tre campioni indisturbati:

Numero campione	Numero prova	Profondità raggiunta	Profondità di prelievo
C1	CPT 1	7 m	2,60 – 3,20 m
C2	CPT 2	8,8 m	2,00 – 2,60 m
C3	CPT 3	9 m	1,60 – 2,20 m

Le tre prove penetrometriche hanno evidenziato la presenza di terreni da coesivi a molto coesivi.

Entro i primi metri sono stati riscontrati sedimenti prevalentemente argillosi a bassa consistenza fino oltre i 3 m, seguiti da livelli via via più consistenti con l'aumentare della profondità.

Sui tre campioni (C1, C2, C3) sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio i cui risultati sono consultabili integralmente in allegato:

CAMPIONE	<u>Caratteristiche fisiche</u>						
	Peso di volume				Indice dei vuoti	Porosità %	Saturazione %
	Contenuto in acqua %	naturale KN/mc	secco KN/mc	saturo KN/mc			
<u>C1</u>	22,8	20,0	16,3	20,1	0,62	38,4	98,7
<u>C2</u>	23,0	19,8	16,1	19,9	0,64	39,1	96,4
<u>C3</u>	20,5	20,0	16,6	20,2	0,60	37,5	92,5

CAMPIONE	<u>Limiti di consistenza (Atterberg)</u>			
	Limite liquido %	Limite plastico %	Indice di plasticità %	Indice di consistenza
<u>C2</u>	56,4	17,9	38,5	0,87

Dove:

- Limite Liquido. Limite tra stato plastico e liquido: corrisponde al contenuto in acqua per il quale il terreno si trasforma in un fango fluido
- Limite Plastico. Limite tra lo stato semisolido e lo stato plastico: corrisponde al contenuto in acqua per il quale il terreno perde il comportamento plastico
- Indice di plasticità: corrisponde all'intervallo del contenuto in acqua entro il quale il terreno rimane allo stato plastico. Indica la quantità di acqua assorbita dal terreno per passare dallo stato semi-solido a quello liquido. Tale indice cresce linearmente con la percentuale di argilla
- Indice di consistenza: fornisce indicazioni sullo stato fisico del terreno. All'aumentare di I_c aumenta la resistenza al taglio del terreno e si riduce la compressibilità.

CAMPIONE	<u>Granulometria %</u>			
	G	S	L	
<u>C2</u>	0	4,2	33,7	62,1
<u>C3</u>	0	0,5	46,3	53,2

CAMPIONE	<u>Taglio diretto</u>	
	Angolo di attrito ϕ°	Coesione c KPa
<u>C1</u>	23,3	34
<u>C2</u>	25,6	20
<u>C3</u>	24,1	13

<u>Prova edometrica KPa</u>	<u>C1</u>	<u>C2</u>	<u>C3</u>
Vedere i tabulati in allegato per i diversi valori di carico			

Nelle due tabelle seguenti si riportano gli indici e i rapporti di ricomprensione, compressibilità e rigonfiamento derivati dal rapporto che rappresenta le pendenze della curva del diagramma pressione/indice dei vuoti ottenuto dalla prova edometrica, in corrispondenza dei tratti di compressione, ricomprensione e rigonfiamento della curva:

$$\Delta e / \Delta \log \sigma$$

CAMPIONE	INDICI		
	RICOMPRESSIONE Cr	COMPRESSIBILITA' Cc	RIGONFIAMENTO Cs
C1	0,05	0,18	0,04
C2	0,17	0,19	0,07
C3	0,08	0,18	0,03

CAMPIONE	RAPPORTI		
	RICOMPRESSIONE Rr	COMPRESSIBILITA' Cr	RIGONFIAMENTO Sr
C1	0,031	0,11	0,024
C2	0,10	0,108	0,042
C3	0,05	0,11	0,018

La scelta di privilegiare il campione C2, effettuandone l'analisi completa, è stata dettata dalla profondità delle fondazioni, ipotizzata superiore a 2 m.

Le analisi hanno evidenziata la presenza di sedimenti ad elevata saturazione, molto compressibili, costituiti da argille con limo, da consistenti a molto consistenti, fortemente compressibili e plastiche.

Dalla prova edometrica risulta che si tratta di sedimenti sovraconsolidati per il C1 (2,60-3,20 m) e il C2 (2,0-2,60 m) e altamente sovraconsolidati per il C3 (1,60 - 2,20 m).

Il grado di sovraconsolidazione corrisponde al rapporto tra il massimo carico che il terreno ha subito in passato e il carico applicato correntemente.

Tale fenomeno è dato da una riduzione delle tensioni verticali e orizzontali che può essere causato da fenomeni di erosione di sedimenti sovrastanti preesistenti o da innalzamento del livello della falda alternato a fenomeni di essiccazione.

Il suo valore varia in base alla profondità: maggiore è la profondità minore è il grado di sovraconsolidazione.

Si consiglia, perciò, di non fare eccessivo affidamento sulla sovraconsolidazione per la valutazione dei cedimenti.

Nella carta di plasticità di Casagrande il C2 (2,0 – 2,60 m dal pc), per il quale sono stati valutati i Limiti di Atterberg, ricade all'interno del campo dei materiali dotati di cattive qualità tecniche (CH).

Per quanto riguarda il rischio di liquefazione, si ricorda che tale fenomeno si verifica quando si ha il quasi totale annullamento della resistenza al taglio con l'assunzione, da parte dei terreni, di un comportamento meccanico tipico dei liquidi.

La suscettibilità alla liquefazione si ha quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie e la sequenza dei terreni presenta lenti spesse ed estese di sabbie sciolte sature, e si verifica in seguito ad eventi che producano un forte aumento della pressione interstiziale dell'acqua.

Data la presenza, nell'area in oggetto, di sedimenti di tipo coesivo, costituenti una copertura alluvionale di notevole spessore e l'assenza di lenti sabbiose con falda, si escludono fenomeni di liquefazione.

Inoltre non è noto, storicamente, che si siano verificati simili eventi nel territorio campigiano anche a seguito dei forti terremoti del 1899 e 1919 (Valle del Bisenzio, intensità epicentrale 7 risentito con Int. 5 e Mugello, intensità epicentrale 10 risentito con Int. 6).

L'altezza critica dello scavo per le fondazioni, considerando il minimo valore di cu (coesione non drenata) ottenuto dall'elaborazione delle prove penetrometriche è risultata compresa fra 5 e 7 m, ben al di sopra della profondità presunta per lo scavo delle fondazioni (2 m).

$$H_c = 2c_u/\gamma$$

La capacità di una parete di scavo di autosostenersi in assenza di opere di stabilizzazione dovrà, comunque, essere accertata in sede progettuale, effettuando tutte le necessarie valutazioni per dare allo scavo un'adeguata inclinazione, tale che risulti stabile nel breve periodo e non vi sia pericolo di crollo.

Nel caso ciò non sia possibile, dovrà essere prevista la realizzazione di adeguate opere di sostegno in grado di assicurare la sicurezza nel corso degli scavi.

Ad ogni modo, se lo scavo delle fondazioni dovesse avere un'altezza superiore a 2-3 m, si consiglia di prevedere comunque un'armatura di sostegno delle pareti dello scavo in quanto potrebbero verificarsi precipitazioni tali da impregnare eccessivamente il terreno con perdita della coesione e franamento delle pareti.

La resistenza meccanica del terreno, dopo l'apertura dei fronti di scavo, tende a degradarsi con il passare del tempo sia per la variazione, a monte dello scavo, dello stato tensionale che induce nel terreno lente deformazioni sia per gli agenti atmosferici, prime fra tutte la pioggia.

Molta cautela andrà posta nel caso in cui si vogliano utilizzare pompe per l'allontanamento delle acque dallo scavo in quanto il pompaggio potrebbe produrre un filtraggio continuo all'interno dello scavo e conseguente instabilità della scarpata.

Si ribadisce perciò la necessità, da parte del Progettista, di valutare l'esigenza di installare opere di messa in sicurezza degli scavi soprattutto nel caso sia necessario optare per un'elevata profondità d'imposta della fondazione.

5 - CONCLUSIONI

La presente relazione viene a integrazione allo studio Geologico di Fattibilità, effettuato in data maggio 2018, riguardante un'area soggetta a PUC (Progetto Unitario Convenzionato) in base all'art. 121 della L.R. 65/2014 situata fra Via Erbosa a sud e Via Pratolini a nord in località S. Donnino (Campi Bisenzio), in zona di completamento BC – UTOE 8.

E' interessata la part. 900 del foglio catastale n. 37.

Dallo studio è emerso quanto segue:

- L'area di intervento si trova sui depositi alluvionali recenti (q) costituiti, genericamente, da due tipi litologici prevalenti, quali argille e limi, i cui passaggi laterali e verticali sono spesso graduali e sfumati
- La definizione delle caratteristiche meccaniche dei terreni interessati dal progetto è stata effettuata realizzando tre prove penetrometriche statiche e prelevando tre campioni indisturbati a profondità comprese fra 1,60 m e 3,20 m
- Le prove penetrometriche hanno evidenziata la presenza di terreni da coesivi a molto coesivi con argille a bassa consistenza nei primi metri seguite da livelli via via più consistenti con l'aumentare della profondità.
- Sui tre campioni sono state eseguite prove di laboratorio consistenti nella valutazione delle caratteristiche fisiche, limiti di Atterberg (campione C2), granulometria (campione C2 e C3), taglio e prova edometrica
- Le analisi hanno evidenziata la presenza di sedimenti ad elevata saturazione, molto compressibili, costituiti da argille con limo, da consistenti a molto consistenti, fortemente compressibili e plastiche.
- Dalla prova edometrica risulta che si tratta di sedimenti sovraconsolidati per il C1 (2,60-3,20 m) e il C2 (2,0-2,60 m) e altamente sovraconsolidati per il C3 (1,60 - 2,20 m).
- Data la presenza, nell'area in oggetto, di sedimenti di tipo coesivo, costituenti una copertura alluvionale di notevole spessore e l'assenza di lenti sabbiose con falda, si escludono fenomeni di liquefazione.
- L'altezza critica dello scavo per le fondazioni, considerando il minimo valore di c_u (coesione non drenata) ottenuto dall'elaborazione delle prove penetrometriche è risultata compresa fra 5 e 7 m

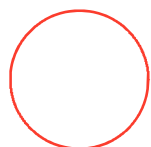
In conclusione, per quanto di competenza, si ritiene che non vi siano problemi di carattere geologico geotecnico per la realizzazione dell'opera di progetto.

SETTEMBRE 2018





Fig. 1 - Stralcio della carta topografica della Regione Toscana
Foglio n. 275020 scala originale 1:10.000



Ubicazione dell'area in oggetto

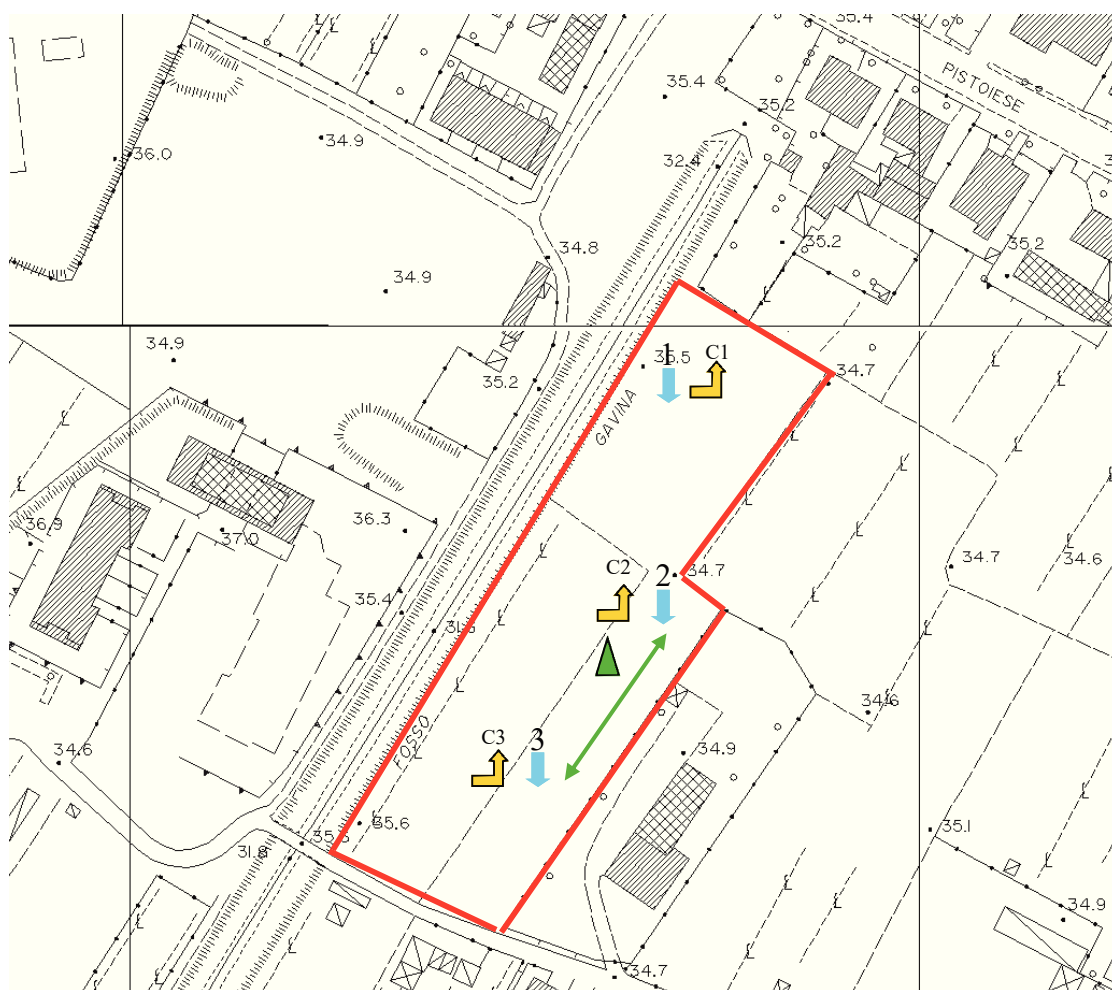


Fig. 2 - Ubicazione delle prove

- 
 Prova penetrometrica statica
- 
 Campionamento
- 
 Indagine sismica MASW
- 
 Indagine sismica HVSR
- 
 Comparti e/o previsioni urbanistiche con singole schede di fattibilità



