



Comune di Modena

Settore Lavori pubblici e manutenzione della città
Servizio Opere pubbliche ed edilizia Storica

Nuovo Ponte dell'Uccellino



**COSTRUZIONE DI UN NUOVO PONTE SUL FIUME
SECCHIA IN LOCALITA' PASSO DELL'UCCELLINO
E OPERE STRADALI DI MIGLIORAMENTO
PUNTUALE SU VIA MORELLO**

ANNO 2022
Progetto Definitivo

SAP.03 STUDIO AMBIENTE E PAESAGGIO
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

Rev. 1
marzo 2022

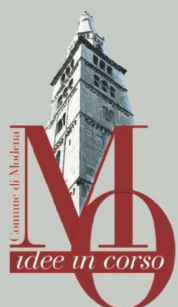
Gruppo di lavoro

Responsabile Unico del Procedimento: Arch. Lucio Fontana

Progettisti: Ing. Luca Piacentini - Ing. Eugenio Santi

Gruppo di lavoro: Geol. Giorgio Barelli - Ing. Giorgio Piacentini

Geom. Rosa Lombardi - Geom. Mauro Pizzirani



Miglioriamo
la Città

RELAZIONE TECNICA

comprendente:

RELAZIONE GEOLOGICA inerente le indagini geognostiche eseguite, la definizione delle unità litotecniche, gli eventuali processi geomorfologici al fine della modellazione geologica del sito (6.2.1. DM 14/01/08)

RELAZIONE GEOTECNICA basata sulle indagini eseguite, fornisce tutti i dati geotecnici necessari per il progetto, la caratterizzazione e la modellazione del volume significativo di terreno interessato (6.2.2. DM 14/01/08)

Relazione concernente la “**RISPOSTA SISMICA DEL SITO**” (ai sensi del D. M. 14/01/2008 NNTC) al fine della progettazione per azioni sismiche

OGGETTO

**COSTRUZIONE DI UN NUOVO PONTE SUL FIUME SECCHIA IN
LOCALITA' PASSO DELL'UCCELLINO E OPERE STRADALI DI
MIGLIORAMENTO PUNTUALE SU VIA MORELLO**

Comune di Modena/Comune di Soliera

Committente: Comune di Modena

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it



INDICE DEL CONTENUTO

1. PREMESSE	4
1.1 Inquadramento geografico.....	5
2. INQUADRAMENTO GENERALE.....	6
2.1 Elementi geologici e strutturali generali.....	6
2.2 Elementi geomorfologici e idrologici generali	10
2.3 Storicità sismica.....	12
3. INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	15
3.1 Campagna geognostica e analisi di laboratorio geotecnico	15
3.2 Metodologie di indagine.....	17
3.2.1 Prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTU e cono sismico SCPTU.....	17
3.2.2 Sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati.....	20
3.2.3 Indagini geoelettriche con misura della resistività naturale dei terreni con restituzione tomografica bidimensionale.....	21
3.2.4 Indagini sismiche secondo dispersione attiva di onde di superficie tipo Rayleigh (MASW).....	24
3.2.5 Indagini sismiche secondo acquisizione passiva di onde di superficie tipo Rayleigh (RE.MI).....	25
3.2.6 Indagini sismiche secondo acquisizione di rumore sismico naturale mediante stazione velocimetrica triassiale (HVS).....	26
3.3 Analisi di laboratorio geotecnico.....	27
3.3.1 Analisi granulometriche per setacciatura e sedimentazione	27
3.3.2 Prove di taglio diretto in condizioni consolidate e drenate (AGI 1994, ASTM D 3080-03).....	28
3.3.3 Prove di consolidazione edometrica (AGI 1994, ASTM D 2435-03, ASTM D 4546-03, ASTM 4186-89)	29
4. MODELLO GEOLOGICO/STRATIGRAFICO.....	30
4.1 Caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo.....	30
5. MODELLO GEOTECNICO.....	37
5.1 Risultati delle indagini e le prove geotecniche eseguite.....	37
5.2 Modello geotecnico di riferimento.....	39
6. AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO	45
6.1 Risultati delle indagini geofisiche e identificazione della categoria di sottosuolo secondo (D.M. 14/01/2008).....	45
6.2 Valutazione dell'azione sismica di riferimento mediante approccio semplificato NTC 2008 (DM 14/01/2008).....	47
7. VERIFICA DELLA SUSCETTIVITÀ DEL SITO AL FENOMENO DI LIQUEFAZIONE.....	50
8. STATO DI FATTO DEI RILEVATI ARGINALI.....	53
9. CONCLUSIONI.....	55

a supporto della progettazione di un ponte di tipo Bailey per l'attraversamento del fiume Secchia
presso il Passo dell'Uccellino, tra i Comuni di Modena e Soliera (MO)

Rif. 749/15

TAVOLE

Tav. n. 1: "Carta corografica"	scala 1: 25.000;
Tav. n. 2: "Carta topografica"	scala 1: 10.000;
Tav. n. 3: "Carta topografica"	scala 1: 5000;
Tav. n. 4: "Carta della litologia di superficie"	scala 1: 5.000;
Tav. n. 5: "Ripresa fotografica aerea"	scala grafica;
Tav. n. 7: "Ubicazione delle indagini geognostiche"	scala 1: 800;
Tav. n. 8: "Sezione litostratigrafica"	scala 1: 200;

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it



ALLEGATI

- ALL. n. 1** Stratigrafie dei sondaggi a carotaggio continuo;
- ALL. n. 2** Prove penetrometriche statiche CPTU;
- ALL. n. 3** Prove di dissipazione in foro CPTU;
- ALL. n. 4** Analisi di laboratorio geotecnico;
- ALL. n. 5** Indagini geofisiche;
- ALL. n. 6** Verifiche della suscettività del sito al fenomeno della liquefazione;

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it



1. PREMESSE

Tra i mesi di Dicembre 2015 e Aprile 2016, su incarico del Comune di Modena e in intesa con i tecnici dott. geol. Giorgio Barelli e Ing. Laurent Marini, è stata eseguita la caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica del volume significativo di sottosuolo interessato dai lavori di rifacimento del ponte denominato “ponte dell'uccellino”, che collega i comuni di Modena e Soliera sul Fiume Secchia. Il presente studio viene redatto a supporto della progettazione esecutiva descrivendo i principali aspetti geologici e geotecnici del terreno interessato dalla realizzazione delle opere di fondazione e degli argini esistenti, nonché le potenziali criticità sismiche di sito.



Fig. n. 1.1 – Scansione fotografica satellitare obliqua dell'aera in oggetto (Blom 2016)

In accordo con la normativa tecnica nazionale D.M. 14/01/2008 (NTC) il presente studio verrà suddiviso nelle seguenti sezioni:

- ⌚ *RELAZIONE GEOLOGICA* riguardante le indagini geognostiche eseguite, la caratterizzazione e modellazione geologica del sito (6.2.1. DM 14/01/08);
- ⌚ *RELAZIONE GEOTECNICA* basata sulle indagini eseguite, fornisce la caratterizzazione e la modellazione del volume significativo di terreno interessato (6.2.2. DM 14/01/08) e verifiche di stabilità dei fronti di scavo da realizzare;
- ⌚ *Relazione concernente la “RISPOSTA SISMICA DEL SITO”* (ai sensi del D. M. 14/01/2008 NNTC)

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it



1.1 Inquadramento geografico

L'area in esame è collocata poco più a nord (dunque a valle) del Ponte TAV, tra il Comune di Modena e quello di Soliera (MO), come illustrato nella "Carta corografica" (**Tav. n. 1**), in scala 1:25.000, *tavole CTR n. 201_NE e n. 201_SE*, nella "Carta topografica" (**Tav. n. 2**) in scala 1:10.000, *sezione CTR n. 201080 – Soliera* e nella "Ripresa fotografica aerea dell'area di interesse" (**Tav. n. 5**), tratta da archivio interattivo di "Google Earth", riportate in allegato.

Le coordinate geografiche di riferimento sono le seguenti:

SITO IN ESAME	
COORDINATE GEOGRAFICHE ED 50	
LATITUDINE	LONGITUDINE
44,704955	10,948053



Fig. n. 1.2 – Sezione CTR con indicazione dell'ubicazione dell'opera oggetto di studio

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it - mail geo.group@libero.it



2. INQUADRAMENTO GENERALE

2.1 Elementi geologici e strutturali generali

I lineamenti geologici e strutturali caratteristici del sito oggetto di interesse sono riconducibili al bacino sedimentario Padano, compreso tra l'Appennino Settentrionale e le Alpi Meridionali, luoghi sorgente dei sedimenti che lo compongono. I sedimenti più recenti, in genere olocenici, ricoprono un substrato costituito da terreni complessi dal punto di vista stratigrafico e strutturale. Il bacino padano si inserisce in un contesto geodinamico di tipo collisionale: è infatti il luogo dove la zolla europea e la microplacca Adria vengono a collidere. A partire dalla fine del Miocene l'avanzata delle falde appenniniche induce sprofondamenti nell'avampaese padano, generando il cosiddetto bacino subsidente. Lo smantellamento della catena Appenninica per erosione, ormai emersa sopra al livello del mare, genera il continuo riversarsi di detrito all'interno dell'avanfossa.

La stratigrafia generale può essere scomposta in due grandi unità litostratigrafiche. La prima, più antica (Pliocene-Pleistocene) è rappresentata da depositi di ambiente marino costituito da sequenze torbiditiche arenaceo-pelitiche che si depositano nelle zone più profonde, fino alla deposizione di sedimenti marini batiali, con il raggiungimento del colmo del bacino padano. L'ultimo episodio di sedimentazione marina è rappresentato dalla deposizione delle "sabbie gialle" litorali. Al di sopra di tale unità segue un nuovo ciclo sedimentario, non più di tipo marino, caratterizzato da fenomeni litogenetici di tipo continentale, nei quali il principale agente litogenetico è rappresentato dalla dinamica fluviale.

Le caratteristiche tettoniche dell'areale di studio sono derivanti dalla tettonica nord-vergente appenninica che genera sistemi tipo *thrust*. Tali elementi, a sviluppo planimetrico arcuato con concavità volta verso la retrostante catena Appenninica, definiscono strutture positive antiformi, separate dalle successive analoghe strutture da aree sprofondate, a morfologia sinforme. L'opera di interesse ricade nella zona di transizione (Fig. n. 2.1) tra le pieghe del margine Appenninico Padano e le cosiddette Pieghe Ferraresi.

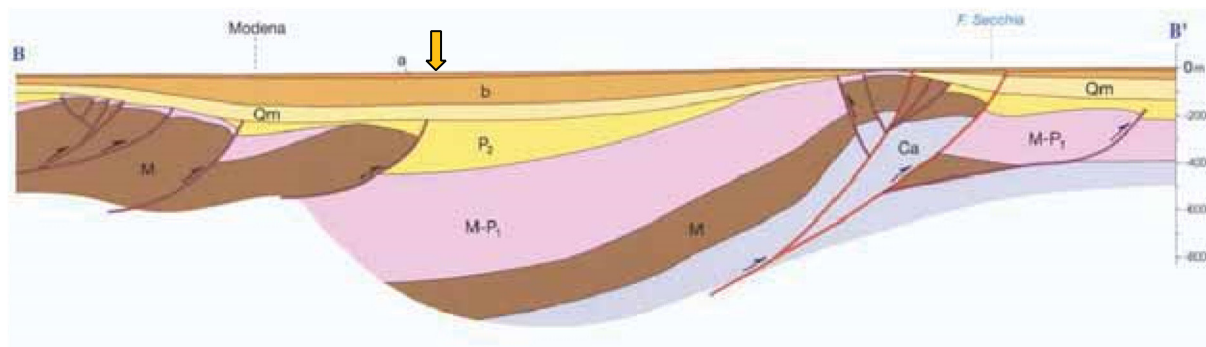
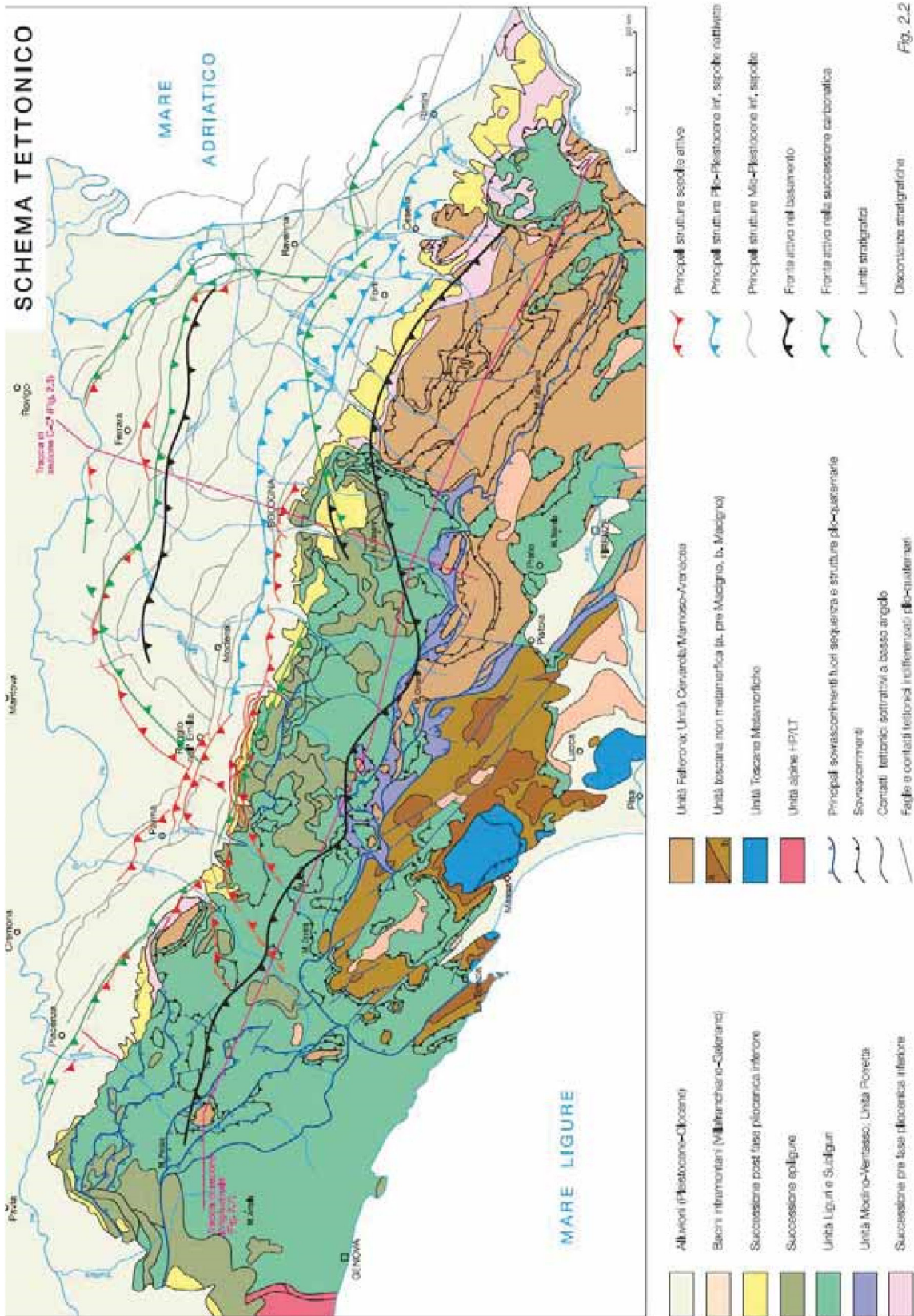


Fig. n. 2.1 – Sezione BB' tratta dalla Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it





GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it - mail geo.group@libero.it



Come visibile nella sezione riportata le unità litostratigrafiche deposte dalla fine del periodo olocenico fino all'inizio del Pleistocene medio raggiungono, in corrispondenza del sito di interesse, massimi spessori data la morfologia sinclinale della base che compone il substrato del bacino padano in corrispondenza di tal punto. I terreni continentali superficiali appartengono alla successione neogenicoquaternaria del margine appenninico-padano. Tali depositi, principalmente di natura fluviale, di conoide e di piana alluvionale, costituiscono la parte sommitale del riempimento quaternario dell'avanfossa padana.

Lo spessore dei sedimenti continentali risulta estremamente variabile in quanto la diversa subsidenza delle strutture a pieghe profonde ha originato molteplici sottobacini, aventi caratteristiche geometriche differenti. In corrispondenza dell'areale di studio la base dei depositi continentali è posta alle profondità comprese tra i 300 e i 400 m rispetto al piano campagna. I sedimenti continentali in oggetto, in corrispondenza dell'alta e della media pianura sono costituiti da alternanze ripetute d'intervalli ghiaiosi e sabbiosi e intervalli limoso-argillosi.

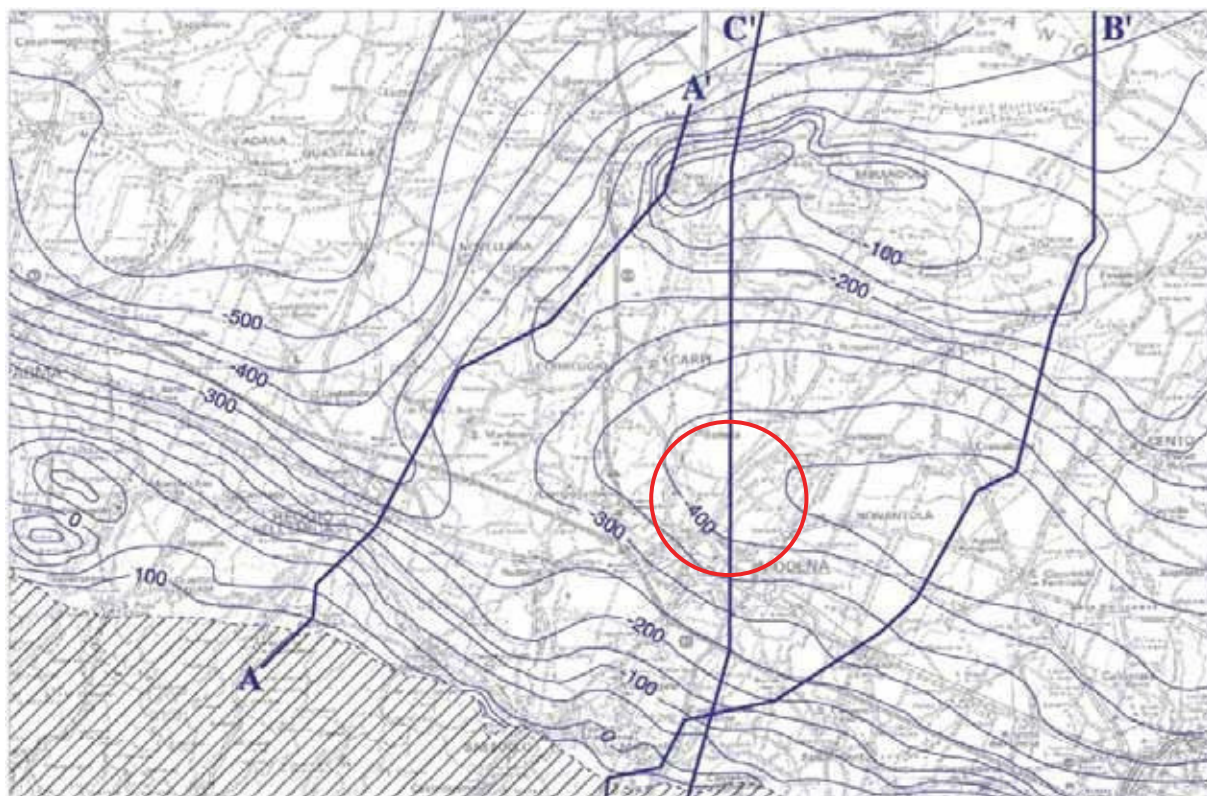


Fig. n. 2.2 – Profondità del limite basale dei sedimenti quaternari continentali (da Regione Emilia Romagna & Eni-Agip 1998)

Dalla consultazione della "Cartografia Geologica di Pianura dell'Emilia Romagna" (Fig. n. 2.3) scala 1:250.000 (Preti 1999) il sito di interesse risulta giacere su l'unità litologica composta principalmente sabbie medie e fini intercalate a sabbie fini e finissime limose, subordinatamente a limi argillosi. I presenti depositi sono stati depositi ad opera delle trasgressioni fluviali del corso relativo al Fiume Secchia.

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it



5

Sabbie medie e fini in strati di spessore decimetrico passanti lateralmente ed intercalate a sabbie fini e finissime limose, subordinatamente limi argillosi; localmente sabbie medie e grossolane in corpi lenticolari e nastriformi. Depositi di canale e argine prossimale. Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione.

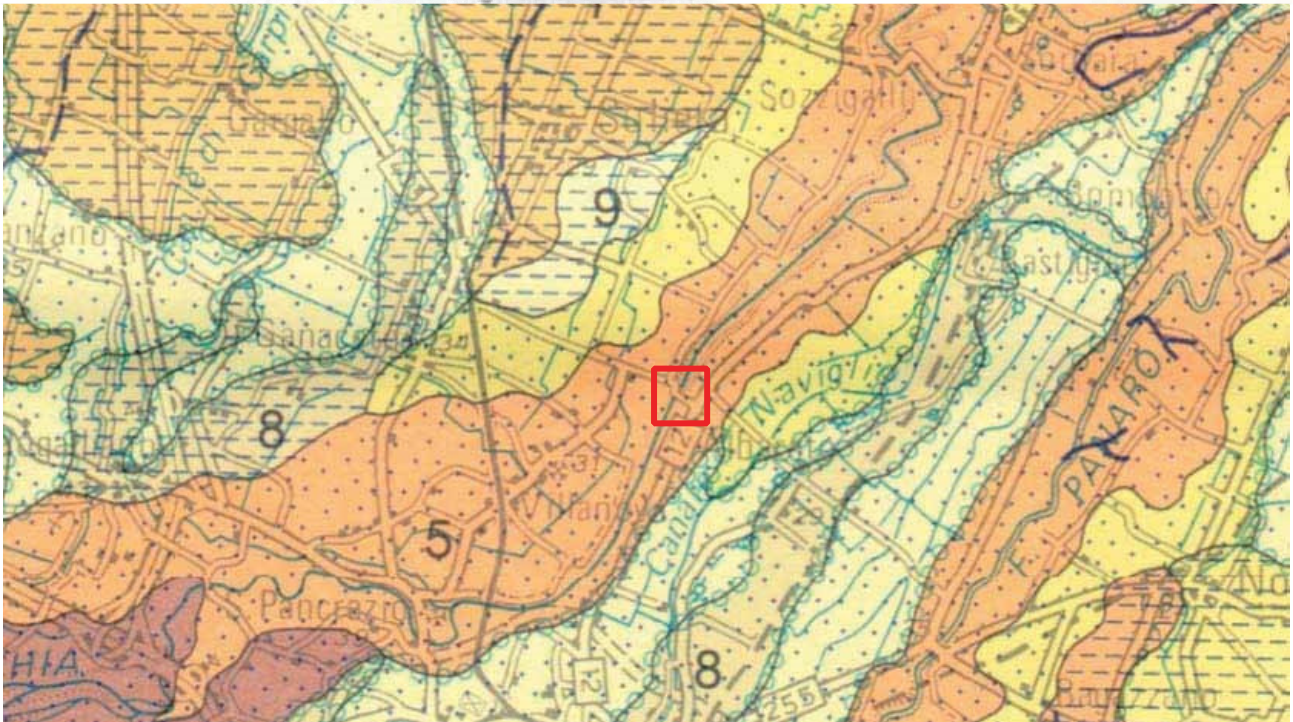


Fig. n. 2.3 – Stralcio della cartografia geologica della Pianura Padana (Prete 1999)

Sulla scorta della nuova cartografia geologica, redatta dalla Regione Emilia Romagna (Progetto CARG), è possibile definire dettagliatamente le unità litologiche che compongono il sottosuolo dell'area in oggetto. Come visibile nella figura successivamente illustrata (Fig. n. 2.4), la geologica locale è riconducibile alle seguenti unità:

AES8a - Unità ' di Modena

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

In corrispondenza dell'infrastruttura in oggetto l'unità AES8a risulta costituita prevalentemente dalla *facies limo-sabbiosa*.

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it - mail geo.group@libero.it



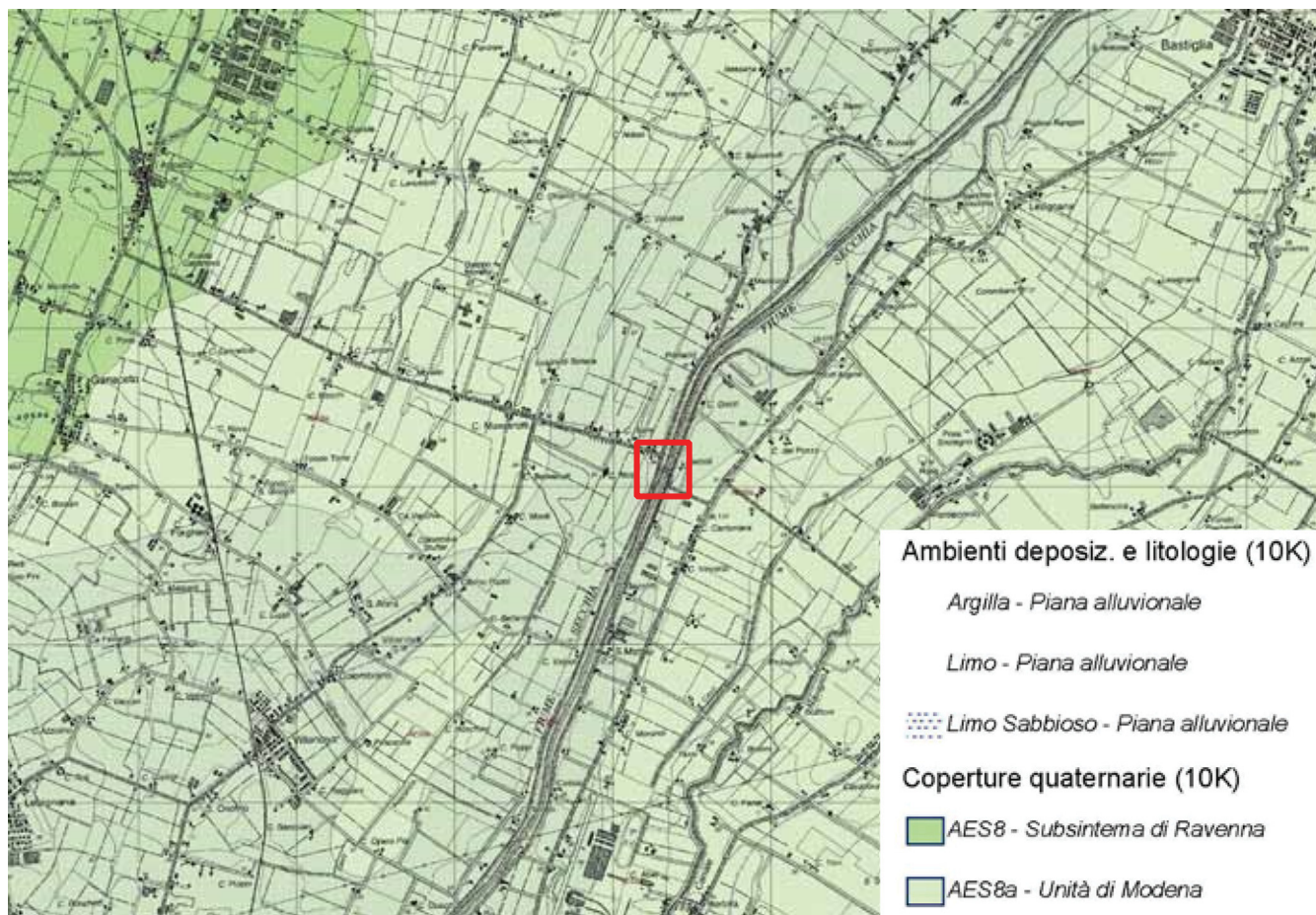


Fig. n. 2.4– Stralcio della cartografia geologica della Regione Emilia Romagna (Progetto CARG)

2.2 Elementi geomorfologici e idrologici generali

Il bacino del Fiume Secchia ha una superficie complessiva alla confluenza nel Po di circa 2.090 kmq, di cui il 57% in ambito montano. Appartiene al bacino del Fiume Po, di cui ne costituisce un 3% della superficie totale. Il corso d'acqua nasce dall'Alpe di Succiso (a quota 2'017 m s.l.m.), sull'Appennino tosco-emiliano, nel comune di Collagna in provincia di Reggio Emilia, e confluisce nel Fiume Po dopo un percorso di 172 km. Fino all'altezza di Cerreto (quota di circa 902 m s.l.m.), il Secchia scorre con un alveo molto ampio; successivamente si incassa in una profonda gola nelle stratificazioni arenacee denominate "gli Schiocchi" e riceve in destra idrografica i Torrenti *Riarbero* e *Ozola* e in sinistra il Torrente *Biola*. Dalla confluenza del torrente *Ozola* (537 m s.l.m.) fino a quella del torrente *Secchiello* (372 m s.l.m.), il Secchia scorre in un alveo incassato tra pareti quasi verticali di anidridi triassiche. Dopo la confluenza, da destra, del Secchiello riceve nuovamente da destra i torrenti *Dolo* e *Dragone* (280 m s.l.m.) e, in prossimità della località La Volta di Saltino, *Rossenna* (233 m s.l.m.).

Dopo successivi allargamenti e restringimenti d'alveo, alla quota di circa 170 m s.l.m. il Secchia entra nella "Stretta del Pescale", a valle della quale è realizzata una traversa di derivazione Enel, in località Castellarano.

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it



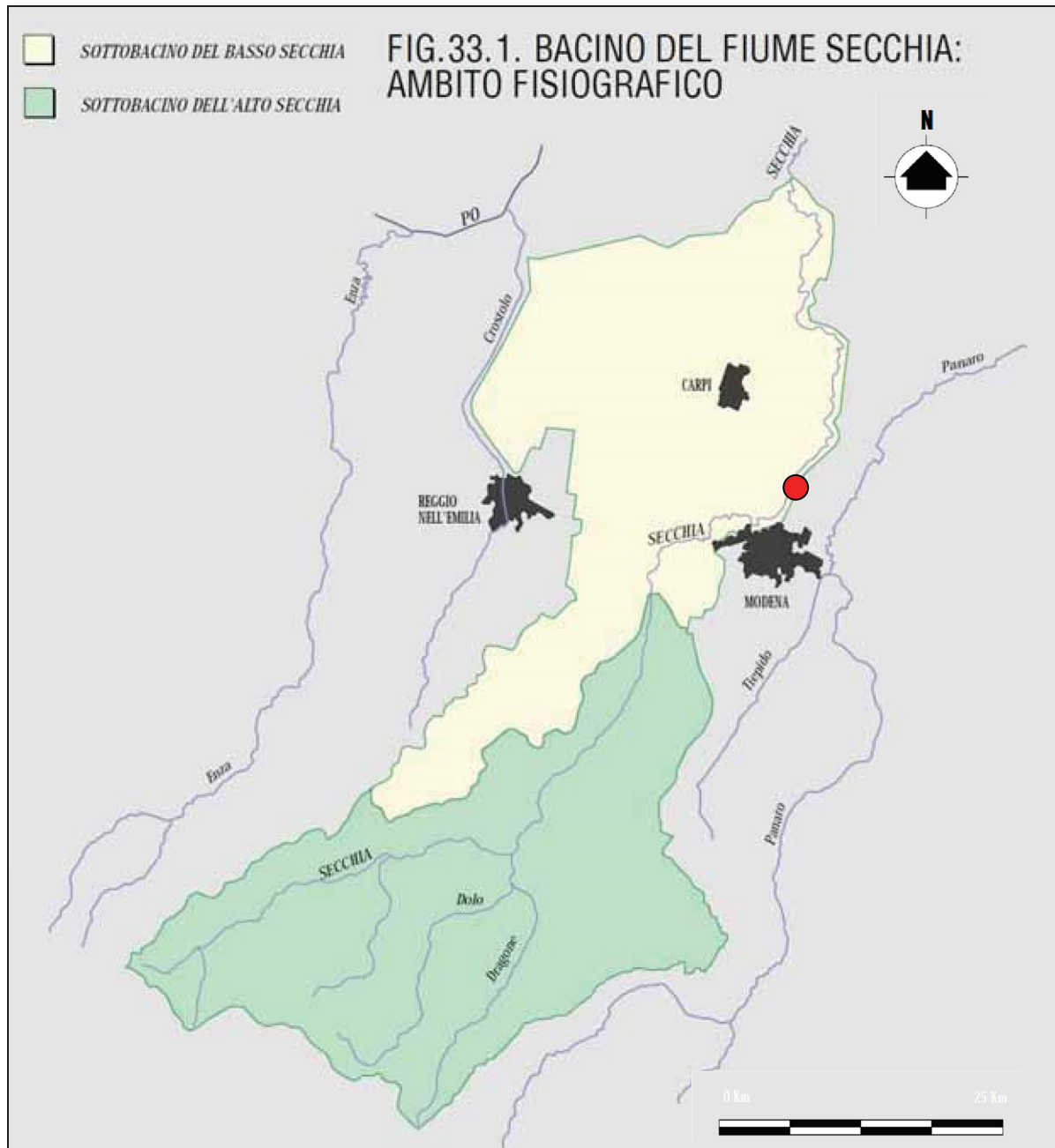


Fig. 2.5— Bacino del Fiume Secchia, tratto da Autorità di bacino del fiume Po. Il pallino rosso indica l'ubicazione dell'area d'interesse

Il Secchia raggiunge la Pianura Padana nei pressi di Sassuolo; raccoglie le acque del Torrente Fossa di Spezzano (affluente di destra) e del Torrente Tresinaro (affluente di sinistra) nei pressi di Rubiera, quindi entra in Provincia di Modena, incontrando infrastrutture viarie e ferroviarie di notevole importanza, quali la via Emilia e la linea ferroviaria Milano-Bologna. Attraversa le casse di espansione e sfiora la zona ovest della città di Modena. Nel tratto di pianura il corso d'acqua principale scorre all'interno di arginature continue.

Dopo aver attraversato il territorio comunale di Modena, l'andamento del corso d'acqua diventa meandrizzato con alveo pensile fino alla confluenza in Po, in prossimità di Mirasole.

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
 Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)
 Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
 p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it



Il corso del Secchia a nord della via Emilia subì molte variazioni: si ritiene che in epoca romana scorresse più ad ovest rispetto ad oggi: fino a Cavezzo, poi deviava bruscamente ad est ed entrava nel Po a Bondeno. Con lavori protrattisi dal 1288 al 1360 fu costretto nell'attuale alveo, attraverso un accordo fra le città di Parma, Reggio Emilia, Modena, Mantova e Ferrara che diedero, in virtù di questa alleanza, il nome al paese di Concordia situato appunto sul Secchia. Probabilmente la deviazione del corso inferiore fino a Mirasole fu completata nel 1336 per consentire la bonifica della zona di San Benedetto Po. Il Fiume anticamente piegava verso Est a San Possidonio scorrendo fra Quarantoli, Gavello e Burana dove si gettava nel Fiume Bondeno (ramo del Po oggi non più esistente) e da questo nel ramo principale del Po. Sempre in quel periodo, nei territori del Ducato di Modena, seguendo la filosofia enunciata negli *Statuti delle Acque della Comunità di Modena*, vennero eseguiti molteplici lavori per modificare l'asta del corso inferiore del Secchia. Fondamentalmente si trattava di interventi di tagli (*drizzagni*) dei meandri con lo scopo di limitare l'erosione degli stessi e preservare le terre golenali (*saldini*).

2.3 Storicità sismica

Dalla consultazione del Database Macrosismico DBMI11 (INGV), è possibile definire n.14 eventi sismici che hanno comportato significanti intensità macrosismiche registrate in riferimento al sito di interesse.

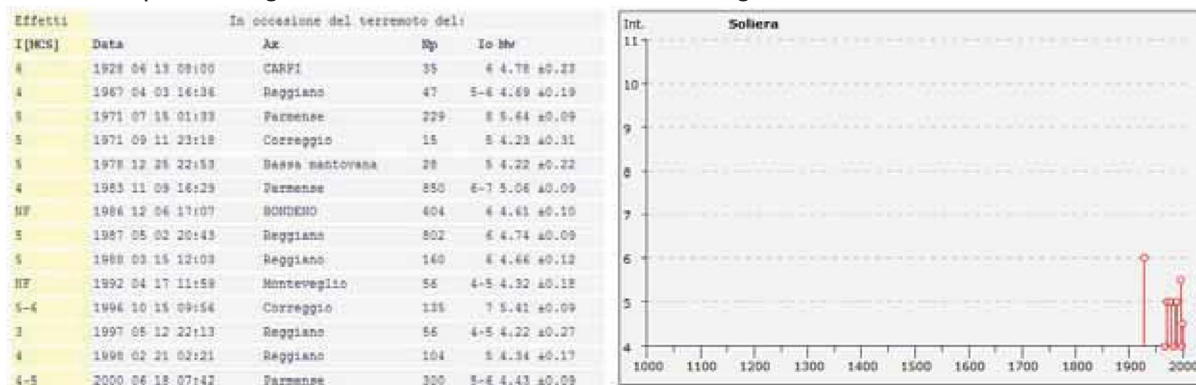


Fig. n. 2.5 – Storia sismica relativa al sito di interesse (Database Macrosismico DBMI11- INGV)

Come visibile dai dati prelevati dal Database Macrosismico DBMI11, i massimi valori di intensità sismica I (MCS) registrati corrispondono agli eventi sismici verificatisi in prossimità di Soliera, con zone epicentrali ubicate in prossimità del territorio comunale di Carpi (13/06/1928 Mw=4.78) e Correggio (15/10/1996 Mw=5.41). Gli eventi sismici, per i quali sono stati registrati valori di magnitudo superiori, sono stati generati in aree epicentrali poste in netta lontananza rispetto ai due eventi sismici maggiori in precedenza menzionati.

Sulla scorta di quanto esposto nella zonazione sismogenetica ZS9 (Fig. n. 3) (C. Meletti e G. Valensise, Marzo 2004), redatta in seguito alla modifica e revisione della zonazione sismica ZS4 precedente, il sito di interesse afferisce alla fascia, strutturalmente individuabile con il complesso delle pieghe ferraresi, classificata con Zona Sismogenetica 912. Per tale zona sismogenetica si delinea una magnitudo massima attesa M_{wmax} pari al valore di 6.14 (INGV 2004). I meccanismi fessurali principali osservati per tale zona sono imputabili a movimenti lungo piani associati a faglie a cinematica inversa.



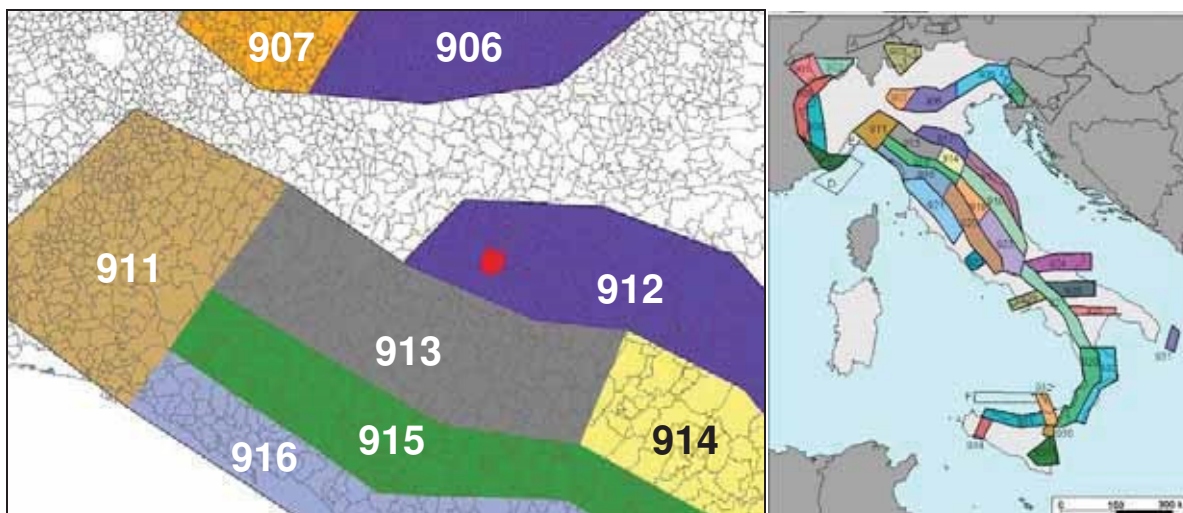


Fig. n. 1.6 – Zonazione sismogenetica ZS9 (C. Meletti e G. Valensise, Marzo 2004)

Nel mese di Maggio 2012 l'intera porzione settentrionale della Provincia di Modena è stata soggetta a eventi sismici con magnitudo superiore a 5.00. I principali *mainshock* che hanno caratterizzato la serie sismica completa, sono riferibili agli eventi del 20 e 29 Maggio 2012.

Attraverso la consultazione delle *shakemap*, redatte da INGV sulla base dell'interpolazione dei dati campionati dalle stazioni accelerometriche fisse (RAN) e quelle mobili, è possibile risalire ai valori di pseudo-accelerazione e pseudo-velocità per i territori comunali di Soliera e Modena. Come visibile in Fig. n. 2.7, l'evento sismico che maggiormente ha coinvolto l'areale in oggetto è rappresentato dall'evento del 20 Maggio 2012, caratterizzato da un valore di Magnitudo pari a 5.80. Si riportano successivamente i valori medi di PGA e PGV derivabili dalle cartografie successivamente illustrate.

