

COMUNE DI CAMPOGALLIANO (MO)

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI NUOVI DEPOSITI E RELATIVI UFFICI

ACCORDO OPERATIVO

TAVOLA

Relazione Geologica Geotecnica_Asset3

Data: 24/07/20

Scala:

COMMITTENTE

Logistica e Sviluppo s.r.l.

Logistica e sviluppo s.r.l.

Via Strasburgo,31
41011 Campogalliano (MO)

GENERAL CONTRACTOR



GSE Italia s.r.l.

Via G.B. Percolesi, 27
20124 Milano (MI)

PROGETTISTA E DL



ING. FILIPPO SALIS

Via della Moscova, 47 - 20121 Milano
Iscrizione ordine ingegneri Milano: MI 24867 - I - 2961

CO-PROGETTISTA URBANISTICO

Studio Dott. Ing. Grotti Loris

Dott. Ing. Grotti Loris

Via Vignolese n. 1389
41126 San Damaso (MO)

Commessa

1 4 9 3 3

Fase

R T

Lotto

Disegno

0 5

Rev

A

Comune di Campogalliano

Provincia di Modena

RELAZIONE GEOLOGICA inerente la caratterizzazione e modellazione geologica del sito (6.2.1. NTC 2018)
RELAZIONE GEOTECNICA relativa alle indagini, alla caratterizzazione e alla modellazione geotecnica a supporto della progettazione strutturale (6.2.2. NTC 2018) nonché relativa alla verifica delle opere di fondazione (6.4. NTC 2018)

Relazione concernente la "ANALISI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE" relativa alla caratterizzazione geofisica del volume significativo di terreno (3.2.2 NTC 2018), valutazione dell'azione sismica di riferimento (3.2.3. NTC 2018), Risposta sismica locale e verifica della stabilità nei confronti della liquefazione (7.11.3. NTC 2018)



OGGETTO

Studio del terreno di fondazione per l'ampliamento di un fabbricato industriale, sito in via Strasburgo, nel comune di Campogalliano, (Mo).



Dott. Geol. Pier Luigi Dallari
Agosto 2019
Rif. 483/19

ASSOCIATO



GEO GROUP s.r.l.
Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA
Tel. 059/3967169 Fax. 059/5332019
E-mail: geo.group@libero.it
P.IVA e C.F. 02981500362
www.geogroupmodena.it



AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE
PER LA QUALITÀ CERTIFICATO DA DNV
= UNI EN ISO 9001:2008 =

Relazione Tecnica comprendente:

RELAZIONE GEOLOGICA inerente la caratterizzazione e modellazione geologica del sito (6.2.1. NTC 2018)

RELAZIONE GEOTECNICA relativa alle indagini, alla caratterizzazione e alla modellazione geotecnica a supporto della progettazione strutturale (6.2.2. NTC 2018) nonché relativa alla verifica delle opere di fondazione (6.4. NTC 2018)

Relazione concernente la “**ANALISI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE**” relativa alla caratterizzazione geofisica del volume significativo di terreno (3.2.2 NTC 2018), valutazione dell'azione sismica di riferimento (3.2.3. NTC 2018), Risposta sismica locale e verifica della stabilità nei confronti della liquefazione (7.11.3. NTC 2018)

Oggetto:

Studio del terreno di fondazione per l'ampliamento di un fabbricato industriale sito in via Strasburgo, nel Comune di Campogalliano (MO).

Proprietà: Transmec Group

Indice del contenuto

1	PREMESSE.....	3
1.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	4
2.	RELAZIONE GEOLOGICA.....	6
2.1	MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO - GEOLOGIA.....	6
2.2	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	8
2.3	CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE DEL TERRENO DI FONDAZIONE.....	16
3	RELAZIONE GEOTECNICA.....	18
3.1	INDAGINI GEOTECNICHE.....	18
3.2	MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO.....	18
3.3	TIPOLOGIA DI FONDAZIONI E CALCOLO DELLA CAPACITÀ PORTANTE.....	20
3.4	VERIFICA DEI CEDIMENTI.....	21
3.5	MODULO DI SOTTOFONDO.....	24
4	CLASSIFICAZIONE e CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO – PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE (CALCOLO DEGLI SLU).....	26
4.1	SISMICITÀ DELL'AREA.....	26
4.2	INDAGINI GEOFISICHE.....	29
4.2.1	Risultati delle indagini geofisiche e indicazione della categoria di sottosuolo NTC 2018.....	29
4.3	VERIFICA DELLO STATO LIMITE ULTIMO (SLU) – NTC 2018.....	32
4.4	VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE.....	35
5	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	38

Tavole

Tav. n. 1: “Carta Corografica”	scala 1: 25.000
Tav. n. 2: “Carta Topografica”	scala 1: 10.000
Tav. n. 3: “Ripresa fotografica generale dell'area di interesse”	scala grafica
Tav. n. 4: “Carta della litologia di superficie”	scala 1: 5.000
Tav. n. 5: “Carta della litologia di superficie e delle isobate del tetto del primo livello ghiaioso”	scala grafica
Tav. n. 6: “Indagini geognostiche”	scala grafica

Allegati

- ALL. n. 1-A** Prove penetrometriche statiche CPT corredate di interpretazione geotecnica
- ALL. n. 1-B** Prove penetrometriche statiche CPTU corredate di interpretazione geotecnica
- ALL. n. 2** Verifiche Geotecniche
- ALL. n. 3** Indagine sismica – tecnica *MASW.*; Indagine sismica – tecnica *HVSR*
- ALL. n. 4** Verifica alla liquefazione

1 PREMESSE

Su incarico della Proprietà, TRANSMEC Group, e in accordo con il Tecnico progettista, nel mese di agosto 2019, è stato eseguito il presente studio geologico, geotecnico e sismico. Lo scopo del lavoro è quello di accertare le caratteristiche litostratigrafiche e sismiche e le proprietà geotecniche del terreno di fondazione su cui verrà realizzato l'ampliamento del fabbricato industriale sito in via Strasburgo nel Comune di Campogalliano (MO).



Fig. 1.1: Porzione del lotto di interesse.

1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in esame è sita nella zona industriale di Campogalliano, a sud est del Comune, in via Strasburgo come visibile nella "Carta corografica" (tav. n. 1) in scala 1: 25.000, tavola CTR n. 201 SE, nella "Carta topografica" (tav. n. 2) in scala 1:10.000, sezione CTR n. 201110 *Modena nord-ovest*, e nella "Ripresa aerea generale" a scala grafica (tav.n. 3 e fig. 1.1.1 e 1.1.2.) che compaiono in allegato.



Fig. 1.1.1: Inquadramento geografico dell'area di interesse; immagine tratta da Bing Maps.



Fig. 1.1.2: Inquadramento geografico di dettaglio dell'area di interesse; immagine tratta da Bing Maps.

Le coordinate geografiche relative al sito in oggetto, calcolate mediante apposito software ed utilizzando la maglia di punti riportata in figura 1.1.3 sono le seguenti:

(1)* Coordinate WGS84	
Lat. <input type="text" value="44.683477"/>	° Long. <input type="text" value="10.862192"/>
(1)* Coordinate ED50	
Lat. <input type="text" value="44,684416"/>	° Long. <input type="text" value="10,863199"/>



Fig. 1.1.3: Maglia di punti che identificano l'area di interesse.

Per ottemperare alle richieste della normativa tecnica nazionale NTC 2018 il succitato studio verrà suddiviso nei seguenti ambiti:

- **RELAZIONE GEOLOGICA**
inerente la caratterizzazione e modellazione geologica del sito (6.2.1. NTC 2018)
- **RELAZIONE GEOTECNICA**
Relativa alle indagini, alla caratterizzazione e alla modellazione geotecnica a supporto della progettazione strutturale (6.2.2. NTC 2018) nonché relativa alla verifica delle opere di fondazione (6.4. NTC 2018)
- **ANALISI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE**
Relativa alla caratterizzazione geofisica del volume significativo di terreno (3.2.2 NTC 2018), valutazione dell'azione sismica di riferimento (3.2.3. NTC 2018), Risposta sismica locale e verifica della stabilità nei confronti della liquefazione (7.11.3. NTC 2018)

2. RELAZIONE GEOLOGICA

2.1 MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO - GEOLOGIA

L'area in esame è sita in via Strasburgo, ad est del centro del Comune di Campogalliano, all'interno della zona industriale ad una quota topografica media di 36.00 m s.l.m..

Come illustrato nella "Carta della litologia di superficie" (Tav. n. 4), scala 1: 5.000, tratta dalla cartografia interattiva "Carta geologica – Progetto "CARG" Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico Sismico e del Suolo, in corrispondenza del lotto in studio e del suo intorno affiora la seguente litologia:

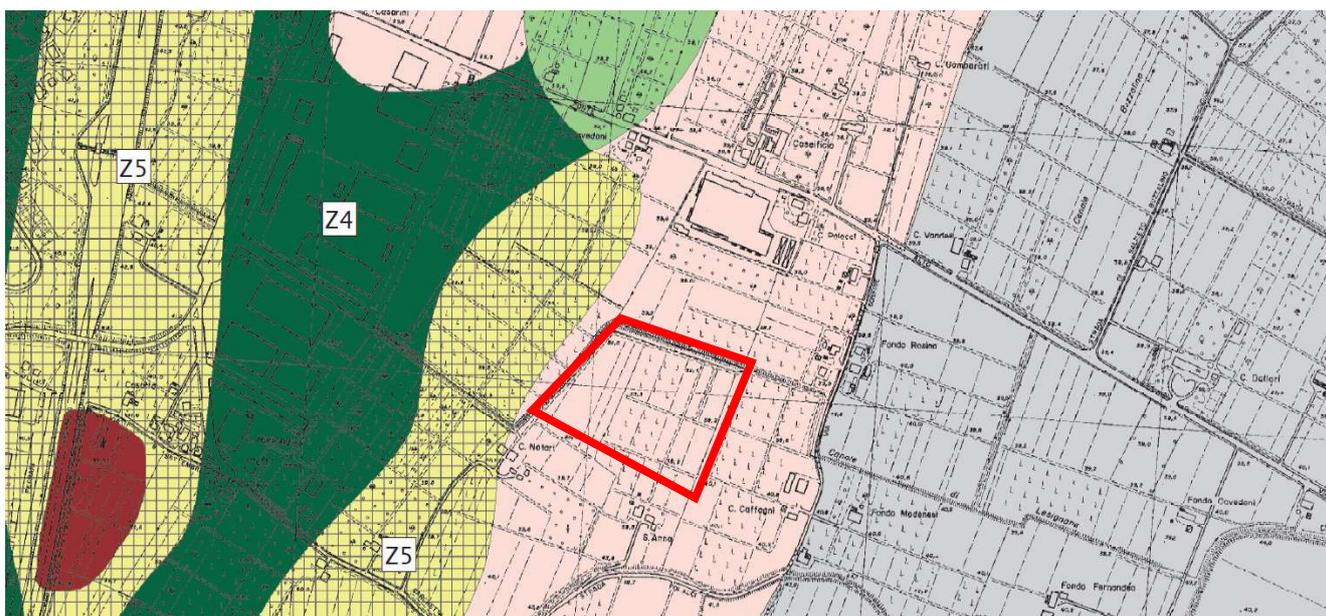
- **AES8a – Unità di Modena**

depositi ghiaiosi passanti a sabbie e limi di terrazzo alluvionale. Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. Unità definita dalla presenza di un suolo a bassissimo grado di alterazione, con profilo potente meno di 100 cm, calcareo, grigio-giallastro o bruno grigiastro. (Post-VI secolo d.C.). Tale unità è presente nella zona in esame e in tutta l'area circostante in litofacies limo-sabbiosa.

Da un punto di vista idrografico, l'area è solcata da canali superficiali antropici disposti in un reticolo organizzato. Il lotto si trova all'interno del bacino del fiume Secchia, tale corso d'acqua scorre con un andamento meandriforme ad una distanza in linea d'aria di circa 800 m dall'area in interesse.

Nella zona di studio mancano evidenze geologiche-geomorfologiche particolari: l'area è completamente pianeggiante, con una leggera inclinazione verso nord-est, in concordanza con l'andamento della pianura emiliana.

Consultando la cartografia MOPS di II° livello (Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica) (Fig. 2.4) l'area in esame ricade in corrispondenza di zone suscettibili di instabilità per potenziali cedimenti differenziali e addensamenti.



Zone stabili suscettibili di instabilità



Z4a1 Zona di attenzione per liquefazione tipo 1



POTENZIALI CEDIMENTI DIFFERENZIALI

Limi - limi argilloso sabbiosi poco consistenti (CL / ML - 25) contenenti corpi sabbioso limosi lentiformi, con spessori inferiori a 1.0 m da poco addensati, poco consistenti a moderatamente addensati (SM - 13/12), moderatamente consistenti (ML-24) nei primi 12 m dal p.c.

Argille limose - limi argillosi poco consistenti (ML / CL - 25) con intercalati corpi lentiformi sabbioso limosi, con spessori inferiori a 0.6 m da moderatamente a poco addensati (SM 12/13) nei primi 12-13 m p.c.

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, cedimenti differenziali, addensamenti.

Approfondimenti di III° livello per stima dei cedimenti differenziali.

Sulla scorta degli esiti della relazione MS redatta da Geo Group nel mese di Agosto 2018 definire l'assenza di particolari criticità riconducibili ad una potenziale instabilità del sito per effetti sismici, diversamente da quanto indicato nella cartografia MOPS relativa allo studio MS del Comune di Campogalliano. In forza di ciò è possibile affermare che il sito di interesse risulta privo di potenziale instabilità per effetto sismico e che la progettazione antisismica esecutiva potrà essere condotta secondo approccio semplificato NTC 2018.

2.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE

In relazione alla litologia presente nell'area e in base alla tipologia di intervento in progetto, la campagna geognostica è stata espletata mediante le seguenti indagini geognostiche:

- *n. 7 prove penetrometriche statiche CPT, eseguite in data 09/07/2014;*
- *n. 2 prove penetrometriche statiche CPTU, eseguite in data 08/07/2014;*
- *n. 1 indagine sismica con metodologia MASW., eseguita in data 07/07/2014;*
- *n. 2 indagini sismiche passive HVSR, eseguite in data 07/07/2014.*

L'ubicazione delle indagini geognostiche è illustrata nella **tav. n. 6**, riportata in allegato, mentre i diagrammi relativi alle prove penetrometriche statiche CPT e CPTU eseguite, dotati d'interpretazione geotecnica, sono presenti nell'**allegato n. 1-A** e **1-B** rispettivamente. Nell'**allegato n. 3** sono, invece, visibili i grafici e i risultati dell'indagine sismica MASW, dell'indagine Re.Mi. e quelli delle indagini sismiche passive HVSR.

Si precisa che tra le prove penetrometriche eseguite vi è un leggero dislivello come evidenziato nella seguente tabella; la CPTU n.1 è stata presa come quota di riferimento "0.00 m":

PROVA	NUMERO	Dislivello da quota CPTU (m da p.c.)
CPT	2	- 0.182
	4	-0.133
	5	-0.111
	6	+ 0.11
	7	- 0.017
	8	+ 0.239
	9	+ 0.184
CPTU	1	0.00
	3	-0.379

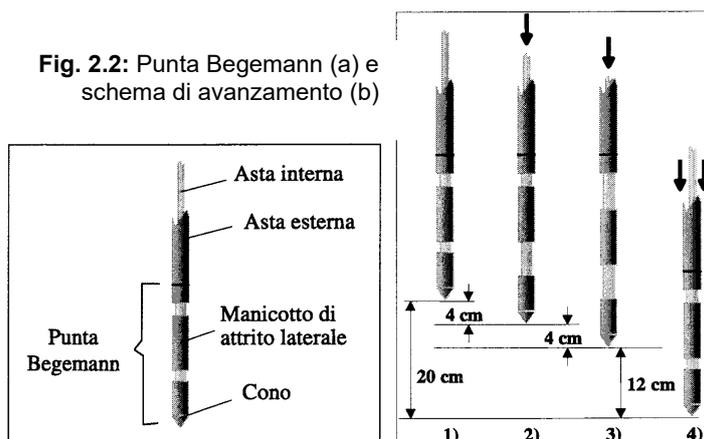
2.2.1 Prova penetrometrica statica con punta meccanica CPT

Nell'area di interesse sono state eseguite, in data **09/07/2014**, **n. 7 prove penetrometriche statiche CPT**, spinte fino alla profondità variabile da -15.00 m a -20.00 m da p.c. attuale.

Nell'**Allegato n. 1** sono riportati i grafici e le tabelle riguardanti le prove eseguite, corredate dell'elaborazione geotecnica e litostratigrafica

Le caratteristiche tecniche dello strumento impiegato sono le seguenti:

Punta meccanica	Begemann
Spinta	200 kN
Intervalli di misura	20 cm
Parametri registrati	R_p (resistenza alla punta) R_I (resistenza attrito laterale)
Area punta	10 cm²
Angolo alla punta	60°



La prova penetrometrica statica CPT (*Cone Penetration Test*) viene realizzata infiggendo nel terreno, alla velocità di 2 cm/sec, la punta meccanica Begemann (**fig. 2.2**). La punta presenta alla sua estremità inferiore un cono avente un angolo al vertice di 60°, un diametro alla base di 36 mm e quindi un'area di base di 10 cm². Esso supporta lungo il suo stelo un manicotto d'attrito, la cui superficie laterale è di 150 cm². I valori degli sforzi di reazione che il suolo oppone alla penetrazione della punta, allo scorrimento del manicotto laterale e all'avanzamento dell'insieme punta più aste, verranno registrati ogni 20 cm di avanzamento in profondità.

L'esecuzione della prova avviene tramite il seguente schema di avanzamento (**fig. 2.2**):

- 1) posizione di riposo con punta completamente chiusa;
- 2) spinta esercitata sulle aste interne con avanzamento di 4 cm del solo cono; visualizzazione dello sforzo di punta (R_p);
- 3) spinta esercitata sulle aste interne con avanzamento di 4 cm di cono + manicotto; visualizzazione dello sforzo di punta + attrito laterale (R_l);
- 4) spinta esercitata sulle aste esterne con avanzamento di 12 cm e ritorno alla posizione di riposo con punta completamente chiusa; visualizzazione dello sforzo di punta + attrito + attrito della batteria di aste (R_t).

Nella fase d'avanzamento in cui viene letta la resistenza alla punta, il display restituisce automaticamente il carico unitario di resistenza (R_p) tenuto conto della superficie di infissione di circa 10 cm^2 . Nella fase di avanzamento in cui viene letta la somma delle resistenze alla punta ed al manicotto di frizione il display visualizza il carico assoluto espresso in kg diviso per 10 (R_l).

Ad ogni profondità di misura (x), i valori reali della resistenza alla penetrazione della punta " q_c " e dell'attrito laterale locale " f_s " possono essere calcolati tramite le seguenti formule:

$$q_c(x) = R_p(x) \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

dove:

$$AP \text{ (Area Punta)} = 10 \text{ cm}^2$$

$$AM \text{ (Area Manicotto Laterale)} = 150 \text{ cm}^2$$

$$f_s(X) = (R_l(x+1) - R_p(x+1)) \cdot (AP/AM) = (R_l(x+1) - R_p(x+1)) / 15$$

La particolare punta utilizzata per la perforazione *Friction Jacket Cone* è servita a determinare, oltre al carico di rottura, anche la litologia dei terreni investigati: dal rapporto tra la resistenza penetrometrica alla punta e la resistenza laterale locale è infatti possibile risalire, attraverso l'esperienza di **Begemann**, modificata da **Schmertmann** (di seguito descritti), alla granulometria, e di conseguenza alla litologia, dei terreni attraversati dall'indagine.

Metodo di Begemann:

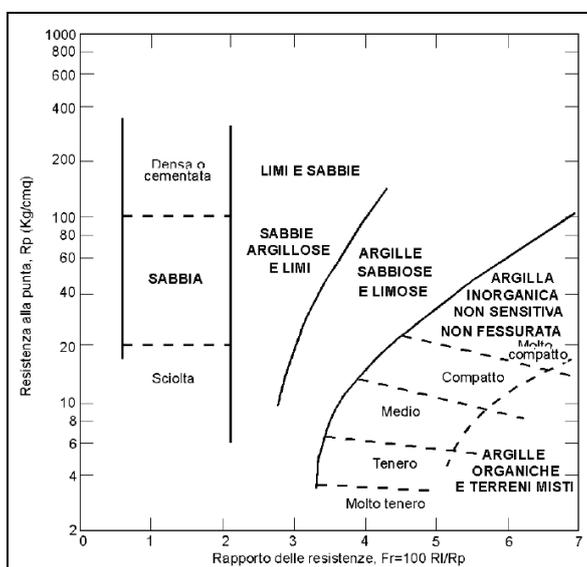
Il metodo di BEGEMANN considera il **rapporto tra R_p e R_l** come parametro indicativo delle variazioni litologiche. In particolare l'Autore suggerisce le seguenti correlazioni:

Rapporto Rp/Rl	Litologia
$Rp/Rl < 15$	Argilla organica e torba
$15 < Rp/Rl < 20$	Limo e/o argilla inorganica
$30 < Rp/Rl < 60$	Limo sabbioso e sabbia limosa
$Rp/Rl > 60$	Sabbie o sabbia più ghiaia

Va ricordato che tali correlazioni sono valide solo per terreni immersi in falda.

Metodo di Schmertmann:

Il metodo di SCHMERTMANN considera come indicativo della litologia della verticale indagata il rapporto delle resistenze Fr (con $Fr\%=100 Rl/Rp$), secondo il grafico seguente:



2.2.2 Prove penetrometriche statiche con piezocono CPTU

Nell'area di interesse sono state eseguite, in data **08/07/2014**, **n. 2 prove penetrometriche CPTU**, spinte fino alla profondità di -20.29 m da p.c (CPTU 1) e di -20.26 m da p.c (CPTU 3).

Nell'**Allegato n. 2** sono riportati i grafici e le tabelle riguardanti le prove eseguite, corredate dell'elaborazione geotecnica e litostratigrafica

Il penetrometro utilizzato per realizzare le prove statiche è un GOUDA da 200 kN di spinta, montato su autocarro a trazione integrale.

La prova penetrometrica statica con punta elettrica (CPTe), consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica standard, connessa all'estremità inferiore di una batteria di aste cave, che viene infissa a pressione e velocità costante nel terreno tramite un dispositivo di spinta idraulico che agisce alla sommità delle aste.

La punta elettrica è strumentata con sensori elettrici e un sistema di trasmissione dei dati in superficie via cavo, che permette l'acquisizione e la registrazione dei dati quasi in continuo, ogni centimetro. I dati misurati durante la prova sono la resistenza totale alla penetrazione Q_t , la resistenza alla penetrazione della punta Q_c e la resistenza laterale del manicotto F_s ; è possibile inoltre monitorare, durante l'esecuzione della prova, alcuni parametri di controllo quali l'inclinazione rispetto alla verticalità e la velocità di penetrazione del cono.

Una punta elettrica particolare, detta "piezocono", è dotata anche di un dispositivo di misura della pressione, attraverso il quale viene misurata la pressione dell'acqua nei pori del terreno u (CPTU). La pressione che viene misurata è la pressione $u = u_0 + \Delta u$, dove u_0 è la pressione dovuta al livello idrostatico e Δu quella generata dallo sforzo alla penetrazione nel terreno.

Il piezocono da Noi utilizzato del tipo TGAS07 della Pagani Geotechnical Equipment, è dotato di un dispositivo di misura della pressione costituito da un cilindro metallico saturo con grasso, situato poco al di sopra della punta conica. Si riportano, di seguito, la composizione dell'attrezzatura di prova ed il collegamento con il sistema di acquisizione dei dati digitale TGAS07 2 e le caratteristiche del piezocono:

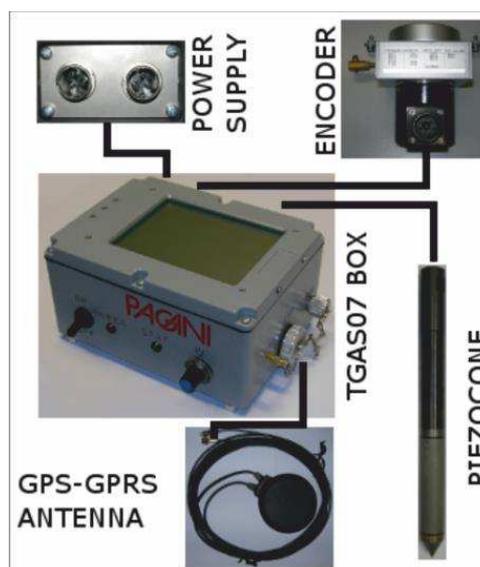


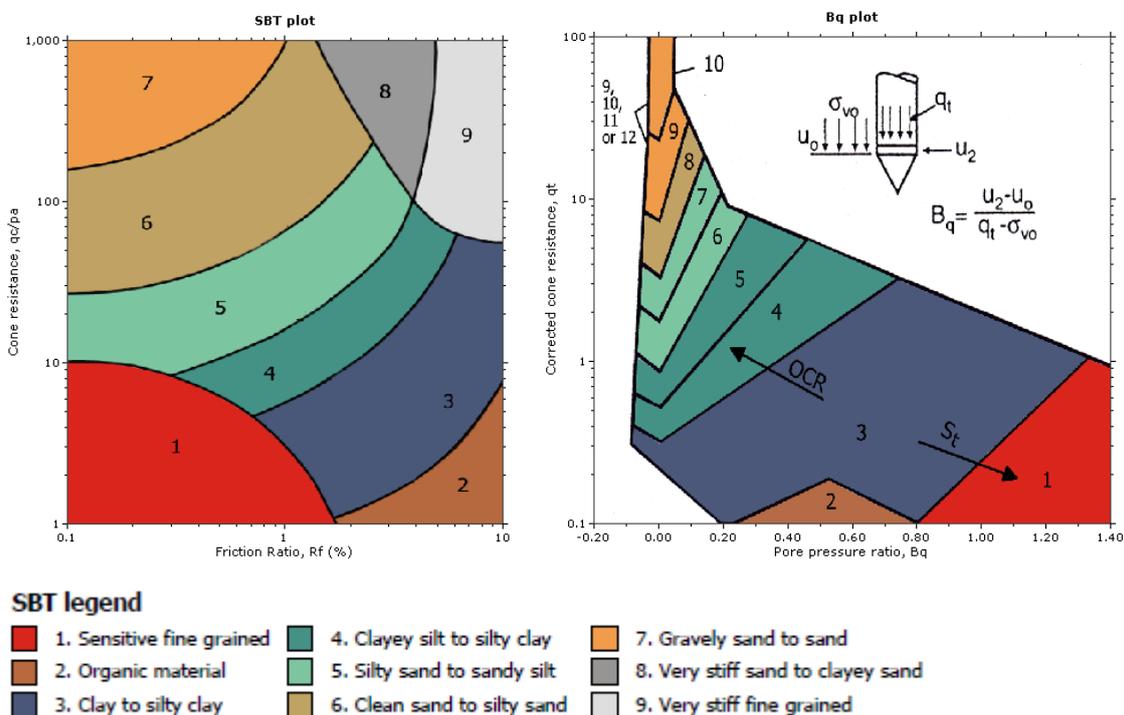
Figura 2.2.2.1 – Attrezzatura di prova e collegamento con il sistema di acquisizione digitale

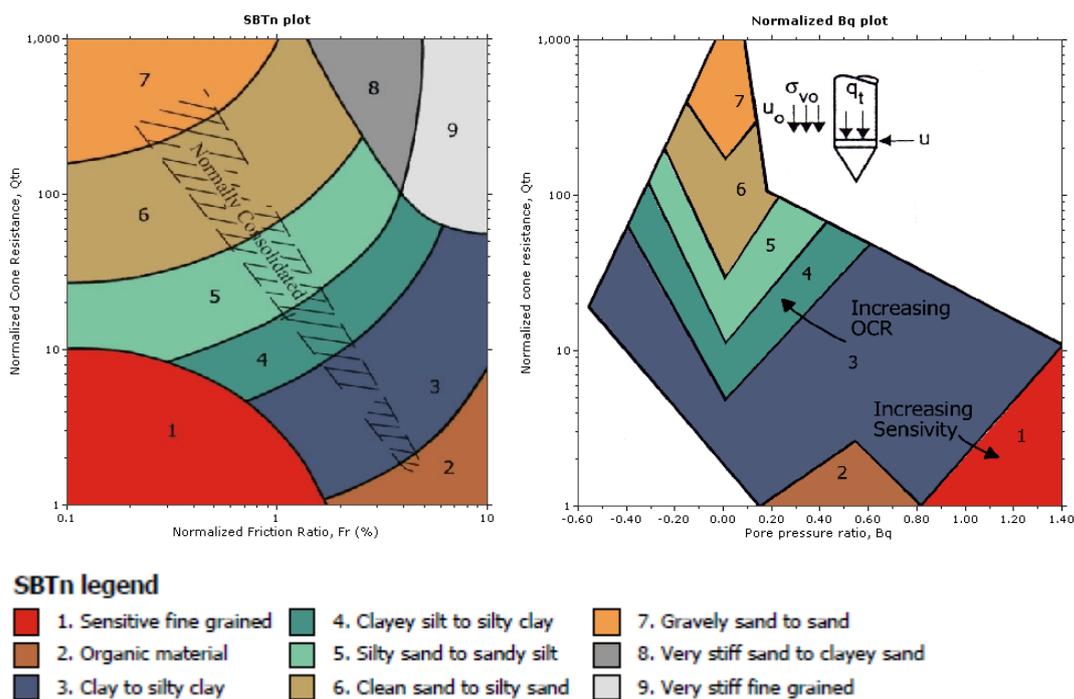
Caratteristiche del Piezocono			
Canali di misura:		Dimensioni:	
Resistenza di punta (qc):	10; 50; 100 MPa	Angolo di apertura cono:	60°
Attrito laterale (fs):	0,5 MPa	Diametro:	36 mm
Pressione nei pori (U):	2,5 MPa	Sezione di spinta:	10 cm ²
Inclinazione:	0 - 40°	Superficie laterale:	150 cm ²
		Peso:	2,1 kg
		Lunghezza:	413 mm

Figura 2.2.2.2 – Caratteristiche del piezocono Pagani

I dati acquisiti sono stati elaborati con software CPeT – IT v. 1.7.4.13 prodotto da GeoLogisMiki – Geotechnical Software. I report, in cui sono riportati su grafici i dati di resistenza e pressione interstiziale misurati ed illustrata l'interpretazione litostratigrafica e geotecnica delle prove, sono riportati in **Allegato n. 2**.

La caratterizzazione litostratigrafica del terreno è stata effettuata in funzione delle carte proposte da Robertson, in cui il tipo di comportamento del terreno è definito da tre parametri: qt, resistenza alla punta corretta, Rf, Bq, nella prima carta (1986) e con i parametri normalizzati nella seconda (1990).





La ricerca e la disponibilità di numerosi dati ottenuti in camera di calibrazione e in campagna ha prodotto numerose correlazioni tra i dati misurati in sito e il valore dei parametri geotecnici caratteristici dei terreni. Il software utilizzato per l'elaborazione delle prove utilizza le correlazioni riportate nello schema seguente.

<p>:: Unit Weight, g (kN/m³) :: $g = g_w \cdot \left(0.27 \cdot \log(R_f) + 0.36 \cdot \log\left(\frac{q_t}{p_s}\right) + 1.236 \right)$ where g_w = water unit weight</p>	<p>:: Small strain shear Modulus, G_0 (MPa) :: $G_0 = (q_t - \sigma_v) \cdot 0.0188 \cdot 10^{0.55 \cdot I_c - 1.68}$</p>
<p>:: Permeability, k (m/s) :: $I_c < 3.27$ and $I_c > 1.00$ then $k = 10^{0.952 - 3.04 \cdot I_c}$ $I_c \leq 4.00$ and $I_c > 3.27$ then $k = 10^{-4.52 - 1.37 \cdot I_c}$</p>	<p>:: Shear Wave Velocity, V_s (m/s) :: $V_s = \left(\frac{G_0}{\rho} \right)^{0.50}$</p>
<p>:: N_{60} (blows per 30 cm) :: $N_{60} = \left(\frac{q_c}{p_s} \right) \cdot \frac{1}{10^{1.1268 - 0.2817 \cdot I_c}}$ $N_{1(60)} = Q_{tn} \cdot \frac{1}{10^{1.1268 - 0.2817 \cdot I_c}}$</p>	<p>:: Undrained peak shear strength, S_u (kPa) :: $N_{kt} = 10.50 + 7 \cdot \log(F_r)$ or user defined $S_u = \frac{(q_t - \sigma_v)}{N_{kt}}$ (applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c, \text{crit}}$)</p>
<p>:: 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 $I_c < I_{c, \text{crit}}$)</p>	<p>:: Remolded undrained shear strength, $S_u(\text{rem})$ (kPa) :: $S_{u(\text{rem})} = f_c$ (applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c, \text{crit}}$)</p>
<p>:: Relative Density, D_r (%) :: $100 \cdot \sqrt{\frac{Q_{tn}}{k_{DR}}}$ (applicable only to SBT_n: 5, 6, 7 and 8 or $I_c < I_{c, \text{crit}}$)</p>	<p>:: Overconsolidation Ratio, OCR :: $k_{OCR} = \left[\frac{Q_{tn}^{0.20}}{0.25 \cdot (10.50 + 7 \cdot \log(F_r))} \right]^{1.25}$ or user defined $OCR = k_{OCR} \cdot Q_{tn}$ (applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c, \text{crit}}$)</p>
<p>:: State Parameter, ψ :: $\psi = 0.56 - 0.33 \cdot \log(Q_{tn, \text{cs}})$</p>	<p>:: In situ Stress Ratio, K_0 :: $K_0 = 0.1 \cdot \left(\frac{q_t - \sigma_v}{\sigma_{vo}} \right)$ (applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c, \text{crit}}$)</p>
<p>:: Peak drained friction angle, ϕ (°) :: $\phi = 17.60 + 11 \cdot \log(Q_{tn})$ (applicable only to SBT_n: 5, 6, 7 and 8)</p>	<p>:: Soil Sensitivity, S_s :: $S_s = \frac{N_k}{F_r}$ (applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c, \text{crit}}$)</p>
<p>:: 1-D constrained modulus, M (MPa) :: If $I_c > 2.20$ $\alpha = 14$ for $Q_{tn} > 14$ $\alpha = Q_{tn}$ for $Q_{tn} \leq 14$ $M_{CPT} = \alpha \cdot (q_t - \sigma_v)$ If $I_c \leq 2.20$ $M_{CPT} = (q_t - \sigma_v) \cdot 0.0188 \cdot 10^{0.55 \cdot I_c - 1.68}$</p>	<p>:: Effective Stress Friction Angle, ϕ' (°) :: $\phi' = 29.5 \cdot B_q^{0.121} \cdot (0.256 + 0.336 \cdot B_q + \log Q_t)$ (applicable for $0.10 < B_q < 1.00$)</p>

Figura 2.2.2.3 – Correlazioni utilizzate per la stima dei parametri geotecnici.

2.3 CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Sulla base dei dati emersi dall'elaborazione geotecnica e litostratigrafica delle prove penetrometriche eseguite, illustrati nell'**Allegato n. 1**, si può riassumere quanto segue:

CPT							LITOLOGIA
2	4	5	6	7	8	9	
-0.80 m da piano campagna	-1.20 m da piano campagna	-1.20 m da piano campagna	-1.00 m da piano campagna	-1.20 m da piano campagna	-1.40 m da piano campagna	-1.80 m da piano campagna	Livello di terreno misto sovracconsolidato
-2.80 m	-1.80 m	-2.60 m	-2.60 m	-3.40 m	-3.00 m	-3.00 m	ARGILLA – ARGILLA LIMOSA A MEDIO SCARSA CONSISTENZA, con una resistenza alla punta Rp compreso tra 0.49 e 1.08 MPa
-4.20 m	-7.60 m	11.00	-4.00 m	-4.20 m	-4.80 m	-5.00 m	ARGILLA LIMOSA MEDIAMENTE CONSISTENTE, con una resistenza alla punta Rp compreso tra 0.88 e 1.86 MPa
-10.20 m	-8.80 m	11.80	-12.80 m	-17.00 m	-9.80 m	-12.80 m	ARGILLA LIMOSA POCO CONSISTENTE, Rp compreso tra 0.39 e 1.18 MPa nella CPT. Si segnalano sottili intercalazioni a media consistenza in tutte le CPT eseguite.
-15.00 m	-20.00 m	20.00	-15.00 m	-20.00 m	-15.00 m	-15.00 m	ARGILLA LIMOSA MEDIAMENTE CONSISTENTE, con una resistenza alla punta Rp compreso tra 0.69 e 1.57 MPa

CPTU	LITOLOGIA	CPTU	LITOLOGIA
3		1	
-1.00 m da piano campagna	Livello di terreno misto sovracconsolidato	-0.60 m da piano campagna	Livello di terreno misto sovracconsolidato
-4.20 m	ARGILLA – ARGILLA LIMOSA A MEDIO SCARSA CONSISTENZA, con un qt compreso tra 0.80 e 1.00 Mpa	-3.60 m	ARGILLA – ARGILLA LIMOSA A MEDIO SCARSA CONSISTENZA, con un qt medio pari a 0.80 Mpa
-7.00 m	ARGILLA LIMOSA MEDIAMENTE CONSISTENTE, con un qt compreso tra 0.70 e 0.80 Mpa	-4.20 m	ARGILLA LIMOSA A SCARSA CONSISTENZA, con un qt medio pari a 0.50 Mpa
11.50	ARGILLA LIMOSA POCO CONSISTENTE, con un qt compreso tra 0.50 e 0.60 Mpa	-20.30 m	ARGILLA LIMOSA MEDIAMENTE CONSISTENTE, con un qt compreso tra 0.80 e 1.30
-20.30 m	ARGILLA LIMOSA MEDIAMENTE CONSISTENTE, con un qt compreso tra 0.70 e 1.00		

Al termine delle prove penetrometriche statiche è stata rilevata la soggiacenza della FALDA FREATICA LIBERA (Dw) all'interno dei fori di sondaggio alle seguenti quote:

PROVA	NUMERO	Dw (m da p.c.)
CPT	2	- 1.60
	4	-1.60
	5	-1.40
	6	FORO CHIUSO
	7	- 1.72
	8	FORO CHIUSO
	9	- 2.15
CPTU	1	- 1.60
	3	-1.60

3 RELAZIONE GEOTECNICA

3.1 INDAGINI GEOTECNICHE

In relazione alla litologia presente nell'area e in base alla tipologia di intervento in progetto, sono state eseguite le seguenti indagini geotecniche:

- *n. 7 prove penetrometriche statiche CPT, eseguite in data 09/07/2014;*
- *n. 2 prove penetrometriche statiche CPTU, eseguite in data 08/07/2014;*

L'ubicazione delle indagini geotecniche sono illustrate nella **tav. n. 6**, riportata in allegato, mentre i diagrammi delle prove penetrometrica CPT e CPTU, dotati d'interpretazione geotecnica, sono presenti nell'**allegato n. 1-A e 1-B** rispettivamente.

3.2 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

Il modello geotecnico è finalizzato a fornire tutti i dati geotecnici necessari per il futuro progetto. Sulla base dei dati emersi dall'elaborazione geotecnica e litostratigrafica dell'indagine geotecnica eseguita, illustrata nell'**allegato n. 1** e precedentemente descritta, si può riassumere il seguente modello geotecnico schematico del terreno investigato:

Strato	Profondità	Falda	Litotipo	Parametri geotecnici	
1	0.0 – 2.00 m da p.c.	-1.80 m da p.c.	Argilla o argilla limosa a medio scarsa consistenza	γ	1800 kg/m ³ ≈ 18.00 kN/m ³
				γ'	2100 kg/m ³ ≈ 21.00 kN/m ³
				C_{uk}	0.40 kg/cm ² ≈ 40.0 kN/m ²
				C'_k	0.04 kg/cm ² ≈ 4.0 kN/m ²
				M_0	35.0 kg/cm ² ≈ 3500 kN/m ²
				E_s	56.0 kg/cm ² ≈ 5600 kN/m ²
				ϕ_k	23°
				ν	0.50
2	2.00 – 4.60 m da p.c.		Argilla o argilla limosa mediamente consistente	γ	1850 kg/m ³ ≈ 18.50 kN/m ³
				γ'	2150 kg/m ³ ≈ 21.50 kN/m ³
				C_{uk}	0.60 kg/cm ² ≈ 60.0 kN/m ²
				C'_k	0.06 kg/cm ² ≈ 6.0 kN/m ²
				M_0	40.0 kg/cm ² ≈ 4000 kN/m ²
				E_s	84.0 kg/cm ² ≈ 8400 kN/m ²
				ϕ_k	24°
				ν	0.40
3	4.60 – 12.80 m da p.c.		Argilla o argilla limosa poco consistente	γ	1750 kg/m ³ ≈ 17.50 kN/m ³
				γ'	2050 kg/m ³ ≈ 20.50 kN/m ³
				C_{uk}	0.30 kg/cm ² ≈ 30.0 kN/m ²
				C'_k	0.03 kg/cm ² ≈ 3.0 kN/m ²

				M_0	20.0 kg/cm ² ≈ 2000 kN/m ²
				E_s	42.0 kg/cm ² ≈ 4200 kN/m ²
				ϕ_k	22°
				v	0.50
4	Da -12.80 m da p.c.		Argilla o argilla limosa a media consistenza	γ	1850 kg/m ³ ≈ 18.50 kN/m ³
				γ'	2150 kg/m ³ ≈ 21.50 kN/m ³
				C_{uk}	0.50 kg/cm ² ≈ 50.0 kN/m ²
				C'_k	0.05 kg/cm ² ≈ 5.0 kN/m ²
				M_0	35.0 kg/cm ² ≈ 3500 kN/m ²
				E_s	70.0 kg/cm ² ≈ 7000 kN/m ²
				ϕ_k	23°
				v	0.40
<u>Legenda</u>			γ	=	peso specifico terreno naturale
			γ'	=	peso specifico terreno saturo
			C_{uk}	=	coesione non drenata caratteristica
			C'_k	=	coesione efficace caratteristica
			D_r	=	densità relativa
			M_0	=	modulo di deformazione edometrico
			E_s	=	modulo elastico
			ϕ_k	=	angolo d'attrito caratteristico

Si riportano di seguito le referenze bibliografiche e le correlazioni utilizzate per la determinazione dei parametri geotecnici sopra riportati:

Si riportano di seguito le referenze bibliografiche e le correlazioni utilizzate per la determinazione dei parametri geotecnici sopra riportati:

γ' = peso dell'unità di volume (efficace) del terreno [Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982]

C_{uk} = coesione non drenata (terreni coesivi) [Formula di Lunne & Eide]

D_r = densità relativa (terreni granulari) [Schmertmann 1976]

M_0 = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973]

E = modulo elastico (terreni coesivi) [Trofimemkov 1974]

ϕ_k = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari) [Meyerhof 1956/1976, sabbie limose]

ϕ_k = angolo di attrito interno efficace (terreni coesivi) [prove di laboratorio CID da Noi eseguite su analoghi litotipi presso Nostro laboratorio certificato dal "Ministero delle infrastrutture e dei trasporti n.1845" per l'esecuzione e certificazione di prove su terre e rocce, categoria A]

3.3 TIPOLOGIA DI FONDAZIONI E CALCOLO DELLA CAPACITÀ PORTANTE

Sulla base dei dati emersi dall'elaborazione delle indagini geognostiche eseguite in sito e in relazione alla tipologia di intervento in progetto, al fine di verificare la capacità portante del terreno ***si sono ipotizzate***, al solo fine di effettuare il calcolo della capacità portante, **fondazioni superficiali dirette imposte su plinti quadrati in c.a.**, approfondite alla quota di **D = - 1.50 m da p.c. attuale**.

Per il calcolo della capacità portante del terreno si sono utilizzati i parametri geotecnici emersi dall'elaborazione delle prove penetrometriche statiche CPT eseguite in sito. I parametri geotecnici del terreno e le dimensioni delle fondazioni ipotizzate sono riassunti nella seguente tabella:

- larghezza della base	B =	6.00 m
- lunghezza della fondazione	B ^l =	6.00 m
- profondità della quota di imposta	D =	1.50 m da p.c.
- peso specifico terreno naturale sopra falda	γ =	1800 kg/m ³ \approx 18.00 kN/m ³
- peso specifico terreno saturo	γ' =	2100 kg/m ³ \approx 21.00 kN/m ³
- coesione non drenata caratteristica	C _{uk} =	0.40 kg/cm ² \approx 40 kN/m ²
- coesione efficace caratteristica	C' _k =	0.04 kg/cm ² \approx 4.0 kN/m ²
- angolo d'attrito caratteristico	ϕ_K =	23°
- modulo di deformazione edometrico	M _o =	35.0 kg/cm ² \approx 3500 kN/m ²
- modulo elastico	E _s =	56.0 kg/cm ² \approx 5600 kN/m ²
- profondità falda freatica	D _w =	-1.80 m da p.c.
- pendenza del terreno	β =	\sim 0°
- classe di sismicità	C _s =	3

I calcoli delle pressioni ammissibili sono stati eseguiti utilizzando l'equazione di **Terzaghi** per **fondazioni superficiali dirette imposte su plinti quadrati in c.a.**, con la condizione a breve termine dove **Cu \neq 0** e **$\phi = 0$** (condizione più gravosa).

Considerando, inoltre, un fattore di sicurezza **Fs = 3** si ottengono i seguenti risultati:

Pressione ammissibile Q_{amm} (Verifica a breve termine Cu \neq 0 e $\phi = 0$)		
Quota di imposta	Pressione limite	Pressione ammissibile
- 1.50 m da p.c.	3.23 kg/cm ² \approx 323 kN/m ²	1.08 Kg/cm ² \approx 108 kN/m ²

3.4 VERIFICA DEI CEDIMENTI

È stato eseguito il calcolo della distribuzione delle tensioni indotte al terreno di fondazione dagli interventi in progetto secondo il metodo di Newmark (**Allegato n. 2**).

Il metodo di Newmark si basa sul presupposto che il terreno di fondazione possa essere assimilato ad uno spazio semi-infinito a comportamento perfettamente elastico, omogeneo e isotropo.

Per la verifica dei cedimenti sono stati considerati i parametri geotecnici emersi dall'elaborazione delle prove penetrometriche CPT eseguite ed i carichi applicati sul terreno ipotizzati sono illustrati nella tabella che segue. Tutto ciò premesso, utilizzando il *metodo di calcolo di Steinbrenner per gli strati coesivi*, sono stati ottenuti i seguenti risultati:

CPT N.2	
CALCOLO DEI CEDIMENTI IMMEDIATI SECONDARI E DI CONSOLIDAZIONE	
Quota di imposta D = - 1.50 m da piano campagna Carico applicato sul terreno $\Delta P = 1.00 \text{ kg/cm}^2 \approx 100 \text{ kN/m}^2$	
Metodo di calcolo dei cedimenti degli strati coesivi Steinbrenner	
Cedimento della fondazione	S = 2.41 cm
Cedimento totale strati coesivi	S = 2.41 cm
Cedimento totale terreno di fondazione	S = 2.41 cm

CPT N.4	
CALCOLO DEI CEDIMENTI IMMEDIATI SECONDARI E DI CONSOLIDAZIONE	
Quota di imposta D = - 1.50 m da piano campagna Carico applicato sul terreno $\Delta P = 1.00 \text{ kg/cm}^2 \approx 100 \text{ kN/m}^2$	
Metodo di calcolo dei cedimenti degli strati coesivi Steinbrenner	
Cedimento della fondazione	S = 2.89 cm
Cedimento totale strati coesivi	S = 2.89 cm
Cedimento totale terreno di fondazione	S = 2.89 cm

CPT N.5	
CALCOLO DEI CEDIMENTI IMMEDIATI SECONDARI E DI CONSOLIDAZIONE	
Quota di imposta D = - 1.50 m da piano campagna Carico applicato sul terreno $\Delta P = 1.00 \text{ kg/cm}^2 \approx 100 \text{ kN/m}^2$	
Metodo di calcolo dei cedimenti degli strati coesivi Steinbrenner	
Cedimento della fondazione	S = 2.87 cm

Cedimento totale strati coesivi	S = 2.87 cm
Cedimento totale terreno di fondazione	S = 2.87 cm

CPT N.6	
CALCOLO DEI CEDIMENTI IMMEDIATI SECONDARI E DI CONSOLIDAZIONE	
Quota di imposta D = - 1.50 m da piano campagna Carico applicato sul terreno $\Delta P = 1.00 \text{ kg/cm}^2 \approx 100 \text{ kN/m}^2$	
<i>Metodo di calcolo dei cedimenti degli strati coesivi Steinbrenner</i>	
Cedimento della fondazione	S = 3.37 cm
Cedimento totale strati coesivi	S = 3.37 cm
Cedimento totale terreno di fondazione	S = 3.37 cm

CPT N.7	
CALCOLO DEI CEDIMENTI IMMEDIATI SECONDARI E DI CONSOLIDAZIONE	
Quota di imposta D = - 1.50 m da piano campagna Carico applicato sul terreno $\Delta P = 1.00 \text{ kg/cm}^2 \approx 100 \text{ kN/m}^2$	
<i>Metodo di calcolo dei cedimenti degli strati coesivi Steinbrenner</i>	
Cedimento della fondazione	S = 3.44 cm
Cedimento totale strati coesivi	S = 3.44 cm
Cedimento totale terreno di fondazione	S = 3.44 cm

CPT N.8	
CALCOLO DEI CEDIMENTI IMMEDIATI SECONDARI E DI CONSOLIDAZIONE	
Quota di imposta D = - 1.50 m da piano campagna Carico applicato sul terreno $\Delta P = 1.00 \text{ kg/cm}^2 \approx 100 \text{ kN/m}^2$	
<i>Metodo di calcolo dei cedimenti degli strati coesivi Steinbrenner</i>	
Cedimento della fondazione	S = 3.33 cm
Cedimento totale strati coesivi	S = 3.33 cm
Cedimento totale terreno di fondazione	S = 3.33 cm

CPT N.9	
CALCOLO DEI CEDIMENTI IMMEDIATI SECONDARI E DI CONSOLIDAZIONE	
Quota di imposta D = - 1.50 m da piano campagna Carico applicato sul terreno $\Delta P = 1.00 \text{ kg/cm}^2 \approx 100 \text{ kN/m}^2$	
<i>Metodo di calcolo dei cedimenti degli strati coesivi Steinbrenner</i>	
Cedimento della fondazione	S = 4.09 cm

Cedimento totale strati coesivi	S = 4.09 cm
Cedimento totale terreno di fondazione	S = 4.09 cm

Sono inoltre state eseguite le verifiche dei cedimenti primari e secondari attesi sulle fondazioni, sulla base dei dati ottenuti sulle verticali delle prove penetrometriche statiche con piezocono eseguite nell'ultima campagna di indagine di LUGLIO 2014.

Le verifiche sono state effettuate mediante software CPeT – IT v. 1.7.4.13 prodotto da GeoLogisMiki – Geotechnical Software, in accordo con il metodo edometrico.

I cedimenti primari sono stati calcolati con la seguente formula:

$$S = \sum \frac{\Delta\sigma_v}{M_{CPT}} \Delta z$$

- $\Delta\sigma_v$ è la tensione indotta nel terreno, alla profondità z, dalla pressione di contatto della fondazione;
- M_{CPT} è il modulo edometrico, a deformazione laterale impedita, ricavato dalle CPTU e relativa allo strato i-esimo;
- Δz rappresenta lo spessore dello strato i-esimo in cui è stato suddiviso lo strato compressibile e per il quale si conosce il modulo edometrico.

