
RELAZIONE GEOGNOSTICA SULLE INDAGINI ESEGUITE IN SITO
MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO E CARATTERIZZAZIONE
LITOSTRATIGRAFICA E GEOTECNICA DEL VOLUME
SIGNIFICATIVO DEI TERRENI INTERESSATI DAL PROGETTO DI
RIQUALIFICAZIONE DI UN CENTRO SUINICOLO
DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA SITO SPECIFICA
ANALISI SISMICA DEL SITO RIPORTANTE LA PERICOLOSITA'
SISMICA DI BASE

D.P.R. 380/2001

DECRETO MINISTERIALE 14 GENNAIO 2008

Legge Regionale 30 Ottobre 2008 n. 19 "Norme per la riduzione del rischio sismico"

CIRCOLARE 02/02/2009 n. 617

D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" in vigore dal 22 marzo 2018

D.G.R. 630/2019 e s.m.i. di cui alle DGR 476/2021 e 564/2021

Atto AdBPo n°5 del 17/12/2015 pubblicato in G.U. in data 16/02/2016 di adozione del Progetto di Variante al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI)

Delibera di G.R. n. 1300 del 1 agosto 2016

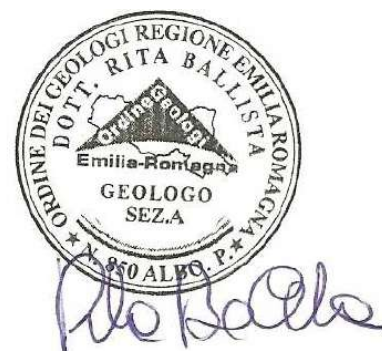
Decreto Segretariale n.43/2022 aggiornamento mappe Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume PO

COMMITTENTE: PIG GREEN ITALIA S.R.L. SOC. AGR.

CANTIERE: FOSDONDO DI CORREGGIO – Via Ronchi

UBICAZIONE CATASTALE: Foglio 31 - Mappale 51-56-57-159

DATA: DICEMBRE 2023



INDICE

INDICE.....	2
1.PREMESSA	3
2.RIFERIMENTI NORMATIVI	3
3.MODELLO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO	4
3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO PAESAGGISTICO	4
3.2 DESCRIZIONE DEI PROCESSI DI MODELLAMENTO GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	8
3.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	10
4. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA SITO SPECIFICA PER IL PAI – PAI DELTA E IN RELAZIONE ALLE MAPPE DI PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO DI ALLUVIONI DEL PGRA AGGIORNATE DA AdBPo AL 2022 – PTCP PROVINCIALE E PSC COMUNALE	16
5. CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E GEOTECNICA DI DETTAGLIO	19
5.1 CARATTERISTICHE TECNICHE DI INDAGINE	21
5.2 PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI.....	36
6 ANALISI RESISTENZE DI PROGETTO.....	38
7. ANALISI SISMICA RIPORTANTE LA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE DEL SITO	42
7.1 SISMICITA' DEL TERRITORIO	42
7.1.1 Cenni sulla sismotettonica della pianura padana.....	43
7.1.2 Sismicità storica ed attuale	46
7.2 ANALISI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE DI I° LIVELLO.....	51
7.3 ANALISI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE DI II LIVELLO.....	52
7.3.1. Definizione categoria sismica mediante analisi del sottosuolo in sismica passiva e attiva in onde Rayleigh.....	53
7.3.2. Modello sismico del sottosuolo	54
7.3.3 Valutazione fattore di amplificazione e parametri spettrali – spettro normalizzato approccio semplificato.....	57
7.4 ANALISI PERICOLOSITA SISMICA LOCALE DI III° LIVELLO	60
7.4.1 Valutazione fattore di amplificazione e parametri spettrali mediante analisi di risposta sismica locale con approfondimento di III livello	62
7.4.2 Analisi del rischio di liquefazione da prove in sito.....	78
7.4.3 Calcolo dei cedimenti post sismici	110
8. CONCLUSIONI.....	114
ALLEGATI	123

1.PREMESSA

Su incarico e per conto del Committente si produce una modellazione geologica del sito, un'analisi di pericolosità sismica locale con approfondimento di III livello, riportando gli effetti attesi, e una caratterizzazione geotecnica della litologia superficiale e profonda del volume significativo di terreni interessati dal progetto di riqualificazione di un centro suinicolo sito in Via Ronchi in Comune Correggio presso la frazione di Fosdondo.

La caratterizzazione litologica di dettaglio e la definizione dei parametri geotecnici del profilo stratigrafico nel sito sono ricavati dai risultati di n. 3 prove penetrometriche statiche con punta meccanica e di una prova penetrometrica statica con punta elettrica CPTU, eseguite in sito in data 22/11/2023 dal Laboratorio di prove geotecniche in sito GEOPROGETTI S.r.l. di Medolla.

Oltre alle prove eseguite nel Novembre 2023 si prende in considerazione anche una prova penetrometrica elettrica CPTU eseguita nel Giugno 2019, nel sito di ubicazione dei bacini di stoccaggio, dove verranno relizzate le vasche silos.

Le prove sono state spinte alla profondità di - 20.00 m dal piano campagna per la definizione in dettaglio delle caratteristiche litologiche e stratigrafiche fino a tale quota e per l'analisi rischio liquefazione delle sabbie.

Al fine di produrre un'analisi di pericolosità sismica locale, determinare il valore della velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s equivalente) e fornire la frequenza fondamentale del sito, si sono eseguite in data 22/11/2023, una prova di sismica passiva di microtremiti HV e una prova in sismica attiva MASW in onde Rayleigh.

Scopo dell'indagine è stato fornire un modello geologico dell'area in epigrafe e una caratterizzazione geotecnica della litologia superficiale e profonda del sito. Viene prodotta un'analisi di pericolosità sismica locale con approfondimento di III livello che riporta il valore di amplificazione litologica quale effetto di sito atteso, il valore di accelerazione atteso in superficie, il valore della frequenza fondamentale del sito e i parametri spettrali, viene verificata la predisposizione a fenomeni di liquefazione dei terreni sabbiosi e limo-sabbiosi saturi presenti.

Si è inoltre prodotta la definizione della Pericolosità idraulica sito specifica per il PAI e PAI DELTA con gli elaborati cartografici rappresentati dalla Mappa della Pericolosità e del Rischio di alluvione predisposte ai sensi dell'art.4 della Direttiva 2007/60/CE e del D.Lgs.49/2010.

Le Mappe di pericolosità del rischio alluvioni sono state aggiornate a quanto approvato dall'AdBPo con Decreto Segretariale n. 43/2022.

I rapporti delle prove penetrometriche statiche meccaniche ed elettriche eseguite in sito e l'ubicazione delle indagini sono allegati alla presente relazione (All. n. 1 e 2).

2.RIFERIMENTI NORMATIVI

D.P.R. 380/2001

Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona

sismica”

DECRETO MINISTERIALE 14 GENNAIO 2008

Legge Regionale 30 Ottobre 2008 n. 19 “Norme per la riduzione del rischio sismico”

CIRCOLARE 02/02/2009 n. 617

D.M. 17 Gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" in vigore dal 22 Marzo 2018

D.G.R. 630/2019 e s.m.i. di cui alle DGR 476/2021 e 564/2021

Atto AdBPo n°5 del 17/12/2015 pubblicato in G.U. in data 16/02/2016 di adozione del Progetto di Variante al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI)

Delibera di G.R. n. 1300 del 1 agosto 2016

Decreto Segretariale n.43/2022 aggiornamento mappe Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume PO

3.MODELLO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO PAESAGGISTICO

La zona oggetto di studio si trova in zona agricola presso la frazione di Fosdondo. Il sito ha accesso da Via Ronchi, collegata a nord a Via Fosdondo SP47.

Le coordinate geografiche dell'area sono 44°46' 12"N e 10°42' 23"E ad una quota di 30 m s.l.m..

I centri abitati vicini sono:

Bagnolo in Piano a circa 2.70 Km a W

Correggio a circa 5.80 Km a E

Massenzatico a circa 3.70 Km a s

San Michele a circa 1.70 Km a N

Oltre che a varie frazioni e località.

Il territorio del Comune di Correggio è situato a Nord della provincia di Reggio Emilia e ricade nel settore assiale della Pianura Padana "propriamente detta".

L'area, secondo quanto indicato nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Reggio Emilia approvato nel Giugno 2010, ricade nell'Unità di Paesaggio indicata con il numero 4 "Pianura orientale". Nell'ambito del PTCP per unità di paesaggio è stato inteso individuare un territorio che presenta elementi omogenei nel paesaggio che ha subito la stessa formazione ed evoluzione.

L'ambito si colloca nella bassa pianura orientale compresa tra il dosso insediato Bagnolo-Novellara e il confine modenese. Si riconoscono i seguenti caratteri distintivi:

- il sistema dei centri lungo i dossi alluvionali (Correggio-San Michele della Fossa-Novellara; Fosdondo-Campagnola-Rolo);
- il paesaggio agrario legato alla coltivazione della vite strutturato sulla rete dei canali e sulla modellazione dei dossi;
- la struttura insediativa storica policentrica organizzata sugli antichi capoluoghi dotati di forte autonomia: Novellara, Rolo, il Principato di Correggio (Correggio, Rio Saliceto, Campagnola, Fabbrico) ed il marchesato di S. Martino in Rio;
- la produzione vitivinicola di punta (Lambrusco).

Si riporta uno stralcio del Piano Regolatore Generale del Comune di Correggio, Variante approvata con Deliberazione C.C. n.91 del 26/07/2013, con indicata l'area "Zona E1 agricola normale" (art.94).





- | | |
|---|--|
|  | Zona E.1 - AGRICOLE NORMALI (Art. 94) |
|  | Zona E.2 - AGRICOLE DI RISPETTO DELL'ABITATO (Art. 95) |
|  | Zona E.3 - AGRICOLE DI TUTELA DEI CARATTERI AMBIENTALI DI CAVI E CANALI (Artt. 96 e 121) |
|  | Zona E.4 - CANALI ECOLOGICI DEI CAVI NAVIGLIO E TRESINARO (Art. 97) |



Fig.1. : Stralcio Carta PS2 Azzonamento del Territorio Comunale Vigente con indicata la zona di ubicazione del sito di intervento



Fig.2. : Fotorilievo della zona di studio.



Fig.3. : Stralcio CTR



Fig.4. : Ubicazione catastale (Foglio: 29 Mappale: 51-56-57-159)



Fig.5. : Ubicazione intervento di progetto

3.2 DESCRIZIONE DEI PROCESSI DI MODELLAMENTO GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

Il territorio del comune di Correggio, circa compreso tra l'Autostrada del Sole e la SP1 Carpi - Guastalla appartiene alla Fascia della Media Pianura Appenninica costituita dalle evoluzioni idrografiche del Fiume Po e dei suoi affluenti, che hanno colmato il golfo padano delimitato dagli affioramenti appenninici a sud e da quelli alpini a nord.

I fiumi che scorrono in queste zone si trovano in uno stadio di maturità evolutiva in cui la fase deposizionale prevale su quella erosiva, a causa della bassa capacità di deflusso e della esigua capacità di trasporto. Questo quadro è confermato dalla presenza di meandri e di alvei pensili che hanno reso necessaria la costruzione di argini artificiali.

In assenza di argini artificiali i fiumi tendono a divagare e quando le acque di piena traboccano si verifica un deposito differenziato con la sedimentazione di elementi fini o grossolani, in funzione della diversa energia cinetica della corrente.

In prossimità dell'alveo, il fiume tende a depositare materiali più grossolani, grazie alla maggiore energia cinetica, formando dossi di tracimazione (argini naturali), ventagli e canali di esondazione in corrispondenza delle rotte. Tali emergenze morfologiche si manifestano sia lungo i corsi attuali dei fiumi che in corrispondenza di alvei abbandonati (paleoalvei).

Nelle aree distali più depresse, poste tra un fiume e l'altro, l'energia cinetica della corrente diminuisce ed i depositi si fanno sempre più fini per diventare prevalentemente argillosi nelle basse, dove la prolungata permanenza delle acque favorisce la sedimentazione delle particelle in sospensione. Per la maggiore costipabilità dei materiali fini rispetto a quelli sabbiosi, si determina poi un aumento dei dislivelli fra i dossi dei paleoalvei e le valli, oltre che fra la rete idrografica ed il livello medio del territorio.

I paleoalvei, quindi, sono aree generalmente più elevate di qualche metro rispetto al contorno, la tessitura granulometrica risulta variabile dal franco al franco - sabbioso; sono zone di infiltrazione meteorica con percentuali variabili dal 20 - 30 % del totale.

Un sistema paleoidrografico come quello descritto è chiaramente osservabile a meridione di Correggio, dove si rilevano alcuni tratti di paleoalveo a direttrice sud ovest – nord est, tra i quali quello allungato subparallelamente a Cavo Naviglio - SP 468, che con l'approssimarsi al capoluogo tendono a flettere in senso ovest – est, aggirando un dosso morfologico a direttrice ovest – est estendentesi circa secondo l'allineamento Fosdondo – S. Prospero – Centro Storico – Cantona, attribuibile, nel tratto più occidentale, ad un estinto tracciato fluviale appartenente al paleosistema idrografico più antico che ha formato il territorio. Detto percorso idrico estinto, ha ostacolato l'impostazione dei successivi assi fluviali orientati in direzione nord – nord ovest e quindi i deflussi idrici verso settentrione.

Assetti geomorfologici simili a quelli sopra descritti si denotano anche nelle zone orientali, dove i tratti di paleoalveo del Tresinaro, nell'area tra S. Martino in Rio e Villaggio Piccola e Media Industria di Correggio, flettono verso oriente, ed analogamente nel settore ad occidente del confine comunale di Correggio dove un dosso correlato ad un antico tracciato fluviale estinto, estendersi tra Massenzatico e Bagnolo in Piano, devia in verso ovest. La presenza dei tratti residuali di paleoalveo hanno determinato un difficoltoso colmamento nelle fasce centrali – centrosettentrionali e settentrionali del territorio.

Altri elementi concordanti con quanto esposto sono rappresentati dalle morfostrutture a cono di rota alluvionale che si origina circa 0,2 km ad ovest di Ponte Marina e si estende in direttrice nord, allungandosi ed allargandosi a ventaglio sino al Cavo Allacciamento Tarozzo – Via Carletti, e dell’analoga morfologia che si genera circa 0,5 km a nord di Osteriola e si sviluppa con geometrie coniformi in direzione nord sino circa all’altezza del Cavetto Vettigano.

Oltre alle sopradette morfostrutture si riscontrano un antichi percorsi fluviali di età più recente che si estendono in senso sud nord. Quelli più significativi di questi sono rappresentati, procedendo da ovest verso est, dal dosso Fosdondo – Canolo – Campagnola E., il paleoalveo esteso sub parallelamente al Cavo Naviglio – SP468 circa all’Autosole a Correggio Capoluogo dove, dopo una flessione in direzione est, riassume orientamento nord est assecondando la strada per S Martino, il dosso Prato – Lemizzone – Fazzano, quello S. Faustino e Giovitta – S. Agata – Bottignana Vecchia, il paleoalveo esteso a nord est da Castellazzo – Gazzata – S. Martino in Rio ovest capoluogo – Calabrone e successivamente flettendo in senso orientale si dirige verso Traglio.

I tratti residuali di paleoalvei presenti nell’area in esame sono attribuibili sostanzialmente ai Torrenti Crostolo e Tresinaro, il primo dei quali, sino circa 12° secolo d.C., antecedentemente alla rota del Po a Ficarolo, avvenuta tra il 1152 ed il 1192 (Ciabatti, 1966), passava ad est di Reggio Emilia e proseguiva verso nord est, transitando nell’area compresa tra Budrio – Correggio – Cognento; successivamente proseguiva, deviando verso oriente, estendentesi secondo l’allineamento Novellara – Campagnola Emilia – Fabbrico – Rolo – Novi, confluendo successivamente nel Po nei pressi di Bondeno di Ferrara, dopo aver raccolto le acque del Fiume Secchia. Il secondo, precedentemente alla deviazione del XIV sec. che lo immise al Secchia presso Rubiera, in prosecuzione alla Tresinara Vecchia proveniva da Castellazzo e si estendeva da Gazzata – S. Martino in Rio capoluogo ovest - Traglio e successivamente proseguiva in direzione nord est assecondando dapprima il tracciato del Corso Tresinaro e poi dopo via Vecchia Carpi fletteva ad oriente transitando tra Budrione e Fossoli. Sull’evoluzione idrografica naturale ha esercitato una sensibile influenza l’uomo, come evidenzia l’analisi di alcune carte storiche del 1600 – 1700 che visualizzano antichi tratti fluviali che denunciano opere di rettifica e regimazione antropica. Gli agenti descritti hanno formato una topografia blandamente ondulata in senso ovest – est con quote medie del piano campagna naturale comprese tra 47 e 40 mslm nelle zone meridionali, tra 40 e 32 mslm nelle aree centro meridionali, tra 32 e 26 mslm nelle fasce centro settentrionali, tra 26 e 20 mslm nelle zone a nord. [PSC – Relazione geologico ambientale e di microzonazione sismica]

L’area di interesse si trova ubicata in un’area valliva, come indicato nell’estratto della Carta Geomorfologica del PSC del Comune di Correggio, di cui si riportano uno stralcio.



Fig.6. Stralcio della Carta Geomorfologica del PSC del Comune di Correggio.

3.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Citando il PSC comunale, la rete idrica superficiale è costituita dai cavi e canali del Consorzio della Bonifica Parmigiana Moglia Secchia appartenenti al bacino idrografico del F.Secchia che a sua volta fa parte di quello del Po.

Il reticolo idrografico consegue, oltre che alla naturale evoluzione dei Fiumi Secchia e Po, da una serie di successive modificazioni antropiche del sistema scolante iniziate dagli Etruschi e continuate, con fasi alterne, dai Romani, dai Benedettini e successivamente dagli Enti e Consorzi di Bonifica.

Il sommarsi di tali agenti ha portato all'attuale conformazione dell'assetto idrografico superficiale costituito da un sistema di assi drenanti orientati prevalentemente in senso sud ovest - nord est e secondariamente in direttrice nord ovest – sud est.

I deflussi idrici delle acque di superficie, per la parte che non si infila nel sottosuolo, avvengono tramite un sistema di scoli e fossi minori.

I principali assi scolanti: Cavo Bondeno, Cavo Naviglio, Cavo Tresinaro mediante il Cavo Fossa Raso, affluiscono al Cavo Parmigiana Moglia. Quest'ultimo offerisce al Secchia mediante l'impianto idrovoro Mondine in località Bondanello. Per alcuni degli assi drenanti della rete idrica sopracitati, si riscontra che in parte insistono su porzioni di antichi percorsi fluviali naturali. In tali casi necessita un attento controllo sulla qualità delle acque immesse in detti tratti della rete idrica poiché l'interscambio di fluidi con la falda freatica in tali fasce del territorio è particolarmente attivo.

Per quanto riguarda gli assi idrici superficiali nel territorio in oggetto risultano rientrare nell'elenco delle acque pubbliche i seguenti cavi:

- Cavo Parmigiana Moglia
- Cavo Bondeno
- Cavo Naviglio
- Cavo Tresinaro
- Fossa Marza
- Fosso Raso
- Canale di Migliarina
- Torrente Tassarola
- Naviglietto
- Naviglietto di Rolo
- Scolo di Rio Saliceto

Dal punto di vista del funzionamento della rete idrica superficiale si riscontra una moderata efficienza per le esigenze odierne. Infatti i parametri di calcolo utilizzati, tra il 1920 ed il 1926, per il progetto delle dimensioni e sezioni dei cavi e canali erano riferiti a gradi di urbanizzazione del territorio ed a condizioni del dissesto idrogeologico dei bacini montani sensibilmente diversi dagli attuali.

Ne consegue, considerando i fenomeni di tracimazione verificatisi nel 1958 – 1964 – 1979 – 1992 - 1996, che il sistema di scolo superficiale richiede un adeguamento alle necessità di oggi in relazione ai mutati coefficienti idrometrici e tempi di corrivazione.

Il territorio di Correggio appartiene al Sistema Acquifero Padano delimitato dagli affioramenti appenninici a sud e da quelli alpini a nord e terminante ad est circa 50 km al largo della Costa Adriatica.

Detto ambito è formato da depositi clastici del Quaternario Continentale assemblati in alternanze di livelli più o meno permeabili con rapporti stratigrafici sensibilmente complessi. Le formazioni superficiali che costituiscono gli orizzonti idrogeologici del sottosuolo della zona in oggetto sono rappresentate prevalentemente da sedimenti fini (sabbie) depositi dai fiumi appenninici e dal Po.

La base dell'acquifero utilizzabile a scopo idropotabile è formata da orizzonti poco permeabili o impermeabili, saturati da acque salmastre e/o salate che, in corrispondenza della Dorsale Ferrarese tendono a risalire in modo più o meno rapido, passando da -450 ÷ -350 m dal piano campagna, nel

territorio di S. Martino in Rio – Correggio – Rio Saliceto, a -26 ÷ -50 m p.c. nell'area di Novi di Modena.

L'area oggetto del presente studio si inserisce quindi nel contesto sopra descritto; anche in considerazione delle indagini effettuate gli aspetti idrogeologici risultano:

- l'acquifero è confinato al tetto da litologie impermeabili quali argille e limi,
- piezometrie piuttosto variabili e dipendenti soprattutto dalla litologia superficiale;
- le direzioni di flusso delle acque sotterranee seguono le direttrici dei palodrenaggi;
- modeste risultano le ricariche degli acquiferi per infiltrazioni superficiali, che si verificano prevalentemente lungo i dossi (tessitura: limo- sabbioso).

3.3.1. Livello della frangia freatica e misure di permeabilità

A livello locale, dall'analisi delle prove penetrometriche spinte a - 20.00 m dal p.c. non si riscontrano orizzonti acquiferi.

La stratigrafia riscontrata evidenzia terreni argillosi e limo argillosi da impermeabili a poco permeabili.

Nei sedimenti più superficiali di natura argillosa e limo-argillosa sono presenti livelli limosi nei quali si ha una circolazione idrica lenta e poco significativa causa della bassa permeabilità dei depositi ospitanti (complesso Acquifero denominato A0) .

Tale orizzonte freatico assume caratteristiche di acquitardo e non di acquifero ed è prevalentemente alimentato dalle infiltrazioni meteoriche dalla superficie che risultano massime nelle zone agricole e minime nelle aree urbanizzate dove sono presenti coperture impermeabili.

Il livello dell'orizzonte freatico è stato misurato in foro, durante l'esecuzione delle prove penetrometriche in data 23/11/2023 alla quota di - 2.80 metri dal p.c.

Lo stralcio di carta della "Soggiacenza della falda freatica", del PSC comunale, mostra come l'area di interesse ricade in un valore di soggiacenza di circa -2.50 m dal piano campagna.

Altre misure freatiche in sito sono state eseguite nel Giugno 2019 in un periodo particolarmente ricco in precipitazioni, a -2.50 m dal p.c. e nel Giugno 2009 a - 4.00 m dal p.c.

Si sottolinea che i livelli fanno riferimento a misure relative alla falda freatica presente nella piana alluvionale per infiltrazione meteorica, non all'acquifero.

Considerata le misure eseguite in sito in periodi stagionali diversi di ricarica del freatico e in anni diversi, considerate e le analisi di bibliografia, si ritiene che la profondità di - 2.00 m sia il livello massimo del freatico nel sito di studio.

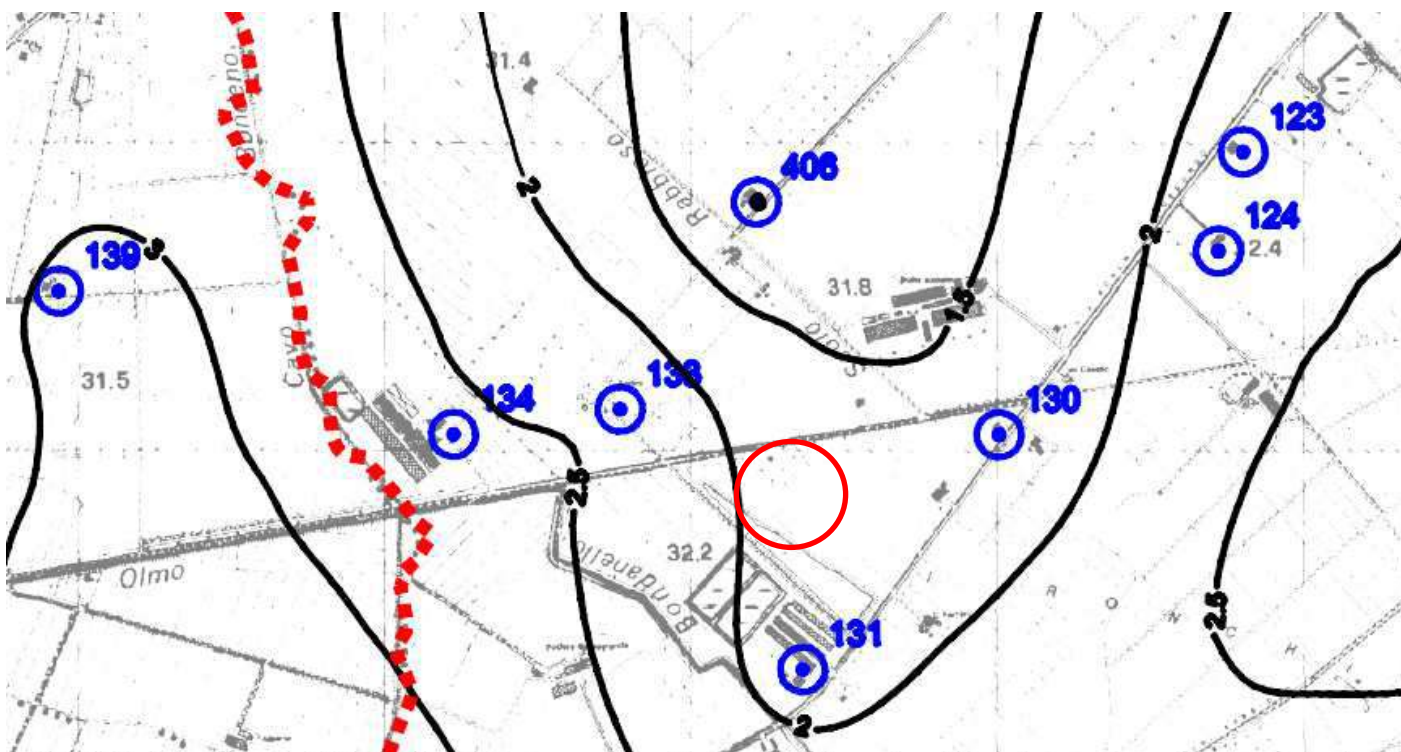


Fig.7. Stralcio della Carta della soggiacenza della falda freatica del PSC comunale.

La permeabilità dei terreni limo-argilloso dei vari strati coesivi è stata indagata mediante prove di dissipazione delle pressioni interstiziali in sito eseguite durante la realizzazione della prova CPTU del Giugno 2019 per la verifica decennale dei bacini di stoccaggio liquami.

Studi ed esperienze condotti utilizzando la punta piezometrica (C.P.T.U.) permettono di determinare in sito il coefficiente di permeabilità orizzontale K ; il metodo consiste nell'infissione nel terreno di un filtro in metallo poroso che, a mezzo di trasduttori elettronici di pressioni neutre a strain-gauge, misura nel tempo l'andamento delle sovrappressioni neutre generate dal contatto con il terreno.

La permeabilità orizzontale del terreno è valutabile con una relazione del tipo :

$$K_h = M_v \times Y_w \times C_h$$

cioè dal prodotto del coefficiente di compressibilità del volume M_v , per il peso unitario dell'acqua Y_w , per il coefficiente di consolidazione orizzontale C_h . Secondo Mitchell (1978), il modulo di deformazione edometrica nei terreni coesivi può essere espresso con la relazione:

$$1/M_v = E = \alpha Q_c \quad \text{con } \alpha = 7$$

dove Q_c è la resistenza unitaria di punta del penetrometro statico alla quota considerata.

La determinazione di $C_h(OC)$ costituisce la parte originale della prova di dissipazione C.P.T.U., eseguita con penetrometro dotato di piezocono, sviluppata contemporaneamente da Torstensson (1975) e da Wissa (1975).

Il coefficiente di consolidazione si ottiene con la relazione del tipo :

$$C_h = T/t \times R^2$$

dove T è un fattore di tempo corrispondente al grado di consolidazione considerato, ricavabile da diagrammi standard di riferimento, t è il tempo necessario per produrre la consolidazione considerata, che si ottiene dal grafico relativo alla prova di dissipazione ed R è il raggio del penetrometro.

Considerando gli schemi grafici della prova di dissipazione eseguita nei terreni coesivi alla quota di -

0.50 m dal p.c. e a - 4.50 m dal p.c.

RELAX TEST n. 1

$K_{(-0.50\text{m dal p.c.})} = 3.77 \times 10^{-7} \text{ cm/s.}$

RELAX TEST n. 2

$K_{(-4.50\text{m dal p.c.})} = 1.05 \times 10^{-7} \text{ cm/s.}$

Si tratta di terreni classificati a BASSISSIMA PERMEABILITA'

Tabella 1. Permeabilità dei terreni.

k (cm/s)	10^2	10	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}
k (m/s)	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}
Classi di permeabilità	EE	Elevata	Buona	Discreta	Bassa	BB	Impermeabile				
Tipi di terreno	Ghiaie pulite		Sabbie grossolane pulite e miscele di sabbie e ghiaie		Sabbie fini	Miscele di sabbie e limi		Limi argillosi e argille limose, fanghi argillosi		Argille omogenee compatte	

In fase di scavo della fondazione dei silos, considerata la profondità del freatico e la permeabilità dei terreni, si dovrà eventualmente prevedere la presenza di acqua di circolazione negli scavi.

La protezione da eventuali inquinanti che si dovessero infiltrare dalla superficie è garantita dalla bassissima permeabilità e dallo spessore dei terreni argillosi sottostanti i silos. L'acquifero non è stato riscontrato fino alla quota indagata, a - 20 metri dal p.c.

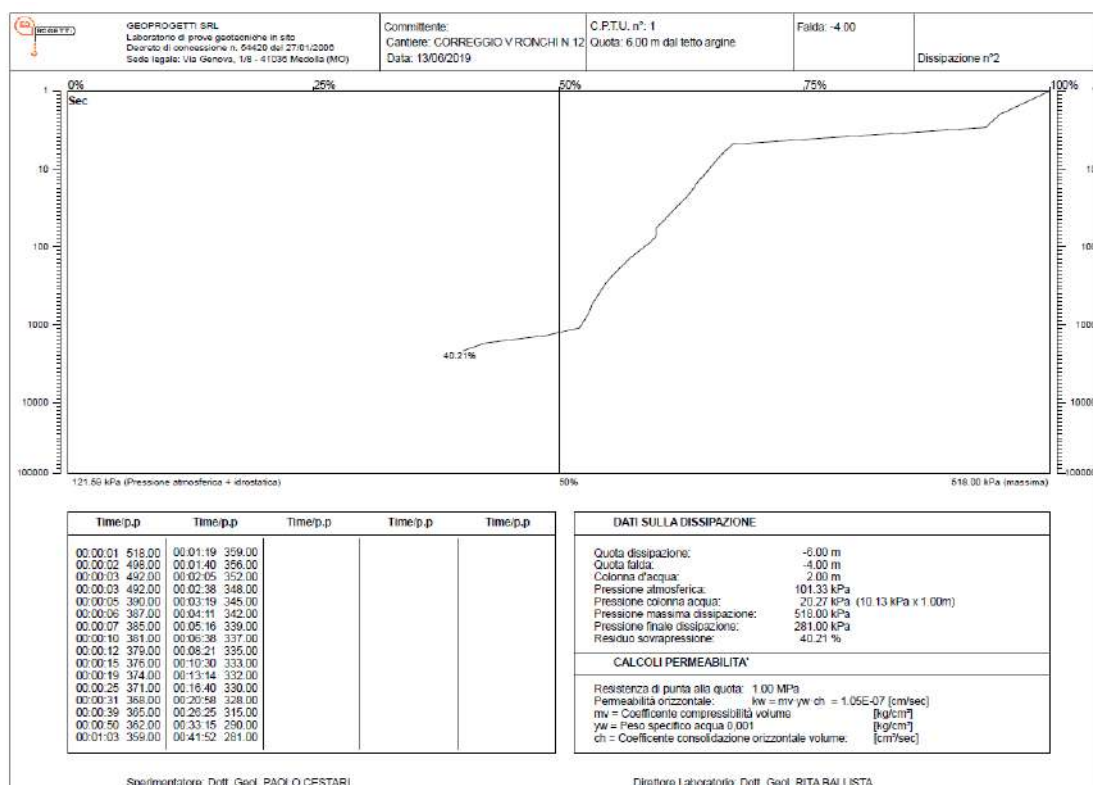
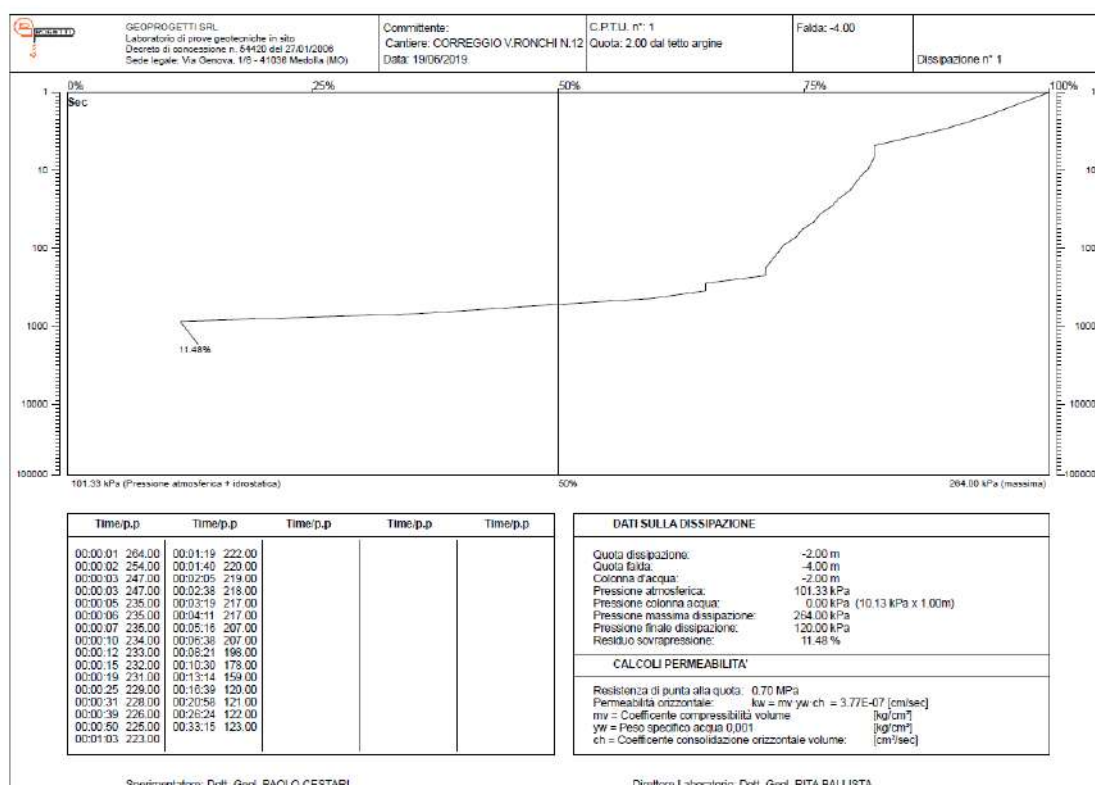


Fig.8. Grafici prove di dissipazione delle pressioni interstiziali per il calcolo delle permeabilità dei terreni coesivi in superficie e in profondità

4. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA SITO SPECIFICA PER IL PAI – PAI DELTA E IN RELAZIONE ALLE MAPPE DI PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO DI ALLUVIONI DEL PGRA AGGIORNATE DA AdBPo AL 2022 – PTCP PROVINCIALE E PSC COMUNALE

Premesso che con la deliberazione n. 5 del 17 /12/2015 AdBPo ha adottato il progetto di variante al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) e PAI DELTA finalizzato al coordinamento tra tali Piani e il Piano di Gestione Rischio di Alluvioni del Distretto Idrografico Padano (PGRA) adottato il 17 Dicembre 2015.

Il PGRA ha aggiornato e integrato le mappe delle aree potenzialmente allagabili del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) e PAI DELTA distinguendole nei seguenti scenari di pericolosità:

- Aree P3–H ad alta pericolosità, o aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti;
- Aree P2- M a media a media pericolosità o aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti;
- Aree P1 - L a bassa pericolosità o aree potenzialmente interessate da alluvioni rare.

Le aree allagabili delle mappe di pericolosità del PGRA perimetrate sul territorio della Regione Emilia Romagna sono classificate in diversi ambiti territoriali in base alle diverse tipologie di fenomeni alluvionali di interesse.

Si definisce, quindi per il sito in oggetto la pericolosità idraulica sito specifica sulla base dei Nuovi Strumenti pianificatori.

Dal PAI si evince che la zona di pianura dove si realizzerà il progetto, ricade dentro la delimitazione della fascia C del Fiume Po indicate come P2 nella variante PAI cioè aree interessate da alluvioni poco frequenti.

Per l'asta del fiume Po la Fascia C (P1), delimitata nel Piano, nel tratto medio-basso dell'asta, corrisponde alla situazione di un evento catastrofico che comporti una o più rotte degli argini (per sormonto o per cedimento del corpo arginale); essa è rappresentata raccordando le quote idriche di piena catastofica (Fascia C) degli affluenti principali entro il limite fisico del bacino.

La definizione delle tre fasce fluviali:

- la « Fascia A » o Fascia di deflusso della piena; è costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena (Per i corsi d'acqua arginati la delimitazione della Fascia A coincide frequentemente con quella della Fascia B (fascia di esondazione), a sua volta delimitata dal tracciato dell'argine, ad eccezione dei casi in cui si hanno golene chiuse ovvero, pur trattandosi di golene aperte, l'estensione golenale è molto ampia e di conseguenza la porzione contribuente al moto non arriva al limite degli argini. La stessa situazione si verifica nei tratti di attraversamento urbano, in cui frequentemente il corso d'acqua è strettamente vincolato da opere di sponda e da argini di contenimento.);
- la «Fascia B» o Fascia di esondazione; esterna alla precedente, è costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi dell'evento di piena di riferimento. Il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti

alla piena di riferimento ovvero sino alle opere idrauliche di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento), dimensionate per la stessa portata (Per i corsi d'acqua arginati (arginature esistenti) la Fascia B è fatta coincidere con il piede esterno dell'argine maestro, anche nelle situazioni in cui l'argine maestro sia eventualmente inadeguato al contenimento della piena di riferimento per la fascia stessa (tempo di ritorno 200 anni).

• la «Fascia C» o Area di inondazione per piena catastrofica; è costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente, che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quelli di riferimento.

La rilevante estensione del bacino del fiume Po e la peculiarità e diversità dei processi di alluvione sul suo reticolo idrografico hanno reso necessario effettuare la mappatura della pericolosità secondo approcci metodologici differenziati per i diversi ambiti territoriali. Il Progetto di Variante al PAI integra il quadro conoscitivo del PAI e del PAI DELTA con gli elaborati cartografici rappresentati dalla Mappa della Pericolosità e del Rischio di alluvione predisposte ai sensi dell'art.4 della Direttiva 2007/60/CE e del D.Lgs.49/2010.

Le Mappe di pericolosità del rischio alluvioni sono state aggiornate a quanto approvato dall'AdBPo con Decreto Segretariale n. 43/2022.

L'ambito territoriale di appartenenza del sito di studio rientra nello scenario RSP Reticolo Secondario di Pianura Artificiale.

Nell'ambito delle Mappe di scenario di pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti prodotta nell'ambito del PGRA redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po (Direttiva Alluvioni 2022) per il Reticolo Secondario Artificiale, viene classificato come M-P2 (Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno tra 100 e 200 anni – media probabilità).

Ambiti amministrativi 2021

Regione



Provincia



Comune



Direttiva Alluvioni 2022

Distretto_idrografico_fiume_Po



Mappe_della_pericolosita_Vestizione_per_UoM_2022

PUOM_Distretto_Po_ITN008_2022

PUOM_Reticolo_Secondario_di_Pianura_ITN008_2022

PUOM_Alluvioni_frequenti_H_P3_ITN008FHMHRSPRER_2022



PUOM_Alluvioni_poco_frequenti_M_P2_ITN008FHMHRSPRER_2022





Fig.9. : Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti (PGRA redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po (Direttiva Alluvioni 2022)

Il sito di studio **nella Carta del Rischio Potenziale Massimo** prodotta nell'ambito del PGRA per **il Reticolo Secondario artificiale**, prodotta nell'ambito del PGRA, Aggiornamento 2019 predisposta ai sensi dell'art.6 della Direttiva 2007/60/CE e del D.lgs.49/2010 viene classificato **come classe di rischio R1** (rischio moderato o nullo per alluvione dal Reticolo Secondario Artificiale).

Legenda

Aree Protette



Zone Parco



SIC - ZPS

Classi di Rischio

R1 (rischio moderato o nullo)

R2 (rischio medio)

R3 (rischio elevato)

R4 (rischio molto elevato)

puntuali

lineari

areali





Fig.10.: Mappa del Rischio Potenziale prodotta nell'ambito del PGRA per RSP (Direttiva Alluvioni 2019)

Quindi dall'analisi sito specifica di pericolosità idraulica il sito di studio:

- **Ricade all'interno della fascia fluviale definita dal PAI come «Fascia C» o P2 per la Variante PAI (cioè aree interessate da alluvioni poco frequenti) ;**
- **Rientra come ambito territoriale di appartenenza nel RETICOLO NATURALE SECONDARIO DI PIANURA RSP ;**

È classificato a pericolosità M - P2 nell'ambito delle Mappe di scenario di pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti prodotta nell'ambito del PGRA redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po (Direttiva Alluvioni 2022) per il Reticolo Secondario Artificiale, (Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno tra 100 e 200 anni – media probabilità).

- **E' classificato come classe di rischio R1 nella Carta del Rischio Potenziale Massimo per Reticolo Secondario Artificiale Aggiornamento 2019: rischio moderato o nullo.**

5. CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E GEOTECNICA DI DETTAGLIO

La litologia nella zona di studio è quasi costantemente rappresentata da materiali fini, in cui predominano argille e, in profondità sabbie da poco a molto addensate.

Questo fenomeno è connesso con il potere di trasporto dei corsi d'acqua e con la costituzione litologica dell'Hinterland appenninico. Tuttavia, a profondità modeste, la litologia di superficie passa a depositi più grossolani dovuti ad una fase di iniziale sviluppo dei fiumi padani.

I depositi prevalenti sono costituiti da terreni quaternari continentali. Si tratta di depositi alluvionali a granulometria assai variabile sia in senso areale che verticale, dovuti alle deposizioni dei corsi d'acqua appenninici e del fiume Po.

Si tratta in generale di alluvioni argillose-limose-sabbiose, con andamento lenticolare. La distribuzione in superficie di terreni di varie classi granulometriche è testimonianza delle successive fasi deposizionali recenti avvenute.

Si evidenzia la stretta connessione tra litologia di superficie ed evoluzioni idrografiche del fiume Secchia e Po, responsabili oltre che delle caratteristiche litografiche delle aree, anche delle forme morfologiche presenti.

In particolare, si osserva che i depositi sabbiosi si localizzano lungo il percorso dei corsi d'acqua, attuali o relitti, ed in prossimità di paleodossi, generati da tracimazioni e/o divagazioni dell'alveo dei fiumi, mentre i depositi limosi che sono messi in posto da acque a bassa energia e quindi con un trasporto solido minore si osservano nelle zone circostanti i corsi d'acqua minori e nelle fasce più esterne di quelli principali.

I depositi in prevalenza argillosi che interessano l'area di studio, sono depositi nelle zone topograficamente più depresse, in seguito all'esaurimento dell'energia di trasporto delle acque di esondazione.

Dalla "Carta della Litologia di superficie" redatta per il Quadro Conoscitivo del PSC di Correggio si evidenzia che la litologia del sito di studio che è ubicato in un'area valliva è a prevalenti litotipi argillosi impermeabili.

LEGENDA

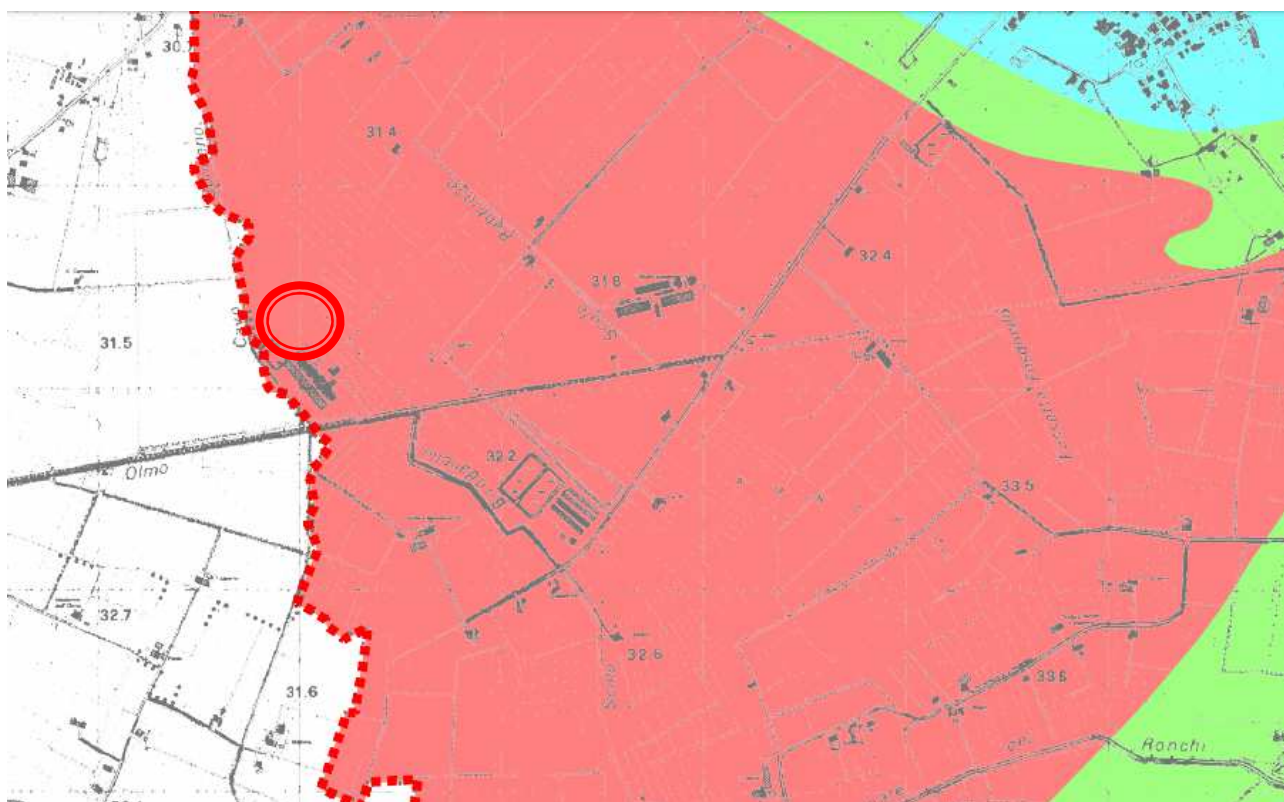
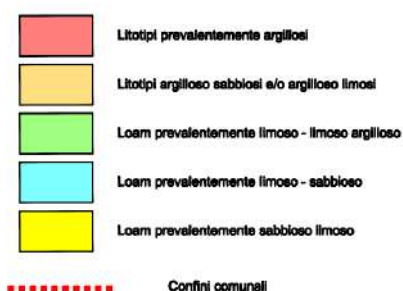


Fig.11. : "Carta della Litologia di Superficie redatta per il Quadro Conoscitivo del PSC ".

5.1 CARATTERISTICHE TECNICHE DI INDAGINE

Le prove penetrometriche statiche sono state eseguite attraverso il penetrometro statico olandese tipo Gouda montato su autocarro FIAT IVECO T80/16 4 x 4 con elica. Capacità di spinta: 300 kN (260 kN alla penetrazione, 300 kN in fase di estrazione).

L'ubicazione delle prove eseguite in sito è di seguito riprodotta

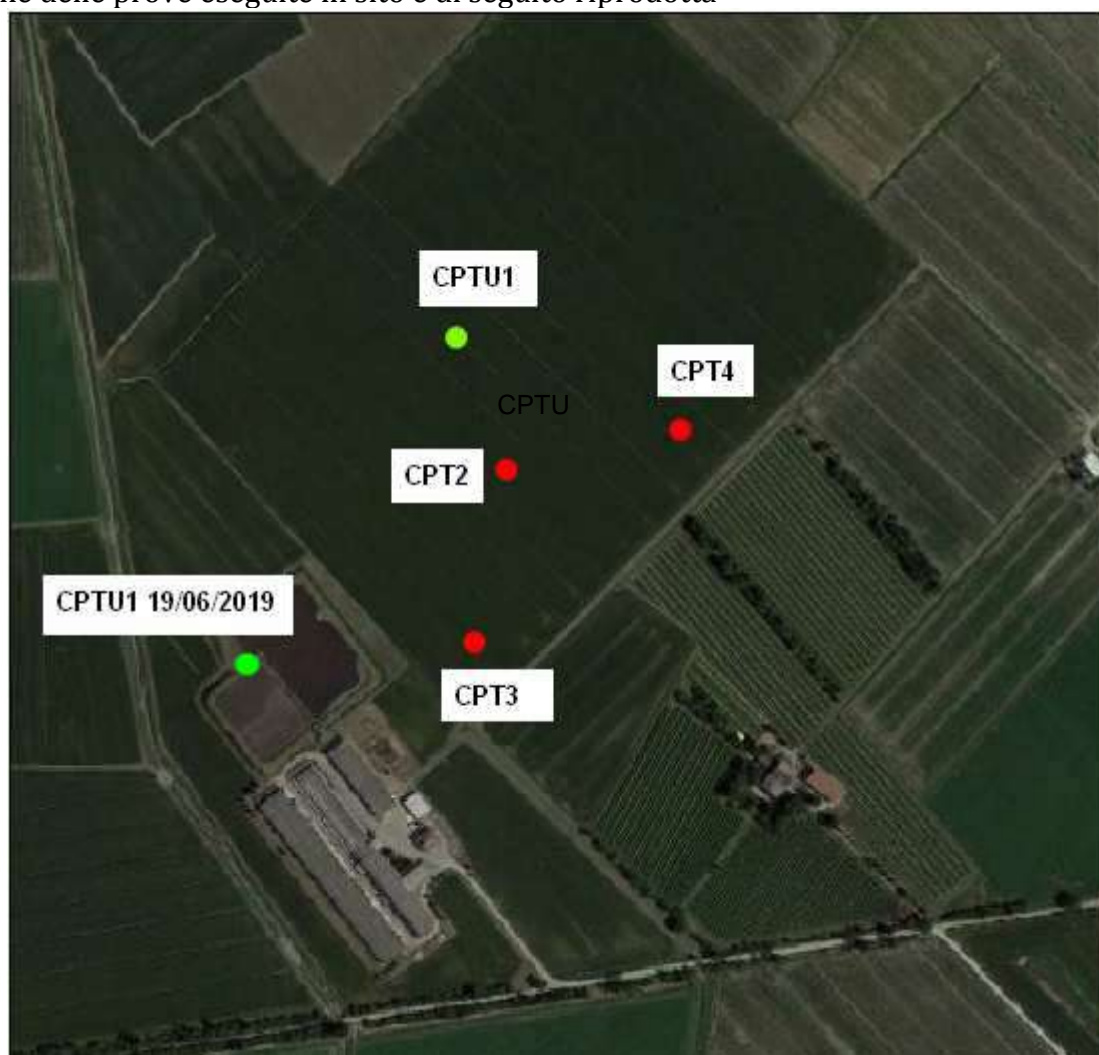


Fig.12. : Ubicazione prove penetrometriche CPT e CPTU eseguite in sito

Le prove penetrometriche statiche elettriche CPTU sono state realizzate con punta elettrica con piezocono "Envi Memocone" con inclinometro per la determinazione in continuo delle caratteristiche litologiche e idrauliche dei terreni. Infissione tramite pistone idraulico a velocità costante di 2 cm/sec, tolleranza di 3.5 .

Le caratteristiche tecniche del piezocono "Envi Memocone" utilizzato sono:

PIEZOCONO	
Area di punta	: 10.0 cm ²
Diametro	: 35.7 mm
Area netta	: 6.6 cm ²
Superficie manicotto	: 150.0 cm ²
Lunghezza manicotto	: 133.7 mm
Area superiore manicotto	: 2.22 cm ²
Area inferiore manicotto	: 3.31 cm ²
Lunghezza totale punta elettrica	: 600.0 mm
Peso complessivo	: 3 kg
RACCORDO PIEZOCONO -ASTE	
Diametro	: 35.7 mm
Lunghezza	: 250.0 mm
Caratteristiche elettriche	
Sensori di Resistenza alla punta (Rp)	
Sensori	: 8 estensimetri da 350 ohm a ponte completo con bilanciamento di zero
Fondo Scala	: 500 Kg
Risoluzione	: 0.1 Kg/cm ²
Precisione	: < ± 1% F.S.
Valore minimo misurabile	: -13 kg/cm ²
Deriva termica di zero	: < 0.05% F.S./°C
Sensori di Cella Resistenza laterale (Rl)	
Sensori	: 8 estensimetri da 350 ohm a ponte completo con bilanciamento di zero
F.S.	: 5 Kg
Risoluzione	: 0.01 kg/cm ²
Precisione	: < ± 2% F.S.
Valore minimo misurabile	: -0.55 kg/cm ²
Deriva termica di zero	: < 0.05% F.S./°C
Influenza di Rp su Rl	: > 1.5% F.S. di Rl
Sensori di Pressione neutrale (Pn)	
Sensore	: Trasduttore di pressione piezoresistivo
F.S.	: 20 bar

$$a = A_N(6.6 \text{ cm}^2) / A_T(10 \text{ cm}^2) = 0.66$$

$$q_{ct} = q_c + u(1-a)$$

In allegato (All. n. 2) vengono riportati i diagrammi delle prove dove sono graficati i seguenti valori:

- il primo riquadro rappresenta la resistenza alla punta q_c (tip resistance), espressa in MPa.
- il secondo diagramma rappresenta la resistenza d'attrito laterale f_s , espressa in Mpa,
- il terzo diagramma rappresenta il rapporto f_s/q_c , espresso in % .
- la quarta strisciata rappresentano l'andamento della pressione interstiziale u (pore pressure), espressa in Mpa,
- l'ultimo riquadro rappresenta l'inclinazione della prova rispetto la verticale espressa in gradi (degr).

La prova penetrometrica statica con punta meccanica consiste nell'infiggere a pressione nel terreno una punta conica misurando separatamente ma con continuità lo sforzo necessario per la penetrazione della punta e l'adesione terreno-acciaio di un manicotto posto al di sopra della punta. L'infissione avviene tramite un pistone idraulico che spinge la batteria di aste su cui è montata la punta a velocità costante di 2 cm/s con una tolleranza di ± 5 mm/s, l'avanzamento è automatico e regolato da centraline elettroniche.

Il penetrometro meccanico possiede il manicotto di attrito che si muove indipendentemente dalla

punta secondo il metodo Begemann.

Lo sforzo per l'infissione della punta è misurato mediante manometri collegati al martinetto che esercita la spinta. L'acquisizione dati viene rilevata da manometri meccanici a bagno d'olio con sensibilità minima pari a 0.1 Bar.

Le caratteristiche del penetrometro statico olandese tipo Gouda sono:

- punta conica meccanica $\phi = 35.7 \text{ mm}$ - angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$ - area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- manicotto laterale di attrito tipo "Begemann" $\phi = 35.7 \text{ mm}$. - $h = 133 \text{ mm}$. - sup.lat. $A_m = 150 \text{ cm}^2$
- le aste sono doppie: una cava $\phi = 36 \text{ mm}$. e una, il cui diametro è tale da essere contenuta all'interno delle aste cave.

Durante l'esecuzione della prova ogni 20 cm vengono lette nei manometri la resistenza all'avanzamento della sola punta L.punta, la resistenza dell'avanzamento della punta e del manicotto L.laterale e la resistenza totale all'avanzamento delle sole aste cave.

Nei diagrammi vengono rappresentati:

- la resistenza alla punta q_c in MPa
- la resistenza laterale locale f_s in MPa
- la linea a destra rappresenta il rapporto q_c/f_s (numero puro).
-



Fig.13. : Penetrometro statico sul punto della prova CPTU eseguita nel Giugno 2019



Fig.14. : Penetrometro statico su un punto di prova CPT eseguita nel Novembre 2023

5.2 INTERPRETAZIONE LITOLOGICA

Per l'interpretazione della prova CPTU si è considerata la carta normalizzata del comportamento dei vari tipi di terreno (SBTn - Soil Behaviour Type normalized) di P.K. Robertson (2009), carta basata sulla resistenza alla penetrazione della punta del cono, normalizzata (Q_t) e sul rapporto d'attrito normalizzato (Fr).

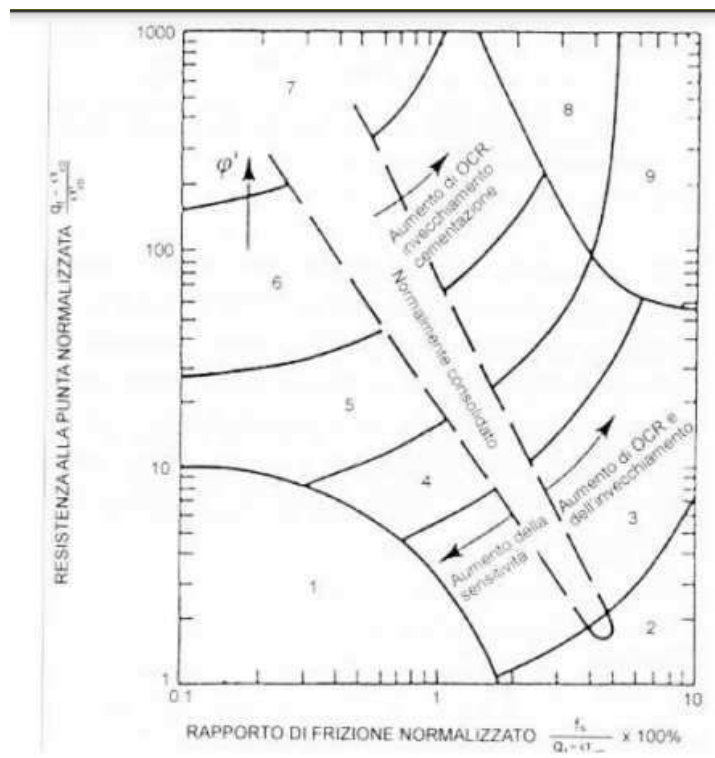


Fig.15. Carta SBTn di Robertson per la classificazione dei terreni con prove CPT da penetrometro elettrico : 1) terreno sensitivo a grana fine 2) terreno organico, torba 3) Argille. Da argille ad argille limose 4) Limi. Da limi argillosi ad argille limose 5) Sabbie. Da sabbie limose a limi sabbiosi 6) Sabbie. Da sabbie pulite a sabbie limose 7) Da sabbie ghiaiose a sabbie 8) Da sabbie molto dense a sabbie argillose fortemente sovraconsolidate o cementate 9) Materiali fini granulari molto duri, fortemente sovraconsolidati o cementati

La carta SBT proposta da Robertson nel 1990, è predittiva del comportamento meccanico dei terreni e non fornisce direttamente una classificazione del terreno in base alla granulometria ed alla plasticità come per esempio la classificazione USCS (ASTM 2006).

Fortunatamente, la granulometria e la plasticità dei terreni, sono spesso correlabili ragionevolmente bene con il comportamento in situ dei terreni e, quindi, c'è spesso una buona corrispondenza tra la classificazione USCS e quella ottenuta con correlazioni basate sui dati forniti dalle prove CPT interpretati mediante la carta SBT proposta da Robertson.

Robertson (1990) propose di utilizzare i parametri normalizzati e adimensionali Q_{t1} , Fr e B_q , le cui equazioni (1), (2) e (3) per la loro determinazione, sono di seguito riportate ed in cui σ'_{vo} è la tensione efficace verticale in sito, u_0 è la pressione di equilibrio in sito dell'acqua e Δu è l'eccesso di pressione neutra durante la penetrazione.

$$Q_{t1} = (q_t - \sigma'_{vo}) / \sigma'_{vo} \quad (1)$$

$$Fr = [f_s / (q_t - \sigma'_{vo})] 100\% \quad (2)$$

$$B_q = (u_2 - u_0) / (q_t - \sigma'_{vo}) = \Delta u / (q_t - \sigma'_{vo}) \quad (3)$$

Il termine Q_{t1} (resistenza di punta normalizzata adimensionale) è usato per definire la resistenza di punta corretta, q_t è la resistenza alla punta totale; Fr rappresenta il rapporto di attrito normalizzato

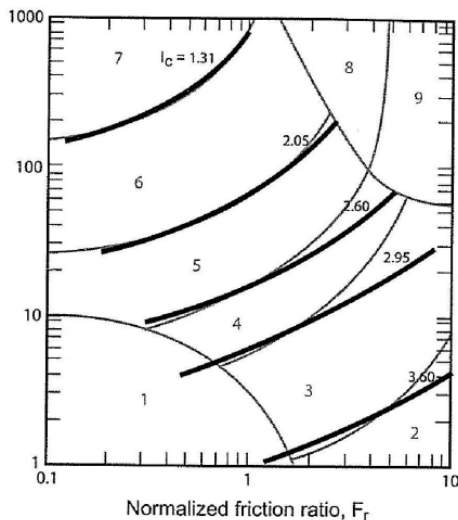
adimensionale, mentre B_q rappresenta il rapporto delle pressioni interstiziali. Tali parametri sono utilizzati da Robertson per la stesura di due carte, nella prima delle quali si correlano fra loro i valori di $Q_{t1} - Fr$, e nella seconda si mettono in relazione i valori di Q_{t1} e B_q .

Jefferies and Davies (1993) hanno rilevato che l'indice di comportamento dei terreni I_c , rappresenta, sulla carta $Q_{t1} - Fr$ (SBTn), delle aree che sono sostanzialmente dei cerchi concentrici che definiscono i contorni di vari tipi di terreno.

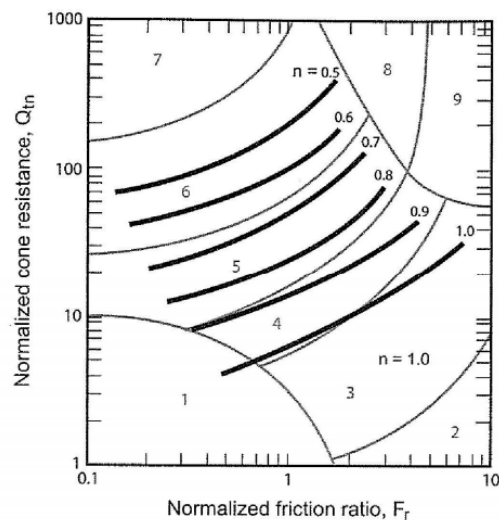
Robertson e Wride (1998) modificarono la definizione di I_c per applicarlo alla carta di Robertson (1990) tramite la relazione

$$I_c = [(3.47 - \log Q_{t1})^2 + (\log Fr + 1.22)^2]^{0.5}$$

Il grafico del parametro I_c è rappresentato nelle figure di seguito e il contorno di I_c può essere usato per approssimare i confini già determinati nella carta SBTn. Inoltre Jefferies e Davis (1993) suggerirono che l'indice I_c può essere usato per modificare le correlazioni empiriche che variano con il tipo di terreno.



Contorni dell'indice di comportamento terreno I_c sulla carta $Q_{tn} - Fr$ SBTn (Zone SBT basate su Robertson (1990)).

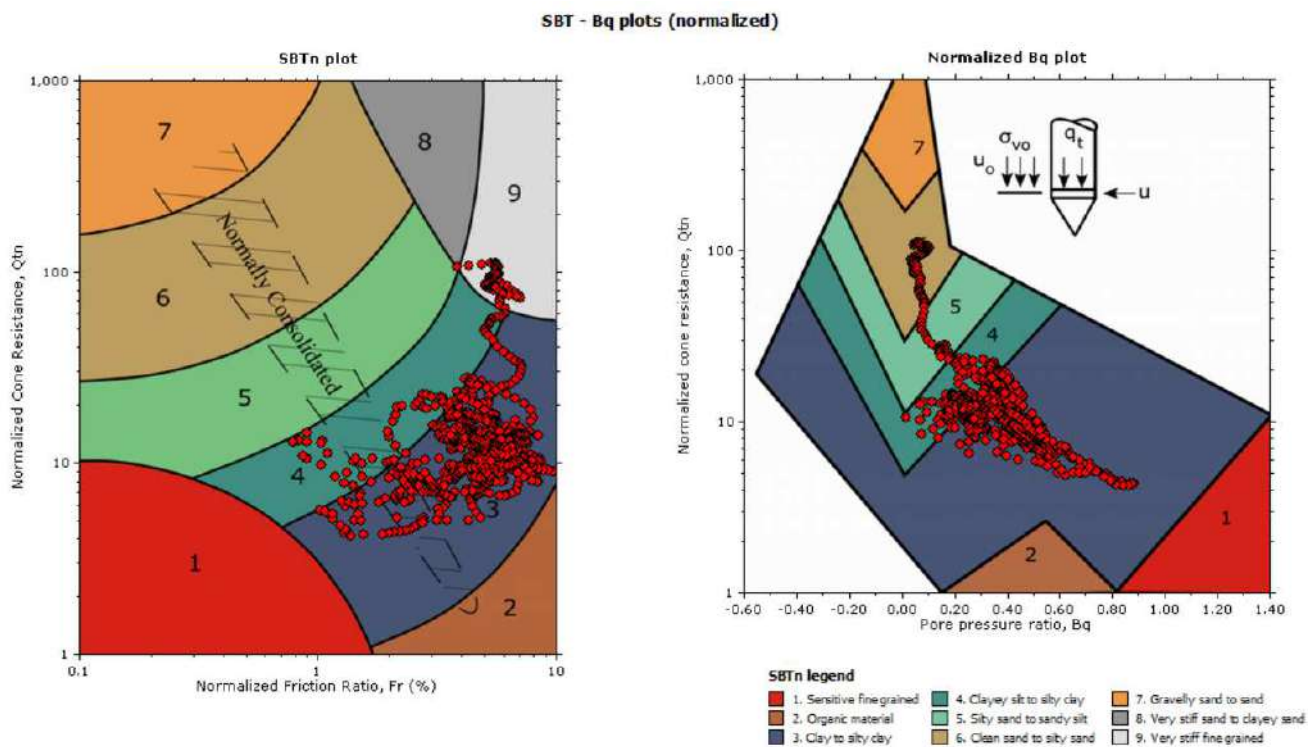
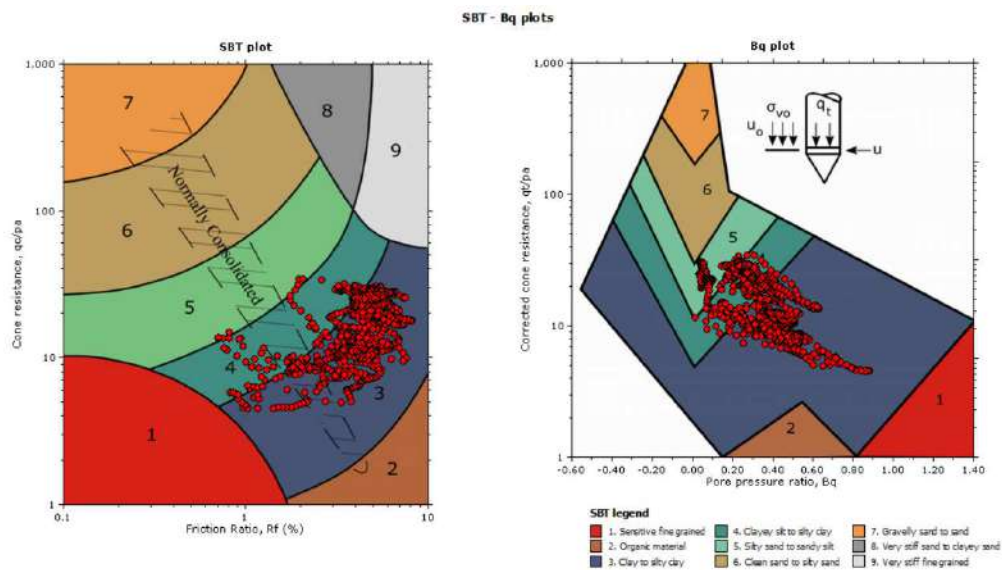


Contorni dell'esponente di sforzo n (per $\sigma'_{vo}/p_a = 1.0$) sulla carta $Q_{tn} - Fr$ SBTn normalizzata.

Robertson e Campanella (1983) discussero come la resistenza alla punta è influenzata dal terreno davanti e dietro la punta stessa e confermarono che il terreno che si trova compreso tra circa 15 diametri prima e circa 15 diametri dietro alla punta durante la penetrazione può influenzare la resistenza di punta.

E' possibile identificare le zone di transizione utilizzando il rapporto di cambiamento I_c . Robertson e Wride (1998) il valore di questo parametro per la transizione tra sabbie ed argille è di circa $I_c = 2,60$. Quindi quando il valore di I_c varia rapidamente ed assume valori intorno a 2.60, siamo in presenza di una zona di transizione tra sabbia e argilla e/o viceversa. I Profili di I_c possono fornire un utile mezzo per identificare e rimuovere queste zone di transizione.

Si riporta di seguito la carta non normalizzata e normalizzata del comportamento dei vari tipi terreno (SBTn - Soil Behaviour Type normalized) per la prova CPTU eseguita in sito.



