

PROMOTORE: **DeA Capital Real Estate SGR**



Riqualificazione e valorizzazione dello Stadio di Pisa “Arena Garibaldi - Stadio Romeo Anconetani”

STUDIO DI FATTIBILITA'

elaborato:

**INDAGINI GEOLOGICHE, IDROGEOLOGICHE,
IDROLOGICHE, IDRAULICHE, GEOTECNICHE, SISMICHE**

elaborato n:

ALL. A

revisione	data	descrizione	approvata
00	30.10.2017	emissione	
01	23.02.2018	revisione	



COMUNE DI PISA

Direzione Piano Strutturale -Politiche della Casa
-Ambiente

U.O. Difesa del Suolo e Tutela delle Acque

Palazzo Pretorio – Vicolo del Moro, 2

Titolo del progetto:

Ristrutturazione Arena Garibaldi

Responsabile procedimento:
Geom. Sandro Costa

Titolo del documento

RELAZIONE GEOLOGICA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

*Nucleo incaricato della progettazione
per gli aspetti geologico-tecnici, e
idraulici:*

*"Ufficio Ambiente - U.O. Difesa del
Suolo - Tutela delle acque"*

Resp.: Dott. Geol. Marco Redini

Relazione specialistica predisposta da:

Dott. Geol. Marco Redini

con la collaborazione di:

per la parte tecnica

Dott. Aldo Iannucci

per la parte amministrativa

Patrizia Bartalini



Progettista responsabile dell'elaborato
Dott. Geol. Marco Redini

Motivazione	Data	Pagine	Identif.	Elaborato
PRIMA EMISSIONE		1 di 25		01

Consiglio ai sensi art. 14-11-2016
Mi

SOMMARIO

RELAZIONE GEOLOGICA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	3
PREMESSA	5
RIFERIMENTI NORMATIVI.....	5
1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO	6
INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO AREA VASTA	6
INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO AREA VASTA	8
<i>Cenni sul quadro idrogeologico generale della Piana di Pisa.....</i>	<i>8</i>
1.1.1 I PRINCIPALI ORIZZONTI DELLA PIANA DI PISA.....	9
VINCOLI E SALVAGUARDIE.....	12
<i>Pericolosità e vulnerabilità – PRI – PGRA – PTC – PS.....</i>	<i>12</i>
<i>piano di gestione alluvioni PGRA.....</i>	<i>13</i>
<i>Vulnerabilità idrogeologica.....</i>	<i>15</i>
1.1.2 Pericolosità Piano Strutturale – PS	16
CONSIDERAZIONI SULL'ATTIVITÀ SISMICA	17
ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI LOCALI E DI SITO PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO	18
AREE A PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE	18
1.1.3 FATTIBILITÀ	19
2 MODELLAZIONE GEOLOGICA DELL'AREA	20
ANALISI GEOLOGICA, STRATIGRAFICA E STRUTTURALE	20
<i>Caratteristiche dell'acquifero superficiale (falda freatica).....</i>	<i>21</i>
INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	21
ANALISI DEL SONDAGGIO	22
ANALISI DEI RISULTATI DELLE INDAGINI CPT	23
3 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	23
ALLEGATI.....	25

RELAZIONE GEOLOGICA
E
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

PREMESSA

La presente relazione riguarda gli aspetti geologici, geotecnici e sismici dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area interessata dal progetto relativo alla messa in sicurezza dell'Arena.

Per la descrizione delle caratteristiche del progetto si rimanda alle relazioni predisposte dagli ingegneri.

La caratterizzazione geotecnica si è comunque basata su specifiche indagini geognostiche.

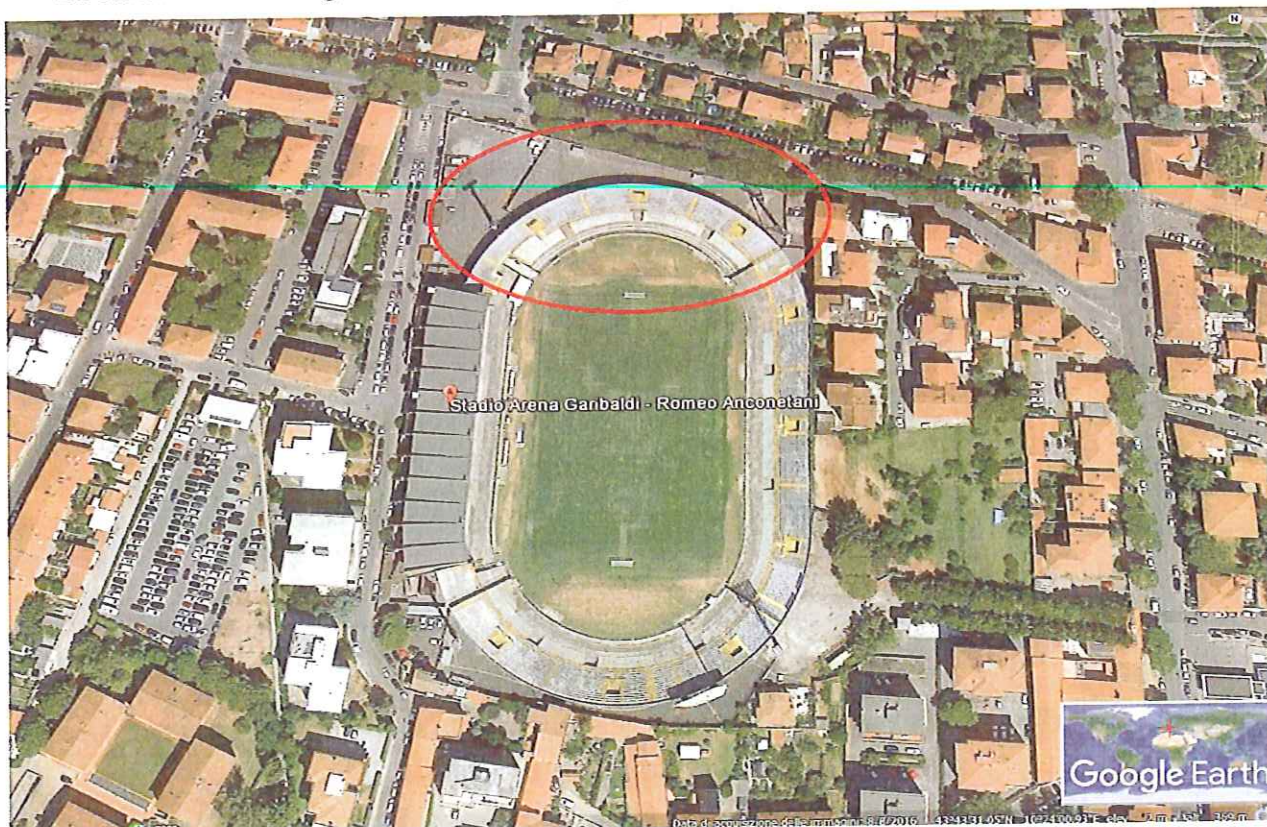


Fig. 1 Inquadramento area di intervento

L'approfondimento geologico e geotecnico è stato realizzato a supporto del progetto esecutivo ed ha perseguito l'obiettivo di approfondire le conoscenze sui caratteri geologici, geomorfologici, idrogeologici e idraulici e sismici, del territorio in cui è inserito l'intervento.

La validità delle ipotesi di progetto dovrà essere controllata durante la costruzione considerando, oltre ai dati raccolti in fase di progetto, anche quelli ottenuti con misure e osservazioni nel corso dei lavori per adeguare, eventualmente, l'opera alle situazioni riscontrate.

Si precisa che in questa fase vista l'urgenza di presentare la relazione ai progettisti si è fatto riferimento ad indagini pregresse effettuate nell'intorno dell'intervento. Per avere valori geologici e geotecnici certi occorre effettuare una specifica campagna geognostica.

RIFERIMENTI NORMATIVI

La relazione ottempera a quanto prescritto da:

- DM del 14.01.2008 – Testo Unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Istruzioni per l'applicazione delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al DM 14 gennaio 2008, Circolare 2 febbraio 2009;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n.36 del 27.07.2007;
- DPGR del 9/07/ 2009 n. 36/R. Regolamento di attuazione dell'art. 117 commi 1 e 2 della LR 3 gennaio 2005 n. 1 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento [...];
- DGRT n. 878 del 08/10/12; aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione della OPCM 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14/01/2008. Revoca della DGRT 431/2006;

- DPGR n. 58/R del 22/10/2012. Regolamento di attuazione dell'articolo 117, comma 2, lettera g) della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio). Verifiche nelle zone a bassa sismicità. Determinazione del campione da assoggettare a verifica.

La caratterizzazione dei terreni è stata ottenuta seguendo una metodologia d'indagine definita ai sensi del DPGR 36/R del 09.07.09, sulla base della classe di indagine riferita alla tipologia dell'intervento in progetto.

L'intervento ricade nella classe d'indagine n. 2 della tabella sottostante:

CLASSE D'INDAGINE	RILEVANZA OPERE	INDAGINI GEOLOGICHE, GEOFISICHE E GEOTECNICHE	
N.1	Volume lordo < 150 m³; Altezza in gronda < 6 m.	Considerazioni di natura geologica, geofisica e geotecnica basate su indagini, da allegare in copia al progetto, già eseguite in prossimità dell'intervento o desunte da studi già compiuti e pubblicati con riferimento alle aree interessate. Tali considerazioni sono adeguatamente motivate, giustificate ed argomentate e sono compiute anche in presenza di problematiche di versante;	
N.2	Volume lordo < 1500 m³; Altezza in gronda < 10 m.	La categoria di suolo di fondazione e le geometrie sepolte si determinano mediante indagini geofisiche, quali quelle sismiche a rifrazione o riflessione, o mediante prove geotecniche elaborate mediante le metodologie ufficialmente riconosciute. Le indagini sono effettuate nel sito oggetto di studio o in aree adiacenti caratterizzati dagli stessi contesti geologici, geomorfologici e geotecnici. In presenza di problematiche di versante è prodotta, altresì, la verifica di stabilità del pendio e del complesso opera-pendio;	
N.3	Volume lordo < 6000 m³; Altezza in gronda < 20 m.	La categoria di suolo di fondazione e le geometrie sepolte si determinano mediante indagini geofisiche, quali quelle sismiche a rifrazione o riflessione, eseguite nel sito oggetto di studio. In presenza di problematiche di versante sono altresì prodotte verifiche di stabilità del pendio e del complesso opera-pendio basate su sondaggi geognostici. La definizione dei parametri geotecnici è basata su sondaggi geognostici;	
N.4	Volume lordo > 6000 m³; Altezza in gronda > 20 m.	La categoria di suolo di fondazione e le geometrie sepolte si determinano mediante prove sismiche in foro. In presenza di problematiche di versante sono altresì prodotte verifiche di stabilità del pendio e del complesso opera-pendio. La definizione dei parametri geotecnici è basata su sondaggi geognostici, attrezzati con inclinometri ove si ricada nella zona classificata dal piano strutturale o dal regolamento urbanistico di pericolosità geomorfologica molto elevata (G4), secondo la definizione di cui all'allegato A, paragrafo c, del d.p.g.r.26/R/2007.	☺

Classe di indagine (art.7 DPGR 36/R/09)

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ non applicabile

Il terreno ove sorge l'opera è pianeggiante e pertanto può essere ricondotto alla categoria topografica T1.

Categoria topografica

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

Categoria Topografica (NTC 2008)

☒ T1 ☐ T2 ☐ T3 ☐ T4

1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO AREA VASTA

La zona di studio rientra nella vasta pianura pisana formatasi in relazione all'apporto alluvionale dei Fiumi Arno, Serchio ed Era-Cascina, caratterizzata da depositi prevalentemente sabbiosi e limosi e secondariamente argilloso limosi. I depositi alluvionali in oggetto risalgono all'Olocene.

Da un punto di vista paleogeografico la zona è inquadrabile come un ambiente di sedimentazione retrodunale caratteristico delle aree costiere toscane. In quest'area a bassa energia, protetta dal mare ad ovest da una serie di dune costiere, nel corso delle ultime migliaia di anni, i corsi d'acqua più importanti divagavano liberamente depositando limi e torbide.

Ad uno strato metrico superficiale di limi (a dominante sabbiosa) legato agli episodi esondativi dell'Arno, segue una potente bancata plurimetrica di argille plastiche associata ad un ambiente deposizionale fluvio-lacustre.

Al di sotto del litotipo argilloso si rinvencono livelli limosi a dominante sabbiosa, con locali intercalazioni ghiaiose, associabili ad un momento deposizionale a maggiore energia (probabile fase post-glaciale) e di spessore non determinato.

In estrema sintesi, facendo riferimento alla pubblicazione "La torre salvata – una storia per immagini" a cura di Raffaello Martelletti, Paolo Heiniger, Carlo Viggiani si può considerare che quasi tutta la pianura pisana, sia costituita da depositi geologicamente recenti (Pleistocene-Olocene) di ambiente lagunare e palustre; si tratta di limi, argille e sabbie fini, intercalati a sabbie eoliche costituenti antiche dune costiere.

Procedendo dal piano di campagna verso il basso si incontrano generalmente tre "**Complessi**" aventi caratteri geotecnicamente distinti, e cioè:

- Complesso A: strati misti superiori di limi, argille e sabbie di vario spessore ed irregolarmente disposti, di colore prevalentemente giallastro, per una potenza complessiva generalmente di circa 10 m. All'estremo inferiore di questo complesso, a contatto con le sottostanti argille, si incontra generalmente uno strato di sabbie fini mediamente addensate di colore grigio, dello spessore di un paio di metri.
- Complesso B: costituito prevalentemente da argille, si può rinvenire generalmente fino alla profondità di 40 m circa al di sotto della superficie del terreno.
 - Al suo interno si distinguono:
 - le argille superiori, denominate localmente "pancone", di consistenza da ridotta a media, da leggermente sovraconsolidate a normalmente consolidate;
 - le argille intermedie, sovraconsolidate di elevata consistenza;
 - le sabbie intermedie;
 - le argille inferiori, normalmente consolidate di consistenza medio-alta.
- Complesso C: sabbie inferiori, che possono giungere fino alla profondità di circa 70 m.

Generalmente la superficie di separazione tra le sabbie superiori e le argille del *pancone* è disposta secondo un piano orizzontale con scarti massimi di pochi centimetri.

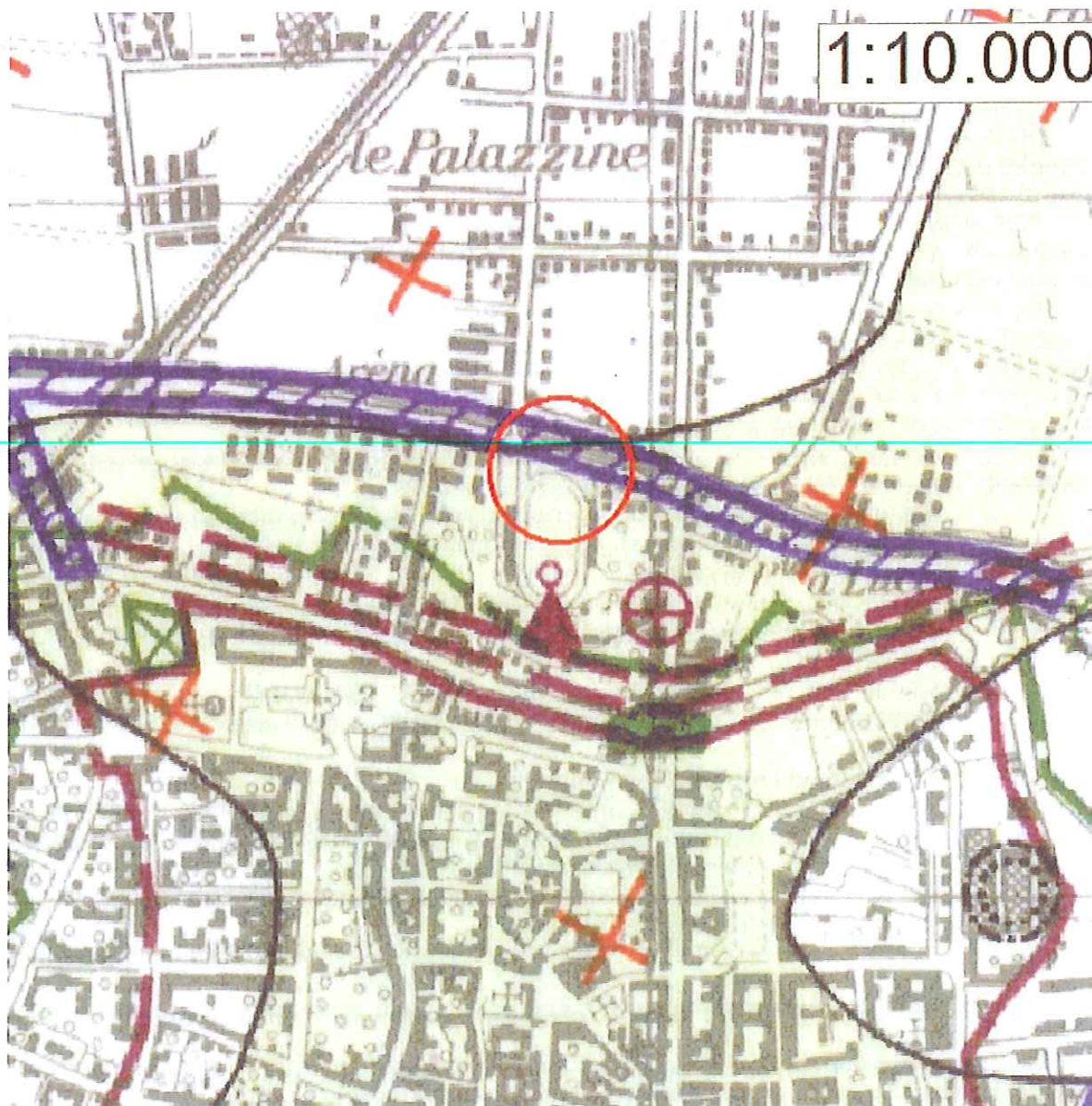


Fig. 2 Carta geologica dell'area da "Carta degli Elementi naturalistici e storici della Pianura di Pisa e dei Rilievi Contermini" riprodotta alla scala 1:10000 – "Depositi alluvionali prevalentemente argillosi, torbe palustri e depositi di colmata (olocene) [26 Verde chiaro]" – "Depositi alluvionali prevalentemente sabbiosi e limosi (olocene) [25 Verde scuro]"

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO AREA VASTA

Per la ricostruzione del quadro idrogeologico del tratto di pianura pisana interessato dal progetto, sono state utilizzate sia le cartografie disponibili, reperibili da bibliografia, sia quelle predisposte dal Comune di Pisa a corredo del PS, sia quelle realizzate dalla Provincia di Pisa per il PTC. Il tutto è stato integrato da nuove osservazioni e misure effettuate per la ricostruzione di dettaglio del quadro idrogeologico.

CENNI SUL QUADRO IDROGEOLOGICO GENERALE DELLA PIANA DI PISA

In base agli studi eseguiti per il Piano strutturale del Comune di Pisa sono state distinte le seguenti unità idrogeologiche primarie (da Ovest verso Est):

- sabbie delle spiagge attuali; (permeabilità primaria medio elevata);
- sabbie eoliche dei lidi e delle dune litoranee; (permeabilità primaria media);
- depositi di interduna; (praticamente impermeabili);
- depositi alluvionali prevalentemente argillosi, torbe palustri e depositi di colmata; (permeabilità primaria molto bassa, livelli praticamente impermeabili in corrispondenza delle intercalazioni torbose);

- depositi alluvionali prevalentemente sabbiosi-limosi; (permeabilità primaria medio-bassa che tende ad aumentare in corrispondenza dei livelli più sabbiosi);
- depositi di origine eolica, sabbiosi "Sabbie dell'Isola di Coltano" Calcareniti e sabbie"; (permeabilità primaria media);
- depositi delle aree golenali e terreni di riporto; (permeabilità media).

Nel sottosuolo, oltre a questi sedimenti, si osservano anche depositi alluvionali e fluvio-lacustri, ciottolosi-ghiaiosi-sabbiosi (a permeabilità primaria variabile tra elevata e bassa) conosciuti in letteratura con il nome di "conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bientina".

Le alternanze di sedimenti di ambiente continentale e marino (legati a trasgressioni e regressioni, per fenomeni eustatici/climatici), hanno favorito la formazione di un sistema acquifero multistrato di forma spesso lenticolare.

1.1.1 I PRINCIPALI ORIZZONTI DELLA PIANA DI PISA

Nella piana di Pisa sono presenti tre principali orizzonti idrici. Quello superiore è freatico, i due inferiori sono confinati e parzialmente artesiani.

Il pelo libero della falda freatica, si trova generalmente ad una profondità dal piano di campagna compresa fra 1 e 2 m. Nelle sabbie profonde la quota piezometrica è in media di circa 2 m inferiore al livello medio del mare. Essa è inoltre affetta da una fluttuazione ciclica, con periodo annuale ed ampiezza in alcune zone di circa 4 m (± 2 m rispetto al valore medio). Questo andamento è legato all'estrazione di acqua dal sottosuolo con pozzi, a scopi irrigui ed industriali. Ne risulta, nel Complesso B, un moto di filtrazione verso il basso ed un regime di quote piezometriche leggermente inferiori all'idrostatica.

Il sistema acquifero freatico, si presenta più o meno continuo, con sede nei sedimenti limoso-sabbiosi, dello spessore di qualche metro e comprende alcune limitate falde sospese, spesso semi-freatiche;

Il primo orizzonte acquifero confinato, si trova nei sedimenti prevalentemente sabbiosi, ed a diffusione areale. I suoi spessori variano da massimi intorno a 130 m in corrispondenza degli apparati dunali antichi della zona a Nord dell'Arno, tendono a diminuire sensibilmente lungo la fascia costiera nell'area a Sud dell'Arno fino a circa 10 m nella zona di Calambrone. Anche la profondità del tetto delle sabbie è variabile; da un valore massimo di circa 50 m in corrispondenza della periferia nord-orientale di Pisa tende a risalire spostandosi verso la fascia costiera, dove l'acquifero sabbioso si raccorda alle dune costiere attuali ed antiche (Coltano), che funzionano, pertanto, da aree di alimentazione con falda a pelo libero. Nella zona ad Ovest di Pisa i livelli sabbiosi di questo orizzonte acquifero sono molto articolati e collegati, anche se non in maniera continua, con gli acquiferi del sottostante orizzonte (zona di Coltano);

Il secondo orizzonte acquifero confinato è costituito da livelli ciottolosi e ghiaiosi separati da strati sabbiosi. Il livello superiore possiede una notevole estensione ed uno spessore variabile che raggiunge un massimo di oltre 10 m nella fascia meridionale della pianura pisana. Ad ovest di Pisa il tetto dell'acquifero si trova a -30/-40 m, per approfondirsi a -150 m (circa) in corrispondenza del centro urbano di Pisa.

I due principali acquiferi confinati presentano eteropie diffuse e discontinuità verticali che possono favorire collegamenti idraulici laterali e verticali. Il sistema più superficiale (falda freatica) risulta invece isolato dagli acquiferi sottostanti da una potente bancata di argille plastiche.

Nella carta Idrogeologica: l'area oggetto di intervento è posta in una zona dove si hanno sedimenti a permeabilità primaria generalmente molto bassa, il livello piezometrico della falda freatica estiva si colloca +1.70 s.l.m..

Nella carta del tetto delle argille compressibili: l'area oggetto di intervento è posta in un'area in cui lo strato delle argille compressibili si trova circa a 2.5 metri dal piano di campagna.

Nella carta litotecnica: l'area oggetto di intervento risulta classificata in "terreni prevalentemente limosi (li)".

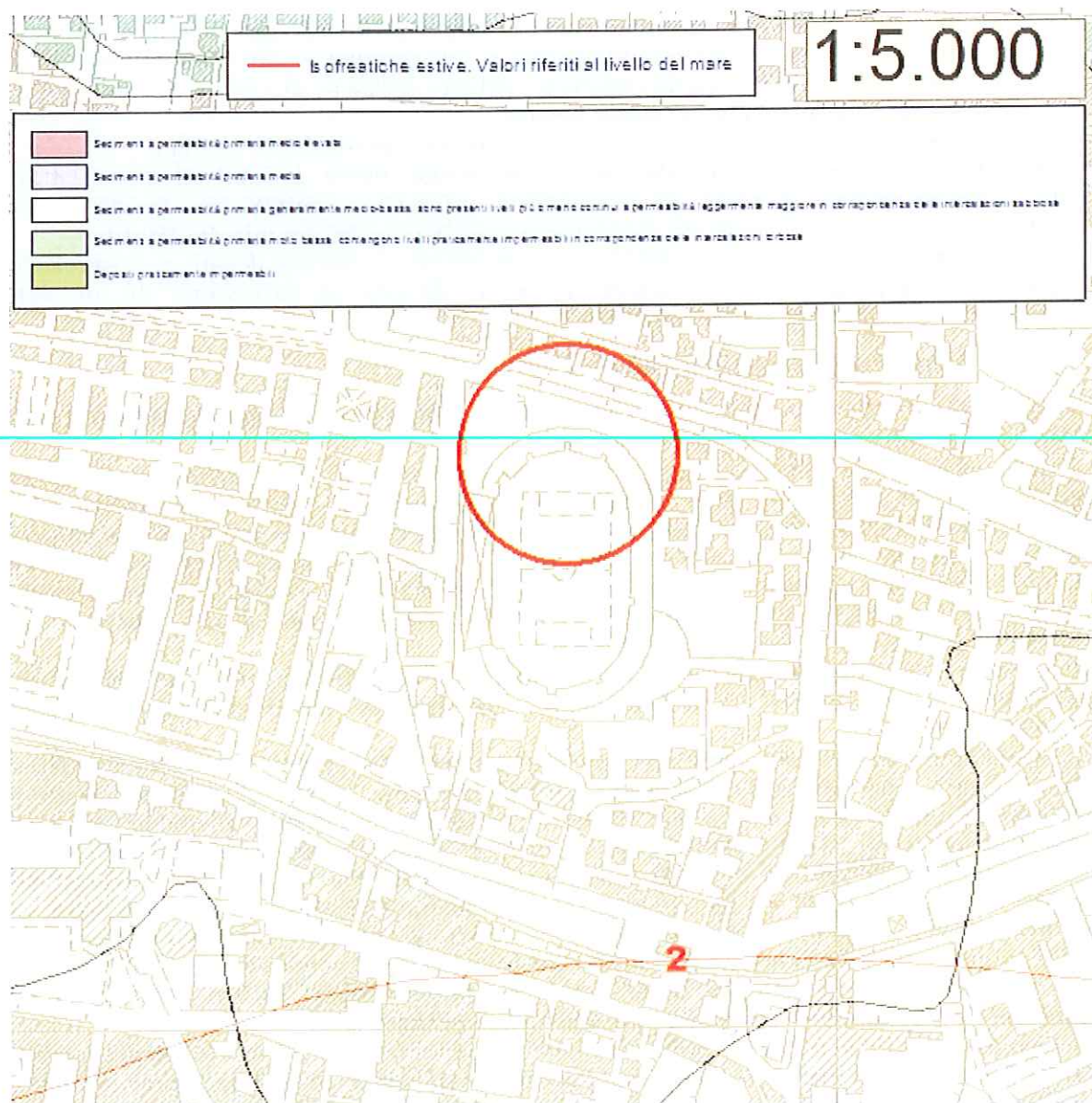


Fig. 3 Carta Idrogeologica Piano Strutturale 1998

Legenda: colore giallo - Sedimenti a permeabilità primaria generalmente molto bassa, sono presenti livelli più o meno continui a permeabilità leggermente maggiore in corrispondenza delle intercalazioni sabbiose.

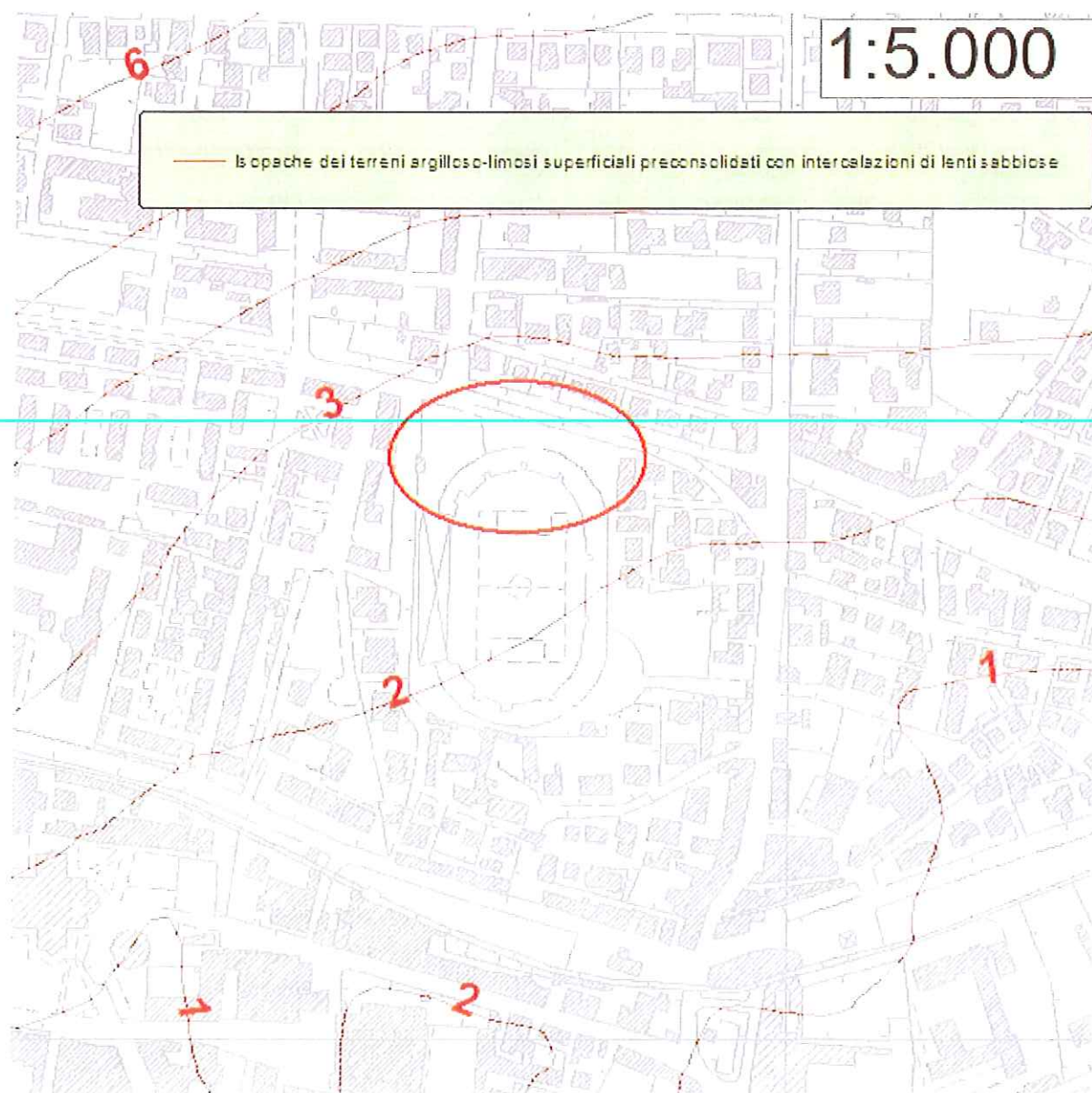


Fig. 4 B_2_2 Carta della Profondità del Tetto delle Argille Compressibili Piano Strutturale 1998

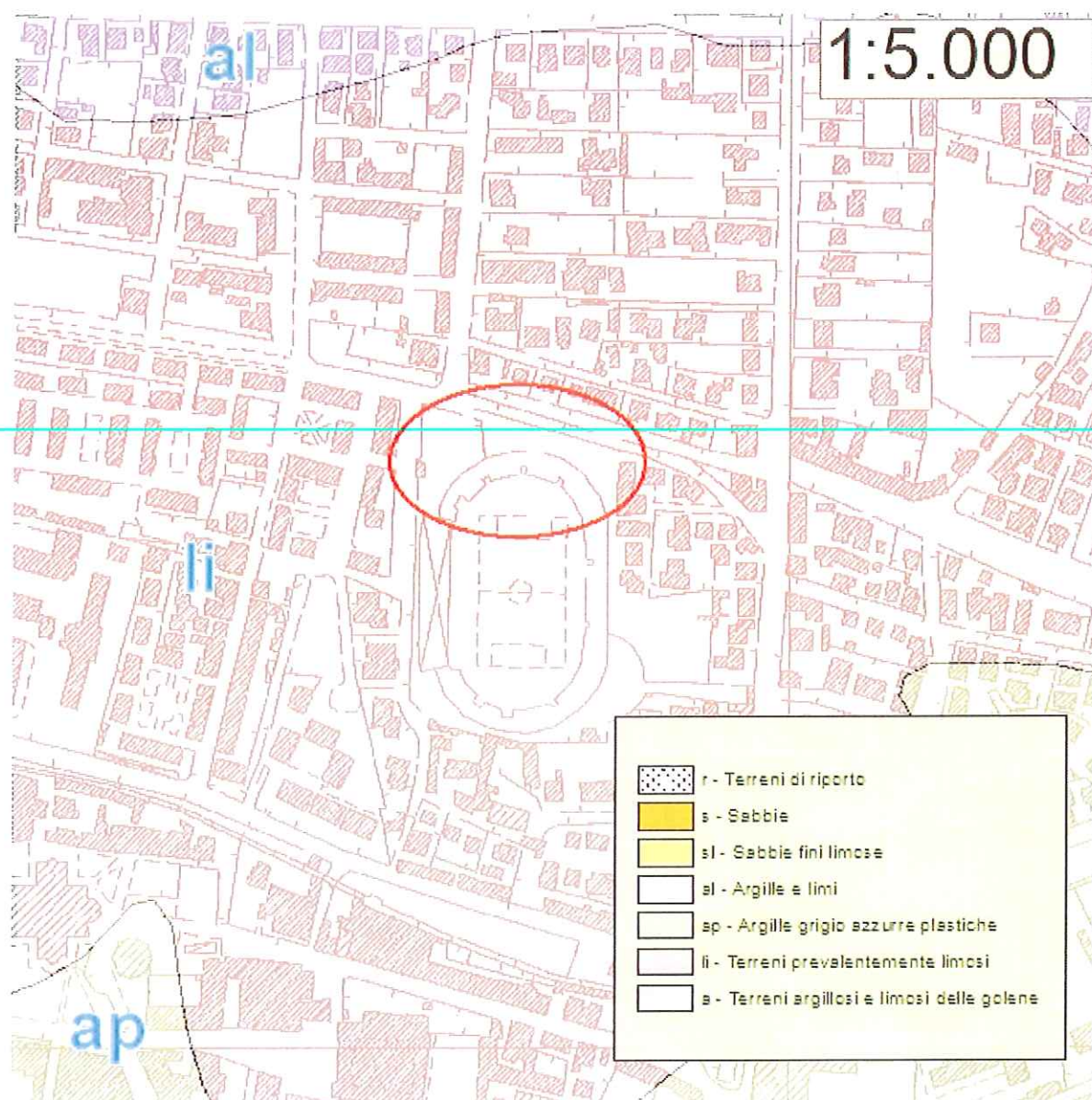


Fig. 5 B_2_5 Carta Litotecnica Piano Strutturale 1998

VINCOLI E SALVAGUARDIE

I capitoli che seguono esaminano i principali vincoli territoriali che insistono nell'area in oggetto.

PERICOLOSITÀ E VULNERABILITÀ – PRI – PGRA – PTC – PS

Di seguito sono descritti gli aspetti legati alla pericolosità e vulnerabilità, in relazione agli stralci di Piano di Bacino attualmente approvati, al PTC ed al PS dell'area oggetto di intervento. La pericolosità e vulnerabilità, sono illustrate in apposito capitolo.

Tenuto conto che:

- le misure di salvaguardia di cui al Titolo VII della D.C.R. n°12 del 25 gennaio 2000 "Piano di Indirizzo Territoriale" risultavano vigenti fino all'8 marzo 2005,
- Il nuovo PTC è stato approvato il 27/07/2006 con delibera C.P. n° 100 e le nuove norme prevedono che tutta la parte della disciplina del PTC riguardante le aree a differenti classi di pericolosità geomorfologica ed idraulica e la relativa cartografia venisse sostituita dalle disposizioni del P.A.I.. Per quanto attiene la vulnerabilità idrogeologica la disciplina approvata nel PTC del 1998 mantiene la sua validità, non essendo al momento oggetto di disciplina specifica da parte dei piani di assesto idrogeologico. Le nuove norme prevedono che tutta la parte della disciplina del PTC riguardante le aree a differenti classi di pericolosità

geomorfologica ed idraulica e la relativa cartografia sia sostituita per la parte geomorfologica dal PAI e per la parte idraulica dal PGRA:

- Gli aspetti da analizzare per quanto attiene la pericolosità idraulica sono legati al PGRA e al Piano Strutturale (PRI+PGRA+PS).

Per la pericolosità geomorfologica gli aspetti da analizzare sono legati al (PAI+PS).

Per la vulnerabilità idrogeologica gli aspetti da analizzare sono legati al Piano Territoriale di Coordinamento e al Piano Strutturale (PTC+PS).

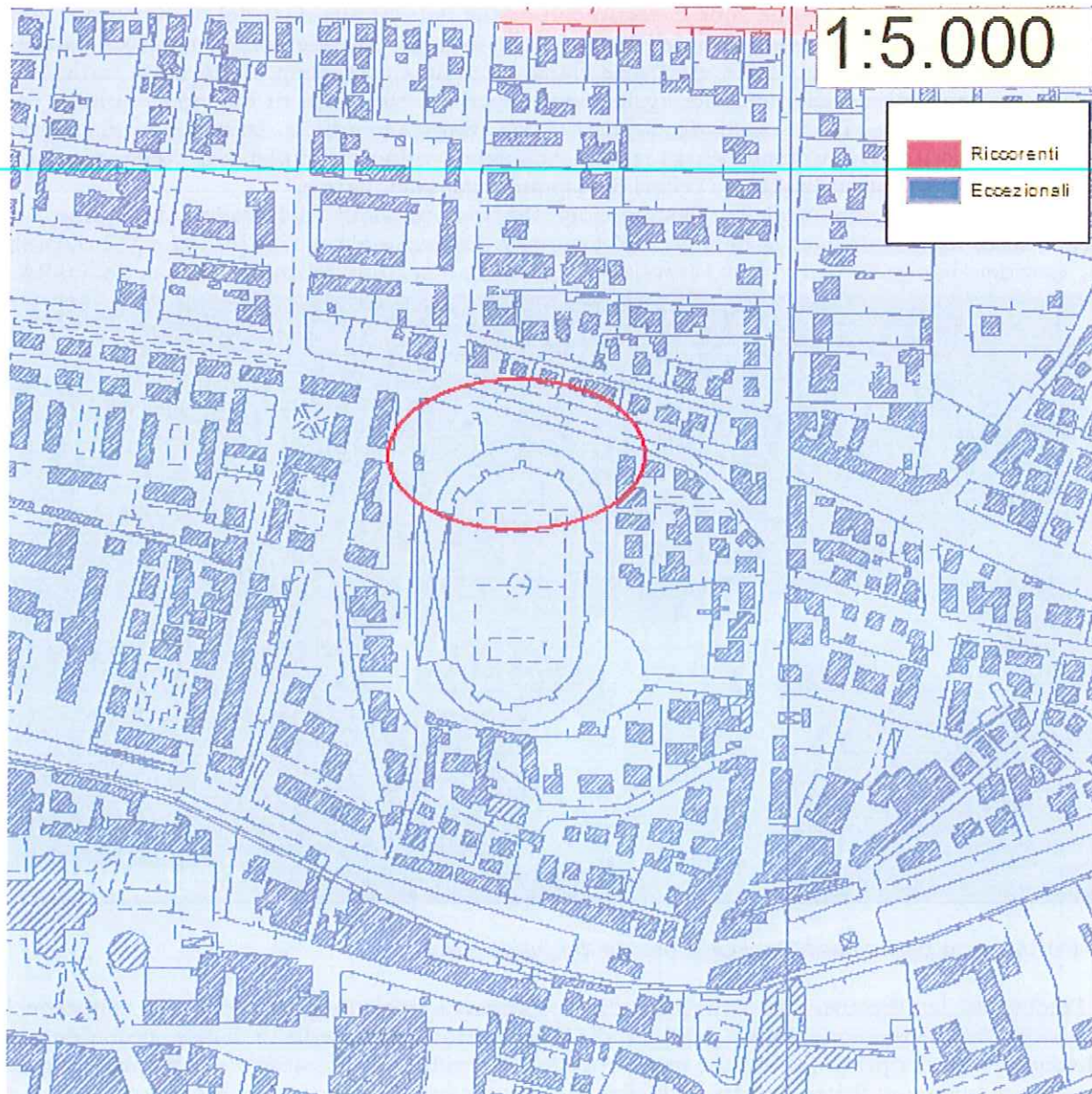


Fig. 6 PRI- Carta guida delle aree allagate (scala 1:5.000). In blu aree soggette ad alluvioni eccezionali

PIANO DI GESTIONE ALLUVIONI PGRA

Nel Comitato Istituzionale del 22 dicembre 2014 sono stati presentati i progetti di piano di gestione realizzati dalle UoM del distretto. Seguendo le indicazioni della direttiva "alluvioni" e del decreto di recepimento 49/2010, con il coordinamento dell'Autorità di bacino del fiume Arno, le autorità di bacino nazionale, interregionali e regionali, insieme alle regioni del distretto, hanno predisposto i progetti di piano.

Il Piano Assetto Idrogeologico dell'Arno (PAI), per la parte inerente alla pericolosità idraulica, è il punto di partenza da cui prende origine tutto il lavoro di mappatura della pericolosità e del rischio alluvionale secondo i requisiti richiesti dalla direttiva 2007/60/CE. Richiamando l'art. 6 del decreto di recepimento della direttiva (D.Lgs. n. 49/2010), le autorità competenti

predispongono mappe di pericolosità e di rischio, facendo salvi gli strumenti già predisposti nell'ambito della pianificazione di bacino in attuazione delle norme previgenti. Il PAI ha rappresentatato quindi il quadro di riferimento principale da cui sviluppare le mappe che, sempre secondo il decreto di recepimento, dovevano essere realizzate per giugno 2013.

14

Le mappe di pericolosità e rischio idraulico del bacino dell'Arno hanno preso origine partendo dal cospicuo lavoro svolto nell'ambito del PAI (Piano di Assetto Idrogeologico) realizzato già nel 1999 e quindi continuamente aggiornato. Partendo dalle elaborazioni svolte nel PAI dell'Arno, opportunamente integrato con le elaborazioni svolte nel bacino pilota dell'Ombrore, sono state realizzate le mappe di pericolosità ai sensi della direttiva "alluvioni" e del decreto di recepimento 49/2010. Le mappe sono coerenti con quelle del PAI alla data del 31 dicembre 2012. Seguendo le indicazioni del Ministero dell'Ambiente sono state considerate sei macrocategorie di elementi a rischio a cui sono state attribuite classi di danno potenziale. Sono state individuate fonti dato di elementi sufficientemente aggiornate e coerenti alla scala di bacino e, quindi, sono state definite le aree a rischio secondo quattro classi. Naturalmente la definizione del rischio è coerente con le fonti dato utilizzate e con la loro maggiore o minore completezza. Nella relazione è illustrata la metodologia utilizzata e i criteri di rispondenza delle mappe.

Il Piano di Bacino stralcio "Gestione del Rischio Alluvioni" del bacino del fiume Arno (PGRA) è stato approvato con le delibere del Comitato Istituzionale n. 231 e 232 il 22 dicembre 2015, si evidenzia che il P.A.I. (parte idraulica) è decaduto a seguito dell'approvazione del PGRA.



Fig. 8 PGRA Carta pericolosità del PGRA bacino del fiume Arno

Poiché sia la direttiva che il decreto di recepimento richiedono, per ciò che concerne la pericolosità, l'individuazione di tre scenari di riferimento (alta, media e bassa probabilità di inondazione), uno dei primi problemi è stato quello di individuare i possibili scenari senza perdere la coerenza tecnica con il PAI. Infatti il PAI dell'Arno prevede per la pericolosità quattro scenari di frequenza (30, 100, 200 e oltre 200 anni), a cui si sovrappongono indicazioni in merito al battente atteso (superiore od inferiore a 30 centimetri) per gli scenari più frequenti (30 e 100 anni di tempo di ritorno). La sperimentazione compiuta per il bacino dell'Ombrore, oltre ad aggiornare il PAI per l'area in questione come già detto, ci ha aiutato ad individuare gli scenari sui quali costruire le mappe per la direttiva e il decreto. Gli scenari prescelti, fisicamente più rispondenti alle caratteristiche del bacino, sono pertanto quelli relativi a:

- alluvioni frequenti (elevata probabilità di accadimento): tempo di ritorno fino a 30 anni;
- alluvioni poco frequenti (media probabilità di accadimento): tempo di ritorno compreso tra 30 e 200 anni;
- alluvioni rare (bassa probabilità di accadimento): tempo di ritorno superiore a 200 anni.

Nel PGRA l'area oggetto dell'intervento ricade nella classe P2

VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA

Nel Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Pisa approvato il 27.07.2006 con delibera C.P. n° 100 l'area di interesse risulta in: classe 3 B.