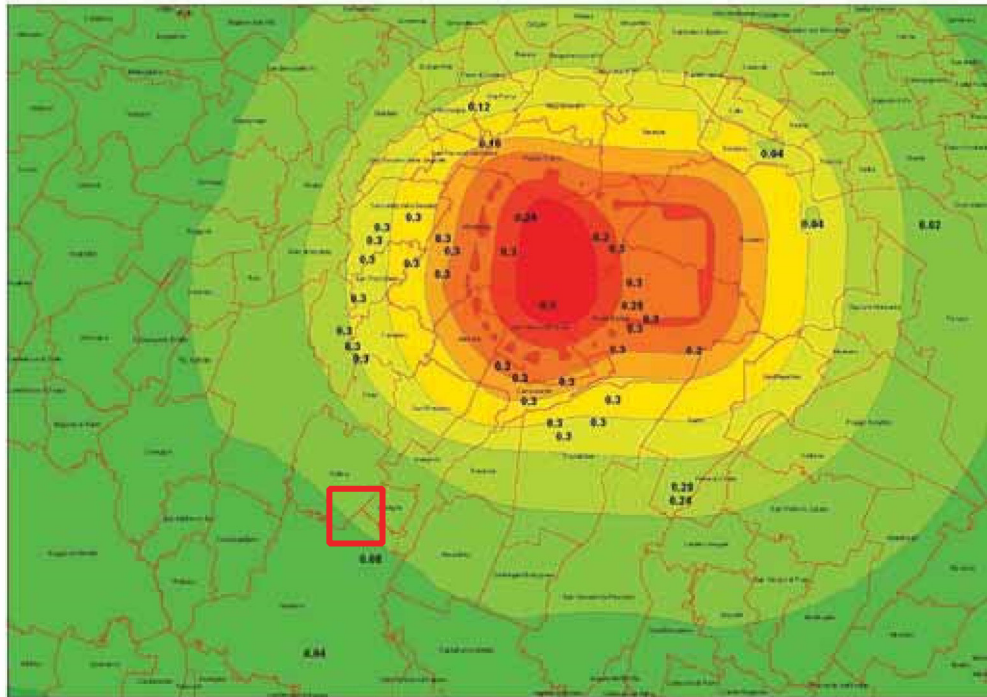
Evento Sismico	Magnitudo	PGV (cm/s)	PGA (g)
20/05/2012	5.90	8.00	0.08
29/05/2012	5.80	12.00/10.00	0.20/0.16

Alla luce di quanto appena esposto, nonostante gli eventi sismici dell'anno 2012 non abbiano superato un valore di magnitudo 6.00, si ritiene valido e appropriato utilizzare come riferimento per la definizione della pericolosità sismica il valore di magnitudo pari a 6.14 indicato dalla zonazione sismogenetica ZS9.

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
 Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)
 Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
 p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it





PSA (g) Mainshock 20/05/2012
29/05/2012

PSA (g) Mainshock

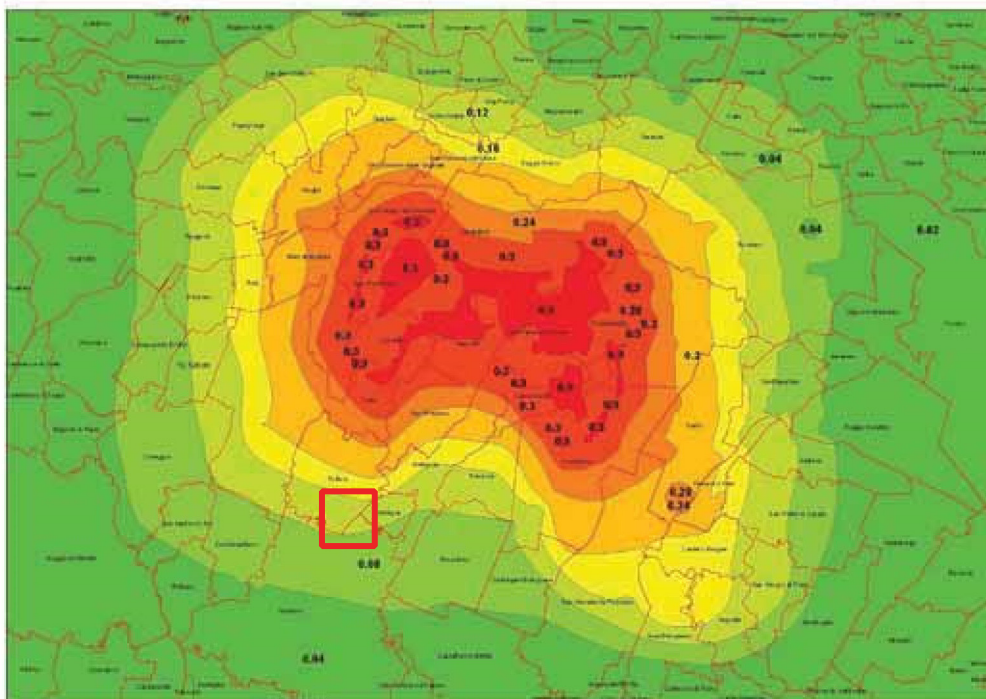


Fig. n. 2.7 – ‘Shakemaps’ relative ai valori di PSA (g) registrate in seguito agli eventi sismici di Maggio 2012 (in alto: evento sismico del 20/05/2012 M = 5.9; in basso: evento sismico del 29-05-2012 M=5.8) (Fonte INGV)

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it



3. INDAGINI GEOGNOSTICHE

3.1 Campagna geognostica e analisi di laboratorio geotecnico

Con la finalità di indagare e definire il modello stratigrafico, geotecnico e sismico dei terreni che compongono il volume significativo di sottosuolo coinvolto dai futuri lavori in progetto, tra il mese di Dicembre 2015 e il mese Aprile 2016 è stata eseguita la seguente campagna geognostica:

- ⌚ *n° 4 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTU;*
- ⌚ *n° 2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica/piezocono e sismocono S-CPTU;*
- ⌚ *n° 7 prove di dissipazione delle sovrappressioni interstiziali nei fori CPTU;*
- ⌚ *n° 3 sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni disturbati e indisturbati;*
- ⌚ *n° 2 indagini sismiche attive con valutazione della dispersione di onde superficiali MASW;*
- ⌚ *n° 2 indagini sismiche passive secondo registrazione di rumore sismico ambientale Re.Mi;*
- ⌚ *n° 2 acquisizioni di rumore sismico naturale disperso mediante stazione velocimetrica triassiale HVSR;*
- ⌚ *n° 4 indagini geo-elettriche con misura dei valori di resistività naturale dei terreni indagati e con restituzione tomografica bidimensionale;*
- ⌚ *n. 1 rilievo topografico GPS dell'area in analisi;*

L'ubicazione delle indagini eseguite è riportata nella **Tavola n. 6** e successivamente illustrata in **Fig. n. 3.1**. Le elaborazioni e relativi risultati di ciascuna indagine sono illustrati nei corrispettivi allegati contenuti al termine del presente elaborato. L'ubicazione delle indagini e le sezioni topografiche eseguite e illustrate successivamente sono state supportate dall'esecuzione di un rilievo topografico GPS dell'area in oggetto:

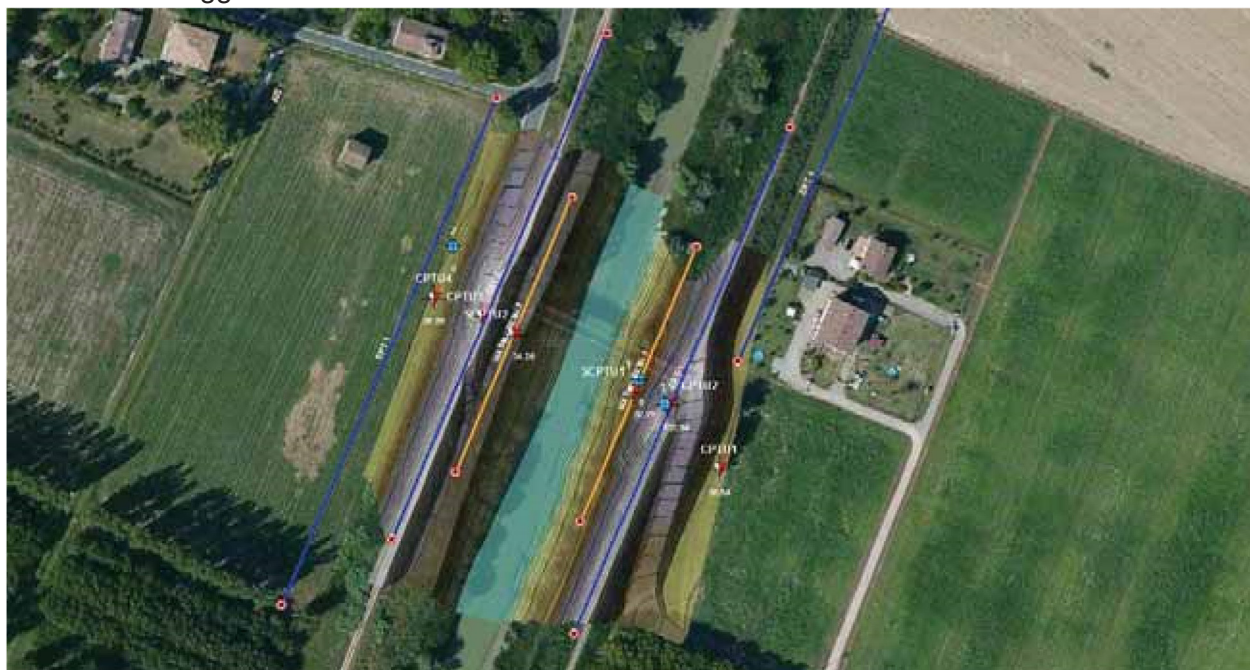


Fig. n. 3.1 – Ubicazione delle indagini geognostiche eseguite

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it



Si illustra nella successiva tabulazione il posizionamento altimetrico e relativo di ciascuna indagine eseguita:

INDAGINE	POSIZIONE	QUOTA m s.l.m.	PROFONDITÀ
CPTU1	Area extra-arginale – destra idrografica	30.54	30.00
CPTU2	Area tetto dell'argine – destra idrografica	37.96	40.00
CPTU3	Area tetto dell'argine – sinistra idrografica	37.85	40.00
CPTU4	Area extra-arginale – sinistra idrografica	30.38	30.00
SCPTU1	Area infra-arginale – destra idrografica	32.29	30.00
SCPTU2	Area infra-arginale – sinistra idrografica	34.26	30.00
S1	Area infra-arginale – destra idrografica	32.29	30.00
S2	Area extra-arginale – sinistra idrografica	30.40	10.00
S3	Area tetto dell'argine – destra idrografica	37.96	5.00

Tab. n. 3.1 – Schema del campionamento eseguito per ciascun sondaggio e relative prove geotecniche di laboratorio espletate

Nella tabulazione illustrata successivamente vengono illustrati i campioni indisturbati di terreno prelevati nel corso dei carotaggi eseguiti e le relative prove geotecniche di laboratorio svolte per ciascun campione:

ANALISI DI LABORATORIO GEOTECNICO					
SONDAGGIO	CAMPIONI	QUOTA da inizio foro	ANALISI GRANULOMETRICA	PROVA DI TAGLIO CD	PROVA EDOMETRICA
S1	C1	4.40	X	X	X
	C2bis	7.40	X	X	
	C3bis	13.40		X	
	C4bis	19.00		X	
	C5bis	24.90		X	
S2	C6	2.50	X		X
	C7	5.00	X		X
	C8	8.00			X
S3	C9	3.40		X	

Tab. n. 3.2 – Schema del campionamento eseguito per ciascun sondaggio e relative prove geotecniche di laboratorio espletate

Si procede, nel capitolo successivo, a descrivere le metodologie di indagine e analisi adottate a supporto della redazione del presente documento.

3.2 Metodologie di indagine

3.2.1 Prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTU e cono sismico SCPTU

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
 Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)
 Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
 p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it



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

La punta elettrica è strumentata con sensori elettrici e un sistema di trasmissione dei dati in superficie via cavo, che permette l'acquisizione e la registrazione dei dati quasi in continuo, ogni centimetro. I dati misurati durante la prova sono la resistenza totale alla penetrazione Q_t , la resistenza alla penetrazione della punta Q_c e la resistenza laterale del manicotto F_s ; è possibile inoltre monitorare, durante l'esecuzione della prova, alcuni parametri di controllo, quali l'inclinazione rispetto alla verticalità e la velocità di penetrazione del cono. Una punta elettrica particolare, detta "piezocono", è dotata anche di un dispositivo di misura della pressione, attraverso il quale viene misurata la pressione dell'acqua nei pori del terreno u (CPTU). La pressione che viene misurata è la pressione $u = u_0 + \Delta u$, dove u_0 è la pressione dovuta al livello idrostatico e Δu quella generata dallo sforzo alla penetrazione nel terreno.

Il piezocono da Noi utilizzato è un TGAS07 della Pagani Geotechnical Equipment ed è dotato di un dispositivo di misura della pressione costituito da un cilindro metallico saturato con grasso, situato poco al di sopra della punta conica. Si riporta di seguito lo schema con le caratteristiche del piezocono utilizzato.

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

Tab. n. 3.3 – Caratteristiche del piezocono utilizzato

I dati acquisiti sono stati elaborati con software CPeT – IT v. 1.7.4.13 prodotto da GeoLogisMiki – Geotechnical Software.

Durante l'esecuzione delle prove CPTU sono state eseguite prove di dissipazione delle sovrappressioni interstiziali. Tali prove consentono la stima delle caratteristiche di permeabilità e di consolidazione del terreno. Durante la penetrazione nel terreno la punta è stata arrestata a determinate profondità, per un tempo medio di mezz'ora per ciascuna prova, durante il quale è stata registrata la dissipazione della sovrappressione interstiziale nel tempo. Per l'interpretazione delle prove di dissipazione è stato utilizzato il software CPeT – IT v. 1.7.4.13, che grafica l'andamento delle sovrappressioni u_2 in funzione della radice quadrata del tempo t . Determinato il fattore t_{50} che corrisponde al tempo che occorre per dissipare il 50% delle sovrappressioni, è possibile calcolare il coefficiente di consolidazione orizzontale C_h e la permeabilità K_h del terreno.

All'interno dell'area infra-arginale sono state svolte n. 2 prove con cono sismico S-CPTU fino alla profondità di -30.00 m rispetto al piano di riferimento di inizio prova. La prova penetrometrica elettrica con piezocono sismico SCPTU consiste nell'infissione nel terreno di un piezocono standard all'interno del quale sono inseriti tre geofoni per la misura della velocità di propagazione nel terreno delle onde



sismiche di taglio S e di compressione P. Le modalità esecutive della prova seguono le normative tecniche standard della classica prova con piezocono la cui infissione viene arrestata ad intervalli regolari di 1,00 metro per effettuare l'acquisizione dei dati sismici tramite sensori e sismografo. Il sistema di energizzazione del terreno (sorgente delle onde di taglio) è costituito da una pesante traversina in ferro collegata e fissata al penetrometro in modo tale che le terminazioni della traversina siano situate ad una distanza non superiore a 3,00 metri dalla verticale di prova. Le traversine di ferro fissate alle terminazioni vengono colpite con una mazza o un martello sufficientemente pesanti. Per la valutazione dei tempi di arrivo ad ogni metro di profondità viene utilizzato il metodo del cross-over (sovrapposizione di due segnali con opposta polarizzazione) che permette di scartare i segnali non coerenti, individuare i segnali migliori su cui mediare e determinare con precisione i tempi di arrivo delle onde di taglio.

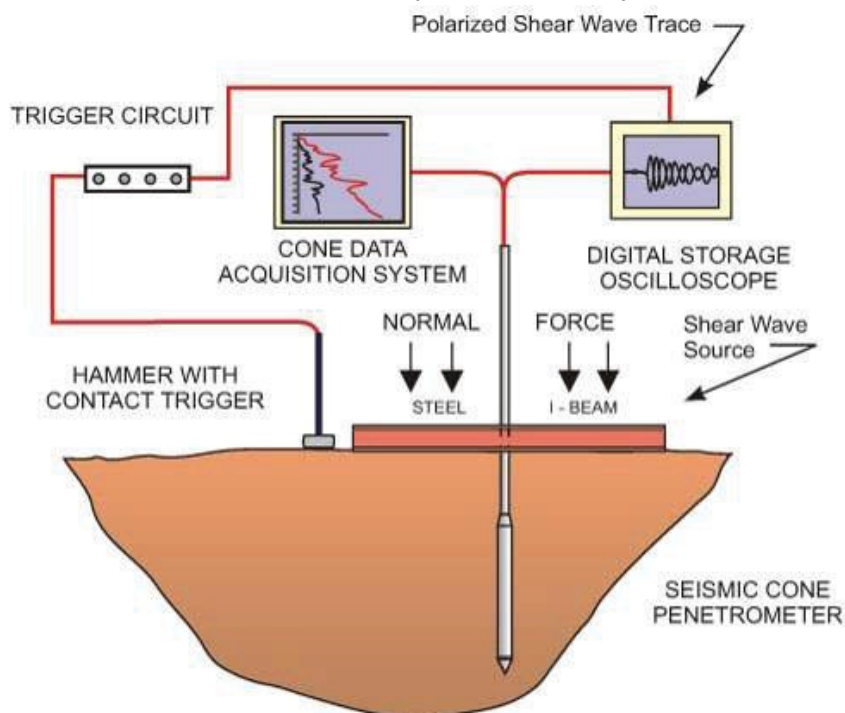


Fig. n. 3.2 – Rappresentazione schematica dell'esecuzione di un'acquisizione con strumentazione S-CPTU

Attraverso le indagini SCPTU proposte, oltre a identificare con esattezza la litostratigrafia dei punti indagati, è stato ricavato il valore di velocità di onde S ad ogni metro di profondità, sulla base di una misura diretta e affidabile.





Fig. n. 3.3 – Riprese fotografiche dei punti di prova CPTU n. 2 (in alto) e CPTU n. 1 (in basso)
3.2.2 Sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it



Con la finalità di indagare direttamente il sottosuolo in corrispondenza dell'area di intervento, sono stati eseguiti n. 3 carotaggi continui con prelievo di campioni di terreno disturbati e indisturbati. I sondaggi sono stati realizzati mediante sonda cingolata ELETTARI EK 200S.

I sondaggi sono stati eseguiti utilizzando un carotiere semplice T1, con diametro esterno pari a 101 mm e corona munita di denti al *widiam*. A causa della scarsa stabilità delle pareti del foro di sondaggio sono stati utilizzati tubi di rivestimento provvisori di diametro $\varnothing = 127$ mm per tutta la lunghezza del sondaggio. Le "carote" di terreno, prelevate nel corso dei sondaggi sono state riposte in apposite cassette catalogatrici in PVC, a 5 scomparti, per una lunghezza totale di 5.00 m ciascuna.



Fig. n. 3.4 – Riprese fotografiche dei punti di sondaggio S2 (in alto) e S1 (in basso)

3.2.3 Indagini geoelettriche con misura della resistività naturale dei terreni con restituzione tomografica bidimensionale

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it



La prospezione geoelettrica è un'indagine indiretta finalizzata alla definizione della resistività elettrica nel sottosuolo. È una tecnica attiva che consiste nell'immissione di corrente continua nel terreno per mezzo di due elettrodi in acciaio, detti "elettrodi di corrente" (C1-C2), e nella conseguente misurazione della differenza di potenziale (d.d.p.), mediante altri due elettrodi detti "elettrodi di tensione" (P1-P2). In superficie si determina la resistività apparente ρ_a che è calcolata dalle misure di intensità di corrente I immessa nel terreno e dalla differenza di potenziale ΔV misurata attraverso gli elettrodi di potenziale. La relazione generale, Legge di Ohm, è: $\rho_a = k \Delta V / I$ dove k è il cosiddetto fattore geometrico dipendente dalla configurazione elettrodica utilizzata, cioè dalle distanze e posizioni reciproche dei 4 elettrodi (*quadripolo*). Al variare del dispositivo elettrodico utilizzato, si ottiene una diversa risoluzione delle discontinuità presenti nel sottosuolo, come pure varia la profondità di investigazione a parità di lunghezza del profilo. La geoelettrica effettuata con misure multiple lungo uno stesso profilo è denominata tomografia geoelettrica (ERT) o geoelectrical profiling. La campagna geognostica è stata espletata mediante uno strumento prodotto dalla IRIS Instruments (Francia) modello SYSCAL Pro Switch a 48 elettrodi con modulo Switch Pro a 24 elettrodi che permette di espandere l'acquisizione fino a 72 elettrodi complessivi.



SYSCAL Pro SPECIFICATIONS

TRANSMITTER

- Max voltage: 800V in switch mode
- Max voltage: 1 000V in manual mode
- Max current: 2.5A, typ. accuracy 0.2%
- Max power : 250W with internal DC/DC converter and 12V external battery; 1200W with external AC/DC and Motor Gene.
- Option 25mA max for readings on samples
- Pulse duration: 0.2s, 0.5s, 1s, 2s, 4s, 8s
- Internal 12V, 7Ah battery, plug for ext. batt.

RECEIVER

- Automatic ranging, 10 input channels
- Input impedance: 100 Mohm
- Max voltage channel 1: 15V
- Max voltage sum of channel 2 to 10: 15V
- Protection up to 1 000V
- Typ accuracy: 0.2%, resolution: 1 microV
- Digital rejection better than 120 db at power lines 50 and 60 Hz
- Stacking process, SP linear drift correction
- Reading of current, voltage, standard dev., 20 IP windows (preset or selectable),

Fig. n. 3.5 – Ripresa fotografica della strumentazione utilizzata e relative specifiche tecniche

La campagna geognostica è stata espletata mediante l'esecuzione di profili elettrici superficiali con dispositivo multi-array. Si tratta di una metodologia che rappresenta l'evoluzione delle misure geoelettriche classiche, intesa ed applicata in modo tale da ottenere risoluzioni spaziali elevate. Il sistema permette di ricostruire la distribuzione spaziale, in 2 o 3 dimensioni, della resistività reale nel

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it - mail geo.group@libero.it



sottosuolo, con una risoluzione che è pari circa alla metà della distanza tra gli elettrodi. La profondità di investigazione raggiunta dal dispositivo elettrodico in fase di esecuzione dell'indagine tomografica dipende dalla profondità di penetrazione della corrente nel sottosuolo ed è legata anche al tipo di configurazione elettrodica utilizzata. Tale profondità viene indicativamente considerata pari a circa 1/5 della lunghezza dello stendimento tomografico eseguito.

Tutti gli elettrodi, contemporaneamente infissi nel terreno mediante mazzetta e in questo caso distanziati tra loro di 3.00 m, sono collegati, mediante un apposito cavo multiconduttore, allo strumento di acquisizione. La corrente viene applicata ad una coppia di elettrodi e il potenziale misurato su tutte le altre coppie disponibili utilizzando una geometria del quadripolo che dipende dalla configurazione prescelta. Si passa poi ad una seconda coppia di trasmissione e così via fino a raggiungere il numero massimo di misure indipendenti sui poli e dipoli disponibili.

Per ciascun profilo tomografico è stata effettuata un'acquisizione con la configurazione elettrodica di tipo Wenner (W). Nella disposizione di tipo Wenner la spaziatura a tra gli elettrodi di corrente A e B e tra gli elettrodi di potenziale M ed N resta fissa, ma l'intero array è traslato lungo il profilo di indagine. Sebbene sia così possibile investigare e rilevare variazioni laterali di resistività, non è altrettanto facile rilevare variazioni in profondità. L'array Wenner consente di ottenere medesimi risultati con un minor numero di misure rispetto alle altre geometrie, garantendo una buona copertura orizzontale. Il diagramma della sensitività per lo stendimento Wenner ha contorni quasi orizzontali al di sotto del centro del punto di sondaggio. In relazione a questo, lo stendimento Wenner è relativamente sensibile ai cambiamenti verticali di resistività al di sotto del centro dello stendimento, ma è meno sensibile ai cambiamenti orizzontali della resistività. L'intensità del segnale è inversamente proporzionale al fattore geometrico $k = 2\lambda a$ (piuttosto piccolo), quindi essendo il segnale molto forte, risulta andare più in profondità rispetto alle altre geometrie. La profondità di investigazione è circa la metà della spaziatura "a".

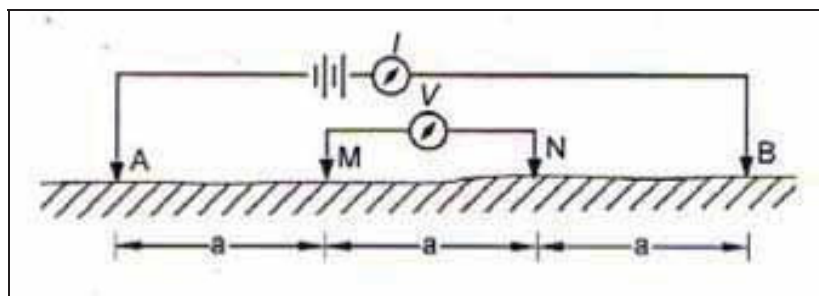


Fig. n. 3.6 – Schema di disposizione degli elettrodi nella configurazione Wenner

Nella disposizione di tipo Dipolo-Dipolo la spaziatura tra gli elettrodi di corrente C1-C2 (e quelli di potenziale P1-P2) è definita "a". Il fattore "n" è il rapporto tra la distanza tra gli elettrodi C1 e P1 e la lunghezza del dipolo "a". In un sondaggio generalmente la spaziatura "a" viene mantenuta uguale alla spaziatura più piccola tra gli elettrodi, mentre il fattore "n" viene aumentato dal valore 1 al valore 6 per incrementare la profondità di investigazione. Uno svantaggio di questo stendimento è l'intensità del segnale molto bassa e che diminuisce con il cubo del fattore "n". La differenza di potenziale misurata dal resistivo metro crolla di circa 56 volte all'aumentare di "n" da 1 a 6. Per ovviare a questo problema, la spaziatura "a" tra le coppie di dipolo C1-C2 (e P1-P2) viene aumentata all'aumentare della lunghezza dello stendimento. La figura sottostante mostra, per questo tipo di stendimento, due diversi



arrangiamenti di uguale lunghezza, ma con diversi fattore "a" e "n". L'intensità di segnale dello stendimento con "n=1" è circa 28 volte superiore a quella con "n=7".

Nel diagramma di sensitività i valori maggiori di sensitività sono generalmente localizzati al di sotto del dipolo C2-C1 e del dipolo P1-P2. Questo stendimento è sensibile soprattutto ai cambiamenti di resistività al di sotto di ogni dipolo.

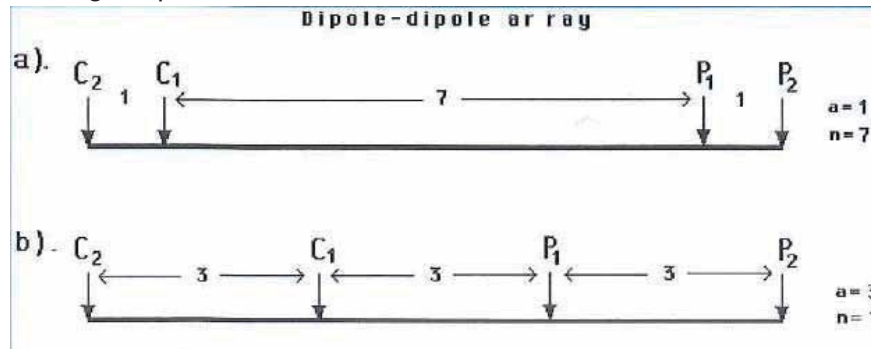


Fig. n. 3.7 – Schema di disposizione degli elettrodi nella configurazione Dipolo-Dipolo

Nel caso di un suolo omogeneo ed isotropo i valori di resistività ricavati corrispondono alla resistività vera del terreno. Nella realtà, però, questo non avviene a causa dell'eterogeneità della natura del terreno e il valore di resistività misurato è detto "apparente". Esso dipende da diversi fattori quali, ad esempio, la forma e la posizione dei mezzi rispetto alla quaterna degli elettrodi di misura. E' necessario, quindi, ricondurre la resistività apparente a valori "reali" del terreno attraverso la risoluzione del cosiddetto "problema inverso". Il problema inverso consiste nel ricostruire la distribuzione sconosciuta della resistività elettrica reale nel sottosuolo che ha dato origine ai dati di resistività apparente osservati in fase di acquisizione dei dati. Successivamente, quindi, ad una prima fase di verifica della coerenza dei dati acquisiti in cui è possibile evidenziare ed eliminare anomalie locali determinate da valori troppo alti o troppo bassi rispetto ai valori limitrofi, mediante un apposito algoritmo di inversione si ricostruisce la distribuzione della resistività reale del sottosuolo.

Per lo specifico caso di studio sono stati utilizzati il software di inversione 2D di dati di geoelettrica bidimensionale, basato su un algoritmo di deconvoluzione ai minimi quadrati RES2Dinv ver. 4.04 della Geotomo Software (deGroot-Hedlin e Constable, 1990; Loke e Barker, 1995; Loke, 1999) per l'elaborazione dei profili elettrici eseguiti e il software Prosys II della IRIS Instruments come programma di supporto.

Per ogni linea geoelettrica eseguita è stato derivato il profilo di resistività reale ($\Omega \cdot m$). I principali risultati che si ottengono sulla base di profili geoelettrici tomografici, sono mappe costituite da gradienti di resistività. La resistività elettrica ($\Omega \cdot m$), definita anche come resistenza elettrica specifica, rappresenta l'attitudine di un materiale a opporre resistenza al passaggio di una corrente elettrica. La resistività dei terreni è funzione della porosità, permeabilità, contenuto ionico dei fluidi di ritenzione e mineralizzazione argillosa. Si riportano successivamente valori di riferimento della resistività delle varie tipologie di terreni.



Roccia/Materiale	Resistività ($\Omega \cdot m$)
Argille, marne grasse	3 - 30
Argille, marne magre	10 - 40
Argille sabbiose, silt	25 - 105
Sabbie con argille	50 - 300
Sabbia, ghiaia in falda	200 - 400
Sabbia, ghiaia asciutta	800 - 5000
Calcare, gesso	500 - 3500
Arenaria	300 - 3000
Granito	2000 - 10 000
Gneiss	400 - 6000
Rifiuti domestici	12 - 30
Fanghi industriali	40 - 200
Plume contaminato da rifiuti domestici	1 - 10
Olio esausto	150 - 700

Fig. n. 3.8 – Valori di resistività naturale delle diverse tipologie di terreni

3.2.4 Indagini sismiche secondo dispersione attiva di onde di superficie tipo Rayleigh (MASW)

Per poter caratterizzare il sottosuolo nei confronti della risposta sismica locale sono state eseguite n. 2 acquisizioni in dispersione attiva di onde superficiali tipo Rayleigh (MASW-Multichannel analysis of surface waves - *Park C. B., Miller R. D., & Xia J., 1999*), registrata mediante *array* lineari. Sulla scorta di tali indagini è stato possibile definire le velocità di trasmissione delle onde di taglio S nel sottosuolo.

La tecnica in oggetto permette di ricostruire il profilo verticale delle Vs con procedimenti di modellazione diretta delle velocità di fase delle onde di superficie (tipo Rayleigh). Partendo dal sismogramma registrato, generato mediante perturbazione indotta da una sorgente energizzante in asse con lo stendimento, è possibile condurre un'analisi spettrale in termini energetici. Successivamente, attraverso la trasformata di Fourier, si individua la distribuzione dell'energia (spettro) relativa alle velocità di fase e in funzione delle varie frequenze alle quali sono registrate. Da tale elaborazione, tramite una fase di "picking" del segnale ad elevata intensità si ottiene la curva di dispersione. Attraverso una fase d'inversione del segnale è infine possibile calcolare il modello sismostratigrafico espresso in termini di velocità delle onde di taglio (Vs). Tale fase si basa sul principio che le velocità delle onde di Rayleigh sono generalmente 1/9 delle velocità delle onde di taglio (*Park C. B., Miller R. D., & Xia J., 1999*).

La suddetta analisi è stata realizzata mediante *array* lineare costituito da n.24 geofoni verticali, aventi frequenza propria di risonanza pari a 4.5 Hz, spazati di *offset* pari a 5.00 m. Il segnale analogico

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
 Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)
 Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
 p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it



derivante dalle apparecchiature geofoni che è stato convertito in segnale digitale mediante sismografo Geode (Geometrics) 24 bit. I parametri di acquisizione utilizzati hanno previsto una velocità di campionamento (sample rate) di 0.2 millisecondi e lunghezza delle acquisizioni di 2 secondi. Le energizzazioni, eseguite attraverso carica esplosiva, sono state eseguite a 15.00 m, in direzione opposta al geofono corrispondente al primo canale di acquisizione della strumentazione. Poiché il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh, Velocità(fase)/frequenza, rappresenta una metodologia non univoca, risulta sempre preferibile operare la modellazione in presenza di dati di taratura (stratigrafici, geofisici, geotecnici ...). Nel caso seguente la modellazione delle indagini MASW eseguite è stata svolta sulla scorta delle risultanze derivanti dalle indagini dirette CPTU.

3.2.5 Indagini sismiche secondo acquisizione passiva di onde di superficie tipo Rayleigh (RE.MI)

Per estendere la caratterizzazione sismica del sottosuolo e raggiungere un'elevata coerenza dei dati acquisiti nelle indagini MASW precedentemente descritte, sono state svolte n. 2 acquisizioni di rumore sismico ambientale disperso attraverso array di registrazione lineari. Tale tecnica, conosciuta secondo la metodologia Re.Mi. (Louie, 2001), permette di campionare le frequenze più basse, caratterizzanti le porzioni più profonde del sottosuolo. La tecnica Re.Mi sfrutta la capacità di poter mettere in relazione le velocità di fase e le frequenze, relative alle onde di taglio, con le forme di dispersione delle onde di superficie. I microtremori sismici naturali determinano, in corrispondenza della superficie, la formazione di onde superficiali di Rayleigh. L'indagine Re.Mi è stata eseguita mediante l'ausilio di sismografo GEODE (Geometrics) con 24 canali di acquisizione. L'array di misura è stato costituito attraverso la disposizione di n. 24 geofoni verticali con frequenza propria di vibrazione pari a 4.5 Hz, con *offset* geofonico pari a 5.00 m.

La tecnica Re.Mi utilizza i microtremori naturali come sorgente sismica, trasformando i dati acquisiti da un dominio spazio/tempo a un dominio frequenza/velocità⁻¹ attraverso una trasformazione definita $q-IJ$ (Thorson & Claerbout, 1985) e una trasformazione di Fourier applicata nella direzione di IJ . Così facendo è possibile definire lo spettro energetico relativo alle velocità di fase delle onde di Rayleigh nel dominio frequenza/velocità⁻¹. Utilizzando array lineari l'interpretazione degli spettri non risulta pertanto lineare: per ovviare al problema delle velocità apparenti, derivante dal fatto che la direzione di propagazione delle onde nelle tecniche passive non è necessariamente parallela all'array, è di comune prassi eseguire il *pick* dello spettro non al massimo dell'energia ma al minimo.

3.2.6 Indagini sismiche secondo acquisizione di rumore sismico naturale mediante stazione velocimetrica triassiale (HVSR)

Per la definizione delle frequenze naturali di vibrazione dei depositi che costituiscono il sottosuolo in oggetto, è stata svolta una campagna di acquisizione di rumore sismico naturale disperso mediante stazione singola velocimetrica triassiale. La seguente campagna è stata sviluppata in n. 4 posizioni di campionamento del rumore sismico del sito in analisi.

Ai fini delle acquisizioni è stato impiegato un velocimetro GEMINI (Pasi S.r.l.) avente frequenza propria di risonanza pari a 2 Hz. In conformità a quanto esposto nelle linee guida "Guideline for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations" imposte dal SESAME European research project (2004), le acquisizioni di rumore sismico hanno avuto durata pari a 1200 secondi per sito di campionamento.



Il micro-tremore registrato dal velocimetro è composto da onde superficiali e da onde di volume. Entrambe vengono modificate dall'azione filtrante degli strati superficiali ascrivibili alle unità stratigrafiche di recente deposizione. Per questo, è possibile definire due spettri relativi alle misure del moto superficiale orizzontale (H_f) e verticale (V_f); tali spettri sono collegati direttamente agli spettri delle onde di volume e di quelle di superficie dalle seguenti formule:

$$H_f = A_h * H_b + H_s$$

$$V_f = A_v * V_b + V_s$$

dove A_h e A_v sono fattori di amplificazione del moto orizzontale e verticale delle onde di volume; H_b e V_b sono gli spettri orizzontali e verticali del moto nel bedrock mentre H_s e V_s sono gli spettri del moto orizzontale e verticale delle onde di superficie. Considerando quanto esposto in bibliografia, in relazione alla tecnica HVSR, è possibile definire il rapporto QTS come:

$$QTS = \frac{H_f}{V_f} = \frac{H_b}{V_b} * \frac{A_b + \frac{H_s}{H_b}}{A_v + \frac{V_s}{V_b}}$$

Nel campo delle basse frequenze ($f < (2-3)f_0$) non è possibile definire amplificazione significativa del moto verticale; inoltre, gli spettri H_b e V_b nel bedrock non hanno ancora ricevuto alcuna rilevante amplificazione. Con l'ulteriore ipotesi di predominanza delle onde provenienti dal bedrock su quelle superficiali si può dimostrare che il QTS è una approssimazione per difetto del fattore di amplificazione orizzontale A_h .

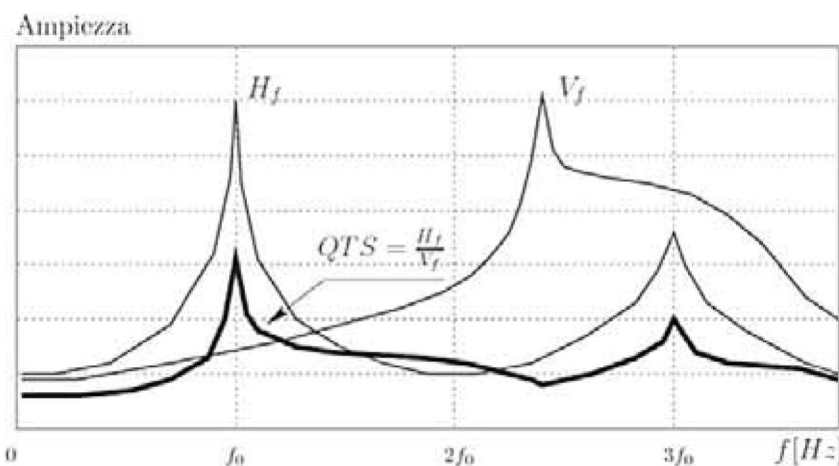


Fig. n. 3.9 – Confronto schematico tra lo spettro orizzontale (H_f) e verticale (V_f) e il rapporto $QTS = H_f/V_f$

Quindi, considerando un sito ideale caratterizzato da uno strato soffice posto al disopra del bedrock, un'onda sismica proveniente dal bedrock stesso attraversa lo strato soffice per giungere in superficie, modificandosi in base alle caratteristiche di quest'ultimo. Se si suppone che lo strato soffice sia omogeneo ed elastico, risulta possibile calcolare la frequenza fondamentale di risonanza secondo la legge del quarto d'onda:

$$f_0 = \frac{C_s}{4H}$$

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it



dove C_s è la velocità delle onde S e H è la profondità dello strato soffice.

3.3 Analisi di laboratorio geotecnico

3.3.1 Analisi granulometriche per setacciatura e sedimentazione (AGI 1994, ASTM D 421 - 02, ASTM D 422-02, ASTM D 1140-00, ASTM D 2217-98)

La seguente tipologia di indagine permette di determinare la distribuzione delle dimensioni delle particelle che compongono un campione di terreno e di stabilire le percentuali in peso delle varie frazioni che rientrano entro limiti prefissati (frazioni granulometriche).

I metodi utilizzati per ottenere le varie frazioni granulometriche sono principalmente due: la setacciatura e l'aerometria. L'analisi granulometrica mediante setacci con caratteristiche standardizzate è limitata alla frazione grossolana di un terreno, cioè alla percentuale trattenuta dal setaccio di luce 0.075 mm; lo strumento consiste in una serie di setacci incolonnati uno sopra l'altro, in modo tale che la luce delle maglie diminuisca dall'alto verso il basso. Per il materiale passante al setaccio inferiore, ovvero quello con luce più piccola (0.075 mm), si ricorre all'analisi per sedimentazione o aerometria.

Quest'ultima tecnica viene effettuata se la parte di terreno con diametro inferiore a 0.075 mm è presente in percentuale superiore al 10%. La prova si basa sulla legge di *Stokes*, che permette di calcolare la velocità di sedimentazione di una particella sferica di cui si conosca il peso specifico, in un fluido di densità, viscosità e temperatura note.

Il campione da analizzare viene prima di tutto trattato con acqua ossigenata, per eliminare il materiale organico, e con acido cloridrico, per disciogliere il carbonato di calcio; dopodiché viene inserito in una soluzione di acqua bidistillata ed esametafosfato di sodio al fine di evitare il processo di flocculazione, che accelererebbe la sedimentazione rendendo così inadeguata l'applicazione della Legge di Stokes.

Dopo aver agitato il tutto, si può dare inizio alla prova. Ad intervalli di tempo stabiliti in base alla temperatura della soluzione, si prelevano dei campioni di terreno ad una certa profondità e, dopo averli essiccati, per ognuno di essi si calcola il peso: alla fine di un intervallo di tempo " t ", le particelle con velocità di sedimentazione maggiore di " h/t " si troveranno a profondità maggiori di " h ", mentre quelle con velocità minore di " h/t ", dopo il tempo " t " si troveranno ad una profondità minore di " h ", di conseguenza, queste ultime, alla profondità " h " avranno ancora la loro concentrazione originale. Prelevato il primo campione, si lascia trascorrere un periodo di tempo " t_2 ", dopodiché si preleva il secondo campione, sempre alla profondità " h ": quest'ultimo campione conterrà un residuo minore del precedente di una quantità uguale al peso del materiale con velocità di sedimentazione intermedia alle due scelte (" h/t " e " h/t_2 "). I risultati sono stati diagrammati in scala semilogaritmica, riportando in ascissa il diametro delle particelle e in ordinata le percentuali in peso delle particelle.

3.3.2 Prove di taglio diretto in condizioni consolidate e drenate (AGI 1994, ASTM D 3080-03)

Al fine di determinare angolo di attrito interno e coesione efficace dei terreni campionati sono state eseguite prove di resistenza al taglio in scatola di Casagrande, in condizioni consolidate e drenate.

La prova di taglio diretto consolidata e drenata C.D. (prova lenta) è una prova in cui una consolidazione sostanzialmente completa alla pressione di confinamento è seguita da uno sforzo assiale (di taglio) addizionale, applicato in modo tale che anche un suolo saturo a bassa permeabilità possa adattarsi



completamente (interamente consolidato) alle sollecitazioni dovute agli sforzi addizionali, assiali e di taglio.

Da ogni campione di terreno prelevato sono stati ottenuti 3 provini, successivamente consolidati con carico assiale diverso:

- ⌚ il provino n. 1 a 98 kPa ($\approx 0,98 \text{ kg/cm}^2$),
- ⌚ il provino n. 2 a 196 kN/m² ($\approx 1,96 \text{ kg/cm}^2$), ⌚ il provino n. 3 a 294 kN/m² ($\approx 2,94 \text{ kg/cm}^2$).