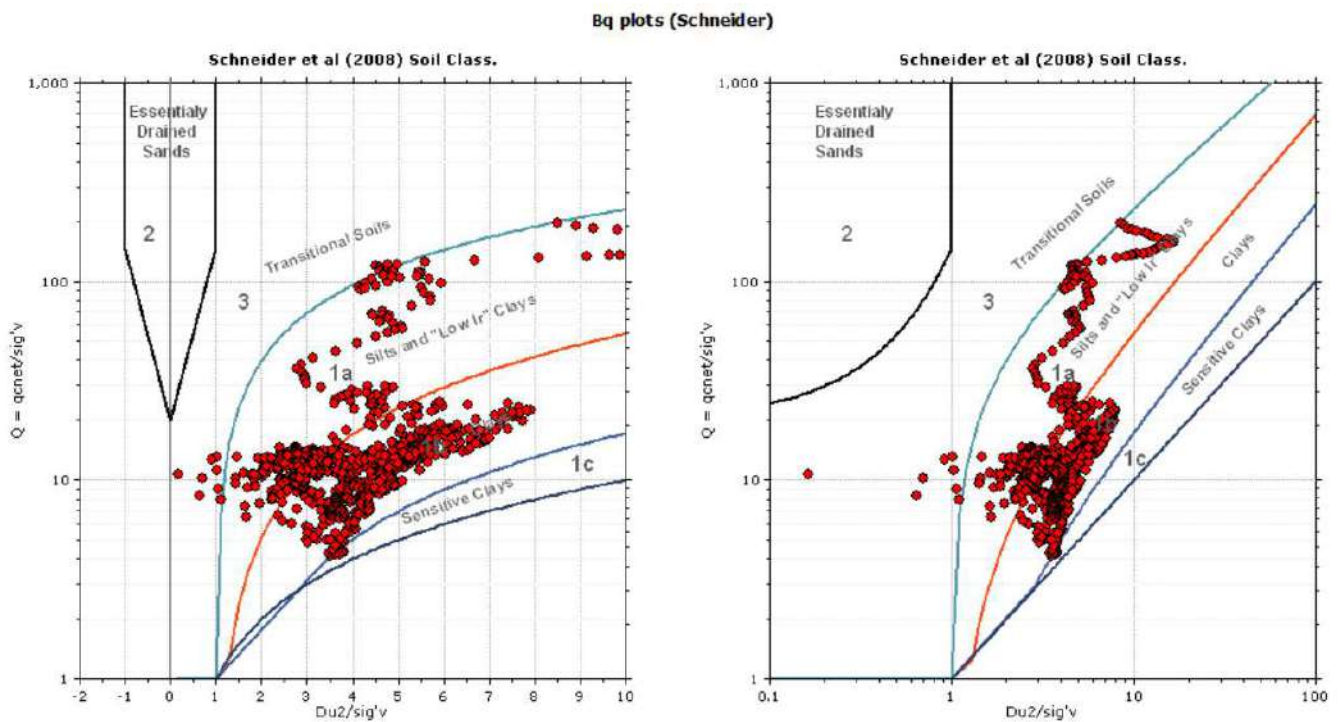
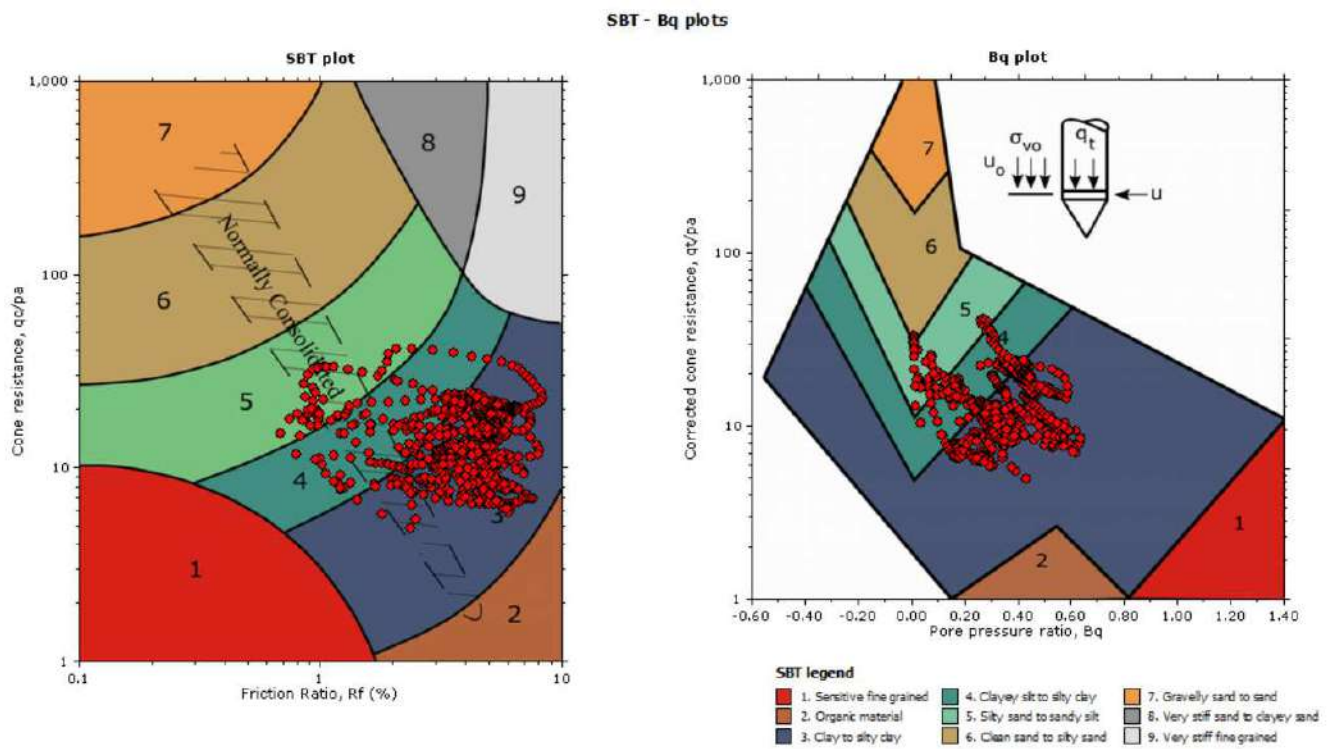
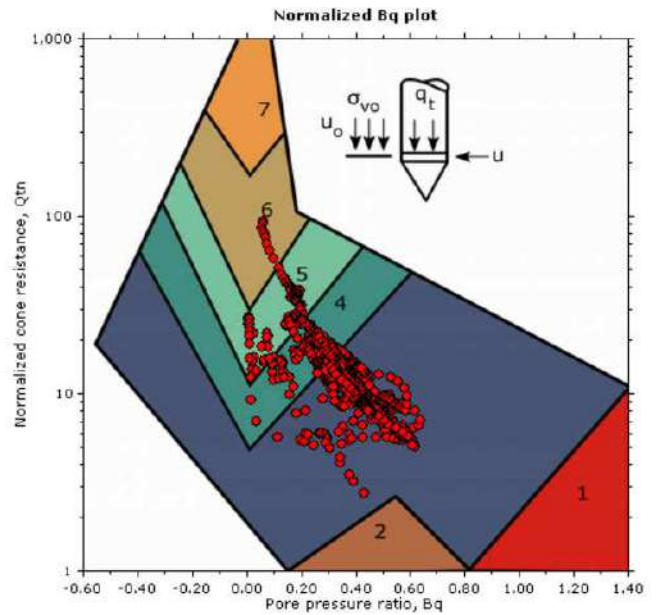
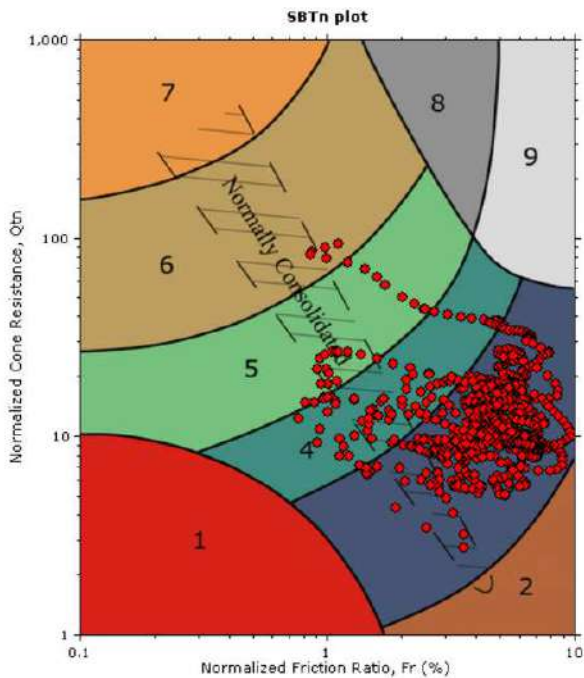


Fig.16. : Carte non normalizzata e normalizzata del comportamento dei vari tipi terreno (SBTn - Soil Behaviour Type normalized) per la CPTU1 del 2023



SBT - Bq plots (normalized)



SBTn legend

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

Bq plots (Schneider)

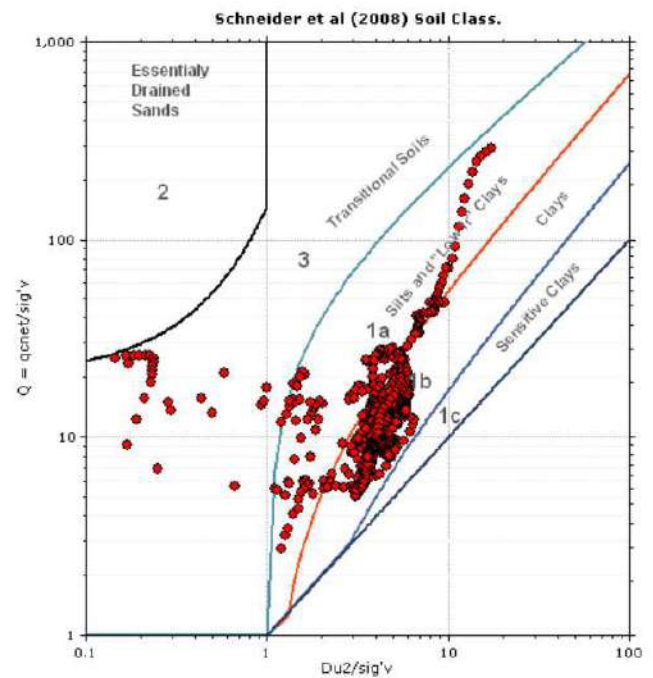
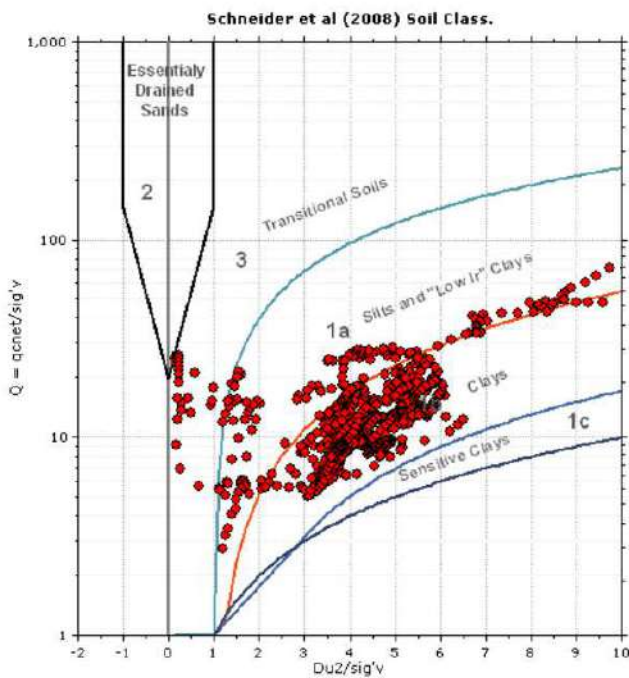


Fig.17. : Carte non normalizzata e normalizzata del comportamento dei vari tipi terreno (SBTn - Soil Behaviour Type normalized) per la CPTU1 del 2019

La natura litologica dei terreni, oggetto delle prove penetrometriche statiche meccanica CPT eseguite

in sito, è dedotta dall'analisi dei diagrammi penetrometrici mediante "Guide for estimating soil type from dutch friction-cone ratio" (after Schmertmann, 1969), Raccomandazioni A.G.I. 1977.

Le sequenze stratigrafiche definite dalle 5 prove penetrometriche si presentano omogenee negli spessori degli strati litologici nei vari punti indagati.

- Al di sotto del terreno vegetale, sono presenti argille compatte asciutte sovraconsolidate;
- Dalla quota di - 1.60 m dal p.c. si trovano argille debolmente limose compatte;
- Da - 5.00 m a - 8.40 m si trovano limi e limi argillosi poco consistenti;
- Da - 8.40 m a - 10.00 m si trovano argille compatte;
- Da - 10.0m a - 20.00 m si trovano argille molto compatte.

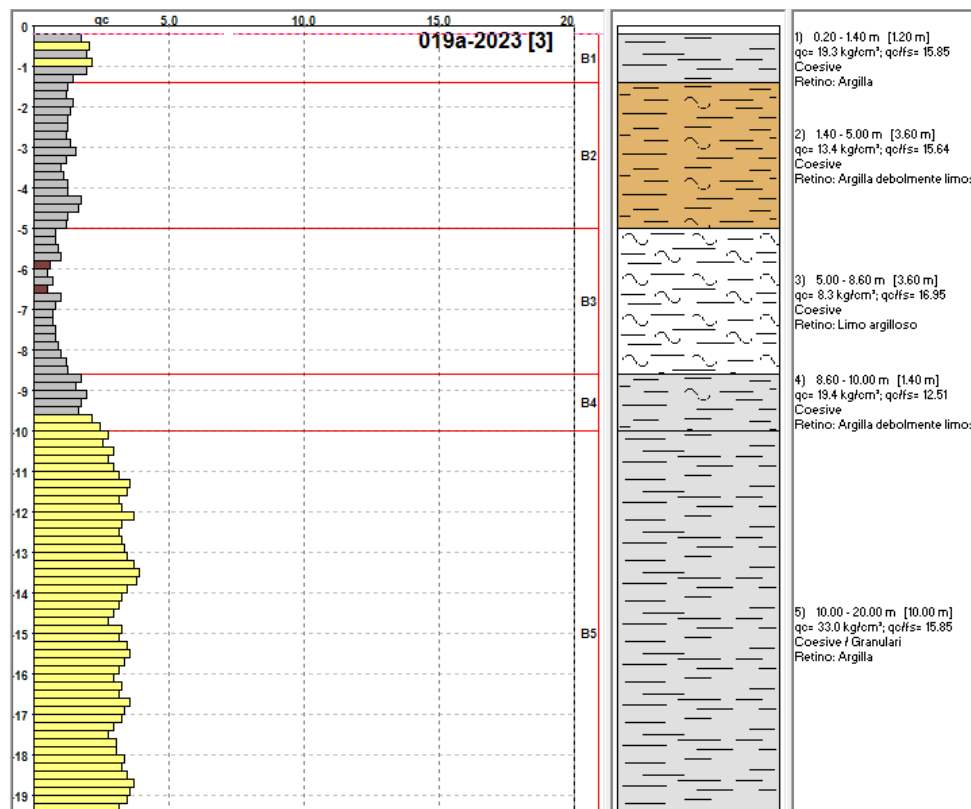


Fig.18. : Schema sequenza stratigrafica CPT1

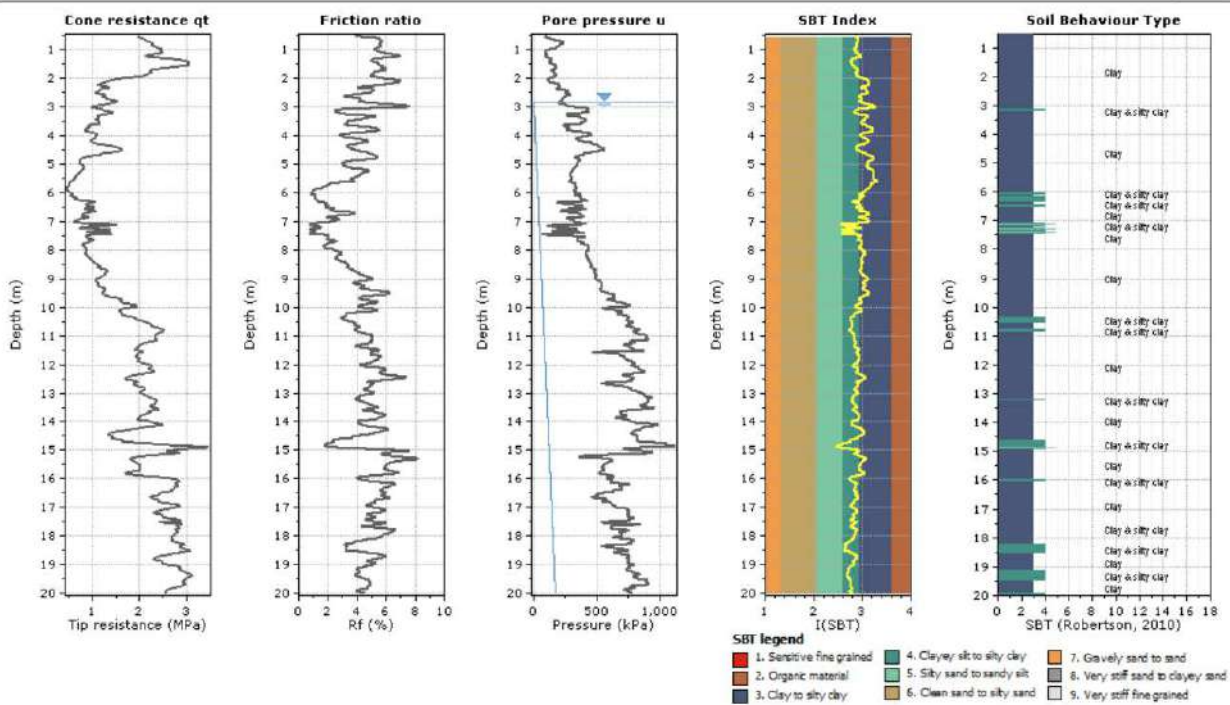


Fig.19. : Schema sequenza stratigrafica CPTU 2023

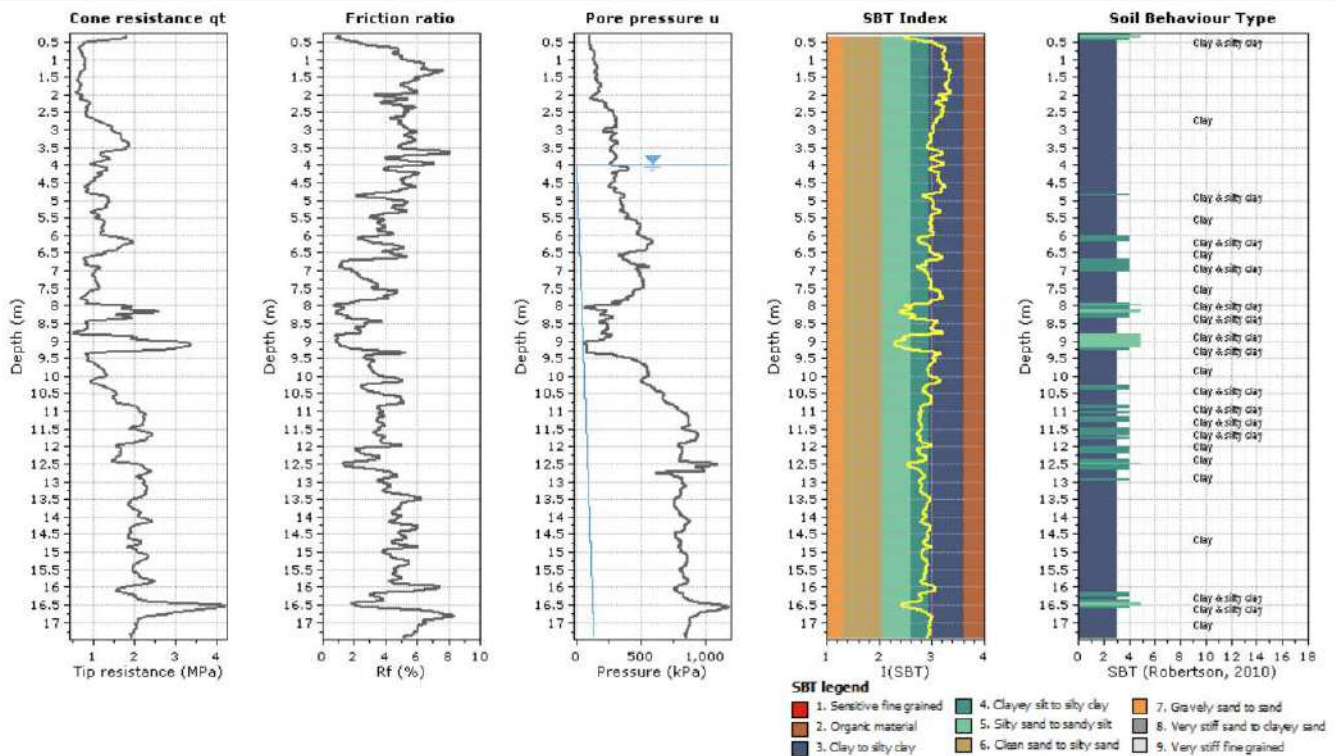


Fig.20. : Schema sequenza stratigrafica CPTU 2019

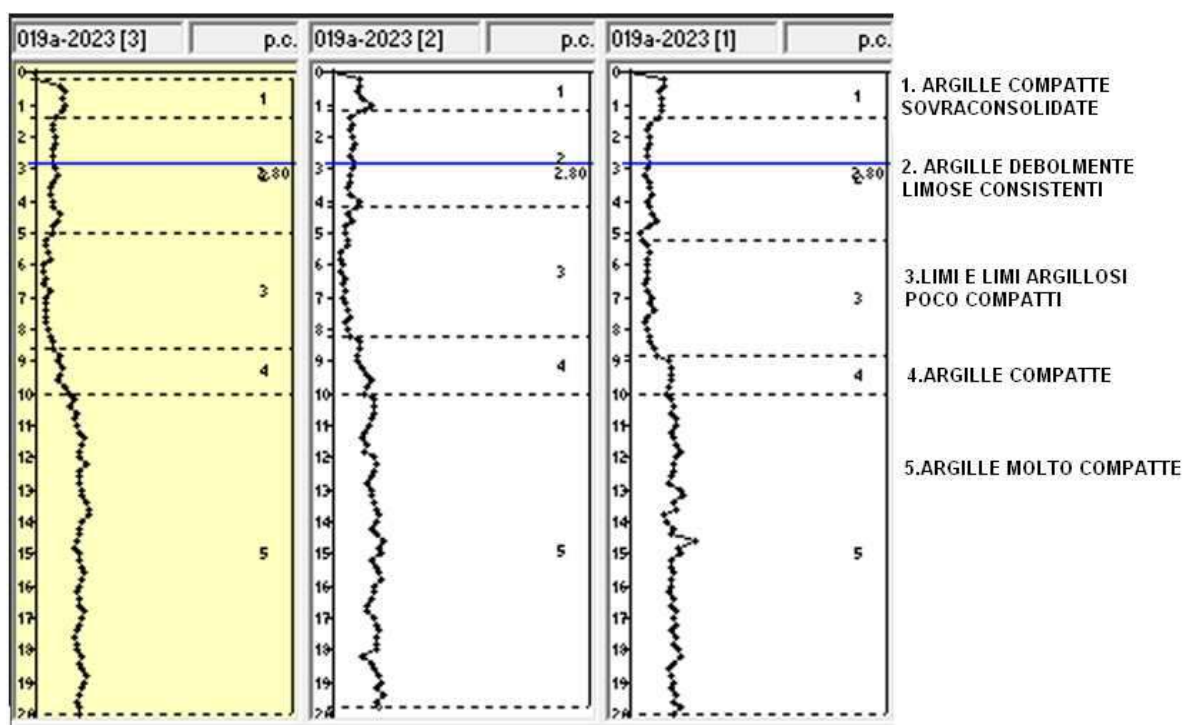


Fig.21. : Schema sezione OVEST - EST

Si riportano di seguito le letture di campagna delle prove statiche meccaniche CPT eseguite, con i relativi valori, ogni 20 cm, della qc (in MPa) ed fs (in KPa).

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA											CPT		1									
PARAMETRI GEOTECNICI											riferimento		019a-2023									
Committente: PIG GREEN ITALIA SRL SOC AGR											U.M.: MPa		Data esec.: 22/11/2023									
Cantiere: FOSDONDO DI CORREGGIO VIA RONCHI											Pagina: 1											
Località: FOSDONDO DI CORREGGIO VIA RONCHI											Elaborato:		Falda: -2.80 m									
NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' U.M.	σ'vo kPa	Vs m/s	Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	eSc (*)	eCa (*)	eKo (*)	eDB (*)	eDM (*)	eMe (*)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.
0.20	2.5	11.7		1.85	3.6	170	89.1	99.9	15.1	22.7	7.4	100	43	42	40	37	45	28	-	4.1	6.1	7.4
0.40	2.5	17.0		1.85	7.3	171	91.0	99.9	15.5	23.2	7.6	89	42	39	36	34	42	28	-	4.2	6.4	7.6
0.60	2.2	14.4		1.85	10.9	168	82.9	79.5	14.1	21.1	6.5	74	40	36	33	31	40	28	-	3.6	5.4	6.5
0.80	2.3	10.8		1.85	14.5	169	85.1	57.3	14.5	21.7	6.8	68	39	35	32	30	39	28	-	3.8	5.6	6.8
1.00	2.4	13.3		1.85	18.1	169	87.1	44.7	14.8	22.2	7.1	64	39	34	31	29	38	28	-	3.9	5.9	7.1
1.20	2.3	14.4		1.85	21.8	169	85.1	34.5	14.5	21.7	6.8	58	38	33	30	28	37	28	-	3.8	5.6	6.8
1.40	2.1	17.5		1.85	25.4	167	80.7	26.7	13.7	20.6	6.2	51	37	32	29	27	36	27	-	3.4	6.1	6.2
1.60	1.4	12.4		1.85	29.0	163	62.4	16.3	10.6	15.9	4.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.80	1.3	11.5		1.85	32.6	162	59.3	13.2	10.1	15.1	4.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.00	1.4	11.7		1.85	36.3	163	62.4	12.4	10.6	15.9	4.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.20	1.4	16.1		1.85	39.9	163	62.4	11.0	10.6	15.5	4.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.40	1.3	14.9		1.85	43.5	162	59.3	9.2	10.4	15.5	4.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.60	1.2	12.9		1.85	47.1	162	56.0	7.8	11.4	17.1	4.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.80	1.5	18.8		0.95	49.0	164	65.3	9.0	11.6	17.4	4.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.00	1.3	17.8		0.93	50.8	162	59.3	7.6	12.4	18.6	4.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.20	1.0	13.7		0.90	52.6	160	49.0	5.7	14.1	21.1	3.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.40	1.4	19.2		0.94	54.4	163	62.4	7.4	13.4	20.0	4.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.60	1.5	18.8		0.95	56.3	164	65.3	7.6	13.7	20.6	4.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.80	1.6	15.0		0.96	58.2	164	68.2	7.7	14.1	21.2	5.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.00	1.3	14.0		0.93	60.0	162	59.3	6.2	15.7	23.6	4.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.20	1.4	13.1		0.94	61.8	163	62.4	6.3	16.1	24.1	4.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.40	1.7	19.5		0.97	63.7	165	70.9	7.2	15.9	23.8	5.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.60	2.0	21.5		0.93	65.6	167	78.4	7.9	15.8	23.7	5.9	26	34	27	23	22	30	27	-	3.3	4.9	5.9
4.80	1.4	29.8		0.94	67.4	163	62.4	5.7	18.1	27.2	4.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.00	0.7	14.9		0.88	68.3	158	34.3	2.7	3.7	5.6	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.20	0.9	17.0		0.88	70.0	160	44.1	3.5	19.8	29.6	3.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.40	1.2	25.5		0.92	71.8	162	56.0	4.6	20.0	30.0	4.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.60	1.4	23.3		0.94	73.7	163	62.4	5.1	20.3	30.4	4.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.80	1.3	16.3		0.93	75.5	162	59.3	4.6	21.0	31.5	4.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.00	1.3	16.3		0.93	77.3	162	59.3	4.5	21.5	32.3	4.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.20	1.2	13.8		0.92	79.1	162	56.0	4.1	22.1	33.1	4.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.40	1.2	22.6		0.92	80.9	162	56.0	4.0	22.6	33.9	4.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.60	1.0	21.3		0.90	82.7	160	49.0	3.3	23.1	34.6	3.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.80	1.2	44.4		0.88	84.4	162	56.0	3.8	23.8	35.7	4.4	3	32	23	19	18	26	26	-	2.0	2.9	3.5
7.00	1.6	23.9		0.96	86.3	164	68.2	4.7	24.0	36.0	5.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.20	1.5	31.9		0.99	88.0	164	65.3	4.3	24.6	36.9	4.9	9	32	24	20	19	27	27	-	2.5	3.7	4.4
7.40	1.8	24.7		0.98	90.0	166	73.5	4.9	24.9	37.4	5.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.60	1.3	21.7		0.93	91.8	162	59.3	3.6	25.9	38.9	4.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.80	1.0	16.7		0.90	93.5	160	49.0	2.8	24.9	37.4	3.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.00	1.3	19.4		0.93	95.4	162	59.3	3.5	26.9	40.3	4.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.20	1.4	15.1		0.94	97.2	163	62.4	3.6	27.4	41.2	4.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.40	1.5	12.5		0.95	99.1	164	65.3	3.7	27.9	41.9	4.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.60	1.8	15.0		0.98	101.0	166	73.5	4.2	28.2	42.3	5.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.80	1.9	13.6		0.99	102.9	166	76.0	4.3	28.7	43.1	5.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.00	2.7	21.1		0.96	104.8	172	94.6	5.5	28.4	42.6	8.2	27	34	26	23	21	29	28	-	4.6	6.9	8.2
9.20	2.9	21.4		0.96	106.7	173	98.0	5.6	28.7	43.1	8.8	28	35	26	23	22	30	29	-	4.9	7.4	8.8
9.40	2.9	18.8		0.96	108.6	173	98.0	5.5	29.7	44.8	8.8	28	35	26	23	22	30	29	-	4.9	7.4	8.8
9.60	2.9	18.8		0.96	110.4	173	98.0	5.4	30.9	45.1	8.8	28	35	26	23	22	30	29	-	4.9	7.4	8.8
9.80	2.7	16.8		0.96	112.3	172	94.6	5.1	30.9	46.4	8.2	25	34	26	22	21	29	28	-	4.6	6.9	8.2
10.00	2.6	16.2		0.95	114.2	171	92.8	4.8	31.6	47.5	7.9	23	34	25	22	21	29	28	-	4.4	6.6	7.9
10.20	3.0	17.9		0.97	116.1	174	101.3	5.3	31.7	47.6	9.1	28	35	26	23	21	29	29	-	5.1	7.6	9.1
10.40	3.1	18.5		0.97	118.0	174	104.5	5.4	32.1	48.2	9.4	28	35	26	23	22	30	29	-	5.2	7.8	9.4
10.60	3.0	17.9		0.97	119.9	174	101.3	5.1	33.0	49.5	9.1	27	34	26	23	21	29	29	-	5.1	7.6	9.1
10.80	3.3	22.2		0.98	121.8	176	111.1	5.6	32.9	49.3	10.0	30	35	26	23	22	30	29	-	5.6	8.3	10.0
11.00	3.3	20.4		0.98	123.7	176	111.1	5.5	33.5	50.3	10.0	29	35	26	23	22	30	29	-	5.6	8.3	10.0
11.20	3.0	17.9		0.97	125.6	174	101.3	4.8	34.8	52.3	9.1	26	34	26	22	21	29	29	-	5.1	7.6	9.1
11.40	3.1	18.5		0.97	127.5	174	104.5	4.9	35.3	52.9	9.4	26	34	26	22	21	29	29	-	5.2	7.8	9.4
11.60	3.1	21.3		0.98	129.4	176	111.1	5.2	35.5	53.3	10.0	28	35	26	23	21	29	29	-	5.6	8.3	10.0
11.80	3.7	22.0		0.99	131.4	178	124.1	5.8	35.8	54.2	11.2	32	38	28	25	22	30	29	-	6.2	9.3	11.2
12.00	3.3	17.6		0.98	133.3	176	111.1	5.0	36.8	55.2	10.0	27	35	26	23	21	29	29	-	5.6	8.3	10.0
12.20	3.2	19.1		0.97	135.2	175	107.8	4.7	37.6	56.3	9.7	26	34	26	22	21	29	29	-	5.4	8.1	9.7
12.40	3.1	19.2		0.97	137.1	174	104.5	4.5	38.2	57.4	9.4	25	34	25	22	21	29	29	-	5.2	7.8	9.4
12.60	2.9	18.8		0.96																		

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA														CPT		2							
PARAMETRI GEOTECNICI														riferimento		019a-2023							
Committente: PIG GREEN ITALIA SRL SOC AGR														U.M.: MPa		Data eseg.: 26/11/2023							
Cantiere: FOSDONDO DI CORREGGIO VIA RONCHI														Pagina: 1									
Località: FOSDONDO DI CORREGGIO VIA RONCHI														Elaborato:		Falda: -2.80 m							
NATURA COESIVA														NATURA GRANULARE									
Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' kN/m³	σ'vo kPa	Vs m/s	Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	σSc (°)	σCa (°)	σKo (°)	σDB (°)	σDM (°)	σMe (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	
0.20	2.0	14.3		1.85	3.6	167	78.4	99.9	13.3	20.0	5.9	97	43	41	39	36	44	27	-	3.3	4.9	5.9	
0.40	1.9	11.4		1.85	7.3	166	76.0	99.9	12.9	19.4	5.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0.60	1.8	10.8		1.85	10.9	166	73.5	88.4	12.5	18.7	5.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0.80	2.2	11.0		1.85	14.5	168	82.9	55.5	14.1	21.1	6.5	67	39	35	32	30	39	28	-	3.6	5.4	6.5	
1.00	2.7	15.0		1.85	18.1	172	94.6	49.5	16.1	24.1	8.2	69	40	36	32	30	39	28	-	4.6	6.9	8.2	
1.20	2.4	21.2		1.85	21.8	169	87.1	35.6	14.8	22.2	7.1	60	38	33	30	28	37	26	-	3.9	5.9	7.1	
1.40	1.3	13.0		1.85	25.4	162	59.3	18.1	10.1	15.1	4.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1.60	1.5	15.0		1.85	29.0	164	65.3	17.3	11.1	16.7	4.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1.80	1.3	14.9		1.85	32.6	162	59.3	13.2	10.1	15.1	4.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2.00	1.4	12.4		1.85	36.3	163	62.4	12.4	10.6	15.9	4.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2.20	1.6	14.2		1.85	39.9	164	68.2	12.3	11.6	17.4	5.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2.40	1.5	14.0		1.85	43.5	164	65.3	10.4	11.1	16.7	4.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2.60	1.3	14.0		1.85	47.1	162	59.3	8.4	11.2	16.8	4.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2.80	1.6	17.2		0.96	49.0	164	68.2	9.5	11.8	17.6	5.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3.00	1.5	17.2		0.95	50.9	164	65.3	8.6	12.1	18.1	4.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3.20	1.2	15.0		0.92	52.7	162	56.0	6.8	13.4	20.1	4.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3.40	1.3	16.3		0.93	54.5	162	59.3	7.0	13.7	20.5	4.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3.60	1.1	12.6		0.91	56.3	161	52.6	5.8	15.1	22.6	4.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3.80	1.3	16.3		0.93	58.1	162	59.3	6.4	15.0	22.6	4.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4.00	2.0	25.0		0.93	59.9	167	78.4	8.8	14.2	21.3	5.9	29	35	27	24	23	31	27	-	3.3	4.9	5.9	
4.20	1.8	22.5		0.98	61.8	166	73.5	7.8	15.0	22.4	5.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4.40	1.1	16.4		0.91	63.6	161	52.6	4.9	17.6	26.4	4.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4.60	1.4	19.2		0.94	65.6	163	62.4	5.9	17.4	26.1	4.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4.80	0.9	19.1		0.88	67.2	160	44.1	3.7	19.0	28.4	3.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5.00	0.9	17.0		0.88	68.9	160	44.1	3.6	19.5	29.2	3.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5.20	1.1	16.4		0.91	70.7	161	52.6	4.3	19.7	29.6	4.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5.40	1.0	18.9		0.90	72.5	160	49.0	3.8	20.4	30.6	3.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5.60	0.6	18.2		0.82	74.1	158	29.4	2.0	16.5	24.7	2.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5.80	0.5	25.0		0.80	75.6	157	24.5	1.5	14.3	21.4	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6.00	0.7	35.0		0.83	77.3	158	34.3	2.3	18.7	28.0	3.2	-	31	21	17	16	25	26	-	1.1	1.7	2.1	
6.20	0.6	30.0		0.82	78.9	158	29.4	1.8	16.7	25.1	2.8	-	31	20	16	15	25	26	-	1.0	1.5	1.8	
6.40	0.9	33.3		0.86	80.5	160	44.1	3.0	21.9	32.9	3.7	-	31	22	18	17	25	26	-	1.5	2.2	2.6	
6.60	0.8	29.6		0.86	82.2	159	39.2	2.5	20.8	31.2	3.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6.80	0.9	27.3		0.88	83.9	160	44.1	2.8	22.4	33.6	3.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7.00	0.7	21.2		0.84	85.6	158	34.3	2.0	19.2	28.8	3.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7.20	0.9	17.0		0.88	87.3	160	44.1	2.7	22.8	34.3	3.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7.40	1.0	13.7		0.90	89.1	160	49.0	3.0	24.3	36.4	3.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7.60	1.2	22.6		0.92	90.9	162	56.0	3.4	25.6	38.4	4.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7.80	0.9	15.0		0.88	92.6	160	44.1	2.5	23.4	35.1	3.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8.00	1.1	12.6		0.91	94.4	161	52.6	3.0	25.9	38.8	4.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8.20	1.3	13.0		0.93	96.2	162	59.3	3.4	27.1	40.6	4.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8.40	2.0	21.5		0.93	98.0	167	78.4	4.7	27.2	40.8	5.9	17	33	25	21	20	28	27	-	3.3	4.9	5.9	
8.60	2.0	17.7		0.93	99.8	167	78.4	4.6	27.8	41.7	5.9	16	33	25	21	20	28	27	-	3.3	4.9	5.9	
8.80	1.8	15.9		0.98	101.8	166	73.5	4.2	28.4	42.6	5.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9.00	1.8	15.9		0.98	103.7	166	73.5	4.1	28.9	43.4	5.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9.20	2.2	17.3		0.93	105.5	168	82.9	4.6	29.4	44.0	6.5	18	33	25	21	20	28	28	-	3.6	5.4	6.5	
9.40	2.5	17.0		0.94	107.4	170	89.1	5.0	29.7	44.5	7.4	22	34	25	22	21	29	28	-	4.1	6.1	7.4	
9.60	2.7	17.5		0.96	109.2	172	94.6	5.2	29.9	44.9	8.2	26	34	26	23	21	29	28	-	4.6	6.9	8.2	
9.80	2.5	18.6		0.95	111.1	171	91.0	4.9	30.8	46.1	7.6	23	34	25	22	21	29	28	-	4.2	6.4	7.6	
10.00	2.4	18.0		0.94	112.9	169	87.1	4.5	31.5	47.2	7.1	19	34	25	22	20	28	28	-	3.9	5.9	7.1	
10.20	2.9	18.0		0.96	114.8	173	98.0	5.2	31.5	47.3	8.8	27	34	26	23	21	29	29	-	4.9	7.4	8.8	
10.40	3.0	18.6		0.97	116.7	174	101.3	5.3	31.9	47.9	9.1	27	35	26	23	21	29	29	-	5.1	7.6	9.1	
10.60	2.9	17.3		0.96	118.6	173	98.0	4.9	32.8	49.2	8.8	26	34	25	22	21	29	29	-	4.9	7.4	8.8	
10.80	2.8	16.1		0.96	120.5	173	95.3	4.7	33.5	50.2	8.5	24	34	25	22	21	29	29	-	4.7	7.1	8.5	
11.00	2.6	14.4		0.95	122.3	171	92.8	4.4	34.1	51.2	7.9	22	34	25	22	21	28	28	-	4.4	6.6	7.9	
11.20	2.3	13.8		0.94	124.2	169	85.1	3.9	34.8	52.2	6.8	16	33	24	21	20	27	28	-	3.8	5.6	6.8	
11.40	2.2	13.8		0.93	126.0	168	82.9	3.7	35.5	53.3	6.5	14	33	24	21	19	27	28	-	3.6	5.4	6.5	
11.60	2.5	13.9		0.94	127.9	170	89.1	4.0	36.7	53.5	7.4	18	33	24	21	20	28	28	-	4.1	6.1	7.4	
11.80	2.3	14.4		0.94	129.7	169	85.1	3.7	36.6	54.9	6.8	15	33	24	21	19	27	28	-	3.8	5.6	6.8	
12.00	3.0	17.9		0.97	131.6	174	101.3	4.5	36.7	55.0	9.1	25	34	25	22	21	29	29	-	5.1	7.6	9.1	
12.20	3.1	16.0		0.97	133.5	174	104.5	4.6	37.2	55.7	9.4	25	34	25	22	21	29	29	-	5.2	7.8	9.4	
12.40	2.9	21.4		0.96	135.4	173	98.0	4.2	37.8	56.7	8.8	23	34	25	22	21	28	29	-	4.9	7.4	8.8	
12.60	2.7	22.0		0.96	137.2	172	94.6	3.9	38.4	57.6	8.2	20	34	25	21	20	28	28	-	4.6	6.9	8.2	

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA														CPT		3													
PARAMETRI GEOTECNICI														riferimento		019a-2023													
Committente: PIG GEEN ITALIA SRL SOC. AGR														U.M.:		MPa	Data esec.:		22/11/2023										
Cantiere: FOSDONDO DI CORREGGIO VIA RONCHI														Pagina:		1													
Località: FOSDONDO DI CORREGGIO VIA RONCHI														Elaborato:			Falda: -2.80 m -2.80												
														NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE										
Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	q'Vo kPa	Vs m/s	Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	aSc (°)	aCa (°)	aKo (°)	aDB (°)	aDM (°)	aMe (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.							
0.20	—	—	—	1.85	3.6	164	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
0.40	1.8	13.5	—	1.85	7.3	166	73.5	99.9	12.5	18.7	5.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
0.60	2.1	15.8	—	1.85	10.9	167	80.7	76.9	13.7	20.6	6.2	72	40	36	33	31	40	27	—	3.4	5.1	6.2	—	—	—				
0.80	2.0	13.1	—	1.85	14.5	167	78.4	51.7	13.3	20.0	5.9	63	39	34	31	29	38	27	—	3.3	4.9	5.9	—	—	—				
1.00	2.2	15.7	—	1.85	18.1	168	82.9	42.0	14.1	21.1	6.5	61	39	34	31	29	38	28	—	3.6	5.4	6.5	—	—	—				
1.20	2.0	21.5	—	1.85	21.8	167	78.4	31.2	13.3	20.0	5.9	53	38	32	29	27	36	27	—	3.3	4.9	5.9	—	—	—				
1.40	1.5	18.8	—	1.85	25.4	164	66.3	20.5	11.1	16.7	4.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
1.60	1.3	16.3	—	1.85	29.0	162	59.3	15.3	10.1	15.1	4.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
1.80	1.2	13.8	—	1.85	32.6	162	56.0	12.3	9.5	14.3	4.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
2.00	1.5	17.2	—	1.85	36.3	164	66.3	13.1	11.1	16.7	4.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
2.20	1.4	16.1	—	1.85	39.9	163	62.4	11.0	10.6	15.9	4.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
2.40	1.3	16.3	—	1.85	43.5	162	59.3	9.2	10.4	15.5	4.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
2.60	1.3	12.1	—	1.85	47.1	162	59.3	8.4	11.2	16.8	4.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
2.80	1.2	11.2	—	0.92	48.9	162	56.0	7.4	12.0	18.0	4.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
3.00	1.4	12.4	—	0.94	50.8	163	62.4	8.1	12.2	18.2	4.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
3.20	1.6	21.9	—	0.96	52.7	164	68.2	8.7	12.5	18.7	5.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
3.40	1.2	15.0	—	0.92	54.5	162	56.0	6.5	14.0	21.1	4.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
3.60	1.0	13.7	—	0.90	56.2	160	49.0	5.3	15.4	23.1	3.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
3.80	1.1	13.8	—	0.91	58.0	161	52.6	5.6	15.7	23.5	4.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
4.00	1.3	14.9	—	0.93	59.8	162	59.3	6.2	15.7	23.5	4.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
4.20	1.3	16.3	—	0.93	61.7	162	59.3	6.0	16.3	24.5	4.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
4.40	1.8	19.4	—	0.98	63.6	166	73.5	7.5	16.5	25.3	5.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
4.60	1.7	21.3	—	0.97	65.5	165	70.9	6.9	16.5	24.7	5.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
4.80	1.3	14.9	—	0.93	67.3	162	59.3	5.4	18.3	27.5	4.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
5.00	1.2	20.0	—	0.90	69.1	162	56.0	4.8	19.2	28.7	4.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
5.20	0.8	15.1	—	0.86	70.8	159	39.2	3.0	19.3	29.0	3.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
5.40	0.8	17.0	—	0.86	72.5	159	39.2	2.9	19.6	29.4	3.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
5.60	0.9	17.0	—	0.88	74.2	160	44.1	3.3	20.7	31.1	3.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
5.80	1.0	25.0	—	0.90	76.0	160	49.0	3.6	21.4	32.2	3.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
6.00	0.6	15.0	—	0.46	76.9	158	29.4	1.9	3.6	5.4	0.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
6.20	0.5	15.2	—	0.80	78.4	157	24.5	1.5	14.3	21.5	2.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
6.40	0.7	21.2	—	0.84	80.1	158	34.3	2.2	18.9	28.3	3.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
6.60	0.5	10.6	—	0.46	81.0	157	24.5	1.4	3.1	4.7	0.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
6.80	1.0	25.0	—	0.90	82.8	160	49.0	3.3	23.1	34.7	3.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
7.00	0.8	24.2	—	0.86	84.4	159	39.2	2.4	21.0	31.5	3.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
7.20	0.7	21.2	—	0.84	86.1	158	34.3	2.0	19.2	28.8	3.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
7.40	0.7	17.5	—	0.84	87.7	158	34.3	1.9	19.3	29.0	3.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
7.60	0.8	17.0	—	0.86	89.4	159	39.2	2.2	21.4	32.1	3.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
7.80	0.8	15.1	—	0.86	91.1	159	39.2	2.2	21.5	32.3	3.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
8.00	0.9	15.0	—	0.88	92.8	160	44.1	2.5	23.4	35.2	3.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
8.20	1.0	13.7	—	0.90	94.6	160	49.0	2.8	25.1	37.6	3.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
8.40	1.2	15.0	—	0.92	96.4	162	56.0	3.2	26.0	40.2	4.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
8.60	1.3	16.3	—	0.93	98.2	162	59.3	3.3	27.5	41.3	4.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
8.80	1.8	20.7	—	0.98	100.1	166	73.5	4.3	28.0	42.0	5.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
9.00	1.6	8.9	—	0.96	102.0	164	68.2	3.8	28.7	43.1	5.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
9.20	2.0	13.6	—	0.93	103.8	167	78.4	4.4	29.0	43.5	5.9	15	33	24	21	20	28	27	—	3.3	4.9	5.9	—	—	—				
9.40	1.8	10.3	—	0.98	105.8	168	73.5	4.0	29.5	44.3	5.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
9.60	1.7	18.3	—	0.97	107.7	168	70.9	3.7	30.4	45.6	6.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
9.80	2.2	11.0	—	0.93	109.5	168	82.9	4.4	30.6	45.8	6.5	17	33	25	21	20	28	28	—	3.6	5.4	6.5	—	—	—				
10.00	2.5	11.7	—	0.94	111.3	170	89.1	4.8	30.9	46.4	7.4	21	34	25	22	21	29	28	—	4.1	6.1	7.4	—	—	—				
10.20	2.7	12.7	—	0.96	113.2	172	94.6	5.0	31.2	46.8	8.2	25	34	26	22	21	29	28	—	4.6	6.9	8.2	—	—	—				
10.40	2.5	13.5	—	0.95	115.1	171	91.0	4.7	32.0	48.0	7.6	22	34	25	22	21	29	28	—	4.2	5.4	7.6	—	—	—				
10.60	2.9	20.4	—	0.96	117.0	173	98.0	5.0	32.2	48.4	8.8	26	34	26	23	21	29	29	—	4.9	7.4	8.8	—	—	—				
10.80	2.7	13.1	—	0.96	118.8	172	94.6	4.7	33.0	49.5	8.2	24	34	25	22	21	29	28	—	4.6	6.9	8.2	—	—	—				
11.00	2.9	13.2	—	0.96	120.7	173	98.0	4.8	33.5	50.2	8.8	26	34	26	22	21	29	29	—	4.9	7.4	8.8	—	—	—				
11.20	3.1	13.7	—	0.97	122.6	174	104.5	5.1	33.7	50.5	9.4	27	35	26	23	21</													

5.2 PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

Il cap. 6.2.2. del DM 17 Gennaio 2018 detta: “...per modello geotecnico di sottosuolo si intende uno schema rappresentativo del volume significativo di terreno, suddiviso in unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico, che devono essere caratterizzate con riferimento allo specifico problema geotecnico. Nel modello geotecnico di sottosuolo devono essere definiti il regime delle pressioni interstiziali e i valori caratteristici dei parametri geotecnici. Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro per ogni stato limite considerato. I valori caratteristici delle proprietà fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni devono essere dedotti dall'interpretazione dei risultati di specifiche prove di laboratorio su campioni rappresentativi di terreno e di prove e misure in sito”

Per quanto attiene ai parametri geotecnici caratteristici, le resistenze dei terreni vengono scelte secondo una stima cautelativa del valore medio delle stesse.

Stima cautelativa perché la variabile può essere rappresentata da più parametri ma la trattazione deve necessariamente riguardare tutti i possibili valori della variabile, e non solo il valore atteso (media); deve cioè tener conto di tutta la distribuzione della variabile.

La variabile aleatoria da prendere in considerazione **negli strati coesivi** studiati, per il tipo di indagini geognostiche svolte direttamente in sito, è il **parametro geotecnico caratteristico cu**; la variabile aleatoria da prendere in considerazione **negli strati sciolti** studiati, per il tipo di indagini geognostiche svolte direttamente in sito, è il **parametro geotecnico caratteristico ϕ** .

Il valore caratteristico scelto è pari al 5° percentile della media della distribuzione lognormale del parametro geotecnico (cu) per gli strati coesivi, è pari invece al 5° percentile della media della distribuzione normale del parametro geotecnico ϕ per gli strati sciolti.

La formula utilizzata per il calcolo del 5° percentile della distribuzione lognormale del parametro geotecnico (cu) è:

$$L_{1-\alpha}(\bar{Y}, S^2) = \bar{Y} + \frac{S^2}{2} - \frac{t_{1-\alpha/2}(n-1)}{\sqrt{n}} * \sqrt{S^2(1 + \frac{S^2}{2})}$$

La formula utilizzata per il calcolo del 5° percentile della distribuzione normale del parametro geotecnico (ϕ) è:

$$\mu = t(n-1) \left(\frac{s}{\sqrt{n-1}} \right) + \bar{x}$$

I dati immessi nei calcoli sono i valori di cu e di ϕ , derivati dalle correlazioni dei valori di qc e fs ricavati direttamente dalla prova penetrometrica mediante le correlazioni standard (Raccomandazioni AGI 1977-Ricceri et Altri 1974 – Marsal et al. 1974/1979).

COESIONE NON DRENATA Terreni COESIVI $C_u = R_p/\beta$		
CORRELAZIONI STANDARD - Raccomandazioni A.G.I. 1977 - Ricceri et al. 1974 - Marsland et al. 1974/1979		
- Argille normalmente consolidate N.C. ($q_c \leq 10 \text{ kg/cm}^2$)	$\beta = 25$	(valore standard: 20)
- Argille intermedie ($10 < q_c < 30 \text{ kg/cm}^2$)	$\beta = \text{valore interpolato}$	
- Argille sovra consolidate S.C. ($q_c \geq 30 \text{ kg/cm}^2$)	$\beta = 40$	(valore standard: 30)

Fig.23. :Correlazioni per il calcolo di c_u dai valori di q_c e f_s .

I valori immessi nella formula, utilizzata per il calcolo del 5° percentile della distribuzione relativi ai parametri geotecnici di interesse, sono quelli significativi per i singoli strati indagati.

Lo scopo è fornire un valore di c_u e ϕ che caratterizzi lo strato nel suo complesso.

Nei calcoli vengono quindi eliminati, se presenti, i valori di picco di livelli centimetrici non rappresentativi delle caratteristiche litologiche dello strato.

Se si considerano tutti i valori definiti ogni 20 cm dalla prova penetrometrica, senza fare un'analisi ragionata delle proprietà litologiche dello strato, si rischia di ottenere dei parametri geotecnici che falsano le reali caratteristiche dello strato.

I dati immessi nei calcoli sono i valori di c_u e di ϕ , derivati dalle correlazioni dei valori di q_c e f_s ricavati direttamente dalla prova penetrometrica, interpretati e "ragionati" dalla scrivente.

Primo strato da 0.0 a - 1.60 m: presenti argille compatte asciutte sovraconsolidate; $c_{uk} = 78 \text{ kPa}$;

Secondo strato da - 1.60 m a - 5.00 m: argille debolmente limose consistenti: $c_{uk} = 60 \text{ kPa}$;

Terzo strato da - 5.00 a - 8.40 m: limi e limi argillosi poco compatti: $c_{uk} = 40 \text{ kPa}$;

Quarto strato da - 8.40 m a - 10.0 m: argille compatte: $c_{uk} = 75 \text{ kPa}$;

Quinto strato da - 10.00 m a - 20.0 m: argille molto compatte: $c_{uk} = 100 \text{ kPa}$.

Sintetizzando, nella tabella di seguito si riportano i parametri in termini di resistenza dei terreni indagati derivati da prove penetrometriche mediante trasformazioni indirette della geotecnica classica in condizioni non drenate e drenate. Si precisa che risulta più corretto definire un intervallo di confidenza (range) dei parametri geotecnici in condizioni drenate anziché fissare un unico valore restrittivo in quanto stimati in base a correlazioni empiriche della geotecnica classica (Schmertmann, 1978; Robertson e Campanella, 1983). Si ritiene quindi più opportuno accompagnare la stima dei parametri geotecnici in condizioni drenate con un intervallo di valori anziché fissarne uno unico.

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (KN/m ³)	c' _k (kPa)	ϕ'_k (°)	C _{uk} (kPa)	Indice Plastico I _p	OCR
0.00 - 1.60	ARGILLE COMPATTE ASCIUTTE SOVRACONSOLIDATE	17	19	8÷10	17÷19	78	15	5
1.60 - 5.00	ARGILLE DEBOLMENTE LIMOSE CONSISTENTI	17	19	7÷9	16÷18	60	18	2
5.00 - 8.40	LIMI E LIMI ARGILLOSI POCO COMPATTI	15	18	4÷6	14÷15	40	25	2
8.40 - 10.00	ARGILLE COMPATTE	17	19	9÷11	17÷19	75	15	2
10.0 - 20.0	ARGILLE MOLTO COMPATTE	17	19.50	11÷13	20÷22	100	15	5

Si riportano inoltre i parametri geotecnici in termini di deformabilità dedotti da prove di laboratorio eseguite su campioni di terreno paragonabili a quelli indagati e da dati di bibliografia.

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (KN/m ³)	Coeff.di Poisson (v)	Modulo elastico E'(kPa)	Modulo Edometrico Ed (kPa)
0.00 - 1.60	ARGILLE COMPATTE ASCIUTTE SOVRACONSOLIDATE	17	19	0.45	/	6000÷8000
1.60 - 5.00	ARGILLE DEBOLMENTE LIMOSE CONSISTENTI	17	19	0.45	/	7000÷9000
5.00 - 8.40	LIMI E LIMI ARGILLOSI POCO COMPATTI	15	18	0.45	/	4000÷5000
8.40 - 10.00	ARGILLE COMPATTE	17	19	0.45	/	7000÷9000
10.0 - 20.0	ARGILLE MOLTO COMPATTE	17	19.50	0.36	/	12000÷15000

6 ANALISI RESISTENZE DI PROGETTO

Per ogni stato limite ultimo che preveda il raggiungimento della resistenza di un elemento strutturale (STR) o del terreno (GEO), come definiti al § 2.6.1 NTC 2018, deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq R_d \quad [6.2.1]$$

essendo E_d il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione ed R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

In accordo a quanto stabilito al §2.6.1 NTC 2018, la verifica della condizione [6.2.1] deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi. Nel primo approccio progettuale (Approccio 1) le verifiche si eseguono con due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti ognuna delle quali può essere critica per differenti aspetti dello stesso progetto. Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) le verifiche si eseguono con

un'unica combinazione di gruppi di coefficienti.

Gli approcci progettuali da seguire sono i seguenti:

- Approccio 1:

Combinazione 1 – (A1+M1+R1) - STR

Combinazione 2 – (A2+M2+R2) – GEO

- Approccio 2:

Combinazione – (A1+M1+R3) - STR+GEO

Per quanto riguarda le resistenze, secondo le Nuove Norme Tecniche Sulle Costruzioni (6.2.4.1.2); Il valore di progetto della resistenza R_d può essere determinato:

- 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;
- 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;
- 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.

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	γ_ϕ	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0
Resistenza unitaria al taglio	τ_R	γ_{τ_R}	1,0	1,25

Per gli ammassi rocciosi e per i terreni a struttura complessa, nella valutazione della resistenza caratteristica occorre tener conto della natura e delle caratteristiche geometriche e di resistenza delle discontinuità strutturali.

Il valore di progetto della resistenza si ottiene, per il caso (a), applicando al valore caratteristico della resistenza unitaria al taglio τ_R un coefficiente parziale $\gamma_R=1,0$ (M1) e $\gamma_R=1,25$ (M2) oppure procedendo come previsto ai punti b) e c) di cui sopra.

I fattori parziali per il gruppo R1 sono sempre unitari; quelli del gruppo R2 possono essere maggiori o uguali all'unità e, in assenza di indicazioni specifiche per lo stato limite ultimo considerato, devono essere scelti dal progettista in relazione alle incertezze connesse con i procedimenti adottati.

Il valore di γ_R R3 nel caso di fondazioni superficiali è indicato nella tabella 6.4.I.

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale
	(R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

Si è proceduto alla determinazione delle Resistenze con l'ausilio del programma di calcolo "Loadcap 2018.28.2.855" della ditta GEOSTRU sas.

Per la determinazione dei valori teorici delle resistenze di progetto (R_d) è stato considerato l'approccio DA2(A1+M1+R3) in **condizioni drenate e non drenate e statiche ipotizzando due impronte di fondazione superficiale:**

TRAVE impostata a - 1.00 m dal piano campagna attuale per la realizzazione degli edifici adibiti a porcilaie e deposito

PLATEA CIRCOLARE impostata a - 2.40 m per la vasca di stoccaggio.

STRATIGRAFIA TERRENO

N°	DB	Spessore strato (m)	Gk (kN/m³)	Gk Saturo (kN/m³)	Fik (°)	ck (kN/m²)	cuk (kN/m²)	Eyk (kN/m²)	Edk (kN/m²)	Dati aggiuntivi	Colore	Retini	Descrizione
1		1.60	17.0	19.0	17	8.0	70.0	0.0	7000.0	0 0 0 0			ARGILLE
2		3.40	17.0	19.0	16	7.0	60.0	0.0	7000.0	0 0 0 0			ARGILLE DEB.LIMOSE
3		3.40	15.0	18.0	14	4.0	40.0	0.0	4000.0	2 0.96 25 2			LIMI ARGILLOSI
4		1.60	17.0	19.0	17	9.0	75.0	0.0	8000.0	0 0 0 0 0 0			ARGILLE
5		10.00	17.0	19.5	20	11.0	100.0	0.0	12000.0				ARGILLE

- Approccio 2:

Combinazione – (A1+M1+R3) - STR+GEO

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	Sisma	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef.Rid.Ca pacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	2.3	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

DATI GENERALI FONDAZIONE A TRAVE

Normativa	NTC 2008
Larghezza fondazione	1.00 m
Lunghezza fondazione	30.0 m
Profondità piano di posa	1.00 m
Altezza di incastro	1.00 m
Profondità falda	- 2.80 m

Carico limite verticale CONDIZIONI DRENATE STATICHE

Carico limite verticale

Nome combinazione	Autore	Carico limite [Qult] (kN/m²)	Resistenza di progetto [Rd] (kN/m²)	Tipo rottura	Costante sottofondo (kN/m³)
A1+M1+R3					
	HANSEN (1970)	252.52	109.79	* Rottura generale; Ir=0.0; Icrit=41.682	10100.89
	TERZAGHI (1955)	243.66	105.94	* Rottura generale; Ir=0.0; Icrit=41.682	9746.58
	MEYERHOF (1963)	233.93	101.71	* Rottura generale; Ir=0.0; Icrit=41.682	9357.11
	VESIC (1975)	272.43	118.45	* Rottura generale; Ir=0.0; Icrit=41.682	10897.07
	Brinch - Hansen 1970	260.18	113.12	* Rottura generale; Ir=0.0; Icrit=41.682	10407.18

CONDIZIONI DRENATE A LUNGO TERMINE

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: Hansen 1970

Carico limite [Qult] 252.52 kN/m²

Resistenza di progetto[Rd] 109.79 kN/m²

Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] --

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 10100.89 kN/m³

Carico limite verticale CONDIZIONI NON DRENATE STATICHE

	Autore	Carico limite [Qult] (kN/m²)	Resistenza di progetto [Rd] (kN/m²)	Tipo rottura	Costante sottofondo (kN/m³)
A1+M1+R3					
	* Brinch - Hansen 1970	381.12	165.70	* Rottura generale; Ir=0.0; Icrit=41.682	10100.89

CONDIZIONI NON DRENATE A BREVE TERMINE

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite [Qult] 381.12 kN/m²

Resistenza di progetto[Rd] 165.70kN/m²

Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] --

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 10100.89 kN/m³

DATI GENERALI FONDAZIONE CIRCOLARE A PLATEA

=====

Normativa	NTC 2008
Diametro fondazione	32 m
Profondità piano di posa	2.40 m
Altezza di incastro	2.40 m
Profondità falda	- 2.80 m

Nome combinazione	Autore	Carico limite [Qult] (kN/m²)	Resistenza di progetto [Rd] (kN/m²)	Tipo rottura	Costante sottofondo (kN/m³)
A1+M1+R3					
	HANSEN (1970)	468.76	203.81	* Rottura generale; Ir=0.0; Icrit=21.954	18750.26

CONDIZIONI DRENATE A LUNGO TERMINE

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: Hansen 1970

Carico limite [Qult] 468.76 kN/m²

Resistenza di progetto[Rd] 203.81 kN/m²

Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] --

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 18750.26 kN/m³

Carico limite verticale CONDIZIONI NON DRENATE STATICHE

Nome combinazione	Autore	Carico limite [Qult] (kN/m²)	Resistenza di progetto [Rd] (kN/m²)	Tipo rottura	Costante sottofondo (kN/m³)
A1+M1+R3					
	* Brinch - Hansen 1970	410.88	178.64	* Rottura generale; Ir=0.0; Icrit=21.954	16435.20

CONDIZIONI NON DRENATE A BREVE TERMINE

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite [Qult] 410.88 kN/m²

Resistenza di progetto[Rd] 178.64kN/m²

Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] --

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 16435.20 kN/m³

7. ANALISI SISMICA RIPORTANTE LA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE DEL SITO

7.1 SISMICITA' DEL TERRITORIO

Il 20 Marzo 2003 è stata promulgata l'ordinanza n. 3274 della presidenza del Consiglio dei Ministri "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" che fissa le regole per l'identificazione dei comuni sismici e definisce le norme tecniche costruttive per la progettazione di edifici e per le opere di fondazione.

Nella nuova classificazione tutto il territorio viene suddiviso in 4 zone di cui la n. 1 è la più pericolosa.

Per quanto riguarda la Regione Emilia Romagna la novità consiste in un allargamento della zona 3 ed in un ampliamento della zona 2 entro la quale ricadono alcuni comuni.

Il comune di Correggio e la zona d'indagine ricadono nella zona 3 e vengono definiti a "*bassa sismicità*". La classificazione è rimasta tale dopo la grossa recente crisi sismica verificatasi la mattina del 20 Maggio 2012 con un terremoto di magnitudo locale pari a 5.9 con epicentro Finale Emilia e la mattina del 29 Maggio con terremoto di magnitudo locale pari a 5.8 ed epicentro fra i Comuni di Medolla e Cavezzo.

7.1.1 Cenni sulla sismotettonica della pianura padana

(Carta della Sismotettonica redatta dalla Regione Emilia Romagna 2017)

Il sottosuolo della Pianura Padana è intensamente deformato da fronti sepolti delle catene a thrust del Sud-Alpino e dell'Appennino Settentrionale.

A sud del fiume Po sono presenti tre archi formati da thrust ciechi nord-vergenti e dalle relative anticlinali, che costituiscono i fronti più esterni della catena appenninica in sollevamento.

Questi sono da ovest verso est: il Monferrato, l'arco delle Pieghe Emiliane e l'arco delle Pieghe Ferraresi-Romagnole.

L'attività recente di alcuni dei thrust appartenenti a questi fronti è dimostrata dalla sismicità storica e strumentale dei depositi Quaternari deformati, osservazione ottenuta dall'analisi delle linee sismiche e, in superficie, dalla correlazione con evidenti anomalie del drenaggio.

Dal punto di vista tettonico e stratigrafico la Pianura Padana è caratterizzata dal Supersistema Emiliano Romagnolo.

Il Supersistema Emiliano Romagnolo è rappresentato da depositi di tipo alluvionali instaurati nel Pliocene medio a causa della prosecuzione del sollevamento. Le fonti dei sedimenti sono da ricercare nell'attività deposizionale del Fiume Po, dei suoi affluenti di destra e dei fiumi romagnoli.

Questo supersistema si suddivide in due sotto sistemi: il Sistema Emiliano Romagnolo Inferiore (SERI) ed il Sistema Emiliano Romagnolo Superiore (SERS).

Il SERI, datato tra 0.65 e 0.45 Ma, è caratterizzato da argille limose di piana alluvionale con intercalazioni di sabbie di canale e ghiaie di conoide alluvionale.

Il SERS invece ha un'età compresa tra 0.45 Ma ed il presente; è rappresentato da ghiaie e sabbie di terrazzo e conoide alluvionale.

Tettonicamente sono molto importanti poiché il SERI, e talora il SERS, poggiano in discordanza angolare sul substrato marino rappresentando così le più recenti superfici di discordanza riconoscibili a scala regionale.

La geometria del SERS è articolata in zone più o meno depresse. Questa variabilità è data dalle anticlinali, interna ed esterna, che costituiscono il sistema dell'arco della dorsale ferrarese.

L'anticlinale più interna, quella di Mirandola, è più pronunciata nel settore occidentale (Novi di Modena, Mirandola sud, Medolla Nord), dove il tetto del substrato geologico è < 100 m (come nel sito di studio).

L'anticlinale più esterna, quella di Ferrara, è più pronunciata nel settore orientale, con il suo culmine tra Bondeno e Occhiobello dove la base del SERS è a una profondità inferiore a - 100 m s.l.m.

Queste zone di alto permettono di ipotizzare un'attività tardo - pleistocenica della struttura.

Lo studio in dettaglio, delle strutture sepolte della Pianura Padana, è possibile soprattutto grazie all'interpretazione di profili sismici.

I terreni più recenti, che registrano diffuse deformazioni alla mesoscala, sono le Sabbie di Imola e il Sistema Emiliano-Romagnolo inferiore. Risulta dunque evidente, anche da osservazioni di campagna, che gran parte del margine appenninico-padano e del sottosuolo padano-adriatico sono stati interessati da deformazioni più recenti di 0.45 Ma.

Le maggiori evidenze di strutture attive, segnalate nella Carta della Sismotettonica della Regione Emilia Romagna, sono nel settore del margine compreso tra Salsomaggiore e la valle dell'Idice (a est di Bologna), sul fronte sepolto delle pieghe emiliane (tra Piacenza e Reggio Emilia) e al tetto delle dorsale ferrarese (tra Reggio Emilia e le Valli di Comacchio), dove si trova il sito di studio.

L'attività recente e attuale della dorsale ferrarese è indicata, oltre che dagli ultimi eventi sismici, anche da alcune evidenze morfologiche.

Alcuni depositi di canale dei fiumi appenninici non raggiungono né il Po, né il mare e sembrano non oltrepassare l'alto della dorsale ferrarese. Anche il corso del Po, a nord di Reggio Emilia, fa una brusca deviazione verso nord, immediatamente prima di raggiungere Novellara e Mirandola, zone in cui il fronte della dorsale ferrarese è molto vicino alla superficie.

Nell'area di studio la SERS è indicata a una profondità prossima tra 50 e 100 m. Dall'analisi delle prove eseguite con sismica passiva e attiva HV e Masw risulta che fino alla profondità di circa 145-150 m si registrano aumenti graduali delle velocità di propagazione delle onde sismiche fino 580 m/s. La profondità di circa 170 m da p.c. può essere considerata come la quota del bedrock sismico.

100 ÷ 50
50 ÷ 0
0 ÷ -50
-50 ÷ -100
-100 ÷ -150
-150 ÷ -200
-200 ÷ -250
-250 ÷ -300
-300 ÷ -350
-350 ÷ -400
-400 ÷ -450

Isobate della base del Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (SERS; 0,45 Ma-Presente) riferite al livello del mare
Isobaths of the base of the Emilia-Romagna Upper Synthem (SERS; 0,45 My-Present) referred to the sea level

Ma = milioni di anni
My = millions of years

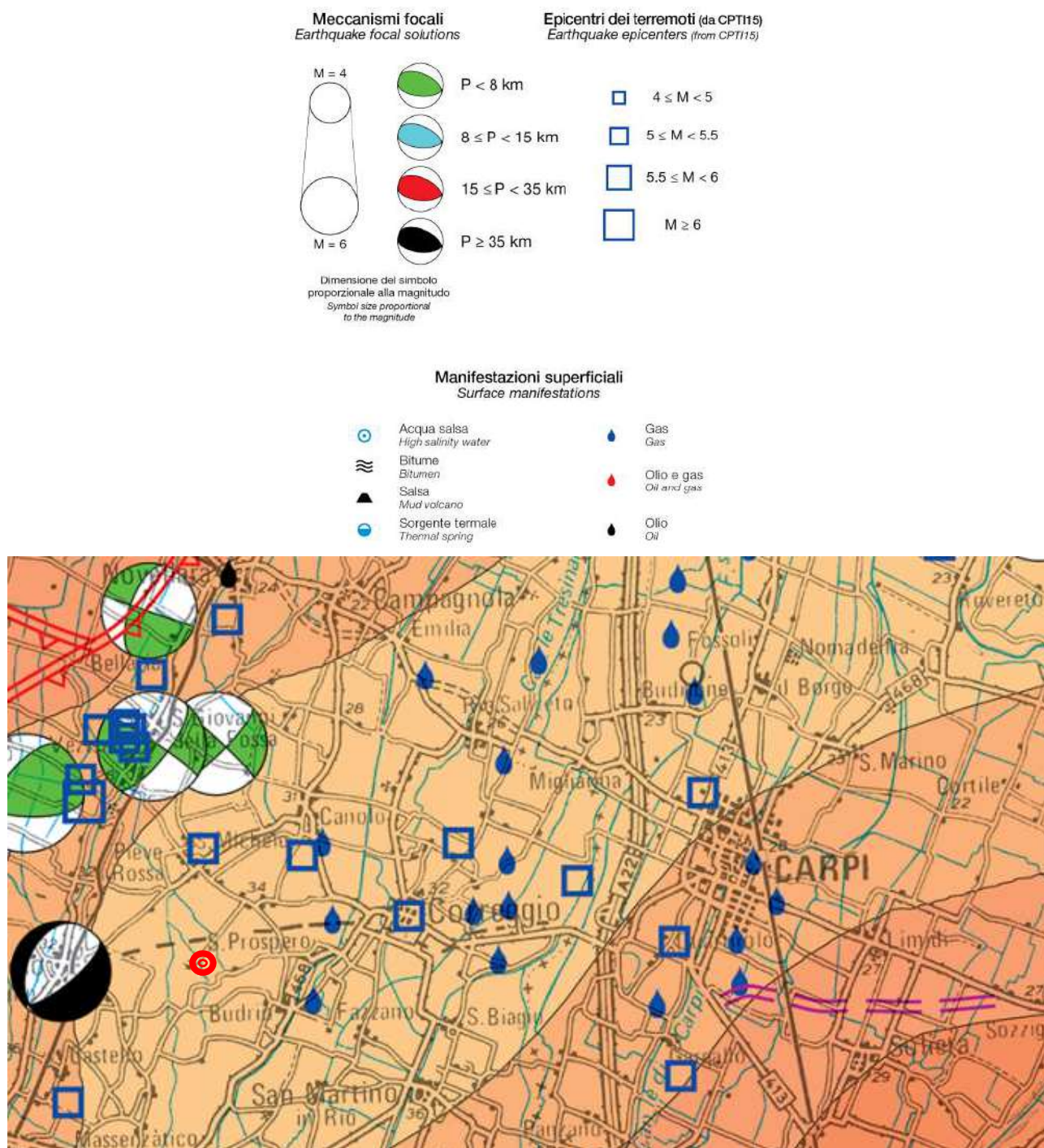


Fig.24. Carta della Sismotettonica redatta dalla Regione Emilia Romagna (2016)

7.1.2 Sismicità storica ed attuale

La sismicità storica è rappresentata dal DataBase Macrosismico Italiano (DBMI11). Il DBMI11 è stato realizzato nell'ambito delle attività del Tema Trasversale Coordinato dall' INGV 5.1 "Banche dati e metodi macrosismici".

La prima versione disponibile al pubblico del DataBase Macrosismico Italiano risale al maggio 2007 (DBMI04; Stucchi et al., 2007). Esso conteneva i dati di intensità utilizzati per la compilazione dei parametri del catalogo parametrico rilasciato nel maggio 2004 (CPTI04; Gruppo di Lavoro Catalogo Parametrico Italiano CPTI, 2004), a sua volta utilizzato per la compilazione della Mappa di Pericolosità Sismica del territorio nazionale (MPS04, Gruppo di Lavoro MPS, 2004).

Il DBMI04 con il passare degli anni ha subito svariati aggiornamenti dei contenuti relativi alle finestre temporali, arrivando dunque alla pubblicazione del DBMI11 del 2011. Il Database contiene dati di intensità relativi a 1681 terremoti che fanno parte di CPTI11 (Rovida et al., 2011).

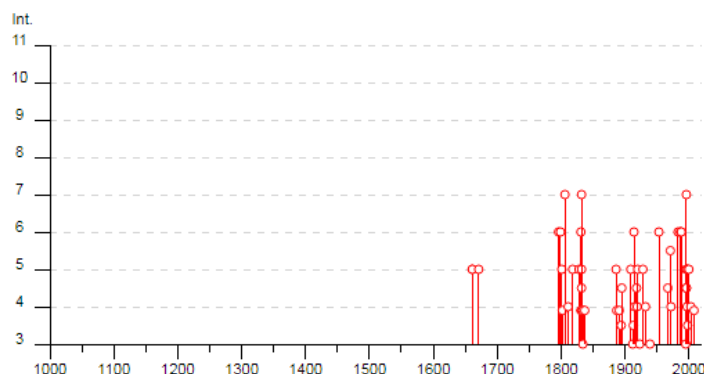
Nella tabella sottostante sono riportati i dati storici del comune di Correggio reperibile all'indirizzo web <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1661	03	21	23			Modenese	4	6-7	4.86
5	1661	03	22	12	50		Appennino forlivese	79	9	6.05
5	1671	06	20	10			Modenese-Reggiano	8	7	5.27
6	1796	10	22	04			Emilia orientale	27	7	5.45
6	1799	02	22	05	45		Correggio	2	5	4.16
5	1801	10	08	07	52	5	Bolognese	6	6	4.90
F	1802	05	12	09	30		Valle dell'Oglio	94	8	5.60
7	1806	02	12				Reggiano	28	7	5.21
4	1811	07	15	22	44		Modenese-Reggiano	19	6-7	5.13
5	1818	12	09	18	55		Parmense	26	7	5.24
5	1828	10	09	02	20		Oltrepò Pavese	110	8	5.72
F	1831	07	14	15	30		Reggiano	8	5-6	4.60
6	1831	09	11	18	15		Pianura emiliana	25	7-8	5.48
5	1832	03	11	06	45		Carpi	14	5	4.51
4-5	1832	03	11	08	45		Parmense	14		
F	1832	03	12	08	45		Reggiano	7		
7	1832	03	13	03	30		Reggiano	97	7-8	5.51
F	1832	03	14	07	41		Reggiano	7		
F	1832	04	19	14	14		Reggiano	5		
F	1834	02	14	13	15		Val di Taro-Lunigiana	112	9	5.96
F	1834	07	04	00	45		Val di Taro-Lunigiana	24	6-7	5.08
3	1834	10	04	19			Bolognese	12	6	4.71
F	1837	04	11	17			Lunigiana	60	9	5.94

5	🔗	1886	10	15	02	20	Collecchio	44	6	4.70
F	🔗	1887	02	23	05	21	Liguria occidentale	1511	9	6.27
F	🔗	1891	06	07	01	06	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
3-4	🔗	1894	11	27	05	07	Bresciano	183	6	4.89
4-5	🔗	1895	05	12	20	29	Reggiano	13	4-5	3.98
NF	🔗	1904	11	17	05	02	Pistoiese	204	7	5.10
5	🔗	1909	01	13	00	45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
3	🔗	1912	09	12	21	15	Carpi	13	4	3.76
3-4	🔗	1913	11	25	20	55	Appennino parmense	73	4-5	4.65
6	🔗	1914	10	27	09	22	Lucchesia	660	7	5.63
4	🔗	1915	10	10	23	10	Reggiano	30	6	4.87
4-5	🔗	1918	05	06	08	05	Reggiano	8	5-6	4.41
4	🔗	1919	06	29	15	06	Mugello	565	10	6.38
5	🔗	1920	09	07	05	55	Garfagnana	750	10	6.53
3	🔗	1923	06	28	15	12	Modenese	22	6	5.04
5	🔗	1928	06	13	08		Carpi	35	6	4.67
4	🔗	1932	07	13	03	42	Reggiano	8	4-5	3.86
3	🔗	1939	10	15	14	05	Garfagnana	62	6-7	4.96
6	🔗	1953	08	22	05	26	Reggiano	6	6	4.73
NF	🔗	1965	11	09	15	35	Appennino reggiano	32	5	4.17
4-5	🔗	1967	04	03	16	36	Reggiano	45	5	4.44
5-6	🔗	1971	09	11	23	18	Pianura emiliana	15	5	4.19
4	🔗	1972	10	25	21	56	Appennino settentrionale	198	5	4.87
6	🔗	1983	11	09	16	29	Parmense	850	6-7	5.04
NF	🔗	1984	04	29	05	02	Umbria settentrionale	709	7	5.62
2	🔗	1986	12	06	17	07	Ferrarese	604	6	4.43
6	🔗	1987	04	24	02	30	Reggiano	54	6	4.64
6	🔗	1987	05	02	20	43	Reggiano	802	6	4.71
6	🔗	1988	03	15	12	03	Reggiano	160	6	4.57
3	🔗	1995	10	10	06	54	Lunigiana	341	7	4.82
7	🔗	1996	10	15	09	55	Pianura emiliana	135	7	5.38
5	🔗	1996	10	26	04	56	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
5	🔗	1996	10	26	06	50	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
4-5	🔗	1996	11	25	19	47	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
4-5	🔗	1996	12	16	09	09	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
4	🔗	1997	05	12	22	13	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
5	🔗	1998	02	21	02	21	Pianura emiliana	104	5	3.93
3-4	🔗	1998	03	26	16	26	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26
5	🔗	2000	06	18	07	42	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	🔗	2002	06	18	22	23	Frignano	186	4	4.30
4	🔗	2003	09	14	21	42	Appennino bolognese	133	6	5.24
F	🔗	2008	12	23	15	24	Parmense	291	6-7	5.36

Correggio

PlaceID IT_37489
Coordinate (lat, lon) 44.771, 10.779
Comune (ISTAT 2015) Correggio
Provincia Reggio nell'Emilia
Regione Emilia-Romagna
Numero di eventi riportati 65



La crisi sismica del 2012 ha messo in evidenza le potenzialità sismogenetiche delle strutture della zona delle Pieghe Ferraresi attraverso 7 scosse di magnitudo maggiore di 5.0 Mw, con notevoli effetti di sito che in molti casi hanno causato ingenti danni.