Autorizzazione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Settore A – Prove di laboratorio su terre

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

LABOTER SNC DI PAOLO TOGNETTI E C. LAB. GEOTECNICO - C.S.LL.PP. DECR. 2436/

Committente :	Dott.ssa Cinzia Armand Geologo
Cantiere :	Campi Bisenzio (FI)
Verbale Accettazione n° :	178 del 03/05/2018
Data Certificazione :	29/05/2018
Campioni n°:	3
Certificati da n° a n° :	01737 a 01752



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

Riferimento			Caratteristiche fisiche							Limiti di consistenza				Granulometria				Classificazione	Compr.	Taglio diretto			Edometrica				
Sond. n°	Camp. n°	Profondità m	W %	γ kN/m³	γ _{sec} kN/m³	γ _{sat} kN/m³	Indice vuoti	Poros. %	Sat. %	LL %	LP %	IP %	IC %	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	CNR-UNI	σ kPa	φ °	c kPa	49,2 kPa	98,4 kPa	196,8 kPa	393,6 kPa	787,2 kPa	
	1	2.6-3.2	22,8	20,0	16,3	20,1	0,62	38,4	98,7												23,3	34		5206	5206	6369	9327
	2	2.0-2.6	23,0	19,8	16,1	19,9	0,64	39,1	96,4	56,4	17,9	38,5	0,87		4,2	33,7	62,1	A7-6 - I.G. = 19	415	25,6	20				3308	3308	5482
	3	1.6-2.2	20,5	20,0	16,6	20,2	0,60	37,5	92,5						0,5	46,3	53,2		349	24,1	13				6474	6474	11714

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

COMMITTENTE:	Dott.ssa Cinzia Armand		
RIFERIMENTO:	Campi Bisenzio (FI)		
SONDAGGIO:	CAMPIONE:	1	PROFONDITA': m 2.6-3.2

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	22,8	%
Peso di volume	20,0	kN/m ³
Peso di volume secco	16,3	kN/m ³
Peso di volume saturo	20,1	kN/m ³
Peso specifico	26,5	kN/m ³
Indice dei vuoti	0,622	
Porosità	38,4	%
Grado di saturazione	98,7	%
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	%
Limo	%
Argilla	%
D 10	mm
D 50	mm
D 60	mm
D 90	mm
Passante set. 10	%
Passante set. 42	%
Passante set. 200	%

PERMEABILITA'

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

COMPRESSIONE

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

TAGLIO DIRETTO

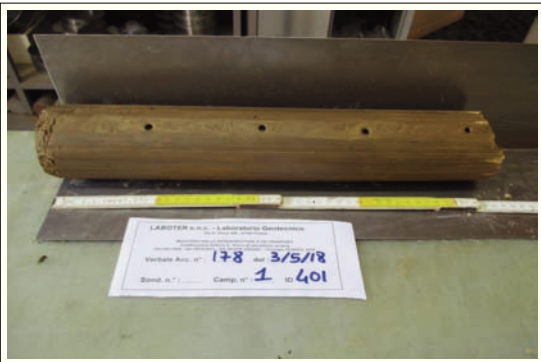
Prova consolidata-lenta			
c	34,0	kPa	
ϕ	23,3	°	
c_{Res}		kPa	
ϕ_{Res}		°	

COMPRESSIONE TRIASSIALE

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

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec
49,2 ÷ 98,4	5206	0,000448	8,43E-09
98,4 ÷ 196,8	6369	0,000564	8,68E-09
196,8 ÷ 393,6	9327	0,000408	4,29E-09
393,6 ÷ 787,2	14313	0,000322	2,21E-09
787,2 ÷ 1574,4	23359	0,000333	1,40E-09

FOTOGRAFIA**OSSERVAZIONI**

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

Posizione delle prove		cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	TD	ED				
						Argilla molto consistente MUNSELL SOIL COLOR: 5Y 5/4 Olive
			270			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
			270			
			290			
			350			
					43	

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01737	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 29/05/18	Inizio analisi: 07/05/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 03/05/18		Apertura campione: 07/05/18	Fine analisi: 08/05/18

COMMITTENTE: Dott.ssa Cinzia Armand
RIFERIMENTO: Campi Bisenzio (FI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 2.6-3.2

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

W_n = contenuto d'acqua allo stato naturale = 22,8 %

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo☐ Stratificato☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-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°: 01738	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 29/05/18	Inizio analisi: 07/05/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 03/05/18		Apertura campione: 07/05/18	Fine analisi: 07/05/18

COMMITTENTE: Dott.ssa Cinzia Armand	
RIFERIMENTO: Campi Bisenzio (FI)	
SONDAGGIO:	CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 2.6-3.2

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 = 20,0 kN/m³

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 01739** Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 03/05/18

DATA DI EMISSIONE: 29/05/18

Inizio analisi: 08/05/18

Apertura campione: 07/05/18

Fine analisi: 16/05/18

COMMITTENTE: Dott.ssa Cinzia Armand

RIFERIMENTO: Campi Bisenzio (FI)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: 1

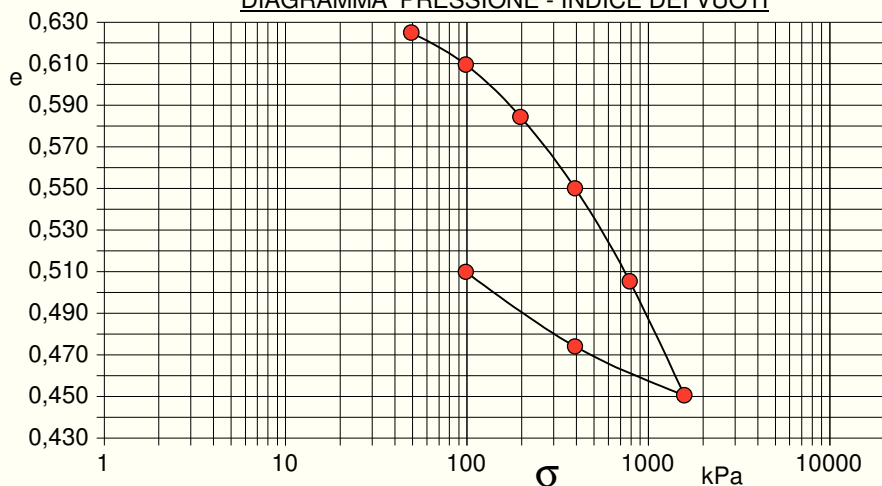
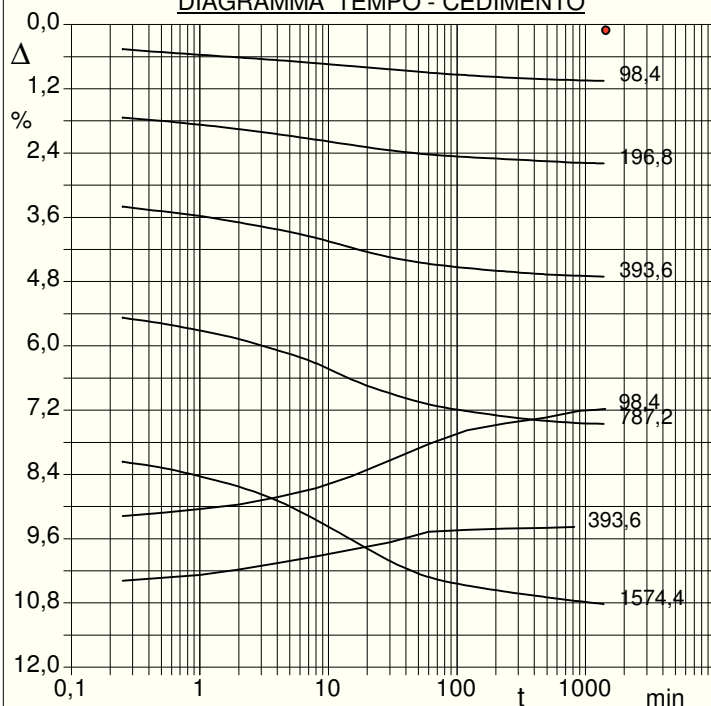
PROFONDITA': m 2.6-3.2

PROVA EDOMETRICA

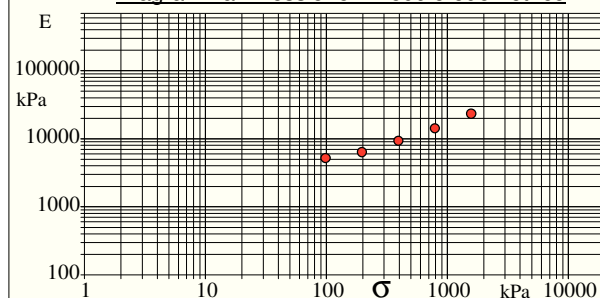
Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	19,92
Umidità (%)	22,4
Peso specifico (kN/m³)	26,47
Altezza provino (cm)	2,00
Diametro provino (cm)	5,00
Sezione provino (cm²)	19,63
Volume provino (cm³)	39,27
Volume dei vuoti (cm³)	15,13
Indice dei vuoti	0,63
Porosità (%)	38,52
Saturazione (%)	96,7

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI**DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO**

Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
49,2	2,1	0,625				
98,4	21,0	0,610	0,051	5206	0,000448	8,43E-09
196,8	51,9	0,584	0,083	6369	0,000564	8,68E-09
393,6	94,1	0,550	0,114	9327	0,000408	4,29E-09
787,2	149,1	0,505	0,149	14313	0,000322	2,21E-09
1574,4	216,5	0,451	0,182	23359	0,000333	1,40E-09
393,6	187,6	0,474				
98,4	143,5	0,510				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



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

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

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01739	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 29/05/18	Inizio analisi: 08/05/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 03/05/18		Apertura campione: 07/05/18	Fine analisi: 16/05/18

COMMITTENTE: Dott.ssa Cinzia Armand			
RIFERIMENTO: Campi Bisenzio (FI)			
SONDAGGIO:	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	2.6-3.2

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 98,4 kPa		Pressione 196,8 kPa		Pressione 393,6 kPa		Pressione 787,2 kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0,02	2,1	0,02	21,0	0,02	51,9	0,02	94,1
0,25	9,2	0,25	34,8	0,25	68,0	0,25	109,5
0,50	10,3	0,50	36,0	0,50	69,7	0,50	111,6
1,00	11,3	1,00	37,4	1,00	71,5	1,00	114,3
2,00	12,3	2,00	39,1	2,00	73,9	2,00	117,4
4,00	13,3	4,00	40,9	4,00	76,5	4,00	121,6
8,00	14,4	8,00	43,0	8,00	79,7	8,00	126,5
15,00	15,5	15,00	45,0	15,00	83,3	15,00	132,5
30,00	16,7	30,00	47,0	30,00	86,9	30,00	137,7
60,00	17,9	60,00	48,5	60,00	89,3	60,00	141,8
120,00	18,9	120,00	49,5	120,00	91,0	120,00	144,4
240,00	19,7	240,00	50,2	240,00	92,2	240,00	146,4
480,00	20,4	480,00	51,0	480,00	93,2	480,00	147,9
900,00	20,8	900,00	51,6	900,00	93,8	900,00	148,9
1210,00	21,0	1210,00	51,8	1210,00	94,0	1210,00	149,1
1440,02	21,0	1440,00	51,9	1440,00	94,1	1440,00	149,1

Pressione 1574,4 kPa		Pressione 393,6 kPa		Pressione 98,4 kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0,02	149,1	0,02	216,5	0,02	187,6		
0,25	163,3	0,25	207,7	0,25	183,5		
0,50	165,5	0,50	206,6	0,50	182,3		
1,00	168,7	1,00	205,5	1,00	180,9		
2,00	172,6	2,00	203,6	2,00	179,2		
4,00	177,8	4,00	201,1	4,00	176,5		
8,00	185,0	8,00	198,6	8,00	173,2		
15,00	192,3	15,00	196,1	15,00	168,7		
30,00	200,3	30,00	193,4	30,00	162,8		
60,00	206,3	60,00	189,4	60,00	156,6		
120,00	209,5	120,00	188,7	120,00	151,6		
240,00	211,8	240,00	188,2	240,00	148,9		
480,00	213,8	480,00	188,0	480,00	146,9		
900,00	215,4	819,62	187,6	900,02	144,2		
1210,00	216,1			1210,02	143,9		
1440,00	216,5			1422,62	143,5		

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 01740** Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 03/05/18

DATA DI EMISSIONE: 29/05/18

Inizio analisi: 11/05/18

Apertura campione: 07/05/18

Fine analisi: 14/05/18

COMMITTENTE: Dott.ssa Cinzia Armand

RIFERIMENTO: Campi Bisenzio (FI)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.6-3.2