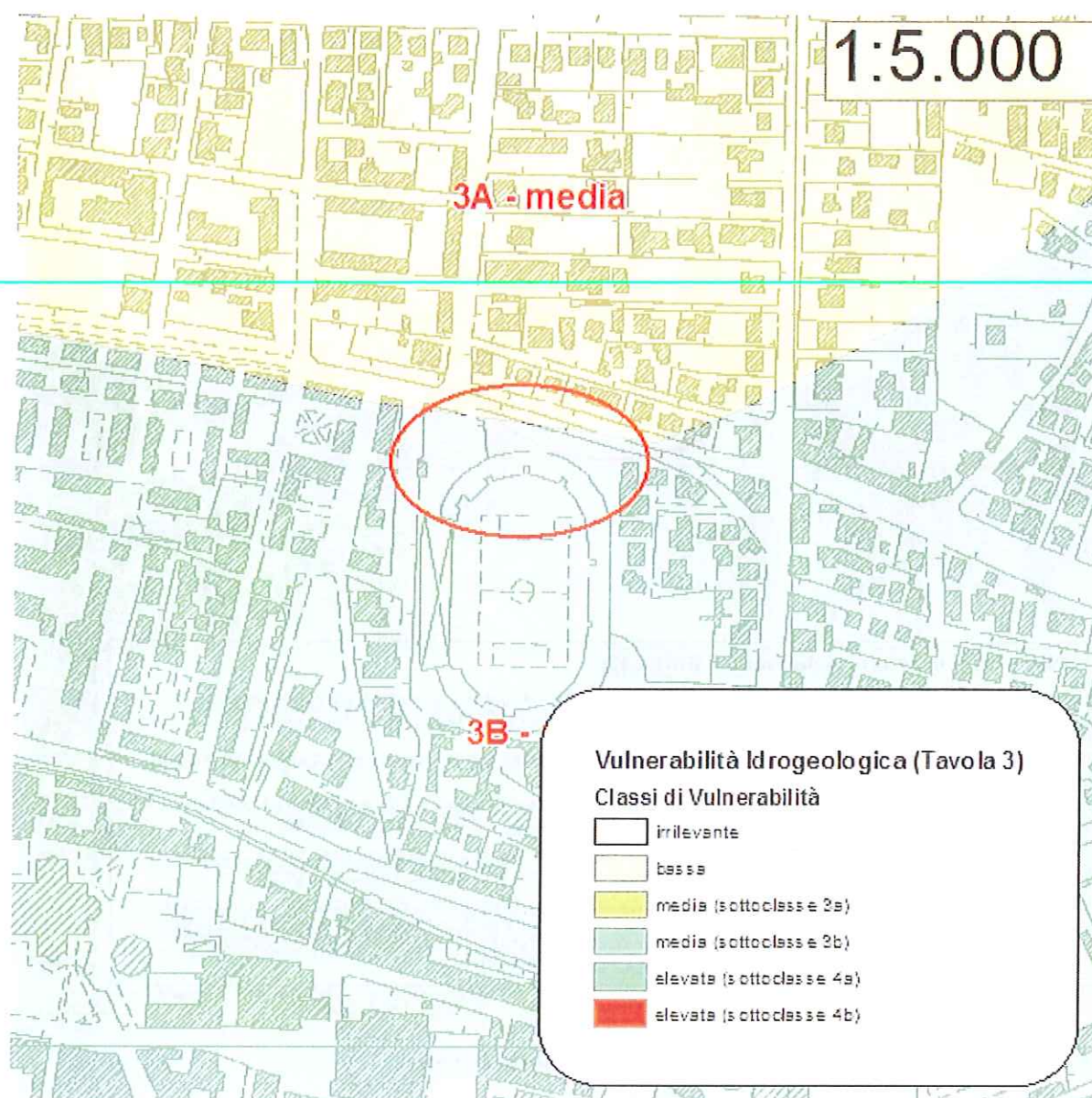


Fig. 9 - PTC - Carta Vulnerabilità Idrogeologica

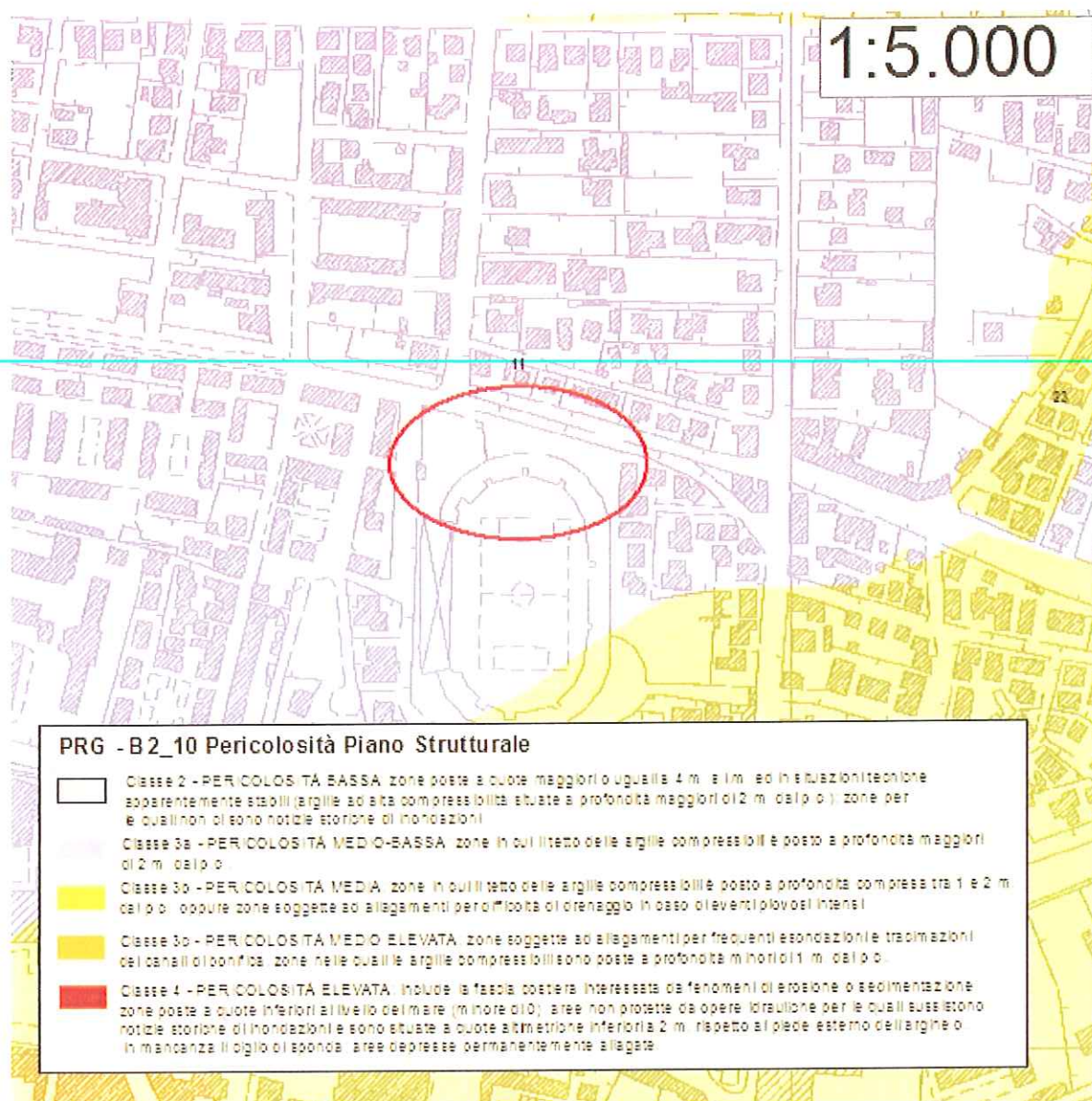


Fig. 10 PS – Carta della Pericolosità del Piano Strutturale (1998)

L'area risulta classificata a pericolosità 3a. In questo caso il comparto classificato a pericolosità 3a (pericolosità medio-bassa) interessa zone in cui il tetto delle argille compressibili è posto a profondità maggiori di 2 m dal pc.

Pericolosità geologica/geomorfológica SU

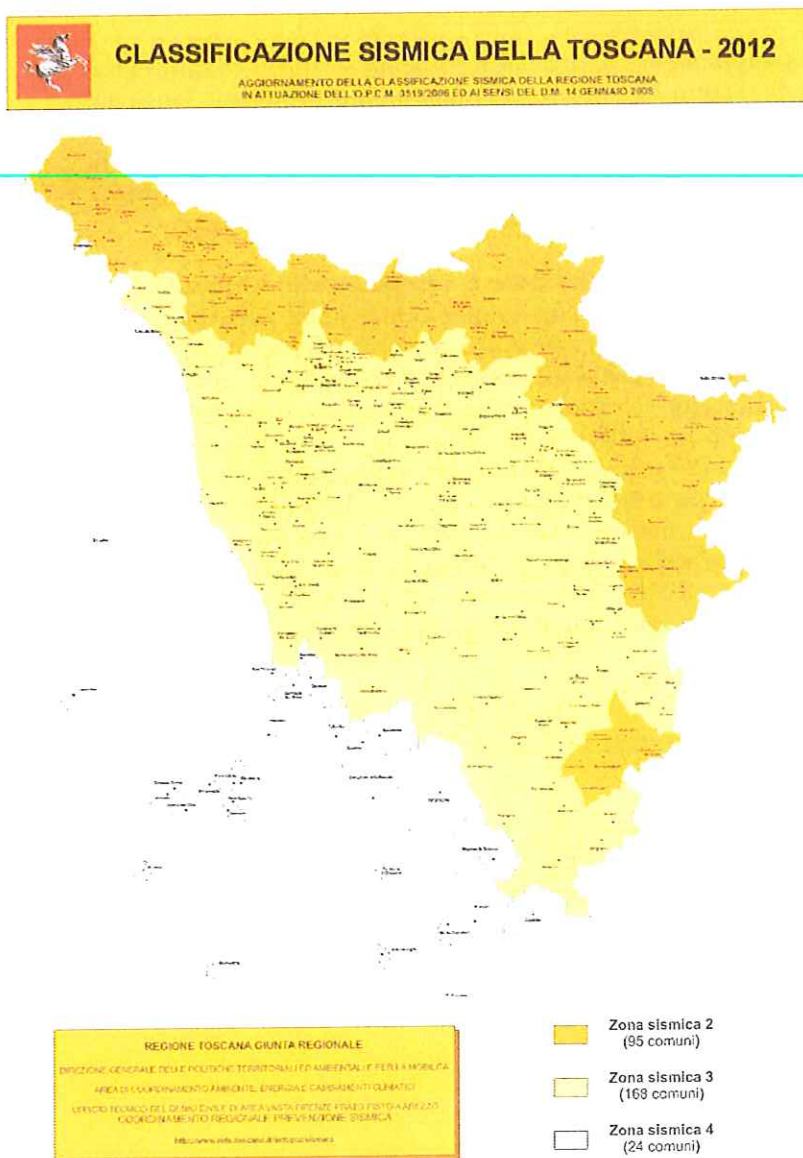
☐ 1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4

Con Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (Ord. 20 marzo 2003, n. 3274) (G.U. n. 105 del 8 maggio 2003) sono stati approvati i “Criteri per l’individuazione delle zone sismiche – individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone” nonché le connesse “Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l’adeguamento sismico degli edifici”, “Norme tecniche per progetto sismico dei ponti”, “Norme tecniche per il progetto sismico delle opere di fondazione e sostegno dei terreni” facenti parte integrante e sostanziale dell’Ordinanza stessa. Contestualmente alla ordinanza

è stata ridisegnata una nuova mappa sismica dei comuni italiani. Le Norme Tecniche indicano 4 valori di accelerazioni (a_g/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico e le norme progettuali e costruttive da applicare fissando quindi corrispondenti quattro zone sismiche attribuibili al territorio nazionale.

A tal proposito, in prima applicazione, fino alla predisposizione di una nuova mappa di riferimento a scala nazionale che soddisfi integralmente i nuovi criteri di zonazione sismica e relativo aggiornamento a livello regionale, nell'Allegato A della citata Ordinanza è indicata la classificazione sismica dei comuni italiani; sulla base della suddetta classificazione il Comune di Pisa, è classificato in Zona 2 ($a_g/g = 0.25$).

Recentemente è stata approvata con Deliberazione di G.R. del 19.06.2006, n. 431, la riclassificazione sismica del territorio regionale. Sulla base della suddetta



classificazione il Comune di Pisa, è classificato in Zona 3

Al fine di permettere di progettare e costruire con la nuova classificazione sismica è necessario effettuare la caratterizzazione del suolo di fondazione definendone il parametro Vs30 che esprime la velocità media delle onde elastiche di taglio (onde S appunto) nei primi 30 metri di profondità al disotto del piano di fondazione ai sensi del D.M. 14-1-2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni". Pubblicato nella Gazz. Uff. 4 febbraio 2008, n. 29, S.O.

Ai fini della caratterizzazione sismica la velocità di propagazione delle Onde S può essere ottenuta per via indiretta, ovvero ricavandola da indagini geognostiche (ad esempio dal parametro N_{spt} ricavato da una prova penetrometrica standard) o per via diretta, impiegando indagini di tipo sismico (down-hole, sismica a rifrazione, MASW, cono sismico).

Il Comune di Pisa ha in corso la predisposizione della cartografia di micro zonazione sismica di livello 1, di seguito i risultati estratti dal lavoro in corso di completamento.

Ai fini della ricostruzione del modello geologico del sottosuolo sono state prese in riferimento dalla banca dati del comune, le indagini geognostiche e geofisiche eseguite nelle vicinanze ed in particolare per gli aspetti geognostici, nell'area in studio, si è tenuto conto degli esiti del *sondaggio a rotazione continuo* effettuato specificatamente a supporto di questo progetto.

18

Da questo sondaggio si può estrapolare a partire dalla superficie fino a raggiungere ca. i 20 m di profondità, la presenza di terreni di *natura essenzialmente argillosa*. Tuttavia dalla descrizione stratigrafica e in relazione alle conoscenze geologiche e geomorfologiche sulla pianura di Pisa, si può ritenere che fino a ca 4,5 m di quota dal pc, i sedimenti fini presenti, siano riferibili all'*orizzonte plastico e compressibile più superficiale* e discontinuo della piana di Pisa, caratteristico di un ambiente deposizionale tipicamente palustre.

In termini paleogeografici, il primo orizzonte di argille è connesso alle ultime fasi di costruzione della pianura (ca. 3.000-4.000 anni fa) da parte delle aste fluviali dell'Arno e del Serchio che durante lo stazionamento alto del livello del mare (fase di highstand), spesso nelle aree intercanale, determinavano il sorgere di vere e proprie aree palustri. Mentre, lo strato di argille più profondo, tipico di un bacino lagunare, viene ad indicare il passaggio fra il momento di massima trasgressione (circa 7.000 anni fa) e la successiva fase di stazionamento alto del livello del mare, con la fase progradazionale della pianura costiera.

Questi orizzonti per geometria e consistenza, proprio perché riferibili ad ambienti deposizionali diversi possono presentare distinte caratteristiche geotecniche e di distribuzione del loro assetto volumetrico nello spazio, comportando di conseguenza risposte geotecniche degli stessi depositi, all'applicazione di carichi di fondazioni, che devono riservare molta attenzione ed eventualmente richiedere particolari approfondimenti.

AREE A PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

L'area oggetto dell'intervento risulta classificata in merito alla pericolosità sismica ai sensi della 53/R/11.

Pericolosità sismica da microzonazione (53/R/11)	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☒ non presente
Pericolosità sismica ex 26/R/07	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☒ non presente

1.1.3 FATTIBILITÀ

L'area oggetto dell'intervento risulta, all'interno del regolamento urbanistico, ricadere nelle aree classificate in fattibilità II.

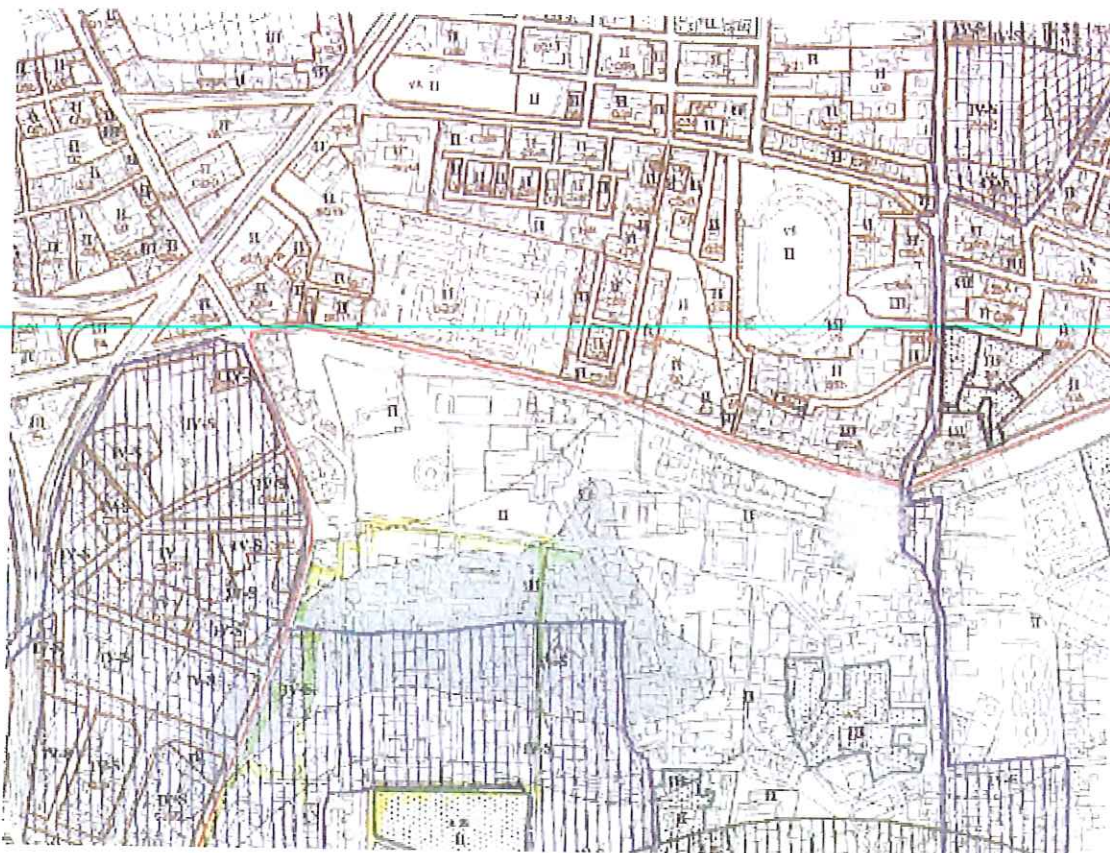


Fig. 7 - "Fattibilità SU"

Fattibilità geologica/geomorfologica (SU)	☐ 1	☒ 2	☐ 3	☐ 4	☐ non presente
Fattibilità idraulica (SU)	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☒ non presente
Presenza negli strumenti di pianificazione di prescrizioni di fattibilità per problematiche di carattere	☐ sì ☒ no				
☐ geologico/geomorfologico ☐ sismico ☐ geotecnico ☐ idraulico					

2 MODELLAZIONE GEOLOGICA DELL'AREA

ANALISI GEOLOGICA, STRATIGRAFICA E STRUTTURALE

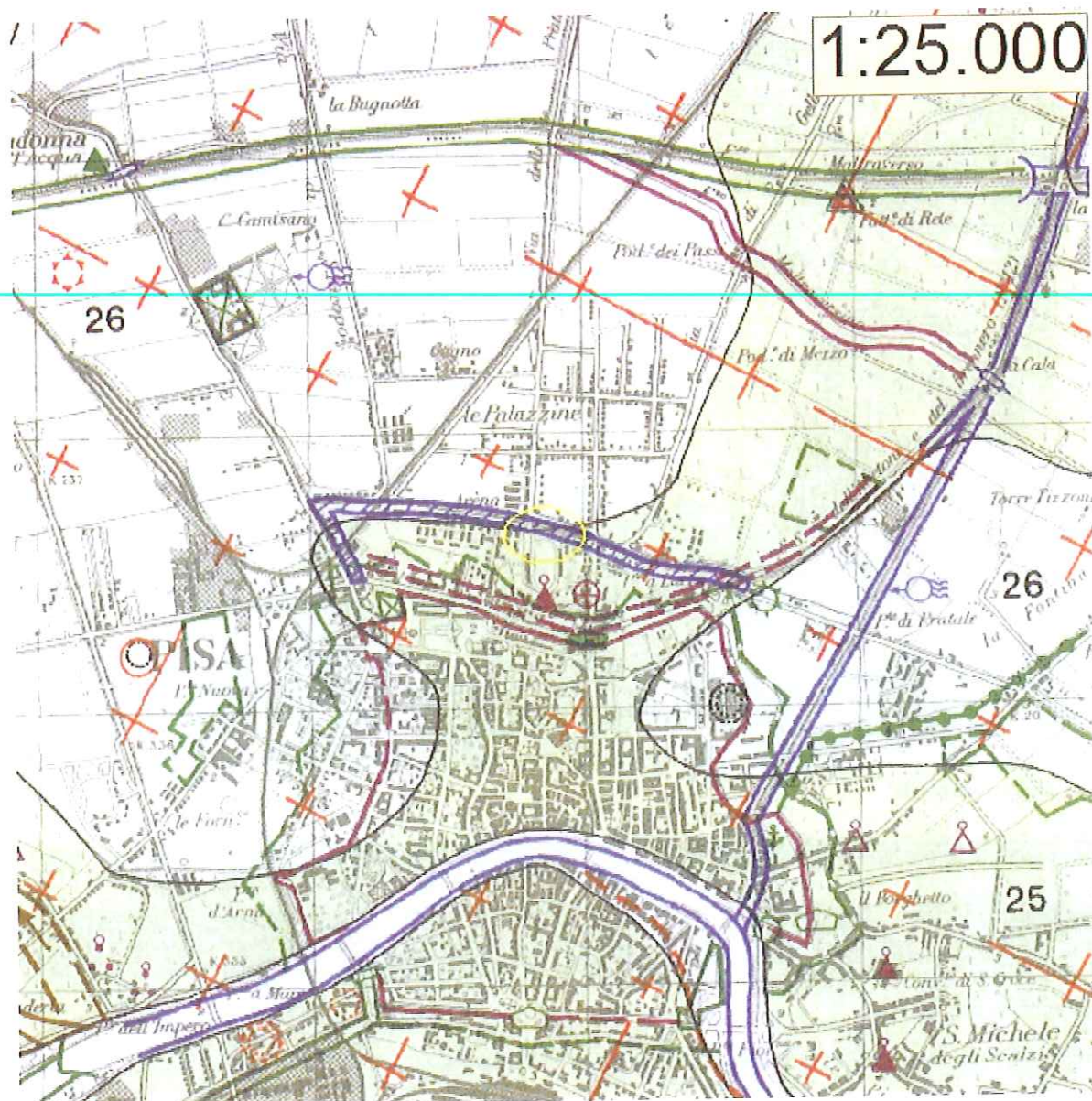


Fig. 12 Carta degli elementi naturalistici e storici della Pianura di Pisa e dei Rilievi Contermini

Per la rappresentazione geologica dell'area è stata presa a riferimento la "Carta degli elementi naturalistici e storici della Pianura di Pisa e dei Rilievi Contermini - scala 1: 25.000" (CNR - Centro di Studi per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino - Pisa - Mazzanti et alii) nella quale si evidenzia che la zona in esame insiste "Depositi alluvionali prevalentemente sabbiosi e limosi (olocene) [25 Verde scuro]

Inoltre è stata presa in esame la "Carta geologica" che accompagna il quadro conoscitivo di supporto alla predisposizione del Piano Strutturale dove sono cartografati e distinti i depositi affioranti in un ampio intorno della zona oggetto di studio per un ambito areale geologicamente significativo, ed in particolare sono rappresentati i seguenti litotipi (cfr. Fig. 13 B_2_4 Carta Geologica Piano Strutturale 1998):

- at - depositi alluvionali prevalentemente argillosi, torbe palustri e depositi di colmata (Olocene).
- la - depositi alluvionali prevalentemente limosi e argillosi (Olocene)

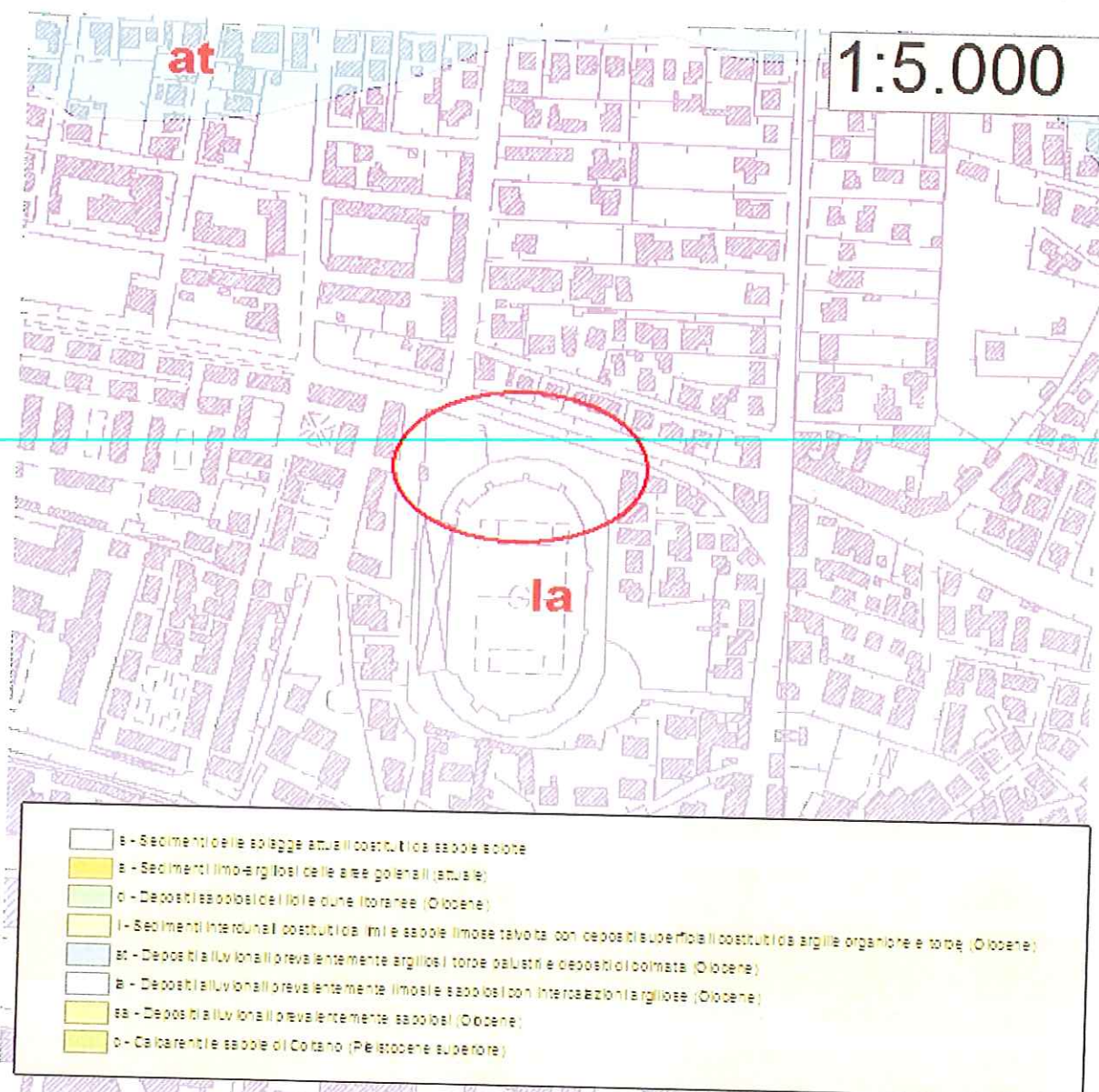


Fig. 13 B_2_4 Carta Geologica Piano Strutturale 1998

CARATTERISTICHE DELL'ACQUIFERO SUPERFICIALE (FALDA FREATICA)

La geometria, lo spessore e l'estensione laterale dei primi acquiferi (falda freatica) non sono note con precisione. Non si tratta infatti di acquiferi continui, bensì di una complessa e discontinua serie di lenti e corpi idrici non sempre in collegamento idraulico laterale e verticale diretto. I livelli con permeabilità significativa, nell'area pisana, si incontrano a profondità variabile tra i 16-18 m. s.l.m. La loro copertura, da impermeabile a semipermeabile indica una ricarica da diretta a indiretta da parte delle precipitazioni che tendono ad infiltrarsi verticalmente nel terreno. L'acquifero freatico è sfruttato in modo limitato.

Il livello piezometrico della falda freatica sempre con riferimenti di indagini nel contorno si colloca a circa 3.00 m dal p.d.c..

INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per tale intervento sono state prese in considerazione indagini effettuate in aree circostanti ed esattamente n° 1 CPT effettuata all'interno del campo di gioco, e un sondaggio ubicato nella tribuna lato nord.



Fig 14 ubicazione indagini di riferimento

☒ Sondaggi	☐ Indagini sismiche in foro
☐ Analisi e prove geotecniche di laboratorio	☐ Indagini sismiche di superficie a rifrazione
☒ Prove penetrometriche	☐ Indagini sismiche di superficie MASW
☐ Saggi con escavatore e/o documentazione affioramenti litostratigrafici	☐ Altro

Considerata l'urgenza di consegnare gli elaborati sono stati utilizzati i dati disponibili nelle banche dati dell'Amministrazione Comunale.

In merito alla categoria del sottosuolo si ritiene, sulla base dei dati in nostro possesso che il terreno possa essere ricondotto alla categoria C.

Risulta evidente che prima di iniziare le procedure di gara è necessario effettuare indagini geognostiche specifiche tali da determinare con certezza le caratteristiche geotecniche e sismiche del sito, anche considerando l'estrema variabilità dei terreni in quell'area.

ANALISI DEL SONDAGGIO

Il sondaggio si è spinto fino alla profondità di 32 m. La stratigrafia risultante è la seguente

Da m	A m	Litologia
0	4.0	Argilla plastica grigia
4.01	8.0	Argilla limosa
8.01	22.0	Argilla plastica grigia
22.01	26.0	Argilla grigia venata marrone
26.01	27.0	Argilla grigia con torba
27.01	28.0	Argilla Grigai
28.01	29.0	Argilla grigia con venature marrone
29.01	30.0	Argilla grigia
30.01	31.0	Argilla grigia con cenni di sabbia
31.01	32.0	Limo grigio

ANALISI DEI RISULTATI DELLE INDAGINI CPT

Dalla prove CPT ubicata nelle vicinanze del sito in oggetto di interesse è stato possibile ricavare le seguenti informazioni geologiche e geotecniche

CPT

Da.	a	Terreno	γ	γ_{sat}	Cu	Mv	Dr (%)	ϕ (°)
(m)	(m)		(Kg/dac)	(t/m ³)	(Kg/cm ²)	cm ² /t		
0.00	0.50	Terreno di riporto						
0.51	1.60	Limo con intercalazione argillose	1.70				44	38
1.61	18.0	Argilla plastica	1.75		0.27	30.9	0	0

La prova CPT analizzata ha evidenziato la presenza di terreni quasi esclusivamente coesivi.

3 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Considerato la variabilità del sottosuolo della pianura pisana e che le caratteristiche geotecniche del terreno superficiale sono state determinate dai dati reperibili nella banca dati, prima di iniziare le procedure di gara è necessario effettuare indagini geognostiche specifiche tali da determinare con certezza le caratteristiche geotecniche e sismiche del sito.



Pisa, 12/11/2016

Dott. Geol. MARCO REDINI



ALLEGATI

INDAGINI GEOGNOSTICHE

sondaggio 1 nord

penetrometro

0,2

0,6

3,5

1,5

0,5

0,7

0,4

0,4

0,5

0,2



0,00

4,00

8,00

22,00

26,00

27,00

28,00

29,00

30,00

31,00

32,00

A. plastica grigia

Limo grigio

A. plastica grigia

A. grigia venata marrone

A. grigia con lenti di torba

A. grigia

A. grigia con venature marroni

A. grigia

A. grigia con lenti di sabbia

Limo grigio

DATA: 08/06/90

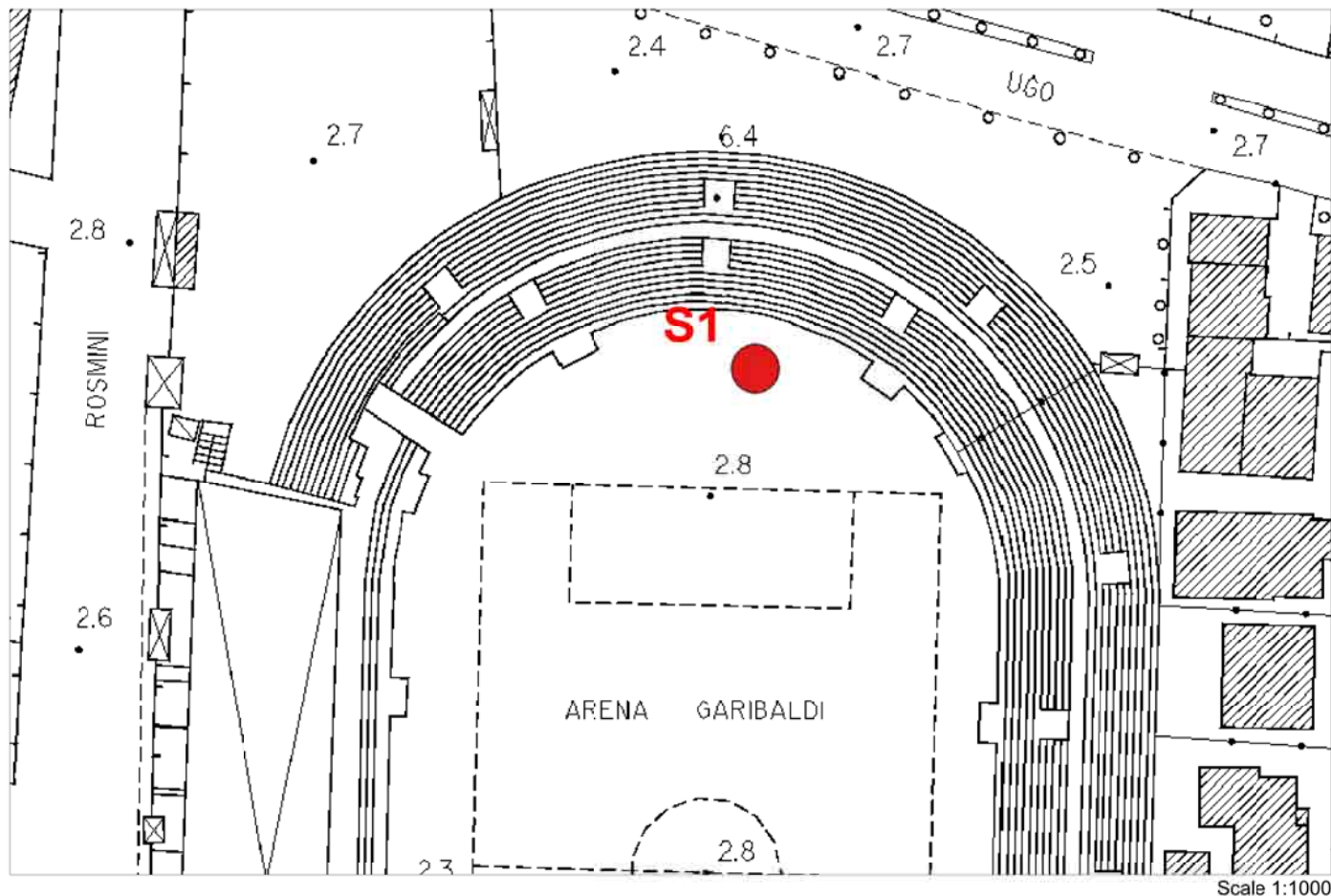
Quota falda: 0.4 m dal p.c.

letture di campagna			valori derivati			parametri geotecnici stimati						
PROFONDITA' [metri]	Rp [Kg/cmq]	Rat [Kg/cmq]	Rat-Rp [Kg/cmq]	RI [Kg/cmq]	Rp/RI	δ [Kg/dac]	σ_{ev} [Kg/cmq]	ϕ [gradi]	D _r [%]	Cu [Kg/cmq]	Sv [cmq/t]	Colonna Stratig.
10.0	6,3	11,3	5	,3	19	1,80	,74	-	-	,22	32,2	=====
10.2	7,4	10,4	3	,2	37	1,80	,76	-	-	,27	27,6	=====
10.4	6,4	11,4	5	,3	19	1,80	,77	-	-	,23	31,8	=====
10.6	7,4	10,4	3	,2	37	1,80	,79	-	-	,26	27,6	=====
10.8	6,4	11,40	5	,3	19	1,80	,80	-	-	,22	31,8	=====
11.0	5,4	10,40	5	,3	16	1,60	,82	-	-	,18	56,2	" " " "
11.2	8,6	11,60	3	,2	43	1,80	,83	-	-	,31	24,7	=====
11.4	6,6	12,60	6	,4	17	1,60	,84	-	-	,23	48,2	" " " "
11.6	8,6	12,60	4	,3	32	1,80	,86	-	-	,31	25,7	=====
11.8	6,6	12,60	6	,4	17	1,60	,87	-	-	,23	48,2	" " " "
12.0	7,6	11,60	4	,3	29	1,80	,89	-	-	,27	28,0	=====
12.2	6,7	10,70	4	,3	25	1,80	,90	-	-	,23	30,7	=====
12.4	7,7	12,70	5	,3	23	1,80	,92	-	-	,27	27,7	=====
12.6	7,7	12,70	5	,3	23	1,80	,94	-	-	,27	27,7	=====
12.8	7,7	11,70	4	,3	29	1,80	,95	-	-	,27	27,7	=====
13.0	6,7	11,70	5	,3	20	1,80	,97	-	-	,23	30,7	=====
13.2	6,8	11,80	5	,3	20	1,80	,98	-	-	,23	30,3	=====
13.4	6,8	12,80	6	,4	17	1,80	1	-	-	,23	30,3	=====
13.6	6,8	10,80	4	,3	26	1,80	1,02	-	-	,23	30,3	=====
13.8	5,8	10,80	5	,3	17	1,60	1,03	-	-	,19	53,1	" " " "
14.0	6,8	11,80	5	,3	20	1,80	1,04	-	-	,23	30,3	=====
14.2	7,9	11,90	4	,3	30	1,80	1,06	-	-	,27	27,2	=====
14.4	8,9	12,90	4	,3	33	1,80	1,08	-	-	,31	25,1	=====
14.6	6,9	12,90	6	,4	17	1,80	1,09	-	-	,23	30,0	=====
14.8	7,9	12,90	5	,3	24	1,80	1,11	-	-	,27	27,2	=====
15.0	7,9	12,90	5	,3	24	1,80	1,12	-	-	,27	27,2	=====
15.2	8,1	13,10	5	,3	24	1,80	1,14	-	-	,28	26,7	=====
15.4	8,1	13,10	5	,3	24	1,80	1,16	-	-	,28	26,7	=====
15.6	8,1	13,10	5	,3	24	1,80	1,17	-	-	,28	26,7	=====
15.8	8,1	13,10	5	,3	24	1,80	1,19	-	-	,28	26,7	=====
16.0	8,1	12,10	4	,3	30	1,80	1,20	-	-	,28	26,7	=====
16.2	8,2	13,20	5	,3	25	1,80	1,22	-	-	,28	26,5	=====
16.4	8,2	13,20	5	,3	25	1,80	1,24	-	-	,28	26,5	=====
16.6	9,2	14,20	5	,3	28	1,80	1,25	-	-	,32	24,6	=====
16.8	8,2	13,20	5	,3	25	1,80	1,27	-	-	,28	26,5	=====
17.0	8,2	13,20	5	,3	25	1,80	1,28	-	-	,28	26,5	=====
17.2	8,3	13,30	5	,3	25	1,80	1,30	-	-	,28	26,3	=====
17.4	9,3	13,30	4	,3	35	1,80	1,32	-	-	,32	24,4	=====
17.6	9,3	13,30	4	,3	35	1,80	1,33	-	-	,32	24,4	=====
17.8	8,3	13,30	5	,3	25	1,80	1,35	-	-	,28	26,3	=====
18.0	9,3	14,30	5	,3	28	1,80	1,36	-	-	,32	24,4	=====

Quota falda: 0.4 m dal p.c.

PROFONDITA' [metri]	letture di campagna		valori derivati			parametri geotecnici stimati						Colonna Stratig.
	Rp [Kg/cm ²]	Rat [Kg/cm ²]	Rat-Rp [Kg/cm ²]	Rl [Kg/cm ²]	Rp/Rl	δ [Kg/dmc]	σ_{av} [Kg/cm ²]	ϕ [gradi]	Dr [%]	Cu [Kg/cm ²]	Nv [cm/t]	
0.2						1,80	,04	-	-	-	-	
0.4						1,80	,05	-	-	-	-	
0.6	9,1	10,1	1	,1	137	1,60	,06	39	48	-	36,6	XXXXXXXXXX
0.8	12,1	15,1	3	,2	61	1,60	,08	39	54	-	27,5	XXXXXXXXXX
1.0	12,1	15,1	3	,2	61	1,60	,09	39	50	-	27,5	XXXXXXXXXX
1.2	16,3	22,3	6	,4	41	1,80	,10	-	-	,65	17,3	XXXXXXXXXX
1.4	20,3	26,3	6	,4	51	1,80	,12	40	61	-	16,4	XXXXXXXXXX
1.6	18,3	22,3	4	,3	69	1,60	,13	39	55	-	18,2	XXXXXXXXXX
1.8	16,3	26,3	10	,7	24	1,90	,15	-	-	,65	19,4	XXXXXXXXXX
2.0	14,3	24,3	10	,7	21	1,90	,17	-	-	,57	19,9	XXXXXXXXXX
2.2	9,4	20,4	11	,7	13	1,60	,18	-	-	,37	38,3	"..".
2.4	8,4	17,4	9	,6	14	1,60	,19	-	-	,33	40,9	"..".
2.6	6,4	12,4	6	,4	16	1,60	,20	-	-	,25	49,3	"..".
2.8	5,4	9,4	4	,3	20	1,80	,22	-	-	,21	36,3	XXXXXXXXXX
3.0	5,4	10,4	5	,3	16	1,60	,23	-	-	,21	56,2	"..".
3.2	13,5	17,4	3,90	,3	52	1,60	,24	34	31	-	24,7	XXXXXXXXXX
3.4	11,5	16,5	5	,3	35	1,80	,26	-	-	,45	20,3	XXXXXXXXXX
3.6	10,5	14,5	4	,3	39	1,80	,28	-	-	,41	21,5	XXXXXXXXXX
3.8	8,5	11,5	3	,2	43	1,80	,29	-	-	,33	24,9	XXXXXXXXXX
4.0	6,5	10,5	4	,3	24	1,80	,31	-	-	,25	31,4	XXXXXXXXXX
4.2	6,6	11,6	5	,3	20	1,80	,32	-	-	,25	31,0	XXXXXXXXXX
4.4	7,6	11,6	4	,3	29	1,80	,34	-	-	,29	28,0	XXXXXXXXXX
4.6	4,6	9,6	5	,3	14	1,50	,35	-	-	,17	63,9	"..".
4.8	6,6	10,6	4	,3	25	1,80	,37	-	-	,25	31,0	XXXXXXXXXX
5.0	5,6	9,6	4	,3	21	1,80	,38	-	-	,21	35,3	XXXXXXXXXX
5.2	8,8	11,8	3	,2	44	1,80	,40	-	-	,34	24,3	XXXXXXXXXX
5.4	6,8	11,8	5	,3	20	1,80	,41	-	-	,26	30,3	XXXXXXXXXX
5.6	5,8	9,8	4	,3	22	1,80	,43	-	-	,21	34,3	XXXXXXXXXX
5.8	7,8	10,8	3	,2	39	1,80	,45	-	-	,29	26,5	XXXXXXXXXX
6.0	7,8	10,8	3	,2	39	1,80	,46	-	-	,29	26,5	XXXXXXXXXX
6.2	6,9	11,9	5	,3	21	1,80	,48	-	-	,26	30,0	XXXXXXXXXX
6.4	10,9	12,9	2	,1	82	1,60	,49	28	8	-	30,6	XXXXXXXXXX
6.6	8,9	12,9	4	,3	33	1,80	,51	-	-	,34	25,1	XXXXXXXXXX
6.8	6,9	12,9	6	,4	17	1,80	,52	-	-	,26	30,0	XXXXXXXXXX
7.0	8,9	12,9	4	,3	33	1,80	,54	-	-	,33	25,1	XXXXXXXXXX
7.2	8	13	5	,3	24	1,80	,55	-	-	,30	27,0	XXXXXXXXXX
7.4	8	14	6	,4	20	1,80	,57	-	-	,30	27,0	XXXXXXXXXX
7.6	7	12	5	,3	21	1,80	,59	-	-	,26	29,7	XXXXXXXXXX
7.8	18	21	3	,2	90	1,60	,60	30	21	-	18,5	XXXXXXXXXX
8.0	6	12	6	,4	15	1,60	,61	-	-	,22	51,8	"..".
8.2	10,2	15,2	5	,3	31	1,90	,63	-	-	,38	23,1	XXXXXXXXXX
8.4	9,2	20,2	11	,7	13	1,60	,64	-	-	,34	38,8	"..".
8.6	12,2	17,2	5	,3	37	1,80	,66	-	-	,46	19,7	XXXXXXXXXX
8.8	11,2	19,2	8	,5	21	1,90	,67	-	-	,42	22,0	XXXXXXXXXX
9.0	5,2	13,3	8,10	,5	10	1,60	,69	-	-	,18	57,9	"..".
9.2	6,3	11,3	5	,3	19	1,80	,70	-	-	,22	32,2	XXXXXXXXXX
9.4	6,3	12,3	6	,4	16	1,60	,71	-	-	,22	49,9	"..".
9.6	6,3	12,3	6	,4	16	1,60	,73	-	-	,22	49,9	"..".
9.8	5,3	9,3	4	,3	20	1,80	,74	-	-	,18	36,9	XXXXXXXXXX

Ubicazione Prova sismica Down Hole



Scale 1:1000

Legenda



Down Hole



Cliente:

Mesa srl

Data acquisizione: 31/01/20167

Acquisizione: A. Bianchi

Data processing: 01/02/2017

Approvato:

A. Bianchi

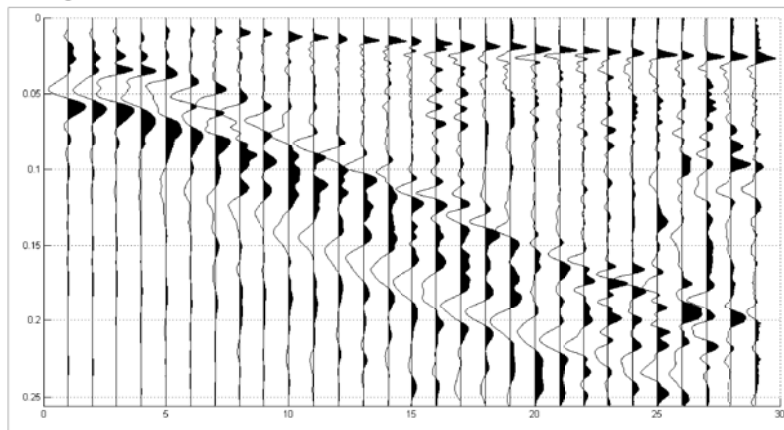
S. Sartini

Formato: A4

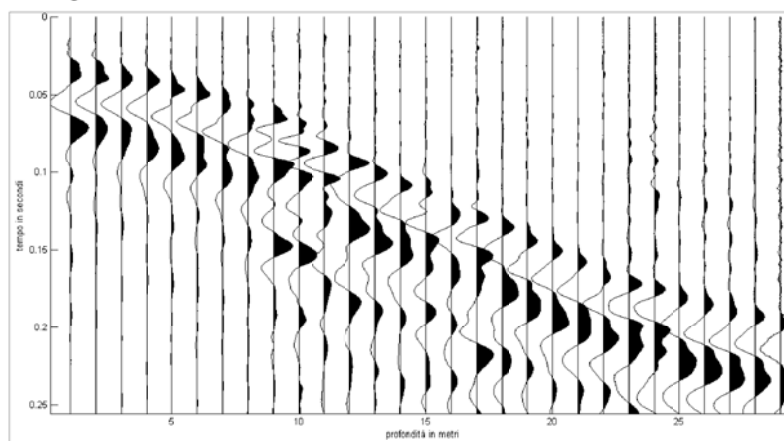
Revisione: 00

pag 1

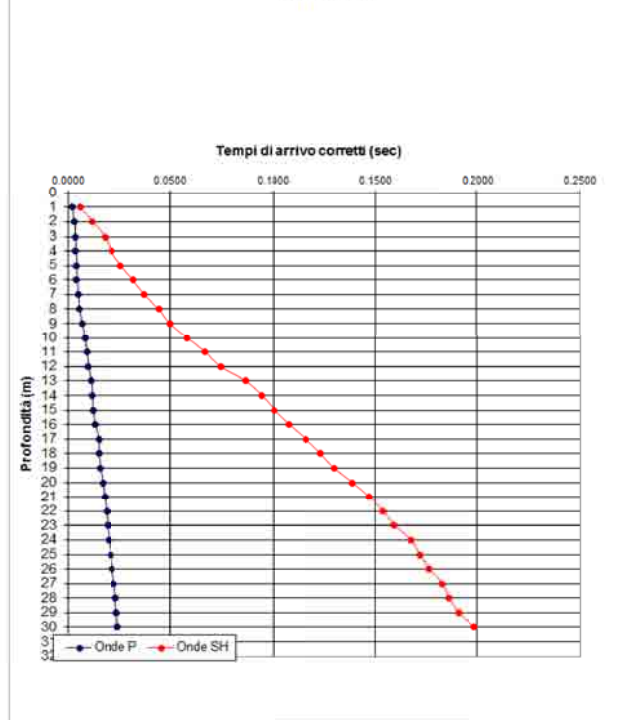
Sismogramma onde P



Sismogramma onde SH



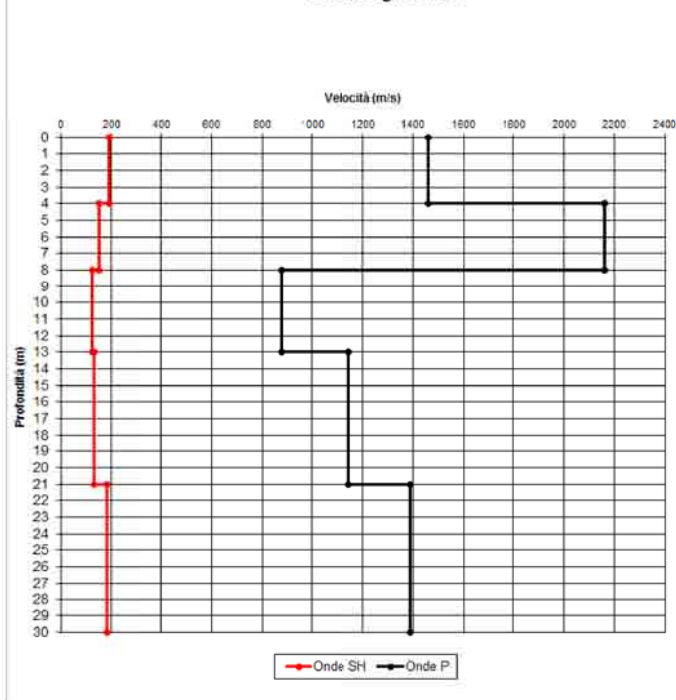
Dromocrone



Profondità (m dal p.c.)	Vel Onde SH (m/sec)
0.00-4.00	190
4.00-8.00	152
8.00-13.00	123
13.00-21.00	133
21.00-30.00	182

Profondità (m dal p.c.)	Vel Onde P (m/sec)
0.00-4.00	1460
4.00-8.00	2163
8.00-13.00	878
13.00-21.00	1146
21.00-30.00	1390

Velocità degli strati



Cliente:

Mesa srl

Data acquisizione: 31/01/20167

Acquisizione: A. Bianchi

Data processing: 01/02/2017

Approvato:

A. Bianchi

S. Sartini

Formato: A4

Revisione: 00

pag 2



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

LABOTER s.n.c. di Paolo Tognelli e C. Lab. Geotecnico - C.S.LL.PP. Decr.2436/13

Committente :	MESA per Comune di Pisa
Cantiere :	Arena Garibaldi - Pisa (PI)
Verbale Accettazione n° :	21 del 19/01/2017
Data Certificazione :	14/02/2017
Campioni n°:	2
Certificati da n° a n° :	00428 a 00440



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

Riferimento			Caratteristiche fisiche							Limiti di consistenza				Granulometria				Classificazione	Compr.	Taglio diretto			Triax CD		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	ϕ °	c kPa	24,6 kPa	49,2 kPa	98,4 kPa	196,8 kPa	393,6 kPa	
	1	4.7-5.2	27,0	19,3	15,2	19,4	0,74	42,6	98,1	42,0	21,0	21,0	0,72		33,4	49,6	17,0	A7-6 - I.G. = 11	48,4	24,9	8	23,0	7	3263	2889	3485	5365	9149	
	2	15.0-15.5	51,9	16,7	11,0	16,7	1,41	58,5	99,2	44,9	28,6	16,3	-0,43		1,0	41,1	57,9	A7-6 - I.G. = 12						2742	617	1570	3116	5742	

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA : 35)MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE:	MESA per Comune di Pisa		
RIFERIMENTO:	Arena Garibaldi - Pisa (PI)		
SONDAGGIO:	CAMPIONE:	1	PROFONDITA': m 4.7-5.2

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	27,0	%
Peso di volume	19,3	kN/m ³
Peso di volume secco	15,2	kN/m ³
Peso di volume saturo	19,4	kN/m ³
Peso specifico	26,5	kN/m ³
Indice dei vuoti	0,742	
Porosità	42,6	%
Grado di saturazione	98,1	%
Limite di liquidità	42,0	%
Limite di plasticità	21,0	%
Indice di plasticità	21,0	%
Indice di consistenza	0,72	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A7-6	I.G. = 11

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia		%
Sabbia	33,4	%
Limo	49,6	%
Argilla	17,0	%
D 10	0,000823	mm
D 50	0,038309	mm
D 60	0,057406	mm
D 90	0,225448	mm
Passante set. 10	99,8	%
Passante set. 42	96,9	%
Passante set. 200	66,6	%

PERMEABILITA'

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

COMPRESSIONE

σ	48	kPa
c_u	24	kPa
σ_{Rim}		kPa
$c_u Rim$		kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta		
c	7,8	kPa
ϕ	24,9	°
c_{Res}		kPa
ϕ_{Res}		°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	C_d	7	kPa	ϕ_d	23,0	°
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
12,3 ÷ 24,5	3263	0,000621	1,87E-08
24,5 ÷ 49,0	2889	0,000796	2,70E-08
49,0 ÷ 98,1	3485	0,001196	3,37E-08
98,1 ÷ 196,2	5365	0,001611	2,94E-08
196,2 ÷ 392,3	9149	0,001916	2,05E-08
392,3 ÷ 784,6	16374	0,001826	1,09E-08
784,6 ÷ 1569,3	27131	0,002087	7,54E-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	TX	ED	GR	CS	TD	0					
						10	30			Argilla limosa plastica	
						20	20		22		
						30	20		30	Limo sabbioso molle Munsell Soil Color Charts : 5Y 5/6 oliva	
						40	50			Limo sabbioso Munsell Soil Color Charts : GLEY1 5/1 grigio verdastro	
						50	55		50		
						60	75		66	Limo con sabbia argilloso Munsell Soil Color Charts : GLEY1 4/1 grigio verdastro scuro	

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA : 35)MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00431	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 14/02/17	Inizio analisi: 01/02/17
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 21 del 19/01/17		Apertura campione: 24/01/17	Fine analisi: 04/02/17

COMMITTENTE: MESA per Comune di Pisa
RIFERIMENTO: Arena Garibaldi - Pisa (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 4.7-5.2

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: HRB

ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	99,8	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	96,9	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	66,6	%

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	42,0	%
Limite di plasticità	21,0	%
Indice di plasticità	21,0	%

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A7-6**INDICE DI GRUPPO: 11**

Tipi usuali dei materiali principali:

Argille fortemente compressibili fortemente plastiche

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA : 35)MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00428	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/02/17	Inizio analisi: 24/01/17
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 21 del 19/01/17		Apertura campione: 24/01/17	Fine analisi: 25/01/17

COMMITTENTE: MESA per Comune di Pisa
RIFERIMENTO: Arena Garibaldi - Pisa (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 4.7-5.2

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

W_n = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 27,0 %

Struttura del materiale:

☐ Omogeneo☒ Stratificato☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA : 35)MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00429	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/02/17	Inizio analisi: 24/01/17
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 21 del 19/01/17		Apertura campione: 24/01/17	Fine analisi: 24/01/17

COMMITTENTE: MESA per Comune di Pisa
RIFERIMENTO: Arena Garibaldi - Pisa (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 4.7-5.2

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 (media delle due misure) = 19,3 kN/m³

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA: 35)MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00430** Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 21 del 19/01/17

DATA DI EMISSIONE: 14/02/17

Inizio analisi: 06/02/17

Apertura campione: 24/01/17

Fine analisi: 07/02/17

COMMITTENTE: MESA per Comune di Pisa

RIFERIMENTO: Arena Garibaldi - Pisa (PI)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 4.7-5.2

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-84

Limite di liquidità	42,0	%
Limite di plasticità	21,0	%
Indice di plasticità	21,0	%
Indice di consistenza	0,72	
Passante al set. n° 40	SI	

C - Argille inorganiche

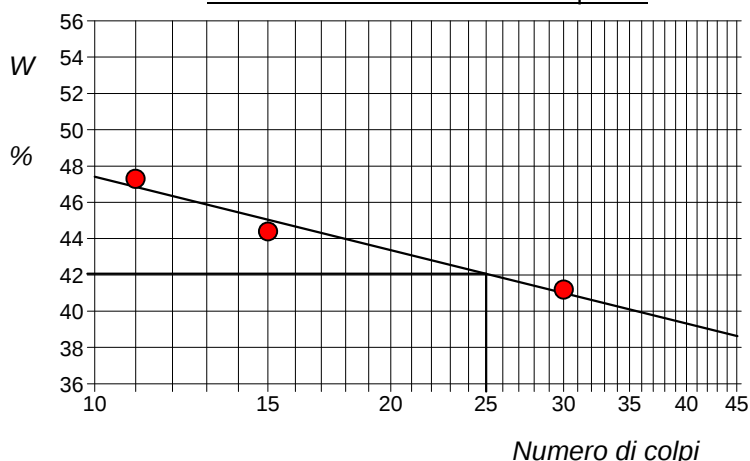
M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

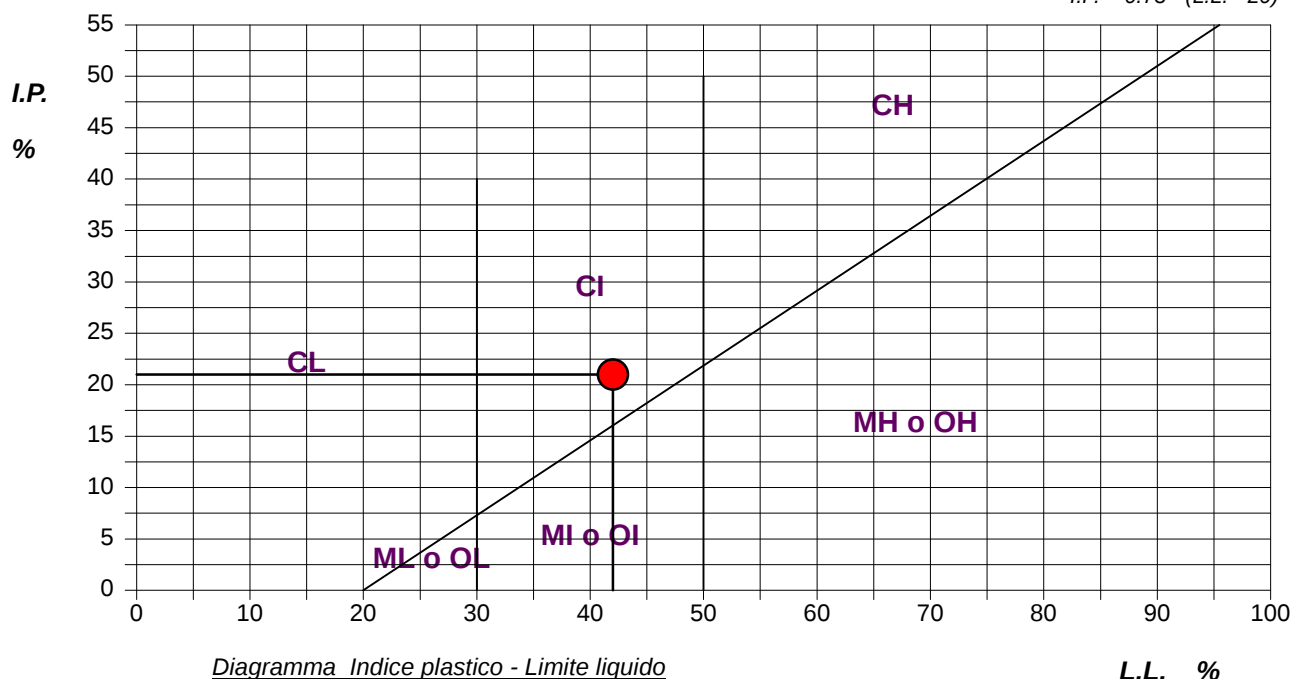
L - Bassa compressibilità

I - Media compressibilità

H - Alta compressibilità

Determinazione del Limite di liquiditàABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

I.P. = 0.73 · (L.L. - 20)



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA: 35)MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00431** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 21 del 19/01/17

DATA DI EMISSIONE: 14/02/17

Inizio analisi: 01/02/17

Apertura campione: 24/01/17

Fine analisi: 04/02/17

COMMITTENTE: MESA per Comune di Pisa

RIFERIMENTO: Arena Garibaldi - Pisa (PI)

SONDAGGIO:

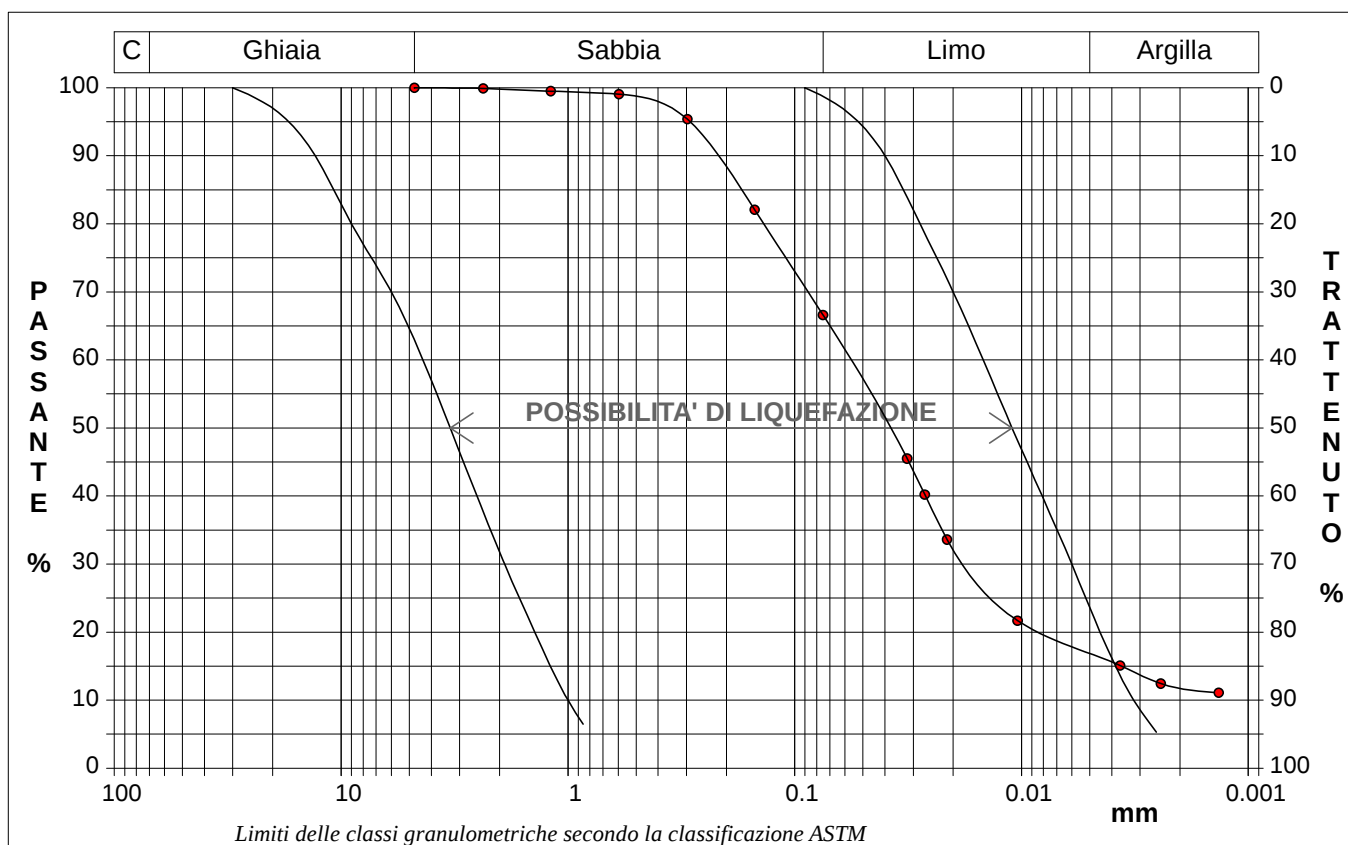
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 4.7-5.2

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99,8 %	D10	0,00082 mm	
Sabbia	33,4 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	96,9 %	D30	0,01715 mm	
Limo	49,6 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	66,6 %	D50	0,03831 mm	
Argilla	17,0 %			D60	0,05741 mm	
Coefficiente di uniformità		69,79	Coefficiente di curvatura	6,23	D90	0,22545 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
4,7500	100,00	0,1500	82,07	0,0104	21,69				
2,3600	99,88	0,0750	66,61	0,0037	15,08				
1,1900	99,48	0,0319	45,50	0,0024	12,43				
0,5950	99,06	0,0267	40,21	0,0013	11,11				
0,2970	95,37	0,0213	33,60						

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA : 35)MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00432** Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 21 del 19/01/17

DATA DI EMISSIONE: 14/02/17

Inizio analisi: 25/01/17

Apertura campione: 24/01/17

Fine analisi: 06/02/17

COMMITTENTE: MESA per Comune di Pisa

RIFERIMENTO: Arena Garibaldi - Pisa (PI)

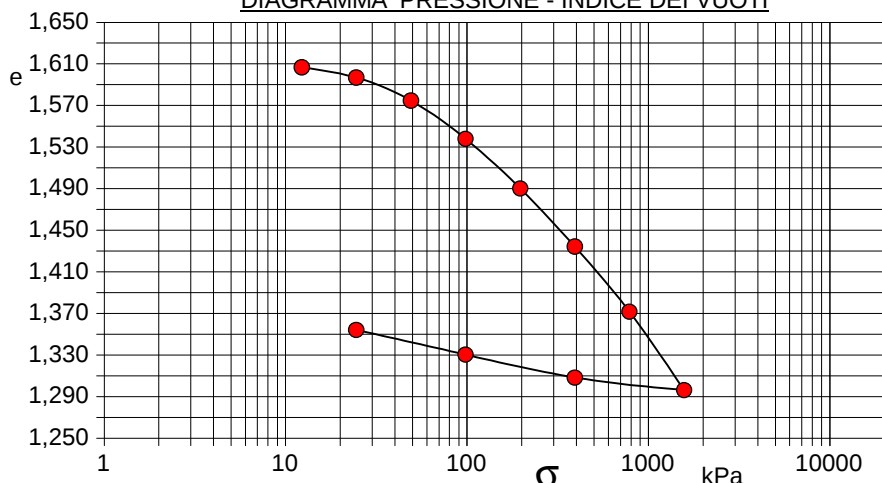
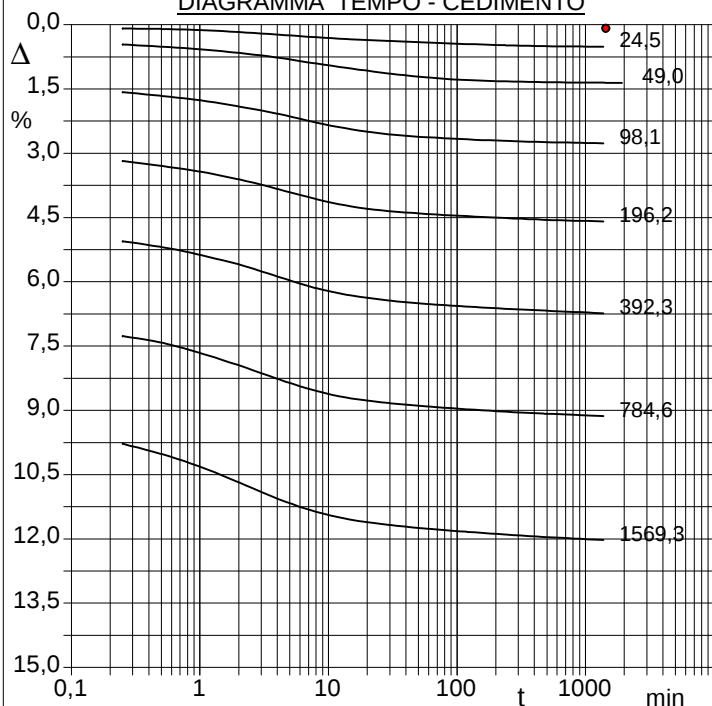
SONDAGGIO:

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 4.7-5.2

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Caratteristiche del campionePeso di volume (kN/m³) 19,69
Umidità (%) 28,3
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) 16,50
Indice dei vuoti 0,72
Porosità (%) 42,02
Saturazione (%) 100,0**DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI****DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO**

Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc
12,3	3,4	1,607	
24,5	12,8	1,597	0,033
49,0	34,0	1,575	0,074
98,1	69,2	1,538	0,122
196,2	114,9	1,490	0,159
392,3	168,5	1,434	0,186
784,6	228,4	1,372	0,208
1569,3	300,7	1,296	0,251
392,3	289,1	1,308	
98,1	268,0	1,330	
24,5	245,3	1,354	



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

DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA : 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00432	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 14/02/17	Inizio analisi: 25/01/17
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 21 del 19/01/17		Apertura campione: 24/01/17	Fine analisi: 06/02/17

COMMITTENTE: MESA per Comune di Pisa
RIFERIMENTO: Arena Garibaldi - Pisa (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 4.7-5.2

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 24,5 kPa				Pressione 49,0 kPa				Pressione 98,1 kPa				Pressione 196,2 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	2,1			0,02	12,8	2160,00	34,0	0,02	34,0			0,02	69,2		
0,25	2,2			0,25	11,6			0,25	39,3			0,25	79,6		
0,50	2,5			0,50	12,8			0,50	41,5			0,50	82,4		
1,00	3,1			1,00	14,4			1,00	44,1			1,00	85,7		
2,00	4,3			2,00	16,5			2,00	47,7			2,00	90,2		
4,00	5,7			4,00	19,2			4,00	51,9			4,00	95,8		
8,00	7,3			8,00	22,6			8,00	57,0			8,00	101,7		
15,00	8,5			15,00	25,6			15,00	61,0			15,00	106,0		
30,00	9,5			30,00	28,5			30,00	64,0			30,00	108,8		
60,00	10,4			60,00	30,8			60,00	65,7			60,00	110,5		
120,00	11,3			120,00	32,3			120,00	66,9			120,00	111,7		
240,00	12,0			240,00	33,1			240,00	67,8			240,00	112,8		
480,00	12,5			480,00	33,5			480,00	68,5			480,00	113,8		
900,00	12,7			900,00	33,7			900,00	68,9			900,00	114,4		
1200,00	12,8			1200,00	33,8			1200,00	69,1			1200,00	114,7		
1440,00	12,8			1440,00	33,9			1439,98	69,2			1440,00	114,9		
				1920,00	34,0										

Pressione 392,3 kPa				Pressione 784,6 kPa				Pressione 1569,3 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	114,9			0,02	168,5			0,02	228,4						
0,25	126,4			0,25	181,7			0,25	244,5						
0,50	129,7			0,50	185,5			0,50	250,5						
1,00	134,3			1,00	191,5			1,00	257,9						
2,00	139,9			2,00	198,7			2,00	267,0						
4,00	146,9			4,00	206,6			4,00	276,5						
8,00	153,7			8,00	213,6			8,00	284,2						
15,00	158,0			15,00	218,0			15,00	288,8						
30,00	161,0			30,00	220,8			30,00	291,9						
60,00	163,0			60,00	222,8			60,00	294,1						
120,00	164,5			120,00	224,4			120,00	295,9						
240,00	165,7			240,00	225,8			240,00	297,5						
480,00	166,8			480,00	226,9			480,00	298,9						
900,00	167,7			900,00	227,8			900,00	299,9						
1200,00	168,2			1200,00	228,2			1200,00	300,5						
1440,00	168,5			1440,00	228,4			1440,00	300,7						

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA : 35)MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00433** Pagina 1/1
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 21 del 19/01/17DATA DI EMISSIONE: 14/02/17 Inizio analisi: 25/01/17
Apertura campione: 24/01/17 Fine analisi: 25/01/17

COMMITTENTE: MESA per Comune di Pisa

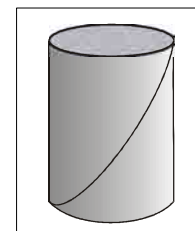
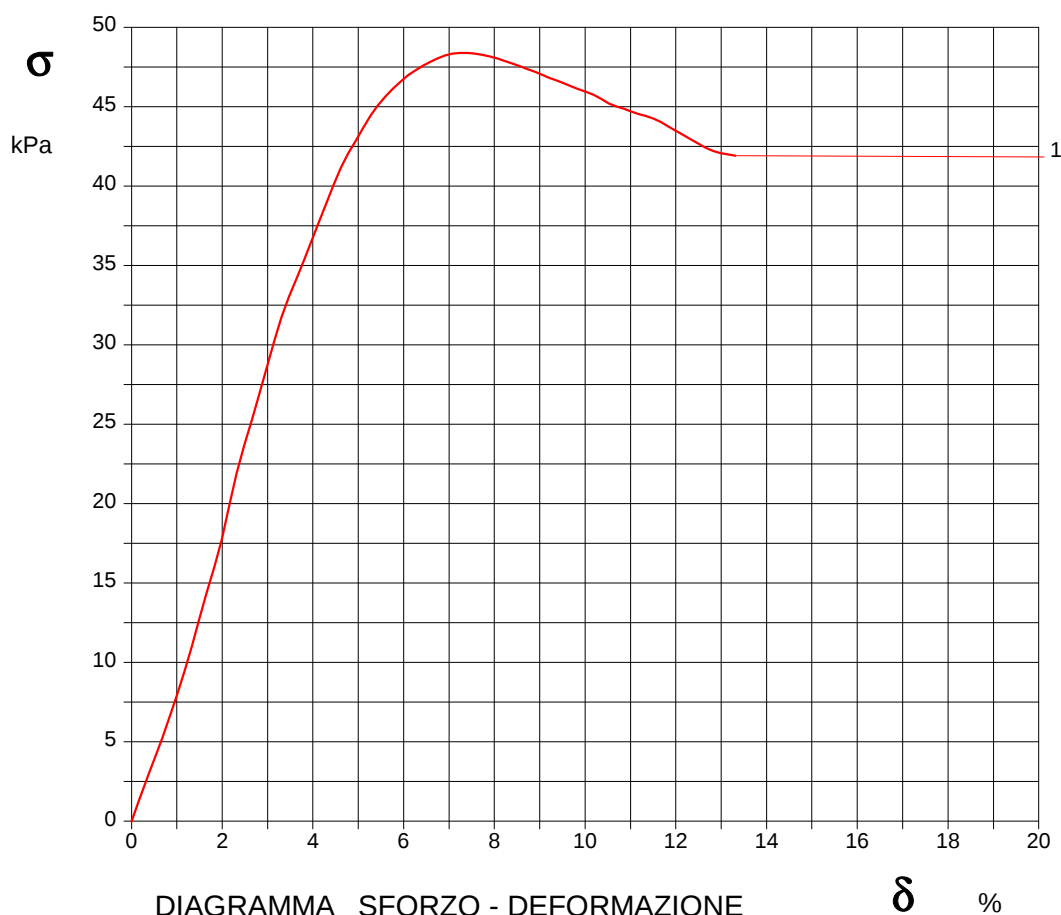
RIFERIMENTO: Arena Garibaldi - Pisa (PI)

SONDAGGIO: CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 4.7-5.2

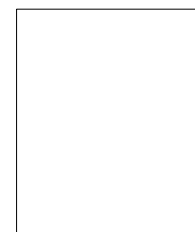
PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-85

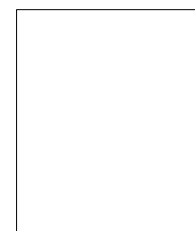
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	-----	-----
Velocità di deformazione (mm/min):	1,000	-----	-----
Altezza (cm):	7,62	-----	-----
Sezione (cm²):	11,58	-----	-----
Peso di volume (kN/m³):	18,9	-----	-----
Umidità naturale (%):	29,2	-----	-----



Provino 1



Provino 2



Provino 3

Moduli di elasticità kPa	Tangente	Provino 1: 784	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. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA : 35)MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00433	Pagina 0/1	DATA DI EMISSIONE: 14/02/17	Inizio analisi: 25/01/17
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 21 del 19/01/17		Apertura campione: 24/01/17	Fine analisi: 25/01/17

COMMITTENTE: MESA per Comune di Pisa
RIFERIMENTO: Arena Garibaldi - Pisa (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 4.7-5.2

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-85

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	2,7	12,82	42,2								
0,68	5,3	13,15	42,0								
1,01	8,0	13,47	41,8								
1,33	11,1										
1,66	14,4										
1,99	17,8										
2,32	21,9										
2,65	25,2										
2,97	28,5										
3,30	31,7										
3,63	34,1										
3,96	36,5										
4,29	38,8										
4,62	41,2										
4,94	42,9										
5,27	44,5										
5,60	45,6										
5,93	46,6										
6,26	47,3										
6,58	47,8										
6,91	48,2										
7,24	48,4										
7,57	48,3										
7,90	48,2										
8,22	47,9										
8,55	47,6										
8,88	47,2										
9,21	46,8										
9,54	46,5										
9,86	46,1										
10,19	45,8										
10,52	45,2										
10,85	44,9										
11,18	44,5										
11,50	44,3										
11,83	43,8										
12,16	43,2										
12,49	42,7										

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA : 35)MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00434** Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 21 del 19/01/17

DATA DI EMISSIONE: 14/02/17

Inizio analisi: 01/02/17

Apertura campione: 24/01/17

Fine analisi: 05/02/17

COMMITTENTE: MESA per Comune di Pisa

RIFERIMENTO: Arena Garibaldi - Pisa (PI)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 4.7-5.2

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-72

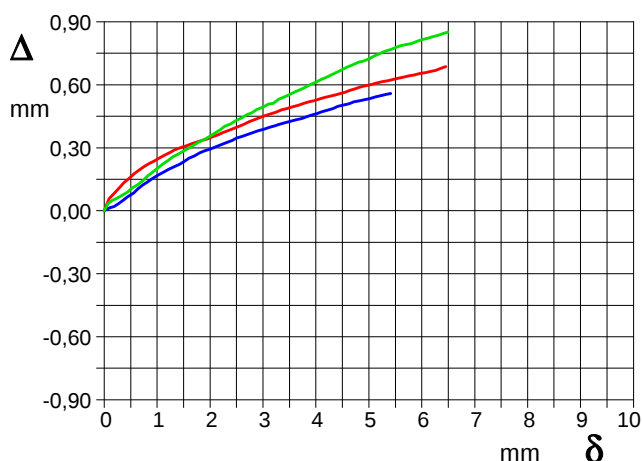
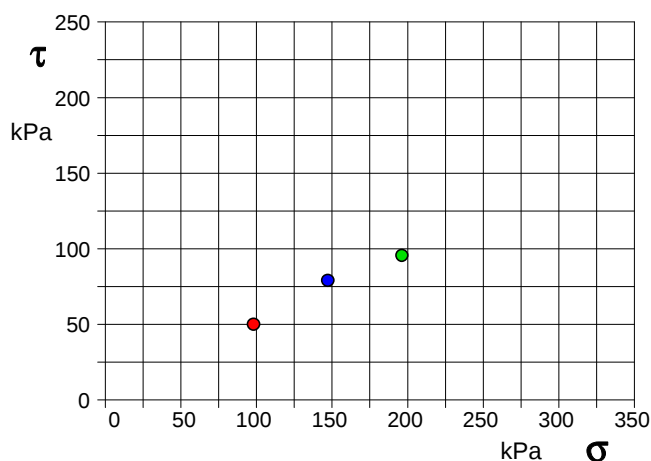
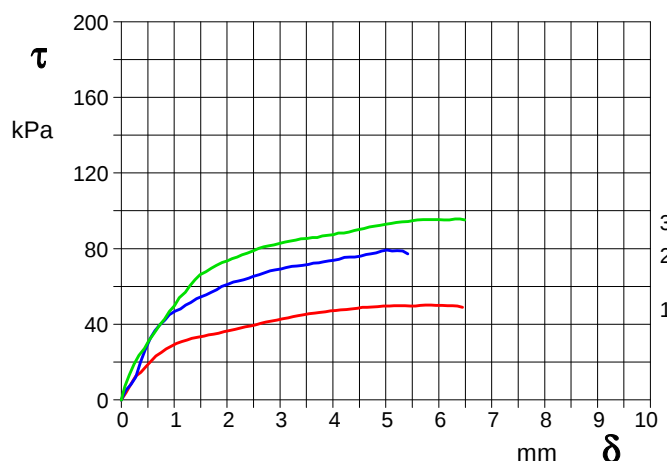
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	147	196
Tensione a rottura (kPa):	50	79	96
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	5,75	5,02	6,31
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,64	0,54	0,84
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 28,1	--- 27,1	--- 27,5
Peso di volume (kN/m³):	19,5	19,5	18,9

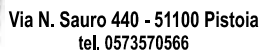
DIAGRAMMATensione - Pressione verticale

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,010 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24

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



Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-72

SGEO - Laboratorio 4.5 - 2016

Lo sperimentatore
Dott. Geologo Paolo Tognelli

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

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA : 35)MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00434** Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 21 del 19/01/17

DATA DI EMISSIONE: 14/02/17

Inizio analisi: 01/02/17

Apertura campione: 24/01/17

Fine analisi: 05/02/17

COMMITTENTE: MESA per Comune di Pisa

RIFERIMENTO: Arena Garibaldi - Pisa (PI)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: 1

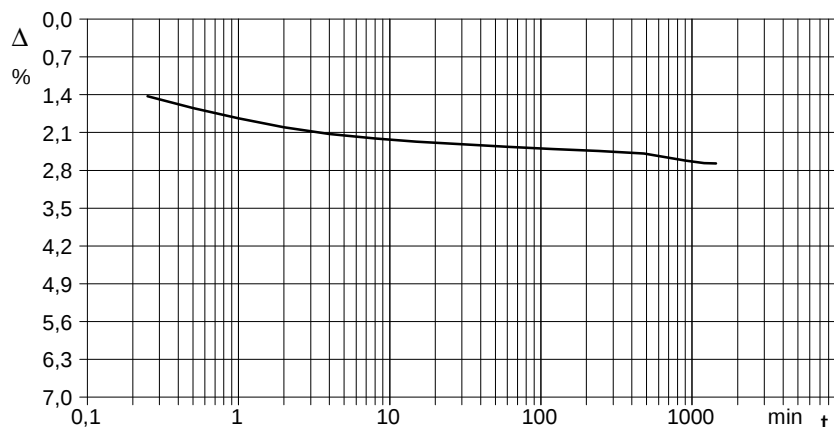
PROFONDITA': m 4.7-5.2

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

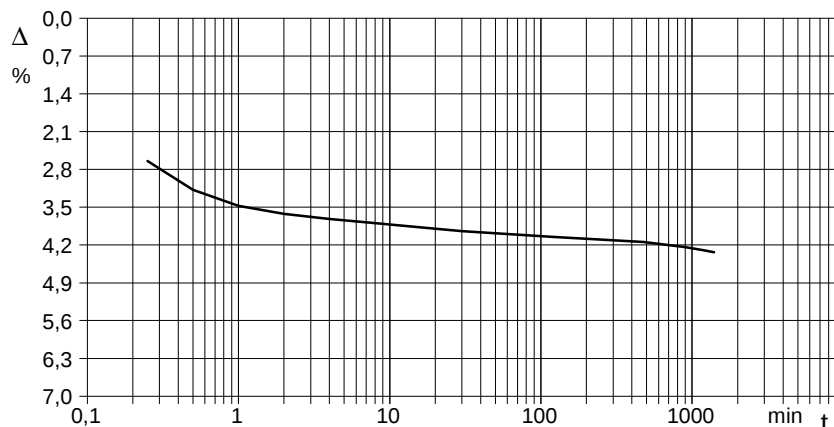
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-72

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 1**

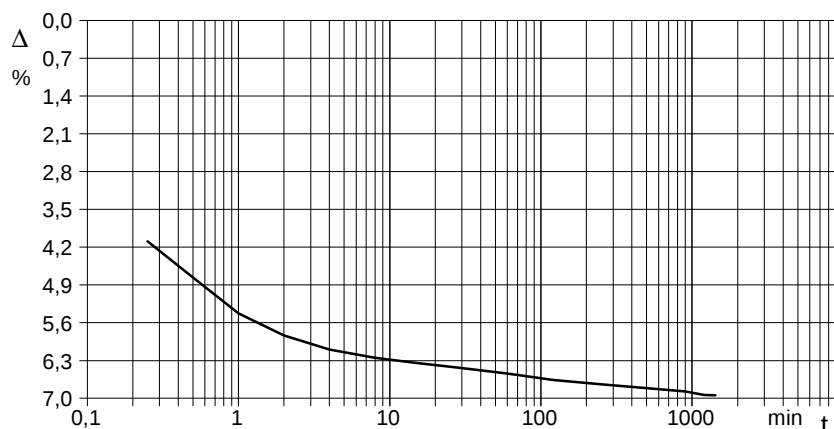
Pressione (kPa)	98
Altezza iniziale (cm)	1,97
Altezza finale (cm)	1,92
Sezione (cm ²)	31,67
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 2**

Pressione (kPa)	147
Altezza iniziale (cm)	1,98
Altezza finale (cm)	1,89
Sezione (cm ²)	31,64
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 3**

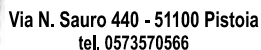
Pressione (kPa)	196
Altezza iniziale (cm)	2,03
Altezza finale (cm)	1,89
Sezione (cm ²)	31,57
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



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

tf = 50 x T₅₀

Vs = Df / tf



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA : 35)MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00435	Pagina 1/3	DATA DI EMISSIONE: 14/02/17	Inizio analisi: 31/01/17
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 21 del 19/01/17		Apertura campione: 24/01/17	Fine analisi: 07/02/17

COMMITTENTE: MESA per Comune di Pisa
RIFERIMENTO: Arena Garibaldi - Pisa (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 4.7-5.2

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE C.I.D.

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1994 - Cap. 4

TABELLA RIASSUNTIVA DEI DATI DELLA PROVA

PROVINO	1	2	3	PROVINO	1	2	3
Condizioni	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato	Pressioni iniziali			
Caratteristiche iniziali dei provini				Pressione di cella (kPa)	200	300	400
Massa (g)	169,44	170,78	173,21	Back pressure (kPa)	100	100	100
Altezza (cm)	7,62	7,62	7,62	Pressione efficace(kPa)	100	200	300
Diametro (cm)	3,84	3,84	3,84	Valori finali o a rottura			
Sezione (cm²)	11,58	11,58	11,58	Deformazione verticale (%)	10,8	19,7	17,7
Volume (cm³)	88,25	88,25	88,25	σ ₁ –σ ₃ (kPa)	144	249	397
Peso di volume (kN/m³)	18,8	19,0	19,2	Pressione interstiziale (kPa)	-	-	-
Umidità (%)	28,3	28,3	28,3	(σ ₁ +σ ₃) / 2 (kPa)	172	324	498
Peso specifico	26,5	26,5	26,5	(σ ₁ –σ ₃) / 2 (kPa)	72	124	198
Peso di volume secco (kN/m³)	14,7	14,8	15,0	Calcolo della velocità di prova			
Grado di saturazione (%)	95,0	96,7	99,9	T100 (minuti)	0,0	0,0	0,0
Parametri di saturazione				Deformazione stimata (%)	7	7	7
Coefficiente B	0,98	0,98	0,98	Velocità di prova (mm/min)	0,000	0,000	0,000
Caratteristiche dopo la consolidazione				Velocità di prova (mm/min)	0,005		
Altezza (cm)	7,62	7,62	7,62				
Variazione altezza (%)	0,0	0,0	0,0				
Volume (cm³)	90,75	90,35	90,02				
Variazione volume (%)	2,8	2,4	2,0				
Peso di volume (kN/m³)	18,2	18,2	17,7				
Umidità (%)	27,21	26,13	20,61				
Grado di saturazione (%)	86,0	84,8	69,6				
Caratteristiche dopo la rottura							
Altezza (cm)	6,42	5,71	6,16				
Volume (cm³)	91,11	90,42	90,63				
Peso di volume (kN/m³)	18,1	18,2	17,6				
Umidità (%)	27,21	26,13	20,61				
Grado di saturazione (%)	85,2	84,7	68,6				

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA : 35)MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00435 Pagina 2/3

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 21 del 19/01/17

DATA DI EMISSIONE: 14/02/17

Inizio analisi: 31/01/17

Apertura campione: 24/01/17

Fine analisi: 07/02/17

COMMITTENTE: MESA per Comune di Pisa

RIFERIMENTO: Arena Garibaldi - Pisa (PI)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: 1

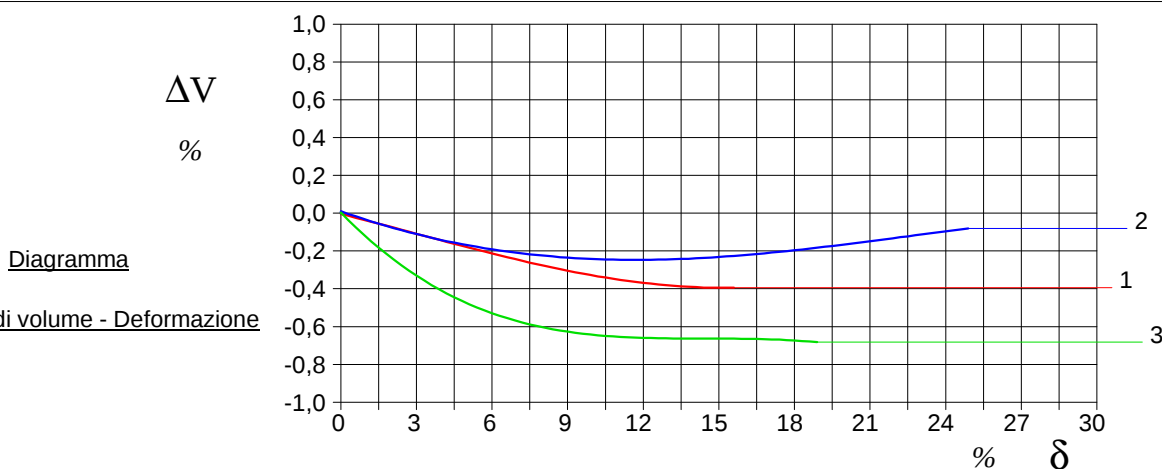
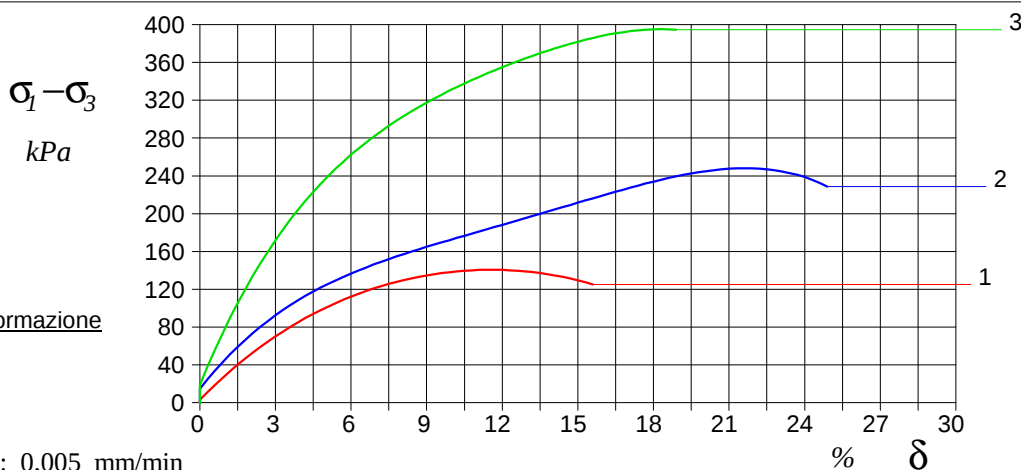
PROFONDITA': m 4.7-5.2

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE C.I.D.