Dopo che ogni provino ha raggiunto il consolidamento costante sotto lo sforzo assiale prestabilito, viene trasferito sull'apparecchiatura per le prove di taglio. Il provino è posto all'interno di due telai orizzontali, che possono scorrere uno rispetto all'altro, e le sollecitazioni applicate sono costituite dal carico assiale N e dalla forza di taglio T . Per queste prove è stata impostata nell'apparecchiatura una velocità di avanzamento $v = 0.008 \text{ mm/min}$.

Nel corso della prova vengono misurati gli spostamenti tra i due telai orizzontali; questi permettono di calcolare solo la deformazione media del provino che, essendo all'interno di un telaio rigido, presenta uno stato di deformazione non uniforme. Di solito i risultati delle prove vengono utilizzati per determinare i valori di coesione e angolo di resistenza al taglio in termini di tensioni efficaci, noti la resistenza al taglio disponibile e la tensione efficace normale al piano di scorrimento.

È però importante tenere presente il fatto che l'apparecchiatura non consente di controllare le condizioni di drenaggio né di misurare la pressione interstiziale, di conseguenza la prova deve essere condotta in maniera tale da garantire "a priori" le condizioni di drenaggio, per questo è importante adottare una velocità di avanzamento adeguata alla tipologia di terreno da analizzare.

I risultati delle prove sono stati rappresentati in un diagramma avente in ordinate lo sforzo di taglio alla rottura ed in ascisse la tensione normale alla superficie di scorrimento. Una volta tracciata la retta che congiunge i tre punti all'interno del diagramma, si possono ricavare l'angolo d'attrito, che corrisponde alla pendenza della stessa retta rispetto all'orizzontale, e la coesione, che corrisponde al valore dell'intersezione della suddetta retta con l'asse delle ordinate.

3.3.3 Prove di consolidazione edometrica (AGI 1994, ASTM D 2435-03, ASTM D 4546-03, ASTM 4186-89)

Le caratteristiche di compressibilità dei campioni sono state analizzate in cella edometrica mediante edometro a fulcro fisso con incrementi lineari di carico.

La prova edometrica viene eseguita incrementando con progressione geometrica il carico assiale applicato sul provino, che ad ogni gradino viene mantenuto costante per un tempo sufficiente a completare il fenomeno di "consolidazione". Quando un nuovo carico è applicato al terreno si possono avere variazioni di volume per compressione delle particelle e, in misura maggiore, per l'espulsione del fluido che riempie i pori e la conseguente nuova posizione delle particelle, corrispondente ad un indice dei vuoti più piccolo. Nella prova edometrica standard si simula la consolidazione naturale del terreno sotto il peso degli strati sovrastanti, cioè una compressione assiale senza deformazioni laterali, e si misura la velocità e l'entità degli assestamenti derivanti dalle variazioni di volume del campione.

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it



4. MODELLO GEOLOGICO/STRATIGRAFICO

4.1 Caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo

Nelle figure schematiche illustrate successivamente si riassumono le caratteristiche litologiche e il relativo assetto delle unità litostratigrafiche individuate nel corso delle indagini eseguite. Date la disposizione delle indagini e della topografia dell'area di interesse, si illustrano n. 4 modelli litostratigrafici di riferimento per le aree extra-argine e per quelle comprese tra l'argine e l'area infraargine. I modelli stratigrafici sono stati definiti sulla scorta delle indagini CPTU e SCPTU eseguite, integrato dai dati diretti provenienti dai carotaggi continui eseguiti.

A supporto delle attività di riconoscimento delle unità litostratigrafiche è stata redatta una sezione litostratigrafica di dettaglio, visibile in **Tav. n. 7**, recante la disposizione delle stesse unità all'interno del sottosuolo di riferimento. L'identificazione delle unità è stata supportata dall'analisi dei risultati ottenuti dalle indagini geoelettriche tomografiche svolte parallelamente all'asse del Fiume Secchia, sia al tetto dell'argine, sia alla quota del piano campagna. Le indagini geoelettriche sono state finalizzate anche per la verifica delle condizioni geotecniche attuali delle opere arginali.

Si illustrano successivamente i modelli geologici/litostratigrafici delle aree indagate:

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

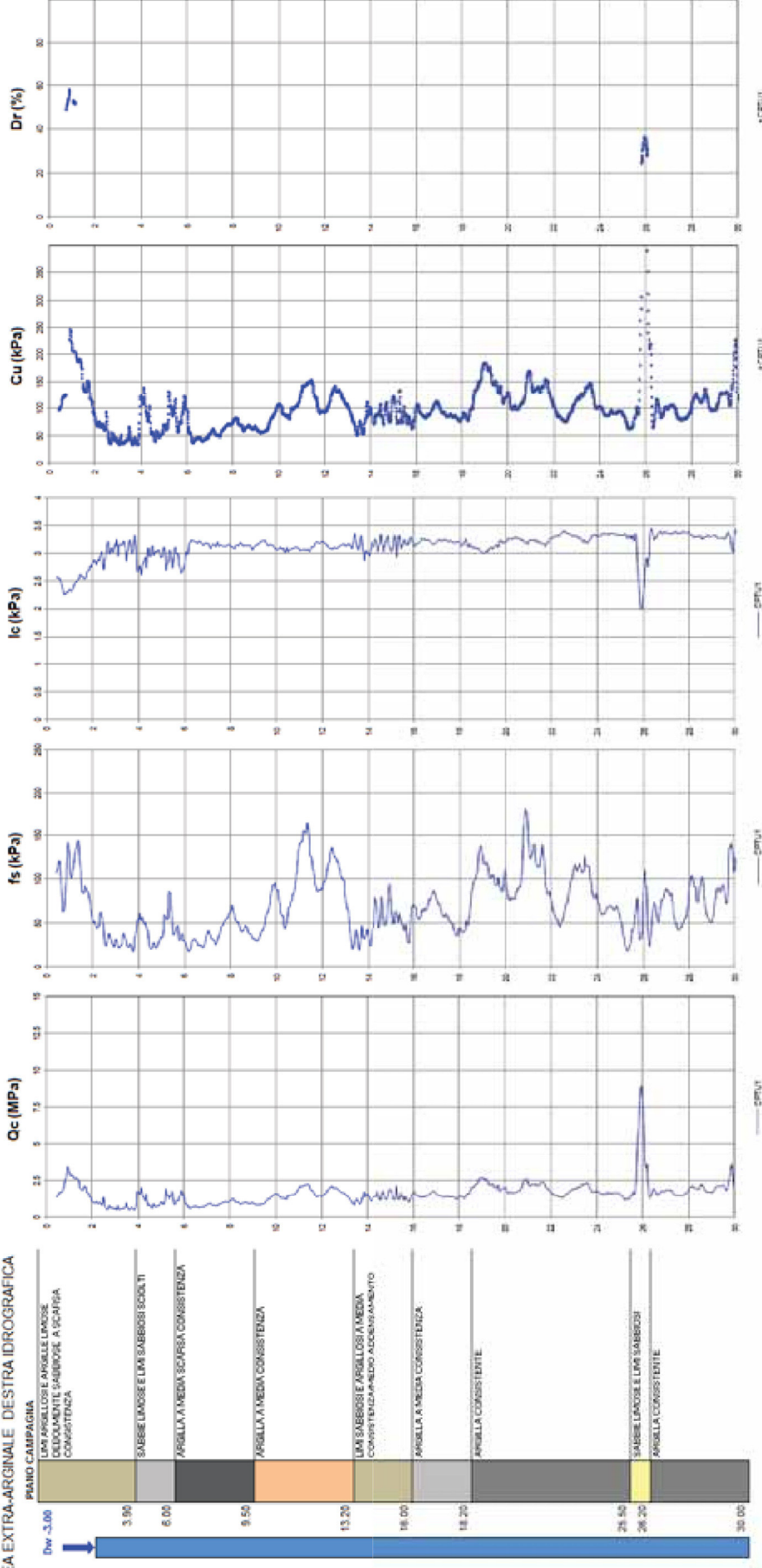
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it



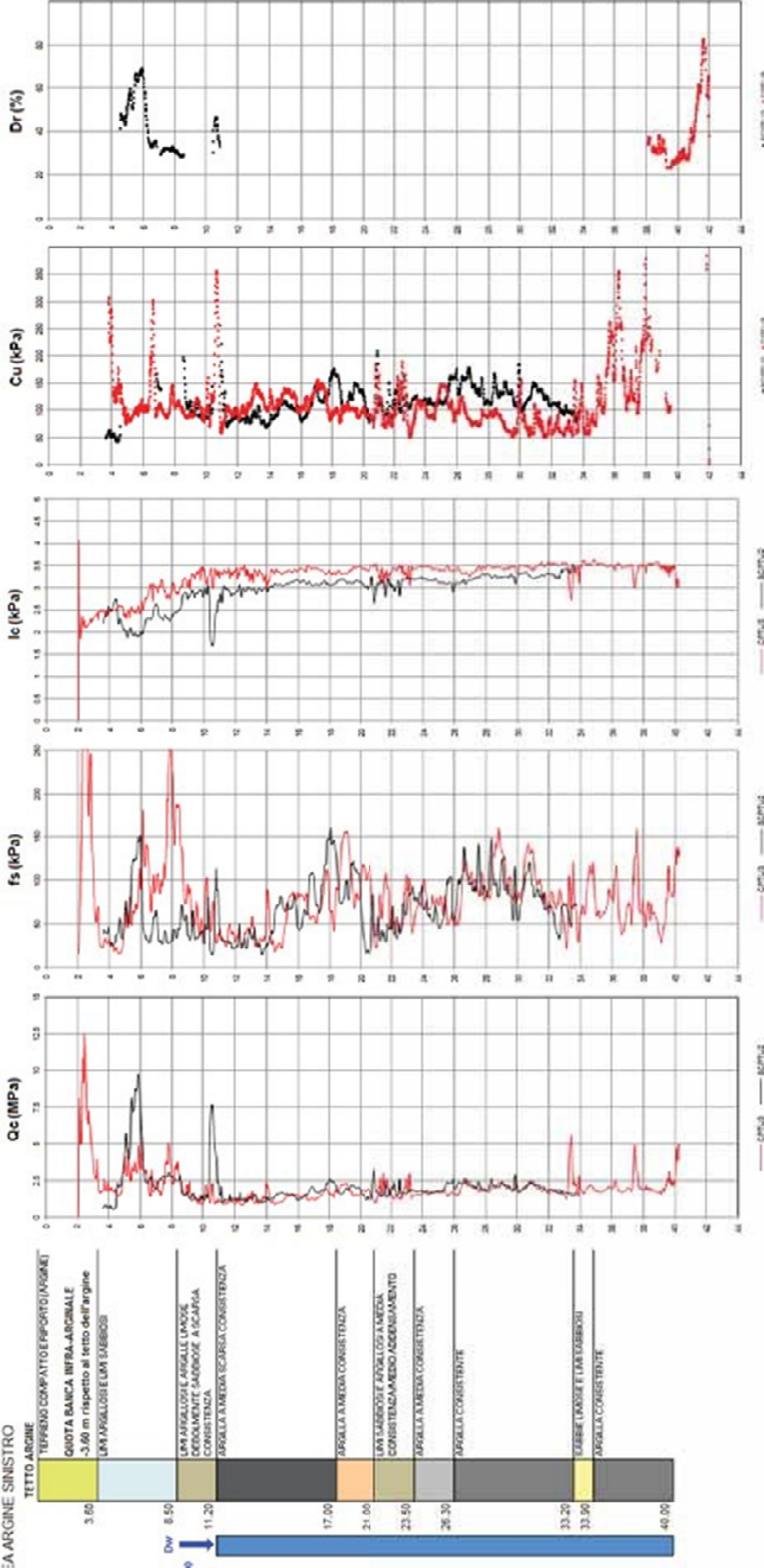
MODELLO STRATIGRAFICO
AREA EXTRA-ARGINALE DESTRA IDROGRAFICA



GEO GROUP s.r.l.



MODELLO STRATIGRAFICO **AREA ARGINE SINISTRO**

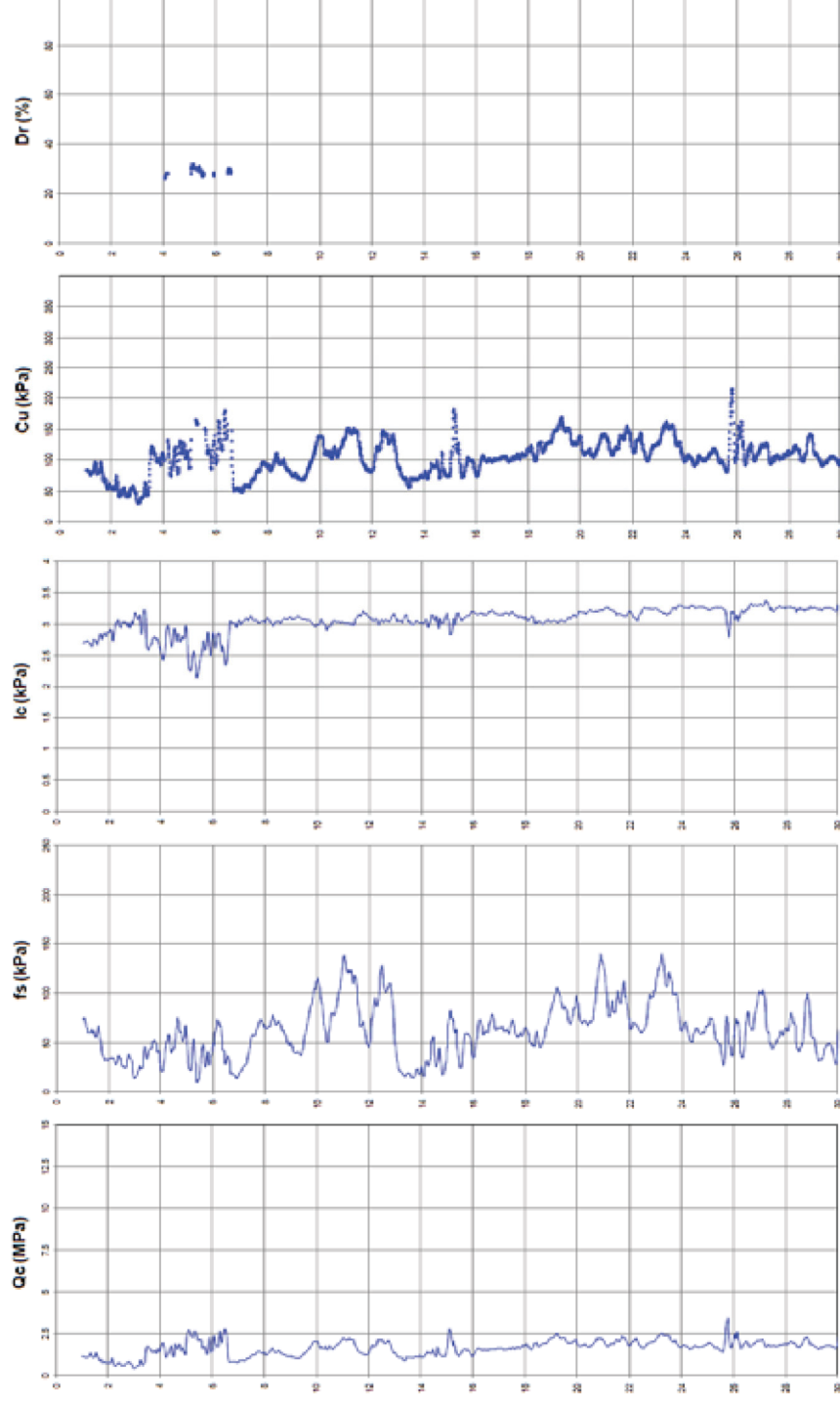
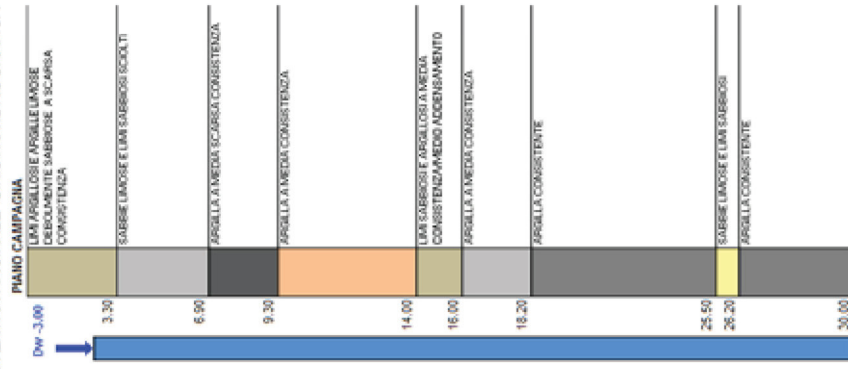


GEO GROUP s.r.l.

p.IVA e C.F. 02981500362 –
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
www.geogroupmodena.it geogroup@libero.it



MODELLO STRATIGRAFICO **AREA EXTRA-ARGINALE SINISTRA IDROGRAFICA**

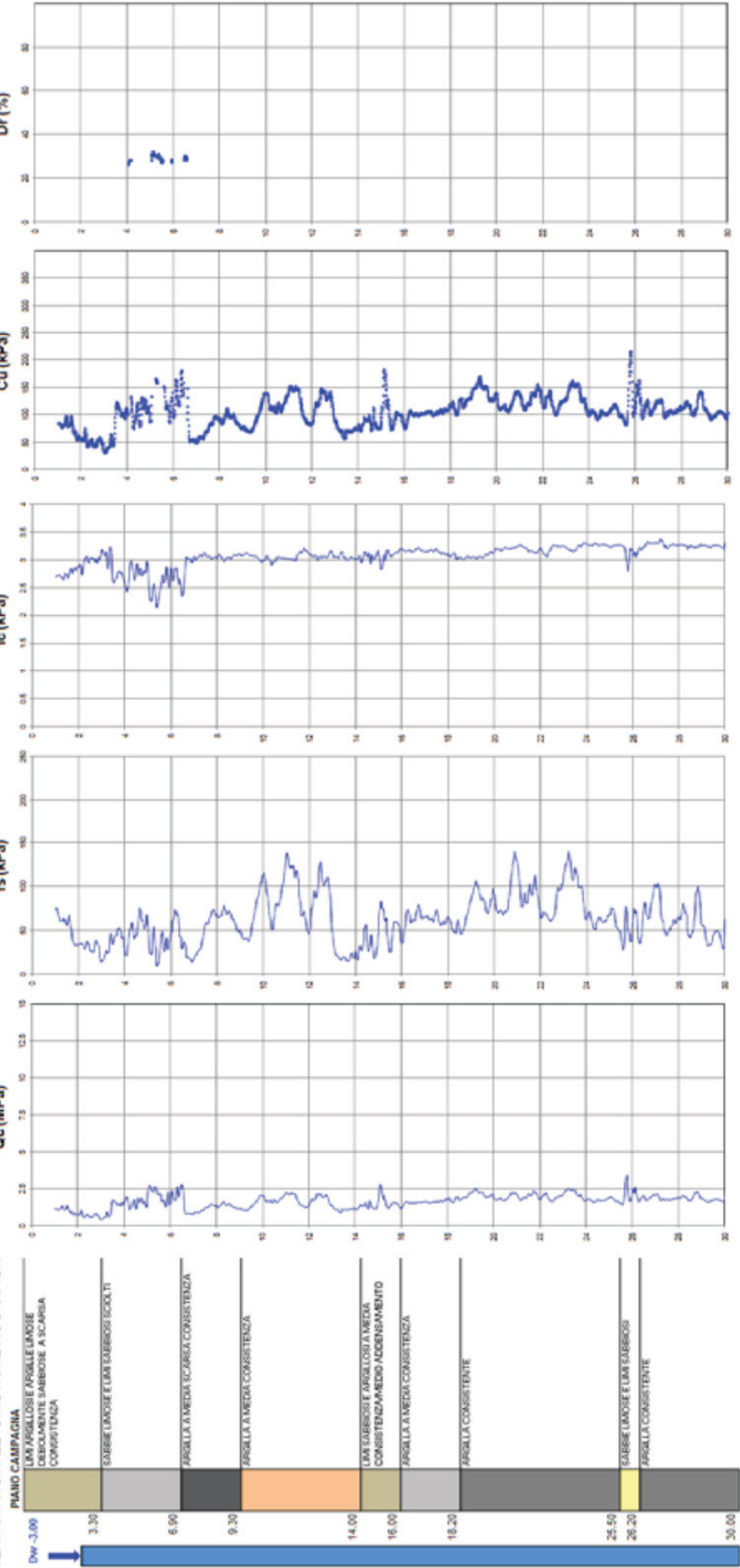


GEO GROUP s.r.l.

p.IVA e C.F. 02981500362 –
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
www.geogroupmodena.it - geo.group@libero.it

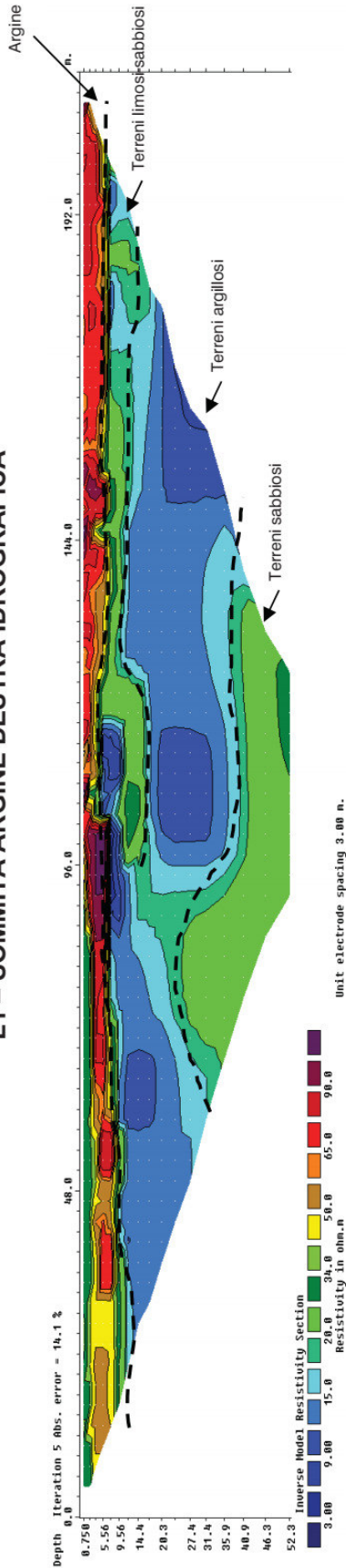


MODELLO STRATIGRAFICO
AREA EXTRA-ARGINALE SINISTRA IDROGRAFICA

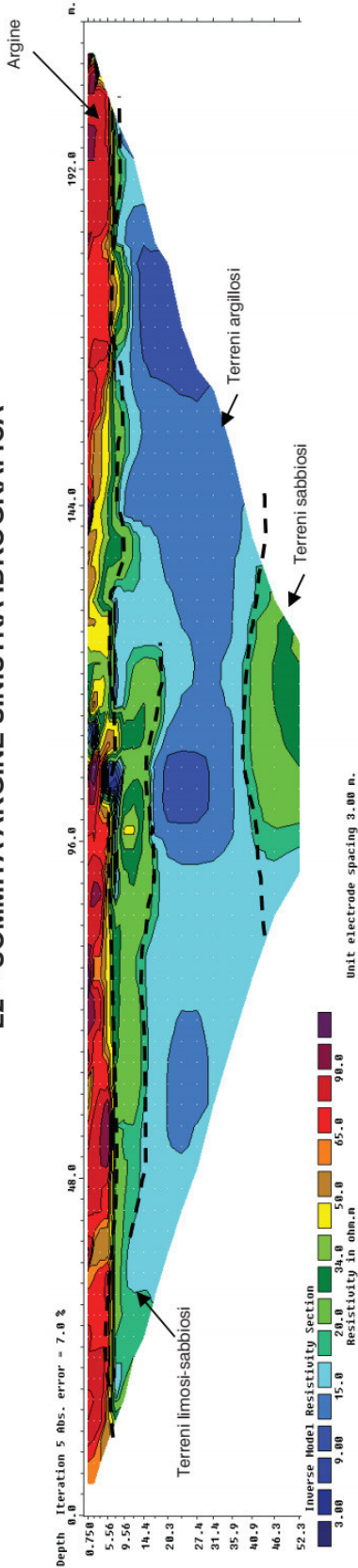


Si illustrano successivamente le sezioni bidimensionali di resistività naturale, misurate attraverso le indagini geoelettriche tomografiche eseguite, corredate di interpretazione stratigrafica.

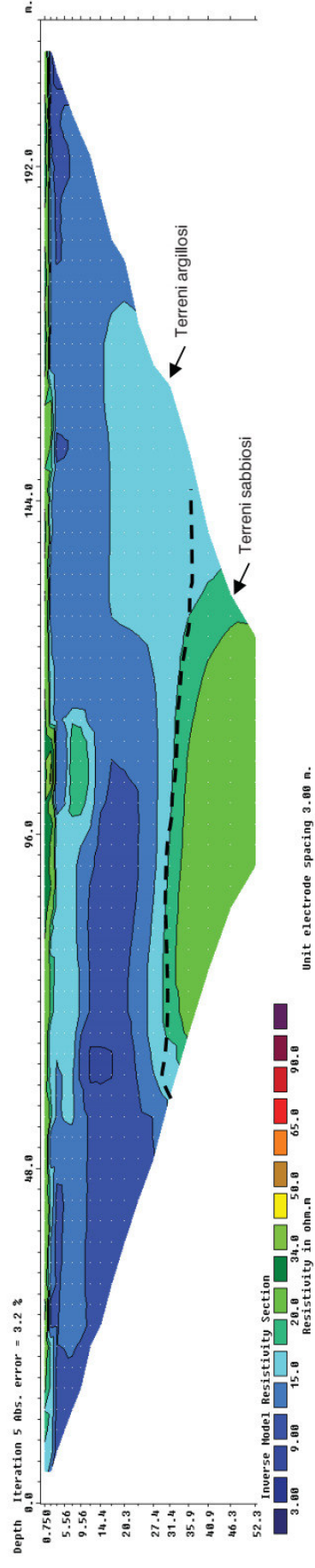
L1 – SOMMITÀ ARGINE DESTRA IDROGRAFICA



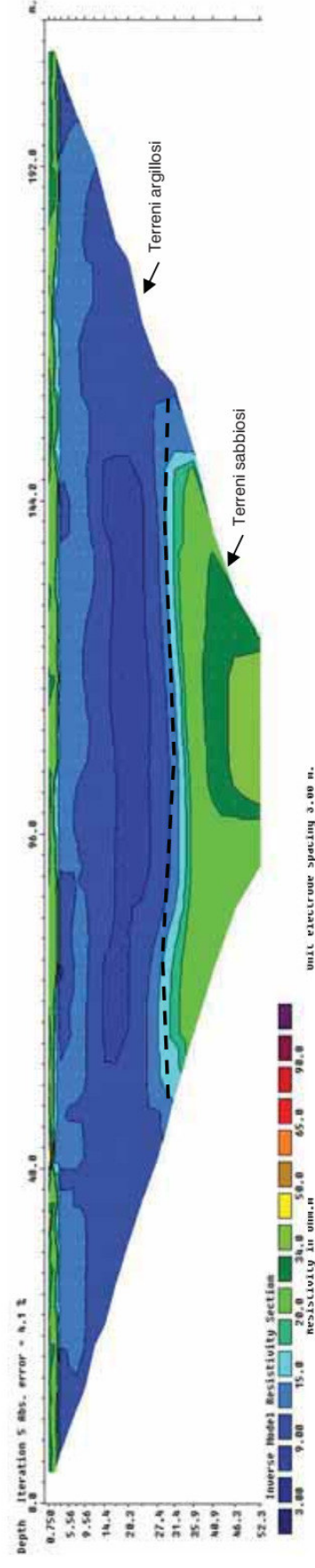
L2 – SOMMITÀ ARGINE SINISTRA IDROGRAFICA



L3 – PIANO CAMPAGNA DESTRA IDROGRAFICA



L4 – PIANO CAMPAGNA SINISTRA IDROGRAFICA



5. MODELLO GEOTECNICO

5.1 Risultati delle indagini e le prove geotecniche eseguite

Si riassumono successivamente i risultati ottenuti al termine delle indagini e delle prove geotecniche eseguite. I certificati relativi ad ogni singola tipologia di prova sono visibili in allegato al seguente documento.

[PROVE DI DISSIPAZIONE IN FORO]

K_h = conducibilità idraulica

C_h = coefficiente di consolidazione orizzontale (Houlsby & Teh's, 1988)

M = Modulo edometrico

INDAGINE	QUOTA m da inizio prova	k_h (m/s)	C_h (m ² /s)	M (MPa)
CPTU1	3.08	7.15×10^{-8}	2.18×10^{-5}	2.99
CPTU2	12.15	3.79×10^{-7}	2.07×10^{-4}	4.23
CPTU3	5.14	3.99×10^{-9}	1.54×10^{-5}	37.92
CPTU3	10.09	7.15×10^{-8}	1.08×10^{-4}	14.87
CPTU3	16.04	3.77×10^{-9}	3.12×10^{-5}	6.68

Tab. n. 5.1 – Risultati delle prove di dissipazione eseguite

[ANALISI GRANULOMETRICHE]

	CAMP.	QUOTA	GHIAIA (%)	SABBIA (%)	LIMO (%)	ARGILLA (%)	DENOMINAZIONE AGI
S1	C1	4.40	0.0	41.9	48.8	9.3	LIMO CON SABBIA DEBOLMENTE ARGILLOSO
	C2bis	7.30	4.8	58.8	26.9	9.5	SABBIA CON LIMO DEBOLMENTE ARGILLOSA
S2	C6	2.50	0.0	74.3	20.7	5.0	SABBIA LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA
	C7	5.00	0.0	63.1	23.9	13.0	SABBIA LIMOSA E ARGILLOSA

Tab. n. 5.2 – Risultati delle analisi granulometriche eseguite

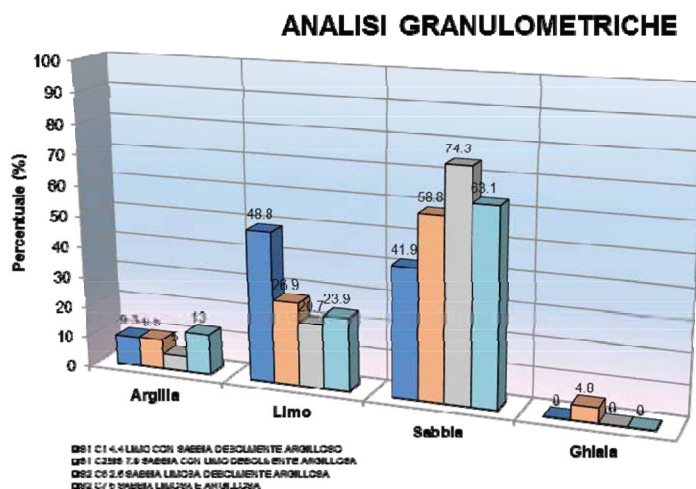


Fig. n. 5.1 – Grafico cumulativo delle analisi granulometriche

[PROVE DI TAGLIO IN CONDIZIONI CONSOLIDATE E DRENATE]

	CAMP.	QUOTA	c' (kPa)	γ' (°)
S1	C1	4.40	14.4	27.0
	C2bis	7.30	25.5	27.9
	C3bis	13.40	9.1	22.9
	C4bis	19.00	53.2	24.0
	C5bis	24.90	9.2	23.8
S3	C9	3.55	47.1	31.4

Tab. n. 5.3 – Risultati delle prove di taglio eseguite

[ANALISI EDOMETRICHE]

	CAMP.	QUOTA	Pressione	Indice dei vuoti	Cc	Modulo (kPa)	Cv (cm ² /sec)	k cm/sec
S1	C1	4.40	24.5	0.761				
			49.0	0.745	0.054	2694	0.000700	2.55 * 10 ⁻⁸
			98.1	0.720	0.082	3540	0.000178	4.94 * 10 ⁻⁹
			196.1	0.689	0.105	5540	0.003356	5.94 * 10 ⁻⁸
			392.3	0.629	0.199	5820	0.001101	1.85 * 10 ⁻⁸
			784.5	0.557	0.238	9734	0.001763	1.78 * 10 ⁻⁸
			196.1	0.566				
			98.1	0.572				
	CAMP.	QUOTA	Pressione	Indice dei vuoti	Cc	Modulo (kPa)	Cv (cm ² /sec)	k cm/sec
S2	C6	2.50	24.5	0.674				
			49.0	0.664	0.031	4540	0.000398	8.59 * 10 ⁻⁹
			98.1	0.649	0.052	5301	0.000563	1.04 * 10 ⁻⁸
			196.1	0.627	0.073	7238	0.003230	4.38 * 10 ⁻⁸
			392.3	0.593	0.112	10215	0.000971	9.32 * 10 ⁻⁹
			784.5	0.555	0.126	17590	0.003523	1.96 * 10 ⁻⁸
			196.1	0.563				
			98.1	0.567				
	CAMP.	QUOTA	Pressione	Indice dei vuoti	Cc	Modulo (kPa)	Cv (cm ² /sec)	k cm/sec
S2	C7	4.95	24.5	0.783				
			49.0	0.744	0.129	1146	0.002807	2.40 * 10 ⁻⁷
			98.1	0.709	0.115	2581	0.000261	9.93 * 10 ⁻⁹
			196.1	0.665	0.146	4061	0.007982	1.93 * 10 ⁻⁷
			392.3	0.608	0.192	6168	0.002320	3.69 * 10 ⁻⁸
			784.5	0.543	0.214	11065	0.003650	3.23 * 10 ⁻⁹
			196.1	0.554				
			98.1	0.559				
	CAMP.	QUOTA	Pressione	Indice dei vuoti	Cc	Modulo (kPa)	Cv (cm ² /sec)	k cm/sec
S2	C8	8.00	49.00	0.898				

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
 Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)
 Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
 p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it



	98.1	0.852	0.151	2065	0.001224	$5.81 \cdot 10^{-8}$
	196.1	0.809	0.144	4339	0.001361	$3.08 \cdot 10^{-8}$
	392.3	0.724	0.283	4412	0.000324	$7.19 \cdot 10^{-9}$
	784.5	0.626	0.323	7722	0.000309	$3.92 \cdot 10^{-9}$
	196.1	0.662				
	98.1	0.689				

Tab. n. 5.4 – Risultati delle prove edometriche eseguite

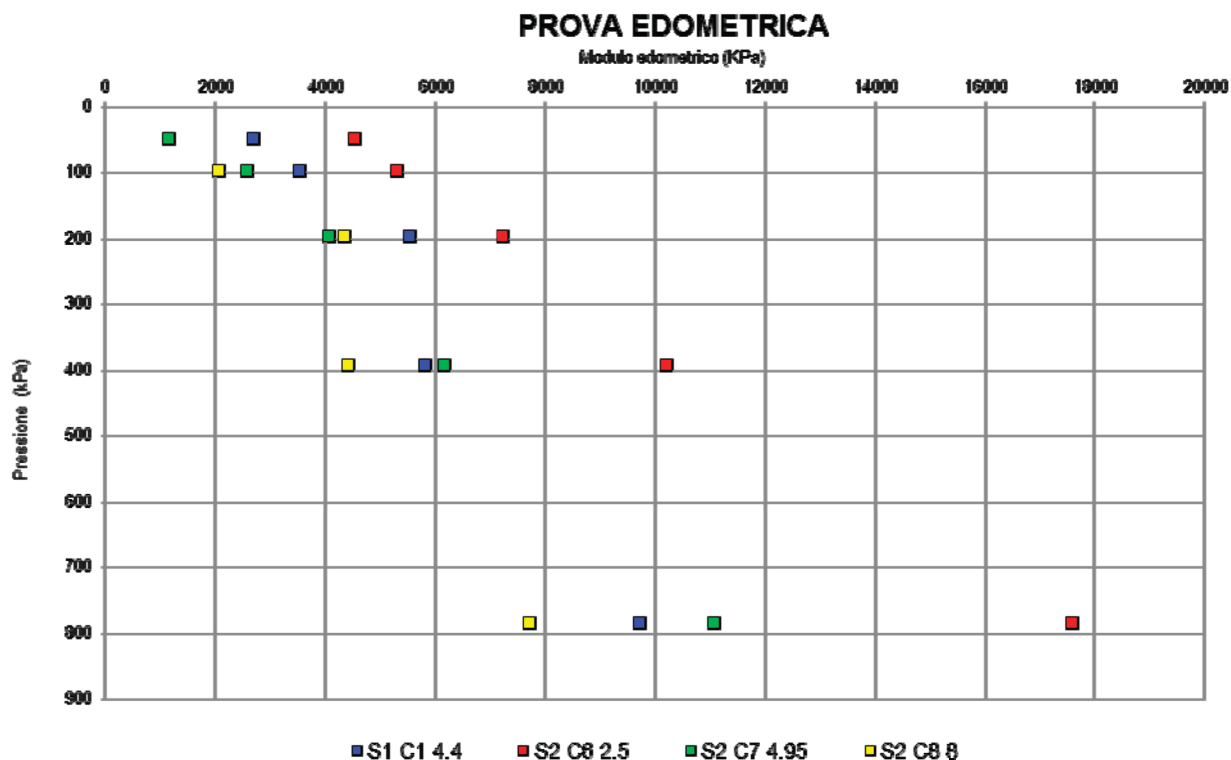


Fig. n. 5.2 – Grafico cumulativo delle analisi edometriche

5.2 Modello geotecnico di riferimento

Sulla scorta della modellazione stratigrafica e delle analisi di laboratorio geotecnico eseguite, si illustrano successivamente i modelli geotecnici di riferimento per la progettazione delle opere di fondazione previste.

GEO GROUP s.r.l.