I cedimenti secondari con la formula riportata di seguito, in relazione ad un periodo di riferimento di 10 anni:

$$S = C\alpha \cdot \Delta z \cdot \log(t)$$

- $C\alpha$ coefficiente di consolidazione secondaria

I risultati delle verifiche sono stati riassunti nella seguente tabella e in **Allegato n. 1**.

CPTU N.1	
CALCOLO DEI CEDIMENTI IMMEDIATI SECONDARI E DI CONSOLIDAZIONE	
Quota di imposta D = - 1.50 m da piano campagna	
Carico applicato sul terreno $\Delta P = 1.00 \text{ kg/cm}^2 \approx 100 \text{ kN/m}^2$	
Cedimento della fondazione	S = 4.20 cm
Cedimento totale strati coesivi	S = 4.20 cm
Cedimento totale terreno di fondazione	S = 4.20 cm

Nell'Allegato sono anche riportati i certificati delle verifiche eseguite sulle verticali di prova delle CPTU, nelle quali è stato considerato il carico massimo calcolato allo stato limite di esercizio.

Un utile riferimento per valutare l'ammissibilità dei cedimenti calcolati e dei cedimenti differenziali sulle fondazioni superficiali è stato tratto dal testo "Geotecnica e Tecnica delle fondazioni 2" – Cestelli Guidi riportato in Fig. 3.4.1.

TABELLA 13.1 – Cedimenti ammissibili dalle strutture (Sowers 1962).

Tipo di movimento	Fattore limitante	Cedimenti massimi (cm)
Cedimento assoluto o rigido	Fognature ecc.	(¹) 15 ÷ 30 (²)
	Livello d'ingresso scale ecc.	30 ÷ 60
	Probabilità di cedimenti non uniformi:	
	Strutture murarie	2 ÷ 5
	Strutture intelaiate	2 ÷ 10
	Fumaioli, silos ecc.	10 ÷ 30
Rotazione rigida od inclinazione	Fumaioli, torri ecc.	4‰ h
	Accatastamento di merci	10‰ h
	Rotaie per gru	3‰ h
	Macchine tessili	3‰ h
	Turbogeneratori	0,2‰ h
Cedimento differenziale e distorsione	Muri di mattoni continui, alti	0,5 ÷ 1‰ l (³)
	Lesioni di muri di mattoni di edifici di un piano	1 ÷ 2‰ l
	Lesione degli intonaci	1‰ l
	Strutture intelaiate in c.a.	2 ÷ 4‰ l
	Strutture a setti in c.a.	3‰ l
	Strutture intelaiate continue in acciaio	2‰ l
	Telaio semplice in acciaio	5‰ l

Fig. 3.4.1 – Estratto dal testo "Geotecnica e Tecnica delle fondazioni 2" – Cestelli Guidi.

3.5 MODULO DI SOTTOFONDO

Il modello di Winkler considera il terreno come formato da una distribuzione di vincoli semplici bilaterali elastici. La relazione che ne regola il comportamento è di tipo lineare tra il cedimento (w) e la pressione di contatto (p): $p = kw$.

Il parametro k è detto costante di sottofondo. Come è noto, k non dipende solo dal terreno, ma anche dai carichi applicati, dalle proprietà del terreno, dalla forma e dimensioni della fondazione. Utilizzando la Formula di Bowles (1982):

$$k \text{ (kN/mc)} = 40 \cdot Q_{\text{lim effettivo applicato}} \cdot F_c$$

dove $F_c = 2.54 \text{ cm}$ / cedimento della fondazione (in cm) e dove $Q_{\text{lim effettivo applicato}} = 3 \cdot \Delta P$ (incremento di carico sul terreno); quindi, nel nostro caso, $3 \cdot 1.00 \text{ kg/cm}^2 = 3 \cdot 100 \text{ kN/m}^2 = 3.00 \text{ kg/cm}^2 = 300 \text{ kN/m}^2$ e considerando un cedimento di riferimento, calcolato nella **CPT n.4**, pari a $S = 2.89 \text{ cm}$, si ottiene il valore di costante di Winkler riassunto nella tabella seguente:

CPT n°4		
Modulo di sottofondo		
<i>Cedimento di riferimento</i>	<i>Carico applicato sul terreno</i>	<i>Costante di Winkler</i>
$S = 2.89 \text{ cm}$	$\Delta P = 1.00 \text{ kg/cm}^2 \approx 100 \text{ kN/m}^2$	$1.05 \text{ kg/cm}^3 \approx 10500 \text{ kN/m}^3$

4 CLASSIFICAZIONE e CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO – PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE (CALCOLO DEGLI SLU)

4.1 SISMICITÀ DELL'AREA

In accordo con la normativa regionale DGR 1164/2018, il Comune di Campogalliano risulta classificato in Zona 3 (Rischio sismico medio).

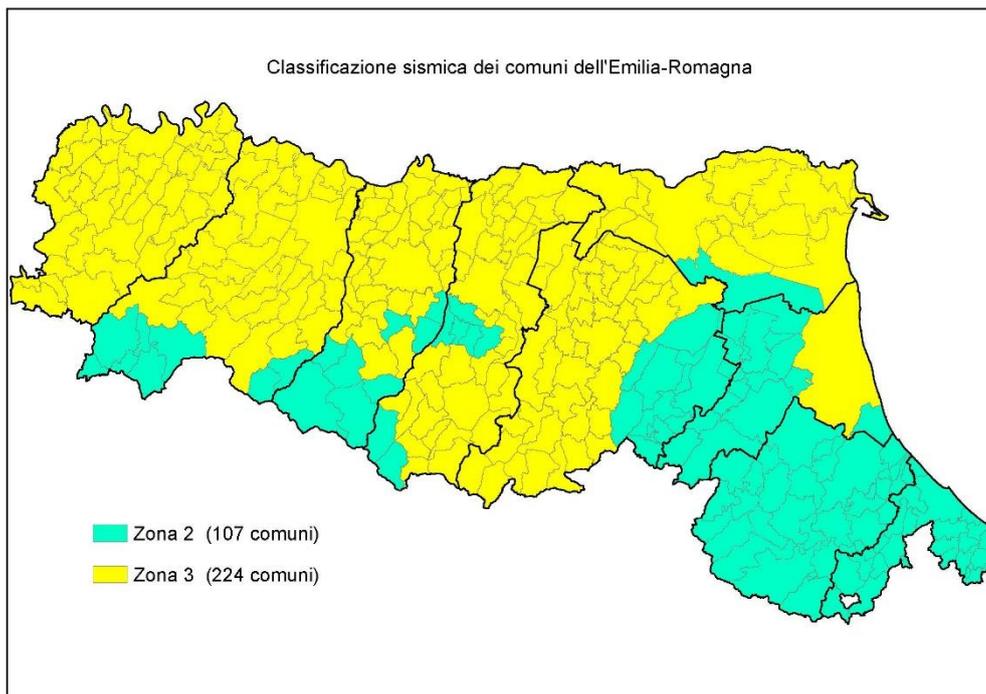


Fig. 6.1 – Classificazione sismica vigente dei comuni della regione Emilia-Romagna

Sulla scorta della normativa tecnica nazionale NTC 2018, secondo le indagini geofisiche eseguite in sito si classifica il terreno di fondazione del lotto in oggetto, come appartenente alla **categoria C**. Sulla base dei contenuti è stato definito un parametro di accelerazione massima attesa a_g in relazione ad un tempo di riferimento T_R stimato di 475 anni, considerando una classe d'uso pari a II e una vita nominale di 50 anni. Per l'area in oggetto, identificata dalle seguenti coordinate geografiche (ED50): Latitudine: 44.685050°, Longitudine 10.863703°, tale parametro è risultato pari ad a_g attesa= **0.162_g**.

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.047	2.475	0.252
Danno (SLD)	50	0.059	2.503	0.268
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.162	2.462	0.282
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.214	2.456	0.286
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Poiché tale valore di accelerazione sismica orizzontale a_g si riferisce al *bedrock*, per definire il valore di a_g in superficie si calcola inizialmente il fattore stratigrafico S_s caratteristico dell'area secondo il NTC 2018 da cui, essendo in classe **C** si avrà :

$$1,00 \leq S_s = 1,70 - (0,60 \cdot F_o \cdot a_g/g) \leq 1.50 \quad (6.1)$$

dove:

Fo = Fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2; per il sito oggetto di studio tale valore risulta pari a **2.462**;

ag/g = accelerazione orizzontale del sito, con tempo di ritorno pari a 475 anni/accelerazione di gravità;

Ss = Coefficiente di amplificazione stratigrafica o fattore stratigrafico, calcolato tramite la relazione (6.1); per il sito oggetto di studio risulta pari a **1.46**.

Successivamente, sulla base delle condizioni topografiche del sito studiato, si ricava il fattore topografico ST dalla seguente tabella:

Categoria topografica	Ubicazione opera/intervento	ST
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$	1.0
T2	Pendii con inclinazione media $> 15^\circ$	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2

T4 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media > 30° **1.4**

Per l'area studiata risulta appropriato utilizzare un fattore topografico S_T pari a 1.0. In base a tali valori del fattore stratigrafico S_S e del fattore topografico S_T si procede al calcolo dell'accelerazione massima orizzontale A_{max} :

$$A_{max} = S_S \cdot a_g = 1.46 \cdot 1.00 \cdot 0.162 \text{ g} = 0.237 \text{ g}$$

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.013	0.016	0.057	0.092
kv	0.006	0.008	0.028	0.046
Amax [m/s ²]	0.695	0.865	2.319	2.911
Beta	0.180	0.180	0.240	0.310

4.2 INDAGINI GEOFISICHE

Per la classificazione sismica dell'area di studio, in data **07/07/2014**, sono state eseguite in sito le seguenti indagini geofisiche:

- *n. 1 indagine sismica con metodologia MASW., eseguita in data 07/07/2014;*
- *n. 2 indagini sismiche passive HVSR, eseguite in data 07/07/2014.*

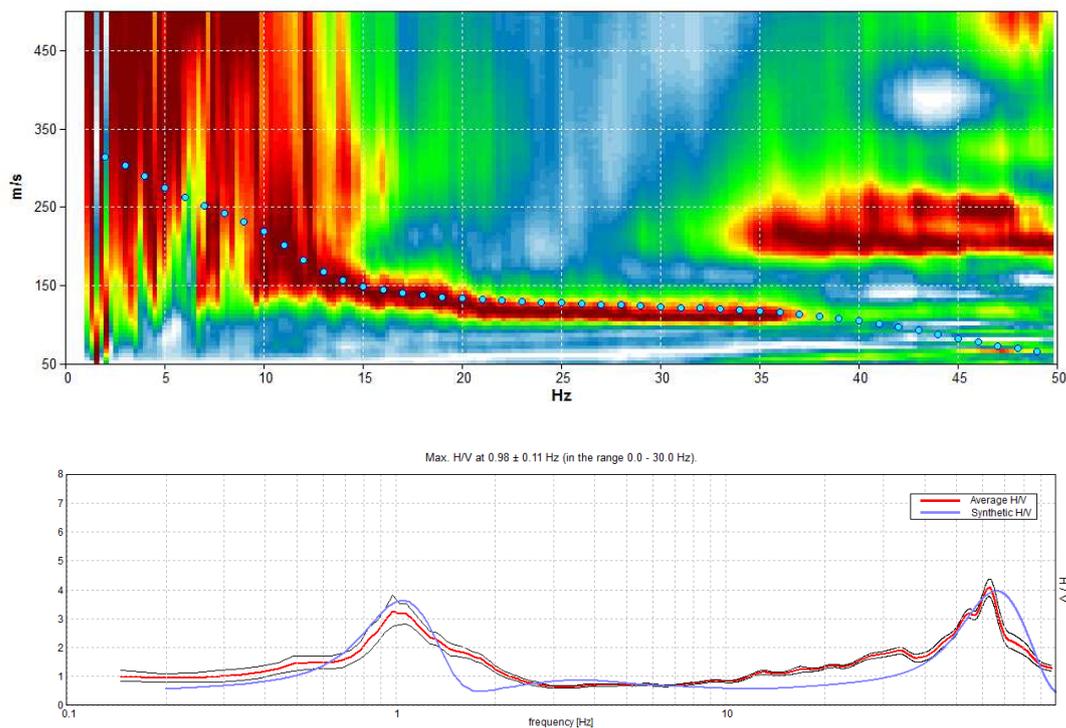
L'ubicazione dell'indagine eseguita è riportata nella **Tav. n. 6**, mentre nell'**allegato n. 3** sono visibili i grafici e i risultati dell'indagine sismica MASW e quelli delle indagini sismiche passive HVSR.

4.2.1 Risultati delle indagini geofisiche e indicazione della categoria di sottosuolo NTC 2018

Ai fini della caratterizzazione geofisica del sito, è stata considerata la campagna di indagini geofisiche eseguita nel 2014 in corrispondenza dell'area di interesse. In allegato al presente elaborato vengono illustrate le elaborazioni delle indagini suddette. L'elaborazione delle tecniche geofisiche è stata svolta mediante il software Grilla (MOHO Srl).

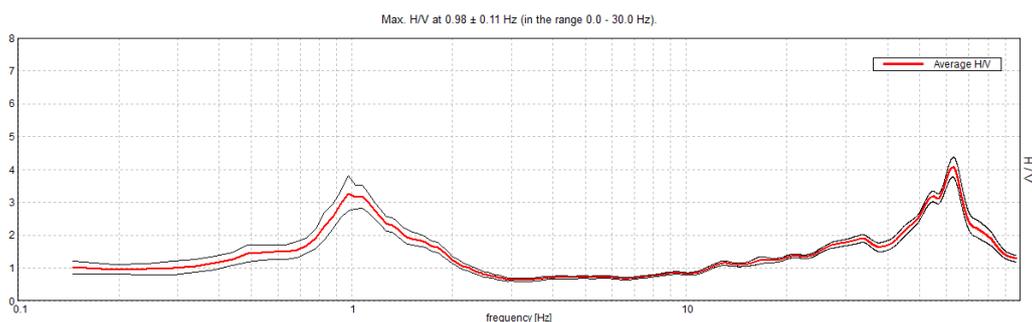
L'elaborazione delle curve HVSR e dello spettro MASW ha determinato un valore di V_{S30} di 240 m/s, definendo l'appartenenza del sito a una **categoria di sottosuolo C** (NTC 2018). Il modello in onde S vincolato alle curve HVSR e allo spettro MASW è il seguente:

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.25	0.25	65	0.42
5.25	5.00	150	0.42
15.25	10.00	200	0.42
25.25	10.00	250	0.42
60.25	35.00	250	0.42
inf.	inf.	500	0.40

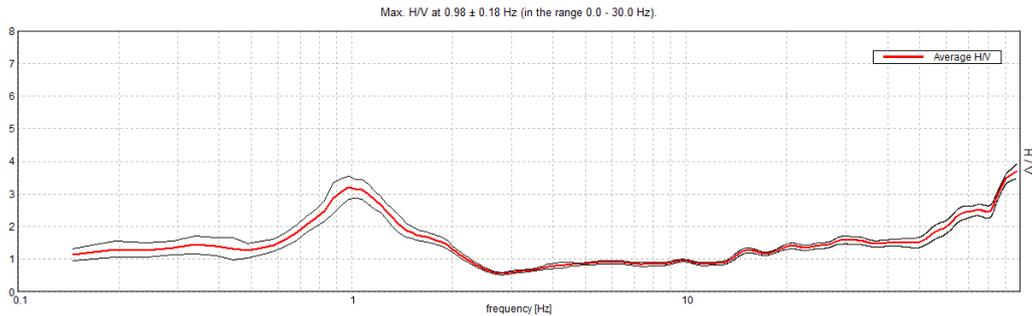


Dall'analisi delle acquisizioni HVSR eseguite è stato possibile determinare le frequenze stratigrafiche che caratterizzano il sito oggetto di studi. Si illustrano successivamente le curve H/V determinate a seguito dell'elaborazione delle n. 2 acquisizioni HVSR eseguite.

HVSR1



HVSR2



Per l'areale in oggetto si definisce una frequenza fondamentale di sito nell'intorno del valore di 1.00 Hz. Tale frequenza si relaziona a un periodo di vibrazione di circa 1.00 sec. Le amplificazioni massime attese per il periodo indicato variano da 3 a 4 volte.

Le frequenze fondamentali derivate rispettano quasi completamente i criteri matematici imposti dal progetto SESAME (2006). Per tale motivo risultano costituire validi elementi informativi riguardo allo studio del fenomeno della risonanza sismica applicata alla progettazione anti-sismica.

4.3 VERIFICA DELLO STATO LIMITE ULTIMO (SLU) – NTC 2018

Le verifiche di capacità portante sono state sviluppate secondo la formulazione proposta da Terzaghi, considerando cautelativamente fattori di forma generali.

In relazione a quanto esposto nella normativa tecnica nazionale NTC 2018, si procede alla verifica nei confronti degli stati limite ultimi (**SLU**) di tipo GEO relativamente ai sistemi fondali da adottare per la realizzazione delle opere in progetto. Nell'analisi geotecnica relativa ai sistemi fondali si fornisce il valore di resistenza offerta dal sistema geotecnico (R_d_{GEO}) e, pertanto, non si procederà alla verifica dell'intero stato limite non disponendo il valore dell'azione di progetto. Il valore di progetto della resistenza **Rd** può essere determinato:

- a) in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, diviso per il valore del coefficiente parziale γ_M specificato nella successiva Tab. 6.2.II e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali γ_R specificati nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera;
- b) in modo analitico, con riferimento a correlazioni con i risultati di prove in sito, tenendo conto dei coefficienti parziali γ_R riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera;
- c) sulla base di misure dirette su prototipi, tenendo conto dei coefficienti parziali γ_R riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera.

La verifica della resistenza **GEO** dei sistemi fondali, analogamente a quanto previsto nel § 6.8, secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le resistenze globali.

VERIFICA	COEFF.PARZIALE (γ_R)
Capacità portante	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

Tab. 4.1: Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.

Fattori correttivi sismici: Paolucci e Pecker (1997)

Per tener conto degli effetti inerziali indotti dal sisma nei riguardi della determinazione del q_{lim} vengono introdotti, all'interno della formula di Terzaghi, i fattori correttivi z:

$$z_c = 1 - 0.32 \cdot K_h \qquad z_q = \left(1 - \frac{K_h}{\tan \varphi}\right)^{0.35} \qquad z_\gamma = z_q$$

Dove il K_h è il coefficiente sismico orizzontale. Le verifiche sono state effettuate considerando quindi i seguenti parametri sismici:

- A_{MAX} (ag/g): **0.236g** (relativa a SLV ; $T_r = 475$ anni);
- Coefficiente intensità sismica del terreno K_h : **0.057**.

Utilizzando **l'Approccio 2, combinazione (A1+M1+R3)** il carico limite ultimo nel caso in esame, ottenuto in condizioni "non drenate" dove $C_u \neq 0$ e $\varphi = 0$, applicando il coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata secondo la seguente relazione $C_{ud} = C_{uk} / 1.0$, per cui si avrà $C_{ud} = C_{uk}$, dove C_{ud} = coesione non drenata di progetto e C_{uk} = coesione non drenata caratteristica, sarà pari a:

CONDIZIONE STATICA (Terzaghi)
Carico limite ultimo SLU - Breve Termine – Condizioni non drenate

Profondità di imposta	Dimensioni della fondazione	Carico limite ultimo SLU
		F.S. = 2.3
- 1.50 m da p.c.	6.00 m x 6.00 m	1.38 kg/cm ² ≈ 138 kN/m ²

Per quanto riguarda il carico limite ultimo in condizioni "drenate", dove $C'd \neq 0$ e $\varphi' \neq 0$, è stato considerato, sempre seguendo **l'Approccio 2, combinazione (A1 + M1 + R3)** un **angolo di attrito caratteristico** del valore $\varphi'k = 23^\circ$ e **la coesione efficace del valore $C'k = 0.04$ kg/cm²**. Applicando il coefficiente di riduzione parziale per la tangente dell'angolo di attrito secondo la relazione: $\tan \varphi'd = \tan \varphi'k / 1.0$ e per la coesione efficace secondo la relazione: $C'd = C'k / 1.00$ dove $\varphi'd$ è l'angolo d'attrito di progetto e $C'd$ è la coesione efficace di progetto, ne derivano, essendo $\varphi'k = \varphi'd$ e $C'k = C'd$, i seguenti valori: $\varphi'd = 23^\circ$ e $C'd = 0.04$ kg/cm². Quindi secondo la formula di Terzaghi si ottiene, per l'intervento in progetto uno stato limite ultimo pari a:

CONDIZIONE STATICA (Terzaghi)

Carico limite ultimo SLU - Lungo Termine – Condizioni drenate

Profondità di imposta	Dimensioni della fondazione	Carico limite ultimo SLU
		F.S. = 2.3
- 1.50 m da p.c.	6.00 m x 6.00 m	3.10 kg/cm ² ≈ 310 kN/m ²

CONDIZIONE SISMICA PSEUDOSTATICA (PAOLUCCI E PECKER [1997])

AP2	Carico limite ultimo SLU – Lungo termine – Condizioni drenate		
	Fondazioni dirette superficiali impostate su plinti in c.a.		
	AZIONE SISMICA (SLV: TR= 475 ANNI – a _{MAX} : 0.237 g; K _h : 0.057)		
	Quota di imposta	Dimensioni della fondazione	Carico limite ultimo/2.3
- 1.50 m da p.c.	6.00 m x 6.00 m	2.97 Kg/cm² ≈ 297 kN/m²	

4.4 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

In accordo con la normativa NTC 2018 si è proceduto alla verifica della liquefazione per la totalità delle verticali di prova CPTU eseguite nell'anno 2014. Si premette che l'elaborazione delle indagini non ha identificato la presenza di unità sabbiose di sostanziale spessore tali da comportare la verificabilità di fenomeni di liquefazione.

Nonostante l'evidenza preliminare, si è proceduto all'esecuzione della verifica a liquefazione. L'analisi della liquefazione non è stata estesa alle verticali di prova CPT in quanto l'approccio Boulanger & Idriss (2014) non risulta applicabile a questa tipologia di indagine.

La valutazione del fenomeno della liquefazione viene svolta attraverso il calcolo del fattore di sicurezza di ciascun livello che compone il sottosuolo analizzato nei confronti del fenomeno stesso. Il fattore di sicurezza è derivato secondo la seguente formulazione:

$$F_L(z) = \frac{CRR_{M=7.5; \sigma'_v=1atm}}{CSR} \cdot MSF \cdot K_\sigma$$

Dove:

CRR è rappresentato dal rapporto di resistenza ciclica

MSF rappresenta il fattore di scala della magnitudo che è funzione della magnitudo stessa, della PGA e del valore di CRR

K_σ è il fattore di correzione che tiene conto della pressione efficace alla profondità a cui la resistenza viene valutata

CSR è il rapporto di tensione ciclica, ovvero la tensione di taglio indotta dall'azione sismica, normalizzata rispetto alla tensione verticale efficace. Tale parametro è derivabile secondo la seguente formulazione:

$$CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \cdot \frac{a_{maxs}}{g} \cdot \frac{\sigma'_{v0}}{\sigma'_{v0}} \cdot r_d$$

i termini che compongono la seguente relazione sono rappresentati da a_{max}/g che descrive il valore dell'accelerazione orizzontale a $T = 0.00$ s, il rapporto della tensione litostatica totale ed efficace, e il coefficiente riduttivo r_d . Quest'ultimo, in accordo con la predetta normativa è stato stimato secondo la seguente formulazione:

$$r_d = \exp[\alpha(z) + \beta(z) \cdot M]$$

$$\alpha(z) = -1.012 - 1.126 \cdot \operatorname{sen}\left(\frac{z}{11.73} + 5.133\right)$$

$$\beta(z) = 0.106 + 0.118 \cdot \operatorname{sen}\left(\frac{z}{11.28} + 5.142\right)$$

dove M rappresenta il valore di magnitudo di riferimento per il sito in analisi.

Il valore **CRR** è stato ricavato attraverso la metodologia di calcolo proposta da **Boulanger & Idriss 2014**. Per le specifiche della procedura di calcolo adottata si faccia riferimento all'allegato **A2.2** della DGR 630/2019 della Regione Emilia Romagna. Le analisi di liquefazione sono state eseguite entro i -20.00 m rispetto al piano campagna come prescritto dalla normativa di riferimento.

Le verifiche sono state svolte considerando una magnitudo di riferimento **M = 6.14** (derivante dalla zonazione sismogenetica), una accelerazione massima al suolo **A_{max} = 0.236 g** (Approccio semplificato NTC 2018 Categoria di sottosuolo C Vn=50 anni e Cu =1.00) e con soggiacenza della falda freatica alla profondità di Dw = -1.00 m da p.c. , che rappresenta un valore di soggiacenza cautelativo alla luce dei valori di soggiacenza riscontrati durante l'esecuzione delle indagini.

A seguito dell'identificazione del fattore di sicurezza F_L è stato determinato l'indice potenziale di liquefazione IL (LPI) attraverso il quale è possibile definire l'esposizione del sito al rischio di liquefazione. Il potenziale di liquefazione LPI è stato determinato secondo la seguente formulazione:

$$I_L = \int_0^{z_{crit}} F(z) \cdot w(z) \cdot dz \quad \text{in cui} \quad w(z) = \frac{200}{z_{crit}} \cdot \left(1 - \frac{z}{z_{crit}}\right)$$

Dove F(z) viene determinato secondo le formulazioni proposte da Somnez (2003)

$F(z) = 0$	per	$F_L \geq 1.2$
$F(z) = 2 \cdot 10^6 \cdot \exp(-18.427 \cdot F_L)$	per	$1.2 > F_L \geq 0.95$
$F(z) = 1 - F_L$	per	$F_L \leq 0.95$

In base al valore di LPI ottenuto è possibile fornire un'indicazione del rischio di liquefazione. In considerazione delle linee guida emesse dalla Regione Emilia Romagna, a seguito degli eventi sismici di Maggio e Giugno 2012, si considera la classificazione di rischio definita da **Sonmez 2003**:

INDICE DI LIQUEFAZIONE	Rischio di liquefazione
LPI=0	Nullo
$0 < LPI \leq 2$	Basso
$2 < LPI \leq 5$	Moderato
$5 < LPI \leq 10$	Alto
$15 > LPI$	Molto alto

Si illustrano successivamente i valori di LPI derivati per ciascuna verticale di prova CPTU considerata ai fini delle analisi del fenomeno di liquefazione:

INDAGINE	INDICE DI LIQUEFAZIONE LPI	RISCHIO
CPTU 3	0.000	NULLO
CPTU 1	1.396	BASSO

Sulla scorta delle risultanze ottenute dalle verifiche della suscettività del sito al fenomeno di liquefazione emerge che l'areale oggetto di studio risulta esposto a un rischio variabile da "basso" a "nullo".

5 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La presente relazione è stata redatta al fine di fornire il presente studio geologico, geotecnico e sismico relativo allo studio del sottosuolo di un fabbricato industriale, sito in Via Strasburgo nel Comune di Campogalliano (MO). Tale fabbricato sarà sottoposto ad un intervento di ampliamento.

In relazione a quanto esposto nella normativa tecnica nazionale NTC 2018 si è proceduto alla verifica nei confronti degli stati limite ultimi (SLU).

Per quanto riguarda le **opere di fondazione ipotizzate**, nelle verifiche di sicurezza agli stati limite ultimi è stato calcolato lo SLU sia a breve che a lungo termine per l'intervento in progetto, utilizzando l' **Approccio 2 - combinazione (A1 + M1 + R3)**.

Si riassumono nella seguente tabella i valori di portanza del terreno di fondazione ipotizzando **fondazioni superficiali dirette imposte su plinti a base quadrata in c.a.**, approfondite alla quota D = - 1.50 m da p.c..

SLU – APPROCCIO 2 (A1 + M1 + R3) – F.S.= 2.3		
CONDIZIONI NON DRENATE	CONDIZIONI DRENATE	
	STATICHE	SISMICHE PSEUDOSTATICHE
1.38 kg/cm ² ≈ 138 kN/m ²	3.10 kg/cm ² ≈ 310 N/m ²	2.97 kg/cm ² ≈ 297 kN/m ²

Il calcolo dei cedimenti eseguito sulle verticali di prova, considerando un incremento di carico da Noi ipotizzato pari a $\Delta P = 1.00 \text{ kg/cm}^2 \approx 100 \text{ kN/m}^2$, ha fornito i seguenti valori di assestamento:

INDAGINE	CEDIMENTO
CPTU N.1	S = 4.20 m
CPT N.2	S = 2.41 m
CPT N.4	S = 2.89 m
CPT N.5	S = 2.87 m
CPT N.6	S = 3.37 m
CPT N.7	S = 3.44 m
CPT N.8	S = 3.33 m
CPT N.9	S = 4.09 m

Sulla scorta degli esiti della relazione MS redatta da Geo Group nel mese di Agosto 2018 definire l'assenza di particolari criticità riconducibili ad una potenziale instabilità

del sito per effetti sismici, differentemente da quanto indicato nella cartografia MOPS relativa allo studio MS del Comune di Campogalliano. In forza di ciò è possibile affermare che il sito di interesse risulta privo di potenziale instabilità per effetto sismico e che la progettazione antisismica esecutiva potrà essere condotta secondo approccio semplificato NTC 2018. In forza di ciò, sulla scorta degli esiti derivanti dalla caratterizzazione geofisica espletata nell'area di interesse è possibile classificare il sottosuolo secondo una categoria sismica C (NTC 2018)

Sulla scorta delle risultanze ottenute dalle verifiche della suscettività del sito al fenomeno di liquefazione emerge che l'areale oggetto di studio risulta esposto a un rischio variabile da "basso" a "nullo".

A disposizione per ulteriori chiarimenti cogliamo l'occasione per porgere distinti saluti.

Modena, 08 Agosto 2019

Dott. Geol. Pier Luigi Dallari



GEO GROUP s.r.l.

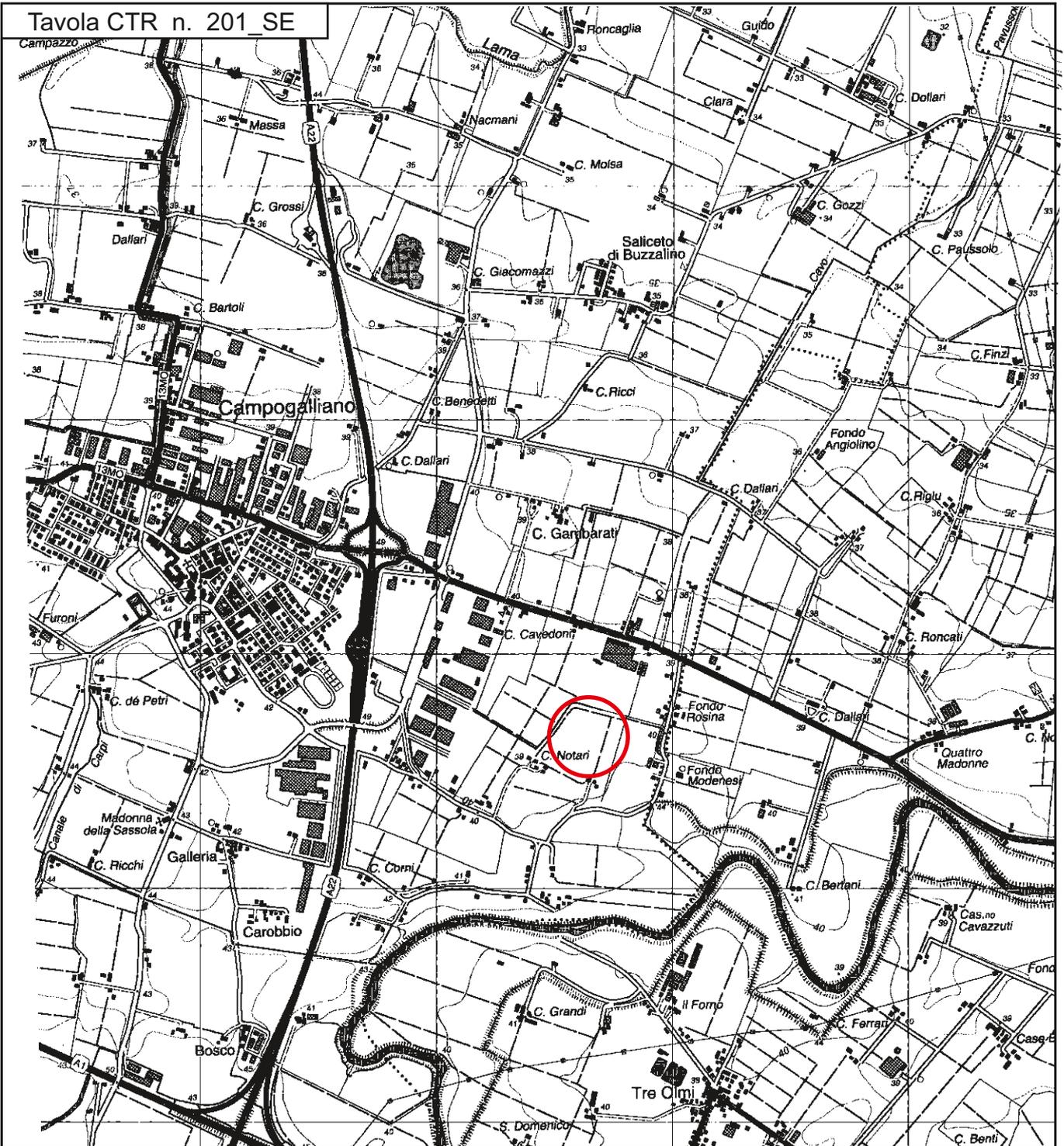
Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche

Tavole

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019 - E-mail: geo.group@libero.it

Tavola CTR n. 201_SE



Tav. n. 1 "Carta corografica"

Scala 1: 25000



Legenda

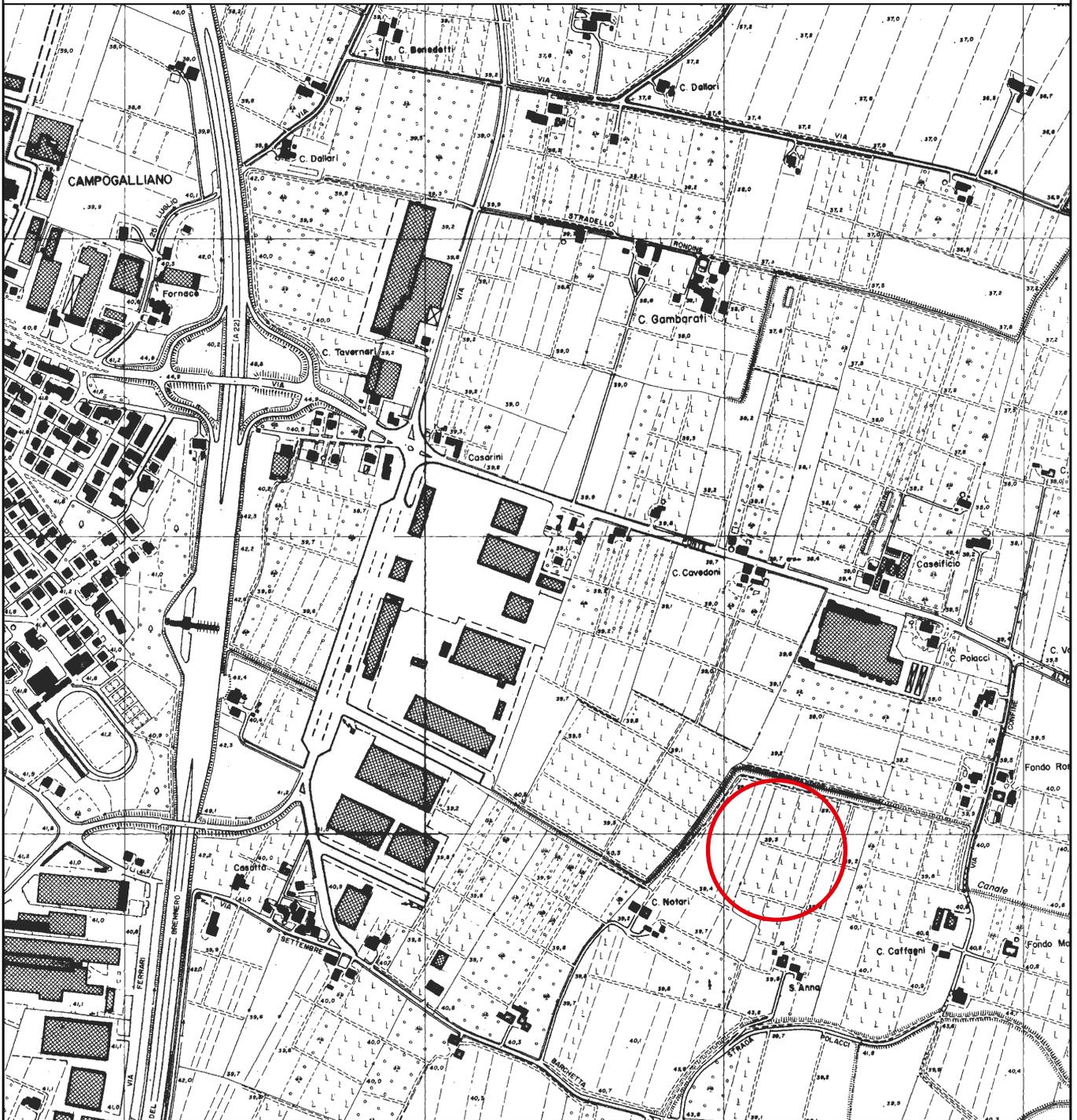


Area di interesse

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019- E-mail: geo.group@libero.it

C.T.R. sezione n° 201110 Modena Nord-Ovest



Tav. n. 2 "Carta topografica"

Scala 1: 10.000



Legenda



Area di interesse

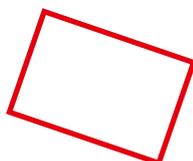
GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019- E-mail: geo.group@libero.it



Tav. n. 3 “Ripresa fotografica generale dell’area di interesse”

(tratta da “Google Maps”)
Scala grafica

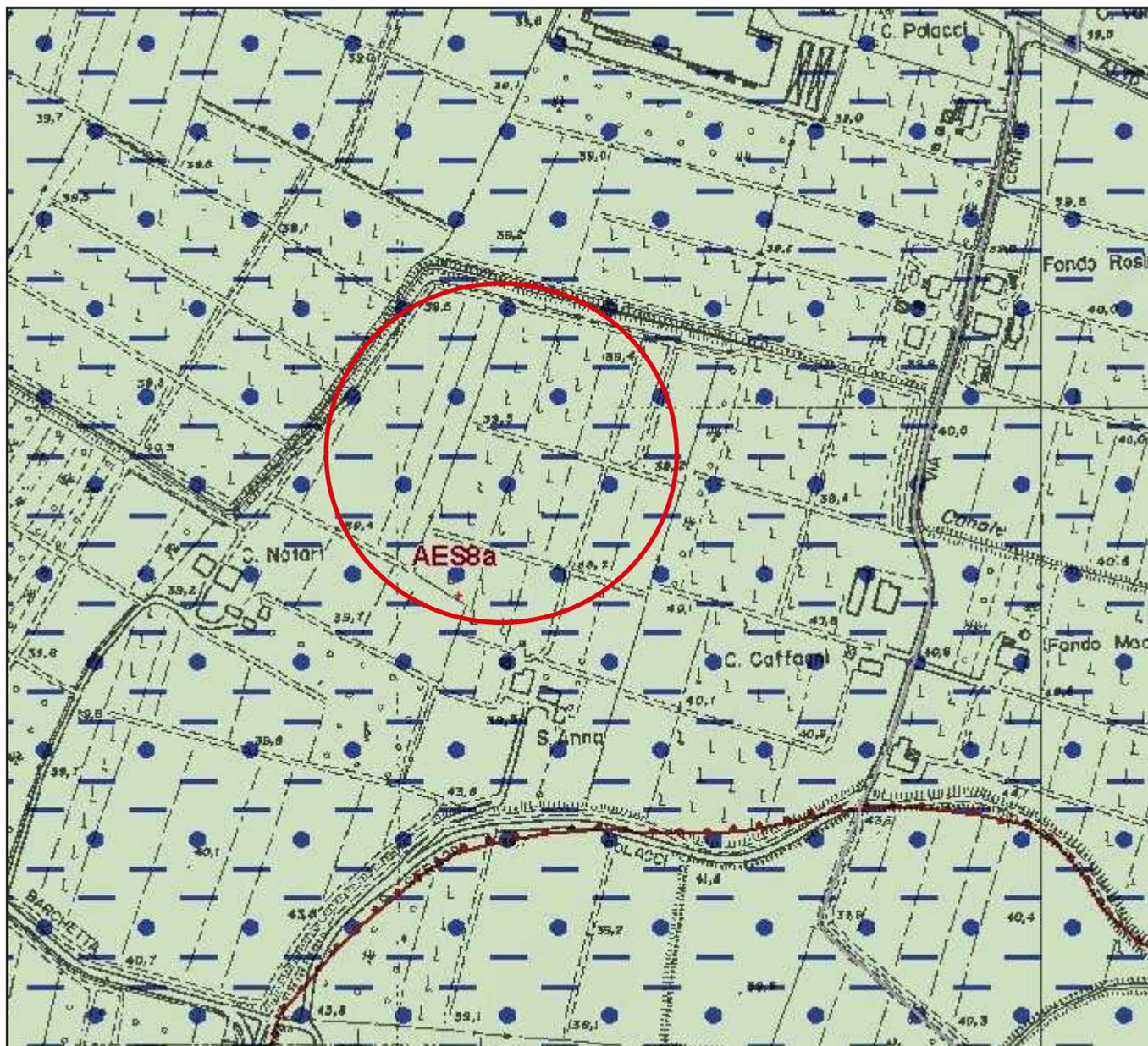


Area di interesse

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche

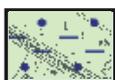
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019- E-mail: geo.group@libero.it



Tav. n. 4 "Carta della litologia di superficie" Scala 1: 5.000



Area di interesse



AES8a - Unità ' di Modena

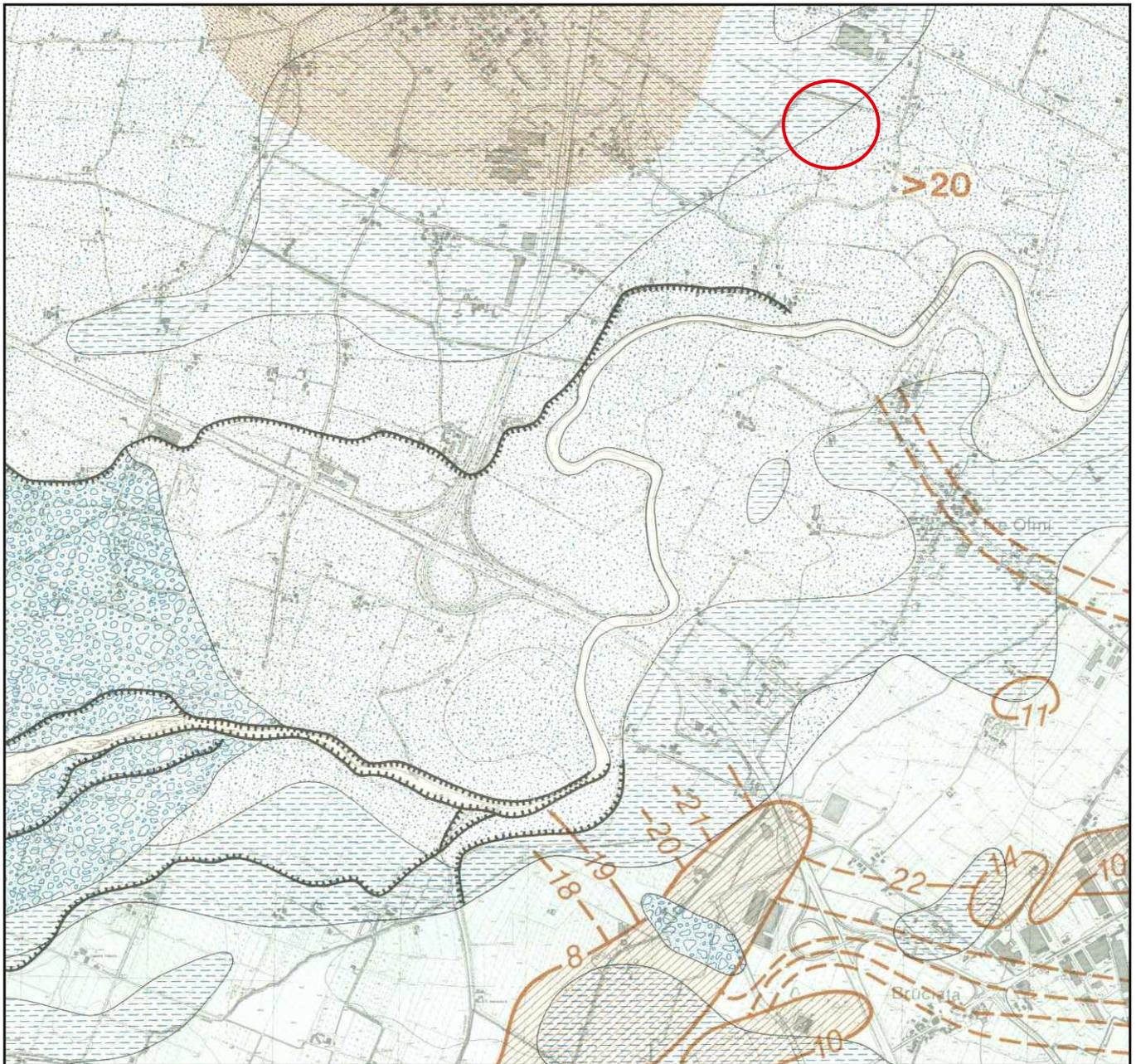
Depositi ghiaiosi passanti a sabbie e limi di terrazzo alluvionale.

Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. Unità definita dalla presenza di un suolo a bassissimo grado di alterazione, con profilo potente meno di 100 cm, calcareo, grigio-giallastro o bruno grigiastro. Nella pianura ricopre resti archeologici di età romana del VI secolo d.C. Potenza massima di alcuni metri (< 10 m).

Litofacies: limo-sabbiosa-Post-VI secolo d.C.