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

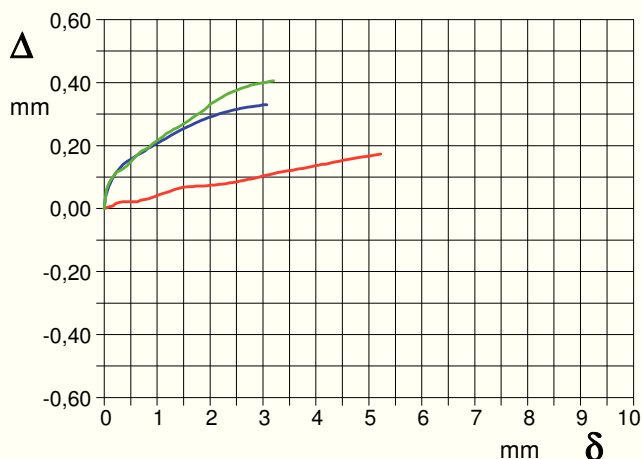
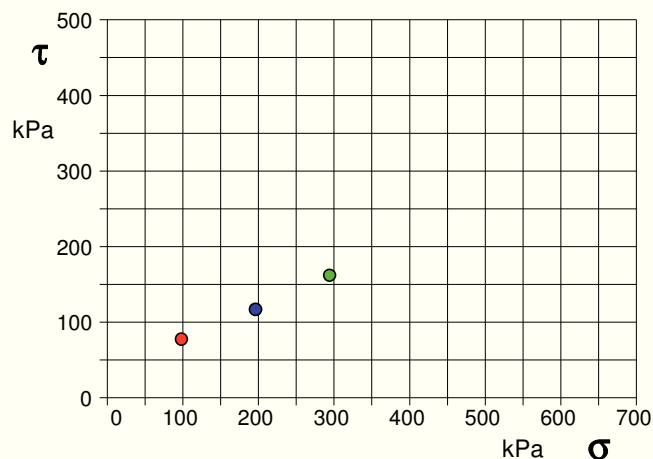
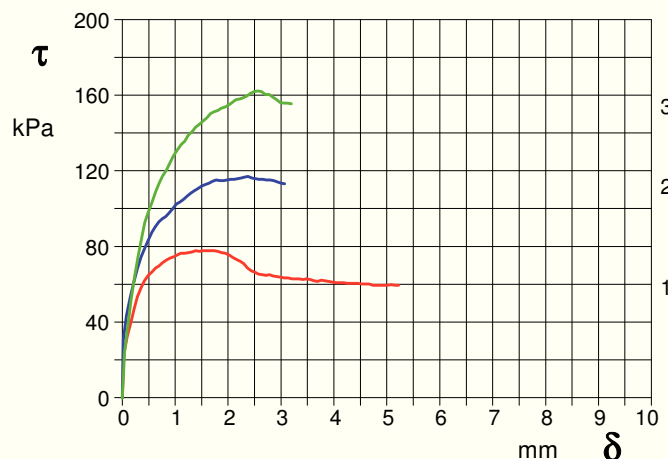
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	78	117	162
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,39	2,38	2,57
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,06	0,31	0,38
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 24,4	--- 24,5	--- 24,8
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	20,0 24,9	20,1 25,0	20,0 24,9

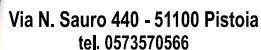
DIAGRAMMATensione - Pressione verticale

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.



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

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

SGEO - Laboratorio 6.1 - 2018

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 01740** Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 03/05/18

DATA DI EMISSIONE: 29/05/18

Inizio analisi: 11/05/18

Apertura campione: 07/05/18

Fine analisi: 14/05/18

COMMITTENTE: Dott.ssa Cinzia Armand

RIFERIMENTO: Campi Bisenzio (FI)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: 1

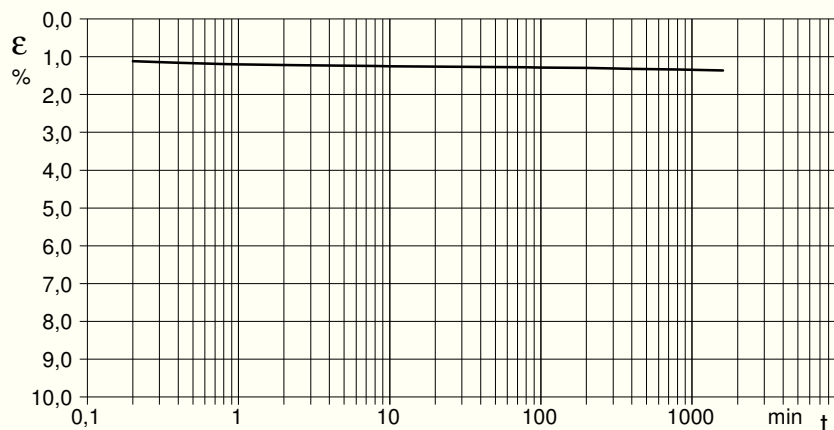
PROFONDITA': m 2.6-3.2

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

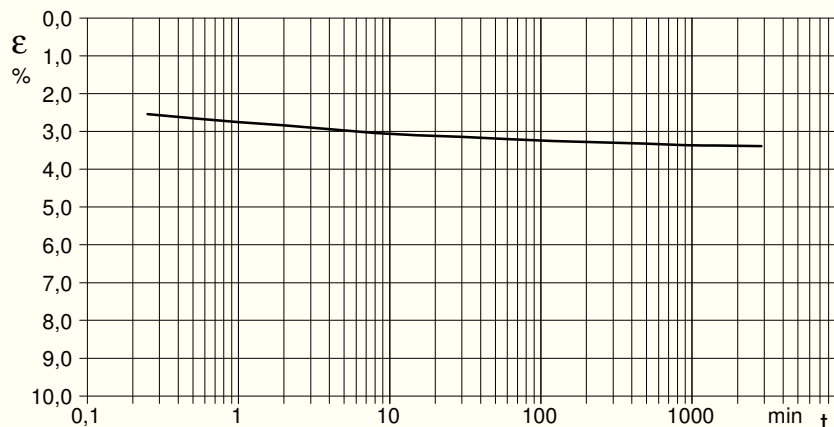
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 1**

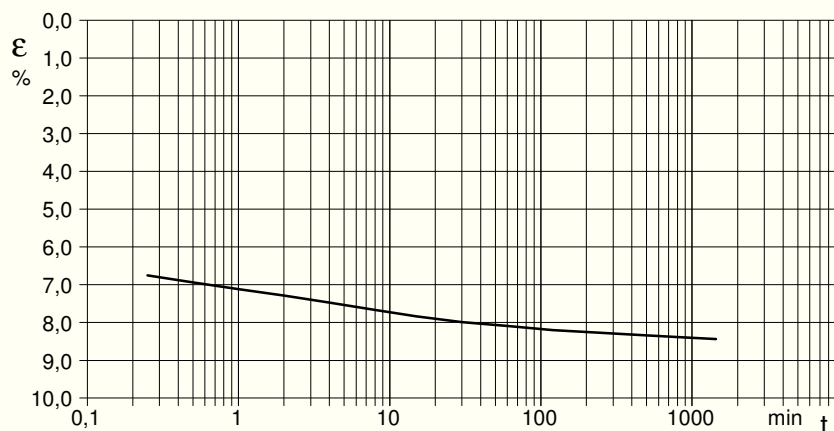
Pressione (kPa)	98
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,973
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 2**

Pressione (kPa)	196
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,932
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 3**

Pressione (kPa)	294
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,831
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



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

tf = 50 x T₅₀

Vs = Df / tf



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

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

SGEO - Laboratorio 6.1 - 2018

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

COMMITTENTE:	Dott.ssa Cinzia Armand		
RIFERIMENTO:	Campi Bisenzio (FI)		
SONDAGGIO:	CAMPIONE:	1	PROFONDITA': m 2.6-3.2

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):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	78	117	162
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,39	2,38	2,57
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,06	0,31	0,38
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 24,4	--- 24,5	--- 24,8
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	20,0 24,9	20,1 25,0	20,0 24,9

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 34,0 kPa
Angolo di attrito interno: 23,3 °

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

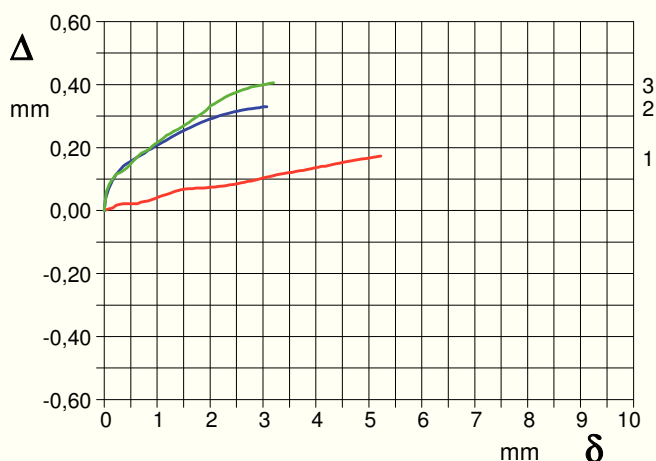
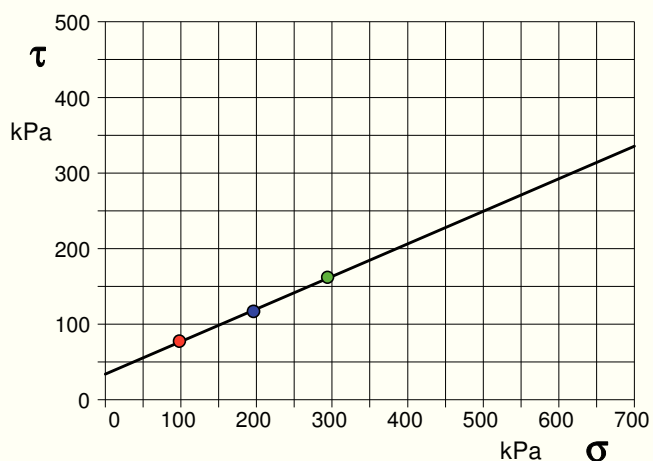


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

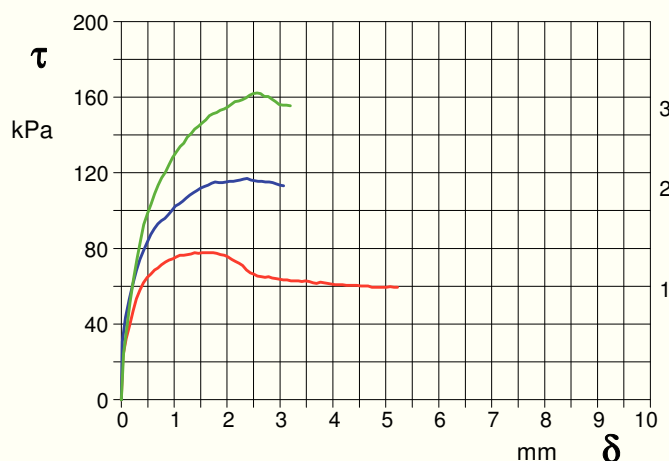


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

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

COMMITTENTE:	Dott.ssa Cinzia Armand			
RIFERIMENTO:	Campi Bisenzio (FI)			
SONDAGGIO:	CAMPIONE:	2	PROFONDITA': m	2.0-2.6

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	23,0	%
Peso di volume	19,8	kN/m ³
Peso di volume secco	16,1	kN/m ³
Peso di volume saturo	19,9	kN/m ³
Peso specifico	26,5	kN/m ³
Indice dei vuoti	0,643	
Porosità	39,1	%
Grado di saturazione	96,4	%
Limite di liquidità	56,4	%
Limite di plasticità	17,9	%
Indice di plasticità	38,5	%
Indice di consistenza	0,87	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A7-6	I.G. = 19

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia		%
Sabbia	4,2	%
Limo	33,7	%
Argilla	62,1	%
D 10	0,000181	mm
D 50	0,001741	mm
D 60	0,004163	mm
D 90	0,043164	mm
Passante set. 10	99,0	%
Passante set. 42	96,9	%
Passante set. 200	95,8	%

PERMEABILITA'

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

COMPRESSIONE

σ	415	kPa
c_u	207	kPa
σ_{Rim}		kPa
$c_u Rim$		kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c	20,2	kPa	
ϕ	25,6	°	
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 cm ² /sec	k cm/sec
98,4 ÷ 196,8	3308	0,000374	1,11E-08
196,8 ÷ 393,6	5482	0,000268	4,80E-09
393,6 ÷ 787,2	8547	0,000217	2,49E-09
787,2 ÷ 1574,4	24184	0,000200	8,13E-10

FOTOGRAFIA**OSSERVAZIONI**

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

Posizione delle prove					cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR	CS	ED	TD					
					0				Argilla con limo con concrezioni calcaree, molto consistente MUNSELL SOIL COLOR: 2.5Y 5/3 Light olive brown
					10	350			Classificazione del terreno in base alla resistenza al pocket penetrometer e vane test
					20	320			< 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	330			
								38	

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01744	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 29/05/18	Inizio analisi: 15/05/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 03/05/18		Apertura campione: 07/05/18	Fine analisi: 18/05/18

COMMITTENTE: Dott.ssa Cinzia Armand	
RIFERIMENTO: Campi Bisenzio (FI)	
SONDAGGIO:	CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 2.0-2.6

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: HRB

ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	99,0	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	96,9	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	95,8	%

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	56,4	%
Limite di plasticità	17,9	%
Indice di plasticità	38,5	%

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A7-6**INDICE DI GRUPPO: 19**

Tipi usuali dei materiali principali:

Argille fortemente compressibili fortemente plastiche

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01741	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 29/05/18	Inizio analisi: 07/05/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 03/05/18		Apertura campione: 07/05/18	Fine analisi: 08/05/18

COMMITTENTE: Dott.ssa Cinzia Armand
RIFERIMENTO: Campi Bisenzio (FI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 2.0-2.6

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

W_n = contenuto d'acqua allo stato naturale = 23,0 %

Struttura del materiale:

- ☒ Omogeneo
☐ Stratificato
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01742	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 29/05/18	Inizio analisi: 07/05/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 03/05/18		Apertura campione: 07/05/18	Fine analisi: 07/05/18

COMMITTENTE: Dott.ssa Cinzia Armand	
RIFERIMENTO: Campi Bisenzio (FI)	
SONDAGGIO:	CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 2.0-2.6