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1994 - Cap. 4

P	Dimensioni		Caratteristiche fisiche				Consolidazione					Valori finali o a rottura				
n	H ₀	φ	γ	γ _s	w ₀	S ₀	σ ₃	u ₀	σ' ₃	ΔV/V	ΔH/H	w _f	δ _f	σ ₁ -σ ₃	$\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$	$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$
	cm	cm	kN/m ³	kN/m ³	%	%	kPa	kPa	kPa	%	%	%	%	kPa	kPa	kPa
1	7,62	3,84	18,8	26,5	28,3	95,0	200	100	100	-2,8	0,0	27,2	10,8	144	172	72
2	7,62	3,84	19,0	26,5	28,3	96,7	300	100	200	-2,4	0,0	26,1	19,7	249	324	124
3	7,62	3,84	19,2	26,5	28,3	99,9	400	100	300	-2,0	0,0	20,6	17,7	397	498	198

H ₀ φ - Altezza e diametro provini	γ γ _s - Peso di volume e peso specifico	ΔH ΔV - Variaz. di altezza e volume	δ _f - Deformazione a rottura
w ₀ w _f - Umidità iniziale e finale	S ₀ - Grado di saturazione iniziale	σ ₃ /u ₀ - Press. di cella/Back pressure	σ ₁ σ ₃ - Tensioni totali



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ/ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA: 35)MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00435	Pagina 3/3	DATA DI EMISSIONE: 14/02/17	Inizio analisi: 31/01/17
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 21 del 19/01/17		Apertura campione: 24/01/17	Fine analisi: 07/02/17

COMMITTENTE: MESA per Comune di Pisa
RIFERIMENTO: Arena Garibaldi - Pisa (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 4.7-5.2

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE C.I.D.

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1994 - Cap. 4

PROVINO 1				PROVINO 2				PROVINO 3			
δ mm	δ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	ΔV %	δ mm	δ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	ΔV %	δ mm	δ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	ΔV %
0,38	0,49	16,7	-0,02	0,38	0,49	37,8	-0,01	0,38	0,49	57,6	-0,07
0,75	0,98	28,8	-0,03	0,75	0,98	51,3	-0,03	0,75	0,98	87,2	-0,12
1,13	1,48	41,0	-0,06	1,13	1,48	61,3	-0,06	1,13	1,48	111,4	-0,18
1,50	1,97	52,1	-0,08	1,50	1,97	70,3	-0,07	1,50	1,97	133,7	-0,23
1,88	2,46	62,0	-0,09	1,88	2,46	83,3	-0,09	1,88	2,46	152,4	-0,28
2,25	2,95	69,9	-0,11	2,25	2,95	93,7	-0,11	2,25	2,95	170,1	-0,32
2,65	3,48	79,6	-0,13	2,63	3,44	101,3	-0,12	2,63	3,44	185,9	-0,37
3,00	3,94	85,5	-0,15	3,00	3,94	110,6	-0,14	3,00	3,94	202,4	-0,41
3,38	4,43	93,3	-0,17	3,38	4,43	117,7	-0,15	3,38	4,43	217,9	-0,43
3,75	4,92	99,4	-0,18	3,75	4,92	122,9	-0,17	3,75	4,92	231,5	-0,46
4,13	5,41	103,9	-0,19	4,13	5,41	128,5	-0,18	4,13	5,41	244,2	-0,49
4,50	5,91	108,8	-0,20	4,50	5,91	134,5	-0,18	4,50	5,91	257,6	-0,52
4,88	6,40	113,0	-0,22	4,88	6,40	139,9	-0,20	4,88	6,40	269,1	-0,54
5,25	6,89	119,1	-0,23	5,25	6,89	145,9	-0,21	5,25	6,89	279,0	-0,58
5,63	7,38	122,5	-0,25	5,63	7,38	150,0	-0,22	5,63	7,38	288,7	-0,60
6,00	7,87	126,1	-0,28	6,00	7,87	153,3	-0,22	6,00	7,87	299,9	-0,61
6,38	8,37	131,9	-0,29	6,38	8,37	157,8	-0,23	6,38	8,37	308,6	-0,62
6,75	8,86	135,5	-0,30	6,75	8,86	162,0	-0,23	6,75	8,86	316,4	-0,63
7,13	9,35	138,8	-0,32	7,13	9,35	167,0	-0,24	7,13	9,35	324,1	-0,63
7,50	9,84	140,8	-0,33	7,50	9,84	170,2	-0,25	7,50	9,84	330,9	-0,64
7,88	10,33	143,1	-0,34	7,88	10,33	172,9	-0,25	7,88	10,33	339,1	-0,64
8,25	10,83	144,0	-0,35	8,25	10,83	177,3	-0,25	8,25	10,83	345,7	-0,66
8,63	11,32	142,4	-0,36	8,63	11,32	183,5	-0,25	8,63	11,32	352,2	-0,66
9,00	11,81	139,9	-0,37	9,00	11,81	186,7	-0,25	9,00	11,81	357,1	-0,66
9,38	12,30	138,4	-0,37	9,38	12,30	191,3	-0,25	9,38	12,30	359,7	-0,66
9,75	12,80	136,7	-0,38	9,75	12,80	196,0	-0,25	9,75	12,80	362,9	-0,66
10,13	13,29	135,4	-0,38	10,13	13,29	201,0	-0,24	10,13	13,29	366,1	-0,66
10,50	13,78	134,7	-0,39	10,50	13,78	203,9	-0,24	10,50	13,78	370,0	-0,66
10,88	14,27	132,2	-0,39	10,88	14,27	207,5	-0,23	10,88	14,27	373,1	-0,66
11,25	14,76	129,8	-0,39	11,25	14,76	210,4	-0,23	11,25	14,76	376,8	-0,66
11,63	15,26	127,8	-0,40	11,63	15,26	212,8	-0,22	11,63	15,26	381,2	-0,67
12,00	15,75	127,3	-0,40	12,00	15,75	216,2	-0,22	12,00	15,75	384,1	-0,67
				12,38	16,24	221,4	-0,21	12,38	16,24	389,1	-0,67
				12,75	16,73	223,8	-0,21	12,75	16,73	392,6	-0,68
				13,13	17,22	227,6	-0,21	13,13	17,22	395,1	-0,68
				13,50	17,72	232,3	-0,20	13,50	17,72	396,5	-0,68
				13,88	18,21	235,3	-0,20	13,88	18,21	395,9	-0,68
				14,25	18,70	240,8	-0,19	14,27	18,72	395,2	-0,68
				14,63	19,19	246,3	-0,18	14,63	19,19	393,7	-0,68
				15,00	19,69	248,5	-0,18				
				15,38	20,18	248,4	-0,17				
				15,75	20,67	247,3	-0,15				
				16,13	21,16	245,6	-0,15				
				16,50	21,65	244,3	-0,14				
				16,88	22,15	243,0	-0,13				
				17,25	22,64	241,6	-0,12				
				17,63	23,13	240,6	-0,11				
				18,00	23,62	239,4	-0,10				
				18,38	24,11	236,9	-0,09				
				18,75	24,61	234,7	-0,08				
				19,13	25,10	232,6	-0,08				

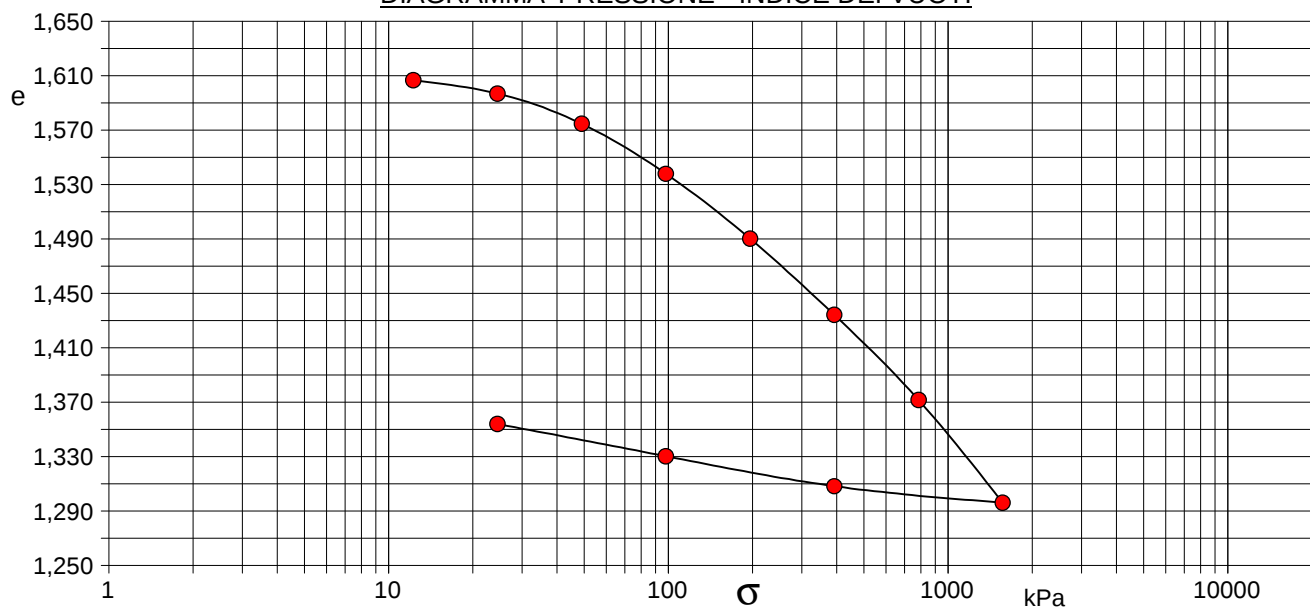
COMMITTENTE:	MESA per Comune di Pisa		
RIFERIMENTO:	Arena Garibaldi - Pisa (PI)		
SONDAGGIO:	CAMPIONE:	1	PROFONDITA': m 4.7-5.2

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

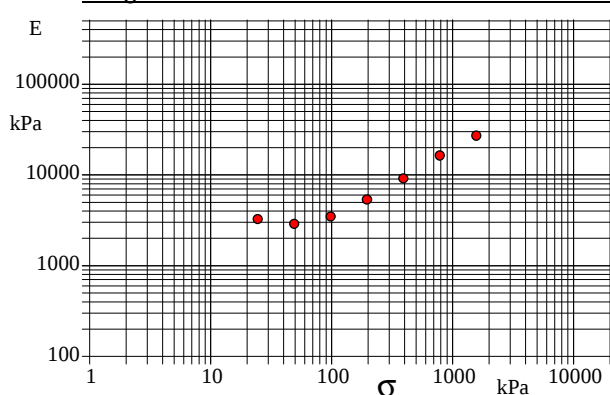
Caratteristiche del campione					
Peso di volume (kN/m³)	19,69	Altezza provino cm	2,00	Indice dei vuoti	0,72
Umidità (%)	28,3	Volume provino (cm³)	39,27	Porosità (%)	42,02
Peso specifico (kN/m³)	26,47	Volume dei vuoti (cm³)	16,50	Saturazione (%)	100,0

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa
12,3	3,4	1,607		
24,5	12,8	1,597	0,033	3263
49,0	34,0	1,575	0,074	2889
98,1	69,2	1,538	0,122	3485
196,2	114,9	1,490	0,159	5365
392,3	168,5	1,434	0,186	9149
784,6	228,4	1,372	0,208	16374
1569,3	300,7	1,296	0,251	27131
392,3	289,1	1,308		
98,1	268,0	1,330		
24,5	245,3	1,354		

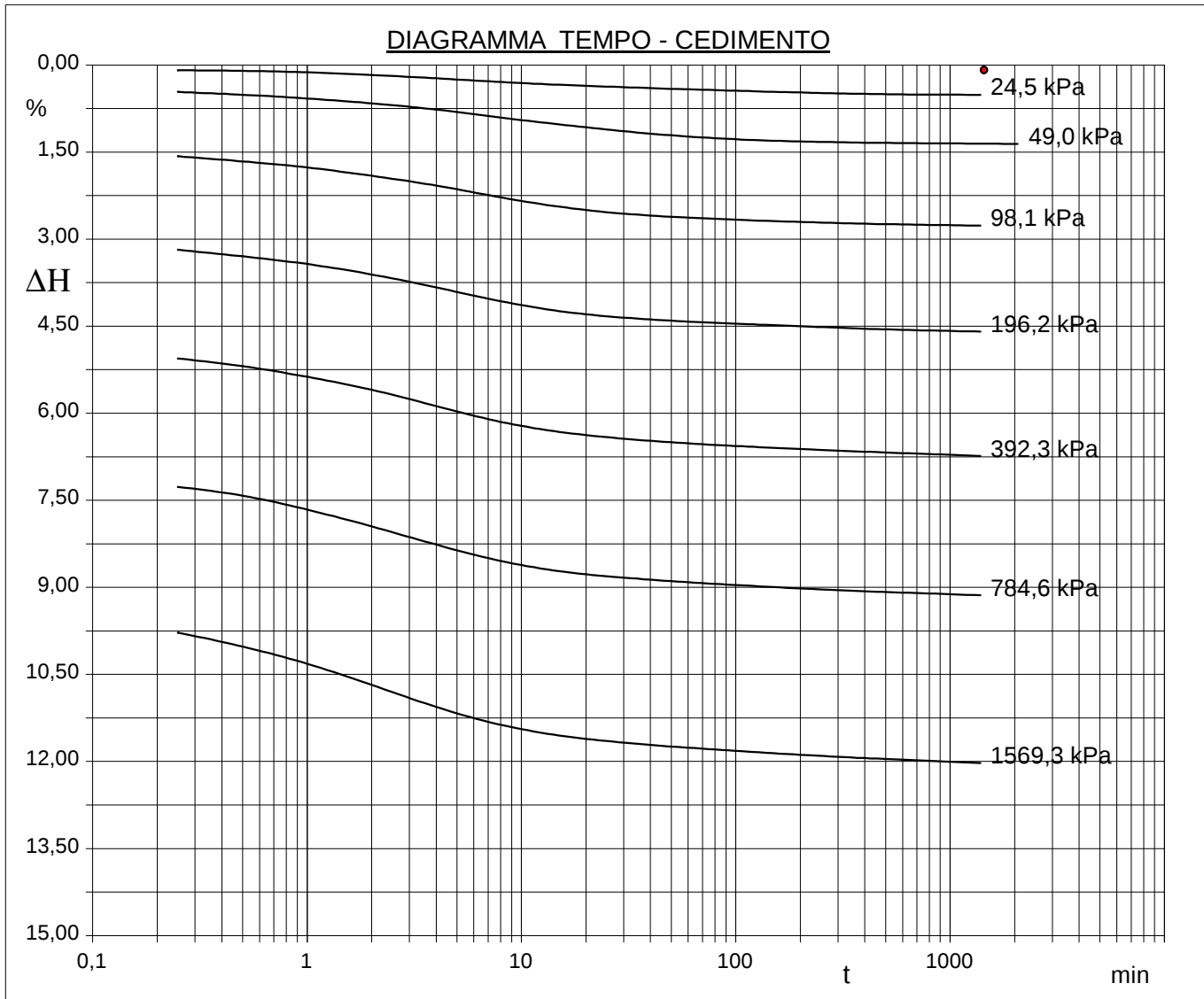
Diagramma Pressione - Modulo edometrico



COMMITTENTE:	MESA per Comune di Pisa		
RIFERIMENTO:	Arena Garibaldi - Pisa (PI)		
SONDAGGIO:	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	4.7-5.2

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080



Pressione:	24,5 kPa	$C_v = 0,000621 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione:	49,0 kPa	$C_v = 0,000796 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione:	98,1 kPa	$C_v = 0,001196 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione:	196,2 kPa	$C_v = 0,001611 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione:	392,3 kPa	$C_v = 0,001916 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione:	784,6 kPa	$C_v = 0,001826 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione:	1569,3 kPa	$C_v = 0,002087 \text{ cm}^2/\text{sec}$

COMMITTENTE:	MESA per Comune di Pisa		
RIFERIMENTO:	Arena Garibaldi - Pisa (PI)		
SONDAGGIO:	CAMPIONE:	1	PROFONDITA': m 4.7-5.2

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-72

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	147	196
Tensione a rottura (kPa):	50	79	96
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	5,75	5,02	6,31
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,64	0,54	0,84
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 28,1	--- 27,1	--- 27,5
Peso di volume (kN/m³):	19,5	19,5	18,9

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 7,8 kPa
Angolo di attrito interno: 24,9 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,010 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

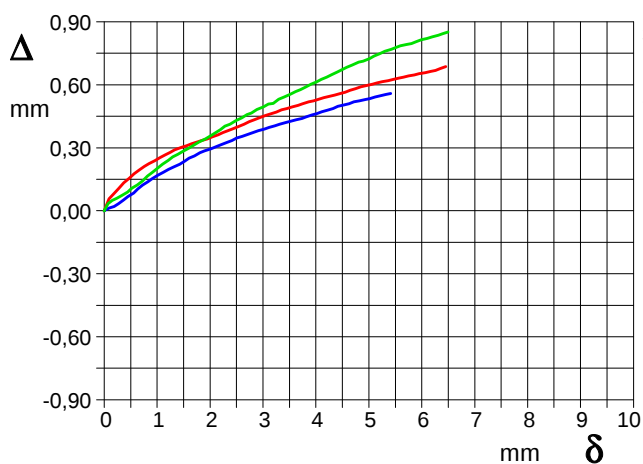
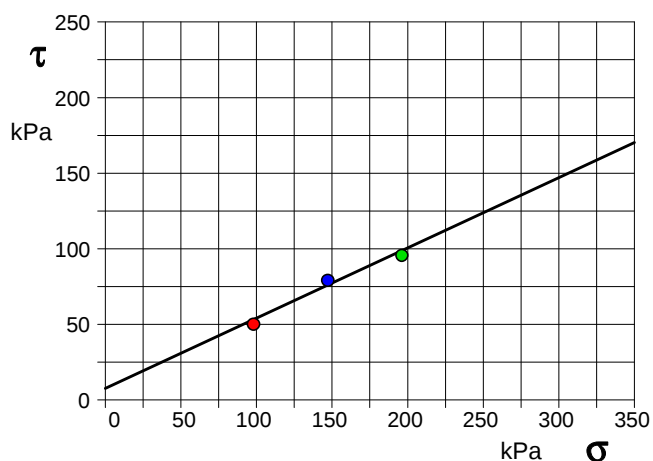


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

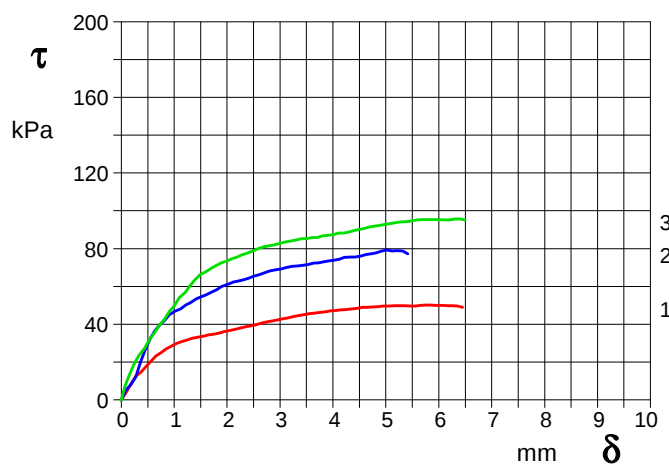


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

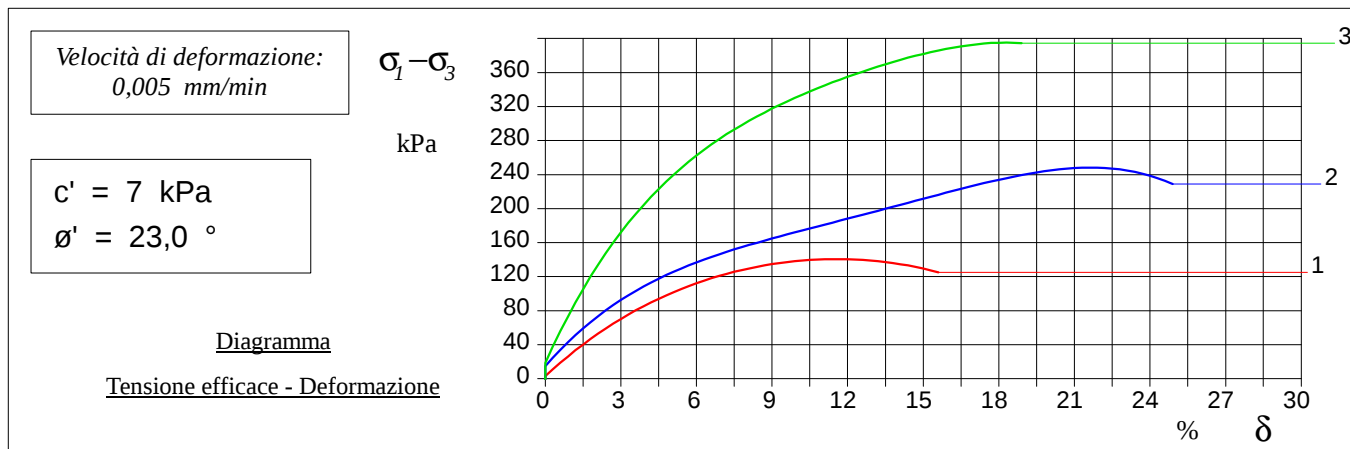
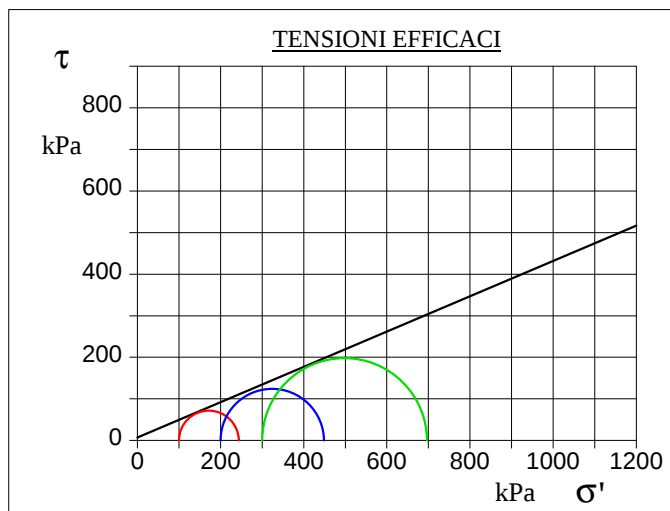
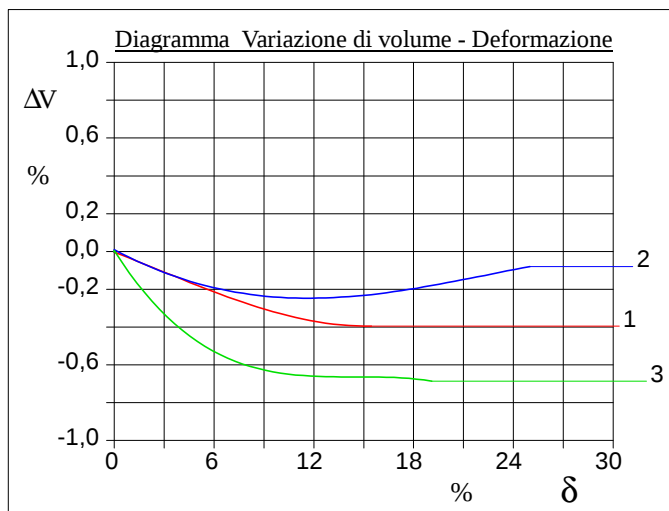
COMMITTENTE:	MESA per Comune di Pisa			
RIFERIMENTO:	Arena Garibaldi - Pisa (PI)			
SONDAGGIO:	CAMPIONE:	1	PROFONDITA': m	4.7-5.2

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE C.I.D.

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1994 - Cap. 4

Pr.	Dimensioni		Caratteristiche fisiche				Consolidazione					Valori finali o a rottura				
n°	H _o cm	φ cm	γ kN/m³	γ _s kN/m³	w _o %	S _o %	σ ₃ kPa	u _o kPa	σ' ₃ kPa	ΔV/V %	ΔH/H %	w _f %	δ _f %	σ ₁ -σ ₃ kPa	$\frac{\sigma_1+\sigma_3}{2}$ kPa	$\frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}$ kPa
1	7,62	3,84	18,8	26,5	28,3	95,0	200	100	100	-2,8	0,0	27,2	10,8	144	172	72
2	7,62	3,84	19,0	26,5	28,3	96,7	300	100	200	-2,4	0,0	26,1	19,7	249	324	124
3	7,62	3,84	19,2	26,5	28,3	99,9	400	100	300	-2,0	0,0	20,6	17,7	397	498	198

H _o φ - Altezza e diametro provini w _o w _f - Umidità iniziale e finale	γ γ _s - Peso di volume e peso specifico S - Grado di saturazione	ΔH ΔV - Variaz. di altezza e volume σ ₃ /u _o - Press. di cella/Back pressure	δ _f - Deformazione a rottura σ ₁ σ ₃ - Tensioni totali
--	--	---	--





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

DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA : 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00439	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 14/02/17	Inizio analisi: 27/01/17
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 21 del 19/01/17		Apertura campione: 24/01/17	Fine analisi: 30/01/17

COMMITTENTE: MESA per Comune di Pisa
RIFERIMENTO: Arena Garibaldi - Pisa (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 15.0-15.5

<u>CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO</u>

Classificazione secondo: HRB

ANALISI GRANULOMETRICA	LIMITI DI CONSISTENZA
Passante setaccio 10 (2 mm) 100,0 %	Limite di liquidità 44,9 %
Passante setaccio 40 (0.42 mm) 100,0 %	Limite di plasticità 28,6 %
Passante setaccio 200 (0.075 mm) 99,0 %	Indice di plasticità 16,3 %

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A7-6	INDICE DI GRUPPO: 12
--	-----------------------------

Tipi usuali dei materiali principali: Argille fortemente compressibili fortemente plastiche
--

--

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA : 35)MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00436	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/02/17	Inizio analisi: 24/01/17
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 21 del 19/01/17		Apertura campione: 24/01/17	Fine analisi: 25/01/17

COMMITTENTE: MESA per Comune di Pisa
RIFERIMENTO: Arena Garibaldi - Pisa (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 15.0-15.5

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

W_n = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 51,9 %☒ Omogeneo

Struttura del materiale:

☐ Stratificato☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA : 35)MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00437	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 14/02/17	Inizio analisi: 24/01/17
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 21 del 19/01/17		Apertura campione: 24/01/17	Fine analisi: 24/01/17

COMMITTENTE: MESA per Comune di Pisa
RIFERIMENTO: Arena Garibaldi - Pisa (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 15.0-15.5

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale (media delle due misure) = 16,7 kN/m³

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA : 35)MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00438** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 21 del 19/01/17

DATA DI EMISSIONE: 14/02/17

Inizio analisi: 31/01/17

Apertura campione: 24/01/17

Fine analisi: 01/02/17

COMMITTENTE: MESA per Comune di Pisa

RIFERIMENTO: Arena Garibaldi - Pisa (PI)

SONDAGGIO:

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 15.0-15.5

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-84

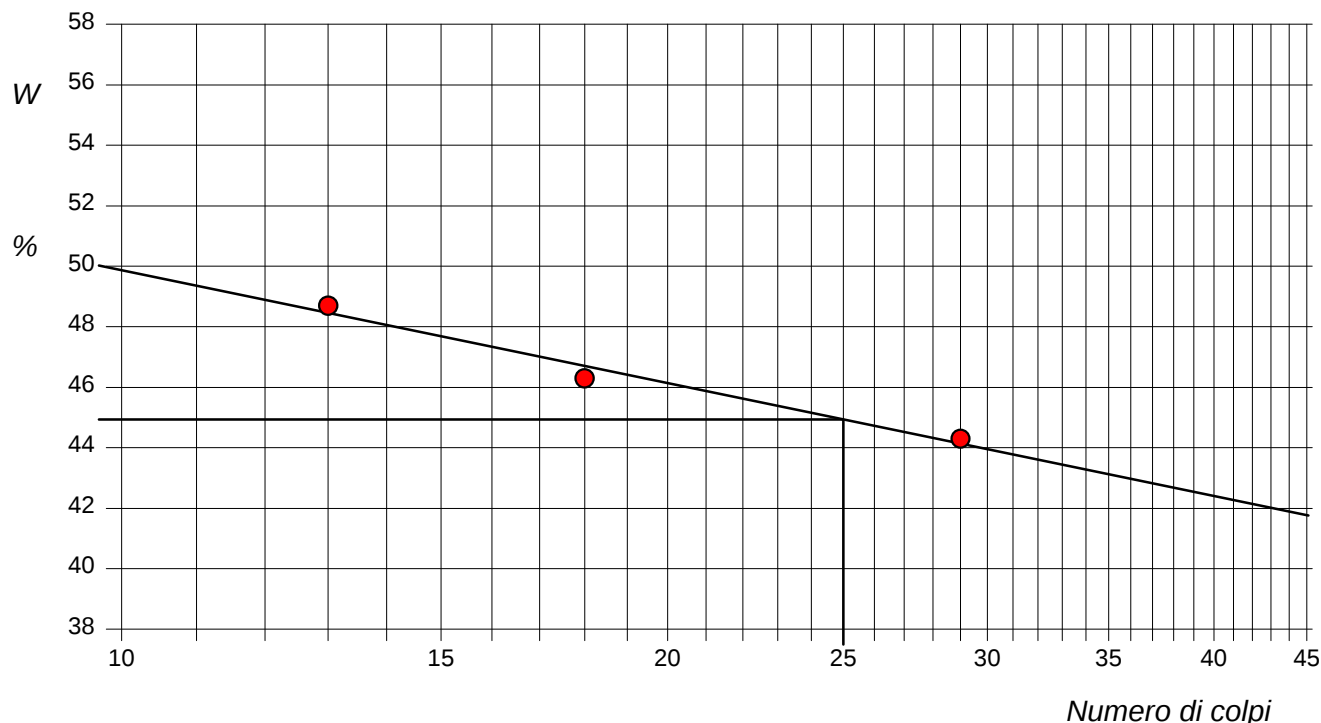
Limite di liquidità 44,9 %

Limite di plasticità 28,6 %

Indice di plasticità 16,3 %

La prova è stata eseguita sulla frazione
granulometrica passante al setaccio
n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'						LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	13	18	29			Umidità (%)	27,9	29,2
Umidità (%)	48,7	46,3	44,3			Umidità media	28,6	

Determinazione del Limite di liquidità

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA: 35)MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00438** Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 21 del 19/01/17

DATA DI EMISSIONE: 14/02/17

Inizio analisi: 31/01/17

Apertura campione: 24/01/17

Fine analisi: 01/02/17

COMMITTENTE: MESA per Comune di Pisa

RIFERIMENTO: Arena Garibaldi - Pisa (PI)

SONDAGGIO:

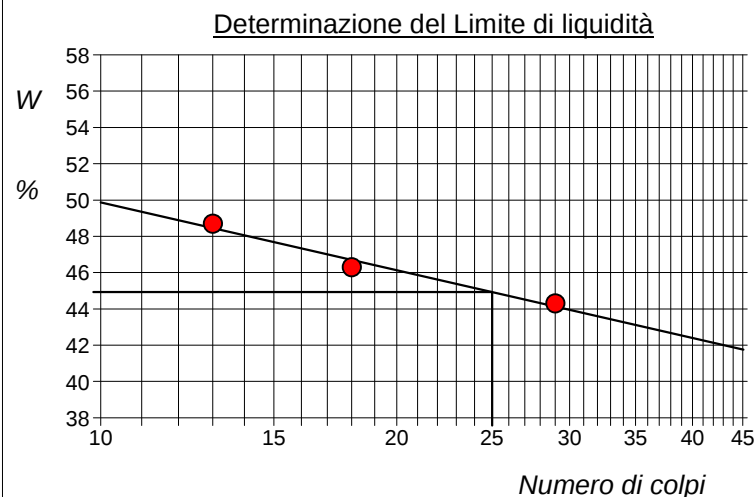
CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 15.0-15.5

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-84

Limite di liquidità	44,9	%
Limite di plasticità	28,6	%
Indice di plasticità	16,3	%
Indice di consistenza	-0,41	
Passante al set. n° 40	SI	



C - Argille inorganiche

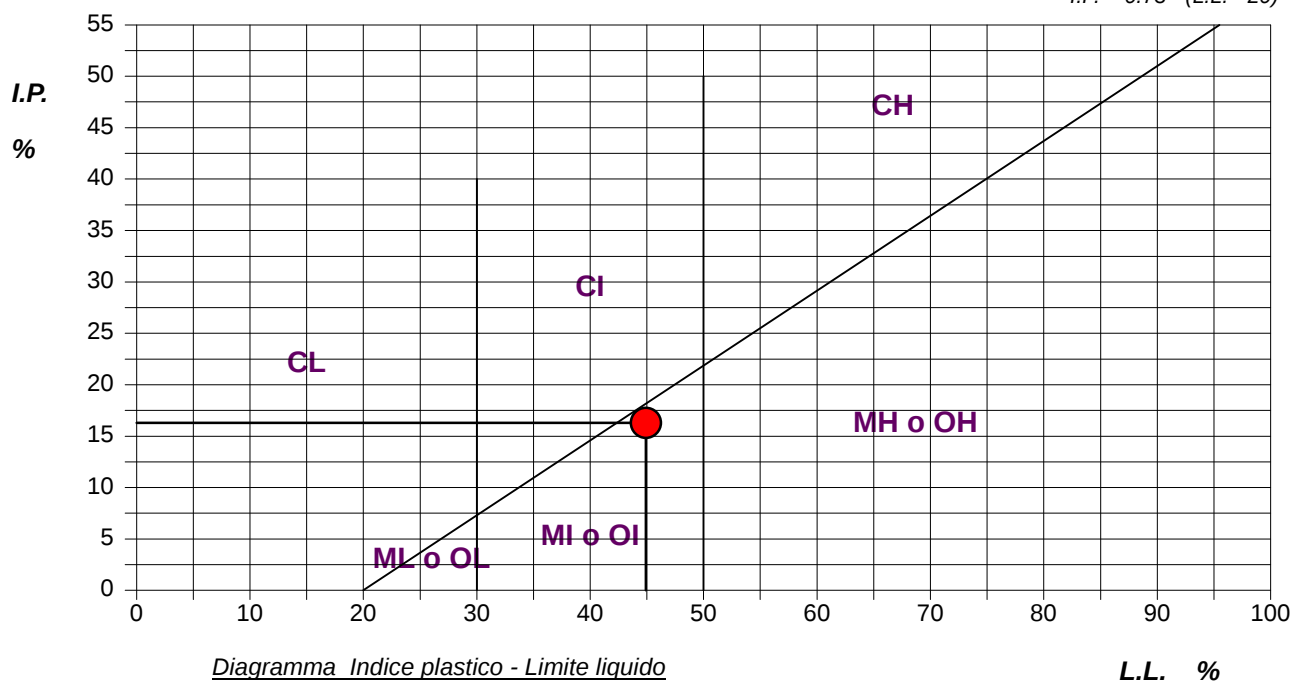
L - Bassa compressibilità

M - Limi inorganiciI - Media compressibilitàO - Argille e limi organici

H - Alta compressibilità

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 No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA: 35)MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010CERTIFICATO DI PROVA N°: **00439** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 21 del 19/01/17

DATA DI EMISSIONE: 14/02/17

Inizio analisi: 27/01/17

Apertura campione: 24/01/17

Fine analisi: 30/01/17

COMMITTENTE: MESA per Comune di Pisa

RIFERIMENTO: Arena Garibaldi - Pisa (PI)

SONDAGGIO:

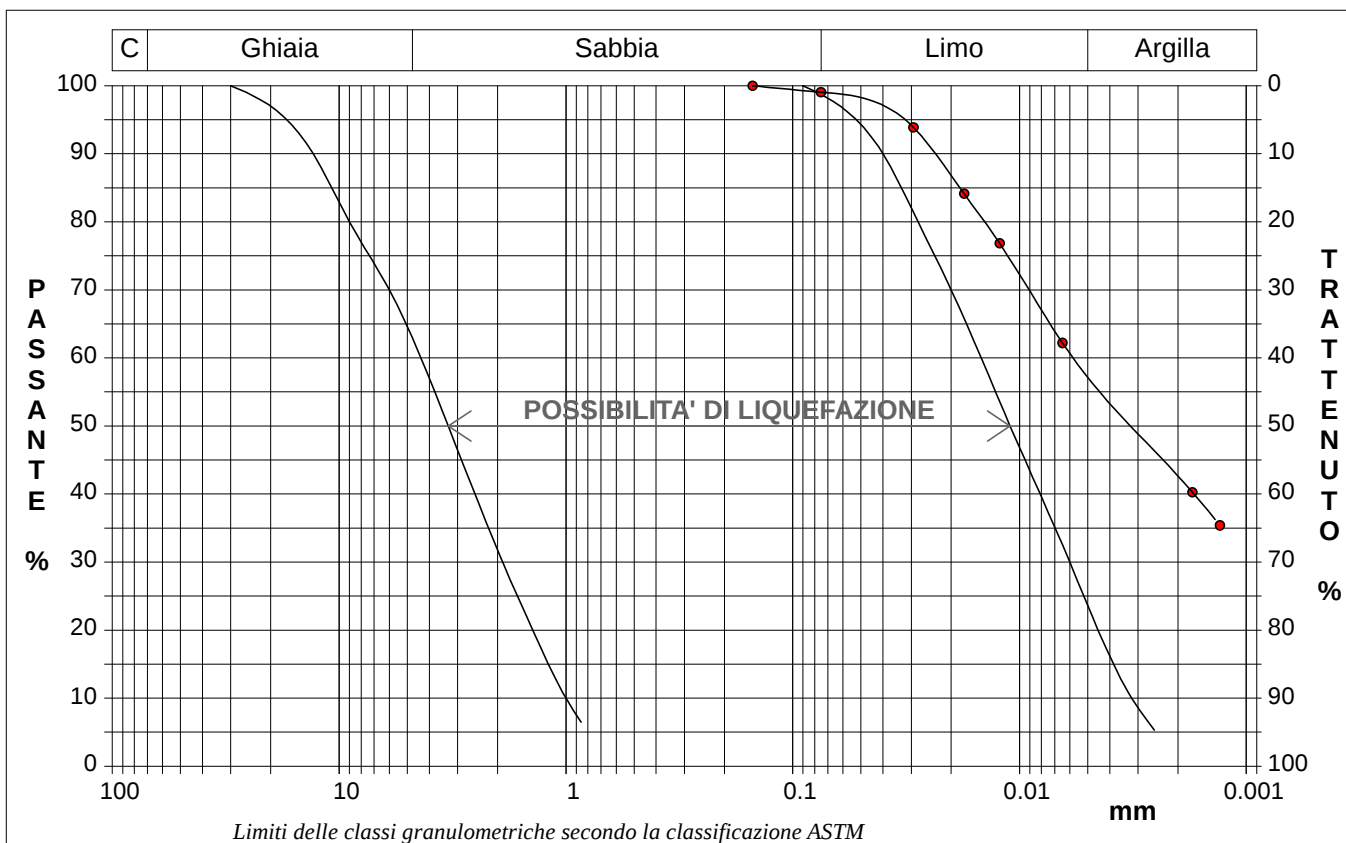
CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 15.0-15.5

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	0,00031 mm	
Sabbia	1,0 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	100,0 %	D30	--- mm	
Limo	41,1 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	99,0 %	D50	0,00310 mm	
Argilla	57,9 %			D60	0,00566 mm	
Coefficiente di uniformità		18,52	Coefficiente di curvatura	---	D90	0,02390 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
0,1500	100,00	0,0065	62,20						
0,0750	99,05	0,0017	40,26						
0,0293	93,89	0,0013	35,38						
0,0176	84,14								
0,0122	76,83								

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA: 35)MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Certificazione Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00440** Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 21 del 19/01/17

DATA DI EMISSIONE: 14/02/17

Inizio analisi: 24/01/17

Apertura campione: 24/01/17

Fine analisi: 05/02/17

COMMITTENTE: MESA per Comune di Pisa

RIFERIMENTO: Arena Garibaldi - Pisa (PI)

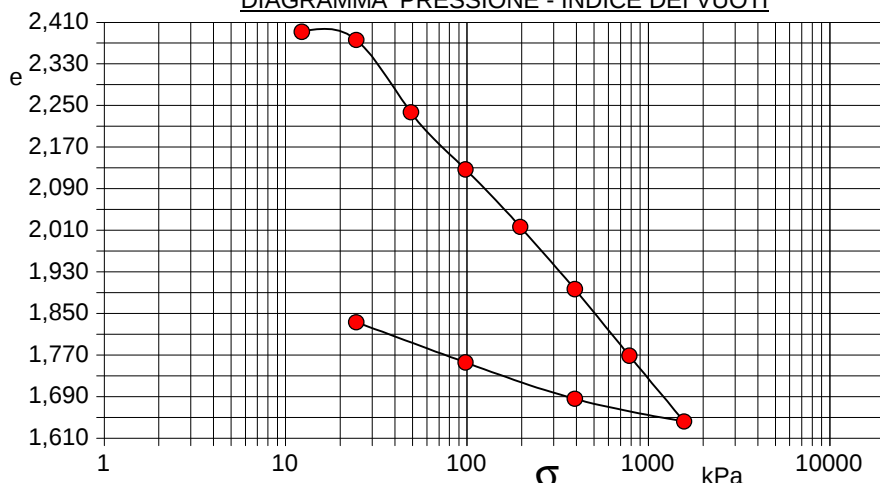
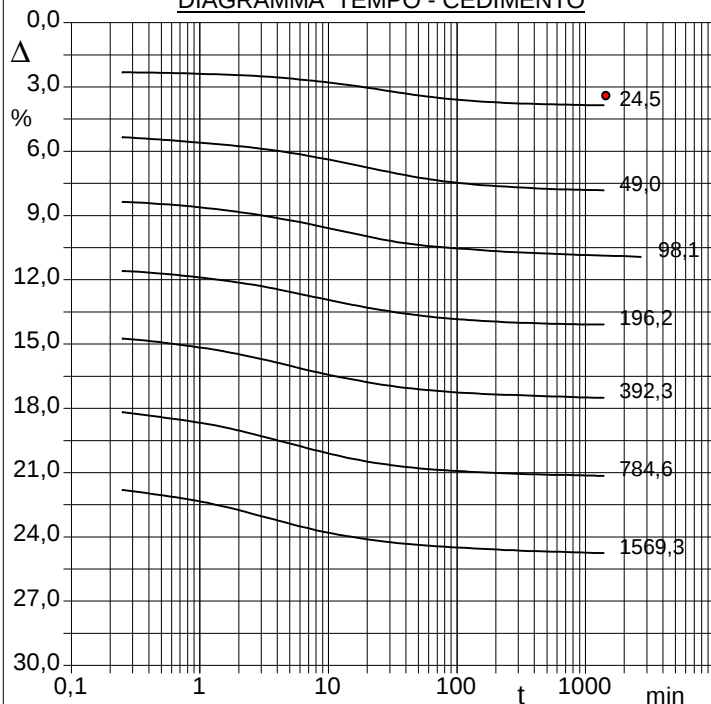
SONDAGGIO:

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 15.0-15.5

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Caratteristiche del campionePeso di volume (kN/m³) 16,94
Umidità (%) 50,5
Peso specifico (kN/m³) 26,47Altezza provino cm 2,00
Diametro provino cm 5,03
Sezione provino (cm²) 19,87
Volume provino (cm³) 39,74Volume dei vuoti (cm³) 22,84
Indice dei vuoti 1,35
Porosità (%) 57,48
Saturazione (%) 100,0**DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI****DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO**

Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc
12,3	85,1	2,392	0,052
24,5	96,3	2,376	
49,0	195,6	2,237	0,463
98,1	218,7	2,127	0,364
196,2	352,4	2,017	0,367
392,3	437,8	1,897	0,398
784,6	528,9	1,769	0,425
1569,3	619,0	1,642	0,420
392,3	587,9	1,686	0,420
98,1	538,2	1,756	
24,5	483,0	1,833	



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

DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2008 (ISO 9001:2008)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA : 35)

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

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00440	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 14/02/17	Inizio analisi: 24/01/17
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 21 del 19/01/17		Apertura campione: 24/01/17	Fine analisi: 05/02/17

COMMITTENTE: MESA per Comune di Pisa
RIFERIMENTO: Arena Garibaldi - Pisa (PI)
SONDAGGIO: CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 15.0-15.5

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 24,5 kPa				Pressione 49,0 kPa				Pressione 98,1 kPa				Pressione 196,2 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	85,1			0,02	96,3			0,02	195,6	2160,00	218,1	0,02	218,7		
0,25	57,7			0,25	133,5			0,25	208,9	2400,00	218,3	0,25	289,6		
0,50	58,4			0,50	136,4			0,50	211,6	2700,00	218,5	0,50	292,7		
1,00	59,5			1,00	139,9			1,00	215,4	2880,00	218,7	1,00	297,3		
2,00	61,2			2,00	144,1			2,00	220,9			2,00	303,2		
4,00	63,9			4,00	149,4			4,00	227,9			4,00	311,0		
8,00	68,1			8,00	156,9			8,00	236,6			8,00	320,6		
15,00	73,1			15,00	165,0			15,00	245,4			15,00	328,9		
30,00	79,9			30,00	174,3			30,00	254,4			30,00	336,8		
60,00	86,4			60,00	182,5			60,00	260,5			60,00	342,8		
120,00	90,8			120,00	188,0			120,00	264,1			120,00	346,8		
240,00	93,5			240,00	191,2			240,00	213,8			240,00	349,4		
480,00	95,0			480,00	193,7			480,00	215,4			480,00	351,0		
900,00	95,9			900,00	195,0			900,00	216,7			900,00	351,9		
1210,00	96,2			1210,00	195,4			1210,00	217,2			1210,00	352,2		
1440,00	96,3			1440,00	195,6			1440,00	217,5			1440,00	352,4		
								1920,00	217,9						