La sequenza sismica è rappresentata da due principali *mainshock* (Lavecchia et al. 2012):

- Terremoto del 20 Maggio 2012, caratterizzato da una magnitudo di 5.9 Ml e 6.1 Mw, l'epicentro è localizzato nel comune di Finale Emilia ad una profondità di circa 6 km;
- Terremoto del 29 Maggio 2012, caratterizzato da una magnitudo di 5.8 Ml e 6.0 Mw, l'epicentro è localizzato nel comune di Medolla ad una profondità di circa 10 km.

L'evidente attività sismica italiana mette in mostra l'importanza di conoscere le caratteristiche sismogenetiche delle strutture.

Il gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 Marzo 2003 n.3274) dell'INGV, ha proposto la zonazione sismogenetica.

Per ogni zona sismogenetica è possibile definire un "terremoto Caratteristico", in quanto, tramite metodi deterministici, è più appropriato definire le regioni dove ogni faglia attiva dà luogo a terremoti di intensità sempre simile.

Constatando l'importanza di conoscere le caratteristiche sismogenetiche delle strutture, il gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 Marzo 2003 n.3274) dell'INGV, ha proposto la zonazione sismogenetica ZS9.

La ZS9 è stata costruita basandosi sugli approcci cinematici ed i modelli sismotettonici della ZS4, ovviando al problema delle ridotte dimensioni delle zone sorgente con un numero esiguo di campioni sismici. È stata integrata con le informazioni sulle sorgenti sismogenetiche nazionali (DISS 2.0 – *Database of Potential Sources for Earthquake Larger than M5.5 in Italy*, Valensise e Pantosti, 2001) e regionali; inoltre sono presenti anche i dati risultati dalle considerazioni sui terremoti più importanti che si sono verificati dopo la ZS4.

Il Comune di Correggio e la zona d'interesse ricade nella zona sismogenetica numero 912.

La zona sismogenetica 912 coincide con l'area geologica della Dorsale Ferrarese. Rappresenta la zona più esterna della fascia in compressione dell'arco appenninico settentrionale.

All'interno della zona si osserva un regime tettonico debolmente compressivo in atto. Strutture compressive (prevalentemente *thrust*), allineate lungo la costa o a breve distanza da essa, sono responsabili della sismicità.

Nella zona 912 i dati pubblicati dal Gruppo di Lavoro dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (marzo 2004) evidenziano che negli anni di monitoraggio strumentale la magnitudo massima registrata sia stata di 4.6 Md, la profondità efficace è di 7 Km e che la maggior parte dei terremoti che si verificano hanno basse magnitudo, indicando così un frequente movimento che ha funzione dissipativa delle energie tettoniche che possono accumularsi nell'area.

La magnitudo prevista Mw della zona sismogenetica 912, è pari a 6.14 ed è quella che l'INGV consiglia di utilizzare per le verifiche e le analisi di pericolosità sismica locale nel territorio in esame.

Di recente il gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica dell'INGV, ha proposto un nuovo database di riferimento.

Il "Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy", inizialmente divulgato in forma preliminare nel luglio 2000 come versione 1.0 e quindi pubblicato nel 2001 come versione 2.0 (Valensise e Pantosti, 2001) e in continuo aggiornamento.

Il Database contiene sorgenti sismogenetiche individuali ritenute in grado di generare grandi terremoti. L'individuazione e la caratterizzazione di tali sorgenti consente una sempre migliore definizione della pericolosità sismica, sia alla scala di singole opere o infrastrutture che a scala regionale. La nuova versione del Database contiene oltre 100 sorgenti sismogenetiche identificate attraverso studi geologico-geofisici (70% in più rispetto alla precedente versione). L'assetto di queste sorgenti fornisce informazioni sull'andamento dei maggiori sistemi di faglie attive, consentendo in alcuni casi di individuare aree di potenziale gap sismico.

In analogia con quanto proposto dalla nuova zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti et al., 2004), viene fornita la localizzazione geografica, la stima del meccanismo di fagliazione, la profondità efficace e la magnitudo massima attesa.

Dall'esame del Database versione recente 3.3.1 <http://diss.rm.ingv.it/dissnet/> si osserva che il sito di studio ricade nella sorgente sismogenetica ITCS049 Campegine - Correggio la cui magnitudo massima è 6.6.

Si riportano di seguito i dettagli della sorgente sismogenetica di appartenenza del sito come riportato dal Database of Individual Seismogenic Sources.

GENERAL INFORMATION

DISS-ID	ITCS049
Name	Campegine-Correggio

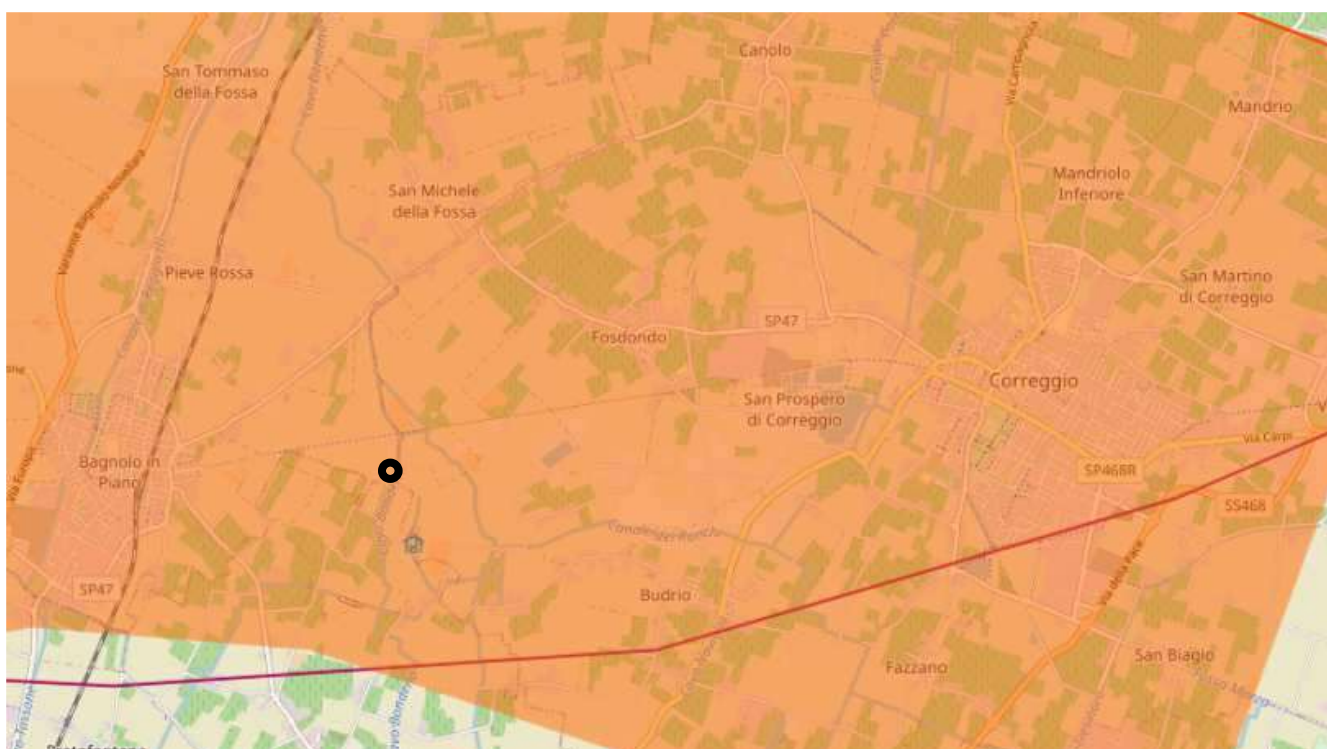


Fig.25. Stralcio cartografica DISS da <http://diss.rm.ingv.it/dissmap>.

Questa Sorgente Composita si trova a cavallo della regione a nord-est della città di Reggio Emilia e appartiene al fronte di spinta dell'Arco di Ferrara. Questo sistema di faglie è l'arco esterno confinante da NW a N all'estremità nord-orientale della catena appenninica settentrionale, ben all'interno della Pianura Padana, e segna la spinta nord-orientale più avanzata con potenziale sismogeno dannoso nell'Appennino.

PARAMETRIC INFORMATION			
	Parameter	Quality	Evidence
Min depth [km]	3.0	OD	Based on structural and seismological data from various authors.
Max depth [km]	10.0	OD	Based on structural and seismological data from various authors.
Strike [deg] min... max	70...110	OD	Based on structural and seismological data from various authors.
Dip [deg] min... max	30...50	OD	Based on structural and seismological data from various authors.
Rake [deg] min... max	80...100	OD	Based on structural and seismological data from various authors.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.0400... 0.1600	LD	Based on geological data from Maesano et al. (2015).
Max Magnitude [Mw]	6.6	ER	Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.
LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement			

7.2 ANALISI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE DI I° LIVELLO

Nella "Carta degli effetti locali", del PSC Comunale, l'area di studio rientra nelle zone di argille, argille limose, limi argillosi, a grado di consistenza medio elevato-elevato. Gli effetti attesi sono: amplificazione per caratteristiche litologiche e potenziali cedimenti.

CARTA DEGLI EFFETTI LOCALI	
LEGENDA	
	Zone di alveo estirto o sabbie di canale Effetti attesi: amplificazione, potenziale liquefazione, densificazione, cedimenti
	Limi argillosi, argille limose a grado di consistenza basso - medio basso nei primi 5 - 10 m del sottosuolo. Effetti attesi: amplificazione, potenziale densificazione e cedimenti
	Argille - Argille limose - Limi argillosi, a grado di consistenza medio elevato - elevato. Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litologiche e potenziali cedimenti.
	Argille limose - limi - materiali di riporto e/o rimaneggiati e terreni a grado di consistenza molto basso. Effetti attesi: amplificazione, potenziale liquefazione e densificazione, cedimenti.






Fig.26. Stralcio di "Carta degli effetti locali" del PSC Comunale.

7.3 ANALISI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE DI II LIVELLO

Nella Carta degli effetti attesi – microzonazione sismica del PSC del Comune di Correggio, l'area di interesse ricade in “area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche”.

Analisi di microzonazione sismica approfondimenti di II livello Allegato 2 DAL 112/2007.

Fattori di Amplificazione per $V_{S30} < 250$ m/s FA PGA=1.5 ; FAIS 0.1s-0.5s = 1.8 ; FAIS 0.5s-1.0s = 2.3÷2.5

CARTA EFFETTI ATTESI - MICROZONAZIONE SISMICA	
LEGENDA	
	Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione. Studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, stima del potenziale di liquefazione/densificazione, stima dei cedimenti attesi. Analisi di microzonazione sismica: approfondimenti di III° livello Allegato A3 DAL 112/2007
	Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti e densificazione. Studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, stima dei cedimenti e della potenziale densificazione. Analisi di microzonazione sismica approfondimenti di II° livello o di III° livello per cedimenti/densificazione Allegato A3 DAL 112/2007
	Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche. Studi richiesti: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico. Analisi di microzonazione sismica: approfondimenti di II° livello (Allegato 2, DAL 112/2007)
Nelle aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico, come definito dall'Art. 21 Reg. RER n° 33 del 13-10-1986, indipendentemente dagli effetti di sito attesi, per l'analisi di microzonazione sismica sono richiesti approfondimenti di III° livello, Allegati A3 e A4 DAL 112/2007	
FATTORI DI AMPLIFICAZIONE PER VS30 <250 m/sec: F _{PGA} = 1,5 FAIS per 0,1s<T<0,5s = 1,8 FAIS per 0,5s<T<1,0s = 2,3 + 2,5	

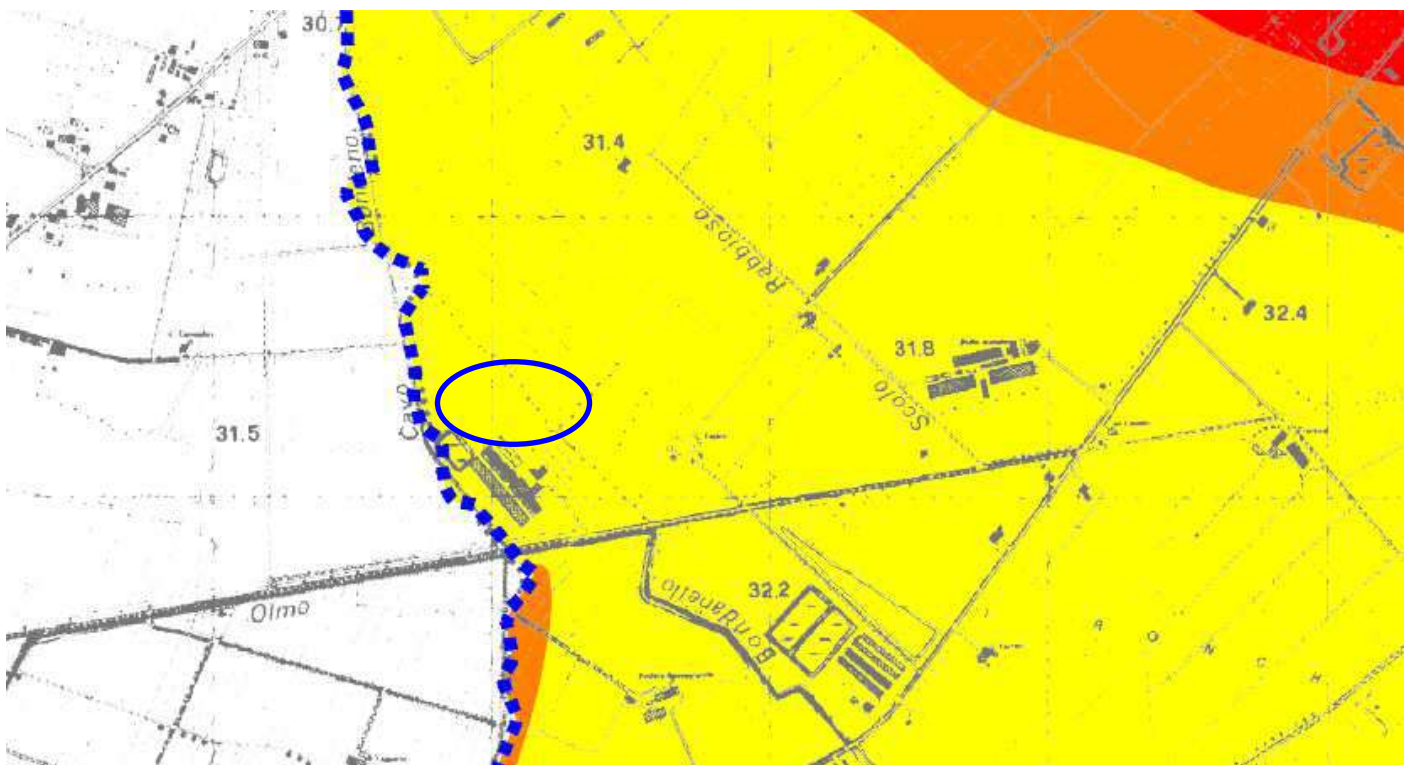


Fig.27. Stralcio di “Carta degli effetti attesi-microzonazione simica”

7.3.1. Definizione categoria sismica mediante analisi del sottosuolo in sismica passiva e attiva in onde Rayleigh

L'indagine geofisica in un approfondimento di II livello è stata eseguita mediante sismica attiva MFA-Hs e passiva a stazione singola (HV) sia per la definizione del picco di risonanza dei terreni di fondazione (f_0) sia per la determinazione della categoria di suolo richiesta dalla normativa, mediante la ricostruzione delle V_{SEq} .

La campagna di prospezione geofisica è stata eseguita nel Novembre 2023. Tale indagine ha consistito nelle acquisizioni di microtremori a stazione singola di tipo HV e nella definizione del profilo di Vs mediante analisi di tipo MFA-Hs. I dati ottenuti dalla curva HV forniscono utili indicazioni soprattutto per quanto riguarda le frequenze di risonanza e sui fattori di amplificazione sismica dei suoli durante un terremoto, mentre attraverso la tecnica MFA-Hs è stato possibile definire l'andamento delle Vs con la profondità e quindi la definizione delle V_{SEq} ai fini della classificazione sismica dei suoli di fondazione come previsto dal D.M. 17 gennaio 2018.

In allegato (All. N.6) vengono riportati i report delle indagini sismiche eseguite in sito e relazione sismica di dettaglio.

Ubicazione

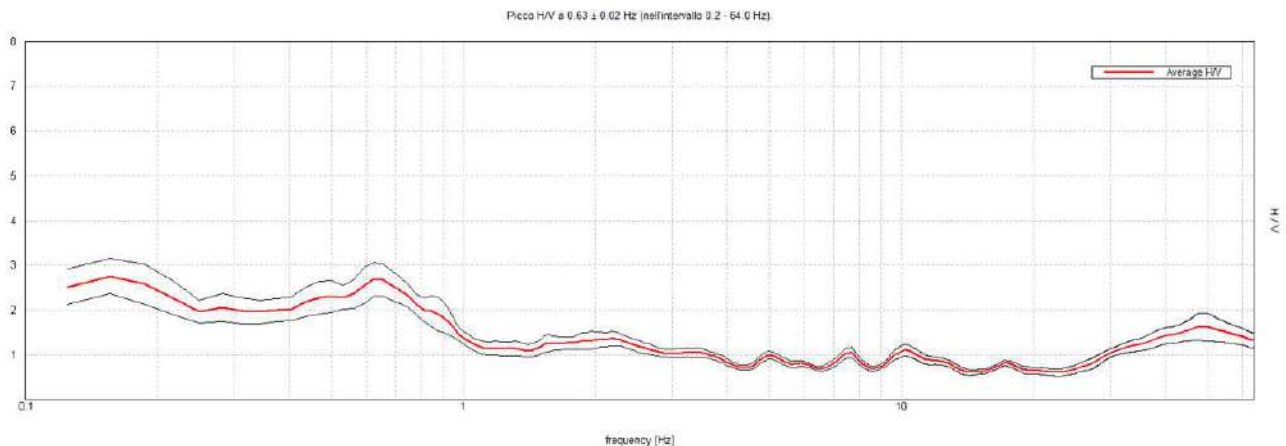
Scala 1:2500



Fig.28. :Ubicazione prove sismiche eseguite in sito

Relativamente alle **frequenze caratteristiche di sito**, abbiamo un **picco stratigrafico** caratteristico alla frequenza fondamentale di 0.63 Hz e periodo caratteristico di 1.58 s che rappresenta un contrasto di impedenza profondo 170/180 m. Il rapporto H/V evidenzia contrasti di impedenza deboli ($2 < H/V < 3$) in caso di moto sismico.

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



7.3.2. Modello sismico del sottosuolo

Secondo quanto indicato nelle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17.01.2018) § 3.2.2.:
“I valori di $V_{S,eq}$ sono ottenuti mediante specifiche prove..... La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

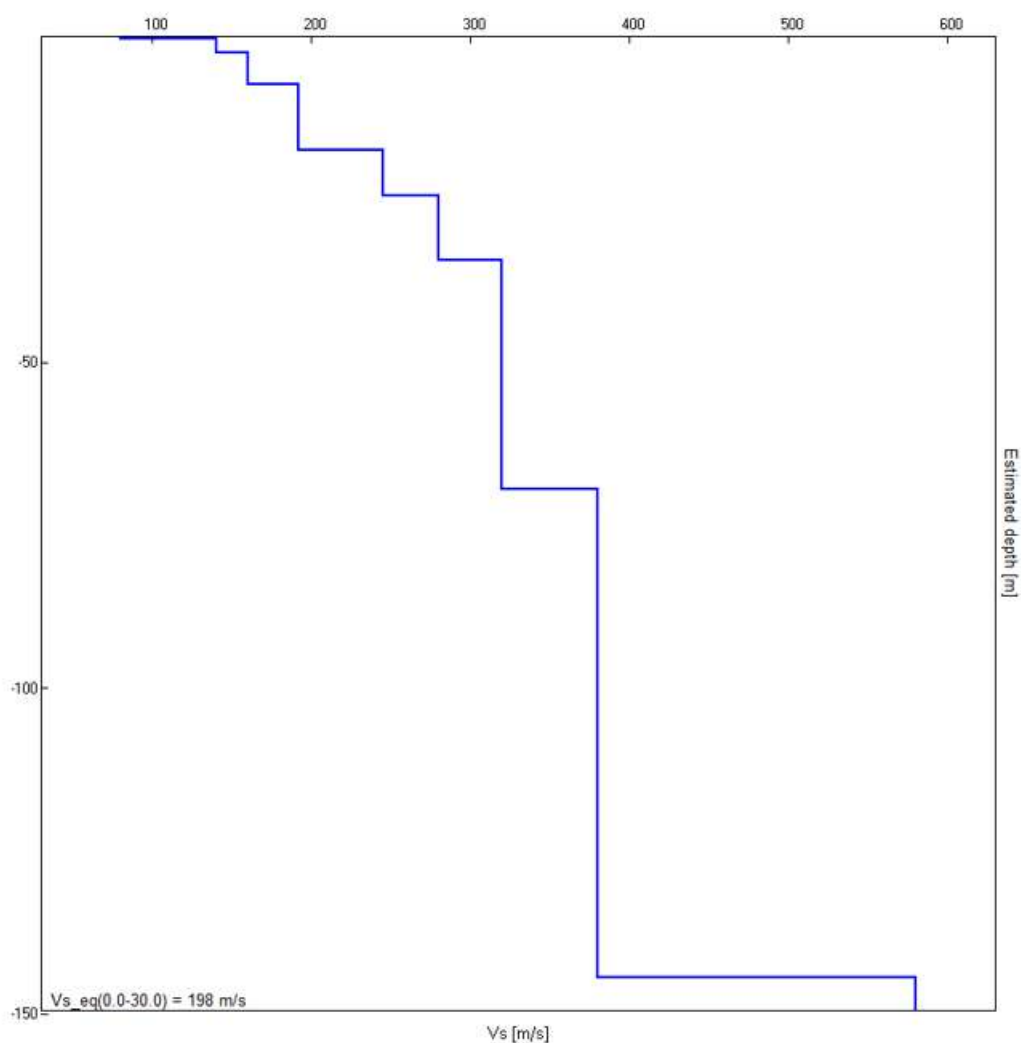
con:
 h_i spessore dell'i-esimo strato;
 $V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
 N numero di strati;
 H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

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

Il profilo di V_S con la profondità e il valore di $V_{S,eq}$ è stato ricavato dall'analisi congiunta della tecnica in sismica attiva (che rappresenta bene le alte frequenze e quindi gli strati di terreno più superficiale) con quella in sismica passiva (che rappresenta bene le basse frequenze e quindi gli strati di terreno più profondi), vincolando le curve spettrali alle prove CPT .

$V_{S,eq} = V_{S(30)}: 198 \text{ m/s}$.

PROFILO DI VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO (Vs)



MODELLO DI SOTTOSUOLO

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.40	0.40	80	0.45
2.40	2.00	140	0.45
7.40	5.00	160	0.44
17.40	10.00	192	0.44
24.40	7.00	245	0.43
34.40	10.00	280	0.43
69.40	35.00	320	0.43
144.40	75.00	380	0.42
inf.	inf.	580	0.40

Vs_eq(0.0-30.0) = 198 m/s

Secondo quanto indicato nelle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M.17.01.18) § 3.2.2.:

“Ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto, l’effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3.

In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_S per l’approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2..... Le categorie di sottosuolo che permettono l’utilizzo dell’approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

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

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

Per il sito di studio le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni sono riconducibili alla categoria di sottosuolo di tipo **C** definita nella Tab. 3.2.II:

- **Presenza di terreni a grana fine mediamente consistenti caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 180 e 360 m/s definiti da prove sismiche in sito,**
- **profondità del substrato oltre i 30 metri,**
- **manca nel volume significativo di sottosuolo indagato con prove geognostiche e sismiche di contrasti di impedenza, nè inversioni di velocità significative, quindi la stima della V_{seq} non è soggetta a incertezze,**
- **edifici ad uso porciolaia con classe d’uso II, quindi non strategici .**

Conformemente alla Normativa, si fa riferimento a un approccio semplificato che si basa sull’individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento e si classifica il sito in **categoria C** ($V_{s,eq} = V_{s(30)}: 198 \text{ m/s}$).

7.3.3 Valutazione fattore di amplificazione e parametri spettrali – spettro normalizzato approccio semplificato

La stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica, secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 14 Gennaio 2008, viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando informazioni disponibili nel reticolo di riferimento.

Gli spettri di Norma sono quindi stati ottenuti per il sito di interesse a partire dalle coordinate geografiche del sito secondo la tecnica indicata dalle NTC08 della media pesata dei parametri sismici relativi ai quattro vertici più vicini del reticolo in cui è stato suddiviso il territorio italiano tramite il foglio di calcolo Spettri – NTC ver. 1.0.03 (fonte ministero Infrastrutture e Trasporti) .

Le coordinate in forma decimale ED50 del sito sono:

44.770379 ° N – 10. 707446° E

Di seguito vengono indicati per il sito in oggetto i diversi spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite per un suolo di tipo A.

Per spettro di risposta si intende la massima accelerazione di un oscillatore (edificio di progetto) a un particolare input (terremoto) in funzione del periodo proprio e dello smorzamento.

Gli spettri di risposta su suolo rigido di seguito riportati vengono dati per gli stati limite di esercizio: lo stato limite di Operatività (SLO) e lo stato limite di Danno (SLD) e per gli stati limite ultimi: lo stato limite di Salvaguardia della Vita (SLV) e lo stato limite di prevenzione del Collasso (SLC).

Le forme spettrali sono definite in base a dei parametri il cui valore dipende dai periodi di ritorno associato a ciascun stato limite.

Nella tabella di seguito riportata vengono definiti i parametri base degli spettri per i vari periodi di ritorno.

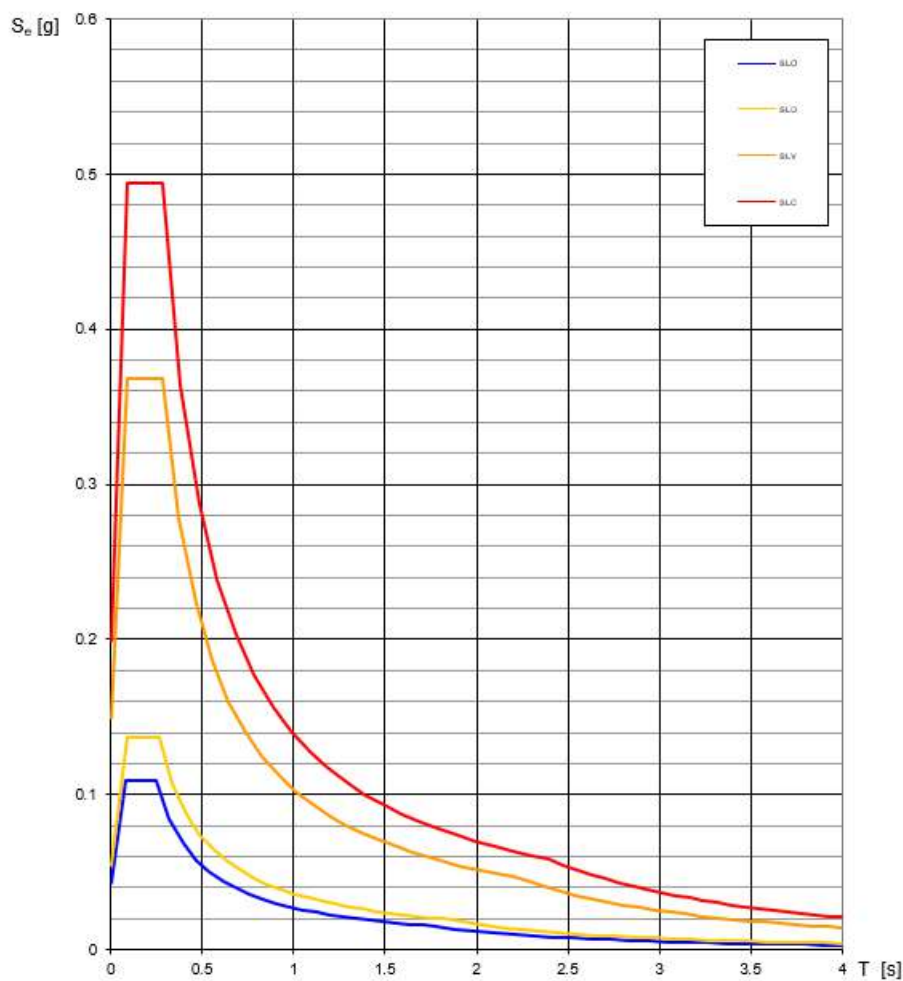
I parametri definiti sono

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa al sito di riferimento rigido

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

T^*_c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.043	2.512	0.248
SLD	50	0.055	2.508	0.264
SLV	475	0.150	2.461	0.280
SLC	975	0.199	2.480	0.281

Fig.29. :Spettri di risposta elastici per i diversi stati limite su suolo di tipo A e tabella dei parametri relativa.

Viene inoltre riportato lo spettro di risposta della componente orizzontale e verticale per lo spettro allo Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita con smorzamento $\xi = 5\%$ in superficie su suolo di tipo C:

Il valore di $a_g(g)$ = accelerazione orizzontale massima attesa al sito di riferimento rigido = **0.150** che deriva dai dati imposti secondo le NTC (2008-2018) per il sito di studio, scalato per un coefficiente d'uso 1.0 che corrisponde ad una classe d'uso II (fabbricati il cui uso preveda normali affollamenti), vita nominale ≥ 50 anni (opere ordinarie).

Il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale F_0 è stato calcolato pari a **2.461**.

Il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T^*_c è uguale a **0.280 s**

Il fattore di amplificazione stratigrafica S_s (poiché la categoria del suolo indagato è la C) risulta pari a **1.479**

Il fattore di amplificazione topografica S_T è pari a **1** poiché il sito è pianeggiante.

Accelerazione attesa in superficie $PGA = a_g \times S_s = 0.22g$

Considerando la tabella 7.11.1 NTC 2018

Tab. 7.11.1 – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

$K_h = 0.053$

$K_v = 0.026$

$\beta = 0.240$

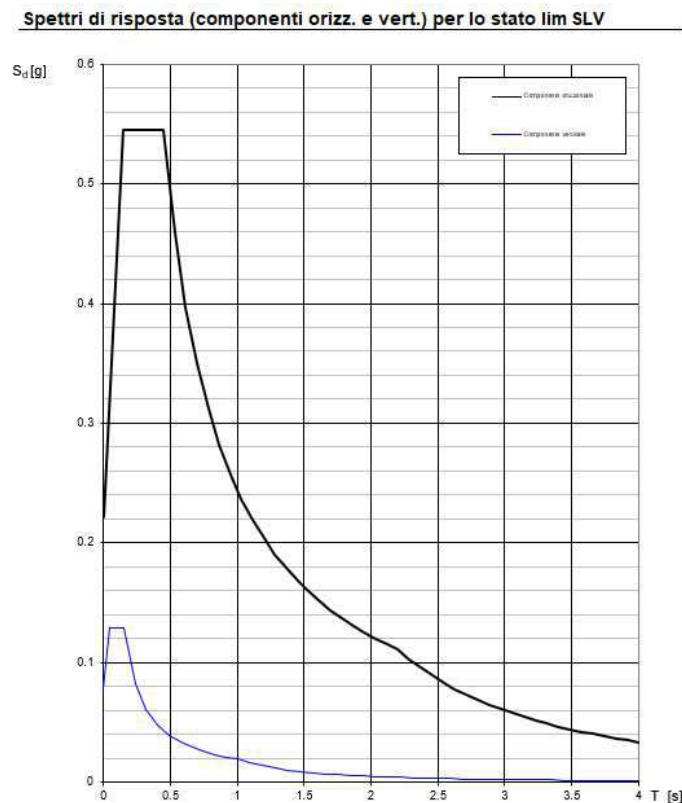


Fig.30. : Spettro di risposta elastico per lo stato limite di salvaguardia della vita su suolo di studio di tipo C.

Considerato comunque l'intervento di progetto, nei capitoli successivi, si procede a un'analisi di pericolosità sismica locale con approfondimento di III livello:

- Si produce una modellazione numerica con sets accelerometrici di input opportunamente selezionati, al fine di fornire i parametri spettrali e il valore di amplificazione litologica quale effetto di sito atteso;
- Si produce un'analisi rischio liquefazione con metodi semplificati da prove CPT e CPTU;
- Si determinano i cedimenti post sismici.

7.4 ANALISI PERICOLOSITA SISMICA LOCALE DI III° LIVELLO

Nella carta del rischio sismico "Carta degli effetti attesi" elaborata per il P.T.C.P approvato dalla Provincia di Reggio Emilia con atto D.C.P. n.124 del 17/06/2010, l'area di studio ricade in zona G: aree soggette ad amplificazione stratigrafica ed a potenziali cedimenti.

		EFFETTI ATTESI				
		AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	INSTABILITA' DI VERSANTE	CEDIMENTI	LIQUEFAZIONE
CLASSI	A	X		X		
	B	X	X	X		
	C	X				
	D	X	X			
	E		X			
	F	X				X
	G	X			X (potenziale)	
	H					



Fig.31. : PTCP 2010 "Carta degli effetti attesi".

Nella "Carta dei livelli di approfondimento", redatta per il PSC Comunale, il sito di studio ricade in un'area soggetta ad approfondimenti di II livello.

CARTA EFFETTI ATTESI - MICROZONAZIONE SISMICA	
LEGENDA	
	Aree soggette ad approfondimenti di III° livello
	Aree soggette ad approfondimenti di II° livello; nel caso le indagini indichino proprietà meccaniche scadenti occorre stimare i potenziali cedimenti e derelificazione secondo procedure di III° livello
	Aree soggette ad approfondimenti di I° livello
Nelle aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico, come definito dall'Art. 21 Reg. RER n° 33 del 13-10-1986, indipendentemente dagli effetti di sito attesi, per l'analisi di microzonazione sismica sono richiesti approfondimenti di III° livello, Allegati A3 e A4 DAL. 112/2007	



Fig.32. Stralcio "Carta dei livelli di approfondimento"

7.4.1 Valutazione fattore di amplificazione e parametri spettrali mediante analisi di risposta sismica locale con approfondimento di III livello

Dal punto di vista strettamente fisico, per analisi di risposta sismica locale si intende la valutazione quantitativa delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite da un moto sismico, relativo ad una formazione rocciosa di base (R), attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie (S).

Dal punto di vista tecnico, è forse più significativa una valutazione alternativa di tale fenomeno, cioè quella che assume come moto sismico di riferimento quello relativo ad un ipotetico (o reale) affioramento della formazione rocciosa di base (A).

Il calcolo della risposta sismica locale nelle analisi di terzo livello è eseguito secondo i criteri del DM 2018, DGR 630/2019 e nuovi aggiornamenti D.G.R. n. 476/2021 e D.G.R. integrativa n. 564/2021, secondo i seguenti step:

1) Ricostruzione del modello geologico-tecnico del sottosuolo attraverso indagini specifiche geognostiche e geofisiche.

La ricostruzione accurata del modello geologico e geofisico è desumibile dai dati geologici riportati nella presente relazione e dai risultati delle indagini geognostiche e sismiche che ha permesso la ricostruzione del profilo di velocità delle onde di taglio fino al substrato di terreno molto rigido caratterizzato dalla velocità delle onde di taglio > 800 m/s.

Per poter valutare la velocità V_s tra la massima profondità raggiunta dalle indagini ed il bedrock sismico, si è fatto riferimento ai dati disponibili in letteratura, tipo i dati pubblicati nello studio “Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna” RER – ENI, Agip 1998 (a cura di G. Di Dio).

In particolare nella sez. 3 della Tavola 7 riportata in figura 32 passante per il sito, si evidenzia che la base della AES6 si trova a circa 170/180 m dal p.c. e la base della AES si ubica a circa 280m dal p.c.

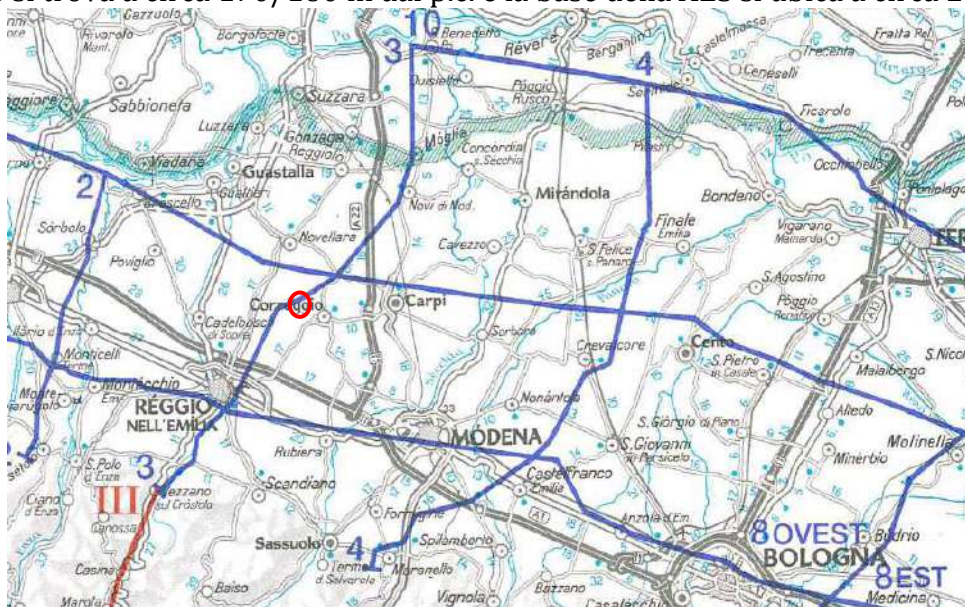


Fig.33. : Ubicazione sezione esaminata da “Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna” RER – ENI, Agip 1998 (a cura di G. Di Dio)”

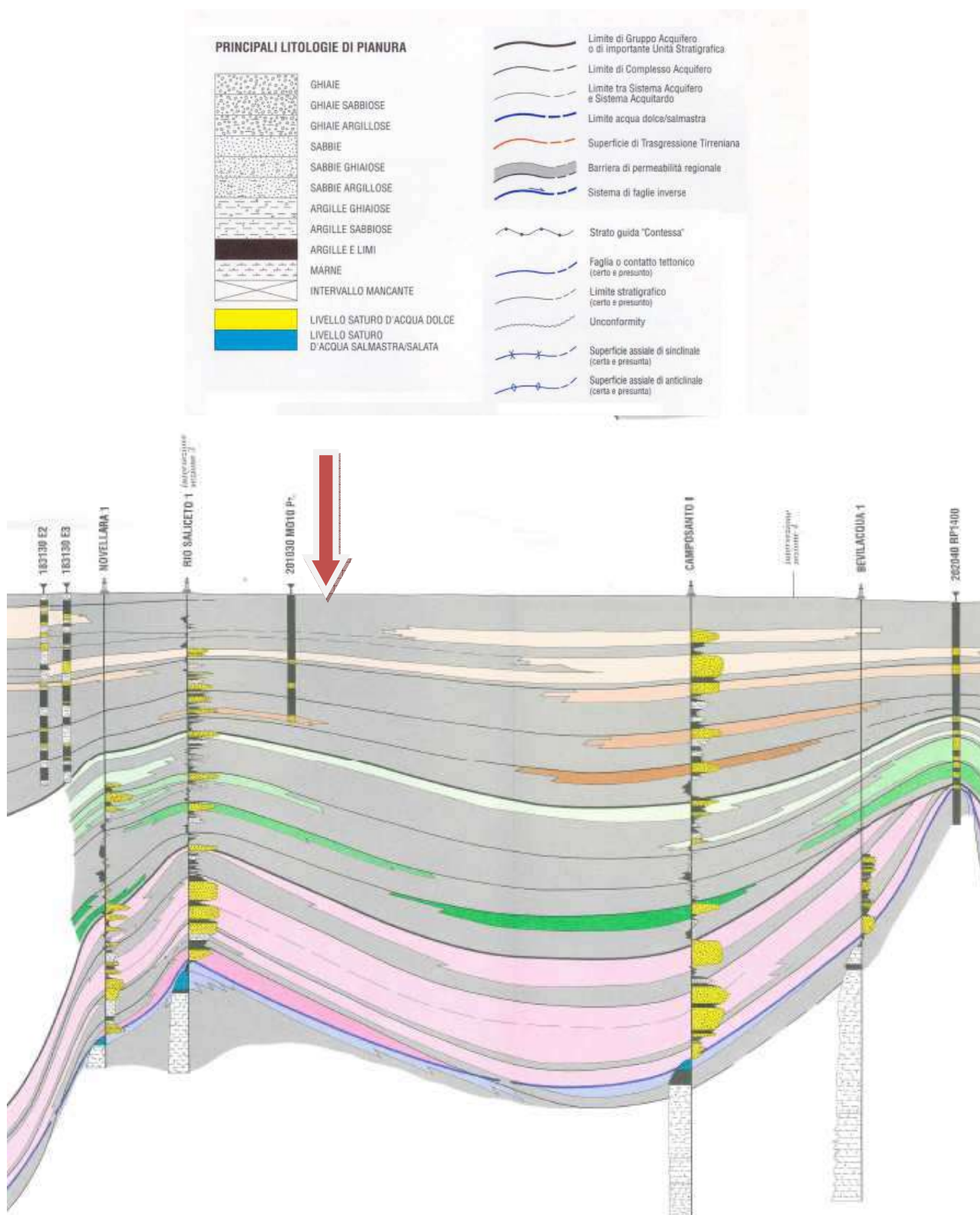


Fig.34. : Sezione 3 pozzo 184150EN20 da "Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna" RER – ENI, Agip 1998 (a cura di G. Di Dio)"

Il valore della frequenza fondamentale misurato in sito, pari a 0.63 Hz che segna un contrasto di impedenza debole ($2 < H/V < 3$) in caso di moto sismico, conferma la profondità di 170/180 metri del primo contrasto di impedenza, come bedrock sismico, Il profilo utilizzato è:

Prof.	Spessore	Vs
0.0	0.4	80
0.4	2.0	140
2.4	5.0	160
7.4	10.0	192
17.4	7.0	245
24.4	10.0	280
34.4	10.0	320
44.4	10.0	320
54.4	10.0	320
64.4	5.0	320
69.4	10.0	380
79.4	10.0	380
89.4	10.0	380
99.4	10.0	490
109.4	10.0	550
119.4	10.0	550
129.4	10.0	600
139.4	5.0	600
144.4	10.0	600
154.4	10.0	650
164.4	10.0	650
174.4	10.0	800

Per definire il comportamento non lineare dei terreni di fondazione sottoposti a carichi ciclici si è fatto riferimento, non avendo effettuate indagini dinamiche di laboratorio, a curve disponibili in letteratura sulle stesse tipologie di materiali e, ove disponibili, prelevate anche alle stesse profondità.

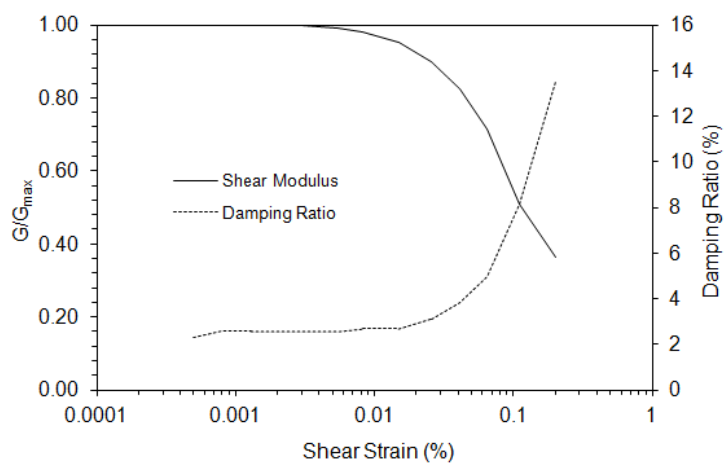
Dove è stato possibile, sulla base del profilo litostratigrafico del sito, e considerando le profondità di prelievo dei campioni, si sono utilizzate le curve di decadimento dell'allegato 1.6 dei terreni, messe a disposizione dalla Regione Emilia Romagna alla D.g.r. 70/2012.

In particolare per i sette strati in cui è stato discretizzato il terreno fino al bedrock sismico si sono utilizzate le seguenti curve di degrado dei materiali:

Materiale 1: ARGILLA LIMOSA S9 CI2 RC1 SAN CARLO ORDINANZA 70

ARGILLA LIMOSA S9 CI2 RC1 SAN CARLO ORDINANZA 70

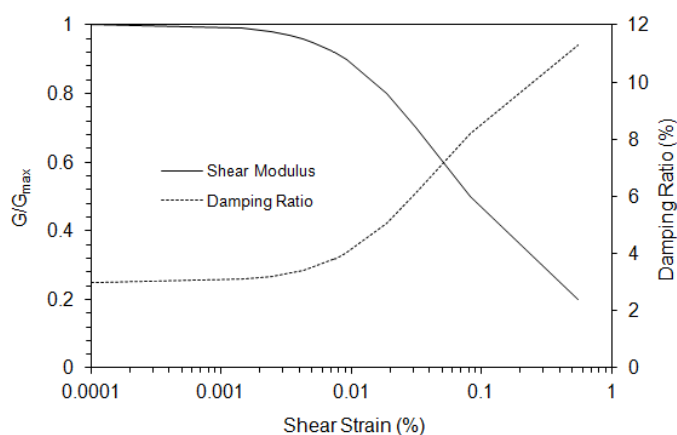
Strain (%)	G/G _{max}	Strain (%)	Damping (%)
0.0002	1.00	0.0002	
0.0005	1.00	0.0005	2.309
0.0008	1.00	0.0008	2.571
0.0013	1.00	0.0013	2.571
0.0019	1.00	0.0019	2.571
0.0031	1.00	0.0031	2.571
0.0055	0.99	0.0055	2.571
0.0083	0.98	0.0083	2.683
0.015	0.95	0.0150	2.687
0.0258	0.90	0.0258	3.114
0.0414	0.82	0.0414	3.841
0.0648	0.71	0.0648	4.985
0.1108	0.51	0.1108	8.118
0.2021	0.36	0.2021	13.509



Materiale 2: ALLUVIONI ARGILLOSE

Alluvioni argillose

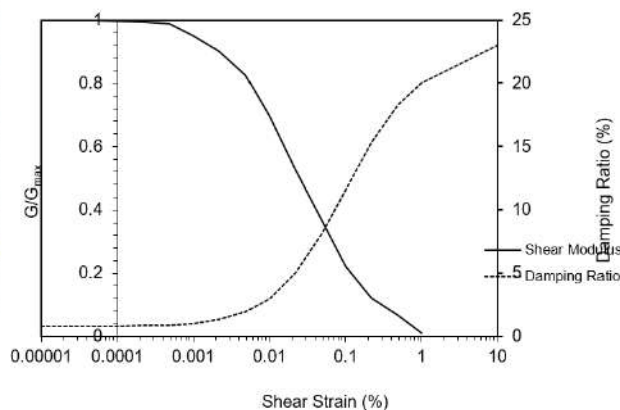
Strain (%)	G/G _{max}	Strain (%)	Damping (%)
0.0001	1	0.0001	3
0.001476133	0.99	0.001476133	3.103968673
0.002482374	0.98	0.002482374	3.207937346
0.003389625	0.97	0.003389625	3.311906019
0.004250585	0.96	0.004250585	3.415874692
0.00508764	0.95	0.00508764	3.519843364
0.007146498	0.925	0.007146498	3.779765047
0.007385577	0.9221	0.007385577	3.809915962
0.007558987	0.92	0.007558987	3.831749383
0.009228911	0.9	0.009228911	4.039686729
0.018685627	0.8	0.018685627	5.079373458
0.031559139	0.7	0.031559139	6.119060187
0.081640005	0.5	0.081640005	8.198433644
0.557337654	0.2	0.557337654	11.31749383



Materiale 3: SABBIE IP=10%

Strain (%)	G/G _{max}	Strain (%)	Damping (%)
0.00001	0.999810511	0.00001	0.79
0.000022	0.999287688	0.000022	0.8
0.0000484	0.998288	0.0000484	0.81
0.0001	0.9969087	0.0001	0.82
0.00022	0.993627	0.00022	0.85
0.000484	0.9867786	0.000484	0.91
0.001	0.949297311	0.001	1.04
0.0022	0.900675401	0.0022	1.33
0.00484	0.824227782	0.00484	1.94
0.01	0.696557118	0.01	3
0.022	0.529180854	0.022	5.025
0.0484	0.36878115	0.0484	8.09
0.1	0.222371823	0.1	11.572
0.22	0.122380212	0.22	15.309
0.484	0.066893412	0.484	18.283
1	0.01	1	20.037
10		10	23

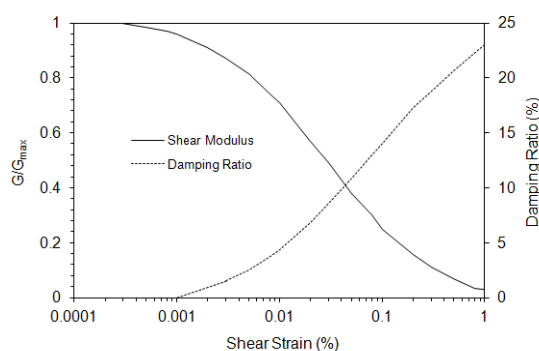
IP 10% SIGMA 232, 5 KPA



Materiale 4: Alluvioni Sabbiose

Alluvioni sabbiose

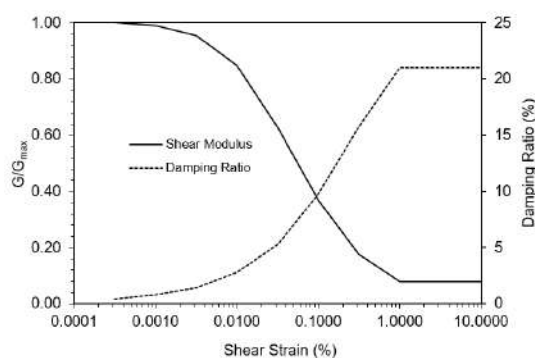
Strain (%)	G/G _{max}	Strain (%)	Damping (%)
0.0001	1	0.0001	0
0.0003	1	0.001	0
0.0005	0.985	0.003	1.5
0.0008	0.97	0.005	2.5
0.001	0.96	0.008	3.7
0.002	0.91	0.01	4.4
0.003	0.87	0.02	6.8
0.005	0.815	0.03	8.6
0.008	0.74	0.05	10.9
0.01	0.71	0.08	13
0.02	0.57	0.1	14
0.03	0.49	0.2	17.3
0.05	0.38	0.3	18.8
0.08	0.3	0.5	20.6
0.1	0.25	1	23
0.2	0.155		
0.3	0.11		
0.5	0.07		
0.8	0.035		
1	0.03		



Materiale 5: Sabbie IDRISS 1990

Strain (%)	G/G _{max}	Strain (%)	Damping (%)
0.0001	1.00	0.0001	0.24
0.0003	1.00	0.0003	0.44
0.0010	0.99	0.0010	0.8
0.0032	0.96	0.0032	1.46
0.0100	0.85	0.0100	2.8
0.0316	0.63	0.0316	5.31
0.1000	0.37	0.1000	9.8
0.3160	0.18	0.3160	15.74
1.0000	0.08	1.0000	21
3.1600	0.08	3.1600	21
10.0000	0.08	10.0000	21

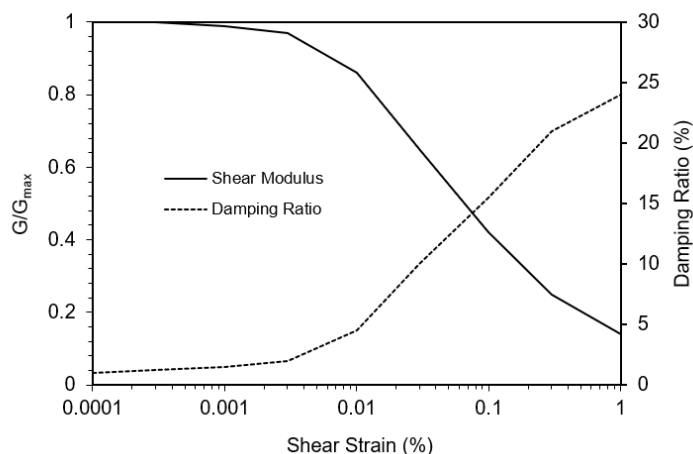
IDRISS 1990



Materiale 6: Alluvioni ghiaiose

Alluvioni ghiaiose

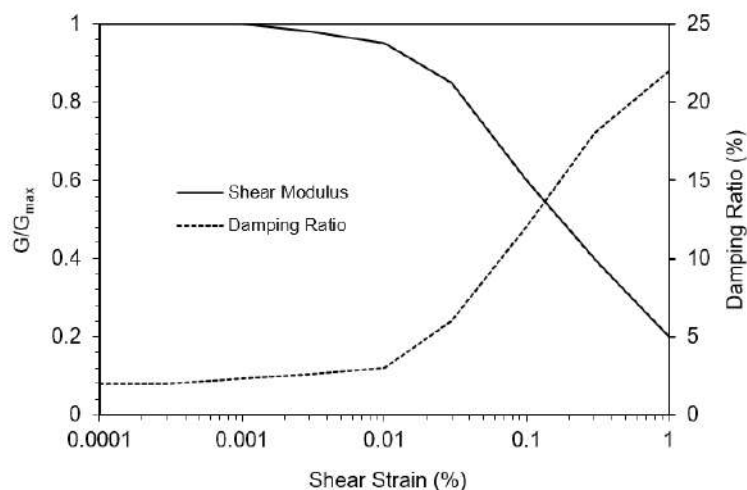
Strain (%)	G/G _{max}	Strain (%)	Damping (%)
0.0001	1	0.0001	1
0.0003	1	0.0003	1.2
0.001	0.99	0.001	1.5
0.003	0.97	0.003	2
0.01	0.86	0.01	4.5
0.03	0.65	0.03	10
0.1	0.42	0.1	15.5
0.3	0.25	0.3	21
1	0.14	1	24



Materiale 7: Argille varicolori

Argille Varicolori

Strain (%)	G/G _{max}	Strain (%)	Damping (%)
0.0001	1	0.0001	2
0.0003	1	0.0003	2
0.001	1	0.001	2.3
0.003	0.98	0.003	2.6
0.01	0.95	0.01	3
0.03	0.85	0.03	6
0.1	0.6	0.1	12
0.3	0.4	0.3	18
1	0.2	1	22



2) Definizione del modello di calcolo

L'analisi di risposta sismica locale è stata effettuata con il programma EERA [Bardet et al., 2000], che fa riferimento ad un modello costitutivo del terreno di tipo viscoelastico lineare-equivalente.

Questo codice di calcolo, derivato direttamente da SHAKE [Schnalbe et al., 1972], lavora in termini di tensioni totali, con un modello a strati piano-paralleli e a comportamento viscoelastico lineare equivalente.

Per ogni strato di terreno occorre definire spessore, massa volumica e le curve che descrivono la degradazione del modulo di taglio e dello smorzamento in funzione del livello di deformazione di taglio.

Si ipotizza che il moto sismico, applicato al substrato, sia costituito da onde che si propagano in direzione verticale, perpendicolarmente alla direzione di giacitura degli strati.

3) Moto di input

Per poter effettuare tali analisi, è necessario definire l'azione sismica da applicare al substrato roccioso, rappresentata da un numero prefissato di registrazioni accelerometriche. Si sono utilizzati

accelerogrammi naturali (il numero minimo che consente di far riferimento ai valori medi dei risultati, secondo quanto prescritto dalle NTC 08 e NTC 2018) selezionato da banche accelerometriche digitali, imponendo i criteri di scelta e spettro-compatibilità imposti dalle NTC 08.

I segnali di riferimento sono stati reperiti sulla base delle indicazioni dei nuovi aggiornamenti della DGR630/2019 (D.G.R. n. 476/2021 e D.G.R. integrativa n. 564/2021) che sostituiscono l'Allegato A4.

Il primo criterio per la selezione degli accelerogrammi reali è la compatibilità con i vincoli sismo tettonici del contesto geologico regionale ed, in particolare, con i valori di magnitudo, distanza epicentrale e i meccanismi focali dei terremoti di scenario che contribuiscono maggiormente alla pericolosità del sito.

Tale informazione può essere ottenuta dall'analisi di disaggregazione della pericolosità. I risultati della disaggregazione dello studio di pericolosità sismica sono disponibili sul sito web dell'INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>) per tutto il territorio nazionale, con riferimento ai punti del reticolo in cui esso è stato suddiviso.

Per il sito in esame, il sito web dell'INGV fornisce un valore medio di magnitudo $M=4.94$ e distanza epicentrale $d=9.19$ km.

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.94	9.19	0.582

Gli accelerogrammi spettro-compatibili sono stati selezionati dall'archivio italiano delle forme d'onda accelerometriche processate manualmente ITACA attraverso una procedura che valuta la similarità tra una forma spettrale di riferimento (nel nostro caso questa forma spettrale corrisponde alla forma dello spettro di risposta isoprobabile con il 10% di probabilità di eccedenza in 100 anni) e la forma degli spettri di risposta dei segnali contenuti nella banca dati **su suolo di tipo A con classe d'uso II ($C_u = 1.0$) e tempo di ritorno di 475 anni.**

Al fine di ottenere la spettro-compatibilità, gli accelerogrammi selezionati sono stati tutti scalati, prima dell'analisi, linearmente al valore di accelerazione di picco prescritta dalle NTC 18 per il sito in oggetto.

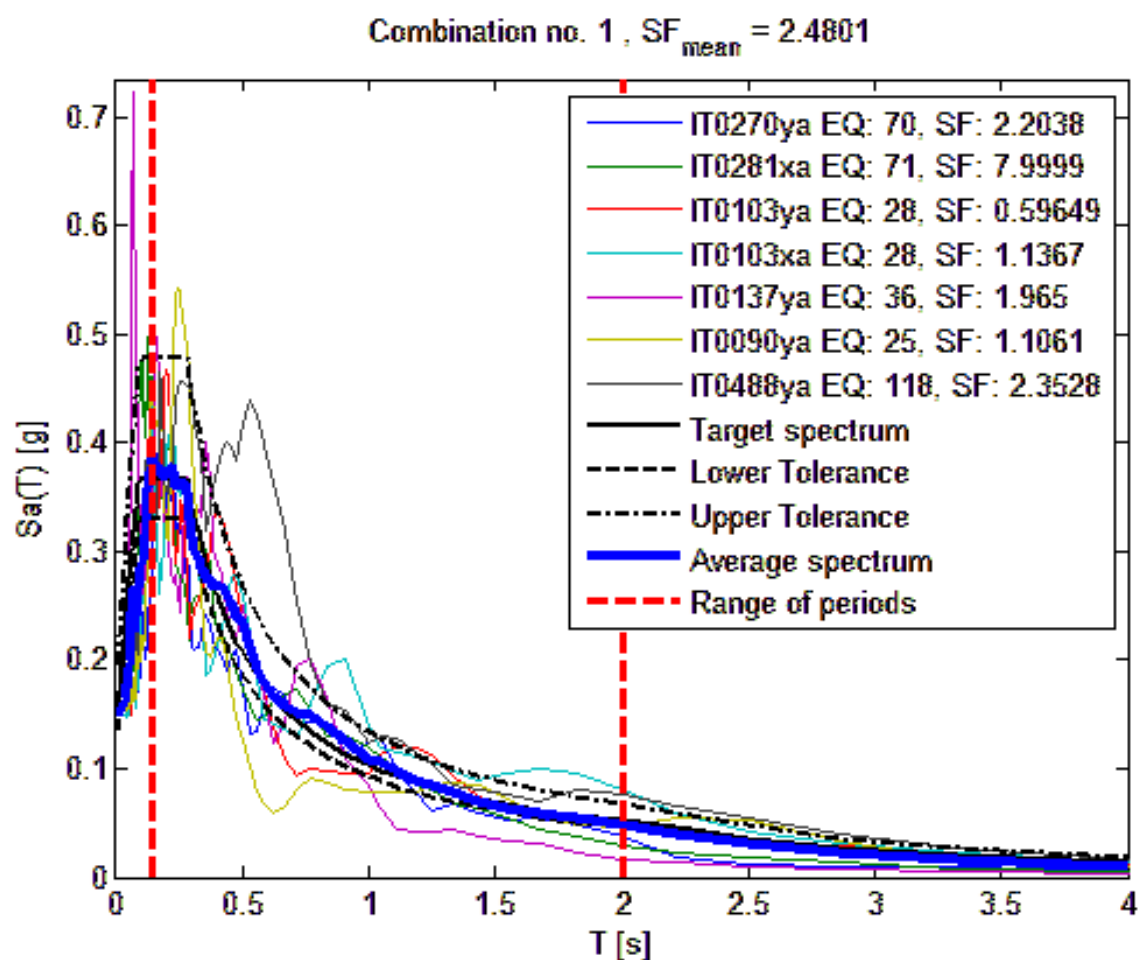
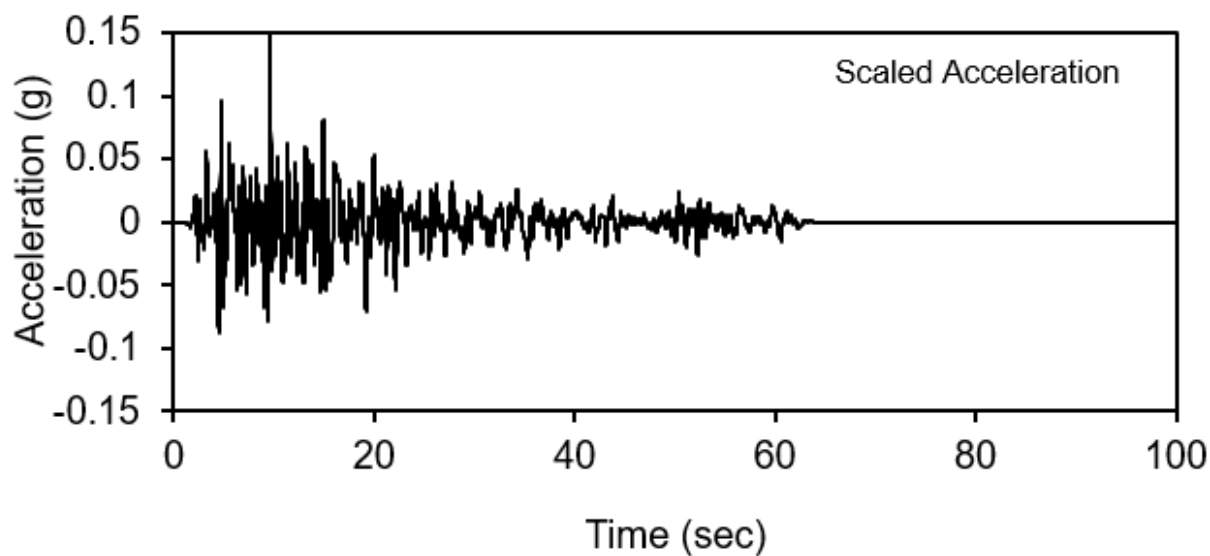
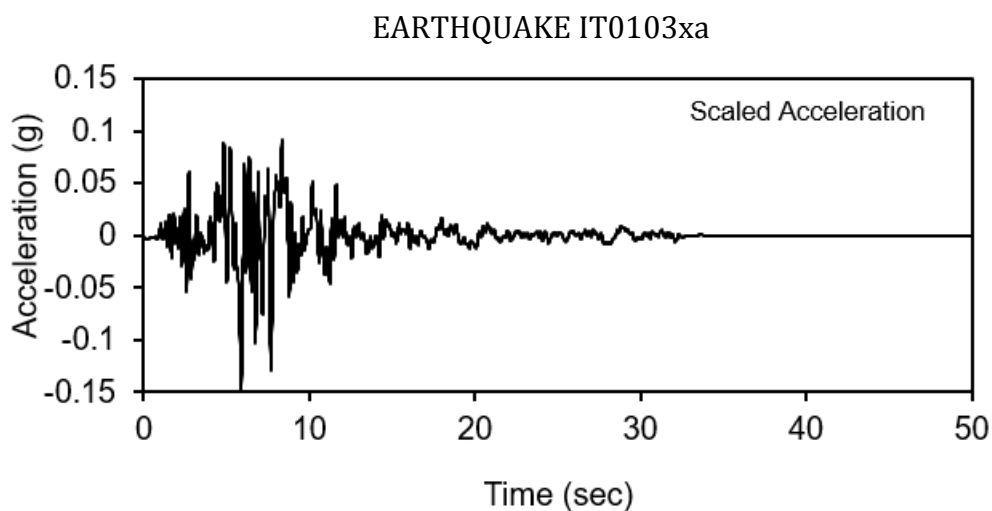
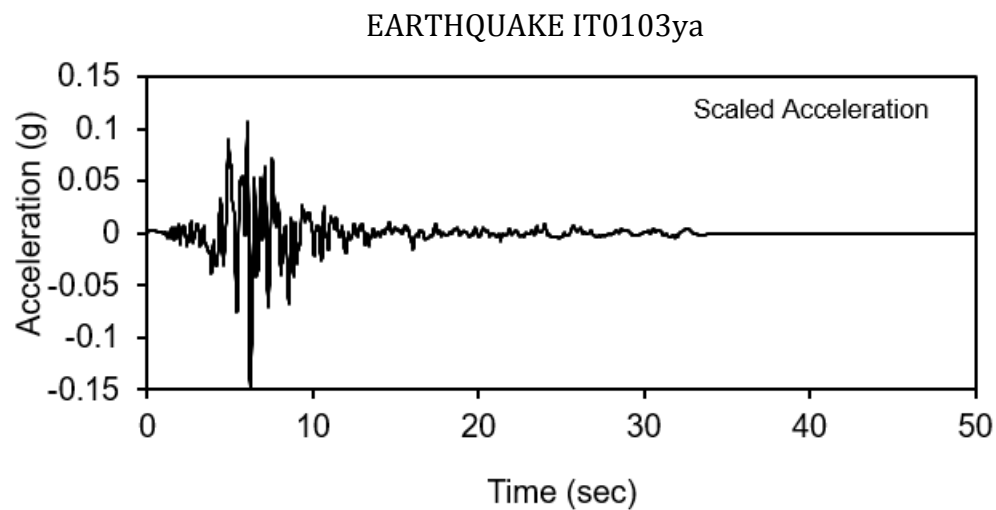
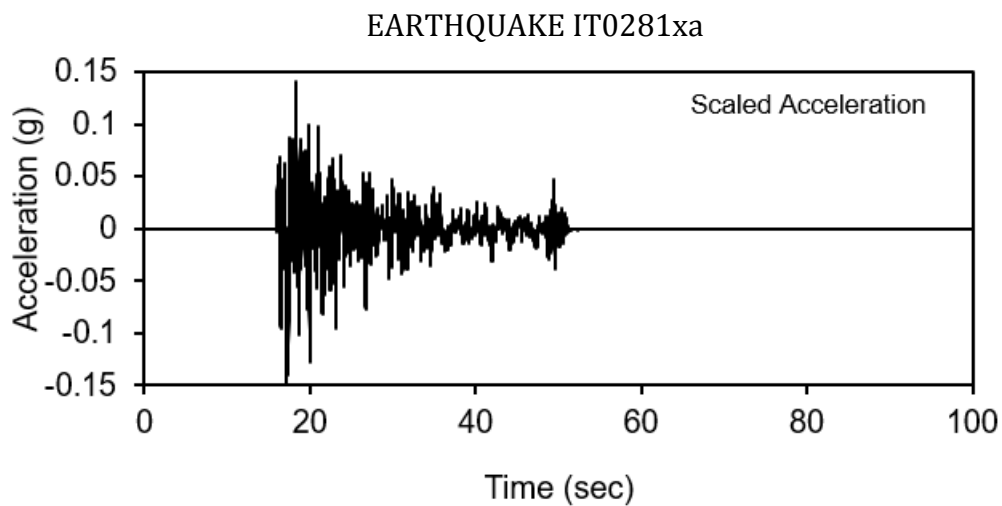


Fig.35. Accelerogrammi spettro-compatibili selezionati dalla banca dati accelerometrica "ITACA" per il sito di studio
EARTHQUAKE IT0270ya





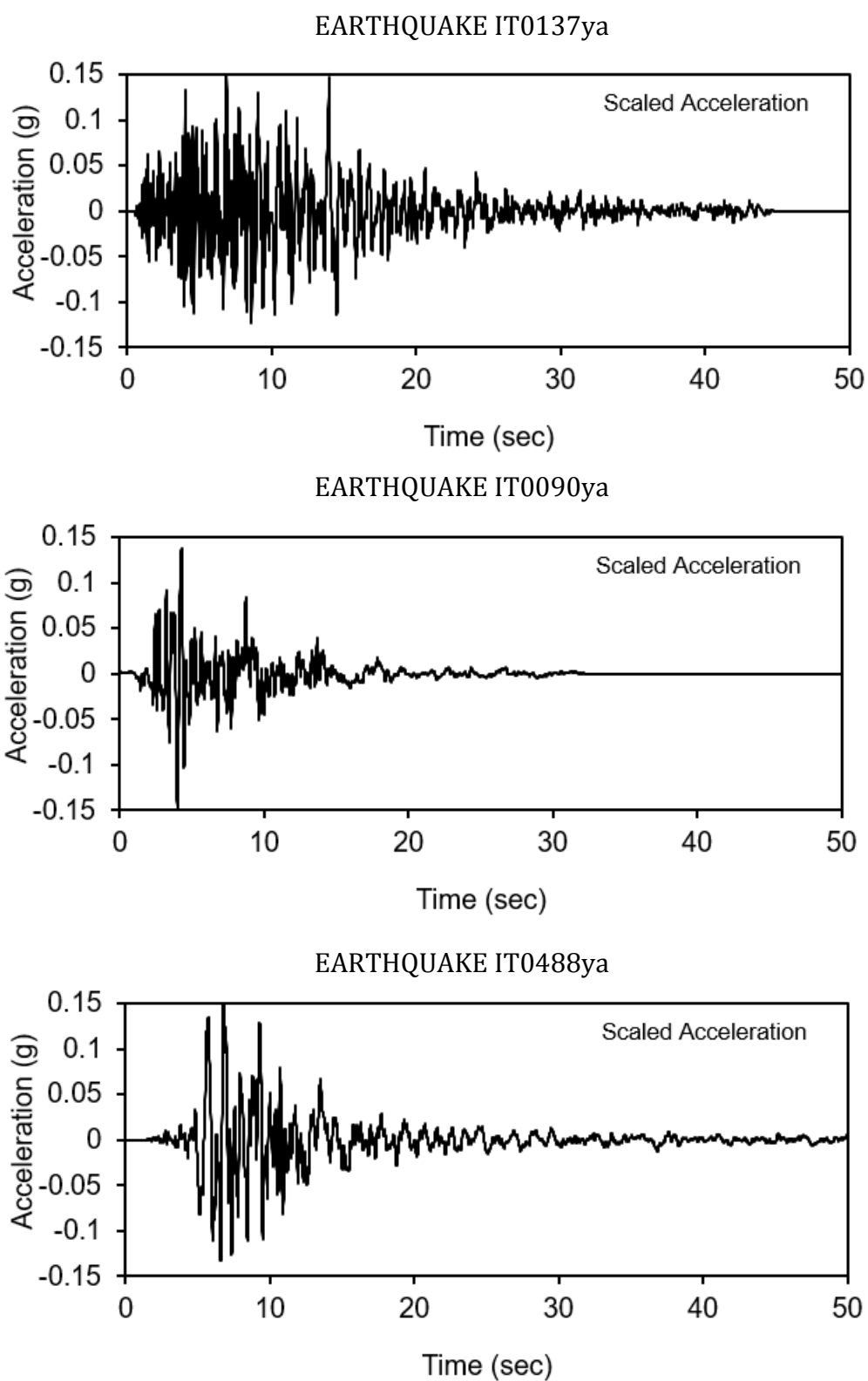


Fig.36. Accelerogrammi spettro-compatibili selezionati dalla Banca Dati ITACA

Un risultato che ci indica la buona riuscita della modellazione è il confronto tra la “Funzione di trasferimento o funzione di amplificazione” ed i risultati della prova HV condotta nel sito d’indagine. **Dai grafici di seguito si evidenzia che le funzioni di trasferimento hanno lo stesso andamento ed entrambe evidenziano la frequenza fondamentale del terreno a 0.6 Hz pari a 1.67s.**

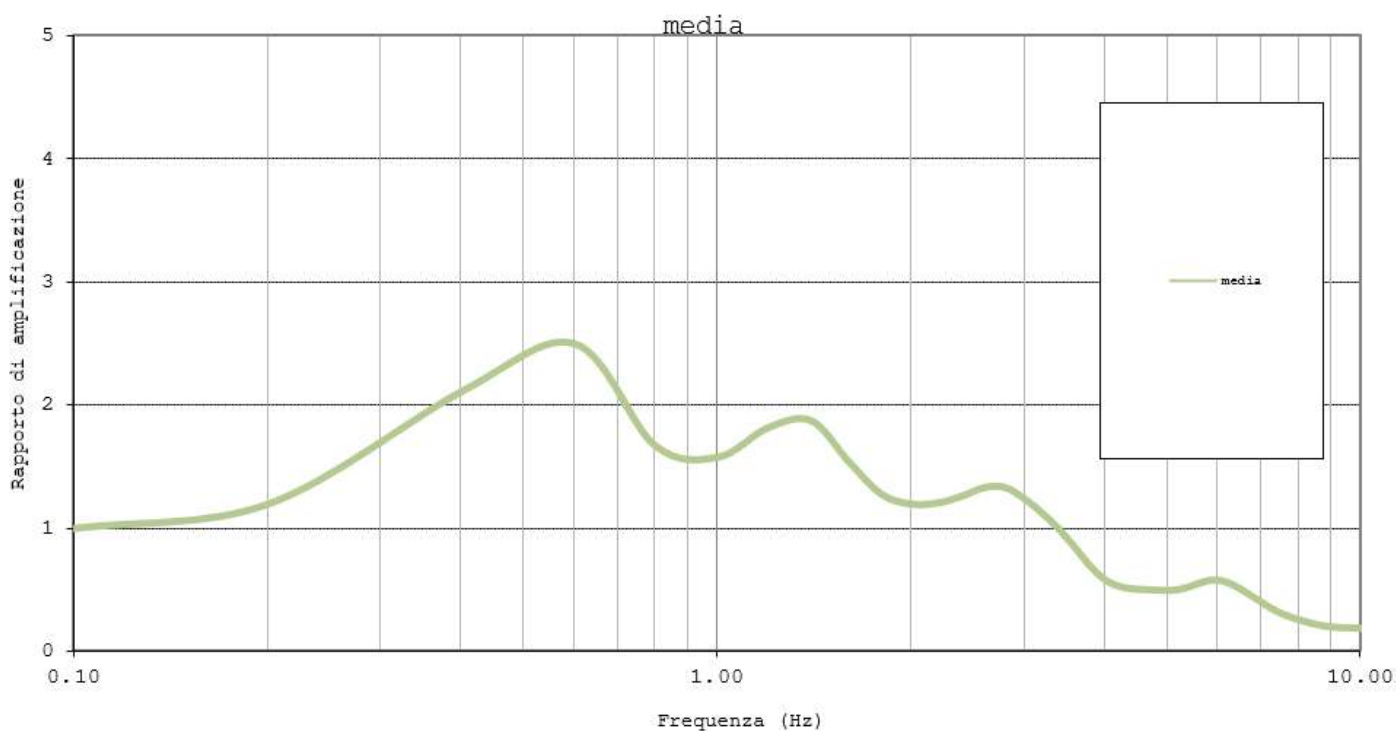


Fig.37. : Curva funzione di amplificazione ottenuta dalla RSL

H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

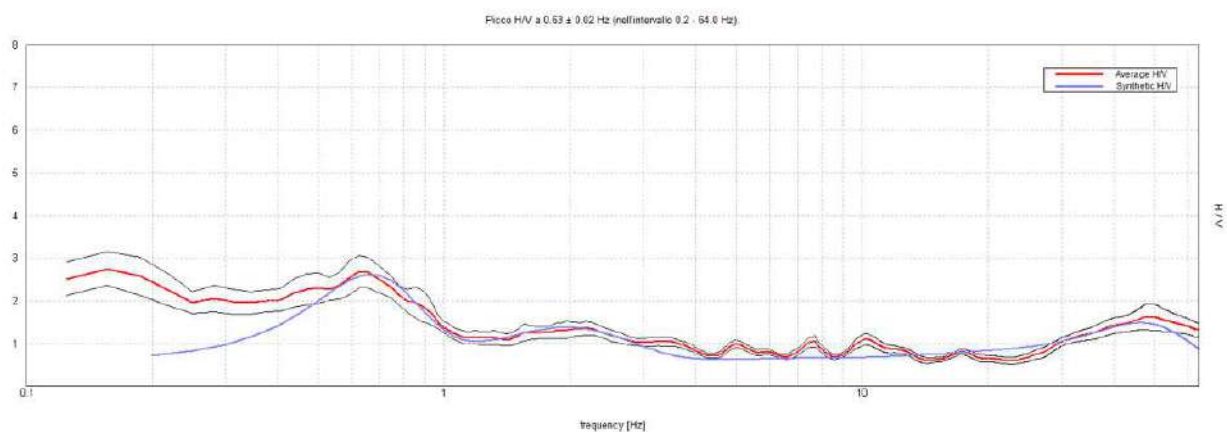


Fig.38. : funzione di trasferimento definita con la prova in sito HV.