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019- E-mail: geo.group@libero.it



Tav. n. 5 "Carta della litologia di superficie e delle isobate del tetto del primo livello ghiaioso"

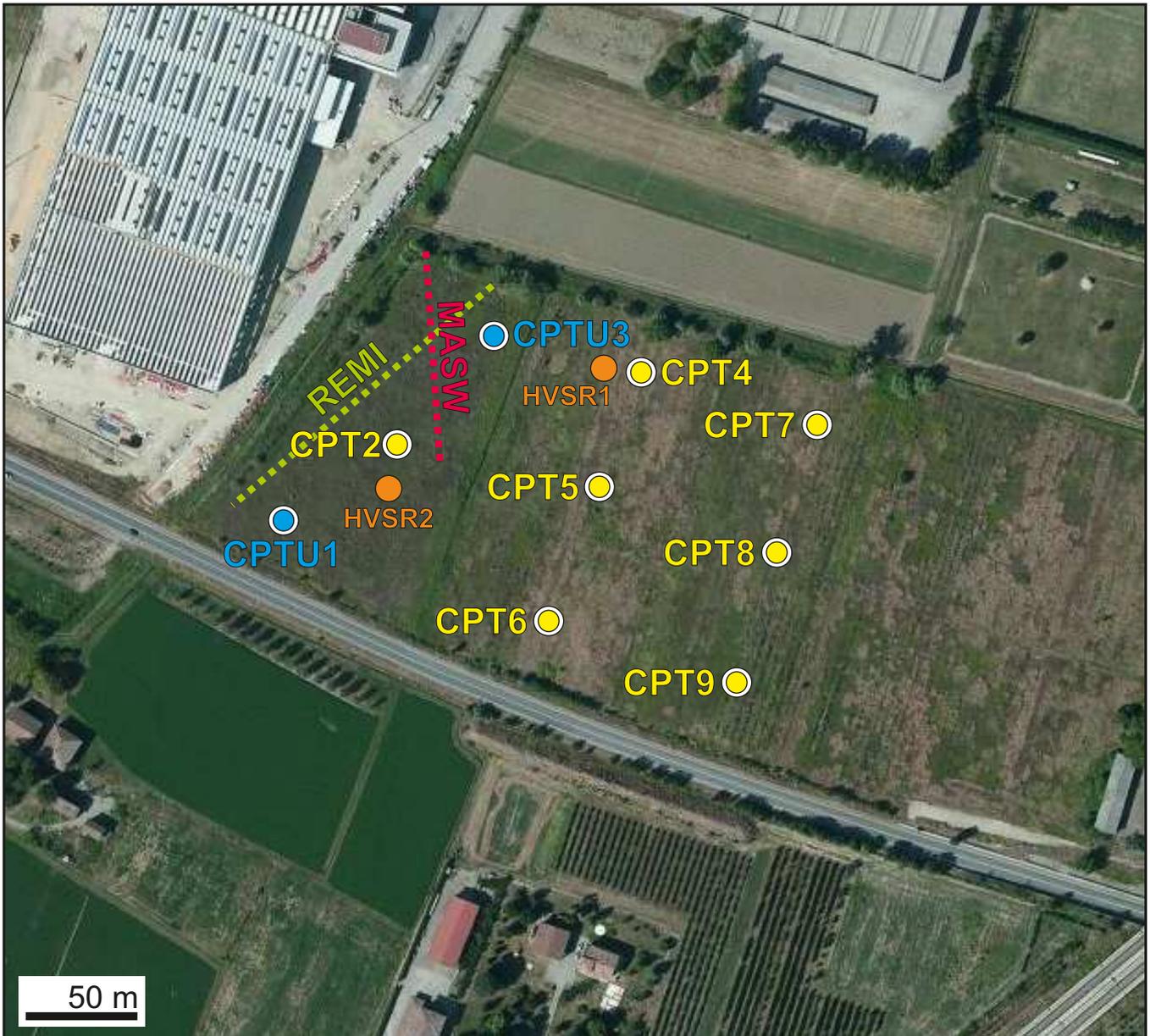
Scala 1: 25000

Legenda

- | | | | |
|---|---|--|--|
|  | Argille e terreni prevalentemente argillosi |  | Isobate del tetto delle ghiaie e loro andamento presunto |
|  | Limi e terreni prevalentemente limosi |  | Lenti superficiali di ghiaia al di sopra del tetto individuato dalle isobate |
|  | ghiaie e terreni prevalentemente ghiaiosi |  | Area di interesse |

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019- E-mail: geo.group@libero.it



Tav. n. 6 "Indagini geognostiche"

(tratta da "Bing Mappe")

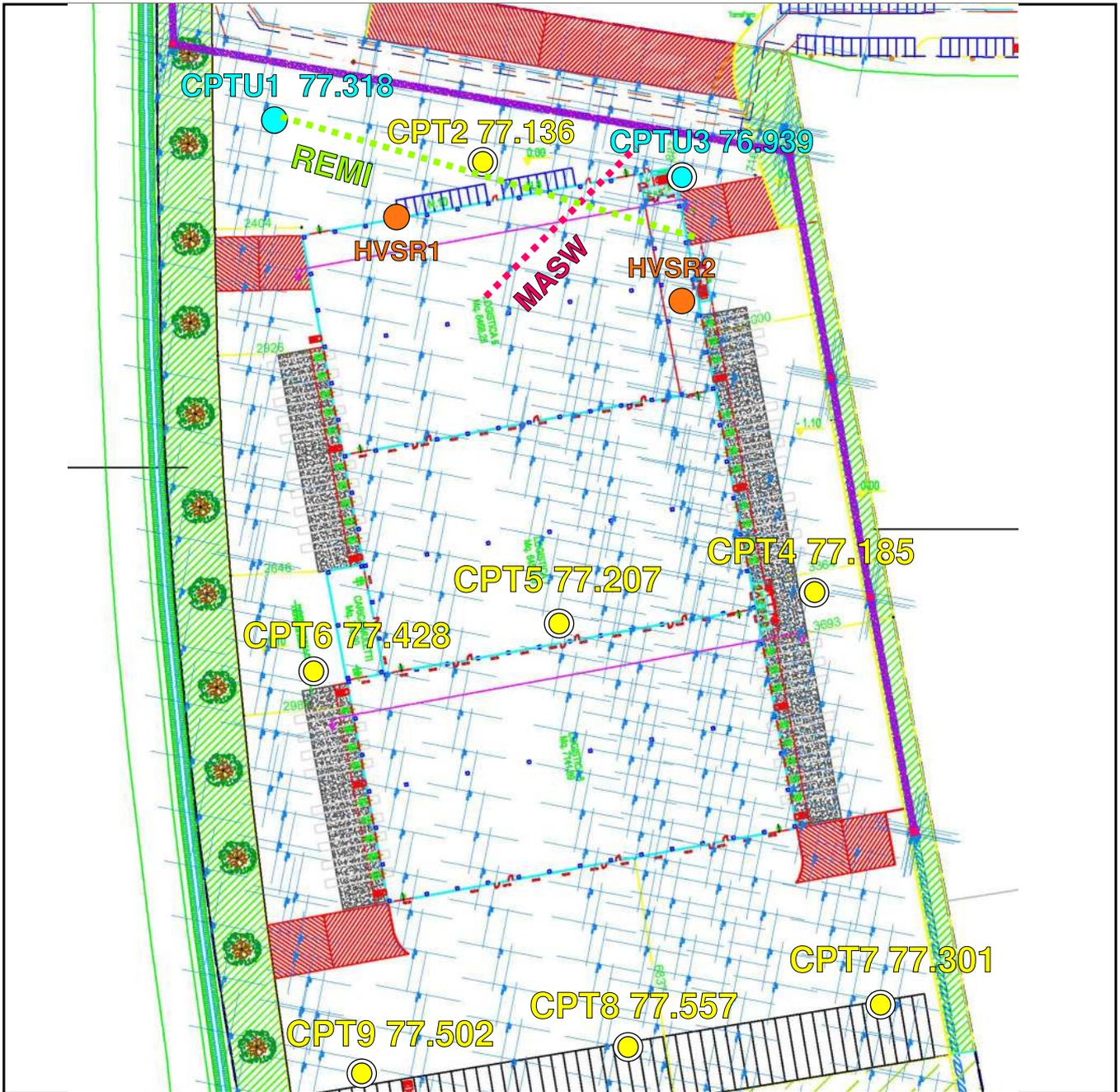
Scala grafica

Legenda

-  Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT
-  Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPTU
-  Indagine sismica passiva HVS
-  Indagine sismica MASW
-  Indagine sismica REMI

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019- E-mail: geo.group@libero.it



Tav. n. 7 "Quota indagini geognostiche"



Legenda

-  Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT (quota rilievo)
-  Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPTU (quota rilievo)
-  Indagine sismica passiva HVSR
-  Indagine sismica MASW
-  Indagine sismica REMI

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche

ALLEGATO N° 1

***Prove penetrometriche statiche con
punta meccanica CPT
Prove penetrometriche statiche con
piezocono CPTU
corredate d'interpretazione
geotecnica***

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche

ALLEGATO N° 1-A

Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

Strumento utilizzato:
Pagani TG63-100 -

Caratteristiche:

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

fase 1 - resistenza alla punta: $q_c \text{ (MPa)} = (L_1) \times CT / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale: $f_s \text{ (kPa)} = [(L_2) - (L_1)] \times CT / 150$

fase 3 - resistenza totale : $R_t \text{ (kPa)} = (L_t) \times CT$

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

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

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

CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N \approx 100 kg = 0,1 t

1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N \approx 100 t

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m² = 0,001 MN/m² = 0,001 MPa \approx 0,1 t/m² = 0,01 kg/cm²

1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m² = 1.000 kN/m² = 1000 kPa \approx 100 t/m² = 10 kg/cm²

1 kg/cm² = 10 t/m² \approx 100 kN/m² = 100 kPa = 0,1 MN/m² = 0,1 MPa

1 t = 1000 kg \approx 10 kN

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

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

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F \leq 1470 \text{ kPa}$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$1470 \text{ kPa} < F \leq 2940 \text{ kPa}$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$2940 \text{ kPa} < F \leq 5880 \text{ kPa}$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 5880 \text{ kPa}$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

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

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

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

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	2
	referimento	234-2014
	certificato n°	5965

Committente: Studio tecnico	U.M.: MPa	Data eseg.: 09/07/2014
Cantiere: Studio terreno di fondazione	Pagina: 1/4	Data certificato: 14/07/2014
Località: Campogalliano, Trasmec	Elaborato:	Falda: -1.60 m da quota inizio

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.00	0.00		0.00	87.00	0									
0.40	30.00	43.00		2.94	100.00	30	3.3								
0.60	24.00	39.00		2.35	80.00	30	3.3								
0.80	33.00	45.00		3.23	67.00	49	2.0								
1.00	5.00	15.00		0.49	47.00	11	9.4								
1.20	6.00	13.00		0.59	67.00	9	11.2								
1.40	9.00	19.00		0.88	40.00	23	4.4								
1.60	9.00	15.00		0.88	13.00	69	1.4								
1.80	10.00	12.00		0.98	33.00	30	3.3								
2.00	8.00	13.00		0.78	13.00	62	1.6								
2.20	8.00	10.00		0.78	7.00	114	0.9								
2.40	7.00	8.00		0.69	27.00	26	3.9								
2.60	9.00	13.00		0.88	20.00	45	2.2								
2.80	11.00	14.00		1.08	13.00	85	1.2								
3.00	11.00	13.00		1.08	33.00	33	3.0								
3.20	12.00	17.00		1.18	20.00	60	1.7								
3.40	13.00	16.00		1.27	47.00	28	3.6								
3.60	18.00	25.00		1.76	20.00	90	1.1								
3.80	13.00	16.00		1.27	73.00	18	5.6								
4.00	9.00	20.00		0.88	60.00	15	6.7								
4.20	11.00	20.00		1.08	47.00	23	4.3								
4.40	6.00	13.00		0.59	53.00	11	8.8								
4.60	6.00	14.00		0.59	13.00	46	2.2								
4.80	9.00	11.00		0.88	20.00	45	2.2								
5.00	8.00	11.00		0.78	33.00	24	4.1								
5.20	7.00	12.00		0.69	33.00	21	4.7								
5.40	9.00	14.00		0.88	33.00	27	3.7								
5.60	7.00	12.00		0.69	47.00	15	6.7								
5.80	7.00	14.00		0.69	27.00	26	3.9								
6.00	9.00	13.00		0.88	40.00	23	4.4								
6.20	9.00	15.00		0.88	33.00	27	3.7								
6.40	9.00	14.00		0.88	33.00	27	3.7								
6.60	9.00	14.00		0.88	33.00	27	3.7								
6.80	8.00	13.00		0.78	33.00	24	4.1								
7.00	7.00	12.00		0.69	40.00	18	5.7								
7.20	7.00	13.00		0.69	27.00	26	3.9								
7.40	7.00	11.00		0.69	33.00	21	4.7								
7.60	9.00	14.00		0.88	33.00	27	3.7								
7.80	7.00	12.00		0.69	13.00	54	1.9								
8.00	8.00	10.00		0.78	40.00	20	5.0								
8.20	6.00	12.00		0.59	40.00	15	6.7								
8.40	7.00	13.00		0.69	20.00	35	2.9								
8.60	5.00	8.00		0.49	27.00	19	5.4								
8.80	5.00	9.00		0.49	40.00	13	8.0								
9.00	7.00	13.00		0.69	47.00	15	6.7								
9.20	8.00	15.00		0.78	40.00	20	5.0								
9.40	7.00	13.00		0.69	27.00	26	3.9								
9.60	7.00	11.00		0.69	33.00	21	4.7								
9.80	8.00	13.00		0.78	33.00	24	4.1								
10.00	7.00	12.00		0.69	33.00	21	4.7								
10.20	5.00	10.00		0.49	40.00	13	8.0								
10.40	16.00	22.00		1.57	100.00	16	6.3								
10.60	13.00	28.00		1.27	93.00	14	7.2								
10.80	10.00	24.00		0.98	80.00	13	8.0								
11.00	13.00	25.00		1.27	87.00	15	6.7								
11.20	11.00	24.00		1.08	80.00	14	7.3								
11.40	10.00	22.00		0.98	67.00	15	6.7								
11.60	8.00	18.00		0.78	47.00	17	5.9								
11.80	6.00	13.00		0.59	47.00	13	7.8								
12.00	7.00	14.00		0.69	27.00	26	3.9								
12.20	9.00	13.00		0.88	40.00	23	4.4								
12.40	9.00	15.00		0.88	40.00	23	4.4								
12.60	8.00	14.00		0.78	60.00	13	7.5								
12.80	12.00	21.00		1.18	53.00	23	4.4								
13.00	14.00	22.00		1.37	87.00	16	6.2								
13.20	14.00	27.00		1.37	73.00	19	5.2								
13.40	9.00	20.00		0.88	47.00	19	5.2								
13.60	8.00	15.00		0.78	53.00	15	6.6								
13.80	7.00	15.00		0.69	47.00	15	6.7								
14.00	9.00	16.00		0.88	47.00	19	5.2								
14.20	10.00	17.00		0.98	47.00	21	4.7								
14.40	10.00	17.00		0.98	40.00	25	4.0								
14.60	9.00	15.00		0.88	40.00	23	4.4								
14.80	8.00	14.00		0.78	53.00	15	6.6								
15.00	10.00	18.00		0.98											

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
0.20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

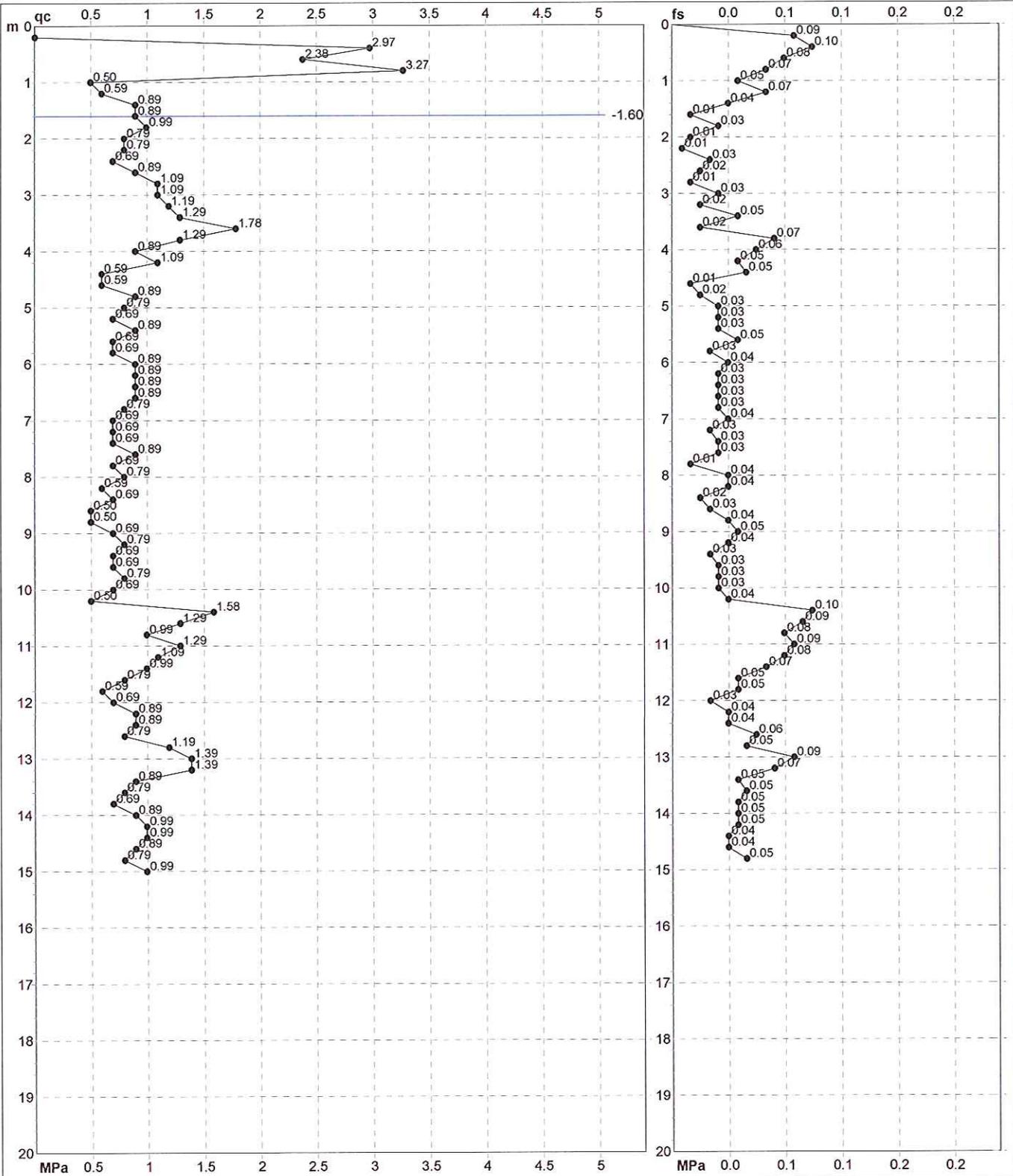
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	2
riferimento	234-2014
certificato n°	5965

Committente: **Studio tecnico**
 Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
 Località: **Campogalliano, Trasmec**

U.M.: **MPa** Data eseg.: **09/07/2014**
 Scala: **1:100**
 Pagina: **2/4** Data certificato: **14/07/2014**
 Elaborato: Falda: **-1.60 m** da quota inizio



Penetrometro: Pagani TG63-100	Preforo: m
Responsabile:	Corr.astine: kN/ml
Assistente:	Corr.astine: kN/ml

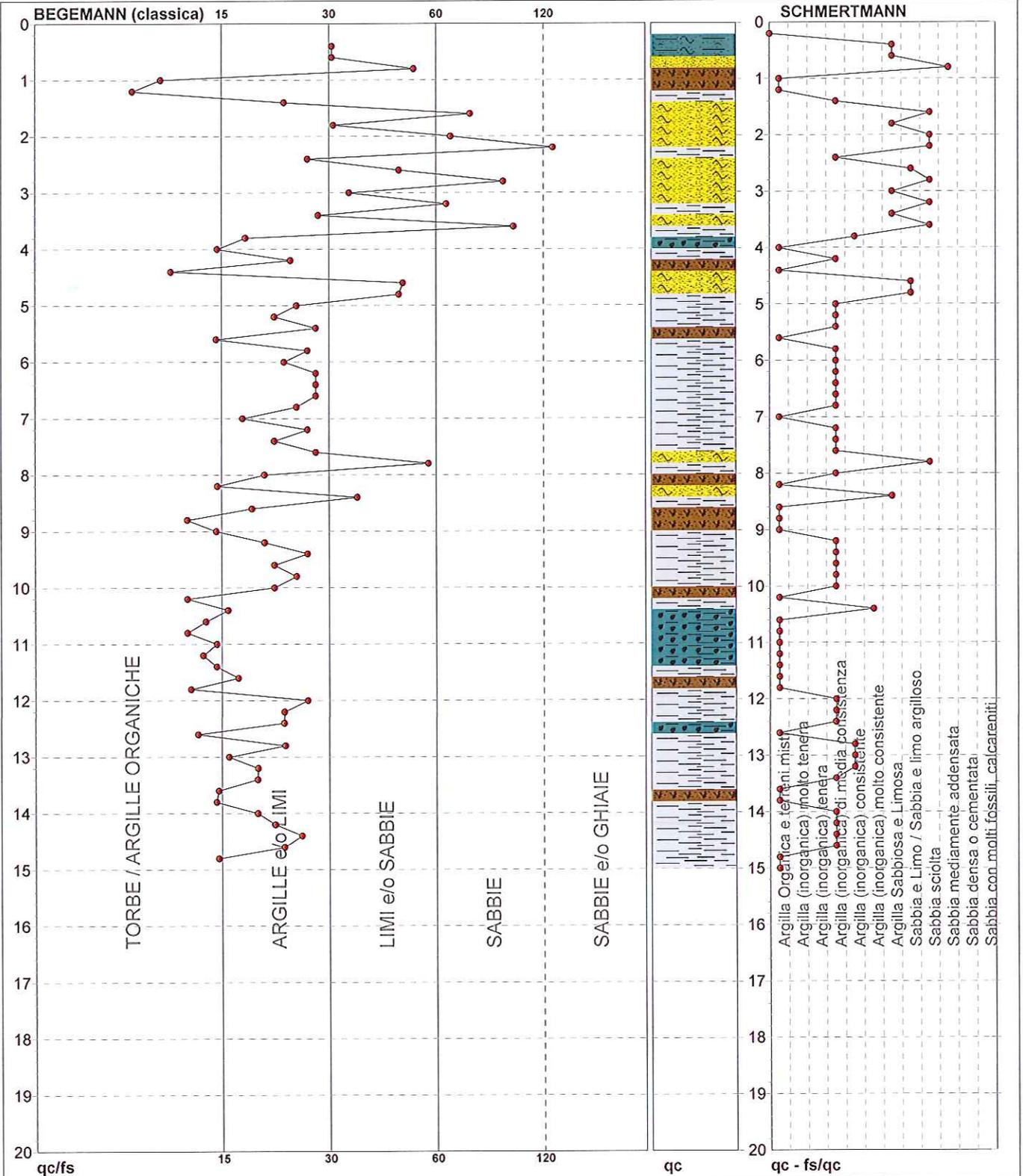
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	2
riferimento	234-2014
certificato n°	5965

Committente: Studio tecnico
Cantiere: Studio terreno di fondazione
Località: Campogalliano, Trasmec

U.M.: MPa Data eseg.: 09/07/2014
Scala: 1:100
Pagina: 3/4 Data certificato: 14/07/2014
Elaborato: Falda: -1.60 m da quota inizio



Torbe / Argille org. :	18 punti, 18.18%	Argilla Organica e terreni misti:	22 punti, 22.22%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	6 punti, 6.06%
Argille e/o Limi :	42 punti, 42.42%	Argilla (inorganica) media consist.:	29 punti, 29.29%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	3 punti, 3.03%
Limi e/o Sabbie :	9 punti, 9.09%	Argilla (inorganica) consistente:	4 punti, 4.04%	Sabbia sciolta:	7 punti, 7.07%
Sabbie:	5 punti, 5.05%	Argilla (inorganica) molto consist.:	1 punto, 1.01%	Sabbia mediamente addensata:	1 punto, 1.01%

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT	4
riferimento	234-2014
certificato n°	5963

Committente: Studio tecnico	U.M.: MPa	Data eseg.: 09/07/2014
Cantiere: Studio terreno di fondazione	Pagina: 1/4	Data certificato: 09/07/2014
Località: Campogalliano, Trasmec	Elaborato:	Falda: -1.60 m da p.c.

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.00	0.00		0.00	13.00	0		15.20	13.00	21.00		1.27	40.00	33	3.1
0.40	53.00	55.00		5.19	107.00	50	2.0	15.40	12.00	18.00		1.18	33.00	36	2.8
0.60	34.00	50.00		3.33	113.00	30	3.3	15.60	12.00	17.00		1.18	67.00	18	5.6
0.80	27.00	44.00		2.65	80.00	34	3.0	15.80	15.00	25.00		1.47	73.00	21	4.9
1.00	15.00	27.00		1.47	113.00	13	7.5	16.00	16.00	27.00		1.57	73.00	22	4.6
1.20	16.00	33.00		1.57	93.00	17	5.8	16.20	15.00	28.00		1.47	53.00	28	3.5
1.40	7.00	21.00		0.69	73.00	10	10.4	16.40	12.00	20.00		1.18	47.00	28	3.9
1.60	8.00	19.00		0.78	33.00	24	4.1	16.60	13.00	20.00		1.27	60.00	22	4.6
1.80	10.00	15.00		0.98	67.00	15	6.7	16.80	13.00	22.00		1.27	60.00	22	4.6
2.00	16.00	26.00		1.57	67.00	24	4.2	17.00	40.00	49.00		3.92	80.00	50	2.0
2.20	17.00	27.00		1.67	80.00	21	4.7	17.20	43.00	55.00		4.21	67.00	64	1.6
2.40	18.00	30.00		1.76	53.00	34	2.9	17.40	19.00	29.00		1.86	80.00	24	4.2
2.60	14.00	22.00		1.37	53.00	26	3.8	17.60	15.00	27.00		1.47	93.00	16	6.2
2.80	10.00	18.00		0.98	53.00	19	5.3	17.80	26.00	40.00		2.55	80.00	33	3.1
3.00	17.00	25.00		1.67	80.00	21	4.7	18.00	11.00	23.00		1.08	67.00	16	6.1
3.20	13.00	25.00		1.27	47.00	28	3.6	18.20	12.00	22.00		1.18	67.00	18	5.6
3.40	16.00	23.00		1.57	60.00	27	3.8	18.40	10.00	20.00		0.98	73.00	14	7.3
3.60	14.00	23.00		1.37	40.00	35	2.9	18.60	10.00	21.00		0.98	47.00	21	4.7
3.80	16.00	22.00		1.57	67.00	24	4.2	18.80	15.00	22.00		1.47	60.00	25	4.0
4.00	17.00	27.00		1.67	67.00	25	3.9	19.00	15.00	24.00		1.47	53.00	28	3.5
4.20	18.00	28.00		1.76	80.00	23	4.4	19.20	10.00	18.00		0.98	60.00	17	6.0
4.40	22.00	34.00		2.16	100.00	22	4.5	19.40	16.00	25.00		1.57	67.00	24	4.2
4.60	19.00	34.00		1.86	67.00	28	3.5	19.60	17.00	27.00		1.67	73.00	23	4.3
4.80	15.00	25.00		1.47	73.00	21	4.9	19.80	18.00	29.00		1.76	67.00	27	3.7
5.00	16.00	27.00		1.57	73.00	22	4.6	20.00	20.00	30.00		1.96			
5.20	17.00	28.00		1.67	73.00	23	4.3								
5.40	9.00	20.00		0.88	53.00	17	5.9								
5.60	11.00	19.00		1.08	60.00	18	5.5								
5.80	11.00	20.00		1.08	53.00	21	4.8								
6.00	10.00	18.00		0.98	73.00	14	7.3								
6.20	8.00	19.00		0.78	47.00	17	5.9								
6.40	13.00	20.00		1.27	40.00	33	3.1								
6.60	14.00	20.00		1.37	47.00	30	3.4								
6.80	8.00	15.00		0.78	53.00	15	6.6								
7.00	15.00	23.00		1.47	47.00	32	3.1								
7.20	13.00	20.00		1.27	40.00	33	3.1								
7.40	16.00	22.00		1.57	47.00	34	2.9								
7.60	24.00	31.00		2.35	60.00	40	2.5								
7.80	11.00	20.00		1.08	53.00	21	4.8								
8.00	9.00	17.00		0.88	53.00	17	5.9								
8.20	11.00	19.00		1.08	53.00	21	4.8								
8.40	8.00	16.00		0.78	40.00	20	5.0								
8.60	7.00	13.00		0.69	40.00	18	5.7								
8.80	9.00	15.00		0.88	60.00	15	6.7								
9.00	15.00	24.00		1.47	87.00	17	5.8								
9.20	12.00	25.00		1.18	47.00	26	3.9								
9.40	16.00	23.00		1.57	60.00	27	3.8								
9.60	18.00	27.00		1.76	47.00	38	2.6								
9.80	16.00	23.00		1.57	93.00	17	5.8								
10.00	18.00	32.00		1.76	100.00	18	5.6								
10.20	17.00	32.00		1.67	93.00	18	5.5								
10.40	19.00	33.00		1.86	87.00	22	4.6								
10.60	15.00	28.00		1.47	80.00	19	5.3								
10.80	12.00	24.00		1.18	60.00	20	5.0								
11.00	17.00	26.00		1.67	60.00	28	3.5								
11.20	16.00	25.00		1.57	67.00	24	4.2								
11.40	10.00	20.00		0.98	67.00	15	6.7								
11.60	9.00	19.00		0.88	60.00	15	6.7								
11.80	14.00	23.00		1.37	53.00	26	3.8								
12.00	22.00	30.00		2.16	73.00	30	3.3								
12.20	19.00	30.00		1.86	53.00	36	2.8								
12.40	16.00	24.00		1.57	53.00	30	3.3								
12.60	16.00	24.00		1.57	53.00	30	3.3								
12.80	17.00	25.00		1.67	60.00	28	3.5								
13.00	14.00	23.00		1.37	80.00	18	5.7								
13.20	23.00	35.00		2.25	47.00	49	2.0								
13.40	26.00	33.00		2.55	67.00	39	2.6								
13.60	15.00	25.00		1.47	53.00	28	3.5								
13.80	11.00	19.00		1.08	60.00	18	5.5								
14.00	11.00	20.00		1.08	47.00	23	4.3								
14.20	12.00	19.00		1.18	40.00	30	3.3								
14.40	12.00	18.00		1.18	40.00	30	3.3								
14.60	13.00	19.00		1.27	33.00	39	2.5								
14.80	9.00	14.00		0.88	60.00	15	6.7								
15.00	13.00	22.00		1.27	53.00	25	4.1								

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10.00 costante di trasformazione

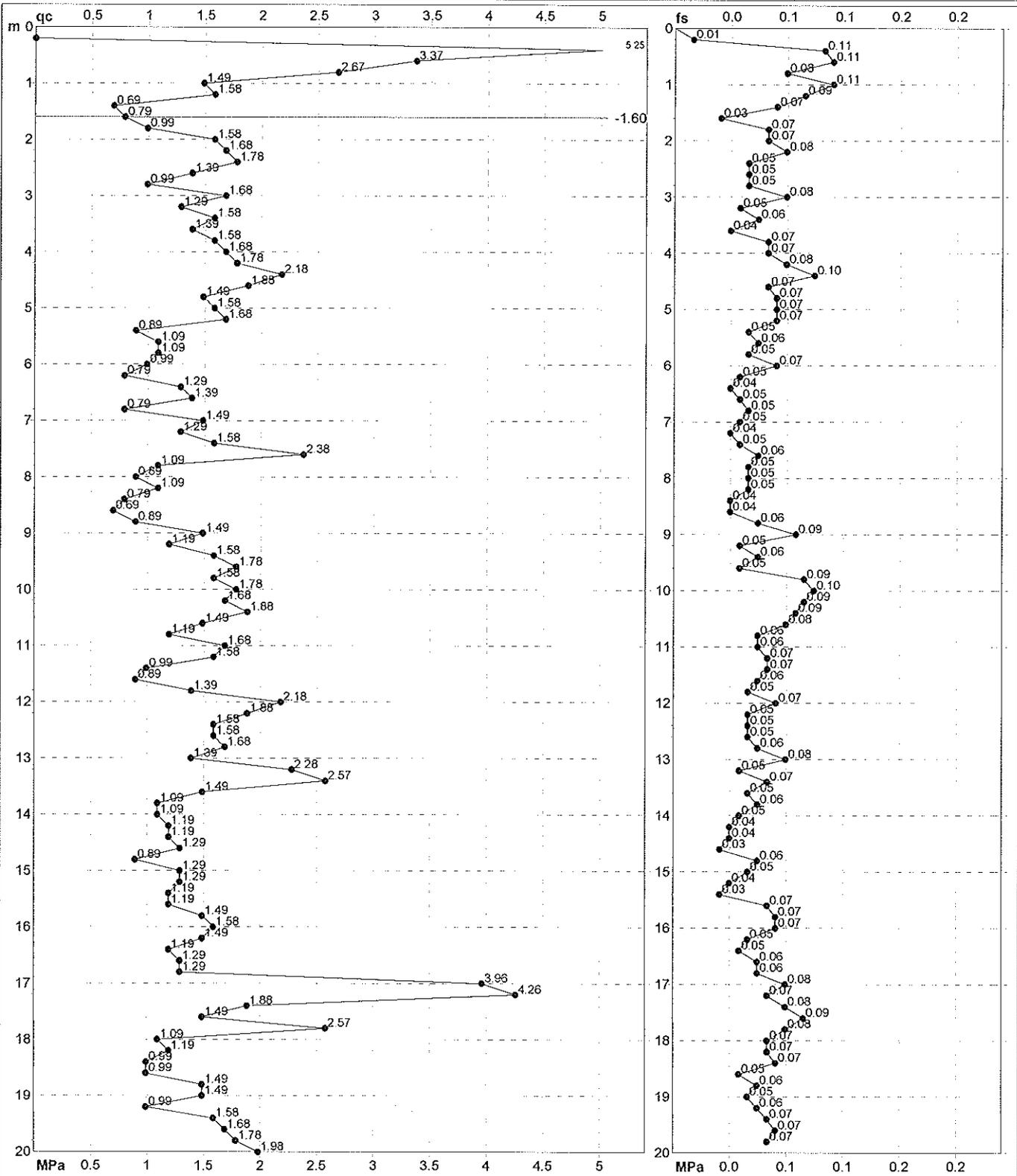
qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
0.20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	4
riferimento	234-2014
certificato n°	5963

Committente: Studio tecnico	U.M.: MPa	Data exec.: 09/07/2014
Cantiere: Studio terreno di fondazione	Scala: 1:100	
Località: Campogalliano, Trasmec	Pagina: 2/4	Data certificato: 09/07/2014
	Elaborato:	Falda: -1.60 m da p.c.



Penetrometro: GOUDA 200 kN	Preforo: m
Responsabile:	Corr.astine: kN/ml
Assistente:	Corr.astine: kN/ml

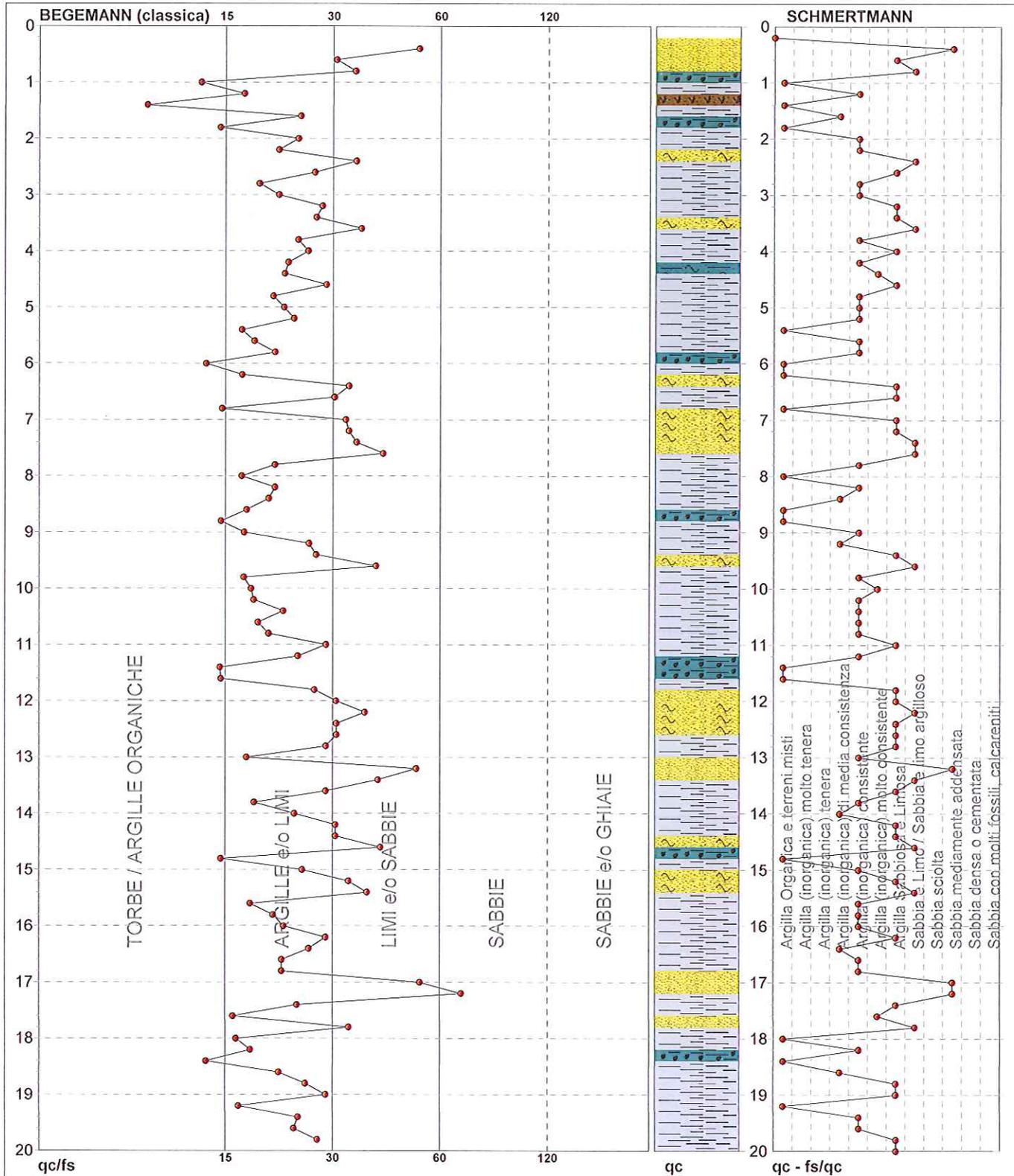
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	4
referimento	234-2014
certificato n°	5963

Committente: Studio tecnico
Cantiere: Studio terreno di fondazione
Località: Campogalliano, Trasmec

U.M.: MPa Data exec.: 09/07/2014
Scala: 1:100
Pagina: 3/4 Data certificato: 09/07/2014
Elaborato: Falda: -1.60 m da p.c.



Torbe / Argille org. :	10 punti, 10.10%	Argilla Organica e terreni misti:	16 punti, 16.16%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	26 punti, 26.26%
Argille e/o Limi :	66 punti, 66.67%	Argilla (inorganica) media consist.:	6 punti, 6.06%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	11 punti, 11.11%
Limi e/o Sabbie :	22 punti, 22.22%	Argilla (inorganica) consistente:	32 punti, 32.32%	Sabbia mediamente addensata:	4 punti, 4.04%
Sabbie:	1 punti, 1.01%	Argilla (inorganica) molto consist.:	3 punti, 3.03%		

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT	5
riferimento	234-2014
certificato n°	5964

Committente: Studio tecnico	U.M.: MPa	Data eseg.: 09/07/2014
Cantiere: Studio terreno di fondazione	Pagina: 1/4	Data certificato: 09/07/2014
Località: Campogalliano, Trasmec	Elaborato:	Falda: -1.40 m da p.c.

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.00	0.00		0.00	53.00	0		15.20	12.00	18.00		1.18	47.00	26	3.9
0.40	20.00	28.00		1.96	53.00	38	2.7	15.40	13.00	20.00		1.27	47.00	28	3.6
0.60	21.00	29.00		2.06	80.00	26	3.8	15.60	13.00	20.00		1.27	33.00	39	2.5
0.80	14.00	26.00		1.37	93.00	15	6.6	15.80	12.00	17.00		1.18	67.00	18	5.6
1.00	13.00	27.00		1.27	73.00	18	5.6	16.00	15.00	25.00		1.47	73.00	21	4.9
1.20	13.00	24.00		1.27	33.00	39	2.5	16.20	16.00	27.00		1.57	67.00	24	4.2
1.40	10.00	15.00		0.98	40.00	25	4.0	16.40	14.00	24.00		1.37	47.00	30	3.4
1.60	10.00	16.00		0.98	47.00	21	4.7	16.60	14.00	21.00		1.37	47.00	30	3.4
1.80	13.00	20.00		1.27	53.00	25	4.1	16.80	11.00	18.00		1.08	53.00	21	4.8
2.00	11.00	19.00		1.08	73.00	15	6.6	17.00	13.00	21.00		1.27	73.00	18	5.6
2.20	10.00	21.00		0.98	40.00	25	4.0	17.20	38.00	49.00		3.72	80.00	48	2.1
2.40	8.00	14.00		0.78	47.00	17	5.9	17.40	41.00	53.00		4.02	67.00	61	1.6
2.60	9.00	16.00		0.88	33.00	27	3.7	17.60	17.00	27.00		1.67	73.00	23	4.3
2.80	13.00	18.00		1.27	40.00	33	3.1	17.80	17.00	28.00		1.67	93.00	18	5.5
3.00	13.00	19.00		1.27	47.00	28	3.6	18.00	28.00	42.00		2.74	80.00	35	2.9
3.20	13.00	20.00		1.27	60.00	22	4.6	18.20	13.00	25.00		1.27	67.00	19	5.2
3.40	18.00	27.00		1.76	60.00	30	3.3	18.40	14.00	24.00		1.37	53.00	26	3.8
3.60	17.00	26.00		1.67	67.00	25	3.9	18.60	12.00	20.00		1.18	47.00	26	3.9
3.80	20.00	30.00		1.96	107.00	19	5.4	18.80	12.00	19.00		1.18	47.00	26	3.9
4.00	28.00	44.00		2.74	100.00	28	3.6	19.00	13.00	20.00		1.27	60.00	22	4.6
4.20	20.00	35.00		1.96	67.00	30	3.4	19.20	13.00	22.00		1.27	53.00	25	4.1
4.40	17.00	27.00		1.67	60.00	28	3.5	19.40	12.00	20.00		1.18	60.00	20	5.0
4.60	19.00	28.00		1.86	67.00	28	3.5	19.60	14.00	23.00		1.37	67.00	21	4.8
4.80	16.00	26.00		1.57	53.00	30	3.3	19.80	15.00	25.00		1.47	73.00	21	4.9
5.00	19.00	27.00		1.86	67.00	28	3.5	20.00	16.00	27.00		1.57			
5.20	16.00	26.00		1.57	60.00	27	3.8								
5.40	14.00	23.00		1.37	53.00	26	3.8								
5.60	15.00	23.00		1.47	53.00	28	3.5								
5.80	16.00	24.00		1.57	67.00	24	4.2								
6.00	13.00	23.00		1.27	47.00	28	3.6								
6.20	26.00	33.00		2.55	47.00	55	1.8								
6.40	11.00	18.00		1.08	60.00	18	5.5								
6.60	13.00	22.00		1.27	87.00	15	6.7								
6.80	24.00	37.00		2.35	73.00	33	3.0								
7.00	30.00	41.00		2.94	67.00	45	2.2								
7.20	18.00	28.00		1.76	60.00	30	3.3								
7.40	18.00	27.00		1.76	67.00	27	3.7								
7.60	19.00	29.00		1.86	53.00	36	2.8								
7.80	20.00	28.00		1.96	67.00	30	3.4								
8.00	17.00	27.00		1.67	60.00	28	3.5								
8.20	16.00	25.00		1.57	53.00	30	3.3								
8.40	17.00	25.00		1.67	73.00	23	4.3								
8.60	16.00	27.00		1.57	80.00	20	5.0								
8.80	12.00	24.00		1.18	73.00	16	6.1								
9.00	11.00	22.00		1.08	47.00	23	4.3								
9.20	9.00	16.00		0.88	40.00	23	4.4								
9.40	14.00	20.00		1.37	47.00	30	3.4								
9.60	15.00	22.00		1.47	60.00	25	4.0								
9.80	15.00	24.00		1.47	60.00	25	4.0								
10.00	18.00	27.00		1.76	80.00	23	4.4								
10.20	17.00	29.00		1.67	80.00	21	4.7								
10.40	16.00	28.00		1.57	87.00	18	5.4								
10.60	18.00	31.00		1.76	80.00	23	4.4								
10.80	16.00	28.00		1.57	80.00	20	5.0								
11.00	13.00	25.00		1.27	60.00	22	4.6								
11.20	11.00	20.00		1.08	40.00	28	3.6								
11.40	9.00	15.00		0.88	40.00	23	4.4								
11.60	10.00	16.00		0.98	33.00	30	3.3								
11.80	10.00	15.00		0.98	53.00	19	5.3								
12.00	14.00	22.00		1.37	53.00	26	3.8								
12.20	16.00	24.00		1.57	60.00	27	3.8								
12.40	15.00	24.00		1.47	67.00	22	4.5								
12.60	15.00	25.00		1.47	67.00	22	4.5								
12.80	11.00	21.00		1.08	60.00	18	5.5								
13.00	17.00	26.00		1.67	40.00	43	2.4								
13.20	36.00	42.00		3.53	60.00	60	1.7								
13.40	15.00	24.00		1.47	40.00	38	2.7								
13.60	16.00	22.00		1.57	27.00	59	1.7								
13.80	17.00	21.00		1.67	67.00	25	3.9								
14.00	10.00	20.00		0.98	47.00	21	4.7								
14.20	10.00	17.00		0.98	53.00	19	5.3								
14.40	12.00	20.00		1.18	33.00	36	2.8								
14.60	8.00	13.00		0.78	33.00	24	4.1								
14.80	10.00	15.00		0.98	40.00	25	4.0								
15.00	12.00	18.00		1.18	40.00	30	3.3								

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
0.20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

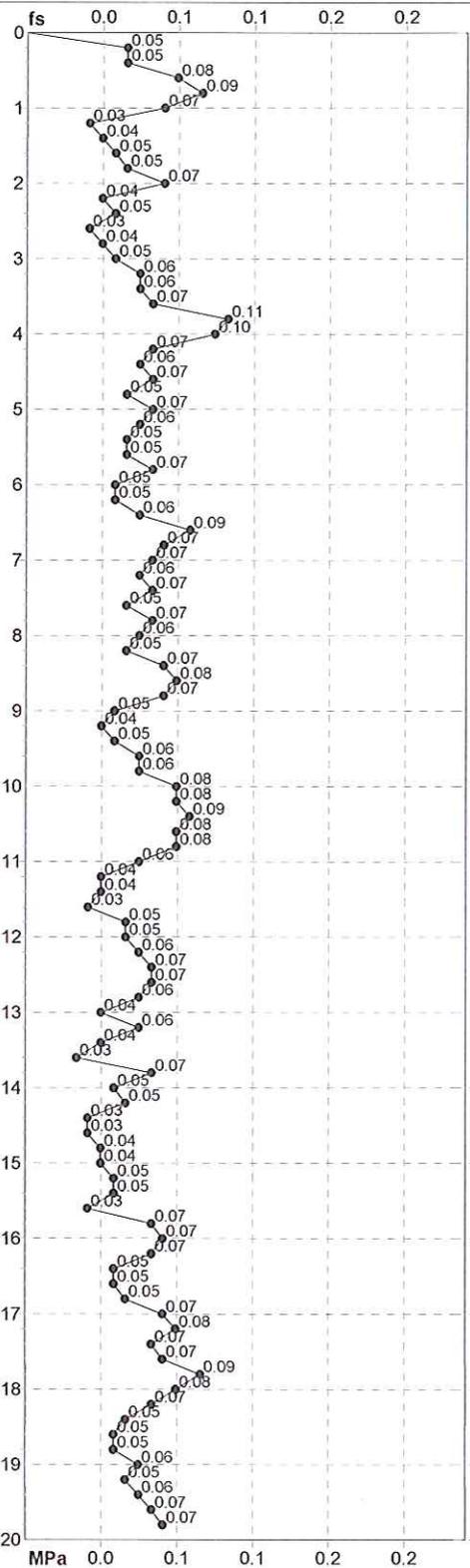
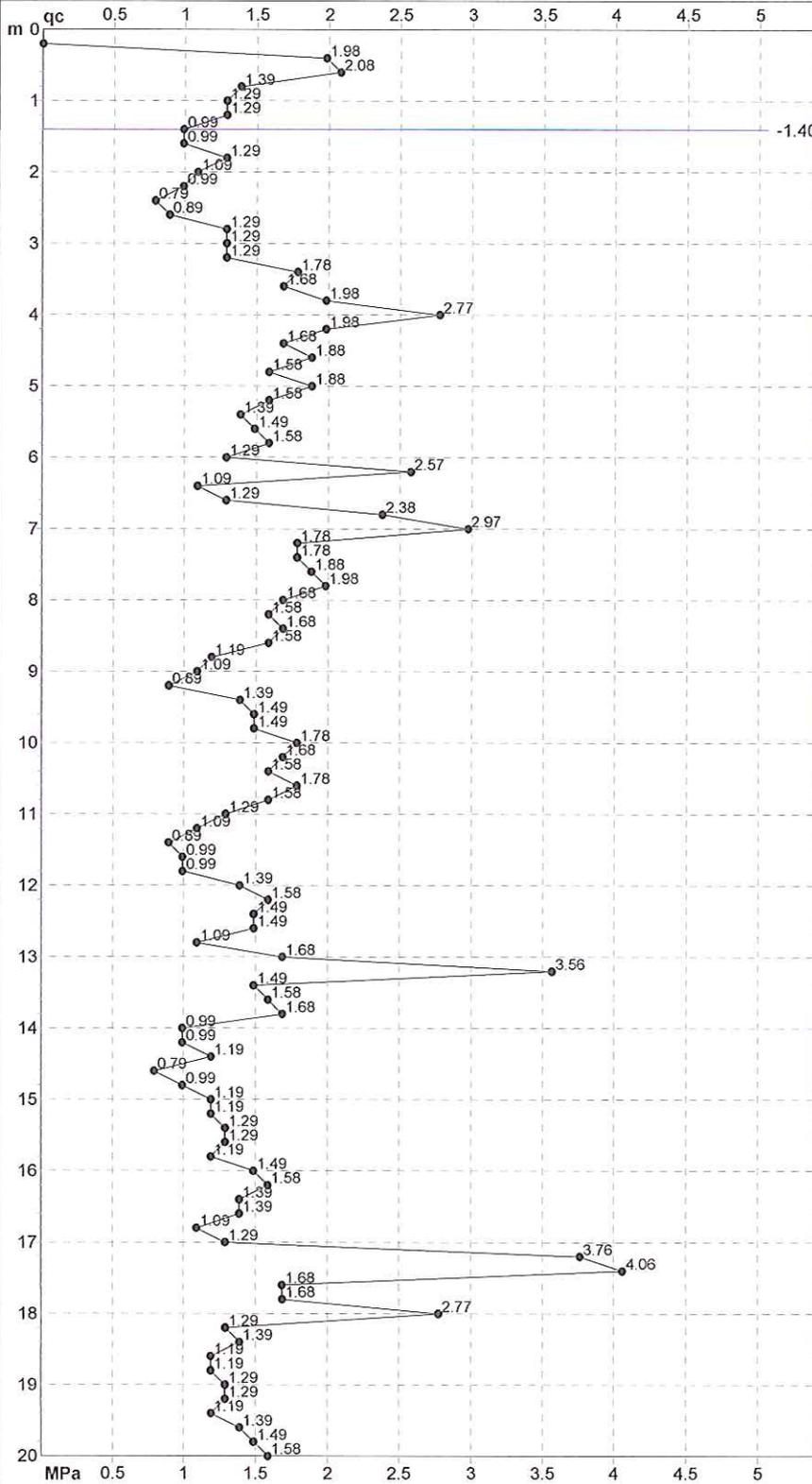
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	5
riferimento	234-2014
certificato n°	5964

Committente: Studio tecnico
Cantiere: Studio terreno di fondazione
Località: Campogalliano, Trasmec

U.M.: MPa Data exec.: 09/07/2014
Scala: 1:100
Pagina: 2/4 Data certificato: 09/07/2014
Elaborato: Falda: -1.40 m da p.c.



Penetrometro: Pagani TG63-100	Preforo: m
Responsabile:	Corr.astine: kN/ml
Assistente:	Corr.astine: kN/ml

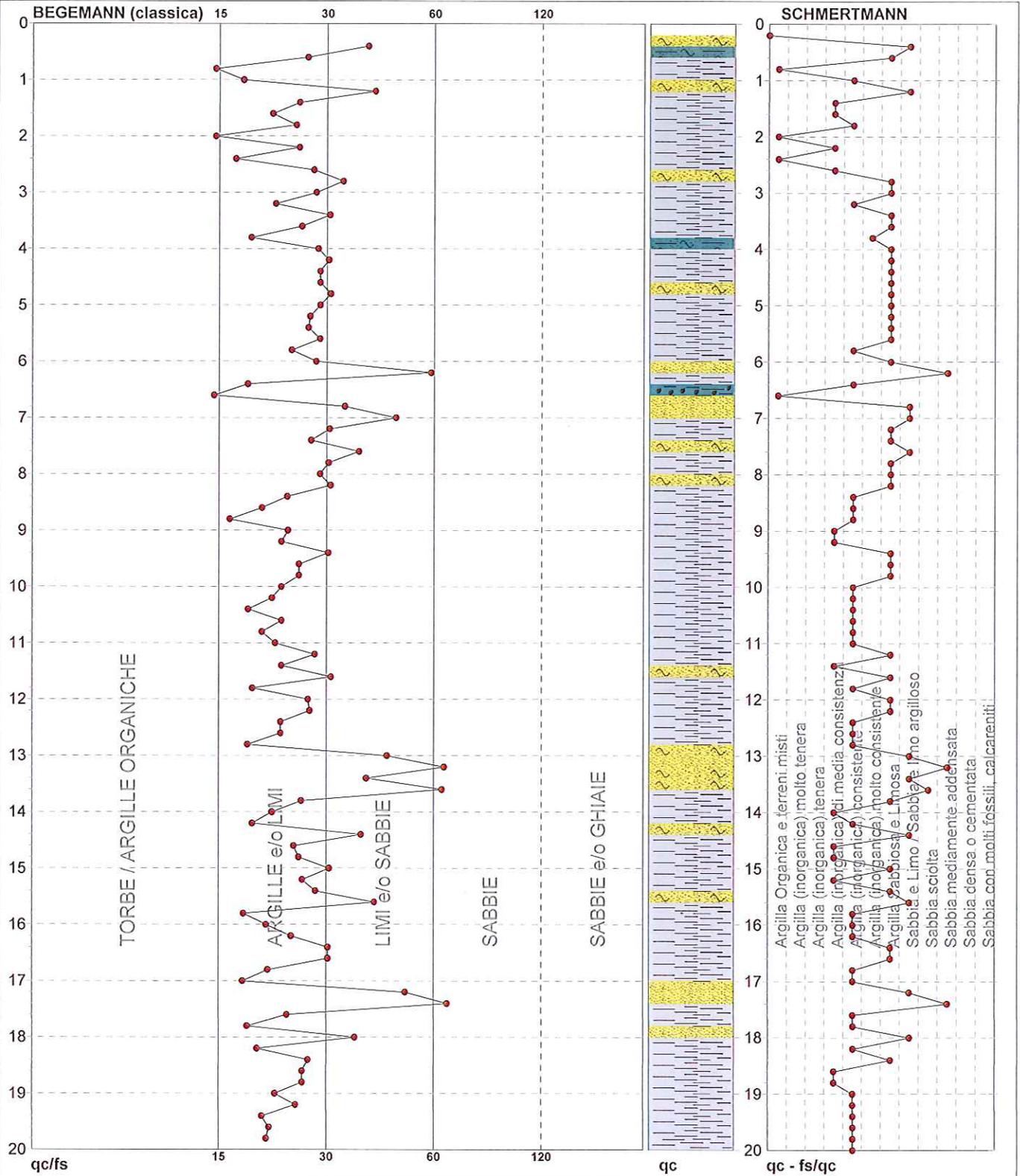
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	5
riferimento	234-2014
certificato n°	5964

Committente: Studio tecnico
Cantiere: Studio terreno di fondazione
Località: Campogalliano, Trasmec

U.M.: MPa Data eseg.: 09/07/2014
Scala: 1:100
Pagina: 3/4 Data certificato: 09/07/2014
Elaborato: Falda: -1.40 m da p.c.