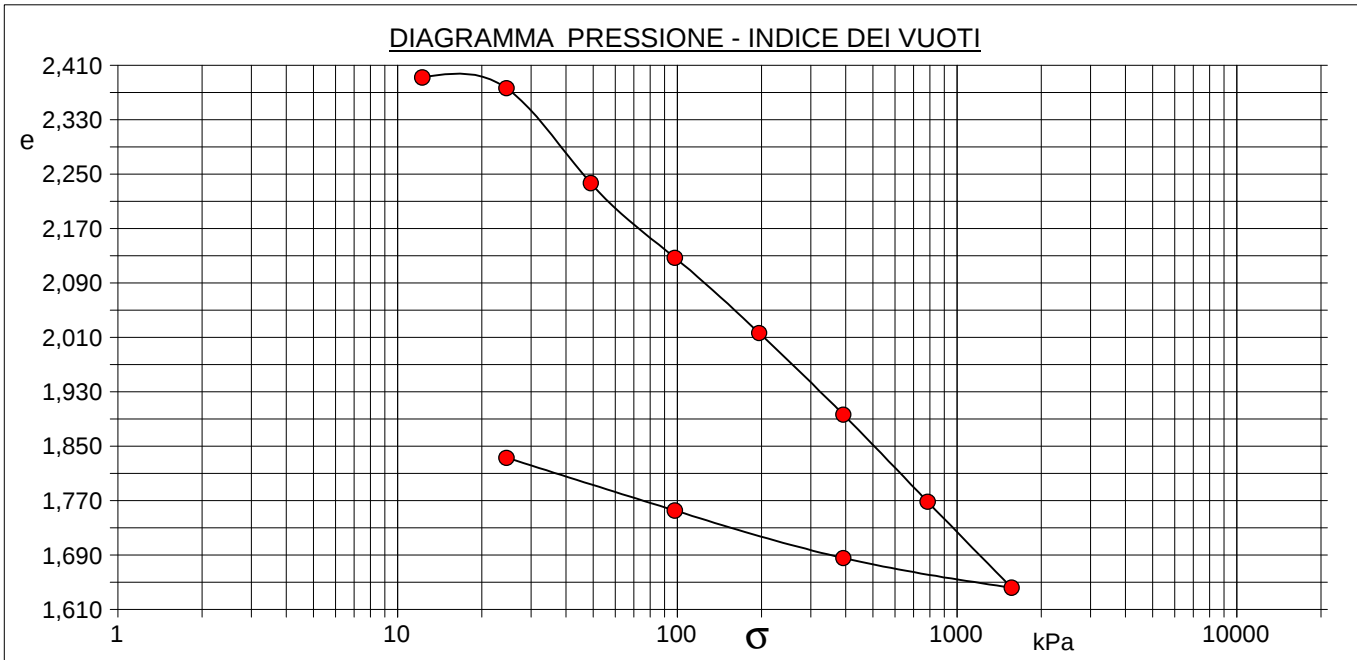
Pressione 392,3 kPa				Pressione 784,6 kPa				Pressione 1569,3 kPa				Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	352,4			0,02	437,8			0,02	528,9						
0,25	368,4			0,25	454,6			0,25	545,3						
0,50	373,0			0,50	460,3			0,50	551,3						
1,00	379,0			1,00	466,8			1,00	558,5						
2,00	386,7			2,00	475,9			2,00	568,8						
4,00	396,7			4,00	487,3			4,00	580,8						
8,00	407,6			8,00	499,1			8,00	592,1						
15,00	416,1			15,00	508,6			15,00	599,9						
30,00	423,6			30,00	516,1			30,00	606,3						
60,00	428,7			60,00	520,9			60,00	610,3						
120,00	432,1			120,00	523,8			120,00	613,1						
240,00	434,2			240,00	525,9			240,00	615,3						
480,00	435,8			480,00	527,3			480,00	616,9						
900,00	437,1			900,00	528,2			900,00	618,1						
1210,00	437,6			1210,02	528,6			1210,00	618,7						
1440,00	437,8			1440,02	528,9			1440,00	619,0						

COMMITTENTE:	MESA per Comune di Pisa		
RIFERIMENTO:	Arena Garibaldi - Pisa (PI)		
SONDAGGIO:	CAMPIONE:	2	PROFONDITA': m 15.0-15.5

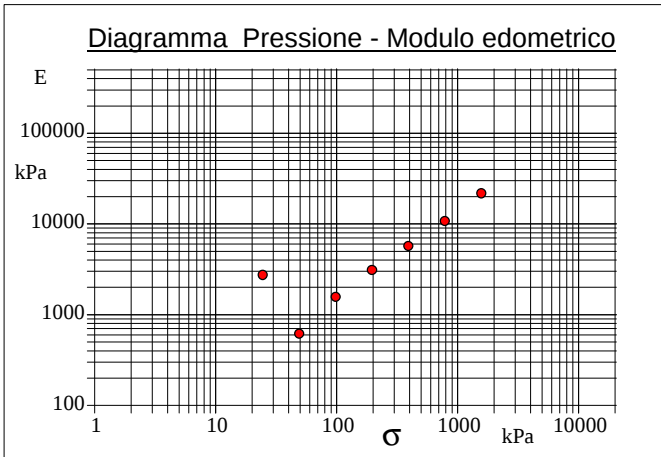
PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

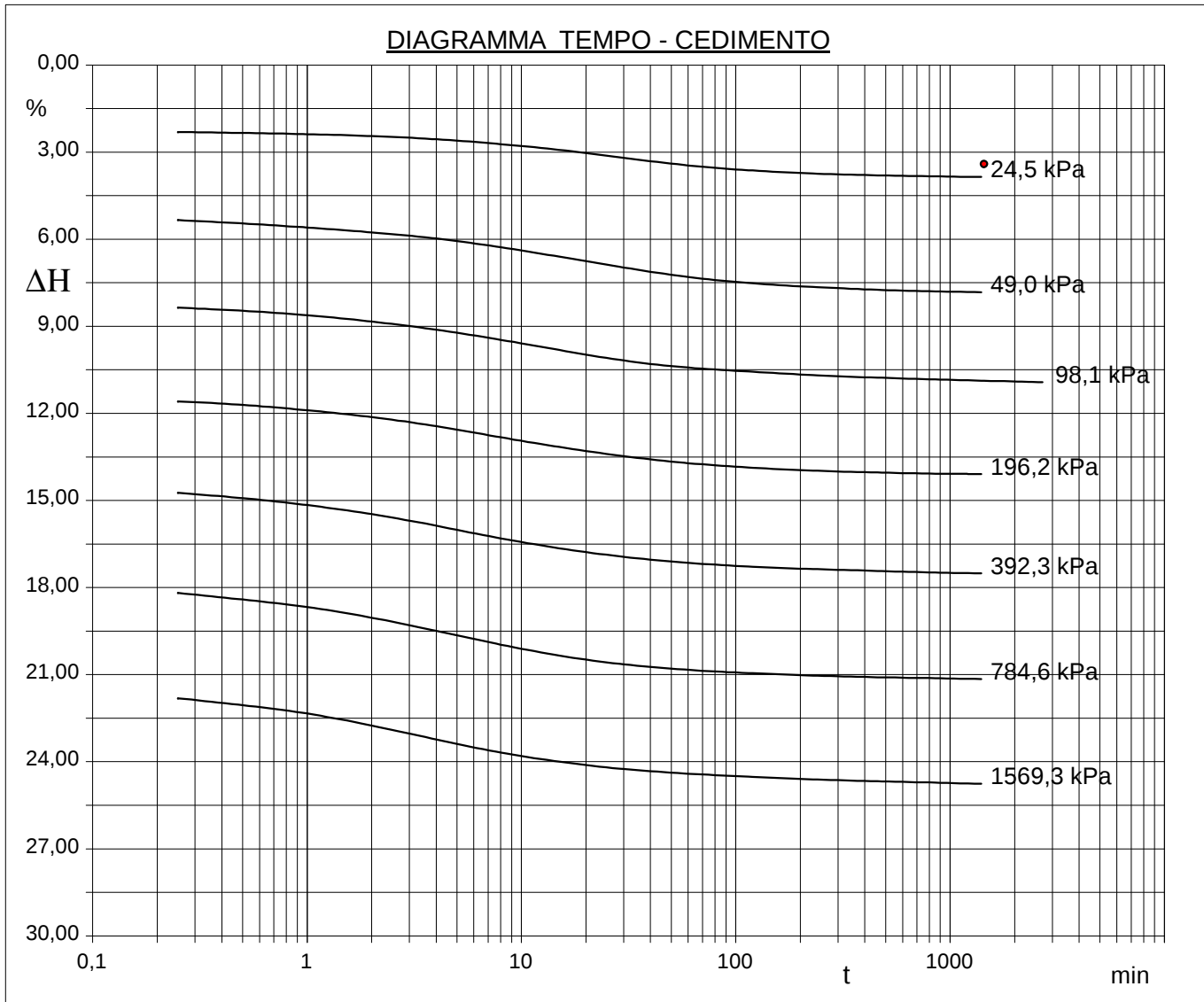
Caratteristiche del campione					
Peso di volume (kN/m³)	16,94	Altezza provino cm	2,00	Indice dei vuoti	1,35
Umidità (%)	50,5	Volume provino (cm³)	39,74	Porosità (%)	57,48
Peso specifico (kN/m³)	26,47	Volume dei vuoti (cm³)	22,84	Saturazione (%)	100,0



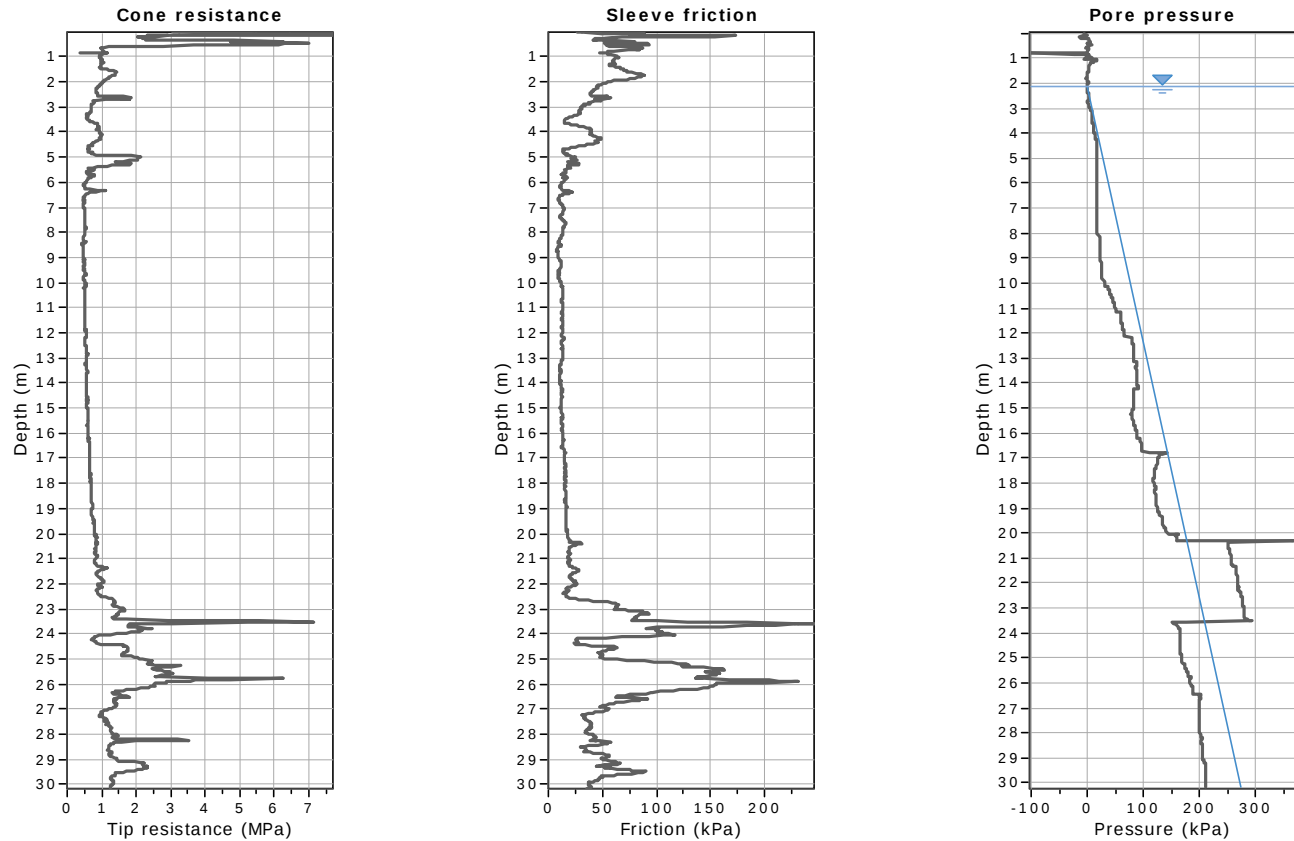
Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa
12,3	85,1	2,392	0,052	2742
24,5	96,3	2,376		617
49,0	195,6	2,237		1570
98,1	218,7	2,127		3116
196,2	352,4	2,017		5742
392,3	437,8	1,897		10766
784,6	528,9	1,769		21771
1569,3	619,0	1,642		
392,3	587,9	1,686		
98,1	538,2	1,756		
24,5	483,0	1,833		



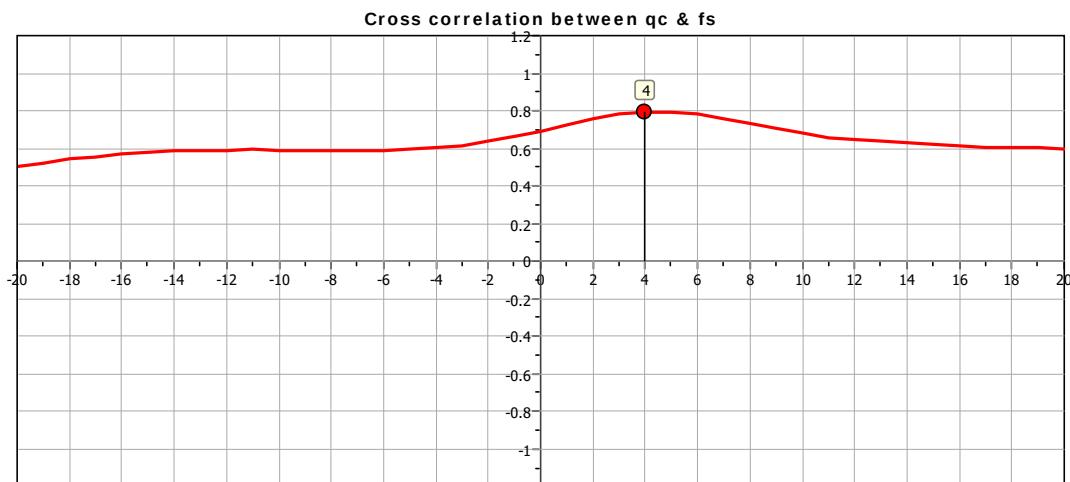
COMMITTENTE: MESA per Comune di Pisa		
RIFERIMENTO: Arena Garibaldi - Pisa (PI)		
SONDAGGIO:	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 15.0-15.5
PROVA EDOMETRICA		
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080		



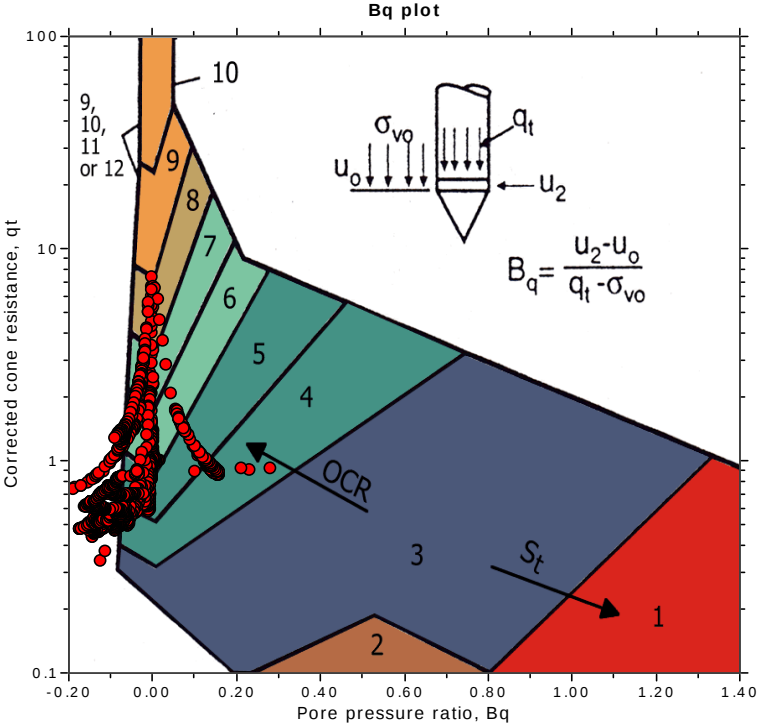
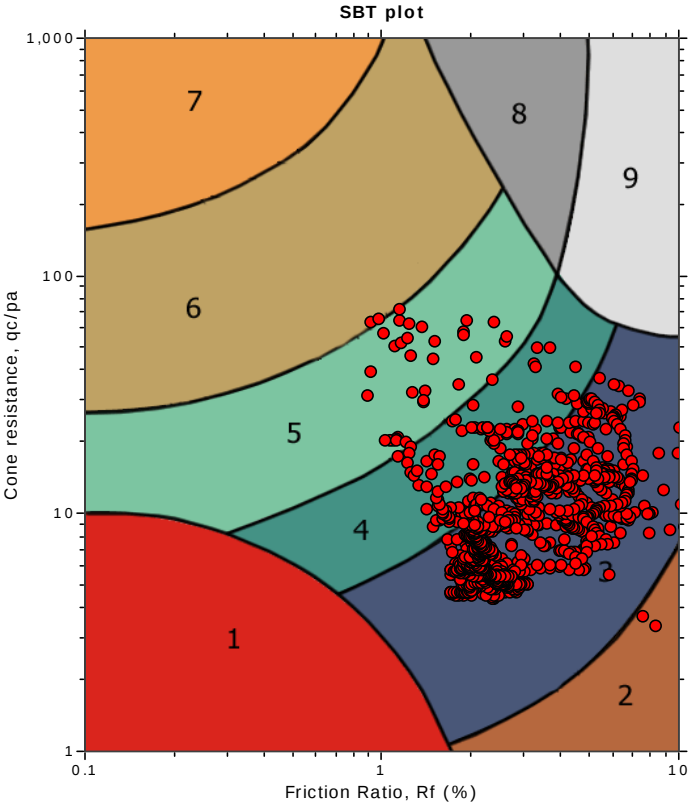
Pressione: 24,5 kPa	Cv = 0,000151 cm ² /sec
Pressione: 49,0 kPa	Cv = 0,000245 cm ² /sec
Pressione: 98,1 kPa	Cv = 0,000343 cm ² /sec
Pressione: 196,2 kPa	Cv = 0,000378 cm ² /sec
Pressione: 392,3 kPa	Cv = 0,000520 cm ² /sec
Pressione: 784,6 kPa	Cv = 0,000599 cm ² /sec
Pressione: 1569,3 kPa	Cv = 0,000639 cm ² /sec



The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw q_c and f_s values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).



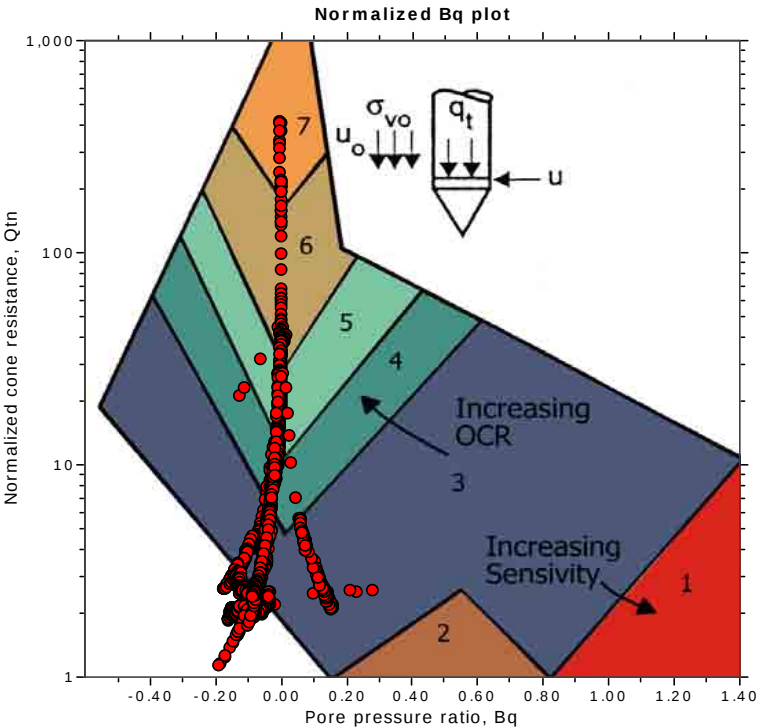
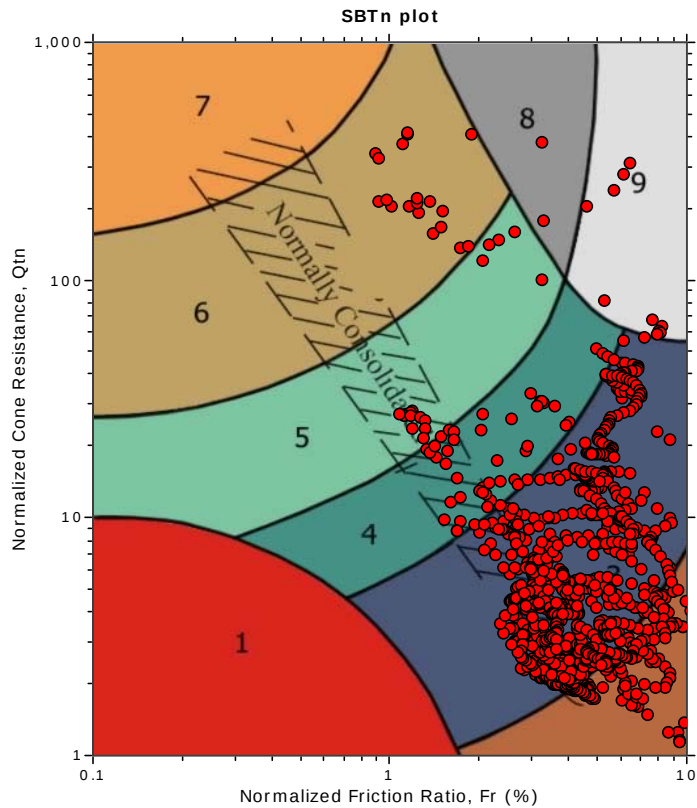
SBT - Bq plots



SBT legend

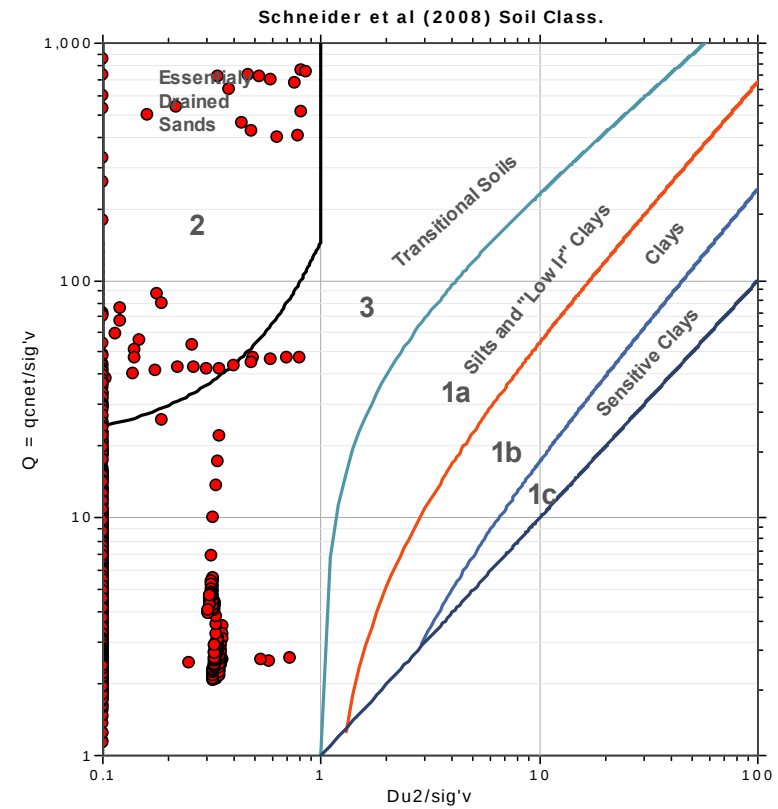
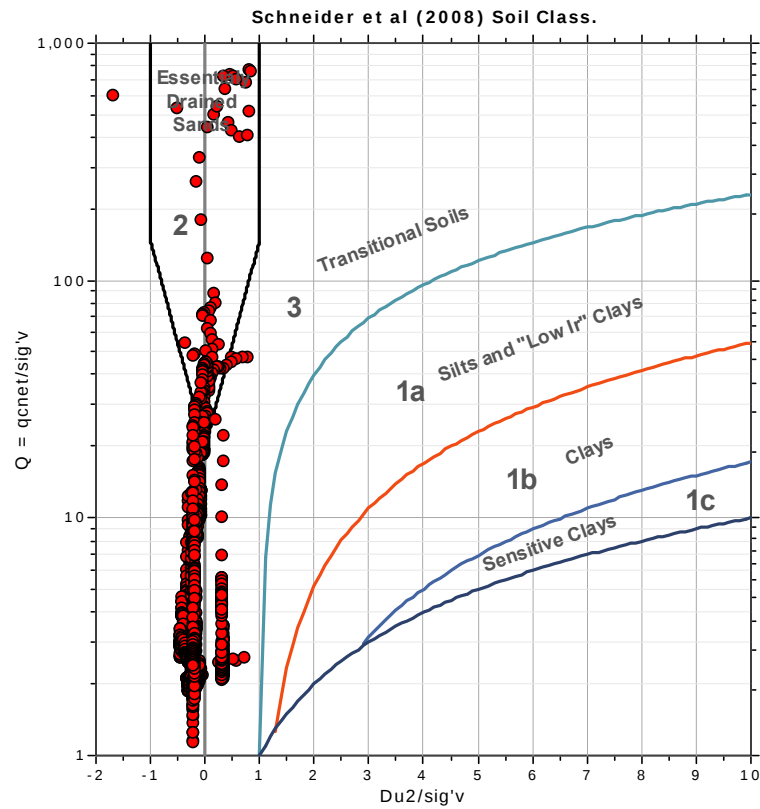
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |

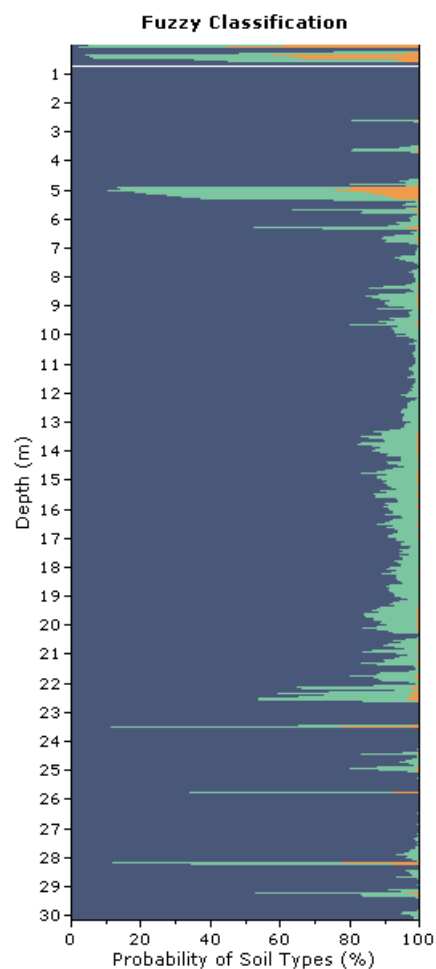
SBT - Bq plots (normalized)

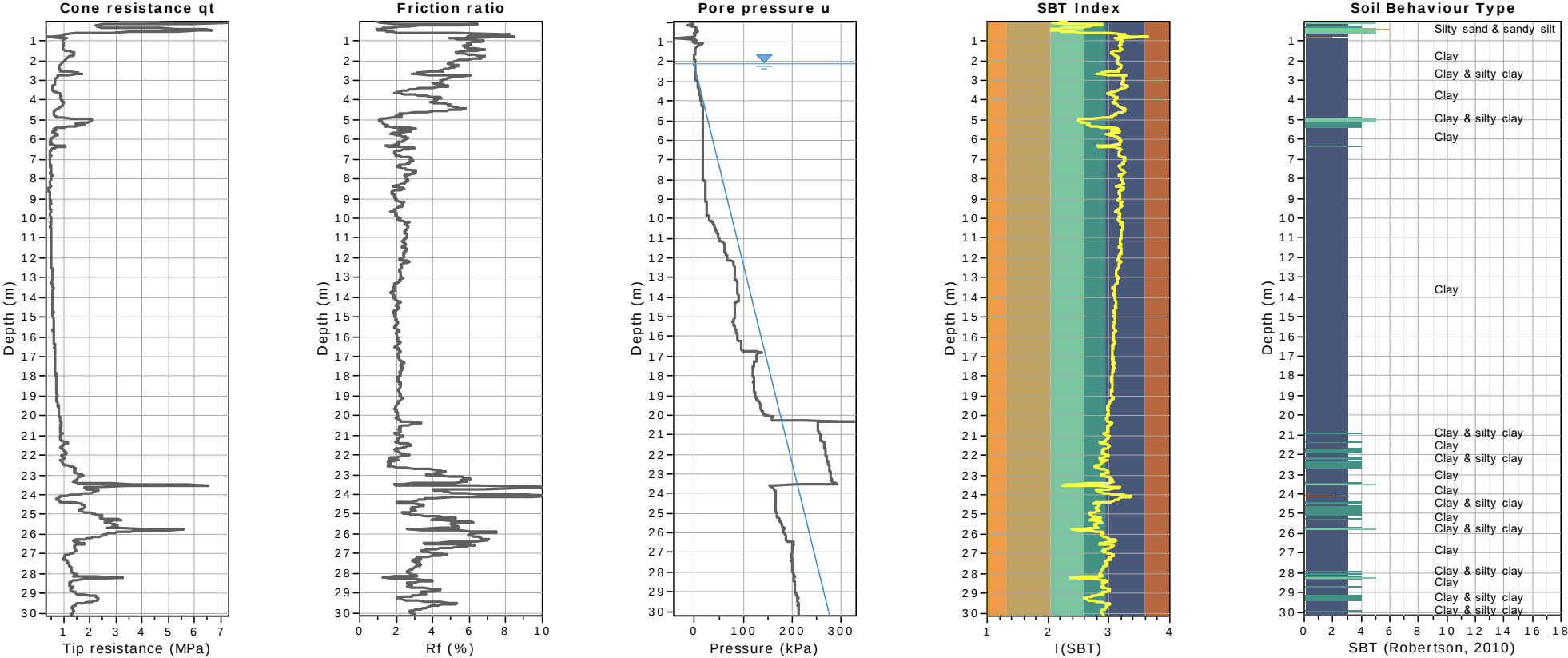


- SBTn legend**
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |

Bq plots (Schneider)

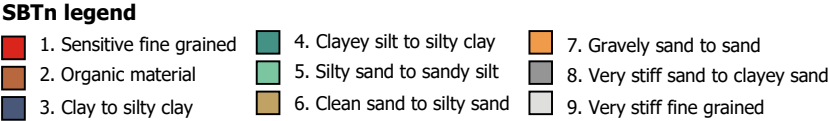
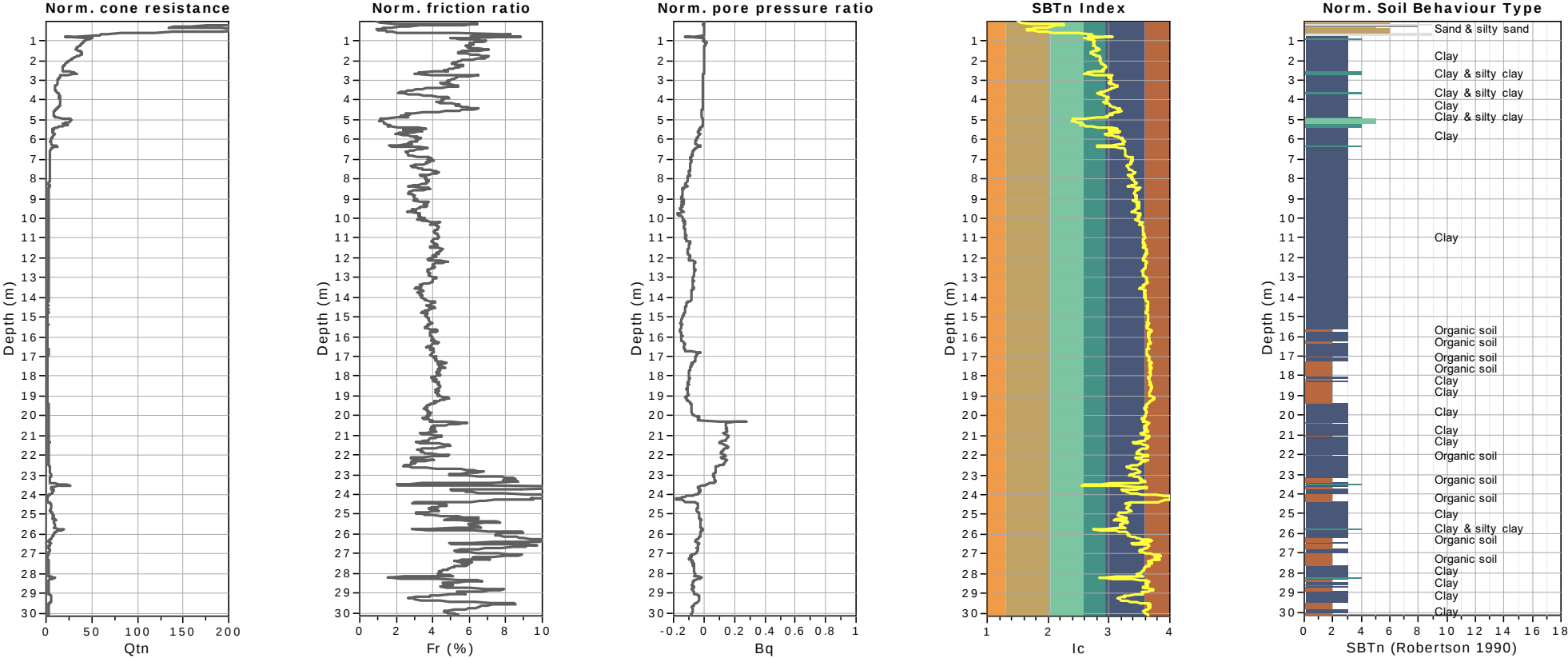


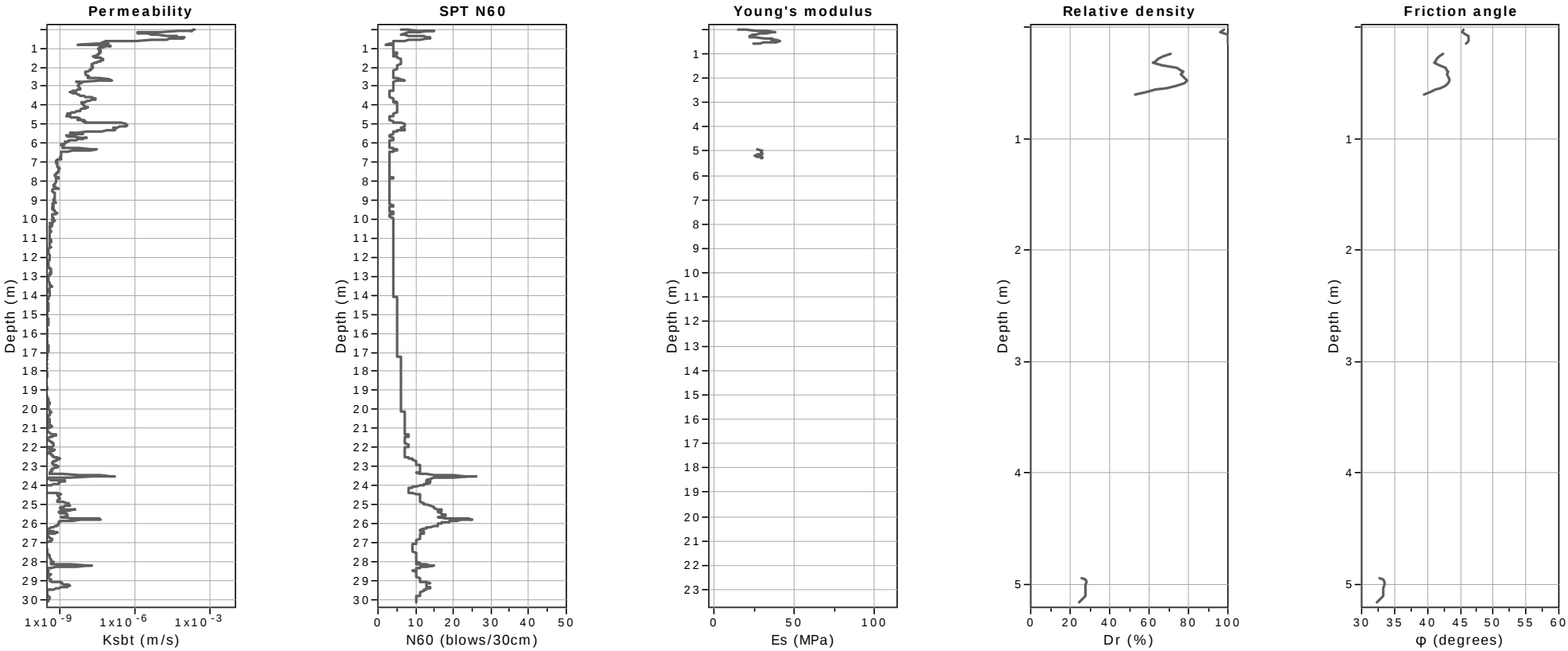




SBT legend

1. Sensitive fine grained	4. Clayey silt to silty clay	7. Gravely sand to sand
2. Organic material	5. Silty sand to sandy silt	8. Very stiff sand to clayey sand
3. Clay to silty clay	6. Clean sand to silty sand	9. Very stiff fine grained

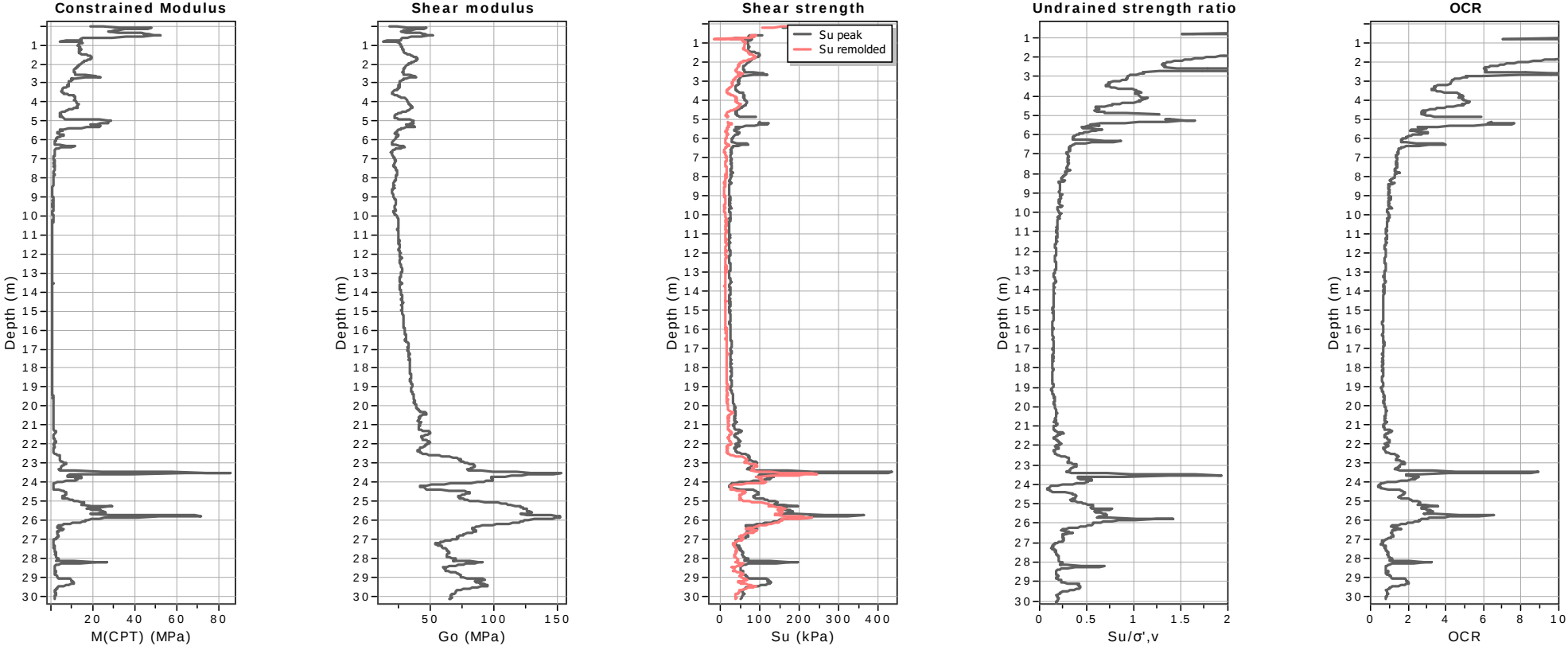




Calculation parameters

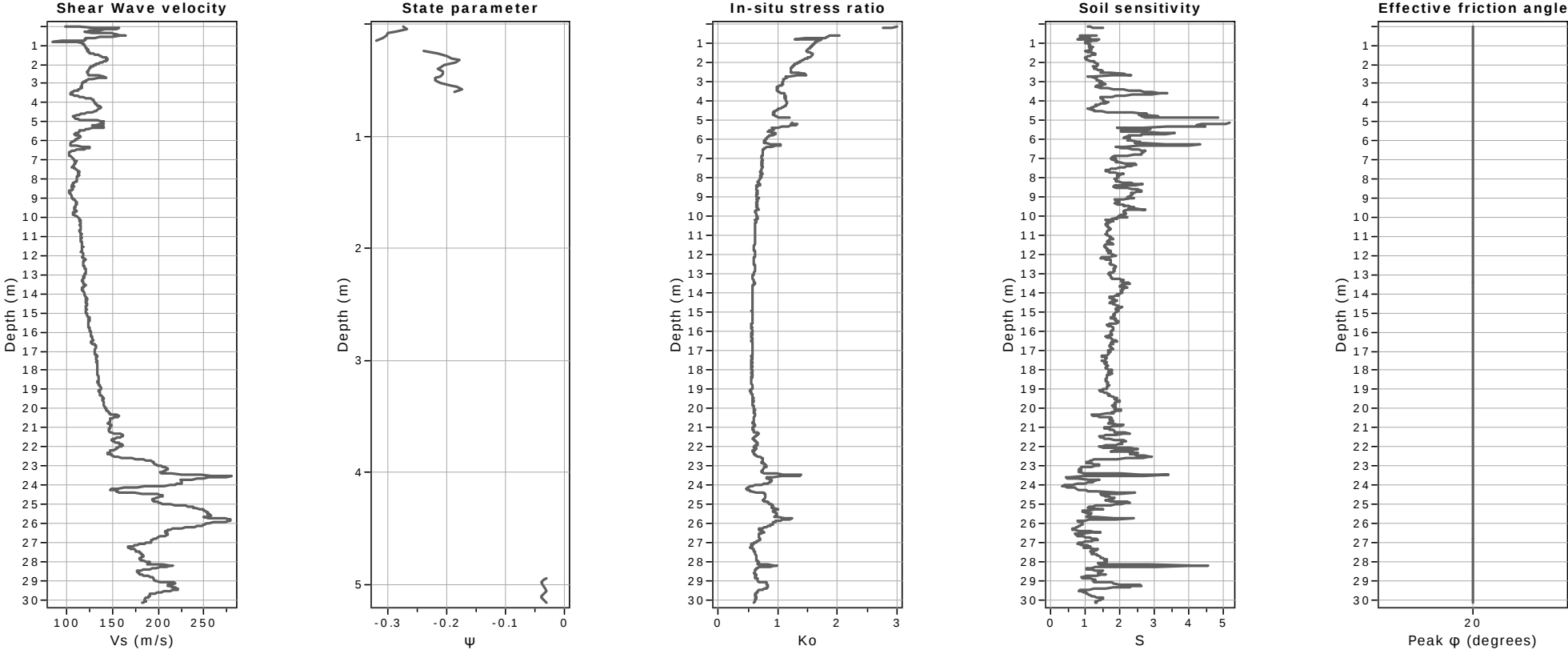
Permeability: Based on SBT_n
SPT N_{60} : Based on I_c and q_t
Young's modulus: Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)

Relative density constant, C_{Dr} : 350.0
Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)
User defined estimation data



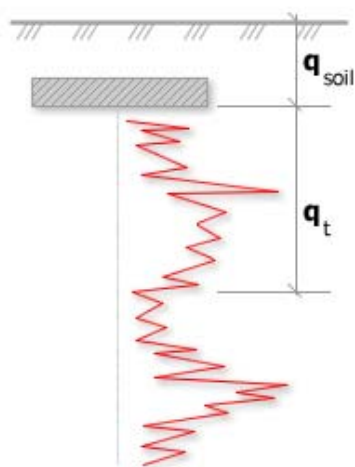
Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable α using I_c and Q_m (Robertson, 2009)
Go: Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)
Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt} : 14
OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33
—●— User defined estimation data



Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00
—●— User defined estimation data



Bearing Capacity calculation is performed based on the formula:

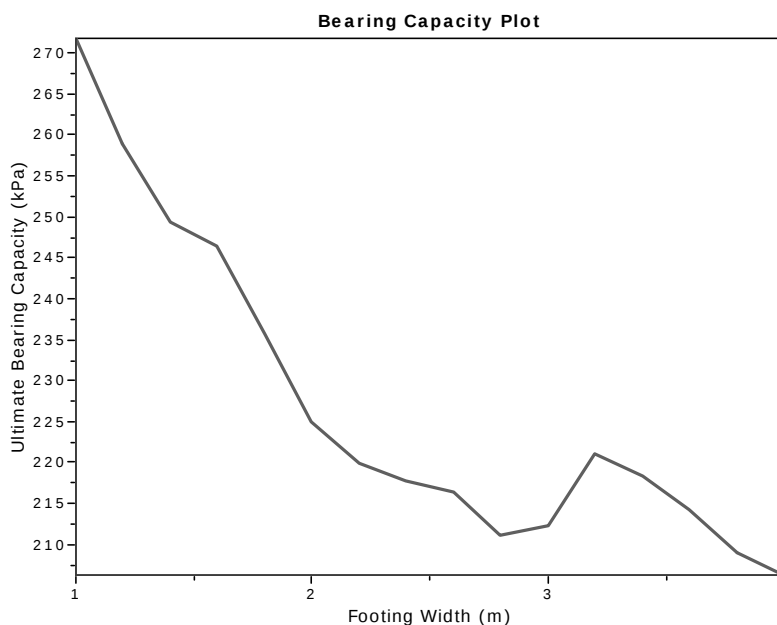
$$Q_{ult} = R_k \times q_t + q_{soil}$$

where:

R_k : Bearing capacity factor

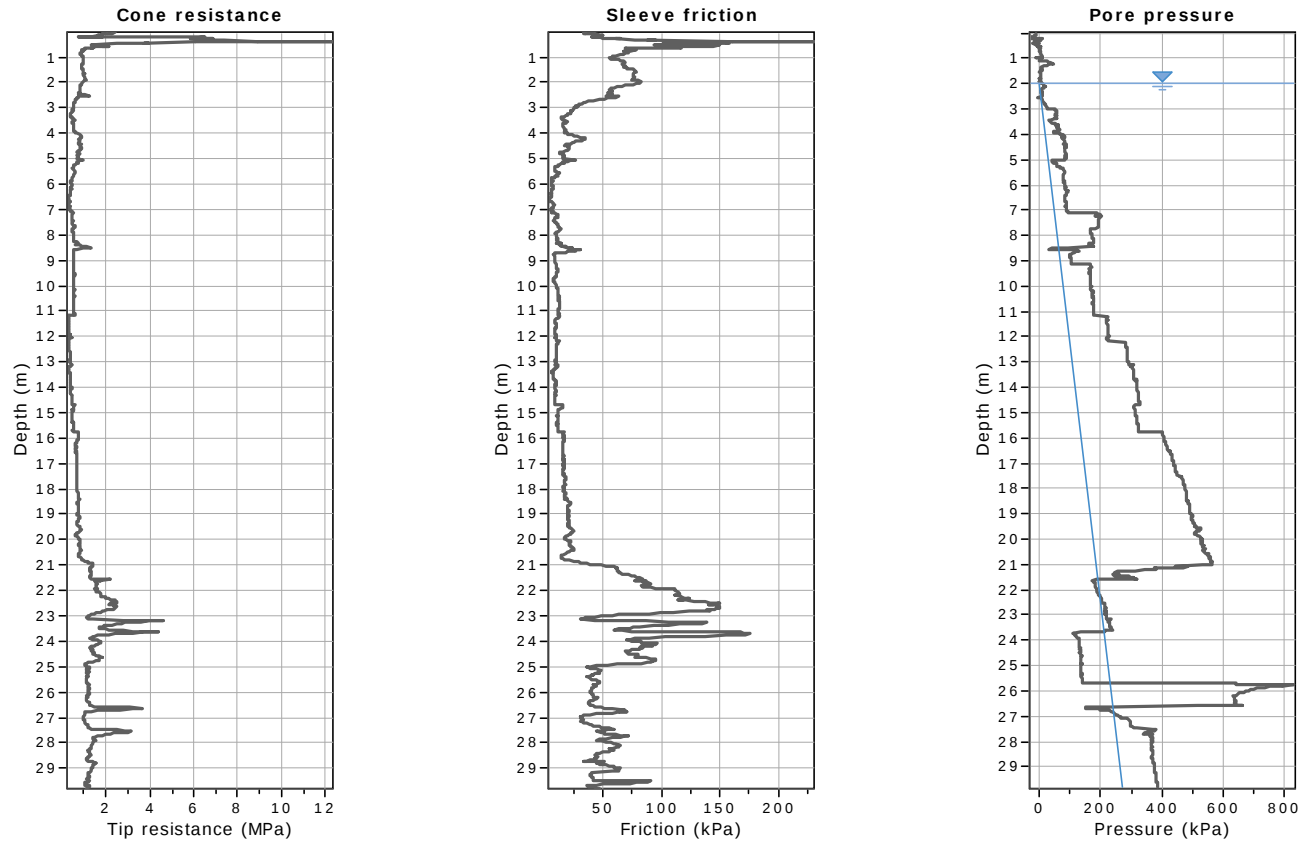
q_t : Average corrected cone resistance over calculation depth

q_{soil} : Pressure applied by soil above footing

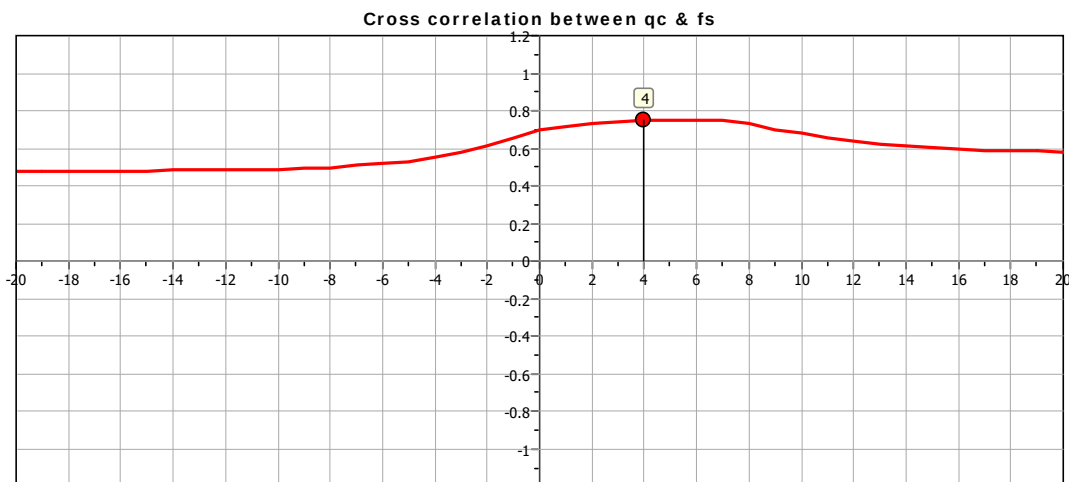


:: Tabular results ::

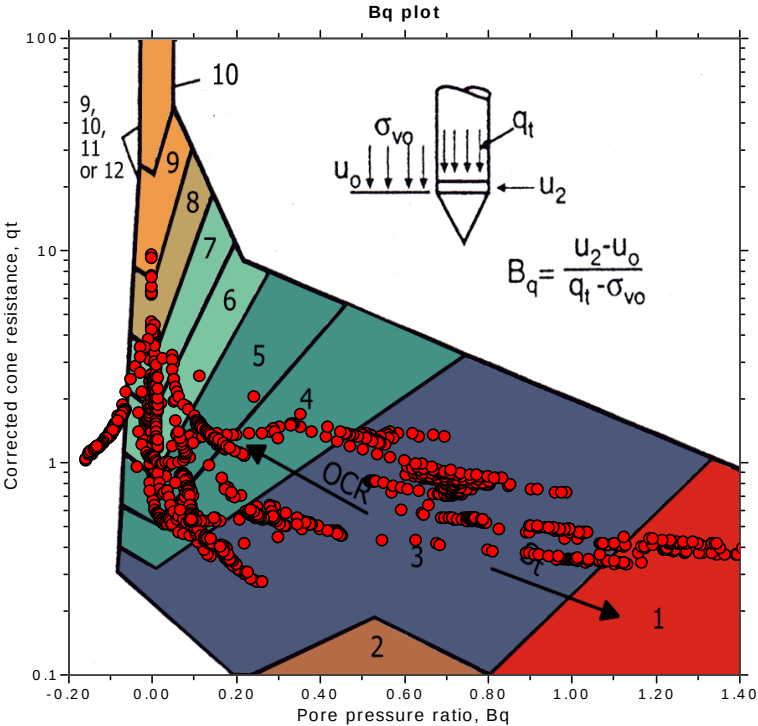
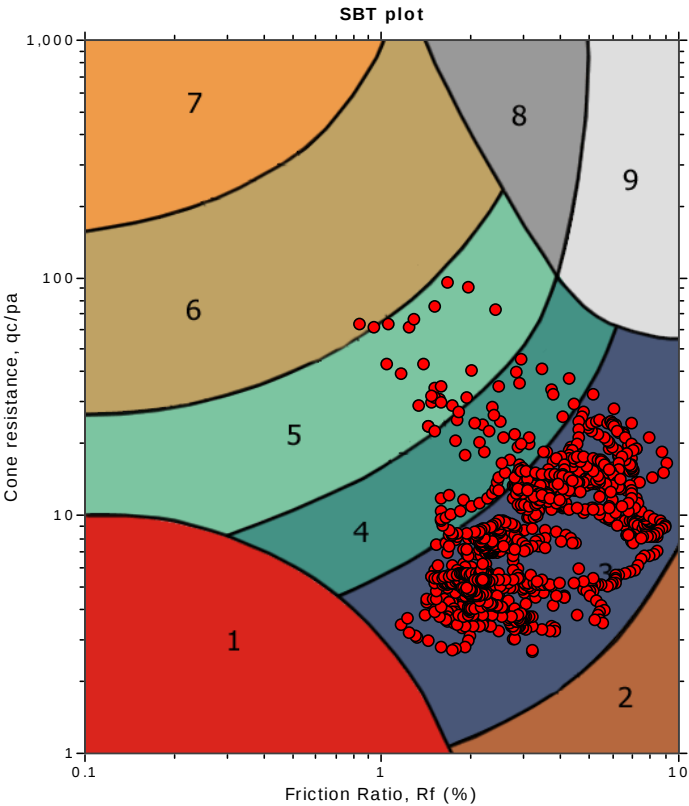
No	B (m)	Start Depth (m)	End Depth (m)	Ave. q_t (MPa)	R_k	Soil Press. (kPa)	Ult. bearing cap. (kPa)
1	1.00	0.50	2.00	1.31	0.20	9.50	271.75
2	1.20	0.50	2.30	1.25	0.20	9.50	258.97
3	1.40	0.50	2.60	1.20	0.20	9.50	249.31
4	1.60	0.50	2.90	1.18	0.20	9.50	246.48
5	1.80	0.50	3.20	1.13	0.20	9.50	235.63
6	2.00	0.50	3.50	1.08	0.20	9.50	225.05
7	2.20	0.50	3.80	1.05	0.20	9.50	219.88
8	2.40	0.50	4.10	1.04	0.20	9.50	217.78
9	2.60	0.50	4.40	1.03	0.20	9.50	216.29
10	2.80	0.50	4.70	1.01	0.20	9.50	211.15
11	3.00	0.50	5.00	1.01	0.20	9.50	212.21
12	3.20	0.50	5.30	1.06	0.20	9.50	221.11
13	3.40	0.50	5.60	1.04	0.20	9.50	218.42
14	3.60	0.50	5.90	1.02	0.20	9.50	214.28
15	3.80	0.50	6.20	1.00	0.20	9.50	209.01
16	4.00	0.50	6.50	0.98	0.20	9.50	206.25



The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw q_c and f_s values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).



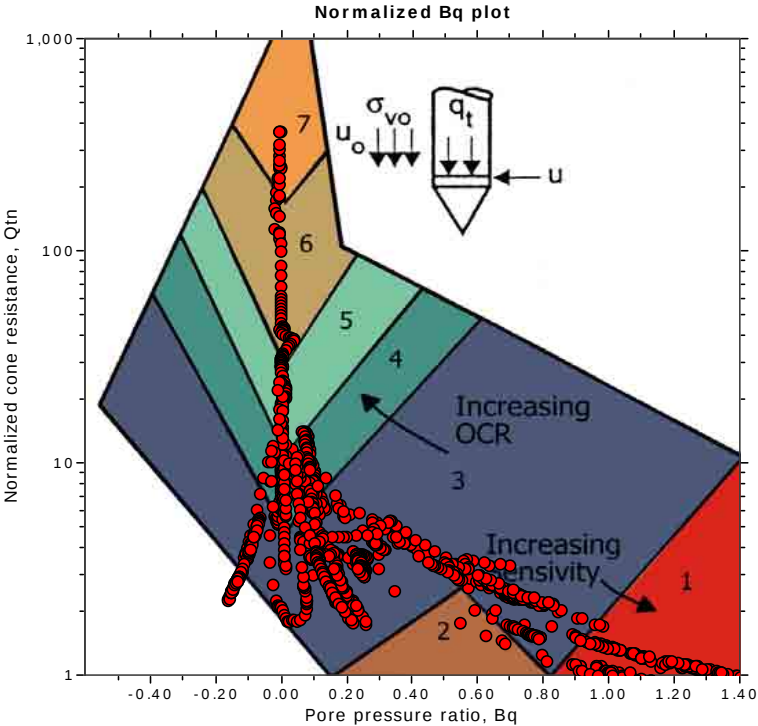
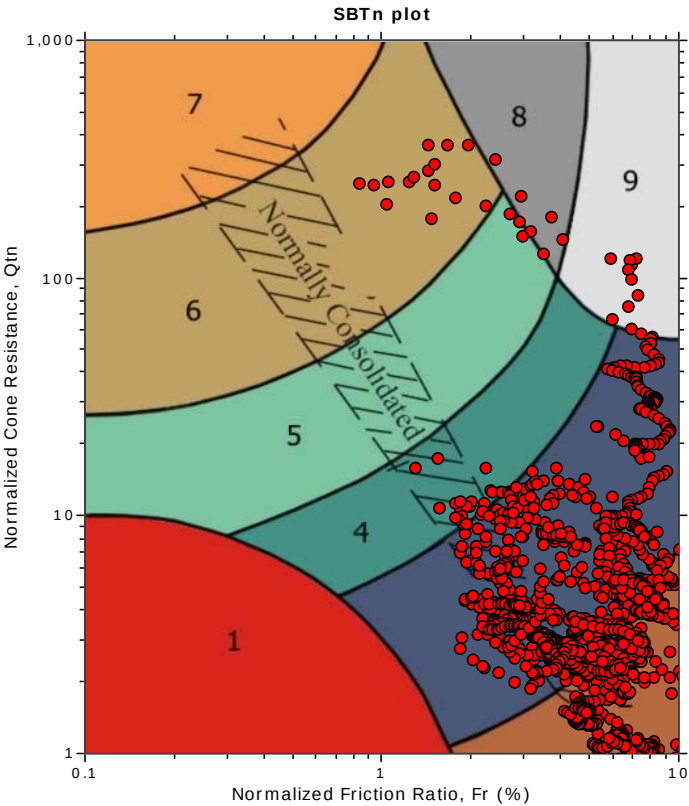
SBT - Bq plots



SBT legend

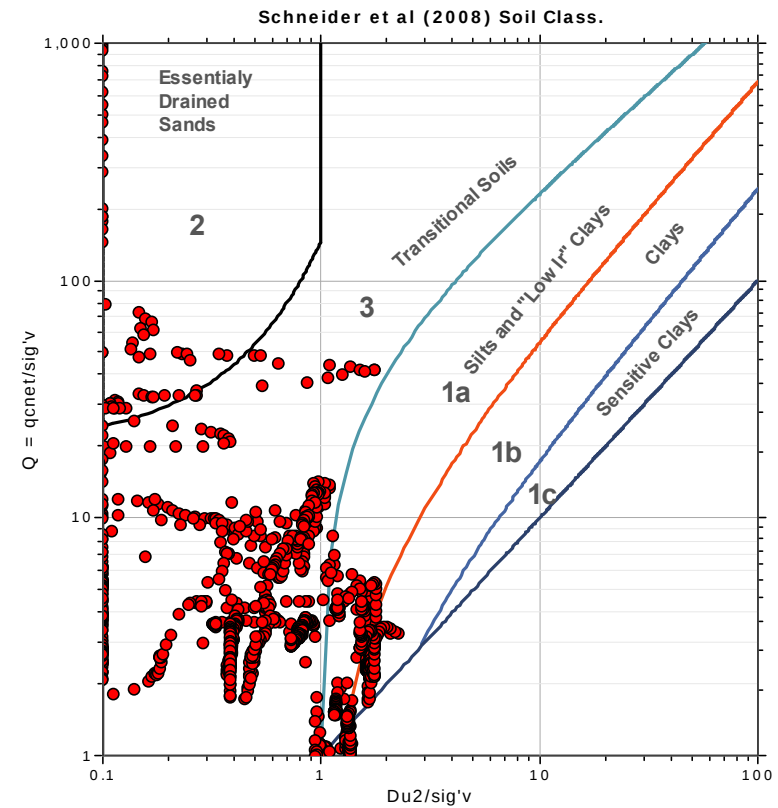
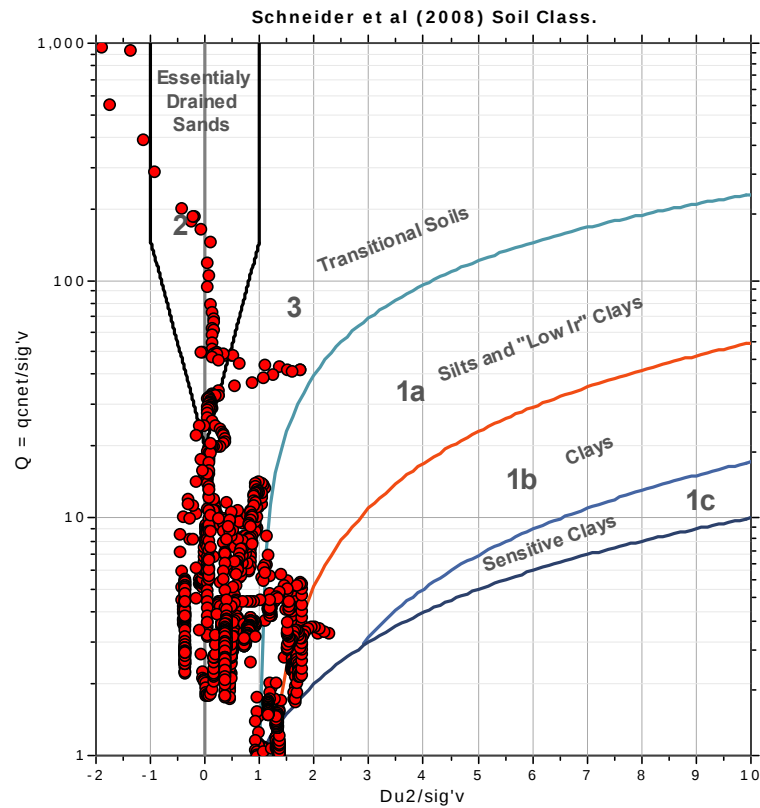
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |

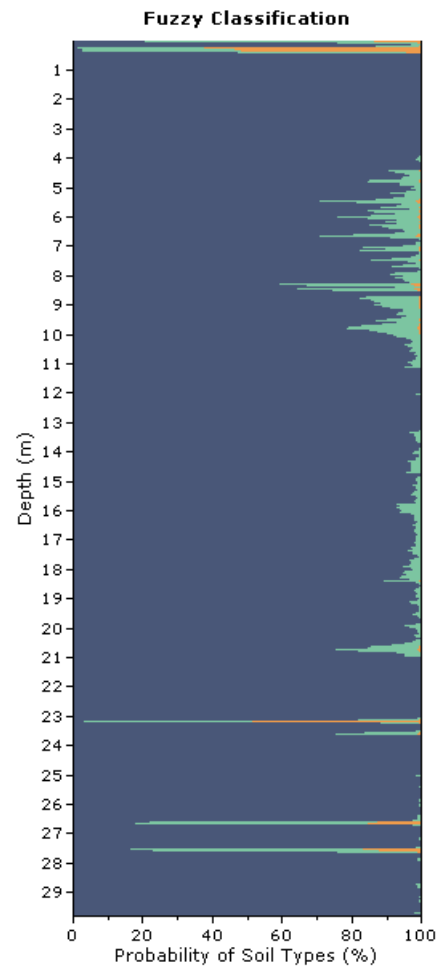
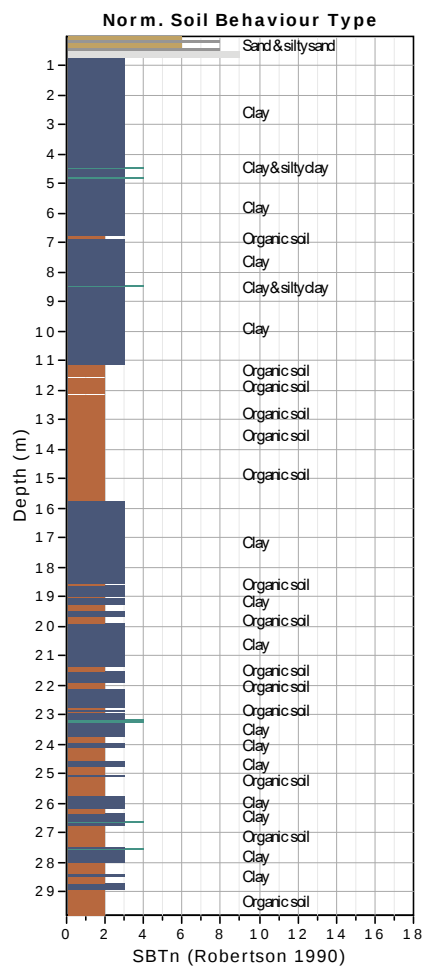
SBT - Bq plots (normalized)

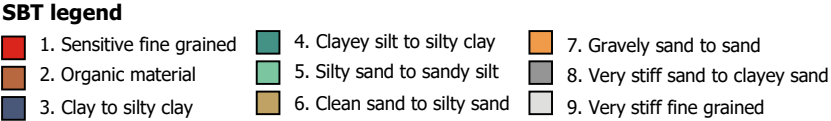
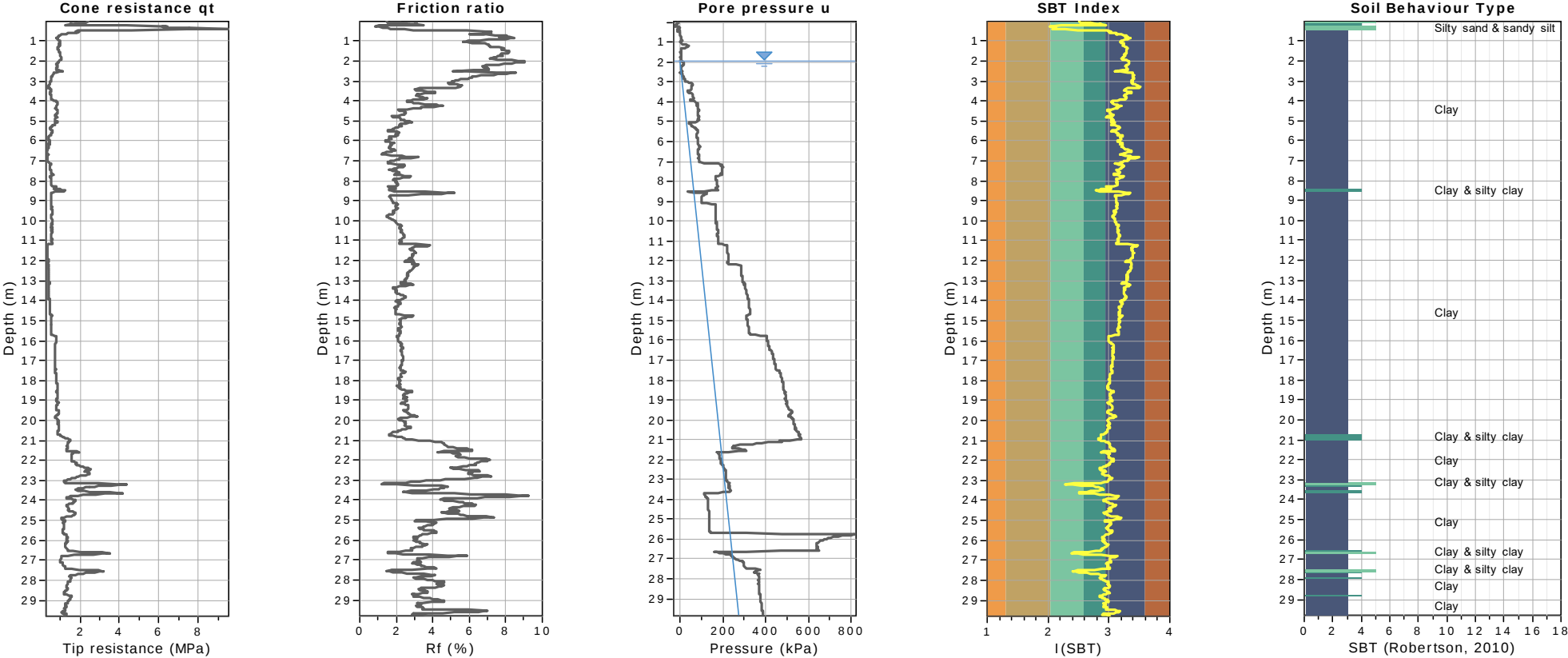


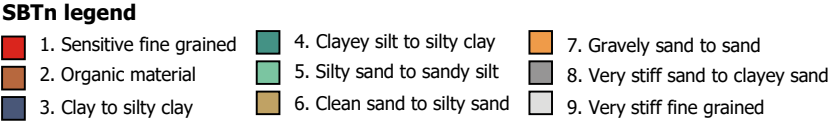
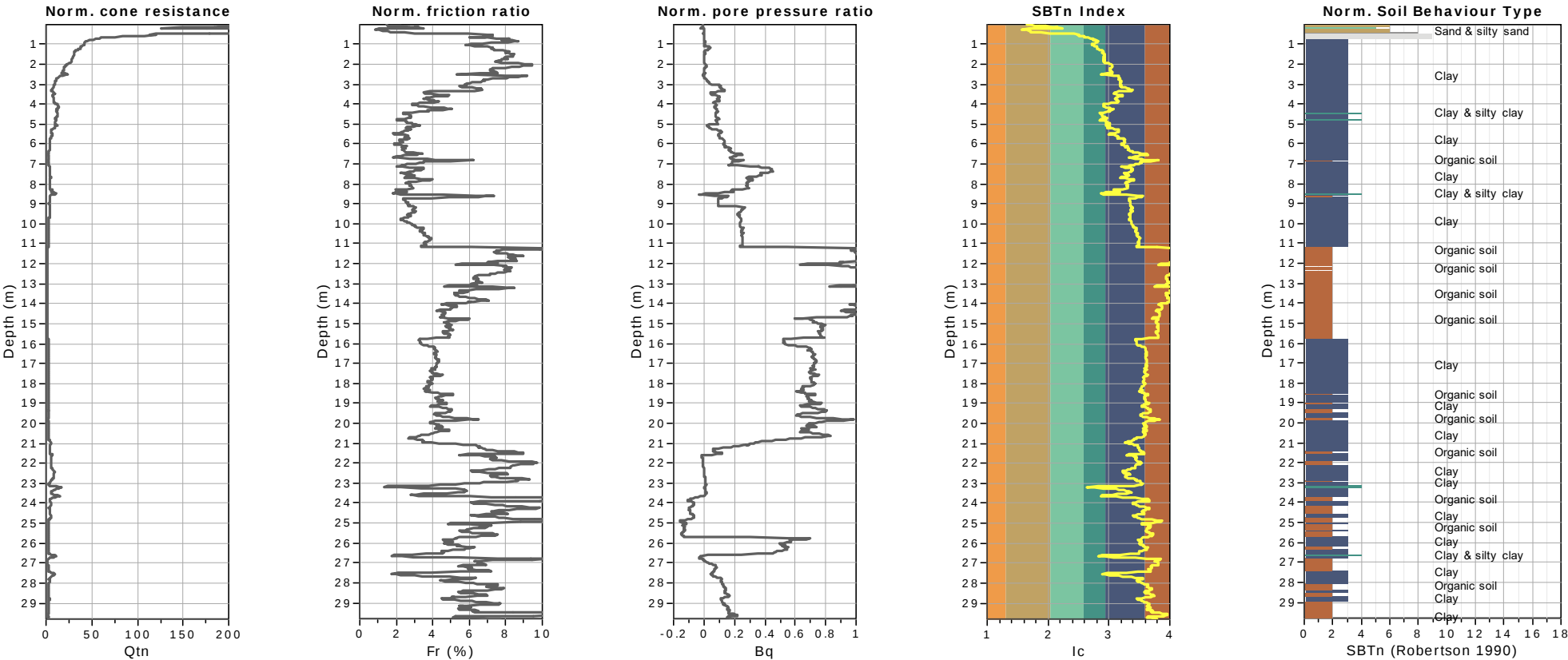
- SBTn legend**
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |

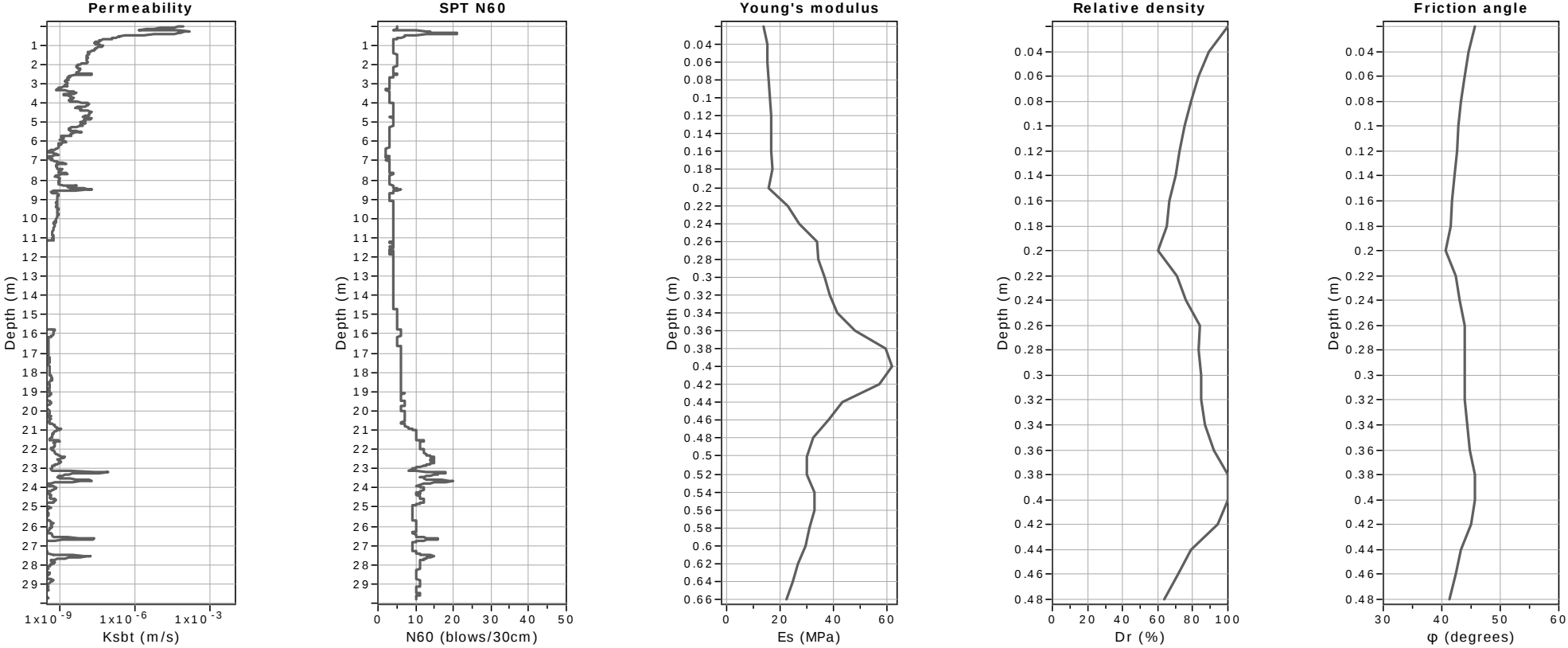
Bq plots (Schneider)







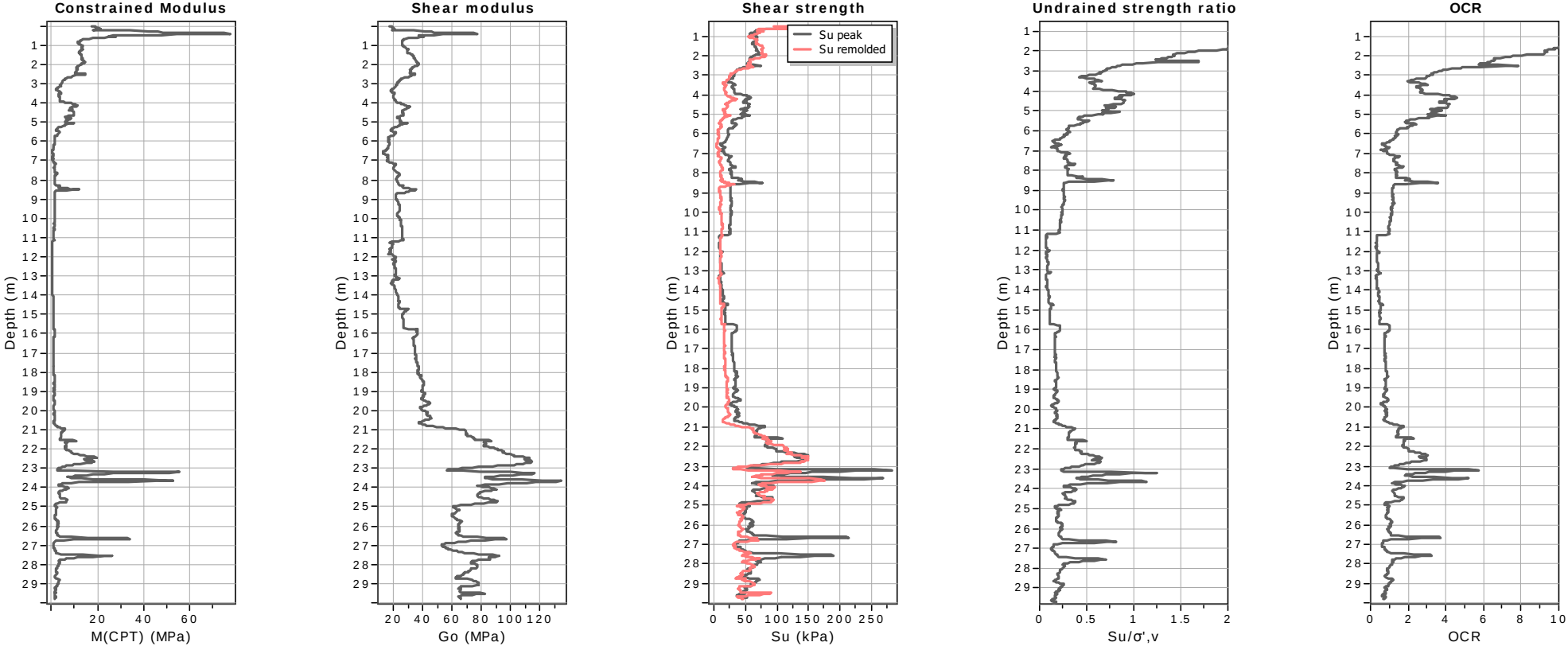




Calculation parameters

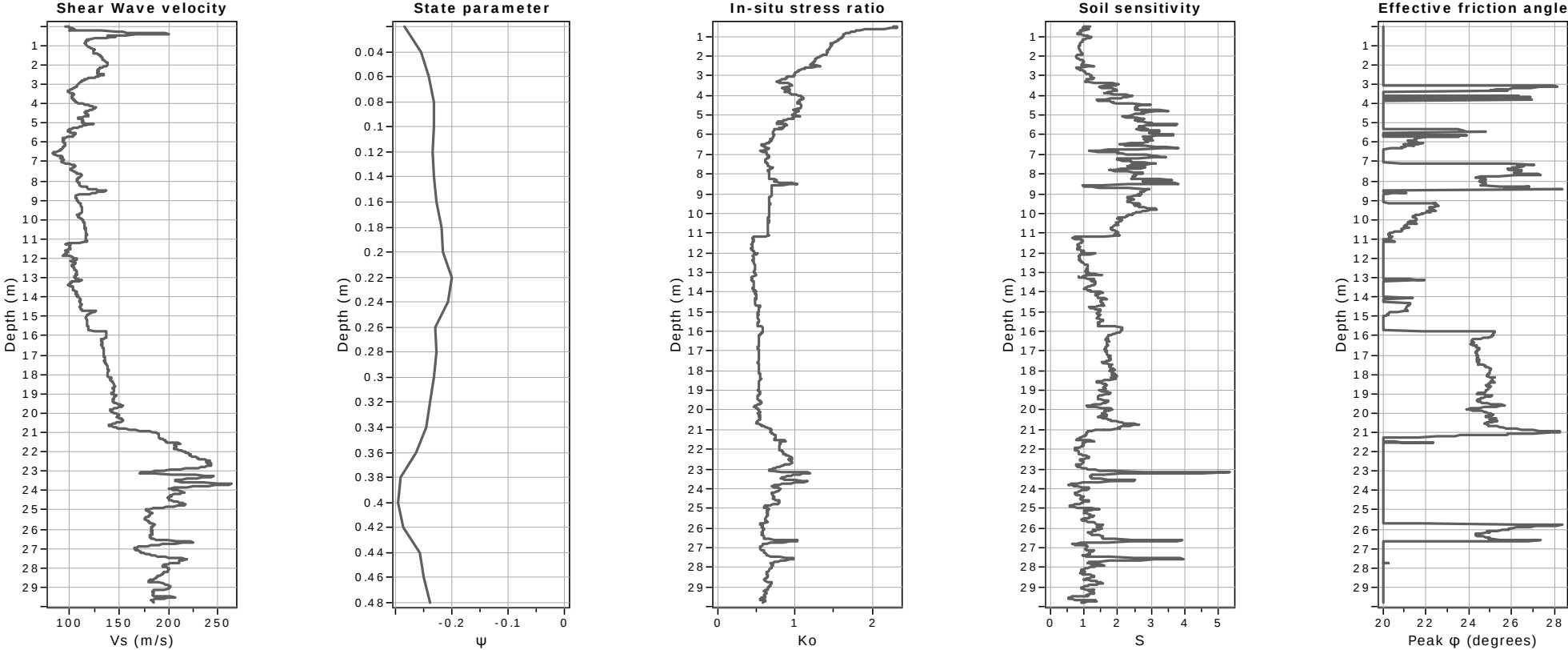
Permeability: Based on SBT_n
SPT N_{60} : Based on I_c and q_t
Young's modulus: Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)

Relative density constant, C_{Dr} : 350.0
Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)
—●— User defined estimation data



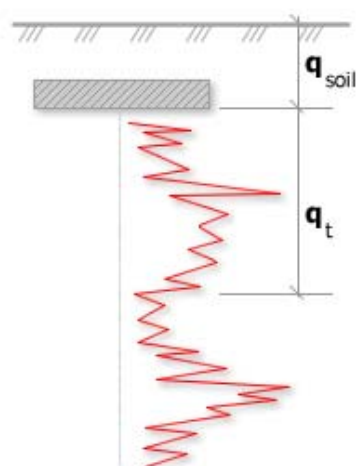
Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable *alpha* using I_c and Q_m (Robertson, 2009)
Go: Based on variable *alpha* using I_c (Robertson, 2009)
Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt} : 14
OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33
—●— User defined estimation data



Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00
—●— User defined estimation data



Bearing Capacity calculation is performed based on the formula:

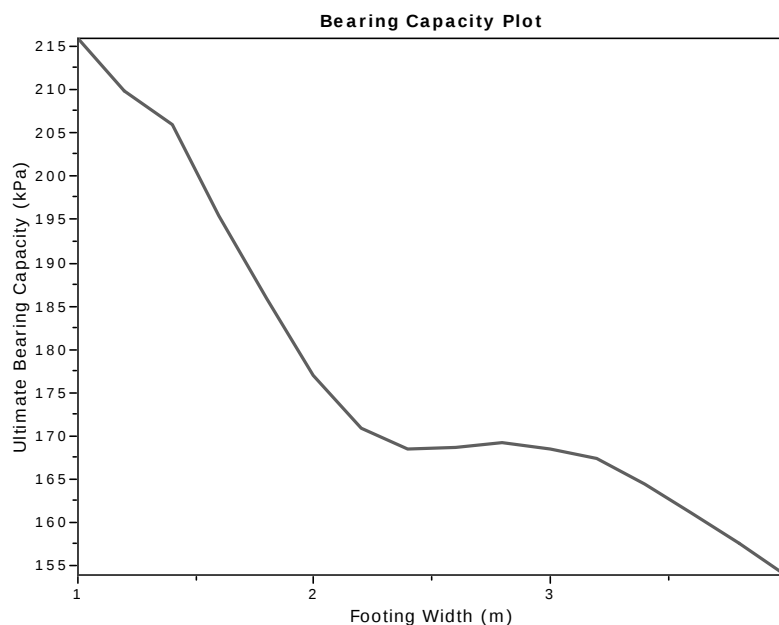
$$Q_{ult} = R_k \times q_t + q_{soil}$$

where:

R_k : Bearing capacity factor

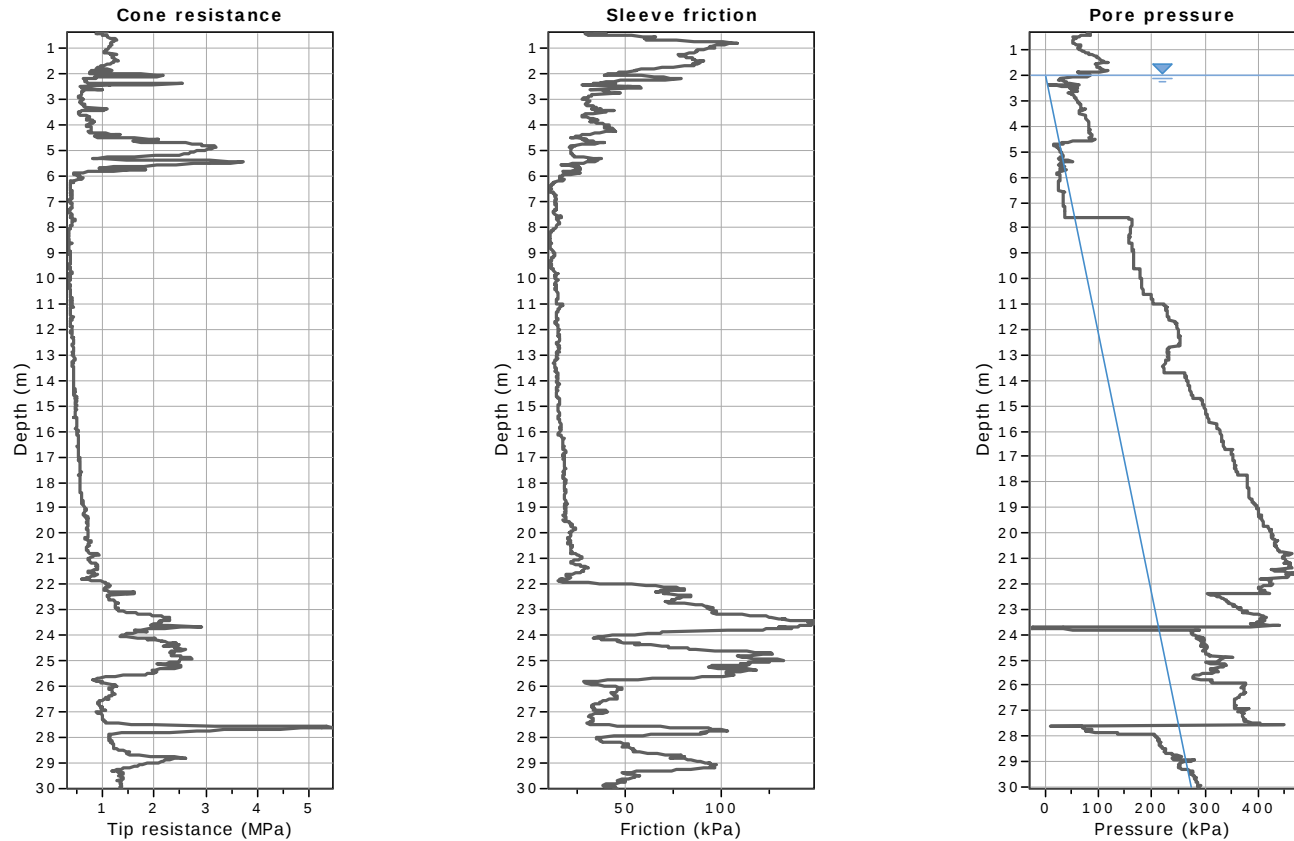
q_t : Average corrected cone resistance over calculation depth

q_{soil} : Pressure applied by soil above footing

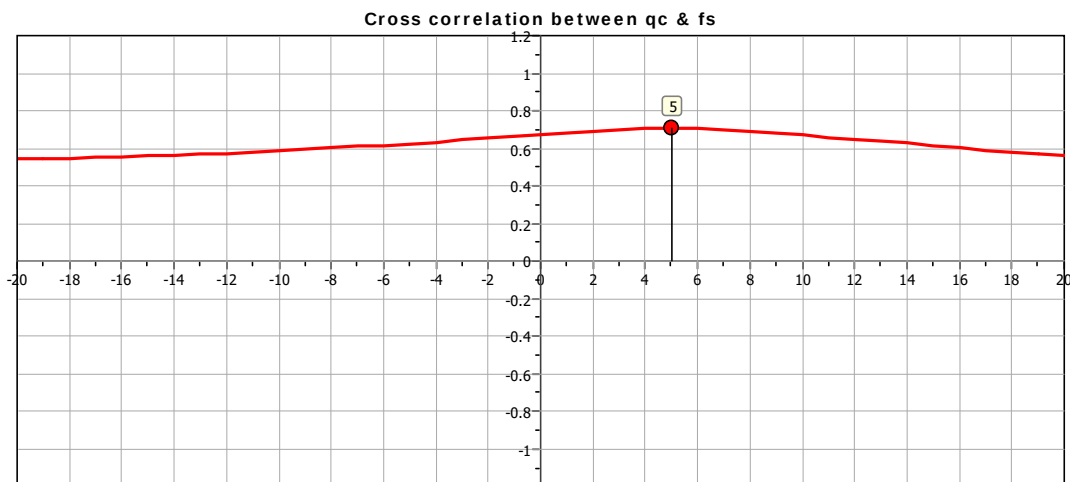


:: Tabular results ::

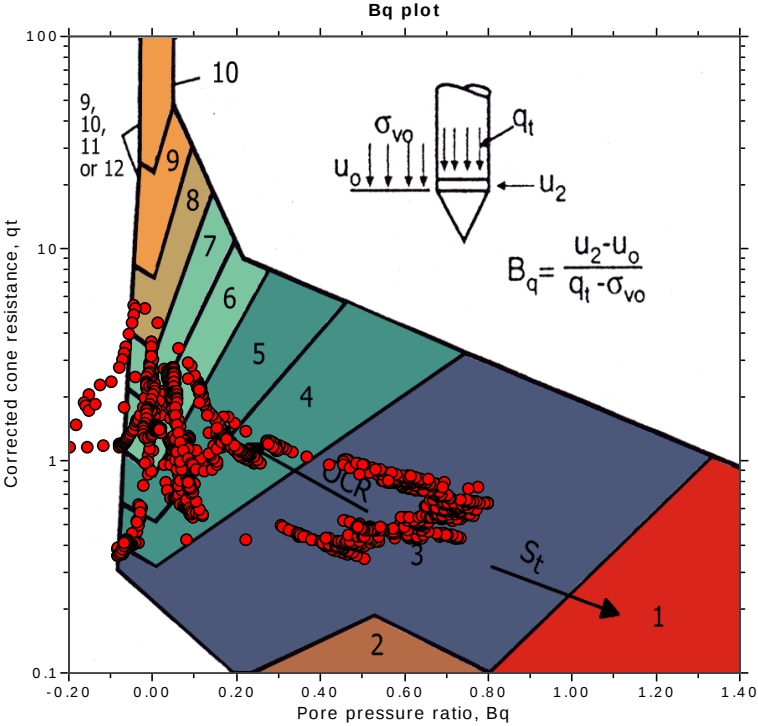
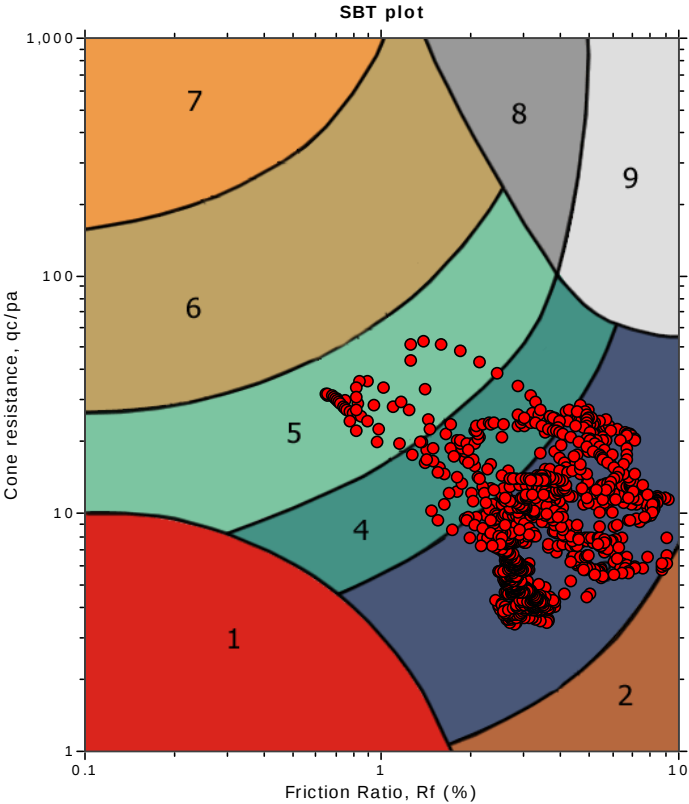
No	B (m)	Start Depth (m)	End Depth (m)	Ave. q_t (MPa)	R_k	Soil Press. (kPa)	Ult. bearing cap. (kPa)
1	1.00	0.50	2.00	1.03	0.20	9.50	216.01
2	1.20	0.50	2.30	1.00	0.20	9.50	209.91
3	1.40	0.50	2.60	0.98	0.20	9.50	206.02
4	1.60	0.50	2.90	0.93	0.20	9.50	195.53
5	1.80	0.50	3.20	0.88	0.20	9.50	185.82
6	2.00	0.50	3.50	0.84	0.20	9.50	177.03
7	2.20	0.50	3.80	0.81	0.20	9.50	170.81
8	2.40	0.50	4.10	0.79	0.20	9.50	168.40
9	2.60	0.50	4.40	0.80	0.20	9.50	168.61
10	2.80	0.50	4.70	0.80	0.20	9.50	169.21
11	3.00	0.50	5.00	0.79	0.20	9.50	168.49
12	3.20	0.50	5.30	0.79	0.20	9.50	167.28
13	3.40	0.50	5.60	0.77	0.20	9.50	164.43
14	3.60	0.50	5.90	0.76	0.20	9.50	161.01
15	3.80	0.50	6.20	0.74	0.20	9.50	157.56
16	4.00	0.50	6.50	0.72	0.20	9.50	153.81



The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw q_c and f_s values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).