La modellazione numerica ha il fine di fornire gli spettri di risposta con periodo di ritorno di 475anni e smorzamento $\xi = 5\%$.

Si definiscono così i fattori amplificativi espressi come rapporto tra la massima ampiezza dell'accelerazione su affioramento rigido e la massima ampiezza dell'accelerazione alla superficie del deposito (PGA/PGA_0).

I sette spettri attesi e lo spettro medio con periodo di ritorno di 475 anni e smorzamento $\xi = 5\%$ per il sito di studio, sono indicati nella figura 38.

Gli spettri vengono confrontati con gli spettri di norma per un suolo di tipo C, per un suolo di tipo D (classe d'uso II).

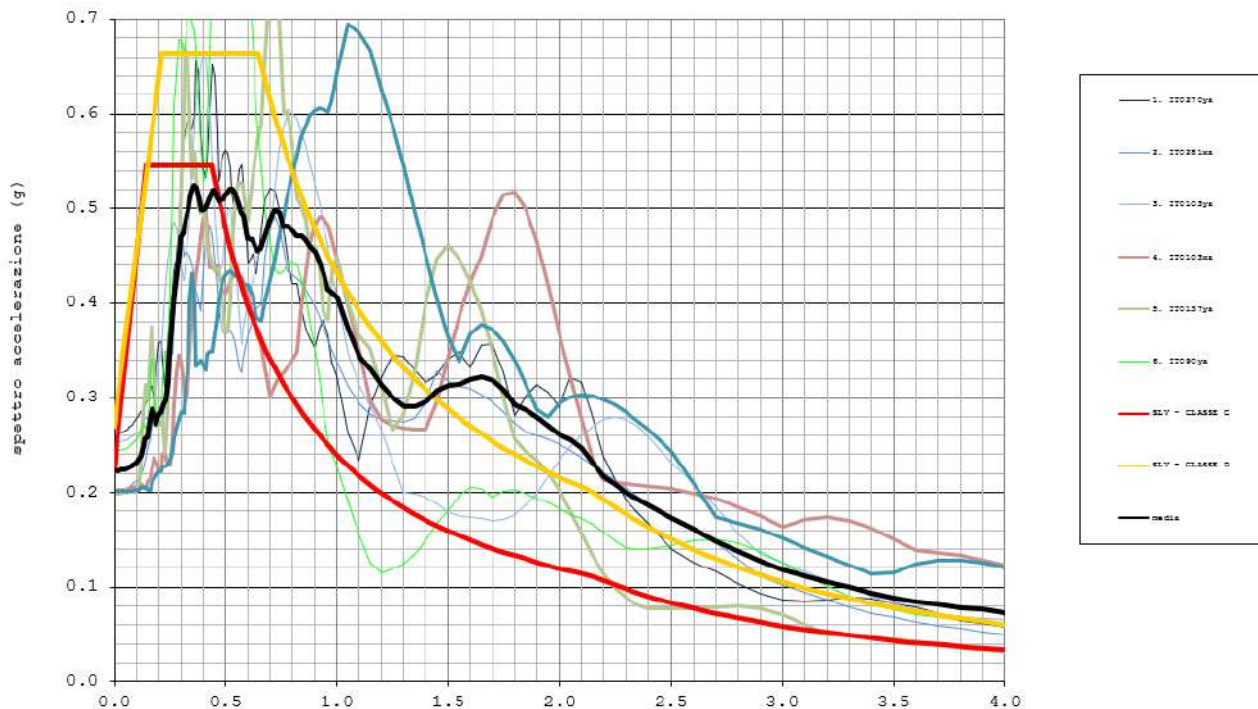


Fig.39. :Spettri attesi con periodo di ritorno di 475 anni e smorzamento $\xi = 5\%$ per il sito di studio e confronto con spettri di norma per suoli di tipo C e di tipo D

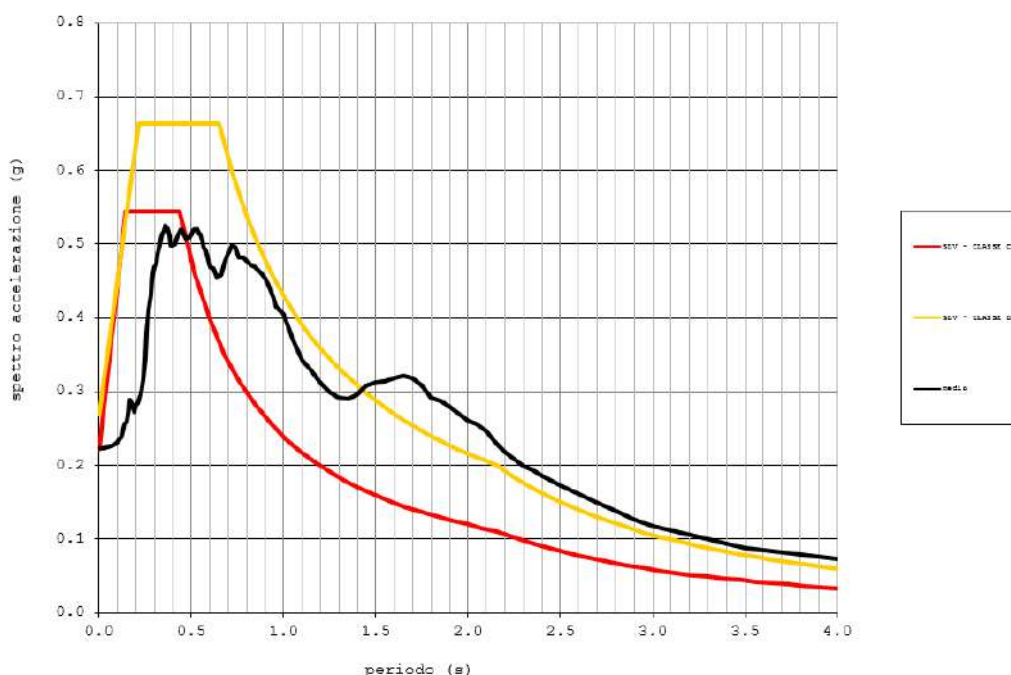


Fig.40. :Spettro medio ottenuto dalla RSL con periodo di ritorno di 475 anni e smorzamento $\xi = 5\%$ per il sito di studio e confronto con spettri di norma per suoli di tipo C e di tipo D

Nella figura 41 viene riportato lo spettro medio ottenuto in superficie fino a $T=0.5$ s e confrontato con gli spettri di norma di tipo C e D, in cui si evidenzia che per periodi inferiori a 0.5 s lo spettro ottenuto dall'analisi di RSL è inferiore allo spettro di norma ottenuto con procedura semplificata per un suolo di tipo C.

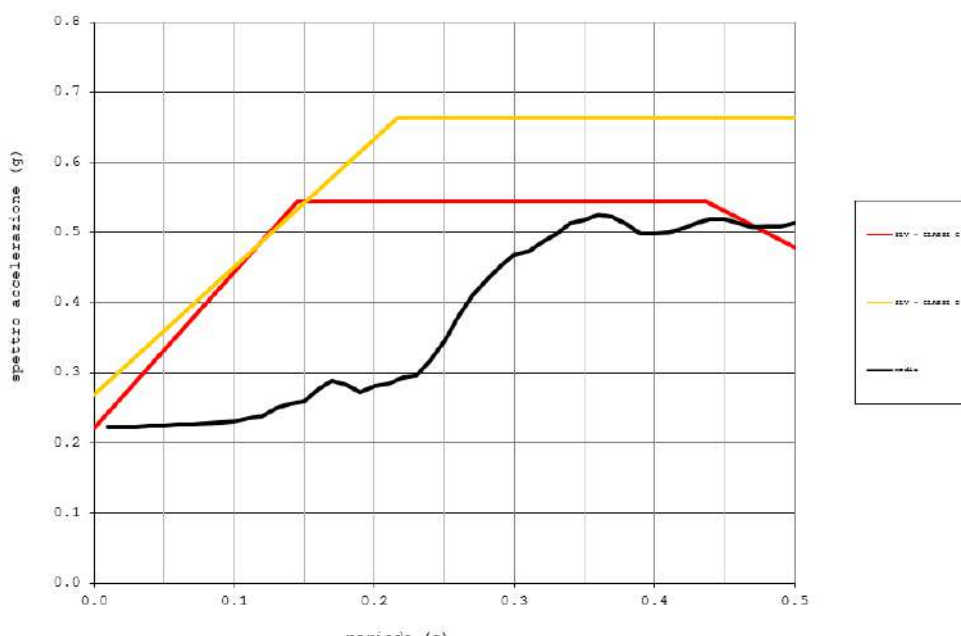


Fig.41. :Spettri attesi con periodo di ritorno di 475anni e smorzamento $\xi = 5\%$ per il sito di studio per periodo T compreso fra 0.00 e 0.5sec.

Nella figura 42 viene riportato lo spettro medio ottenuto in superficie da $T=0.5$ s a $T = 1.5$ s e confrontato con lo spettro di norma di tipo C e di tipo D e si evidenzia che **per periodi superiori a 0.5s lo spettro ottenuto dall'analisi di RSL è superiore a un suolo di tipo C e inviluppato dallo spettro di norma per un suolo di tipo D.**

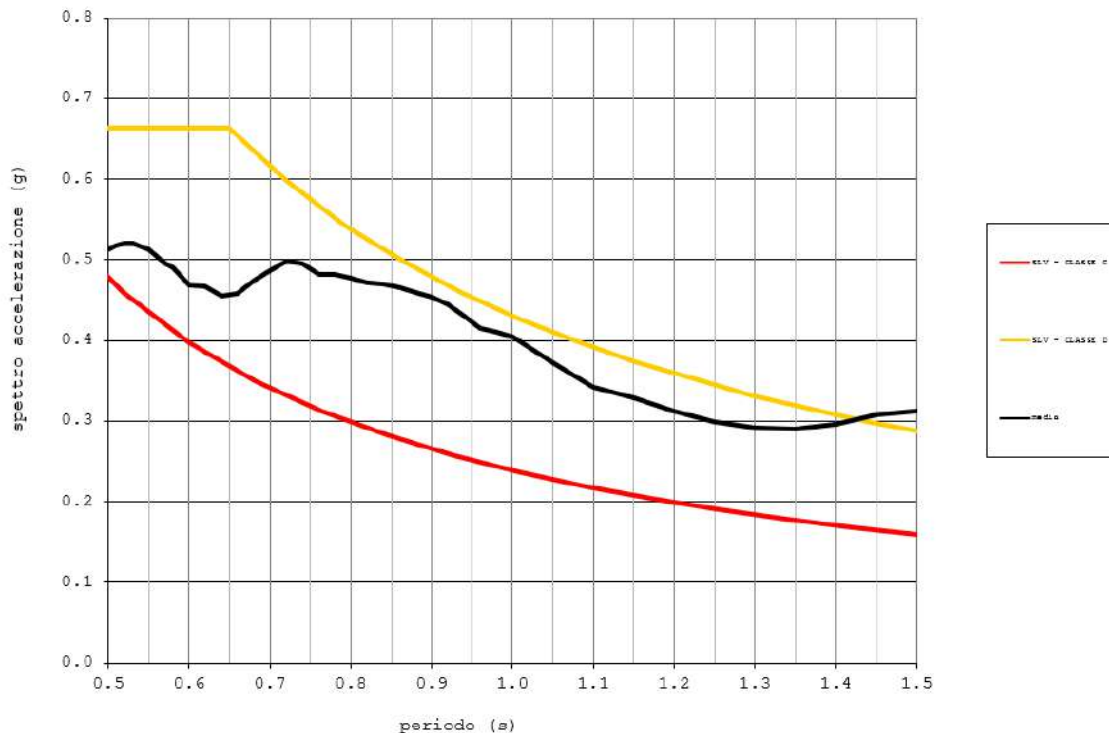


Fig.42. :Spettri attesi con periodo di ritorno di 475 anni e smorzamento $\xi = 5\%$ per il sito di studio per periodo T compreso fra 0.50 e 1.5 sec.

Le accelerazioni massime attese in superficie (PGA) per i sette sismi di riferimento e l'accelerazione media sono indicati nella tabella di seguito. Il valore dell'accelerazione media $a_g = 0.22$, il valore massimo è pari a 0.25.

	1. IT0270ya	2. IT0281xa	3. IT0103ya	4. IT0103xa	5. IT0137ya	6. IT090ya	7. IT488ya	Media
ag max	0.26	0.20	0.25	0.20	0.20	0.24	0.20	0.22

Fig.43. :Accelerazioni massime attese in superficie per i nove sismi di riferimento e l'accelerazione media

Si riporta, nella tabella di seguito, il fattore di amplificazione PGA/PGA_0 (rapporti di accelerazione massima orizzontale calcolati in riferimento al valore massimo di PGA desunto dall'accelerogramma calcolato per ognuno dei 7 sismogrammi normalizzati e il valore di PGA_0 pari a 0.150g) in relazione alla modellazione di suolo adottata.

Si riportano i valori di Intensità spettrale in pseudovelocità FV di Housner da 0.1 a 0.5s e da 0.5 e 1.0s

	1. IT0270ya	2. IT0281xa	3. IT0103ya	4. IT0103xa	5. IT0137ya	6. IT090ya	7. IT488ya	MEDIA
Fattore di amplificazione PGA/PGA ₀	1.75	1.34	1.69	1.35	1.33	1.63	1.34	1.49
Intensità spettrale (spettro di risposta in pseudovelocità) 0,1 - 0,5 s	1.61	1.08	1.39	1.07	1.28	1.63	0.87	1.28
Intensità spettrale (spettro di risposta in pseudovelocità) 0,5 - 1 s	1.98	1.72	1.74	1.53	1.78	1.99	1.28	1.72

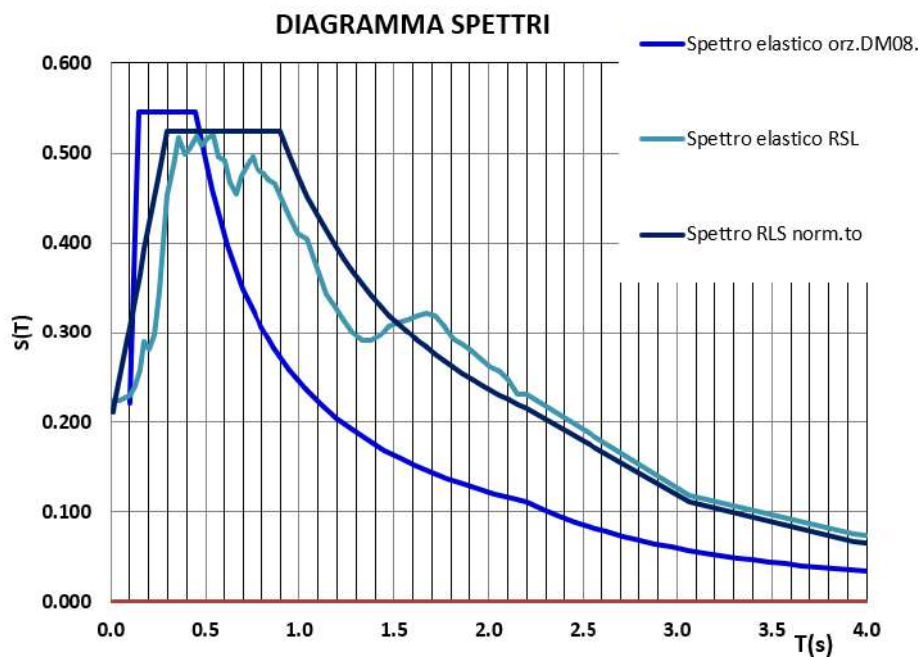
Fig.44. :Fattori di amplificazione stratigrafica e intensità spettrale

Dall'analisi di risposta sismica locale risulta che l'accelerazione massima attesa in superficie ottenuta dalla media per i 7 sismi di riferimento è pari a **0.22g**, mentre il valore massimo è **0.25**; il fattore di amplificazione stratigrafico medio è **PGA/PGA₀ = 1.49**.

Per quanto attiene al calcolo dei Fattori di Amplificazione, in conformità alla *DGR 630/2019 e s.m.i. di cui alle DGR 476/2021 e 564/2021*, si riportano, le Amplificazioni calcolate per lo spettro ottenuto dall'analisi di RSL per i periodi compresi fra 01 - 05 s ; 04 - 08 s; 07 - 1.1sec.

	ID15621_1xa	ID15621_2xa	ID15621_3xa	ID15621_4xa	ID15621_5xa	ID15621_6xa	ID15621_7xa	MEDIA
SA1 01 - 05	1.61	1.02	1.38	1.04	1.13	1.60	0.86	1.23
SA2 04 - 08	1.81	1.40	1.56	1.23	1.62	1.82	1.01	1.49
SA3 07 - 1.1	1.95	1.83	1.75	1.70	1.89	1.97	1.47	1.79

Si definisce infine, lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale normalizzato secondo le indicazioni del cap. 3.2.3.2 NTC 2018.



Normalizzazione spettro Risposta Sismica Locale				
<i>Parametri indipendenti:</i>				
accelerazione orizzontale massima al sito		ag /g		0.150*g
amplificazione spettrale massima		Fo		2.630
smorzamento		η		1.000
Amplificazione sismica max locale (da grafico)		Se(T) max		0.525*g
<i>Parametri dipendenti:</i>				
Coeff. di amplificazione locale (DM08 eq. 3.2.4)	=Se(max)/ag*η * Fo	S _{RSL}		1.331
Periodo caratteristico (leggere da grafico)		T _B =	s	0.300
Periodo caratteristico (leggere da grafico)		T _C =	s	0.900
Periodo caratteristico (DM2008 formula 3.2.9)		T _D =		2.199

7.4.2 Analisi del rischio di liquefazione da prove in sito

Anche se non richiesto dagli studi di microzonazione sismica citati, considerando che per il sito oggetto di studio, nessuna delle circostanze dettate nel capitolo 7.11.3.4.2 (NTC 2018) è soddisfatta, considerando che dalla valutazione delle caratteristiche litologiche del sito in esame, si riscontrano terreni di natura limosa occorre fare una valutazione preventiva del potenziale rischio liquefazione dei terreni riscontrati in sito.

Intendendo con liquefazione, quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Al fine di verificare la stabilità o criticità del sito nei confronti dei processi di liquefazione, l'analisi **rischio liquefazione è stata realizzata su tutte le verticali delle prove CPT e CPTU eseguite in sito mediante metodi semplificati, che in condizioni di free field permettono un'analisi puntuale e significativa della zona di indagine, considerando gli input di seguito descritti.**

Si sottolinea quanto indicato nell'allegato A3 della Dgr 630/2019 per l'analisi da prova penetrometrica statica CPTU con punta elettrica: " Tra i metodi semplificati di stima del potenziale di liquefazione è da preferire quello basato sui risultati di prove CPT elettriche (CPTe/CPTu)".

Secondo le indicazioni della Dgr 630/2019 è stata eseguita un'analisi dei livelli di falda e delle misure piezometriche nel capitolo 3.3 e considerando il livello del freatico misurato in sito nel Novembre 2023, nel Giugno 2019 e nel Giugno 2009 che si posiziona alla quota di - 2.80, - 2.50 e - 4.00 m dal p.c., si definisce **la massima soggiacenza della falda freatica nel sito di studio pari a - 2.00 m dal p.c.**

La Magnetudo Mw pari a 6.14 considerata, è quella della zona sismogenetica 912 di appartenenza del sito come da indicazioni dell'INGV.

Secondo quanto indicato dall'allegato A3 della Dgr 630/2019, il picco di accelerazione massima in superficie da considerare è il maggiore fra quella definita dagli studi di microzonazione sismica di II livello che forniscono a_{max} di riferimento e quella definita dall'analisi di RSL di III livello. Dagli studi di

microzonazione sismica di fig. 27, la FAPGA del sito risulta 1.5 e quindi $a_{gmax} = 0.225$ che è inferiore a quella massima definita dalla RSL di III livello $a_{gmax} = 0.25$.

Per la verticale di prova, è stato riportato l'andamento del fattore di sicurezza nei confronti della liquefazione FL(Z) fino alla profondità critica di 20 metri (Z crit) da piano campagna.

La stima del rischio liquefazione complessivo lungo una verticale di calcolo viene fornita dal parametro indice di liquefazione IPL che viene calcolato secondo la formula della Dgr 630/2019.

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

z_{crit} è la profondità critica, ovvero la profondità massima entro la quale può verificarsi la liquefazione, che di norma si assume pari a 20 m.

Tra i vari metodi semplificati da prove CPT che permettono un'analisi puntuale del rischio liquefazione riconosciuti dalla Comunità Scientifica Internazionale, si è scelto, di utilizzare come metodo semplificato di analisi, **Idriss e Boulanger 2008 che è indicato al punto 3.3 della determinazione regionale n. 1105 del 03/02/2014** redatta ai fini degli interventi esecutivi per mitigare il rischio liquefazione, come *"quello meglio compatibile con gli effetti osservati in sito dal confronto fra i vari metodi utilizzati dal gruppo di lavoro che ha effettuato la microzonazione sismica di cui all'Ordinanza del Commissario delegato n. 70/2012"*. Si ritiene, inoltre, sulla base di risultati di diverse analisi eseguite in sito dalla scrivente nel territorio interessato dagli eventi sismici del 2012 che, come da quanto indicato nella Dgr 1105 /2014, in fase di progetti esecutivi, il metodo semplificato di Idriss e Boulanger (2008) sia quello che meglio analizza e definisce il valore dell'indice IPL e del rischio liquefazione.

Il calcolo dell'indice IPL è stato definito per le prove meccaniche, considerando le seguenti equazioni di regressione CPTE funzione di CPT meccanica in considerazione del fatto che tutti i metodi semplificati di calcolo dell'indice di liquefazione sono stati pensati e basati su prove CPTE e non su prove CPT meccaniche.

Quindi tramite le seguenti equazioni di regressione vengono ricalcolate le resistenze corrette per punta elettrica per due modelli di calcolo (Juang et al. 2006, Boulanger e Idriss 2014), quindi ricalcolate tutte le grandezze funzione di $qc1Ncs$ ($CRRM_{7.5-\sigma}$, MSF , $K\sigma$, ecc.):

$$qc1Ncs,e = 0.8714 \cdot qc1Ncs,m + 4.3138 \quad (Juang et al. 2006)$$

$$qc1Ncs,e = 0.0260 \cdot qc1Ncs,m + 1.5611 + 49.6590 \quad (Boulanger e Idriss 2014)$$

Per quanto considerato, si ritiene che gli input scelti per le verifiche (a_{gmax} , livello di falda, M_w e metodi di analisi) sono tutti stati definiti a favore di cautela, si ritiene pertanto che l'analisi rischio liquefazione eseguita sulle verticali delle prove CPTU e CPT eseguite in sito, sia adeguata ai terreni presenti nel suolo e sottosuolo del sito di ubicazione delle strutture da realizzare.

VERIFICA CPT1 DATI GENERALI

PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: AMPLIAMENTO AZIENDA AGRICOLA PORCILAIE E SILOS

Codice identificativo 19/23

Cliente: PIG GREEN ITALIA SRL

Indirizzo, Coordinate: FOSDONDO - VIA RONCHI - CORREGGIO

Data 23/11/2023

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1

FALDA

Profondità falda idrica 2 m

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.15

Fattore amplificazione 2.587

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.5

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.14

Distanza epicentro 20 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.225

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizi one	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturato (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resisten za qc (KPa)	Resisten za attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	Argilla	0.2	0.4	17	19	0	0	2550	209.1	140
2	Argilla	0.4	0.6	17	19	0	0	2160	150.3	140
3	Argilla	0.6	0.8	17	19	0	0	2250	150.3	140
4	Argilla	0.8	1	17	19	0	0	2350	209.1	140
5	Argilla	1	1.2	17	19	0	0	2250	176.4	140
6	Argilla	1.2	1.4	17	19	0	0	2060	156.8	140
7	Argilla	1.4	1.6	17	19	0	0	1370	117.6	140
8	Argilla	1.6	1.8	17	19	0	0	1270	111.1	140
9	Argilla	1.8	2	17	19	0	0	1370	111.1	140
10	Argilla limosa	2	2.2	16	18	0	0	1370	117.6	140
11	Argilla limosa	2.2	2.4	16	18	0	0	1270	84.9	140
12	Argilla limosa	2.4	2.6	16	18	0	0	1180	84.9	140

13	Argilla limosa	2.6	2.8	16	18	0	0	1470	91.5	140
14	Argilla limosa	2.8	3	16	18	0	0	1270	78.4	140
15	Argilla limosa	3	3.2	16	18	0	0	980	71.9	140
16	Argilla limosa	3.2	3.4	16	18	0	0	1370	71.9	140
17	Argilla limosa	3.4	3.6	16	18	0	0	1470	71.9	140
18	Argilla limosa	3.6	3.8	16	18	0	0	1570	78.4	140
19	Argilla limosa	3.8	4	16	18	0	0	1270	104.5	140
20	Argilla limosa	4	4.2	16	18	0	0	1370	91.5	140
21	Argilla limosa	4.2	4.4	16	18	0	0	1670	104.5	140
22	Argilla limosa	4.4	4.6	16	18	0	0	1960	84.9	140
23	Argilla limosa	4.6	4.8	16	18	0	0	1370	91.5	140
24	Argilla limosa	4.8	5	16	18	0	0	690	45.7	140
25	Argilla limosa	5	5.2	16	18	0	0	880	45.7	140
26	Argilla limosa	5.2	5.4	16	18	0	0	1180	52.3	140
27	Argilla limosa	5.4	5.6	16	18	0	0	1370	45.7	140
28	Argilla limosa	5.6	5.8	16	18	0	0	1270	58.8	140
29	Argilla limosa	5.8	6	16	18	0	0	1270	78.4	140
30	Argilla limosa	6	6.2	16	18	0	0	1180	78.4	140
31	Argilla limosa	6.2	6.4	16	18	0	0	1180	84.9	140
32	Argilla limosa	6.4	6.6	16	18	0	0	980	52.3	140
33	Argilla limosa	6.6	6.8	16	18	0	0	1180	45.7	140
34	Argilla limosa	6.8	7	17	19	0	0	1570	26.1	170
35	Argilla limosa	7	7.2	17	19	0	0	1470	65.3	170
36	Argilla	7.2	7.4	17	19	0	0	1760	45.7	170

37	limosa Argilla	7.4	7.6	17	19	0	0	1270	71.9	170
38	limosa Argilla	7.6	7.8	17	19	0	0	980	58.8	170
39	limosa Argilla	7.8	8	17	19	0	0	1270	58.8	170
40	limosa Argilla	8	8.2	17	19	0	0	1370	65.3	170
41	limosa Argilla	8.2	8.4	17	19	0	0	1470	91.5	170
42	limosa Argilla	8.4	8.6	17	19	0	0	1760	117.6	170
43	limosa Argilla	8.6	8.8	17	19	0	0	1860	117.6	170
44	Argilla	8.8	9	17	19	0	0	2740	137.2	170
45	Argilla	9	9.2	17	19	0	0	2940	130.7	170
46	Argilla	9.2	9.4	17	19	0	0	2940	137.2	170
47	Argilla	9.4	9.6	17	19	0	0	2940	156.8	170
48	Argilla	9.6	9.8	17	19	0	0	2740	156.8	170
49	Argilla	9.8	10	17	19	0	0	2650	163.3	170
50	Argilla	10	10.2	17	19	0	0	3040	163.3	170
51	Argilla	10.2	10.4	17	19	0	0	3140	169.9	170
52	Argilla	10.4	10.6	17	19	0	0	3040	169.9	170
53	Argilla	10.6	10.8	17	19	0	0	3330	169.9	170
54	Argilla	10.8	11	17	19	0	0	3330	150.3	170
55	Argilla	11	11.2	17	19	0	0	3040	163.3	170
56	Argilla	11.2	11.4	17	19	0	0	3140	169.9	170
57	Argilla	11.4	11.6	17	19	0	0	3330	169.9	170
58	Argilla	11.6	11.8	17	19	0	0	3720	156.8	170
59	Argilla	11.8	12	17	19	0	0	3330	169.9	170
60	Argilla	12	12.2	17	19	0	0	3230	189.5	170
61	Argilla	12.2	12.4	17	19	0	0	3140	169.9	170
62	Argilla	12.4	12.6	17	19	0	0	2940	163.3	170
63	Argilla	12.6	12.8	17	19	0	0	2840	156.8	170
64	Argilla	12.8	13	17	19	0	0	3720	143.7	170
65	Argilla	13	13.2	17	19	0	0	3920	169.9	170
66	Argilla	13.2	13.4	17	19	0	0	3140	196	170
67	Argilla	13.4	13.6	17	19	0	0	3430	202.5	170
68	Argilla	13.6	13.8	17	19	0	0	2550	169.9	170
69	Argilla	13.8	14	17	19	0	0	2650	150.3	170
70	Argille	14	14.2	17	19.5	0	0	3140	169.9	190
71	Argille	14.2	14.4	17	19.5	0	0	2940	196	190
72	Argille	14.4	14.6	17	19.5	0	0	4700	156.8	190
73	Argille	14.6	14.8	17	19.5	0	0	3530	196	190
74	Argille	14.8	15	17	19.5	0	0	3720	137.2	190
75	Argille	15	15.2	17	19.5	0	0	3040	202.5	190

76	Argille	15.2	15.4	17	19.5	0	0	2940	228.7	190
77	Argille	15.4	15.6	17	19.5	0	0	3230	176.4	190
78	Argille	15.6	15.8	17	19.5	0	0	2940	209.1	190
79	Argille	15.8	16	17	19.5	0	0	2940	196	190
80	Argille	16	16.2	17	19.5	0	0	2740	202.5	190
81	Argille	16.2	16.4	17	19.5	0	0	3140	222.1	190
82	Argille	16.4	16.6	17	19.5	0	0	2940	182.9	190
83	Argille	16.6	16.8	17	19.5	0	0	3330	202.5	190
84	Argille	16.8	17	17	19.5	0	0	3230	228.7	190
85	Argille	17	17.2	17	19.5	0	0	3330	235.2	190
86	Argille	17.2	17.4	17	19.5	0	0	3040	182.9	190
87	Argille	17.4	17.6	17	19.5	0	0	3330	222.1	190
88	Argille	17.6	17.8	17	19.5	0	0	3140	215.6	190
89	Argille	17.8	18	17	19.5	0	0	3530	248.3	190
90	Argille	18	18.2	17	19.5	0	0	3720	222.1	190
91	Argille	18.2	18.4	17	19.5	0	0	3230	228.7	190
92	Argille	18.4	18.6	17	19.5	0	0	2740	182.9	190
93	Argille	18.6	18.8	17	19.5	0	0	3040	202.5	190
94	Argille	18.8	19	17	19.5	0	0	3230	209.1	190
95	Argille	19	19.2	17	19.5	0	0	2940	182.9	190
96	Argille	19.2	19.4	17	19.5	0	0	3430	222.1	190
97	Argille	19.4	19.6	17	19.5	0	0	3230	222.1	190
98	Argille	19.6	19.8	17	19.5	0	0	3720	209.1	190
99	Argille	19.8	20	17	19.5	0	0	3140	215.6	190

Metodo di Idriss & Boulanger (2008) con applicata l'equazione di regressione tra punta elettrica e meccanica

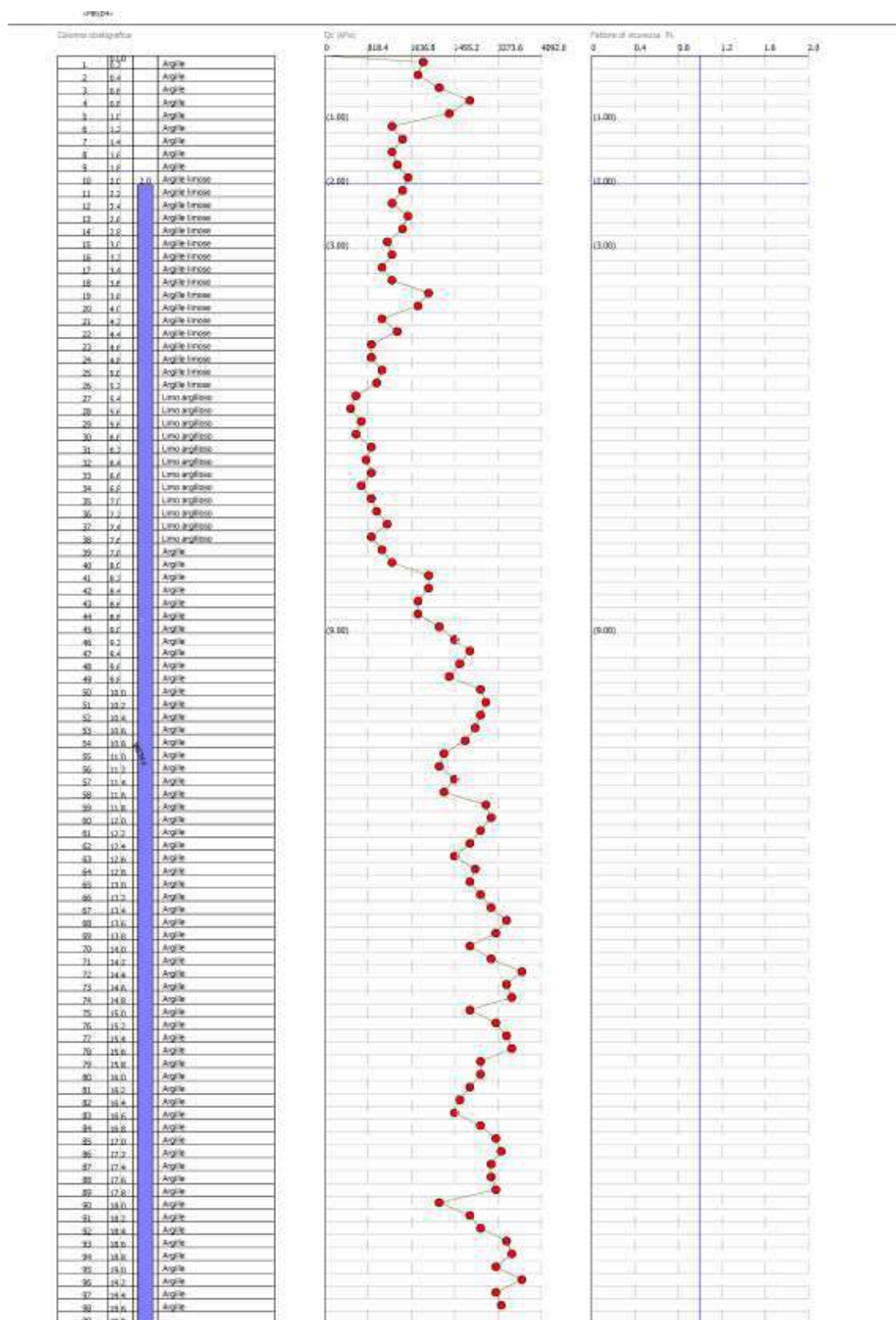
Correzione per la magnitudo (MSF) 1.43

Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normale Q	Attrito laterale normale alizzo to F(%)	Indice di compormento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente ridotti e (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs
1	2.20	37.400	35.439	13.521	8.825	2.960	2.156827	0.000	1.015	0.000	0.000	0.000
2	2.40	41.000	37.077	12.534	6.908	2.913	2.116304	0.000	1.011	0.000	0.000	0.000
3	2.60	44.600	38.716	11.646	7.478	2.967	2.078671	0.000	1.007	0.000	0.000	0.000
4	2.80	48.200	40.355	14.508	6.436	2.869	1.965651	0.000	1.003	0.000	0.000	0.000
5	3.00	51.800	41.993	12.534	6.436	2.920	1.951009	0.000	0.998	0.000	0.000	0.000
6	3.20	55.400	43.632	9.672	7.776	3.062	1.956243	0.000	0.994	0.000	0.000	0.000
7	3.40	59.000	45.271	13.521	5.484	2.867	1.838626	0.000	0.990	0.000	0.000	0.000
8	3.60	62.600	46.909	14.508	5.109	2.834	1.782277	0.000	0.985	0.000	0.000	0.000
9	3.80	66.200	48.548	12.534	8.681	3.045	1.76633	0.000	0.981	0.000	0.000	0.000

10	4.00	69.800	50.187	12.534	8.707	3.054	1.72623	0.000	0.976	0.000	0.000	0.000
11	4.20	73.400	51.825	13.521	7.057	2.975	1.676279	0.000	0.971	0.000	0.000	0.000
12	4.40	77.000	53.464	16.482	6.560	2.902	1.610931	0.000	0.966	0.000	0.000	0.000
13	4.60	80.600	55.103	13.521	7.096	2.992	1.604904	0.000	0.962	0.000	0.000	0.000
14	4.80	84.200	56.741	13.521	7.116	3.001	1.571866	0.000	0.957	0.000	0.000	0.000
15	5.00	87.800	58.380	6.810	7.589	3.256	1.614698	0.000	0.952	0.000	0.000	0.000
16	5.20	91.400	60.019	8.685	5.795	3.103	1.554544	0.000	0.947	0.000	0.000	0.000
17	5.40	95.000	61.657	11.646	4.820	2.959	1.494295	0.000	0.942	0.000	0.000	0.000
18	5.60	98.600	63.296	12.534	5.020	2.953	1.457883	0.000	0.937	0.000	0.000	0.000
19	5.80	102.200	64.935	12.534	5.035	2.961	1.430191	0.000	0.932	0.000	0.000	0.000
20	6.00	105.800	66.573	12.534	6.734	3.052	1.403485	0.000	0.926	0.000	0.000	0.000
21	6.20	109.400	68.212	11.646	7.930	3.131	1.382962	0.000	0.921	0.000	0.000	0.000
22	6.40	113.000	69.851	11.646	7.957	3.139	1.357409	0.000	0.916	0.000	0.000	0.000
23	6.60	116.600	71.489	9.672	6.057	3.134	1.344069	0.000	0.911	0.000	0.000	0.000
24	6.80	120.400	73.328	11.646	4.313	2.982	1.306609	0.000	0.905	0.000	0.000	0.000
25	7.00	124.200	75.167	15.495	1.805	2.660	1.266532	0.000	0.900	0.000	0.000	0.000
26	7.20	128.000	77.005	17.370	2.800	2.737	1.238098	0.000	0.895	0.000	0.000	0.000
27	7.40	131.800	78.844	17.370	2.807	2.744	1.216286	0.000	0.889	0.000	0.000	0.000
28	7.60	135.600	80.683	12.534	6.338	3.092	1.207522	0.000	0.884	0.000	0.000	0.000
29	7.80	139.400	82.521	9.672	6.995	3.223	1.193771	0.000	0.878	0.000	0.000	0.000
30	8.00	143.200	84.360	12.534	5.218	3.052	1.164791	0.000	0.873	0.000	0.000	0.000
31	8.20	147.000	86.199	14.508	6.916	3.085	1.140939	0.000	0.868	0.000	0.000	0.000
32	8.40	150.800	88.038	14.508	6.936	3.092	1.121844	0.000	0.862	0.000	0.000	0.000
33	8.60	154.600	89.876	17.370	7.325	3.052	1.10006	0.000	0.857	0.000	0.000	0.000
34	8.80	158.400	91.715	18.357	6.911	3.021	1.081892	0.000	0.851	0.000	0.000	0.000
35	9.00	162.200	93.554	27.042	5.322	2.819	1.060323	0.000	0.846	0.000	0.000	0.000
36	9.20	166.000	95.392	29.016	4.946	2.778	1.044721	0.000	0.840	0.000	0.000	0.000
37	9.40	169.800	97.231	29.016	4.953	2.783	1.030454	0.000	0.834	0.000	0.000	0.000
38	9.60	173.600	99.070	29.016	5.668	2.829	1.016559	0.000	0.829	0.000	0.000	0.000
39	9.80	177.400	100.908	27.042	6.119	2.880	1.003067	0.000	0.823	0.000	0.000	0.000
40	10.00	181.200	102.747	26.153	6.615	2.919	0.9895996	0.000	0.818	0.000	0.000	0.000
41	10.20	185.000	104.586	30.002	5.720	2.834	0.9771259	0.000	0.812	0.000	0.000	0.000
42	10.40	188.800	106.424	30.002	5.959	2.851	0.9646657	0.000	0.807	0.000	0.000	0.000
43	10.60	192.600	108.263	30.002	5.967	2.856	0.9525073	0.000	0.801	0.000	0.000	0.000
44	10.80	196.400	110.102	32.865	5.422	2.800	0.9417953	0.000	0.796	0.000	0.000	0.000
45	11.00	200.200	111.940	32.865	4.802	2.768	0.9304205	0.000	0.790	0.000	0.000	0.000
46	11.20	204.000	113.779	30.002	5.758	2.858	0.9177189	0.000	0.785	0.000	0.000	0.000
47	11.40	207.800	115.618	32.865	5.442	2.814	0.9084469	0.000	0.779	0.000	0.000	0.000
48	11.60	211.600	117.456	32.865	5.448	2.818	0.8978308	0.000	0.774	0.000	0.000	0.000
49	11.80	215.400	119.295	36.714	4.474	2.725	0.890102	0.000	0.768	0.000	0.000	0.000
50	12.00	219.200	121.134	32.865	5.462	2.827	0.8772549	0.000	0.763	0.000	0.000	0.000
51	12.20	223.000	122.972	31.878	6.302	2.885	0.8664548	0.000	0.758	0.000	0.000	0.000
52	12.40	226.800	124.811	29.016	6.019	2.907	0.8540102	0.000	0.752	0.000	0.000	0.000
53	12.60	230.600	126.650	29.016	6.027	2.912	0.8442872	0.000	0.747	0.000	0.000	0.000
54	12.80	234.400	128.488	28.029	6.018	2.928	0.8336611	0.000	0.741	0.000	0.000	0.000
55	13.00	238.200	130.327	36.714	4.127	2.724	0.8334235	0.000	0.736	0.000	0.000	0.000
56	13.20	242.000	132.166	38.687	4.619	2.743	0.8266173	0.000	0.731	0.000	0.000	0.000

57	13.40	245.800	134.004	33.851	6.360	2.889	0.8129055	0.000	0.726	0.000	0.000	0.000
58	13.60	249.600	135.843	33.851	6.367	2.893	0.8043584	0.000	0.720	0.000	0.000	0.000
59	13.80	253.400	137.682	25.167	7.398	3.048	0.7846118	0.000	0.715	0.000	0.000	0.000
60	14.00	257.300	139.621	26.153	6.282	2.990	0.7770804	0.000	0.710	0.000	0.000	0.000
61	14.20	261.200	141.559	30.989	5.902	2.914	0.775049	0.000	0.705	0.000	0.000	0.000
62	14.40	265.100	143.498	46.385	3.536	2.621	0.7851672	0.000	0.700	0.000	0.000	0.000
63	14.60	269.000	145.437	46.385	3.539	2.624	0.7774304	0.000	0.695	0.000	0.000	0.000
64	14.80	272.900	147.375	34.838	6.018	2.888	0.755695	0.000	0.690	0.000	0.000	0.000
65	15.00	276.800	149.314	36.714	3.985	2.752	0.7502876	0.000	0.685	0.000	0.000	0.000
66	15.20	280.700	151.253	30.002	7.339	3.010	0.7330327	0.000	0.680	0.000	0.000	0.000
67	15.40	284.600	153.191	31.878	5.989	2.930	0.7282968	0.000	0.675	0.000	0.000	0.000
68	15.60	288.500	155.130	31.878	5.997	2.934	0.7208577	0.000	0.670	0.000	0.000	0.000
69	15.80	292.400	157.069	29.016	7.898	3.055	0.7088176	0.000	0.665	0.000	0.000	0.000
70	16.00	296.300	159.007	29.016	7.414	3.040	0.7015768	0.000	0.660	0.000	0.000	0.000
71	16.20	300.200	160.946	27.042	8.300	3.104	0.6910133	0.000	0.655	0.000	0.000	0.000
72	16.40	304.100	162.885	29.016	6.939	3.028	0.6875049	0.000	0.651	0.000	0.000	0.000
73	16.60	308.000	164.823	29.016	6.949	3.032	0.6804338	0.000	0.646	0.000	0.000	0.000
74	16.80	311.900	166.762	32.865	6.710	2.978	0.6803636	0.000	0.641	0.000	0.000	0.000
75	17.00	315.800	168.701	31.878	7.848	3.040	0.6722997	0.000	0.637	0.000	0.000	0.000
76	17.20	319.700	170.639	32.865	7.813	3.031	0.6674536	0.000	0.632	0.000	0.000	0.000
77	17.40	323.600	172.578	32.865	7.388	3.017	0.6611702	0.000	0.628	0.000	0.000	0.000
78	17.60	327.500	174.517	32.865	7.397	3.021	0.6549974	0.000	0.623	0.000	0.000	0.000
79	17.80	331.400	176.455	30.989	7.676	3.057	0.645557	0.000	0.619	0.000	0.000	0.000
80	18.00	335.300	178.394	34.838	7.772	3.021	0.6461237	0.000	0.615	0.000	0.000	0.000
81	18.20	339.200	180.333	36.714	6.569	2.953	0.6435236	0.000	0.610	0.000	0.000	0.000
82	18.40	343.100	182.271	31.878	7.922	3.066	0.6293921	0.000	0.606	0.000	0.000	0.000
83	18.60	347.000	184.210	27.042	7.643	3.123	0.614173	0.000	0.602	0.000	0.000	0.000
84	18.80	350.900	186.149	31.878	7.263	3.047	0.6177962	0.000	0.598	0.000	0.000	0.000
85	19.00	354.800	188.087	31.878	7.273	3.051	0.6122962	0.000	0.594	0.000	0.000	0.000
86	19.20	358.700	190.026	29.016	7.086	3.083	0.601485	0.000	0.590	0.000	0.000	0.000
87	19.40	362.600	191.965	33.851	7.241	3.033	0.6052704	0.000	0.586	0.000	0.000	0.000
88	19.60	366.500	193.903	31.878	7.756	3.079	0.5963326	0.000	0.582	0.000	0.000	0.000
89	19.80	370.400	195.842	30.989	7.785	3.095	0.5892583	0.000	0.578	0.000	0.000	0.000

IPL (Sonmez)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso



VERIFICA CPT N. 2

DATI GENERALI

PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: AMPLIAMENTO AZIENDA AGRICOLA CON PORCILAIE E SILOS

Codice identificativo 19/23

Cliente: PIG GREEN ITALIA SRL

Indirizzo, Coordinate: FOSDONDO - VIA RONCHI - CORREGGIO

Data 23/11/2023

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1

FALDA

Profondità falda idrica 2 m

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.15

Fattore amplificazione 2.587

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie piana, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.7

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.14

Distanza epicentro 20 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.25

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizio ne	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturato (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resisten za qc (KPa)	Resisten za attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	Argille	0.2	0.4	17	19	0	0	1860	137.2	140
2	Argille	0.4	0.6	17	19	0	0	1760	163.3	140
3	Argille	0.6	0.8	17	19	0	0	2160	163.3	140
4	Argille	0.8	1	17	19	0	0	2740	196	140
5	Argille	1	1.2	17	19	0	0	2350	182.9	140
6	Argille	1.2	1.4	17	19	0	0	1270	111.1	140
7	Argille	1.4	1.6	17	19	0	0	1470	98	140
8	Argille	1.6	1.8	17	19	0	0	1270	98	140
9	Argille	1.8	2	17	19	0	0	1370	84.9	140
10	Argille limose	2	2.2	17	19	0	0	1570	111.1	140
11	Argille limose	2.2	2.4	17	19	0	0	1470	111.1	140
12	Argille limose	2.4	2.6	17	19	0	0	1270	104.5	140

13	Argille limose	2.6	2.8	17	19	0	0	1570	91.5	140
14	Argille limose	2.8	3	17	19	0	0	1470	91.5	140
15	Argille limose	3	3.2	17	19	0	0	1180	84.9	140
16	Argille limose	3.2	3.4	17	19	0	0	1270	78.4	140
17	Argille limose	3.4	3.6	17	19	0	0	1080	78.4	140
18	Argille limose	3.6	3.8	17	19	0	0	1270	84.9	140
19	Argille limose	3.8	4	17	19	0	0	1960	78.4	140
20	Argille limose	4	4.2	17	19	0	0	1760	78.4	140
21	Argille limose	4.2	4.4	17	19	0	0	1080	78.4	140
22	Argille limose	4.4	4.6	17	19	0	0	1370	65.3	140
23	Argille limose	4.6	4.8	17	19	0	0	880	71.9	140
24	Argille limose	4.8	5	17	19	0	0	880	45.7	140
25	Argille limose	5	5.2	17	19	0	0	1080	52.3	140
26	Argille limose	5.2	5.4	17	19	0	0	980	65.3	140
27	Limo argilloso	5.4	5.6	16	18	0	0	590	52.3	140
28	Limo argilloso	5.6	5.8	16	18	0	0	490	32.7	140
29	Limo argilloso	5.8	6	16	18	0	0	690	19.6	140
30	Limo argilloso	6	6.2	16	18	0	0	590	19.6	140
31	Limo argilloso	6.2	6.4	16	18	0	0	880	19.6	140
32	Limo argilloso	6.4	6.6	16	18	0	0	780	26.1	140
33	Limo argilloso	6.6	6.8	16	18	0	0	880	26.1	140
34	Limo argilloso	6.8	7	16	18	0	0	690	32.7	140
35	Limo argilloso	7	7.2	16	18	0	0	880	32.7	140
36	Limo	7.2	7.4	16	18	0	0	980	52.3	140

37	argilloso Limo	7.4	7.6	16	18	0	0	1180	71.9	140
38	argilloso Limo	7.6	7.8	16	18	0	0	880	52.3	140
39	Argille	7.8	8	17	19	0	0	1080	58.8	170
40	Argille	8	8.2	17	19	0	0	1270	84.9	170
41	Argille	8.2	8.4	17	19	0	0	1960	98	170
42	Argille	8.4	8.6	17	19	0	0	1960	91.5	170
43	Argille	8.6	8.8	17	19	0	0	1760	111.1	170
44	Argille	8.8	9	17	19	0	0	1760	111.1	170
45	Argille	9	9.2	17	19	0	0	2160	111.1	170
46	Argille	9.2	9.4	17	19	0	0	2450	124.1	170
47	Argille	9.4	9.6	17	19	0	0	2740	143.7	170
48	Argille	9.6	9.8	17	19	0	0	2550	156.8	170
49	Argille	9.8	10	17	19	0	0	2350	137.2	170
50	Argille	10	10.2	17	19	0	0	2940	130.7	170
51	Argille	10.2	10.4	17	19	0	0	3040	163.3	170
52	Argille	10.4	10.6	17	19	0	0	2940	163.3	170
53	Argille	10.6	10.8	17	19	0	0	2840	169.9	170
54	Argille	10.8	11	17	19	0	0	2650	176.4	170
55	Argille	11	11.2	17	19	0	0	2250	182.9	170
56	Argille	11.2	11.4	17	19	0	0	2160	163.3	170
57	Argille	11.4	11.6	17	19	0	0	2450	156.8	170
58	Argille	11.6	11.8	17	19	0	0	2250	176.4	170
59	Argille	11.8	12	17	19	0	0	3040	156.8	170
60	Argille	12	12.2	17	19	0	0	3140	169.9	170
61	Argille	12.2	12.4	17	19	0	0	2940	196	170
62	Argille	12.4	12.6	17	19	0	0	2740	137.2	170
63	Argille	12.6	12.8	17	19	0	0	2450	124.1	170
64	Argille	12.8	13	17	19	0	0	2840	150.3	170
65	Argille	13	13.2	17	19	0	0	2740	176.4	170
66	Argille	13.2	13.4	17	19	0	0	2940	202.5	170
67	Argille	13.4	13.6	17	19.5	0	0	3140	222.1	190
68	Argille	13.6	13.8	17	19.5	0	0	3430	156.8	190
69	Argille	13.8	14	17	19.5	0	0	3230	137.2	190
70	Argille	14	14.2	17	19.5	0	0	2740	143.7	190
71	Argille	14.2	14.4	17	19.5	0	0	3140	150.3	190
72	Argille	14.4	14.6	17	19.5	0	0	3720	137.2	190
73	Argille	14.6	14.8	17	19.5	0	0	3430	228.7	190
74	Argille	14.8	15	17	19.5	0	0	3530	235.2	190
75	Argille	15	15.2	17	19.5	0	0	2740	267.9	190
76	Argille	15.2	15.4	17	19.5	0	0	3230	215.6	190
77	Argille	15.4	15.6	17	19.5	0	0	3430	228.7	190
78	Argille	15.6	15.8	17	19.5	0	0	3530	241.7	190
79	Argille	15.8	16	17	19.5	0	0	2940	209.1	190
80	Argille	16	16.2	17	19.5	0	0	2940	228.7	190

81	Argille	16.2	16.4	17	19.5	0	0	2740	196	190
82	Argille	16.4	16.6	17	19.5	0	0	2550	163.3	190
83	Argille	16.6	16.8	17	19.5	0	0	2450	196	190
84	Argille	16.8	17	17	19.5	0	0	2940	209.1	190
85	Argille	17	17.2	17	19.5	0	0	3230	209.1	190
86	Argille	17.2	17.4	17	19.5	0	0	3330	169.9	190
87	Argille	17.4	17.6	17	19.5	0	0	3140	215.6	190
88	Argille	17.6	17.8	17	19.5	0	0	3140	215.6	190
89	Argille	17.8	18	17	19.5	0	0	3230	228.7	190
90	Argille	18	18.2	17	19.5	0	0	2160	117.6	190
91	Argille	18.2	18.4	17	19.5	0	0	2740	137.2	190
92	Argille	18.4	18.6	17	19.5	0	0	2940	163.3	190
93	Argille	18.6	18.8	17	19.5	0	0	3430	228.7	190
94	Argille	18.8	19	17	19.5	0	0	3530	248.3	190
95	Argille	19	19.2	17	19.5	0	0	3230	209.1	190
96	Argille	19.2	19.4	17	19.5	0	0	3720	137.2	190
97	Argille	19.4	19.6	17	19.5	0	0	3230	176.4	190
98	Argille	19.6	19.8	17	19.5	0	0	3330	209.1	190
99		19.8	20	0	0	0	0	0	0	0

Metodo di Idriss & Boulanger (2008) con applicata l'equazione di regressione tra punta elettrica e meccanica

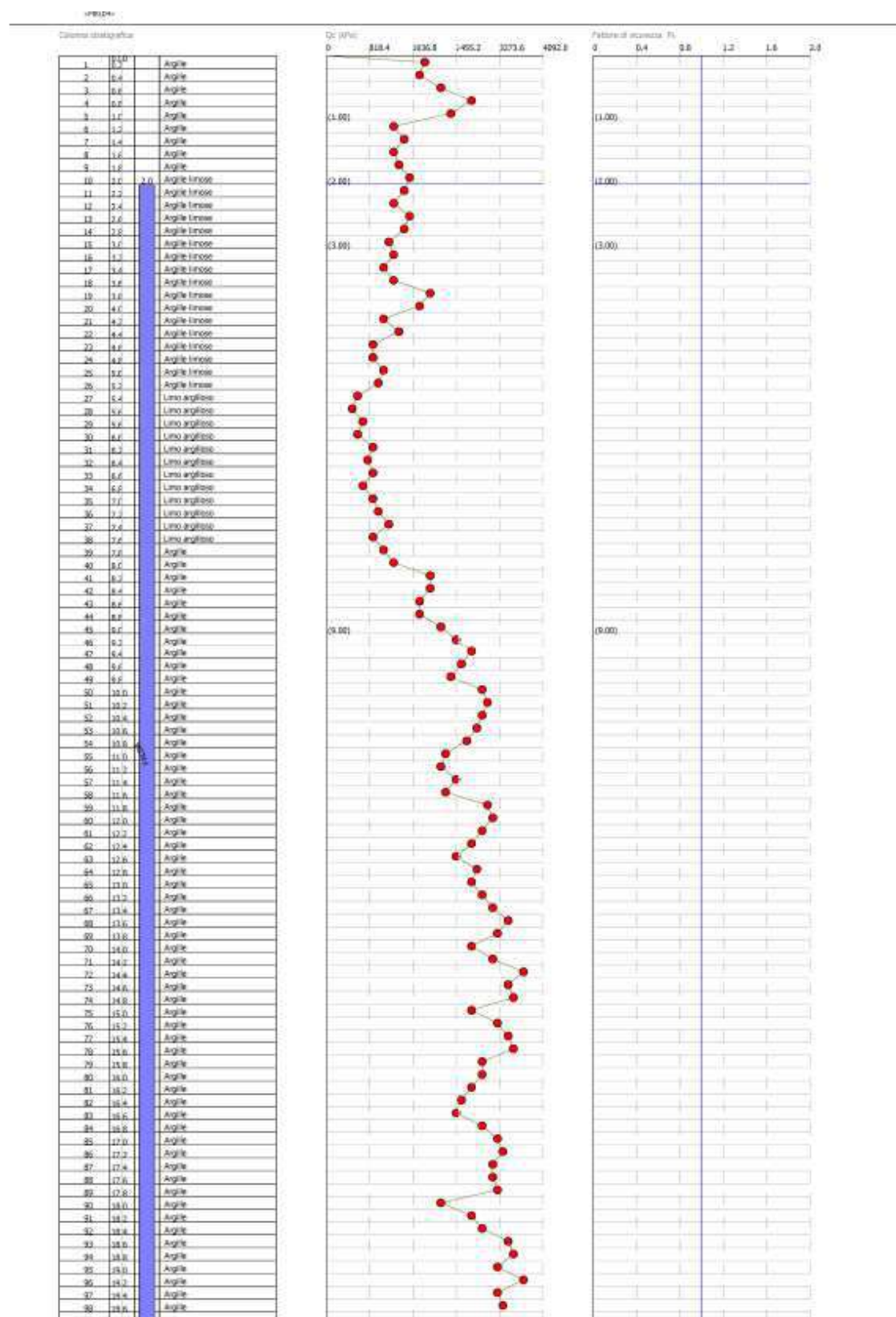
Correzione per la magnitudo (MSF) 1.43

Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica a totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normale Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di compattamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente e ridotti (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normali zzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs
1	2.20	37.800	35.839	15.495	7.251	2.864	2.097071	0.000	1.015	0.000	0.000	0.000
2	2.40	41.600	37.677	14.508	7.778	2.914	2.05388	0.000	1.011	0.000	0.000	0.000
3	2.60	45.400	39.516	12.534	8.533	2.993	2.0295	0.000	1.007	0.000	0.000	0.000
4	2.80	49.200	41.355	15.495	6.017	2.835	1.919935	0.000	1.003	0.000	0.000	0.000
5	3.00	53.000	43.193	14.508	6.457	2.885	1.880558	0.000	0.998	0.000	0.000	0.000
6	3.20	56.800	45.032	11.646	7.559	3.006	1.87541	0.000	0.994	0.000	0.000	0.000
7	3.40	60.600	46.871	12.534	6.483	2.947	1.81089	0.000	0.990	0.000	0.000	0.000
8	3.60	64.400	48.709	10.659	7.720	3.058	1.790332	0.000	0.985	0.000	0.000	0.000
9	3.80	68.200	50.548	19.344	4.144	2.703	1.646165	0.000	0.981	0.000	0.000	0.000
10	4.00	72.000	52.387	19.344	4.153	2.711	1.609	0.000	0.976	0.000	0.000	0.000
11	4.20	75.800	54.225	17.370	4.655	2.786	1.588464	0.000	0.971	0.000	0.000	0.000
12	4.40	79.600	56.064	10.659	7.837	3.100	1.615269	0.000	0.966	0.000	0.000	0.000
13	4.60	83.400	57.903	8.685	9.026	3.217	1.59934	0.000	0.962	0.000	0.000	0.000
14	4.80	87.200	59.741	8.685	9.069	3.228	1.560197	0.000	0.957	0.000	0.000	0.000
15	5.00	91.000	61.580	8.685	5.792	3.110	1.523431	0.000	0.952	0.000	0.000	0.000

16	5.20	94.800	63.419	10.659	5.309	3.023	1.470307	0.000	0.947	0.000	0.000	0.000
17	5.40	98.400	65.057	9.672	7.407	3.159	1.449544	0.000	0.942	0.000	0.000	0.000
18	5.60	102.000	66.696	4.836	8.428	3.464	1.469318	0.000	0.937	0.000	0.000	0.000
19	5.80	105.600	68.335	4.836	8.507	3.477	1.438011	0.000	0.932	0.000	0.000	0.000
20	6.00	109.200	69.973	6.810	3.375	3.107	1.388856	0.000	0.926	0.000	0.000	0.000
21	6.20	112.800	71.612	8.685	2.555	2.950	1.348207	0.000	0.921	0.000	0.000	0.000
22	6.40	116.400	73.251	8.685	2.567	2.960	1.323264	0.000	0.916	0.000	0.000	0.000
23	6.60	120.000	74.889	7.698	3.955	3.124	1.304856	0.000	0.911	0.000	0.000	0.000
24	6.80	123.600	76.528	8.685	3.451	3.049	1.275893	0.000	0.905	0.000	0.000	0.000
25	7.00	127.200	78.167	6.810	5.810	3.290	1.262584	0.000	0.900	0.000	0.000	0.000
26	7.20	130.800	79.805	9.672	6.159	3.175	1.227758	0.000	0.895	0.000	0.000	0.000
27	7.40	134.400	81.444	9.672	6.185	3.183	1.207005	0.000	0.889	0.000	0.000	0.000
28	7.60	138.000	83.083	11.646	6.900	3.151	1.181502	0.000	0.884	0.000	0.000	0.000
29	7.80	141.800	84.921	8.685	7.085	3.277	1.167926	0.000	0.878	0.000	0.000	0.000
30	8.00	145.600	86.760	10.659	6.293	3.173	1.142112	0.000	0.873	0.000	0.000	0.000
31	8.20	149.400	88.599	19.344	5.413	2.922	1.110131	0.000	0.868	0.000	0.000	0.000
32	8.40	153.200	90.437	19.344	5.424	2.928	1.092794	0.000	0.862	0.000	0.000	0.000
33	8.60	157.000	92.276	19.344	5.075	2.914	1.075994	0.000	0.857	0.000	0.000	0.000
34	8.80	160.800	94.115	17.370	6.947	3.049	1.060873	0.000	0.851	0.000	0.000	0.000
35	9.00	164.600	95.954	17.370	6.964	3.055	1.044695	0.000	0.846	0.000	0.000	0.000
36	9.20	168.400	97.792	24.180	5.439	2.874	1.027212	0.000	0.840	0.000	0.000	0.000
37	9.40	172.200	99.631	24.180	5.448	2.879	1.012875	0.000	0.834	0.000	0.000	0.000
38	9.60	176.000	101.470	27.042	5.605	2.855	0.9989407	0.000	0.829	0.000	0.000	0.000
39	9.80	179.800	103.308	25.167	6.615	2.933	0.9854376	0.000	0.823	0.000	0.000	0.000
40	10.00	183.600	105.147	23.193	6.333	2.953	0.9718459	0.000	0.818	0.000	0.000	0.000
41	10.20	187.400	106.986	29.016	4.748	2.795	0.9606449	0.000	0.812	0.000	0.000	0.000
42	10.40	191.200	108.824	29.016	5.941	2.867	0.9484877	0.000	0.807	0.000	0.000	0.000
43	10.60	195.000	110.663	29.016	5.949	2.871	0.9366262	0.000	0.801	0.000	0.000	0.000
44	10.80	198.800	112.502	28.029	6.433	2.911	0.9245077	0.000	0.796	0.000	0.000	0.000
45	11.00	202.600	114.340	26.153	7.208	2.973	0.9119312	0.000	0.790	0.000	0.000	0.000
46	11.20	206.400	116.179	22.206	8.950	3.100	0.8976408	0.000	0.785	0.000	0.000	0.000
47	11.40	210.200	118.018	24.180	7.001	3.001	0.8880534	0.000	0.779	0.000	0.000	0.000
48	11.60	214.000	119.856	24.180	7.013	3.006	0.8771309	0.000	0.774	0.000	0.000	0.000
49	11.80	217.800	121.695	22.206	8.680	3.104	0.8644888	0.000	0.768	0.000	0.000	0.000
50	12.00	221.600	123.534	30.002	5.563	2.869	0.8617731	0.000	0.763	0.000	0.000	0.000
51	12.20	225.400	125.372	30.989	5.829	2.876	0.8529256	0.000	0.758	0.000	0.000	0.000
52	12.40	229.200	127.211	27.042	5.464	2.909	0.8391917	0.000	0.752	0.000	0.000	0.000
53	12.60	233.000	129.050	27.042	5.473	2.914	0.829627	0.000	0.747	0.000	0.000	0.000
54	12.80	236.800	130.888	24.180	5.607	2.966	0.8166719	0.000	0.741	0.000	0.000	0.000
55	13.00	240.600	132.727	28.029	5.782	2.925	0.8122767	0.000	0.736	0.000	0.000	0.000
56	13.20	244.400	134.566	27.042	7.068	3.002	0.8021344	0.000	0.731	0.000	0.000	0.000
57	13.40	248.300	136.504	30.989	7.681	2.983	0.7979499	0.000	0.726	0.000	0.000	0.000
58	13.60	252.200	138.443	30.989	7.691	2.987	0.7890685	0.000	0.720	0.000	0.000	0.000
59	13.80	256.100	140.382	33.851	4.940	2.826	0.7839773	0.000	0.715	0.000	0.000	0.000
60	14.00	260.000	142.320	31.878	4.620	2.833	0.77299	0.000	0.710	0.000	0.000	0.000
61	14.20	263.900	144.259	27.042	5.803	2.964	0.7576506	0.000	0.705	0.000	0.000	0.000
62	14.40	267.800	146.198	36.714	3.974	2.745	0.7629658	0.000	0.700	0.000	0.000	0.000

63	14.60	271.700	148.136	36.714	3.979	2.749	0.7549704	0.000	0.695	0.000	0.000	0.000
64	14.80	275.600	150.075	33.851	7.250	2.960	0.7434104	0.000	0.690	0.000	0.000	0.000
65	15.00	279.500	152.014	34.838	7.236	2.953	0.7371181	0.000	0.685	0.000	0.000	0.000
66	15.20	283.400	153.952	27.042	10.905	3.173	0.7174966	0.000	0.680	0.000	0.000	0.000
67	15.40	287.300	155.891	33.851	7.277	2.972	0.7209994	0.000	0.675	0.000	0.000	0.000
68	15.60	291.200	157.830	33.851	7.286	2.976	0.7135978	0.000	0.670	0.000	0.000	0.000
69	15.80	295.100	159.768	34.838	7.472	2.976	0.708171	0.000	0.665	0.000	0.000	0.000
70	16.00	299.000	161.707	29.016	7.917	3.064	0.6917216	0.000	0.660	0.000	0.000	0.000
71	16.20	302.900	163.646	29.016	8.672	3.096	0.6845768	0.000	0.655	0.000	0.000	0.000
72	16.40	306.800	165.584	25.167	7.280	3.101	0.6706605	0.000	0.651	0.000	0.000	0.000
73	16.60	310.700	167.523	25.167	7.292	3.106	0.6639	0.000	0.646	0.000	0.000	0.000
74	16.80	314.600	169.462	24.180	9.179	3.193	0.6551781	0.000	0.641	0.000	0.000	0.000
75	17.00	318.500	171.400	29.016	7.976	3.085	0.6581286	0.000	0.637	0.000	0.000	0.000
76	17.20	322.400	173.339	31.878	7.191	3.022	0.656868	0.000	0.632	0.000	0.000	0.000
77	17.40	326.300	175.278	30.989	7.663	3.055	0.6492486	0.000	0.628	0.000	0.000	0.000
78	17.60	330.200	177.216	30.989	7.673	3.059	0.6429002	0.000	0.623	0.000	0.000	0.000
79	17.80	334.100	179.155	30.989	7.684	3.062	0.6369398	0.000	0.619	0.000	0.000	0.000
80	18.00	338.000	181.094	31.878	7.908	3.063	0.6328897	0.000	0.615	0.000	0.000	0.000
81	18.20	341.900	183.032	21.318	6.468	3.170	0.6053146	0.000	0.610	0.000	0.000	0.000
82	18.40	345.800	184.971	27.042	5.731	3.041	0.6119391	0.000	0.606	0.000	0.000	0.000
83	18.60	349.700	186.910	29.016	6.304	3.044	0.6102792	0.000	0.602	0.000	0.000	0.000
84	18.80	353.600	188.848	34.838	7.817	3.039	0.6157923	0.000	0.598	0.000	0.000	0.000
85	19.00	357.500	190.787	34.838	7.827	3.043	0.6101001	0.000	0.594	0.000	0.000	0.000
86	19.20	361.400	192.726	31.878	7.289	3.059	0.5995012	0.000	0.590	0.000	0.000	0.000
87	19.40	365.300	194.665	36.714	4.090	2.839	0.6030938	0.000	0.586	0.000	0.000	0.000
88	19.60	369.200	196.603	31.878	6.166	3.016	0.5891836	0.000	0.582	0.000	0.000	0.000
89	19.80	369.200	194.642	0.000	0.000	3.016	0.5205717	0.000	0.578	0.000	0.000	0.000

IPL (Sonmez)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso



VERIFICA CPT3 DATI GENERALI

PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: AMPLIAMENTO AZIENDA AGRICOLA CON PORCILAIE E SILOS

Codice identificativo 19/23

Cliente: PIG GREEN ITALIA SRL

Indirizzo, Coordinate: FOSDONDO - VIA RONCHI - CORREGGIO

Data 23/11/2023

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1

FALDA

Profondità falda idrica 2 m

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.15

Fattore amplificazione 2.587

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie piana, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.7

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.14

Distanza epicentro 20 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.25

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizio ne	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturato (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resisten za qc (KPa)	Resisten za attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	Argille	0.2	0.4	17	19	0	0	1760	71.9	140
2	Argille	0.4	0.6	17	19	0	0	2060	130.7	140
3	Argille	0.6	0.8	17	19	0	0	1960	130.7	140
4	Argille	0.8	1	17	19	0	0	2160	150.3	140
5	Argille	1	1.2	17	19	0	0	1960	137.2	140
6	Argille	1.2	1.4	17	19	0	0	1470	91.5	140
7	Argille	1.4	1.6	17	19	0	0	1270	78.4	140
8	Argille	1.6	1.8	17	19	0	0	1180	78.4	140
9	Argille	1.8	2	17	19	0	0	1470	84.9	140
10	Argille	2	2.2	17	19	0	0	1370	84.9	140
	limose									
11	Argille	2.2	2.4	17	19	0	0	1270	84.9	140
	limose									
12	Argille	2.4	2.6	17	19	0	0	1270	78.4	140
	limose									