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 = 19,8 kN/m³

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 01743** Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 03/05/18

DATA DI EMISSIONE: 29/05/18

Inizio analisi: 15/05/18

Apertura campione: 07/05/18

Fine analisi: 16/05/18

COMMITTENTE: Dott.ssa Cinzia Armand

RIFERIMENTO: Campi Bisenzio (FI)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 2.0-2.6

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	56,4	%
Limite di plasticità	17,9	%
Indice di plasticità	38,5	%
Indice di consistenza	0,87	
Passante al set. n° 40	SI	

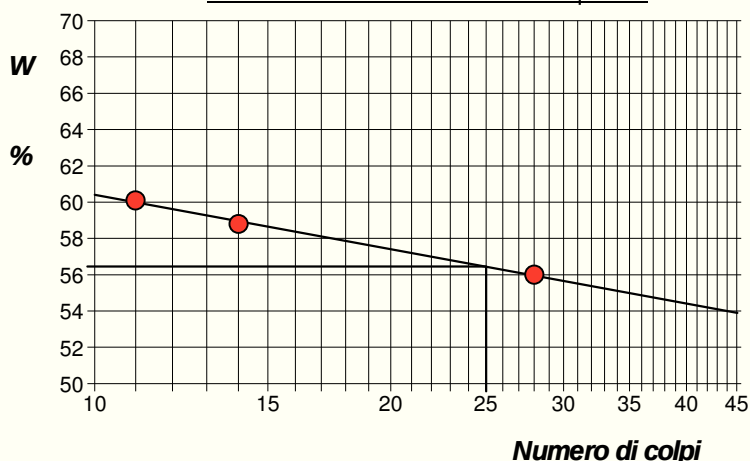
C - Argille inorganiche

M - Limi inorganici

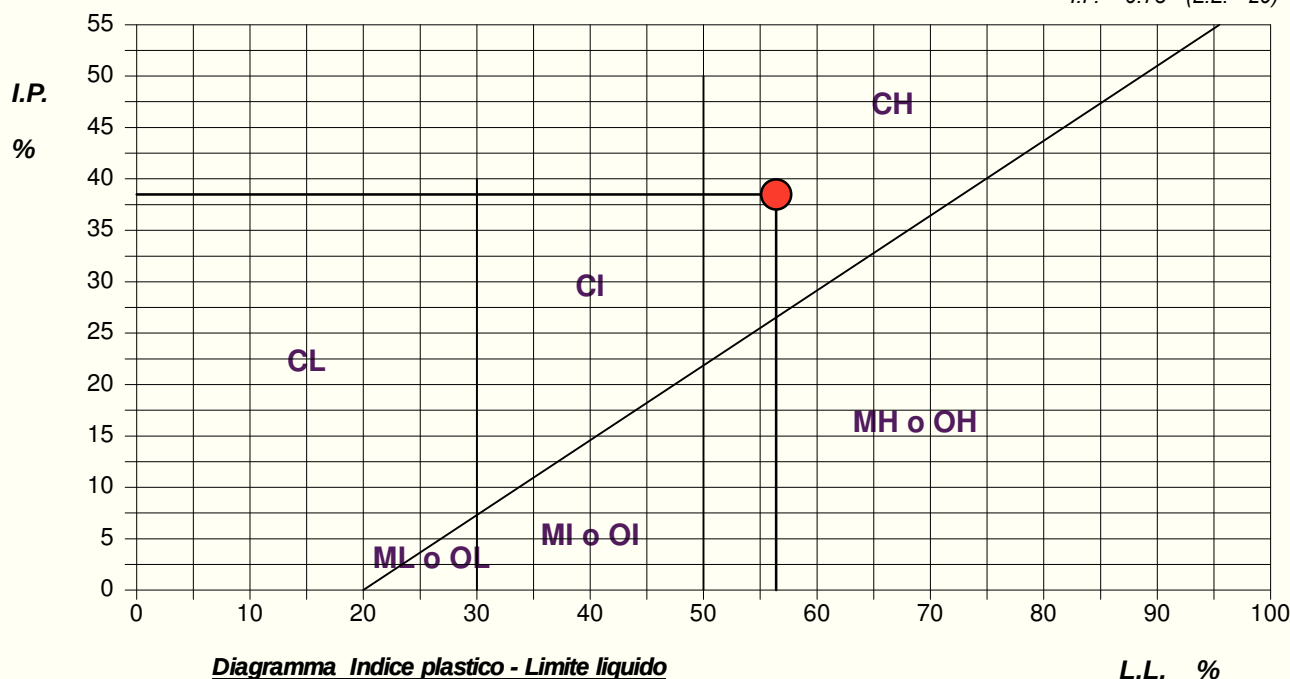
O - Argille e limi organici

L - Bassa compressibilità

I - Media compressibilità

H - Alta compressibilità**Determinazione del Limite di liquidità****ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE**

I.P. = 0.73 · (L.L. - 20)



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 01744** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 03/05/18

DATA DI EMISSIONE: 29/05/18

Inizio analisi: 15/05/18

Apertura campione: 07/05/18

Fine analisi: 18/05/18

COMMITTENTE: Dott.ssa Cinzia Armand

RIFERIMENTO: Campi Bisenzio (FI)

SONDAGGIO:

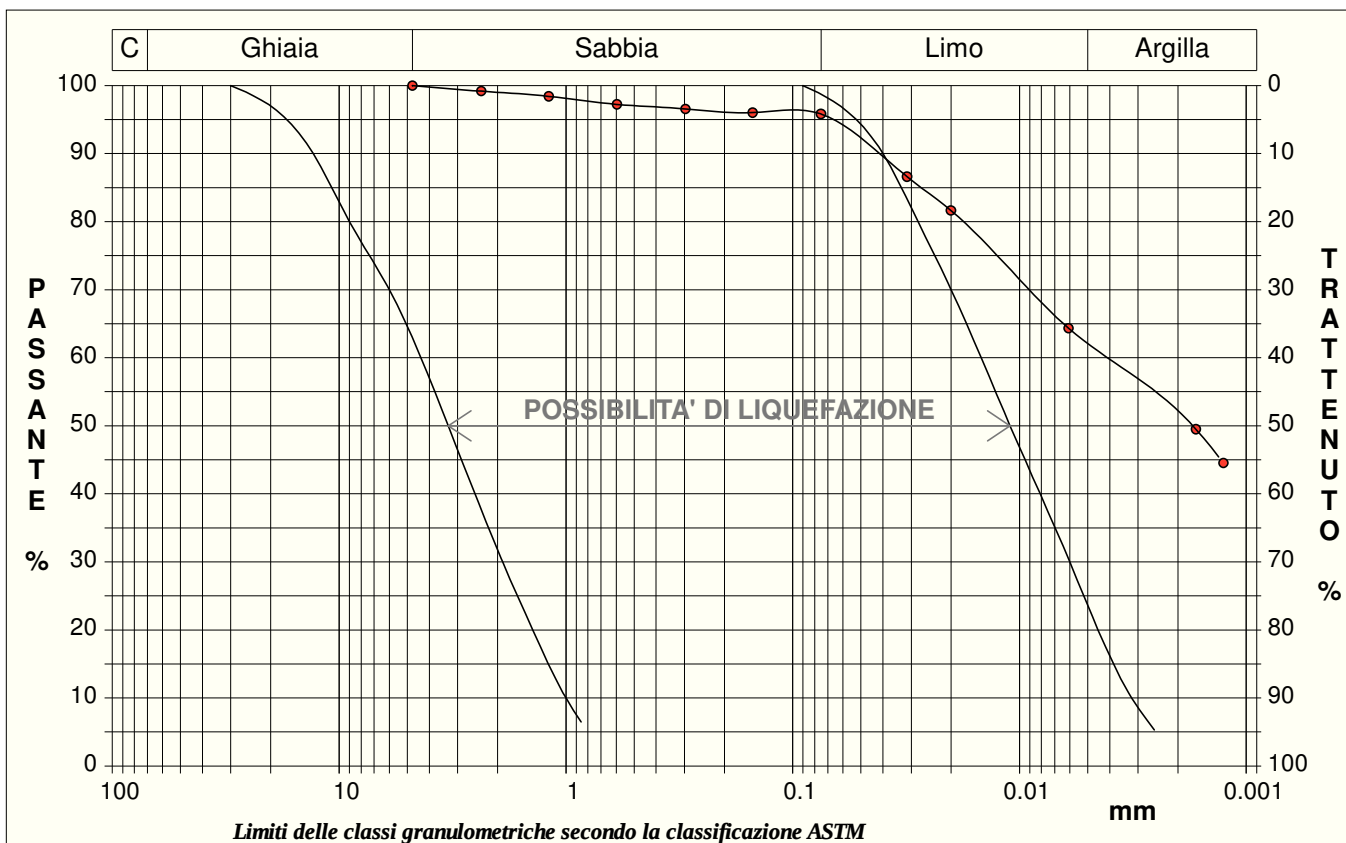
CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 2.0-2.6

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99,0 %	D10	0,00018 mm	
Sabbia	4,2 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	96,9 %	D30	--- mm	
Limo	33,7 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	95,8 %	D50	0,00174 mm	
Argilla	62,1 %			D60	0,00416 mm	
Coefficiente di uniformità		23,00	Coefficiente di curvatura	---	D90	0,04316 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
4,7500	100,00	0,1500	96,03	0,0017	49,49				
2,3600	99,17	0,0750	95,83	0,0013	44,54				
1,1900	98,42	0,0313	86,61						
0,5950	97,23	0,0201	81,66						
0,2970	96,57	0,0061	64,34						

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 01745** Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 03/05/18

DATA DI EMISSIONE: 29/05/18

Inizio analisi: 08/05/18

Apertura campione: 07/05/18

Fine analisi: 16/05/18

COMMITTENTE: Dott.ssa Cinzia Armand

RIFERIMENTO: Campi Bisenzio (FI)

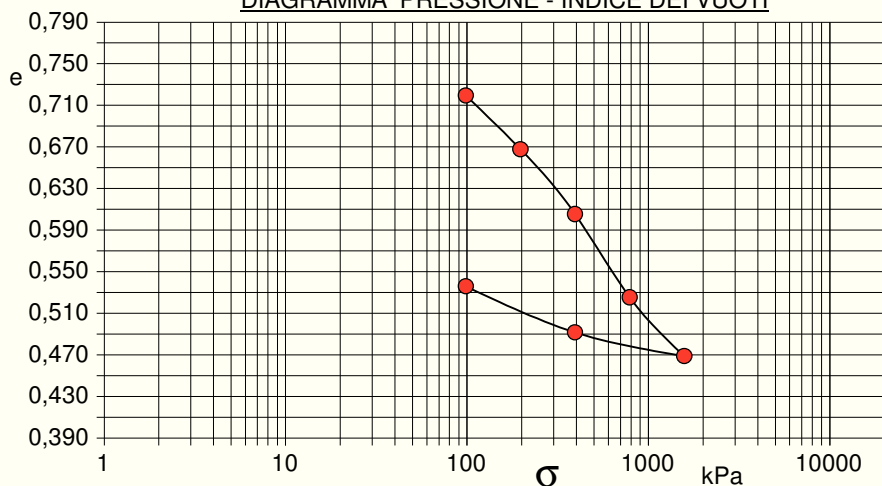
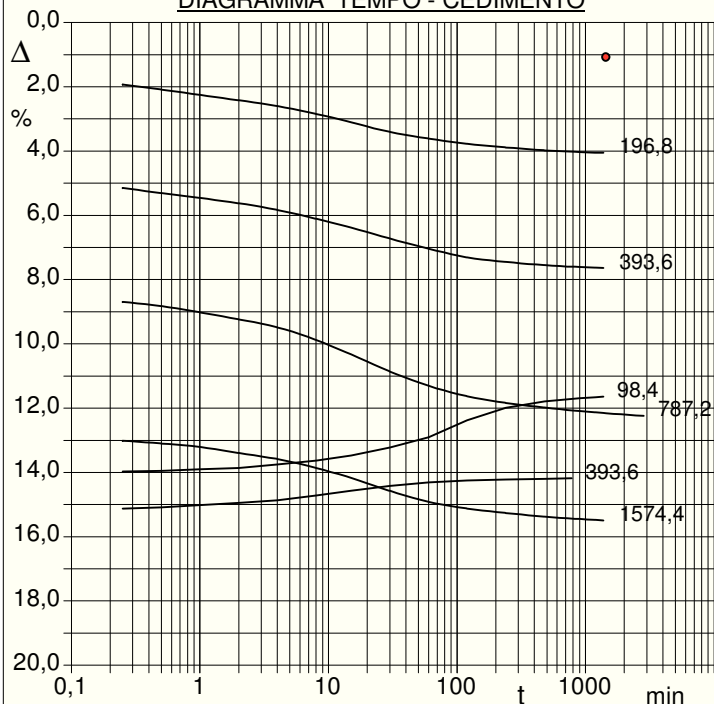
SONDAGGIO:

CAMPIONE: 2

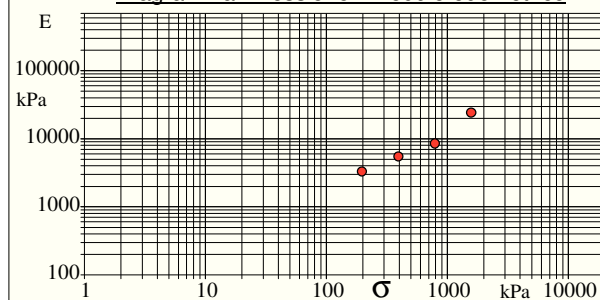
PROFONDITA': m 2.0-2.6

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

Caratteristiche del campionePeso di volume (kN/m³) 18,69
Umidità (%) 22,7
Peso specifico (kN/m³) 26,47Altezza provino (cm) 2,00
Diametro provino (cm) 5,00
Sezione provino (cm²) 19,63
Volume provino (cm³) 39,27Volume dei vuoti (cm³) 16,68
Indice dei vuoti 0,74
Porosità (%) 42,47
Saturazione (%) 83,1DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTIDIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO

Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec
98,4	21,5	0,720				
196,8	81,0	0,668	0,172	3308	0,000374	1,11E-08
393,6	152,8	0,605	0,207	5482	0,000268	4,80E-09
787,2	244,9	0,525	0,266	8547	0,000217	2,49E-09
1574,4	310,0	0,469	0,188	24184	0,000200	8,13E-10
393,6	283,7	0,492				
98,4	232,8	0,536				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 01745** Pagina 2/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 03/05/18

DATA DI EMISSIONE: 29/05/18

Inizio analisi: 08/05/18

Apertura campione: 07/05/18

Fine analisi: 16/05/18

COMMITTENTE: Dott.ssa Cinzia Armand

RIFERIMENTO: Campi Bisenzio (FI)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 2.0-2.6

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 196,8 kPa				Pressione 393,6 kPa				Pressione 787,2 kPa				Pressione 1574,4 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	21,5			0,02	81,0			0,02	152,8			0,02	244,9		
0,25	38,6			0,25	102,9			0,25	173,8			0,25	260,3		
0,50	41,7			0,50	106,2			0,50	176,5			0,50	262,0		
1,00	45,0			1,00	109,2			1,00	180,3			1,00	264,2		
2,00	48,4			2,00	112,5			2,00	184,7			2,00	267,9		
4,00	52,0			4,00	116,6			4,00	189,7			4,00	271,7		
8,00	56,8			8,00	122,1			8,00	197,6			8,00	277,2		
15,00	62,1			15,00	127,6			15,00	206,6			15,00	283,5		
30,00	68,1			30,00	134,5			30,00	217,2			30,00	291,5		
60,00	72,2			60,00	140,7			60,00	226,1			60,00	298,3		
120,00	75,5			120,00	146,2			120,00	232,6			120,00	302,5		
240,00	77,7			240,02	149,0			240,00	236,8			240,00	305,3		
480,00	79,5			480,02	151,0			480,00	239,6			480,00	307,5		
900,00	80,6			900,02	152,2			900,00	241,8			900,00	309,0		
1200,00	81,0			1200,02	152,6			1200,00	242,6			1200,00	309,6		
1440,00	81,0			1440,02	152,8			1440,00	243,1			1440,00	310,0		
								2880,00	244,9						

Pressione 393,6 kPa				Pressione 98,4 kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	310,0			0,02	283,7										
0,25	302,5			0,25	279,5										
0,50	301,8			0,50	279,0										
1,00	300,3			1,00	278,1										
2,00	298,9			2,00	277,2										
4,00	297,3			4,00	275,1										
8,00	294,3			8,00	272,7										
15,00	291,4			15,00	269,5										
30,00	288,4			30,00	264,6										
60,00	286,2			60,00	258,1										
120,00	285,1			120,00	247,5										
240,00	284,5			240,00	239,8										
480,00	284,1			480,00	235,9										
782,85	283,7			900,00	233,8										
				1200,00	233,3										
				1379,52	232,8										

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 01746** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 03/05/18

DATA DI EMISSIONE: 29/05/18

Inizio analisi: 07/05/18

Apertura campione: 07/05/18

Fine analisi: 08/05/18

COMMITTENTE: Dott.ssa Cinzia Armand

RIFERIMENTO: Campi Bisenzio (FI)

SONDAGGIO:

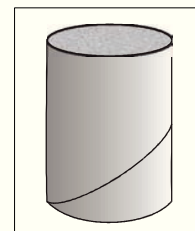
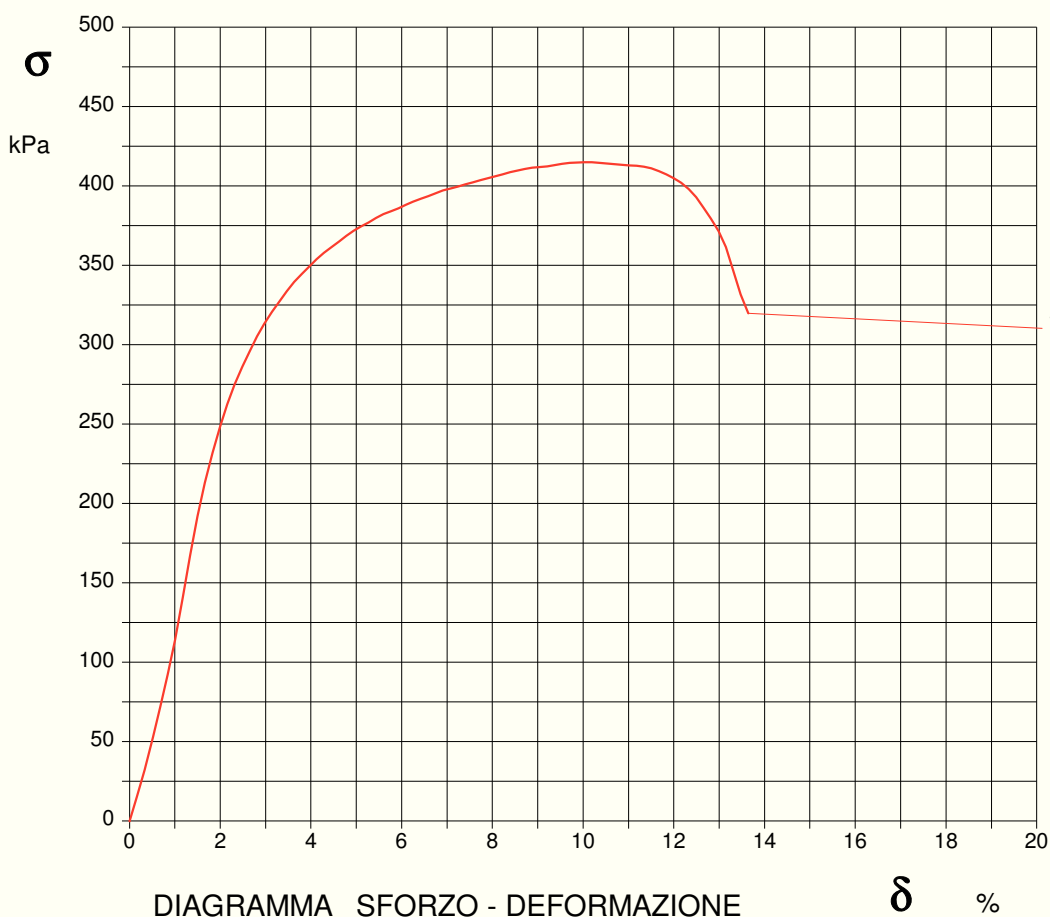
CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 2.0-2.6

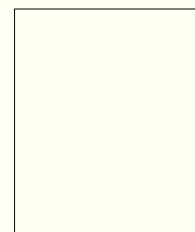
PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-06

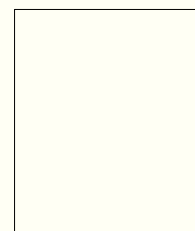
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	-----	-----
Velocità di deformazione (mm/min):	1,000	-----	-----
Altezza (cm):	7,62	-----	-----
Sezione (cm²):	11,58	-----	-----
Peso di volume (kN/m³):	19,4	-----	-----
Umidità naturale (%):	23,7	-----	-----



Provino 1



Provino 2



Provino 3

Moduli di elasticità kPa	Tangente	Provino 1: 9723	Provino 2: ---	Provino 3: ---
	Secante	Provino 1: ---	Provino 2: ---	Provino 3: ---
	A rottura	Provino 1: ---	Provino 2: ---	Provino 3: ---



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

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AD-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°: 01746	Pagina 0/1	DATA DI EMISSIONE: 29/05/18	Inizio analisi: 07/05/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 03/05/18		Apertura campione: 07/05/18	Fine analisi: 08/05/18

COMMITTENTE: Dott.ssa Cinzia Armand			
RIFERIMENTO: Campi Bisenzio (FI)			
SONDAGGIO:	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	2.0-2.6

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	34,0	12,82	379,4								
0,68	72,3	13,15	361,5								
1,01	114,2	13,47	331,7								
1,33	167,3	13,80	310,4								
1,66	213,1										
1,99	248,0										
2,32	275,0										
2,65	295,9										
2,97	313,3										
3,30	327,3										
3,63	339,5										
3,96	349,1										
4,29	357,9										
4,62	364,9										
4,94	371,8										
5,27	377,1										
5,60	382,3										
5,93	385,8										
6,26	390,2										
6,58	393,6										
6,91	397,1										
7,24	399,7										
7,57	402,3										
7,90	404,8										
8,22	407,3										
8,55	409,8										
8,88	411,5										
9,21	412,4										
9,54	414,0										
9,86	414,8										
10,19	414,9										
10,52	414,1										
10,85	413,4										
11,18	412,6										
11,50	411,1										
11,83	407,3										
12,16	402,0										
12,49	392,9										

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 01747** Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 03/05/18

DATA DI EMISSIONE: 29/05/18

Inizio analisi: 14/05/18

Apertura campione: 07/05/18

Fine analisi: 18/05/18

COMMITTENTE: Dott.ssa Cinzia Armand

RIFERIMENTO: Campi Bisenzio (FI)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 2.0-2.6

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

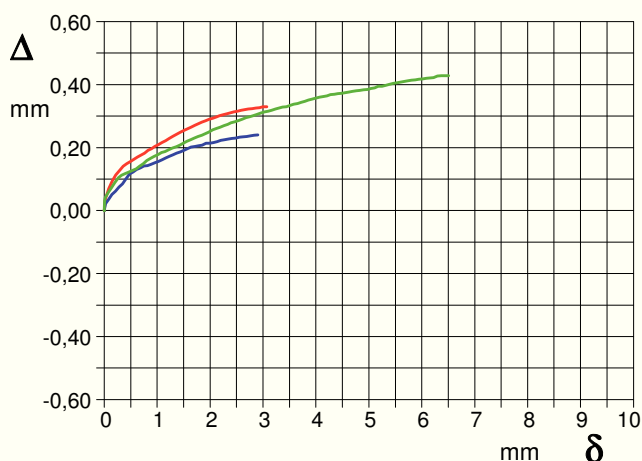
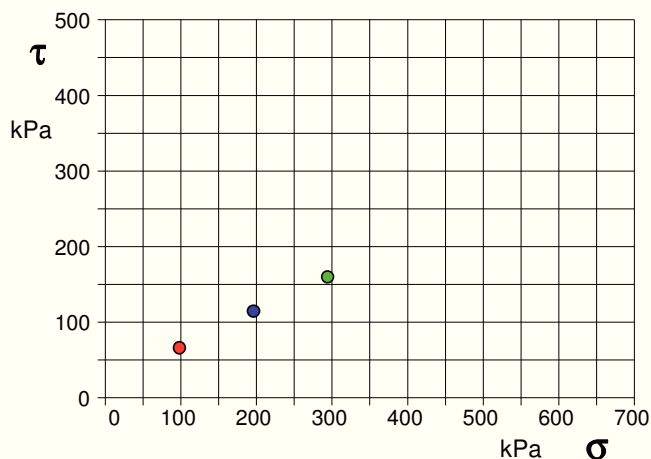
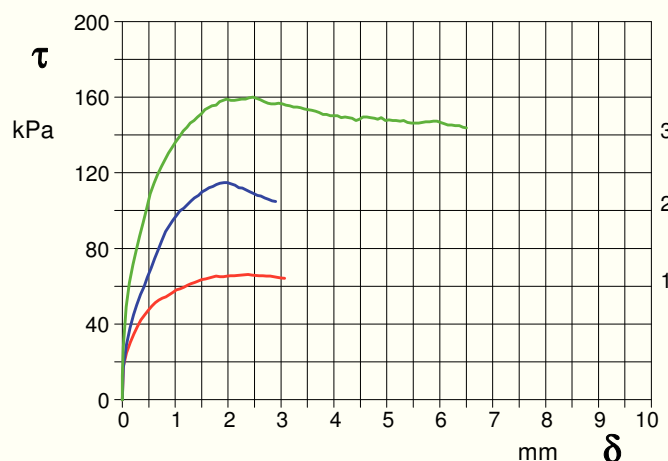
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	66	115	160
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	2,38	1,92	2,47
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,31	0,21	0,28
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 25,8	--- 24,9	--- 24,9
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,8 25,4	19,8 25,2	19,8 ---

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01747	Pagina 2/4	DATA DI EMISSIONE: 29/05/18	Inizio analisi: 14/05/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 03/05/18		Apertura campione: 07/05/18	Fine analisi: 18/05/18

COMMITTENTE: Dott.ssa Cinzia Armand			
RIFERIMENTO: Campi Bisenzio (FI)			
SONDAGGIO:	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	2.0-2.6