Torbe / Argille org :	2 punti, 2.02%	Argilla Organica e terreni misti:	4 punti, 4.04%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	33 punti, 33.33%
Argille e/o Limi :	78 punti, 78.79%	Argilla (inorganica) media consist.:	13 punti, 13.13%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	11 punti, 11.11%
Limi e/o Sabbie :	18 punti, 18.18%	Argilla (inorganica) consistente:	32 punti, 32.32%	Sabbia sciolta:	1 punto, 1.01%
Sabbie:	1 punti, 1.01%	Argilla (inorganica) molto consist.:	1 punti, 1.01%	Sabbia mediamente addensata:	3 punti, 3.03%

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	6
	riferimento	234-2014
	certificato n°	5966

Committente: Studio tecnico	U.M.: MPa	Data eseg.: 09/07/2014
Cantiere: Studio terreno di fondazione	Pagina: 1/4	Data certificato: 14/07/2014
Località: Campogalliano, Trasmec	Elaborato:	Falda:

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	MPa	kPa	-	%	m	-	-	-	MPa	kPa	-	%
0.20	0.00	0.00		0.00	127.00	0									
0.40	33.00	52.00		3.23	167.00	20	5.1								
0.60	20.00	45.00		1.96	100.00	20	5.0								
0.80	25.00	40.00		2.45	120.00	21	4.8								
1.00	13.00	31.00		1.27	113.00	12	8.7								
1.20	9.00	26.00		0.88	40.00	23	4.4								
1.40	11.00	17.00		1.08	13.00	85	1.2								
1.60	10.00	12.00		0.98	40.00	25	4.0								
1.80	7.00	13.00		0.69	47.00	15	6.7								
2.00	7.00	14.00		0.69	27.00	26	3.9								
2.20	6.00	10.00		0.59	33.00	18	5.5								
2.40	7.00	12.00		0.69	27.00	26	3.9								
2.60	9.00	13.00		0.88	27.00	33	3.0								
2.80	13.00	17.00		1.27	20.00	65	1.5								
3.00	11.00	14.00		1.08	20.00	55	1.8								
3.20	12.00	15.00		1.18	20.00	60	1.7								
3.40	13.00	16.00		1.27	33.00	39	2.5								
3.60	15.00	20.00		1.47	33.00	45	2.2								
3.80	15.00	20.00		1.47	27.00	56	1.8								
4.00	15.00	19.00		1.47	27.00	56	1.8								
4.20	7.00	11.00		0.69	27.00	26	3.9								
4.40	7.00	11.00		0.69	53.00	13	7.6								
4.60	6.00	14.00		0.59	27.00	22	4.5								
4.80	13.00	17.00		1.27	53.00	25	4.1								
5.00	8.00	16.00		0.78	33.00	24	4.1								
5.20	16.00	21.00		1.57	33.00	48	2.1								
5.40	15.00	20.00		1.47	27.00	56	1.8								
5.60	15.00	19.00		1.47	60.00	25	4.0								
5.80	17.00	26.00		1.67	13.00	131	0.8								
6.00	9.00	11.00		0.88	33.00	27	3.7								
6.20	10.00	15.00		0.98	20.00	50	2.0								
6.40	9.00	12.00		0.88	20.00	45	2.2								
6.60	5.00	8.00		0.49	20.00	25	4.0								
6.80	7.00	10.00		0.69	33.00	21	4.7								
7.00	8.00	13.00		0.78	47.00	17	5.9								
7.20	10.00	17.00		0.98	47.00	21	4.7								
7.40	5.00	12.00		0.49	40.00	13	8.0								
7.60	11.00	17.00		1.08	33.00	33	3.0								
7.80	10.00	15.00		0.98	40.00	25	4.0								
8.00	16.00	22.00		1.57	27.00	59	1.7								
8.20	18.00	22.00		1.76	27.00	67	1.5								
8.40	17.00	21.00		1.67	33.00	52	1.9								
8.60	10.00	15.00		0.98	20.00	50	2.0								
8.80	8.00	11.00		0.78	27.00	30	3.4								
9.00	10.00	14.00		0.98	27.00	37	2.7								
9.20	8.00	12.00		0.78	27.00	30	3.4								
9.40	10.00	14.00		0.98	20.00	50	2.0								
9.60	14.00	17.00		1.37	47.00	30	3.4								
9.80	8.00	15.00		0.78	47.00	17	5.9								
10.00	7.00	14.00		0.69	33.00	21	4.7								
10.20	18.00	23.00		1.76	47.00	38	2.6								
10.40	18.00	25.00		1.76	67.00	27	3.7								
10.60	13.00	23.00		1.27	40.00	33	3.1								
10.80	10.00	16.00		0.98	60.00	17	6.0								
11.00	15.00	24.00		1.47	67.00	22	4.5								
11.20	10.00	20.00		0.98	13.00	77	1.3								
11.40	5.00	7.00		0.49	20.00	25	4.0								
11.60	7.00	10.00		0.69	27.00	26	3.9								
11.80	6.00	10.00		0.59	40.00	15	6.7								
12.00	6.00	12.00		0.59	27.00	22	4.5								
12.20	9.00	13.00		0.88	53.00	17	5.9								
12.40	4.00	12.00		0.39	40.00	10	10.0								
12.60	6.00	12.00		0.59	80.00	8	13.3								
12.80	5.00	17.00		0.49	80.00	6	16.0								
13.00	16.00	28.00		1.57	80.00	20	5.0								
13.20	13.00	25.00		1.27	60.00	22	4.6								
13.40	10.00	19.00		0.98	27.00	37	2.7								
13.60	7.00	11.00		0.69	40.00	18	5.7								
13.80	13.00	19.00		1.27	33.00	39	2.5								
14.00	10.00	15.00		0.98	47.00	21	4.7								
14.20	10.00	17.00		0.98	47.00	21	4.7								
14.40	9.00	16.00		0.88	40.00	23	4.4								
14.60	9.00	15.00		0.88	40.00	23	4.4								
14.80	10.00	16.00		0.98	53.00	19	5.3								
15.00	10.00	18.00		0.98											

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10.00 costante di trasformazione

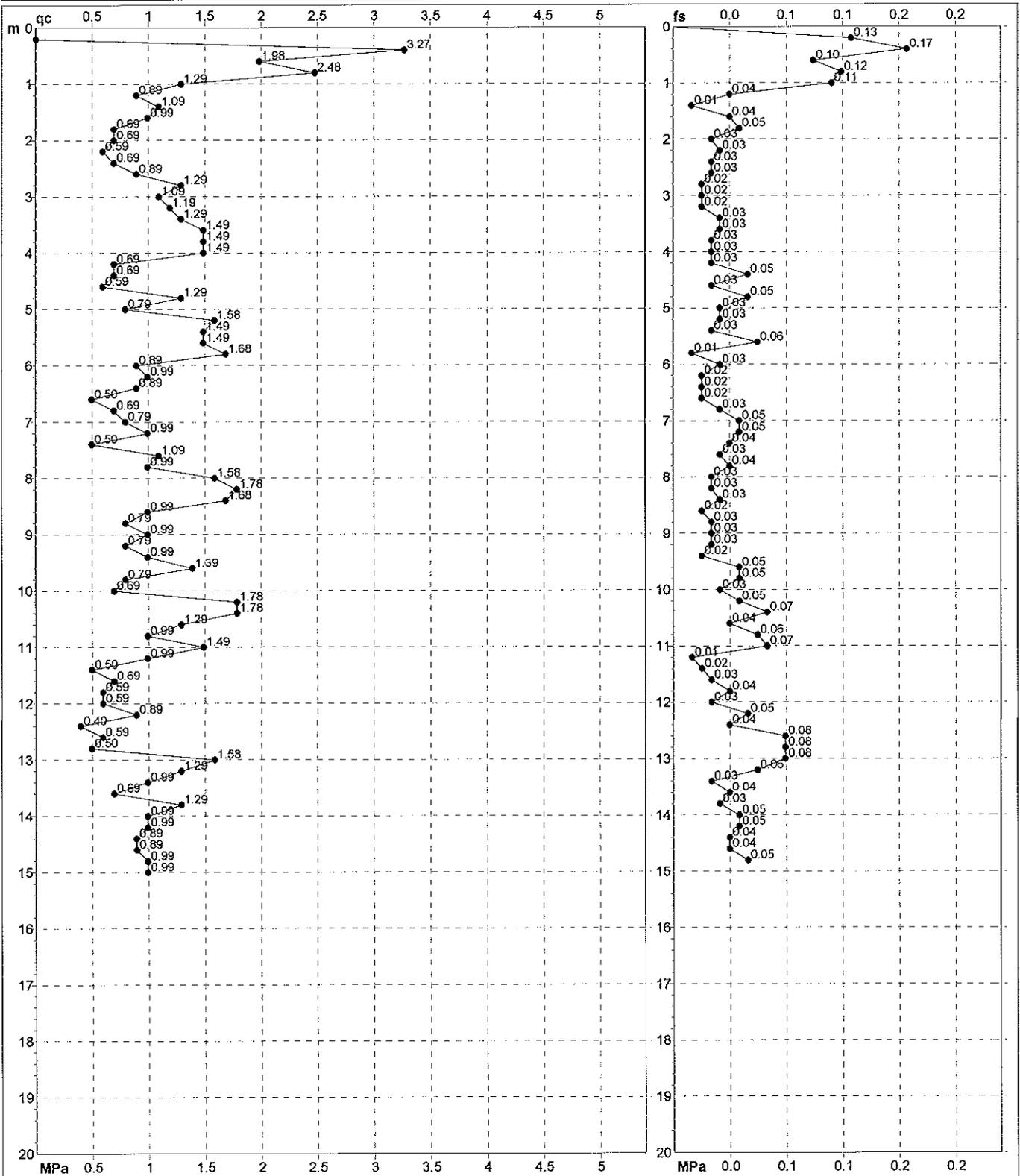
qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
0.20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	6
riferimento	234-2014
certificato n°	5966

Committente: Studio tecnico	U.M.: MPa	Data exec.: 09/07/2014
Cantiere: Studio terreno di fondazione	Scala: 1:100	Data certificato: 14/07/2014
Località: Campogalliano, Trasmec	Pagina: 2/4	
Elaborato:		



Penetrometro: Pagani TG63-100	Proforo: m
Responsabile:	Corr.astine: kN/ml
Assistente:	Corr.astine: kN/ml

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

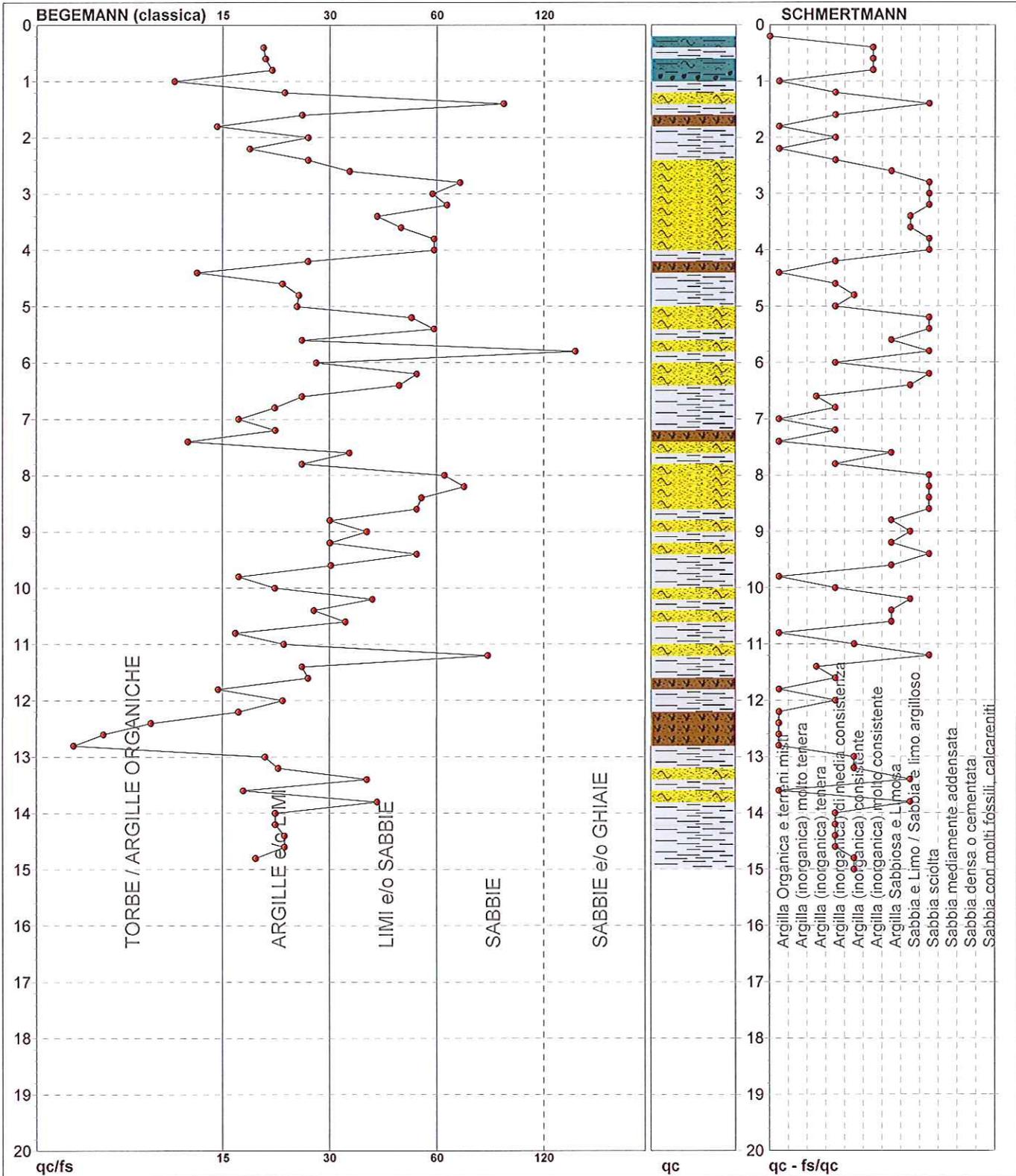
DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	6
riferimento	234-2014
certificato n°	5966

Committente: Studio tecnico
Cantiere: Studio terreno di fondazione
Località: Campogalliano, Trasmec

U.M.: MPa
Scala: 1:100
Pagina: 3/4
Elaborato:

Data exec.: 09/07/2014
Data certificato: 14/07/2014
Falda:



Torbe / Argille org. :	9 punti, 9.09%	Argilla Organica e terreni misti:	14 punti, 14.14%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	8 punti, 8.08%
Argille e/o Limi :	39 punti, 39.39%	Argilla (inorganica) tenera:	2 punti, 2.02%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	7 punti, 7.07%
Limi e/o Sabbie :	21 punti, 21.21%	Argilla (inorganica) media consist.:	18 punti, 18.18%	Sabbia sciolta:	16 punti, 16.16%
Sabbie:	4 punti, 4.04%	Argilla (inorganica) consistente:	5 punti, 5.05%		
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 1.01%	Argilla (inorganica) molto consist.:	3 punti, 3.03%		

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	7
	riferimento	234-2014
	certificato n°	5967

Committente: Studio tecnico	U.M.: MPa	Data eseg.: 09/07/2014
Cantiere: Studio terreno di fondazione	Pagina: 1/4	Data certificato: 14/07/2014
Località: Campogalliano, Trasmec	Elaborato:	Falda: -1.72 m da quota inizio

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	MPa	kPa	-	%	m	-	-	-	MPa	kPa	-	%
0.20	0.00	0.00		0.00	87.00	0		15.20	11.00	16.00		1.08	33.00	33	3.0
0.40	33.00	46.00		3.23	80.00	41	2.4	15.40	7.00	12.00		0.69	27.00	26	3.9
0.60	36.00	48.00		3.53	213.00	17	5.9	15.60	6.00	10.00		0.59	13.00	46	2.2
0.80	12.00	44.00		1.18	47.00	26	3.9	15.80	9.00	11.00		0.88	27.00	33	3.0
1.00	16.00	23.00		1.57	27.00	59	1.7	16.00	11.00	15.00		1.08	27.00	41	2.5
1.20	13.00	17.00		1.27	27.00	48	2.1	16.20	10.00	14.00		0.98	53.00	19	5.3
1.40	11.00	15.00		1.08	27.00	41	2.5	16.40	4.00	12.00		0.39	40.00	10	10.0
1.60	7.00	11.00		0.69	27.00	26	3.9	16.60	6.00	12.00		0.59	27.00	22	4.5
1.80	6.00	10.00		0.59	13.00	46	2.2	16.80	9.00	13.00		0.88	80.00	11	8.9
2.00	14.00	16.00		1.37	47.00	30	3.4	17.00	4.00	16.00		0.39	13.00	31	3.3
2.20	6.00	13.00		0.59	40.00	15	6.7	17.20	13.00	15.00		1.27	67.00	19	5.2
2.40	8.00	14.00		0.78	33.00	24	4.1	17.40	18.00	28.00		1.76	87.00	21	4.8
2.60	11.00	16.00		1.08	40.00	28	3.6	17.60	7.00	20.00		0.69	40.00	18	5.7
2.80	10.00	16.00		0.98	47.00	21	4.7	17.80	12.00	18.00		1.18	27.00	44	2.3
3.00	6.00	13.00		0.59	27.00	22	4.5	18.00	13.00	17.00		1.27	47.00	28	3.6
3.20	11.00	15.00		1.08	33.00	33	3.0	18.20	9.00	16.00		0.88	20.00	45	2.2
3.40	11.00	16.00		1.08	33.00	33	3.0	18.40	14.00	17.00		1.37	27.00	52	1.9
3.60	10.00	15.00		0.98	27.00	37	2.7	18.60	16.00	20.00		1.57	27.00	59	1.7
3.80	13.00	17.00		1.27	40.00	33	3.1	18.80	12.00	16.00		1.18	53.00	23	4.4
4.00	12.00	18.00		1.18	33.00	36	2.8	19.00	5.00	13.00		0.49	27.00	19	5.4
4.20	18.00	23.00		1.76	53.00	34	2.9	19.20	6.00	10.00		0.59	20.00	30	3.3
4.40	8.00	16.00		0.78	40.00	20	5.0	19.40	7.00	10.00		0.69	20.00	35	2.9
4.60	6.00	12.00		0.59	20.00	30	3.3	19.60	15.00	18.00		1.47	27.00	56	1.8
4.80	9.00	12.00		0.88	40.00	23	4.4	19.80	18.00	22.00		1.76	33.00	55	1.8
5.00	10.00	16.00		0.98	27.00	37	2.7	20.00	14.00	19.00		1.37			
5.20	15.00	19.00		1.47	27.00	56	1.8								
5.40	13.00	17.00		1.27	33.00	39	2.5								
5.60	9.00	14.00		0.88	27.00	33	3.0								
5.80	8.00	12.00		0.78	33.00	24	4.1								
6.00	8.00	13.00		0.78	33.00	24	4.1								
6.20	8.00	13.00		0.78	40.00	20	5.0								
6.40	8.00	14.00		0.78	40.00	20	5.0								
6.60	17.00	23.00		1.67	40.00	43	2.4								
6.80	17.00	23.00		1.67	33.00	52	1.9								
7.00	25.00	30.00		2.45	60.00	42	2.4								
7.20	17.00	26.00		1.67	40.00	43	2.4								
7.40	16.00	22.00		1.57	47.00	34	2.9								
7.60	10.00	17.00		0.98	33.00	30	3.3								
7.80	8.00	13.00		0.78	33.00	24	4.1								
8.00	8.00	13.00		0.78	40.00	20	5.0								
8.20	12.00	18.00		1.18	20.00	60	1.7								
8.40	12.00	15.00		1.18	40.00	30	3.3								
8.60	14.00	20.00		1.37	33.00	42	2.4								
8.80	15.00	20.00		1.47	33.00	45	2.2								
9.00	12.00	17.00		1.18	40.00	30	3.3								
9.20	9.00	15.00		0.88	53.00	17	5.9								
9.40	8.00	16.00		0.78	40.00	20	5.0								
9.60	7.00	13.00		0.69	33.00	21	4.7								
9.80	12.00	17.00		1.18	33.00	36	2.8								
10.00	11.00	16.00		1.08	27.00	41	2.5								
10.20	6.00	10.00		0.59	27.00	22	4.5								
10.40	7.00	11.00		0.69	20.00	35	2.9								
10.60	9.00	12.00		0.88	13.00	69	1.4								
10.80	12.00	14.00		1.18	27.00	44	2.3								
11.00	15.00	19.00		1.47	27.00	56	1.8								
11.20	14.00	18.00		1.37	53.00	26	3.8								
11.40	5.00	13.00		0.49	27.00	19	5.4								
11.60	7.00	11.00		0.69	7.00	100	1.0								
11.80	7.00	8.00		0.69	20.00	35	2.9								
12.00	10.00	13.00		0.98	27.00	37	2.7								
12.20	8.00	12.00		0.78	27.00	30	3.4								
12.40	9.00	13.00		0.88	27.00	33	3.0								
12.60	8.00	12.00		0.78	20.00	40	2.5								
12.80	10.00	13.00		0.98	20.00	50	2.0								
13.00	8.00	11.00		0.78	93.00	9	11.6								
13.20	4.00	18.00		0.39	87.00	5	21.8								
13.40	7.00	20.00		0.69	47.00	15	6.7								
13.60	23.00	30.00		2.25	227.00	10	9.9								
13.80	5.00	39.00		0.49	33.00	15	6.6								
14.00	6.00	11.00		0.59	40.00	15	6.7								
14.20	8.00	14.00		0.78	20.00	40	2.5								
14.40	14.00	17.00		1.37	13.00	108	0.9								
14.60	14.00	16.00		1.37	40.00	35	2.9								
14.80	10.00	16.00		0.98	40.00	25	4.0								
15.00	7.00	13.00		0.69	33.00	21	4.7								

H = profondità	qc = resistenza di punta
L1 = prima lettura (punta)	fs = resistenza laterale calcolata
L2 = seconda lettura (punta + laterale)	0.20 m sopra quota qc
Lt = terza lettura (totale)	F = rapporto Begemann (qc / fs)
CT =10.00 costante di trasformazione	Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

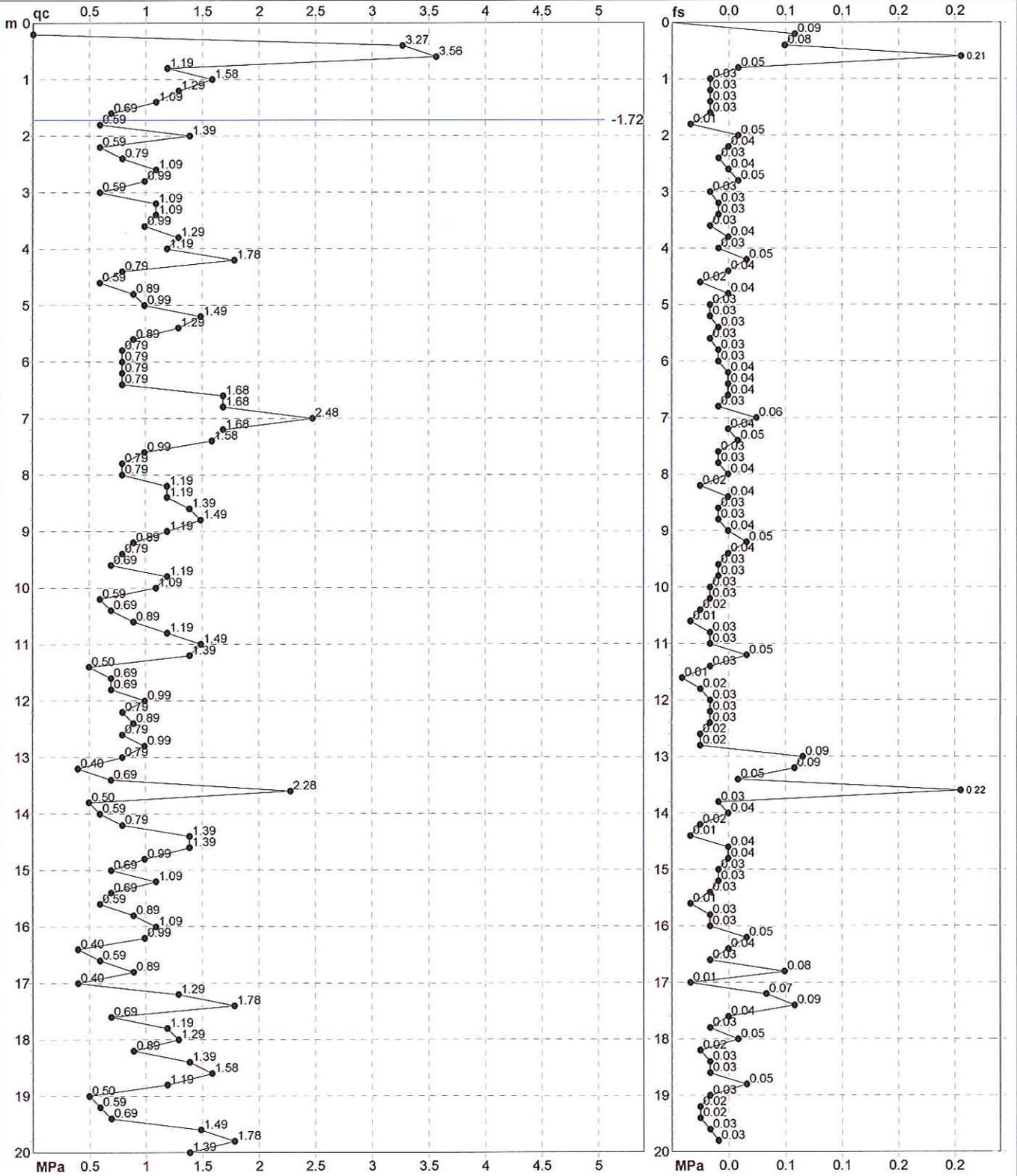
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	7
riferimento	234-2014
certificato n°	5967

Committente: Studio tecnico
Cantiere: Studio terreno di fondazione
Località: Campogalliano, Trasmec

U.M.: MPa Data exec.: 09/07/2014
Scala: 1:100
Pagina: 2/4 Data arrivo: 14/07/2014
Elaborato: Falda: -1.72 m da quota inizio



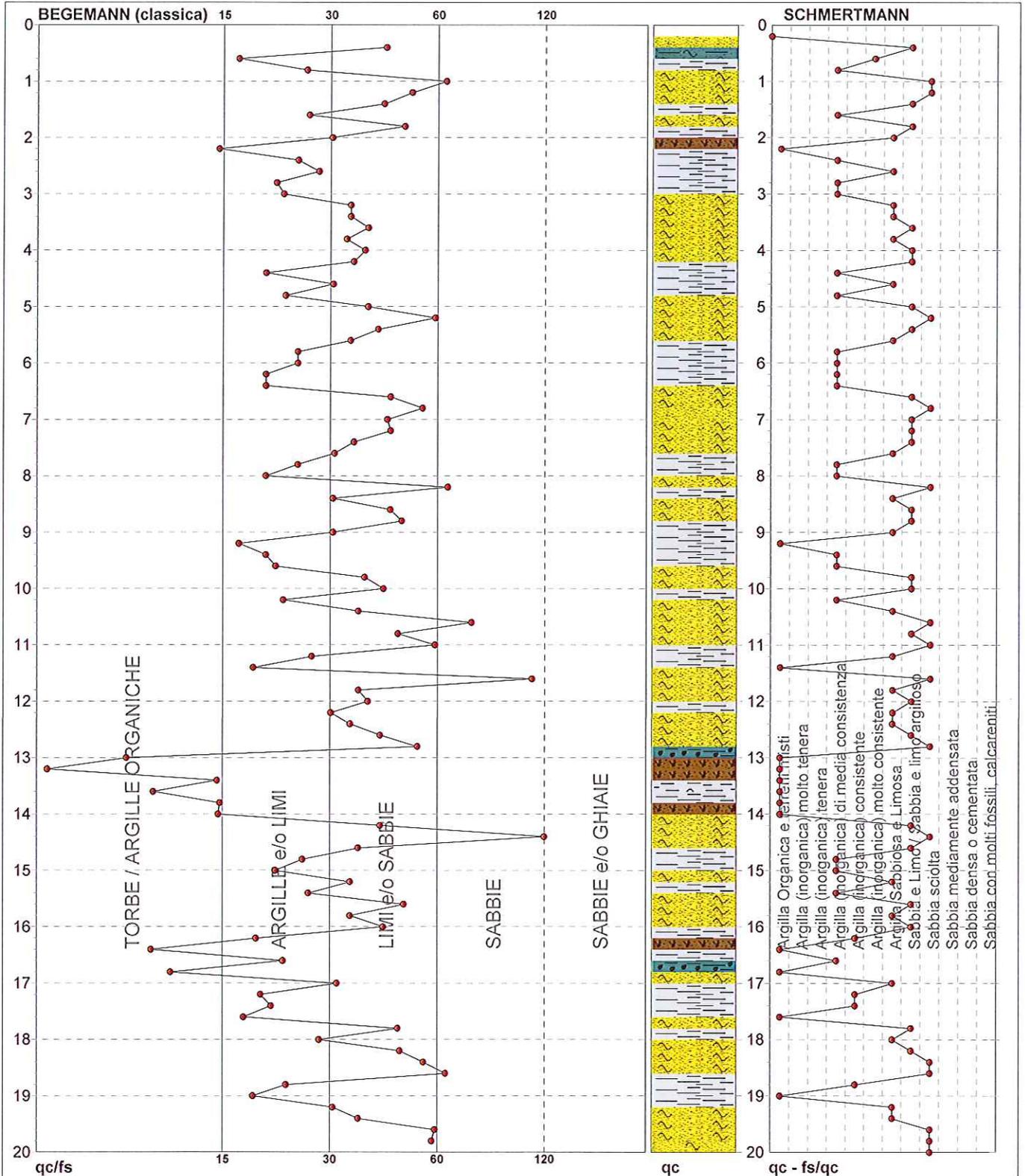
	Penetrometro: Pagani TG63-100	Preforo: m
	Responsabile:	Corr.astine: kN/ml
	Assistente:	Corr.astine: kN/ml

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	7
riferimento	234-2014
certificato n°	5967

Committente: Studio tecnico	U.M.: MPa	Data eseg.: 09/07/2014
Cantiere: Studio terreno di fondazione	Scala: 1:100	Data certificato: 14/07/2014
Località: Campogalliano, Trasmec	Pagina: 3/4	Falda: -1.72 m da quota inizio
	Elaborato:	



Torbe / Argille org :	9 punti, 9.09%	Argilla Organica e terreni misti:	13 punti, 13.13%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	21 punti, 21.21%
Argille e/o Limi :	39 punti, 39.39%	Argilla (inorganica) media consist:	20 punti, 20.20%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	25 punti, 25.25%
Limi e/o Sabbie :	48 punti, 48.48%	Argilla (inorganica) consistente:	4 punti, 4.04%	Sabbia sciolta:	14 punti, 14.14%
Sabbie:	3 punti, 3.03%	Argilla (inorganica) molto consist:	1 punti, 1.01%		

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	8
	riferimento	234-2014
	certificato n°	5968

Committente: Studio tecnico	U.M.: MPa	Data eseg.: 09/07/2014
Cantiere: Studio terreno di fondazione	Pagina: 1/4	Data certificato: 14/07/2014
Località: Campogalliano, Trasmec	Elaborato:	Falda: Assente

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.00	0.00		0.00	33.00	0									
0.40	21.00	26.00		2.06	67.00	31	3.2								
0.60	20.00	30.00		1.96	20.00	100	1.0								
0.80	14.00	17.00		1.37	73.00	19	5.2								
1.00	11.00	22.00		1.08	53.00	21	4.8								
1.20	16.00	24.00		1.57	53.00	30	3.3								
1.40	15.00	23.00		1.47	33.00	45	2.2								
1.60	11.00	16.00		1.08	40.00	28	3.6								
1.80	8.00	14.00		0.78	27.00	30	3.4								
2.00	12.00	16.00		1.18	53.00	23	4.4								
2.20	14.00	22.00		1.37	53.00	26	3.8								
2.40	5.00	13.00		0.49	67.00	7	13.4								
2.60	5.00	15.00		0.49	53.00	9	10.6								
2.80	11.00	19.00		1.08	60.00	18	5.5								
3.00	6.00	15.00		0.59	40.00	15	6.7								
3.20	14.00	20.00		1.37	53.00	26	3.8								
3.40	13.00	21.00		1.27	60.00	22	4.6								
3.60	14.00	23.00		1.37	87.00	16	6.2								
3.80	14.00	27.00		1.37	87.00	16	6.2								
4.00	19.00	32.00		1.86	73.00	26	3.8								
4.20	25.00	36.00		2.45	93.00	27	3.7								
4.40	21.00	35.00		2.06	80.00	26	3.8								
4.60	17.00	29.00		1.67	73.00	23	4.3								
4.80	16.00	27.00		1.57	27.00	59	1.7								
5.00	7.00	11.00		0.69	27.00	26	3.9								
5.20	8.00	12.00		0.78	33.00	24	4.1								
5.40	15.00	20.00		1.47	40.00	38	2.7								
5.60	12.00	18.00		1.18	53.00	23	4.4								
5.80	6.00	14.00		0.59	60.00	10	10.0								
6.00	6.00	15.00		0.59	60.00	10	10.0								
6.20	7.00	16.00		0.69	20.00	35	2.9								
6.40	6.00	9.00		0.59	40.00	15	6.7								
6.60	11.00	17.00		1.08	80.00	14	7.3								
6.80	10.00	22.00		0.98	80.00	13	8.0								
7.00	10.00	22.00		0.98	53.00	19	5.3								
7.20	13.00	21.00		1.27	33.00	39	2.5								
7.40	14.00	19.00		1.37	60.00	23	4.3								
7.60	13.00	22.00		1.27	67.00	19	5.2								
7.80	15.00	25.00		1.47	100.00	15	6.7								
8.00	4.00	19.00		0.39	120.00	3	30.0								
8.20	12.00	30.00		1.18	87.00	14	7.3								
8.40	12.00	25.00		1.18	27.00	44	2.3								
8.60	17.00	21.00		1.67	13.00	131	0.8								
8.80	9.00	11.00		0.88	27.00	33	3.0								
9.00	6.00	10.00		0.59	20.00	30	3.3								
9.20	6.00	9.00		0.59	27.00	22	4.5								
9.40	10.00	14.00		0.98	40.00	25	4.0								
9.60	7.00	13.00		0.69	53.00	13	7.6								
9.80	6.00	14.00		0.59	27.00	22	4.5								
10.00	16.00	20.00		1.57	67.00	24	4.2								
10.20	15.00	25.00		1.47	73.00	21	4.9								
10.40	13.00	24.00		1.27	73.00	18	5.6								
10.60	13.00	24.00		1.27	67.00	19	5.2								
10.80	15.00	25.00		1.47	53.00	28	3.5								
11.00	16.00	24.00		1.57	27.00	59	1.7								
11.20	9.00	13.00		0.88	47.00	19	5.2								
11.40	11.00	18.00		1.08	33.00	33	3.0								
11.60	10.00	15.00		0.98	20.00	50	2.0								
11.80	9.00	12.00		0.88	33.00	27	3.7								
12.00	13.00	18.00		1.27	47.00	28	3.6								
12.20	13.00	20.00		1.27	33.00	39	2.5								
12.40	13.00	18.00		1.27	40.00	33	3.1								
12.60	16.00	22.00		1.57	40.00	40	2.5								
12.80	16.00	22.00		1.57	20.00	80	1.3								
13.00	9.00	12.00		0.88	67.00	13	7.4								
13.20	6.00	16.00		0.59	87.00	7	14.5								
13.40	7.00	20.00		0.69	47.00	15	6.7								
13.60	23.00	30.00		2.25	207.00	11	9.0								
13.80	8.00	39.00		0.78	33.00	24	4.1								
14.00	6.00	11.00		0.59	40.00	15	6.7								
14.20	8.00	14.00		0.78	27.00	30	3.4								
14.40	12.00	16.00		1.18	13.00	92	1.1								
14.60	13.00	15.00		1.27	20.00	65	1.5								
14.80	15.00	18.00		1.47	53.00	28	3.5								
15.00	6.00	14.00		0.59											

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10.00 costante di trasformazione

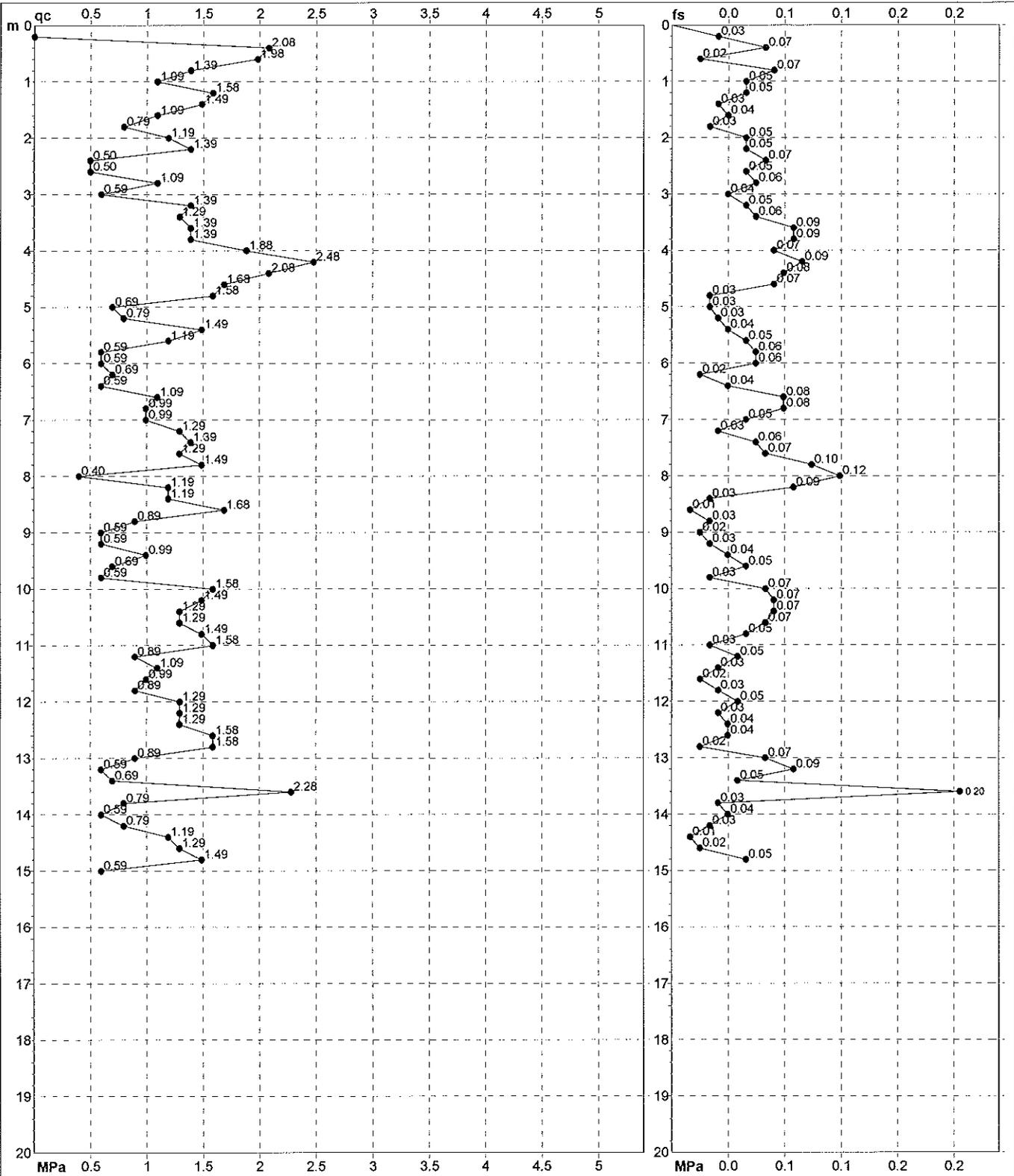
qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
0.20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	8
referimento	234-2014
certificato n°	5968

Committente: Studio tecnico	U.M.: MPa	Data exec.: 09/07/2014
Cantiere: Studio terreno di fondazione	Scala: 1:100	
Località: Campogalliano, Trasmec	Pagina: 2/4	Data certificato: 14/07/2014
	Elaborato:	Falda: Assente



Penetrometro: Pagani TG63-100	Proforo: m
Responsabile:	Corr.astine: kN/ml
Assistente:	Corr.astine: kN/ml

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

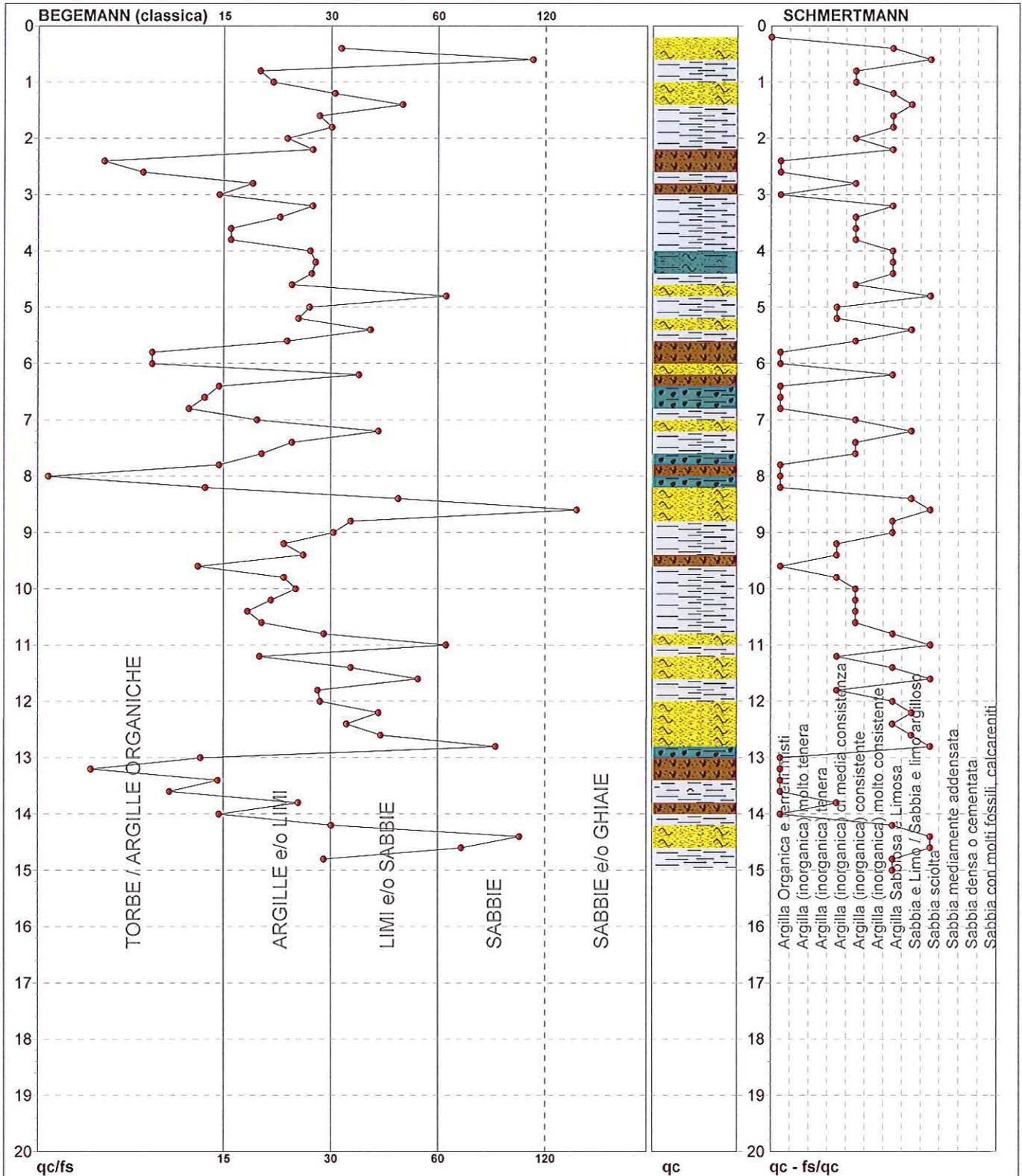
DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	8
riferimento	234-2014
certificato n°	5968

Committente: Studio tecnico
Cantiere: Studio terreno di fondazione
Località: Campogalliano, Trasmec

U.M.: MPa
Scala: 1:100
Pagina: 3/4
Elaborato:

Data eseg.: 09/07/2014
Data certificato: 14/07/2014
Falda: Assente



Torbe / Argille org. :	18 punti, 18.18%	Argilla Organica e terreni misti:	17 punti, 17.17%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	6 punti, 6.06%
Argille e/o Limi :	36 punti, 36.36%	Argilla (inorganica) media consist.:	8 punti, 8.08%	Sabbia sciolta:	8 punti, 8.08%
Limi e/o Sabbie :	15 punti, 15.15%	Argilla (inorganica) consistente:	16 punti, 16.16%		
Sabbie:	4 punti, 4.04%				
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 1.01%				

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	9
	riferimento	234-2014
	certificato n°	5969

Committente: Studio tecnico	U.M.: MPa	Data eseg.: 09/07/2014
Cantiere: Studio terreno di fondazione	Pagina: 1/4	Data certificato: 14/07/2014
Località: Campogalliano, Trasmecc	Elaborato:	Falda: -2.15 m da p.c.

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.00	0.00		0.00	160.00	0									
0.40	11.00	35.00		1.08	40.00	28	3.6								
0.60	28.00	34.00		2.74	107.00	26	3.8								
0.80	16.00	32.00		1.57	107.00	15	6.7								
1.00	15.00	31.00		1.47	67.00	22	4.5								
1.20	14.00	24.00		1.37	60.00	23	4.3								
1.40	15.00	24.00		1.47	53.00	28	3.5								
1.60	16.00	24.00		1.57	60.00	27	3.8								
1.80	13.00	22.00		1.27	13.00	100	1.0								
2.00	9.00	11.00		0.88	33.00	27	3.7								
2.20	10.00	15.00		0.98	40.00	25	4.0								
2.40	9.00	15.00		0.88	40.00	23	4.4								
2.60	10.00	16.00		0.98	33.00	30	3.3								
2.80	9.00	14.00		0.88	27.00	33	3.0								
3.00	10.00	14.00		0.98	67.00	15	6.7								
3.20	14.00	24.00		1.37	33.00	42	2.4								
3.40	15.00	20.00		1.47	67.00	22	4.5								
3.60	11.00	21.00		1.08	113.00	10	10.3								
3.80	13.00	30.00		1.27	67.00	19	5.2								
4.00	16.00	26.00		1.57	87.00	18	5.4								
4.20	8.00	21.00		0.78	93.00	9	11.6								
4.40	10.00	24.00		0.98	53.00	19	5.3								
4.60	13.00	21.00		1.27	33.00	39	2.5								
4.80	15.00	20.00		1.47	40.00	38	2.7								
5.00	14.00	20.00		1.37	73.00	19	5.2								
5.20	4.00	15.00		0.39	33.00	12	8.3								
5.40	10.00	15.00		0.98	47.00	21	4.7								
5.60	6.00	13.00		0.59	53.00	11	8.8								
5.80	5.00	13.00		0.49	67.00	7	13.4								
6.00	11.00	21.00		1.08	53.00	21	4.8								
6.20	7.00	15.00		0.69	27.00	26	3.9								
6.40	9.00	13.00		0.88	33.00	27	3.7								
6.60	7.00	12.00		0.69	27.00	26	3.9								
6.80	7.00	11.00		0.69	27.00	26	3.9								
7.00	9.00	13.00		0.88	53.00	17	5.9								
7.20	2.00	10.00		0.20	27.00	7	13.5								
7.40	8.00	12.00		0.78	87.00	9	10.9								
7.60	6.00	19.00		0.59	27.00	22	4.5								
7.80	8.00	12.00		0.78	20.00	40	2.5								
8.00	12.00	15.00		1.18	80.00	15	6.7								
8.20	2.00	14.00		0.20	87.00	2	43.5								
8.40	3.00	16.00		0.29	87.00	3	29.0								
8.60	3.00	16.00		0.29	73.00	4	24.3								
8.80	16.00	27.00		1.57	33.00	48	2.1								
9.00	7.00	12.00		0.69	33.00	21	4.7								
9.20	3.00	8.00		0.29	40.00	8	13.3								
9.40	9.00	15.00		0.88	33.00	27	3.7								
9.60	12.00	17.00		1.18	47.00	26	3.9								
9.80	4.00	11.00		0.39	40.00	10	10.0								
10.00	9.00	15.00		0.88	33.00	27	3.7								
10.20	8.00	13.00		0.78	47.00	17	5.9								
10.40	6.00	13.00		0.59	47.00	13	7.8								
10.60	7.00	14.00		0.69	53.00	13	7.6								
10.80	8.00	16.00		0.78	80.00	10	10.0								
11.00	6.00	18.00		0.59	53.00	11	8.8								
11.20	15.00	23.00		1.47	33.00	45	2.2								
11.40	19.00	24.00		1.86	87.00	22	4.6								
11.60	14.00	27.00		1.37	60.00	23	4.3								
11.80	10.00	19.00		0.98	20.00	50	2.0								
12.00	7.00	10.00		0.69	20.00	35	2.9								
12.20	6.00	9.00		0.59	47.00	13	7.8								
12.40	7.00	14.00		0.69	53.00	13	7.6								
12.60	6.00	14.00		0.59	153.00	4	25.5								
12.80	7.00	30.00		0.69	53.00	13	7.6								
13.00	14.00	22.00		1.37	67.00	21	4.8								
13.20	13.00	23.00		1.27	53.00	25	4.1								
13.40	12.00	20.00		1.18	53.00	23	4.4								
13.60	10.00	18.00		0.98	40.00	25	4.0								
13.80	9.00	15.00		0.88	53.00	17	5.9								
14.00	9.00	17.00		0.88	40.00	23	4.4								
14.20	10.00	16.00		0.98	40.00	25	4.0								
14.40	9.00	15.00		0.88	47.00	19	5.2								
14.60	9.00	16.00		0.88	33.00	27	3.7								
14.80	10.00	15.00		0.98	47.00	21	4.7								
15.00	11.00	18.00		1.08											

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
0.20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

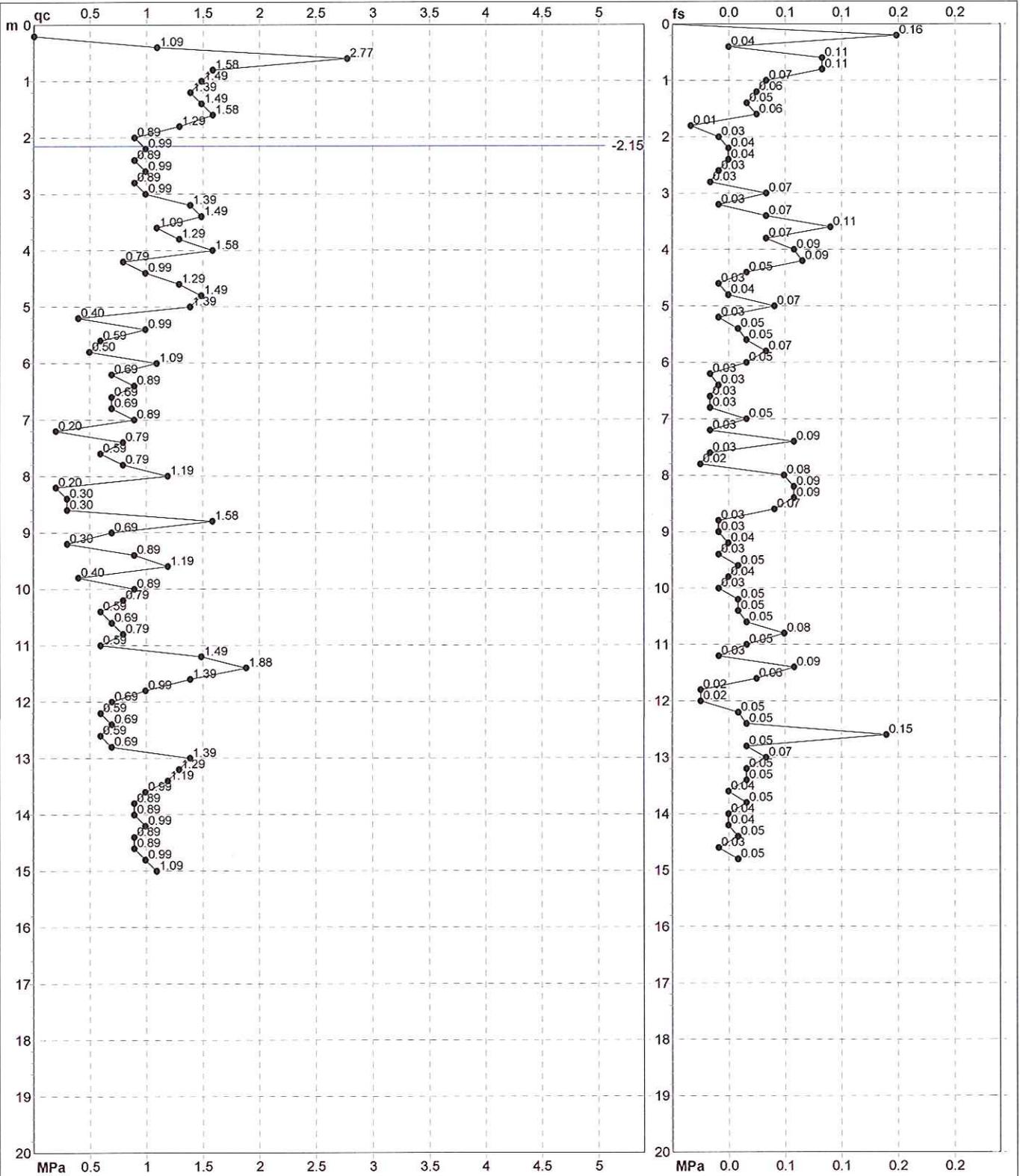
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	9
riferimento	234-2014
certificato n°	5969

Committente: **Studio tecnico**
 Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
 Località: **Campogalliano, Trasmec**

U.M.: **MPa** Data exec.: **09/07/2014**
 Scala: **1:100**
 Pagina: **2/4** Data certificato: **14/07/2014**
 Elaborato: Falda: **-2.15 m** da p.c.