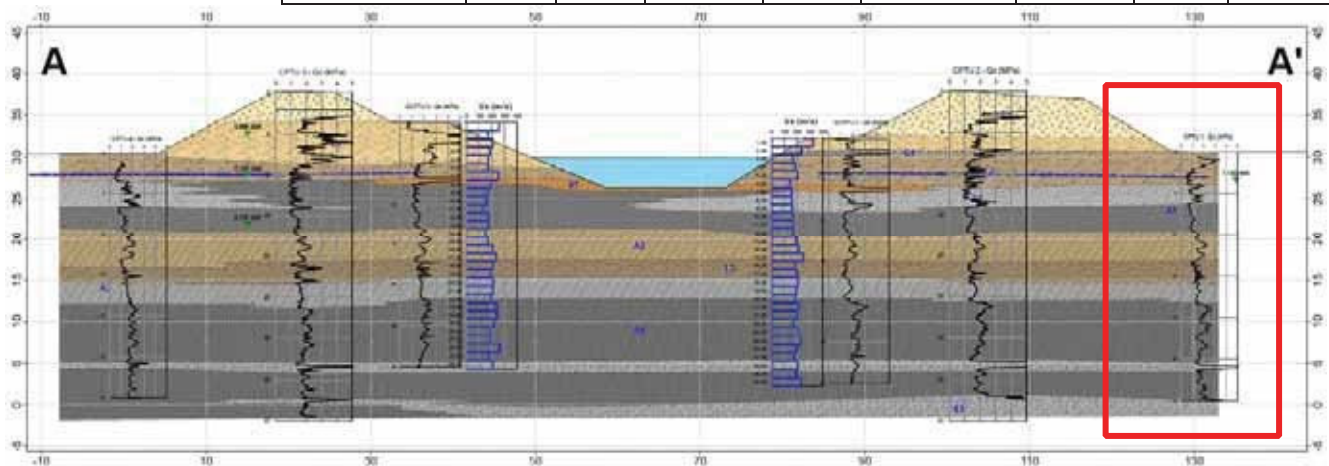
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
 Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)
 Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
 p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it



**ARE A E XTRA-ARGINE DE
S TRA IDROGRAFICA**

**PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI [K]
(CPTU 1)**

UNITÀ	PROFONDITÀ DA P.C. (m)	TERRENO	\hat{U}_{DRY}	\hat{U}_{SAT}	C_I	C_u	i_{jl}	M	E_s	β
	0.00 / 3.90	LIMI ARGILLOSI ARGILLE LIMOSE A SCARSA CONSISTENZA	17.00	19.00	5.00 BIB	50.00 CPTU	21.00/23.00 BIB	3000 DIS 1 CPTU1	7000 BIB	0.45
	3.90 / 6.00	SABBIE LIMOSE E LIMI SABBIOSI SCIOLTI	17.00	19.00	14.4 LAB (S 1C 1)	-	27.00 LAB (S 1C 1)	2581 LAB (S 2C 7)	-	0.45
	6.00 / 9.50	ARGILLA LIMOSA MEDIA SC ARSA CONSISTENZA	17.00	19.00	5.6 BIB	56.00 CPTU	22.0/24.0 BIB	4339 LAB (S 2C 8)	7840 BIB	0.45
	9.50 / 13.20	ARGILLA A MEDIA CONSISTENZA	18.50	20.50	10.59 BIB	105.9 CPTU	23.0/25.0 BIB	18200 C PTU	14800 BIB	0.40
	13.20 / 16.00	LIMI SABBIOSI E ARGILLOSI A MEDIA CONSISTENZA	17.5	19.50	8.0 BIB	80.0 CPTU	22.0/24.0 BIB	8800 CPTU	11200 BIB	0.40
	16.00 / 18.20	ARGILLA A MEDIA CONSISTENZA	17.8	19.80	8.8 BIB	90.0 CPTU	23.0/25.0 BIB	9500 CPTU	12446 BIB	0.40
	18.20 / 30.00	ARGILLA CONSISTENTE	18.5	20.5	9.2 LAB (S 1C 5b)	110.7 CPTU	23.8 LAB (S 1C 5b)	11800 C PTU	15500 BIB	0.35
DESCRIZIONE			PESO DI VOLUME SECCO	PESO DI VOLUME SATURO	COESIONE DRENATA EFFICACE	COESIONE NON DRENATA	ANGOLO ATTRITO EFFICACE	MODULO EDOMETRICO	MODULO ELASTICO	COEFFICIENTE DI POISSON
UNITÀ DI MISURA			kN/m ³	kN/m ³	kN/m ²	kN/m ²	°	kN/m ²	kN/m ²	/



GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it

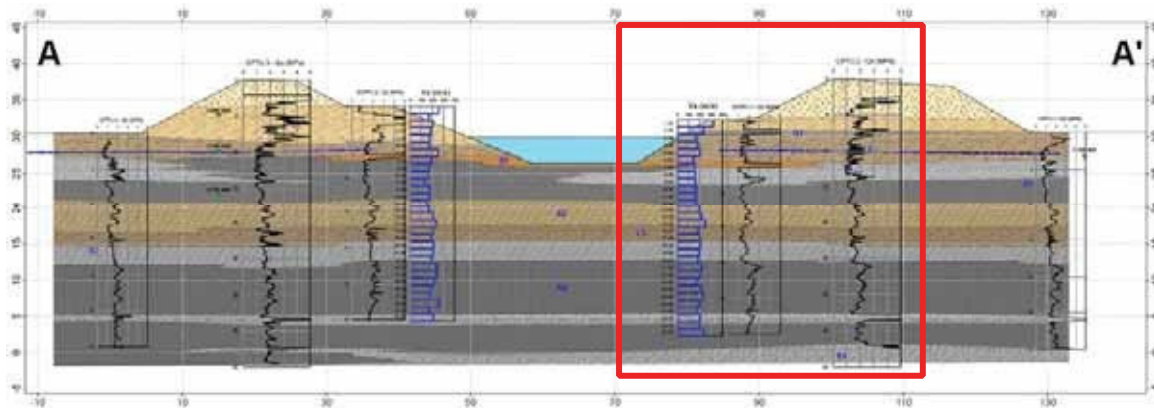


ARGINE DE S TRA IDROGRAFIC A			PARAME TRI GE OTE C NIC I C ARATTE RIS TIC I [K] (C PTU 2 - S C PTU1 - S 1)							
UNITÀ	PROFONDITÀ DA TETTO ARGINE (m)	TERRENO	\hat{U}_{DRY}	\hat{U}_{SAT}	c_i	C_u	i_j	M	E_s	β
	0.00 / 5.00	TERRENO ARGILLOSO E LIMOSO COMPATTO (ARGINE)	18.50	20.50	47.1 LAB (S 3C 9)	82.90 C PTU	31.4 LAB (S 3C 9)	54200 C PTU	67000 BIB	0.35
	5.00 / 8.00	LIMI ARGILLOSI E LIMI SABBIOSI	17.50	19.50	5.00 BIB	50.00 PPS1	25.0/27.0 BIB	3540 LAB (S 1C 1)	7000 BIB	0.40
	8.00 / 10.60	LIMI ARGILLOSI ARGILLE LIMOSE A SC ARSA CONSISTENZA	17.50	19.50	14.4 LAB (S 1C 1)	45.00 PPS1	27.00 LAB (S 1C 1)	3540 LAB (S 1C 1)	6300 BIB	0.40
	10.60 / 14.00	SABBIE LIMOSE E LIMI SABBIOSI SCIOLTI	17.50	19.50	25.5 LAB (S 1C 2b)	-	27.9 LAB (S 1C 2b)	4230 DIS 1 C PTU2	8000 BIB	0.40
	14.00 / 16.50	ARGILLA LIMOSA MEDIA SC ARSA CONSISTENZA	18.00	20.00	8.00 BIB	84.00 C PTU	22.0/24.0 BIB	4800 C PTU	11760 BIB	0.40
	16.50 / 21.00	ARGILLA A MEDIA CONSISTENZA	18.00	20.00	9.1 LAB (S 1C 3b)	122.7 C PTU	22.9 LAB (S 1C 3b)	8400 C PTU	17178 C PTU	0.40
	21.00 / 23.00	LIMI SABBIOSI E ARGILLOSI A MEDIA CONSISTENZA	17.00	19.00	8.00 BIB	82.4 C PTU	25.0/27.0 BIB	4900 C PTU	11536 BIB	0.40
	23.00 / 26.00	ARGILLA A MEDIA CONSISTENZA	18.00	20.00	53.2 LAB (S 1C 4b)	101.9 C PTU	24.0 LAB (S 1C 4b)	5700 C PTU	14266 BIB	0.40
	26.00 / 40.00	ARGILLA CONSISTENTE	18.5	20.50	9.2 LAB (S 1C 5b)	140.0 C PTU	23.8 LAB (S 1C 5b)	8000 C PTU	19600 BIB	0.35
DES C RIZIONE			PESO DI VOLUME SECCO	PESO DI VOLUME SATURO	COESIONE DRENATA EFFICACE	COESIONE NON DRENATA	ANGOLO ATTRITO EFFICACE	MODULO EDOMETRICO	MODULO ELASTICO	COEFFICIENTE DI POISS ON
UNITÀ DI MISURA			kN/m³	kN/m³	kN/m²	kN/m²	°	kN/m²	kN/m²	/

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
 Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)
 Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
 p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it



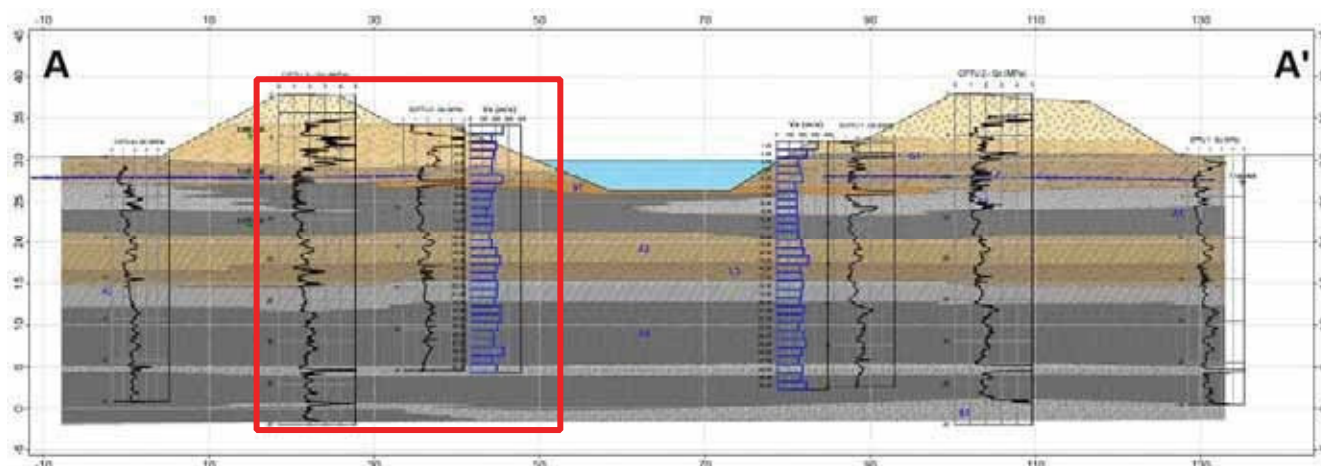


ARGINE S			PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI [K]							
INISTRA IDROGRAFICA A			(CPTU 3- SCPTU 2)							
UNITÀ	PROFONDITÀ DA TETTO ARGINE (m)	TERRENO	\hat{U}_{DRY}	\hat{U}_{SAT}	C_i	C_u	i_{ij}	M	E_s	ν
	0.00 / 3.60	TERRENO ARGILLOSO E LIMOSO COMPATTO (ARGINE)	18.50	20.50	47.1 LAB (S 3C 9)	82.90 CPTU	31.4 LAB (S 3C 9)	14800 C PTU	11606 BIB	0.35
	3.60 / 8.50	LIMI ARGILLOSI E LIMI SABBIOSI	17.50	19.50	15.00 CPTU	150.00 CPTU	25.0/27.0 BIB	37920 DIS 1 CPTU3	21000 BIB	0.40
	8.50 / 11.20	LIMI ARGILLOSI ARGILLE LIMOSE A SCARSA CONSISTENZA	17.50	19.50	8.2 BIB	82.00 CPTU	27.00 LAB (S 1C 1)	7200 CPTU	11480 BIB	0.40
	11.20 / 17.00	ARGILLA LIMOSA A MEDIA SCARSA CONSISTENZA	18.00	20.00	7.8 BIB	78.00 CPTU	22.0/24.0 BIB	5500 CPTU	10920 BIB	0.40
	17.00 / 21.00	ARGILLA A MEDIA CONSISTENZA	18.00	20.00	10.0 BIB	100.0 CPTU	24.0/26.0 BIB	7900 CPTU	14000 BIB	0.40
	21.00 / 23.00	LIMI SABBIOSI E ARGILLOSI A MEDIA CONSISTENZA	17.50	19.50	10.0 BIB	100.0 CPTU	25.0/27.0 BIB	6800 CPTU	14000 BIB	0.40
	23.00 / 26.00	ARGILLA A MEDIA CONSISTENZA	18.00	20.00	9.3 BIB	93.0 CPTU	24.0/26.0 BIB	5800 CPTU	13020 BIB	0.40
	26.00 / 40.00	ARGILLA CONSISTENTE	18.5	20.50	11.0 LAB (S 1C 5b)	110.0 CPTU	23.8 LAB (S 1C 5b)	7100 CPTU	15400 BIB	0.35
		DESCRIZIONE	PESO DI VOLUME SECCO	PESO DI VOLUME SATURO	COESIONE DRENATA EFFICACE	COESIONE NON DRENATA	ANGOLO ATTRITO EFFICACE	MODULO EDOMETRICO	MODULO ELASTICO	COEFFICIENTE DI POISSON
		UNITÀ DI MISURA	kN/m ³	kN/m ³	kN/m ²	kN/m ²	°	kN/m ²	kN/m ²	/

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
 Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)
 Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
 p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it





**ARE A E XTRA-ARGINE S
INIS TRA IDROGRAFIC A**

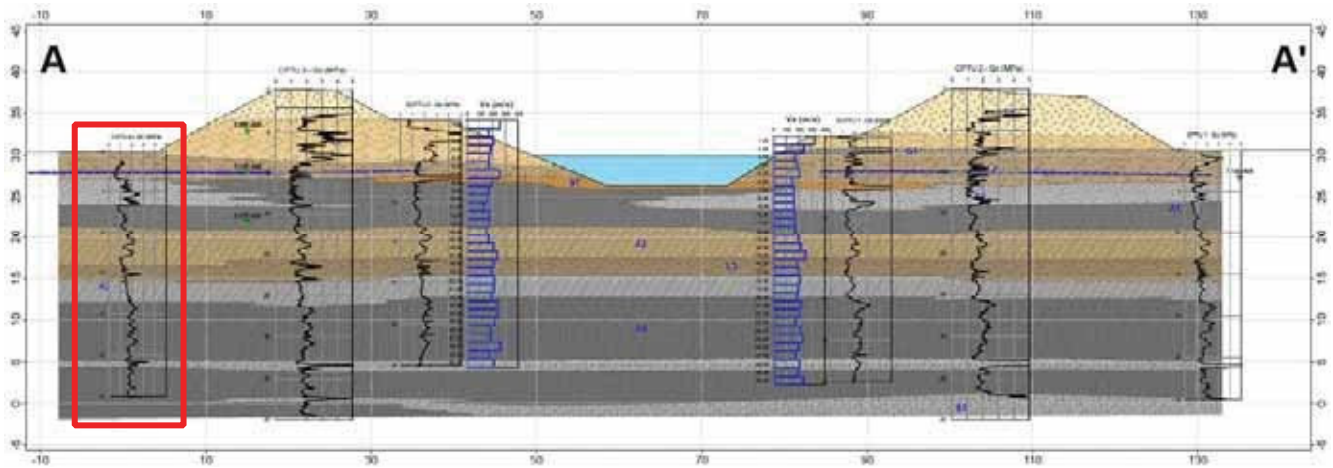
**PARAME TRI GE OTE C N I C ARATTE RIS TIC I [K]
(C PTU 4- S 2)**

UNITÀ	PROFONDITÀ DA TETTO ARGINE (m)	TERRENO	\bar{U}_{DRY}	\bar{U}_{SAT}	c_i	C_u	i_j	M	E_s	β
	0.00 / 3.30	LIMI ARGILLOSI ARGILLE LIMOSE A SC ARSA CONSISTENZA	17.8	19.8	5.0 BIB	50.00 C PTU	21.0/23.0 BIB	4540 LAB (S 2C 6)	7000 BIB	0.45
	3.30 / 6.90	SABBIE LIMOSE E LIMI SABBIOSI SCIOLTI	17.5	19.50	25.5 LAB (S 1C 2b)	-	27.9 LAB (S 1C 2b)	2581 LAB (S 2C 7)	8000 BIB	0.35
	6.90 / 9.30	ARGILLA LIMOSA A MEDIA SCARSA CONSISTENZA	17.40	19.40	7.4 BIB	74.00 C PTU	22.0/24.0 BIB	4339 LAB (S 2C 8)	10360 BIB	0.40
	9.30 / 14.00	ARGILLA A MEDIA CONSISTENZA	18.00	20.00	10.0 BIB	100.0 C PTU	24.0/26.0 BIB	14000 C PTU	11760 BIB	0.40
	14.00 / 16.00	LIMI SABBIOSI E ARGILLOSI A MEDIA CONSISTENZA	18.00	20.00	10.0 BIB	100.0 C PTU	25.0/27.0 BIB	13000 C PTU	11760 BIB	0.40
	16.00 / 18.20	ARGILLA A MEDIA CONSISTENZA	18.00	20.00	10.0 BIB	100.0 C PTU	24.0/26.0 BIB	12000 C PTU	11760 BIB	0.40
	18.20 / 30.00	ARGILLA CONSISTENTE	18.00	20.00	11.6 BIB	116.0 C PTU	23.8 LAB (S 1C 5b)	12000 C PTU	16240 BIB	0.35
		DESC RIZIONE	PESO DI VOLUME SECCO	PESO DI VOLUME SATURO	COESIONE DRENATA EFFICACE	COESIONE NON DRENATA	ANGOLO ATTRITO EFFICACE	MODULO EDOMETRICO	MODULO ELASTICO	COEFFICIENTE DI POISS ON
		UNITÀ DI MISURA	kN/m ³	kN/m ³	kN/m ²	kN/m ²	°	kN/m ²	kN/m ²	/

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it





Si illustra la legenda delle sigle relative alla tipologia di prova considerata attendibile per la stima di ciascun parametro geotecnico:

- BIB: riferimento/formulazione bibliografica;
- LAB: prova di laboratorio geotecnico;
- CTPU: prove penetrometriche statiche CPTU;
- PP: prova con penetrometro tascabile sui campioni di sondaggio;
- DIS CPTU: prova di dissipazione in foro CPTU;



6. AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

6.1 Risultati delle indagini geofisiche e identificazione della categoria di sottosuolo secondo (D.M. 14/01/2008)

Si riassumono successivamente i gradienti di velocità identificati durante l'esecuzione delle indagini geofisiche eseguite, volte a determinare per via diretta e indiretta la propagazione delle onde di taglio S all'interno del volume significativo di sottosuolo. Le indagini geofisiche, come illustrato nella cartografia relativa all'ubicazione delle indagini geognostiche allegate, sono state eseguite in area infra-arginale alla quota di appoggio delle future pile del ponte in progetto.

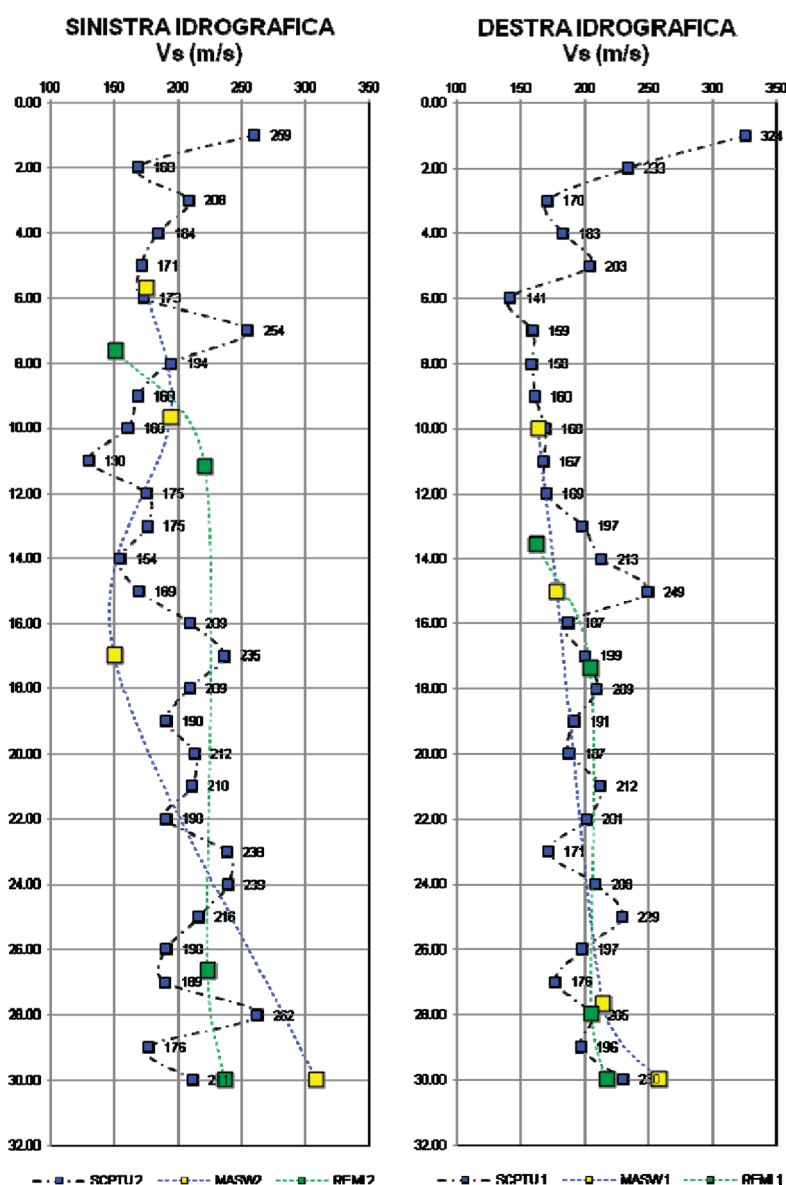


Fig. n. 6.1 – Profili velocità onde S misurati per la sponda in sinistra e destra idrografica

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it



MASW 1	$V_{S30} = 190 \text{ m/s}$	Categoria C
MASW 2	$V_{S30} = 192 \text{ m/s}$	Categoria C
Re.Mi. 1	$V_{S30} = 184 \text{ m/s}$	Categoria C
Re.Mi. 2	$V_{S30} = 200 \text{ m/s}$	Categoria C
SCPTU 1	$V_{S30} = 196 \text{ m/s}$	Categoria C
SCPTU 2	$V_{S30} = 197 \text{ m/s}$	Categoria C

I profili di velocità individuati attraverso le tecniche di indagine espletate risultano coerenti tra loro e permettono di classificare il sottosuolo analizzato secondo la CATEGORIA C descritta nella normativa tecnica nazionale NNTC 2008.

Durante la campagna geofisica eseguita presso il sito di interesse, sono state acquisite n. 2 registrazioni di rumore sismico naturale mediante terna velocimetrica triassiale. Le misure sono state eseguite alla quota del piano campagna in area extra-arginale

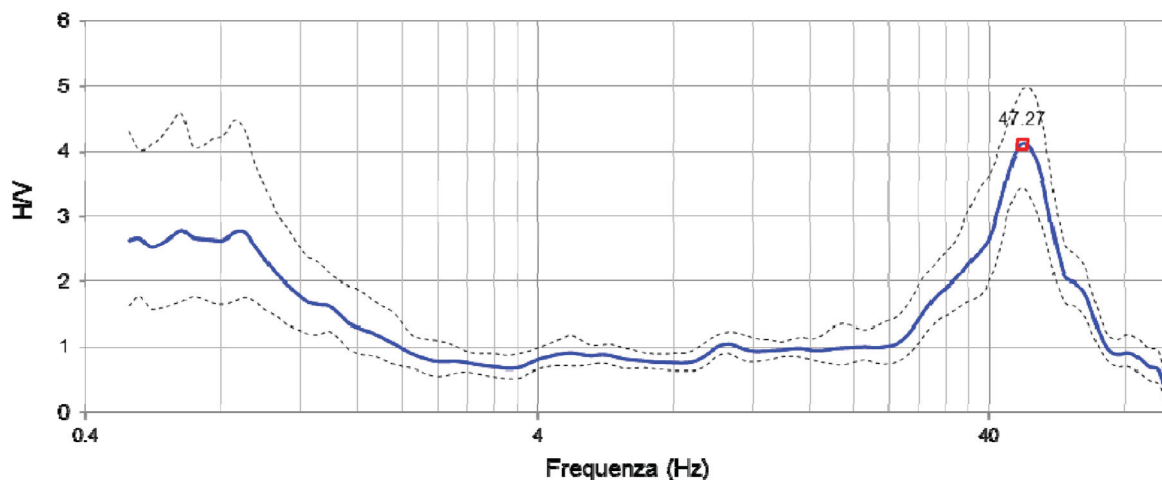


Fig. n. 6.2 – Rapporto H/V acquisizione n. 1 – Piano campagna – Destra idrografica

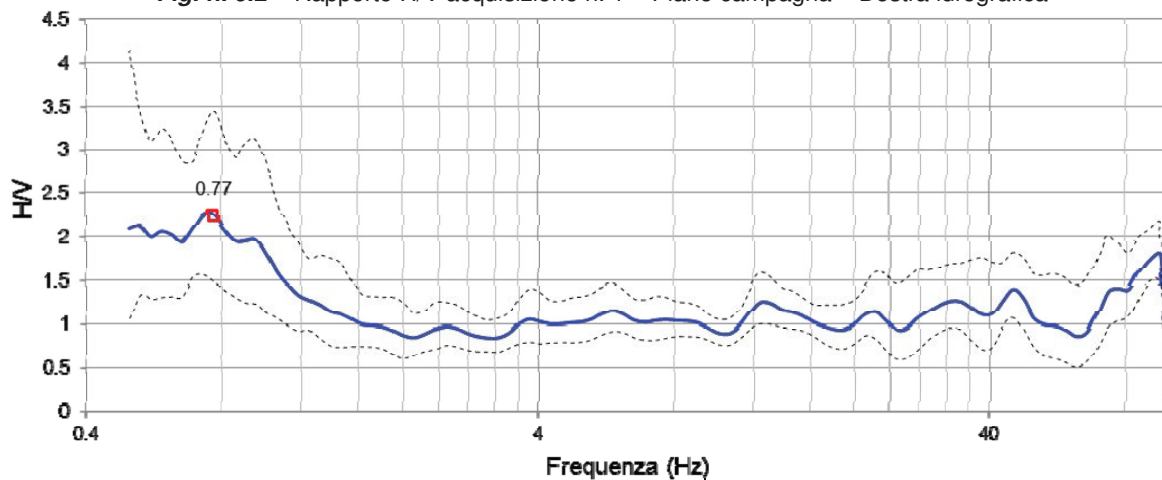


Fig. n. 2.3 – Rapporto H/V acquisizione n. 2 – Piano campagna – Sinistra idrografica

Sulla scorta delle acquisizioni eseguite in area extra-arginale, si identificano frequenze fondamentali di sito al di sotto della soglia di 1.00/0.90 Hz, in accordo con l'assetto stratigrafico profondo del sito in analisi. L'acquisizione HV1 ha individuato un picco di frequenza pari a 42.27 Hz imputabile a una contaminazione antropica/artificiale nel contenuto in frequenza del rumore sismico naturale.



Alla luce di quanto sopra esposto, si può escludere la presenza di frequenze fondamentali relative al sottosuolo analizzato potenzialmente interferenti con la struttura in progetto.

6.2 Valutazione dell'azione sismica di riferimento mediante approccio semplificato NTC 2008 (DM 14/01/2008)

Con l'entrata in vigore del D.M. 14/01/2008 recante "Nuove Norme tecniche per le costruzioni", il Comune di Modena e Soliera sono stati classificati secondo la classe di sismicità 3 (zona a bassa sismicità) (Fig 4.1).

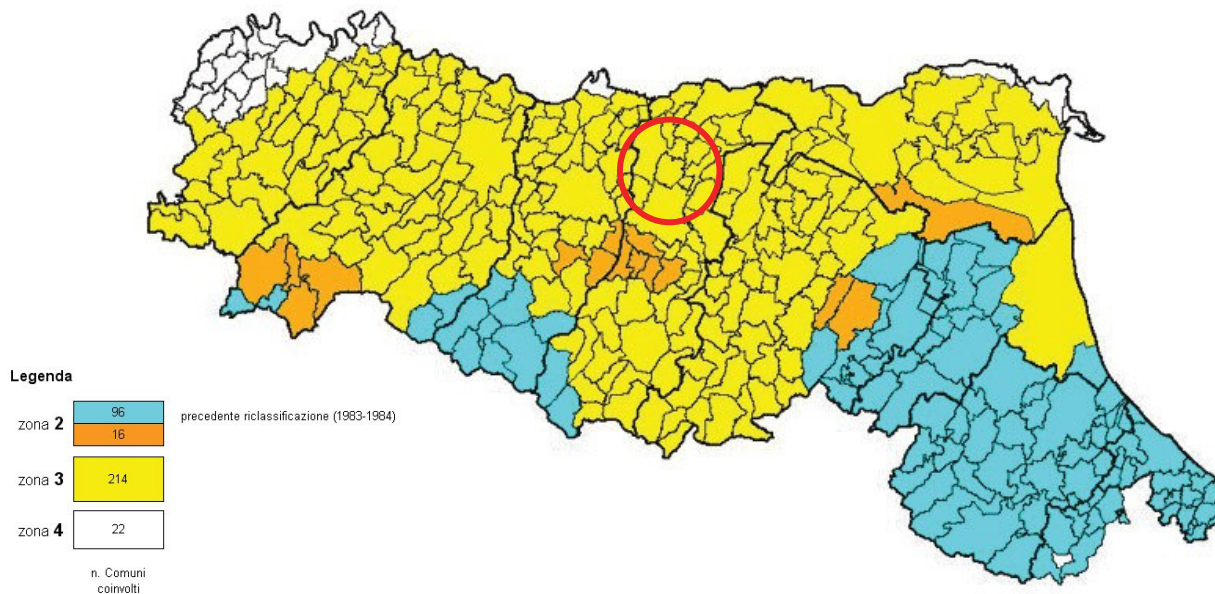


Fig. 6.4 – Classificazione sismica vigente dei comuni della regione Emilia-Romagna

Sulla base della normativa tecnica nazionale (D.M. 14 Gennaio 2008) e in accordo con i risultati ottenuti a seguito delle indagini geofisiche espletate per il sito in oggetto è possibile classificare il terreno di fondazione come appartenente alla **categoria C**.

Sulla scorta dei contenuti del D.M. 14/01/2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", è stato definito il parametro di accelerazione massima attesa a_g al suolo rigido (*bedrock*), in relazione ad un tempo di riferimento T_R stimato di 712 anni ($C_u = 1.5$) e una vita nominale V_n pari a **50 anni**.

Per l'area in oggetto, identificata dalle seguenti coordinate geografiche (ED50): Latitudine: 44,704917°, Longitudine 10,948139°, tale parametro è risultato pari ad $a_g = 0.187_g$.

TABELLA DEI PARAMETRI SISMICI DESUNTI PER IL SITO OGGETTO DI STUDI

	Probabilità superamento [%]	T_r [anni]	A_g [g] (<i>bedrock</i>)	F_o [-]	T_c * [s]
Operatività (SLO)	81	45	0.055	2.498	0,265
Danno (SLD)	63	63	0,069	2,484	0,274

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it



Relazione geologica, geotecnica e sismica

Salvaguardia della vita (SLV)	10	712	0,187	2,528	0,278
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	1462	0,245	2,478	0,285

Poiché tale valore di accelerazione sismica orizzontale a_g si riferisce al *bedrock*, per definire il valore di a_g in superficie si calcola inizialmente il fattore stratigrafico S_s caratteristico dell'area secondo l'approccio NTC 2008 D.M. 14/01/2008 da cui, essendo in classe **C** si avrà :

$$1,00 \leq S_s = 1,70 - (0,60 \times F_o \times a_g/g) \leq 1,50 \quad (6.1)$$

dove:

F_o = Fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2; per il sito oggetto di studio tale valore risulta pari a **2.528**; **ag/g** = accelerazione orizzontale del sito, con tempo di ritorno pari a 712 anni/accelerazione di gravità; **S_s** = Coefficiente di amplificazione stratigrafica o fattore stratigrafico, calcolato tramite la relazione (6.1); per il sito oggetto di studio risulta pari a **1.42**.

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

Categoria topografica	Ubicazione opera/intervento	ST
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media 15°	1.0
T2	Pendii con inclinazione media $> 15^\circ$	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° i 30°	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $> 30^\circ$	1.4

L'areale in oggetto risulta inserito in un contesto morfologico pianeggiante, pertanto risulta plausibile considerare un fattore topografico **ST pari a 1.0**.

Sulla scorta del fattore di amplificazione stratigrafico **SS** e del fattore di amplificazione topografico **ST** si procede al calcolo dell'accelerazione massima orizzontale **A_{max}**:

$$A_{max} = S_s \times a_g = 1.42 \times 0.187 \text{ g} = 0.265 \text{ g} = 2.605 \text{ m/s}^2$$

TABELLA PARAMETRI SISMICI DERIVATI DAL CALCOLO DELL'AMPLIFICAZIONE SECONDO APPROCCIO SEMPLIFICATO

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,630	1.000	0,017	0,008	0.811	0,200
SLD	1,500	1,610	1.000	0,021	0,010	1.020	0,200
SLV	1,420	1,600	1.000	0,064	0,032	2.605	0,240
SLC	1,340	1,590	1.000	0,092	0,046	3.226	0,280

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
 Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)
 Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
 p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it



GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it



7. VERIFICA DELLA SUSCETTIVITÀ DEL SITO AL FENOMENO DI LIQUEFAZIONE

Si illustrano successivamente le verifiche a liquefazione svolte per le verticali di prova CPTU e SCPTU eseguite per la caratterizzazione del sottosuolo dell'area oggetto di intervento. Le verifiche a liquefazione sono state svolte in accordo con la normativa tecnica nazionale DM 14/01/2008. Con la finalità di approfondire lo studio del fenomeno e raggiungere un ragguardevole livello di sicurezza nei confronti della stabilità delle future opere le verifiche della liquefazione sono state svolte secondo il metodo di calcolo semplificato proposto da Robertson & Wride (1998).

Tutti i metodi semplificati permettono di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza, dato dal rapporto fra la resistenza al taglio mobilitabile nello strato (R) e lo sforzo tangenziale indotto dal sisma (T). In pratica si avrà:

$$F_s = \frac{R}{T}$$

Un deposito dovrà essere considerato suscettibile di liquefazione se il coefficiente di sicurezza F_s sarà minore di 1.

La grandezza T dipende dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto). R è funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, principalmente del suo stato di addensamento, e può essere ricavato direttamente attraverso correlazioni con i risultati di prove penetrometriche statiche.

La grandezza T viene ricavata attraverso la relazione:

$$T = 0.65 \frac{a_{max} V_{v0} r_d}{g V_{v0}' MSF}$$

dove:

a_{max}	= accelerazione sismica massima;
g	= accelerazione di gravità = 980.7 cm/s ² ;
V_{v0}	= pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.;
V_{v0}'	= pressione verticale efficace alla profondità z dal p.c.;
r_d	= coefficiente funzione della profondità dal p.c., valutabile secondo il seguente schema: $r_d = 1 - 0.00765z$ per $z \leq 9.15$ m $r_d = 1.174 - 0.0267z$ per $9.15 < z \leq 23$ m $r_d = 0.774 - 0.008z$ per $23 < z \leq 30$ m $r_d = 0.5$ per $z > 30$ m

MSF = coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma.

Per l'esecuzione delle verifiche della suscettività del sito al fenomeno di liquefazione sono state considerate le metodologie semplificate proposte da Robertson & Wride (1998) e Boulanger & Idriss (2008).

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
 Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)
 Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
 p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it



Il metodo di Robertson e Wride (1998) permette di correlare la resistenza al taglio R mobilitata nel terreno con i risultati delle prove penetrometriche statiche. La procedura di calcolo si basa sulle due seguenti equazioni:

$$R = 0.883 \left(\frac{q_{c1n}}{1000} \right)^{1/4} \quad \text{per } (q_{c1n})_{cs} < 50 \text{ e } a_q \leq 0.05$$

$$R = 0.93 \left(\frac{q_{c1n}}{1000} \right)^{1/4} \quad \text{per } 50 < (q_{c1n})_{cs} < 160.$$

La grandezza $(q_{c1n})_{cs}$ rappresenta la resistenza alla punta normalizzata e corretta per tenere conto della percentuale di fine presente.

Le verifiche a liquefazione sono state svolte considerando un valore di accelerazione massimo atteso in superficie pari a **0.265 g**, una soggiacenza della falda freatica come rilevata durante l'esecuzione di ciascuna delle prove penetrometriche CPTU e una magnitudo di riferimento pari a 6.14. Per le verticali di prova **CPTU 1** e **CPTU 4** la verifica è stata svolta fino alla profondità di -20.00 m da p.c. mentre, per le verticali di prova **CPTU 2** e **3** la verifica è stata estesa fino a -30.00 m rispetto alla quota di inizio prova poiché eseguite sulla sommità dei rilevati arginali. Per quanto riguarda le indagini **SCPTU 1** e **2** l'analisi dei fattori di sicurezza è stata eseguita nei primi 25.00 m di sottosuolo, in quanto le prove in oggetto sono state espletate sul livello dell'argine intermedio. Si illustrano successivamente i valori di indice potenziale di liquefazione LPI calcolati per ciascuna verticale di prova:

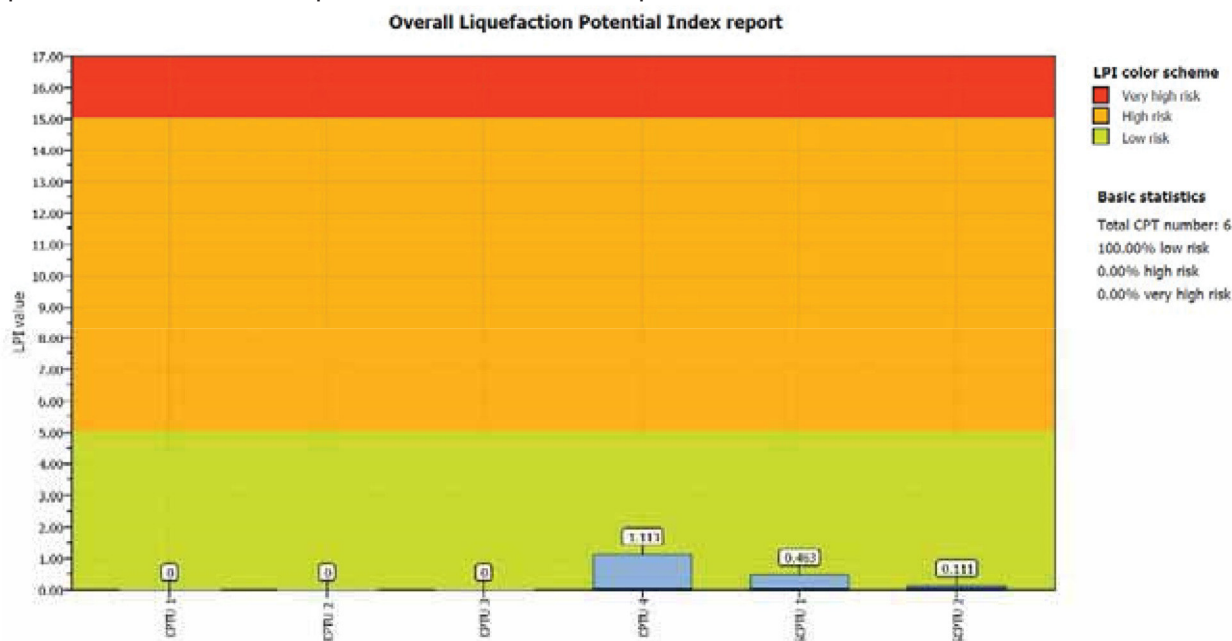


Fig. 7.1 – Indici potenziali di liquefazione LPI calcolati per ciascuna verticale di indagine

Sulla scorta dei valori LPI derivati a seguito delle verifiche eseguite e in riferimento alla classificazione delle classi di rischio proposta da Somnez (2003), la totalità delle indagini eseguite mostra un rischio di liquefazione variabile da “nullo” a “basso”. Si illustrano successivamente, per via grafica, i livelli di terreno potenzialmente liquefacibili individuati nel corso delle verifiche:



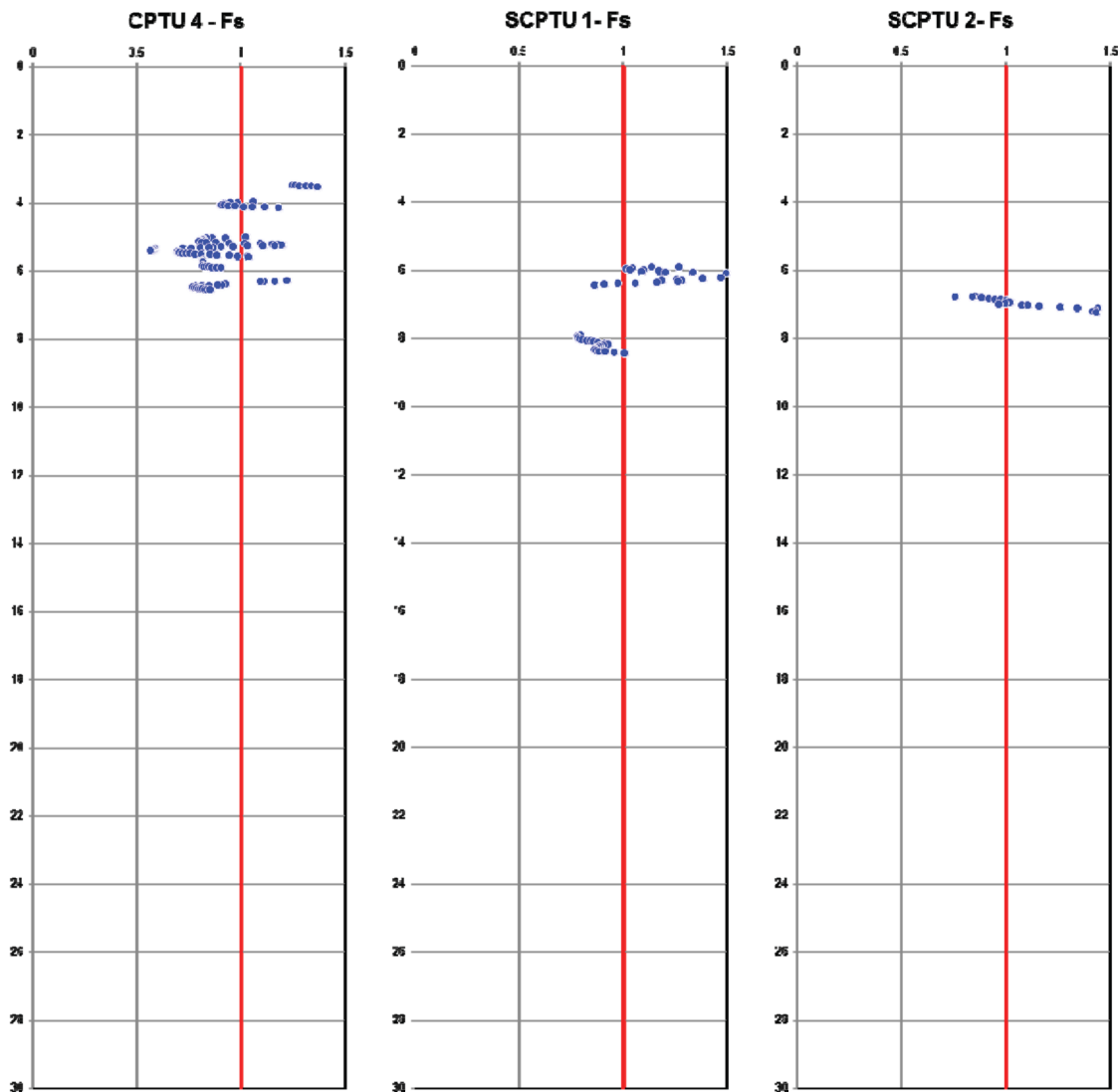


Fig. 7.2 – Fattori di sicurezza alla liquefazione calcolati per le verticali di prova con indice di liquefazione basso

Nonostante il sito non risulti esposto a un elevato rischio di liquefazione, in seguito alle verifiche svolte sono stati evidenziati livelli potenzialmente liquefacibili (FSL Fattore di sicurezza alla liquefazione < 1.00). In accordo con il punto 7.11.5.3.2 della normativa tecnica nazionale NNTC, nel caso di terreni liquefacibili, durante l'esecuzione delle verifiche di fondazioni profonde dovrà essere trascurato il contributo della resistenza degli strati di terreno suscettibili di liquefazione ($F_s < 1.0$).

8. STATO DI FATTO DEI RILEVATI ARGINALI

Le indagini geoelettriche ERT sono state eseguite con la finalità di verificare l'assetto stratigrafico generale, congiuntamente alla verifica di dettaglio delle condizioni geotecniche dei rilevati arginali sui quali verrà realizzato il nuovo ponte. Per tale motivo sono state rielaborate nel dettaglio le n° 2 sezioni ERT eseguite sul tetto dei rilevati arginali secondo configurazione Dipolo-Dipolo.

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena
 Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)
 Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176
 p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it



Con riferimento alla tomografia ERT 1, eseguita in corrispondenza del tetto del rilevato arginale posto in destra idrografica, è possibile individuare il corpo principale del rilevato arginale caratterizzato da valori di resistività compresi tra 45 e 150 Ohm*m. Il rilevato raggiunge la profondità massima di -8.00/-7.00 m rispetto al tetto dell'argine, nel tratto Sud rispetto al ponte esistente mentre, nel tratto a Nord si approfondisce fino alla quota di -6.00 rispetto al tetto dell'argine. Nel tratto appena a Nord del ponte, per una lunghezza di circa 20.00 m, la base dell'argine risulta caratterizzata da bassi valori di resistività (40/10 Ohm*m), denotando la presenza di un livello terreno umido/saturo. Nella porzione superficiale del tratto a Sud del ponte esistente, fino alla profondità di -4.00 m rispetto al tetto dell'argine, si rilevano valori di resistività inferiori (45/30 Ohm*m) a quelli individuati per le restanti porzioni del rilevato indagato (media 70 Ohm*m). Tale evidenza può essere messa in relazione alla recente posa di nuovo terreno o alla movimentazione dello stesso a seguito di recenti lavori di ripristino e manutenzione del rilevato stesso.