13	Argille limose	2.6	2.8	17	19	0	0	1180	104.5	140
14	Argille limose	2.8	3	17	19	0	0	1370	104.5	140
15	Argille limose	3	3.2	17	19	0	0	1570	111.1	140
16	Argille limose	3.2	3.4	17	19	0	0	1180	71.9	140
17	Argille limose	3.4	3.6	17	19	0	0	980	78.4	140
18	Argille limose	3.6	3.8	17	19	0	0	1080	71.9	140
19	Argille limose	3.8	4	17	19	0	0	1270	78.4	140
20	Argille limose	4	4.2	17	19	0	0	1270	84.9	140
21	Argille limose	4.2	4.4	17	19	0	0	1760	78.4	140
22	Argille limose	4.4	4.6	17	19	0	0	1670	91.5	140
23	Argille limose	4.6	4.8	17	19	0	0	1270	78.4	140
24	Argille limose	4.8	5	17	19	0	0	1180	84.9	140
25	Limo argilloso	5	5.2	16	18	0	0	780	58.8	140
26	Limo argilloso	5.2	5.4	16	18	0	0	780	52.3	140
27	Limo argilloso	5.4	5.6	16	18	0	0	880	45.7	140
28	Limo argilloso	5.6	5.8	16	18	0	0	980	52.3	140
29	Limo argilloso	5.8	6	16	18	0	0	590	39.2	140
30	Limo argilloso	6	6.2	16	18	0	0	490	39.2	140
31	Limo argilloso	6.2	6.4	16	18	0	0	690	32.7	140
32	Limo argilloso	6.4	6.6	16	18	0	0	490	32.7	140
33	Limo argilloso	6.6	6.8	16	18	0	0	980	45.7	140
34	Limo argilloso	6.8	7	16	18	0	0	780	39.2	140
35	Limo argilloso	7	7.2	16	18	0	0	690	32.7	140
36	Limo	7.2	7.4	16	18	0	0	690	32.7	140

37	argilloso Limo	7.4	7.6	16	18	0	0	780	39.2	140
38	argilloso Limo	7.6	7.8	16	18	0	0	780	45.7	140
39	argilloso Limo	7.8	8	16	19	0	0	880	52.3	140
40	argilloso Limo	8	8.2	16	19	0	0	980	58.8	140
41	Argille	8.2	8.4	17	19	0	0	1180	71.9	170
42	Argille	8.4	8.6	17	19	0	0	1270	78.4	170
43	Argille	8.6	8.8	17	19	0	0	1760	78.4	170
44	Argille	8.8	9	17	19	0	0	1570	84.9	170
45	Argille	9	9.2	17	19	0	0	1960	176.4	170
46	Argille	9.2	9.4	17	19	0	0	1760	143.7	170
47	Argille	9.4	9.6	17	19	0	0	1670	163.3	170
48	Argille	9.6	9.8	17	19	0	0	2160	91.5	170
49	Argille	9.8	10	17	19	0	0	2450	196	190
50	Argille	10	10.2	17	19	0	0	2740	209.1	190
51	Argille	10.2	10.4	17	19	0	0	2550	215.6	190
52	Argille	10.4	10.6	17	19	0	0	2940	189.5	190
53	Argille	10.6	10.8	17	19	0	0	2740	143.7	190
54	Argille	10.8	11	17	19	0	0	2940	209.1	190
55	Argille	11	11.2	17	19.5	0	0	3140	222.1	190
56	Argille	11.2	11.4	17	19.5	0	0	3530	228.7	190
57	Argille	11.4	11.6	17	19.5	0	0	3430	254.8	190
58	Argille	11.6	11.8	17	19.5	0	0	3140	169.9	190
59	Argille	11.8	12	17	19.5	0	0	3230	372.4	190
60	Argille	12	12.2	17	19.5	0	0	3720	235.2	190
61	Argille	12.2	12.4	17	19.5	0	0	3230	176.4	190
62	Argille	12.4	12.6	17	19.5	0	0	3140	169.9	190
63	Argille	12.6	12.8	17	19.5	0	0	3230	189.5	190
64	Argille	12.8	13	17	19.5	0	0	3330	196	190
65	Argille	13	13.2	17	19.5	0	0	3430	235.2	190
66	Argille	13.2	13.4	17	19.5	0	0	3720	215.6	190
67	Argille	13.4	13.6	17	19.5	0	0	3920	169.9	190
68	Argille	13.6	13.8	17	19.5	0	0	3820	202.5	190
69	Argille	13.8	14	17	19.5	0	0	3430	202.5	190
70	Argille	14	14.2	17	19.5	0	0	3230	209.1	190
71	Argille	14.2	14.4	17	19.5	0	0	3140	196	190
72	Argille	14.4	14.6	17	19.5	0	0	2940	196	190
73	Argille	14.6	14.8	17	19.5	0	0	2740	196	190
74	Argille	14.8	15	17	19.5	0	0	3230	176.4	190
75	Argille	15	15.2	17	19.5	0	0	3140	169.9	190
76	Argille	15.2	15.4	17	19.5	0	0	3430	228.7	190
77	Argille	15.4	15.6	17	19.5	0	0	3530	228.7	190
78	Argille	15.6	15.8	17	19.5	0	0	3330	196	190

79	Argille	15.8	16	17	19.5	0	0	3140	209.1	190
80	Argille	16	16.2	17	19.5	0	0	2940	182.9	190
81	Argille	16.2	16.4	17	19.5	0	0	3230	196	190
82	Argille	16.4	16.6	17	19.5	0	0	3140	215.6	190
83	Argille	16.6	16.8	17	19.5	0	0	3530	261.3	190
84	Argille	16.8	17	17	19.5	0	0	3330	150.3	190
85	Argille	17	17.2	17	19.5	0	0	3230	169.9	190
86	Argille	17.2	17.4	17	19.5	0	0	2940	196	190
87	Argille	17.4	17.6	17	19.5	0	0	2740	196	190
88	Argille	17.6	17.8	17	19.5	0	0	3040	137.2	190
89	Argille	17.8	18	17	19.5	0	0	3040	150.3	190
90	Argille	18	18.2	17	19.5	0	0	3330	222.1	190
91	Argille	18.2	18.4	17	19.5	0	0	3230	215.6	190
92	Argille	18.4	18.6	17	19.5	0	0	3430	228.7	190
93	Argille	18.6	18.8	17	19.5	0	0	3720	222.1	190
94	Argille	18.8	19	17	19.5	0	0	3530	222.1	190
95	Argille	19	19.2	17	19.5	0	0	3430	222.1	190
96	Argille	19.2	19.4	17	19.5	0	0	3140	169.9	190
97	Argille	19.4	19.6	17	19.5	0	0	2940	196	190
98	Argille	19.6	19.8	17	19.5	0	0	3230	209.1	190
99		19.8	20	0	0	0	0	0	0	0

Metodo di Idriss & Boulanger (2008) con applicata l'equazione di regressione tra punta elettrica e meccanica

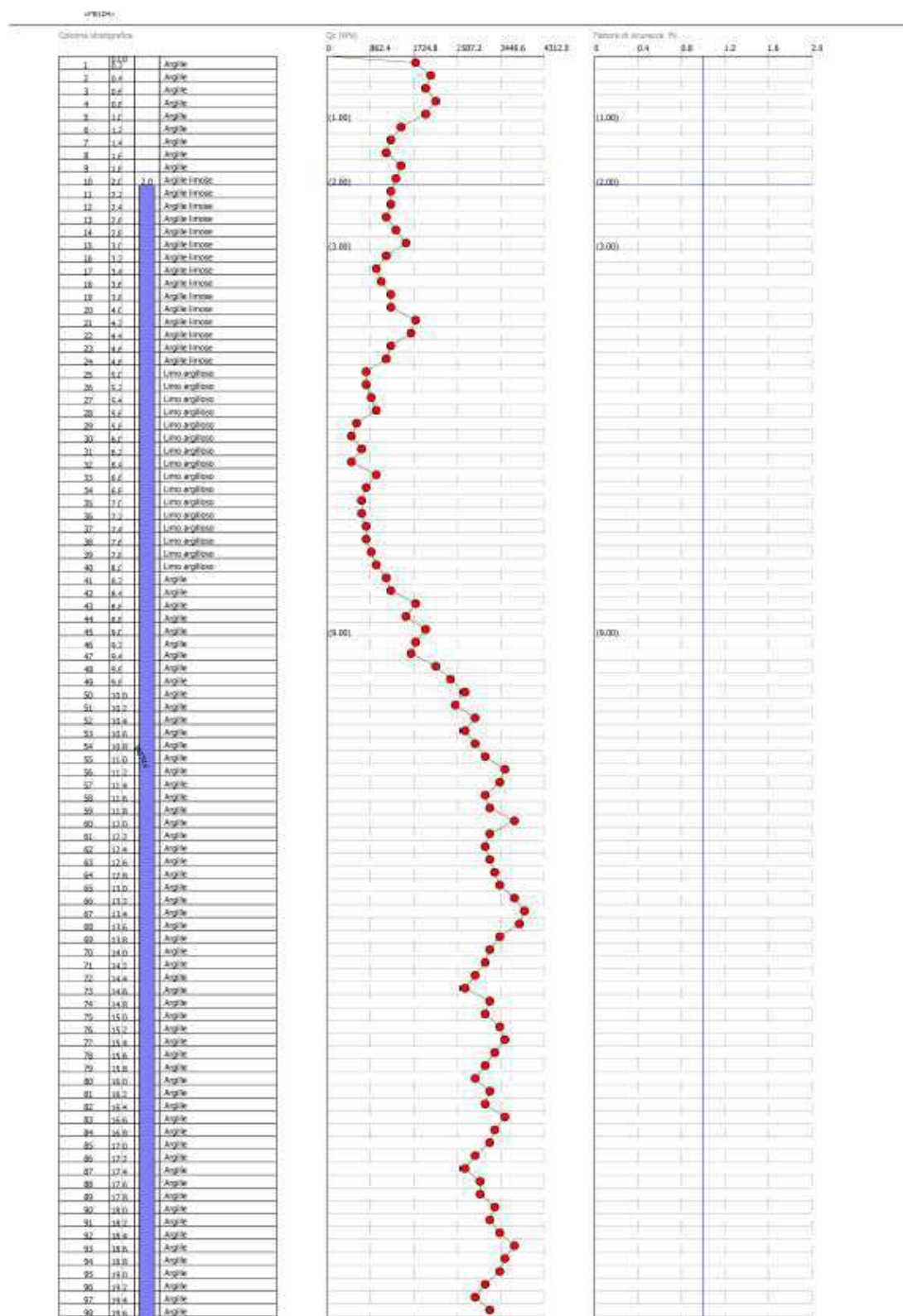
Correzione per la magnitudo (MSF) 1.43

Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione e litostatica a totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normali zzata Q	Attrito laterale normal izzato F(%)	Indice di comp ortam ento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente e ridotti vo (rd)	Resistenza liquida zione (CRR)	Sforzo di taglio normali zzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza zza Fs
1	2.20	37.800	35.839	13.521	6.373	2.861	2.138405	0.000	1.015	0.000	0.000	0.000
2	2.40	41.600	37.677	12.534	6.911	2.917	2.095013	0.000	1.011	0.000	0.000	0.000
3	2.60	45.400	39.516	12.534	6.402	2.904	2.0295	0.000	1.007	0.000	0.000	0.000
4	2.80	49.200	41.355	11.646	9.241	3.048	1.988088	0.000	1.003	0.000	0.000	0.000
5	3.00	53.000	43.193	13.521	7.935	2.968	1.896152	0.000	0.998	0.000	0.000	0.000
6	3.20	56.800	45.032	15.495	7.342	2.915	1.817201	0.000	0.994	0.000	0.000	0.000
7	3.40	60.600	46.871	11.646	6.423	2.967	1.824591	0.000	0.990	0.000	0.000	0.000
8	3.60	64.400	48.709	9.672	8.563	3.119	1.807095	0.000	0.985	0.000	0.000	0.000
9	3.80	68.200	50.548	12.534	6.524	2.968	1.717623	0.000	0.981	0.000	0.000	0.000
10	4.00	72.000	52.387	12.534	6.544	2.978	1.674004	0.000	0.976	0.000	0.000	0.000
11	4.20	75.800	54.225	12.534	7.109	3.011	1.633578	0.000	0.971	0.000	0.000	0.000

12	4.40	79.600	56.064	17.370	4.666	2.794	1.552447	0.000	0.966	0.000	0.000	0.000
13	4.60	83.400	57.903	12.534	6.607	3.007	1.557402	0.000	0.962	0.000	0.000	0.000
14	4.80	87.200	59.741	12.534	6.628	3.016	1.522218	0.000	0.957	0.000	0.000	0.000
15	5.00	90.800	61.380	11.646	7.795	3.095	1.499369	0.000	0.952	0.000	0.000	0.000
16	5.20	94.400	63.019	7.698	8.576	3.271	1.505887	0.000	0.947	0.000	0.000	0.000
17	5.40	98.000	64.657	7.698	7.669	3.248	1.474782	0.000	0.942	0.000	0.000	0.000
18	5.60	101.600	66.296	9.672	5.954	3.103	1.42808	0.000	0.937	0.000	0.000	0.000
19	5.80	105.200	67.935	9.672	5.979	3.112	1.4003	0.000	0.932	0.000	0.000	0.000
20	6.00	108.800	69.573	5.823	8.146	3.397	1.404787	0.000	0.926	0.000	0.000	0.000
21	6.20	112.400	71.212	6.810	5.661	3.246	1.368295	0.000	0.921	0.000	0.000	0.000
22	6.40	116.000	72.851	6.810	5.697	3.257	1.341782	0.000	0.916	0.000	0.000	0.000
23	6.60	119.600	74.489	4.836	8.828	3.526	1.331507	0.000	0.911	0.000	0.000	0.000
24	6.80	123.200	76.128	9.672	5.334	3.119	1.276678	0.000	0.905	0.000	0.000	0.000
25	7.00	126.800	77.767	7.698	6.001	3.247	1.263495	0.000	0.900	0.000	0.000	0.000
26	7.20	130.400	79.405	6.810	5.843	3.298	1.24537	0.000	0.895	0.000	0.000	0.000
27	7.40	134.000	81.044	6.810	5.881	3.308	1.223188	0.000	0.889	0.000	0.000	0.000
28	7.60	137.600	82.683	7.698	6.102	3.275	1.198387	0.000	0.884	0.000	0.000	0.000
29	7.80	141.400	84.521	7.698	7.156	3.326	1.175652	0.000	0.878	0.000	0.000	0.000
30	8.00	145.200	86.360	8.685	7.118	3.285	1.151101	0.000	0.873	0.000	0.000	0.000
31	8.20	149.000	88.199	11.646	6.974	3.174	1.124677	0.000	0.868	0.000	0.000	0.000
32	8.40	152.800	90.037	11.646	7.000	3.182	1.105492	0.000	0.862	0.000	0.000	0.000
33	8.60	156.600	91.876	12.534	7.041	3.163	1.085898	0.000	0.857	0.000	0.000	0.000
34	8.80	160.400	93.715	17.370	4.901	2.947	1.064456	0.000	0.851	0.000	0.000	0.000
35	9.00	164.200	95.554	15.495	6.039	3.054	1.049148	0.000	0.846	0.000	0.000	0.000
36	9.20	168.000	97.392	17.370	9.026	3.137	1.032358	0.000	0.840	0.000	0.000	0.000
37	9.40	171.800	99.231	17.370	9.048	3.143	1.016987	0.000	0.834	0.000	0.000	0.000
38	9.60	175.600	101.070	16.482	10.927	3.224	1.002062	0.000	0.829	0.000	0.000	0.000
39	9.80	179.400	102.908	21.318	4.620	2.885	0.9879588	0.000	0.823	0.000	0.000	0.000
40	10.00	183.200	104.747	24.180	8.647	3.032	0.9749263	0.000	0.818	0.000	0.000	0.000
41	10.20	187.000	106.586	27.042	8.190	2.983	0.9627851	0.000	0.812	0.000	0.000	0.000
42	10.40	190.800	108.424	29.016	6.893	2.911	0.9511063	0.000	0.807	0.000	0.000	0.000
43	10.60	194.600	110.263	29.016	6.902	2.916	0.9391823	0.000	0.801	0.000	0.000	0.000
44	10.80	198.400	112.102	27.042	5.654	2.884	0.9265017	0.000	0.796	0.000	0.000	0.000
45	11.00	202.300	114.040	29.016	7.638	2.955	0.9155634	0.000	0.790	0.000	0.000	0.000
46	11.20	206.200	115.979	30.989	7.570	2.935	0.9051672	0.000	0.785	0.000	0.000	0.000
47	11.40	210.100	117.918	33.851	7.913	2.924	0.8958525	0.000	0.779	0.000	0.000	0.000
48	11.60	214.000	119.856	33.851	7.923	2.928	0.8850346	0.000	0.774	0.000	0.000	0.000
49	11.80	217.900	121.795	30.989	5.814	2.867	0.8721167	0.000	0.768	0.000	0.000	0.000
50	12.00	221.800	123.734	31.878	12.380	3.098	0.8623796	0.000	0.763	0.000	0.000	0.000
51	12.20	225.700	125.672	36.714	6.731	2.862	0.8565181	0.000	0.758	0.000	0.000	0.000
52	12.40	229.600	127.611	30.989	5.838	2.881	0.8413221	0.000	0.752	0.000	0.000	0.000
53	12.60	233.500	129.550	30.989	5.846	2.885	0.8314365	0.000	0.747	0.000	0.000	0.000
54	12.80	237.400	131.488	31.878	6.332	2.904	0.822862	0.000	0.741	0.000	0.000	0.000
55	13.00	241.300	133.427	32.865	6.346	2.898	0.8145828	0.000	0.736	0.000	0.000	0.000
56	13.20	245.200	135.366	33.851	7.385	2.938	0.8065615	0.000	0.731	0.000	0.000	0.000
57	13.40	249.100	137.304	38.687	4.628	2.753	0.8031127	0.000	0.726	0.000	0.000	0.000
58	13.60	253.000	139.243	38.687	4.633	2.757	0.7946083	0.000	0.720	0.000	0.000	0.000

59	13.80	256.900	141.182	37.700	5.683	2.831	0.7851884	0.000	0.715	0.000	0.000	0.000
60	14.00	260.800	143.120	33.851	6.390	2.908	0.7721494	0.000	0.710	0.000	0.000	0.000
61	14.20	264.700	145.059	31.878	7.052	2.963	0.7611501	0.000	0.705	0.000	0.000	0.000
62	14.40	268.600	146.998	29.016	7.337	3.013	0.7489653	0.000	0.700	0.000	0.000	0.000
63	14.60	272.500	148.936	29.016	7.348	3.017	0.7409487	0.000	0.695	0.000	0.000	0.000
64	14.80	276.400	150.875	27.042	7.956	3.071	0.7297628	0.000	0.690	0.000	0.000	0.000
65	15.00	280.300	152.814	31.878	5.980	2.929	0.7297623	0.000	0.685	0.000	0.000	0.000
66	15.20	284.200	154.752	30.989	5.949	2.942	0.7208078	0.000	0.680	0.000	0.000	0.000
67	15.40	288.100	156.691	34.838	7.055	2.953	0.7193965	0.000	0.675	0.000	0.000	0.000
68	15.60	292.000	158.630	34.838	7.063	2.957	0.7122859	0.000	0.670	0.000	0.000	0.000
69	15.80	295.900	160.568	32.865	6.460	2.955	0.7022129	0.000	0.665	0.000	0.000	0.000
70	16.00	299.800	162.507	30.989	7.362	3.019	0.6922176	0.000	0.660	0.000	0.000	0.000
71	16.20	303.700	164.446	29.016	6.938	3.030	0.681757	0.000	0.655	0.000	0.000	0.000
72	16.40	307.600	166.384	30.989	7.612	3.037	0.6784658	0.000	0.651	0.000	0.000	0.000
73	16.60	311.500	168.323	30.989	7.622	3.041	0.6718886	0.000	0.646	0.000	0.000	0.000
74	16.80	315.400	170.262	34.838	8.129	3.020	0.6720001	0.000	0.641	0.000	0.000	0.000
75	17.00	319.300	172.200	32.865	4.992	2.901	0.6623851	0.000	0.637	0.000	0.000	0.000
76	17.20	323.200	174.139	31.878	5.845	2.962	0.6543162	0.000	0.632	0.000	0.000	0.000
77	17.40	327.100	176.078	27.042	8.123	3.126	0.6390189	0.000	0.628	0.000	0.000	0.000
78	17.60	331.000	178.016	27.042	8.136	3.130	0.6329277	0.000	0.623	0.000	0.000	0.000
79	17.80	334.900	179.955	30.002	5.072	2.955	0.6328199	0.000	0.619	0.000	0.000	0.000
80	18.00	338.800	181.894	30.002	5.564	2.985	0.6269917	0.000	0.615	0.000	0.000	0.000
81	18.20	342.700	183.832	32.865	7.435	3.038	0.6264622	0.000	0.610	0.000	0.000	0.000
82	18.40	346.600	185.771	31.878	7.477	3.055	0.618878	0.000	0.606	0.000	0.000	0.000
83	18.60	350.500	187.710	33.851	7.427	3.033	0.6170085	0.000	0.602	0.000	0.000	0.000
84	18.80	354.400	189.648	34.838	6.994	3.007	0.6132264	0.000	0.598	0.000	0.000	0.000
85	19.00	358.300	191.587	34.838	7.003	3.011	0.607922	0.000	0.594	0.000	0.000	0.000
86	19.20	362.200	193.526	33.851	7.240	3.035	0.6010679	0.000	0.590	0.000	0.000	0.000
87	19.40	366.100	195.464	30.989	6.125	3.024	0.5902572	0.000	0.586	0.000	0.000	0.000
88	19.60	370.000	197.403	29.016	7.626	3.117	0.5812205	0.000	0.582	0.000	0.000	0.000
89	19.80	370.000	195.442	0.000	0.000	3.117	0.5184411	0.000	0.578	0.000	0.000	0.000

IPL (Sonmez)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso



VERIFICA CPTU1 NOVEMBRE 2023

DATI GENERALI

PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: Ampliamento azienda agricola capannoni e silos

Codice identificativo 19/23

Cliente: PIG GREEN ITALIA SRL

Indirizzo, Coordinate: FOSDONDO DI CORREGGIO VIA RONCHI

Data 23/11/2023

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1.2

FALDA

Profondità falda idrica 2 m

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.15

Fattore amplificazione 2.587

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.7

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.14

Distanza epicentro 20 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.25

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizio ne	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturato (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resisten za qc (KPa)	Resisten za attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	Argilla	0	2	17	19	0	0	2350	131.13	140
2	Argilla	2	3.06	17	19	0	0	1190	58.81	140
3	limosa									
3	Argilla	3.06	4.4	17	19	0	0	960	41.1	140
4	limosa									
4	Limo	4.4	4.7	17	19	0	0	1420	59.5	140
5	argilloso									
5	Argilla	4.7	6.4	16	18	0	0	600	20	140
6	Limo	6.4	7.8	17	19	0	0	840	15.91	140
7	argilloso									
7	Argilla	7.8	8.4	16	18	0	0	800	21.65	140
8	limosa									
8	Argilla	8.4	9.8	17	19	0	0	1120	53.93	180
9	Argilla	9.8	10.4	17	19	0	0	1580	71.74	180
10	Argilla	10.4	14.2	17	19	0	0	1980	103.87	200

11	Argilla	14.2	14.6	17	19	0	0	1330	72.13	200
12	Limo argilloso	14.6	15.2	17	19	0	0	2320	105.56	200
13	Limo argilloso	15.2	15.9	17	19	0	0	1780	123.18	200
14	Argilla limosa	15.9	20	17	19	0	0	2570	134.08	200

Idriss & Boulanger, 2008

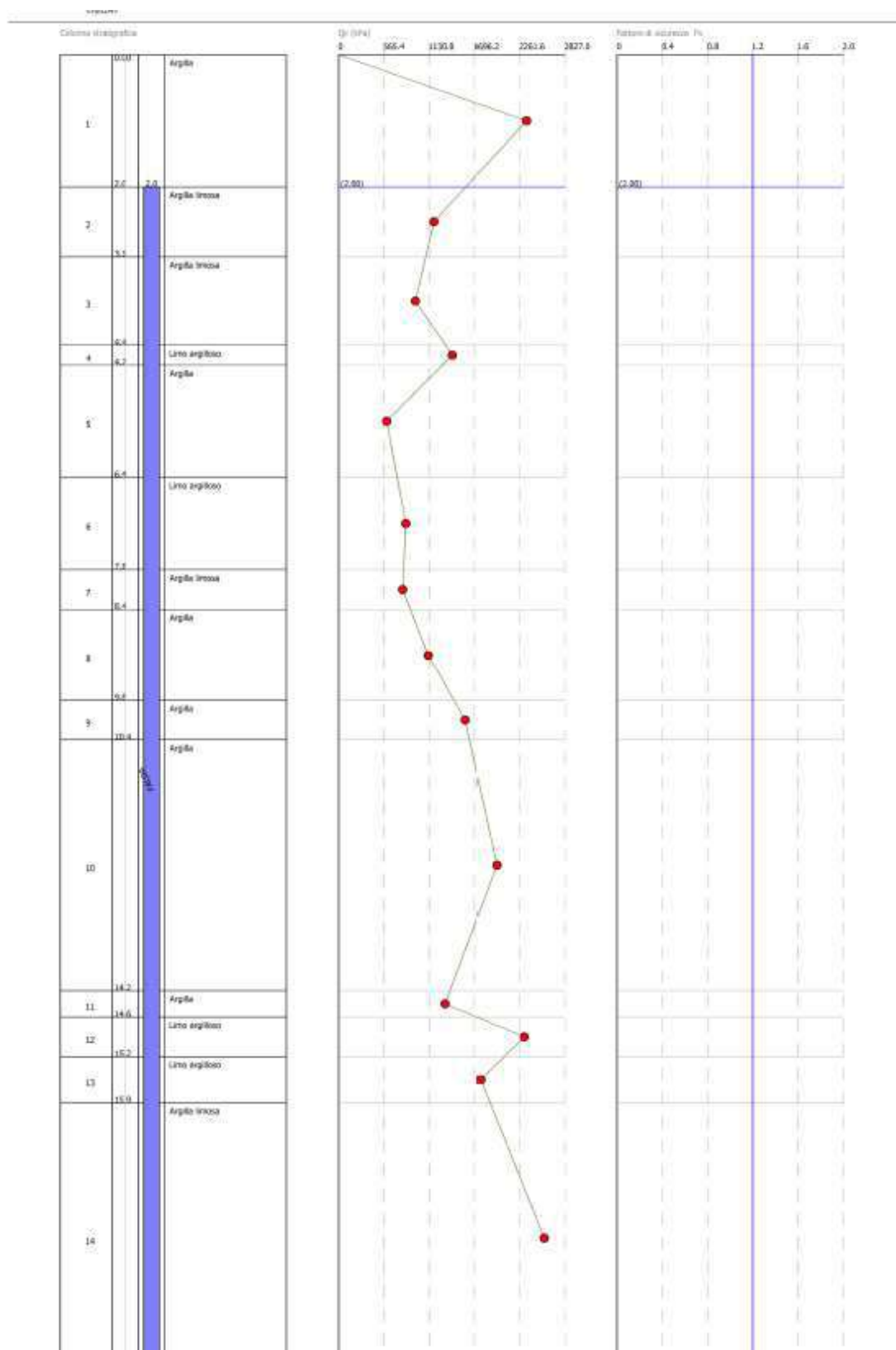
Correzione per la magnitudo (MSF) 1.43

Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normali Q	Attrito laterale normali F(%)	Indice di comp ortam ento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coeff icient e ridotti vo (rd)	Resisten za alla liquefa zione (CRR)	Sforzo di taglio normali zzato (CSR)	Coeff icient e di sicure zza Fs
1	2.20	37.800	35.839	11.744	5.104	2.833	2.180892	0.000	1.015	0.000	0.000	0.000
2	2.40	41.600	37.677	11.744	5.121	2.845	2.112782	0.000	1.011	0.000	0.000	0.000
3	2.60	45.400	39.516	11.744	5.138	2.857	2.045907	0.000	1.007	0.000	0.000	0.000
4	2.80	49.200	41.355	11.744	5.155	2.869	1.985819	0.000	1.003	0.000	0.000	0.000
5	3.00	53.000	43.193	11.744	5.172	2.880	1.929049	0.000	0.998	0.000	0.000	0.000
6	3.20	56.800	45.032	9.474	4.550	2.921	1.915983	0.000	0.994	0.000	0.000	0.000
7	3.40	60.600	46.871	9.474	4.570	2.933	1.862028	0.000	0.990	0.000	0.000	0.000
8	3.60	64.400	48.709	9.474	4.589	2.945	1.810909	0.000	0.985	0.000	0.000	0.000
9	3.80	68.200	50.548	9.474	4.609	2.957	1.761233	0.000	0.981	0.000	0.000	0.000
10	4.00	72.000	52.387	9.474	4.628	2.969	1.715316	0.000	0.976	0.000	0.000	0.000
11	4.20	75.800	54.225	9.474	4.648	2.980	1.67074	0.000	0.971	0.000	0.000	0.000
12	4.40	79.600	56.064	9.474	4.668	2.991	1.629246	0.000	0.966	0.000	0.000	0.000
13	4.60	83.400	57.903	14.014	4.452	2.857	1.544661	0.000	0.962	0.000	0.000	0.000
14	4.80	87.100	59.641	5.922	3.899	3.137	1.600124	0.000	0.957	0.000	0.000	0.000
15	5.00	90.700	61.280	5.922	3.927	3.149	1.564365	0.000	0.952	0.000	0.000	0.000
16	5.20	94.300	62.919	5.922	3.955	3.162	1.529667	0.000	0.947	0.000	0.000	0.000
17	5.40	97.900	64.557	5.922	3.983	3.174	1.496815	0.000	0.942	0.000	0.000	0.000
18	5.60	101.500	66.196	5.922	4.012	3.186	1.465258	0.000	0.937	0.000	0.000	0.000
19	5.80	105.100	67.835	5.922	4.041	3.197	1.434923	0.000	0.932	0.000	0.000	0.000
20	6.00	108.700	69.473	5.922	4.071	3.209	1.405511	0.000	0.926	0.000	0.000	0.000
21	6.20	112.300	71.112	5.922	4.101	3.221	1.377452	0.000	0.921	0.000	0.000	0.000
22	6.40	115.900	72.751	5.922	4.131	3.232	1.350418	0.000	0.916	0.000	0.000	0.000
23	6.60	119.700	74.589	8.290	2.209	2.951	1.305677	0.000	0.911	0.000	0.000	0.000
24	6.80	123.500	76.428	8.290	2.221	2.962	1.279235	0.000	0.905	0.000	0.000	0.000
25	7.00	127.300	78.267	8.290	2.232	2.972	1.253779	0.000	0.900	0.000	0.000	0.000
26	7.20	131.100	80.105	8.290	2.244	2.983	1.229254	0.000	0.895	0.000	0.000	0.000
27	7.40	134.900	81.944	8.290	2.256	2.993	1.205546	0.000	0.889	0.000	0.000	0.000
28	7.60	138.700	83.783	8.290	2.269	3.003	1.182754	0.000	0.884	0.000	0.000	0.000
29	7.80	142.500	85.621	8.290	2.281	3.014	1.160754	0.000	0.878	0.000	0.000	0.000

30	8.00	146.100	87.260	7.895	3.311	3.130	1.142735	0.000	0.873	0.000	0.000	0.000
31	8.20	149.700	88.899	7.895	3.329	3.140	1.124198	0.000	0.868	0.000	0.000	0.000
32	8.40	153.300	90.537	7.895	3.348	3.149	1.106213	0.000	0.862	0.000	0.000	0.000
33	8.60	157.100	92.376	11.054	5.601	3.149	1.082615	0.000	0.857	0.000	0.000	0.000
34	8.80	160.900	94.215	11.054	5.623	3.157	1.064611	0.000	0.851	0.000	0.000	0.000
35	9.00	164.700	96.053	11.054	5.645	3.165	1.047169	0.000	0.846	0.000	0.000	0.000
36	9.20	168.500	97.892	11.054	5.668	3.173	1.030253	0.000	0.840	0.000	0.000	0.000
37	9.40	172.300	99.731	11.054	5.691	3.181	1.01384	0.000	0.834	0.000	0.000	0.000
38	9.60	176.100	101.570	11.054	5.714	3.189	0.9979087	0.000	0.829	0.000	0.000	0.000
39	9.80	179.900	103.408	11.054	5.737	3.196	0.9824377	0.000	0.823	0.000	0.000	0.000
40	10.00	183.700	105.247	15.593	5.138	3.037	0.9690438	0.000	0.818	0.000	0.000	0.000
41	10.20	187.500	107.086	15.593	5.152	3.044	0.9551398	0.000	0.812	0.000	0.000	0.000
42	10.40	191.300	108.924	19.541	5.807	2.999	0.9437456	0.000	0.807	0.000	0.000	0.000
43	10.60	195.100	110.763	19.541	5.819	3.004	0.931023	0.000	0.801	0.000	0.000	0.000
44	10.80	198.900	112.602	19.541	5.832	3.010	0.9186203	0.000	0.796	0.000	0.000	0.000
45	11.00	202.700	114.440	19.541	5.844	3.016	0.9065255	0.000	0.790	0.000	0.000	0.000
46	11.20	206.500	116.279	19.541	5.857	3.021	0.8947276	0.000	0.785	0.000	0.000	0.000
47	11.40	210.300	118.118	19.541	5.869	3.027	0.8831868	0.000	0.779	0.000	0.000	0.000
48	11.60	214.100	119.956	19.541	5.882	3.032	0.8719453	0.000	0.774	0.000	0.000	0.000
49	11.80	217.900	121.795	19.541	5.895	3.038	0.8609699	0.000	0.768	0.000	0.000	0.000
50	12.00	221.700	123.634	19.541	5.907	3.043	0.8502511	0.000	0.763	0.000	0.000	0.000
51	12.20	225.500	125.472	19.541	5.920	3.049	0.8397803	0.000	0.758	0.000	0.000	0.000
52	12.40	229.300	127.311	19.541	5.933	3.054	0.829549	0.000	0.752	0.000	0.000	0.000
53	12.60	233.100	129.150	19.541	5.946	3.059	0.819483	0.000	0.747	0.000	0.000	0.000
54	12.80	236.900	130.988	19.541	5.959	3.065	0.8097003	0.000	0.741	0.000	0.000	0.000
55	13.00	240.700	132.827	19.541	5.972	3.070	0.8001337	0.000	0.736	0.000	0.000	0.000
56	13.20	244.500	134.666	19.541	5.985	3.075	0.7907764	0.000	0.731	0.000	0.000	0.000
57	13.40	248.300	136.504	19.541	5.998	3.080	0.7816218	0.000	0.726	0.000	0.000	0.000
58	13.60	252.100	138.343	19.541	6.011	3.085	0.7726633	0.000	0.720	0.000	0.000	0.000
59	13.80	255.900	140.182	19.541	6.025	3.091	0.7637869	0.000	0.715	0.000	0.000	0.000
60	14.00	259.700	142.020	19.541	6.038	3.096	0.7551954	0.000	0.710	0.000	0.000	0.000
61	14.20	263.500	143.859	19.541	6.051	3.101	0.7467822	0.000	0.705	0.000	0.000	0.000
62	14.40	267.300	145.698	13.126	6.787	3.304	0.7246243	0.000	0.700	0.000	0.000	0.000
63	14.60	271.100	147.536	13.126	6.812	3.310	0.7162526	0.000	0.695	0.000	0.000	0.000
64	14.80	274.900	149.375	22.897	5.162	3.006	0.728888	0.000	0.690	0.000	0.000	0.000
65	15.00	278.700	151.214	22.897	5.171	3.011	0.7212589	0.000	0.685	0.000	0.000	0.000
66	15.20	282.500	153.052	22.897	5.181	3.015	0.7137778	0.000	0.680	0.000	0.000	0.000
67	15.40	286.300	154.891	17.567	8.247	3.258	0.6953645	0.000	0.675	0.000	0.000	0.000
68	15.60	290.100	156.730	17.567	8.268	3.263	0.6879877	0.000	0.670	0.000	0.000	0.000
69	15.80	293.900	158.568	17.567	8.289	3.268	0.6807547	0.000	0.665	0.000	0.000	0.000
70	16.00	297.700	160.407	25.364	5.901	3.027	0.6899102	0.000	0.660	0.000	0.000	0.000
71	16.20	301.500	162.246	25.364	5.911	3.031	0.6831706	0.000	0.655	0.000	0.000	0.000
72	16.40	305.300	164.084	25.364	5.920	3.036	0.6763345	0.000	0.651	0.000	0.000	0.000
73	16.60	309.100	165.923	25.364	5.930	3.040	0.6698284	0.000	0.646	0.000	0.000	0.000
74	16.80	312.900	167.762	25.364	5.940	3.044	0.6634382	0.000	0.641	0.000	0.000	0.000
75	17.00	316.700	169.600	25.364	5.950	3.048	0.6571608	0.000	0.637	0.000	0.000	0.000
76	17.20	320.500	171.439	25.364	5.960	3.052	0.6509932	0.000	0.632	0.000	0.000	0.000

77	17.40	324.300	173.278	25.364	5.971	3.057	0.6449327	0.000	0.628	0.000	0.000	0.000
78	17.60	328.100	175.116	25.364	5.981	3.061	0.6389765	0.000	0.623	0.000	0.000	0.000
79	17.80	331.900	176.955	25.364	5.991	3.065	0.6328529	0.000	0.619	0.000	0.000	0.000
80	18.00	335.700	178.794	25.364	6.001	3.069	0.6270906	0.000	0.615	0.000	0.000	0.000
81	18.20	339.500	180.632	25.364	6.011	3.073	0.621425	0.000	0.610	0.000	0.000	0.000
82	18.40	343.300	182.471	25.364	6.021	3.077	0.6158537	0.000	0.606	0.000	0.000	0.000
83	18.60	347.100	184.310	25.364	6.032	3.081	0.6103746	0.000	0.602	0.000	0.000	0.000
84	18.80	350.900	186.148	25.364	6.042	3.085	0.6049852	0.000	0.598	0.000	0.000	0.000
85	19.00	354.700	187.987	25.364	6.052	3.089	0.5996836	0.000	0.594	0.000	0.000	0.000
86	19.20	358.500	189.826	25.364	6.063	3.093	0.5944676	0.000	0.590	0.000	0.000	0.000
87	19.40	362.300	191.664	25.364	6.073	3.097	0.589014	0.000	0.586	0.000	0.000	0.000
88	19.60	366.100	193.503	25.364	6.084	3.101	0.5839569	0.000	0.582	0.000	0.000	0.000
89	19.80	369.900	195.342	25.364	6.094	3.105	0.5789796	0.000	0.578	0.000	0.000	0.000

IPL (Sonmez)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso



VERIFICA CPTU1 DEL GIUGNO 2019

DATI GENERALI

PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: Ampliamento azienda agricola capannoni e silos

Codice identificativo 19/19

Cliente: PIG GREEN ITALIA SRL

Indirizzo, Coordinate: FOSDONDO DI CORREGGIO VIA RONCHI

Data 19/06/2019

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1.2

FALDA

Profondità falda idrica 2 m

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.15

Fattore amplificazione 2.587

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.7

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.14

Distanza epicentro 20 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.25

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizio ne	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturato (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resisten za qc (KPa)	Resisten za attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	Argilla	0	0.5	17	19	0	0	1350	17.79	140
2	Argilla	0.5	2.6	16	18	0	0	710	38.96	140
3	Argilla	2.6	3.6	17	19	0	0	1460	80.8	140
4	Argilla limosa	3.6	6	17	19	0	0	1008	54.02	140
5	Argilla limosa	6	6.6	17	19	0	0	1470	59.73	140
6	Argilla	6.6	8	16	18	0	0	870	26.3	140
7	Limo argilloso	8	8.4	17	19	0	0	1850	0	140
8	Argilla	8.4	8.8	16	18	0	0	740	19.79	140
9	Limo argilloso	8.8	9.4	17	19.5	0	0	2440	39.15	180
10	Argilla	9.4	10.8	17	19	0	0	1130	45.55	180
11	Argilla	10.8	11.9	17	19	0	0	1990	79.35	200
12	Argilla	11.9	12.4	17	19	0	0	1450	50.75	200

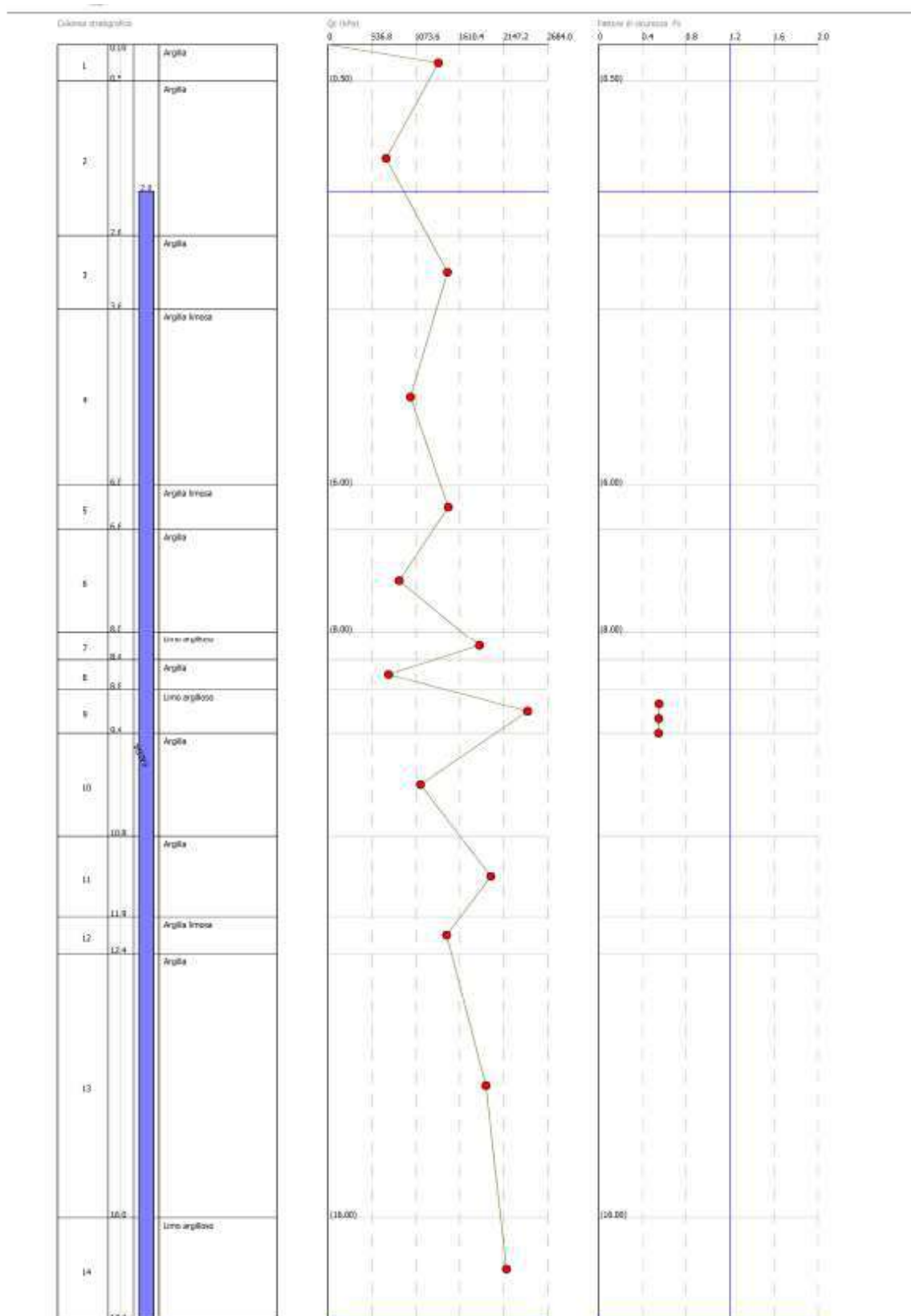
13	limosa Argilla	12.4	16	17	19	0	0	1930	95.98	200
14	Limo argilloso	16	17.4	17	19.5	0	0	2180	122.09	200

Idriss & Boulanger, 2008

Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione e litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normali zzata Q	Attrito laterale norm alizza to F(%)	Indice di comp ortam ento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coeff icient e ridotti vo (rd)	Resistenza alla liquef azion e (CRR)	Sforzo di taglio norm alizza to (CSR)	Coeff icient e di sicure zza Fs
1	2.20	36.100	34.139	7.007	5.781	3.009	2.416768	0.000	1.015	0.000	0.000	0.000
2	2.40	39.700	35.777	7.007	5.812	3.023	2.339509	0.000	1.011	0.000	0.000	0.000
3	2.60	43.300	37.416	7.007	5.844	3.037	2.263777	0.000	1.007	0.000	0.000	0.000
4	2.80	47.100	39.255	14.409	5.719	2.830	2.001802	0.000	1.003	0.000	0.000	0.000
5	3.00	50.900	41.093	14.409	5.734	2.840	1.945294	0.000	0.998	0.000	0.000	0.000
6	3.20	54.700	42.932	14.409	5.750	2.851	1.889612	0.000	0.994	0.000	0.000	0.000
7	3.40	58.500	44.771	14.409	5.765	2.861	1.839191	0.000	0.990	0.000	0.000	0.000
8	3.60	62.300	46.609	14.409	5.781	2.871	1.791314	0.000	0.985	0.000	0.000	0.000
9	3.80	66.100	48.448	9.948	5.735	2.992	1.808853	0.000	0.981	0.000	0.000	0.000
10	4.00	69.900	50.287	9.948	5.758	3.003	1.760757	0.000	0.976	0.000	0.000	0.000
11	4.20	73.700	52.125	9.948	5.782	3.014	1.713996	0.000	0.971	0.000	0.000	0.000
12	4.40	77.500	53.964	9.948	5.805	3.025	1.670644	0.000	0.966	0.000	0.000	0.000
13	4.60	81.300	55.803	9.948	5.829	3.036	1.629336	0.000	0.962	0.000	0.000	0.000
14	4.80	85.100	57.641	9.948	5.853	3.047	1.589244	0.000	0.957	0.000	0.000	0.000
15	5.00	88.900	59.480	9.948	5.877	3.057	1.551712	0.000	0.952	0.000	0.000	0.000
16	5.20	92.700	61.319	9.948	5.902	3.067	1.515829	0.000	0.947	0.000	0.000	0.000
17	5.40	96.500	63.157	9.948	5.926	3.078	1.481047	0.000	0.942	0.000	0.000	0.000
18	5.60	100.300	64.996	9.948	5.951	3.088	1.448219	0.000	0.937	0.000	0.000	0.000
19	5.80	104.100	66.835	9.948	5.976	3.098	1.416743	0.000	0.932	0.000	0.000	0.000
20	6.00	107.900	68.673	9.948	6.002	3.107	1.386537	0.000	0.926	0.000	0.000	0.000
21	6.20	111.700	70.512	14.508	4.397	2.897	1.333263	0.000	0.921	0.000	0.000	0.000
22	6.40	115.500	72.351	14.508	4.410	2.905	1.307611	0.000	0.916	0.000	0.000	0.000
23	6.60	119.300	74.189	14.508	4.422	2.913	1.282883	0.000	0.911	0.000	0.000	0.000
24	6.80	122.900	75.828	8.586	3.520	3.055	1.28627	0.000	0.905	0.000	0.000	0.000
25	7.00	126.500	77.467	8.586	3.537	3.065	1.263274	0.000	0.900	0.000	0.000	0.000
26	7.20	130.100	79.105	8.586	3.555	3.074	1.241161	0.000	0.895	0.000	0.000	0.000
27	7.40	133.700	80.744	8.586	3.572	3.083	1.219761	0.000	0.889	0.000	0.000	0.000
28	7.60	137.300	82.383	8.586	3.589	3.092	1.199041	0.000	0.884	0.000	0.000	0.000
29	7.80	140.900	84.021	8.586	3.607	3.101	1.17897	0.000	0.878	0.000	0.000	0.000
30	8.00	144.500	85.660	8.586	3.625	3.110	1.159478	0.000	0.873	0.000	0.000	0.000
31	8.20	148.300	87.499	18.258	0.000	3.110	1.122104	0.000	0.868	0.000	0.000	0.000
32	8.40	152.100	89.337	18.258	0.000	3.110	1.104262	0.000	0.862	0.000	0.000	0.000

33	8.60	155.700	90.976	7.303	3.387	3.190	1.10254	0.000	0.857	0.000	0.000	0.000
34	8.80	159.300	92.615	7.303	3.408	3.199	1.085031	0.000	0.851	0.000	0.000	0.000
35	9.00	163.200	94.553	24.081	1.720	2.552	1.05348	63.316	0.846	0.092	0.237	0.553
36	9.20	167.100	96.492	24.081	1.722	2.558	1.037618	62.848	0.840	0.091	0.236	0.551
37	9.40	171.000	98.431	24.081	1.725	2.564	1.022207	62.393	0.834	0.091	0.236	0.549
38	9.60	174.800	100.270	11.152	4.769	3.132	1.009112	62.393	0.829	0.091	0.236	0.000
39	9.80	178.600	102.108	11.152	4.788	3.140	0.9933382	62.393	0.823	0.091	0.236	0.000
40	10.00	182.400	103.947	11.152	4.807	3.148	0.9780169	62.393	0.818	0.091	0.236	0.000
41	10.20	186.200	105.786	11.152	4.826	3.156	0.9631299	62.393	0.812	0.091	0.236	0.000
42	10.40	190.000	107.624	11.152	4.846	3.164	0.9486589	62.393	0.807	0.091	0.236	0.000
43	10.60	193.800	109.463	11.152	4.865	3.171	0.934587	62.393	0.801	0.091	0.236	0.000
44	10.80	197.600	111.302	11.152	4.885	3.179	0.9208984	62.393	0.796	0.091	0.236	0.000
45	11.00	201.400	113.140	19.640	4.436	2.933	0.9151172	62.393	0.790	0.091	0.236	0.000
46	11.20	205.200	114.979	19.640	4.446	2.939	0.9031197	62.393	0.785	0.091	0.236	0.000
47	11.40	209.000	116.818	19.640	4.455	2.944	0.8914153	62.393	0.779	0.091	0.236	0.000
48	11.60	212.800	118.656	19.640	4.465	2.950	0.8799936	62.393	0.774	0.091	0.236	0.000
49	11.80	216.600	120.495	19.640	4.474	2.955	0.8688083	62.393	0.768	0.091	0.236	0.000
50	12.00	220.400	122.334	14.310	4.127	3.066	0.8509896	62.393	0.763	0.091	0.236	0.000
51	12.20	224.200	124.172	14.310	4.140	3.073	0.8399088	62.393	0.758	0.091	0.236	0.000
52	12.40	228.000	126.011	19.048	5.639	3.046	0.8360654	62.393	0.752	0.091	0.236	0.000
53	12.60	231.800	127.850	19.048	5.652	3.052	0.825864	62.393	0.747	0.091	0.236	0.000
54	12.80	235.600	129.688	19.048	5.665	3.057	0.8158934	62.393	0.741	0.091	0.236	0.000
55	13.00	239.400	131.527	19.048	5.677	3.062	0.8061457	62.393	0.736	0.091	0.236	0.000
56	13.20	243.200	133.366	19.048	5.690	3.068	0.7966138	62.393	0.731	0.091	0.236	0.000
57	13.40	247.000	135.204	19.048	5.703	3.073	0.7872905	62.393	0.726	0.091	0.236	0.000
58	13.60	250.800	137.043	19.048	5.716	3.078	0.7780741	62.393	0.720	0.091	0.236	0.000
59	13.80	254.600	138.882	19.048	5.729	3.084	0.7691413	62.393	0.715	0.091	0.236	0.000
60	14.00	258.400	140.720	19.048	5.742	3.089	0.7603979	62.393	0.710	0.091	0.236	0.000
61	14.20	262.200	142.559	19.048	5.755	3.094	0.7518379	62.393	0.705	0.091	0.236	0.000
62	14.40	266.000	144.398	19.048	5.768	3.099	0.7434557	62.393	0.700	0.091	0.236	0.000
63	14.60	269.800	146.236	19.048	5.781	3.104	0.7352462	62.393	0.695	0.091	0.236	0.000
64	14.80	273.600	148.075	19.048	5.794	3.109	0.7270661	62.393	0.690	0.091	0.236	0.000
65	15.00	277.400	149.914	19.048	5.808	3.114	0.7191789	62.393	0.685	0.091	0.236	0.000
66	15.20	281.200	151.752	19.048	5.821	3.119	0.7114493	62.393	0.680	0.091	0.236	0.000
67	15.40	285.000	153.591	19.048	5.835	3.124	0.7038723	62.393	0.675	0.091	0.236	0.000
68	15.60	288.800	155.430	19.048	5.848	3.129	0.696444	62.393	0.670	0.091	0.236	0.000
69	15.80	292.600	157.268	19.048	5.862	3.134	0.6891598	62.393	0.665	0.091	0.236	0.000
70	16.00	296.400	159.107	19.048	5.875	3.139	0.6820158	62.393	0.660	0.091	0.236	0.000
71	16.20	300.300	161.046	21.515	6.495	3.122	0.6798343	62.393	0.655	0.091	0.236	0.000
72	16.40	304.200	162.984	21.515	6.509	3.126	0.6726646	62.393	0.651	0.091	0.236	0.000
73	16.60	308.100	164.923	21.515	6.522	3.131	0.665634	62.393	0.646	0.091	0.236	0.000
74	16.80	312.000	166.862	21.515	6.536	3.136	0.6587389	62.393	0.641	0.091	0.236	0.000
75	17.00	315.900	168.800	21.515	6.550	3.141	0.6519751	62.393	0.637	0.091	0.236	0.000
76	17.20	319.800	170.739	21.515	6.563	3.145	0.6451079	62.393	0.632	0.091	0.236	0.000

IPL (Sonmez)=1.45 Zcrit=20 m Rischio=Basso



Si sintetizzano di seguito i risultati ottenuti

PROVA	a_g	LPI Idriss & Boulanger 2008 con applicata l'equazione di regressione tra CPTE e CPTM	LPI Idriss & Boulanger 2008	RISCHIO (Sonmez 2003)	SPESSORI STRATI (m)	PROFONDITA' (m)
CPT1	0.25	0	/	BASSO	/	/
CPT2	0.25	0	/	BASSO	/	/
CPT3	0.25	0	/	BASSO	/	/
CPTU1 2023	0.25	/	0	BASSO	/	/
CPTU1 2019	0.25	/	1.45/	BASSO	0.60	9.00÷9.40

Sulla base delle verifiche eseguite sulle verticali di prova il valore dell'Indice del potenziale di liquefazione IPL è BASSO secondo la classificazione che segue il metodo Somenz 2003:

- $IL = 0$ il rischio di liquefazione è molto basso;
- $0 < IL < 2$ il rischio di liquefazione è basso;
- $2 \leq IL < 5$ il rischio di liquefazione è moderato;
- $5 \leq IL < 15$ il rischio di liquefazione è elevato;
- $IL \geq 15$ il rischio di liquefazione è estremamente elevato.

Cautelativamente in un'analisi di III livello si calcolano i cedimenti post sismici.

7.4.3 Calcolo dei cedimenti post sismici

In ottemperanza alla DGR 630/2019 e in accordo con le indicazioni di piano del Comune di Correggio, al fine di accertarne la compatibilità con l'intervento di progetto, si è condotta una stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica.

I valori che si ottengono applicando le procedure elencate al punto B dell'allegato 3 alla DGR 630/2019 devono intendersi solo orientativi.

Il cedimento permanente post sismico può essere stimato con l'equazione

$$s = \sum_{i=1}^n \varepsilon_{vi} \cdot \Delta z_i$$

In cui ε_{vi} è la deformazione volumetrica (e verticale) dello strato i-esimo e Δz_i il suo spessore.

I cedimenti permanenti indotti dall'azione sismica possono essere dovuti alle deformazioni volumetriche (e quindi verticali) di:

B1: terreni granulari saturi

B2: terreni granulari insaturi,

B3: terreni coesivi soffici.

I cedimenti conseguenti a liquefazione di terreni granulari saturi hanno luogo immediatamente dopo il terremoto o comunque in un tempo non superiore a un giorno, i cedimenti per densificazione di terreni granulari insaturi avvengono durante lo scuotimento sismico, mentre i cedimenti per consolidazione di terreni coesivi molli possono richiedere tempi anche molti lunghi in funzione delle condizioni stratigrafiche e geotecniche.

Considerata la stratigrafia del sito in esame e le caratteristiche geotecniche e di deformabilità dei terreni superficiali e profondi, i cedimenti post sismici da definire per il sito di studio sono del tipo B3 terreni coesivi soffici e plastici nello strato compreso fra 5.0 e 8.40 metri.

Non essendoci terreni sabbiosi potenzialmente liquefacibili non ci sono cedimenti post sismici del tipo B1.

La causa dei cedimenti di riconsolidazione che si registrano dopo un evento sismico in un terreno è dovuta alla dissipazione delle pressioni interstiziali man mano che l'acqua viene espulsa dalla zona interessata.

Per stimare l'entità di tale cedimento è necessario caratterizzare dal punto di vista geotecnico i terreni riscontrati.

Nelle tabelle di seguito si ricordano i parametri geotecnici in termini di resistenza dei terreni indagati e i risultati dell'analisi rischio liquefazione.

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (kN/m ³)	c' _k (kPa)	ϕ'_k (°)	C _{uk} (kPa)	Indice Plastico I _p	OCR
0.00 - 1.60	ARGILLE COMPATTE ASCIUTTE SOVRACONSOLIDATE	17	19	8÷10	17÷19	78	15	5
1.60 - 5.00	ARGILLE DEBOLMENTE LIMOSE CONSISTENTI	17	19	7÷9	16÷18	60	18	2
5.00 - 8.40	LIMI E LIMI ARGILLOSI POCO COMPATTI	15	18	4÷6	14÷15	40	25	2
8.40 - 10.00	ARGILLE COMPATTE	17	19	9÷11	17÷19	75	15	2
10.0 - 20.0	ARGILLE MOLTO COMPATTE	17	19.50	11÷13	20÷22	100	15	5

Il cedimento di riconsolidazione, **per i terreni granulari saturi liquefacibili e per i terreni coesivi**, può essere valutato dalla seguente espressione:

$$\Delta H = \varepsilon_{vr} \cdot H$$

dove H è l'altezza del generico strato ed ε_{vr} (%) rappresenta la deformazione volumetrica post-ciclica definita da:

$$\varepsilon_{vr} = \frac{\alpha \cdot C_r}{1 + e_0} \log \left(\frac{1}{1 - \frac{\Delta u}{\sigma'_0}} \right)$$

in cui

α : costante sperimentale compresa tra 1 e 1.5;

e_0 : è l'indice dei vuoti iniziale;

$C_r = 0.225 C_c$: è l'indice di riconsolidazione post-ciclica;

C_c : è l'indice di compressione.

Nel caso di terreni coesivi, si calcola il rapporto di pressione interstiziale come:

$$\frac{\Delta u}{\sigma'_0} = \beta \cdot \left[\log \frac{\gamma_{max}}{\gamma_v} \right]$$

dove

σ'_0 è il valore iniziale della pressione media efficace alla profondità considerata;

$$\sigma'_0 = \sigma'_{v0} \cdot \frac{(1 + 2k_0)}{3}$$

σ'_{v0} è la pressione verticale efficace e k_0 il coefficiente di spinta a riposo

γ_{max} è la deformazione di taglio massima raggiunta durante il sisma;

b è posto circa uguale a 0.45 (coefficiente sperimentale);

γ_v è la deformazione di soglia volumetrica, determinabile da prove cicliche di laboratorio.

Ma può anche essere valutata, in prima approssimazione, con la relazione che segue

$$\gamma_v = A \cdot (OCR - 1) + B$$

OCR è il grado di sovraconsolidazione, A e B sono coefficienti sperimentali che possono essere calcolati per interpolazione lineare dalla seguente Tabella.

I_p [%]	A	B
20	$0.4 \cdot 10^{-3}$	$0.6 \cdot 10^{-3}$
40	$1.2 \cdot 10^{-3}$	$1.1 \cdot 10^{-3}$
55	$2.5 \cdot 10^{-3}$	$1.2 \cdot 10^{-3}$

Valori suggeriti per i coefficienti A e B

Il rapporto di pressione interstiziale, nel caso di terreni incoerenti liquefacibili, viene determinato per interpolazione lineare dai valori riportati in Tabella in funzione dell'ampiezza della deformazione massima indotta dal terreno.

γ_{\max} [%]	$r_u = \Delta u / \sigma'_0$
0.005	0.2
0.1	0.4
0.2	0.6
0.4	0.8
5	0.95

Rapporto di pressione interstiziale r_u in funzione di γ_{\max}

L'ampiezza della deformazione di taglio massima γ_{\max} si calcola dalla relazione seguente:

$$\gamma_{\max} = 0.65 \cdot \frac{a_{\max,s}}{g} \cdot \sigma_v \cdot r_d \cdot \frac{1}{G}$$

dove

$a_{\max,s}$: è il picco di accelerazione al piano campagna del sisma di progetto;

g : è l'accelerazione di gravità;

σ_v : è la tensione totale verticale;

r_d : coefficiente riduttivo dell'azione sismica che mette in conto la deformabilità del sottosuolo determinato dalla relazione $r_d = 1 - 0.015z$;

G : modulo di taglio corrispondente al livello deformativo γ_{\max} ;

Il modulo di taglio può essere determinato da prove di laboratorio o mediante la Tabella seguente applicando un fattore riduttivo al modulo di taglio G_0 (modulo di taglio a piccole deformazioni).

$a_{\max,s}$ [g]	G/G_0
0.10	0.80
0.20	0.50
0.30	0.35
0.40	0.28

Fattore di riduzione del modulo di taglio nei primi 20 m in funzione dell' accelerazione $a_{\max,s}$

Stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica nei terreni coesivi soffici

Nei depositi coesivi molto soffici ($c_u \leq 70 \text{ kPa}$) e plastici ($I_p \geq 30\%$) in cui si prevede un incremento delle pressioni interstiziali

$$\frac{\Delta u}{\sigma'_0} \geq 0.3$$

durante il terremoto di riferimento, deve essere valutata l'entità del cedimento di riconsolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto.

Il calcolo dei cedimenti post sismici per **terreni coesivi soffici** per i quali l'entità del cedimento di riconsolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto è stato stimato come da indicazione dell'allegato 3 della DGR con l'equazione (Yasuhara e Andersen, 1991) mentre per la stima del rapporto di sovrappressione interstiziale è stata utilizzata la relazione empirica (Matsui et al., 1980).

I cedimenti post sismici in terreni coesivi soffici, per il sito di studio si stimano pari a 2.8 cm.

Strato	N160 [s]	Qc1N kN/m²	Metodo	Indice plasticità [%]	Indice vuoti [%]	Indice compressione	Modulo taglio statico [kN/m²]	OCR	Tensione efficace [kN/m²]	Deformazione verticale	Cedimento post- sismico [mm]	Incremento pressione neutra [kN/m²]
(1) ARGILLE		0	Yasuhara Anderse	0.00	0.00	0	0.00	0.00				
(2) ARGILLE	0	0	Idriss Boulanger	0.00	0.00	0	0.00	0.00	27.2	0.00E+00	0	0
(3) LIMI ARGILLOSI	4.12	7.22	Yasuhara Anderse	25.00	0.96	0.067	20000.00	2.00	66.2632	0.00E+00	0	0
(4) ARGILLE	0	0	Idriss Boulanger	0.00	0.00	0	0.00	0.00	94.1194	8.23E-03	27.9732	67.65
(5) ARGILLE	0	0	Idriss Boulanger	0.00	0.00	0	0.00	0.00	108.8282	0.00E+00	0	0
									205.7582	0.00E+00	0	0
											27.97322	

Si sottolinea che i cedimenti per consolidazione di terreni coesivi molli posso richiedere tempi anche molti lunghi in funzione delle condizioni stratigrafiche e geotecniche, per lenta dissipazione delle pressioni interstiziali in terreni argillosi poco permeabili.

8. CONCLUSIONI

Su incarico e per conto del Committente si è prodotta una modellazione geologica del sito, un'analisi di pericolosità sismica locale con approfondimento di III livello, riportando gli effetti attesi, e una caratterizzazione geotecnica della litologia superficiale e profonda del volume significativo di terreni interessati dal progetto di riqualificazione di un centro suinicolo sito in Via Ronchi in Comune Correggio presso la frazione di Fosdondo.

La caratterizzazione litologica di dettaglio e la definizione dei parametri geotecnici del profilo stratigrafico nel sito sono ricavati dai risultati di n. 3 prove penetrometriche statiche con punta meccanica e di una prova penetrometrica statica con punta elettrica CPTU, eseguite in sito in data 22/11/2023 dal Laboratorio di prove geotecniche in sito GEOPROGETTI S.r.l. di Medolla.

Oltre alle prove eseguite nel Novembre 2023 si prende in considerazione anche una prova penetrometrica elettrica CPTU eseguita nel Giugno 2019, nel sito di ubicazione dei bacini di stoccaggio, dove verranno relizzate le vasche silos.

Le prove sono state spinte alla profondità di - 20.00 m dal piano campagna per la definizione in dettaglio delle caratteristiche litologiche e stratigrafiche fino a tale quota e per l'analisi rischio liquefazione delle sabbie.

Al fine di produrre un'analisi di pericolosità sismica locale, determinare il valore della velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s equivalente) e fornire la frequenza fondamentale del sito, si sono eseguite in data 22/11/2023, una prova di sismica passiva di microtremitori HV e una prova in sismica attiva MASW in onde Rayleigh.

La zona oggetto di studio si trova in zona agricola presso la frazione di Fosdondo. Il sito ha accesso da Via Ronchi, collegata a nord a Via Fosdondo SP47.

Le coordinate geografiche dell'area sono 44°46' 12"N e 10°42' 23"E ad una quota di 30 m s.l.m..

I centri abitati vicini sono:

Bagnolo in Piano a circa 2.70 Km a W

Correggio a circa 5.80 Km a E

Massenzatico a circa 3.70 Km a S

San Michele a circa 1.70 Km a N

Oltre che a varie frazioni e località.

Il territorio del Comune di Correggio è situato a Nord della provincia di Reggio Emilia e ricade nel settore assiale della Pianura Padana "propriamente detta".

L'area, secondo quanto indicato nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Reggio Emilia approvato nel Giugno 2010, ricade nell'Unità di Paesaggio indicata con il numero 4 "Pianura orientale", compresa tra il dosso insediato Bagnolo-Novellara e il confine modenese.

Nel Piano Regolatore Generale del Comune di Correggio, Variante approvata con Deliberazione C.C. n.91 del 26/07/2013, l'area si trova in "Zona E1 agricola normale" (art.94).

Dal punto di vista morfologico l'area di interesse non è caratterizzata da elementi di tutela, in un'area valliva.

Dal punto di vista idrogeologico, a livello locale, dall'analisi delle prove penetrometriche spinte a - 20.00 m dal p.c. non si riscontrano orizzonti acquiferi.

La stratigrafia riscontrata evidenzia terreni argillosi e limo argillosi da impermeabili a poco permeabili.

Nei sedimenti più superficiali di natura argillosa e limo-argillosa sono presenti livelli limosi nei quali si ha una circolazione idrica lenta e poco significativa causa della bassa permeabilità dei depositi ospitanti (complesso Acquifero denominato A0).

Tale orizzonte freatico assume caratteristiche di acquitardo e non di acquifero ed è prevalentemente alimentato dalle infiltrazioni meteoriche dalla superficie che risultano massime nelle zone agricole e minime nelle aree urbanizzate dove sono presenti coperture impermeabili.

Il livello dell'orizzonte freatico è stato misurato in foro, durante l'esecuzione delle prove penetrometriche in data 23/11/2023 alla quota di - 2.80 metri dal p.c.

Lo stralcio di carta della "Soggiacenza della falda freatica", del PSC comunale, mostra come l'area di interesse ricade in un valore di soggiacenza di circa -2.50 m dal piano campagna.

Altre misure freatimetriche in sito sono state eseguite nel Giugno 2019 in un periodo particolarmente ricco in precipitazioni, a -2.50 m dal p.c. e nel Giugno 2009 a - 4.00 m dal p.c.

Si sottolinea che i livelli, fanno riferimento a misure relative alla falda freatica presente nella piana alluvionale per infiltrazione meteorica, non all'acquifero.

Considerate le misure eseguite in sito in periodi stagionali diversi di ricarica del freatico e in anni diversi, considerate e le analisi di bibliografia, si ritiene che la profondità di - 2.00 m sia il livello massimo del freatico nel sito di studio.

L'analisi sito specifica di pericolosità idraulica definisce il sito di studio:

- **Ricade all'interno della fascia fluviale definita dal PAI come «Fascia C» o P2 per la Variante PAI (cioè aree interessate da alluvioni poco frequenti) ;**
- **Rientra come ambito territoriale di appartenenza nel RETICOLO NATURALE SECONDARIO DI PIANURA RSP ;**
- **È classificato a pericolosità M - P2 nell'ambito delle Mappe di scenario di pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti prodotta nell'ambito del PGRA redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po (Direttiva Alluvioni 2022) per il Reticolo Secondario Artificiale, (Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno tra 100 e 200 anni – media probabilità).**
- **E' classificato come classe di rischio R1 nella Carta del Rischio Potenziale Massimo per Reticolo Secondario Artificiale Aggiornamento 2019: rischio moderato o nullo.**

Per quanto attiene la caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica, le sequenze definite dalle prove si presentano omogenee negli spessori degli strati litologici nei vari punti indagati.

Al di sotto del terreno vegetale, sono presenti argille compatte asciutte sovraconsolidate;

- Al di sotto del terreno vegetale, sono presenti argille compatte asciutte sovraconsolidate;
- Dalla quota di - 1.60 m dal p.c. si trovano argille debolmente limose compatte;
- Da - 5.00 m a - 8.40 m si trovano limi e limi argillosi poco consistenti;
- Da - 8.40 m a - 10.00 m si trovano argille compatte;
- Da - 10.0m a - 20.00 m si trovano argille molto compatte.

Il cap. 6.2.2. del DM 2018 detta: " ... Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro per ogni stato limite considerato. I valori caratteristici delle proprietà fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni devono essere dedotti dall'interpretazione dei risultati di specifiche prove di laboratorio su campioni rappresentativi di terreno e di prove e misure in sito"

Come da quanto indicato in norma di seguito si riportano i parametri caratteristici in termini di resistenza dei terreni indagati derivati da prove penetrometriche mediante trasformazioni indirette della geotecnica classica in condizioni non drenate e drenate secondo una stima ragionata e cautelativa.

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (KN/m ³)	c' _k (kPa)	ϕ'_k (°)	C _{uk} (kPa)	Indice Plastico I _p	OCR
0.00 - 1.60	ARGILLE COMPATTE ASCIUTTE SOVRACONSOLIDATE	17	19	8÷10	17÷19	78	15	5
1.60 - 5.00	ARGILLE DEBOLMENTE LIMOSE CONSISTENTI	17	19	7÷9	16÷18	60	18	2
5.00 - 8.40	LIMI E LIMI ARGILLOSI POCO COMPATTI	15	18	4÷6	14÷15	40	25	2
8.40 - 10.00	ARGILLE COMPATTE	17	19	9÷11	17÷19	75	15	2
10.0 - 20.0	ARGILLE MOLTO COMPATTE	17	19.50	11÷13	20÷22	100	15	5

Si riportano inoltre i parametri geotecnici in termini di deformabilità dedotti da prove di laboratorio eseguite su campioni di terreno paragonabili a quelli indagati e da dati di bibliografia.

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (KN/m ³)	Coeff.di Poisson (v)	Modulo elastico E'(kPa)	Modulo Edometrico Ed (kPa)
0.00 - 1.60	ARGILLE COMPATTE ASCIUTTE SOVRACONSOLIDATE	17	19	0.45	/	6000÷8000
1.60 - 5.00	ARGILLE DEBOLMENTE LIMOSE CONSISTENTI	17	19	0.45	/	7000÷9000
5.00 - 8.40	LIMI E LIMI ARGILLOSI POCO COMPATTI	15	18	0.45	/	4000÷5000
8.40 - 10.00	ARGILLE COMPATTE	17	19	0.45	/	7000÷9000
10.0 - 20.0	ARGILLE MOLTO COMPATTE	17	19.50	0.36	/	12000÷15000

Per la determinazione dei valori teorici delle resistenze di progetto (R_d) è stato considerato l'approccio DA2(A1+M1+R3) in **condizioni drenate e non drenate e statiche ipotizzando due impronte di fondazione superficiale:**

TRAVE impostata a - 1.00 m dal piano campagna attuale per la realizzazione degli edifici adibiti a porcilaie e deposito

Combinazione – (A1+M1+R3) - STR+GEO

CONDIZIONI DRENATE A LUNGO TERMINE

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: Hansen 1970

Carico limite [Qult] 252.52 kN/m²

Resistenza di progetto[Rd] 109.79 kN/m²

Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] --

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 10100.89 kN/m³

CONDIZIONI NON DRENATE A BREVE TERMINE

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite [Qult] 381.12 kN/m²

Resistenza di progetto[Rd] 165.70kN/m²

Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] --

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 10100.89 kN/m³

PLATEA CIRCOLARE impostata a - 2.40 m per le vasche di stoccaggio.

Combinazione – (A1+M1+R3) - STR+GEO

CONDIZIONI DRENATE A LUNGO TERMINE

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: Hansen 1970

Carico limite [Qult] 468.76 kN/m²

Resistenza di progetto[Rd] 203.81 kN/m²

Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] --

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 18750.26 kN/m³

CONDIZIONI NON DRENATE A BREVE TERMINE

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite [Qult] 410.88 kN/m²

Resistenza di progetto[Rd] 178.64kN/m²

Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] --

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 16435.20 kN/m³

Per l'analisi di pericolosità sismica di base in un analisi di I livello, il sito di studio nella "Carta degli effetti locali", del PSC Comunale, rientra nelle zone di argille, argille limose, limi argillosi, a grado di consistenza medio elevato-elevato. **Gli effetti attesi sono: amplificazione per caratteristiche litologiche e potenziali cedimenti.**

Nelle Carte di microzonazione sismica di II livello "Carta degli effetti attesi", l'area di interesse ricade in "area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche". Fattori di Amplificazione per $V_{s30} < 250$ m/s FA PGA=1.5 ; FAIS 0.1s-0.5s = 1.8 ; FAIS 0.5s-1.0s = 2.3÷2.5

Per l'analisi di pericolosità sismica di base si è condotto un approfondimento di II livello mediante

indagini in sismica attiva MASW e passiva a stazione singola (HVSr) in sito, sia per la definizione del valore puntuale della frequenza fondamentale dei terreni di fondazione (f_0) sia per la determinazione della categoria di suolo richiesta dalla normativa, mediante la ricostruzione delle $V_{s,eq}$.