Penetrometro: **Pagani TG63-100**
 Responsabile:
 Assistente:

Preforo: **m**
 Corr.astine: **kN/ml**
 Corr.astine: **kN/ml**

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

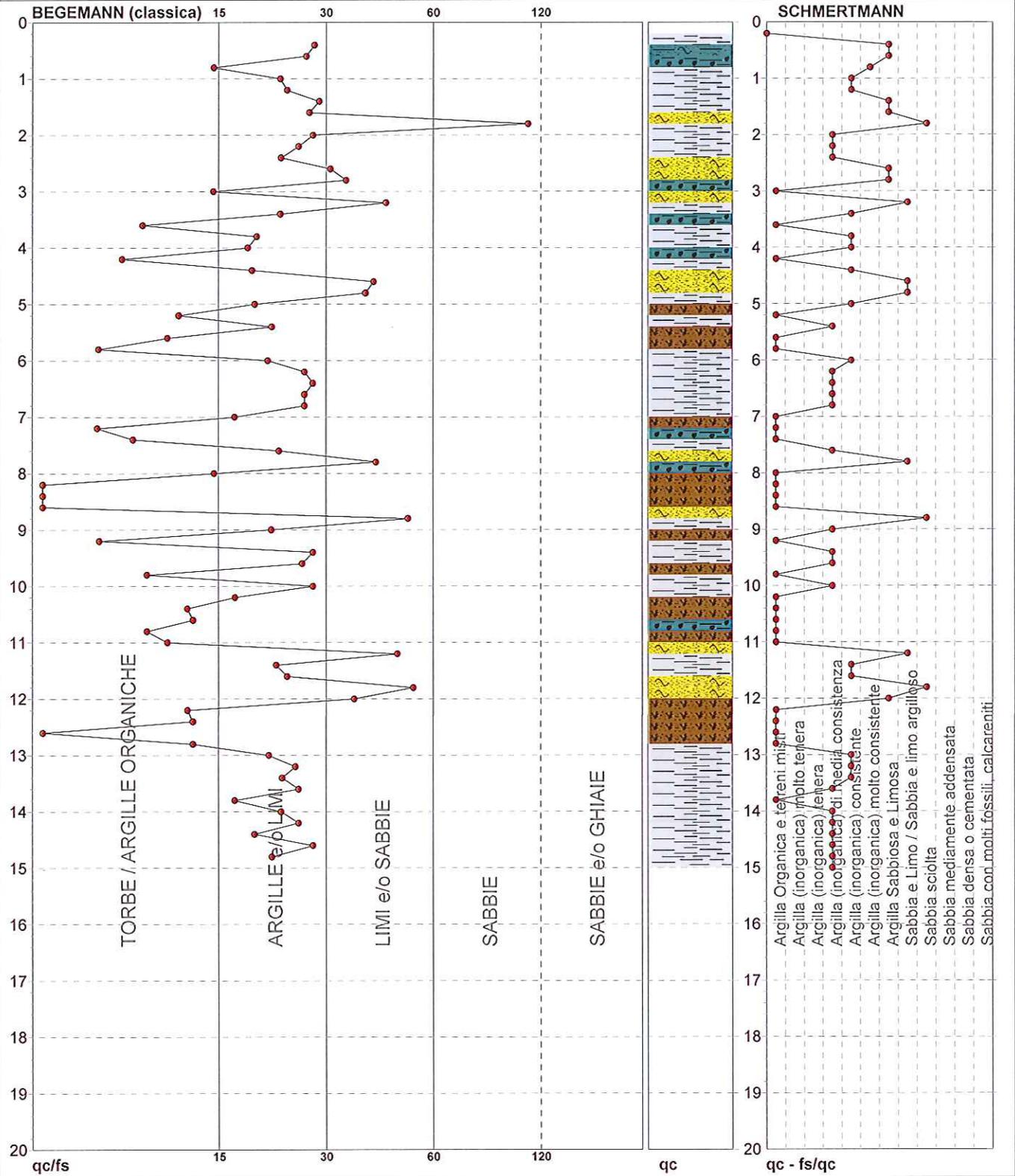
DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	9
riferimento	234-2014
certificato n°	5969

Committente: Studio tecnico
Cantiere: Studio terreno di fondazione
Località: Campogalliano, Trasmec

U.M.: MPa
Scala: 1:100
Pagina: 3/4
Elaborato:

Data exec.: 09/07/2014
Data certificato: 14/07/2014
Falda: -2.15 m da p.c.



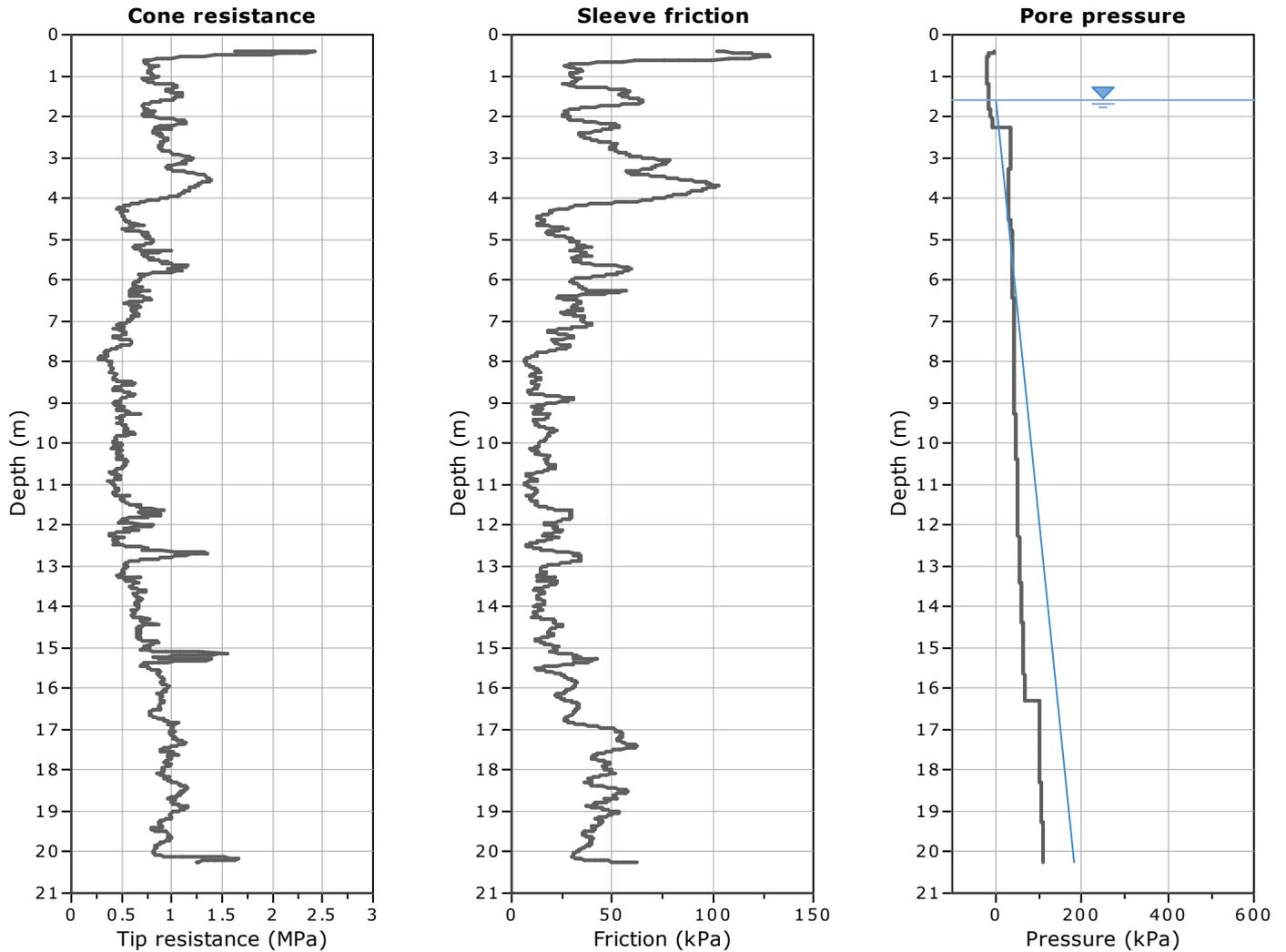
Torbe / Argille org. :	24 punti, 24.24%	Argilla Organica e terreni misti:	25 punti, 25.25%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	7 punti, 7.07%
Argille e/o Limi :	39 punti, 39.39%	Argilla (inorganica) media consist.:	19 punti, 19.19%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	5 punti, 5.05%
Limi e/o Sabbie :	10 punti, 10.10%	Argilla (inorganica) consistente:	13 punti, 13.13%	Sabbia sciolta:	3 punti, 3.03%
Sabbie:	1 punti, 1.01%	Argilla (inorganica) molto consist.:	1 punti, 1.01%		

GEO GROUP s.r.l.

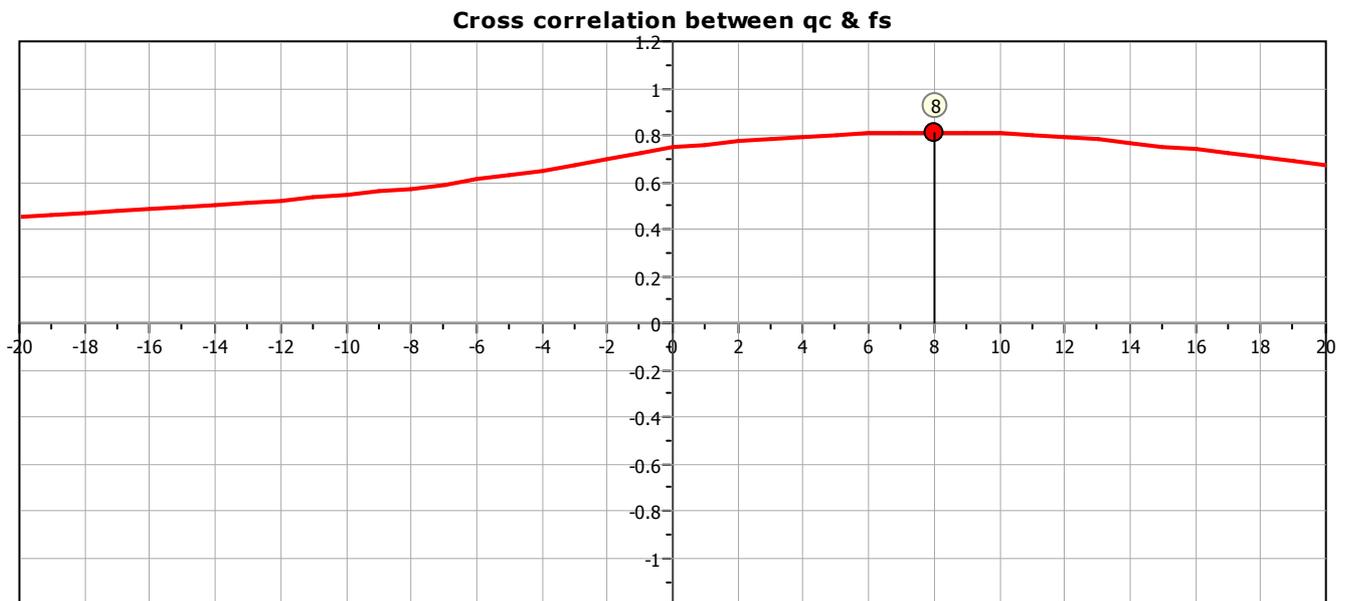
Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche

ALLEGATO N° 1-B

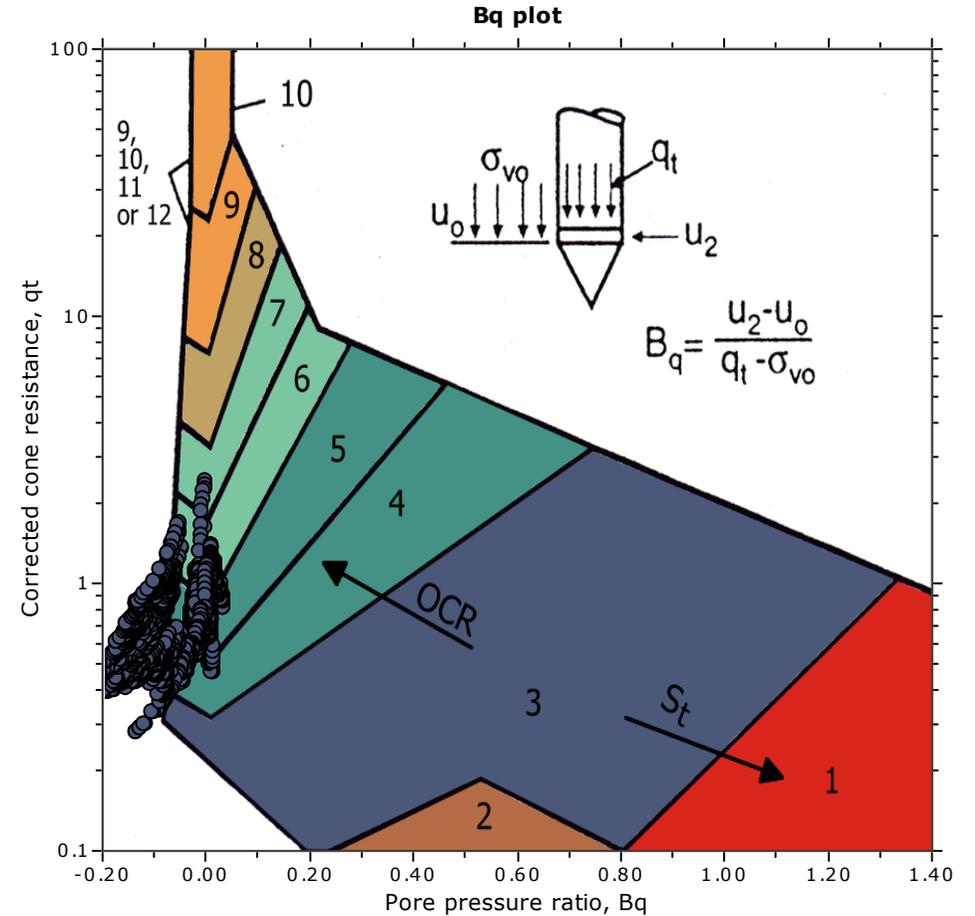
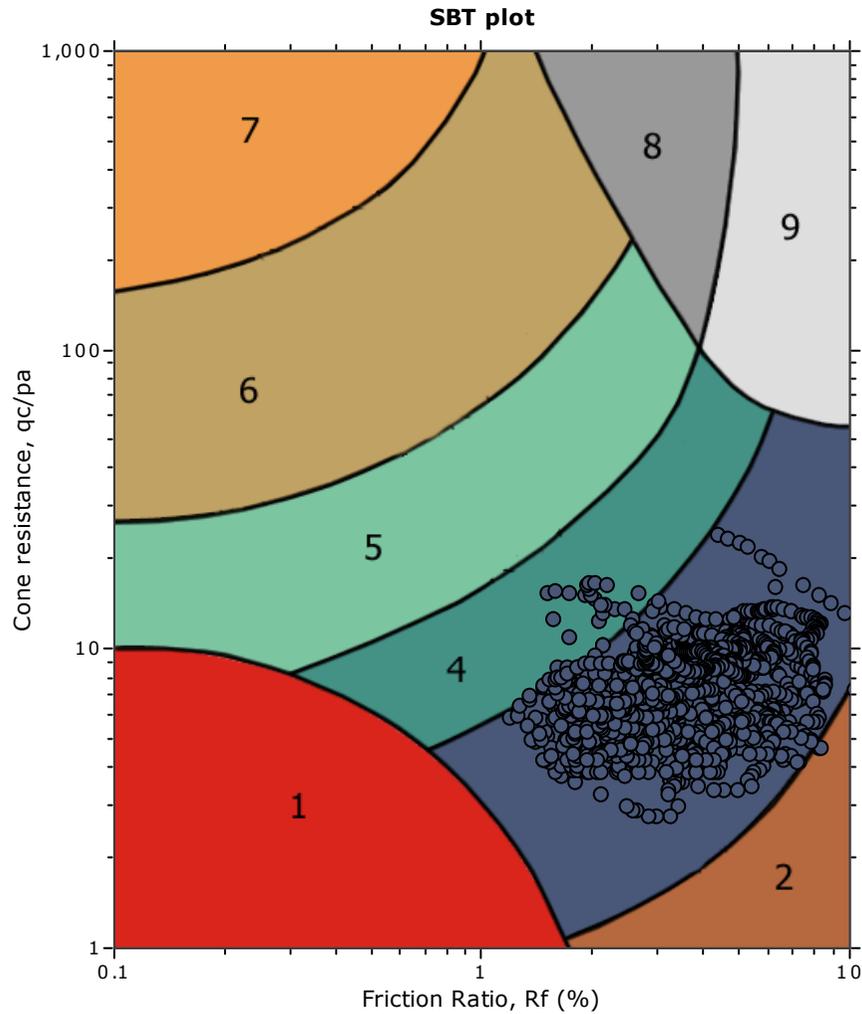
Prove penetrometriche statiche con piezocono CPTU



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).



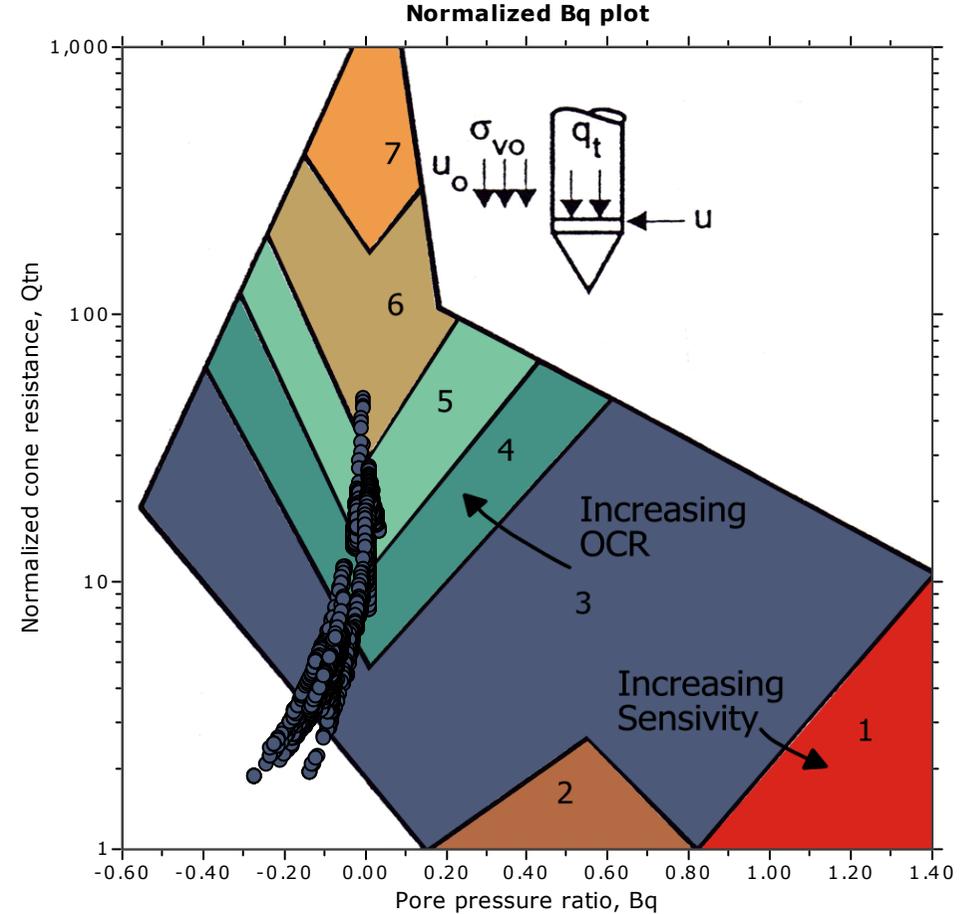
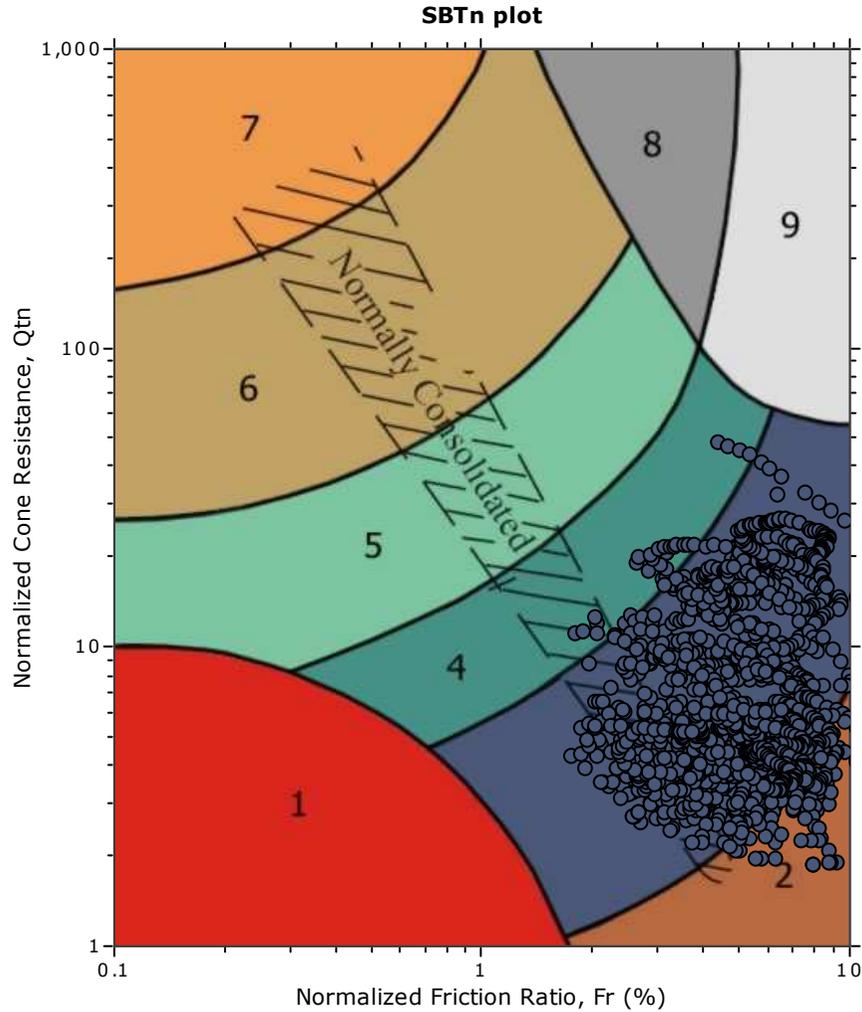
SBT - Bq plots



SBT legend

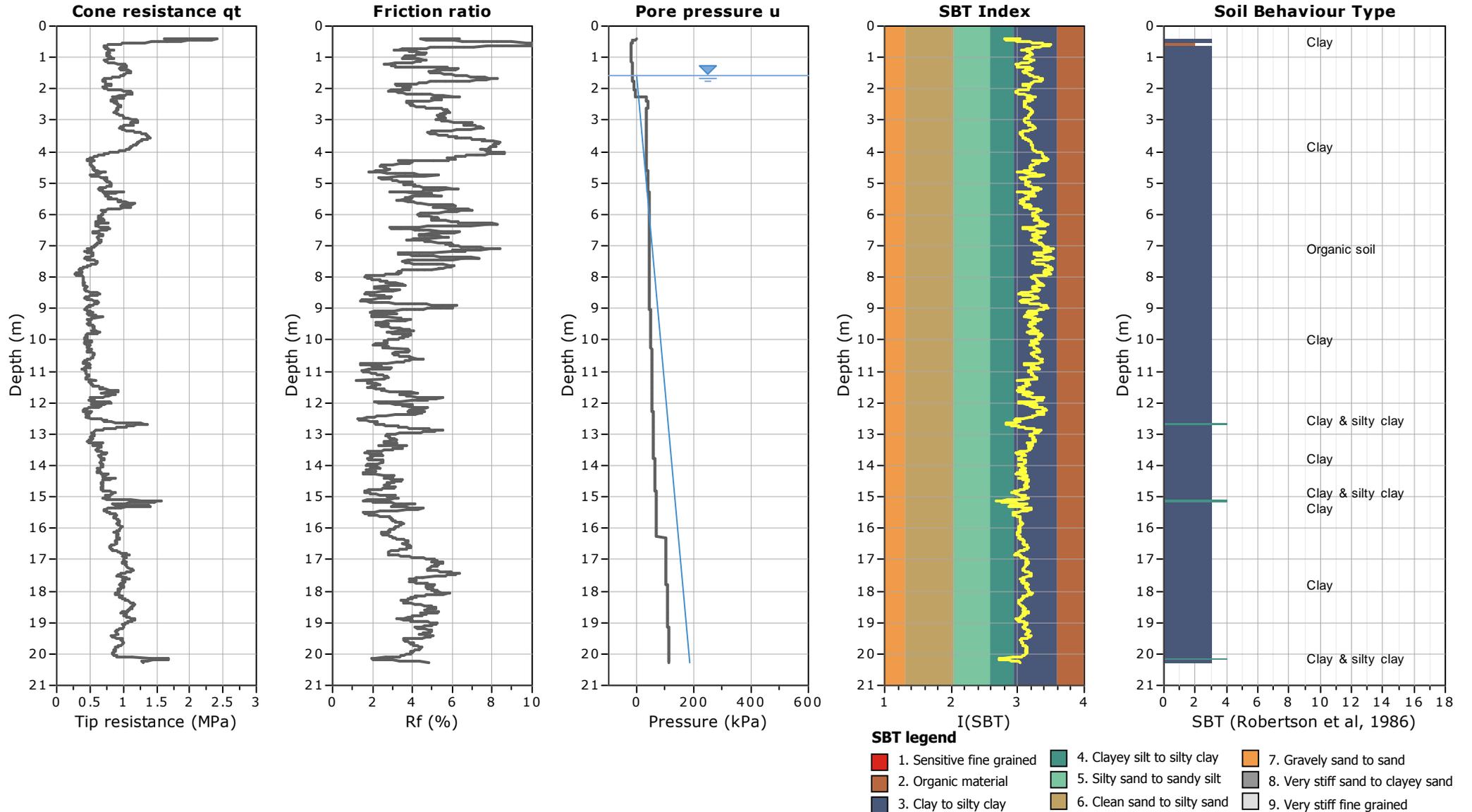
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty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

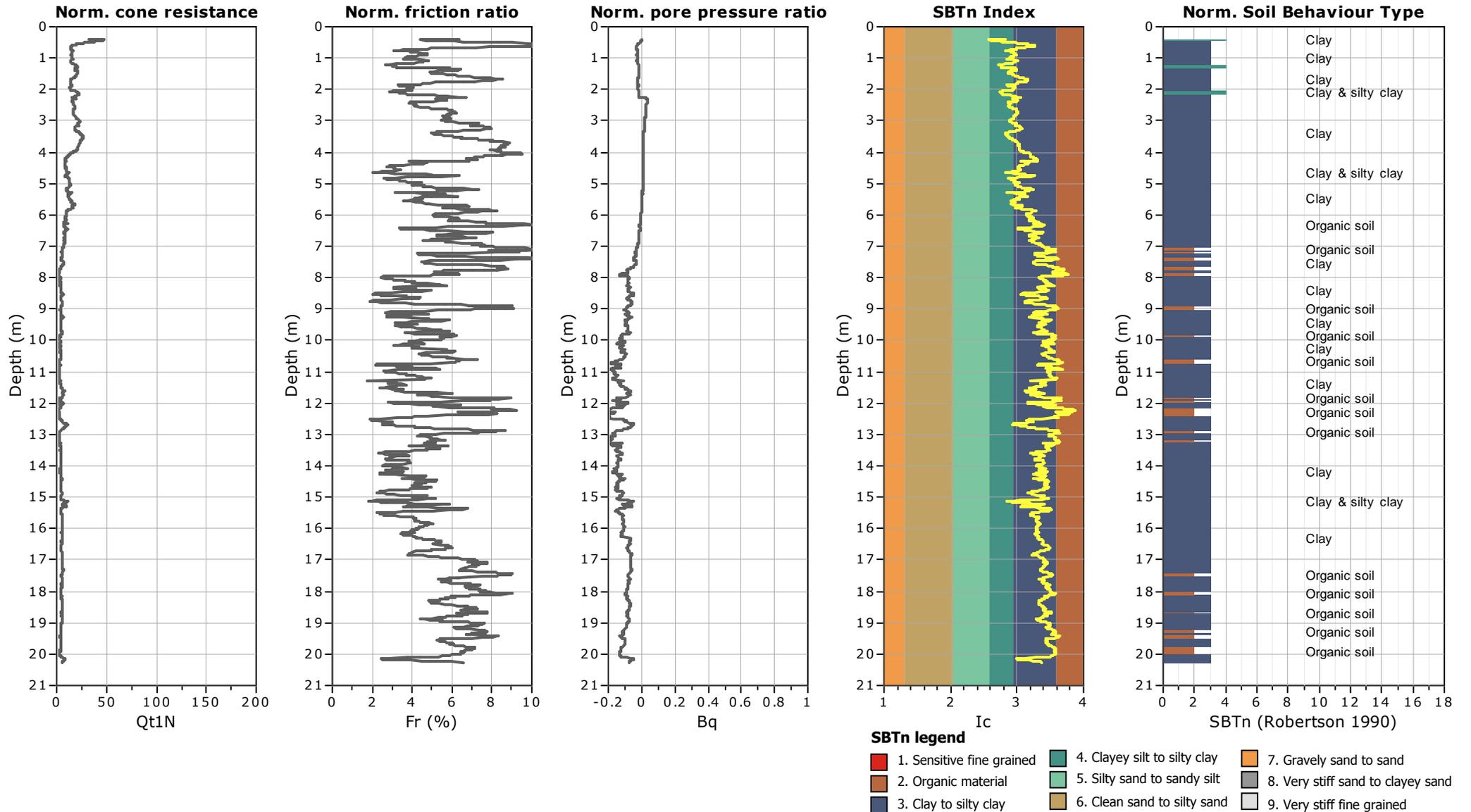
SBT - Bq plots (normalized)

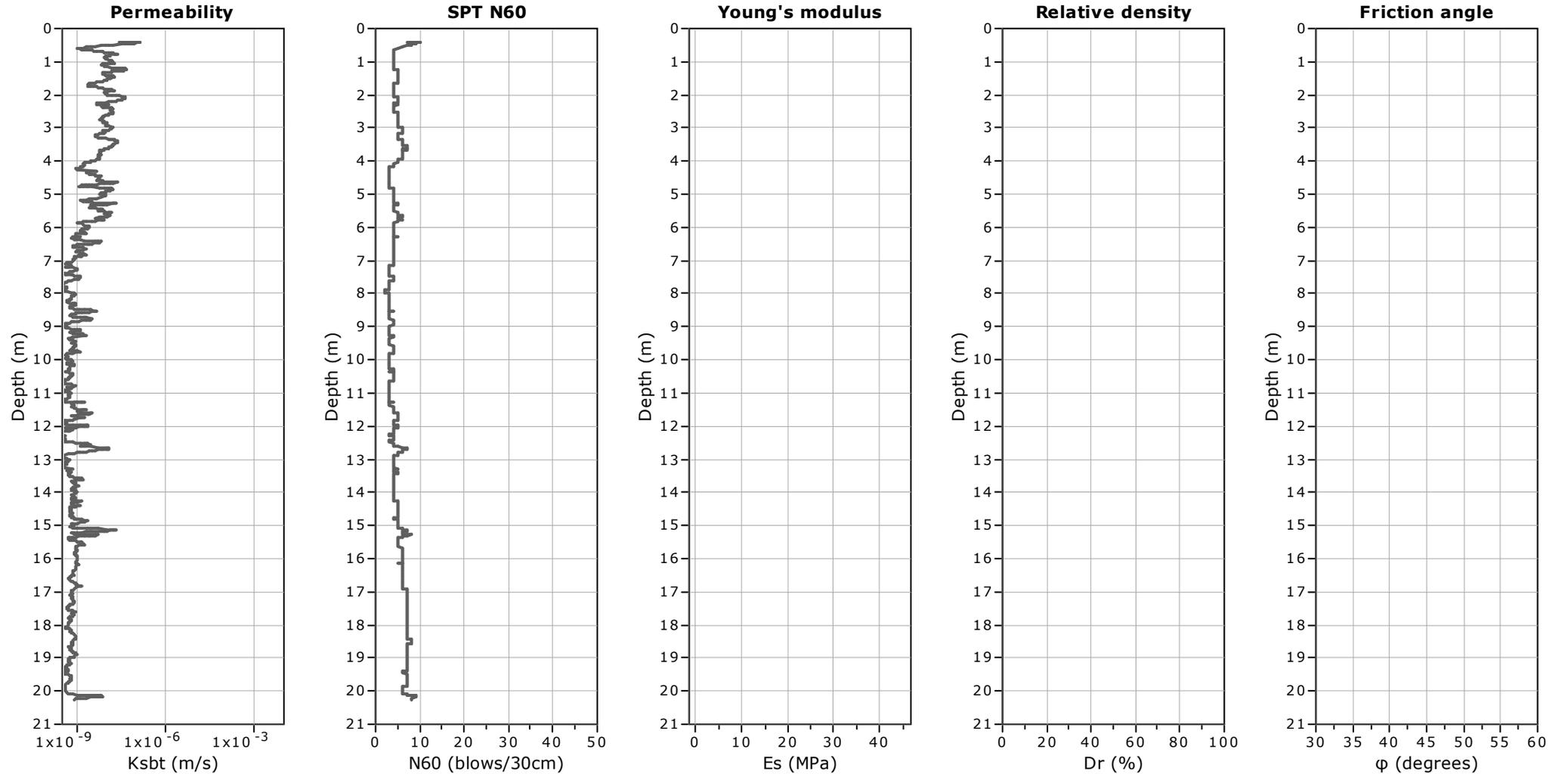


SBTn legend

- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 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 |







Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

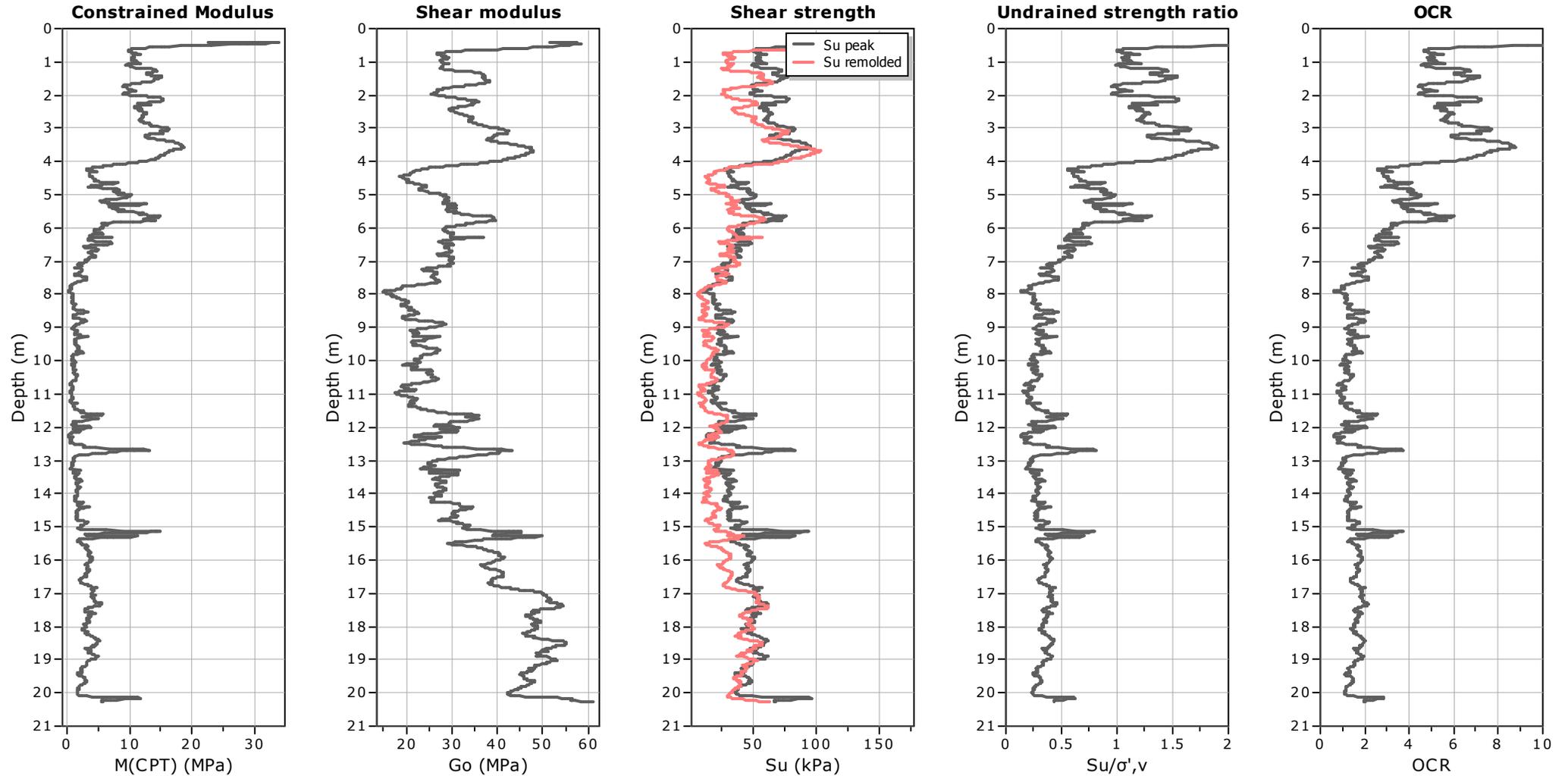
SPT N_{60} : Based on I_c and q_t

Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Relative density constant, C_{Dr} : 350.0

Phi: Based on Kulhavy & Mayne (1990)

● — User defined estimation data



Calculation parameters

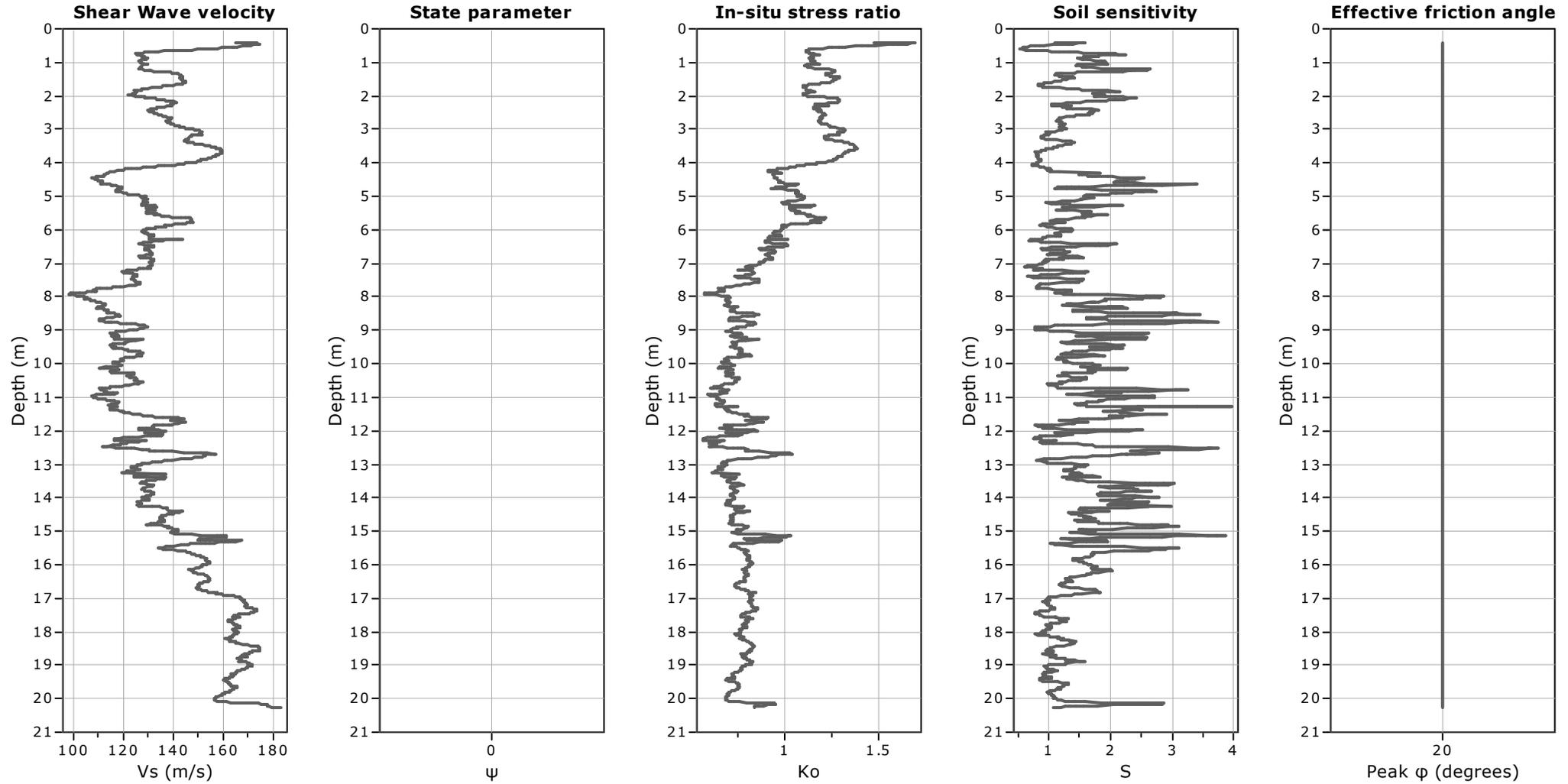
Constrained modulus: Based on variable α using I_c and Q_{tn} (Robertson, 2009)

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

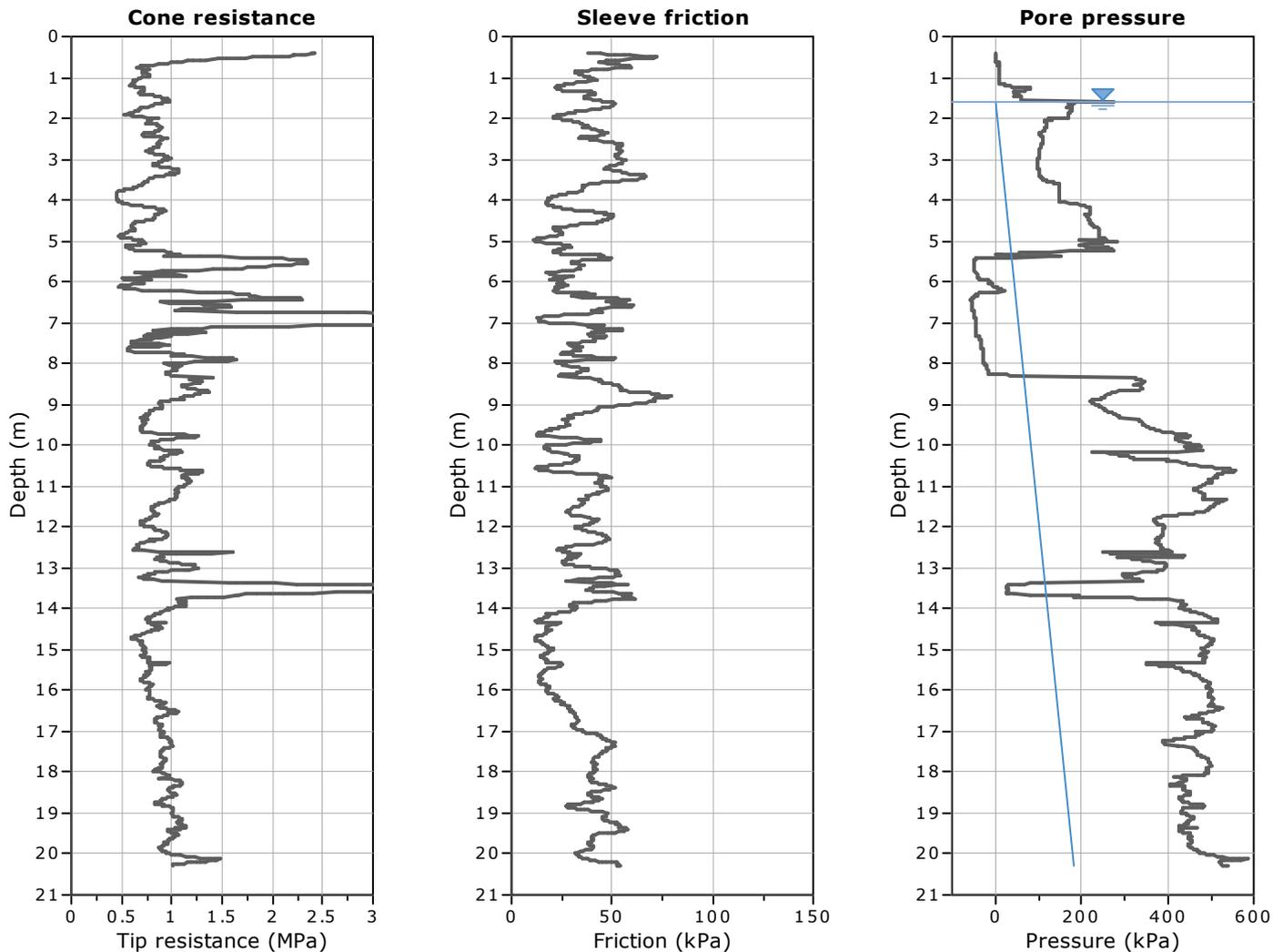
● User defined estimation data



Calculation parameters

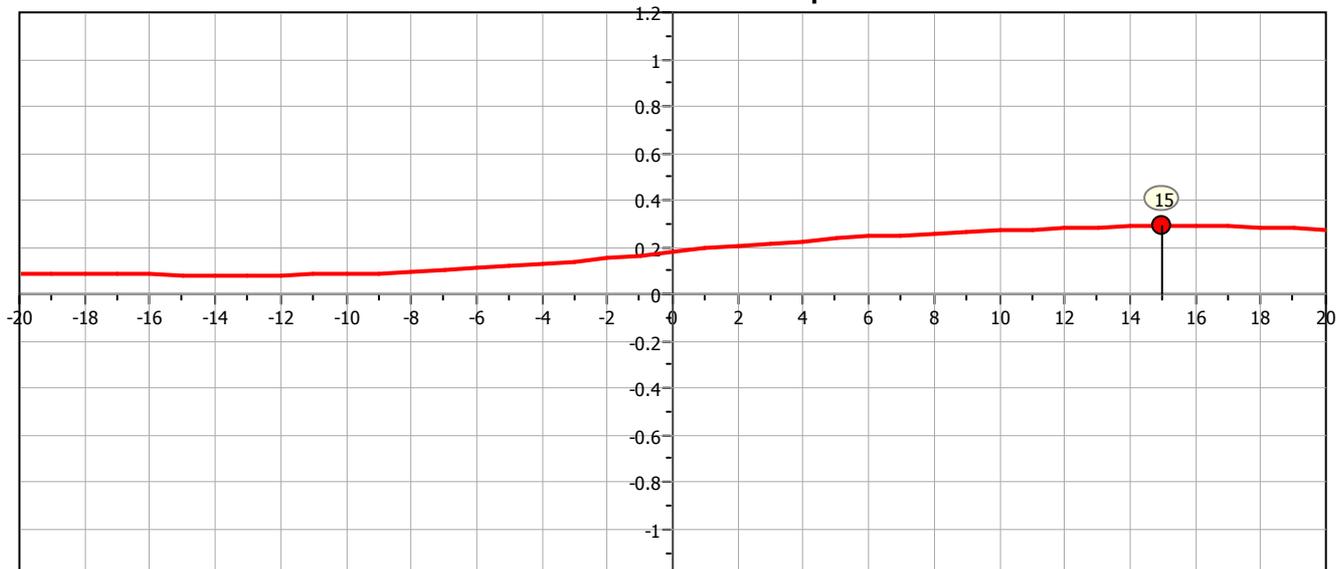
Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

—●— User defined estimation data

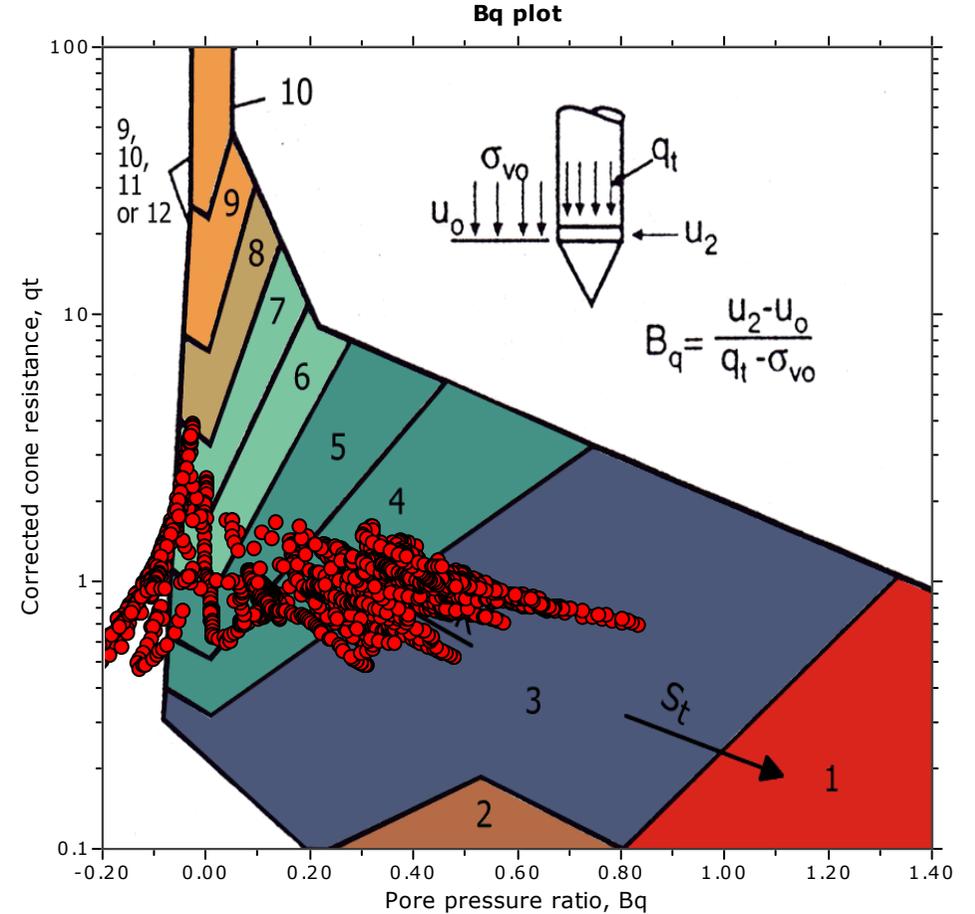
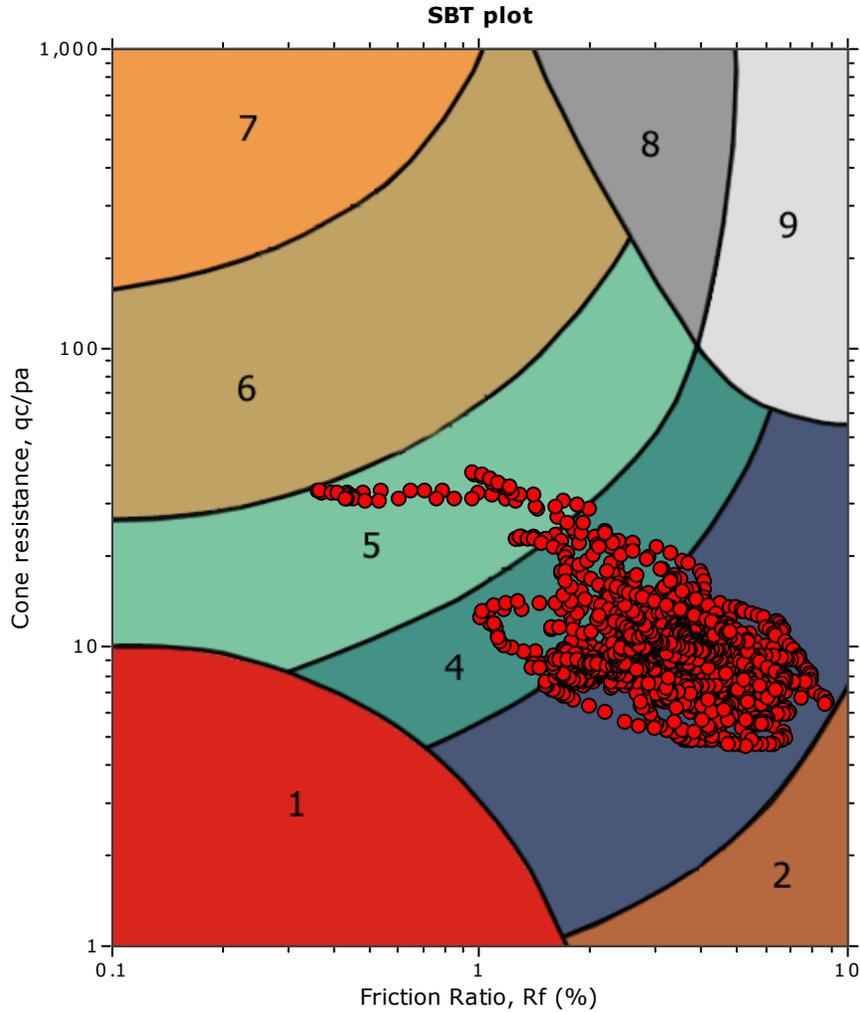


The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw q_c and f_s values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).