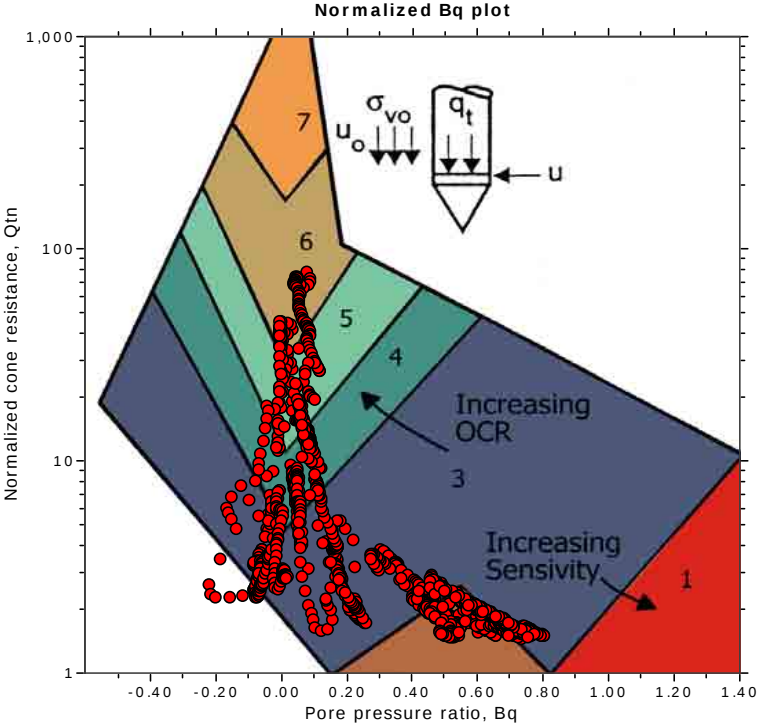
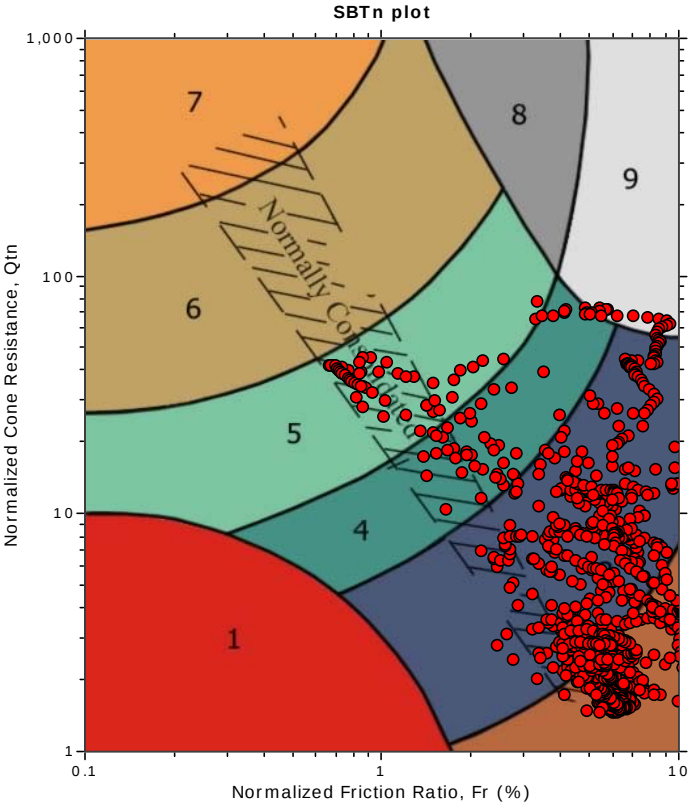
SBT - Bq plots



SBT legend

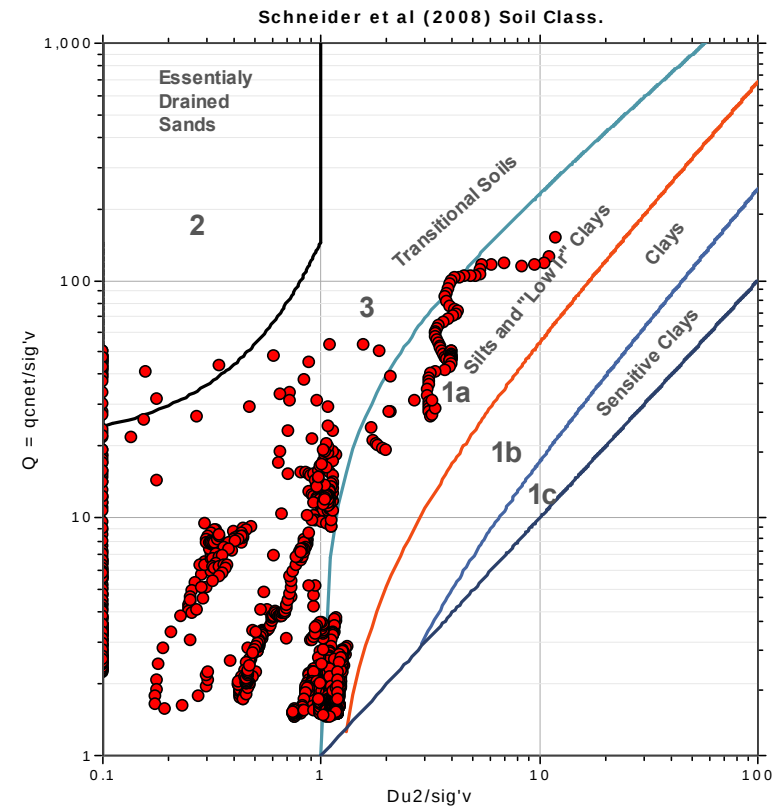
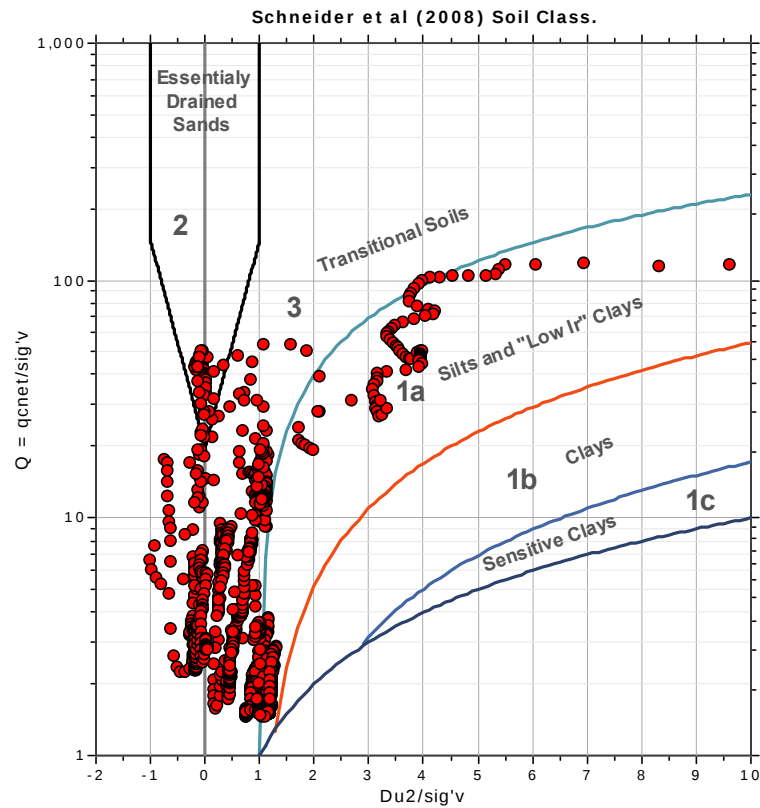
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |

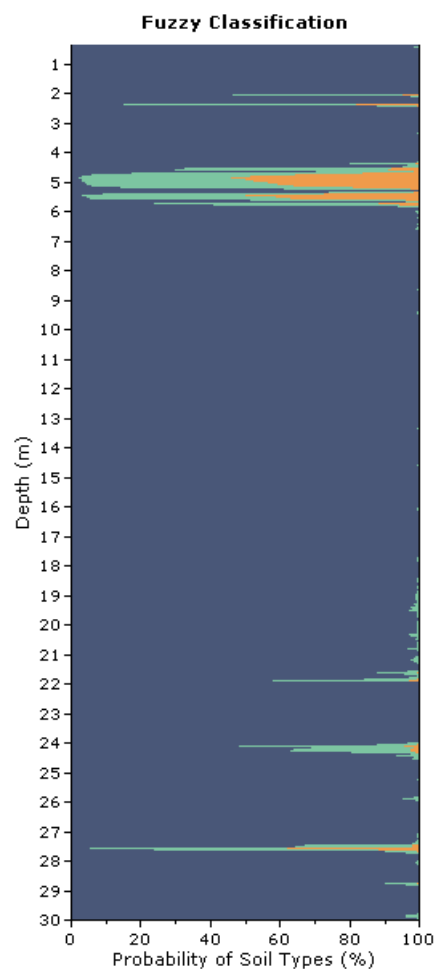
SBT - Bq plots (normalized)

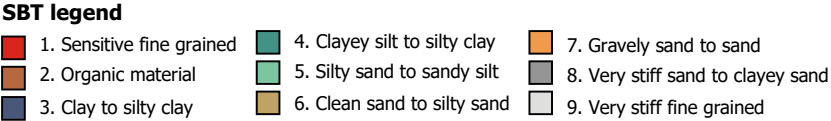
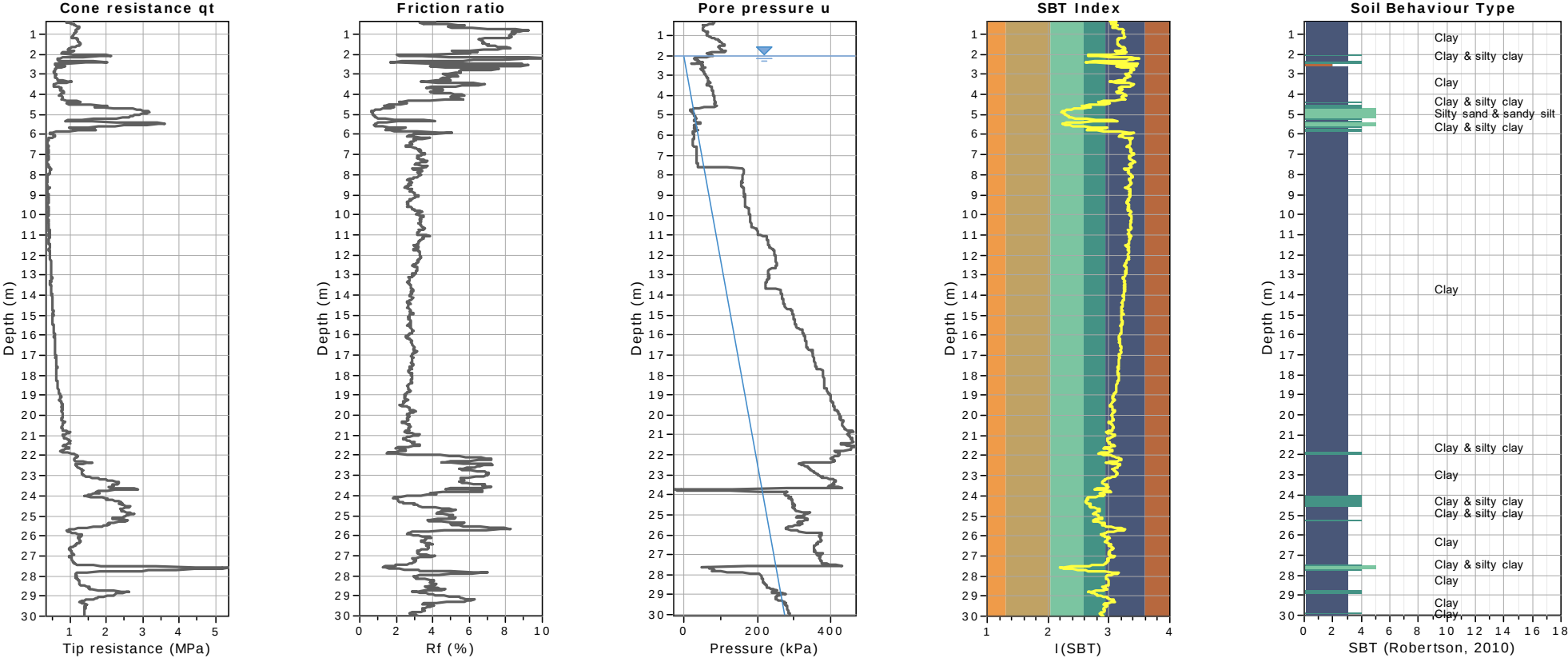


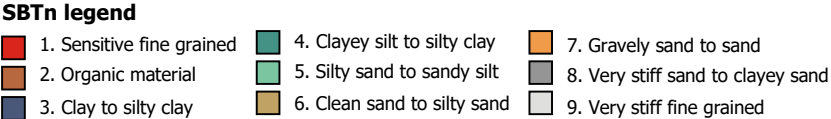
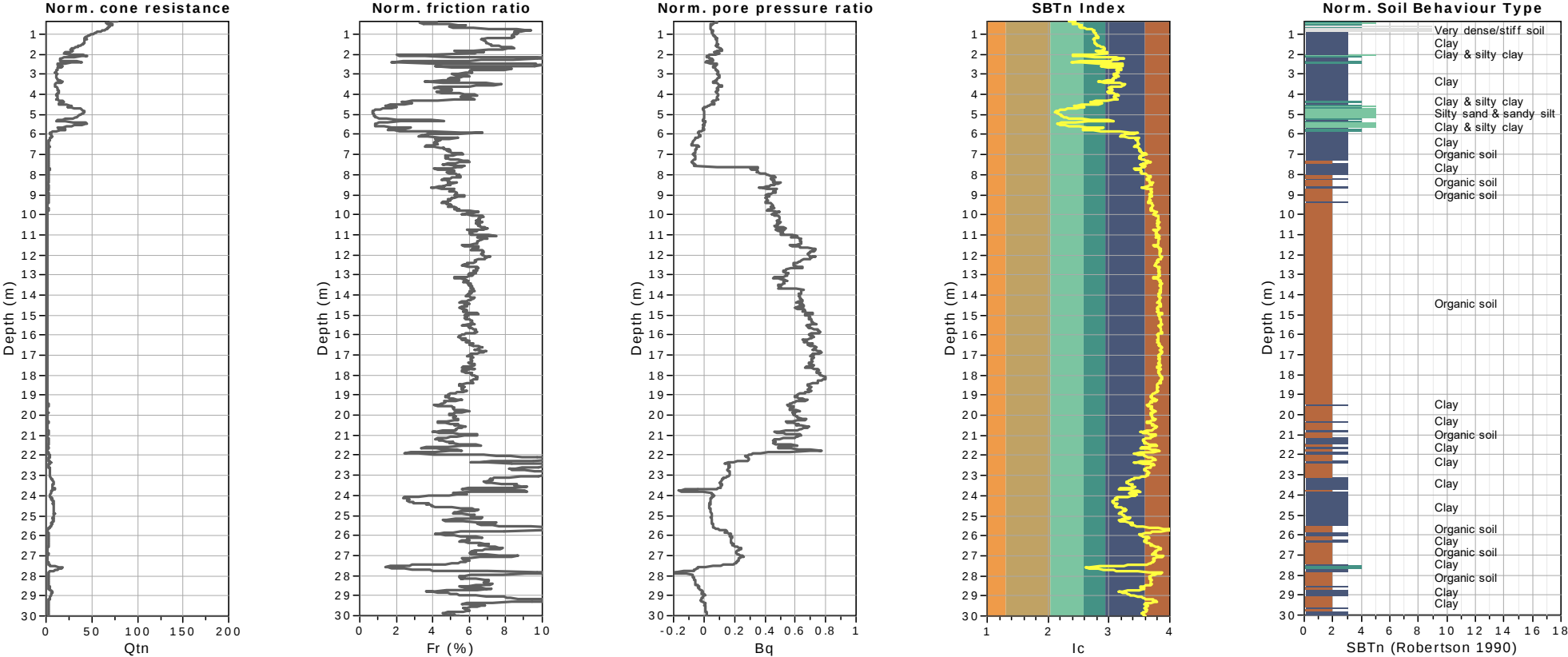
- SBTn legend**
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |

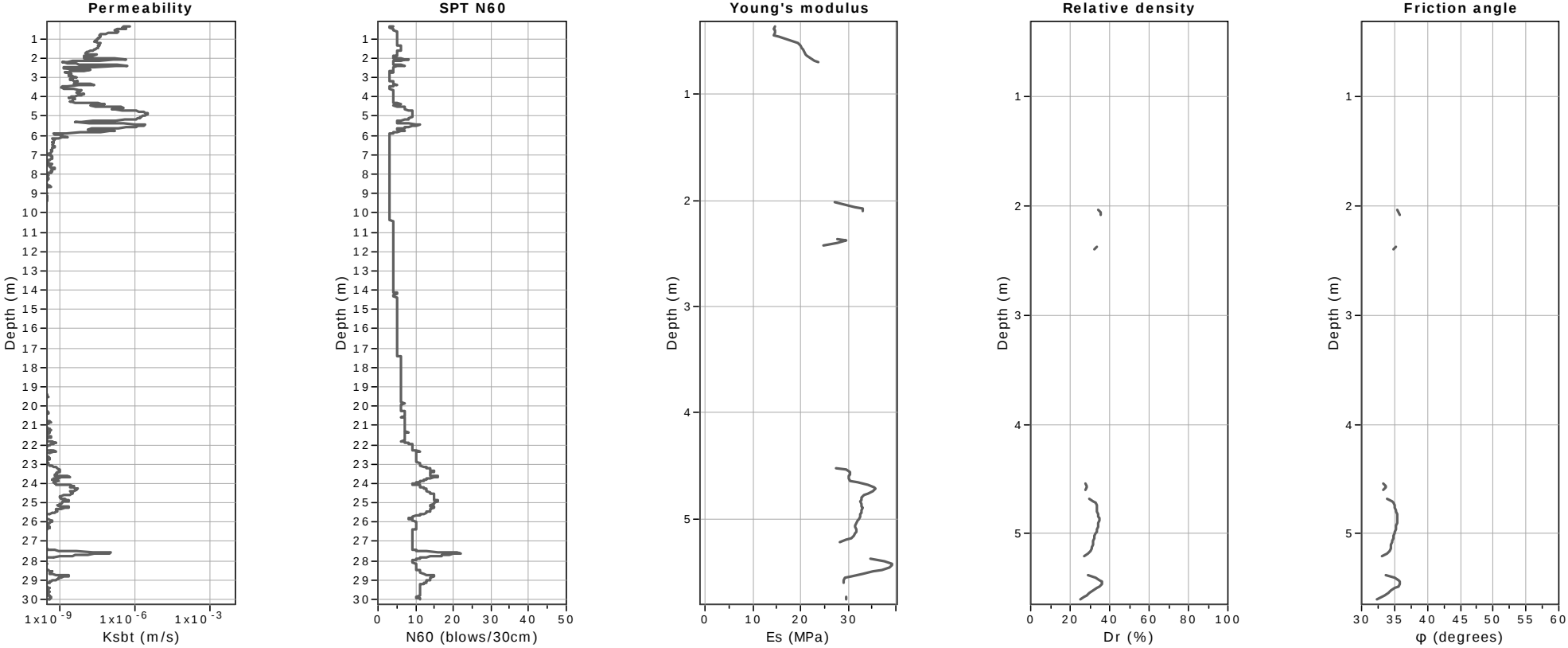
Bq plots (Schneider)







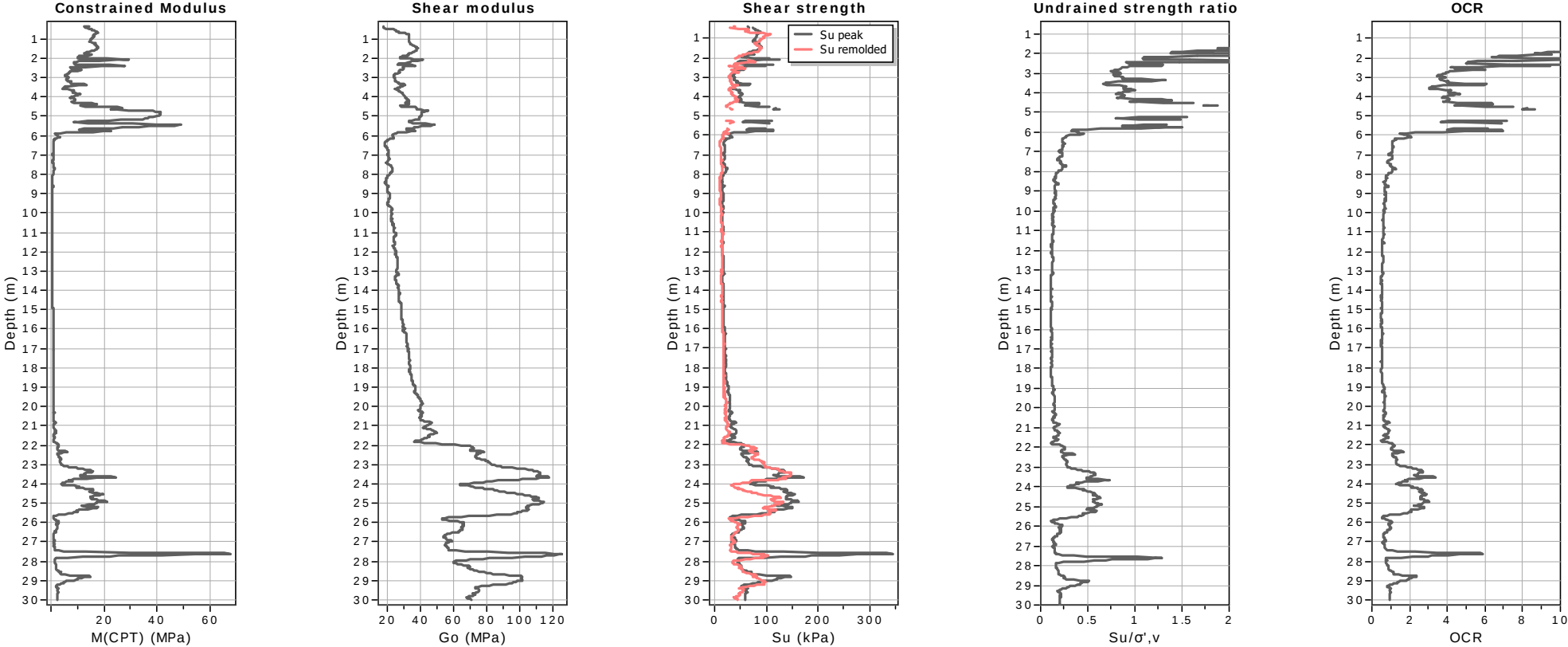




Calculation parameters

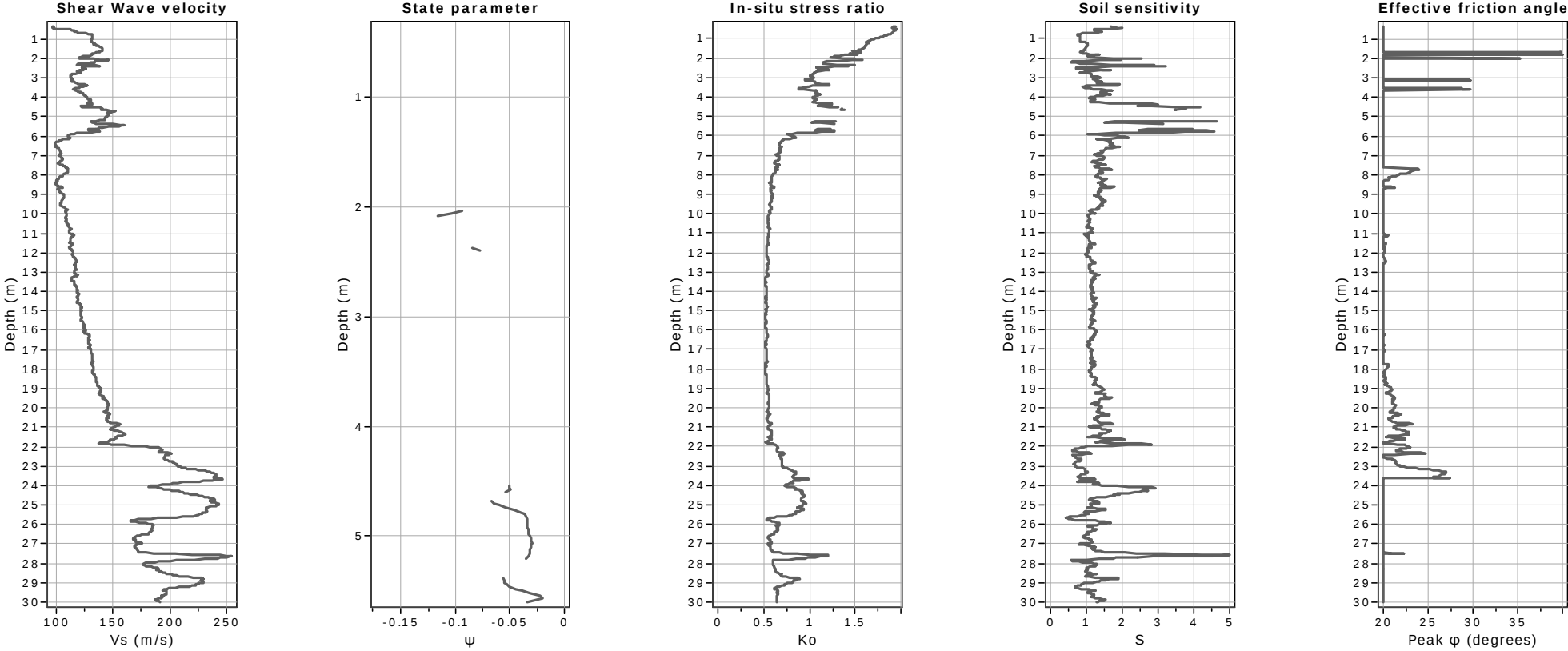
Permeability: Based on SBT_n
SPT N_{60} : Based on I_c and q_t
Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Relative density constant, C_{Dr} : 350.0
Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)
● — User defined estimation data



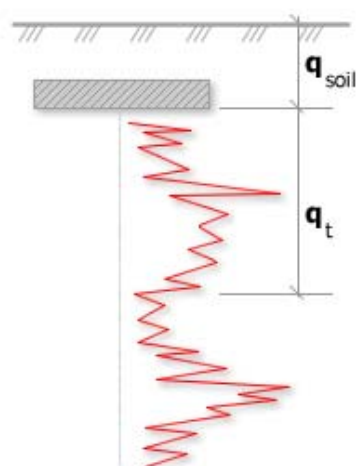
Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable *alpha* using I_c and Q_{tn} (Robertson, 2009)
Go: Based on variable *alpha* using I_c (Robertson, 2009)
Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt} : 14
OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33
—●— User defined estimation data



Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00
—●— User defined estimation data



Bearing Capacity calculation is performed based on the formula:

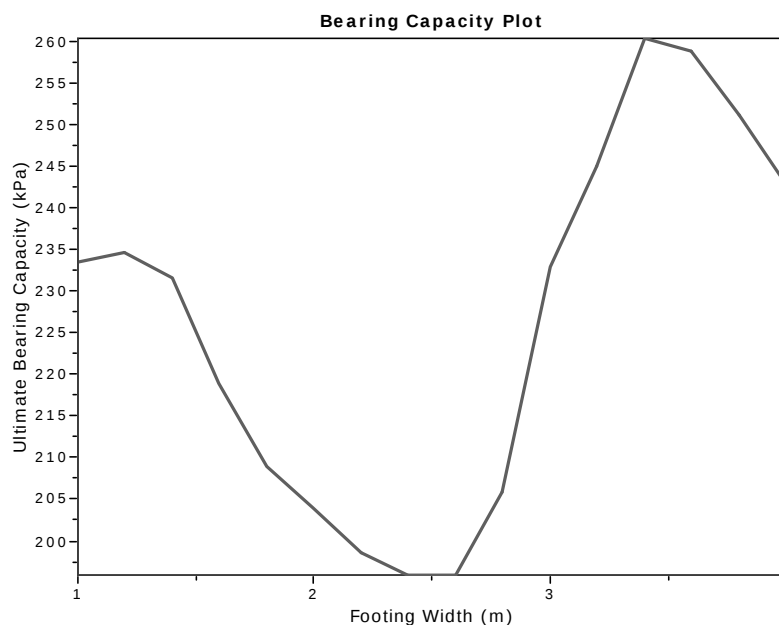
$$Q_{ult} = R_k \times q_t + q_{soil}$$

where:

R_k : Bearing capacity factor

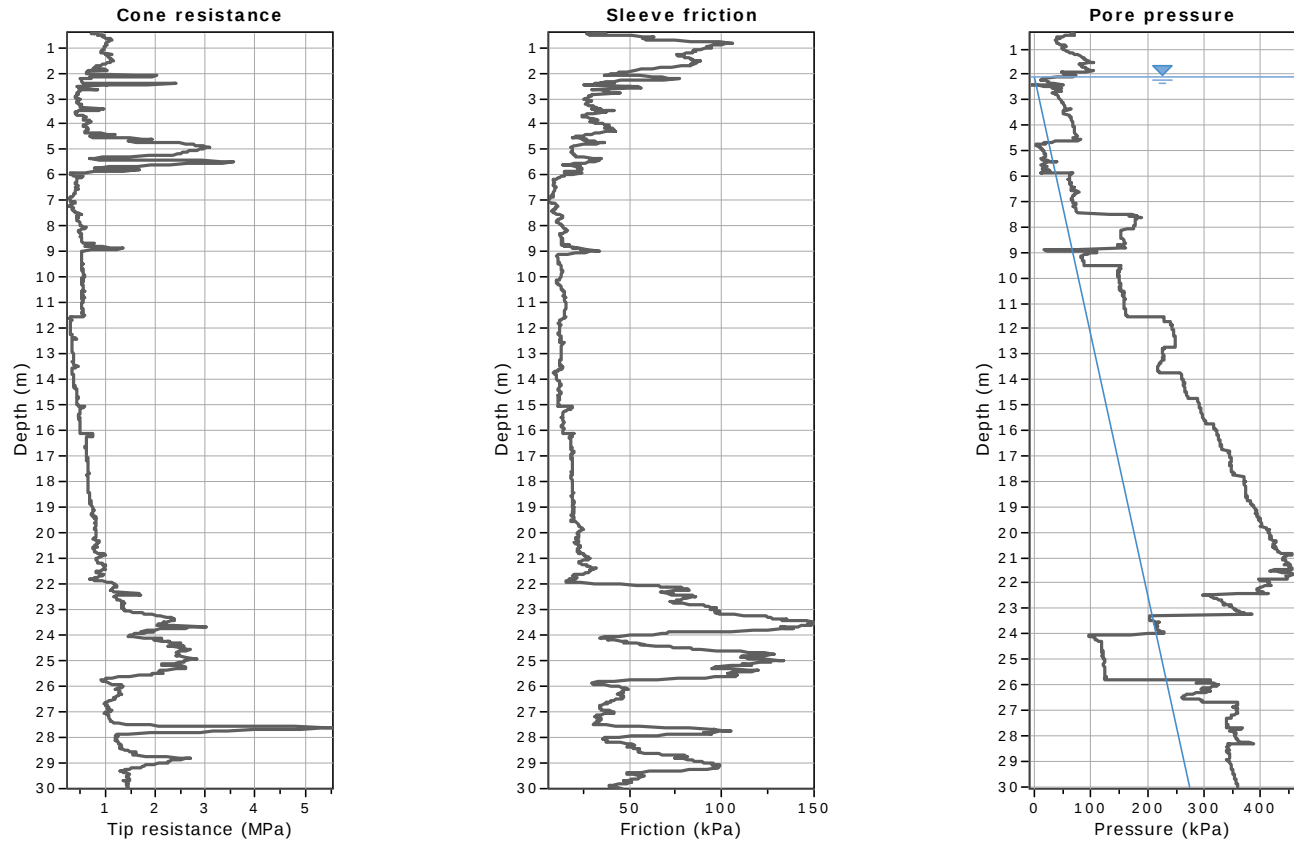
q_t : Average corrected cone resistance over calculation depth

q_{soil} : Pressure applied by soil above footing

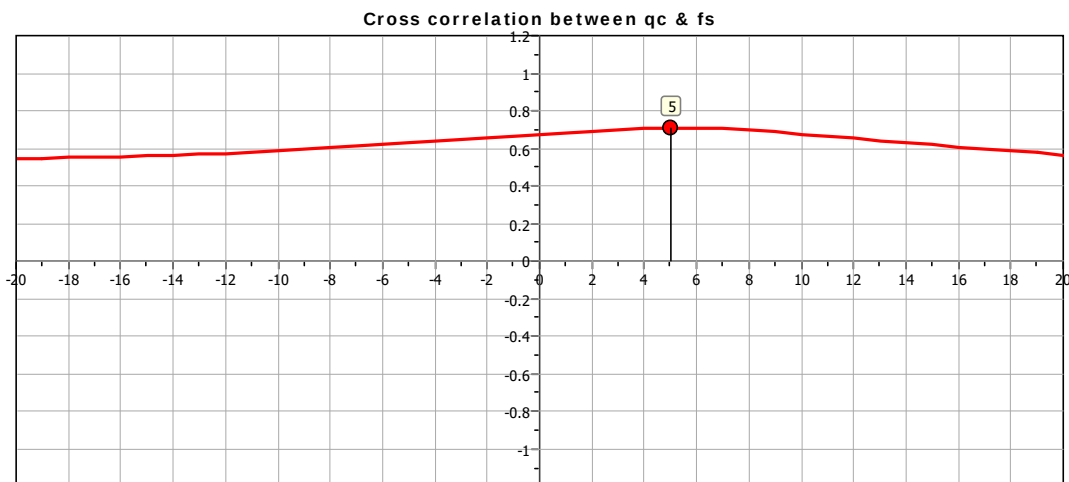


:: Tabular results ::

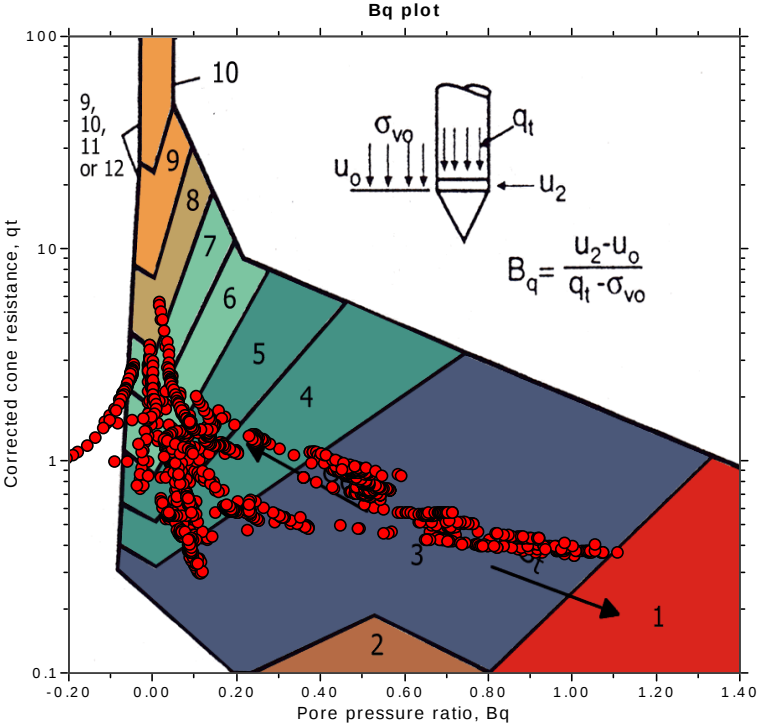
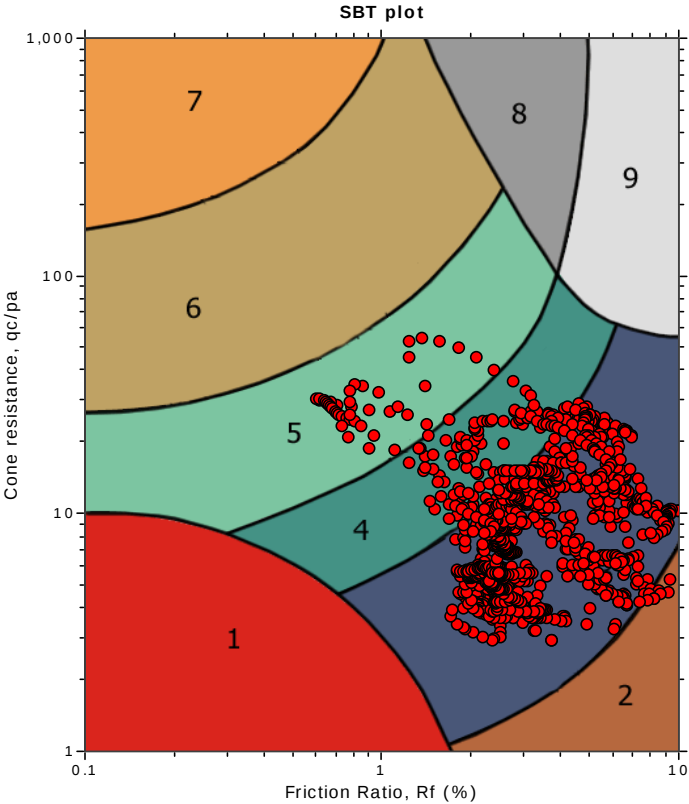
No	B (m)	Start Depth (m)	End Depth (m)	Ave. q_t (MPa)	R_k	Soil Press. (kPa)	Ult. bearing cap. (kPa)
1	1.00	0.50	2.00	1.12	0.20	9.50	233.47
2	1.20	0.50	2.30	1.13	0.20	9.50	234.63
3	1.40	0.50	2.60	1.11	0.20	9.50	231.59
4	1.60	0.50	2.90	1.05	0.20	9.50	218.94
5	1.80	0.50	3.20	1.00	0.20	9.50	209.02
6	2.00	0.50	3.50	0.97	0.20	9.50	204.03
7	2.20	0.50	3.80	0.95	0.20	9.50	198.59
8	2.40	0.50	4.10	0.93	0.20	9.50	195.88
9	2.60	0.50	4.40	0.93	0.20	9.50	195.89
10	2.80	0.50	4.70	0.98	0.20	9.50	205.92
11	3.00	0.50	5.00	1.12	0.20	9.50	232.89
12	3.20	0.50	5.30	1.18	0.20	9.50	245.13
13	3.40	0.50	5.60	1.25	0.20	9.50	260.41
14	3.60	0.50	5.90	1.25	0.20	9.50	258.87
15	3.80	0.50	6.20	1.21	0.20	9.50	251.15
16	4.00	0.50	6.50	1.17	0.20	9.50	242.94



The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw q_c and f_s values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).