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
0,022	17,4	0,04	0,022	16,8	0,02	0,005	12,7	0,03
0,150	30,2	0,09	0,082	29,1	0,04	0,132	61,8	0,07
0,286	38,6	0,13	0,147	37,8	0,05	0,328	86,6	0,11
0,424	44,9	0,15	0,211	44,9	0,06	0,530	108,8	0,13
0,560	49,5	0,16	0,277	50,1	0,07	0,739	123,3	0,15
0,693	52,7	0,18	0,344	55,6	0,09	0,941	133,2	0,17
0,827	54,3	0,19	0,411	59,8	0,10	1,148	142,0	0,19
0,958	56,7	0,20	0,476	64,7	0,12	1,359	147,7	0,20
1,092	58,7	0,22	0,545	69,5	0,12	1,562	153,4	0,22
1,230	60,5	0,23	0,611	74,7	0,13	1,773	155,8	0,24
1,367	62,1	0,24	0,681	79,2	0,14	1,975	159,0	0,25
1,504	63,5	0,25	0,749	84,0	0,14	2,189	158,7	0,27
1,639	64,3	0,27	0,816	88,9	0,14	2,397	159,7	0,28
1,776	65,3	0,28	0,883	91,8	0,15	2,609	158,7	0,29
1,913	65,1	0,29	0,952	94,7	0,15	2,815	156,5	0,30
2,048	65,5	0,29	1,023	97,3	0,16	3,028	156,5	0,31
2,180	65,7	0,30	1,087	99,9	0,16	3,235	154,8	0,32
2,313	66,1	0,31	1,162	101,2	0,17	3,442	153,7	0,33
2,449	65,9	0,31	1,228	103,1	0,17	3,653	152,7	0,34
2,585	65,5	0,32	1,300	105,1	0,18	3,860	150,9	0,35
2,724	65,3	0,32	1,366	106,7	0,18	4,066	150,2	0,36
2,864	65,1	0,33	1,440	108,0	0,19	4,275	149,1	0,37
3,000	64,3	0,33	1,506	109,9	0,19	4,485	148,4	0,37
			1,573	110,9	0,20	4,690	149,1	0,38
			1,640	112,2	0,20	4,896	149,1	0,38
			1,715	112,8	0,20	5,109	147,7	0,39
			1,780	113,8	0,21	5,320	147,7	0,40
			1,850	114,4	0,21	5,530	146,3	0,41
			1,922	114,8	0,21	5,734	147,0	0,41
			1,989	114,8	0,21	5,947	147,3	0,42
			2,062	114,1	0,22	6,154	145,2	0,42
			2,131	113,5	0,22	6,368	144,9	0,43
			2,203	112,2	0,22			
			2,272	111,9	0,23			
			2,341	110,9	0,23			
			2,413	109,9	0,23			
			2,482	108,9	0,23			
			2,554	108,0	0,23			
			2,621	107,6	0,23			
			2,693	106,7	0,24			
			2,759	106,0	0,24			
			2,831	105,1	0,24			
			2,900	104,7	0,24			

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 01747** Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 03/05/18

DATA DI EMISSIONE: 29/05/18

Inizio analisi: 14/05/18

Apertura campione: 07/05/18

Fine analisi: 18/05/18

COMMITTENTE: Dott.ssa Cinzia Armand

RIFERIMENTO: Campi Bisenzio (FI)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: 2

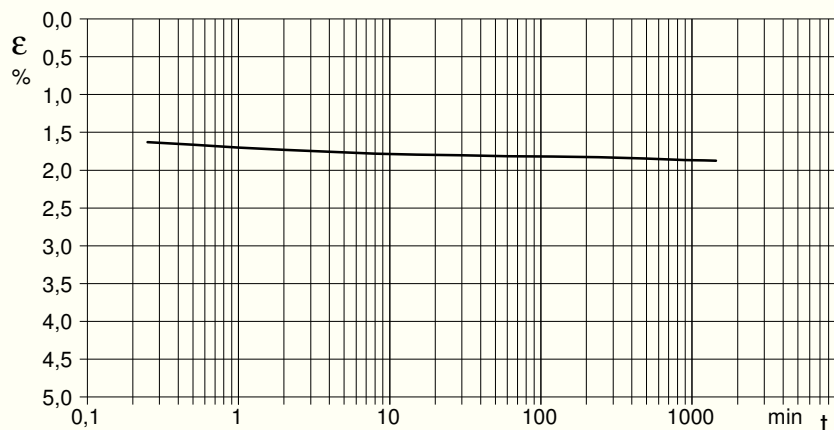
PROFONDITA': m 2.0-2.6

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

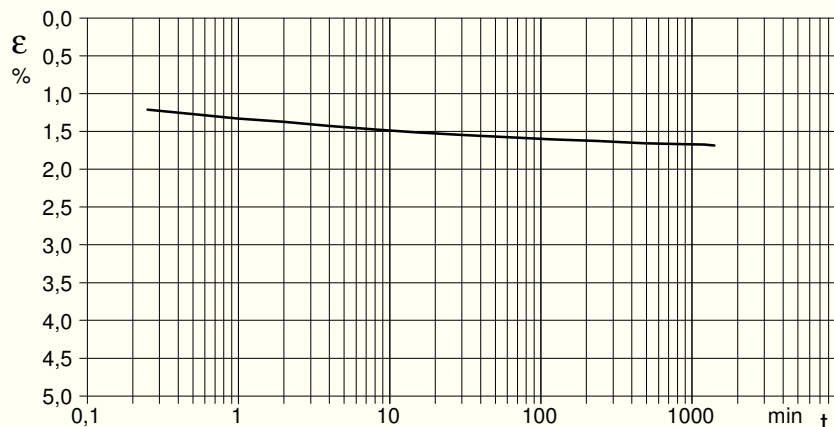
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 1**

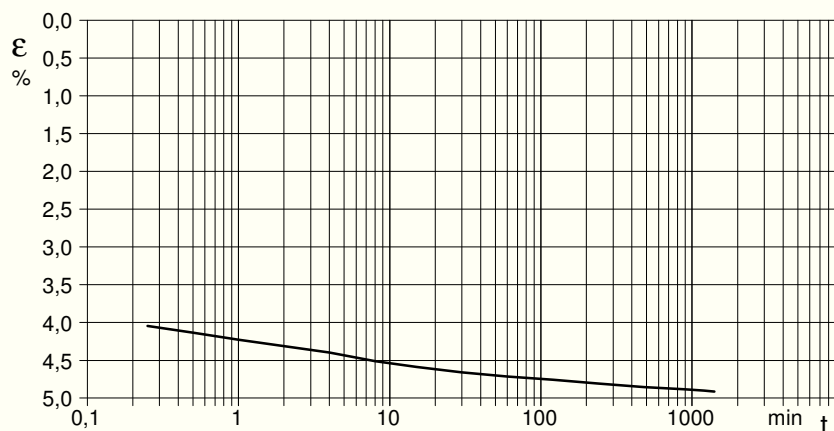
Pressione (kPa)	98
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,963
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 2**

Pressione (kPa)	196
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,966
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 3**

Pressione (kPa)	294
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,902
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



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

tf = 50 x T₅₀

Vs = Df / tf



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

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

SGEO - Laboratorio 6.1 - 2018

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

COMMITTENTE:	Dott.ssa Cinzia Armand		
RIFERIMENTO:	Campi Bisenzio (FI)		
SONDAGGIO:	CAMPIONE:	2	PROFONDITA': m 2.0-2.6

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):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	66	115	160
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	2,38	1,92	2,47
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,31	0,21	0,28
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 25,8	--- 24,9	--- 24,9
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,8 25,4	19,8 25,2	19,8 ---

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 20,2 kPa
Angolo di attrito interno: 25,6 °

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

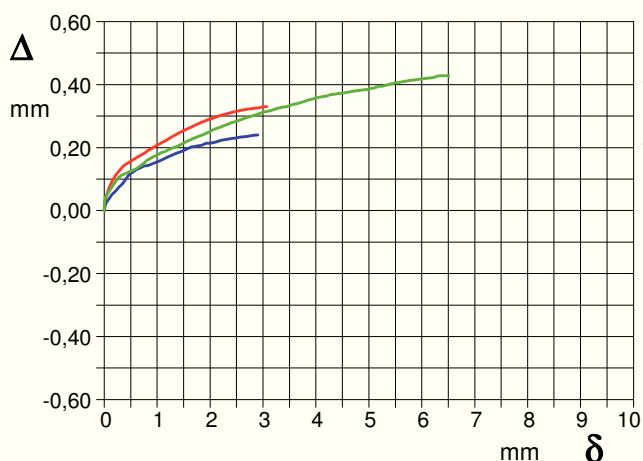
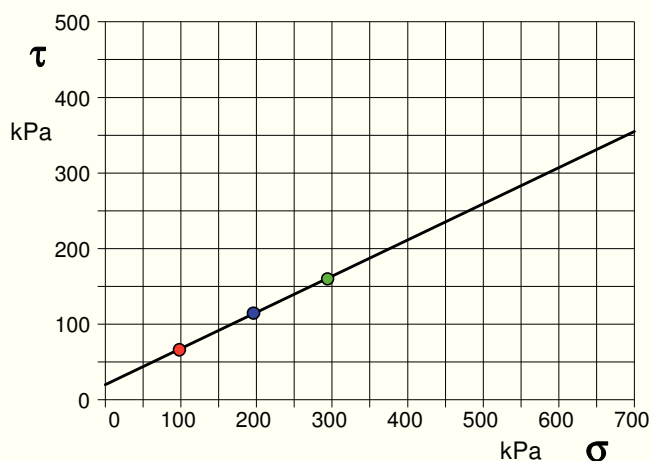


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

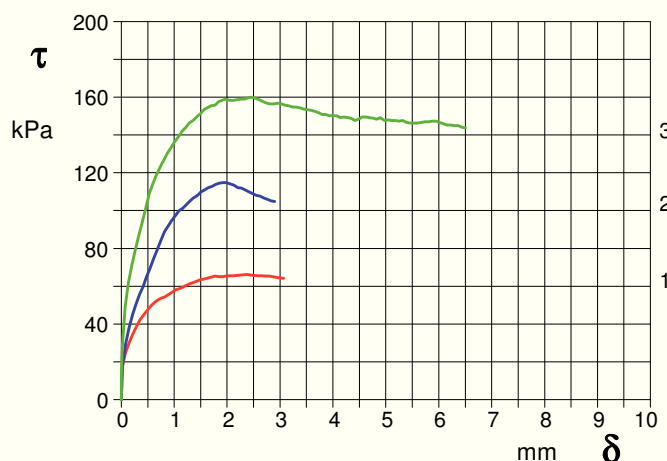


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

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

COMMITTENTE:	Dott.ssa Cinzia Armand		
RIFERIMENTO:	Campi Bisenzio (FI)		
SONDAGGIO:	CAMPIONE:	3	PROFONDITA': m 1.6-2.2

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	20,5	%
Peso di volume	20,0	kN/m ³
Peso di volume secco	16,6	kN/m ³
Peso di volume saturo	20,2	kN/m ³
Peso specifico	26,5	kN/m ³
Indice dei vuoti	0,599	
Porosità	37,5	%
Grado di saturazione	92,5	%
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	0,5	%
Limo	46,3	%
Argilla	53,2	%
D 10	0,000369	mm
D 50	0,004259	mm
D 60	0,007062	mm
D 90	0,040919	mm
Passante set. 10	100,0	%
Passante set. 42	100,0	%
Passante set. 200	99,5	%

PERMEABILITA'

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

COMPRESSIONE

σ	349	kPa
c_u	175	kPa
σ_{Rim}		kPa
$c_u Rim$		kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c	13,0	kPa	
ϕ	24,1	°	
c_{Res}		kPa	
ϕ_{Res}		°	

COMPRESSIONE TRIASSIALE

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

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec
98,4 ÷ 196,8	6474	0,000944	1,43E-08
196,8 ÷ 393,6	11714	0,000722	6,04E-09
393,6 ÷ 787,2	16678	0,000800	4,71E-09
787,2 ÷ 1574,4	24222	0,000705	2,85E-09

FOTOGRAFIA**OSSERVAZIONI**

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

Posizione delle prove		cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR	TD	ED			
						Argilla con limo con rare concrezioni calcaree, dura MUNSELL SOIL COLOR: 5Y 5/4 Olive
						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
					38	



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

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°: 01748	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 29/05/18	Inizio analisi: 07/05/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 03/05/18		Apertura campione: 07/05/18	Fine analisi: 08/05/18

COMMITTENTE: Dott.ssa Cinzia Armand
RIFERIMENTO: Campi Bisenzio (FI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 3 PROFONDITA': m 1.6-2.2

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

W_n = contenuto d'acqua allo stato naturale = 20,5 %

Struttura del materiale:

- ☒ Omogeneo
☐ Stratificato
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01749	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 29/05/18	Inizio analisi: 07/05/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 03/05/18		Apertura campione: 07/05/18	Fine analisi: 07/05/18

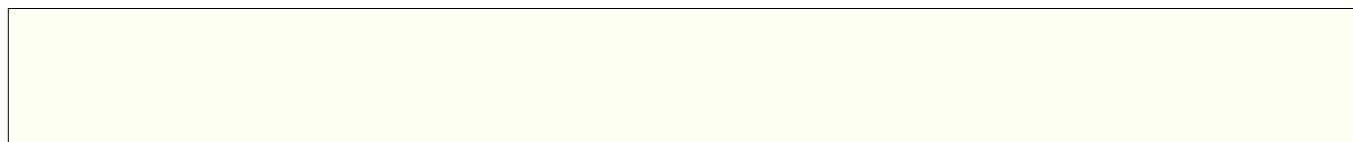
COMMITTENTE: Dott.ssa Cinzia Armand	
RIFERIMENTO: Campi Bisenzio (FI)	
SONDAGGIO:	CAMPIONE: 3 PROFONDITA': m 1.6-2.2

<u>PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE</u>

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 20,0 kN/m³
--



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 01750** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 03/05/18

DATA DI EMISSIONE: 29/05/18

Inizio analisi: 15/05/18

Apertura campione: 07/05/18

Fine analisi: 18/05/18

COMMITTENTE: Dott.ssa Cinzia Armand

RIFERIMENTO: Campi Bisenzio (FI)

SONDAGGIO:

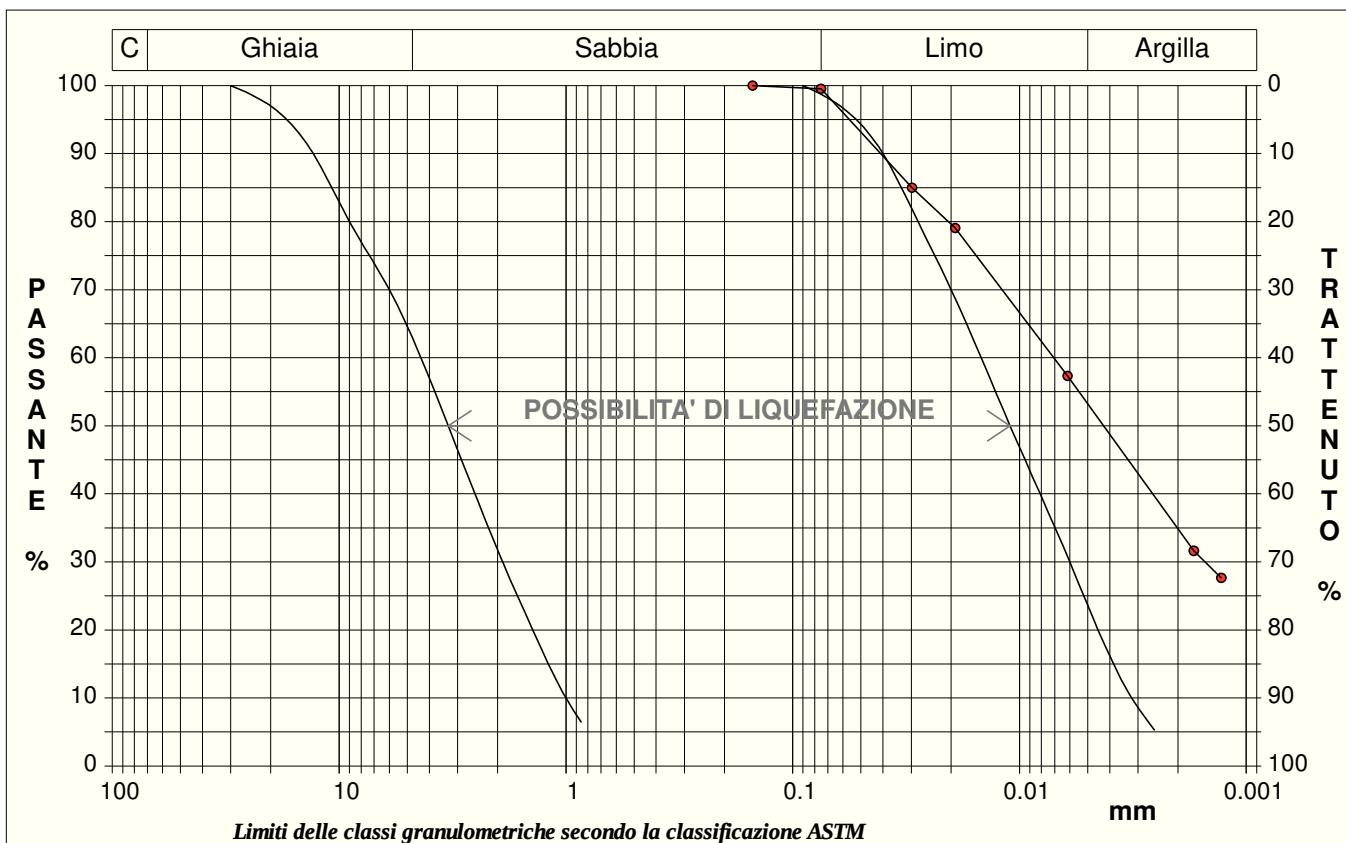
CAMPIONE: 3

PROFONDITA': m 1.6-2.2

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	0,00037 mm	
Sabbia	0,5 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	100,0 %	D30	0,00152 mm	
Limo	46,3 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	99,5 %	D50	0,00426 mm	
Argilla	53,2 %			D60	0,00706 mm	
Coefficiente di uniformità		19,11	Coefficiente di curvatura	0,88	D90	0,04092 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
0,1500	100,00	0,0017	31,62						
0,0750	99,53	0,0013	27,67						
0,0297	84,98								
0,0192	79,05								
0,0061	57,31								

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 01751** Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 03/05/18

DATA DI EMISSIONE: 29/05/18

Inizio analisi: 08/05/18

Apertura campione: 07/05/18

Fine analisi: 15/05/18

COMMITTENTE: Dott.ssa Cinzia Armand

RIFERIMENTO: Campi Bisenzio (FI)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: 3

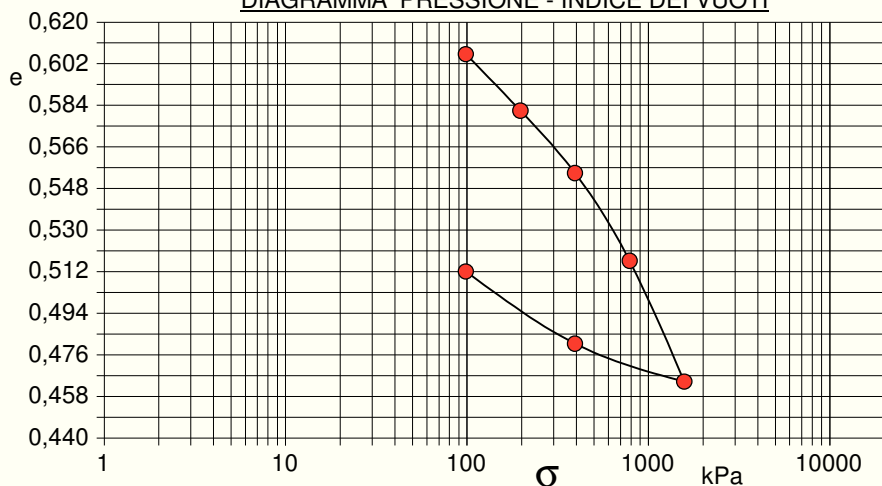
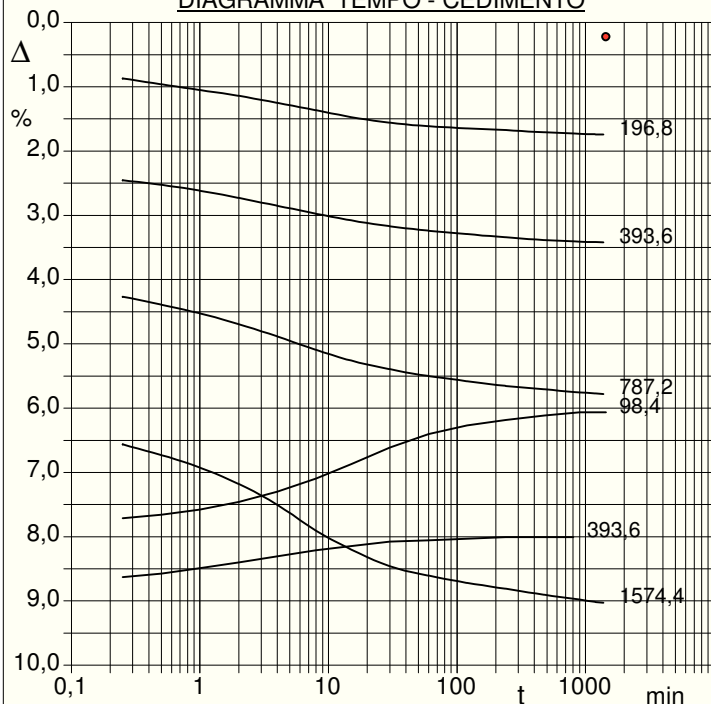
PROFONDITA': m 1.6-2.2

PROVA EDOMETRICA

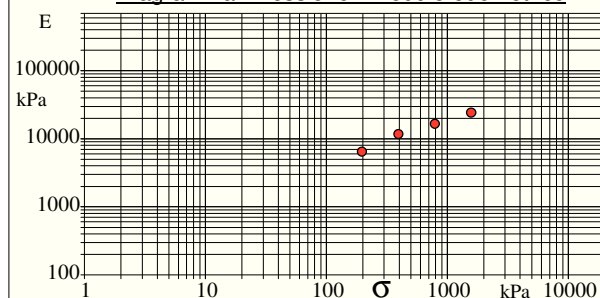
Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	19,79
Umidità (%)	20,4
Peso specifico (kN/m³)	26,47
Altezza provino (cm)	2,00
Diametro provino (cm)	5,00
Sezione provino (cm²)	19,63
Volume provino (cm³)	39,27
Volume dei vuoti (cm³)	14,87
Indice dei vuoti	0,61
Porosità (%)	37,88
Saturazione (%)	90,1

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI**DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO**

Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
98,4	4,4	0,606				
196,8	34,8	0,582	0,081	6474	0,000944	1,43E-08
393,6	68,4	0,555	0,090	11714	0,000722	6,04E-09
787,2	115,6	0,517	0,126	16678	0,000800	4,71E-09
1574,4	180,6	0,464	0,174	24222	0,000705	2,85E-09
393,6	160,1	0,481				
98,4	121,3	0,512				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



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

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

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01751	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 29/05/18	Inizio analisi: 08/05/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 03/05/18		Apertura campione: 07/05/18	Fine analisi: 15/05/18

COMMITTENTE: Dott.ssa Cinzia Armand			
RIFERIMENTO: Campi Bisenzio (FI)			
SONDAGGIO:	CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m	1.6-2.2

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 196,8 kPa		Pressione 393,6 kPa		Pressione 787,2 kPa		Pressione 1574,4 kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0,02	4,4	0,02	34,8	0,02	68,4	0,02	115,6
0,25	17,4	0,25	49,1	0,25	85,3	0,25	131,3
0,50	19,2	0,50	50,5	0,50	87,8	0,50	134,6
1,00	21,0	1,00	52,3	1,00	90,5	1,00	138,5
2,00	22,8	2,00	54,6	2,00	93,9	2,00	143,6
4,00	25,0	4,00	57,0	4,00	97,7	4,00	150,1
8,00	27,3	8,00	59,5	8,02	101,9	8,00	158,1
15,00	29,4	15,00	61,6	15,02	105,2	15,00	164,0
30,00	31,2	30,00	63,4	30,02	107,9	30,00	169,2
60,00	32,2	60,00	64,8	60,02	110,0	60,00	172,1
120,00	32,9	120,00	65,9	120,02	111,6	120,00	174,4
240,00	33,5	240,00	66,8	240,02	113,1	240,00	176,2
480,00	34,1	480,00	67,7	480,02	114,1	480,00	178,1
900,00	34,6	900,00	68,2	900,02	115,1	900,00	179,6
1200,00	34,8	1200,00	68,3	1200,02	115,4	1200,00	180,3
1435,65	34,8	1440,00	68,4	1440,02	115,6	1440,00	180,6

Pressione 393,6 kPa		Pressione 98,4 kPa		Pressione -- kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0,02	180,6	0,02	160,1				
0,25	172,6	0,25	154,3				
0,50	171,5	0,50	153,2				
1,00	169,8	1,00	151,6				
2,00	168,0	2,00	149,2				
4,00	166,1	4,00	146,0				
8,00	164,2	8,00	141,9				
15,00	162,9	15,00	137,4				
30,00	161,5	30,00	132,3				
60,00	161,1	60,00	128,0				
120,00	160,6	120,00	125,4				
240,00	160,2	240,00	123,7				
480,00	160,1	480,00	122,3				
804,35	160,1	899,98	121,3				
		1199,98	121,3				
		1439,98	121,3				

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 01752** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 03/05/18

DATA DI EMISSIONE: 29/05/18

Inizio analisi: 07/05/18

Apertura campione: 07/05/18

Fine analisi: 08/05/18

COMMITTENTE: Dott.ssa Cinzia Armand

RIFERIMENTO: Campi Bisenzio (FI)

SONDAGGIO:

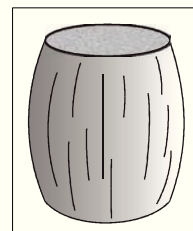
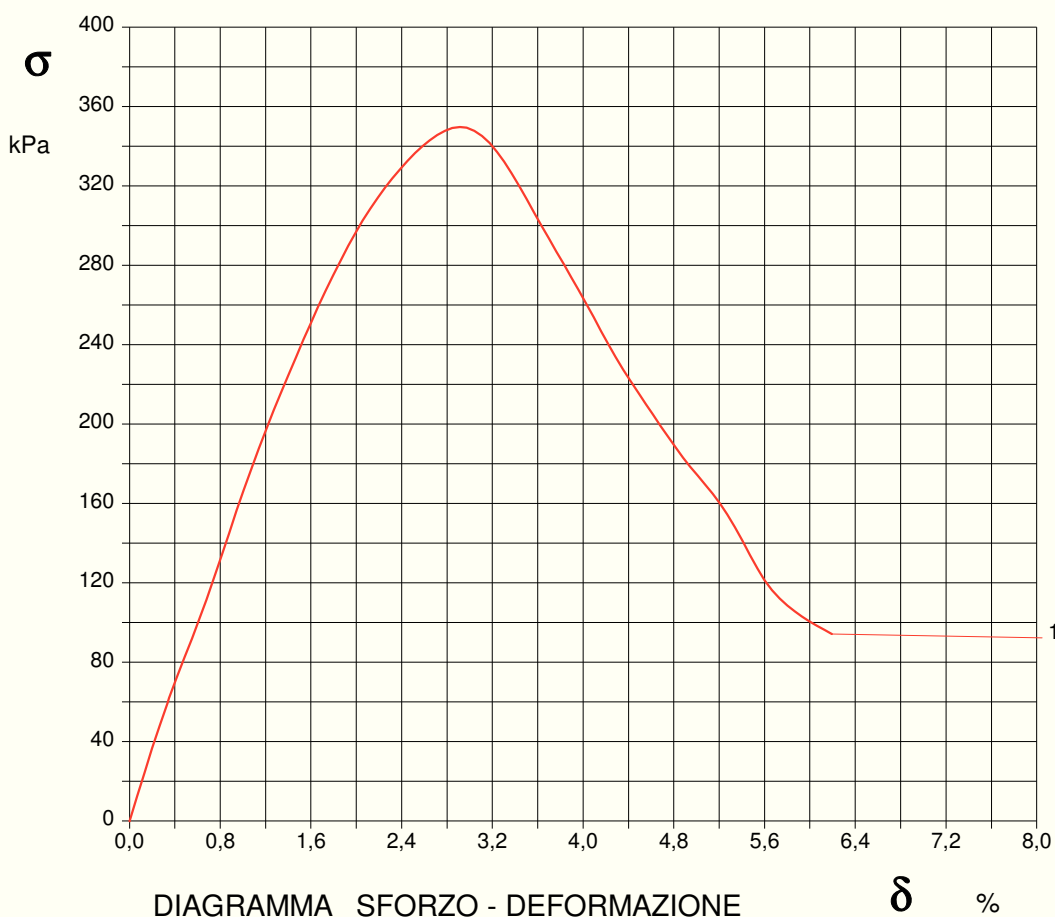
CAMPIONE: 3