Cross correlation between q_c & f_s



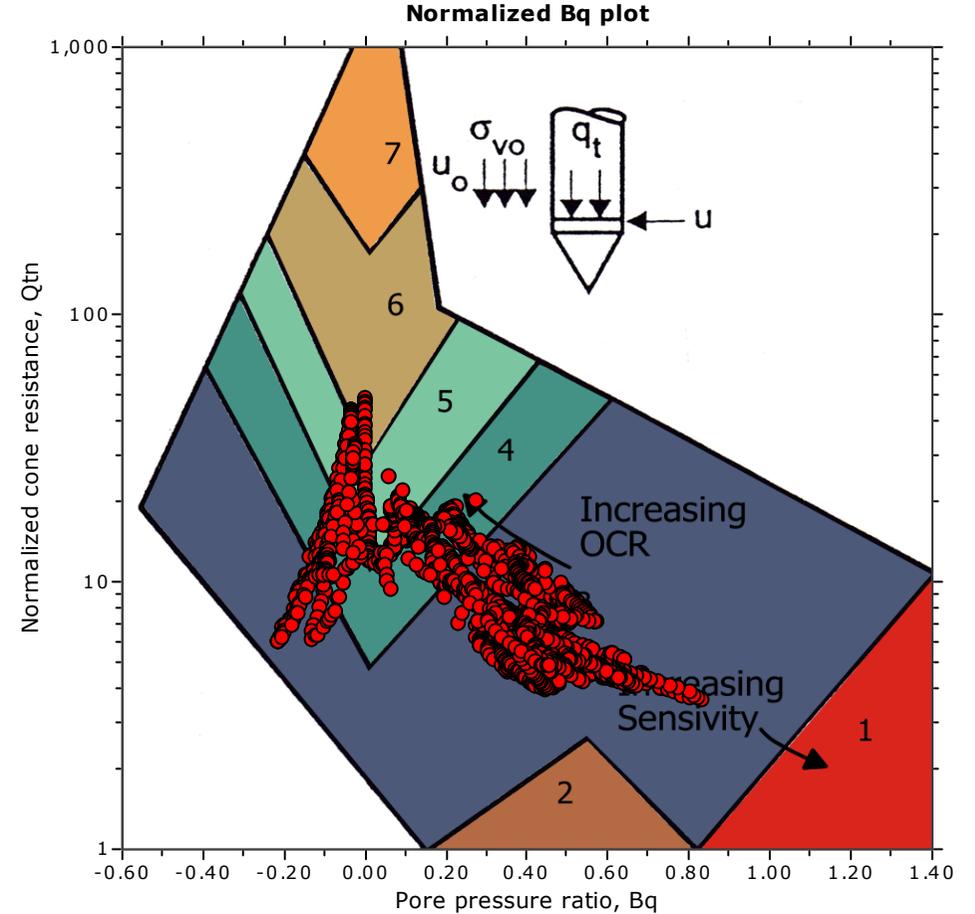
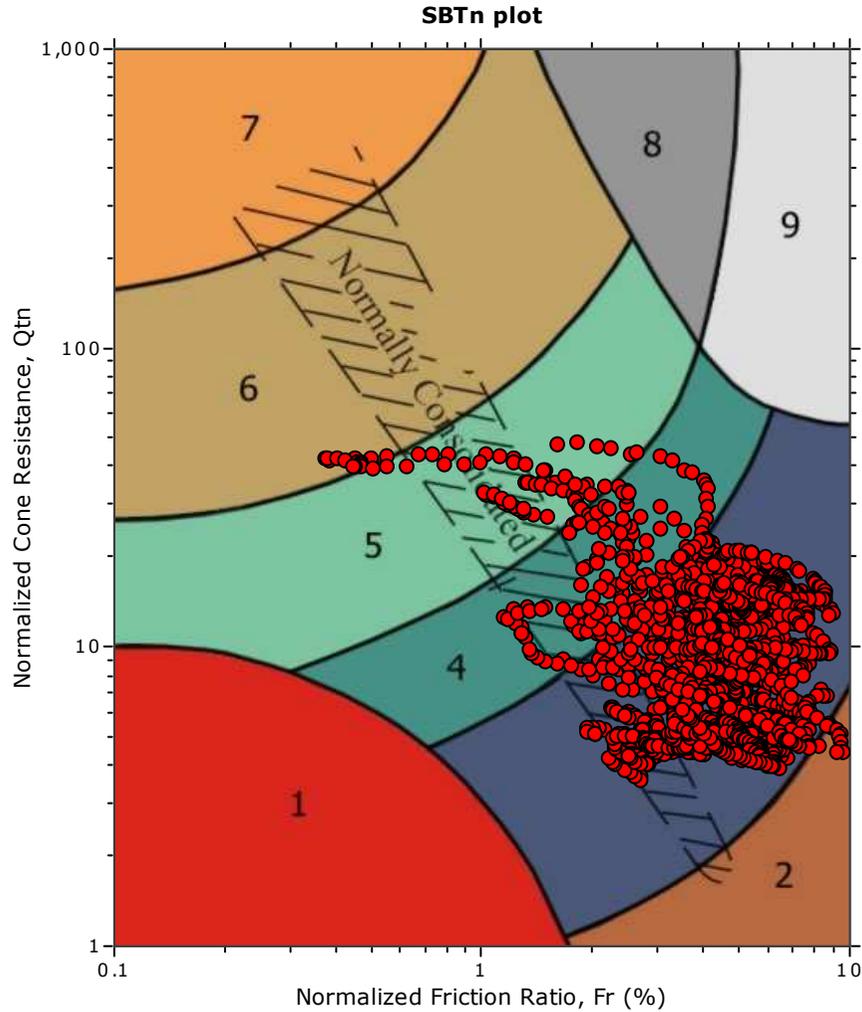
SBT - Bq plots



SBT legend

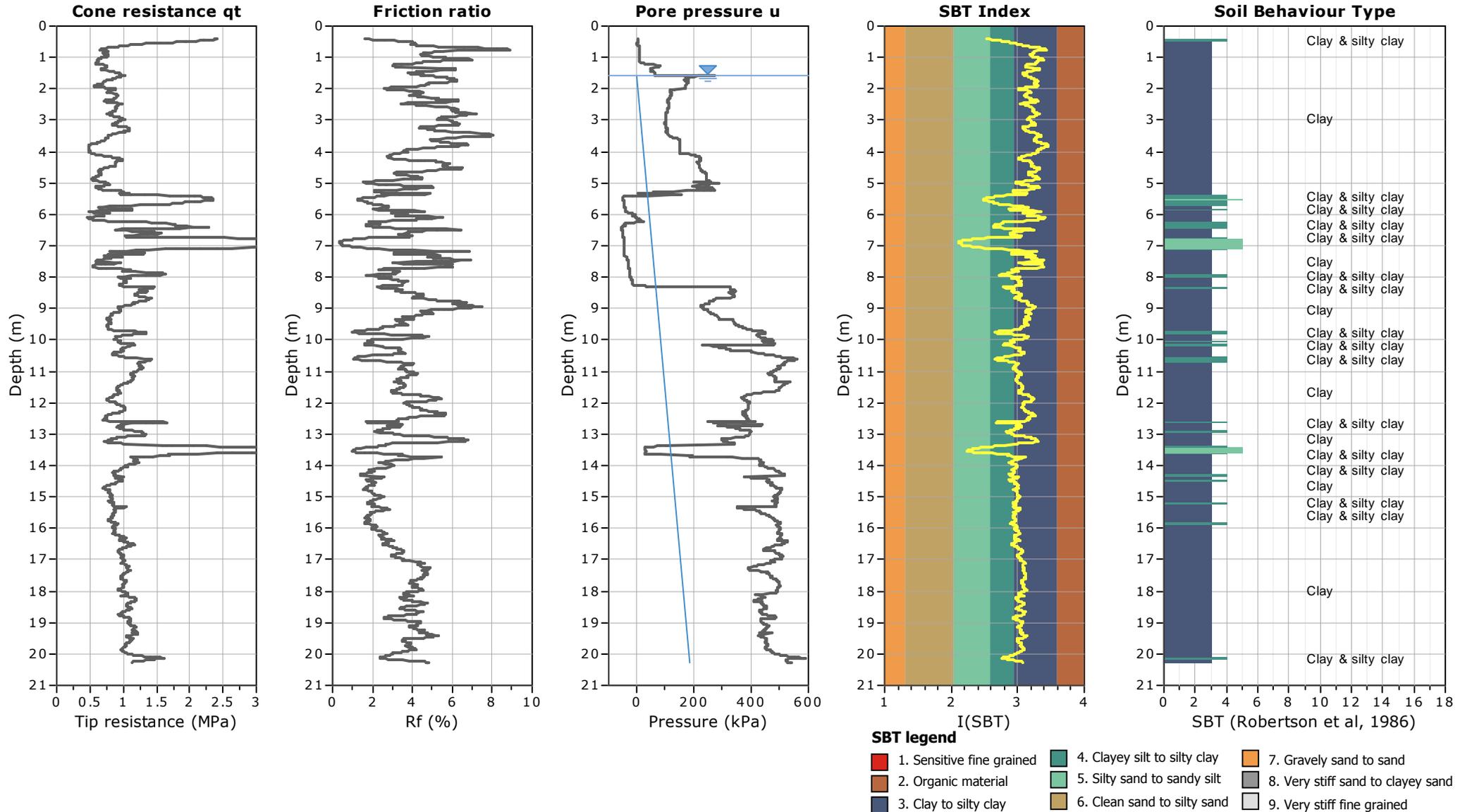
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty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

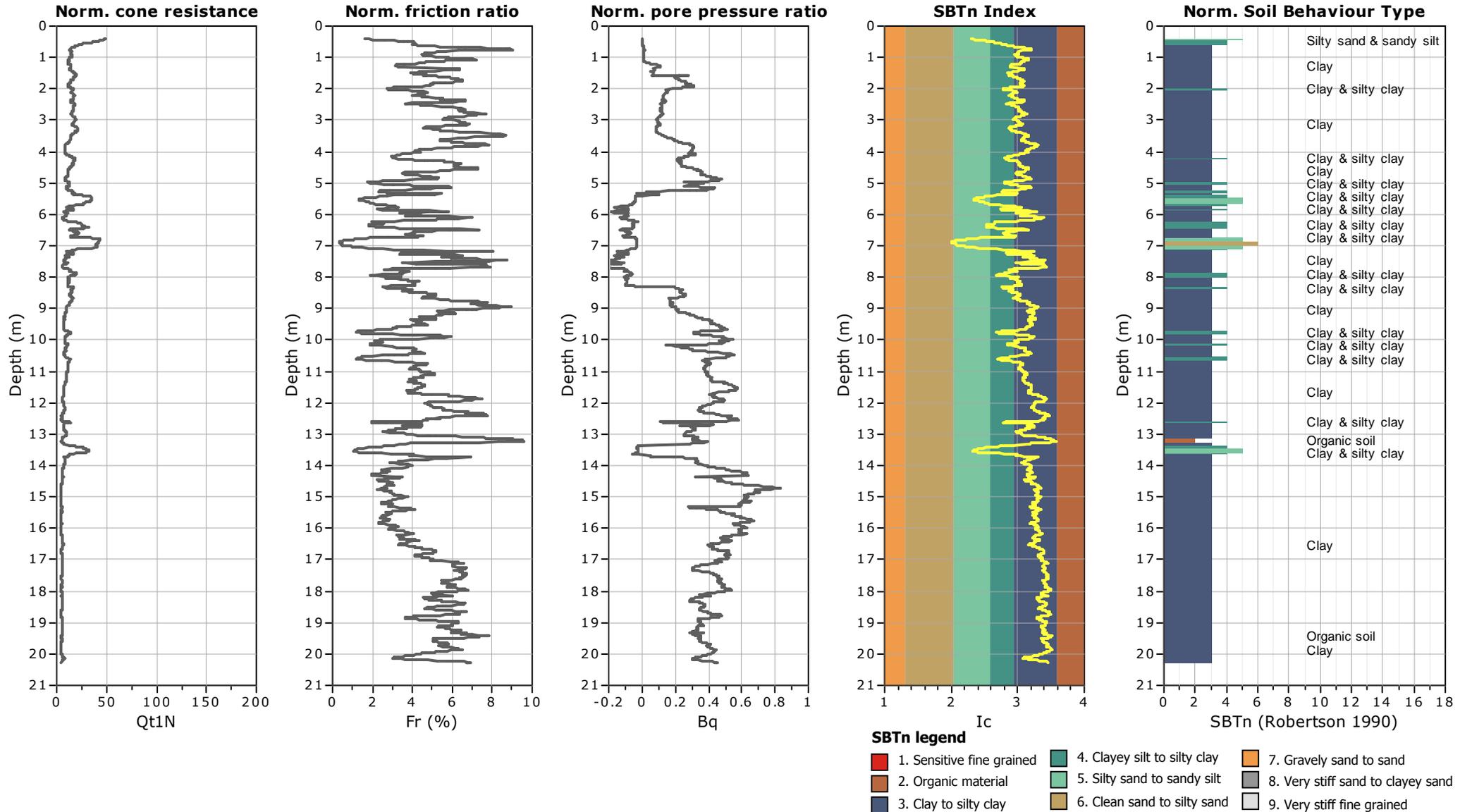
SBT - Bq plots (normalized)

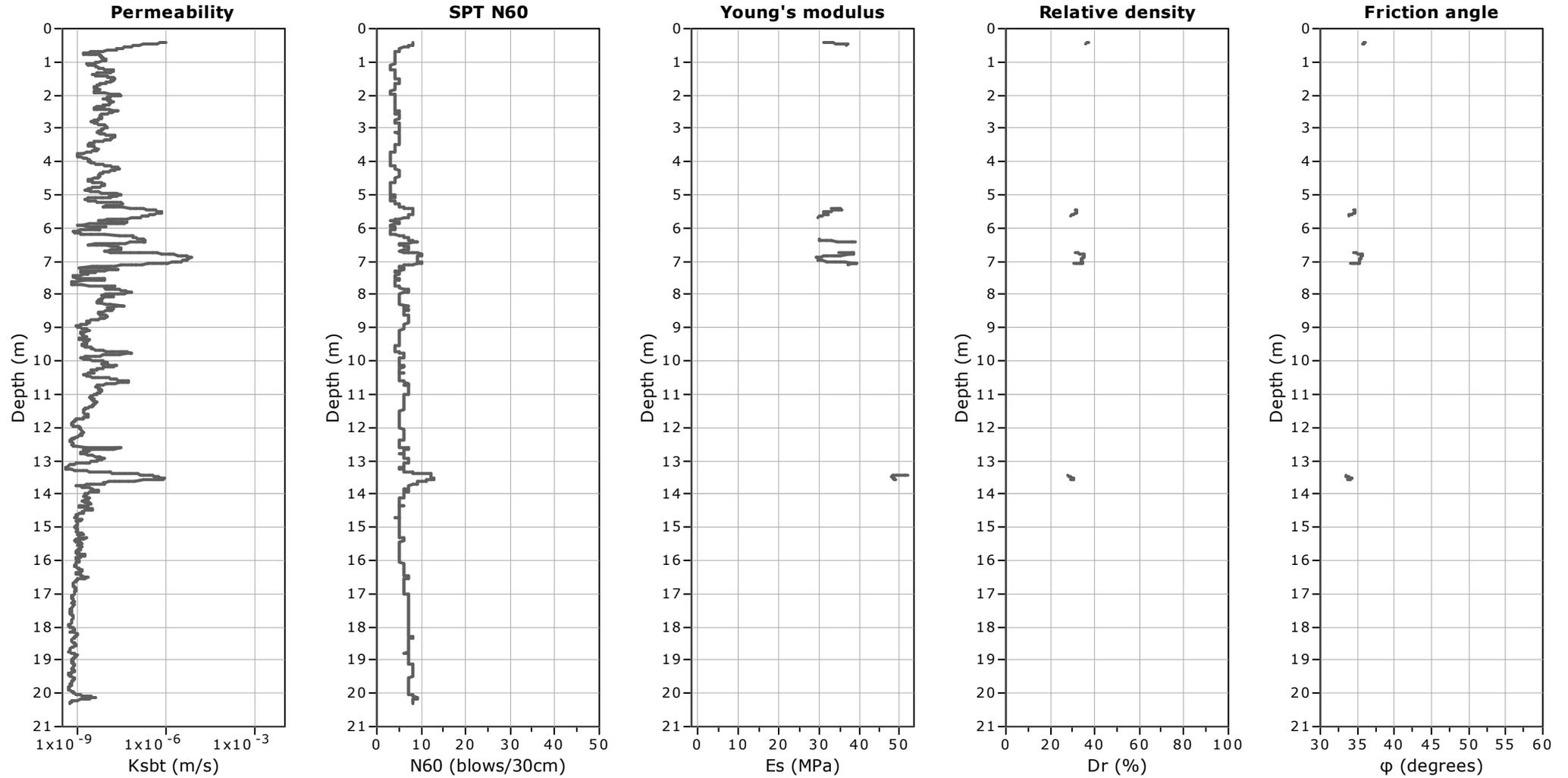


SBTn legend

- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 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 |







Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

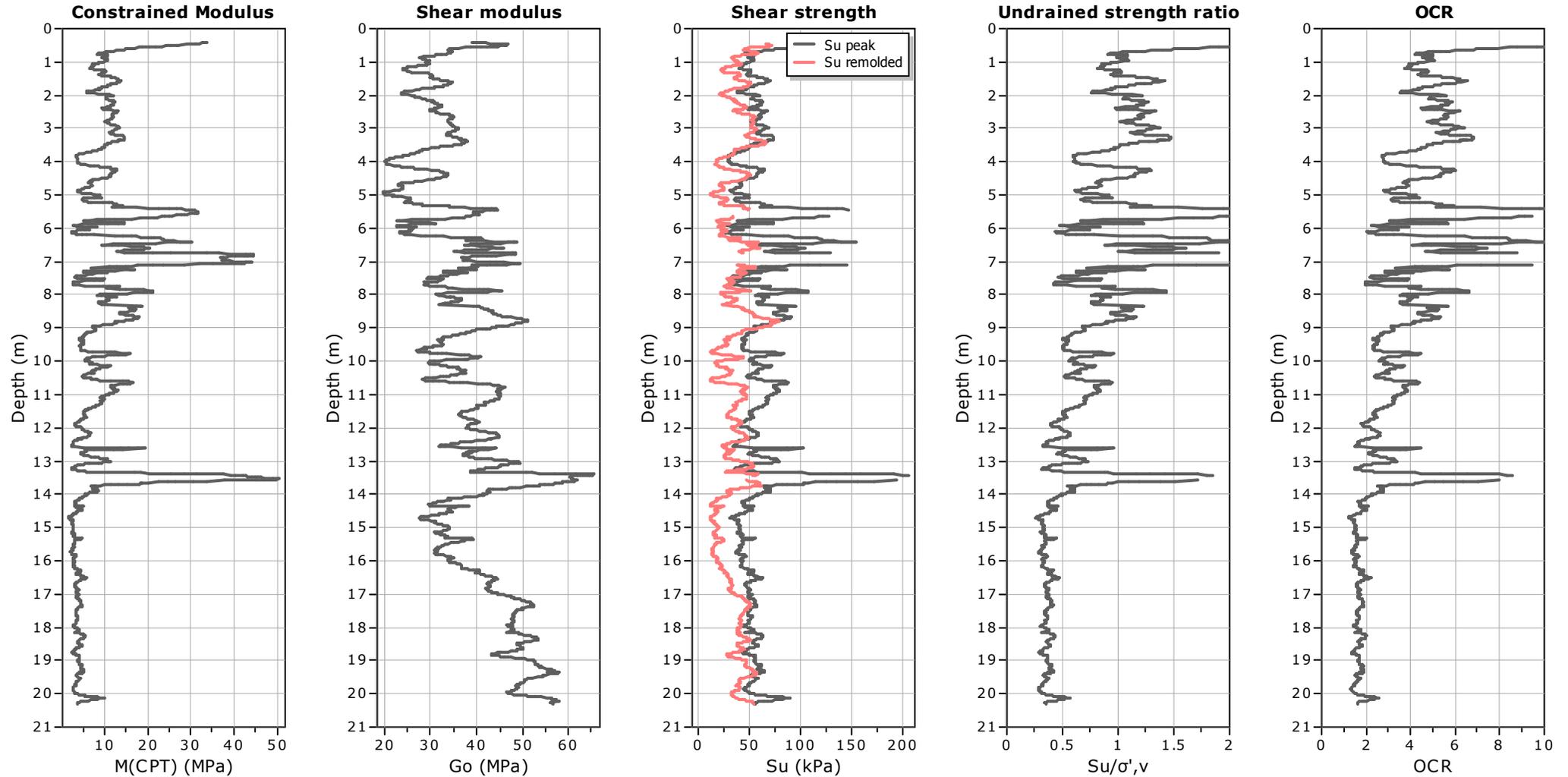
SPT N_{60} : Based on I_c and q_t

Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Relative density constant, C_{Dr} : 350.0

Phi: Based on Kulhavy & Mayne (1990)

● User defined estimation data



Calculation parameters

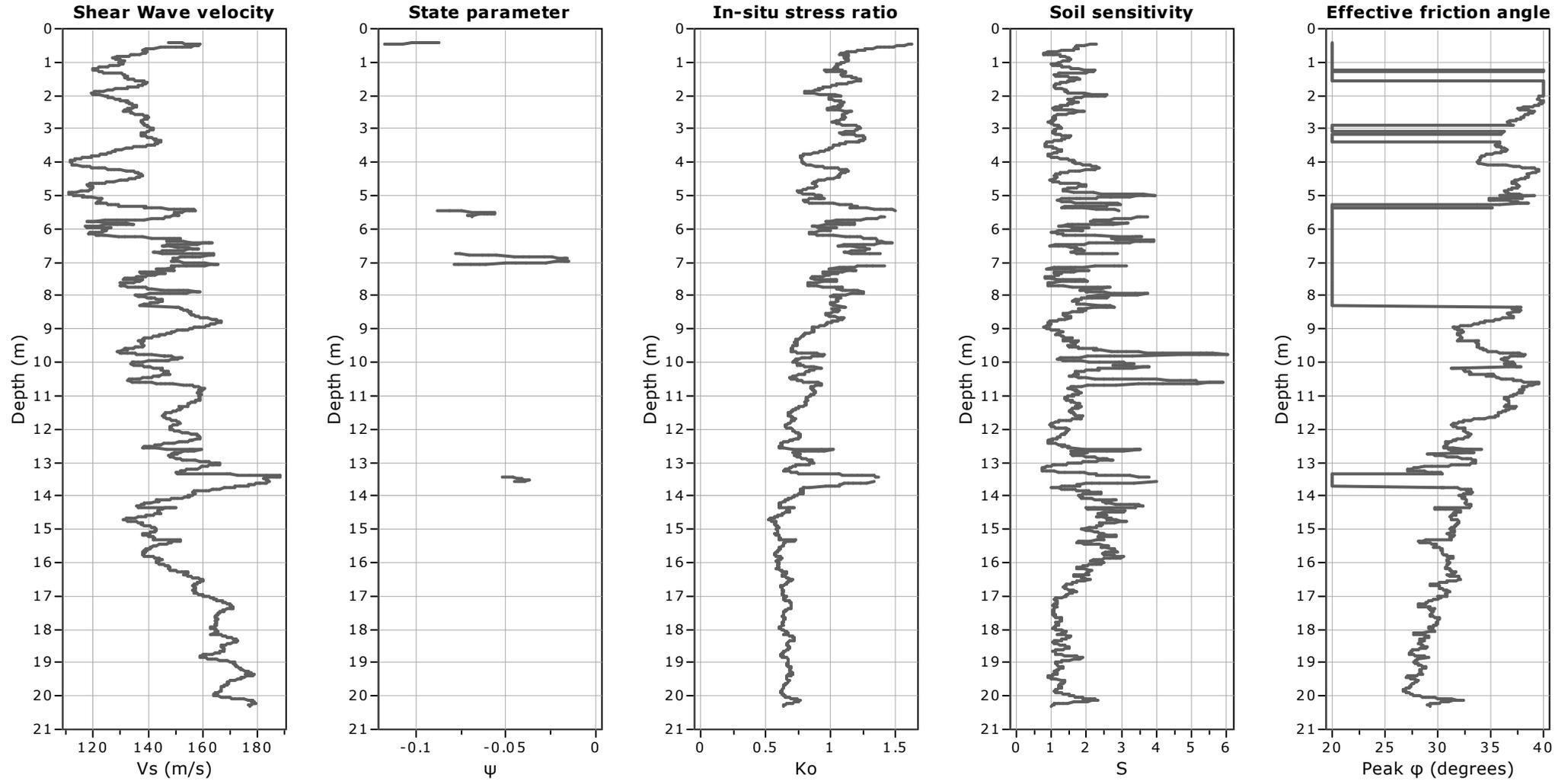
Constrained modulus: Based on variable α using I_c and Q_{tn} (Robertson, 2009)

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

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 (%) ::

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

:: 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 $I_c > 2.20$

$a = 14$ for $Q_{tn} > 14$

$a = Q_{tn}$ for $Q_{tn} \leq 14$

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

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) ::

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

:: 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 ::

$$K_0 = 0.1 \cdot \left(\frac{q_t - \sigma_v}{\sigma'_{vo}} \right)$$

(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., 4th Edition, July 2010
- Robertson, P.K., Interpretation of Cone Penetration Tests - a unified approach., Can. Geotech. J. 46(11): 1337–1355 (2009)

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche

ALLEGATO N° 2

Verifiche geotecniche

SEZIONE GEOTECNICA MEDIA	Commitente: TRANSMEC Località: ΔΗΡΙΑΜΕΝΤΟ Data: ΔΗΡΙΑΜΕΝΤΟ - CAMPOGLIANO (NO) VIA STRASBURGO - CAMPOGLIANO (NO)
---------------------------------	--

Falda (m): 1.8

Tipologia fondazione: **plinto**

Legenda: $\Phi(\text{°})$ =angolo d'attrito - $C(\text{kg/cm}^2)$ =coesione - $E(\text{kg/cm}^2)$ =modulo di deformazione

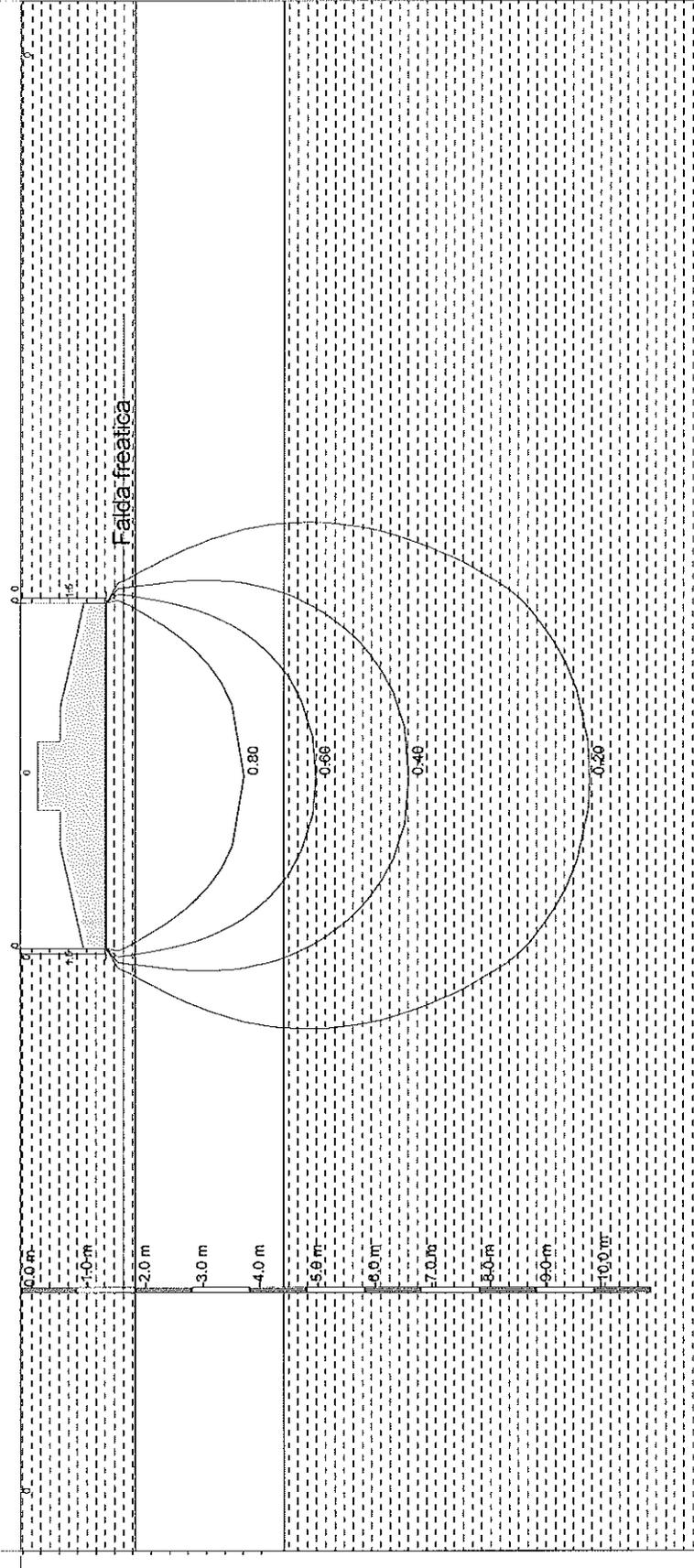
$P_v(\text{kg/m}^2)$ =peso di volume naturale

H(m)	H ₂ O	Descrizione	Phi (°)	C (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	P _v (kg/m ²)
0.0						
1.0	----					
2.0	----	Argilla o argilla limosa a medio scarsa consistenza.	0	0.4	35.0	1730.0
3.0	----					
4.0	----	Argilla o argilla limosa mediamente consistente.	0	0.6	40.0	1150.0
5.0	----					
6.0	----					
7.0	----					
8.0	----					
9.0	----	Argilla o argilla limosa poco consistente.	0	0.3	20.0	1050.0
10.0	----					
11.0	----					
12.0	----					
13.0	----					
14.0	----					
15.0	----					
16.0	----					
17.0	----					
18.0	----					
19.0	----	Argilla o argilla limosa mediamente consistente.	0	0.5	35.0	1150.0
20.0	----					
21.0	----					
22.0	----					
23.0	----					
24.0	----					
25.0	----					

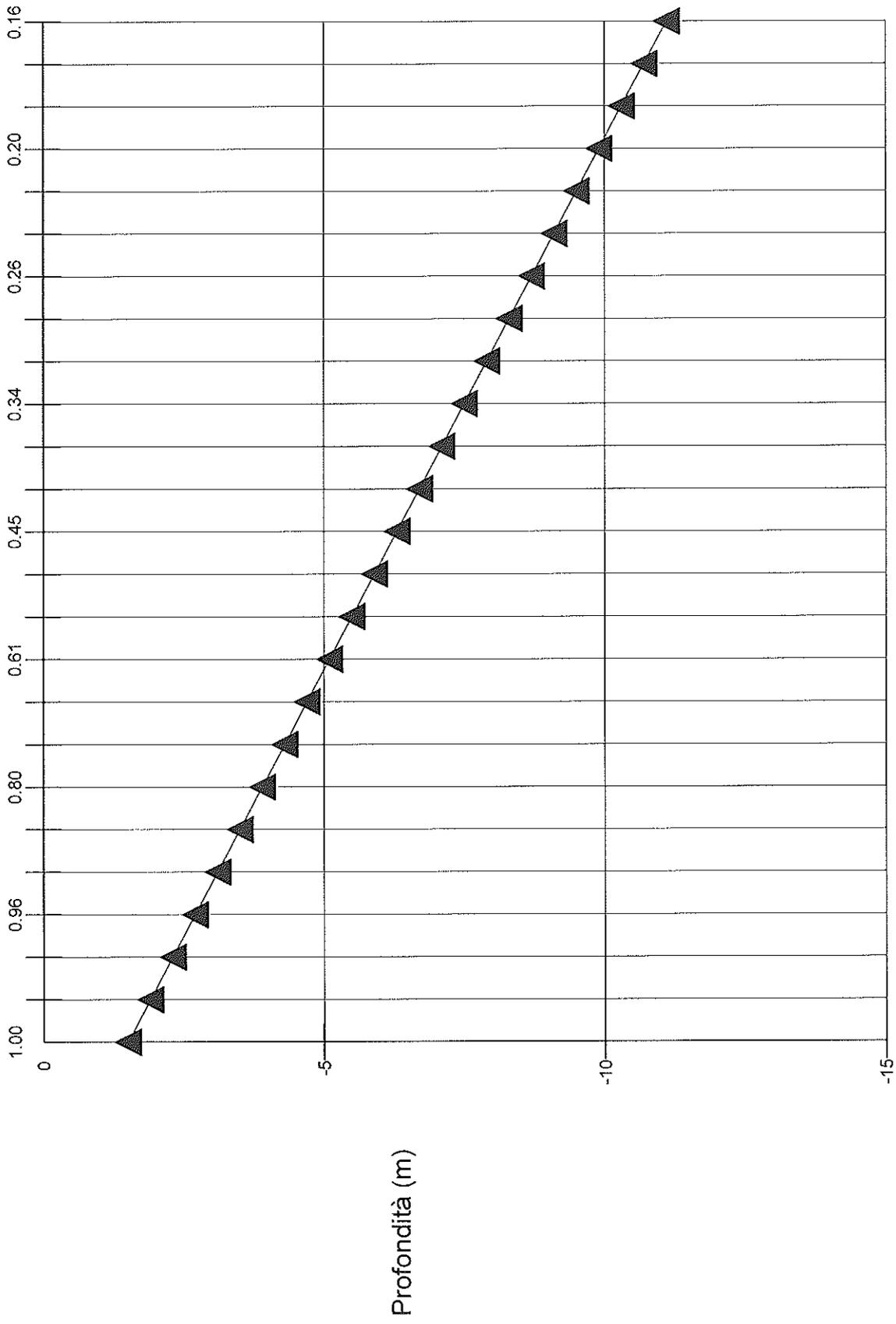
12.8

- 1) Argilla o argilla limosa a medio scarsa consistenza.
- 2) Argilla o argilla limosa mediamente consistente.
- 3) Argilla o argilla limosa poco consistente.
- 4) Argilla o argilla limosa mediamente consistente.

Tensioni indotte met. Newmark



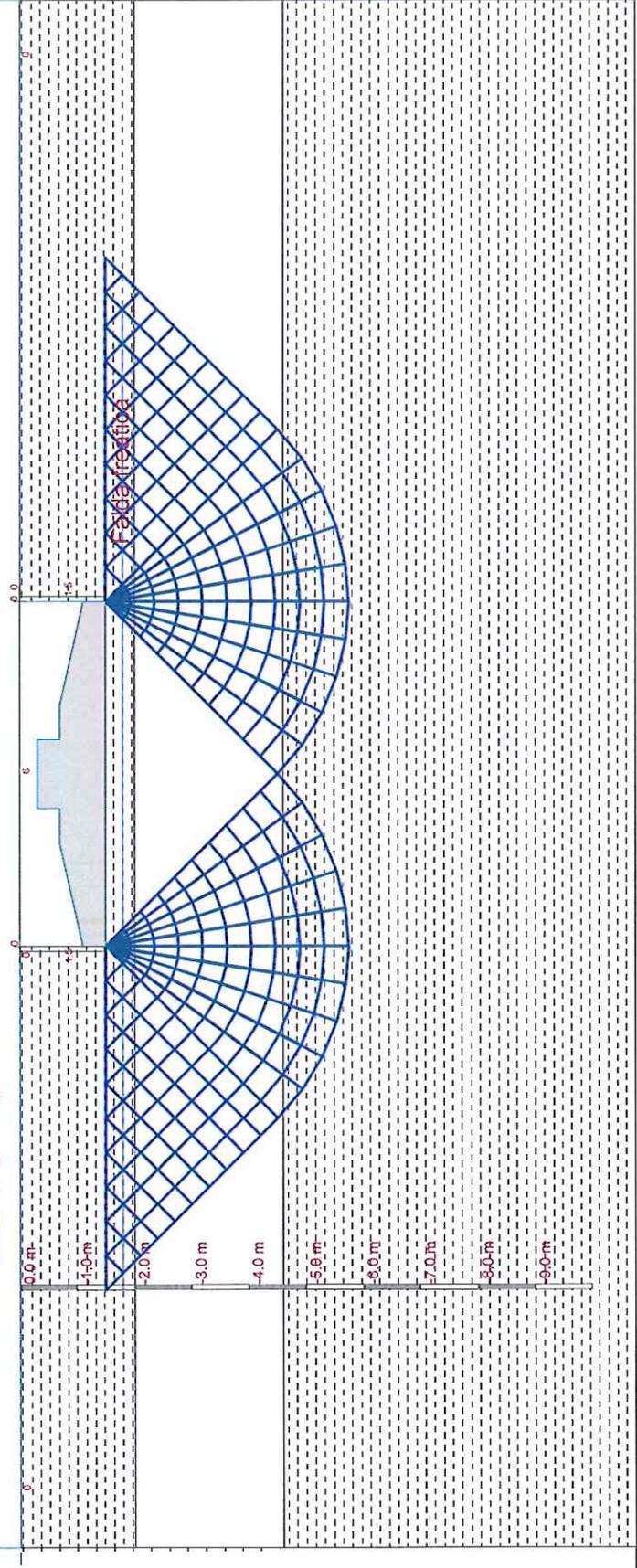
Andamento delle sollecitazioni: criterio di Newmark



Sovraccarico (kg/cm²)

- 1) Argilla o argilla limosa a medio scarsa consistenza.
- 2) Argilla o argilla limosa mediamente consistente.
- 3) Argilla o argilla limosa poco consistente.
- 4) Argilla o argilla limosa mediamente consistente.

Cuneo di portanza



DATI GEOMETRICI DELLA FONDAZIONE

Tipologia della fondazione:plinto
Geometria della fondazione:
Larghezza della base (m):6.00
Lunghezza della fondazione (m):6.00
Eccentricità della base - lato corto (m):0.00
Eccentricità della base - lato lungo (m):0.00
Profondità di posa - lato destro (m):1.50
Profondità di posa - lato sinistro (m):1.50
Profondità dello scavo - lato destro (m):0.00
Profondità dello scavo - lato sinistro (m):0.00
Larghezza dello scavo - lato destro (m):0.00
Larghezza dello scavo - lato sinistro (m):0.00
Inclinazione del pendio - lato a valle (°):0
Inclinazione del pendio - lato a monte (°):0
Inclinazione della base - lato corto (°):0
Inclinazione della base - lato lungo (°):0
Inclinazione del carico - lato corto (°):0
Inclinazione del carico - lato lungo (°):0
Fondazione di tipo:elastica
Densità del calcestruzzo (kg/mc):2500.00

FALDA

Profilo della falda

N	X (m)	Y(m)
1	-6.00	-1.80
2	11.00	-1.80

STRATIGRAFIA

Profilo strato n. 1

N	X (m)	Y(m)
1	-10.50	0.00
2	0.00	0.00
3	0.00	0.00
4	0.00	0.00
5	0.00	-1.50
6	6.00	-1.50
7	6.00	0.00
8	6.00	0.00
9	6.00	0.00
10	16.50	0.00

Strato n. 1 - Descrizione: Argilla o argilla limosa a medio scarsa consistenza.

Densità relativa $D_r(\%)$: 0
Angolo d'attrito $\Phi(^{\circ})$:0.00
Gamma sopra falda (kg/mc):1800.00
Gamma saturo (kg/mc):2100.00
Coesione (kg/cm²):0.40
Mod.deformazione (kg/cm²):35.00
Indice vuoti:0.00
O.C.R.:1.00
Indice compr.princ.:0.00
Indice compr.sec.:0.00
Indice ricompr.:0.00
Coef.consolidazione(cm²/s):0.00
Coef.di Poisson:0.50
R.Q.D.(%):0.00
Nspt medio:0
Rp(kg/cm²):0.00

Profilo strato n. 2

N	X (m)	Y(m)
1	-6.00	-2.00
2	12.00	-2.00

Strato n. 2 - Descrizione: Argilla o argilla limosa mediamente consistente.

Densità relativa $D_r(\%)$: 0
Angolo d'attrito $\Phi(^{\circ})$:0.00
Gamma sopra falda (kg/mc):1850.00
Gamma saturo (kg/mc):2150.00
Coesione (kg/cm²):0.60
Mod.deformazione (kg/cm²):40.00
Indice vuoti:0.00
O.C.R.:2.00
Indice compr.princ.:0.00
Indice compr.sec.:0.00
Indice ricompr.:0.00
Coef.consolidazione(cm²/s):0.00
Coef.di Poisson:0.40
R.Q.D.(%):0.00
Nspt medio:0
Rp(kg/cm²):0.00

Profilo strato n. 3

N	X (m)	Y(m)
1	-6.00	-4.60
2	12.00	-4.60

Strato n. 3 - Descrizione: Argilla o argilla limosa poco consistente.

Densità relativa $D_r(\%)$: 0
Angolo d'attrito $\Phi(^{\circ})$:0.00
Gamma sopra falda (kg/mc):1750.00
Gamma saturo (kg/mc):2050.00
Coesione (kg/cm²):0.30
Mod.deformazione (kg/cm²):20.00
Indice vuoti:0.00
O.C.R.:1.00
Indice compr.princ.:0.00
Indice compr.sec.:0.00
Indice ricompr.:0.00
Coef.consolidazione(cm²/s):0.00
Coef.di Poisson:0.50
R.Q.D.(%):0.00
Nspt medio:0
Rp(kg/cm²):0.00

Profilo strato n. 4

N	X (m)	Y(m)
1	-6.00	-12.80
2	12.00	-12.80

Strato n. 4 - Descrizione: Argilla o argilla limosa mediamente consistente.

Densità relativa $D_r(\%)$: 0
Angolo d'attrito $\Phi(^{\circ})$:0.00
Gamma sopra falda (kg/mc):1850.00
Gamma saturo (kg/mc):2150.00
Coesione (kg/cm²):0.50
Mod.deformazione (kg/cm²):35.00
Indice vuoti:0.00
O.C.R.:2.00
Indice compr.princ.:0.00
Indice compr.sec.:0.00
Indice ricompr.:0.00
Coef.consolidazione(cm²/s):0.00
Coef.di Poisson:0.40
R.Q.D.(%):0.00
Nspt medio:0
Rp(kg/cm²):0.00

PORTANZA DELLA FONDAZIONE

Profondità di calcolo:3.00
Criterio di calcolo:Terzaghi
Portanza limite della fondazione (kg/cmq):3.23
Coefficiente di sicurezza:3.00
Portanza ammissibile della fondazione (kg/cmq):1.08
Fattore di portanza Nq:1.00
Fattore di portanza Ng:0.00
Fattore di portanza Nc:5.71
Fattore di forma Sq:1.00
Fattore di forma Sg:0.80
Fattore di forma Sc:1.30
Fattore di approfondimento Dq:1.00
Fattore di approfondimento Dg:1.00
Fattore di approfondimento Dc:1.00
Fattore di inclinazione dei carichi Iq:1.00
Fattore di inclinazione dei carichi Ig:1.00
Fattore di inclinazione dei carichi Ic:1.00
Fattore di inclinazione della base Bq:1.00
Fattore di inclinazione della base Bg:1.00
Fattore di inclinazione della base Bc:1.00
Fattore di pendio Gq:1.00
Fattore di pendio Gg:1.00
Fattore di pendio Gc:1.00
Peso di volume medio sopra il piano di posa (kg/mc):1730.00

CEDIMENTI DELLA FONDAZIONE CPT N. 2

Carico applicato sulla fondazione (kg/cmq) :1.00

Metodo di calcolo strati incoerenti:

Cedimento immediato (cm):0.00

Cedimento secondario (cm):0.00

Cedimento massimo della fondazione (cm):0.00

Cedimento minimo della fondazione (cm):0.00

Cedimento totale degli strati incoerenti (cm):0.00

Metodo di calcolo strati coesivi:Steinbrenner

Cedimento di consolidazione (cm):0.00

Cedimento secondario (cm):0.00

Cedimento della fondazione (cm):2.41

Cedimento totale degli strati coesivi (cm):2.41

Cedimento totale del terreno di fondazione (cm):2.41

CEDIMENTI DELLA FONDAZIONE CPT N. 4

Carico applicato sulla fondazione (kg/cmq) :1.00

Metodo di calcolo strati incoerenti:

Cedimento immediato (cm):0.00

Cedimento secondario (cm):0.00

Cedimento massimo della fondazione (cm):0.00

Cedimento minimo della fondazione (cm):0.00

Cedimento totale degli strati incoerenti (cm):0.00

Metodo di calcolo strati coesivi:Steinbrenner

Cedimento di consolidazione (cm):0.00

Cedimento secondario (cm):0.00

Cedimento della fondazione (cm):2.89

Cedimento totale degli strati coesivi (cm):2.89

Cedimento totale del terreno di fondazione (cm):2.89

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE

Calcolo del coefficiente di sottofondazione - K di Winkler.