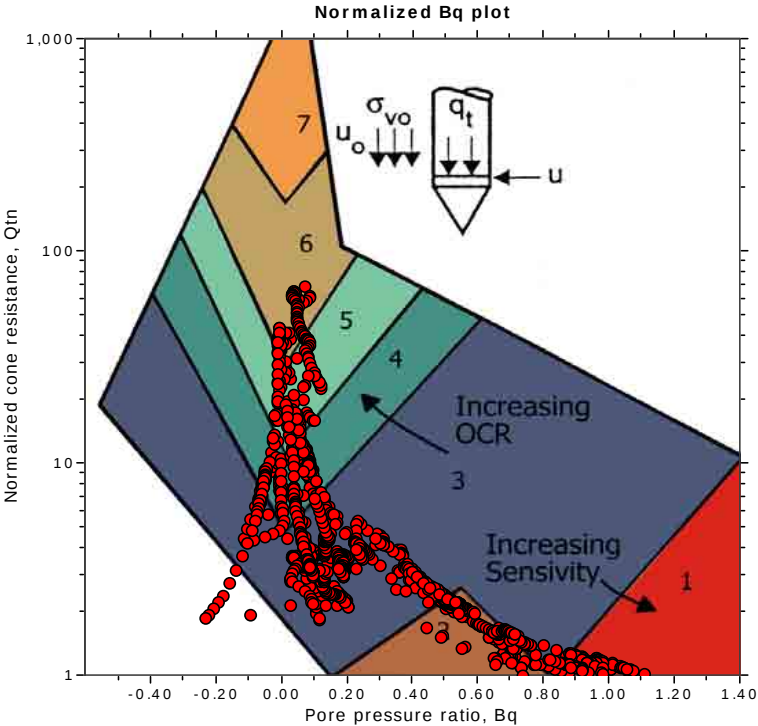
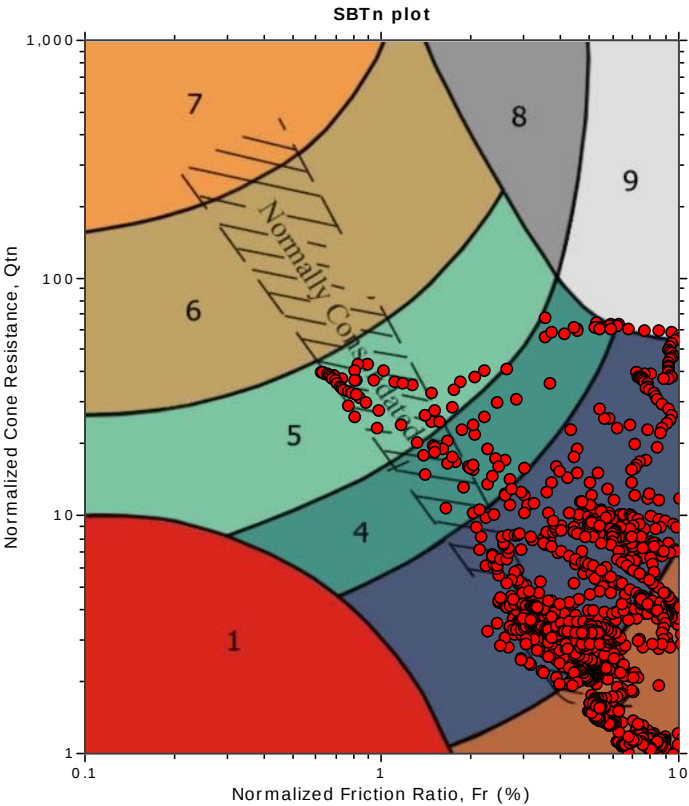
SBT - Bq plots



SBT legend

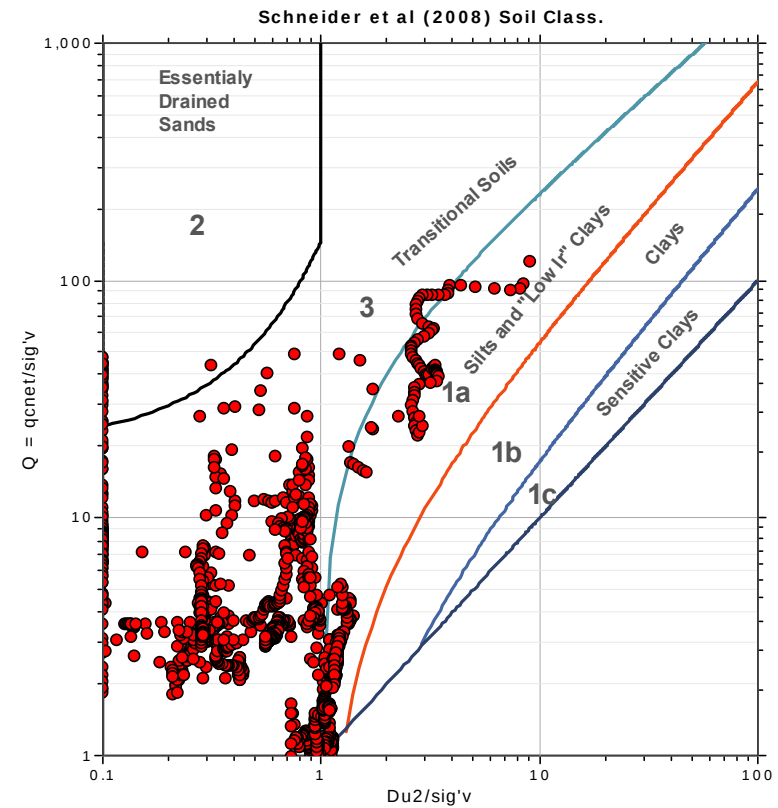
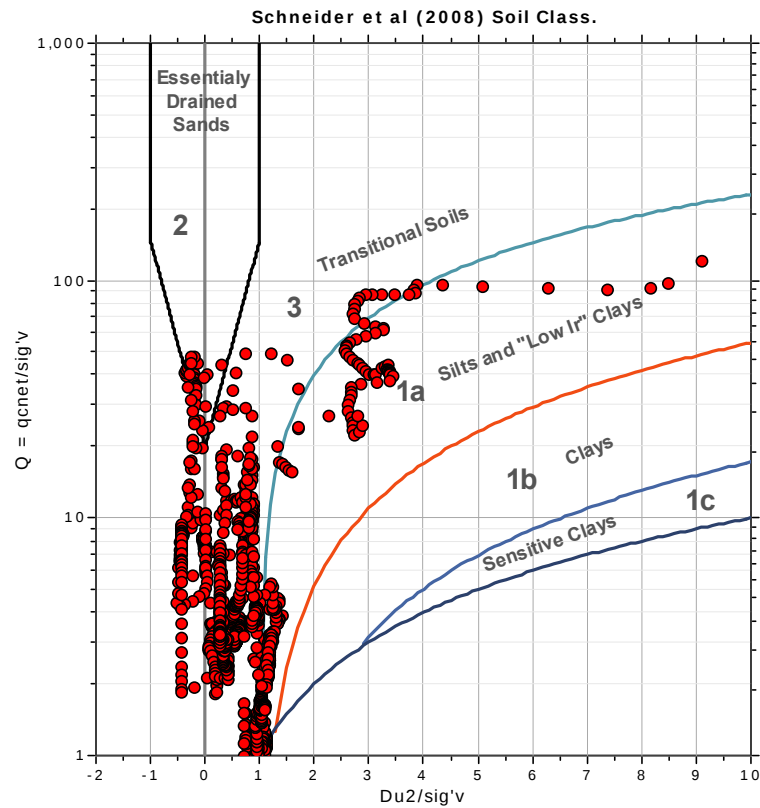
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |

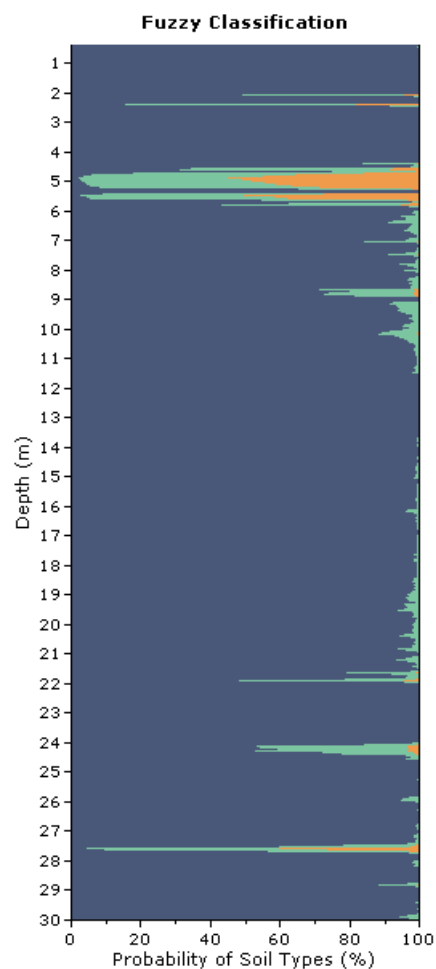
SBT - Bq plots (normalized)

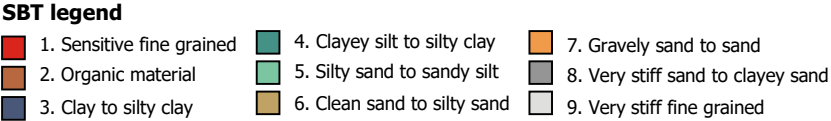
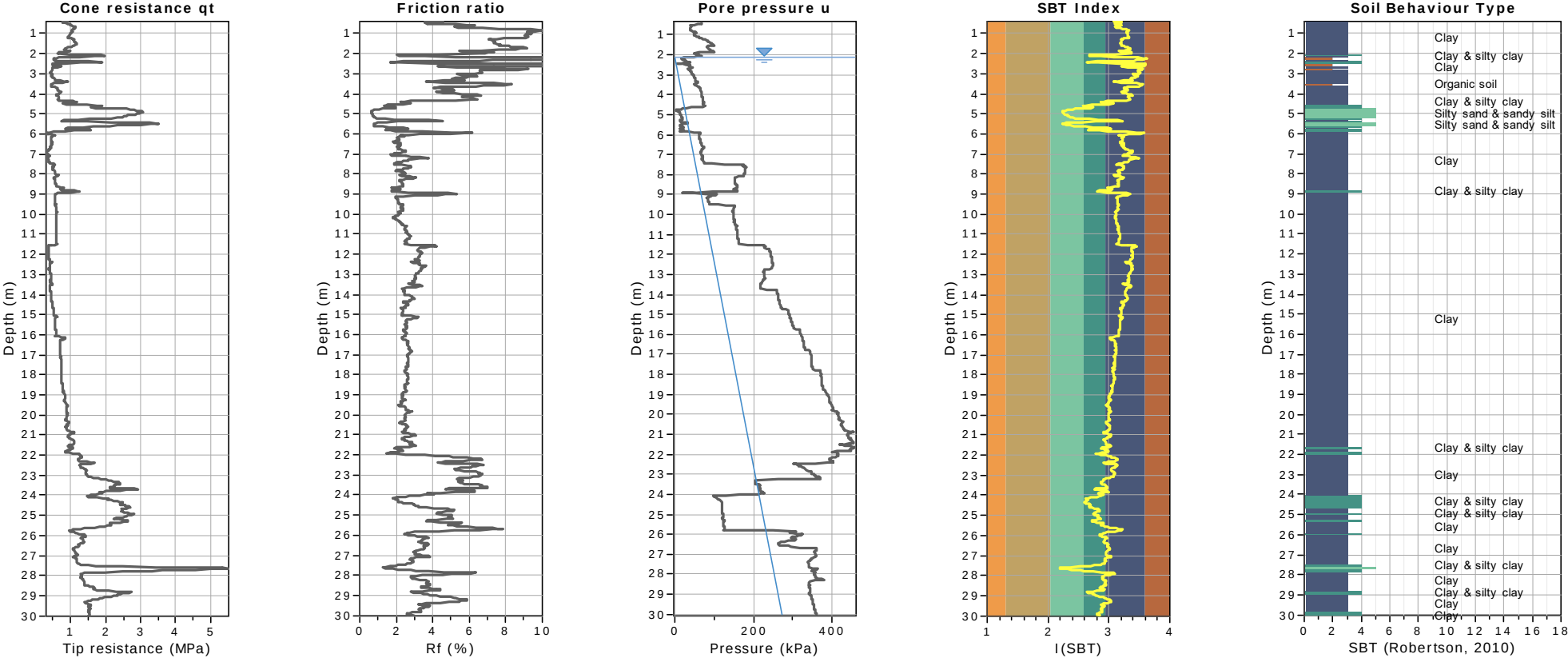


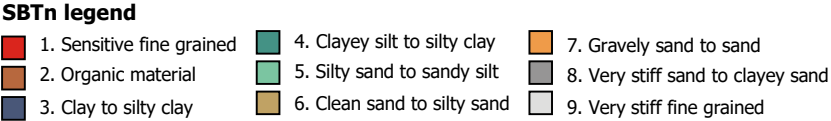
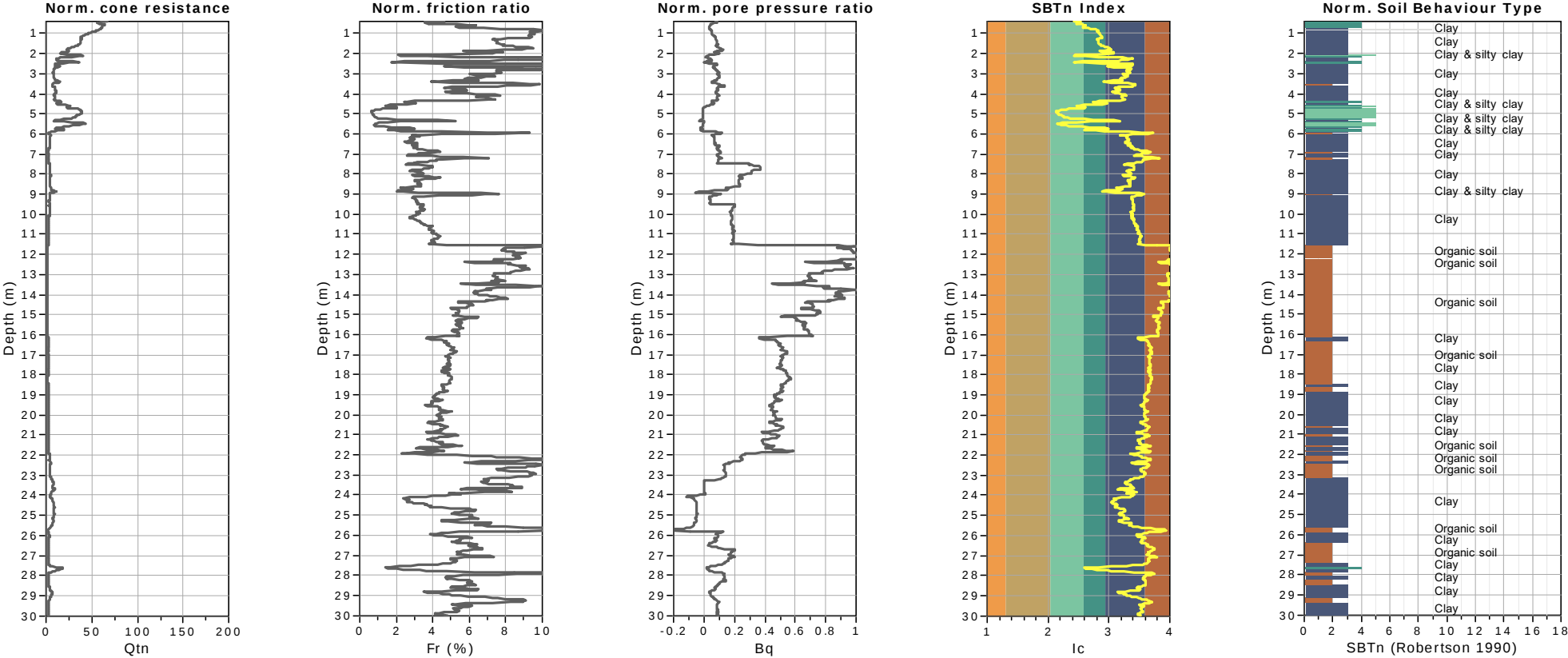
- SBTn legend**
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |

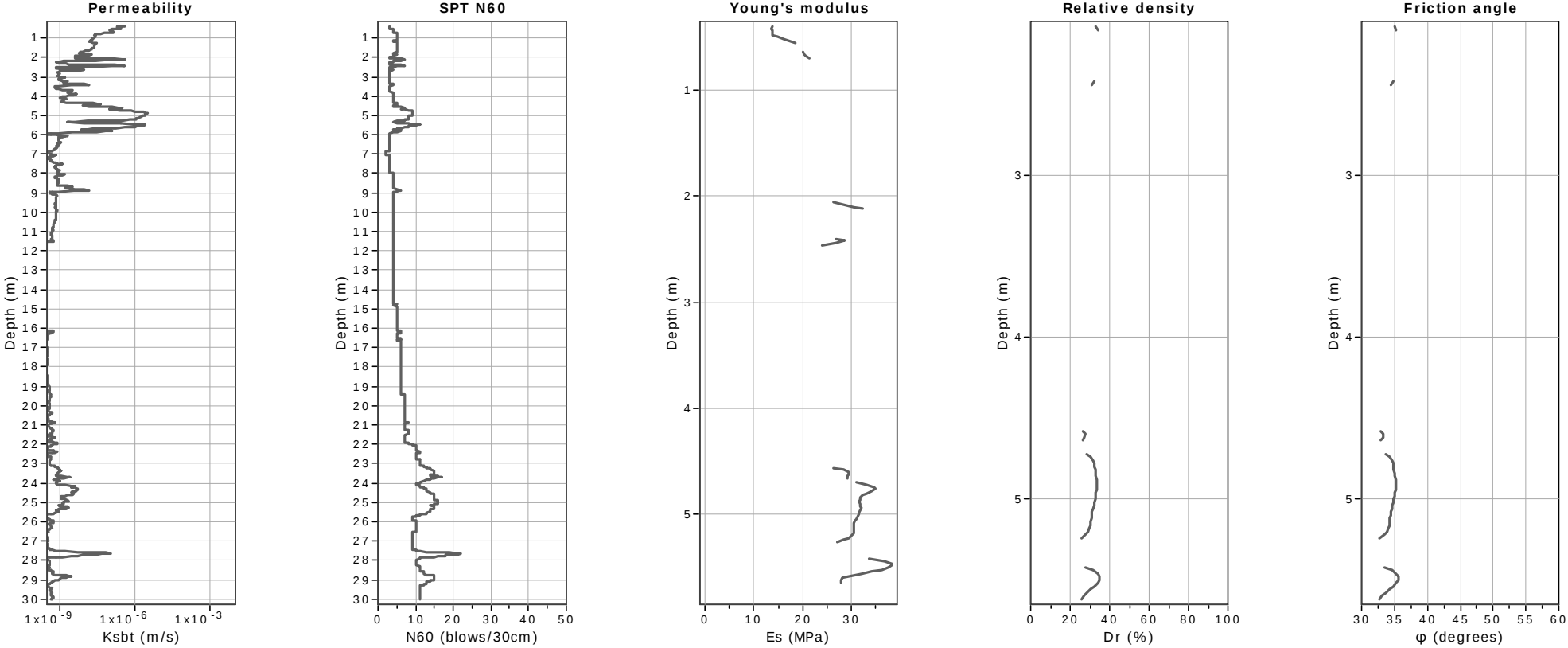
Bq plots (Schneider)







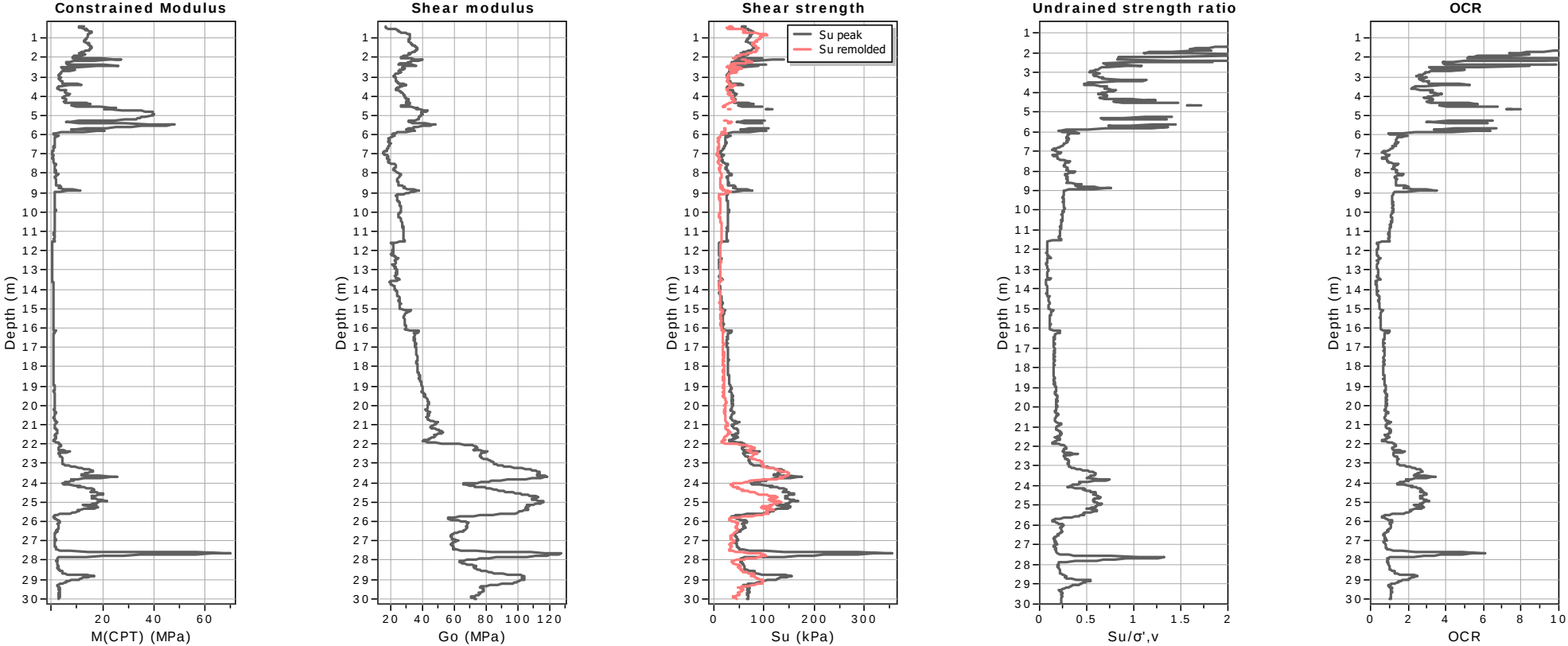




Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n
SPT N_{60} : Based on I_c and q_t
Young's modulus: Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)

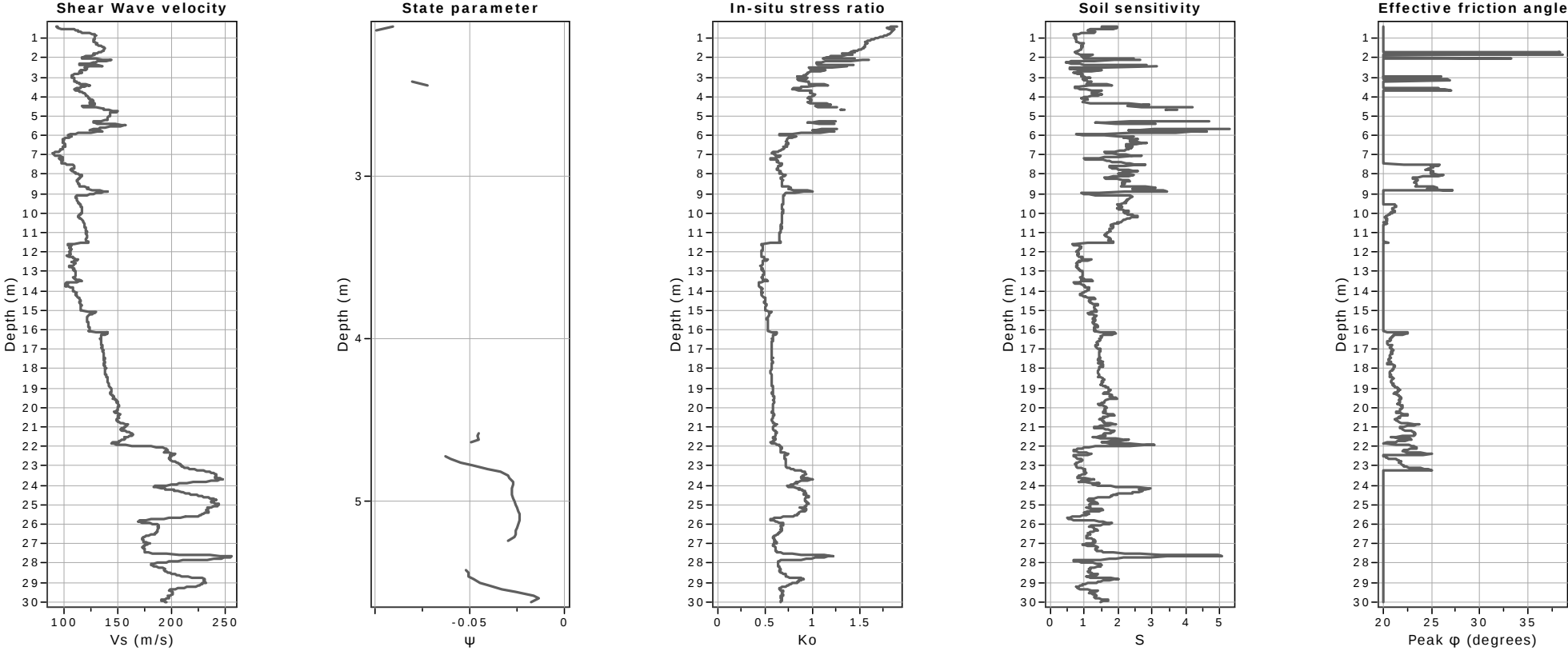
Relative density constant, C_{Dr} : 350.0
Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)
—●— User defined estimation data



Calculation parameters

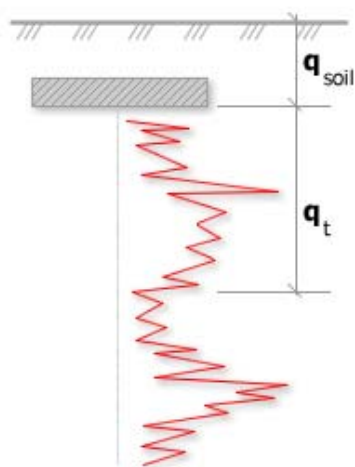
Constrained modulus: Based on variable α using I_c and Q_{tn} (Robertson, 2009)
Go: Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)
Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt} : 14

OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33
—●— User defined estimation data



Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00
—●— User defined estimation data



Bearing Capacity calculation is performed based on the formula:

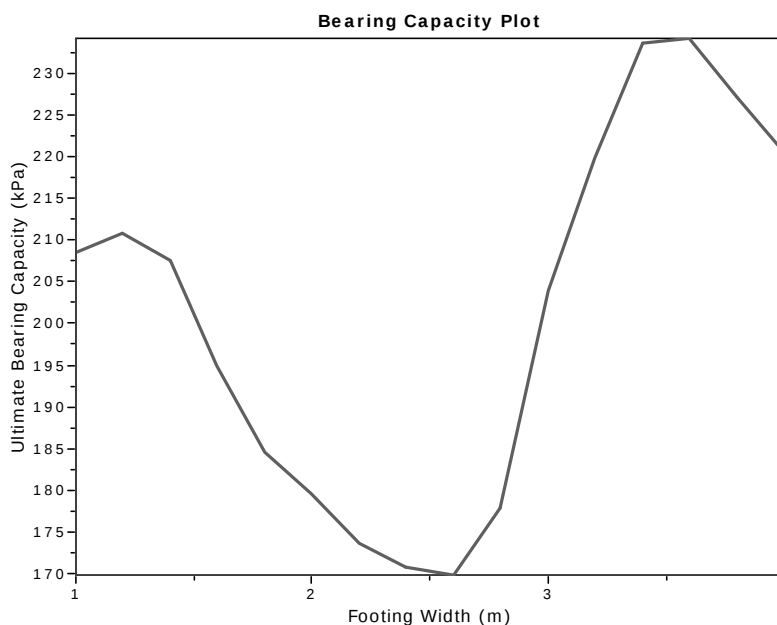
$$Q_{ult} = R_k \times q_t + q_{soil}$$

where:

R_k : Bearing capacity factor

q_t : Average corrected cone resistance over calculation depth

q_{soil} : Pressure applied by soil above footing



:: Tabular results ::

No	B (m)	Start Depth (m)	End Depth (m)	Ave. q_t (MPa)	R_k	Soil Press. (kPa)	Ult. bearing cap. (kPa)
1	1.00	0.50	2.00	1.00	0.20	9.50	208.53
2	1.20	0.50	2.30	1.01	0.20	9.50	210.76
3	1.40	0.50	2.60	0.99	0.20	9.50	207.45
4	1.60	0.50	2.90	0.93	0.20	9.50	195.02
5	1.80	0.50	3.20	0.88	0.20	9.50	184.62
6	2.00	0.50	3.50	0.85	0.20	9.50	179.72
7	2.20	0.50	3.80	0.82	0.20	9.50	173.72
8	2.40	0.50	4.10	0.81	0.20	9.50	170.90
9	2.60	0.50	4.40	0.80	0.20	9.50	169.87
10	2.80	0.50	4.70	0.84	0.20	9.50	177.87
11	3.00	0.50	5.00	0.97	0.20	9.50	203.97
12	3.20	0.50	5.30	1.05	0.20	9.50	219.80
13	3.40	0.50	5.60	1.12	0.20	9.50	233.50
14	3.60	0.50	5.90	1.12	0.20	9.50	234.13
15	3.80	0.50	6.20	1.09	0.20	9.50	226.97
16	4.00	0.50	6.50	1.06	0.20	9.50	220.61

Presented below is a list of formulas used for the estimation of various soil properties. The formulas are presented in SI unit system and assume that all components are expressed in the same units.

:: Unit Weight, g (kN/m³) ::

$$g = g_w \cdot \left(0.27 \cdot \log(R_f) + 0.36 \cdot \log\left(\frac{q_t}{p_a}\right) + 1.236 \right)$$

where g_w = water unit weight

:: Permeability, k (m/s) ::

$$I_c < 3.27 \text{ and } I_c > 1.00 \text{ then } k = 10^{0.952 - 3.04 \cdot I_c}$$

$$I_c \leq 4.00 \text{ and } I_c > 3.27 \text{ then } k = 10^{-4.52 - 1.37 \cdot I_c}$$

:: N_{SPT} (blows per 30 cm) ::

$$N_{60} = \left(\frac{q_c}{p_a} \right) \cdot \frac{1}{10^{1.1268 - 0.2817 \cdot I_c}}$$

$$N_{1(60)} = Q_{tn} \cdot \frac{1}{10^{1.1268 - 0.2817 \cdot I_c}}$$

:: Young's Modulus, E_s (MPa) ::

$$(q_t - \sigma_v) \cdot 0.015 \cdot 10^{0.55 \cdot I_c + 1.68}$$

(applicable only to $I_c < I_{c_cutoff}$)

:: Relative Density, Dr (%) ::

$$100 \cdot \sqrt{\frac{Q_{tn}}{k_{DR}}} \quad \text{(applicable only to SBT}_n: 5, 6, 7 \text{ and } 8 \text{ or } I_c < I_{c_cutoff})$$

:: State Parameter, ψ ::

$$\psi = 0.56 - 0.33 \cdot \log(Q_{tn,cs})$$

:: Peak drained friction angle, ϕ (°) ::

$$\phi = 17.60 + 11 \cdot \log(Q_{tn})$$

(applicable only to SBT_n: 5, 6, 7 and 8)

:: 1-D constrained modulus, M (MPa) ::

If $I_c > 2.20$

$$\alpha = 14 \text{ for } Q_{tn} > 14$$

$$\alpha = Q_{tn} \text{ for } Q_{tn} \leq 14$$

$$M_{CPT} = \alpha \cdot (q_t - \sigma_v)$$

If $I_c \leq 2.20$

$$M_{CPT} = (q_t - \sigma_v) \cdot 0.0188 \cdot 10^{0.55 \cdot I_c + 1.68}$$

:: Small strain shear Modulus, G_0 (MPa) ::

$$G_0 = (q_t - \sigma_v) \cdot 0.0188 \cdot 10^{0.55 \cdot I_c + 1.68}$$

:: Shear Wave Velocity, V_s (m/s) ::

$$V_s = \left(\frac{G_0}{\rho} \right)^{0.50}$$

:: Undrained peak shear strength, S_u (kPa) ::

$$N_{kt} = 10.50 + 7 \cdot \log(F_r) \text{ or user defined}$$

$$S_u = \frac{(q_t - \sigma_v)}{N_{kt}}$$

(applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: Remolded undrained shear strength, $S_u(rem)$ (kPa) ::

$$S_{u(rem)} = f_s \quad \text{(applicable only to SBT}_n: 1, 2, 3, 4 \text{ and } 9 \text{ or } I_c > I_{c_cutoff})$$

:: Overconsolidation Ratio, OCR ::

$$k_{OCR} = \left[\frac{Q_{tn}^{0.20}}{0.25 \cdot (10.50 + 7 \cdot \log(F_r))} \right]^{1.25} \text{ or user defined}$$

$$OCR = k_{OCR} \cdot Q_{tn}$$

(applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: In situ Stress Ratio, K_0 ::

$$K_0 = (1 - \sin \phi') \cdot OCR^{\sin \phi'}$$

(applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: Soil Sensitivity, S_t ::

$$S_t = \frac{N_s}{F_r}$$

(applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: Effective Stress Friction Angle, ϕ' (°) ::

$$\phi' = 29.5^\circ \cdot B_q^{0.121} \cdot (0.256 + 0.336 \cdot B_q + \log Q_t)$$

(applicable for $0.10 < B_q < 1.00$)

References

- Robertson, P.K., Cabal K.L., Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering, Gregg Drilling & Testing, Inc., 5th Edition, November 2012
- Robertson, P.K., Interpretation of Cone Penetration Tests - a unified approach., Can. Geotech. J. 46(11): 1337–1355 (2009)

Rapporto n°20170201

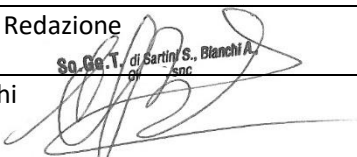
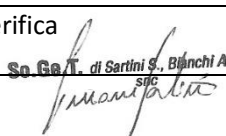
Committente	Mesa Srl
Tipo di indagine	Indagini sismiche: Down Hole

Cantiere	Stadio di Pisa in Via Ugo Rindi
----------	---------------------------------

Data esecuzione misure	31 gennaio 2017		
------------------------	-----------------	--	--

Data emissione rapporto	01 gennaio 2017		
-------------------------	-----------------	--	--



Redazione Dott. Alessandro Bianchi 	Verifica Dott. Simone Sartini 
--	---

So.Ge.T. di Sartini S. e Bianchi A. – s.n.c. Via per S. Alessio n°1733/c – 55100 Lucca

e.mail: info@soge.biz – www.soget.biz Tel./Fax. 0583 343380 P.I. / C.F. 02115540466

Sommario

1. Scopo dell'indagine	3
2. Prova Down Hole (DH).....	4
2.1. Introduzione al metodo	4
2.2. Risultati	5
3. Proposta di interpretazione dei risultati	6
4. Elenco TAVOLE allegate.....	8

1. Scopo dell'indagine

L'indagine in oggetto è stata commissionata e progettata per la determinazione del parametro V_{s30} (e conseguentemente della Categoria di Suolo di fondazione) dei terreni presenti all'interno dello stadio di Pisa in via Ugo Rindi, nel Comune di Pisa (Lu) Fig.1-1.

La categoria del suolo di fondazione può essere ottenuta mediante indagini geognostiche (ad esempio dal parametro N_{spt} ricavato da una prova penetrometrica standard) o impiegando indagini di tipo sismico (Down Hole, Cross Hole, sismica a rifrazione, MASW, cono sismico).

In questo caso è stata eseguita una prova Down Hole. Oggetto della presente relazione, dopo una breve illustrazione del metodo, sono i risultati a cui si è pervenuti.



FIG.1-1: AREA DI INDAGINE DELLA PROVA DOWN HOLE

2. Prova Down Hole (DH)

2.1. Introduzione al metodo

Lo scopo della prova è quello di determinare le velocità di propagazione delle Onde P ed SH in un terreno studiando i tempi di transito fra due punti: la sorgente posta in superficie ed un ricevitore posto ad una certa profondità. L'ipotesi di base di tale prova è che il terreno sia stratificato orizzontalmente e che per ogni strato il comportamento del terreno possa essere considerato elastico, omogeneo ed isotropo. La prova viene eseguita energizzando in superficie mediante sorgenti di onde compressive (P) o di taglio (SH) e misurando i tempi di arrivo delle onde generate ponendo, ogni volta, il sistema di ricezione a profondità differenti all'interno del perforo opportunamente attrezzato. Questa metodologia consente di rilevare anche inversioni di velocità e strati di spessore nell'ordine del metro, altrimenti non individuabili dal metodo di sismica a rifrazione.

Come sistema di energizzazione si è impiegata una mazza da 8 Kg incidente su una piastra per generare le onde di compressione mentre per generare le onde di taglio si è utilizzato un parallelepipedo colpito lateralmente dalla medesima mazza e appesantito mediante un carico (automezzo) al fine di migliorarne l'accoppiamento con il terreno.

Come sistema di ricezione si è impiegato un sistema costituito da due ricevitori triassiali posti alla distanza di 1,0 m lungo un'asta che viene calata a differenti profondità nel perforo ed acquisendo il segnale ogni metro. Il sistema costituito dai due ricevitori è stato calato mediante aste a sezione quadrata che hanno consentito di mantenere il sistema stesso sempre allineato nella posizione di acquisizione migliore. Nelle tavole allegate sono riportati i sismogrammi relativi alle Onde P ed SH ed i risultati delle prove.

Il sismografo utilizzato per le misure sismiche è un SUMMIT™ Compact, uno strumento della DMT (Germania) a 24 canali e dinamica del convertitore analogico digitale a 24 Bit (Tecnologia Delta Sigma).

2.2. Risultati

Il risultato finale di una prova Down Hole è un grafico che esprime la variazione della velocità delle onde sismiche con la profondità. Nelle tavole allegate sono riportati gli elaborati relativi, ovvero le dromocrone ed i valori delle velocità degli strati.

In Tabella 1 sono riportati i tempi di arrivo delle onde P ed SH e le velocità dei diversi strati.

Tempi di arrivo corretti					
Onde SH		Onde P			
1	0.0061	1	0.0019		
2	0.0120	2	0.0030		
3	0.0183	3	0.0036		
4	0.0212	4	0.0037	Profondità	Vel Onde SH
5	0.0260	5	0.0041	(m dal p.c.)	(m/sec)
6	0.0319	6	0.0042	0.00-4.00	190
7	0.0374	7	0.0051	4.00-8.00	152
8	0.0444	8	0.0054	8.00-13.00	123
9	0.0500	9	0.0070	13.00-21.00	133
10	0.0581	10	0.0082	21.00-30.00	182
11	0.0671	11	0.0092		
12	0.0744	12	0.0099		
13	0.0865	13	0.0113	Profondità	Vel Onde P
14	0.0946	14	0.0118	(m dal p.c.)	(m/sec)
15	0.1009	15	0.0121	0.00-4.00	1460
16	0.1081	16	0.0133	4.00-8.00	2163
17	0.1162	17	0.0149	8.00-13.00	878
18	0.1233	18	0.0150	13.00-21.00	1146
19	0.1300	19	0.0158	21.00-30.00	1390
20	0.1389	20	0.0169		
21	0.1469	21	0.0180		
22	0.1540	22	0.0188		
23	0.1593	23	0.0194		
24	0.1673	24	0.0198		
25	0.1716	25	0.0210		
26	0.1763	26	0.0215		
27	0.1825	27	0.0226		
28	0.1858	28	0.0232		
29	0.1906	29	0.0236		
30	0.1982	30	0.0243		

TABELLA 1: TEMPI DI ARRIVO DELLE ONDE P ED SH E LE VELOCITÀ DEI DIVERSI STRATI

3. Proposta di interpretazione dei risultati

Ai sensi della nuova normativa antisismica nazionale (D.M. 14 Gennaio 2008 Norme Tecniche per le costruzioni) è necessario procedere alla determinazione del parametro V_{s30} , che esprime la velocità media delle onde elastiche di taglio (onde S appunto) nei primi 30 metri di profondità al disotto del piano di fondazione. In particolare, per V_{s30} , si intende la media pesata della velocità delle onde S determinata come di seguito:

$$V_{s30} = 30 \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

Tabella 2: classificazione dei suoli di fondazione

Suolo di fondazione		V_{s30}	NSPT – Cu (kPa)
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	$> 800 \text{ m/s}$	
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $Cu_{30} > 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).	$> 360 \text{ m/s}$ $< 800 \text{ m/s}$	$NSPT > 50$ $Cu > 250$
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < Cu_{30} < 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).	$> 180 \text{ m/s}$ $< 360 \text{ m/s}$	$15 < NSPT < 50$ $70 < Cu < 250$
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $Cu_{30} < 70 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).	$< 180 \text{ m/s}$	$NSPT < 15$ $Cu < 70$
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800 \text{ m/s}$).		
S₁	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < Cu_{30} < 20 \text{ kPa}$), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	$< 100 \text{ m/s}$	
S₂	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.		

A conclusione di quanto fin qui scritto, il calcolo è stato eseguito considerando il piano di fondazione posto al piano campagna, come di seguito specificato.

Fondazione a piano di campagna (da 0 a -30 m): l'analisi eseguita conduce a un valore della velocità media delle onde elastiche di taglio pari a 151.80 m/s che corrisponde ad un suolo di fondazione classificato come di seguito indicato:

CATEGORIA D

Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $Cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

4. Elenco TAVOLE allegate

- Tav.1: Ubicazione prova Down Hole
- Tav.2: Risultati della prova Down Hole

Relazione tecnica sondaggi e prove in sito

Arena Garibaldi Pisa

Committente: *Comune di Pisa*
Direzione Urbanistica
Palazzo Pretorio- Vicolo del Moro,2

Commessa: *048/16*
Inizio cantiere: *19/12/2016*
Fine Cantiere: *05/01/2017*

MESA SAS

31 gennaio 2017

Autore: Dott. Geol. Mariottoni Enrico

1 Sommario

1	SOMMARIO.....	1
	GENERALITA'	2
	SONDAGGI	3
	CARATTERISTICHE DELLE ATTREZZATURE	3
	SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO	3
	UBICAZIONE	4
	DOCUMENTAZIONE	4
	LOGS STRATIGRAFICI	5
	INDAGINI GEOFISICHE.....	6
	DOWN-HOLE	6
	PROVE PENETROMETRICHE CPTU	6
	ANALISI DI LABORATORIO GEOTECNICO	7
	LABORATORIO GEOTECNICO.....	7
	FOTO DI CANTIERE	8
	CASSETTE S1	8
	ALLEGATI	11

Relazione tecnica sondaggi e prove in sito

Arena Garibaldi Pisa

GENERALITA'

Su incarico del Comune di Pisa, si è svolta una campagna di indagini volta alla determinazione delle caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni sui quali sorge lo Stadio Comunale Arena Garibaldi – Romeo Anconetani, a supporto del progetto di adeguamento sismico dell'impianto sportivo.

La campagna geognostica ha previsto l'esecuzione delle seguenti indagini:

- n.1 sondaggio a carotaggio continuo attrezzato per indagine sismica in foro;
- n. 1 sondaggio a distruzione di nucleo per l'installazione di piezometro;
- n.1 indagine sismica in foro *Down Hole*;
- n.4 prove penetrometriche CPTU.

SONDAGGI

Su precise disposizioni impartite dalla Committenza Sono stati eseguiti complessivamente n° 2 sondaggi geognostici, di cui uno a carotaggio continuo, spinto a 30 metri di profondità rispetto al piano campagna, ed attrezzato con tubo in pvc per successiva esecuzione di prova sismica *Down Hole*; l'altro perforato a distruzione di nucleo fino alla profondità di 15 metri per l'installazione di tubo piezometrico.

Entrambe le perforazioni sono state eseguite ad andamento verticale, a rotazione mediante impianto oleodinamico IPC 830; il sondaggio a carotaggio continuo mediante carotiere semplice e diametro di perforazione pari a 101 mm; quello a distruzione di nucleo mediante trilama diametro 146 mm.

Caratteristiche delle attrezzature

Sonda tipo	IPC 830
Allestimento	Lungh 3.50 largh 220
Motore	John Deere
Testa di rotazione	1200 kgm
Corsa utile (mm)	3.500
Spinta max (kg)	10.000
Trazione max (Kg)	10.000
Argano di manovra	4.000
Freno	
Svita aste	
Pompa per fango	Triple x
Antenna	6.500
Peso	8.900 kg

Sondaggi a carotaggio continuo

L'avanzamento a carotaggio continuo è avvenuto con carotieri diametro nominale 101 mm azionati mediante batteria di aste diam. 76 mm

Il carotaggio è stato eseguito con carotieri semplici scelti in funzione della natura dei terreni attraversati.

Il foro è stato rivestito a mano a mano che procedeva la perforazione con tubazione metallica provvisoria serie pesante diam. 127 mm.

I materiali estratti dai carotieri sono stati sistemati in apposite cassette catalogatrici con scomparti.

Sulle cassette sono stati indicati in modo indelebile: nominativo della committente e della località, n. del sondaggio, progressiva della cassetta e profondità di riferimento.

Ubicazione



L'avanzamento a carotaggio continuo è avvenuto con carotieri diametro nominale 101 mm azionati mediante batteria di aste diam. 76 mm

Il carotaggio è stato eseguito con carotieri semplici scelti in funzione della natura dei terreni attraversati.

Il foro è stato rivestito a mano a mano che procedeva la perforazione con tubazione metallica provvisoria serie pesante diam. 127 mm.

I materiali estratti dai carotieri sono stati sistemati in apposite cassette catalogatrici con scomparti.

Sulle cassette sono stati indicati in modo indelebile: nominativo della committente e della località, n. del sondaggio, progressiva della cassetta e profondità di riferimento.

Documentazione

Il sondaggio è stato descritto in apposito modulo stratigrafico in cui sono indicate in funzione della profondità (1m di sondaggio= 1 cm di stratigrafia):

Rappresentazione stratigrafica e descrizione dei terreni attraversati alle varie profondità con spessore delle alternanze litologiche, colore delle formazioni, composizione granulometrica approssimata e frazione prevalente, caratteristiche di consistenza ed addensamento;

Quota relativa al prelievo di campioni;

Logs stratigrafici

Comm.te: Comune di Pisa		Profondità: 30.0 m	Quota P.C.: 0.00	Pagina :1/2
Sondatore: Venneri		Data inizio /data fine: 02-01-2017/03-01-2017		
Sondaggio S1	Tipo Carotaggio: Carotaggio Continuo		Tipo sonda IPC 830	

[illegible]

INDAGINI GEOFISICHE

Down-Hole

Il sismografo utilizzato per le misure sismiche è un SUMMIT™ Compact, uno strumento della DMT (Germania) a 24 canali e dinamica del convertitore analogico digitale a 24 Bit (Tecnologia Delta Sigma).

Si allega alla presente il Rapporto °20170201 redatto da So.Ge.T snc e le relative tavole 1 e 2 D.H.

PROVE PENETROMETRICHE CPTU

La prova penetrometrica statica (CPT, acronimo di Cone Penetration Test) consiste nell'infingere a pressione nel terreno una punta conica misurando separatamente lo sforzo necessario per la penetrazione della punta (qc) e l'adesione terreno – acciaio di un manicotto posto al di sopra della punta. Nella prova CPTu la punta con piezocono è una punta elettrica in cui è stato aggiunto un filtro poroso, la cui funzione è quella di misurare mediante un trasduttore la pressione dell'acqua presente nei pori del terreno durante la penetrazione.

Per il PIEZOCONO i dati di inserimento, oltre a quelli di LP (lettura alla punta) e LT (lettura laterale), sono invece la pressione neutrale misurata ed il tempo di dissipazione (tempo intercorrente misurato tra la misura della sovrappressione neutrale e la pressione neutrale o pressione della colonna d'acqua). Tale misurazione si effettua generalmente misurando la sovrappressione ottenuta in fase di spinta e la pressione neutrale (dissipazione nel tempo) misurata in fase di alleggerimento di spinta (arresto penetrazione).

Il Piezocono utilizzato per le indagini eseguite è un Tecnopenta Mod. G11-CPLS.

Si allega alla presente "Arena Garibaldi Pisa" redatto da Gaia Servizi Snc

ANALISI DI LABORATORIO GEOTECNICO

Laboratorio Geotecnico

Le analisi oggetto del paragrafo in questione sono state realizzate dal laboratorio geotecnico Laboter snc di Pistoia

Si riporta tabella riassuntiva e si allegano alla presente i certificati completi.

Riferimento			Caratteristiche fisiche							Limiti di consistenza				Granulometria				Classificazione	Compe.	Taglio diretto			Triax CD		Edometrica				
Sond. n°	Camp. n°	Profondità m	W	γ kN/m³	γ_{sec} kN/m³	γ_{sat} kN/m³	Indice vuoto	Poros. %	Sat. %	LL %	LP %	IP %	IC %	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	CNR-UNI	σ kPa	ϕ °	c kPa	ϕ °	c kPa	24,6 kPa	49,2 kPa	98,4 kPa	196,8 kPa	393,6 kPa	
1	1	4,7-5,2	27,0	19,3	15,2	19,4	0,74	42,6	98,1	42,0	21,0	21,0	0,72		33,4	49,6	17,0	A7-6 - I.G. = 11	48,4	24,9	8	23,0	7	3263	2889	3485	5365	9149	
	2	15,0-15,5	51,9	16,7	11,0	16,7	1,41	58,5	99,2	44,9	28,6	16,3	-0,43		1,0	41,1	57,9	A7-6 - I.G. = 12						2742	617	1570	3116	5742	

FOTO DI CANTIERE

Cassette S1



Cassetta 1: da 0.00m a -5.00 m da p.c.



Cassetta 2: da -5.00 m a -10.00 m da p.c.



Cassetta 3: da -10.00 m a -15.00 m da p.c.



Cassetta 4: da -15.00 m a -20.00 m da p.c.



Cassetta 5: da -20.00 m a -25.00 m da p.c.



Cassetta 6: da -25.00 m a -30.00 m da p.c.

ALLEGATI