Analizzando la sezione relativa alla tomografia ERT2 eseguita in sinistra idrografica, il corpo del rilevato arginale si estende fino alla profondità -6.00 m rispetto al tetto dell'argine per tutto il tratto indagato, fatto salvo per un tratto della sezione appena a Nord del ponte esistente, presso il quale si individuano valori di resistività inferiori a quelli osservati per l'intero corpo arginale. In corrispondenza del seguente tratto è presente un albero ad alto fusto all'interno dell'area infra-arginale. È probabile che gli apparati radicali profondi favoriscano il ristagno di acqua all'interno del rilevato arginale e, per tale motivo, si evidenzia un'anomalia di resistività elettrica in corrispondenza del tratto occupato dall'elemento vegetale.



Fig. 8.1 – Ripresa fotografica del tratto caratterizzato da anomalia elettrica, probabilmente imputabile alla presenza di un albero ad alto fusto

GEO GROUP s.r.l.

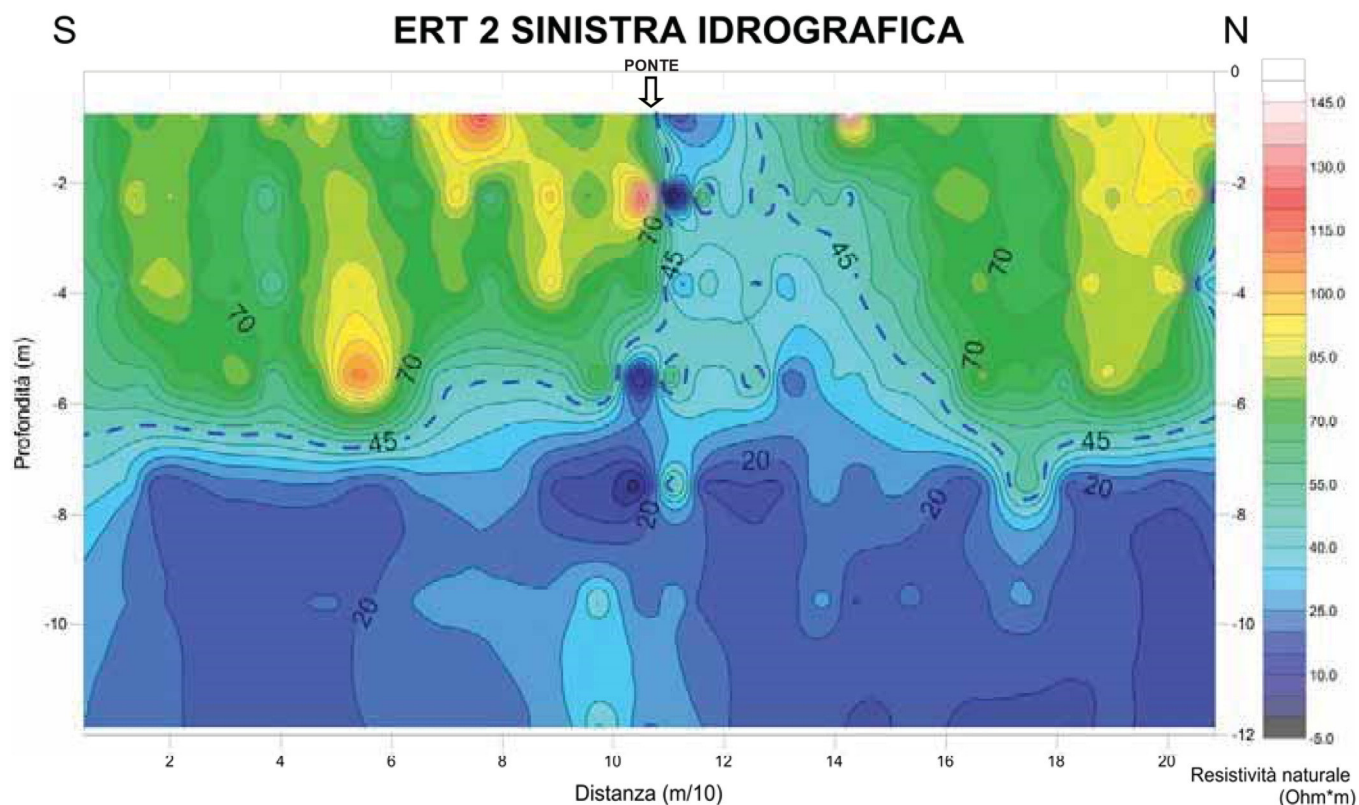
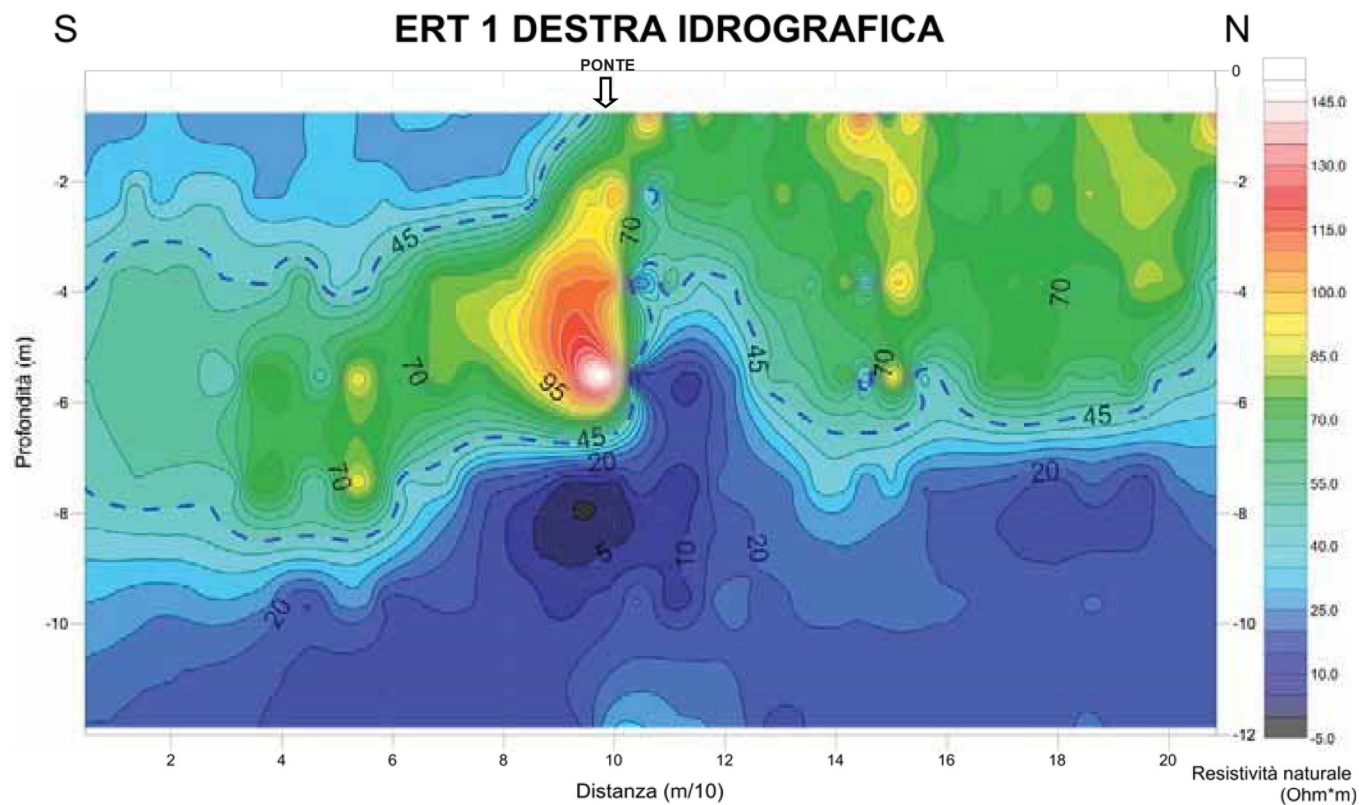
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it





9. CONCLUSIONI

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it



Relazione geologica, geotecnica e sismica

Il presente elaborato riassume e illustra le caratteristiche geologico-stratigrafiche, geotecniche e sismiche relative al volume significativo di sottosuolo indagato a supporto della progettazione di un ponte da realizzare per l'attraversamento del fiume Secchia presso il Passo dell'Uccellino, tra i Comuni di Modena e Soliera (Provincia di Modena).

Attraverso l'esecuzione della campagna geognostica eseguita presso l'area di interesse è stato possibile identificare l'assetto stratigrafico e geotecnico delle unità litologiche che compongono il sottosuolo di riferimento, dettagliatamente descritto nella sezione litostratigrafica redatta in **Tav. n. 7** e nei modelli geotecnici illustrati al cap. n. 5.2. La seguente relazione è redatta in ottemperanza alla normativa tecnica nazionale DM 14/01/2008 NNTC.

Sulla scorta delle caratteristiche geotecniche individuate e considerate le azioni di progetto, la realizzazione degli appoggi del ponte Bailey dovrà prevedere la messa in opera di fondazioni profonde.

In ottemperanza della normativa tecnica nazionale (D.M. 14 Gennaio 2008) e in accordo con i risultati ottenuti a seguito delle indagini geofisiche espletate per il sito in oggetto è possibile classificare il terreno di fondazione come appartenente alla **categoria C**. Utilizzando l'approccio semplificato NNTC per l'analisi della risposta sismica del sito, considerando una Classe d'uso pari a III ($C_u=1.50$) e una vita nominale $V_n = 50$ anni, è stata ottenuta un'accelerazione relativa allo SLV pari a **0.265 g** ($T=0.00$ s).

A seguito dell'identificazione dell'azione sismica progettuale, con riferimento alle verticali di prova CPTU e SCPTU espletate in corrispondenza dei rilevati arginali presso i quali verrà realizzata l'opera, è stata svolta la verifica della suscettività del sito nei confronti del fenomeno di liquefazione. In accordo con quanto illustrato al cap. n. 7, sulla totalità delle verticali di prova è stato individuato un rischio di liquefazione (Somnez 2007) variabile da "nullo" a "basso". Nonostante il sito non risulti esposto a un elevato rischio di liquefazione, in seguito alle verifiche svolte sono stati evidenziati livelli potenzialmente liquefacibili (FSL Fattore di sicurezza alla liquefazione < 1.00). In accordo con il punto 7.11.5.3.2 della normativa tecnica nazionale NNTC, nel caso di terreni liquefacibili, durante l'esecuzione delle verifiche di fondazioni profonde dovrà essere trascurato il contributo della resistenza degli strati di terreno suscettibili di liquefazione ($F_s < 1.0$).

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

Modena, 16 Maggio 2016

Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

GEO GROUP S.r.l.

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 www.geogroupmodena.it e-mail geo.group@libero.it





GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

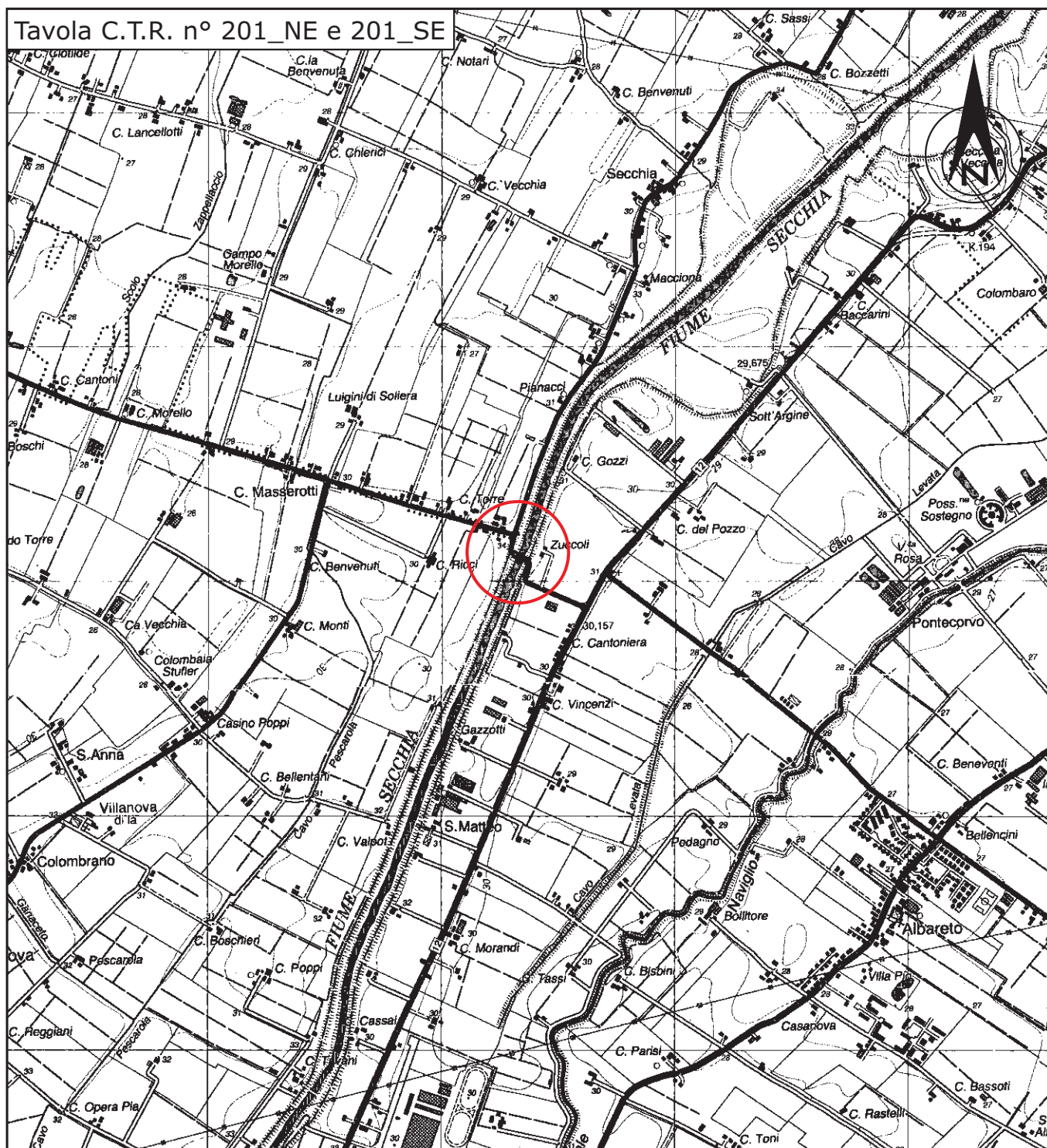
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it

Tavole

Tavola C.T.R. n° 201_NE e 201_SE



Tav. n. 1 "Carta corografica"

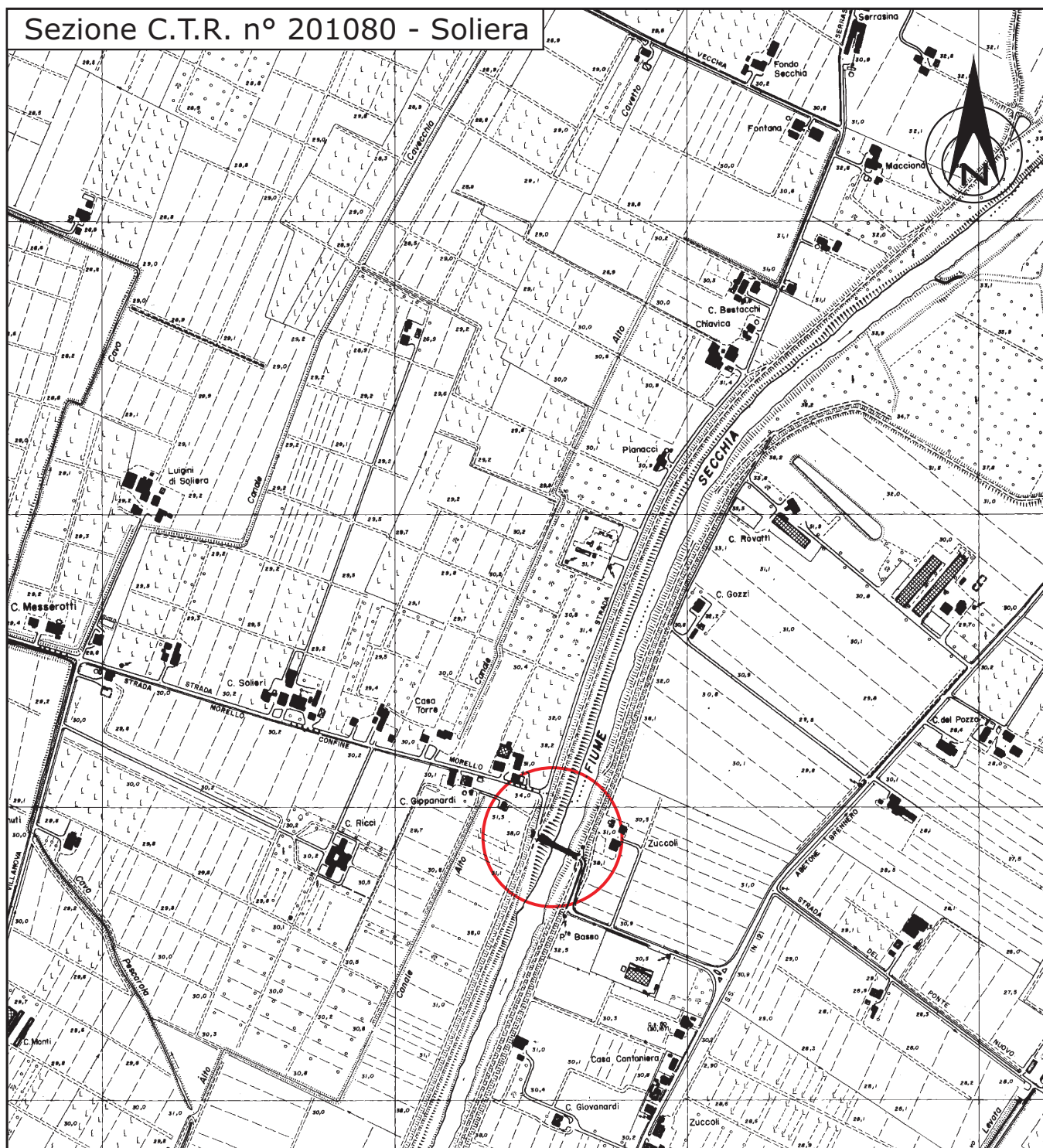
Scala 1: 25000

Legenda



Area di interesse

Sezione C.T.R. n° 201080 - Soliera



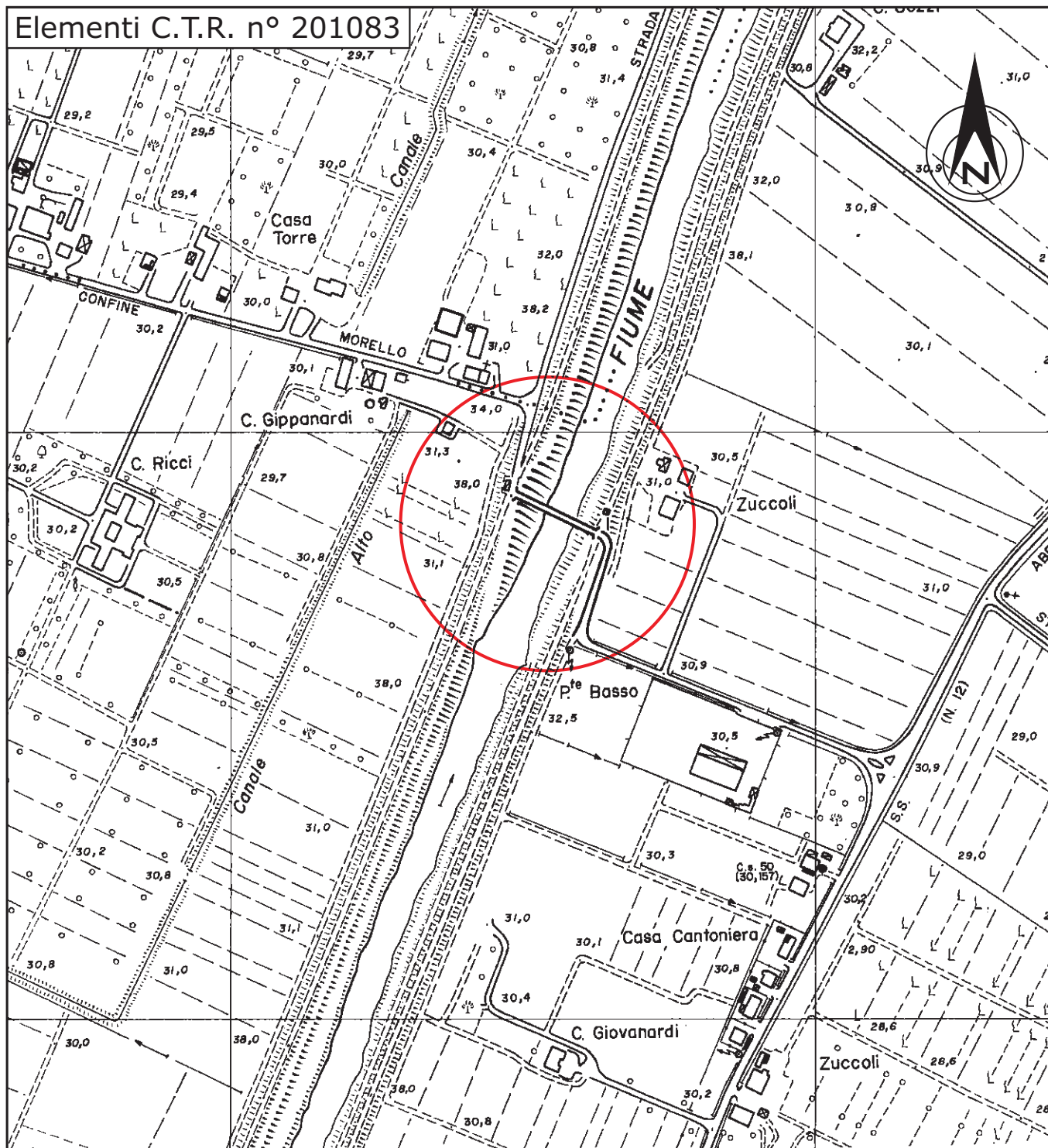
Tav. n. 2 "Carta topografica"

Scala 1: 10000

Legenda



Area di interesse

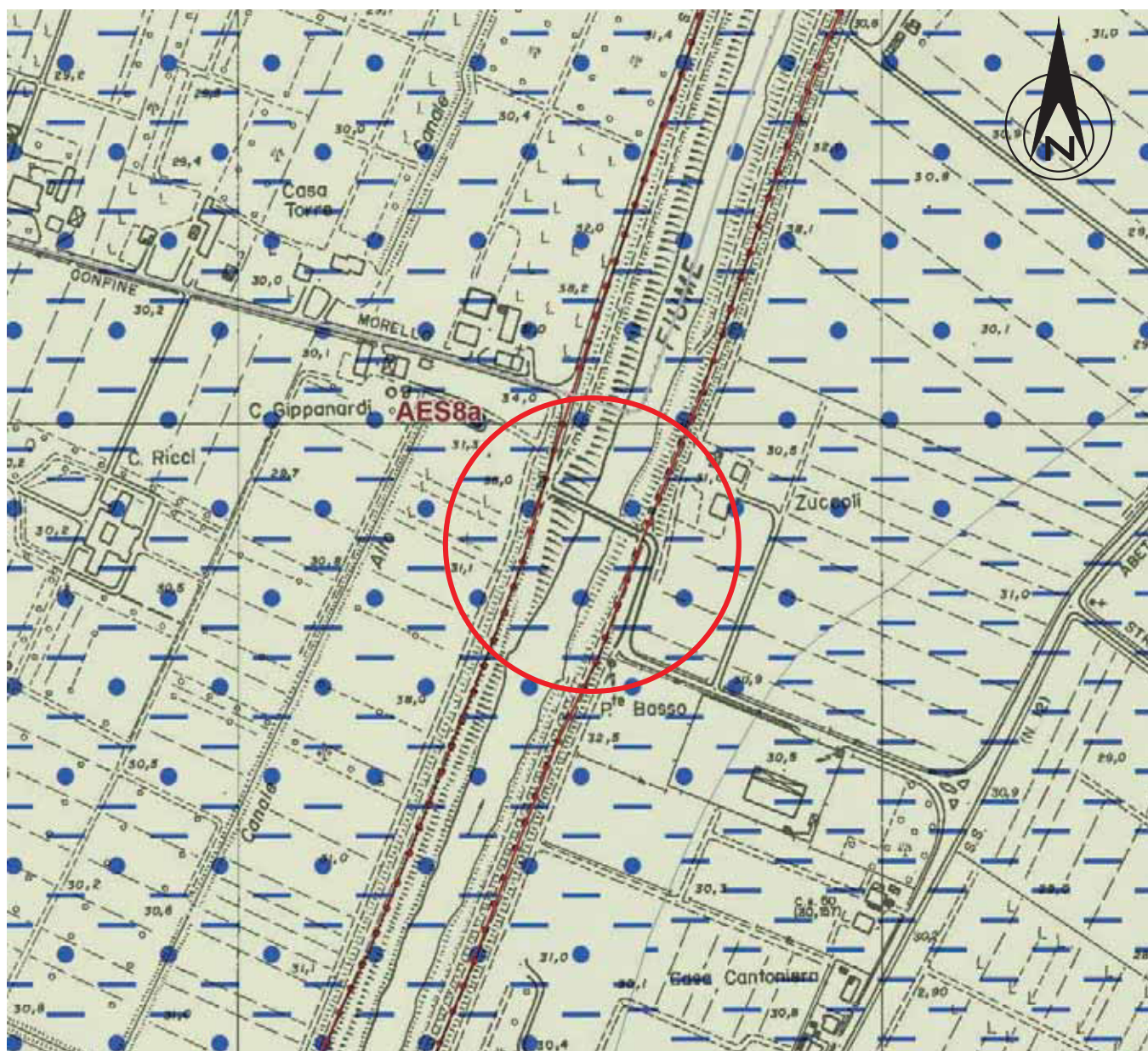


Tav. n. 3 "Carta topografica a grande scala"
Scala 1: 5000

Legenda



Area di interesse



Tav. n. 4 "Carta della litologia di superficie" Scala 1: 5000

Legenda

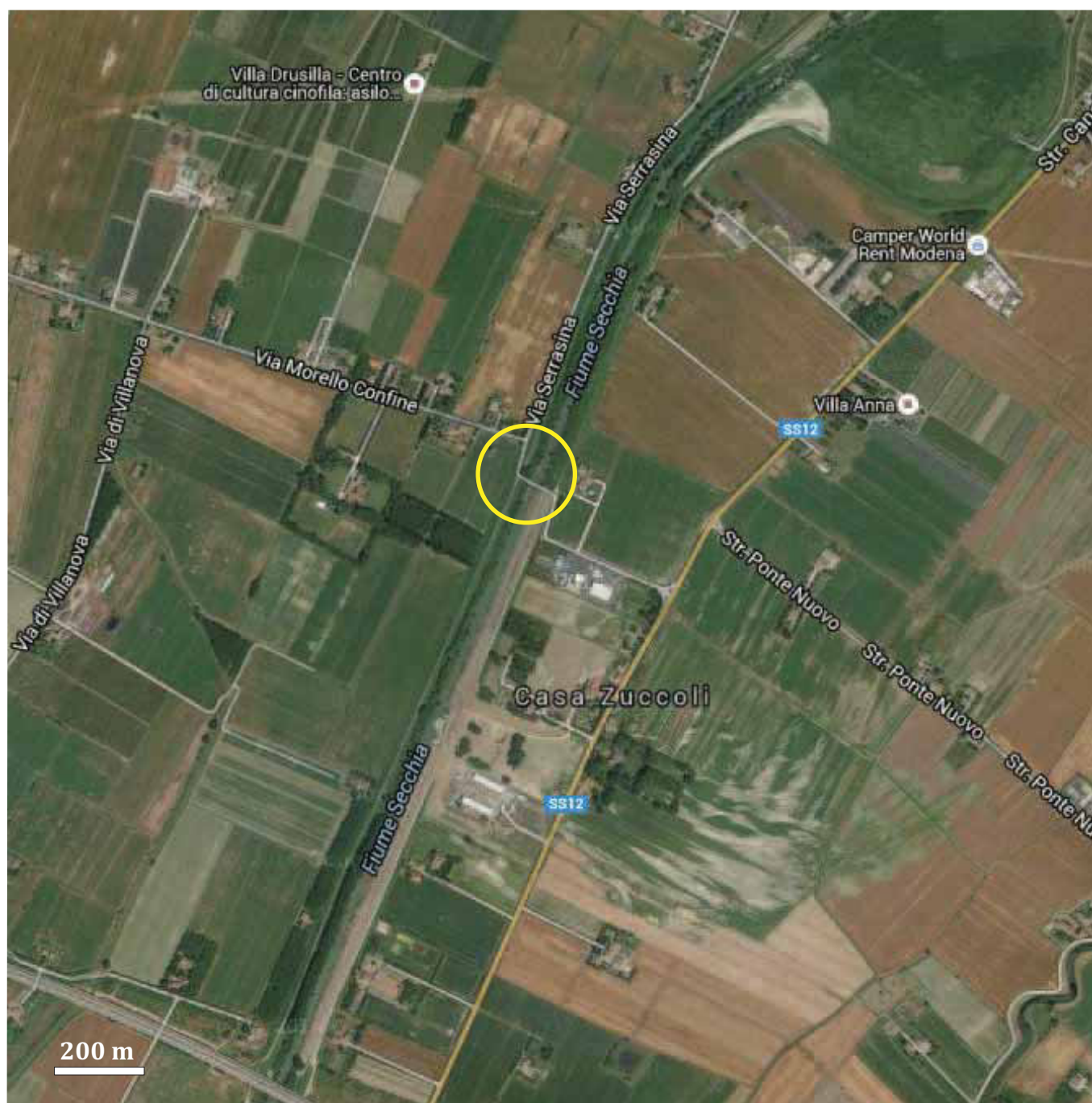


Area di interesse



AES8a - Unità di Modena

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



Tav. n. 5 "Ripresa fotografica generale"

Scala grafica

Legenda



Fabbricato di interesse



COMUNE DI MODENA
COMUNE DI SOLIERA
PROVINCIA DI MODENA

PROGETTAZIONE DEI LAVORI
DI RIFACIMENTO DEL PONTE
DELL'UCCELLINO

UBICAZIONE
INDAGINI GEOGNOSTICHE

COMMITTENTE

Comune di Modena



SCALA
1:800

TAV. n. 6



GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 - 41124 Modena
Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019
p.IVA e C.F. 02981500362 - www.geogroupmodena.it
e-mail: info@geogroupmodena.it

FORMATO DI STAMPA A2

Legenda

Indagini geognostiche

- CPTU
- SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO
- SCPTU
- MASW+REMI
- ERT



COMUNE DI MODENA
COMUNE DI SOLIERA
PROVINCIA DI MODENA

PROGETTAZIONE DEI LAVORI
DI RIFACIMENTO DEL PONTE
DELL'UCCELLINO

SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA

COMMITTENTE

Comune di Modena



SCALA

1:200

TAV. n. 7



GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: Via C. Costa, 182 - 41124 Modena
Sede operativa: Via per Modena, 12 - 41051 Castelnovo Rangone (MO)
Tel. 059-39.677.169 - Fax. 059-53.320.919
p.IVA e C.F. 02361000382 - www.geogroupmodena.it
e-mail: info@geogroupmodena.it

FORMATO DI STAMPA A1

LEGENDA

▼ Dissipazioni (k m/s)

--- Superficie piezometrica

NOME

TERRENO COMPATTO E RIPOERTO (R1)

LIMI ARGILLOSI E LIMI SABBIOSI (L1 ARGINE)

LIVELLO GRANULARE CLASTI NON AUTOTONI (G1)

LIMI SABBIOSI E LIMI ARGILLOSI A SCARSA CONSISTENZA (L2)

SABBIA LIMOSA MEDIANAMENTE ADDENSATA (S1)

SABBIE LIMOSE E LIMI SABBIOSI MEDIANAMENTE ADDENSATI (S2)

ARGILLA A MEDIA SCARSA CONSISTENZA (A1)

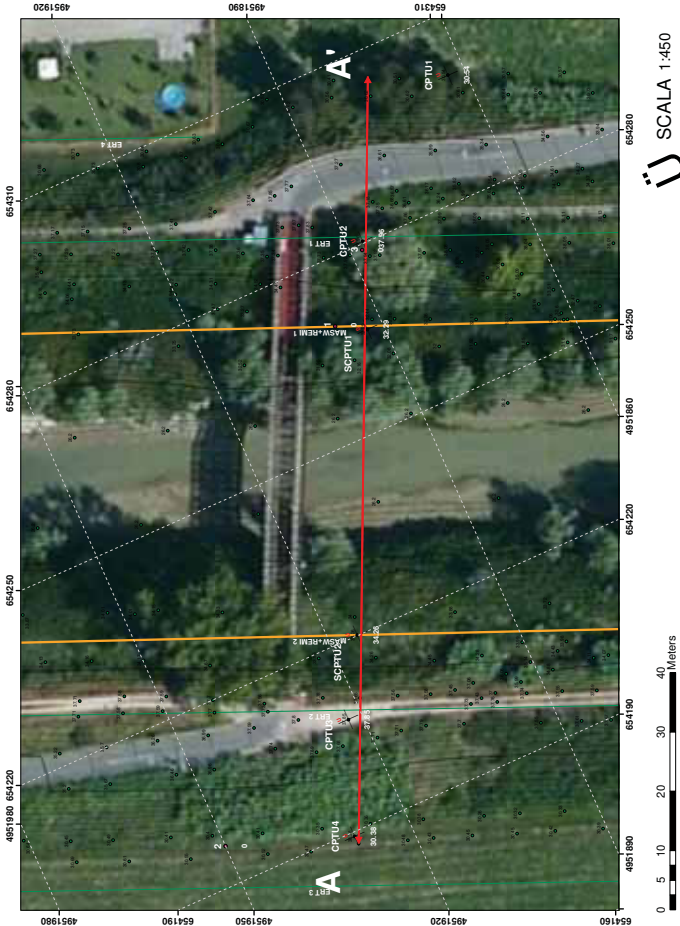
ARGILLA A MEDIA CONSISTENZA NOCCIOLA (A2)

LIMI SABBIOSI E LIMI ARGILLOSI A MEDIA CONSISTENZA/MEDIO ADDENSAMENTO (L3)

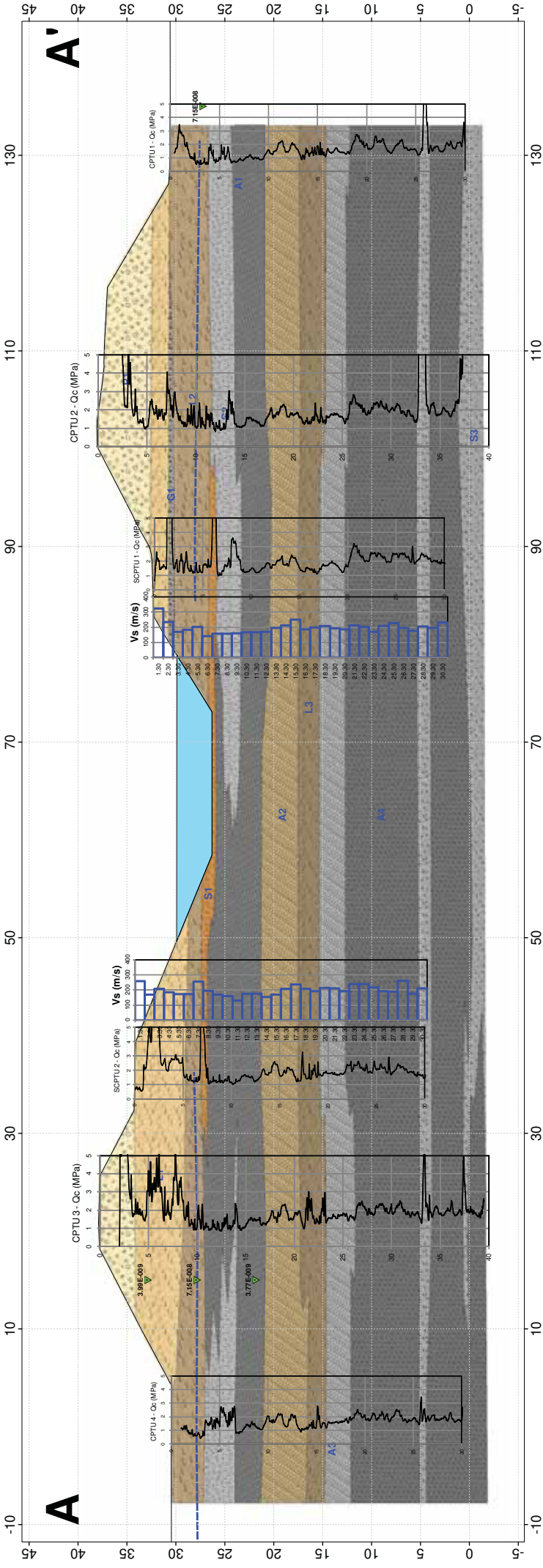
ARGILLA A MEDIA CONSISTENZA GRIGIA (A3)

ARGILLA CONSISTENTE (A4)

SABBIA LIMOSA MEDIANAMENTE ADDENSATA (S3)



Ü SCALA 1:450



**GEO GROUP s.r.l.**

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it

ALLEGATO N° 1***Stratigrafie dei sondaggi a
carotaggio continuo***

Committente: Comune di Modena	Sondaggio: S1
Riferimento: Ponte dell'Uccellino - Destra idrografica	Data: 13/04/2016
Coordinate:	Quota: 32.00 m s.l.m.
Perforazione: Sondaggio a carotaggio continuo eseguito con Sonda ELETTARI	

SCALA 1 :150

STRATIGRAFIA DI SONDAGGIO - S1

Pagina 1/1

metri	A	RP	VT	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	Campioni	DATI TECNICI
1	1.3	0.13					Limo argilloso e argilla limosa debolmente sabbiosa di colore marrone e striature ocre.		
2	0.9	0.2							
3	0.7	0.2							
4	1.0	0.04							
5	1.4	0.05							
6	1.2	0.05			1.90	1.90			
7					2.30	0.40	Livello granulare in matrice limo-argillosa costituito da ciottoli eterometrici non autoctoni (frammenti di litotipi cristallini)		
8	1.0	0.1					Limo sabbioso debolmente argilloso a scarsa consistenza/scarso addensamento di colore marrone	C1) Shec	4.40 4.90
9	1.1	0.12							
10	0.9	0.2							
11	0.9	0.2							
12					5.60	3.30	Sabbia debolmente limosa di colore nocciola da media a grossolana, con gradazione dei granuli disposta secondo progradazione finning upward		
13					6.30	0.70			
14					6.90	0.60	Limi sabbiosi o sabbia limosa fini di colore grigio	C2b) She	7.40 7.90
15							Sabbie da fini a medie di colore grigio		
16									
17					9.10	2.20	Argilla grigia mediamente consistente con intercalazioni decimetriche di sabbia fine a -10.30,-10.80,11.20 m da p.c.		
18	1.7	0.7							
19	1.2	0.8							
20	1.4	0.4							
21	1.6	0.5							
22	0.8	0.2							
23	2.5	0.9							
24	0.6	0.3							
25	1.1	0.3							
26	3.20	0.9							
27	2.8	0.1							
28	1.5	0.7							
29	2.3	0.5			13.20	4.10	Argilla nocciola consistente con rare inclusioni fossilifere	C3b) She	13.40 14.00
30	3.8	1.2							
31									
32	3.3	1							
33	2.8	1.2							
34	2.5	1.2							
35	1.9	0.9			15.30	2.10	Limi sabbiosi e limi argillosi di colore marrone/nocciola con livelli argillosi decimetrici		
36	1	0.4							
37	0.6	0.4							
38	0.6	0.3							
39					18.00	2.70	Argilla debolmente-limosa grigia/marrone compatta con tracce di ossidazione	C4b) She	19.00 19.50
40	2.6	1.2							
41	2	0.9							
42	3.6	1							
43					21.20	3.20	Argilla grigio-scuro con tracce di ossidazione da compatta a molto compatta		
44	1.4	0.55							
45	2	1.1							
46	2.5	1.2			22.30	1.10	Argilla grigio-nocciola con tracce di ossidazione molto compatta		
47	4.2	1.6							
48	3.8	2							
49	3	1.4							
50	2.6	1.6			24.10	1.80	Argilla grigia con orizzonti più scuri, compatta e molto compatta, con tracce di materia organica	C5b) She	24.90 25.30
51									
52	2.6	0.8							
53	4	1.6							
54	1.9	1.1			26.80	2.70	Limo sabbioso grigio addensato/compatto		
55	1.1				27.30	0.50	Sabbia limosa fine grigia da poco addensata a med-addensata		
56					28.10	0.80	Argilla compatta e molto compatta di colore grigio/nocciola		
57	3.6	1.8							
58	1.6	1.1							
59	2.3	1.2			30.00	1.90			

Committente: Comune di Modena	Sondaggio: S2
Riferimento: Ponte dell'Uccellino - Sinistra idrografica	Data: 12/04/2016
Coordinate:	Quota: 30.50 m s.l.m.
Perforazione: Sondaggio a carotaggio continuo eseguito con Sonda ELETTARI	

SCALA 1 :150

STRATIGRAFIA DI SONDAGGIO - S2

Pagina 1/1

metri	A	RP	VT	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	Campioni	DATI TECNICI
1		5.2 0.9	0.5 0.3				Limo argilloso e argilla limosa debolmente sabbiosa di colore marrone e striature oca.		
2		0.3 0.4	0.12 0.1						
3		0.3 0.3	0.08 0.08		3.20	3.20		C6) Shec	2.50 3.00
4					4.60	1.40	Sabbia debolmente limosa di colore marrone da poco addensata a sciolta di colore marrone con striature rosse		
5							Sabbia debolmente limosa di colore grigio mediamente addensata intercalata a livelli di argilla grigia	C7) Shec	5.00 5.50
6									
7	1		0.2		6.90	2.30			
8	0.5 1.2 1.5		0.6 0.9				Argilla grigia consistente con rari livelletti sabbiosi e patine di ossidazione	C8) Shec	8.00 8.50
9	1.4 2.20 1.5		0.4 0.8 0.7						
10					10.00	3.10			