Criterio di calcolo :Bowles

Carico applicato sulla fondazione(kg/cmq):1.00

Cedimento di riferimento(cm):2.89

Coefficiente di sottofondazione (kg/cm²):1.05

CEDIMENTI DELLA FONDAZIONE CPT N. 5

Carico applicato sulla fondazione (kg/cmq) :1.00
Metodo di calcolo strati incoerenti:
Cedimento immediato (cm):0.00
Cedimento secondario (cm):0.00
Cedimento massimo della fondazione (cm):0.00
Cedimento minimo della fondazione (cm):0.00
Cedimento totale degli strati incoerenti (cm):0.00
Metodo di calcolo strati coesivi:Steinbrenner
Cedimento di consolidazione (cm):0.00
Cedimento secondario (cm):0.00
Cedimento della fondazione (cm):2.87
Cedimento totale degli strati coesivi (cm):2.87
Cedimento totale del terreno di fondazione (cm):2.87

CEDIMENTI DELLA FONDAZIONE CPT N. 6

Carico applicato sulla fondazione (kg/cmq) :1.00

Metodo di calcolo strati incoerenti:

Cedimento immediato (cm):0.00

Cedimento secondario (cm):0.00

Cedimento massimo della fondazione (cm):0.00

Cedimento minimo della fondazione (cm):0.00

Cedimento totale degli strati incoerenti (cm):0.00

Metodo di calcolo strati coesivi:Steinbrenner

Cedimento di consolidazione (cm):0.00

Cedimento secondario (cm):0.00

Cedimento della fondazione (cm):3.37

Cedimento totale degli strati coesivi (cm):3.37

Cedimento totale del terreno di fondazione (cm):3.37

CEDIMENTI DELLA FONDAZIONE CPT N. 7

Carico applicato sulla fondazione (kg/cm²) :1.00

Metodo di calcolo strati incoerenti:

Cedimento immediato (cm):0.00

Cedimento secondario (cm):0.00

Cedimento massimo della fondazione (cm):0.00

Cedimento minimo della fondazione (cm):0.00

Cedimento totale degli strati incoerenti (cm):0.00

Metodo di calcolo strati coesivi:Steinbrenner

Cedimento di consolidazione (cm):0.00

Cedimento secondario (cm):0.00

Cedimento minimo della fondazione (cm):3.44

Cedimento totale degli strati coesivi (cm):3.44

Cedimento totale del terreno di fondazione (cm):3.44

CEDIMENTI DELLA FONDAZIONE CPT N. 8

Carico applicato sulla fondazione (kg/cmq) :1.00

Metodo di calcolo strati incoerenti:

Cedimento immediato (cm):0.00

Cedimento secondario (cm):0.00

Cedimento massimo della fondazione (cm):0.00

Cedimento minimo della fondazione (cm):0.00

Cedimento totale degli strati incoerenti (cm):0.00

Metodo di calcolo strati coesivi:Steinbrenner

Cedimento di consolidazione (cm):0.00

Cedimento secondario (cm):0.00

Cedimento della fondazione (cm):3.33

Cedimento totale degli strati coesivi (cm):3.33

Cedimento totale del terreno di fondazione (cm):3.33

CEDIMENTI DELLA FONDAZIONE CPT N. 9

Carico applicato sulla fondazione (kg/cmq) :1.00

Metodo di calcolo strati incoerenti:

Cedimento immediato (cm):0.00

Cedimento secondario (cm):0.00

Cedimento massimo della fondazione (cm):0.00

Cedimento minimo della fondazione (cm):0.00

Cedimento totale degli strati incoerenti (cm):0.00

Metodo di calcolo strati coesivi:Steinbrenner

Cedimento di consolidazione (cm):0.00

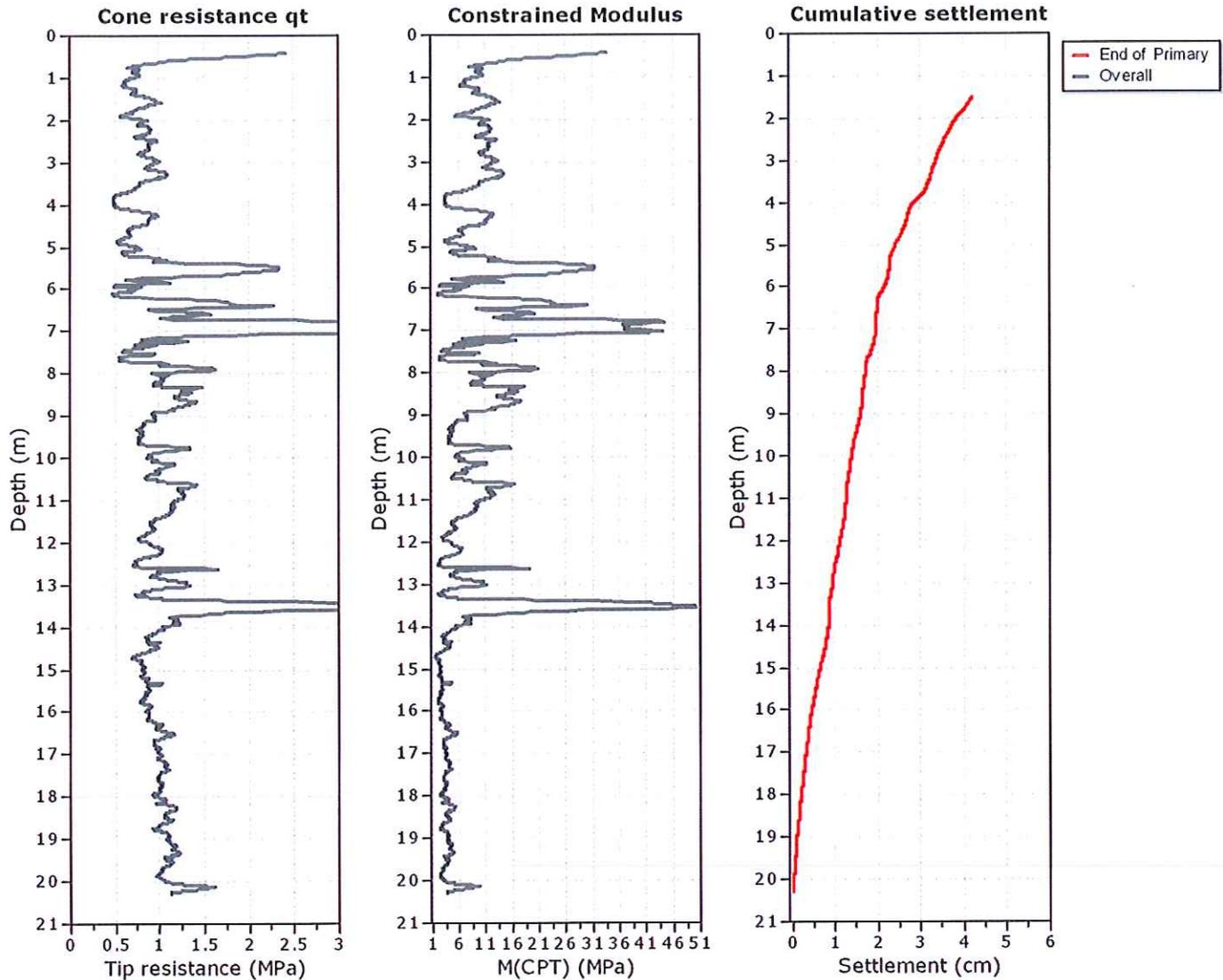
Cedimento secondario (cm):0.00

Cedimento della fondazione (cm):4.09

Cedimento totale degli strati coesivi (cm):4.09

Cedimento totale del terreno di fondazione (cm):4.09

Settlements calculation according to theory of elasticity*



Cacluation properties

Footing type: Rectangular
 Footing width: 6.00 (m)
 L/B: 1
 Footing pressure: 100.00 (kPa)
 Embedment depth: 1.50 (m)
 Footing is rigid: Yes
 Remove excavation load: Yes
 Apply 20% rule: No
 Calculate secondary settlements: No
 Time period for second. settlements: N/A

* Primary settlements calculation is performed according to the following formula:

$$S = \sum \frac{\Delta\sigma_v}{M_{CPT}} \Delta z$$

* Secondary (creep) settlements calculation is performed according to the following formula:

$$S = C_a \cdot \Delta z \cdot \log(t)$$

:: Tabular results ::

Point No	Start depth (m)	End depth (m)	Thickness (m)	Relative depth (m)	Delta P (kPa)	$M_{(CPT)}$ (MPa)	I_z	Settlement (cm)	Second. settlement (cm)	Overall settlement (cm)
1846	19.95	19.96	0.01	18.45	3.23	3.03	0.05	0.001	0.000	0.001
1847	19.96	19.97	0.01	18.47	3.23	3.03	0.05	0.001	0.000	0.001
1848	19.97	19.98	0.01	18.48	3.23	3.12	0.05	0.001	0.000	0.001
1849	19.98	19.99	0.01	18.49	3.23	3.21	0.05	0.001	0.000	0.001
1850	19.99	20.00	0.01	18.50	3.22	3.30	0.05	0.001	0.000	0.001
1851	20.00	20.01	0.01	18.51	3.22	3.40	0.05	0.001	0.000	0.001
1852	20.01	20.02	0.01	18.52	3.22	3.59	0.04	0.001	0.000	0.001
1853	20.02	20.03	0.01	18.53	3.21	3.89	0.04	0.001	0.000	0.001
1854	20.03	20.04	0.01	18.54	3.21	4.19	0.04	0.001	0.000	0.001
1855	20.04	20.05	0.01	18.55	3.21	4.51	0.04	0.001	0.000	0.001
1856	20.05	20.06	0.01	18.56	3.20	5.08	0.04	0.001	0.000	0.001
1857	20.06	20.07	0.01	18.57	3.20	5.31	0.04	0.001	0.000	0.001
1858	20.07	20.08	0.01	18.58	3.20	5.55	0.04	0.001	0.000	0.001
1859	20.08	20.09	0.01	18.59	3.19	6.04	0.04	0.001	0.000	0.001
1860	20.09	20.10	0.01	18.60	3.19	6.95	0.04	0.000	0.000	0.000
1861	20.10	20.11	0.01	18.61	3.19	8.21	0.04	0.000	0.000	0.000
1862	20.11	20.12	0.01	18.62	3.19	8.98	0.04	0.000	0.000	0.000
1863	20.12	20.13	0.01	18.63	3.18	9.62	0.04	0.000	0.000	0.000
1864	20.13	20.14	0.01	18.64	3.18	9.95	0.04	0.000	0.000	0.000
1865	20.14	20.15	0.01	18.65	3.18	9.13	0.04	0.000	0.000	0.000
1866	20.15	20.16	0.01	18.66	3.17	8.75	0.04	0.000	0.000	0.000
1867	20.16	20.17	0.01	18.67	3.17	8.26	0.04	0.000	0.000	0.000
1868	20.17	20.18	0.01	18.68	3.17	7.95	0.04	0.000	0.000	0.000
1869	20.18	20.19	0.01	18.69	3.16	7.39	0.04	0.000	0.000	0.000
1870	20.19	20.20	0.01	18.70	3.16	6.85	0.04	0.000	0.000	0.000
1871	20.20	20.21	0.01	18.70	3.16	6.21	0.04	0.001	0.000	0.001
1872	20.21	20.22	0.01	18.72	3.15	5.60	0.04	0.001	0.000	0.001
1873	20.22	20.23	0.01	18.73	3.15	5.14	0.04	0.001	0.000	0.001
1874	20.23	20.24	0.01	18.74	3.15	4.80	0.04	0.001	0.000	0.001
1875	20.24	20.25	0.01	18.75	3.15	4.27	0.04	0.001	0.000	0.001
1876	20.25	20.26	0.01	18.76	3.14	4.06	0.04	0.001	0.000	0.001
1877	20.26	20.27	0.01	18.77	3.14	3.76	0.04	0.001	0.000	0.001
1878	20.27	20.28	0.01	18.78	3.14	3.77	0.04	0.001	0.000	0.001
1879	20.28	20.29	0.01	18.79	3.13	3.78	0.04	0.001	0.000	0.001

Total primary settlement: 4.20**Total calculated settlement: 4.20****Abbreviations**

Start depth:	Start depth of soil layer (penetration depth measured from ground free surface)
End depth:	End depth of soil layer (penetration depth measured from ground free surface)
Thickness:	Thickness of soil layer
Relative depth:	Depth of calculation relative to footing
I_z :	Stress influence factor
Delta P:	Footing imposed stress:
Eff. stress:	Effective stress
$M_{(CPT)}$:	Constrained modulus from CPT
Settlement:	Primary settlement
Second. settlement:	Secondary settlements due to creep

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche

ALLEGATO N° 3

Indagine sismica
-MASW
-HVSR

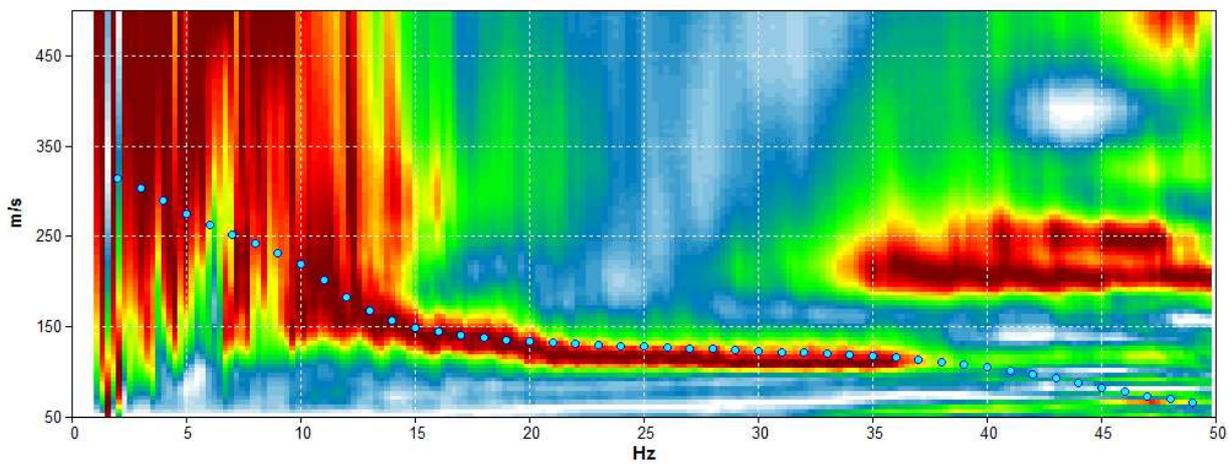
CAMPOGALLIANO TRANSMEC MASW, 2

Start recording: 07/07/14 12:32:45 End recording: 07/07/14 12:32:47
Trace length: 0h00'02".
Sampling rate: 4000 Hz

Channel labels: CH01 ; CH02 ; CH03 ; CH04 ; CH05 ; CH06 ; CH07 ;
CH08 ; CH09 ; CH10 ; CH11 ; CH12 ; CH13 ; CH14 ; CH15 ; CH16
; CH17 ; CH18 ; CH19 ; CH20 ; CH21 ; CH22 ; CH23 ; CH24

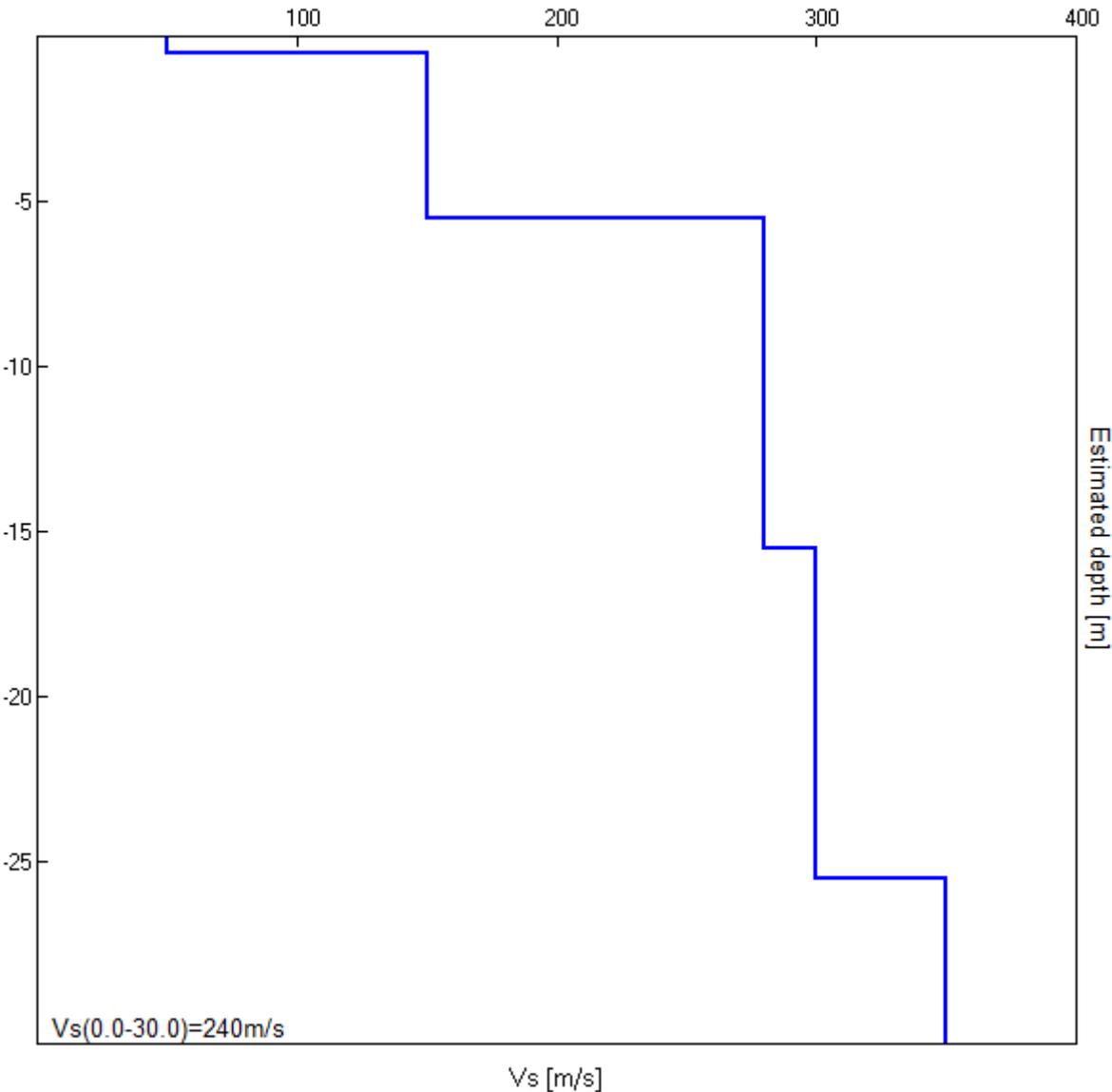
Array geometry (x): 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0
38.0 40.0 42.0 44.0 46.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.50	0.50	50	0.42
5.50	5.00	150	0.42
15.50	10.00	280	0.42
25.50	10.00	300	0.42
inf.	inf.	350	0.42

Vs(0.0-30.0)=240m/s

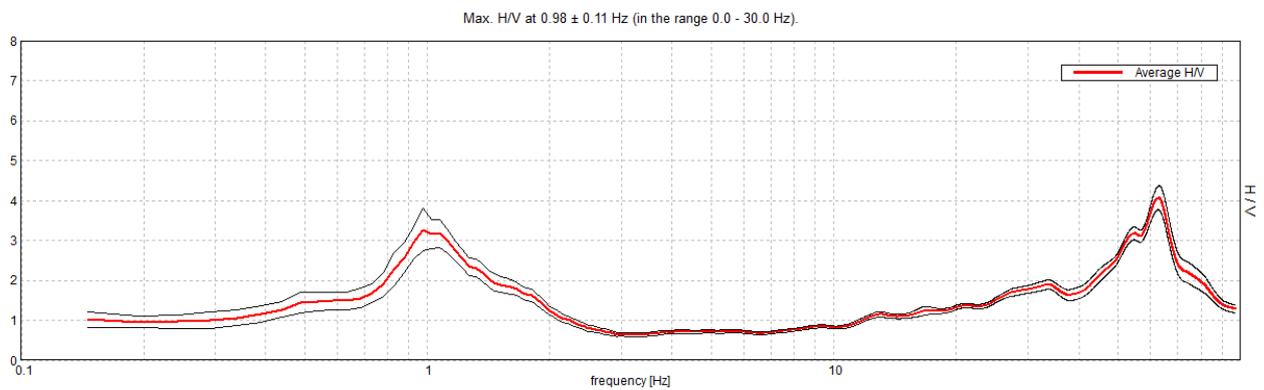


CAMPOGALLIANO TRANSMEC, 1 1

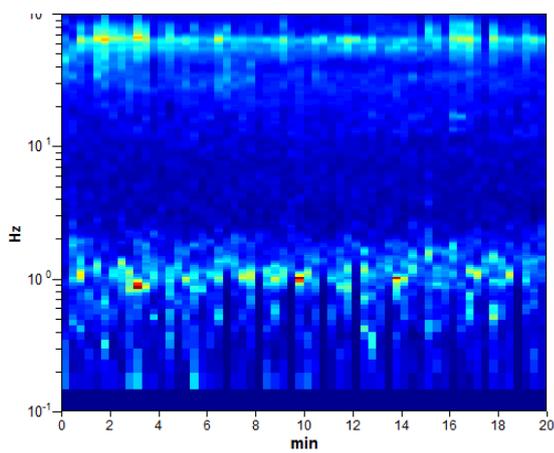
Instrument: EXT- 24 bit USB
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 07/07/14 10:42:35 End recording: 07/07/14 11:02:35
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 100% trace (automatic window selection)
Sampling rate: 200 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

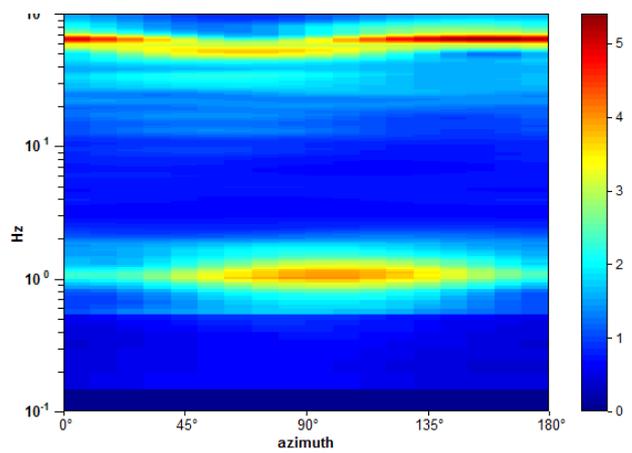
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



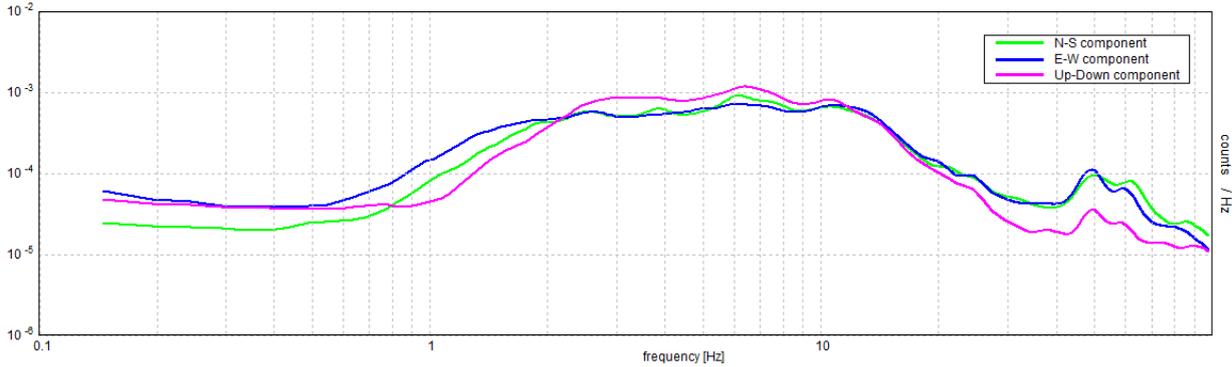
H/V TIME HISTORY



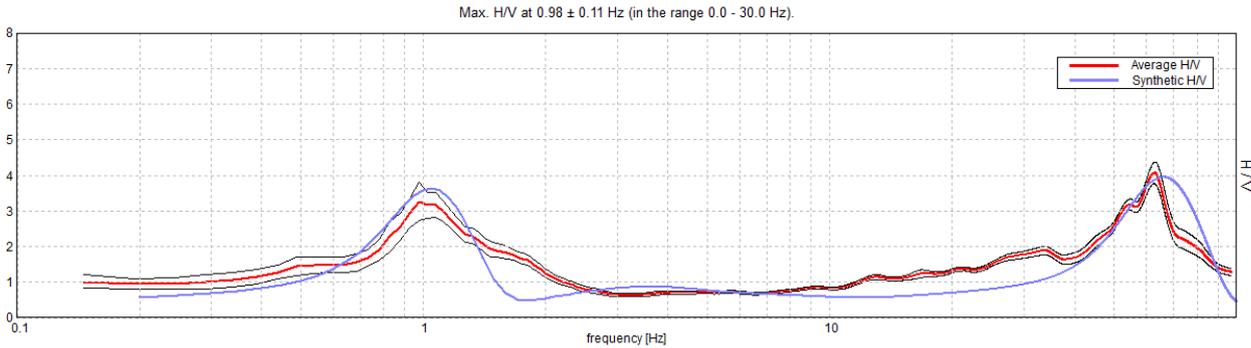
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

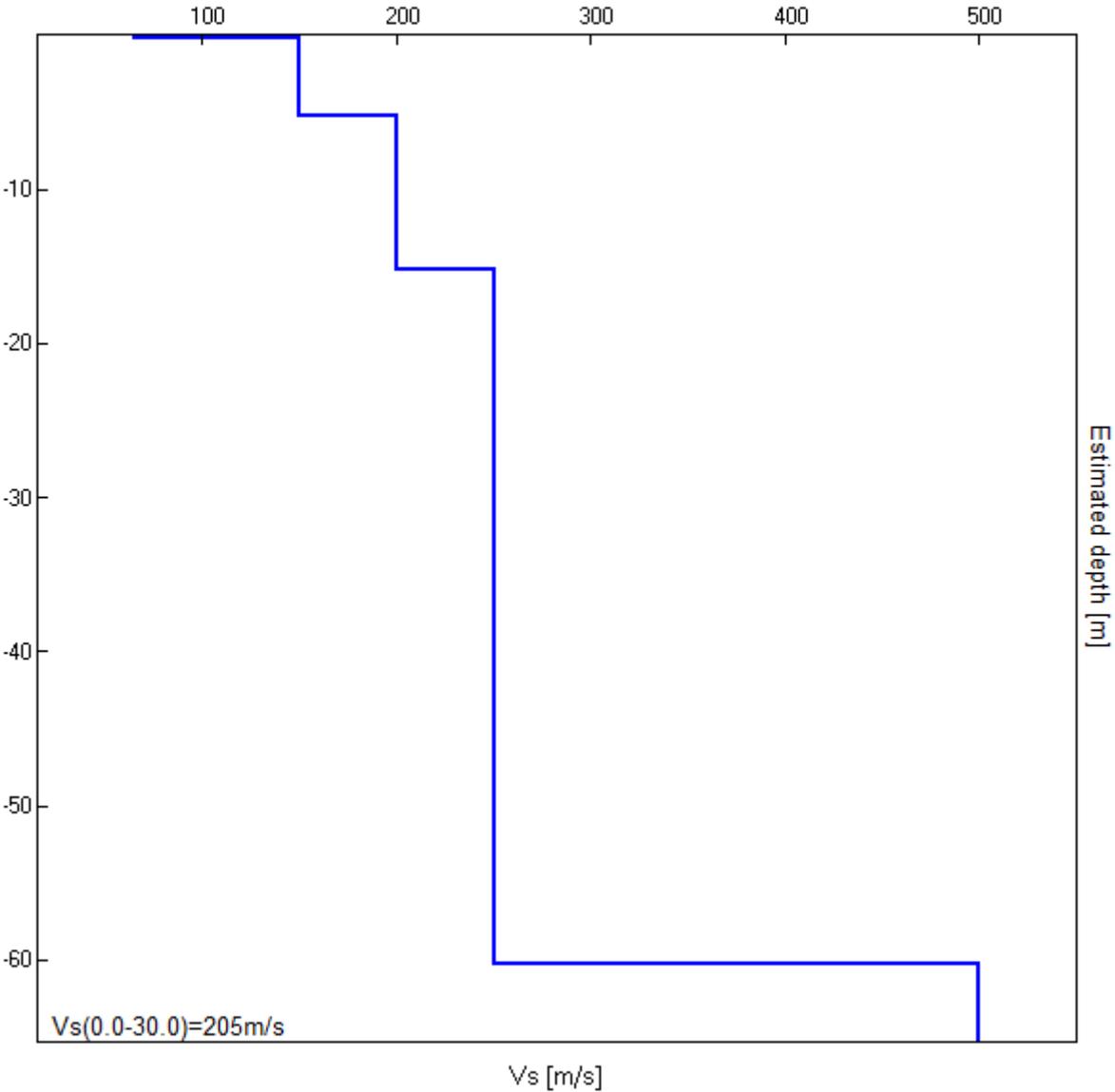


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.25	0.25	65	0.42
5.25	5.00	150	0.42
15.25	10.00	200	0.42
25.25	10.00	250	0.42
60.25	35.00	250	0.42
inf.	inf.	500	0.40

Vs(0.0-30.0)=205m/s

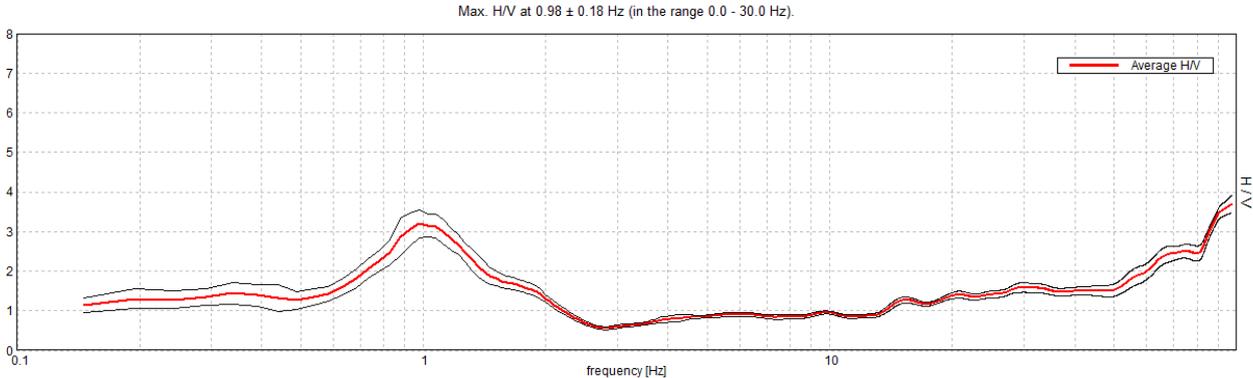


CAMPOGALLIANO TRANSMEC, 2 2

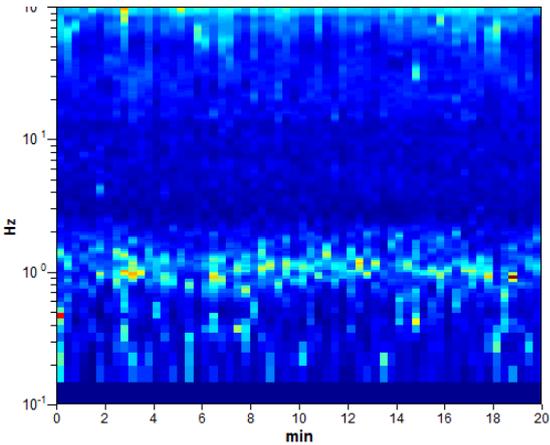
Instrument: EXT- 24 bit USB
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 07/07/14 12:16:36 End recording: 07/07/14 12:36:36
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 100% trace (automatic window selection)
Sampling rate: 200 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

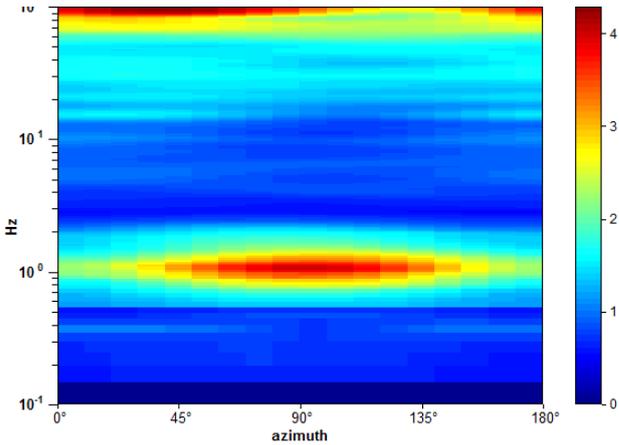
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



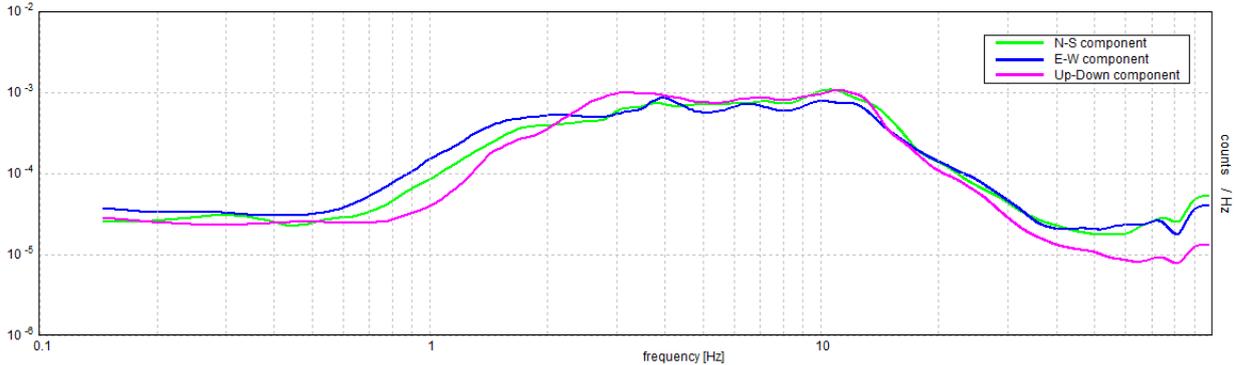
H/V TIME HISTORY



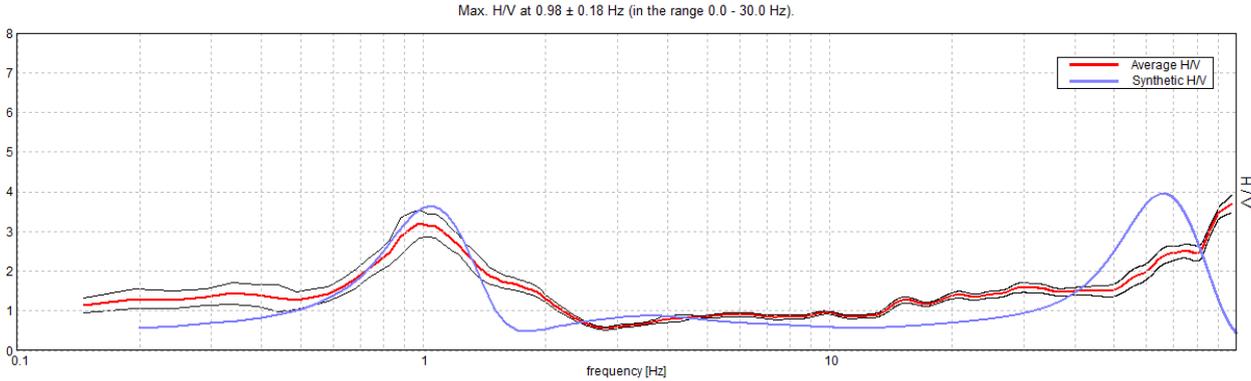
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

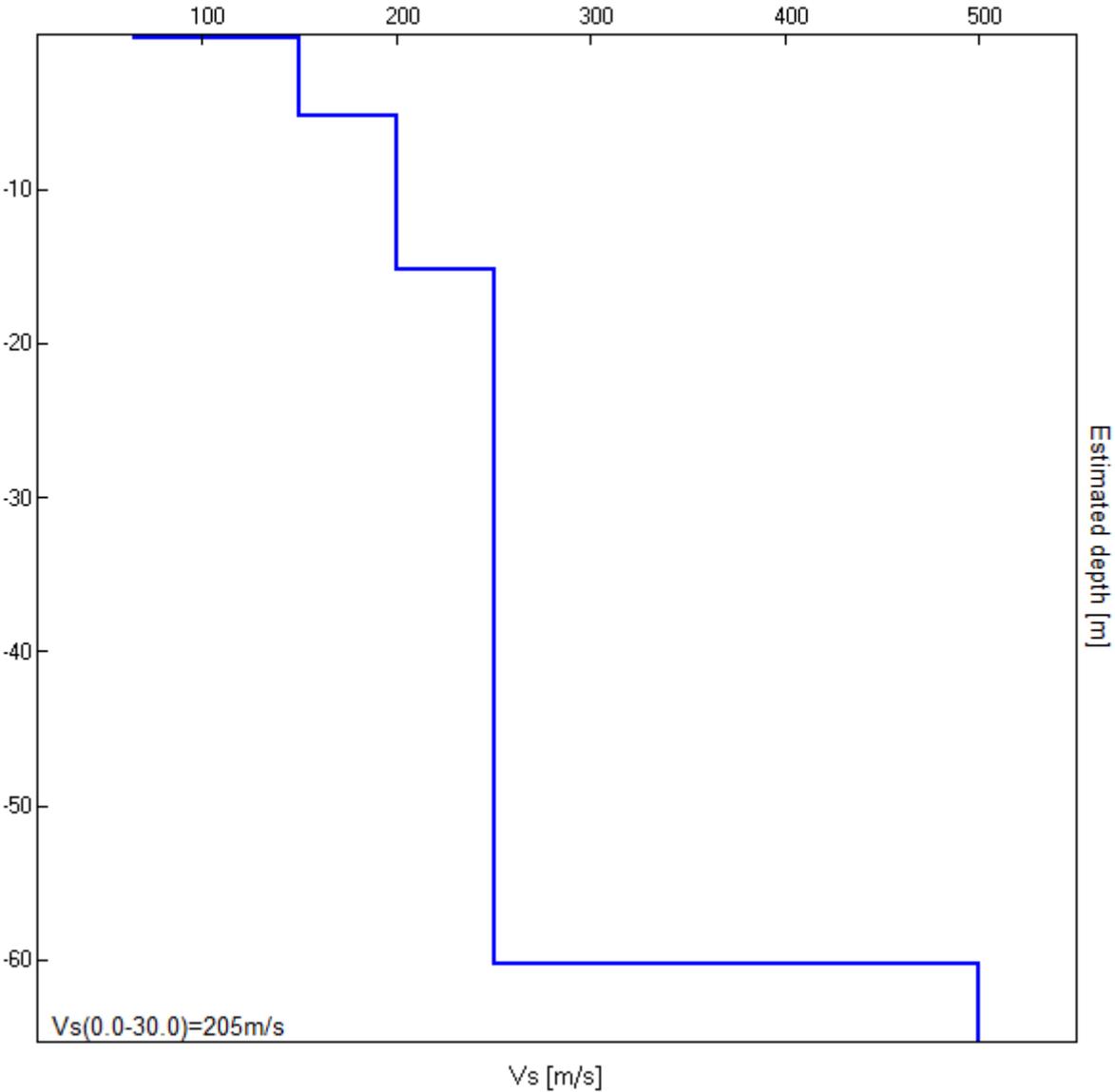


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.25	0.25	65	0.42
5.25	5.00	150	0.42
15.25	10.00	200	0.42
25.25	10.00	250	0.42
60.25	35.00	250	0.42
inf.	inf.	500	0.40

Vs(0.0-30.0)=205m/s



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.98 ± 0.18 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.98 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1171.9 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 31 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.586 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.807 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.19 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.18864 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.18421 < 0.14648$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3608 < 2.0$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.98 ± 0.11 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.98 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1171.9 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 31 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.684 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.807 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.27 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.11762 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.11486 < 0.14648$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5322 < 2.0$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geognostiche e geofisiche – geologia applicata alle costruzioni – laboratorio geotecnico - idrogeologia
– coltivazione cave– bonifiche – consolidamenti – geologia ambientale – consulenze geologiche e geotecniche

ALLEGATO N° 4

Verifica alla liquefazione

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

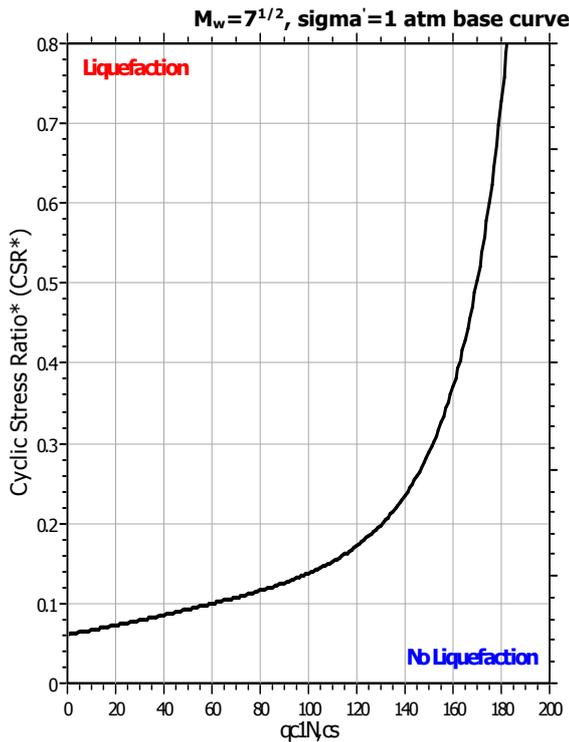
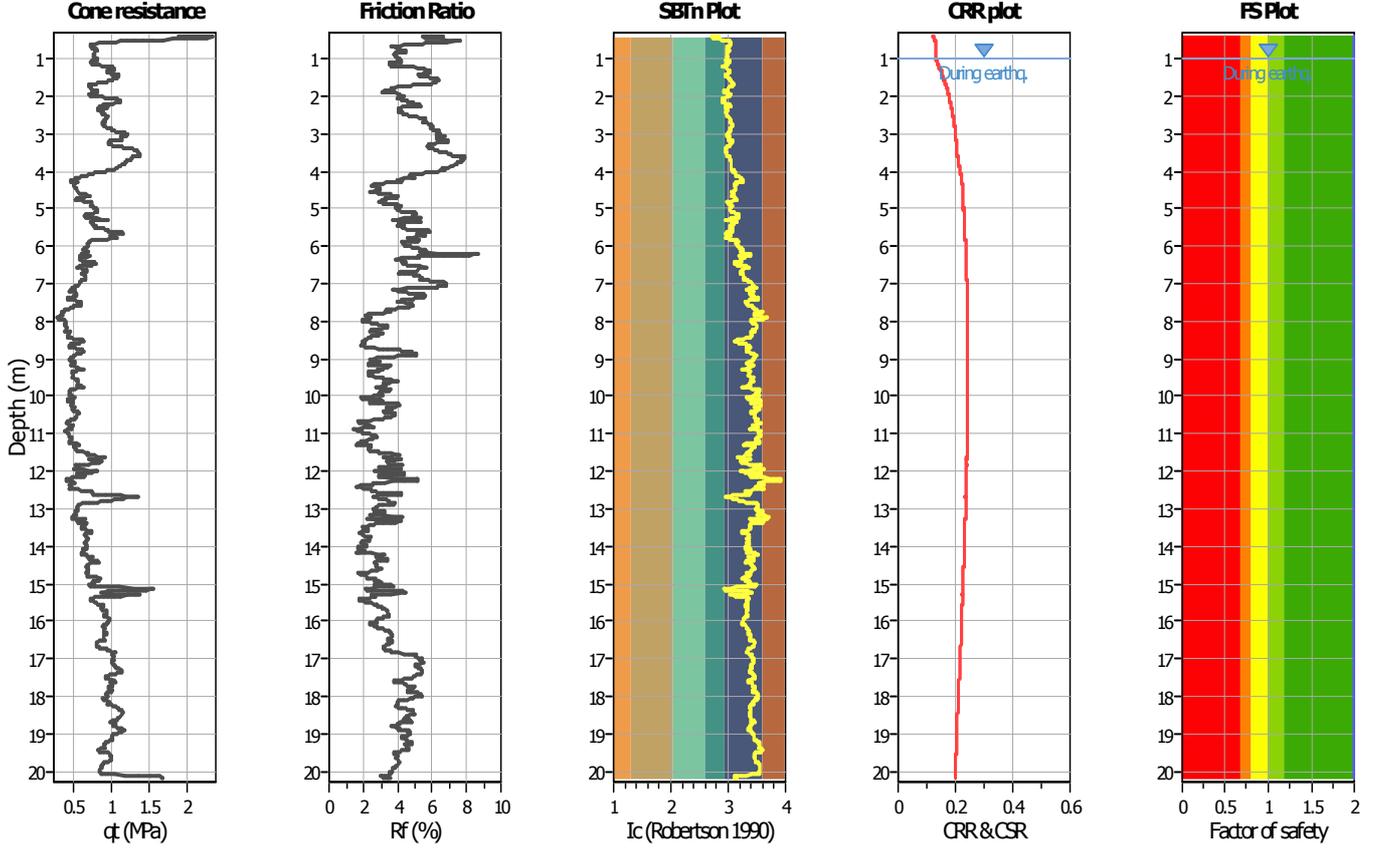
Project title : STUDIO DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Location : CAMPOGALLIANO (MO) - TRANSMEC

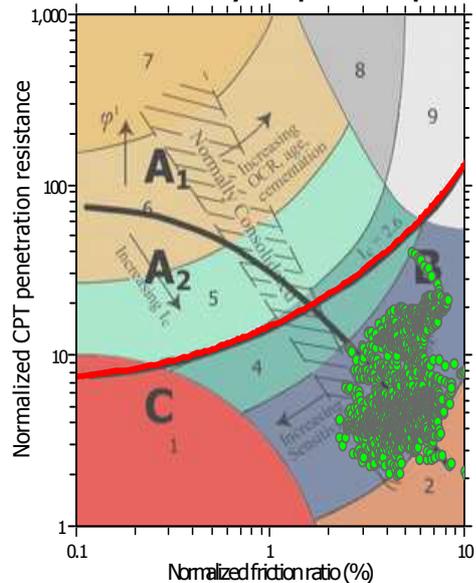
CPT file : CPTU3

Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	1.60 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	Sands only
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	MSF method:	Method
Peak ground acceleration:	0.24	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_σ applied:	Yes		

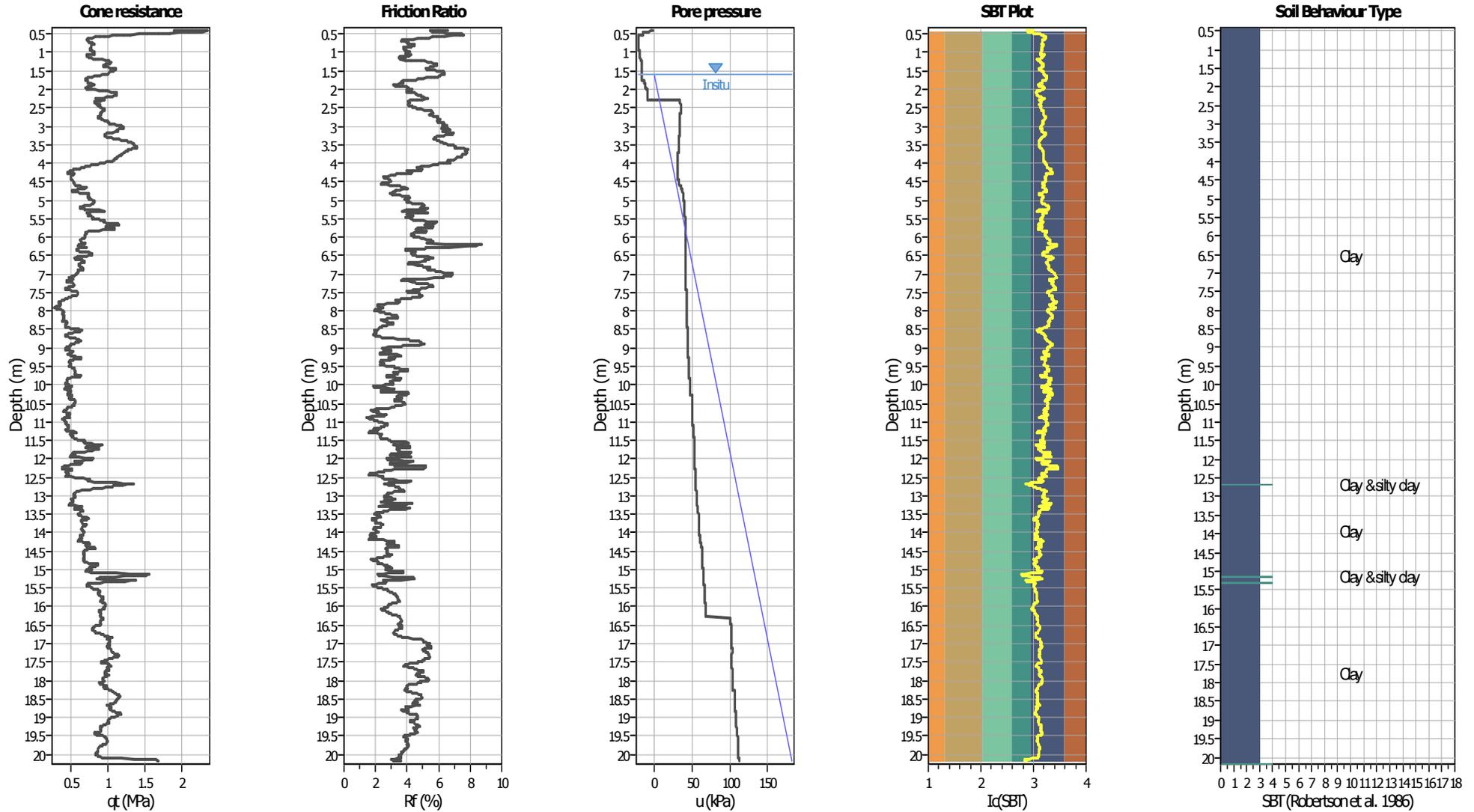


Summary of liquefaction potential



Zone A₁: Cyclic liquefaction likely depending on size and duration of cyclic loading
 Zone A₂: Cyclic liquefaction and strength loss likely depending on loading and ground geometry
 Zone B: Liquefaction and post-earthquake strength loss unlikely, check cyclic softening
 Zone C: Cyclic liquefaction and strength loss possible depending on soil plasticity, brittleness/sensitivity, strain to peak undrained strength and ground geometry

CPT basic interpretation plots



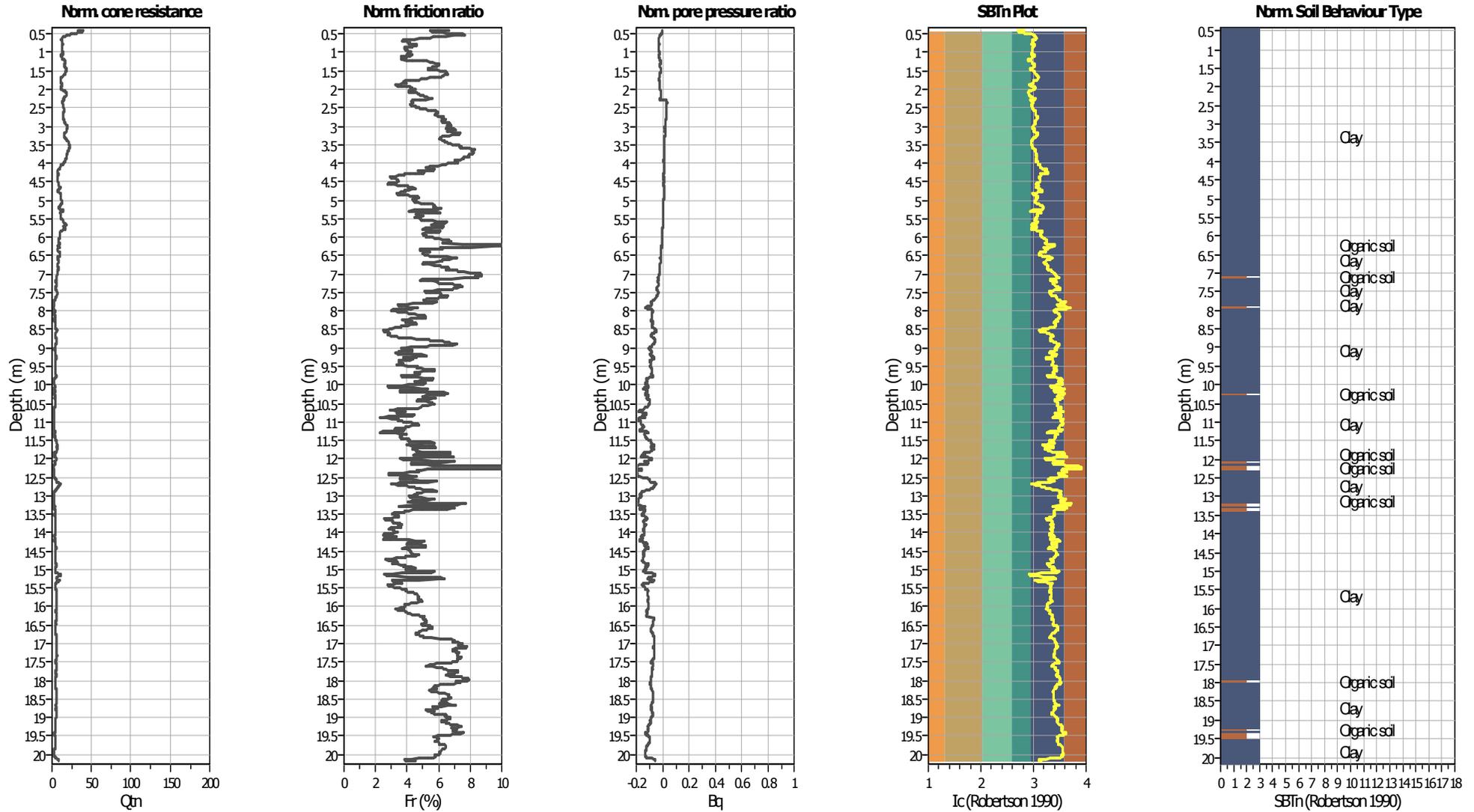
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on I_c value	I_c cut-off value:	2.60	K_{σ} applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.24	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	1.60 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