Relativamente alle **frequenze caratteristiche di sito**, abbiamo un **picco stratigrafico** caratteristico alla frequenza fondamentale di 0.63 Hz e periodo caratteristico di 1.6 s che rappresenta un contrasto di impedenza profondo 170/180 m. Il rapporto H/V evidenzia contrasti di impedenza deboli ($2 < H/V < 3$) in caso di moto sismico.

Secondo quanto indicato nelle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 § 3.2.2.:

“I valori di V_S sono ottenuti mediante specifiche prove..... La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ ”

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

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

N numero di strati;

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

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

Il profilo di V_s con la profondità e il valore di $V_{s,eq}$ è stato ricavato dall'analisi congiunta della tecnica in sismica attiva (che rappresenta bene le alte frequenze e quindi gli strati di terreno più superficiale) con quella in sismica passiva (che rappresenta bene le basse frequenze e quindi gli strati di terreno più profondo), vincolando le curve spettrali alle prove CPT e CPTU.

$V_{s,eq} = V_{s(30)}$: 198 m/s

“Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3.

In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_S per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.....

Per il sito di studio le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni sono riconducibili alle categoria **di sottosuolo di tipo C definita nella Tab. 3.2.II:**

- **Presenza di terreni a grana fine mediamente consistenti caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 180 e 360 m/s definiti da prove sismiche in sito,**
- **profondità del substrato oltre i 30 metri,**
- **manca nel volume significativo di sottosuolo indagato con prove geognostiche e sismiche di contrasti di impedenza, nè inversioni di velocità significative, quindi la stima della V_{seq} non è soggetta a incertezze,**
- **edifici ad uso porciolaia con classe d'uso II, quindi non strategici .**

Conformemente alla Normativa, si fa riferimento a un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento e si classifica il sito in categoria C ($V_s, eq = V_s_{(30)}: 198 \text{ m/s}$).

Considerato comunque l'intervento di progetto, si è prodotta un'analisi di pericolosità sismica locale con approfondimento di III livello:

- una modellazione numerica con sets accelerometrici di input opportunamente selezionati, al fine di fornire i parametri spettrali e il valore di amplificazione litologica quale effetto di sito atteso;
- un'analisi rischio liquefazione con metodi semplificati da prove CPT e CPTU;
- calcolo dei cedimenti post sismici.

Si è quindi eseguita una modellazione numerica con analisi di pericolosità sismica di III livello al fine di fornire gli spettri di risposta con periodo di ritorno di 475 anni e smorzamento $\xi = 5\%$. I 7 spettri attesi e lo spettro medio sono indicati nella figura 38 e 39.

Gli spettri vengono confrontati con gli spettri di norma per un suolo di tipo C, per un suolo di tipo D (classe d'uso II).

Nella figura 41 viene riportato lo spettro medio ottenuto in superficie fino a $T=0.5 \text{ s}$ e confrontato con gli spettri di norma di tipo C e D, in cui si evidenzia che per periodi inferiori a 0.5 s lo spettro ottenuto dall'analisi di RSL è inferiore allo spettro di norma ottenuto con procedura semplificata per un suolo di tipo C.

Nella figura 42 viene riportato lo spettro medio ottenuto in superficie da $T=0.5 \text{ s}$ a $T = 1.5 \text{ s}$ e confrontato con lo spettro di norma di tipo C e di tipo D e si evidenzia che per periodi superiori a 0.5 s lo spettro ottenuto dall'analisi di RSL è superiore a un suolo di tipo C e invilupato dallo spettro di norma per un suolo di tipo D.

Le accelerazioni massime attese in superficie (PGA) per i sette sismi di riferimento e l'accelerazione media sono indicati nella tabella di seguito. Il valore dell'accelerazione media $a_g = 0.22$, il valore massimo è pari a 0.25 .

	1. IT0270ya	2. IT0281xa	3. IT0103ya	4. IT0103xa	5. IT0137ya	6. IT090ya	7. IT488ya	Media
ag max	0.26	0.20	0.25	0.20	0.20	0.24	0.20	0.22

Si riporta, nella tabella di seguito, il fattore di amplificazione PGA/PGA_0 (rapporti di accelerazione massima orizzontale calcolati in riferimento al valore massimo di PGA desunto dall'accelerogramma calcolato per ognuno dei 7 sismogrammi normalizzati e il valore di PGA_0 pari a $0.150g$) in relazione alla modellazione di suolo adottata.

Si riportano inoltre i valori di Intensità spettrale in pseudovelocità FV di Housner da 0.1 a 0.5 s e da 0.5 e 1.0 s

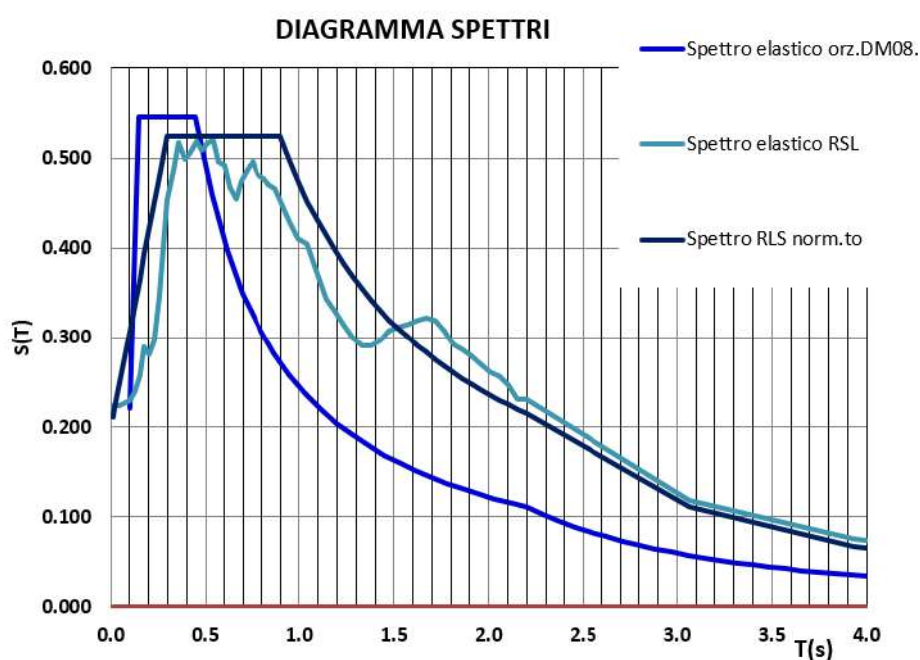
	1. IT0270ya	2. IT0281xa	3. IT0103ya	4. IT0103xa	5. IT0137ya	6. IT090ya	7. IT488ya	MEDIA
Fattore di amplificazione PGA/PGA_0	1.75	1.34	1.69	1.35	1.33	1.63	1.34	1.49
Intensità spettrale (spettro di risposta in pseudovelocità) $0,1 - 0,5 \text{ s}$	1.61	1.08	1.39	1.07	1.28	1.63	0.87	1.28
Intensità spettrale (spettro di risposta in pseudovelocità) $0,5 - 1 \text{ s}$	1.98	1.72	1.74	1.53	1.78	1.99	1.28	1.72

Dall'analisi di risposta sismica locale risulta che l'accelerazione massima attesa in superficie ottenuta dalla media per i 7 sismi di riferimento è pari a **0.22g**, mentre il valore massimo è **0.25**; il fattore di amplificazione stratigrafico medio è **PGA/PGA₀ = 1.49**.

Per quanto attiene al calcolo dei Fattori di Amplificazione, in conformità alla *DGR 630/2019 e s.m.i. di cui alle DGR 476/2021 e 564/2021*, si riportano, le Amplificazioni calcolate per lo spettro ottenuto dall'analisi di RSL per i periodi compresi fra 01 - 05 s ; 04 - 08 s; 07 - 1.1sec.

	ID15621_1xa	ID15621_2xa	ID15621_3xa	ID15621_4xa	ID15621_5xa	ID15621_6xa	ID15621_7xa	MEDIA
SA1 01 - 05	1.61	1.02	1.38	1.04	1.13	1.60	0.86	1.23
SA2 04 - 08	1.81	1.40	1.56	1.23	1.62	1.82	1.01	1.49
SA3 07 - 1.1	1.95	1.83	1.75	1.70	1.89	1.97	1.47	1.79

Si definisce infine, lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale normalizzato secondo le indicazioni del cap. 3.2.3.2 NTC 2018.



Normalizzazione spettro Risposta Sismica Locale			
<i>Parametri indipendenti:</i>			
accelerazione orizzontale massima al sito	ag / g		0.150*g
amplificazione spettrale massima	Fo		2.630
smorzamento	η		1.000
Amplificazione sismica max locale (da grafico)	Se(T) max		0.525*g
<i>Parametri dipendenti:</i>			
Coeff. di amplificazione locale (DM08 eq. 3.2.4)	=Se(max)/ag*η * Fo	S _{RSL}	1.331
Periodo caratteristico (leggere da grafico)	T _B =	s	0.300
Periodo caratteristico (leggere da grafico)	T _C =	s	0.900
Periodo caratteristico (DM2008 formula 3.2.9)	T _D =		2.199

Anche se non richiesto dagli studi di microzonazione sismica citati, considerando che per il sito oggetto di studio, nessuna delle circostanze dettate nel capitolo 7.11.3.4.2 (NTC 2018) è soddisfatta, considerando che dalla valutazione delle caratteristiche litologiche del sito in esame, si riscontrano terreni di natura limosa occorre fare una valutazione preventiva del potenziale rischio liquefazione dei terreni riscontrati in sito.

Al fine di verificare la stabilità o criticità del sito nei confronti dei processi di liquefazione, l'analisi **rischio liquefazione è stata realizzata su tutte le verticali delle prove CPT e CPTU eseguite in sito mediante metodi semplificati, che in condizioni di free field permettono un'analisi puntuale e significativa della zona di indagine, considerando gli input di seguito descritti.**

Si sottolinea quanto indicato nell'allegato A3 della Dgr 630/2019 per l'analisi da prova penetrometrica statica CPTU con punta elettrica: " Tra i metodi semplificati di stima del potenziale di liquefazione è da preferire quello basato sui risultati di prove CPT elettriche (CPTe/CPTu)".

Secondo le indicazioni della Dgr 630/2019 è stata eseguita un'analisi dei livelli di falda e delle misure piezometriche nel capitolo 3.3 e considerando il livello del freatico misurato in sito nel Novembre 2023, nel Giugno 2019 e nel Giugno 2009 che si posiziona alla quota di - 2.80, - 2.50 e - 4.00 m dal p.c., si definisce **la massima soggiacenza della falda freatica nel sito di studio pari a - 2.00 m dal p.c.**

La Magnetudo Mw pari a 6.14 considerata, è quella della zona sismogenetica 912 di appartenenza del sito come da indicazioni dell'INGV.

Secondo quanto indicato dall'allegato A3 della Dgr 630/2019, il picco di accelerazione massima **definita dalla RSL di III livello $a_{gmax} = 0.25$.**

Per la verticale di prova, è stato riportato l'andamento del fattore di sicurezza nei confronti **della liquefazione FL(Z) fino alla profondità critica di 20 metri (Z crit) da piano campagna.**

La stima del rischio liquefazione complessivo lungo una verticale di calcolo viene fornita dal **parametro indice di liquefazione IPL che viene calcolato secondo la formula della Dgr 630/2019.**

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

z_{crit} è la profondità critica, ovvero la profondità massima entro la quale può verificarsi la liquefazione, che di norma si assuma pari a 20 m.

Tra i vari metodi semplificati da prove CPT che permettono un'analisi puntuale del rischio liquefazione riconosciuti dalla Comunità Scientifica Internazionale, si è scelto, di utilizzare come metodo semplificato di analisi, **Idriss e Boulanger 2008 che è indicato al punto 3.3 della determinazione regionale n. 1105 del 03/02/2014** redatta ai fini degli interventi esecutivi per mitigare il rischio liquefazione, come *"quello meglio compatibile con gli effetti osservati in sito dal confronto fra i vari metodi utilizzati dal gruppo di lavoro che ha effettuato la microzonazione sismica di cui all'Ordinanza del Commissario delegato n. 70/2012 "*. Si ritiene, inoltre, sulla base di risultati di diverse analisi eseguite in sito dalla scrivente nel territorio interessato dagli eventi sismici del 2012 che, come da quanto indicato nella Dgr 1105 /2014, in fase di progetti esecutivi, il metodo semplificato di Idriss e Boulanger (2008) sia quello che meglio analizza e definisce il valore dell'indice IPL e del rischio liquefazione.

Il calcolo dell'indice IPL è stato definito per le prove meccaniche, considerando le equazioni di regressione CPTe funzione di CPT meccanica in considerazione del fatto che tutti i metodi semplificati di calcolo dell'indice di liquefazione sono stati pensati e basati su prove CPTe e non su prove CPT meccaniche.

Per quanto considerato, si ritiene che gli input scelti per le verifiche (a_{gmax} , livello di falda, Mw e metodi di analisi) sono tutti stati definiti a favore di cautela, si ritiene pertanto che l'analisi rischio liquefazione eseguita sulle verticali delle prove CPTU e CPT eseguite in sito, sia adeguata ai terreni presenti nel suolo e sottosuolo del sito di ubicazione delle strutture da realizzare.

Si sintetizzano di seguito i risultati ottenuti

PROVA	a_g	LPI Idriss & Boulanger 2008 con applicata l'equazione di regressione tra CPTe e CPTM	LPI Idriss & Boulanger 2008	RISCHIO (Sonmez 2003)	SPESSORI STRATI (m)	PROFONDITA' (m)
CPT1	0.25	0	/	BASSO	/	/
CPT2	0.25	0	/	BASSO	/	/
CPT3	0.25	0	/	BASSO	/	/
CPTU1 2023	0.25	/	0	BASSO	/	/
CPTU1 2019	0.25	/	1.45/	BASSO	0.60	9.00÷9.40

Sulla base delle verifiche eseguite sulle verticali di prova il valore dell'Indice del potenziale di liquefazione IPL è BASSO secondo la classificazione che segue il metodo Somenz 2003.

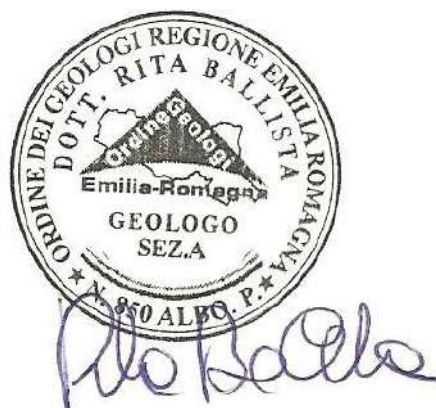
Cautelativamente in un'analisi di III livello si sono calcolati i cedimenti post sismici.

Considerata la stratigrafia del sito in esame e le caratteristiche geotecniche e di deformabilità dei terreni superficiali e profondi, i cedimenti post sismici da definire per il sito di studio sono del tipo: terreni coesivi soffici e plastici nello strato compreso fra 5.0 e 8.40 metri.

Non essendoci terreni sabbiosi potenzialmente liquefacibili non ci sono cedimenti post sismici del tipo: granulari saturi potenzialmente liquefacibili.

I cedimenti indotti dall'azione sismica nei terreni coesivi soffici si stima dell'ordine di 2.8 cm. Si sottolinea che i cedimenti per consolidazione di terreni coesivi molli posso richiedere tempi anche molti lunghi in funzione delle condizioni stratigrafiche e geotecniche, per lenta dissipazione delle pressioni interstiziali in terreni argillosi poco permeabili.

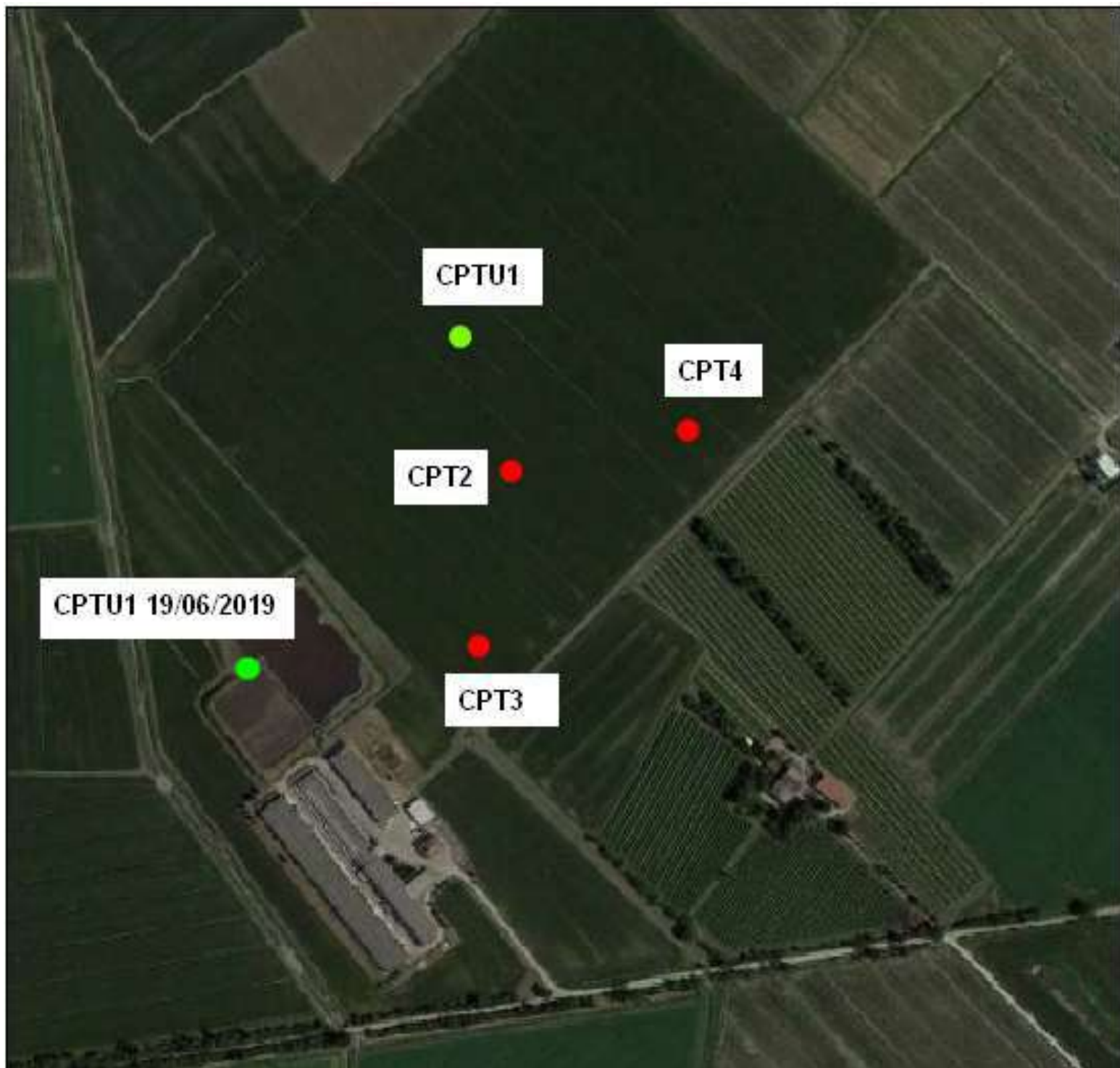
Dott. Geol. RITA BALLISTA



ALLEGATI

1. UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE CPT E CPTU E SISMICHE MASW HVRS ESEGUITE
2. DIAGRAMMI PROVE PENETROMETRICHE STATICA CPT E CPTU
3. RICOSTRUZIONE LITOLOGICHE DI DETTAGLIO
4. CORRELAZIONI PROVE CPT E PARAMETRI GEOTECNICI
5. REPORT DI DETTAGLIO PROVA CPTU ESEGUITA IL 23.11.2023
6. REPORT DI DETTAGLIO PROVA CPTU ESEGUITA IL 19.06.2019
7. REPORT INDAGINI SISMICHE

UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE CPT E CPTU



UBICAZIONE INDAGINI SISMICHE

Ubicazione

Scala 1:2500



LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

ALL. N.2

Strumento utilizzato:

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

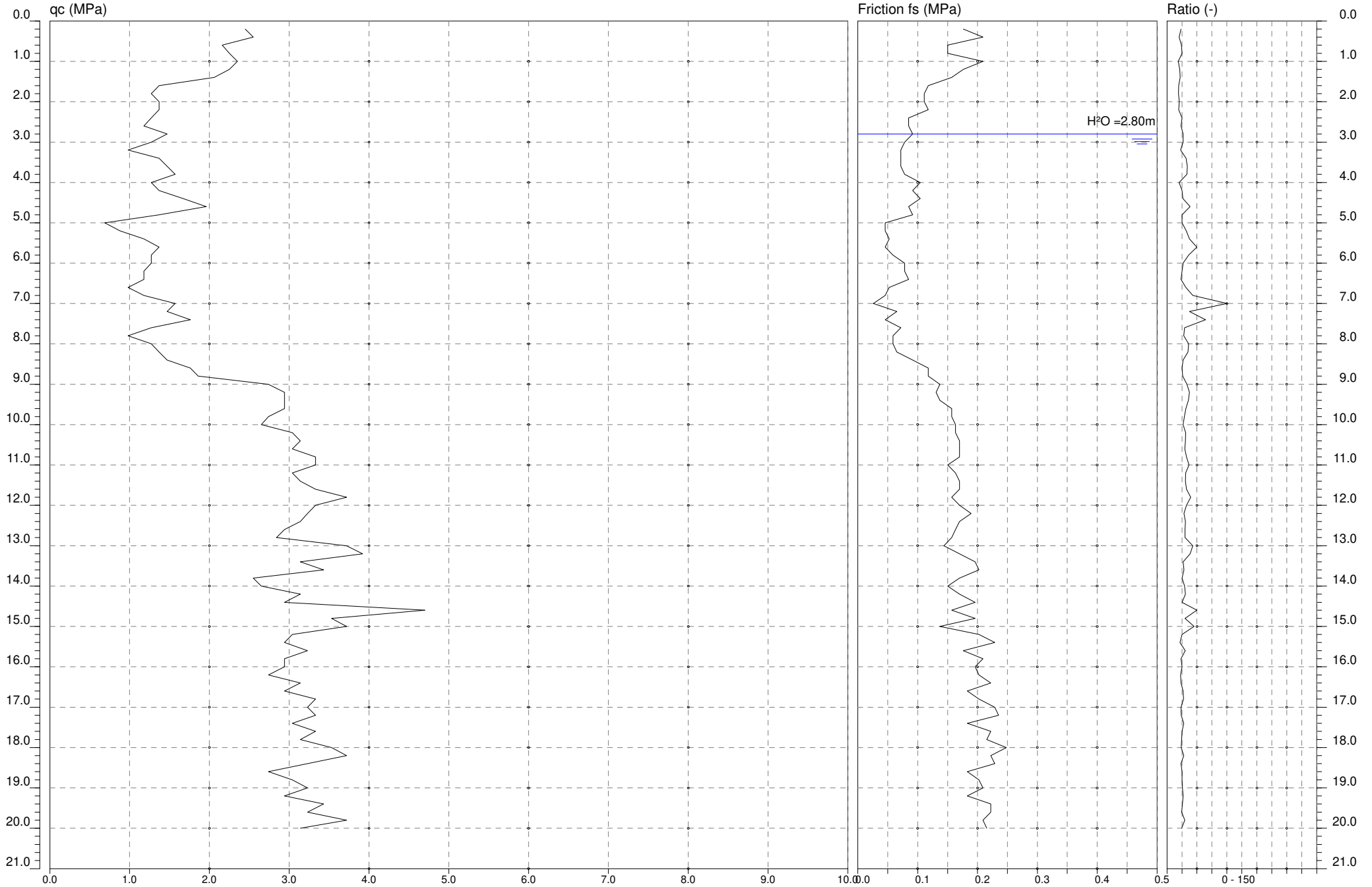


GEOPROGETTI SRL
Laboratorio di prove geotecniche in sito
Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006
Sede legale: Via Genova, 1/8 - 41036 Medolla (MO)

Committente: PIG GREEN ITALIA SRL SOC AGR
Cantiere: FOSDONDO DI CORREGGIO VIA RONCHI
Data: 23/11/2023

Quota:
Preforo:
Falda: -2.80

Prova n° 1



20.000 m

Sperimentatore: Dott. Geol. PAOLO CESTARI

Direttore Laboratorio: Dott. Geol. RITA BALLISTA

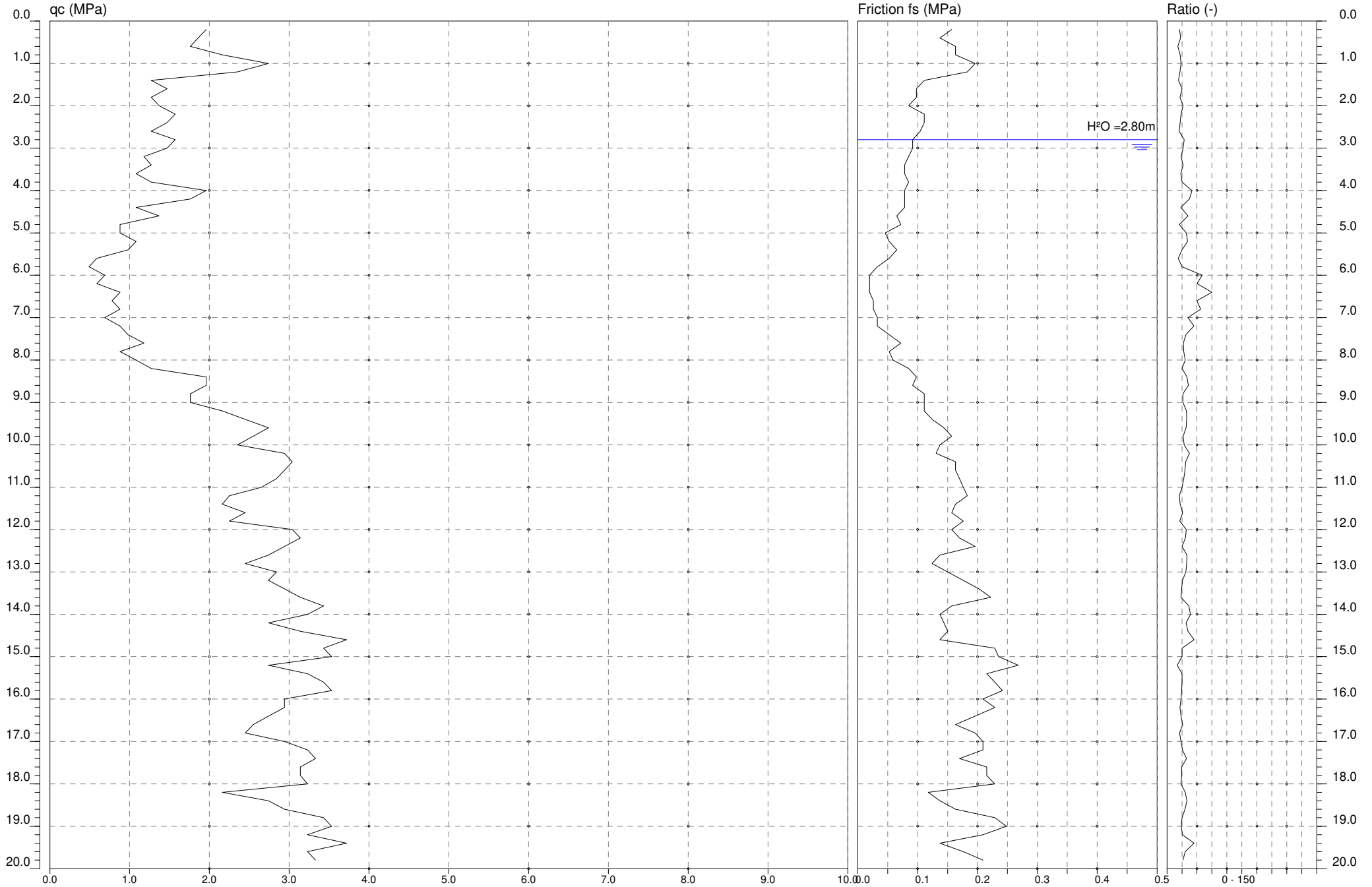


GEOPROGETTI SRL
Laboratorio di prove geotecniche in sito
Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006
Sede legale: Via Genova, 1/8 - 41036 Medolla (MO)

Committente: PIG GREEN ITALIA SRL SOC AGR
Cantiere: FOSDONDO DI CORREGGIO VIA RONCHI
Data: 23/11/2023

Quota:
Preforo:
Falda: -2.80

Prova n° 2



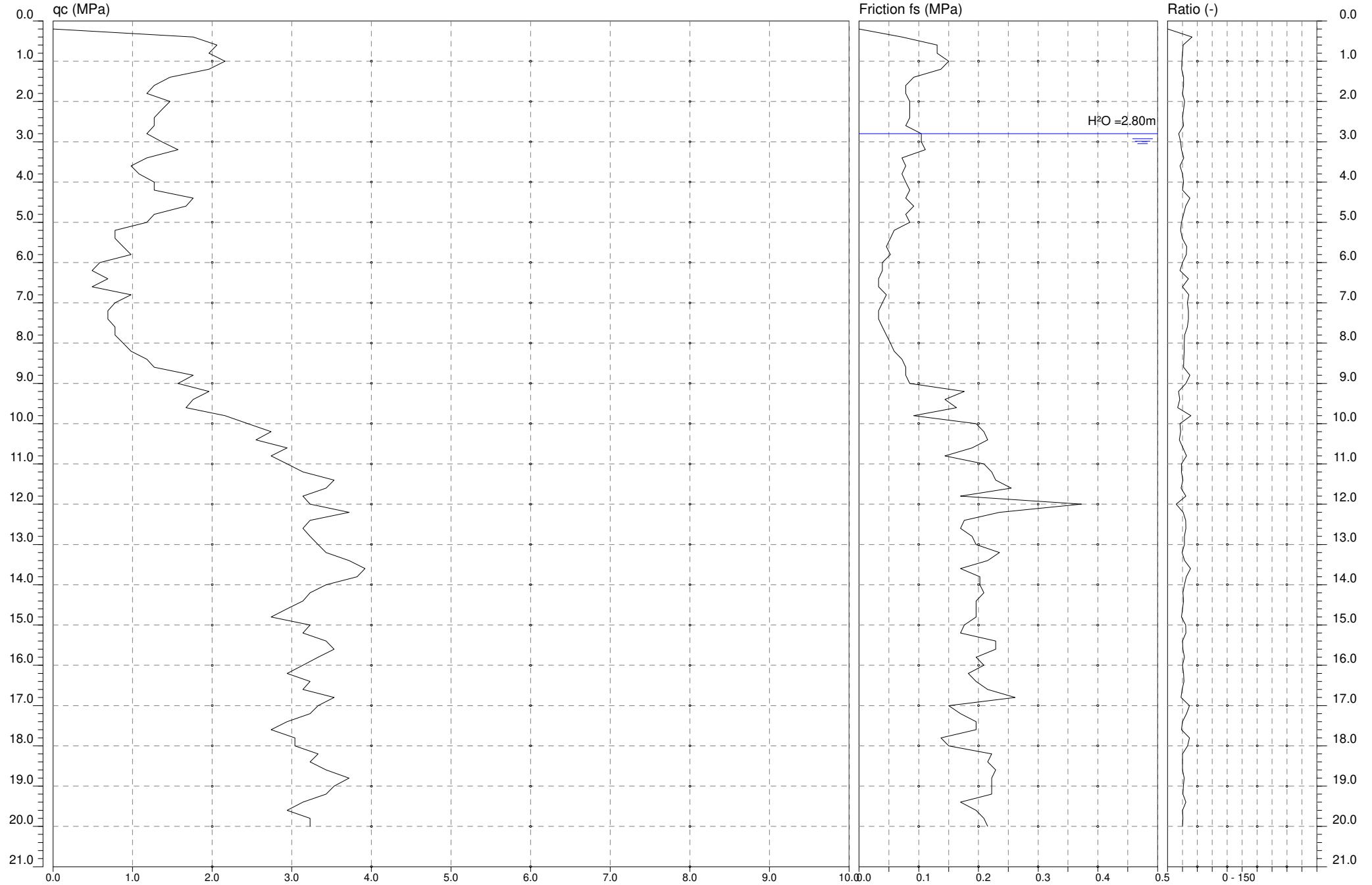


GEOPROGETTI SRL
Laboratorio di prove geotecniche in sito
Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006
Sede legale: Via Genova, 1/8 - 41036 Medolla (MO)

Committente: PIG GREEN ITALIA SRL SOC AGR
Cantiere: FOSDONDO DI CORREGGIO VIA RONCHI
Data: 23/11/2023

Quota:
Preforo:
Falda: -2.80

Prova n° 3



20.000 m

Sperimentatore: Dott. Geol. PAOLO CESTARI

Direttore Laboratorio: Dott. Geol. RITA BALLISTA

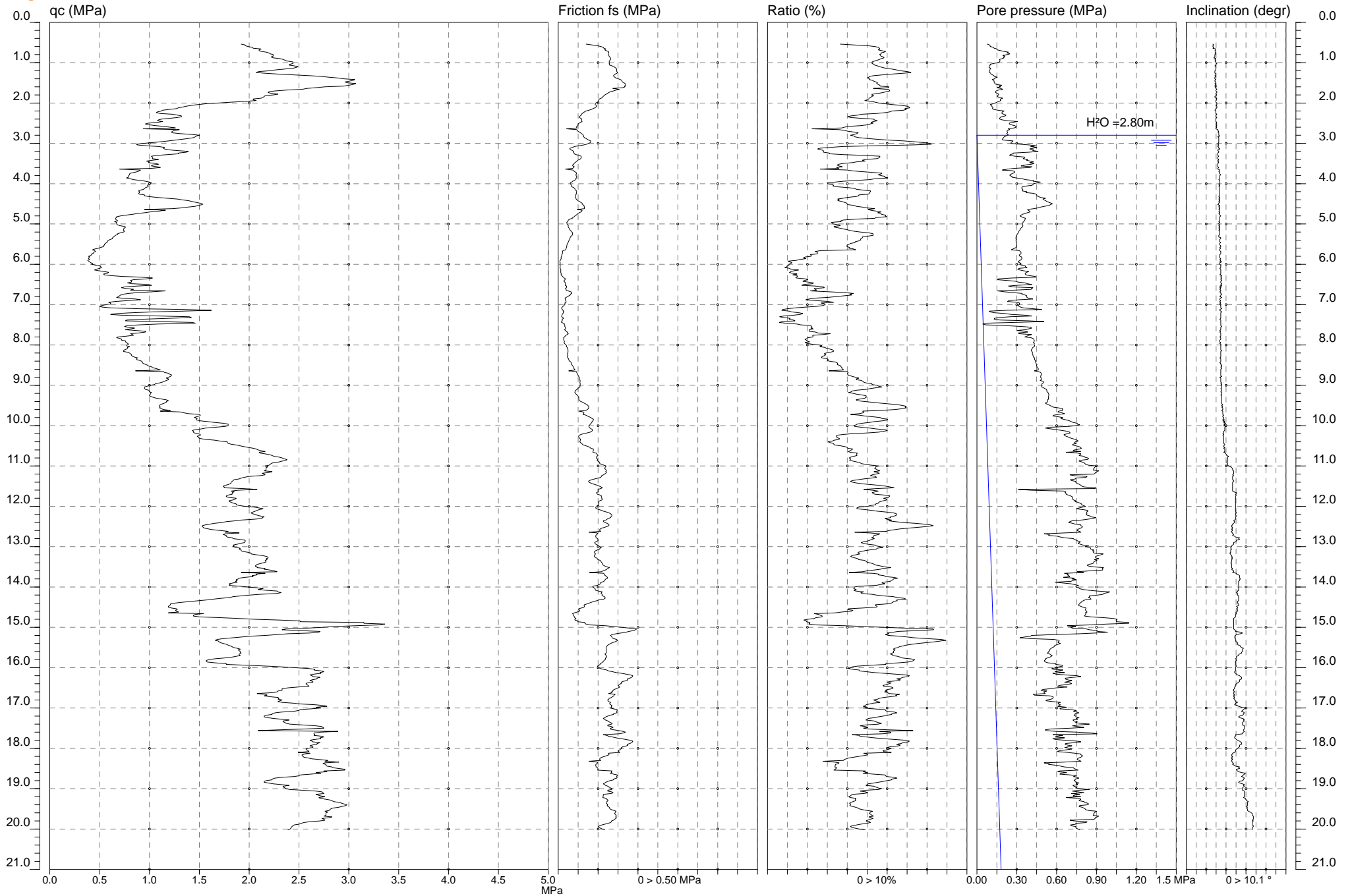


GEOPROGETTI SRL
Laboratorio di prove geotecniche in sito
Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006
Sede legale: Via Genova, 1/8 - 41036 Medolla (MO)

Committente: PIG GREEN ITALIA SRL SOC AGR
Cantiere: FOSDONDO DI CORREGGIO VIA RONCHI
Data: 23/11/2023

Quota: 0.50
Metodo: CPT
Preforo: 0.00
Falda: -2.80

Prova n° 1
Pagina: 1 di 1



20.000 m

Sperimentatore: Dott. Geol. PAOLO CESTARI

Direttore Laboratorio: Dott. Geol. RITA BALLISTA

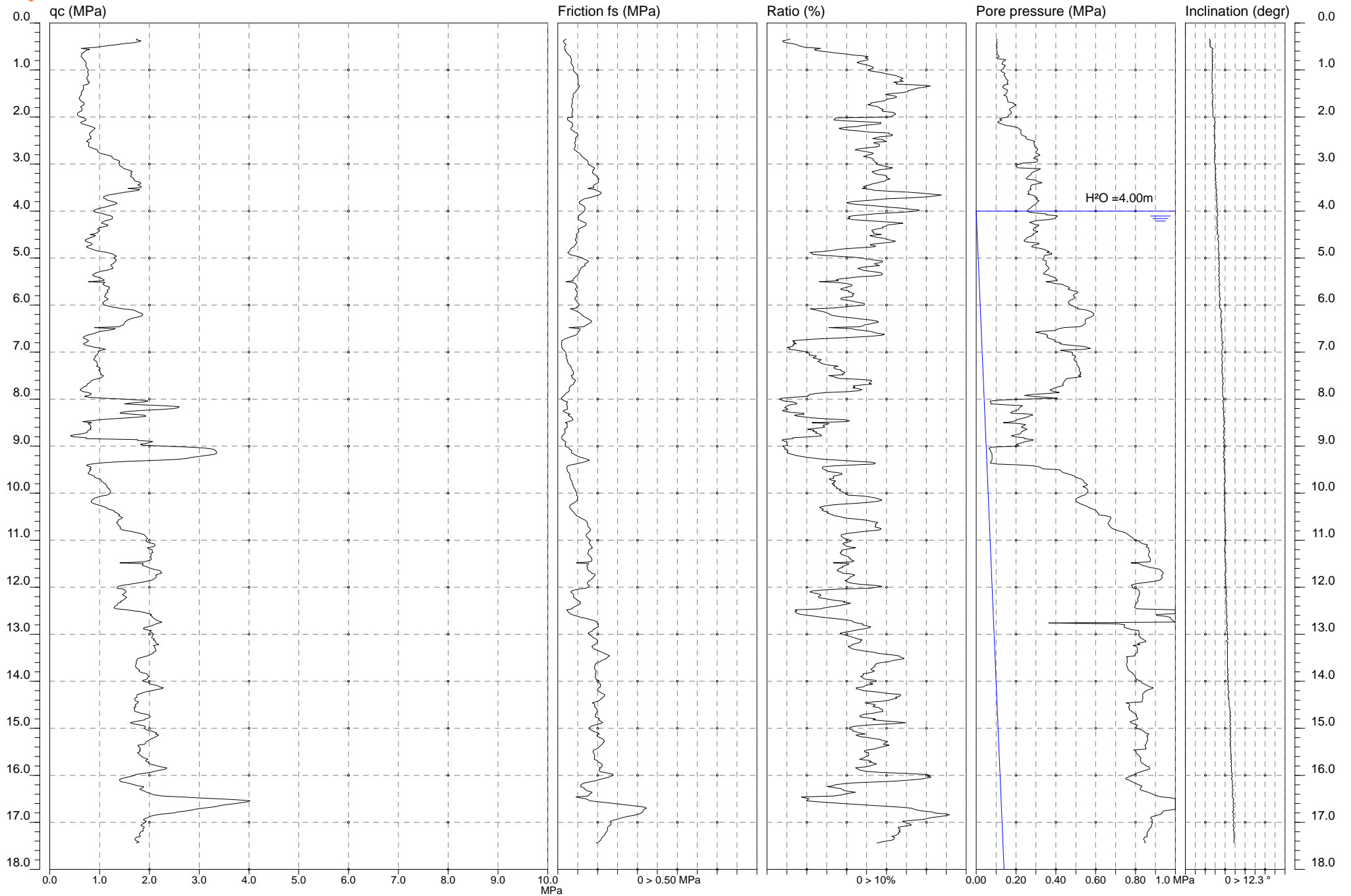


GEOPROGETTI SRL
Laboratorio di prove geotecniche in sito
Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006
Sede legale: Via Genova, 1/8 - 41036 Medolla (MO)

Committente: AZ.AGR.TIRABASSI REMO TONINO E OSCAR
Cantiere: CORREGGIO V. RONCHI N. 12 - FOSDONDO -
Data: 19/06/2019 09:31:01

Quota: 0.30
Metodo: CPT
Preforo:
Falda: -4.00

Prova n° 1
Pagina: 1 di 1



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 :

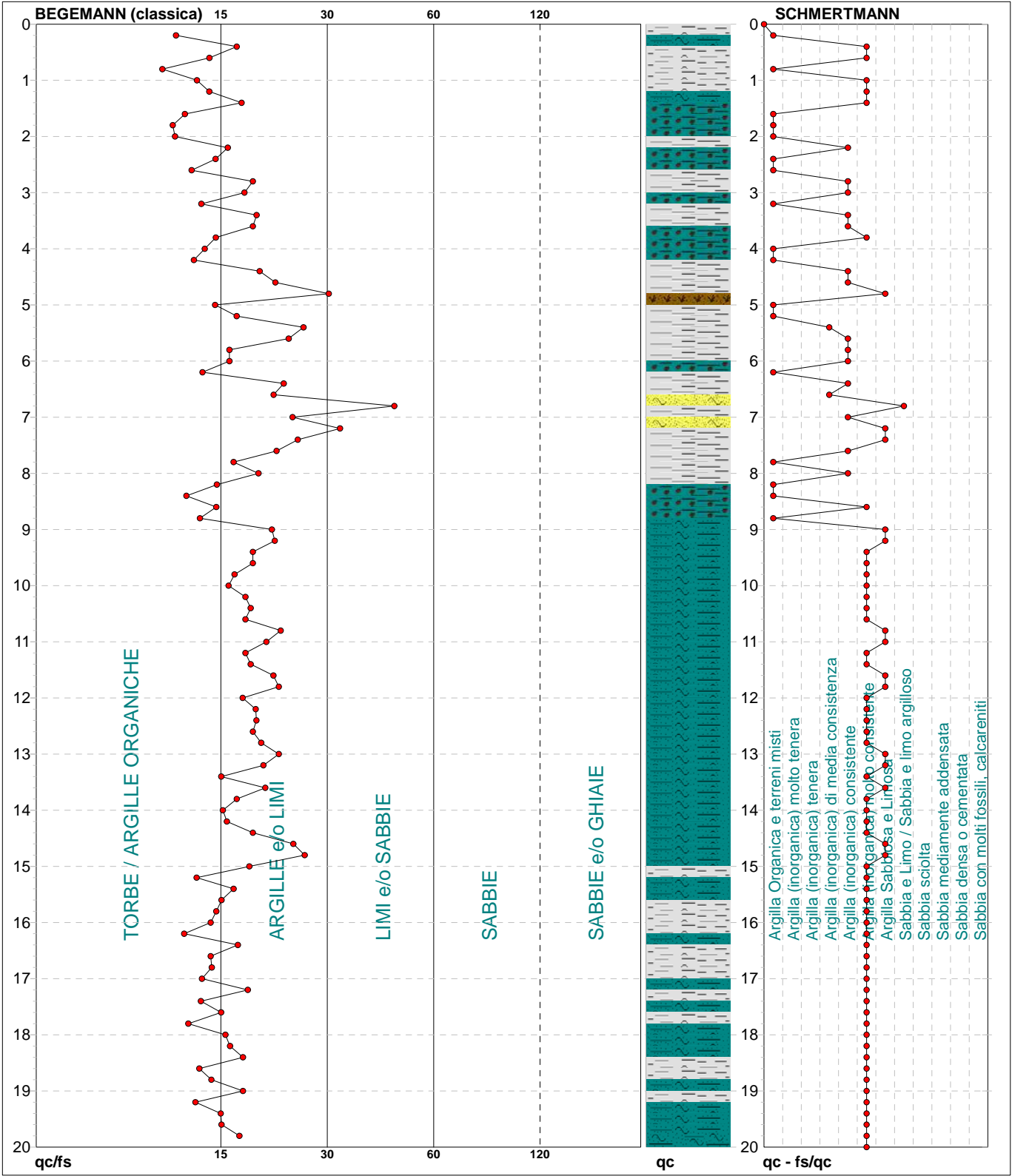
$F = q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F \leq 1470 \text{ kPa}$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$1470 \text{ kPa} < F \leq 2940 \text{ kPa}$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$2940 \text{ kPa} < F \leq 5880 \text{ kPa}$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 5880 \text{ kPa}$	SABBIE E SABBIE CON 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
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

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

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

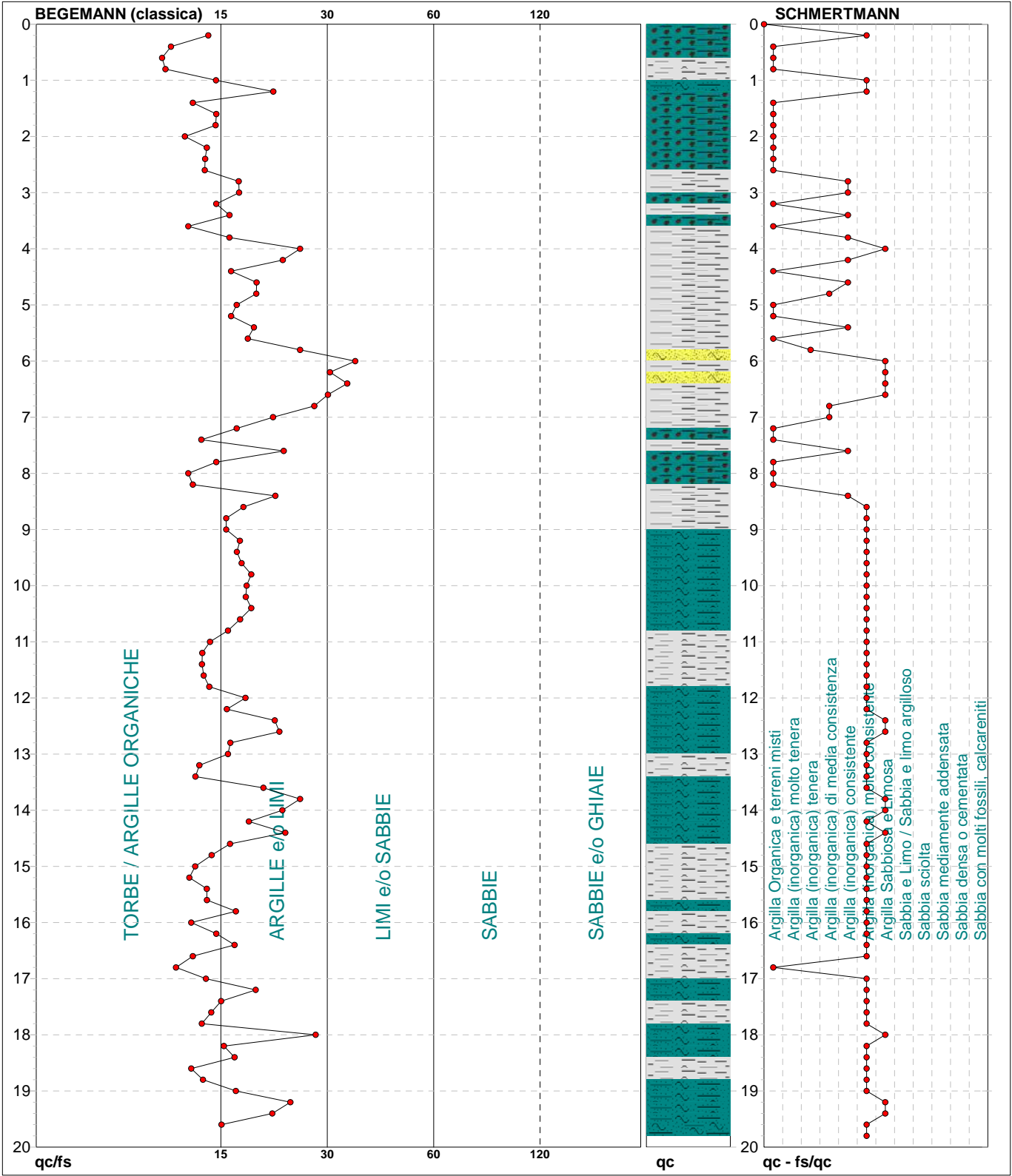


Torbe / Argille org. :	31 punti, 31.31%	Argilla Organica e terreni misti:	17 punti, 17.17%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	14 punti, 14.14%
Argille e/o Limi :	66 punti, 66.67%	Argilla (inorganica) media consist.:	2 punti, 2.02%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	1 punti, 1.01%
Limi e/o Sabbie :	2 punti, 2.02%	Argilla (inorganica) consistente:	14 punti, 14.14%		
		Argilla (inorganica) molto consist.:	51 punti, 51.52%		

Committente: PIG GREEN ITALIA SRL SOC AGR
Cantiere: FOSDONDO DI CORREGGIO VIA RONCHI
Località: FOSDONDO DI CORREGGIO VIA RONCHI

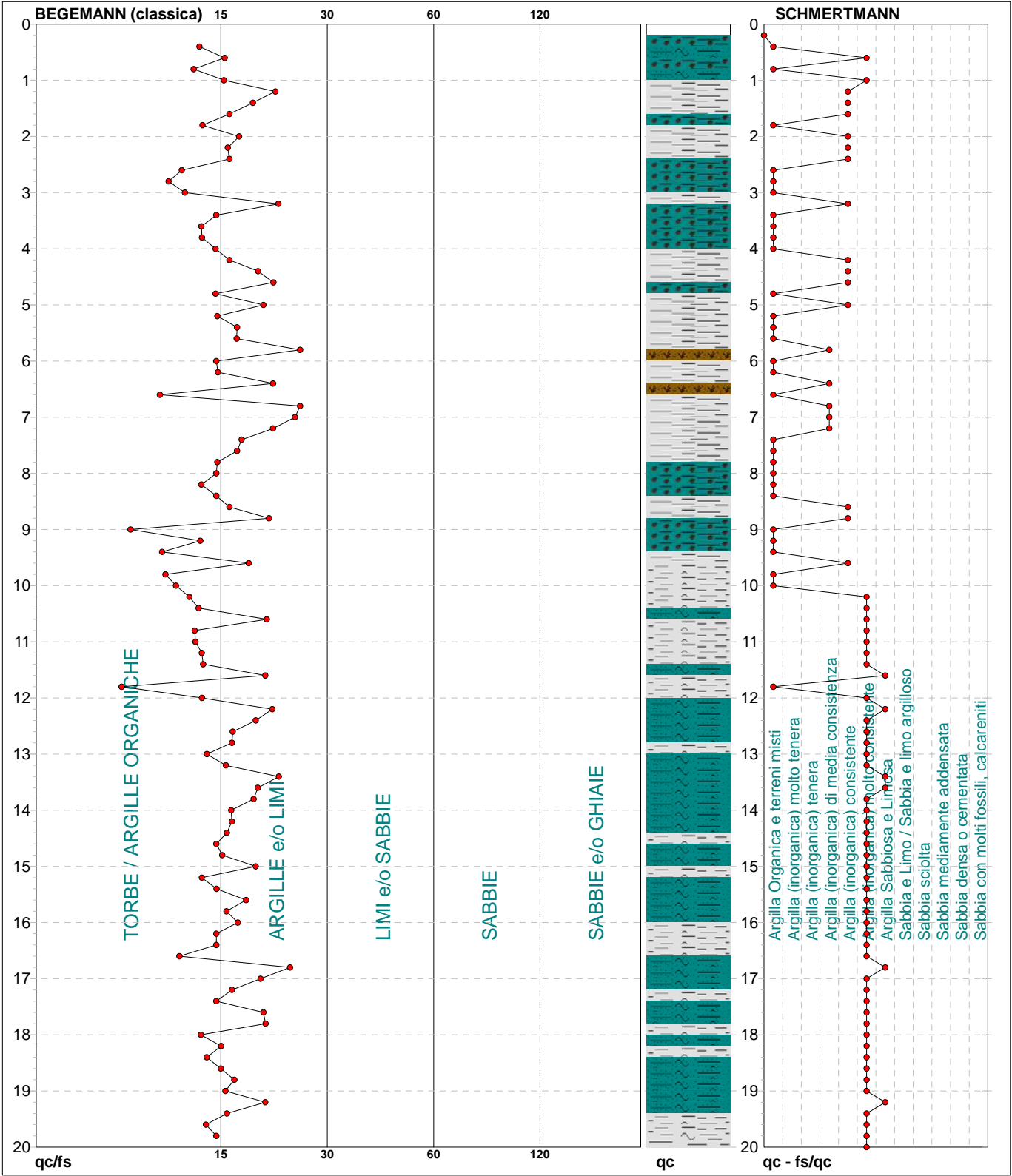
U.M.: MPa
Scala: 1:100
Pagina: 1
Elaborato:

Data eseg.: 23/11/2023
Falda: -2.80 m



Torbe / Argille org. :	39 punti, 39.39%	Argilla Organica e terreni misti:	22 punti, 22.22%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	13 punti, 13.13%
Argille e/o Limi :	57 punti, 57.58%	Argilla (inorganica) tenera:	1 punti, 1.01%		
Limi e/o Sabbie :	2 punti, 2.02%	Argilla (inorganica) media consist.:	3 punti, 3.03%		
		Argilla (inorganica) consistente:	9 punti, 9.09%		
		Argilla (inorganica) molto consist.:	50 punti, 50.51%		

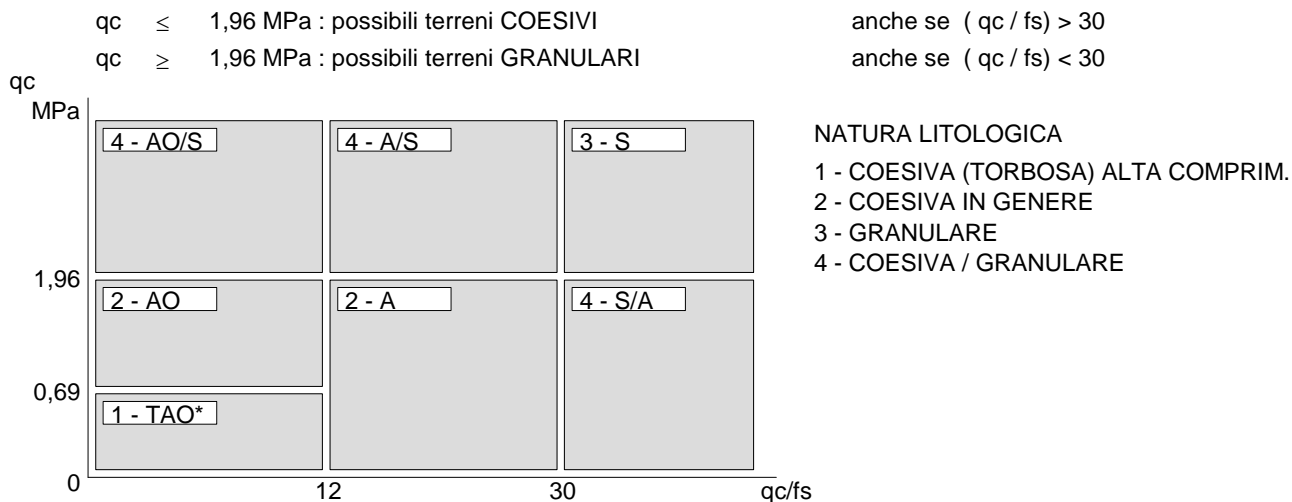
Committente:	PIG GEEN ITALIA SRL SOC. AGR	U.M.:	MPa	Data exec.:	23/11/2023
Cantiere:	FOSDONDO DI CORREGGIO VIA RONCHI	Scala:	1:100		
Località:	FOSDONDO DI CORREGGIO VIA RONCHI	Pagina:	1		
		Elaborato:		Falda:	-2.80 m -2.80



Torbe / Argille org. :	41 punti, 41.41%	Argilla Organica e terreni misti:	29 punti, 29.29%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	6 punti, 6.06%
Argille e/o Limi :	58 punti, 58.59%	Argilla (inorganica) media consist.:	5 punti, 5.05%		
		Argilla (inorganica) consistente:	14 punti, 14.14%		
		Argilla (inorganica) molto consist.:	44 punti, 44.44%		

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

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



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

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - q_c - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - q_c]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [correl. : Eu - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - q_c]
 E'_{50} - E'_{25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza $F = 2 - 4$ rispettivamente)
Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski ed altri 1983)
- M_o = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : M_o - q_c - natura]
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- Dr = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : Dr - R_p - σ'_{vo} (Schmertmann 1976)]
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : ϕ' - Dr - q_c - σ'_{vo})
 ϕ'_{Ca} - Caquot (1948) ϕ'_{Ko} - Koppejan (1948)
 ϕ'_{DB} - De Beer (1965) ϕ'_{Sc} - Schmertmann (1978)
 ϕ'_{DM} - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.) ϕ'_{Me} - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)
- F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)
(g = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (A_{max}/g) - Dr]
- Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Burrow e Stokoe 1983)

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	1
	referimento	019a-2023

Committente: PIG GREEN IALIA SRL SOC AGR	U.M.: MPa	Data exec.: 23/11/2023
Cantiere: FOSDONDO DI CORREGGIO VIA RONCHI	Pagina: 1	
Località: FOSDONDO DI CORREGGIO VIA RONCHI	Elaborato:	Falda: -2.80 m

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'_{vo} kPa	Vs m/s	Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	ϕ Sc (°)	ϕ Ca (°)	ϕ Ko (°)	ϕ DB (°)	ϕ DM (°)	ϕ Me (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	
0.20	2.5	11.7		1.85	3.6	170	89.1	99.9	15.1	22.7	7.4	100	43	42	40	37	45	28	--	4.1	6.1	7.4	
0.40	2.5	17.0		1.85	7.3	171	91.0	99.9	15.5	23.2	7.6	89	42	39	36	34	42	28	--	4.2	6.4	7.6	
0.60	2.2	14.4		1.85	10.9	168	82.9	79.5	14.1	21.1	6.5	74	40	36	33	31	40	28	--	3.6	5.4	6.5	
0.80	2.3	10.8		1.85	14.5	169	85.1	57.3	14.5	21.7	6.8	68	39	35	32	30	39	28	--	3.8	5.6	6.8	
1.00	2.4	13.3		1.85	18.1	169	87.1	44.7	14.8	22.2	7.1	64	39	34	31	29	38	28	--	3.9	5.9	7.1	
1.20	2.3	14.4		1.85	21.8	169	85.1	34.5	14.5	21.7	6.8	58	38	33	30	28	37	28	--	3.8	5.6	6.8	
1.40	2.1	17.5		1.85	25.4	167	80.7	26.7	13.7	20.6	6.2	51	37	32	29	27	36	27	--	3.4	5.1	6.2	
1.60	1.4	12.4		1.85	29.0	163	62.4	16.3	10.6	15.9	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1.80	1.3	11.5		1.85	32.6	162	59.3	13.2	10.1	15.1	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.00	1.4	11.7		1.85	36.3	163	62.4	12.4	10.6	15.9	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.20	1.4	16.1		1.85	39.9	163	62.4	11.0	10.6	15.9	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.40	1.3	14.9		1.85	43.5	162	59.3	9.2	10.4	15.5	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.60	1.2	12.9		1.85	47.1	162	56.0	7.8	11.4	17.1	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.80	1.5	18.8		0.95	49.0	164	65.3	9.0	11.6	17.4	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.00	1.3	17.8		0.93	50.8	162	59.3	7.6	12.4	18.6	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.20	1.0	13.7		0.90	52.6	160	49.0	5.7	14.1	21.1	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.40	1.4	19.2		0.94	54.4	163	62.4	7.4	13.4	20.0	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.60	1.5	18.8		0.95	56.3	164	65.3	7.6	13.7	20.6	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.80	1.6	15.0		0.96	58.2	164	68.2	7.7	14.1	21.2	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.00	1.3	14.0		0.93	60.0	162	59.3	6.2	15.7	23.6	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.20	1.4	13.1		0.94	61.8	163	62.4	6.3	16.1	24.1	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.40	1.7	19.5		0.97	63.7	165	70.9	7.2	15.9	23.8	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.60	2.0	21.5		0.93	65.6	167	78.4	7.9	15.8	23.7	5.9	26	34	27	23	22	30	27	--	3.3	4.9	5.9	
4.80	1.4	29.8		0.94	67.4	163	62.4	5.7	18.1	27.2	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.00	0.7	14.9		0.46	68.3	158	34.3	2.7	3.7	5.6	1.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.20	0.9	17.0		0.88	70.0	160	44.1	3.5	19.8	29.6	3.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.40	1.2	25.5		0.92	71.8	162	56.0	4.6	20.0	30.0	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.60	1.4	23.3		0.94	73.7	163	62.4	5.1	20.3	30.4	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.80	1.3	16.3		0.93	75.5	162	59.3	4.6	21.0	31.5	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.00	1.3	16.3		0.93	77.3	162	59.3	4.5	21.6	32.3	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.20	1.2	13.8		0.92	79.1	162	56.0	4.1	22.1	33.1	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.40	1.2	22.6		0.92	80.9	162	56.0	4.0	22.6	33.9	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.60	1.0	21.3		0.90	82.7	160	49.0	3.3	23.1	34.6	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.80	1.2	44.4		0.88	84.4	162	56.0	3.8	23.8	35.7	4.4	3	32	23	19	18	26	26	--	2.0	2.9	3.5	
7.00	1.6	23.9		0.96	86.3	164	68.2	4.7	24.0	36.0	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.20	1.5	31.9		0.89	88.0	164	65.3	4.3	24.6	36.9	4.9	9	32	24	20	19	27	27	--	2.5	3.7	4.4	
7.40	1.8	24.7		0.98	90.0	166	73.5	4.9	24.9	37.4	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.60	1.3	21.7		0.93	91.8	162	59.3	3.6	25.9	38.9	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.80	1.0	16.7		0.90	93.5	160	49.0	2.8	24.9	37.4	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.00	1.3	19.4		0.93	95.4	162	59.3	3.5	26.9	40.3	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.20	1.4	15.1		0.94	97.2	163	62.4	3.6	27.4	41.2	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.40	1.5	12.5		0.95	99.1	164	65.3	3.7	27.9	41.9	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.60	1.8	15.0		0.98	101.0	166	73.5	4.2	28.2	42.3	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.80	1.9	13.6		0.99	102.9	166	76.0	4.3	28.7	43.1	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9.00	2.7	21.1		0.96	104.8	172	94.6	5.5	28.4	42.6	8.2	27	34	26	23	21	29	28	--	4.6	6.9	8.2	
9.20	2.9	21.4		0.96	106.7	173	98.0	5.6	28.7	43.1	8.8	29	35	26	23	22	30	29	--	4.9	7.4	8.8	
9.40	2.9	18.8		0.96	108.6	173	98.0	5.5	29.4	44.1	8.8	28	35	26	23	22	30	29	--	4.9	7.4	8.8	
9.60	2.9	18.8		0.96	110.4	173	98.0	5.4	30.0	45.1	8.8	28	35	26	23	22	30	29	--	4.9	7.4	8.8	
9.80	2.7	16.8		0.96	112.3	172	94.6	5.1	30.9	46.4	8.2	25	34	26	22	21	29	28	--	4.6	6.9	8.2	
10.00	2.6	16.2		0.95	114.2	171	92.8	4.8	31.6	47.5	7.9	23	34	25	22	21	29	28	--	4.4	6.6	7.9	
10.20	3.0	17.9		0.97	116.1	174	101.3	5.3	31.7	47.6	9.1	28	35	26	23	21	29	29	--	5.1	7.6	9.1	
10.40	3.1	18.5		0.97	118.0	174	104.5	5.4	32.1	48.2	9.4	28	35	26	23	22	30	29	--	5.2	7.8	9.4	
10.60	3.0	17.9		0.97	119.9	174	101.3	5.1	33.0	49.5	9.1	27	34	26	23	21	29	29	--	5.1	7.6	9.1	
10.80	3.3	22.2		0.98	121.8	176	111.1	5.6	32.9	49.3	10.0	30	35	26	23	22	30	29	--	5.6	8.3	10.0	
11.00	3.3	20.4		0.98	123.7	176	111.1	5.5	33.5	50.3	10.0	29	35	26	23	22	30	29	--	5.6	8.3	10.0	
11.20	3.0	17.9		0.97	125.6	174	101.3	4.8	34.8	52.3	9.1	26	34	26	22	21	29	29	--	5.1	7.6	9.1	
11.40	3.1	18.5		0.97	127.5	174	104.5	4.9	35.3	52.9	9.4	26	34	26	22	21	29	29	--	5.2	7.8	9.4	
11.60	3.3	21.3		0.98	129.4	176	111.1	5.2	35.5	53.3	10.0	28	35	26	23	21	29	29	--	5.6	8.3	10.0	
11.80	3.7	22.0		0.99	131.4	178	124.1	5.8	35.0	52.5	11.2	32	35	26	23	22	30	30	--	6.2	9.3	11.2	
12.00	3.3	17.6		0.98	133.3	176	111.1	5.0	36.8	55.2	10.0	27											

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	2
	riferimento	019a-2023

Committente: PIG GREEN ITALIA SRL SOC AGR	U.M.: MPa	Data exec.: 23/11/2023
Cantiere: FOSDONDO DI CORREGGIO VIA RONCHI	Pagina: 1	
Località: FOSDONDO DI CORREGGIO VIA RONCHI	Elaborato:	Falda: -2.80 m

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'_{vo} kPa	Vs m/s	Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	ϕ_{Sc} (°)	ϕ_{Ca} (°)	ϕ_{Ko} (°)	ϕ_{DB} (°)	ϕ_{DM} (°)	ϕ_{Me} (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	
0.20	2.0	14.3		1.85	3.6	167	78.4	99.9	13.3	20.0	5.9	97	43	41	39	36	44	27	--	3.3	4.9	5.9	
0.40	1.9	11.4		1.85	7.3	166	76.0	99.9	12.9	19.4	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
0.60	1.8	10.8		1.85	10.9	166	73.5	68.4	12.5	18.7	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
0.80	2.2	11.0		1.85	14.5	168	82.9	55.5	14.1	21.1	6.5	67	39	35	32	30	39	28	--	3.6	5.4	6.5	
1.00	2.7	15.0		1.85	18.1	172	94.6	49.5	16.1	24.1	8.2	69	40	35	32	30	39	28	--	4.6	6.9	8.2	
1.20	2.4	21.2		1.85	21.8	169	87.1	35.6	14.8	22.2	7.1	60	38	33	30	28	37	28	--	3.9	5.9	7.1	
1.40	1.3	13.0		1.85	25.4	162	59.3	18.1	10.1	15.1	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1.60	1.5	15.0		1.85	29.0	164	65.3	17.3	11.1	16.7	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1.80	1.3	14.9		1.85	32.6	162	59.3	13.2	10.1	15.1	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.00	1.4	12.4		1.85	36.3	163	62.4	12.4	10.6	15.9	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.20	1.6	14.2		1.85	39.9	164	68.2	12.3	11.6	17.4	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.40	1.5	14.0		1.85	43.5	164	65.3	10.4	11.1	16.7	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.60	1.3	14.0		1.85	47.1	162	59.3	8.4	11.2	16.8	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.80	1.6	17.2		0.96	49.0	164	68.2	9.5	11.8	17.6	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.00	1.5	17.2		0.95	50.9	164	65.3	8.6	12.1	18.1	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.20	1.2	15.0		0.92	52.7	162	56.0	6.8	13.4	20.1	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.40	1.3	16.3		0.93	54.5	162	59.3	7.0	13.7	20.5	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.60	1.1	12.6		0.91	56.3	161	52.6	5.8	15.1	22.6	4.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.80	1.3	16.3		0.93	58.1	162	59.3	6.4	15.0	22.6	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.00	2.0	25.0		0.93	59.9	167	78.4	8.8	14.2	21.3	5.9	29	35	27	24	23	31	27	--	3.3	4.9	5.9	
4.20	1.8	22.5		0.98	61.8	166	73.5	7.8	15.0	22.4	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.40	1.1	16.4		0.91	63.6	161	52.6	4.9	17.6	26.4	4.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.60	1.4	19.2		0.94	65.5	163	62.4	5.9	17.4	26.1	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.80	0.9	19.1		0.88	67.2	160	44.1	3.7	19.0	28.4	3.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.00	0.9	17.0		0.88	68.9	160	44.1	3.6	19.5	29.2	3.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.20	1.1	16.4		0.91	70.7	161	52.6	4.3	19.7	29.6	4.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.40	1.0	18.9		0.90	72.5	160	49.0	3.8	20.4	30.6	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.60	0.6	18.2		0.82	74.1	158	29.4	2.0	16.5	24.7	2.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.80	0.5	25.0		0.80	75.6	157	24.5	1.5	14.3	21.4	2.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.00	0.7	35.0		0.83	77.3	158	34.3	2.3	18.7	28.0	3.2	--	31	21	17	16	25	26	--	1.1	1.7	2.1	
6.20	0.6	30.0		0.82	78.9	158	29.4	1.8	16.7	25.1	2.8	--	31	20	16	15	25	26	--	1.0	1.5	1.8	
6.40	0.9	33.3		0.85	80.5	160	44.1	3.0	21.9	32.9	3.7	--	31	22	18	17	25	26	--	1.5	2.2	2.6	
6.60	0.8	29.6		0.86	82.2	159	39.2	2.5	20.8	31.2	3.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.80	0.9	27.3		0.88	83.9	160	44.1	2.8	22.4	33.6	3.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.00	0.7	21.2		0.84	85.6	158	34.3	2.0	19.2	28.8	3.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.20	0.9	17.0		0.88	87.3	160	44.1	2.7	22.8	34.3	3.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.40	1.0	13.7		0.90	89.1	160	49.0	3.0	24.3	36.4	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.60	1.2	22.6		0.92	90.9	162	56.0	3.4	25.6	38.4	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.80	0.9	15.0		0.88	92.6	160	44.1	2.5	23.4	35.1	3.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.00	1.1	12.6		0.91	94.4	161	52.6	3.0	25.9	38.8	4.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.20	1.3	13.0		0.93	96.2	162	59.3	3.4	27.1	40.6	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.40	2.0	21.5		0.93	98.0	167	78.4	4.7	27.2	40.8	5.9	17	33	25	21	20	28	27	--	3.3	4.9	5.9	
8.60	2.0	17.7		0.93	99.8	167	78.4	4.6	27.8	41.7	5.9	16	33	25	21	20	28	27	--	3.3	4.9	5.9	
8.80	1.8	15.9		0.98	101.8	166	73.5	4.2	28.4	42.6	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9.00	1.8	15.9		0.98	103.7	166	73.5	4.1	28.9	43.4	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9.20	2.2	17.3		0.93	105.5	168	82.9	4.6	29.4	44.0	6.5	18	33	25	21	20	28	28	--	3.6	5.4	6.5	
9.40	2.5	17.0		0.94	107.4	170	89.1	5.0	29.7	44.5	7.4	22	34	25	22	21	29	28	--	4.1	6.1	7.4	
9.60	2.7	17.5		0.96	109.2	172	94.6	5.2	29.9	44.9	8.2	26	34	26	23	21	29	28	--	4.6	6.9	8.2	
9.80	2.5	18.6		0.95	111.1	171	91.0	4.9	30.8	46.1	7.6	23	34	25	22	21	29	28	--	4.2	6.4	7.6	
10.00	2.4	18.0		0.94	112.9	169	87.1	4.5	31.5	47.2	7.1	19	34	25	22	20	28	28	--	3.9	5.9	7.1	
10.20	2.9	18.0		0.96	114.8	173	98.0	5.2	31.5	47.3	8.8	27	34	26	23	21	29	29	--	4.9	7.4	8.8	
10.40	3.0	18.6		0.97	116.7	174	101.3	5.3	31.9	47.9	9.1	27	35	26	23	21	29	29	--	5.1	7.6	9.1	
10.60	2.9	17.3		0.96	118.6	173	98.0	4.9	32.8	49.2	8.8	26	34	26	22	21	29	29	--	4.9	7.4	8.8	
10.80	2.8	16.1		0.96	120.5	173	96.3	4.7	33.5	50.2	8.5	24	34	25	22	21	29	29	--	4.7	7.1	8.5	
11.00	2.6	14.4		0.95	122.3	171	92.8	4.4	34.1	51.2	7.9	22	34	25	22	21	28	28	--	4.4	6.6	7.9	
11.20	2.3	13.8		0.94	124.2	169	85.1	3.9	34.8	52.2	6.8	16	33	24	21	20	27	28	--	3.8	5.6	6.8	
11.40	2.2	13.8		0.93	126.0	168	82.9	3.7	35.5	53.3	6.5	14	33	24	21	19	27	28	--	3.6	5.4	6.5	
11.60	2.5	13.9		0.94	127.9	170	89.1	4.0	35.7	53.5	7.4	18	33	24	21	20	28	28	--	4.1	6.1	7.4	
11.80	2.3	14.4		0.94	129.7	169	85.1	3.7	36.6	54.9	6.8	15	33	24	21	19	27	28	--	3.8	5.6	6.8	
12.00	3.0	17.9		0.97	131.6	174	101.3	4.5	36.7	55.0	9.1	25	34	25	22	21	29						

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	3
	riferimento	019a-2023

Committente: PIG GEEN ITALIA SRL SOC. AGR	U.M.: MPa	Data exec.: 23/11/2023
Cantiere: FOSDONDO DI CORREGGIO VIA RONCHI	Pagina: 1	
Località: FOSDONDO DI CORREGGIO VIA RONCHI	Elaborato:	Falda: -2.80 m -2.80