Committente: Comune di Modena	Sondaggio: S3
Riferimento: Ponte dell'Uccellino - Sinistra idrografica	Data: 21/04/2016
Coordinate:	Quota: 37.96 m s.l.m.
Perforazione: Sondaggio a carotaggio continuo eseguito con Sonda ELETTARI	

SCALA 1:150

STRATIGRAFIA DI SONDAGGIO - S3

Pagina 1/1

metri	RP	VT	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	Campioni	DATI TECNICI
1				1.70	1.70	Terreni di riporto composti da clasti di ghiaia in matrice argillosa/limosa	C9) She < 3.40 3.90	
2				2.10	0.40	Argille limose e limi argillosi debolmente sabbiosi/e compatti anidri di riporto		
3	2.9	1.3		2.50	0.40	Terreni di riporto composti da clasti di ghiaia in matrice argillosa/limosa		
4	3.5	1.6				Argille limose e limi argillosi debolmente sabbiosi/e compatti anidri di riporto		
5	2.8 3.4 3.3	1.2 1.8 1.9		5.00	2.50			

SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO S1

ALLEGATO FOTOGRAFICO

INFORMAZIONI GENERALI

Cantiere: **Modena, Ponte dell'Uccellino**

Data inizio perforazione: **13/04/2016**

Data fine perforazione: **14/04/2016**

Strumentazione utilizzata: **PERFORATRICE IDRAULICA ELLETARI**

Carotiere: **T1 ($\Phi = 101$ mm)**

Rivestimento: **$\Phi = 127$ mm**

Profondità raggiunta: **30.00 m da p.c.**

RIPRESA FOTOGRAFICA DEL PUNTO DI PERFORAZIONE



GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it



Sondaggio: **S1**
Cassetta: **0.00 m – 5.00 m**



Sondaggio: **S1**
Cassetta: **5.00 m – 10.00 m**



GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019
p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogrouppmodena.it - e-mail: info@geogrouppmodena.it



Sondaggio: **S1**
Cassetta: **10.00 m – 15.00 m**



Sondaggio: **S1**
Cassetta: **15.00 m – 20.00 m**



GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

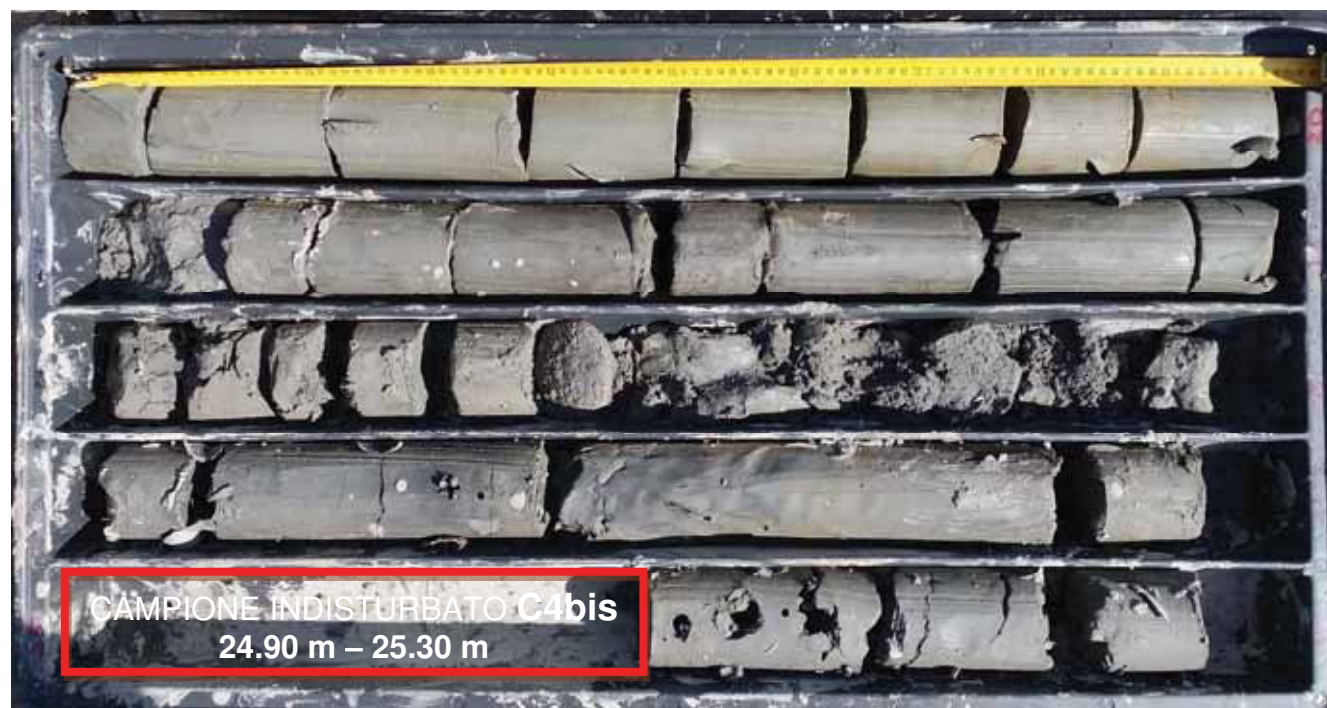
p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it



Sondaggio: S1
Cassetta: 20.00 m – 25.00 m



Sondaggio: S1
Cassetta: 25.00 m – 30.00 m



GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuevo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it



SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO S2

ALLEGATO FOTOGRAFICO

INFORMAZIONI GENERALI

Cantiere: **Modena, Ponte dell'Uccellino**

Data inizio perforazione: **12/04/2016**

Data fine perforazione: **12/04/2016**

Strumentazione utilizzata: **PERFORATRICE IDRAULICA ELLETARI**

Carotiere: **T1 ($\Phi = 101$ mm)**

Rivestimento: **$\Phi = 127$ mm**

Profondità raggiunta: **10.00 m da p.c.**

RIPRESA FOTOGRAFICA DEL PUNTO DI PERFORAZIONE



Sondaggio: **S2**

GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it



Cassetta: 0.00 m – 5.00 m



Sondaggio: S2

Cassetta: 5.00 m – 10.00 m



GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuevo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it



SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO S3

ALLEGATO FOTOGRAFICO

INFORMAZIONI GENERALI

Cantiere: **Modena, Ponte dell'Uccellino**

Data inizio perforazione: **12/04/2016**

Data fine perforazione: **12/04/2016**

Strumentazione utilizzata: **PERFORATRICE IDRAULICA ELLETARI**

Carotiere: **T1 ($\Phi = 101$ mm)**

Rivestimento: **$\Phi = 127$ mm**

Profondità raggiunta: **10.00 m da p.c.**

RIPRESA FOTOGRAFICA DEL PUNTO DI PERFORAZIONE



GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it



Sondaggio: **S3**
Cassetta: **0.00 m – 5.00 m**



GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it



**GEO GROUP s.r.l.**

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

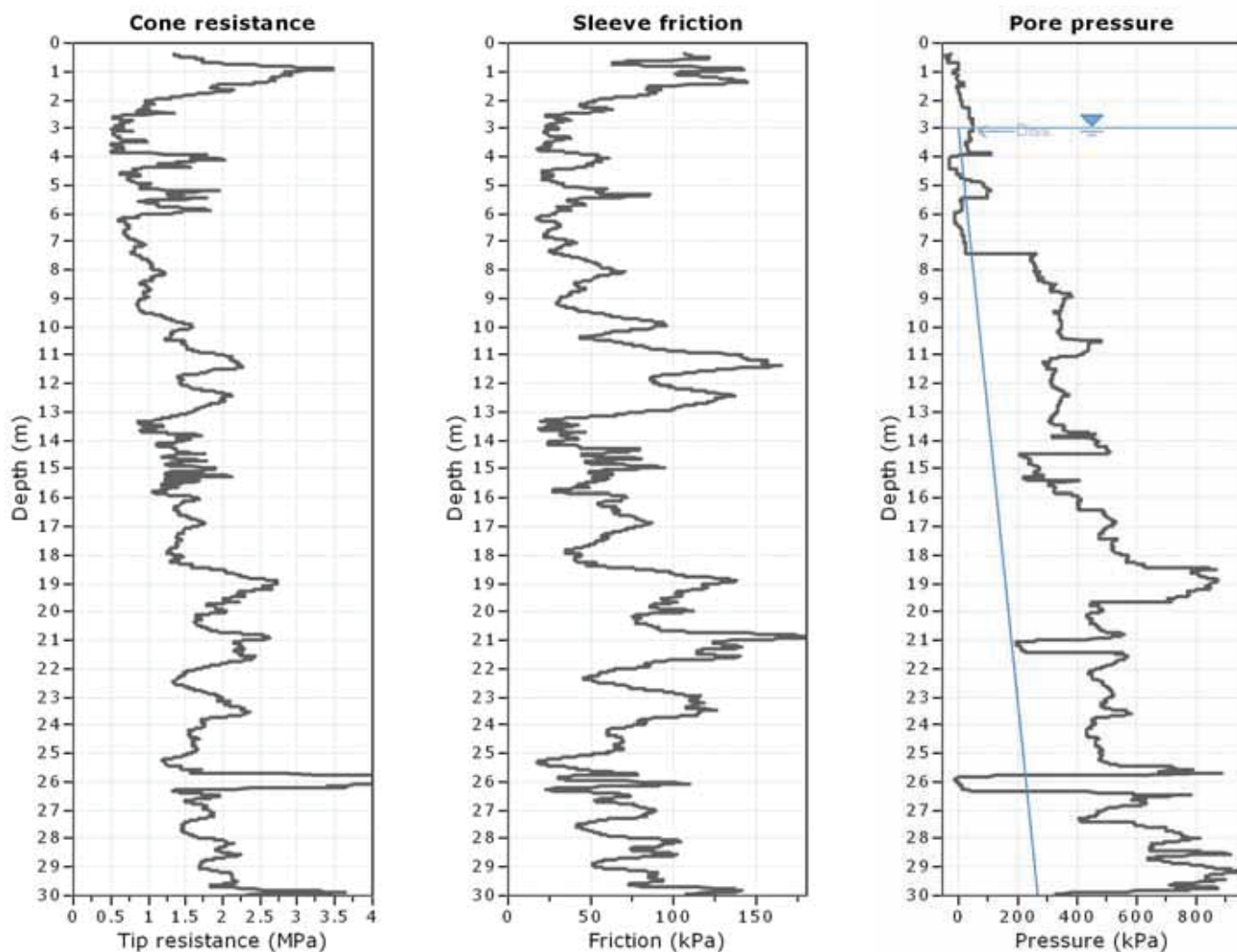
p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it

ALLEGATO N° 2***Prove penetrometriche statiche
CPTU***

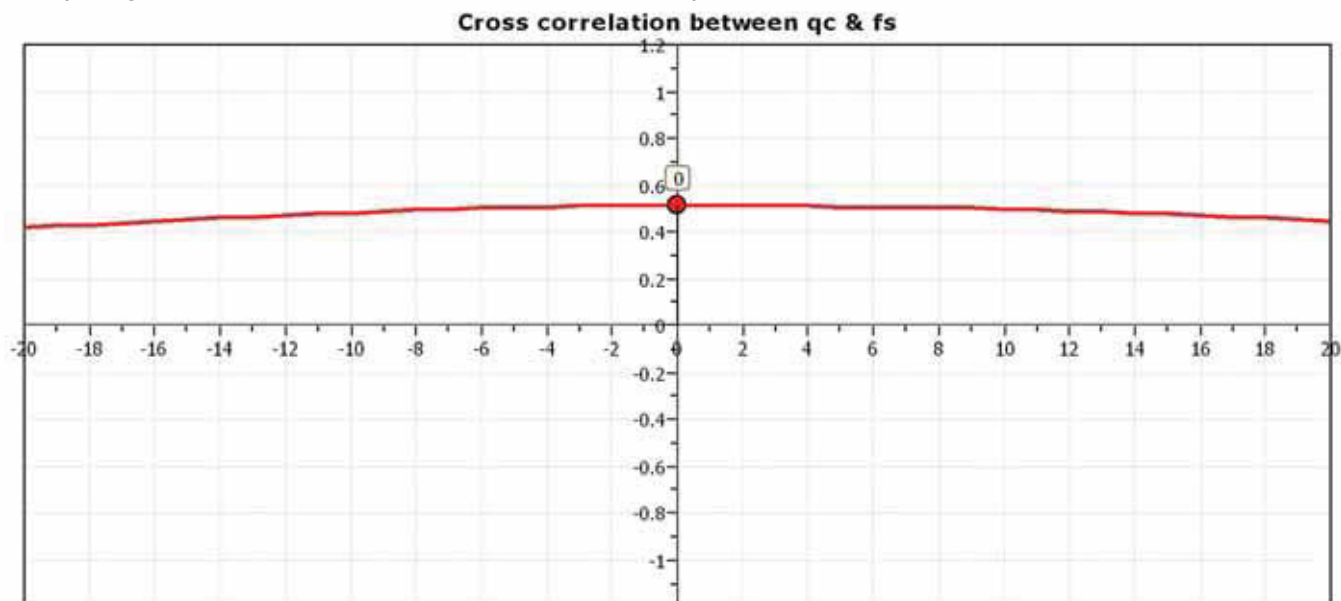


Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccelino

CPT: CPTU 1
Total depth: 30.01 m
Surface Elevation: 30.54 m

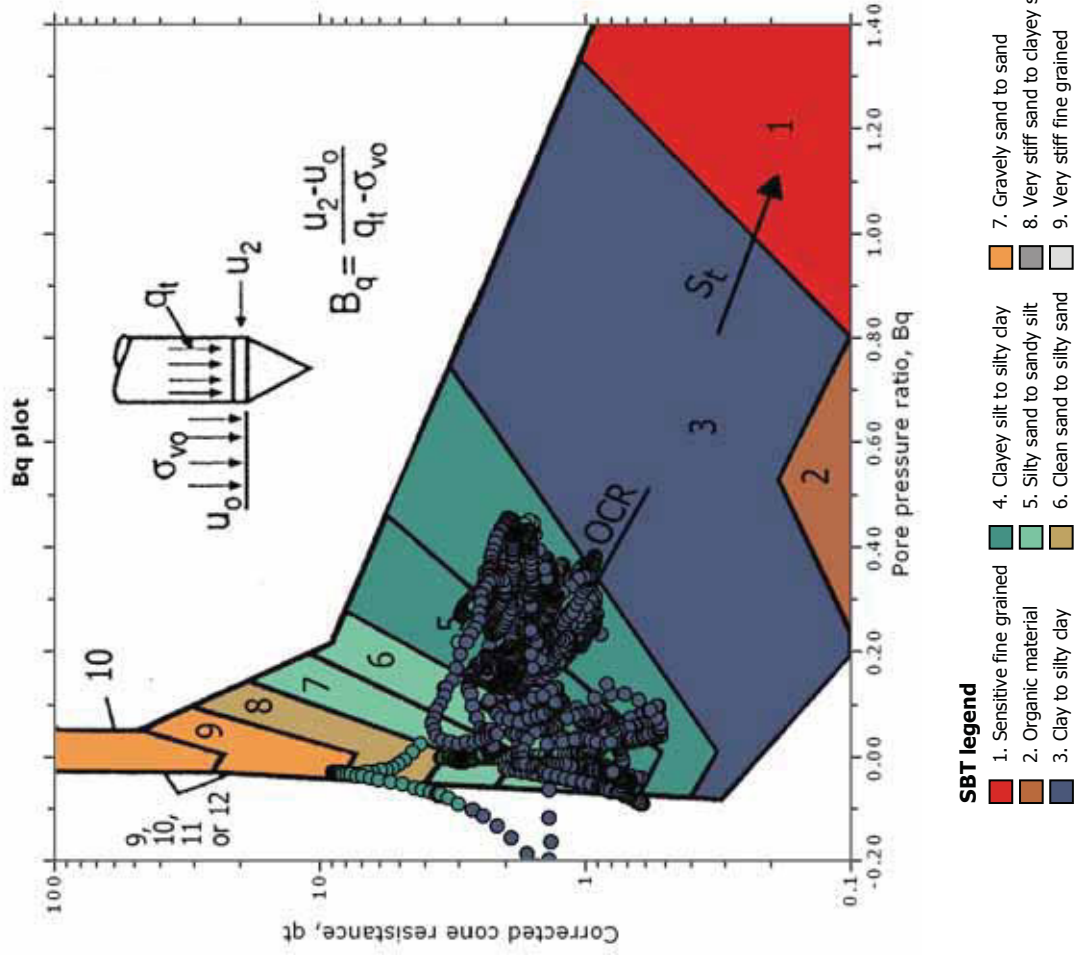
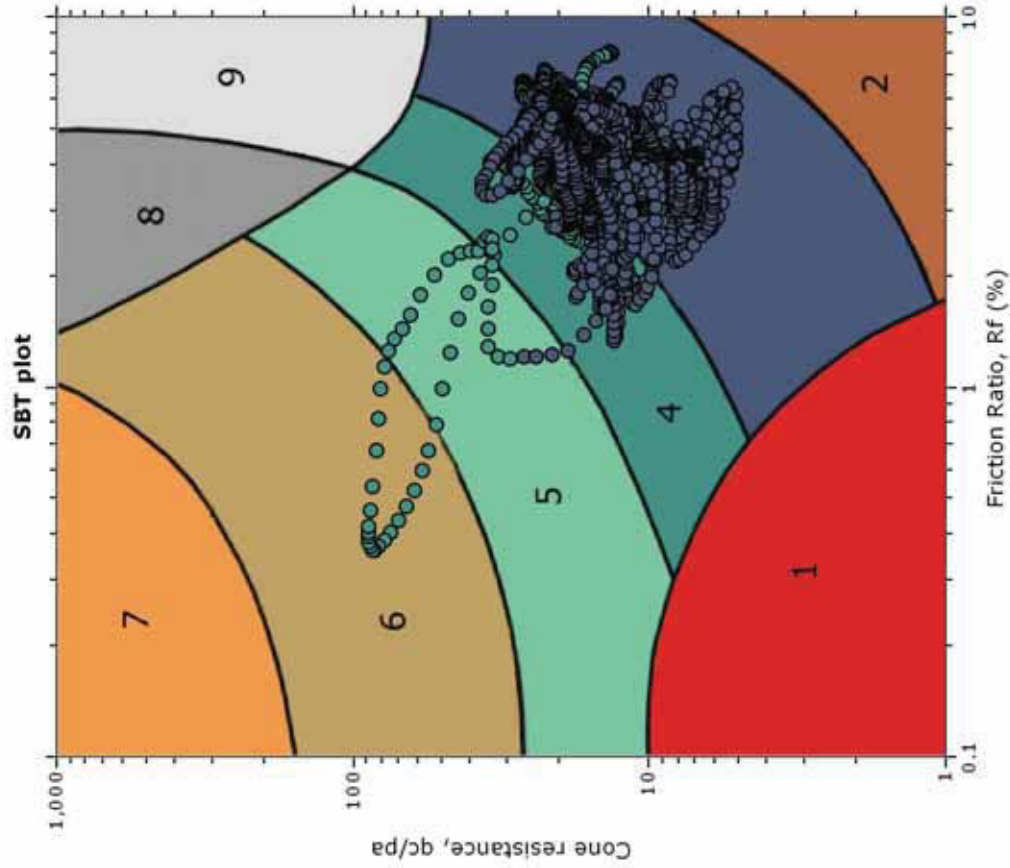


The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw q_c and f_s values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).



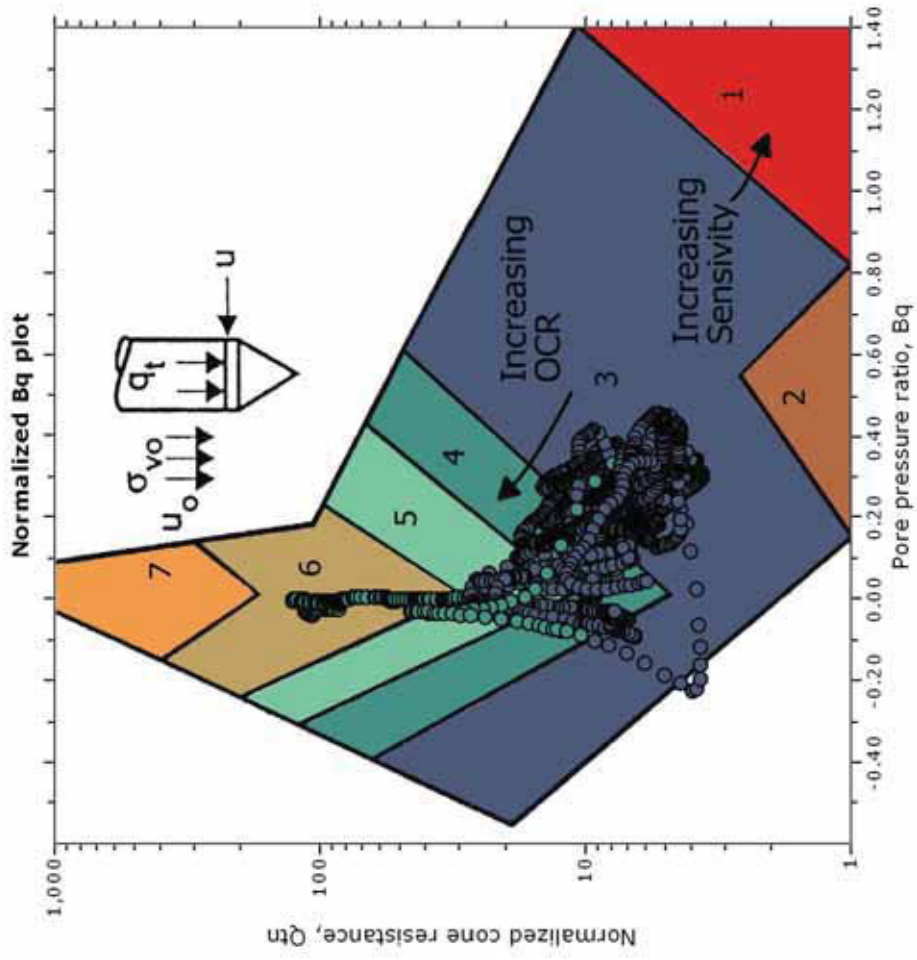
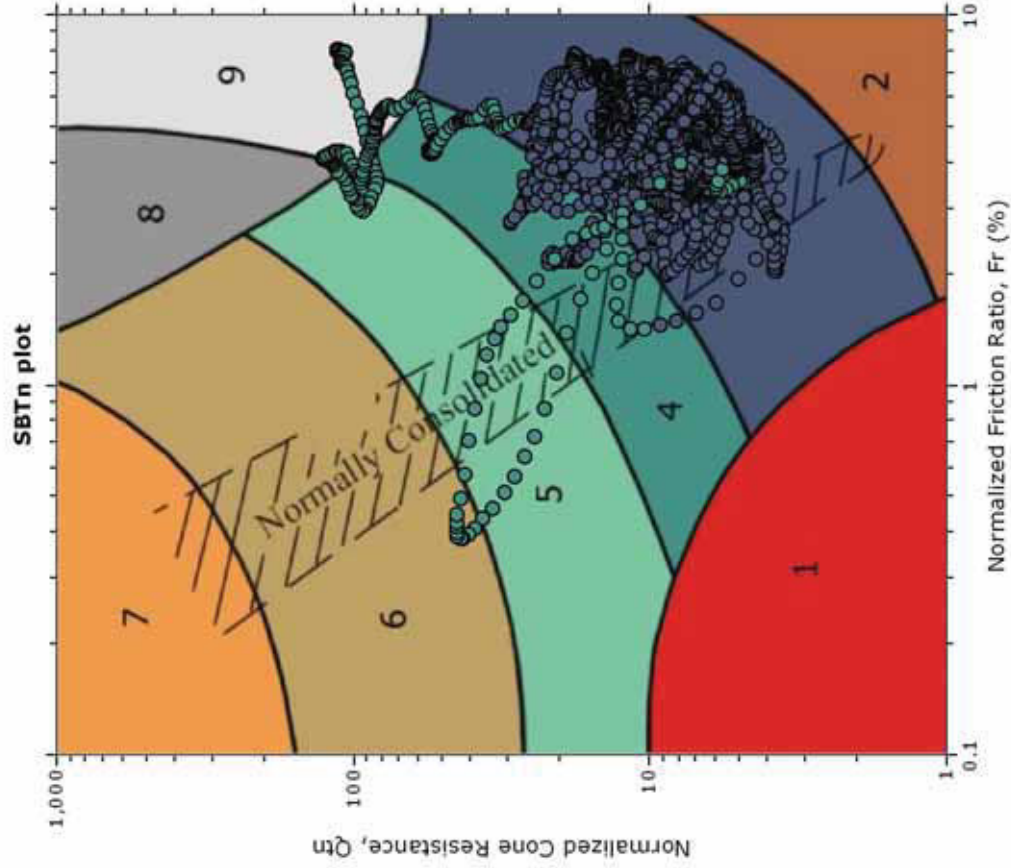


SBT - Bq plots





SBT - Bq plots (normalized)



SBTn legend

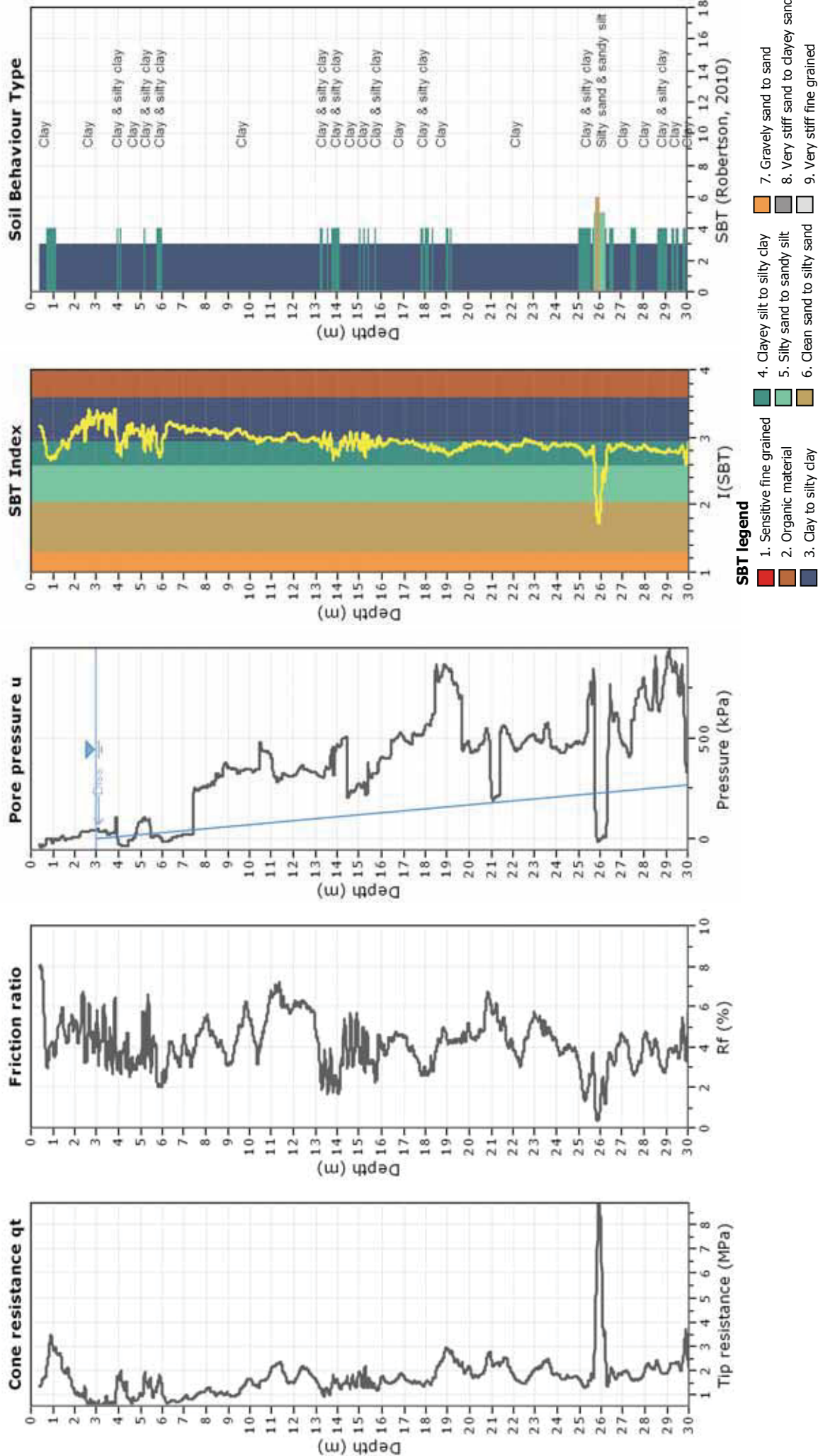
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty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



GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino

CPT: CPTU 1
Total depth: 30.01 m
Surface Elevation: 30.54 m

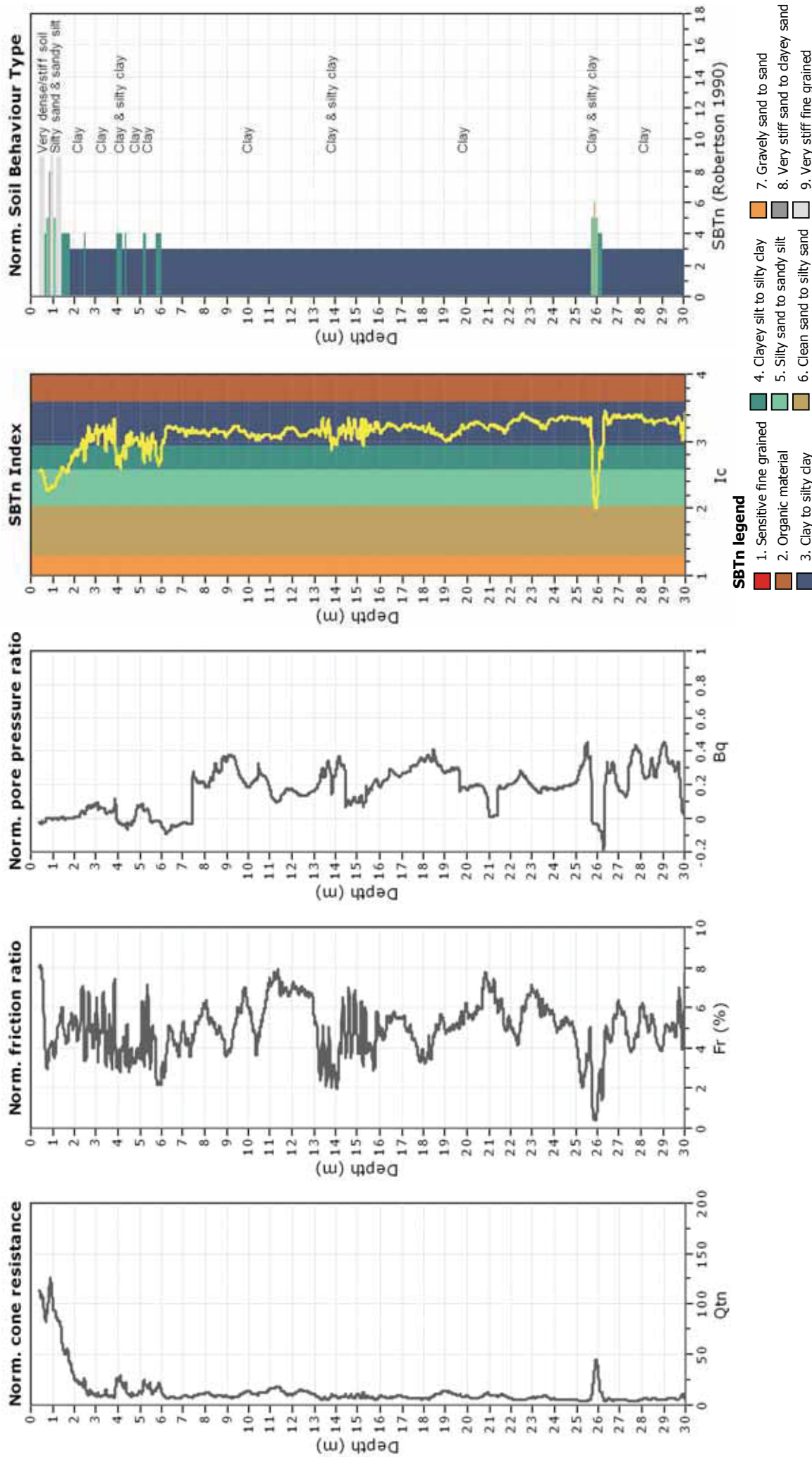




GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino

CPT: CPTU 1
Total depth: 30.01 m, Date: 14/01/2016
Surface Elevation: 30.54 m

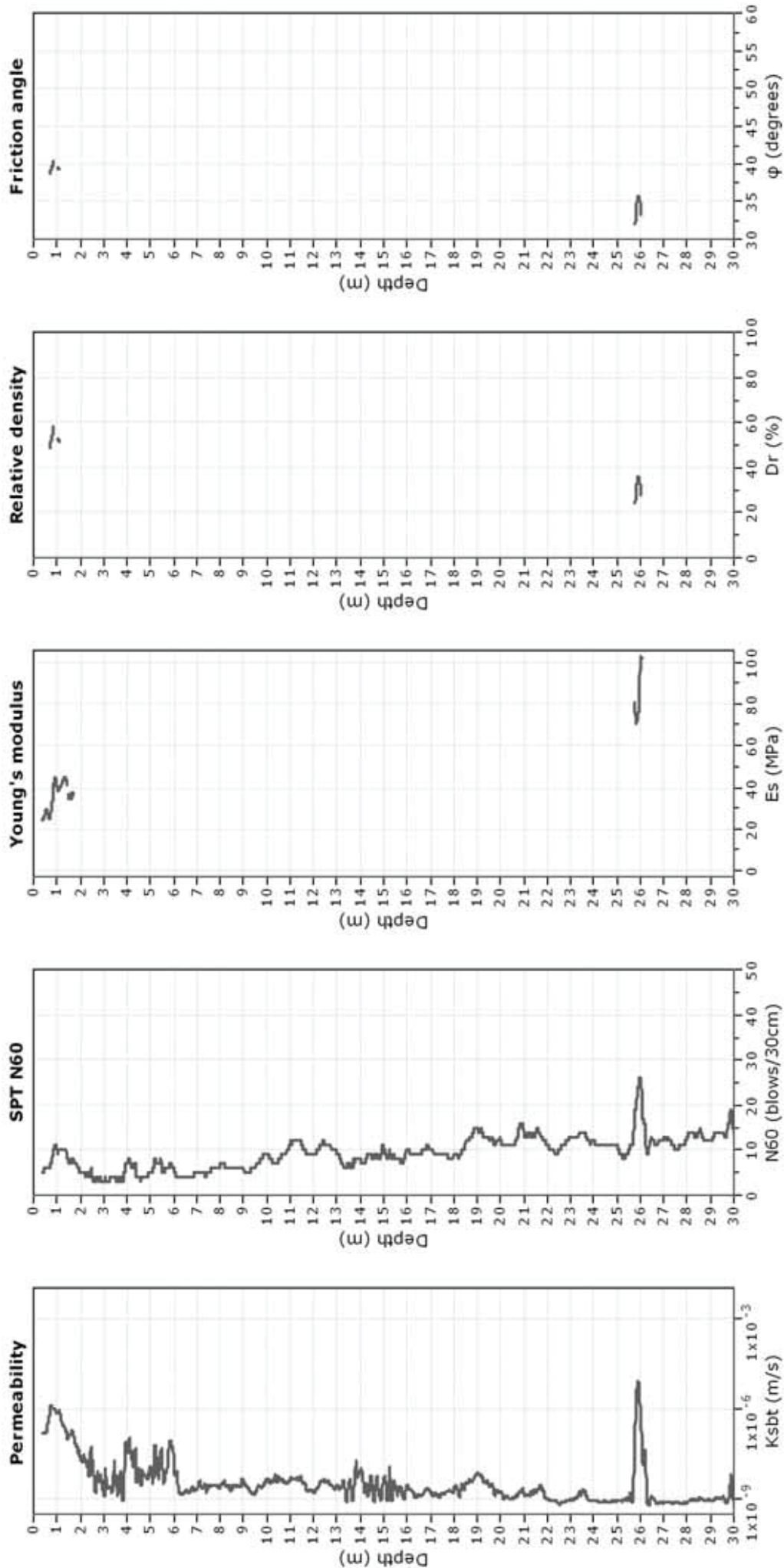




GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

CPT: CPTU 1
Total depth: 30.01 m
Surface Elevation: 30.54 m

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino



Calculation parameters

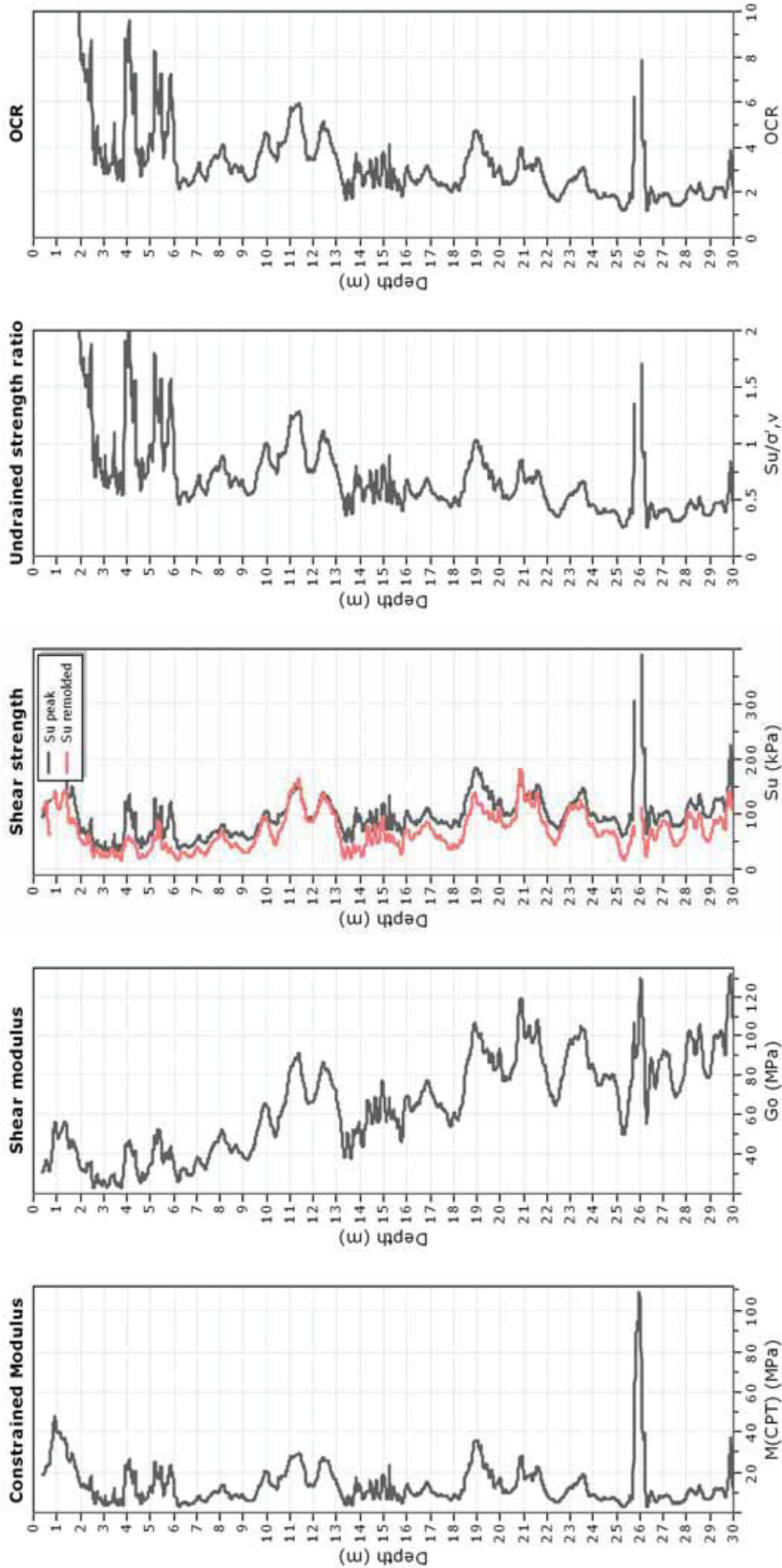
Permeability: Based on SBT_n
SPT N_{60} : Based on I_c and q_t
Young's modulus: Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)
Relative density constant, C_{Dr} : 350.0
Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)
—●— User defined estimation data



GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

CPT: CPTU 1
Total depth: 30.01 m
Surface Elevation: 30.54 m

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable $\alpha/\rho\alpha$ using I_r and Q_{m1} (Robertson, 2009)

Go: Based on variable $\alpha/\rho\alpha$ using I_r (Robertson, 2009)