SBT legend

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

CPT basic interpretation plots (normalized)



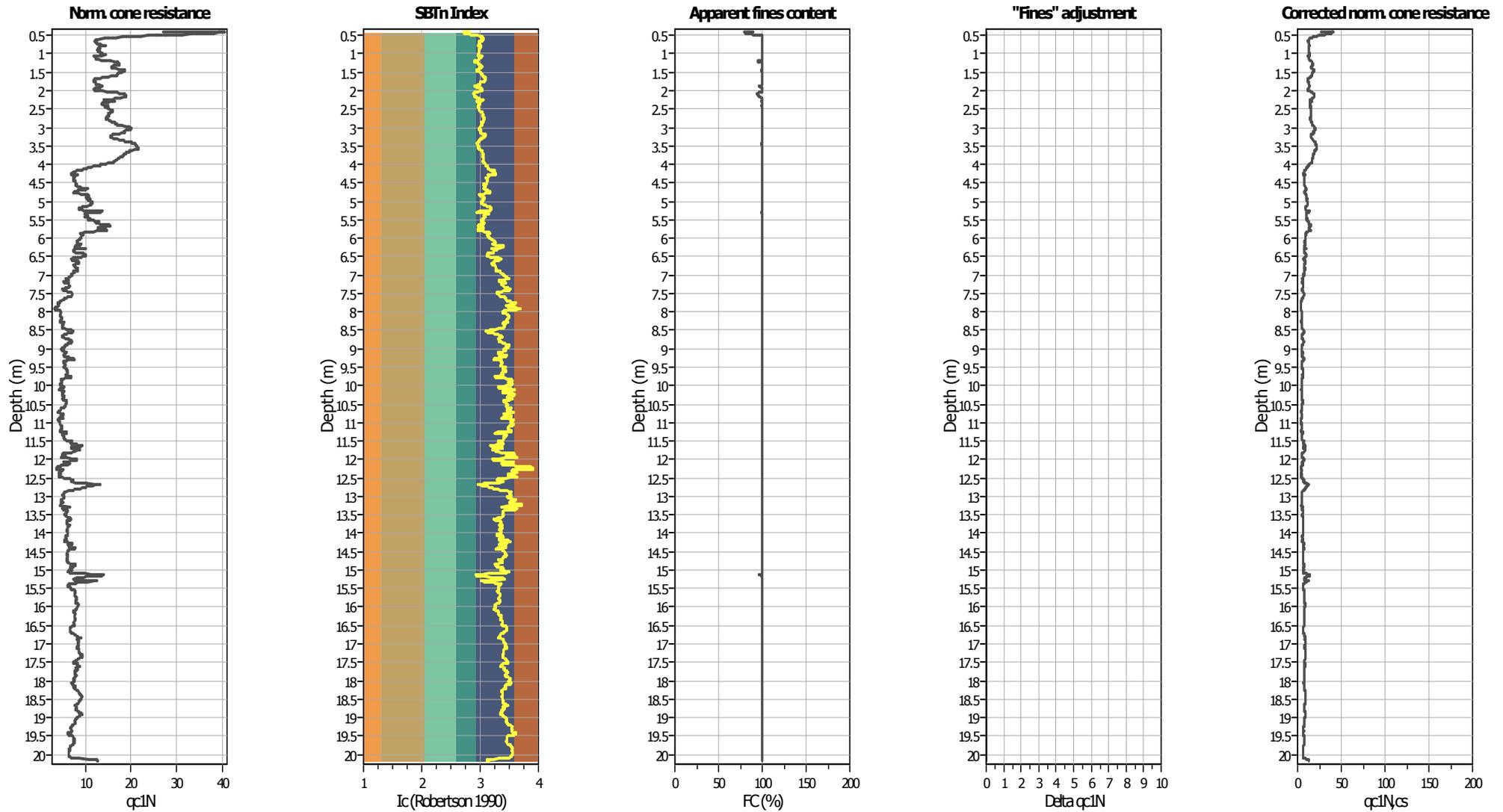
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _q applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.24	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	1.60 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

SBTn legend

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

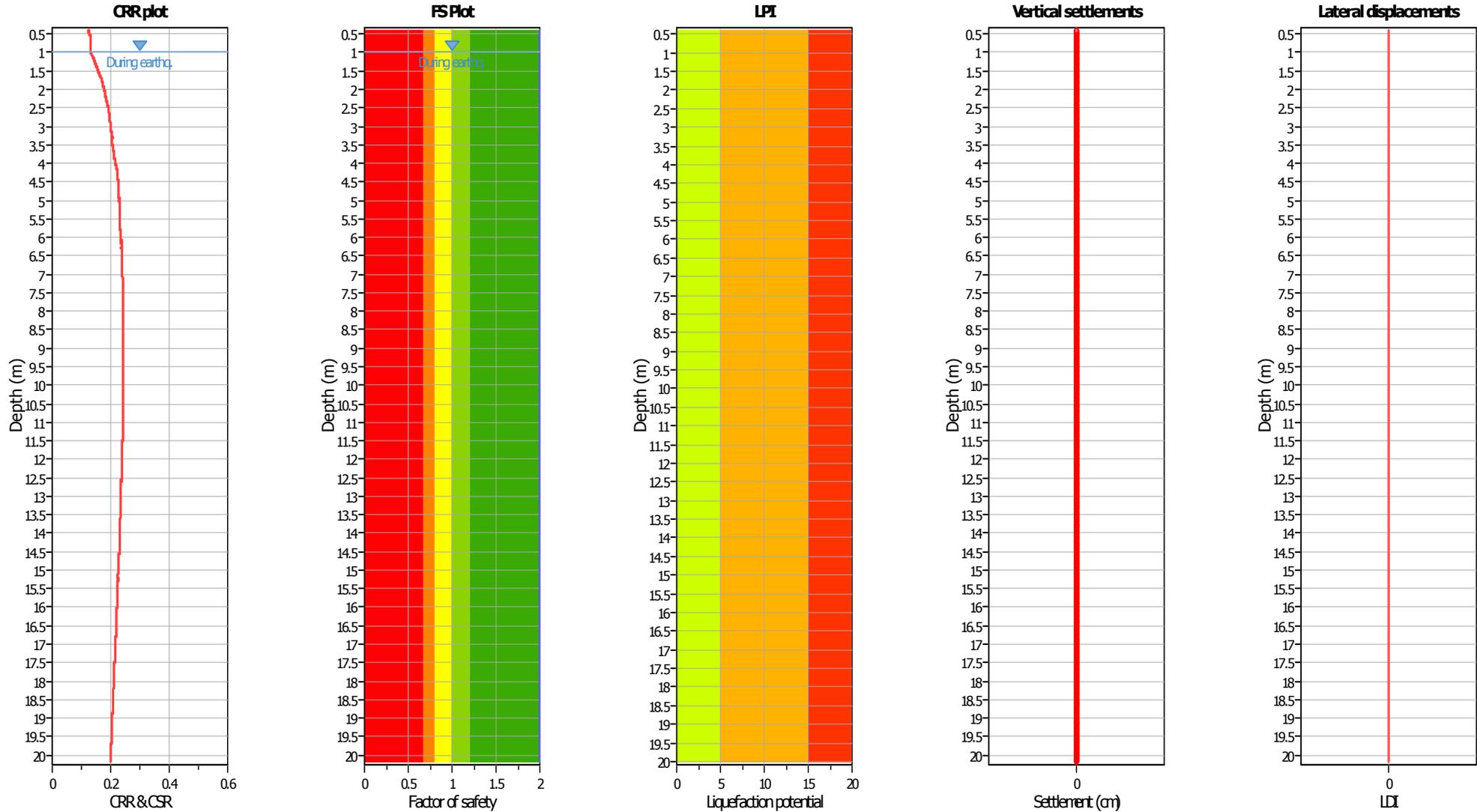
Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _q applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.24	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	1.60 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (earthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_{σ} applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.24	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	1.60 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

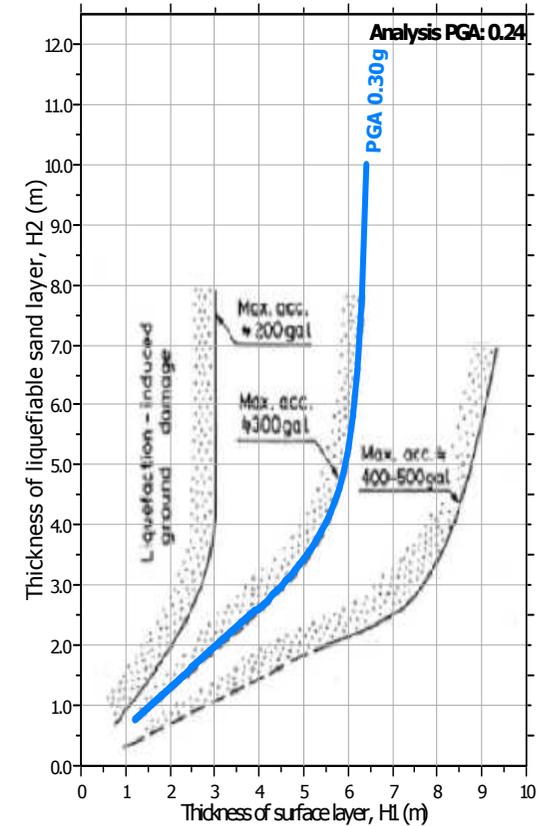
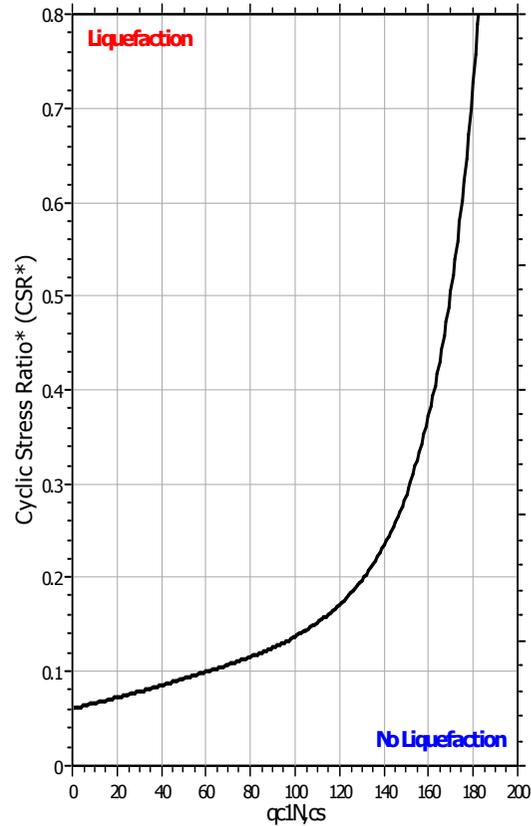
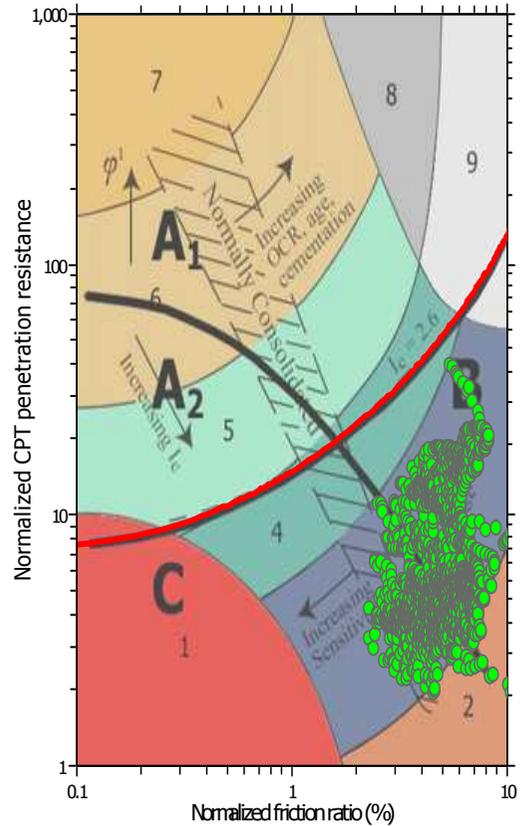
F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

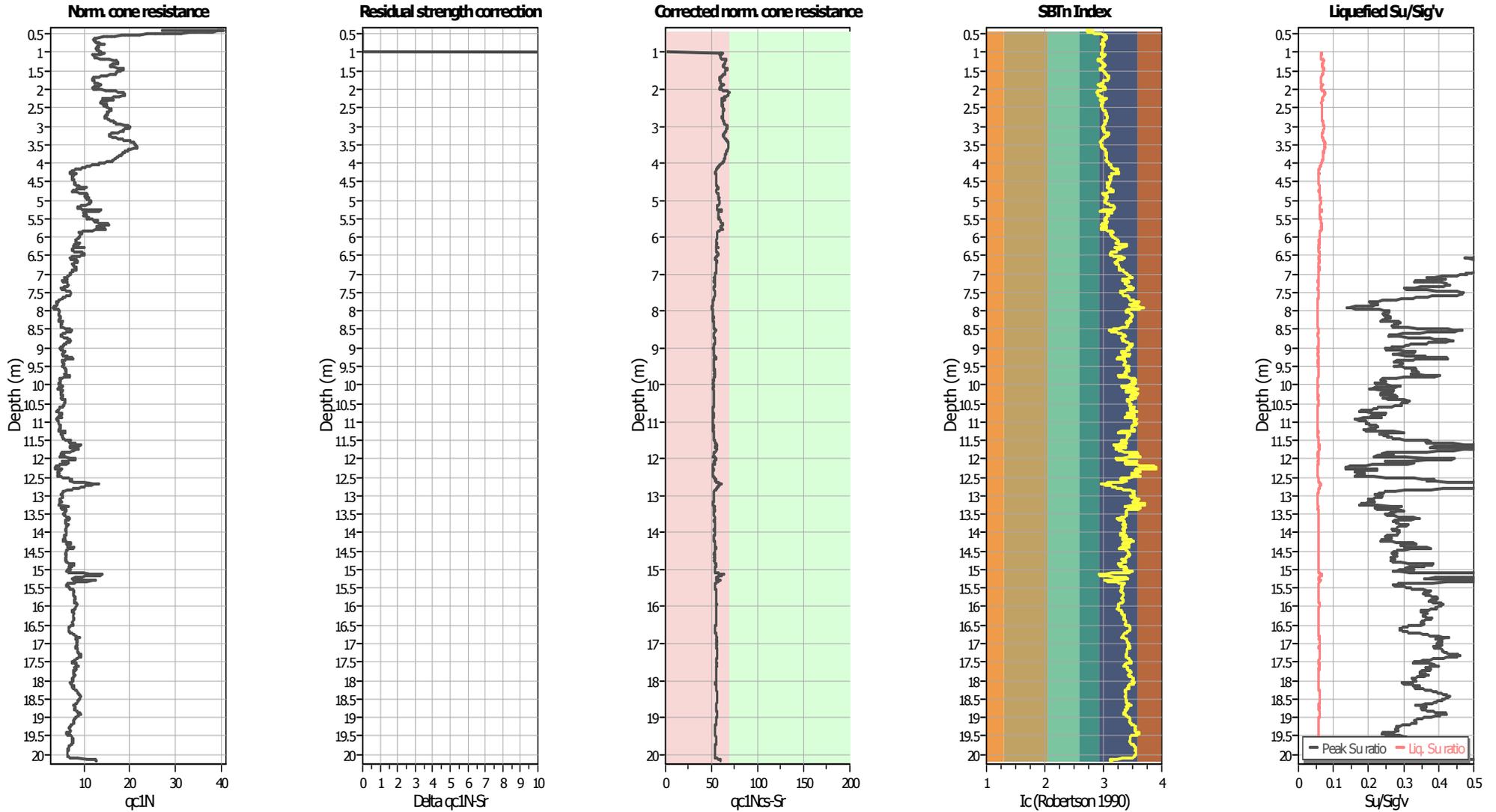
Liquefaction analysis summary plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on I_c value	I_c cut-off value:	2.60	K_v applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.24	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	1.60 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

Check for strength loss plots (Idriss & Boulanger (2008))



Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _q applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.24	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	1.60 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

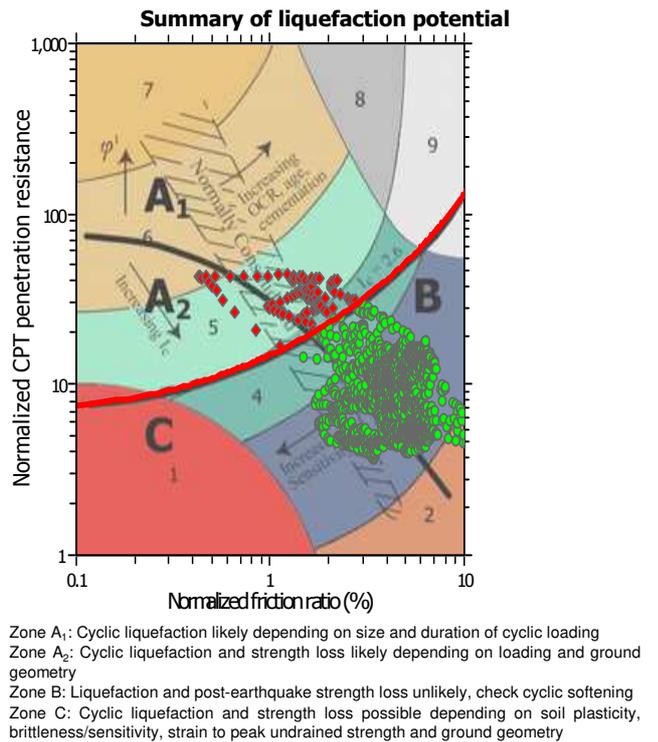
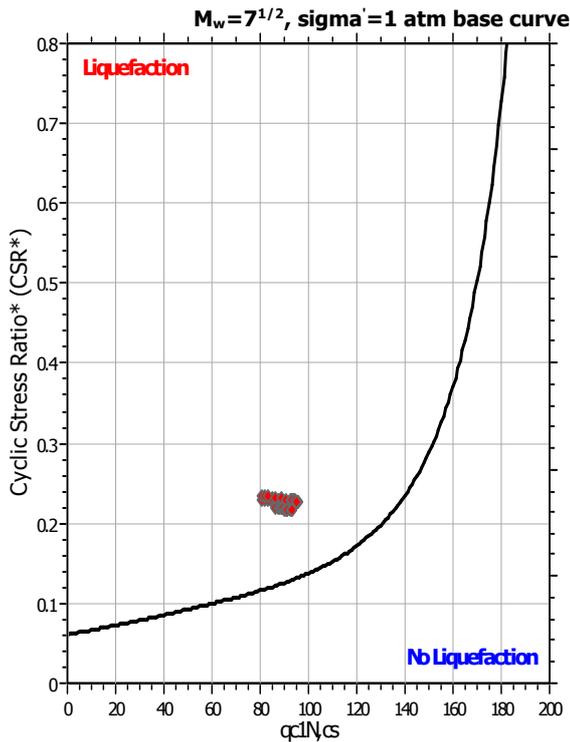
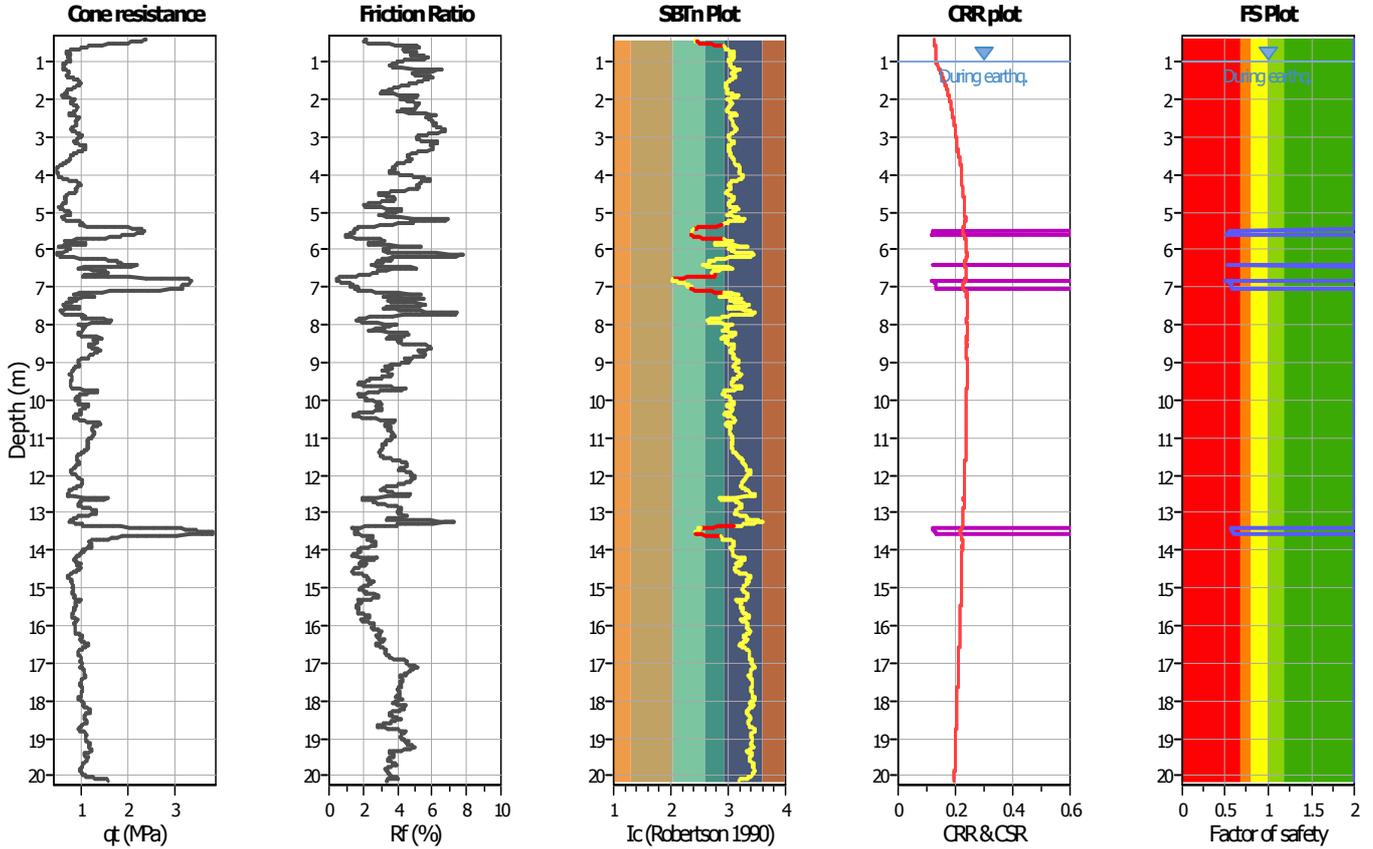
Project title : STUDIO DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Location : CAMPOGALLIANO (MO) - TRANSMEC

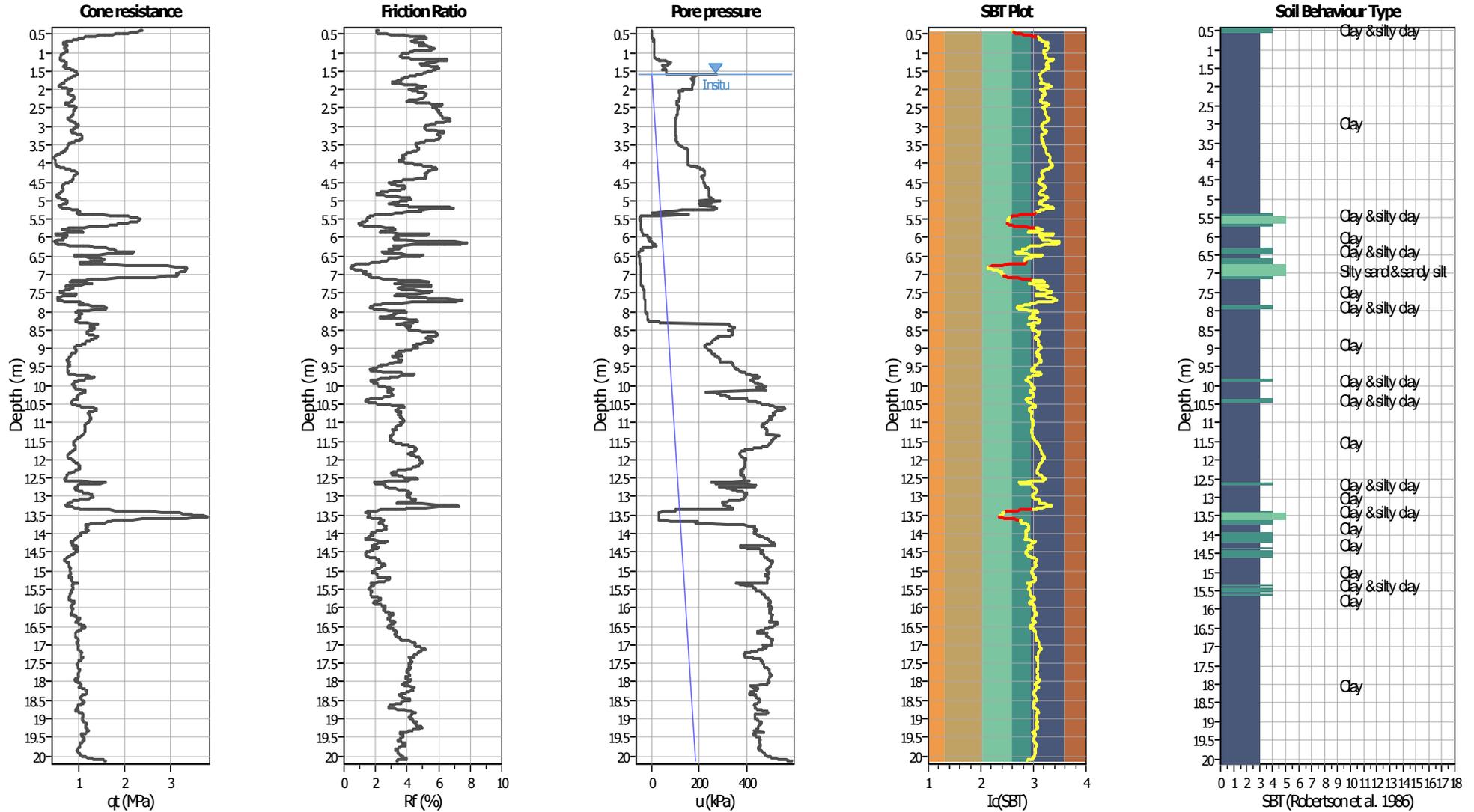
CPT file : CPTU1

Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	1.60 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.24	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_σ applied:	Yes	MSF method:	Method



CPT basic interpretation plots



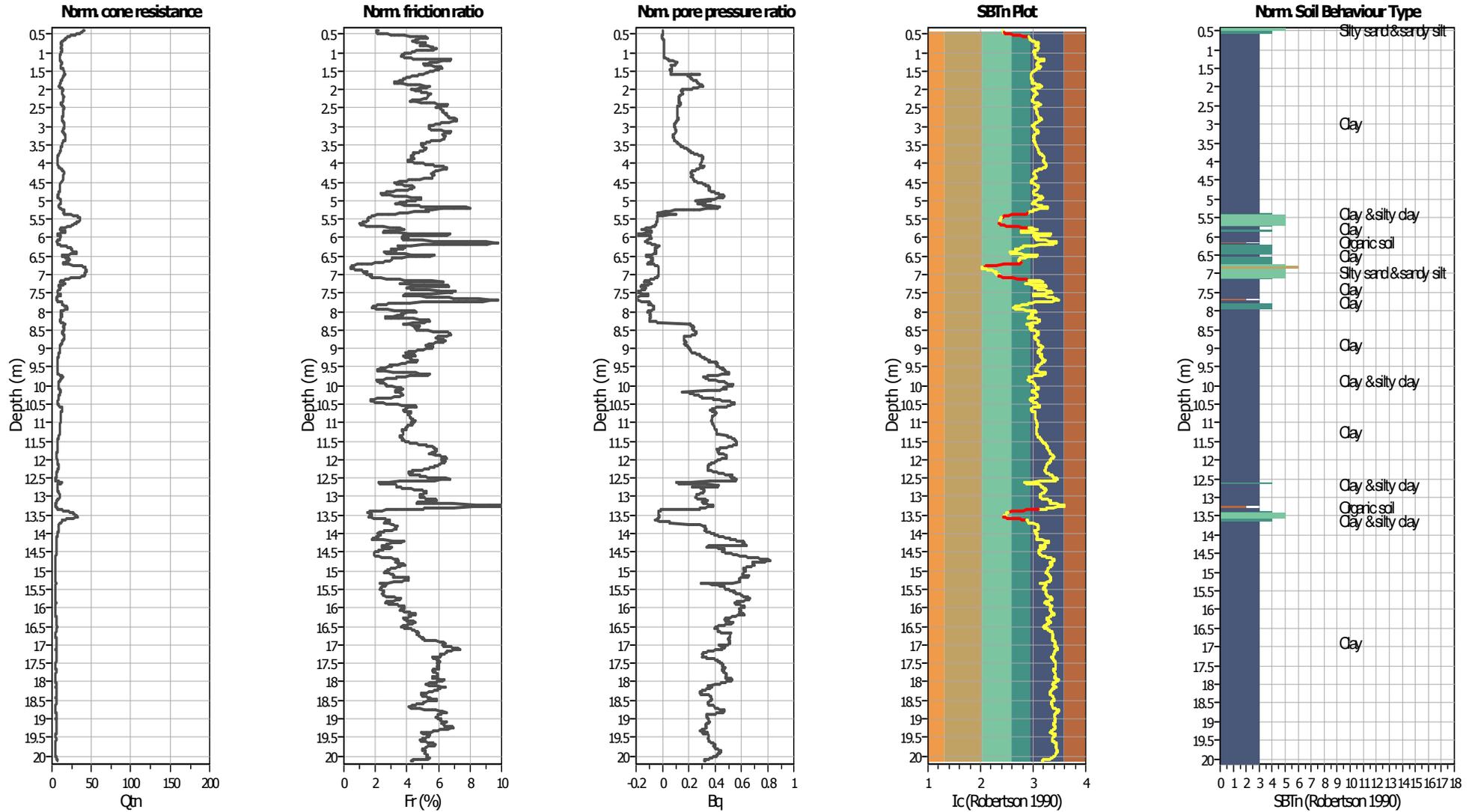
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_{σ} applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.24	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	1.60 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

SBT legend

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

CPT basic interpretation plots (normalized)



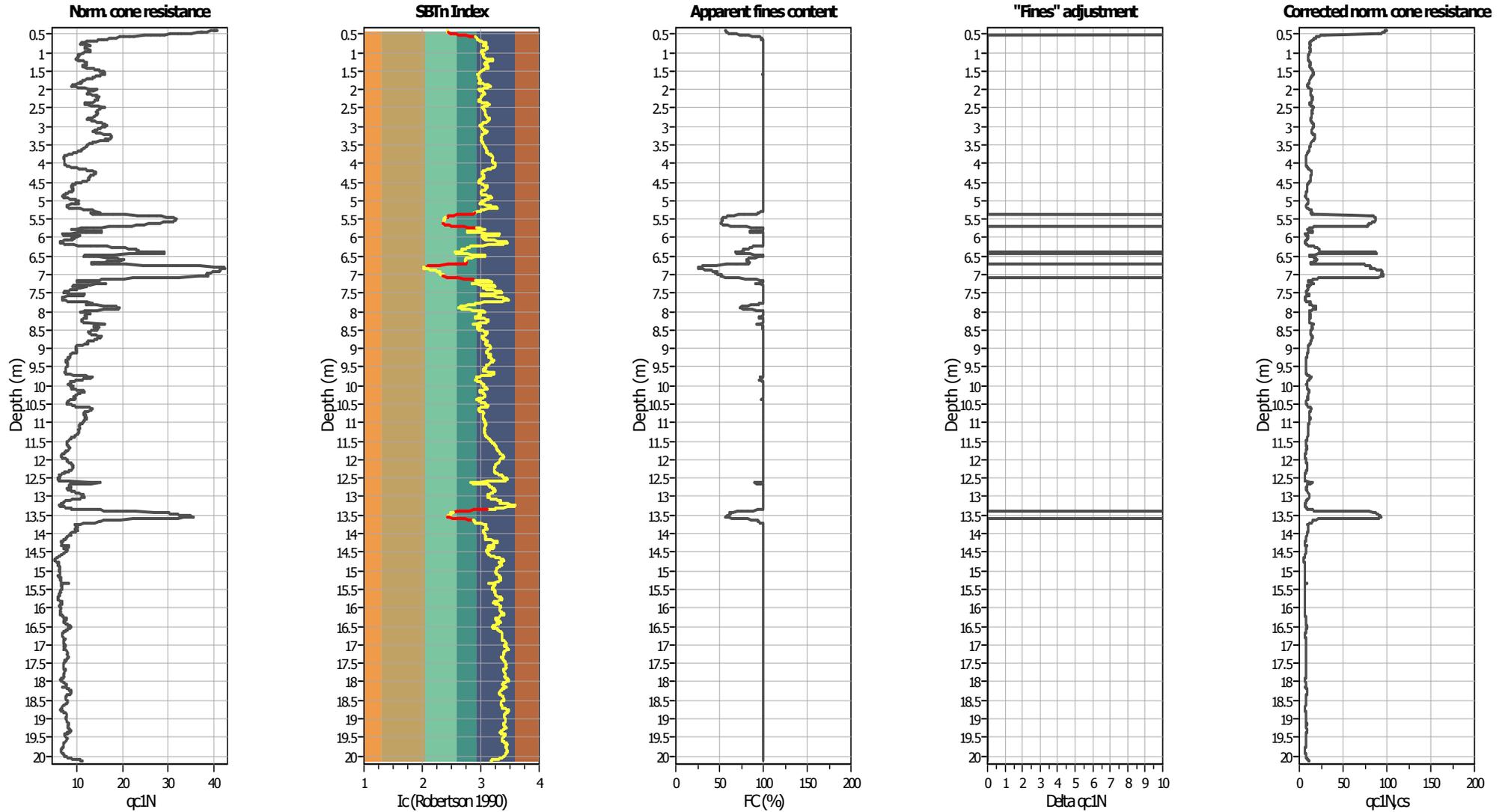
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _q applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.24	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	1.60 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

SBTn legend

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

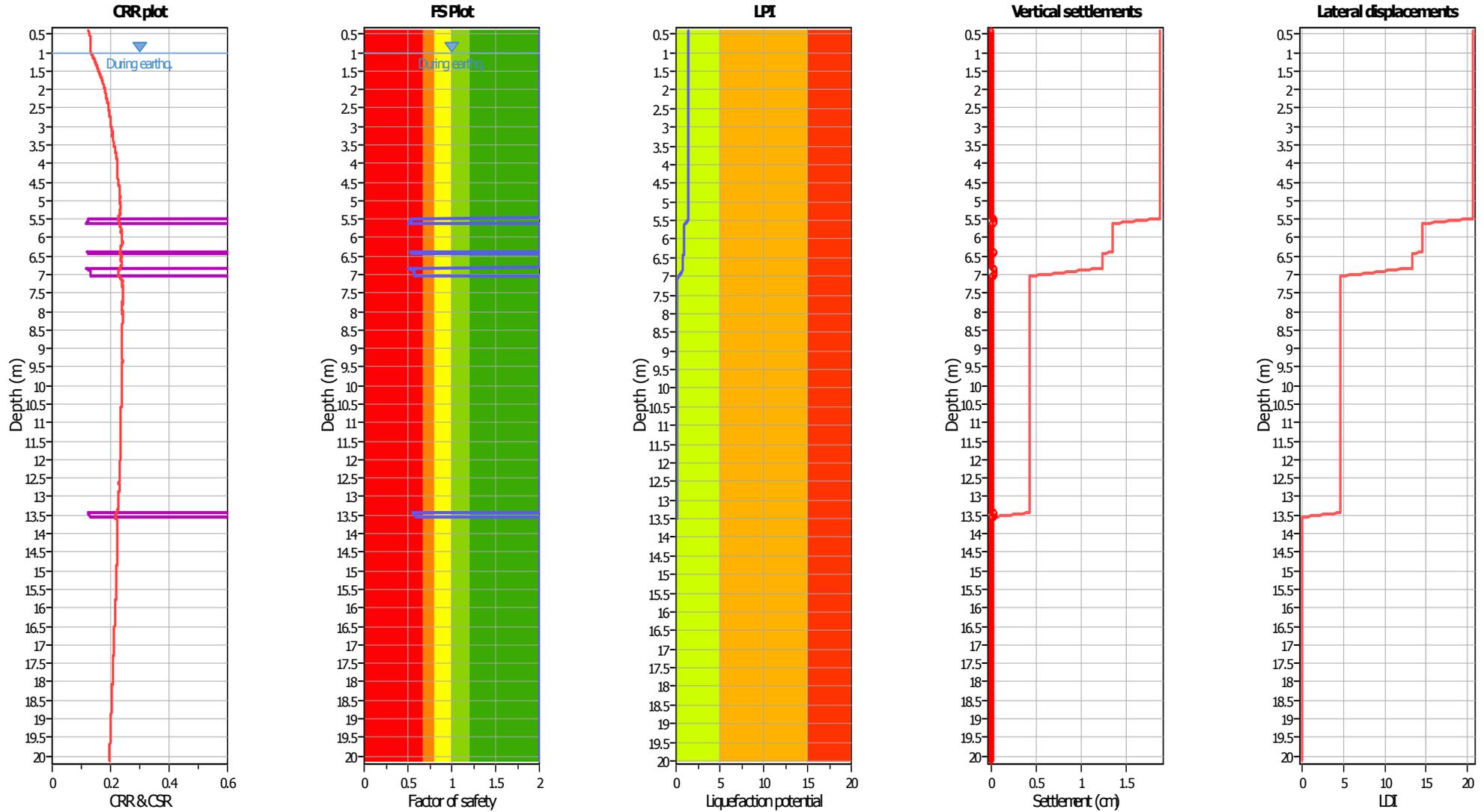
Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _q applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.24	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	1.60 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _σ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.24	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	1.60 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

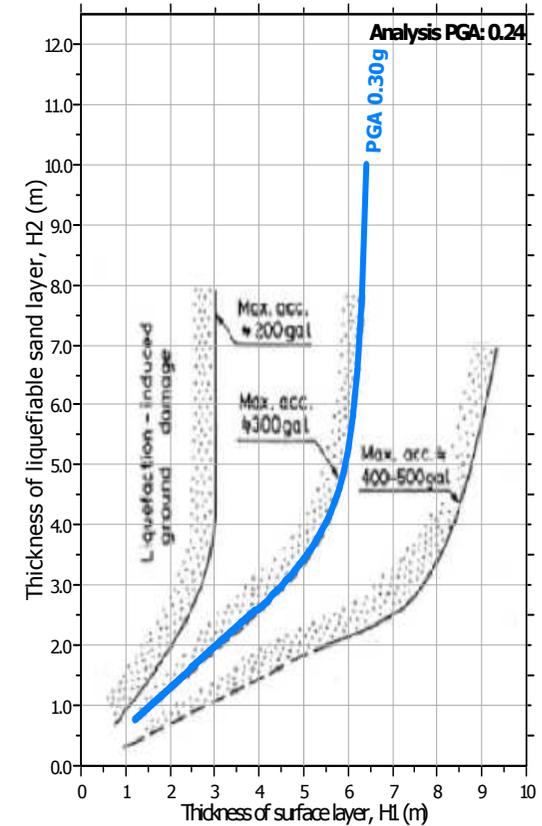
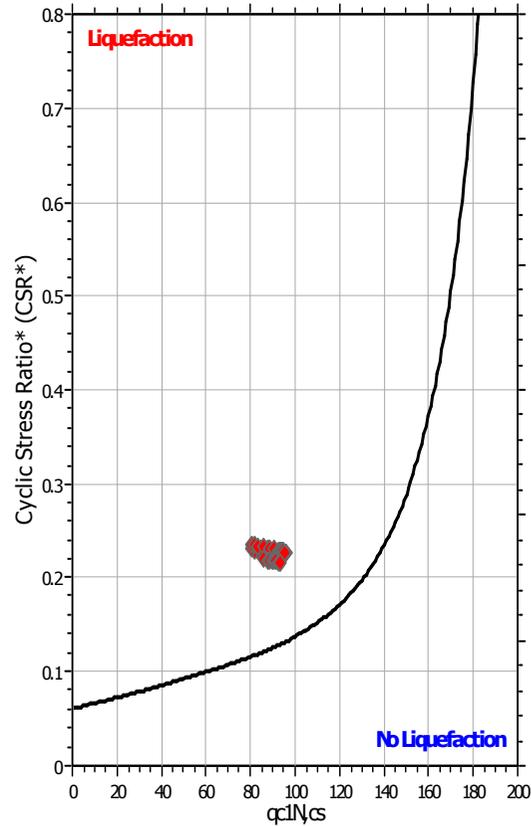
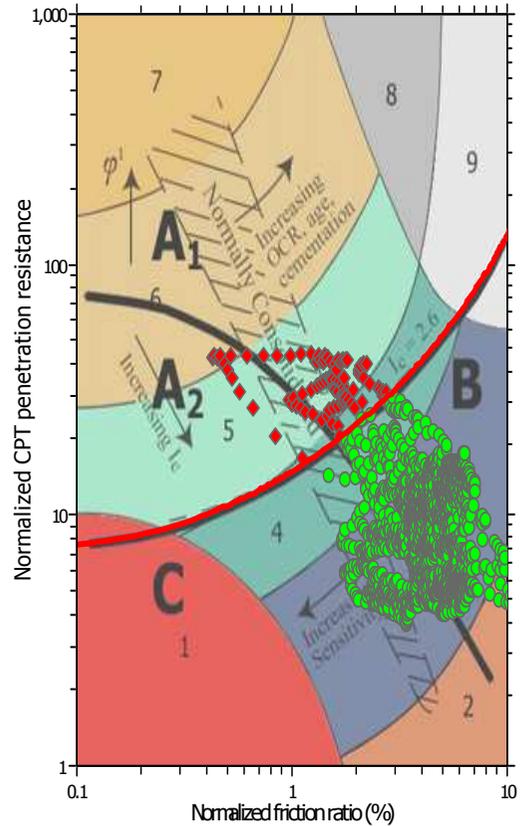
F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

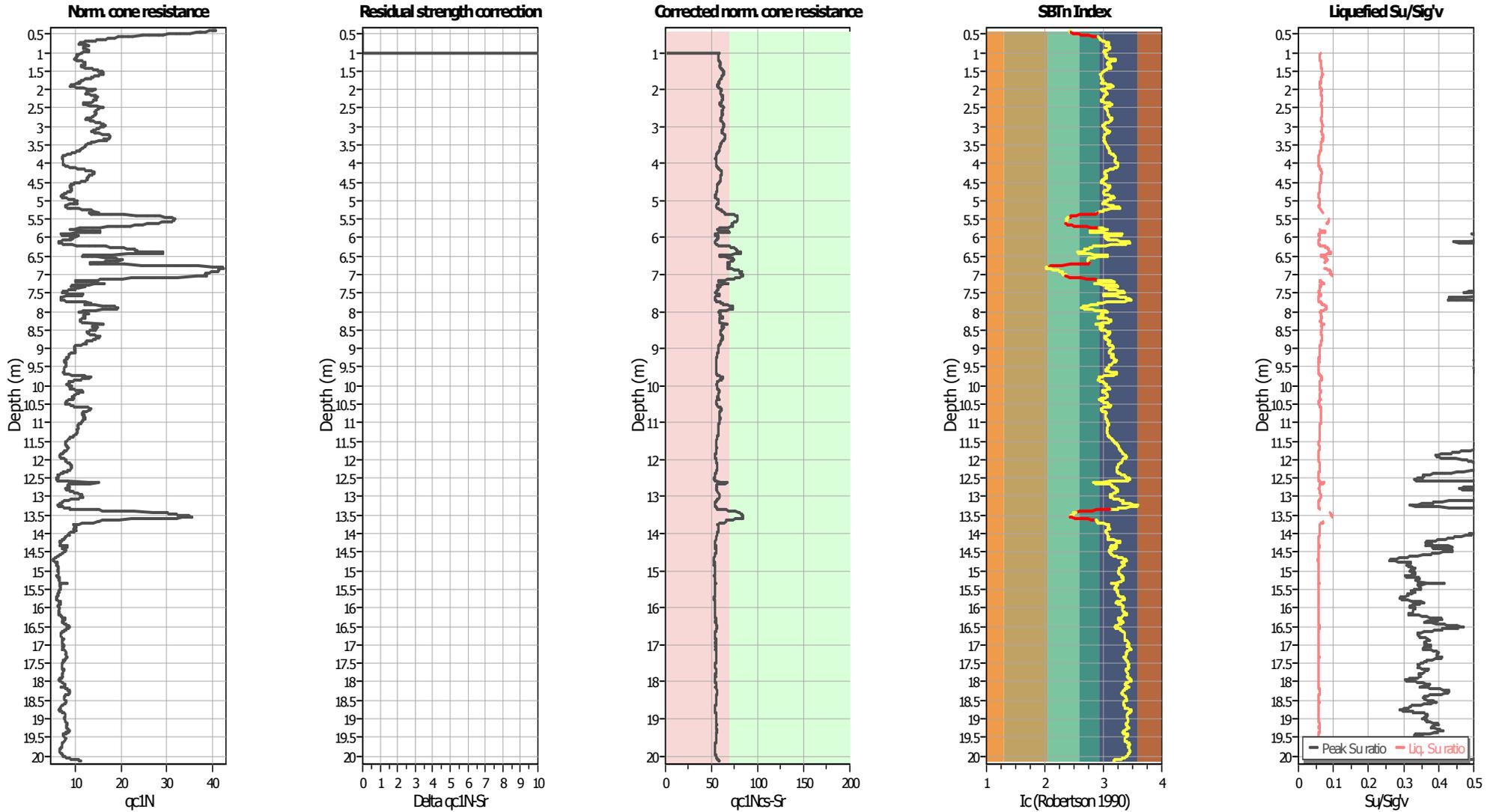
Liquefaction analysis summary plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.24	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	1.60 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

Check for strength loss plots (Idriss & Boulanger (2008))



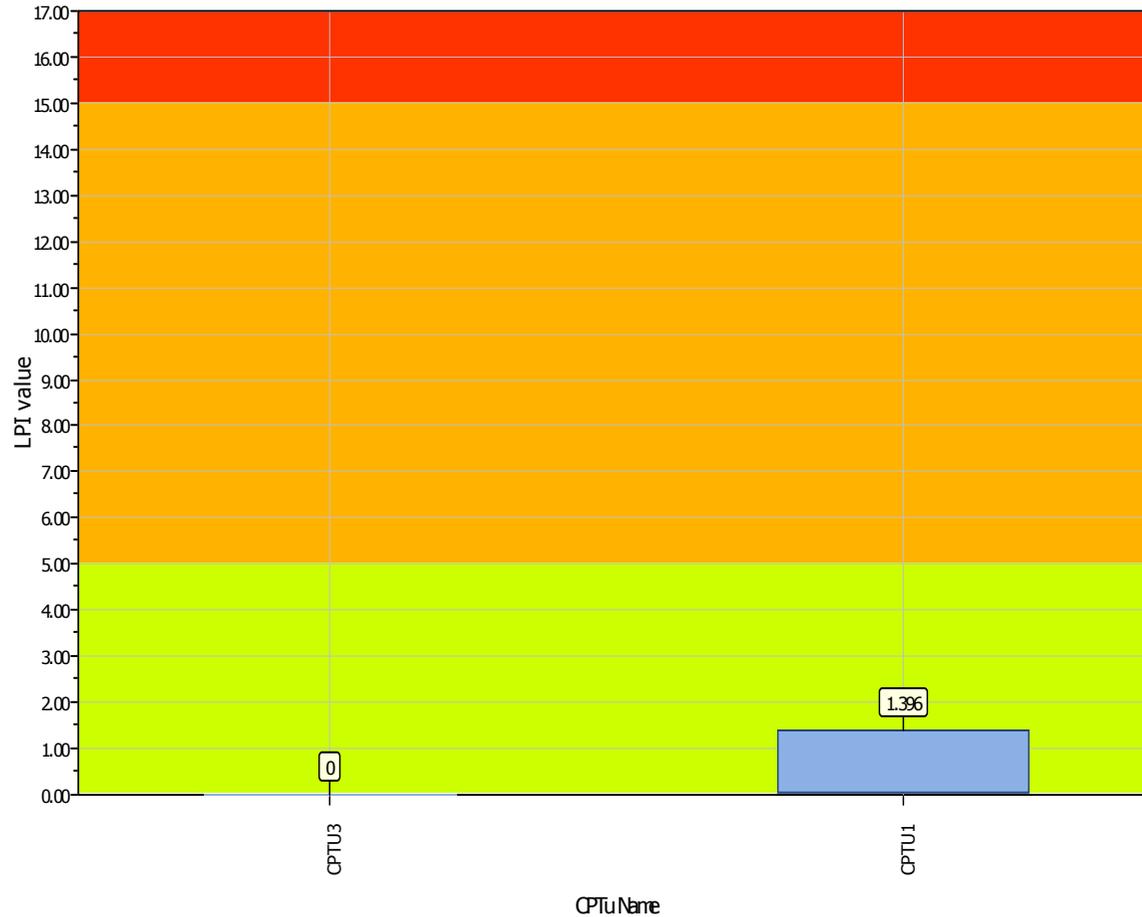
Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _q applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.24	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	1.60 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

Project title : STUDIO DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Location : CAMPOGALLIANO (MO) - TRANSMEC

Overall Liquefaction Potential Index report



LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

Basic statistics

Total CPT number: 2
 100.00% low risk
 0.00% high risk
 0.00% very high risk