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'_{vo} kPa	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
							Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	ϕ Sc (°)	ϕ Ca (°)	ϕ Ko (°)	ϕ DB (°)	ϕ DM (°)	ϕ Me (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	
0.20	--	--		1.85	3.6	154	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	1.8	13.5		1.85	7.3	166	73.5	99.9	12.5	18.7	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.60	2.1	15.8		1.85	10.9	167	80.7	76.9	13.7	20.6	6.2	72	40	36	33	31	40	27	--	3.4	5.1	6.2	
0.80	2.0	13.1		1.85	14.5	167	78.4	51.7	13.3	20.0	5.9	63	39	34	31	29	38	27	--	3.3	4.9	5.9	
1.00	2.2	15.7		1.85	18.1	168	82.9	42.0	14.1	21.1	6.5	61	39	34	31	29	38	28	--	3.6	5.4	6.5	
1.20	2.0	21.5		1.85	21.8	167	78.4	31.2	13.3	20.0	5.9	53	38	32	29	27	36	27	--	3.3	4.9	5.9	
1.40	1.5	18.8		1.85	25.4	164	65.3	20.5	11.1	16.7	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1.60	1.3	16.3		1.85	29.0	162	59.3	15.3	10.1	15.1	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1.80	1.2	13.8		1.85	32.6	162	56.0	12.3	9.5	14.3	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.00	1.5	17.2		1.85	36.3	164	65.3	13.1	11.1	16.7	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.20	1.4	16.1		1.85	39.9	163	62.4	11.0	10.6	15.9	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.40	1.3	16.3		1.85	43.5	162	59.3	9.2	10.4	15.5	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.60	1.3	12.1		1.85	47.1	162	59.3	8.4	11.2	16.8	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.80	1.2	11.2		0.92	48.9	162	56.0	7.4	12.0	18.0	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.00	1.4	12.4		0.94	50.8	163	62.4	8.1	12.2	18.2	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.20	1.6	21.9		0.96	52.7	164	68.2	8.7	12.5	18.7	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.40	1.2	15.0		0.92	54.5	162	56.0	6.5	14.0	21.1	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.60	1.0	13.7		0.90	56.2	160	49.0	5.3	15.4	23.1	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.80	1.1	13.8		0.91	58.0	161	52.6	5.6	15.7	23.5	4.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.00	1.3	14.9		0.93	59.8	162	59.3	6.2	15.7	23.5	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.20	1.3	16.3		0.93	61.7	162	59.3	6.0	16.3	24.5	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.40	1.8	19.4		0.98	63.6	166	73.5	7.5	15.5	23.3	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.60	1.7	21.3		0.97	65.5	165	70.9	6.9	16.5	24.7	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.80	1.3	14.9		0.93	67.3	162	59.3	5.4	18.3	27.5	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.00	1.2	20.0		0.92	69.1	162	56.0	4.8	19.2	28.7	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.20	0.8	15.1		0.86	70.8	159	39.2	3.0	19.3	29.0	3.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.40	0.8	17.0		0.86	72.5	159	39.2	2.9	19.6	29.4	3.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.60	0.9	17.0		0.88	74.2	160	44.1	3.3	20.7	31.1	3.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.80	1.0	25.0		0.90	76.0	160	49.0	3.6	21.4	32.2	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.00	0.6	15.0		0.46	76.9	158	29.4	1.9	3.6	5.4	0.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.20	0.5	15.2		0.80	78.4	157	24.5	1.5	14.3	21.5	2.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.40	0.7	21.2		0.84	80.1	158	34.3	2.2	18.9	28.3	3.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.60	0.5	10.6		0.46	81.0	157	24.5	1.4	3.1	4.7	0.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.80	1.0	25.0		0.90	82.8	160	49.0	3.3	23.1	34.7	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.00	0.8	24.2		0.86	84.4	159	39.2	2.4	21.0	31.5	3.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.20	0.7	21.2		0.84	86.1	158	34.3	2.0	19.2	28.8	3.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.40	0.7	17.5		0.84	87.7	158	34.3	1.9	19.3	29.0	3.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.60	0.8	17.0		0.86	89.4	159	39.2	2.2	21.4	32.1	3.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.80	0.8	15.1		0.86	91.1	159	39.2	2.2	21.5	32.3	3.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.00	0.9	15.0		0.88	92.8	160	44.1	2.5	23.4	35.2	3.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.20	1.0	13.7		0.90	94.6	160	49.0	2.8	25.1	37.6	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.40	1.2	15.0		0.92	96.4	162	56.0	3.2	26.8	40.2	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.60	1.3	16.3		0.93	98.2	162	59.3	3.3	27.5	41.3	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.80	1.8	20.7		0.98	100.1	166	73.5	4.3	28.0	42.0	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9.00	1.6	8.9		0.96	102.0	164	68.2	3.8	28.7	43.1	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9.20	2.0	13.6		0.93	103.8	167	78.4	4.4	29.0	43.5	5.9	15	33	24	21	20	28	27	--	3.3	4.9	5.9	
9.40	1.8	10.8		0.98	105.8	166	73.5	4.0	29.5	44.3	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9.60	1.7	18.3		0.97	107.7	165	70.9	3.7	30.4	45.6	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9.80	2.2	11.0		0.93	109.5	168	82.9	4.4	30.6	45.8	6.5	17	33	25	21	20	28	28	--	3.6	5.4	6.5	
10.00	2.5	11.7		0.94	111.3	170	89.1	4.8	30.9	46.4	7.4	21	34	25	22	21	29	28	--	4.1	6.1	7.4	
10.20	2.7	12.7		0.96	113.2	172	94.6	5.0	31.2	46.8	8.2	25	34	26	22	21	29	28	--	4.6	6.9	8.2	
10.40	2.5	13.5		0.95	115.1	171	91.0	4.7	32.0	48.0	7.6	22	34	25	22	21	29	28	--	4.2	6.4	7.6	
10.60	2.9	20.4		0.96	117.0	173	98.0	5.0	32.2	48.4	8.8	26	34	26	23	21	29	29	--	4.9	7.4	8.8	
10.80	2.7	13.1		0.96	118.8	172	94.6	4.7	33.0	49.5	8.2	24	34	25	22	21	29	28	--	4.6	6.9	8.2	
11.00	2.9	13.2		0.96	120.7	173	98.0	4.8	33.5	50.2	8.8	26	34	26	22	21	29	29	--	4.9	7.4	8.8	
11.20	3.1	13.7		0.97	122.6	174	104.5	5.1	33.7	50.5	9.4	27	35	26	23	21	29	29	--	5.2	7.8	9.4	
11.40	3.5	13.8		0.99	124.5	177	117.6	5.8	33.2	49.8	10.6	31	35	26	23	22	30	30	--	5.9	8.8	10.6	
11.60	3.4	20.2		0.98	126.5	176	114.3	5.5	34.2	51.3	10.3	30	35	26	23	22	30	29	--	5.7	8.6	10.3	
11.80	3.1	8.4		0.97	128.4	174	104.5	4.9	35.6	53.3	9.4	26	34	26	22	21	29	29	--	5.2	7.8	9.4	
12.00	3.2	13.8		0.97	130.3	175	107.8	5.0	36.0	54.0	9.7	27	34	26	23	21	29	29	--	5.4	8.1	9.7	
12.20	3.7	21.1		0.99	132.2	178	124.1	5.8	35.3	53.0	11.2	31	35	26	23	22	30						



GeoLogismiki
Geotechnical Engineers
Merarhias 56
<http://www.geologismiki.gr>

CPT: CLIQ GEOLOGISMIKI

Total depth: 20.00 m, Date: 11/12/2023

Surface Elevation: 0.00 m

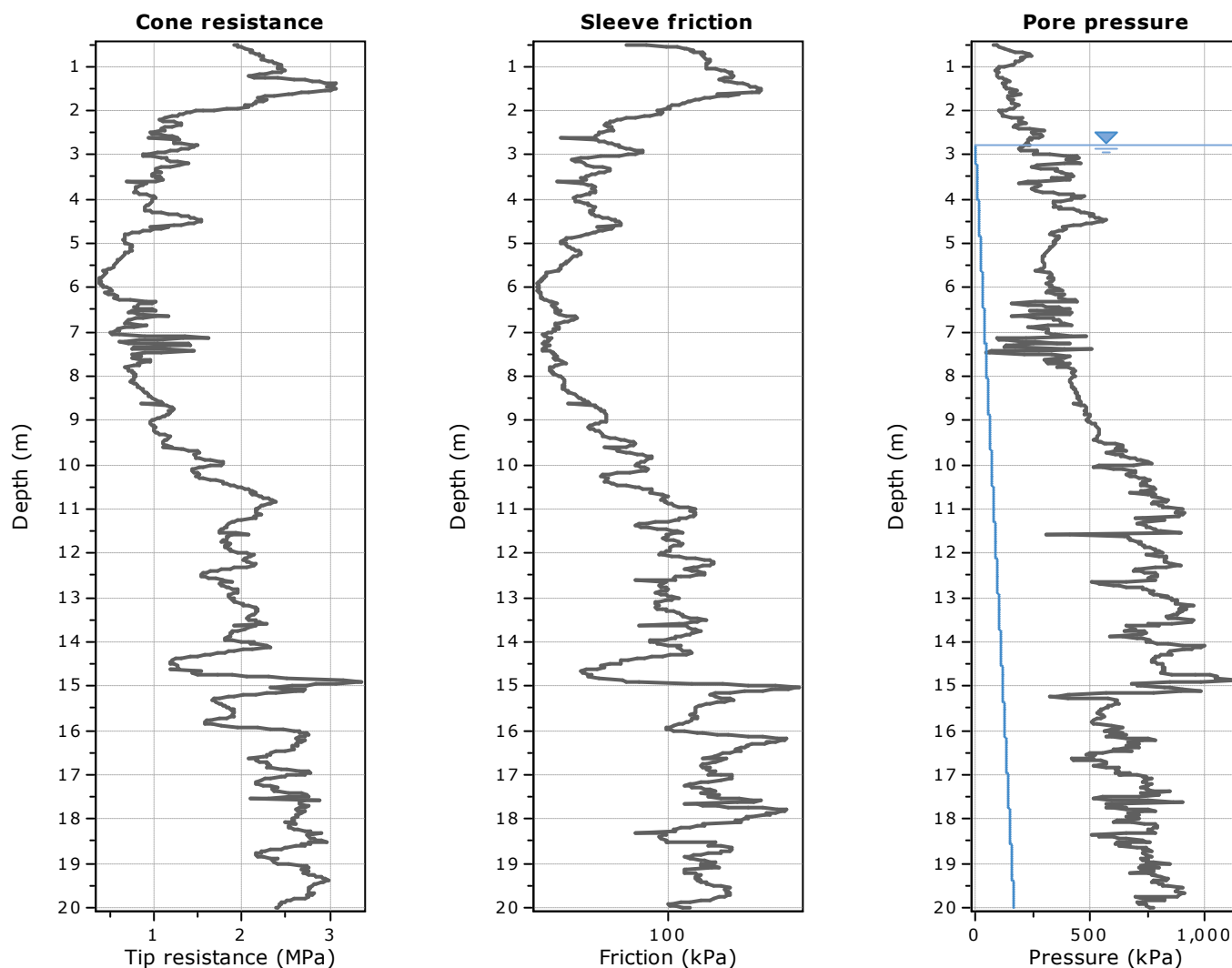
Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type:

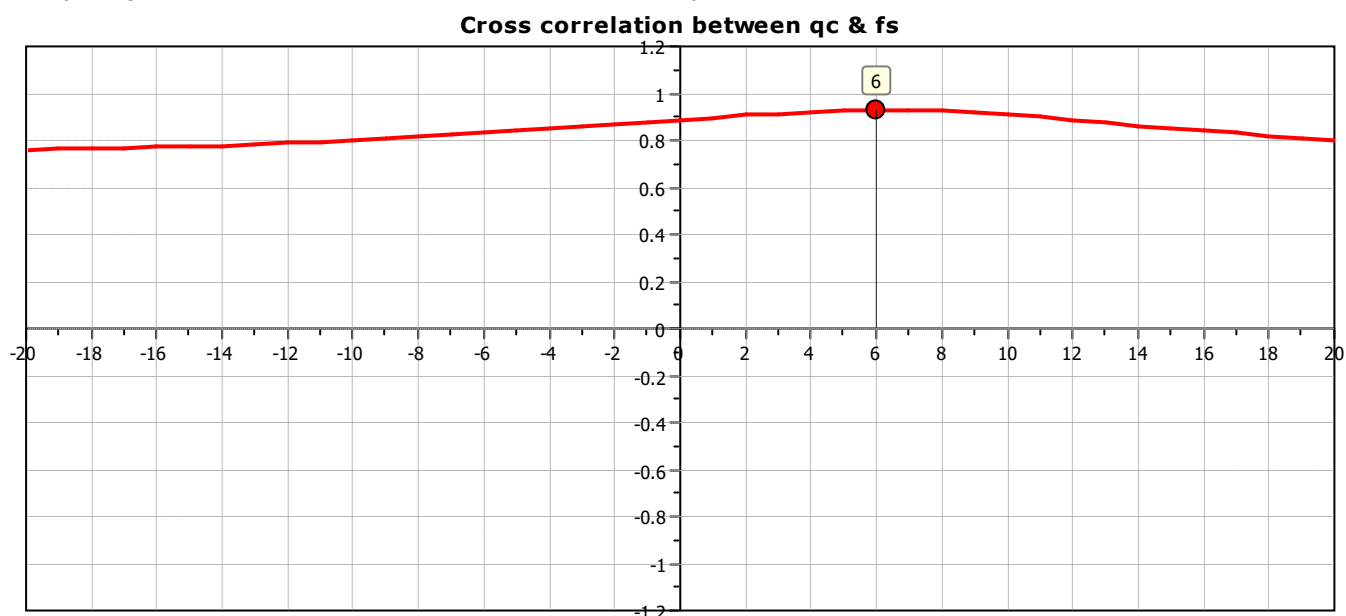
Cone Operator:

Project:

Location:



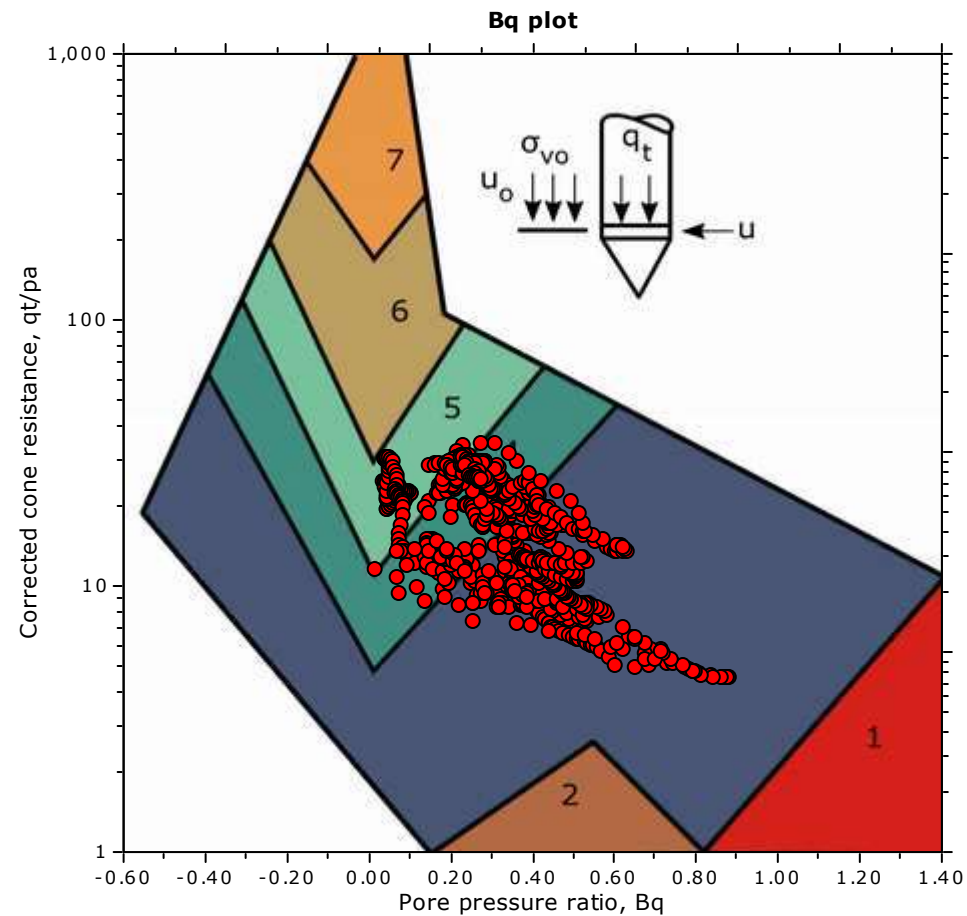
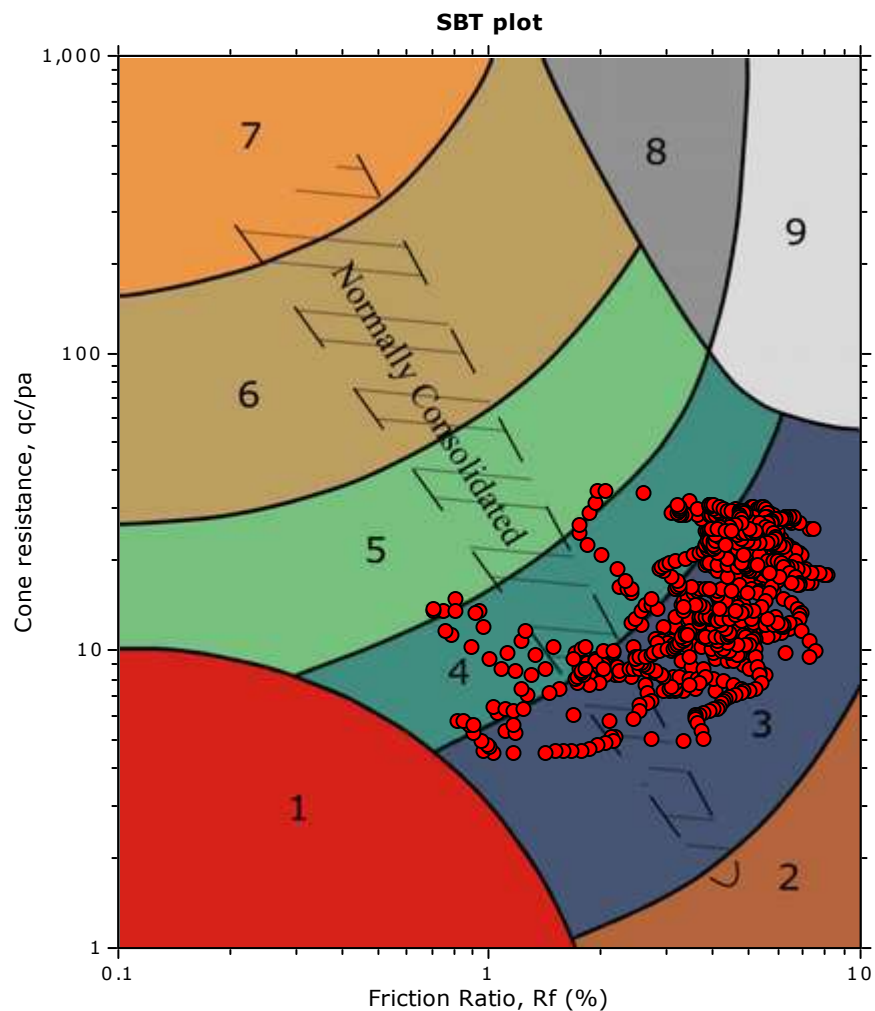
The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).



Project:

Location:

SBT - Bq plots



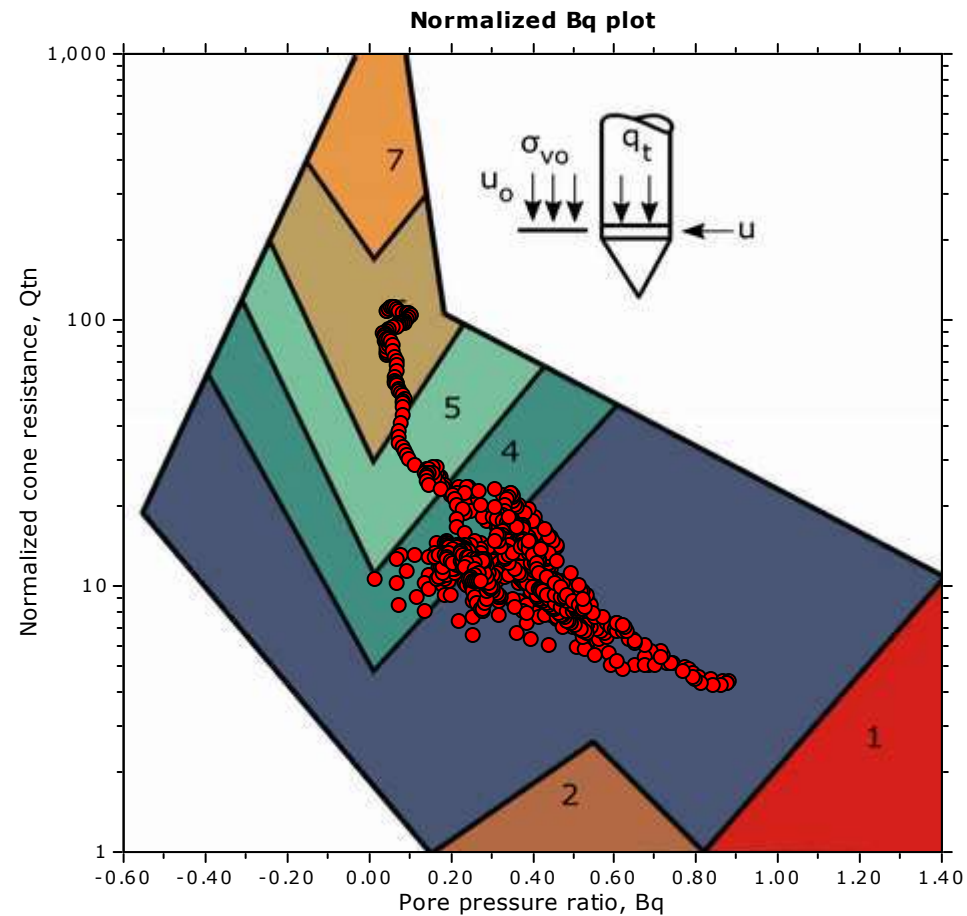
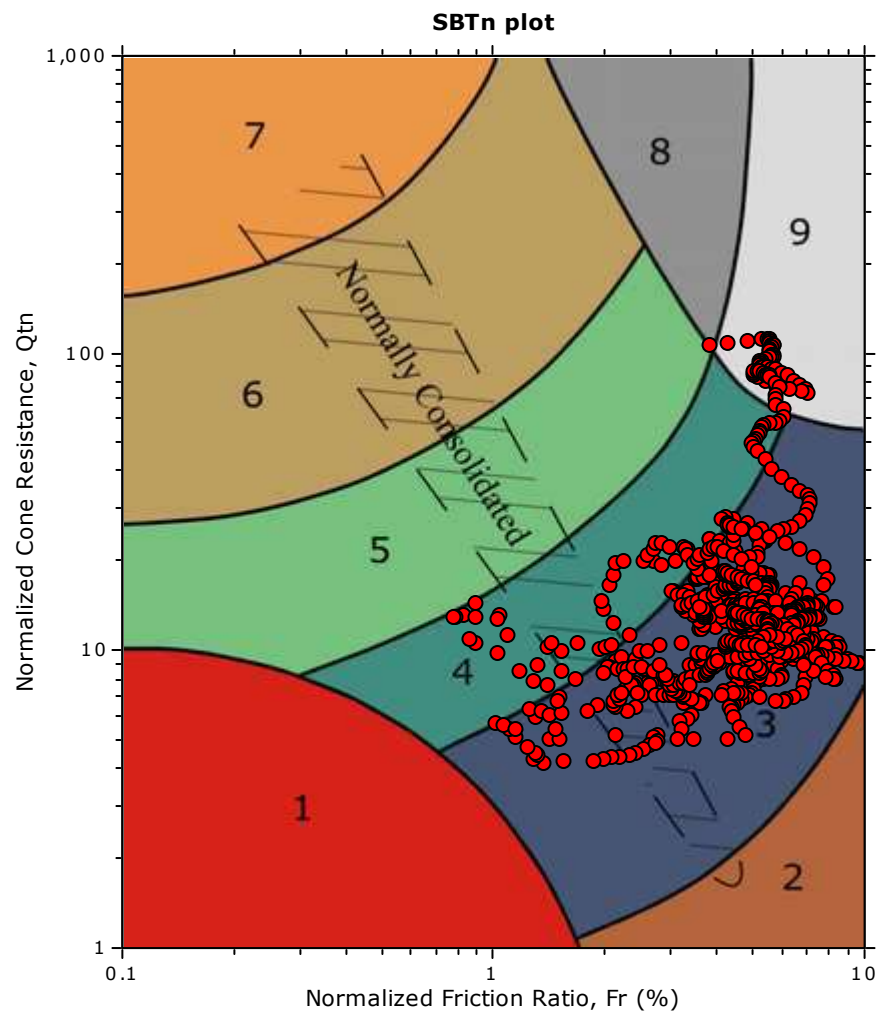
SBT legend

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

Project:

Location:

SBT - Bq plots (normalized)



SBTn legend

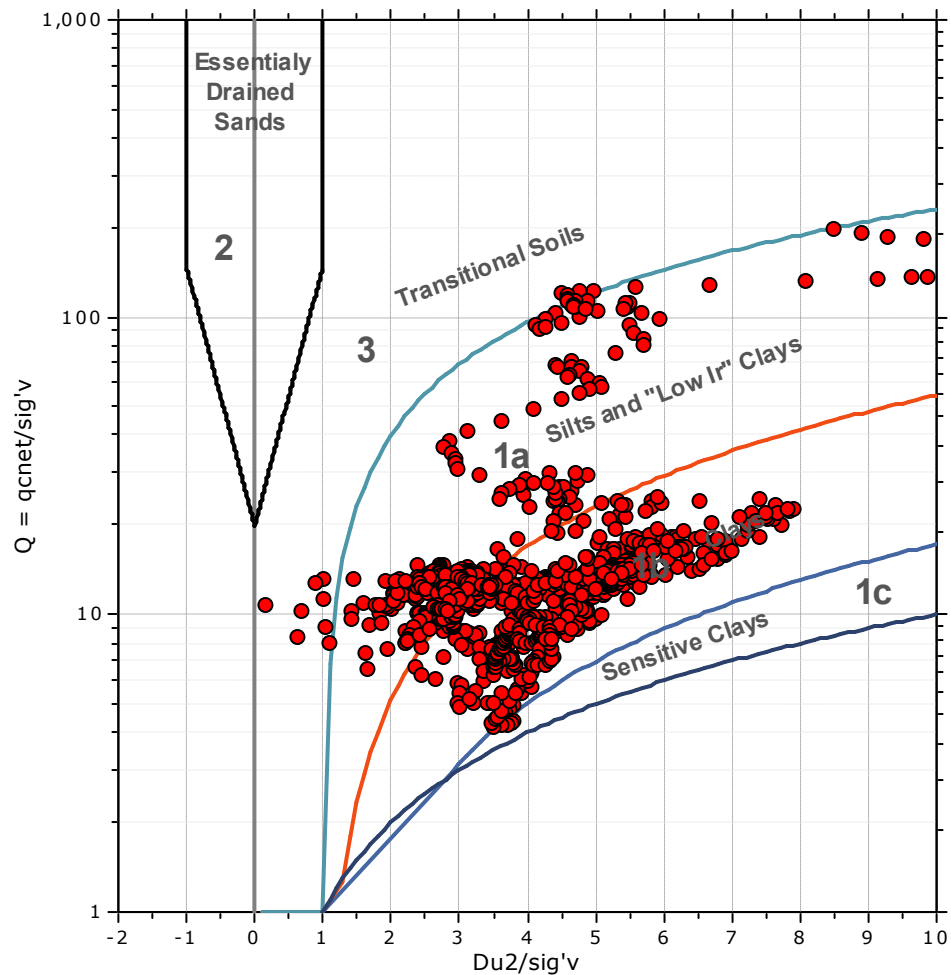
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravelly sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty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

Project:

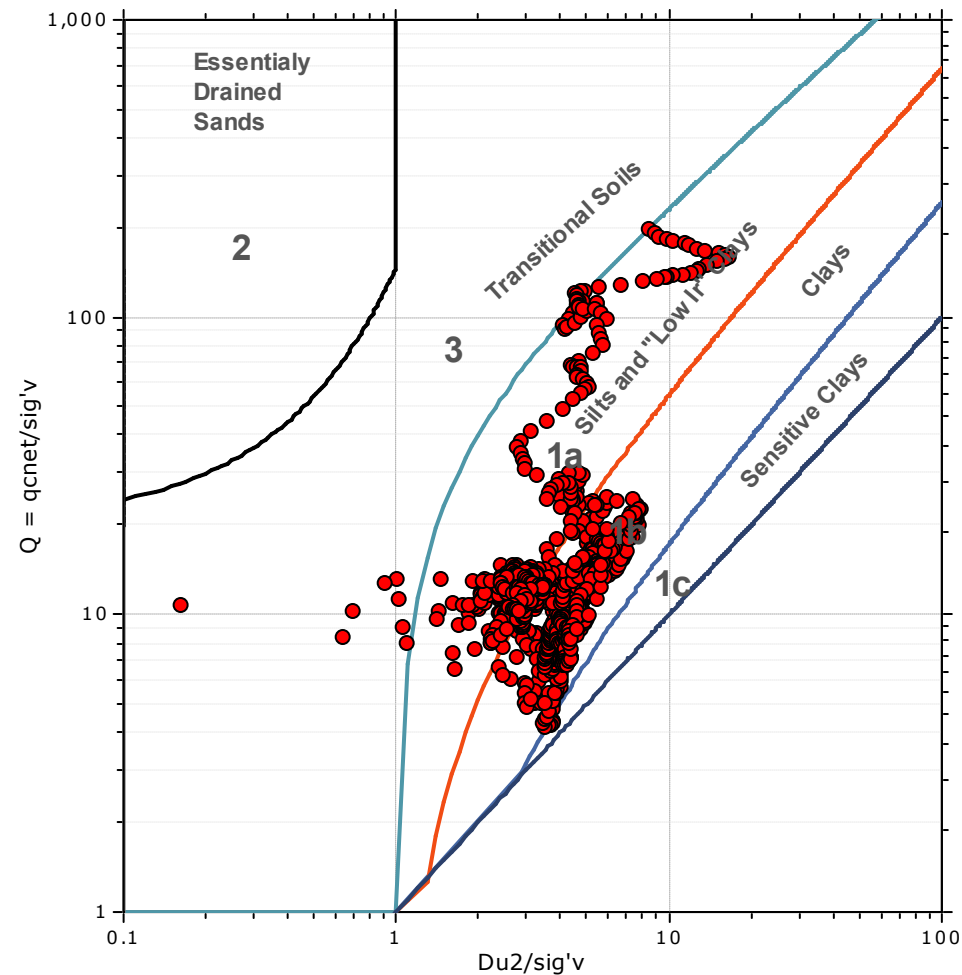
Location:

Bq plots (Schneider)

Schneider et al (2008) Soil Class.

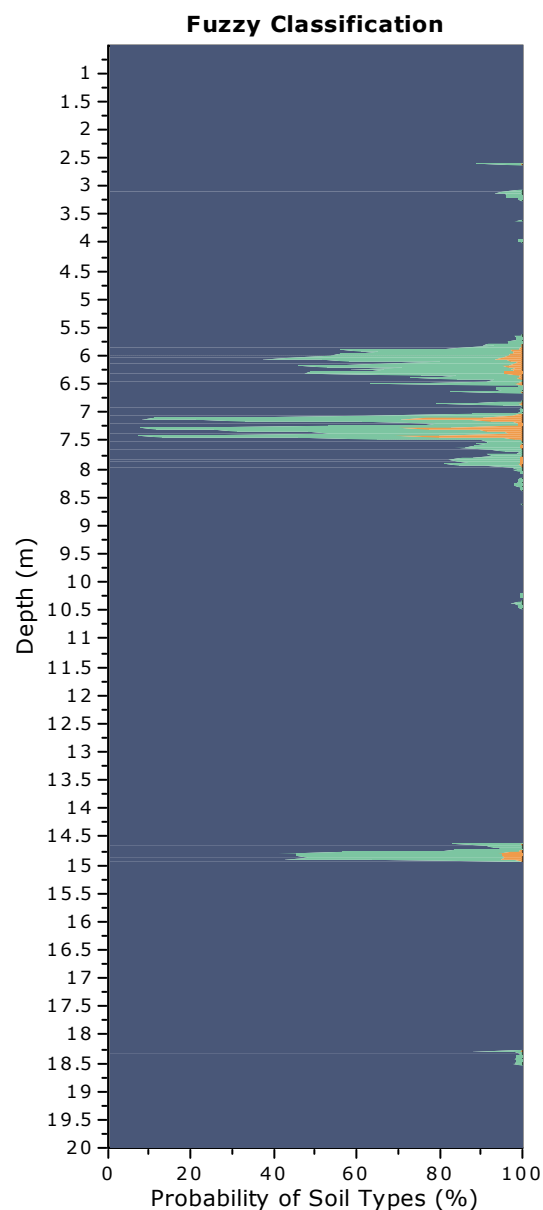
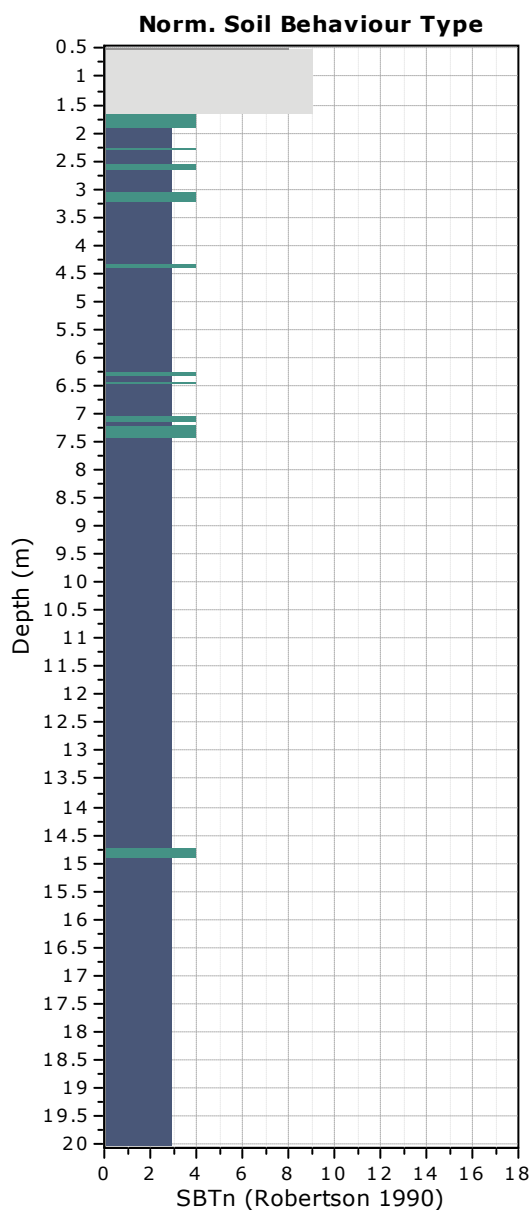


Schneider et al (2008) Soil Class.



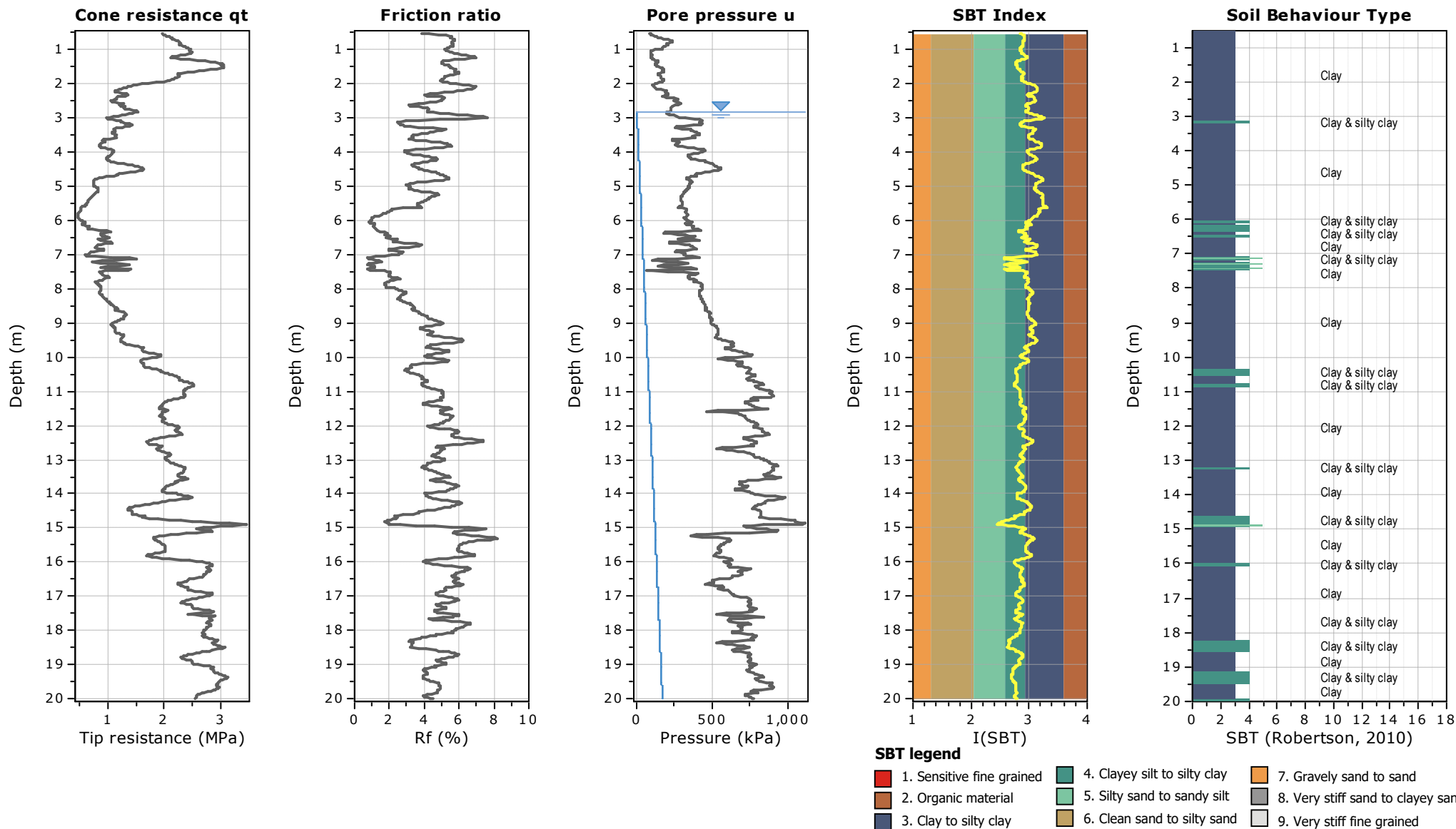
Project:

Location:



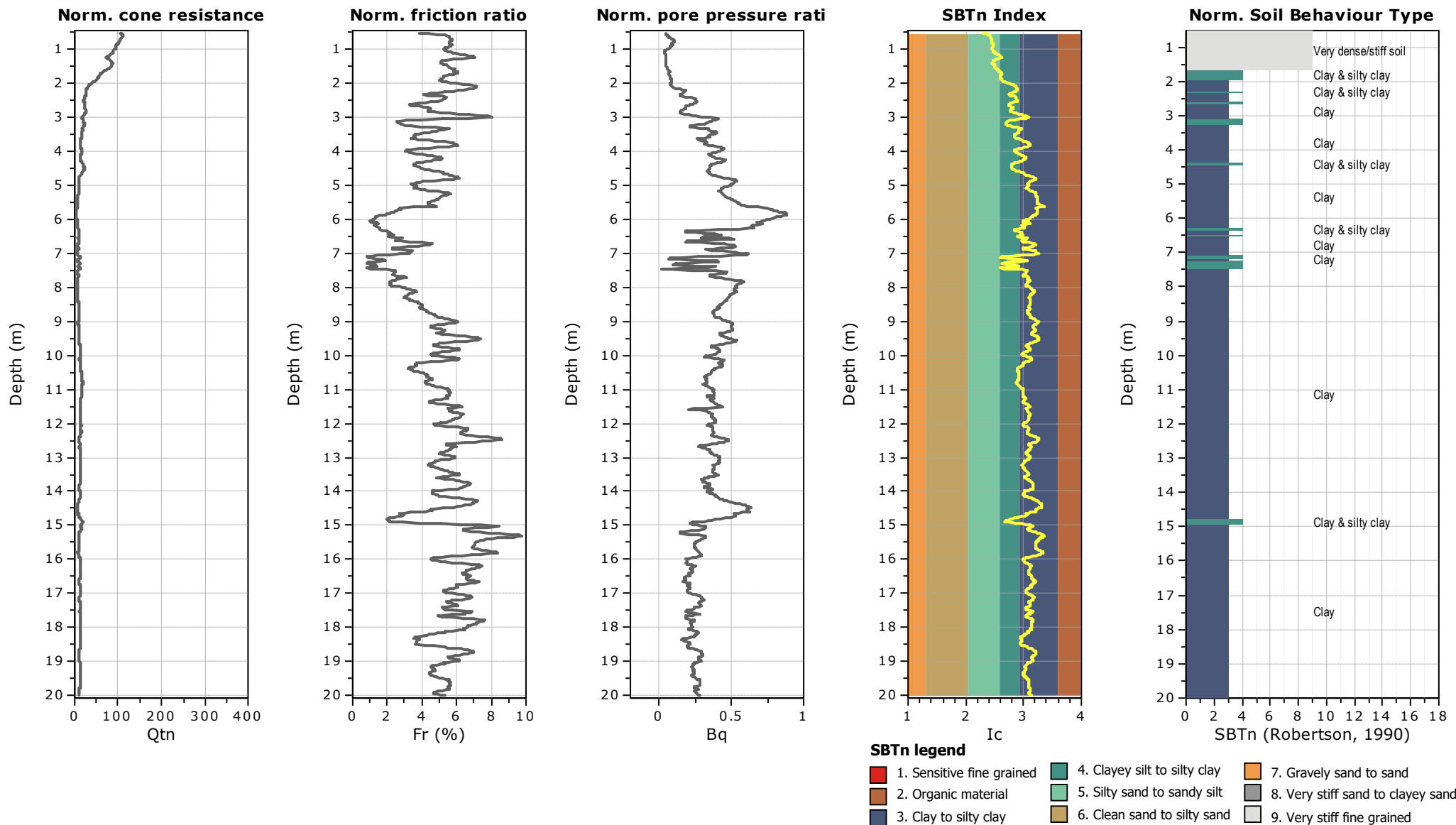
Project:

Location:



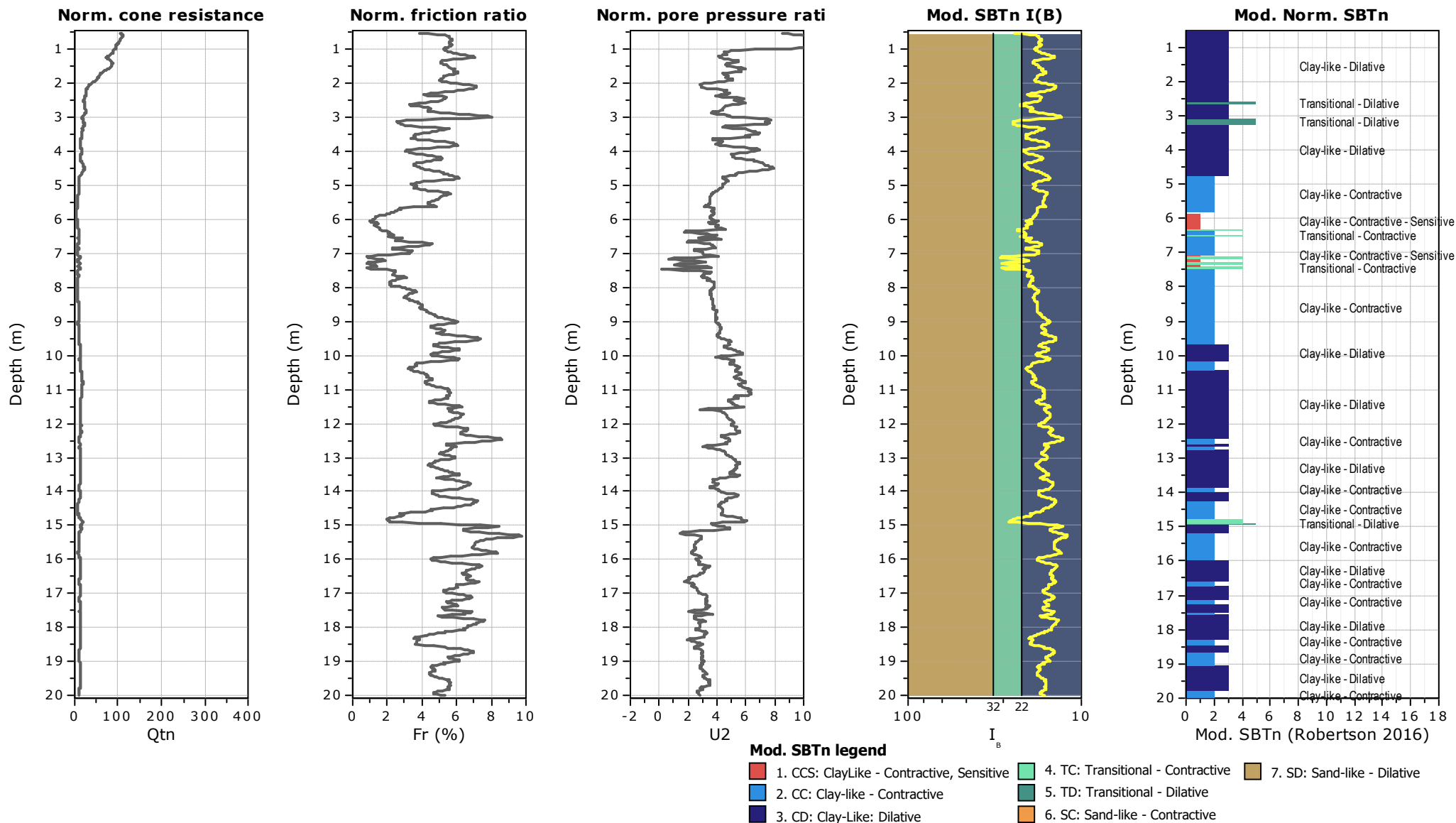
Project:

Location:



Project:

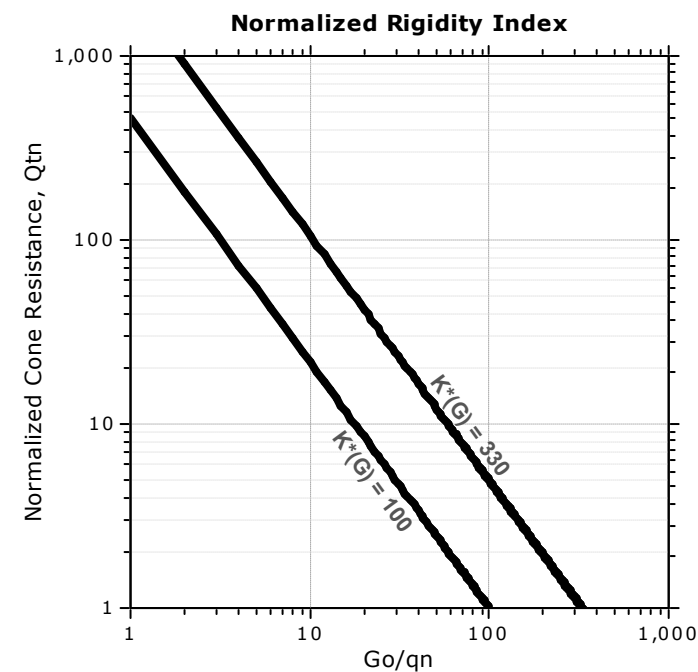
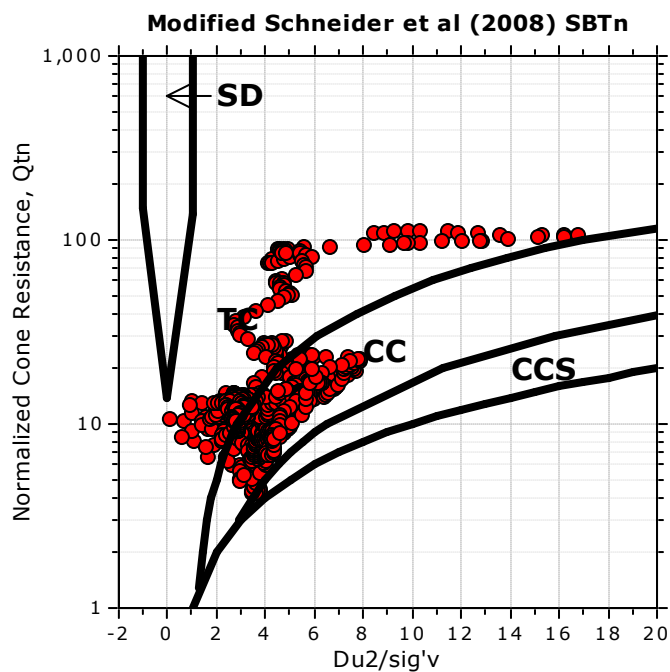
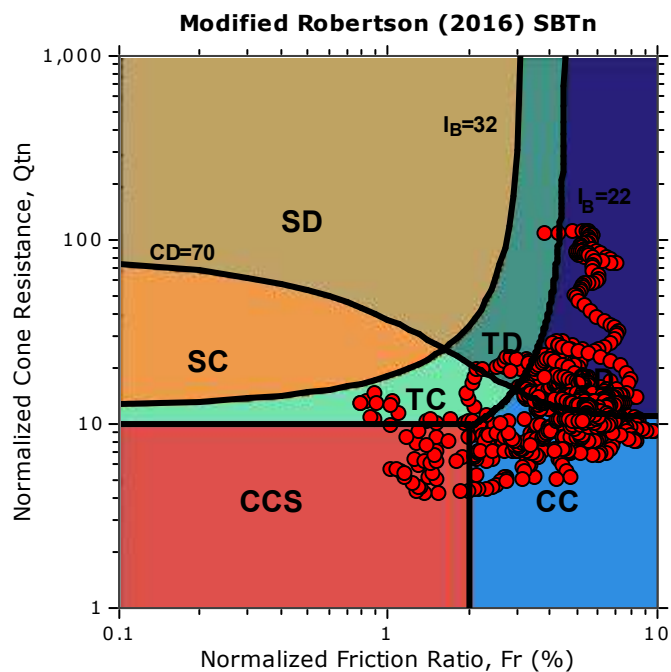
Location:



Project:

Location:

Updated SBTn plots

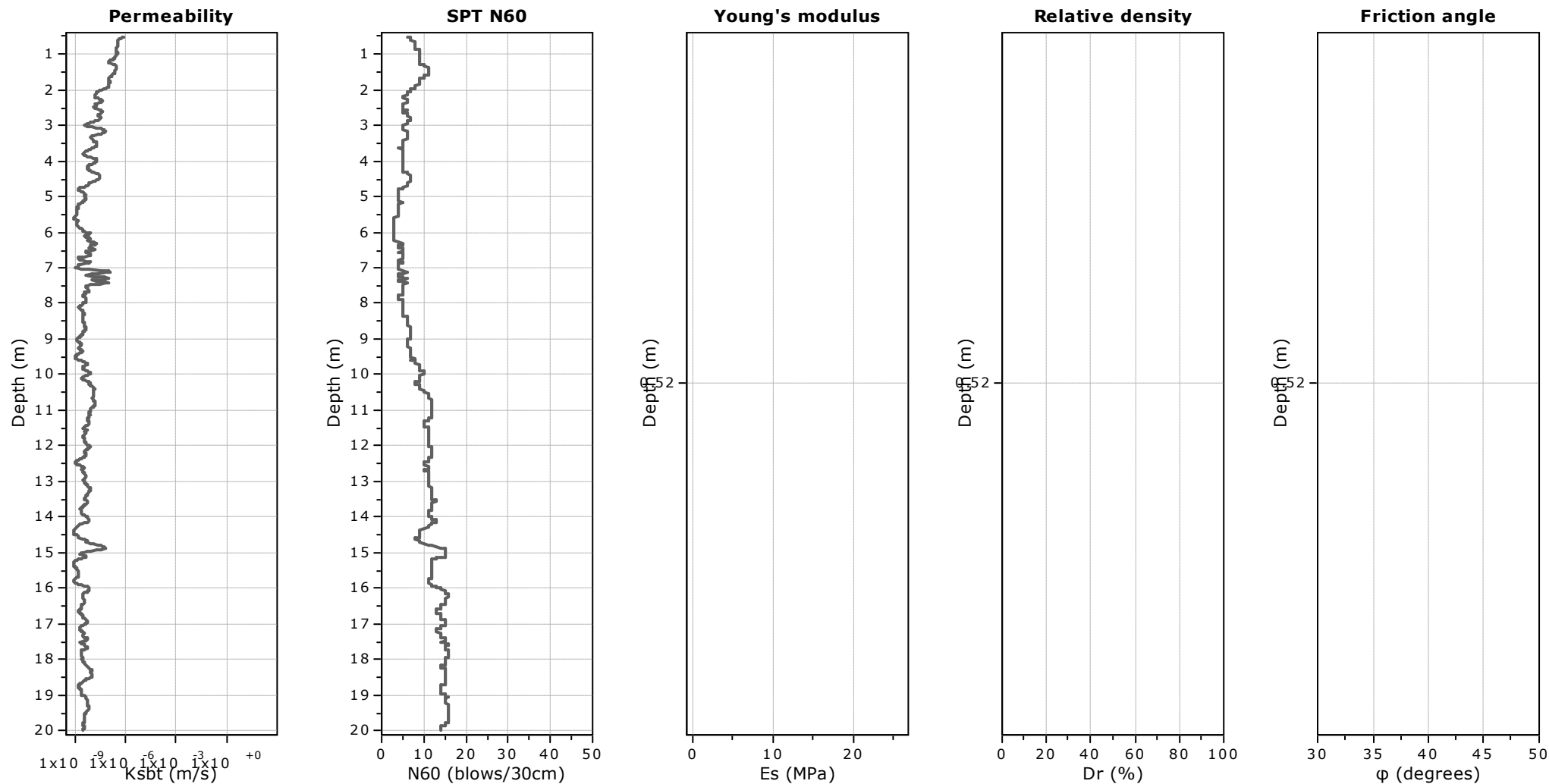


CCS: Clay-like - Contractive - Sensitive
CC: Clay-like - Contractive
CD: Clay-like - Dilative
TC: Transitional - Contractive
TD: Transitional - Dilative
SC: Sand-like - Contractive
SD: Sand-like - Dilative

$K(G) > 330$: Soils with significant microstructure
(e.g. age/cementation)

Project:

Location:



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

SPT N_{60} : Based on I_c and q_t

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

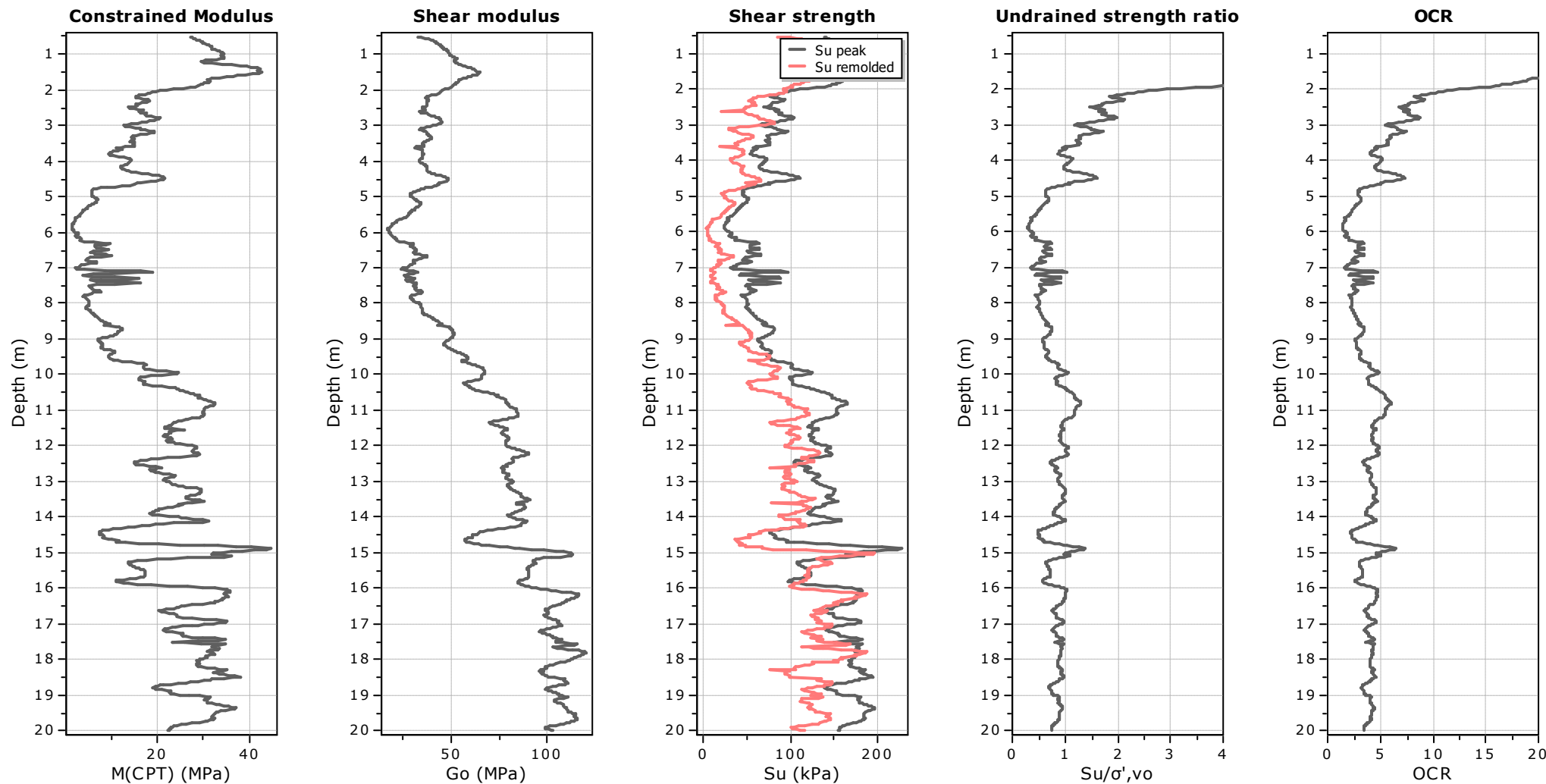
Relative density constant, C_{Dr} : 350.0

Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)

—●— User defined estimation data

Project:

Location:



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

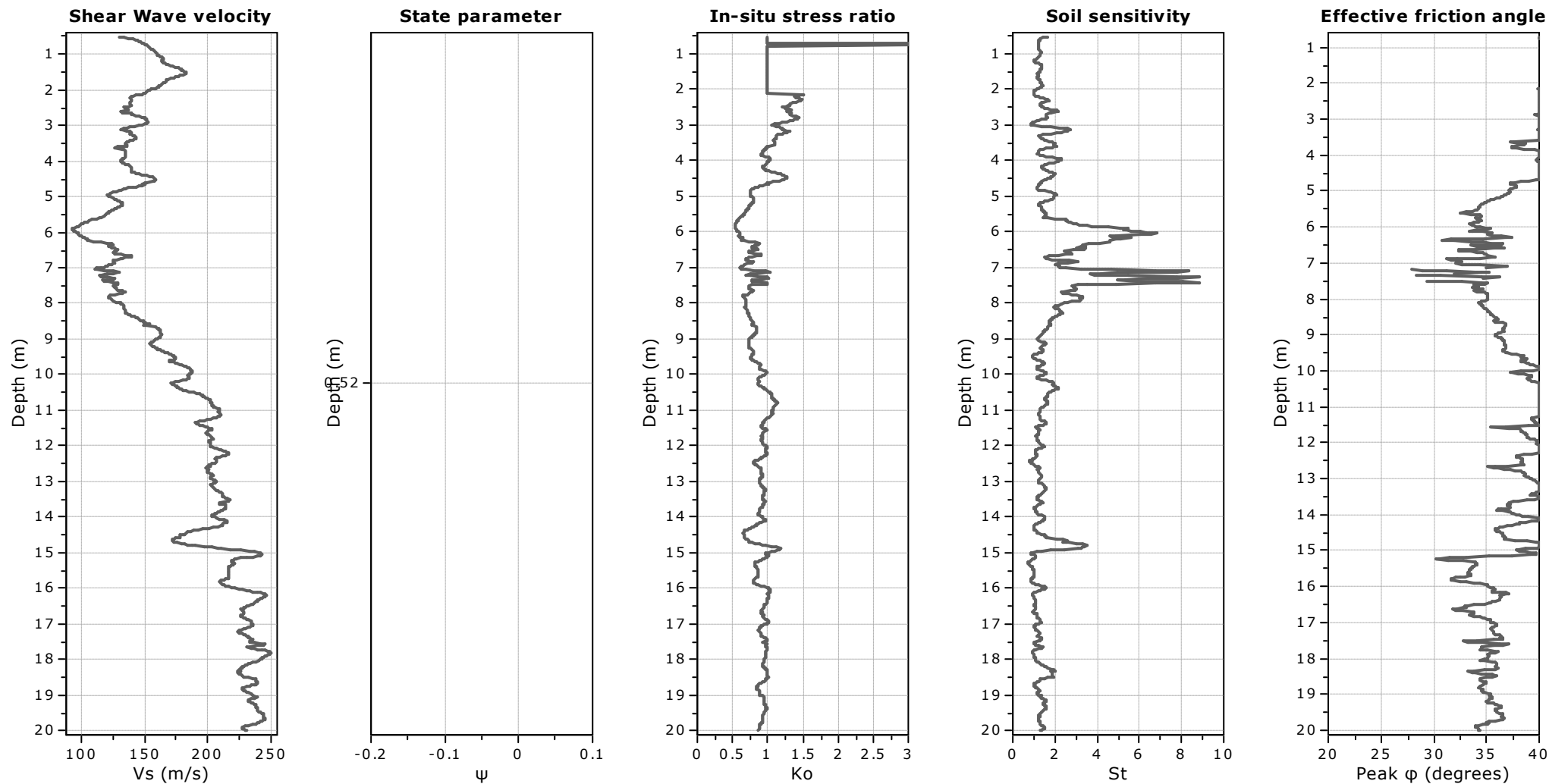
OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33

● User defined estimation data

● Flat Dilatometer Test data

Project:

Location:



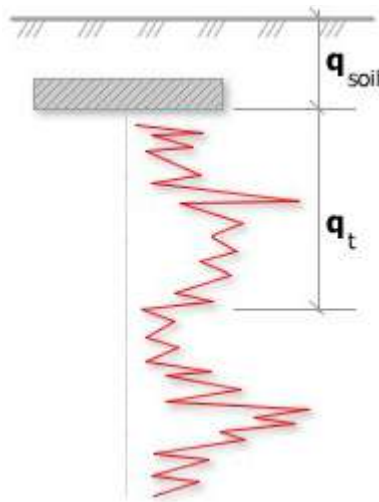
Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

—●— User defined estimation data

Project:

Location:



Bearing Capacity calculation is performed based on the formula:

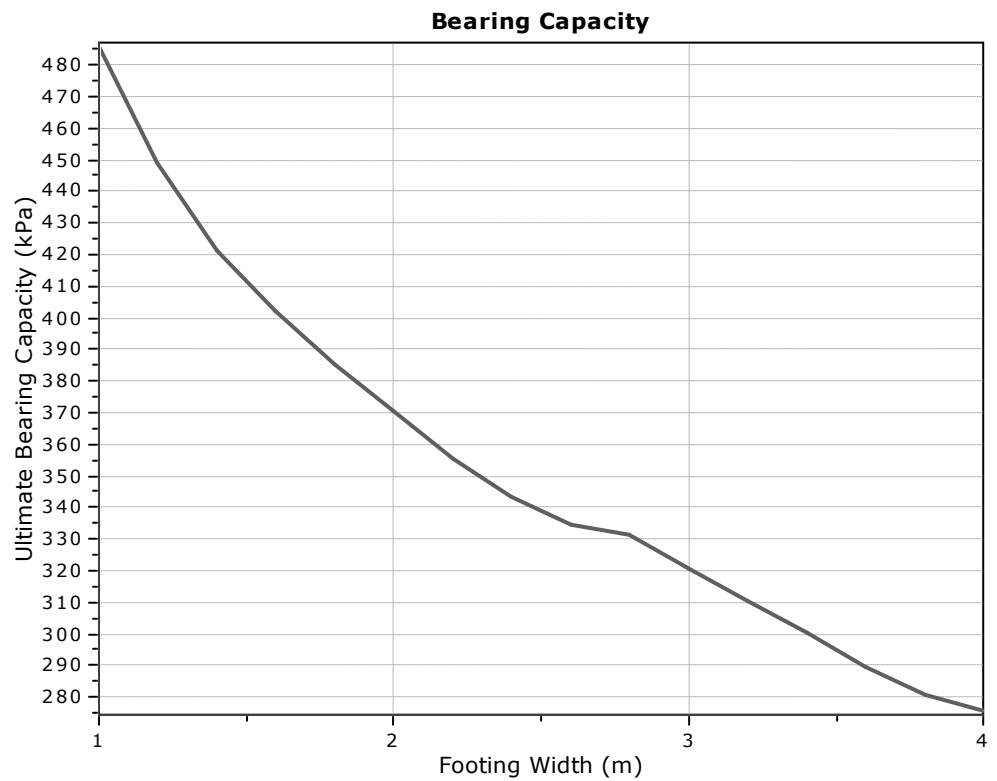
$$Q_{ult} = R_k \times q_t + q_{soil}$$

where:

R_k : Bearing capacity factor

q_t : Average corrected cone resistance over calculation depth

q_{soil} : Pressure applied by soil above footing



:: Tabular results ::

No	B (m)	Start Depth (m)	End Depth (m)	Ave. q_t (MPa)	R_k	Soil Press. (kPa)	Ult. bearing cap. (kPa)
1	1.00	0.50	2.00	2.38	0.20	9.50	485.78
2	1.20	0.50	2.30	2.20	0.20	9.50	449.07
3	1.40	0.50	2.60	2.06	0.20	9.50	421.30
4	1.60	0.50	2.90	1.97	0.20	9.50	402.55
5	1.80	0.50	3.20	1.88	0.20	9.50	385.34
6	2.00	0.50	3.50	1.81	0.20	9.50	370.73
7	2.20	0.50	3.80	1.73	0.20	9.50	355.32
8	2.40	0.50	4.10	1.67	0.20	9.50	343.28
9	2.60	0.50	4.40	1.63	0.20	9.50	334.81
10	2.80	0.50	4.70	1.61	0.20	9.50	331.46
11	3.00	0.50	5.00	1.55	0.20	9.50	320.31
12	3.20	0.50	5.30	1.51	0.20	9.50	310.58
13	3.40	0.50	5.60	1.45	0.20	9.50	300.13
14	3.60	0.50	5.90	1.40	0.20	9.50	289.31
15	3.80	0.50	6.20	1.35	0.20	9.50	280.42
16	4.00	0.50	6.50	1.33	0.20	9.50	275.66

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

:: Unit Weight, g (kN/m³) ::

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

where g_w = water unit weight

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

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

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

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

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

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

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

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

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

:: Relative Density, Dr (%) ::

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

:: State Parameter, ψ ::

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

:: Drained Friction Angle, ϕ (°) ::

$$\phi = \phi'_{cv} + 15.94 \cdot \log(Q_{tn,cs}) - 26.88$$

(applicable only to SBT_n: 5, 6, 7 and 8 or $I_c < I_{c_cutoff}$)

:: 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 $I_c \geq 2.20$

$$M_{CPT} = 0.03 \cdot (q_t - \sigma_v) \cdot 10^{0.55 \cdot I_c + 1.68}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

:: Overconsolidation Ratio, OCR ::

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

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

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

:: In situ Stress Ratio, K_0 ::

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

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

:: Soil Sensitivity, S_t ::

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

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

:: Peak Friction Angle, ϕ' (°) ::

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

(applicable for $0.10 < B_q < 1.00$)

References

- Robertson, P.K., Cabal K.L., Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering, Gregg Drilling & Testing, Inc., 5th Edition, November 2012
- Robertson, P.K., Interpretation of Cone Penetration Tests - a unified approach., Can. Geotech. J. 46(11): 1337–1355 (2009)
- N Barounis, J Philpot, Estimation of in-situ water content, void ratio, dry unit weight and porosity using CPT for saturated sands, Proc. 20th NZGS Geotechnical Symposium



GeoLogismiki
Geotechnical Engineers
Merarhias 56
<http://www.geologismiki.gr>

CPT: CLIQ GEOLOGISMIKI

Total depth: 17.42 m, Date: 08/12/2023

Surface Elevation: 0.00 m

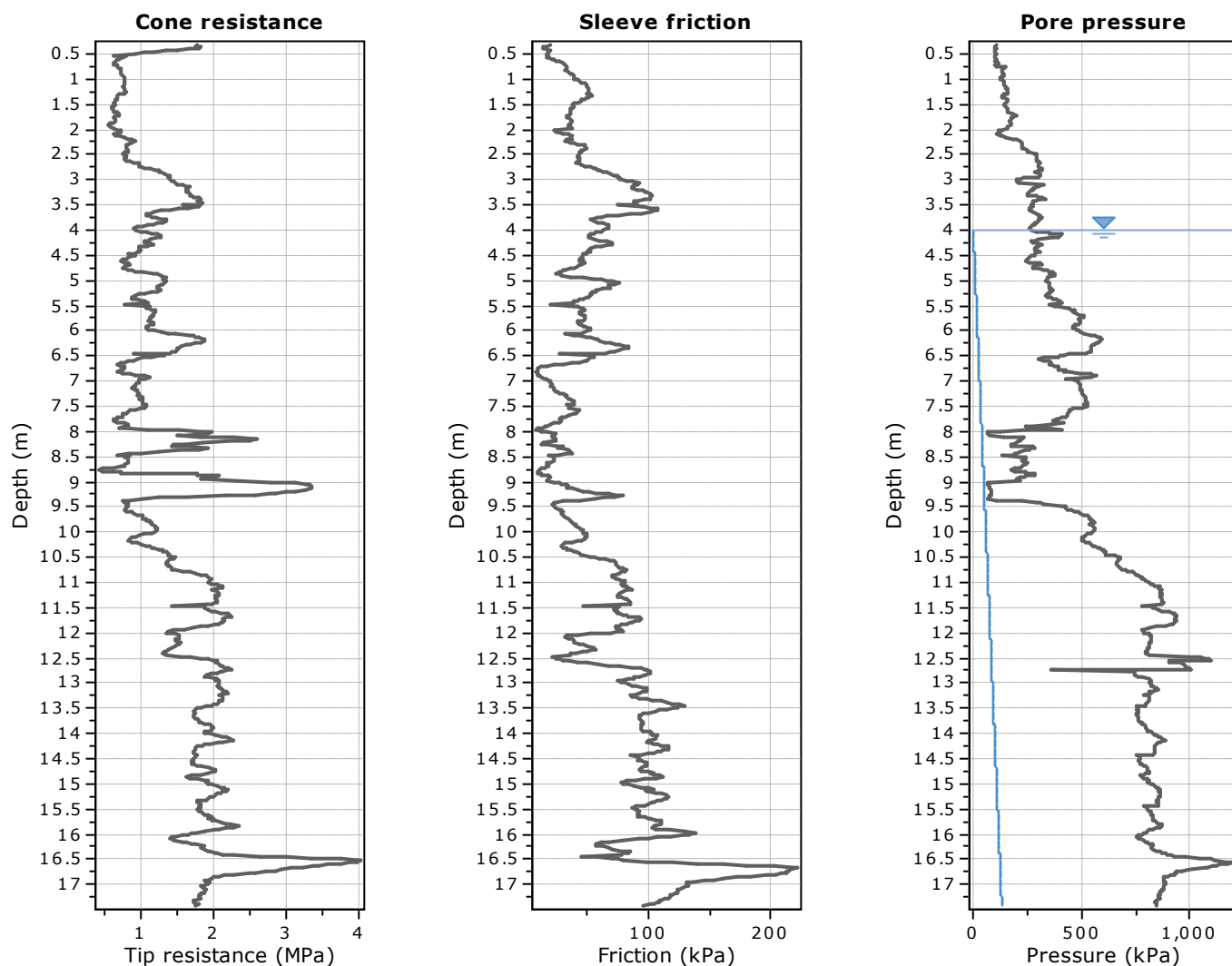
Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type:

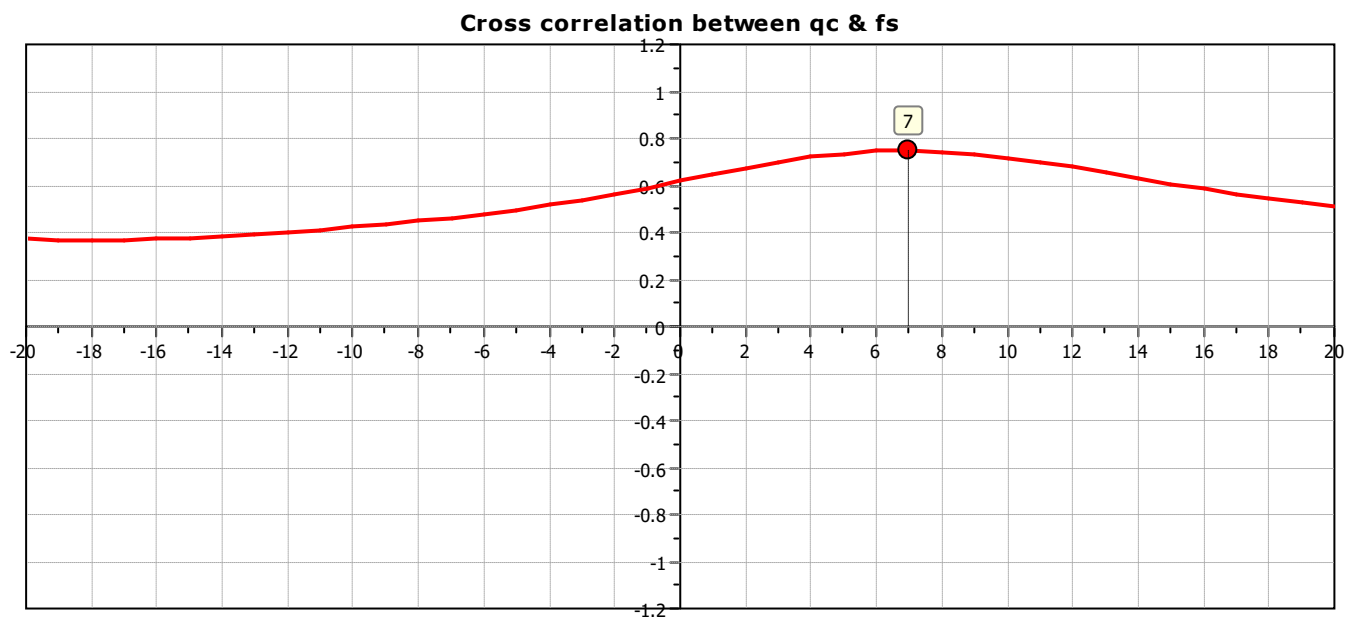
Cone Operator:

Project:

Location:



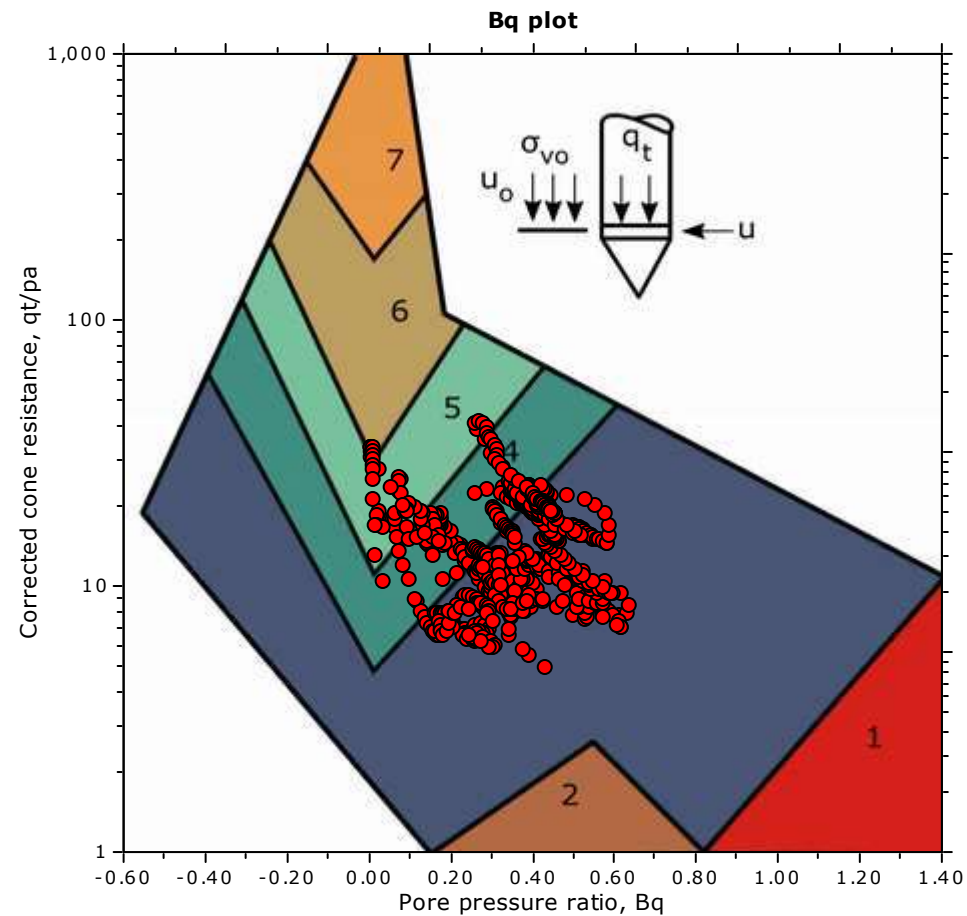
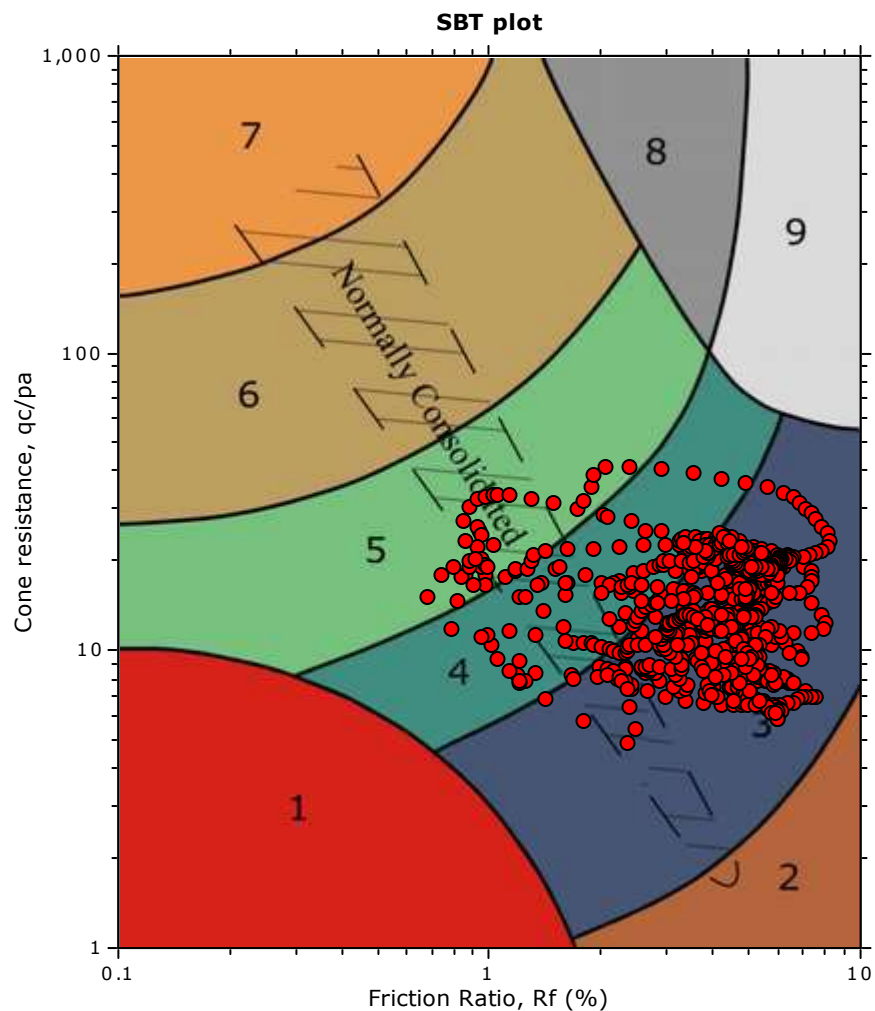
The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw q_c and f_s values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).