PROFONDITA': m 1.6-2.2

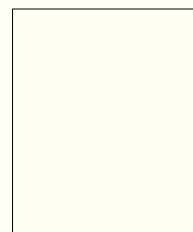
PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-06

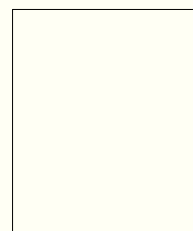
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	-----	-----
Velocità di deformazione (mm/min):	1,000	-----	-----
Altezza (cm):	7,62	-----	-----
Sezione (cm²):	11,58	-----	-----
Peso di volume (kN/m³):	19,3	-----	-----
Umidità naturale (%):	21,3	-----	-----



Provino 1

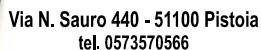


Provino 2



Provino 3

Moduli di elasticità kPa	Tangente	Provino 1: 17703	Provino 2: ---	Provino 3: ---
	Secante	Provino 1: ---	Provino 2: ---	Provino 3: ---
	A rottura	Provino 1: ---	Provino 2: ---	Provino 3: ---



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

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-06

SGEO - Laboratorio 6.1 - 2018

Lo sperimentatore
Dott. Francesco Scaglione

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 01753** Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 03/05/18

DATA DI EMISSIONE: 29/05/18

Inizio analisi: 16/05/18

Apertura campione: 07/05/18

Fine analisi: 22/05/18

COMMITTENTE: Dott.ssa Cinzia Armand

RIFERIMENTO: Campi Bisenzio (FI)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: 3

PROFONDITA': m 1.6-2.2

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

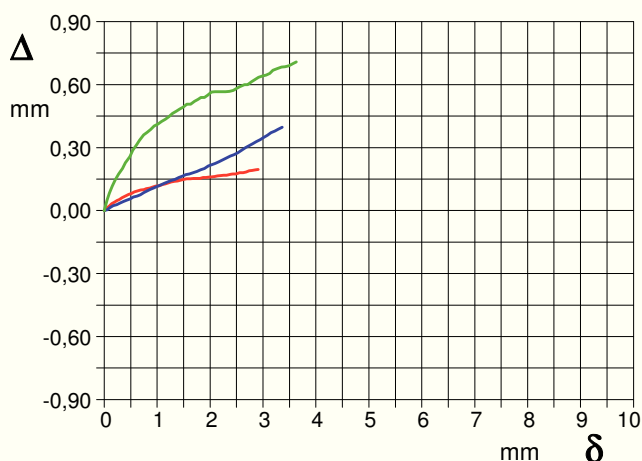
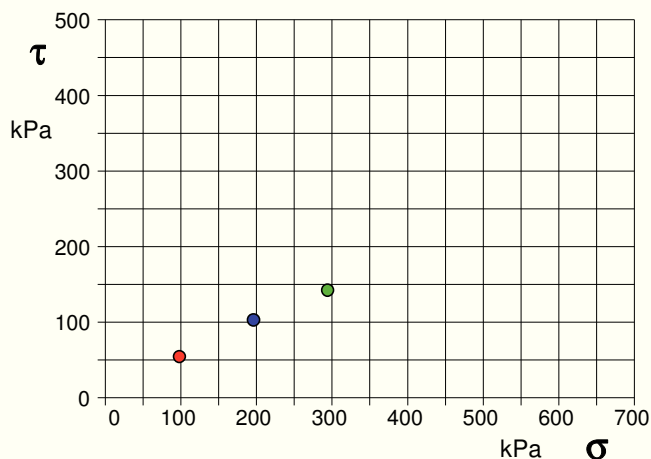
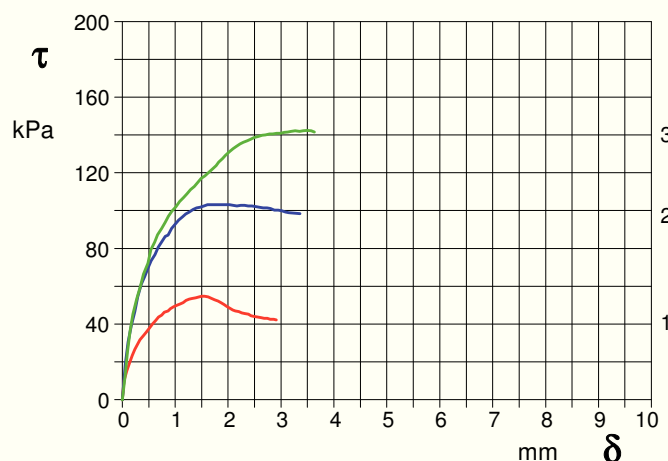
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	55	103	143
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,50	1,61	3,49
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,15	0,17	0,69
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 24,4	--- 23,8	--- 23,7
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,8 24,7	19,7 24,4	20,3 25,2

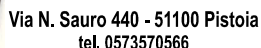
DIAGRAMMATensione - Pressione verticale

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.



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

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

SGEO - Laboratorio 6.1 - 2018

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 01753** Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 178 del 03/05/18

DATA DI EMISSIONE: 29/05/18

Inizio analisi: 16/05/18

Apertura campione: 07/05/18

Fine analisi: 22/05/18

COMMITTENTE: Dott.ssa Cinzia Armand

RIFERIMENTO: Campi Bisenzio (FI)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: 3

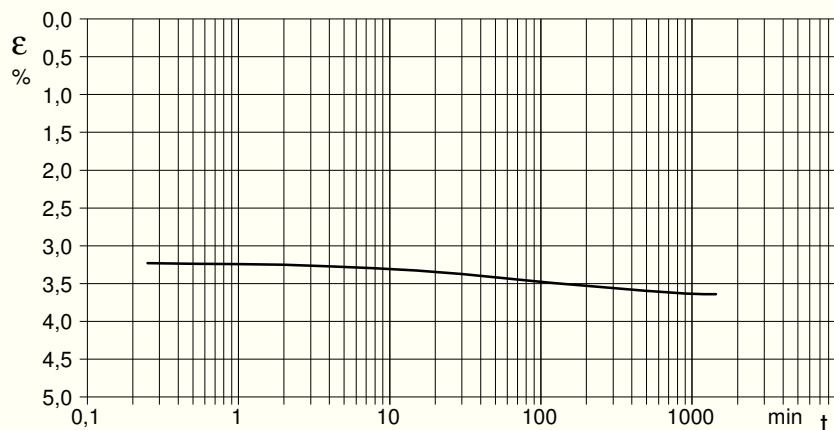
PROFONDITA': m 1.6-2.2

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

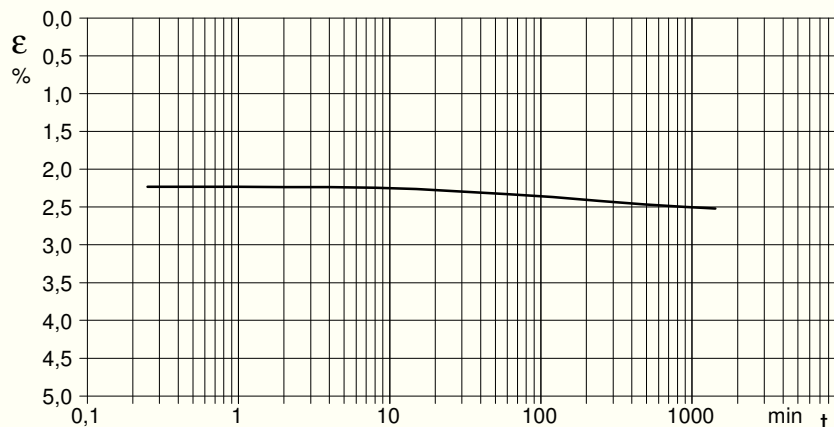
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 1**

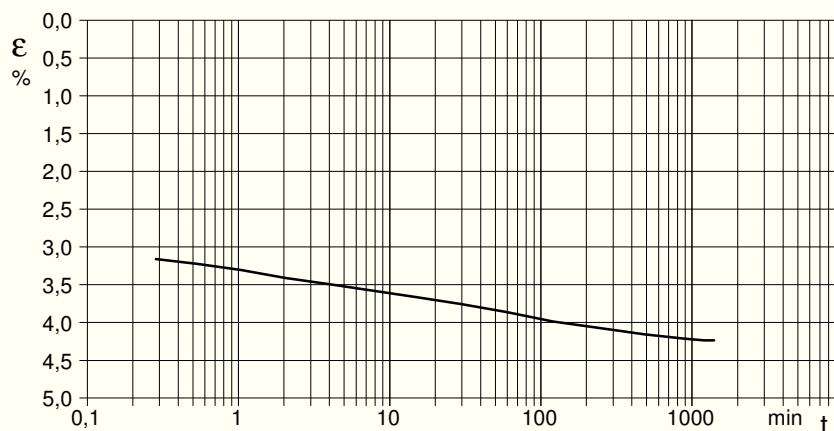
Pressione (kPa)	98
Altezza iniziale (cm)	1,980
Altezza finale (cm)	1,908
Sezione (cm²):	36,00
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 2**

Pressione (kPa)	196
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,950
Sezione (cm²):	36,00
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 3**

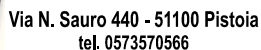
Pressione (kPa)	294
Altezza iniziale (cm)	1,920
Altezza finale (cm)	1,839
Sezione (cm²):	36,00
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



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

tf = 50 x T₅₀

Vs = Df / tf



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

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

SGEO - Laboratorio 6.1 - 2018

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

COMMITTENTE:	Dott.ssa Cinzia Armand		
RIFERIMENTO:	Campi Bisenzio (FI)		
SONDAGGIO:	CAMPIONE:	3	PROFONDITA': m 1.6-2.2

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):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	55	103	143
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,50	1,61	3,49
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,15	0,17	0,69
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 24,4	--- 23,8	--- 23,7
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,8 24,7	19,7 24,4	20,3 25,2

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 13,0 kPa
Angolo di attrito interno: 24,1 °

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

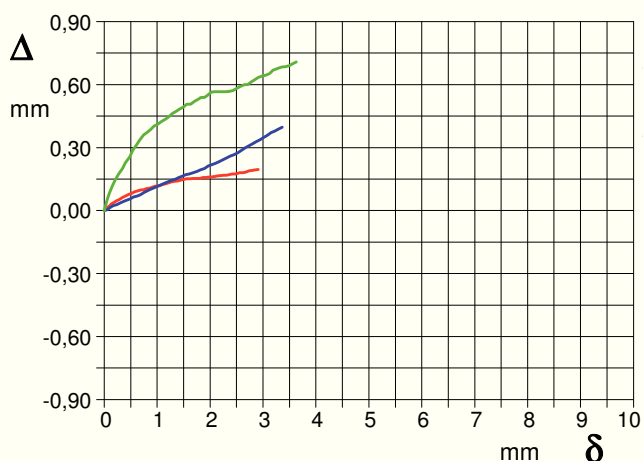
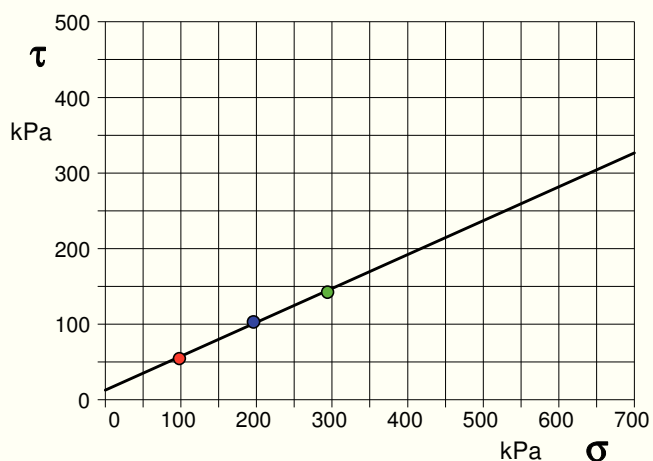


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

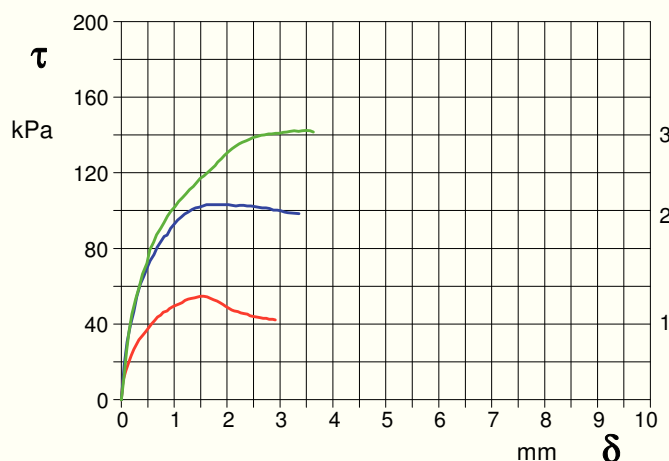


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.