Project:

Location:

SBT - Bq plots



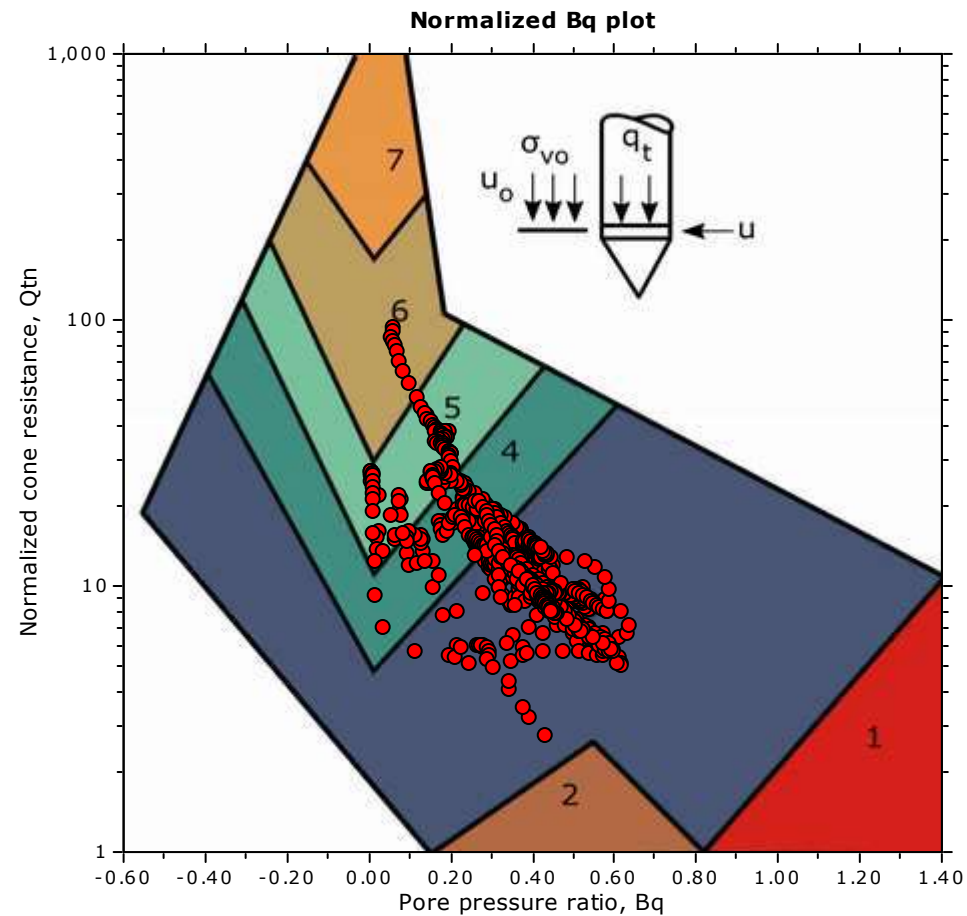
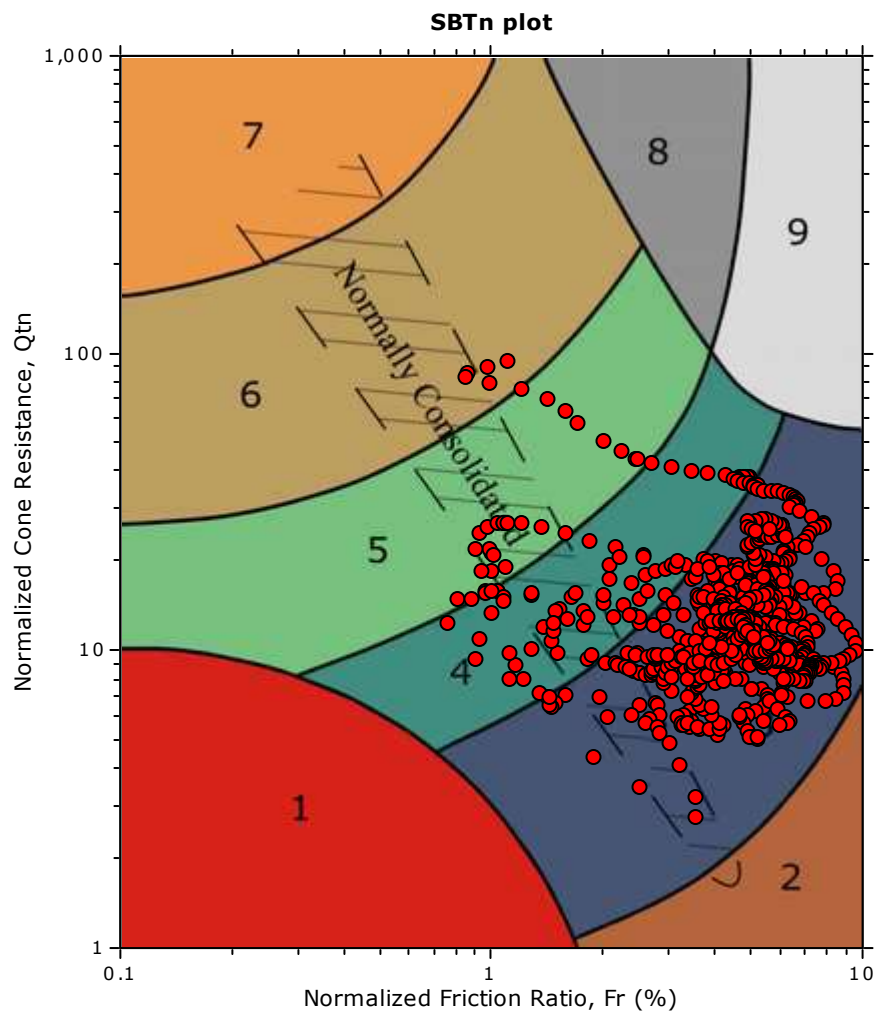
SBT legend

- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravelly 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 |

Project:

Location:

SBT - Bq plots (normalized)



SBTn legend

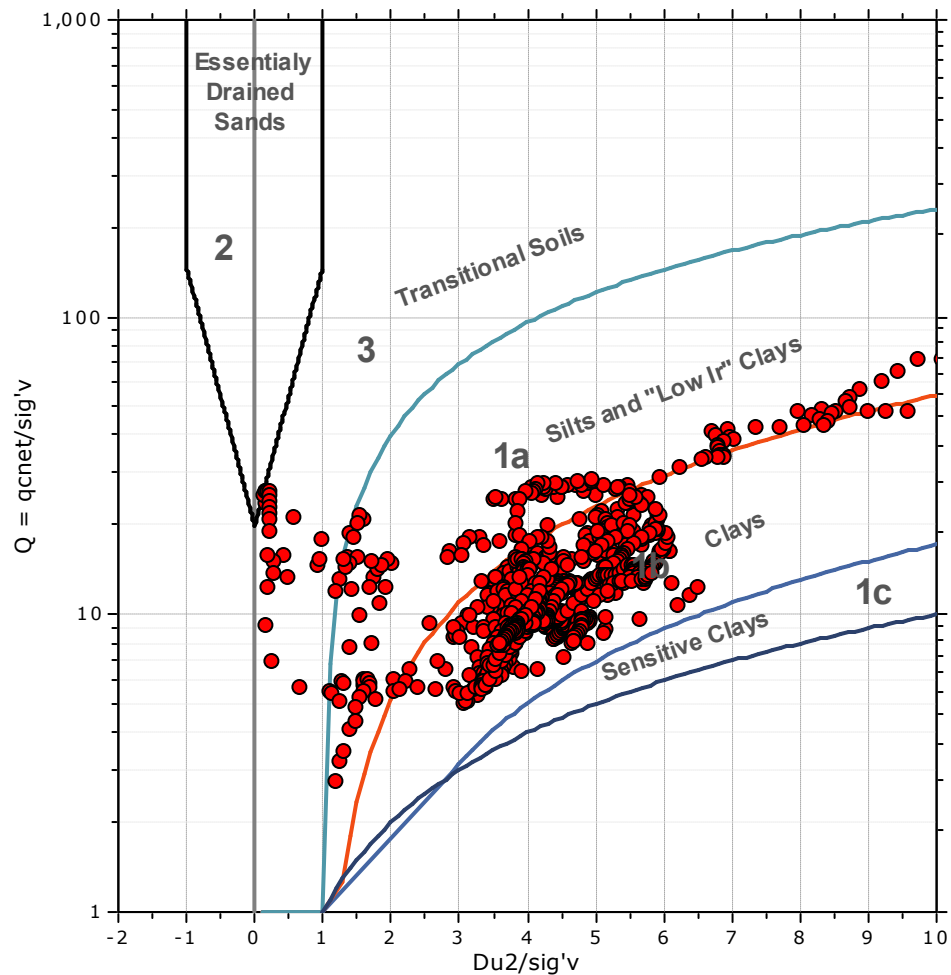
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravelly sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty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

Project:

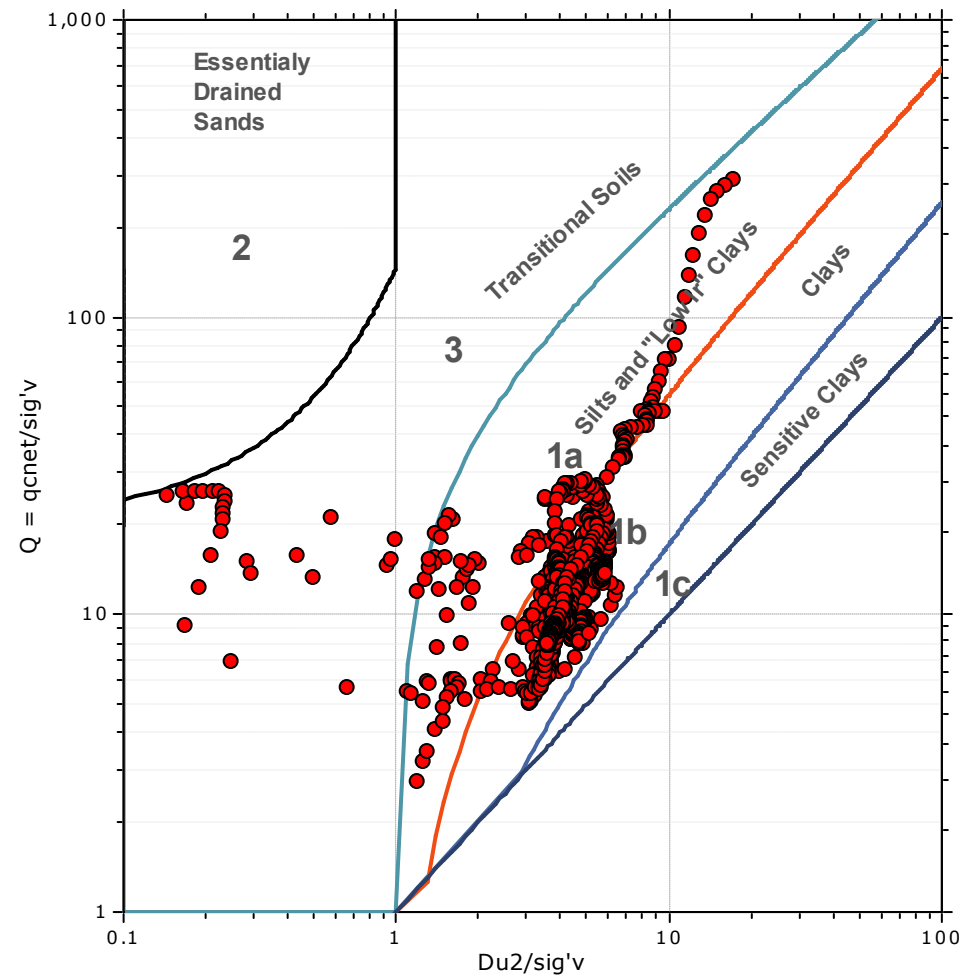
Location:

Bq plots (Schneider)

Schneider et al (2008) Soil Class.

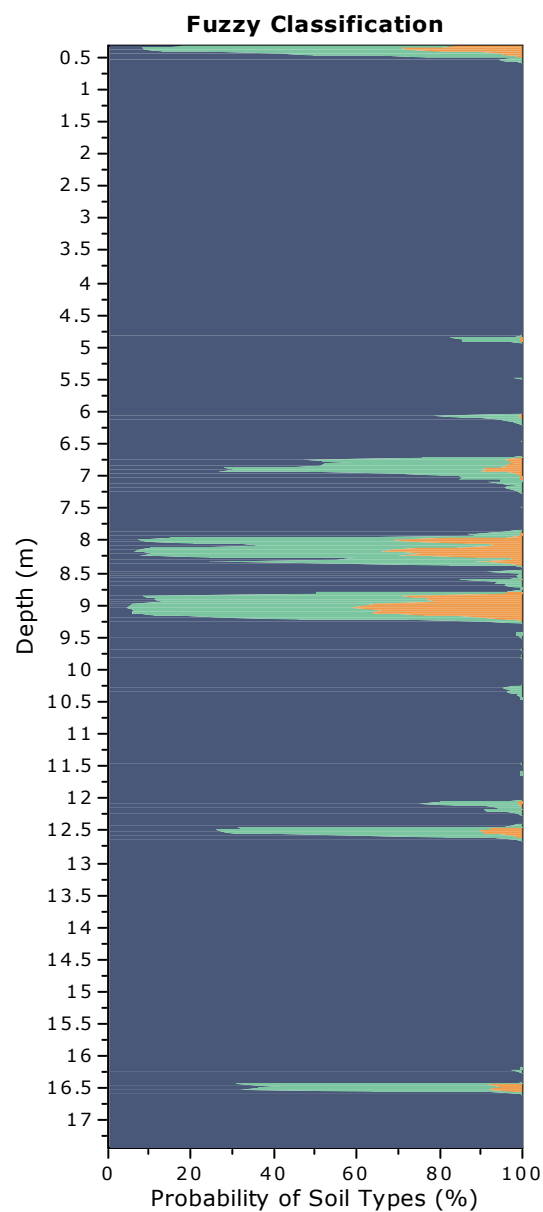
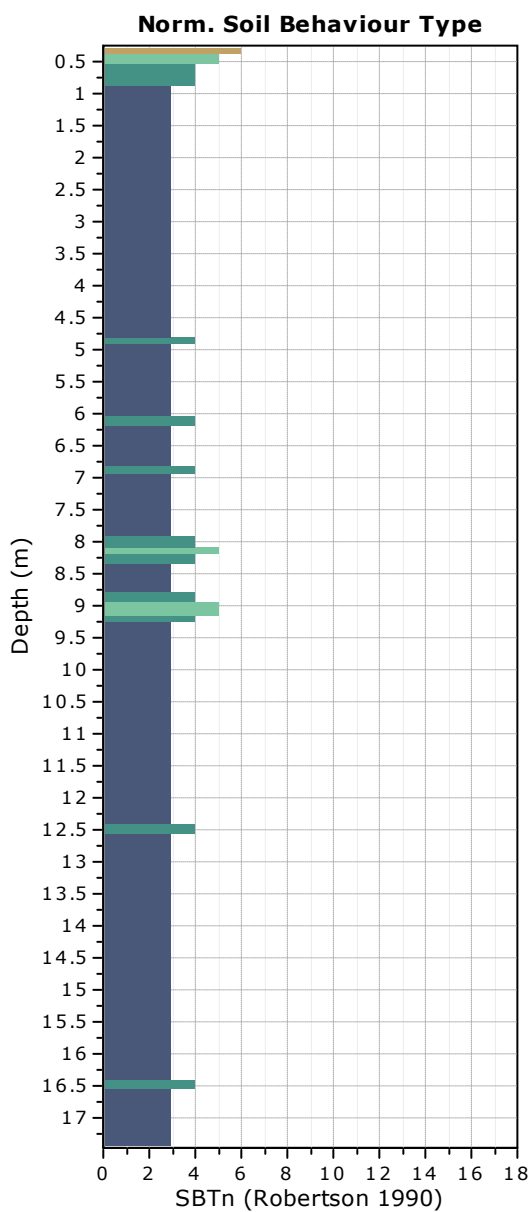


Schneider et al (2008) Soil Class.



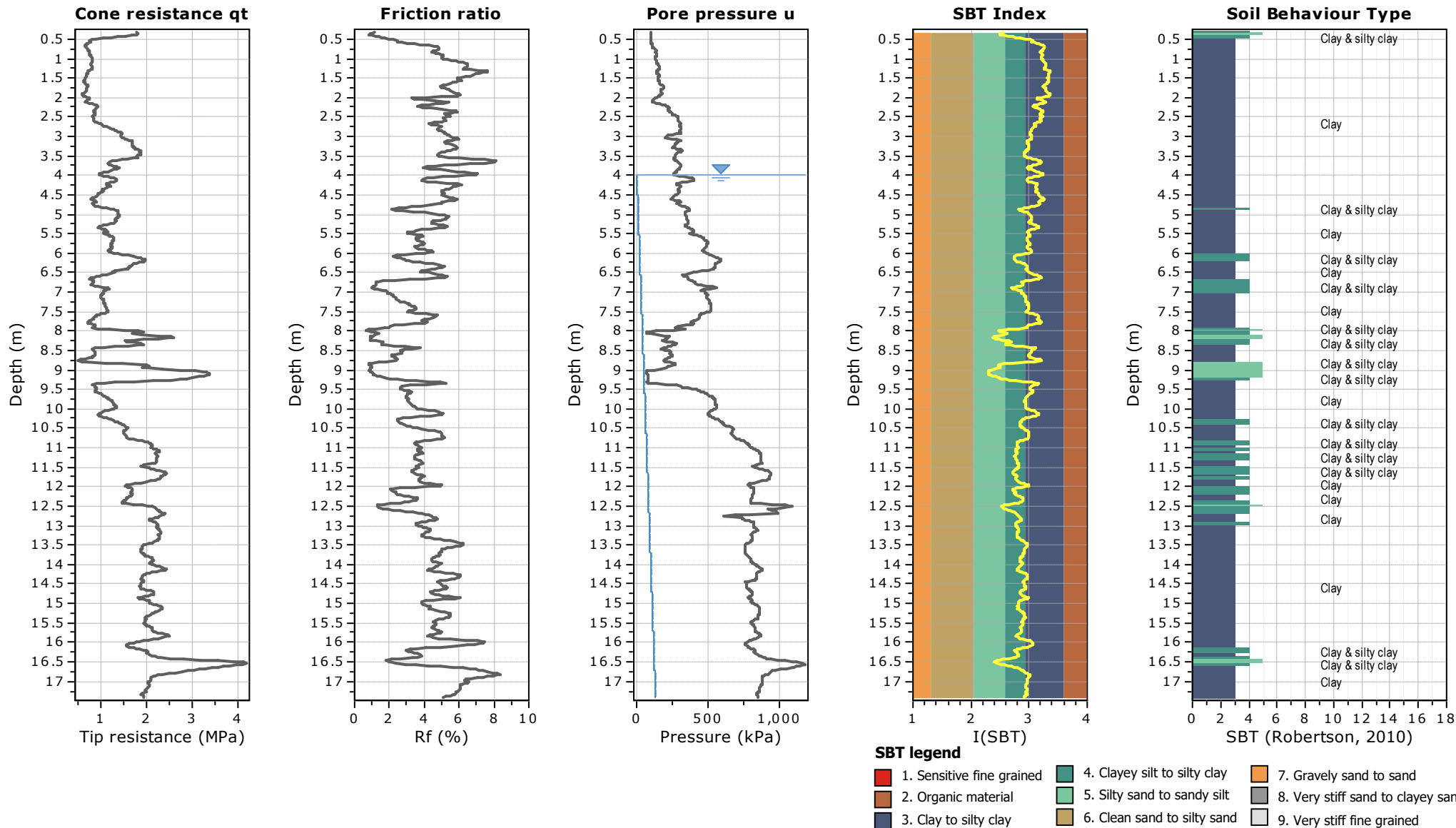
Project:

Location:



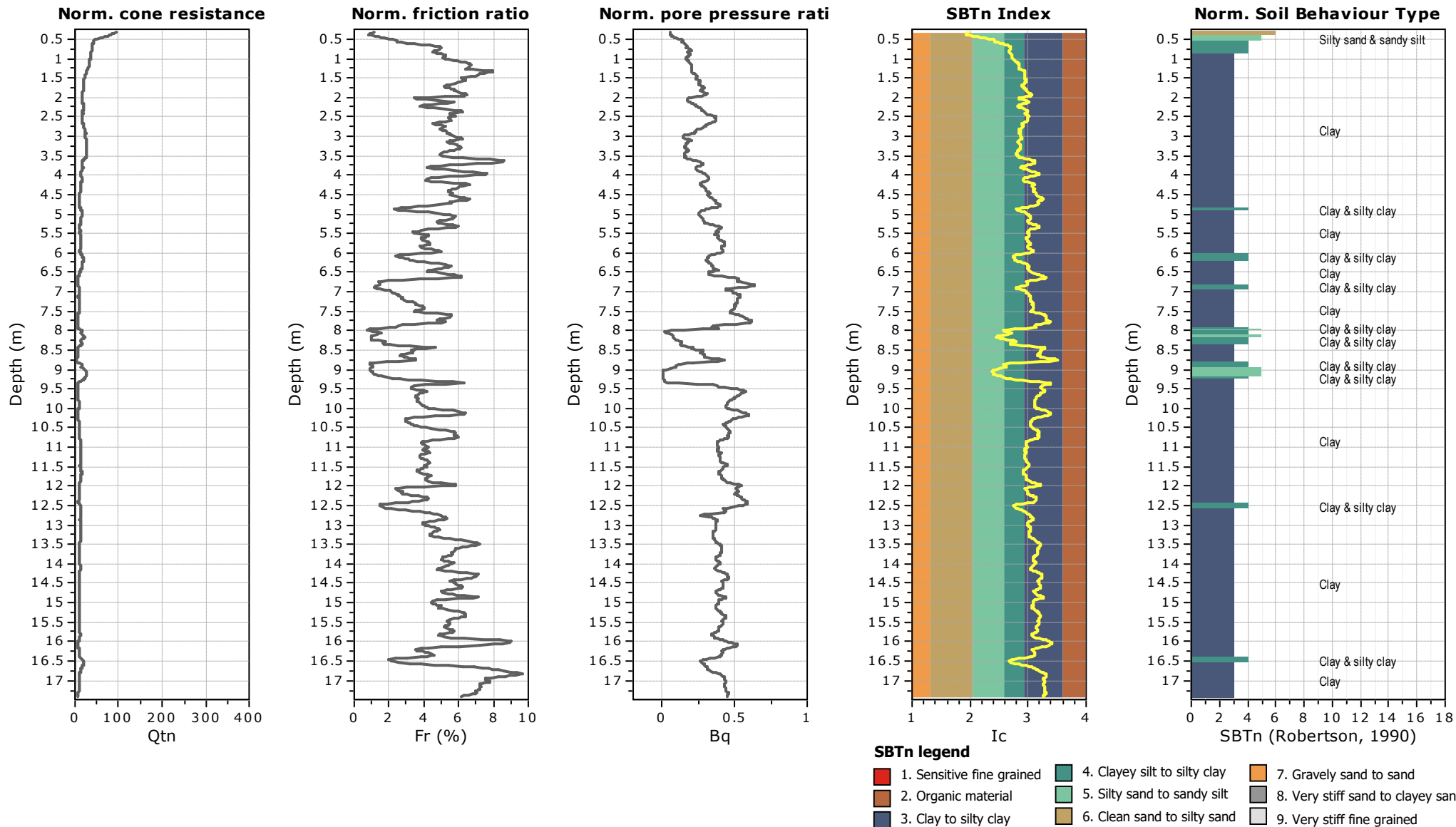
Project:

Location:



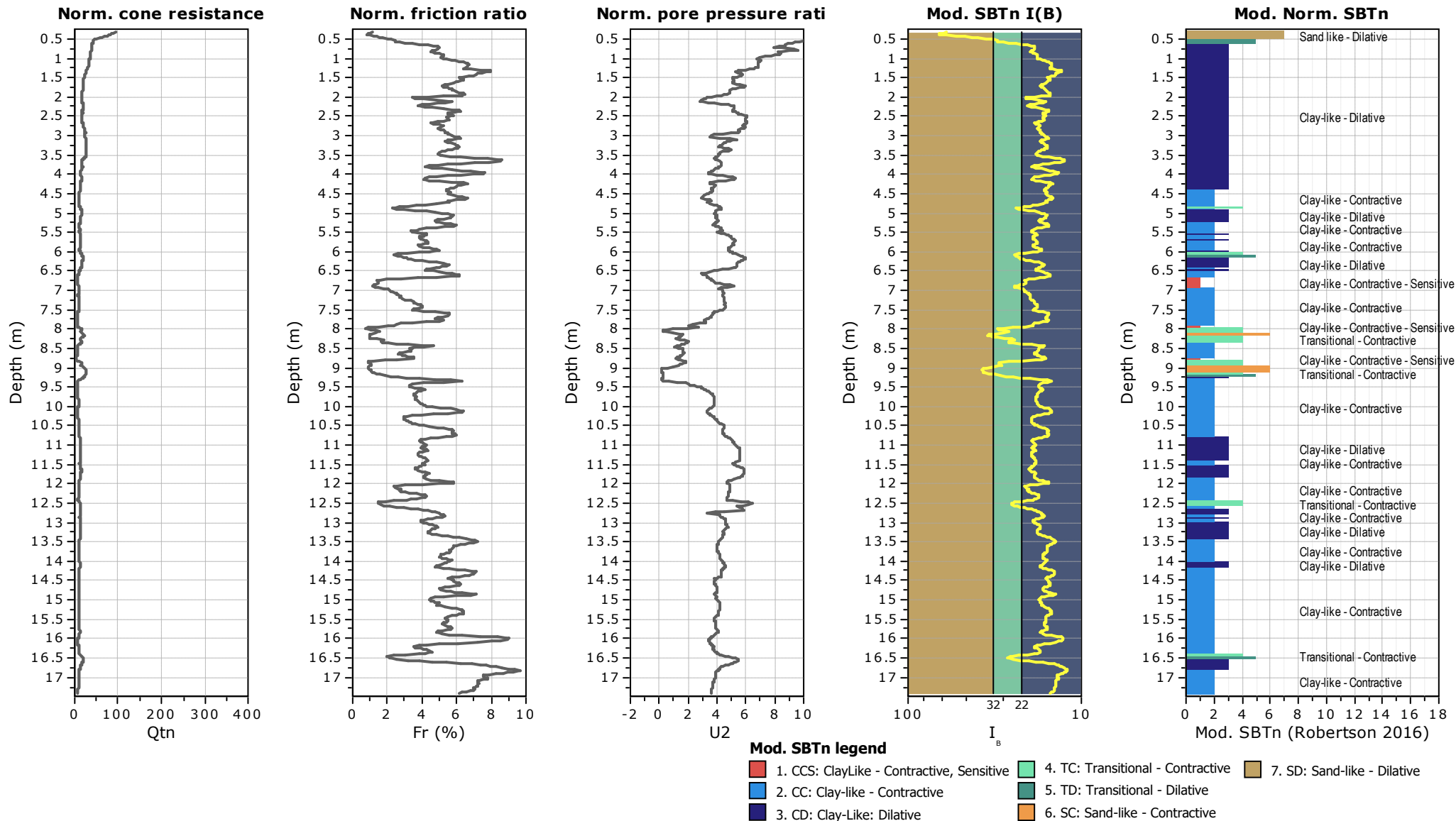
Project:

Location:



Project:

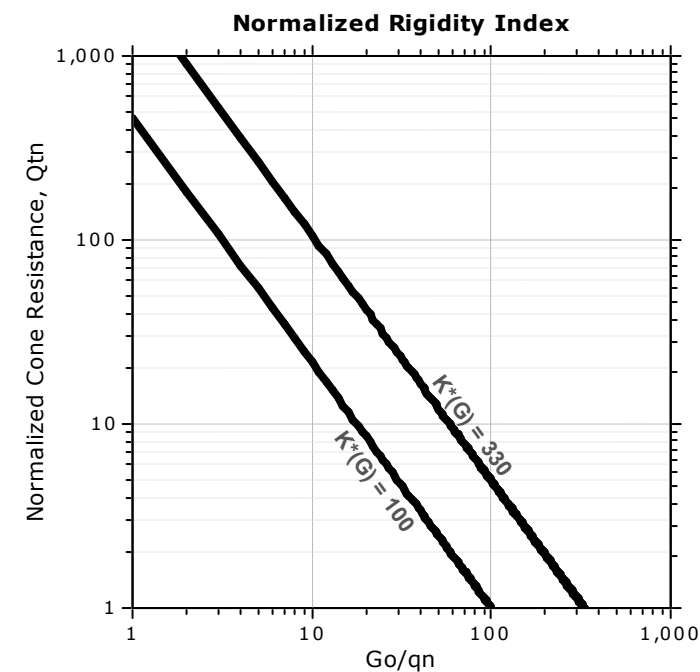
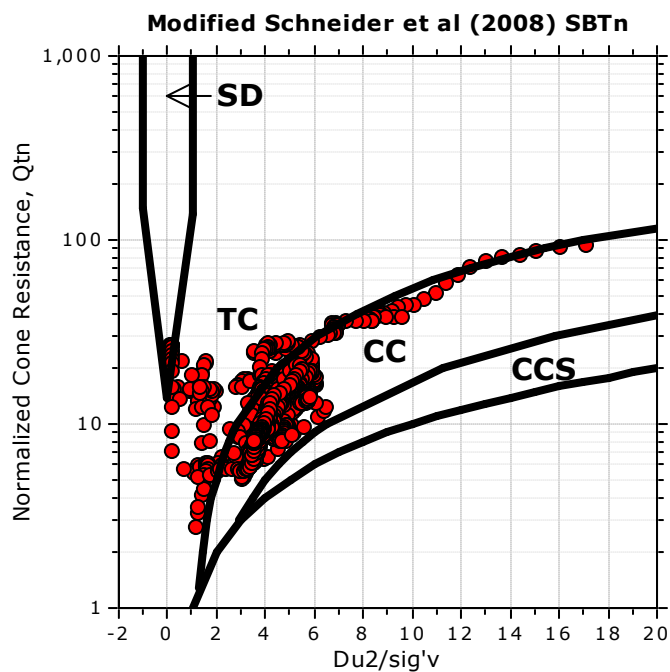
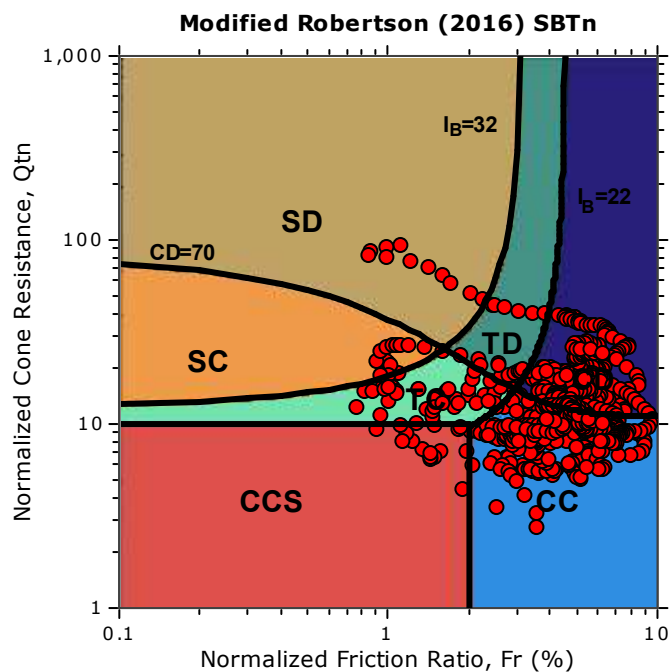
Location:



Project:

Location:

Updated SBTn plots

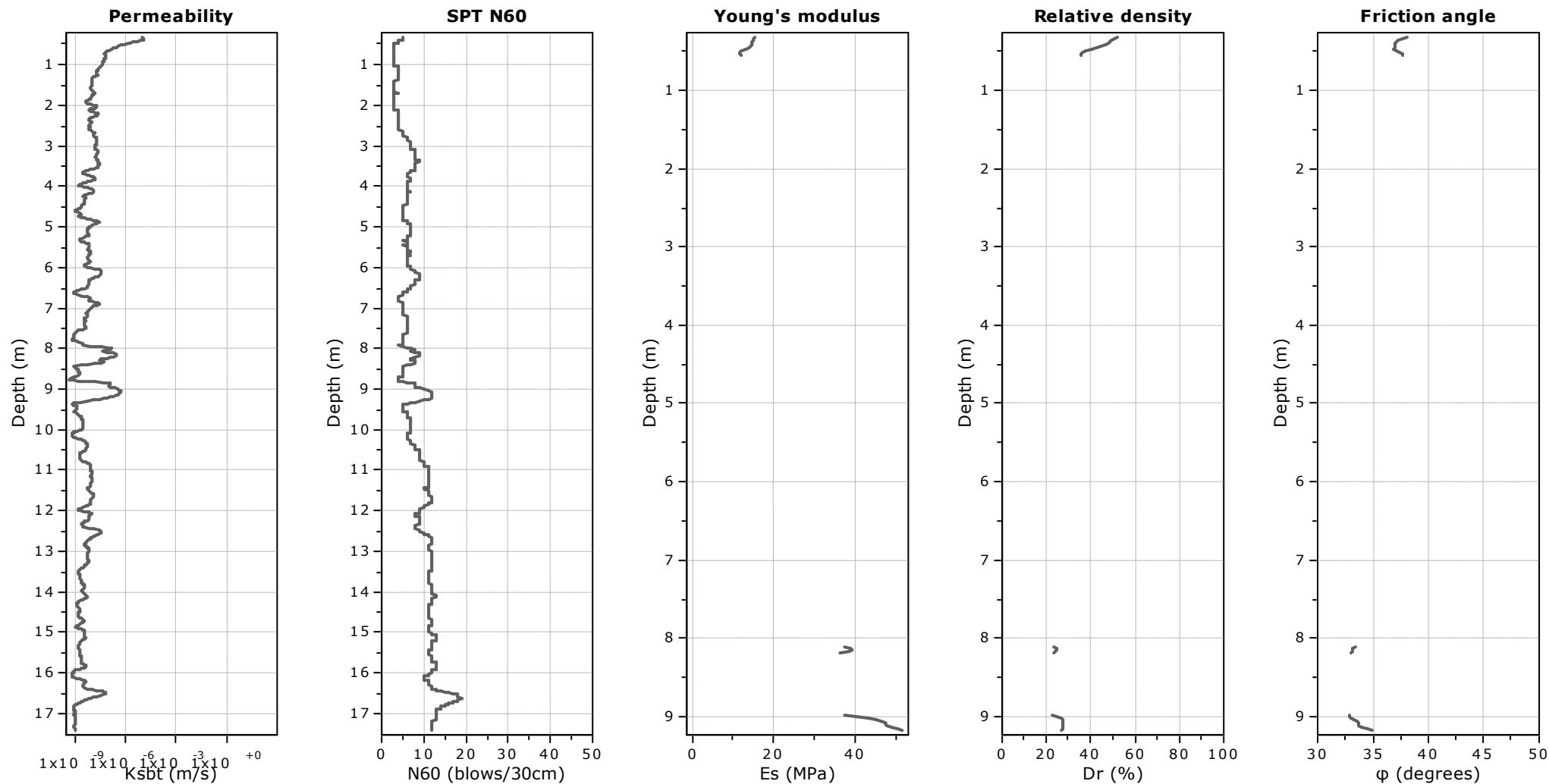


CCS: Clay-like - Contractive - Sensitive
CC: Clay-like - Contractive
CD: Clay-like - Dilative
TC: Transitional - Contractive
TD: Transitional - Dilative
SC: Sand-like - Contractive
SD: Sand-like - Dilative

$K(G) > 330$: Soils with significant microstructure
(e.g. age/cementation)

Project:

Location:



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

SPT N_{60} : Based on I_c and q_t

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

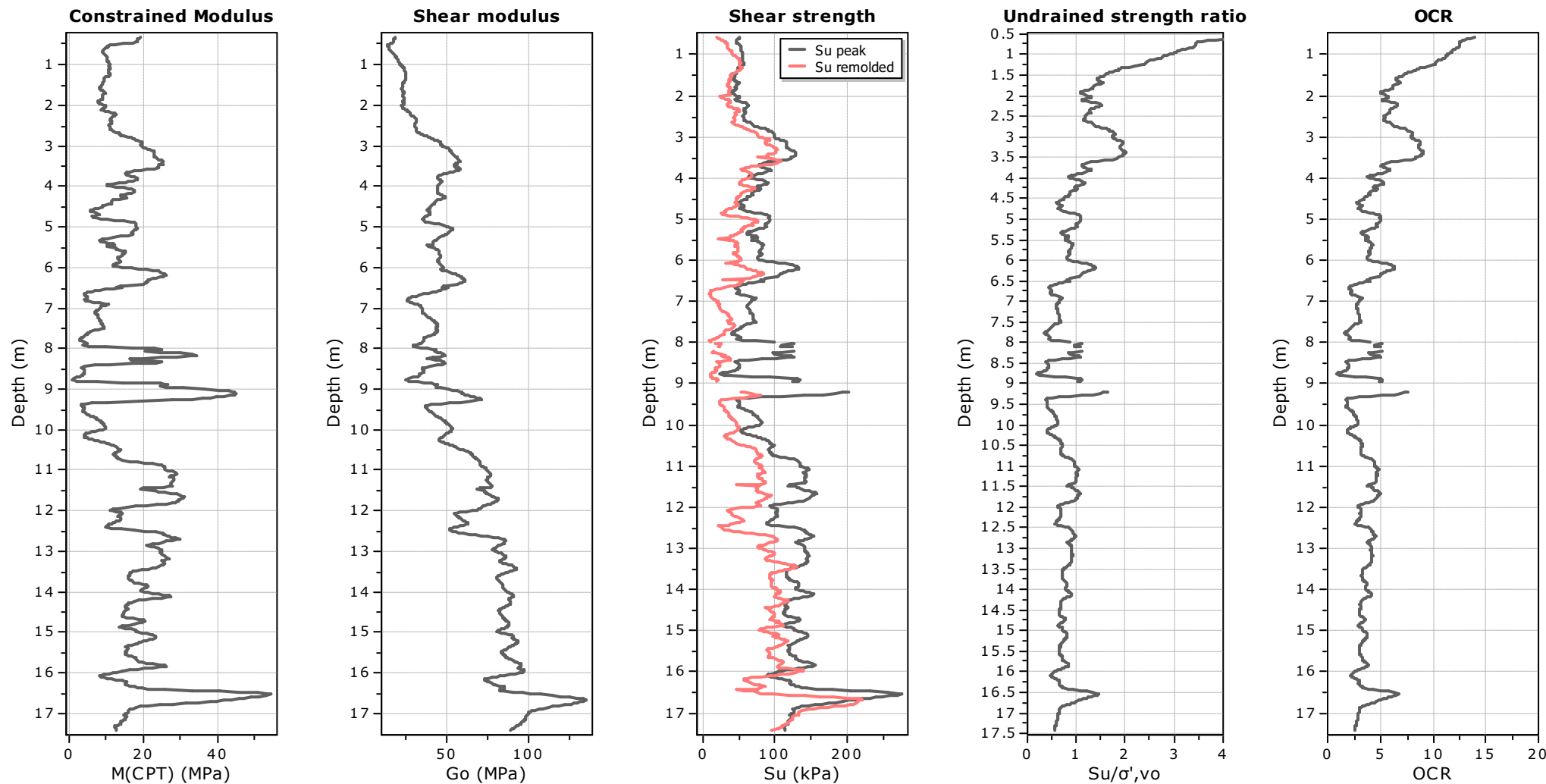
Relative density constant, C_{Dr} : 350.0

Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)

—●— User defined estimation data

Project:

Location:



Calculation parameters

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

Go: Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)

Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt} : 14

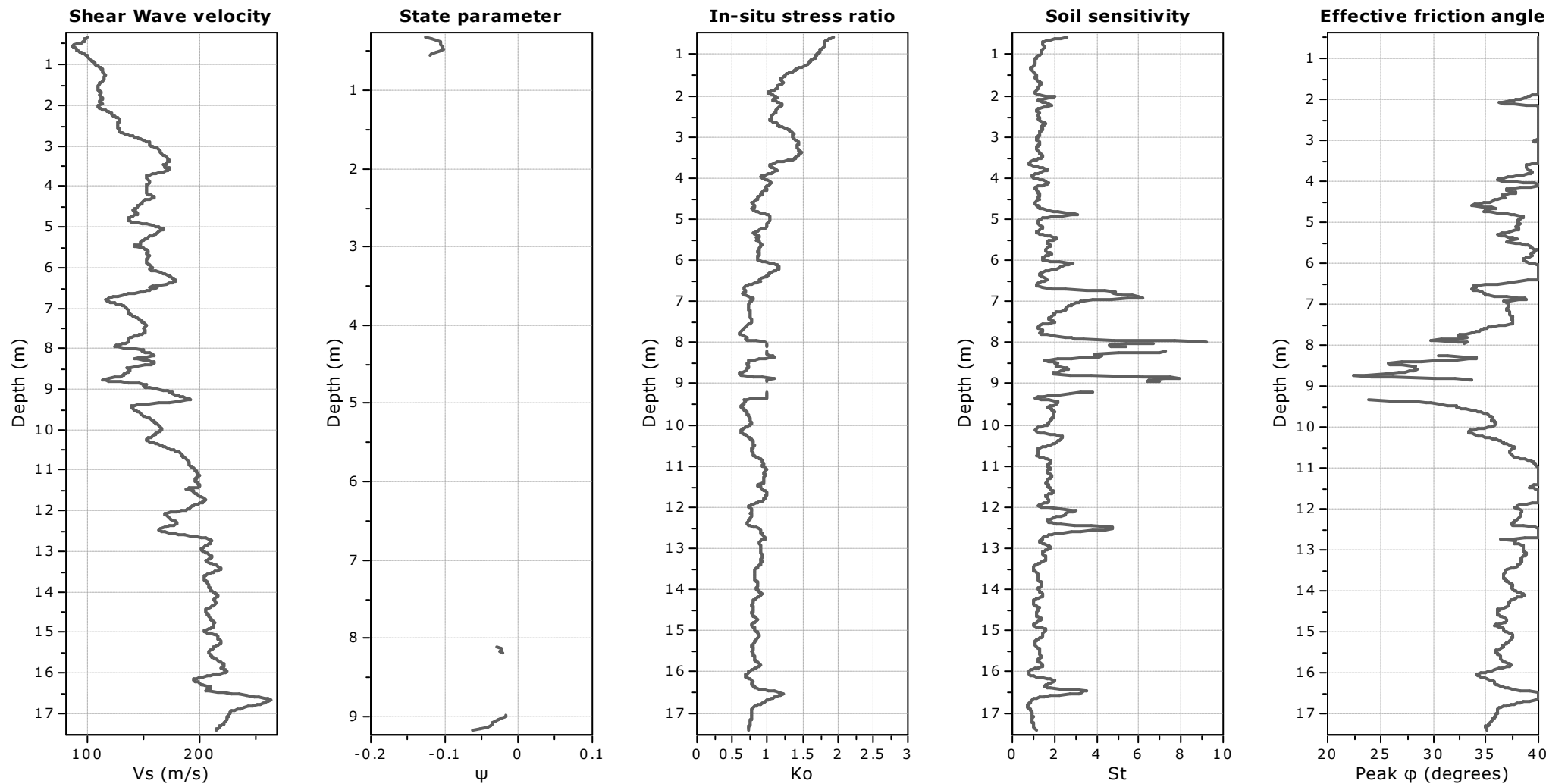
OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33

● User defined estimation data

● Flat Dilatometer Test data

Project:

Location:



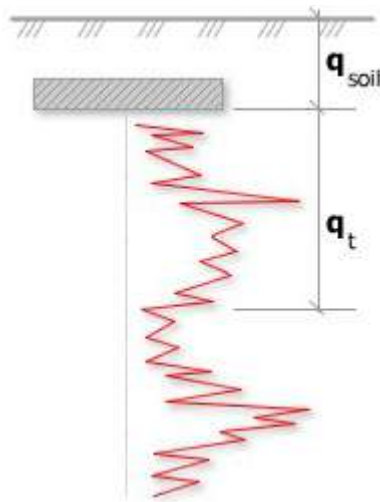
Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

—●— User defined estimation data

Project:

Location:



Bearing Capacity calculation is performed based on the formula:

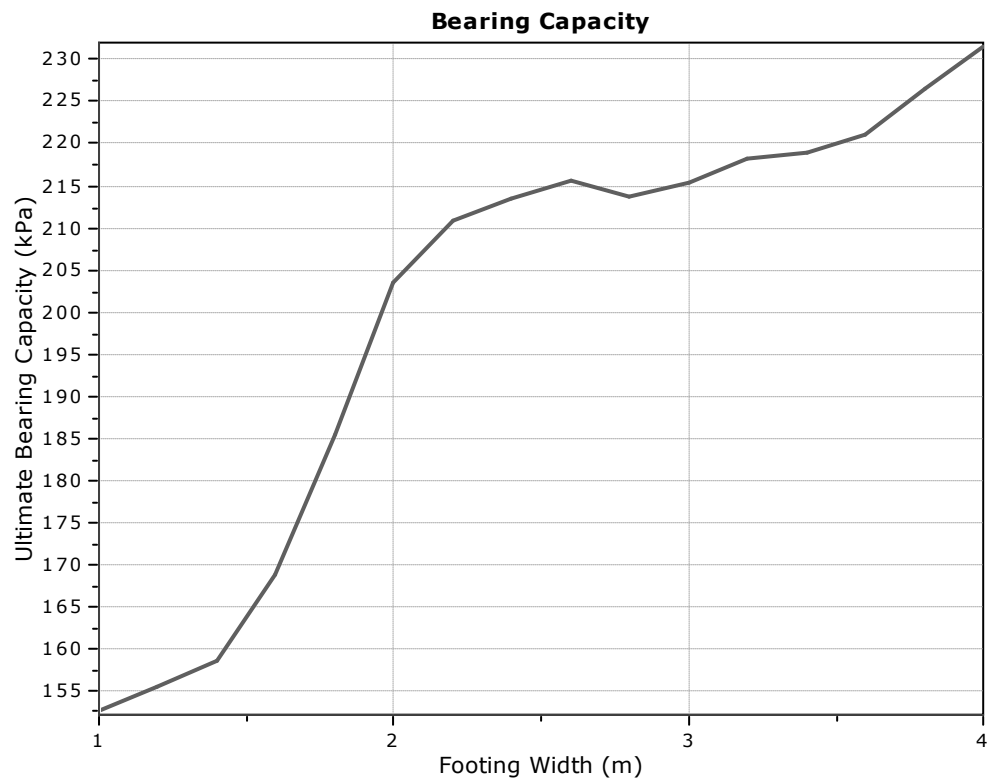
$$Q_{ult} = R_k \times q_t + q_{soil}$$

where:

R_k : Bearing capacity factor

q_t : Average corrected cone resistance over calculation depth

q_{soil} : Pressure applied by soil above footing



:: Tabular results ::

No	B (m)	Start Depth (m)	End Depth (m)	Ave. q_t (MPa)	R_k	Soil Press. (kPa)	Ult. bearing cap. (kPa)
1	1.00	0.50	2.00	0.72	0.20	9.50	152.68
2	1.20	0.50	2.30	0.73	0.20	9.50	155.60
3	1.40	0.50	2.60	0.75	0.20	9.50	158.68
4	1.60	0.50	2.90	0.80	0.20	9.50	168.73
5	1.80	0.50	3.20	0.88	0.20	9.50	185.46
6	2.00	0.50	3.50	0.97	0.20	9.50	203.53
7	2.20	0.50	3.80	1.01	0.20	9.50	210.96
8	2.40	0.50	4.10	1.02	0.20	9.50	213.48
9	2.60	0.50	4.40	1.03	0.20	9.50	215.61
10	2.80	0.50	4.70	1.02	0.20	9.50	213.62
11	3.00	0.50	5.00	1.03	0.20	9.50	215.27
12	3.20	0.50	5.30	1.04	0.20	9.50	218.31
13	3.40	0.50	5.60	1.05	0.20	9.50	218.97
14	3.60	0.50	5.90	1.06	0.20	9.50	221.10
15	3.80	0.50	6.20	1.09	0.20	9.50	226.56
16	4.00	0.50	6.50	1.11	0.20	9.50	231.51

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

:: Unit Weight, g (kN/m³) ::

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

where g_w = water unit weight

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

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

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

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

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

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

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

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

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

:: Relative Density, Dr (%) ::

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

:: State Parameter, ψ ::

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

:: Drained Friction Angle, ϕ (°) ::

$$\phi = \phi'_{cv} + 15.94 \cdot \log(Q_{tn,cs}) - 26.88$$

(applicable only to SBT_n: 5, 6, 7 and 8 or $I_c < I_{c_cutoff}$)

:: 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 $I_c \geq 2.20$

$$M_{CPT} = 0.03 \cdot (q_t - \sigma_v) \cdot 10^{0.55 \cdot I_c + 1.68}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

:: Overconsolidation Ratio, OCR ::

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

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

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

:: In situ Stress Ratio, K_0 ::

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

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

:: Soil Sensitivity, S_t ::

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

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

:: Peak Friction Angle, ϕ' (°) ::

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

(applicable for $0.10 < B_q < 1.00$)

References

- Robertson, P.K., Cabal K.L., Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering, Gregg Drilling & Testing, Inc., 5th Edition, November 2012
- Robertson, P.K., Interpretation of Cone Penetration Tests - a unified approach., Can. Geotech. J. 46(11): 1337–1355 (2009)
- N Barounis, J Philpot, Estimation of in-situ water content, void ratio, dry unit weight and porosity using CPT for saturated sands, Proc. 20th NZGS Geotechnical Symposium

REPORT INDAGINI SISMICHE

Località: Fosdondo di Correggio – Via Ronchi -

Sismica attiva pseudo-multicanale in onde di superficie

La prospezione sismica multicanale in onde di superficie (Multichannel Analysis of Surface Waves; Park, Miller & Xia, 1999) è una tecnica attiva che prevede la registrazione tramite un apposito registratore digitale della propagazione delle onde di superficie, Rayleigh e Love (Rayleigh in questo caso) a partire da un punto di energizzazione in superficie (shot) a un array di punti di ricezione (geofoni) disposti sulla superficie topografica. Nel caso della prospezione 'pseudo-multicanale' si identifica la dispersione delle onde di superficie lungo uno pseudo-array lineare di ricevitori, vale a dire che si utilizza un'unica unità ricevente (in questo caso un tromografo digitale) che viene mantenuta in posizione fissa, e progressivamente si sposta la sorgente energizzante.

La tecnica sfrutta la proprietà delle onde di superficie di essere dispersive nei mezzi multi-strato. L'analisi della dispersione del "groundroll" permette di ricavare la curva di dispersione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh. Dalla velocità delle onde di Rayleigh si ricava la velocità delle onde di taglio (V_s), poiché $V_R = (0.85 \pm 0.9)V_s$.

Le V_s rappresentano un parametro utile a definire la rigidità dei terreni in quanto sono ad essa legate dalla relazione:

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

dove:

μ = modulo di taglio (costante del mezzo)

ρ = densità del mezzo.

Procedure di campagna e acquisizione dei dati

Per generare le onde di superficie necessarie alla prospezione, è stata utilizzata una massa battente su piastra in teflon; la sorgente energizzante viene spostata progressivamente a intervalli regolari assieme a un dispositivo trigger wireless, il quale trasmette via radio l'impulso al tromografo, in modo da comunicare in automatico l'istante in cui iniziare la memorizzazione dei dati.

I segnali, dopo opportuna amplificazione, conversione del segnale da analogico a digitale ed eventuale filtraggio, sono stati registrati ed archiviati nella memory card interna allo strumento.

Elaborazione dei dati

Dall'analisi delle tracce acquisite si ottiene la curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel dominio delle frequenze, rappresentata da un grafico a contour che mette in relazione la frequenza (f) e la velocità di fase (v) delle onde stesse, legate dalla relazione:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

dove:

λ = lunghezza d'onda.

Lo scopo dell'indagine è quello di ottenere infine un modello di sottosuolo in termini di velocità delle onde di taglio attraverso il processo di inversione mediante apposito software delle curve di dispersione ottenute.

REPORT INDAGINI SISMICHE

Località: Fosdondo di Correggio – Via Ronchi -

Strumentazione e configurazione utilizzate nel sito in esame

Tromografo digitale Tromino® BLU 3G+, dotato di 3 canali connessi a 3 velocimetri elettrodinamici ortogonali, conversione A/D a 24 bit reali

Configurazione e parametri di acquisizione

Energizzazione: mazza battente da 6 kg;

Numero di shot/battute: 18;

Distanza tra ogni shot/battuta: 3 m;

Lunghezza stendimento: 51 m;

Frequenza di campionamento: 1024 Hz;

Lunghezza tracce: 2000 ms

REPORT INDAGINI SISMICHE

Località: Fosdondo di Correggio – Via Ronchi -

Sismica passiva a stazione singola con acquisizione di microtemori

Le acquisizioni di sismica passiva a stazione singola sono finalizzate alla misurazione del microtemore ambientale (o rumore sismico) contemporaneamente nelle tre direzioni ortogonali dello spazio: due orizzontali (N-S, E-W) e una verticale (Up-Down). Dall'analisi spettrale delle tracce registrate si ricavano le curve del rapporto tra le componenti orizzontali e quella verticale delle onde sismiche (analisi HVSR) al variare della frequenza. Lo scopo di questo tipo di indagine è definire la frequenza naturale di risonanza del terreno f_0 . La frequenza di risonanza di uno strato di terreno è legata alla velocità delle onde di taglio (V_s), che si ricava a partire dalla velocità delle onde di Rayleigh, e allo spessore h dello strato stesso, secondo la formula:

$$f = \frac{V_s}{4h}$$

Dalla relazione che lega frequenza di risonanza, spessore e velocità delle onde di taglio di uno strato di terreno, è possibile ricostruire il profilo di V_s del sottosuolo, purché il modello venga opportunamente vincolato con altri tipi di prove.

Per le acquisizioni di microtemore è stato utilizzato un tromografo digitale dotato di 3 canali velocimetrici. Il tromografo è stato posizionato sul suolo evitando superfici rigide (pavimentazioni, asfalto, etc.); le registrazioni sono state effettuate per una determinata durata in funzione delle frequenze ricercate. Il segnale acquisito viene amplificato, convertito da analogico a digitale e quindi archiviato nella *memory card* interna allo strumento.

Le tracce sono state successivamente trasferite e archiviate su PC e analizzate con l'apposito software di gestione, analisi e archiviazione dati. Su ciascuna registrazione è stata eseguita l'analisi HVSR secondo la procedura classica (SESAME, 2005) e la rimozione dei transienti sulla serie temporale, al fine di ottenere le curve H/V.

Strumentazione utilizzata

Tromografo digitale Tromino® BLU 3G+, dotato di 3 canali connessi a 3 velocimetri elettrodinamici ortogonali, conversione A/D a 24 bit reali

Parametri di acquisizione

Frequenza di campionamento: 128 Hz

Lunghezza della registrazione: 20'00"

Parametri dell'analisi HVSR

Lunghezza finestre di analisi: 18 s

Lisciamento: finestra triangolare con ampiezza 10% della frequenza centrale

REPORT INDAGINI SISMICHE

Località: Fosdondo di Correggio – Via Ronchi -

Riprese fotografiche



Ubicazione

Scala 1:2500

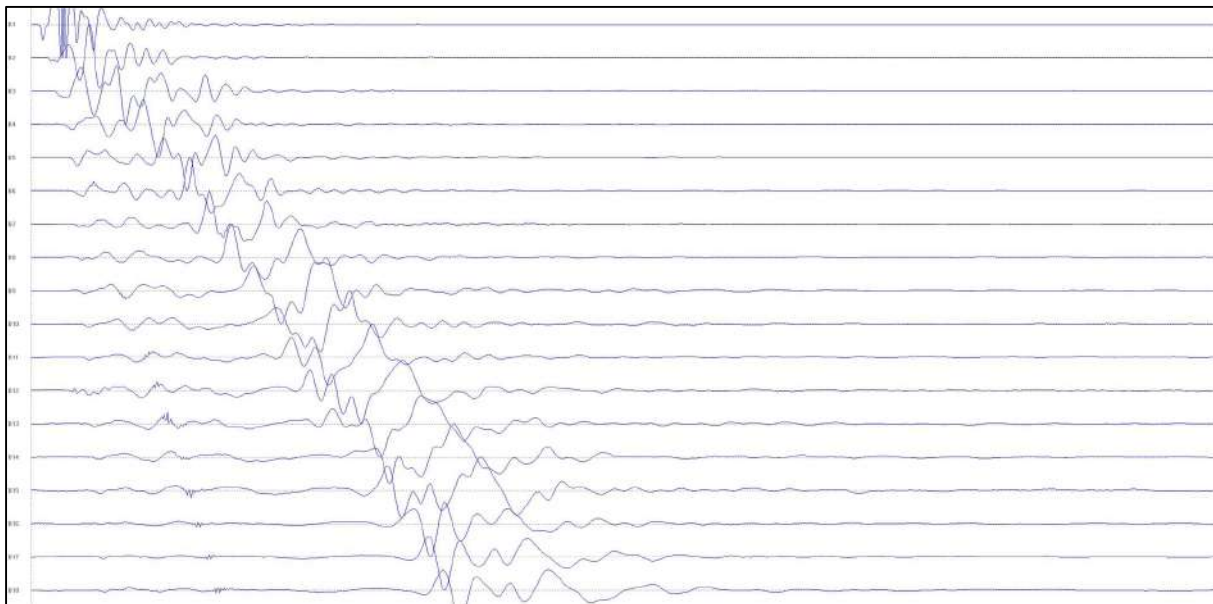


Acquisizione sismica attiva pseudo-multicanale in onde di superficie

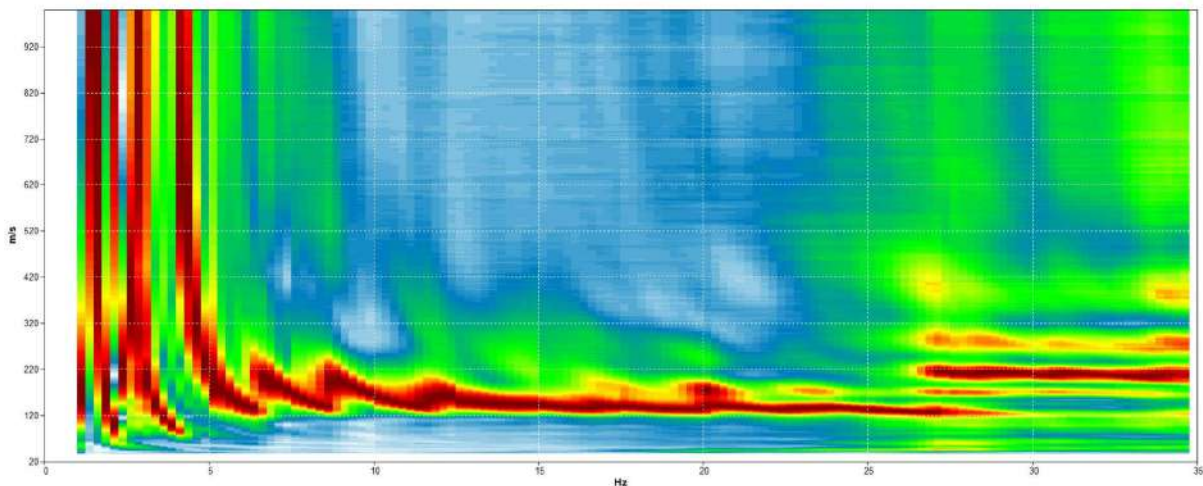
Data: 22/11/2023

Geometria dello pseudo-array (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 36.0 39.0 42.0 45.0 48.0 51.0 m.

SISMOGRAMMA DELLE 18 TRACCE ACQUISITE



SPETTRO DELLE VELOCITÀ DI FASE DELLE ONDE DI SUPERFICIE (RAYLEIGH)



Acquisizione sismica passiva a stazione singola

Strumento: TEB-0459/01-19

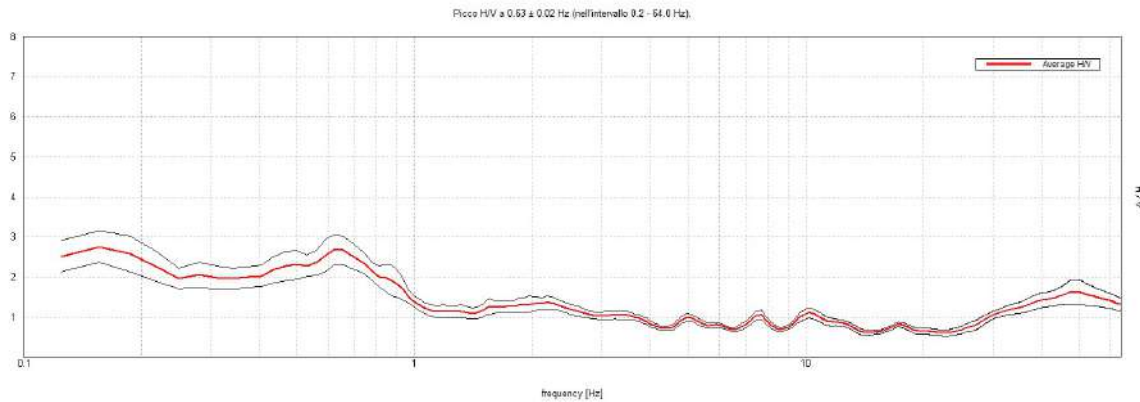
Inizio registrazione: 22/11/2023 14:17:17 Fine registrazione: 22/11/2023 14:37:17

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

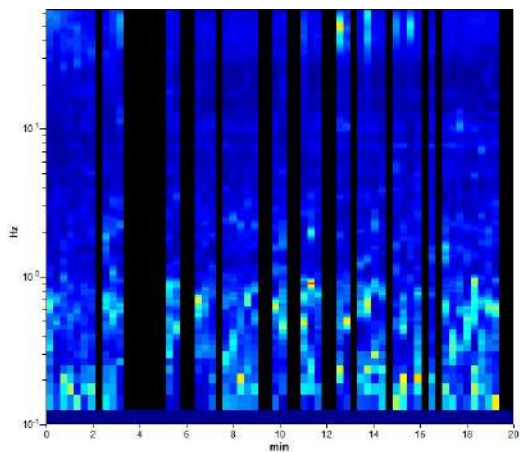
Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 67% tracciato (selezione manuale)

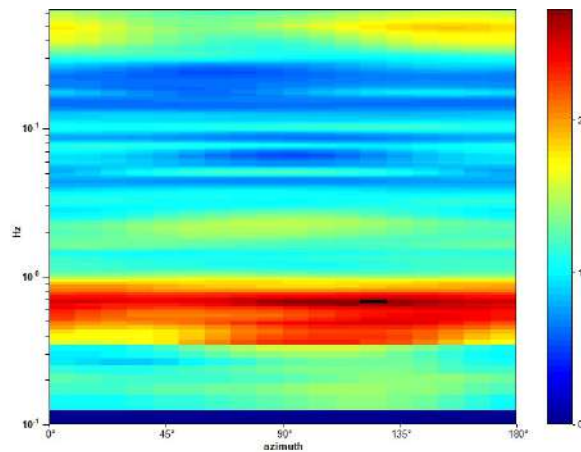
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



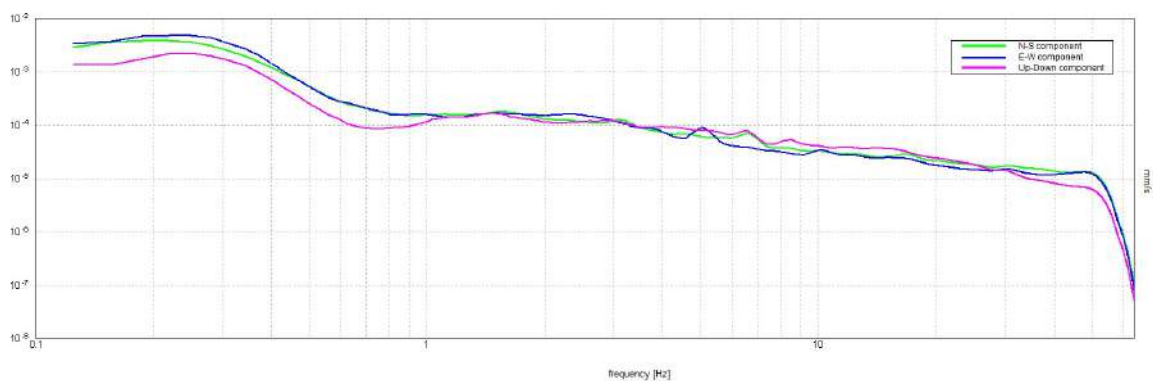
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Picco H/V a 0.63 ± 0.02 Hz (nell'intervallo 0.2 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.63 > 0.56$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$495.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 31	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.031 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.69 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03693 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.02308 < 0.09375$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3731 < 2.0$	OK	

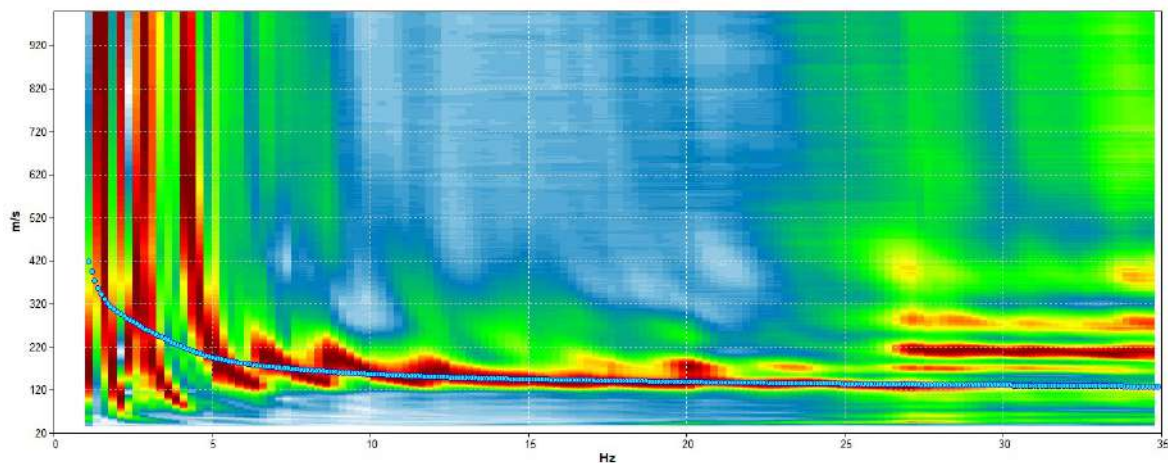
L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

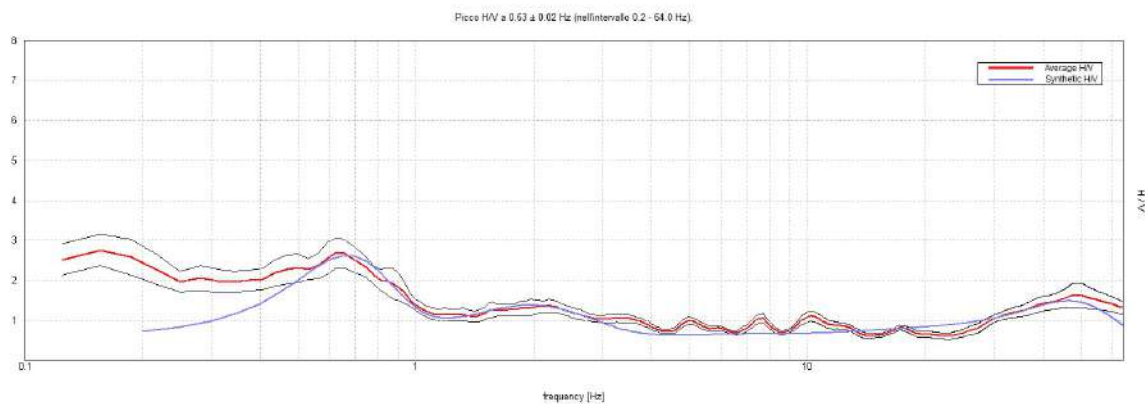
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Modellazione congiunta

CURVA DI DISPERSIONE MODELLATA DELLE VELOCITÀ DI FASE DELLE ONDE DI RAYLEIGH



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



MODELLO DI SOTTOSUOLO

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.40	0.40	80	0.45
2.40	2.00	140	0.45
7.40	5.00	160	0.44
17.40	10.00	192	0.44
24.40	7.00	245	0.43
34.40	10.00	280	0.43
69.40	35.00	320	0.43
144.40	75.00	380	0.42
inf.	inf.	580	0.40

Vs_{eq}(0.0-30.0) = 198 m/s