Undrained shear strength cone factor for clays, $N_{k,c}$: 14

OCR factor for clays, $N_{k,c}$: 0.33

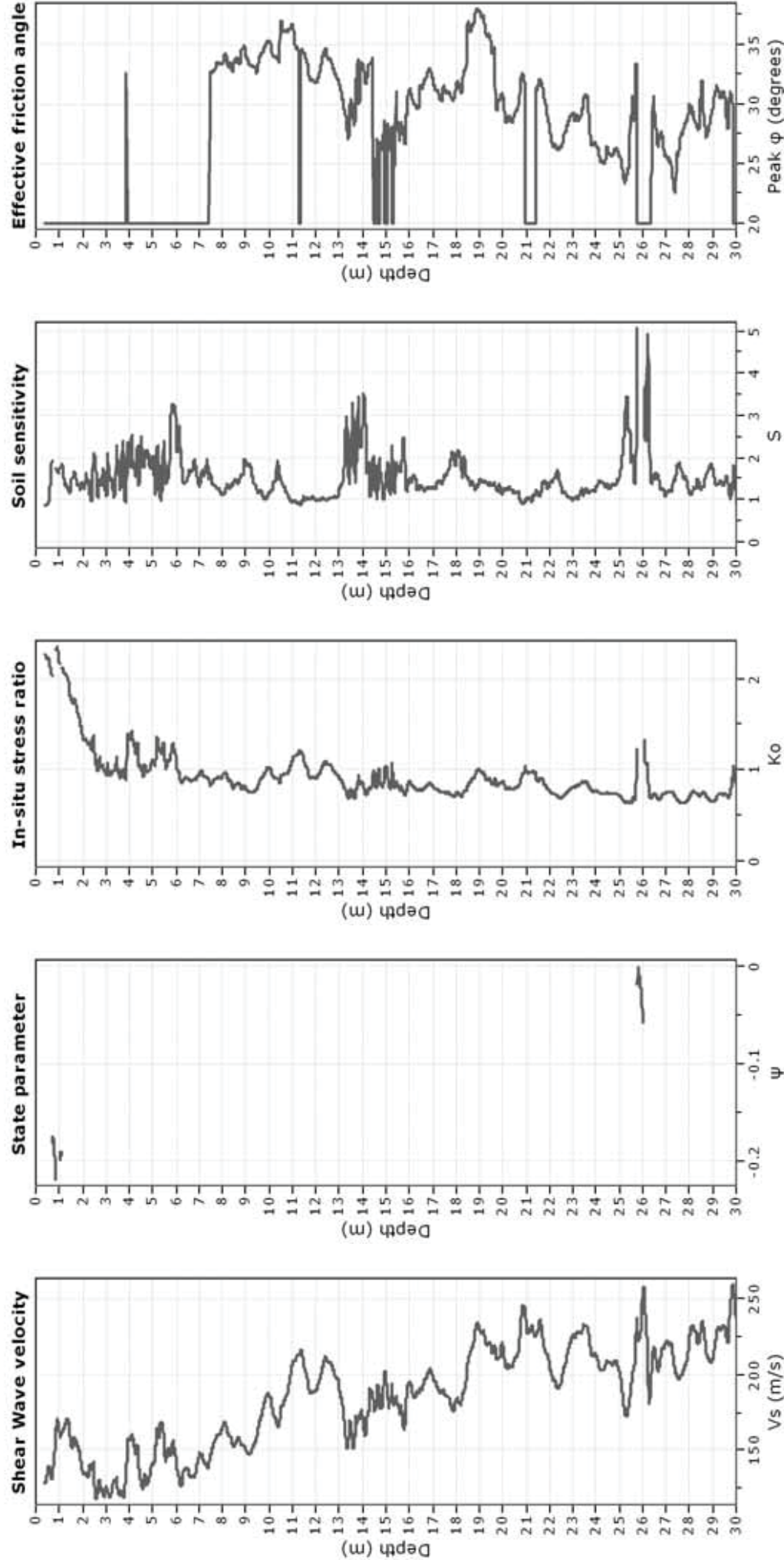
—●— User defined estimation data



GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

CPT: CPTU 1
Total depth: 30.01 m
Surface Elevation: 30.54 m

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino



Calculation parameters

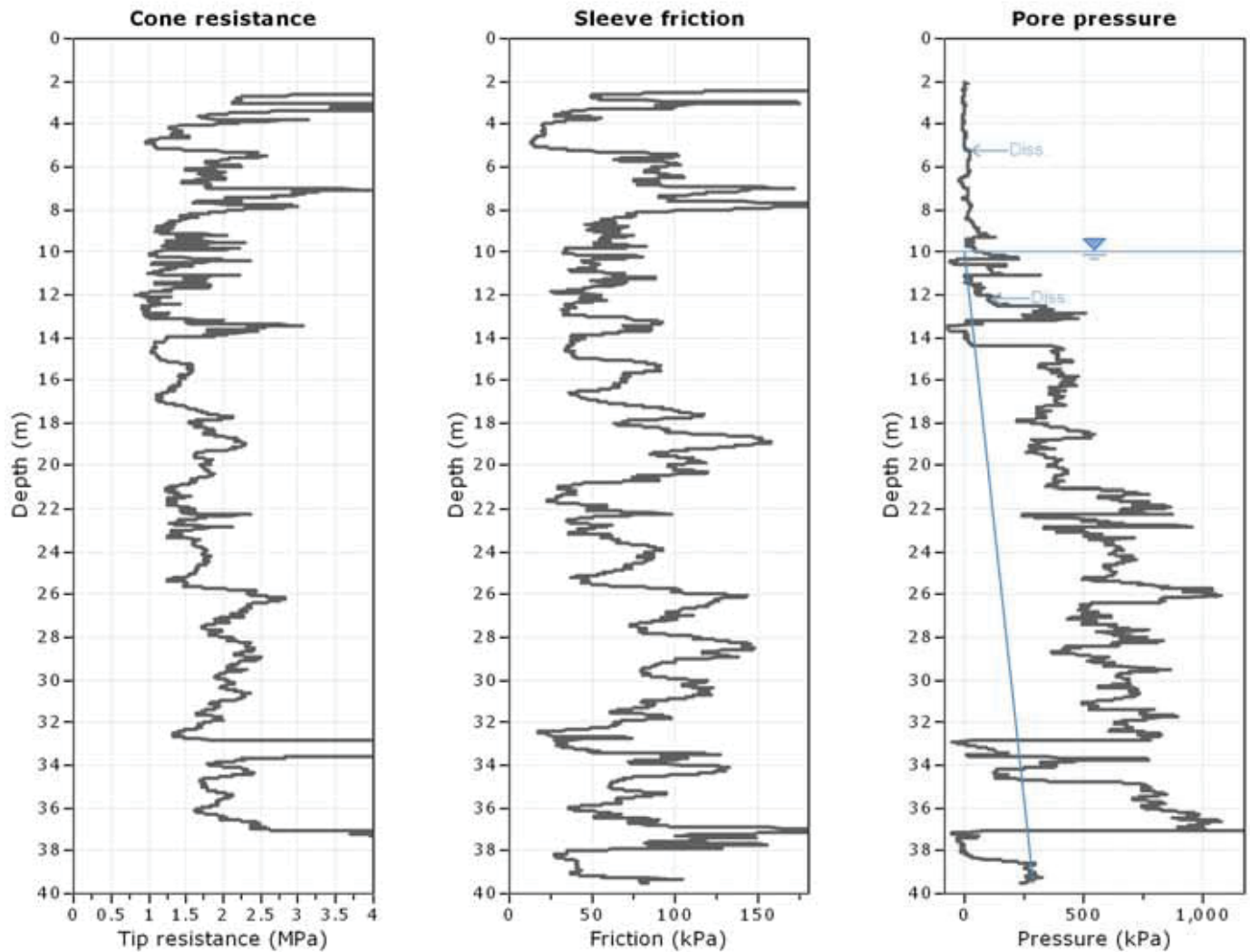
Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

—●— User defined estimation data

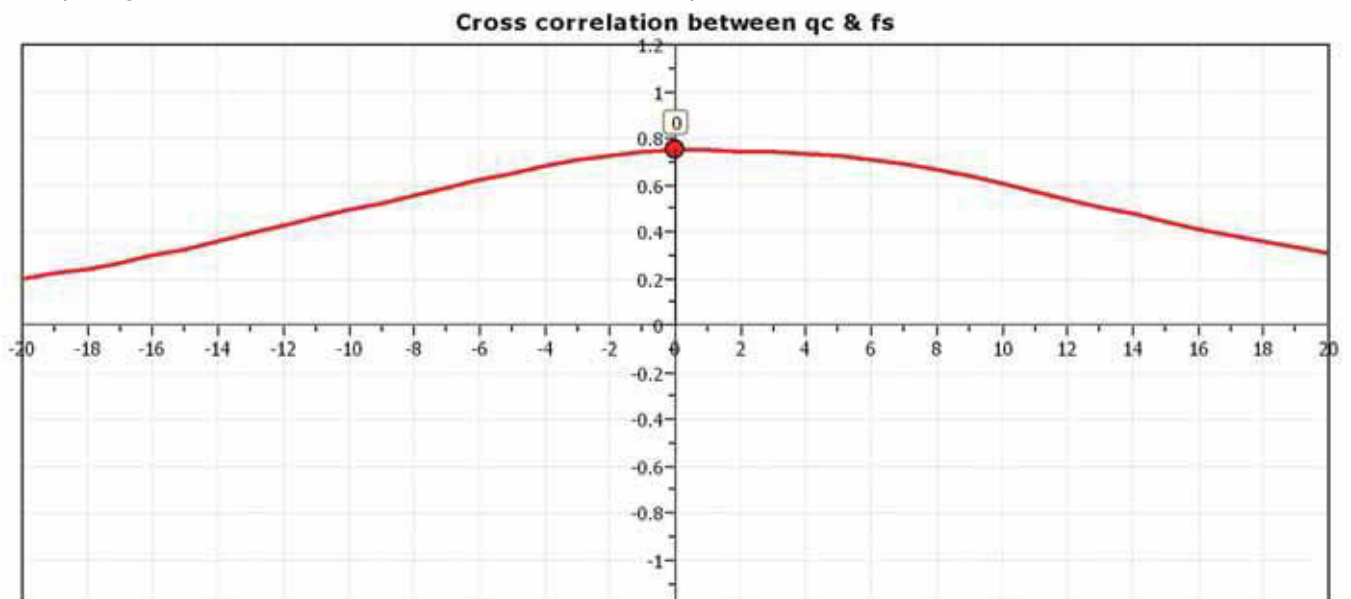


Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccelino

CPT: CPTU 2
Total depth: 39.53 m
Surface Elevation: 37.96 m



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).



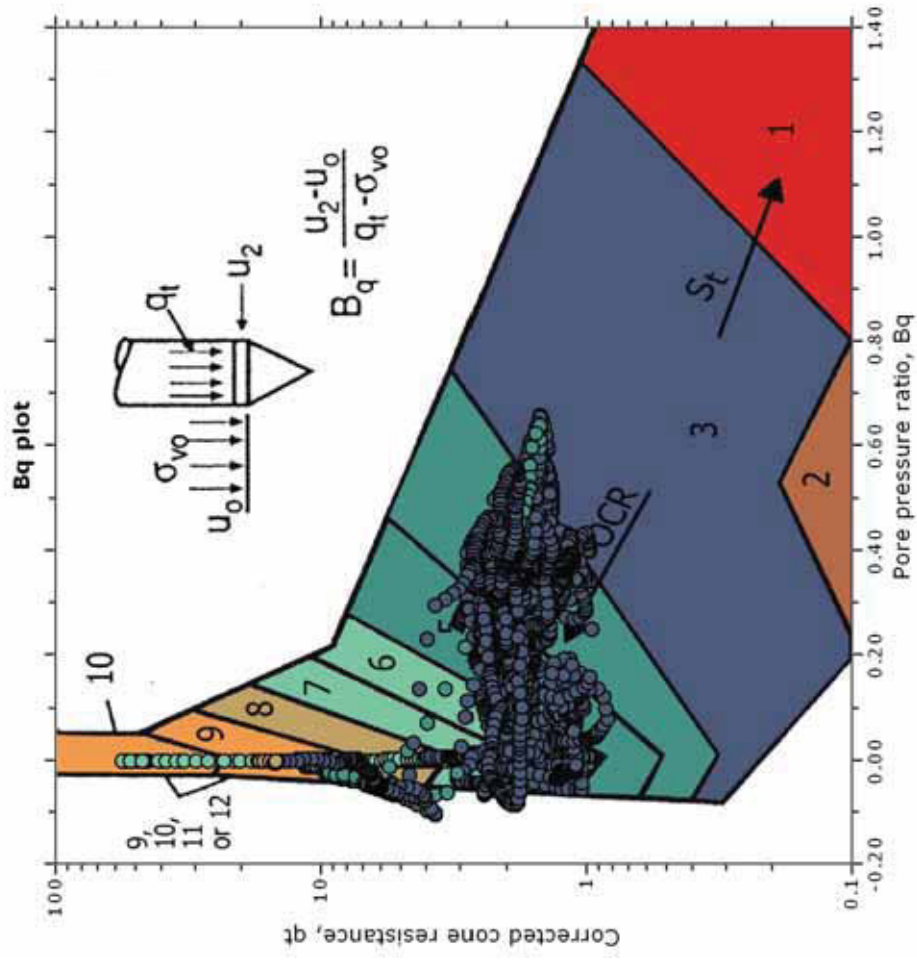
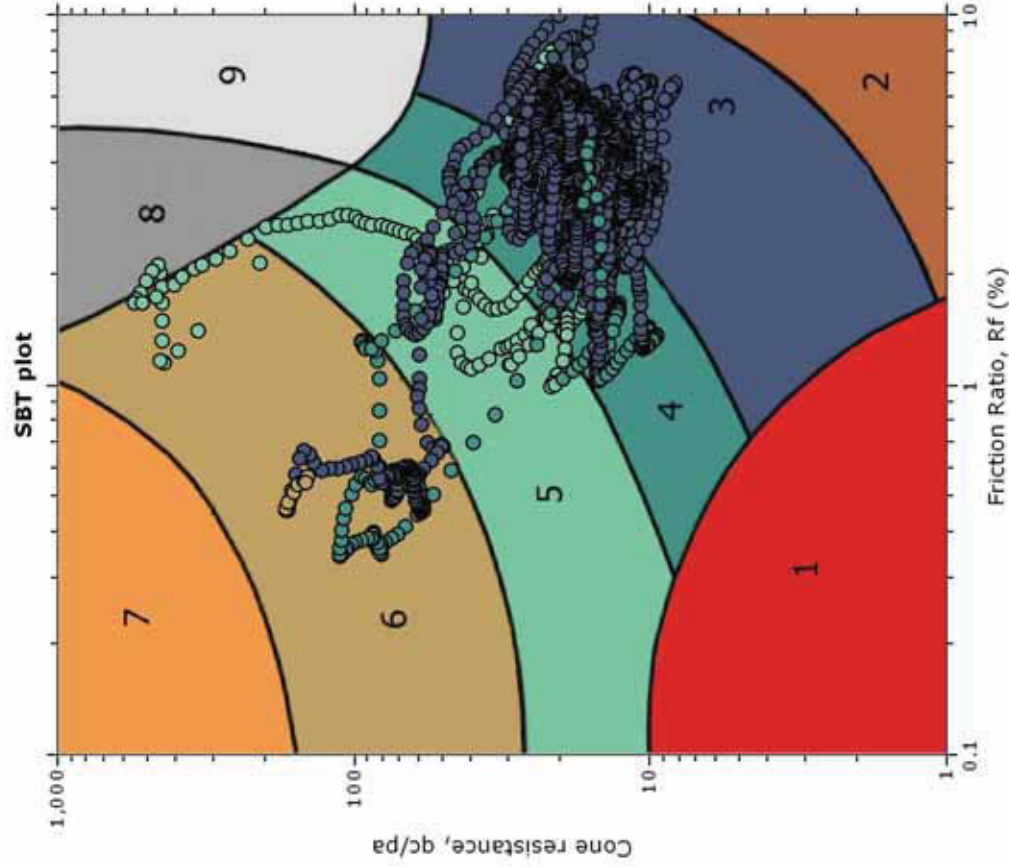


GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino

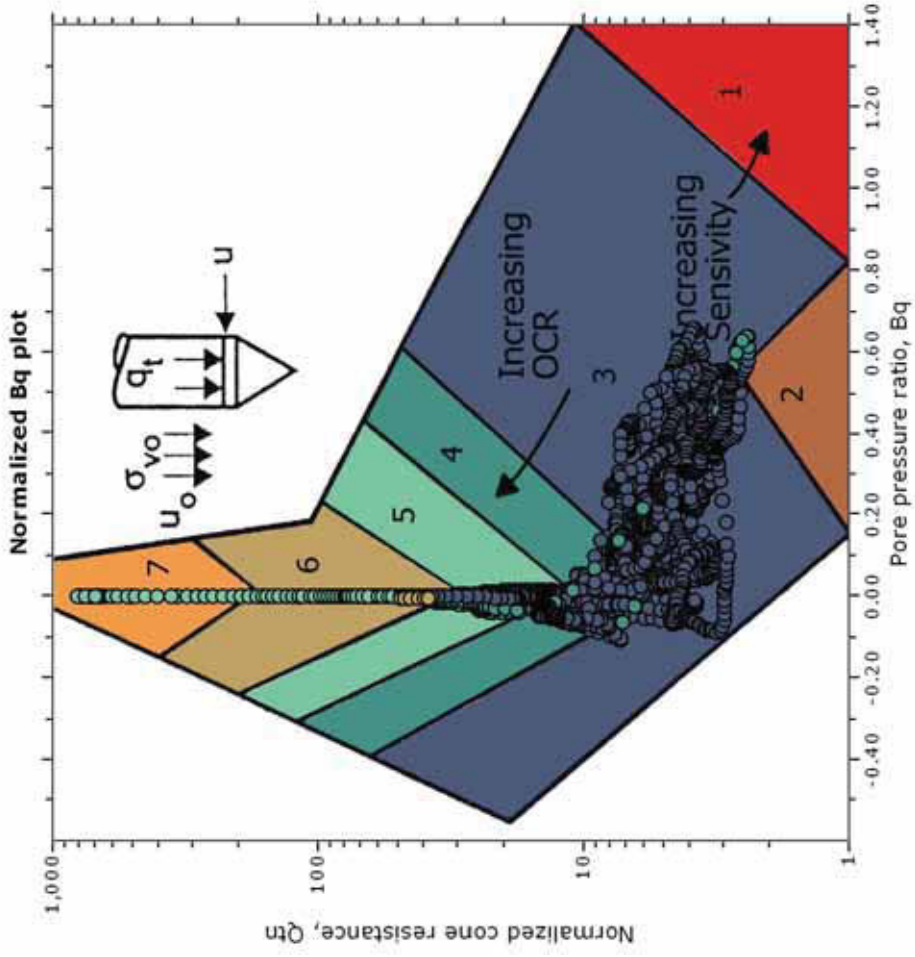
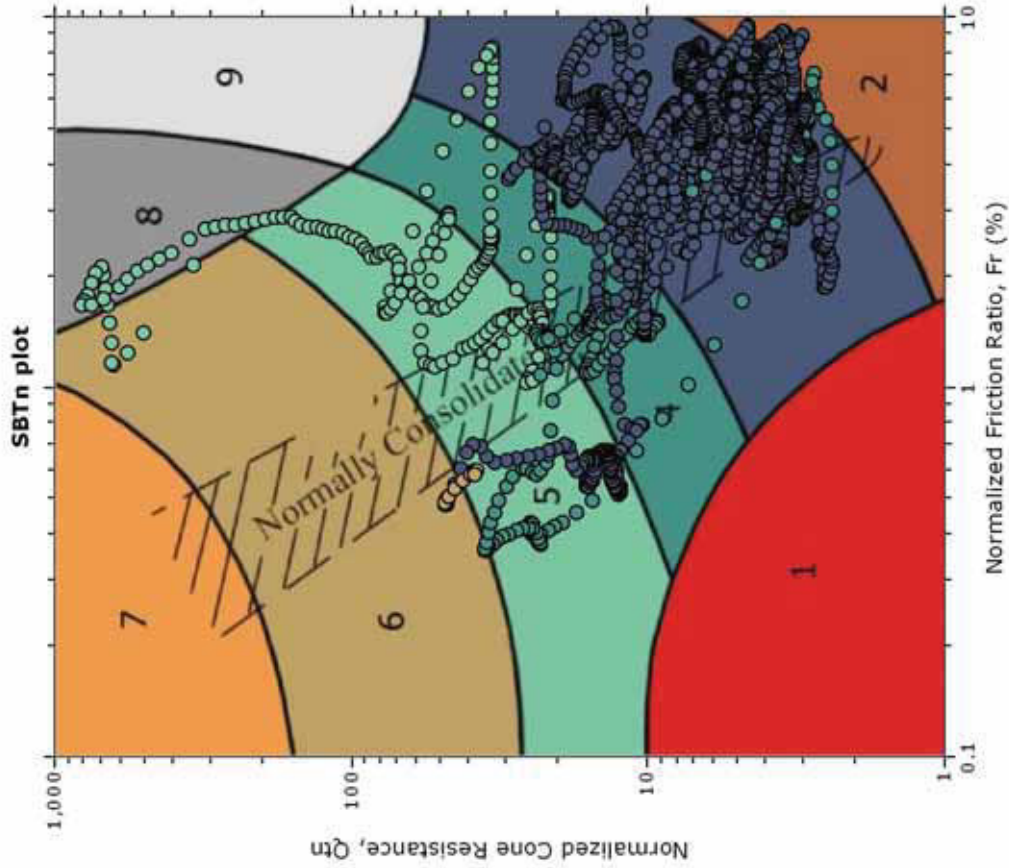
CPT: CPTU 2
Total depth: 39.53 m
Surface Elevation: 37.96 m

SBT - Bq plots





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 |

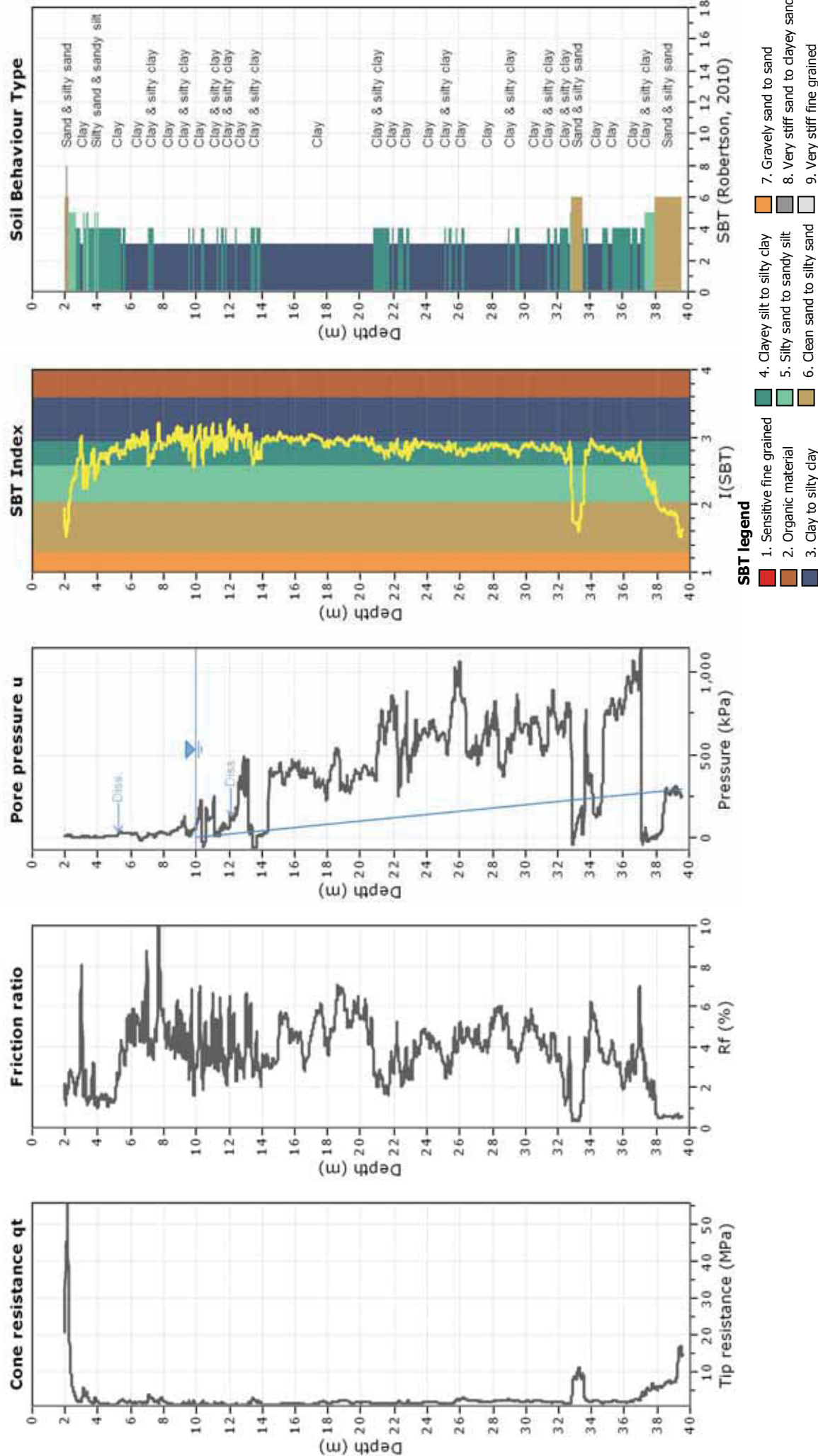


GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

CPT: CPTU 2

Total depth: 39.53 m
Surface Elevation: 37.96 m

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino



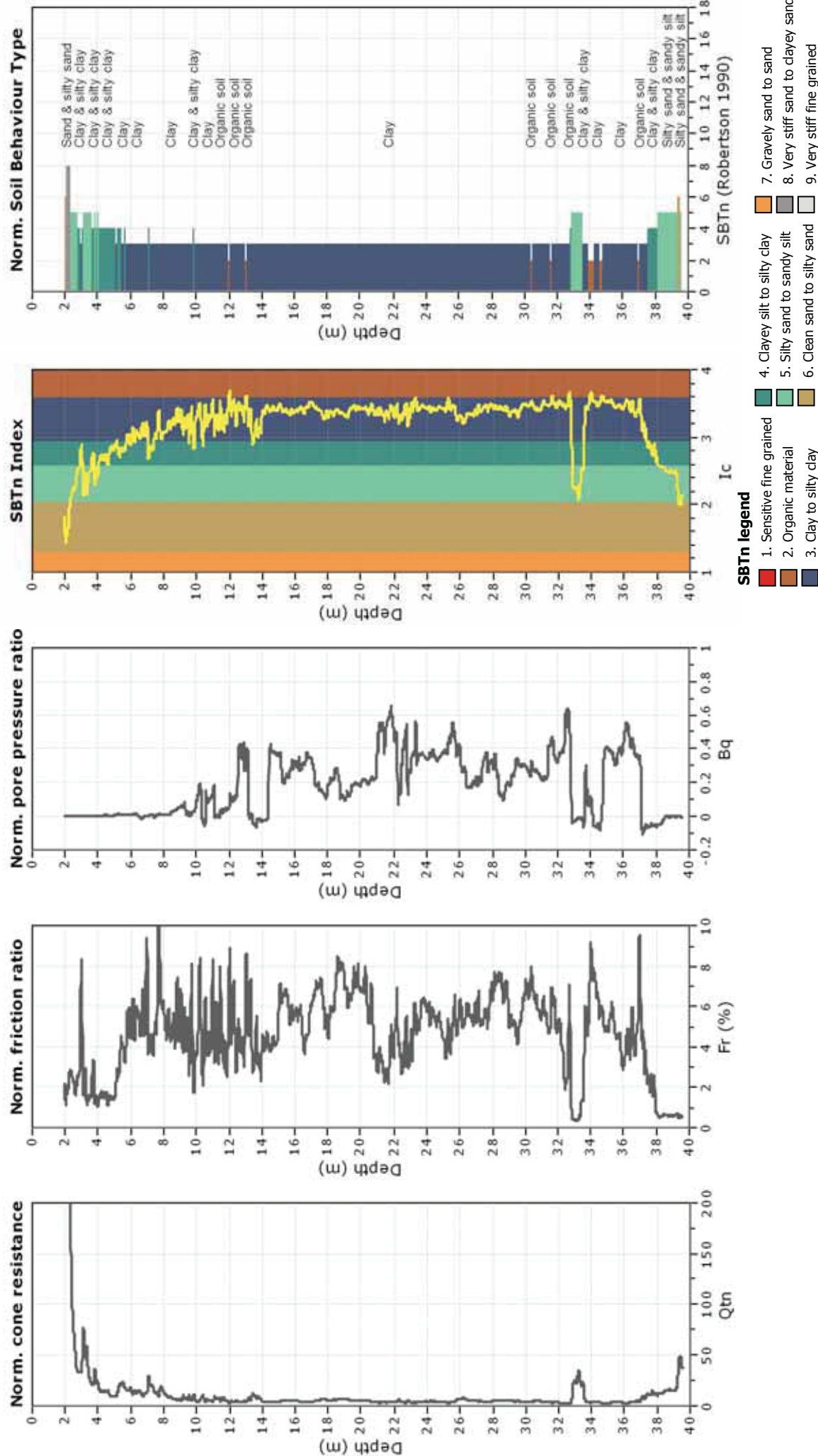


GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

CPT: CPTU 2

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino

Total depth: 39.53 m, Date: 18/01/2016
Surface Elevation: 37.96 m

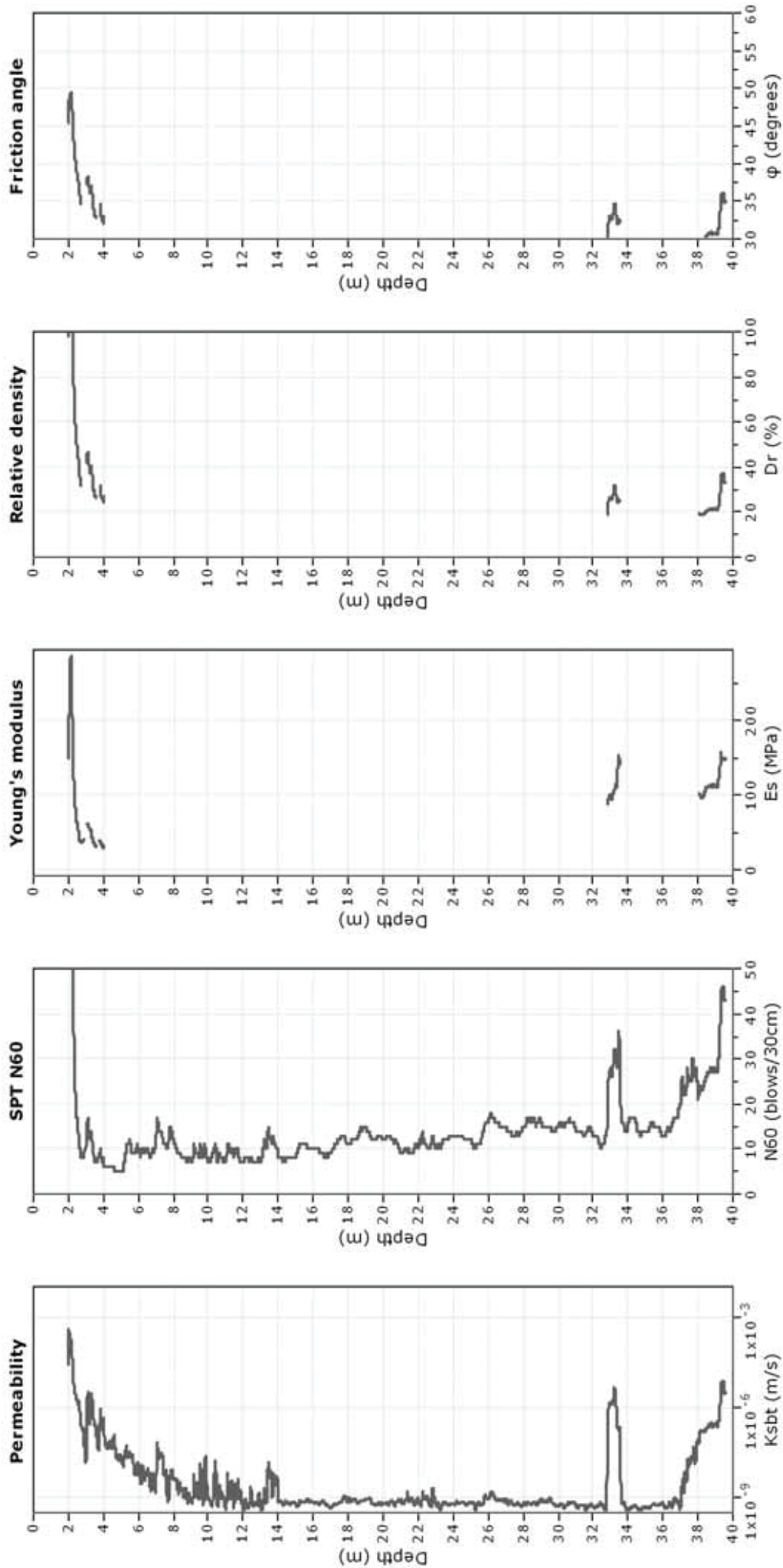




GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

CPT: CPTU 2
Total depth: 39.53 m
Surface Elevation: 37.96 m

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino



Calculation parameters

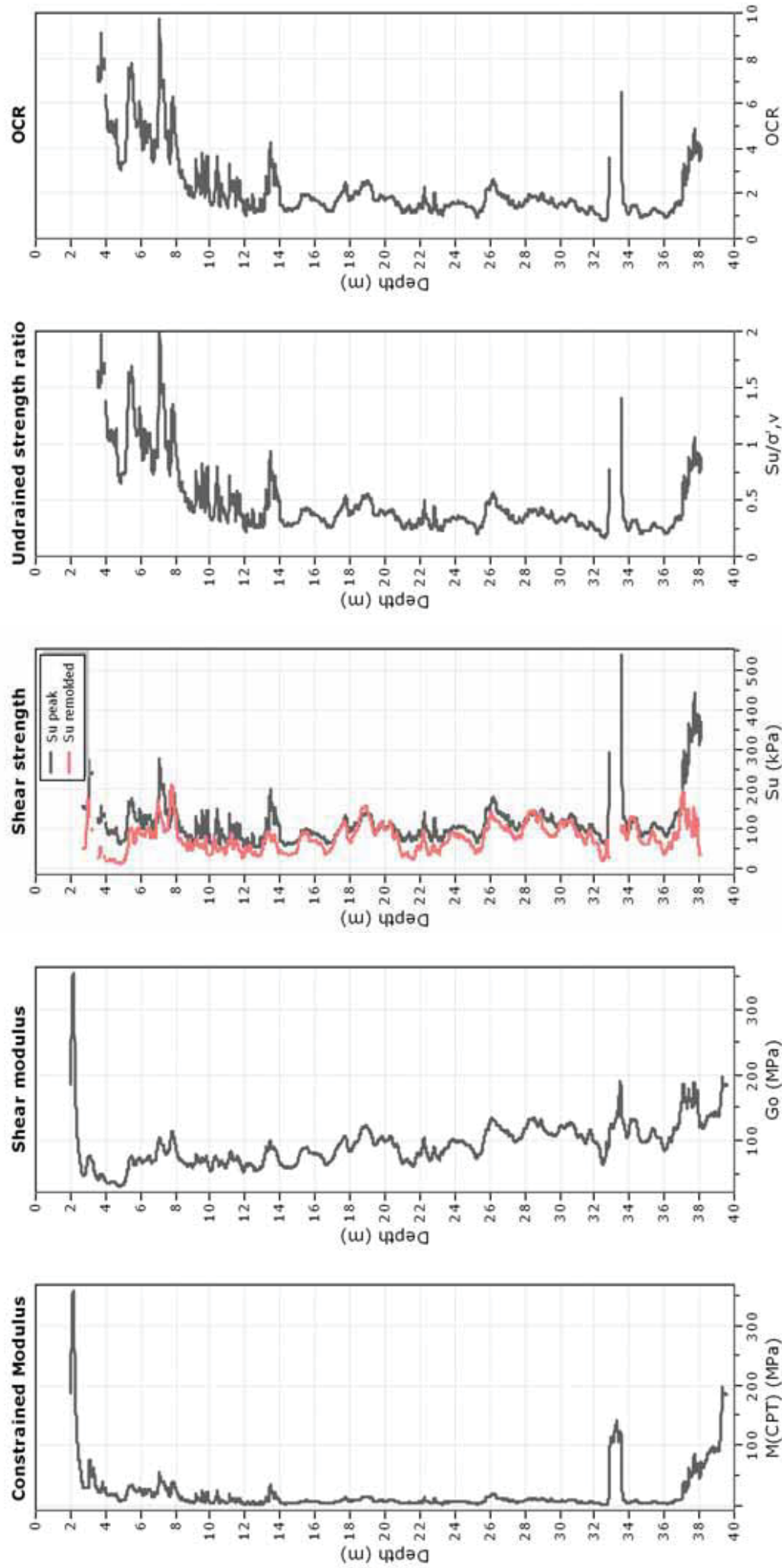
Permeability: Based on SBT_n
SPT N₆₀: Based on I_c and q_t
Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009) —●— User defined estimation data
Relative density constant, C_{Dr}: 350.0
Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)



GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

CPT: CPTU 2
Total depth: 39.53 m
Surface Elevation: 37.96 m

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable α/ρ using I_r and Q_m (Robertson, 2009)

G_0 : Based on variable α/ρ using I_r (Robertson, 2009)

Undrained shear strength cone factor for clays, $N_{k,c}$: 14

OCR factor for clays, $N_{k,c}$: 0.33

—●— User defined estimation data

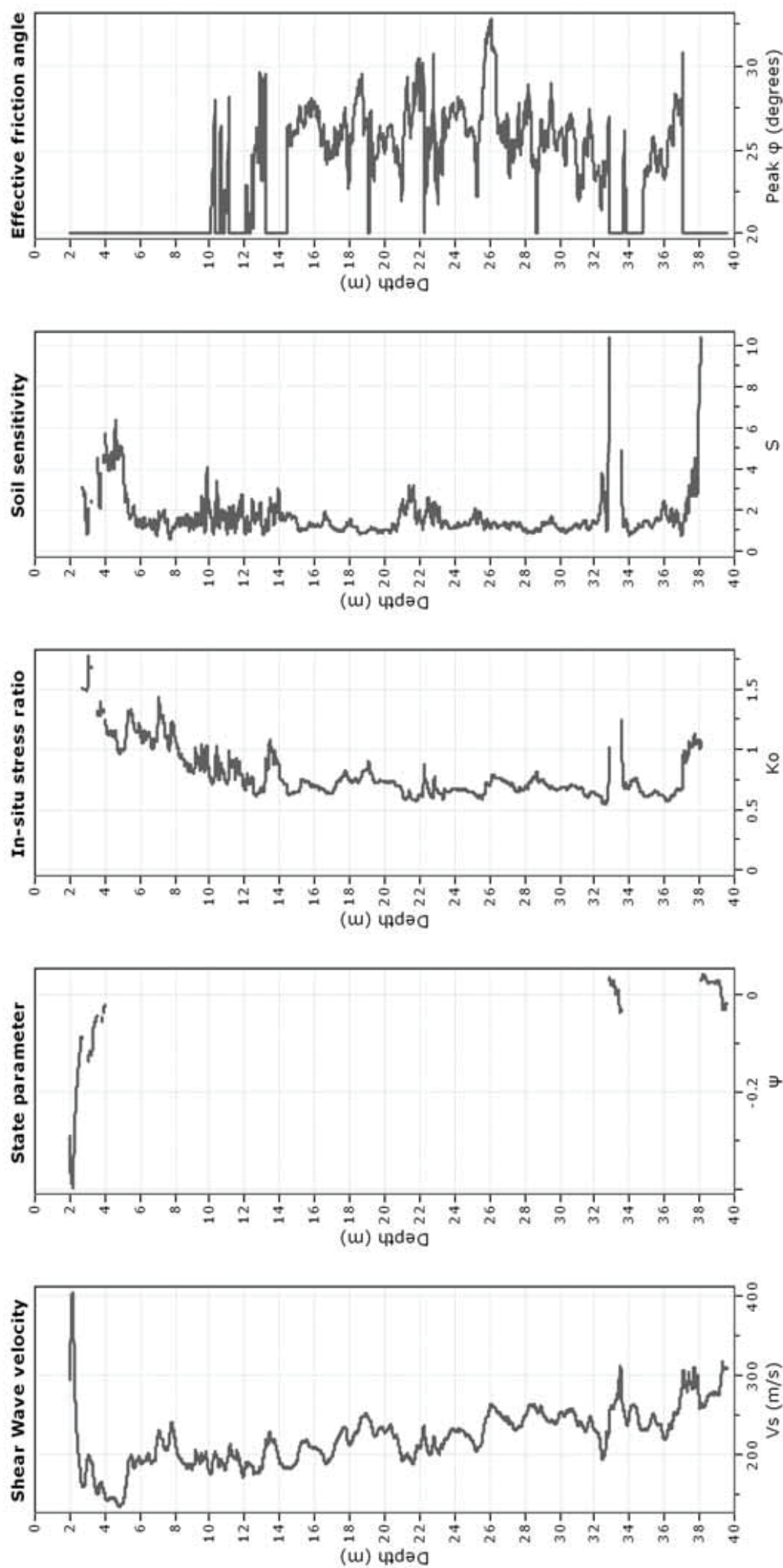


GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

CPT: CPTU 2

Total depth: 39.53 m
Surface Elevation: 37.96 m

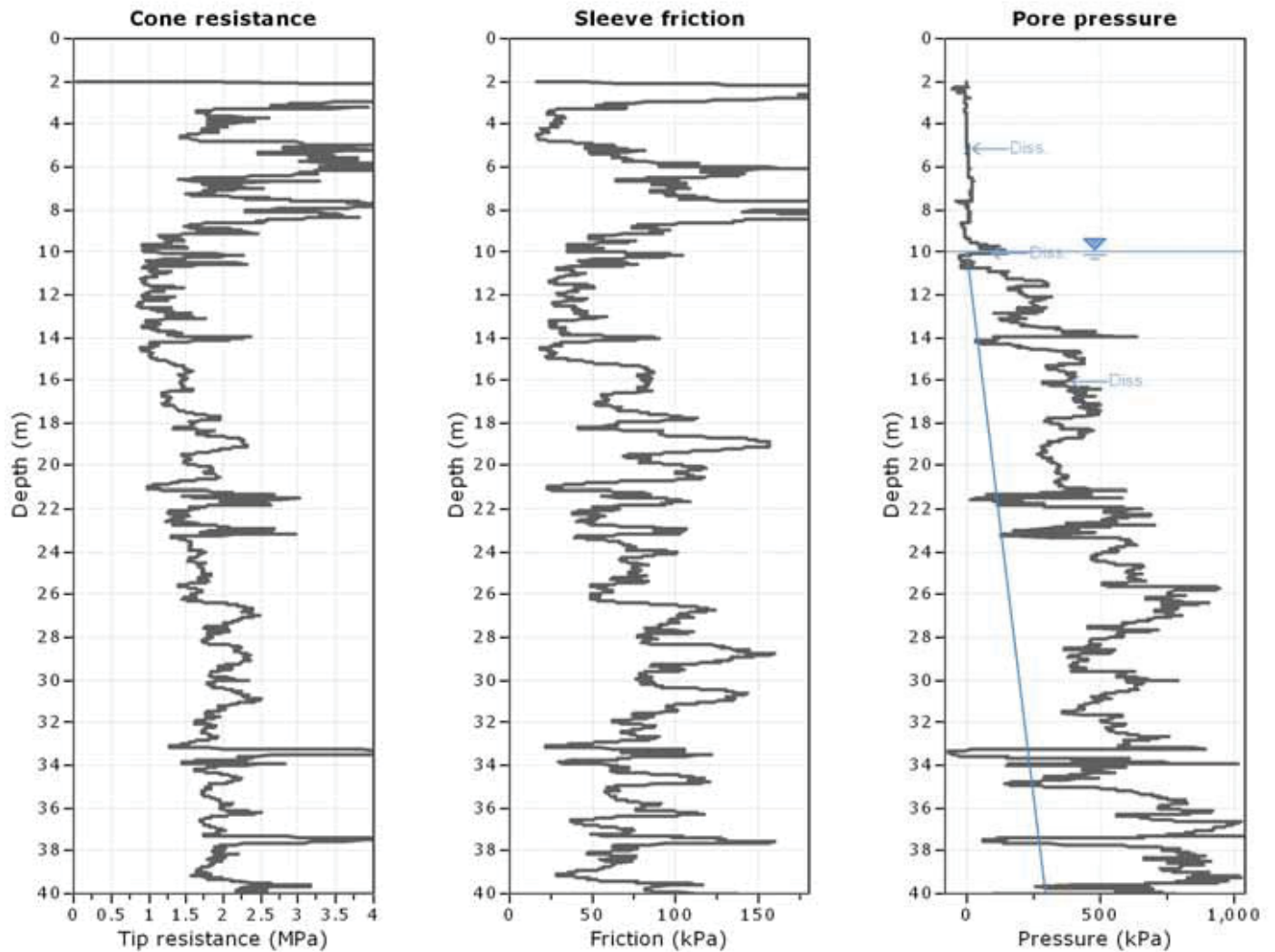
Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino



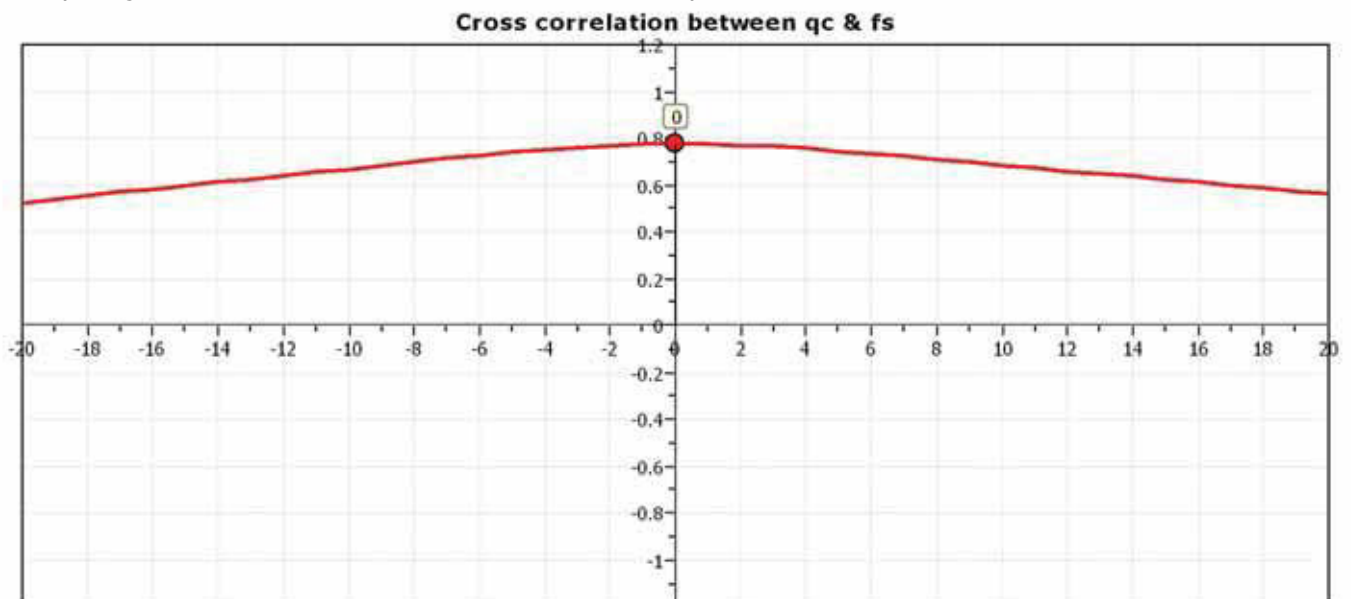
Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

—●— User defined estimation data

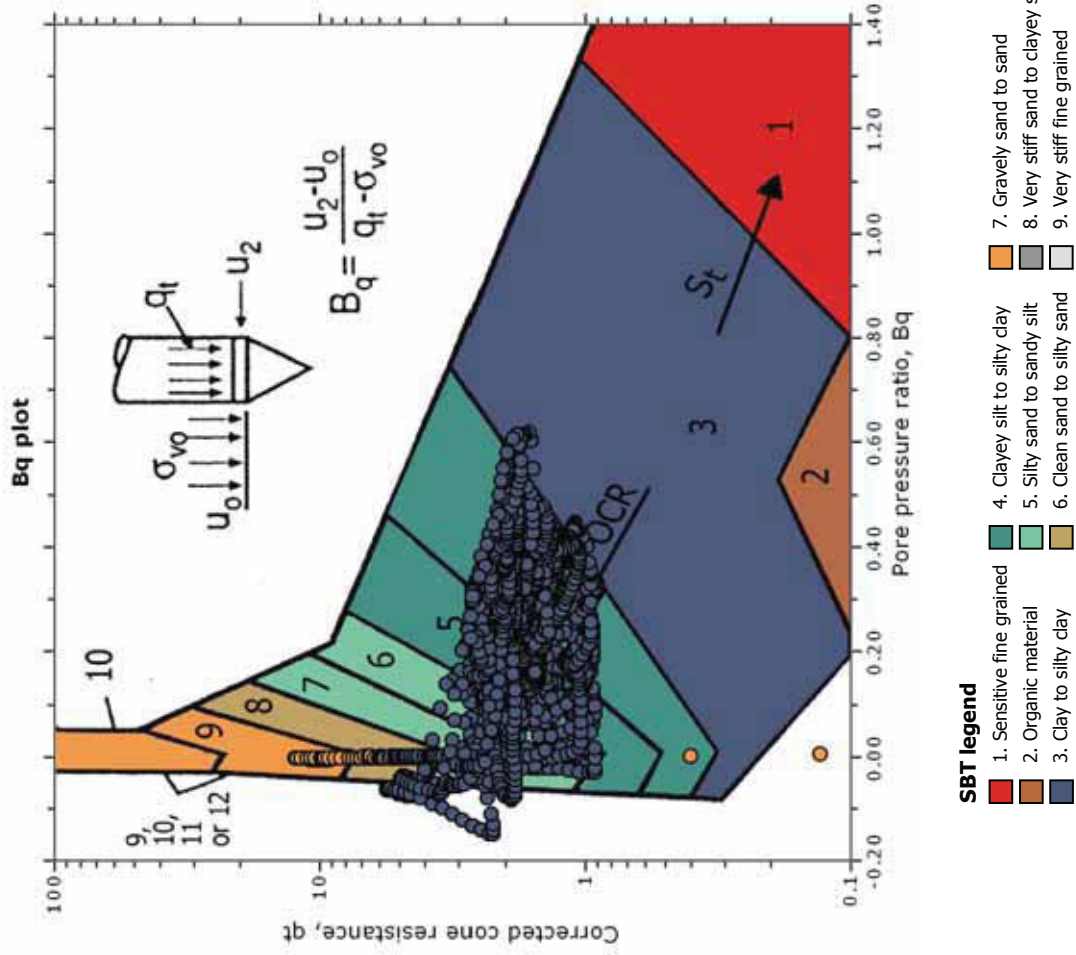
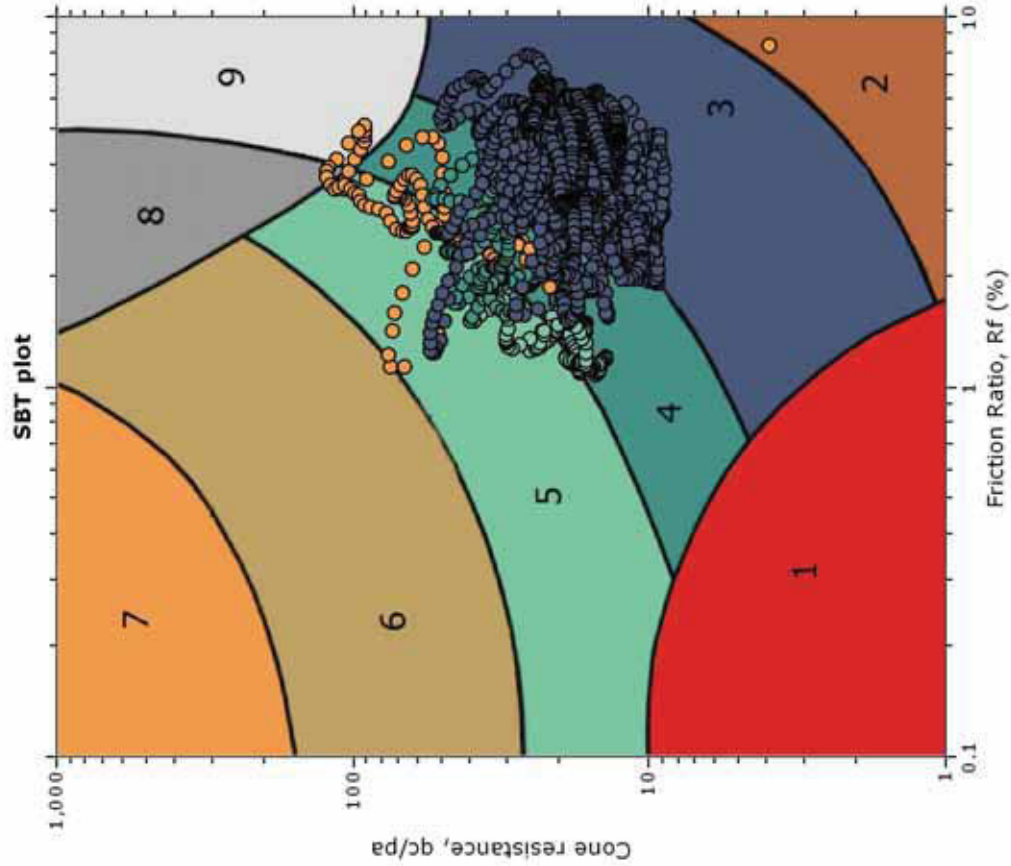


The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw q_c and f_s values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).



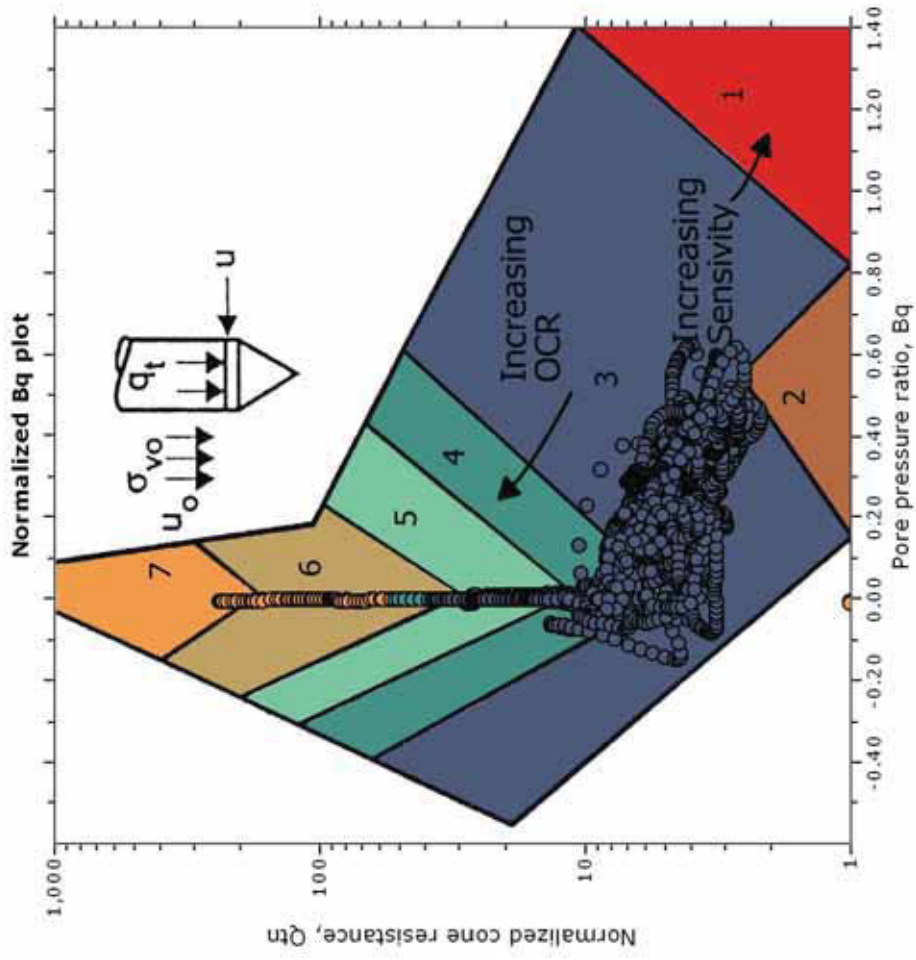
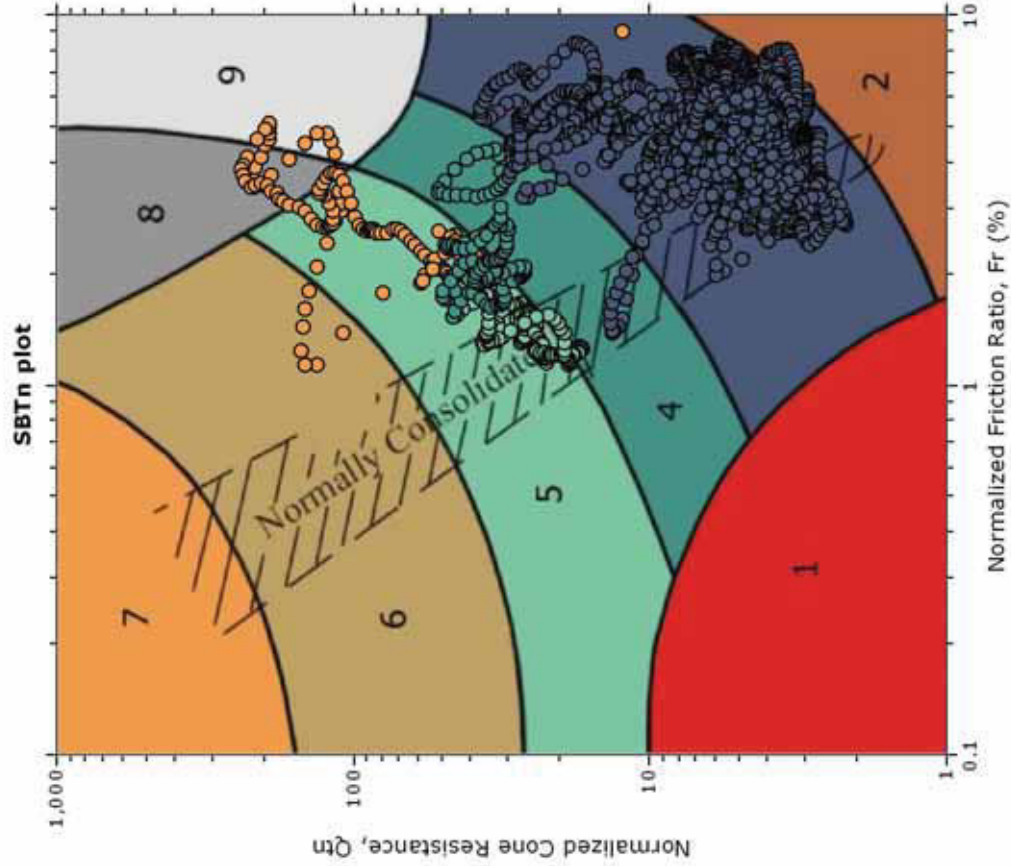


SBT - Bq plots





SBT - Bq plots (normalized)



SBTn legend

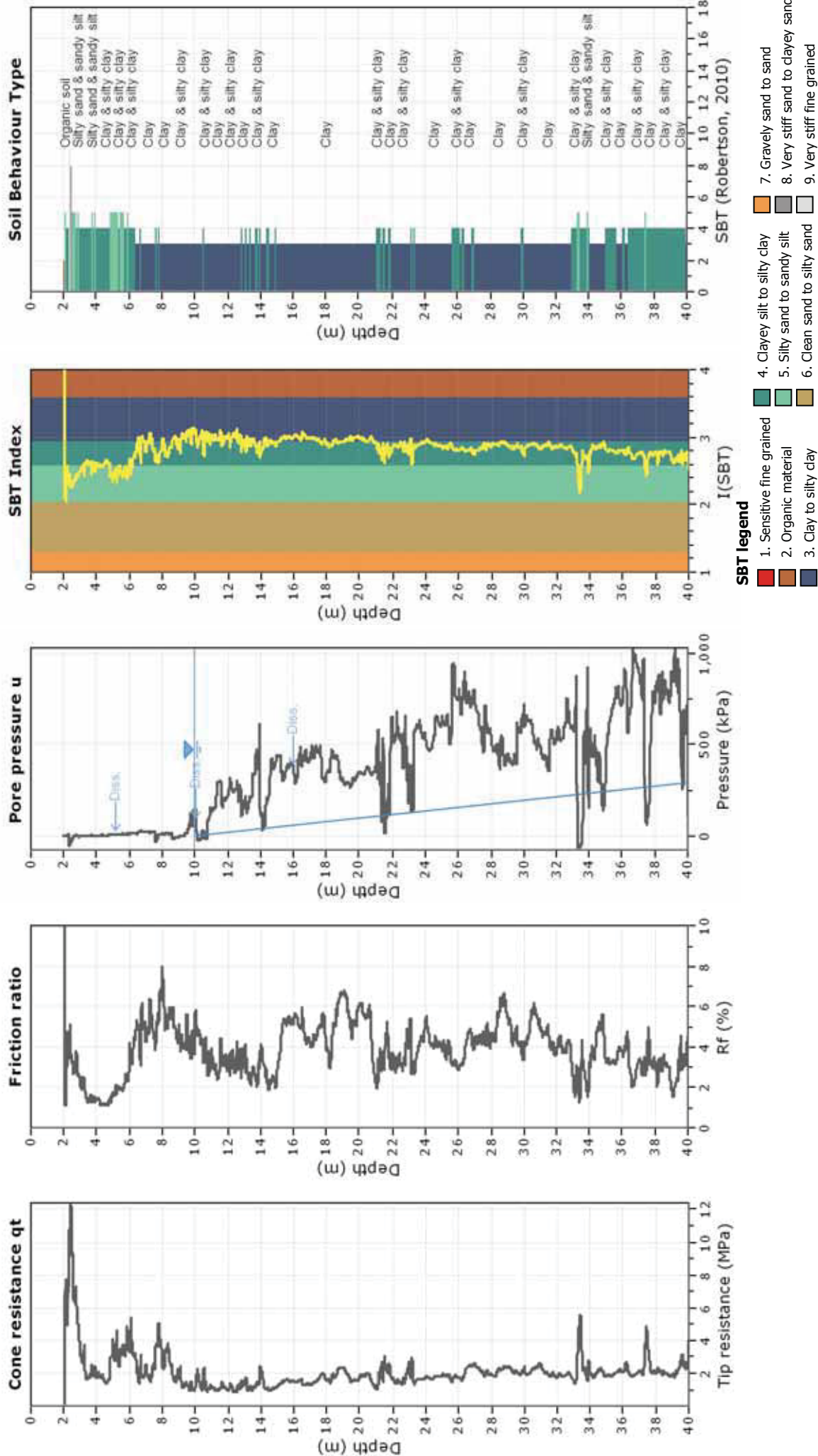
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty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



GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino

CPT: CPTU 3
Total depth: 40.25 m
Surface Elevation: 37.85 m



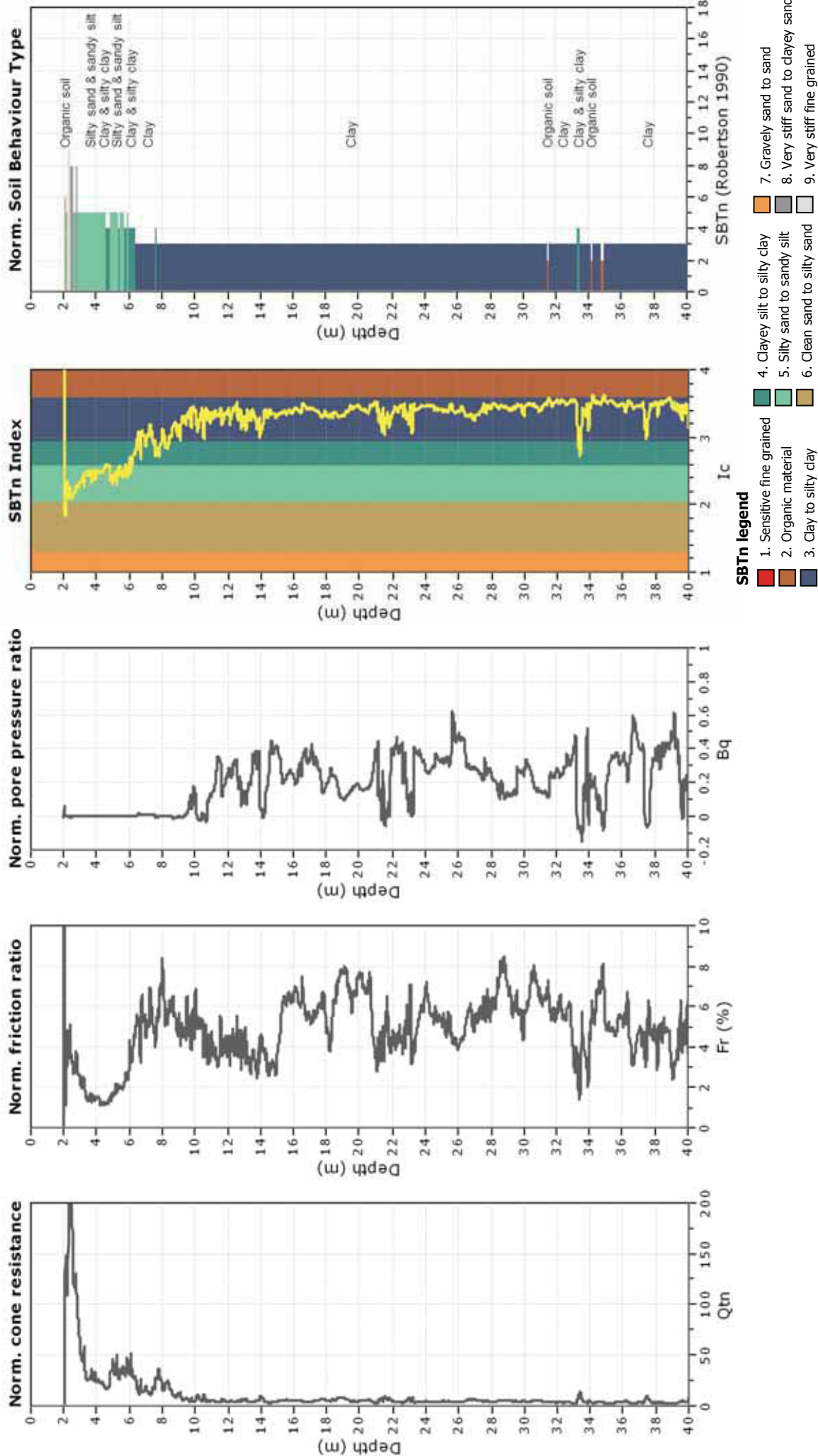


GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

CPT: CPTU 3

Total depth: 40.25 m, Date: 18/01/2016
Surface Elevation: 37.85 m

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino

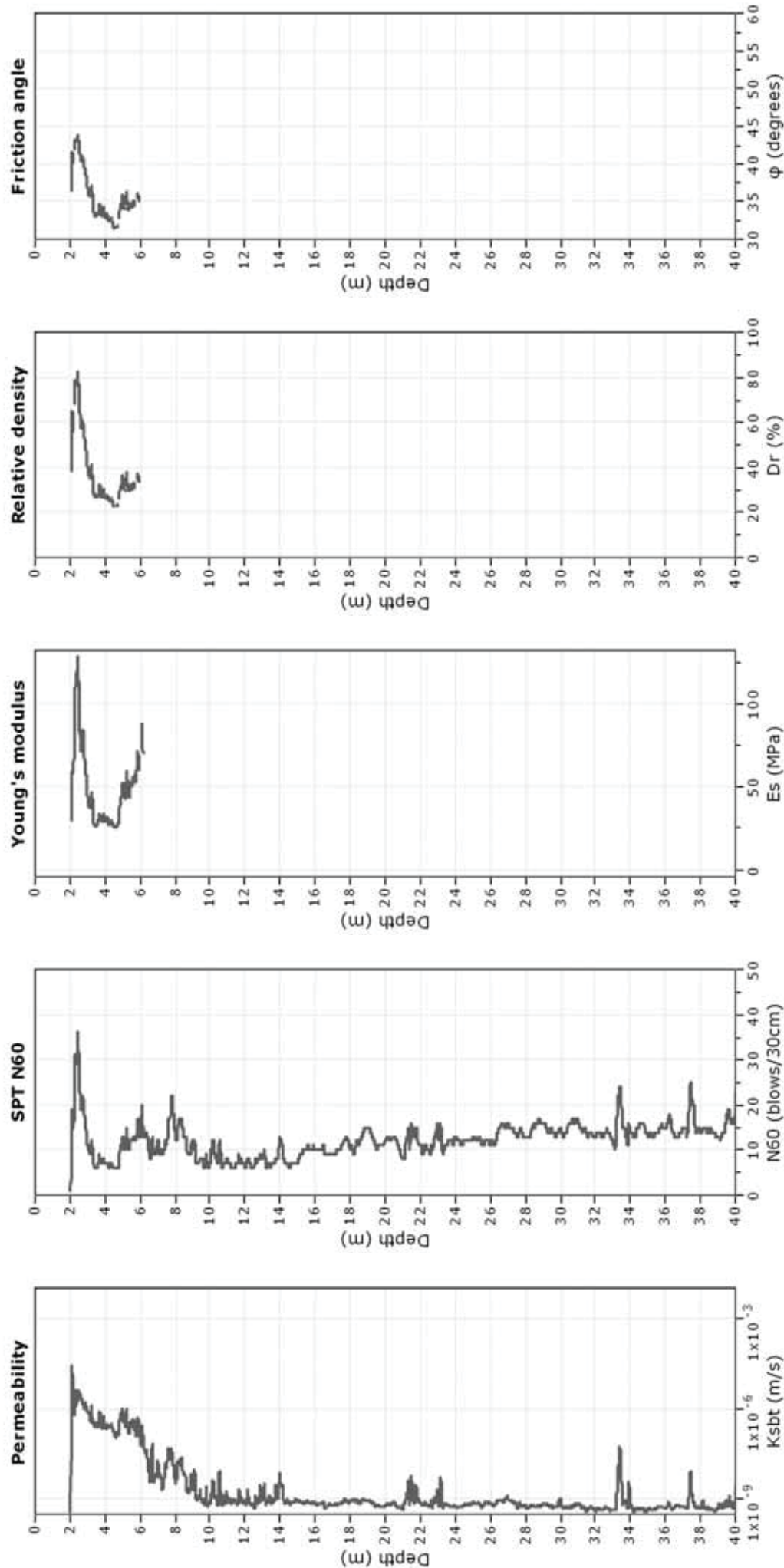




GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

CPT: CPTU 3
Total depth: 40.25 m
Surface Elevation: 37.85 m

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino



Calculation parameters

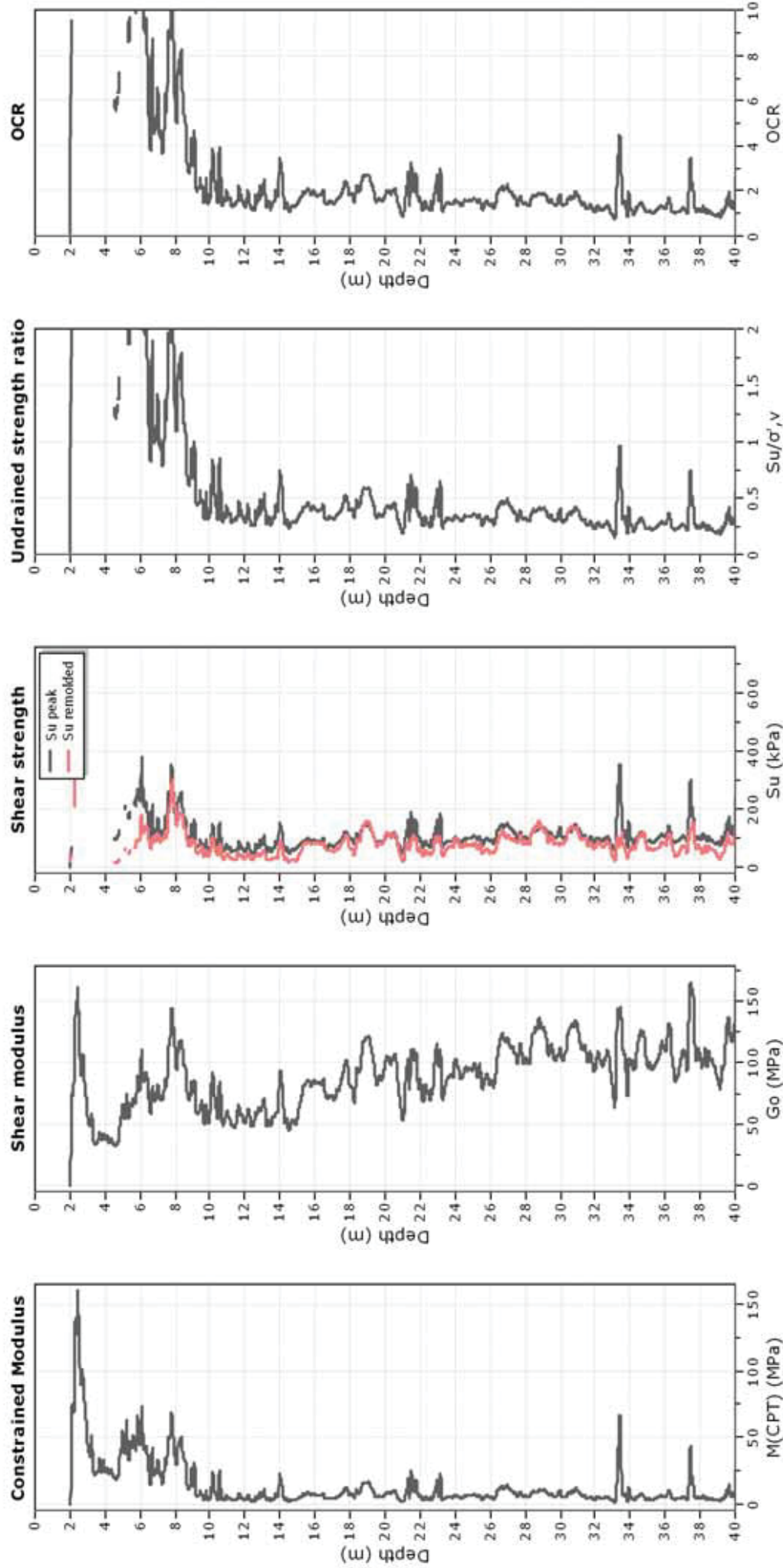
Permeability: Based on SBT_n
SPT N_{60} : Based on I_c and q_t
Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009) —●— User defined estimation data
Relative density constant, C_{Dr} : 350.0
Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)



GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

CPT: CPTU 3
Total depth: 40.25 m
Surface Elevation: 37.85 m

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable α/ρ using I_r and Q_m (Robertson, 2009)

Go: Based on variable α/ρ using I_r (Robertson, 2009)

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

OCR factor for clays, N_{sk} : 0.33

—●— User defined estimation data



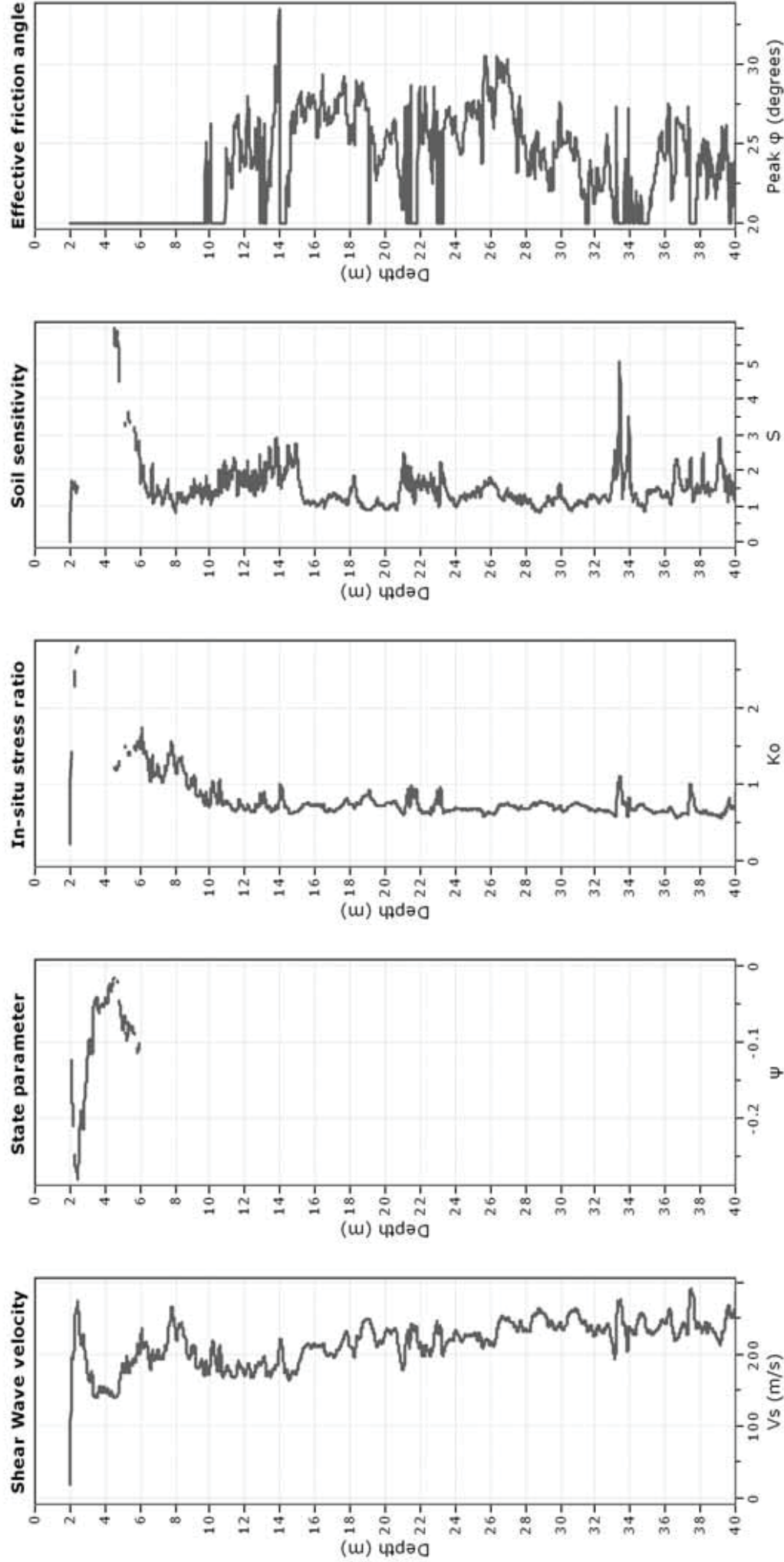
GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

CPT: CPTU 3

Total depth: 40.25 m
Surface Elevation: 37.85 m

Project: Studio del terreno di fondazione

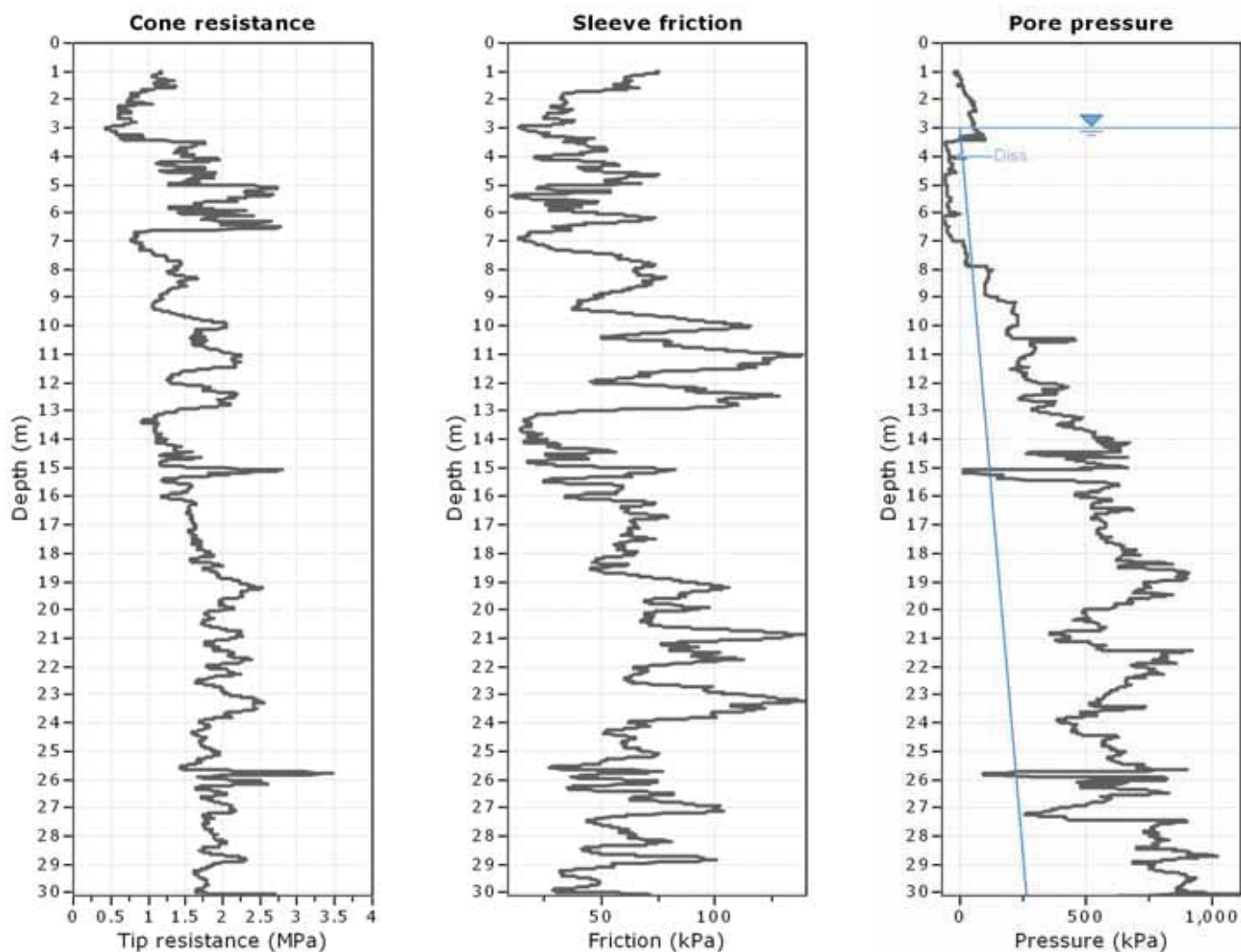
Location: Ponte Uccellino



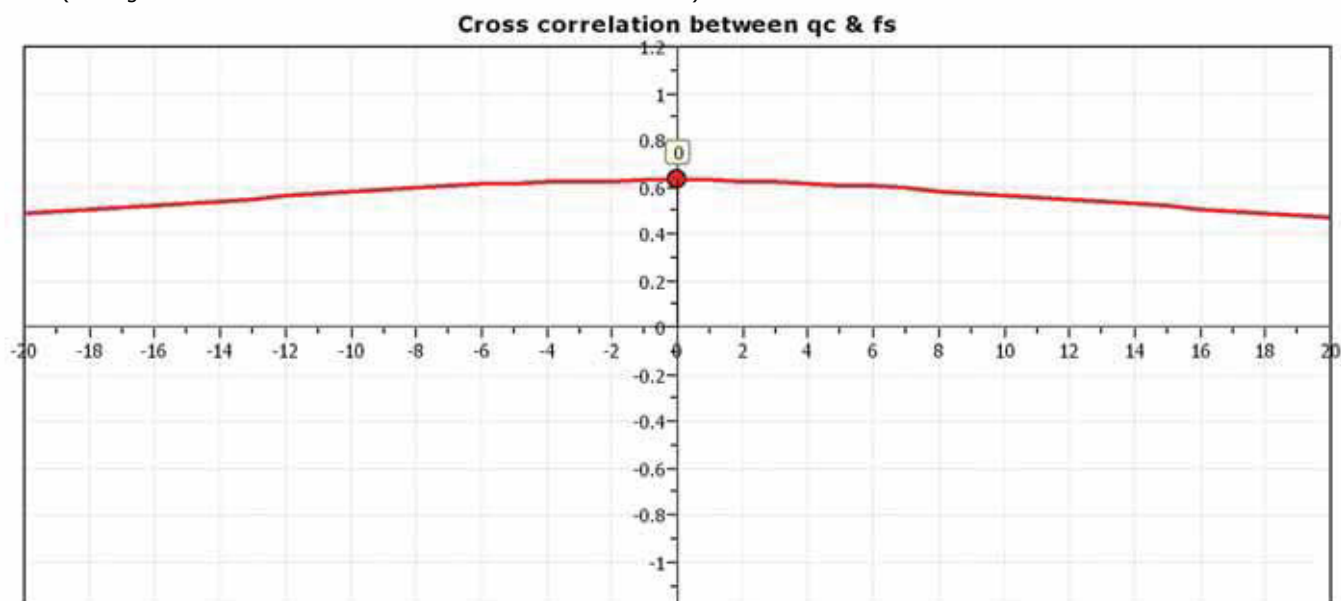
Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

—●— User defined estimation data



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





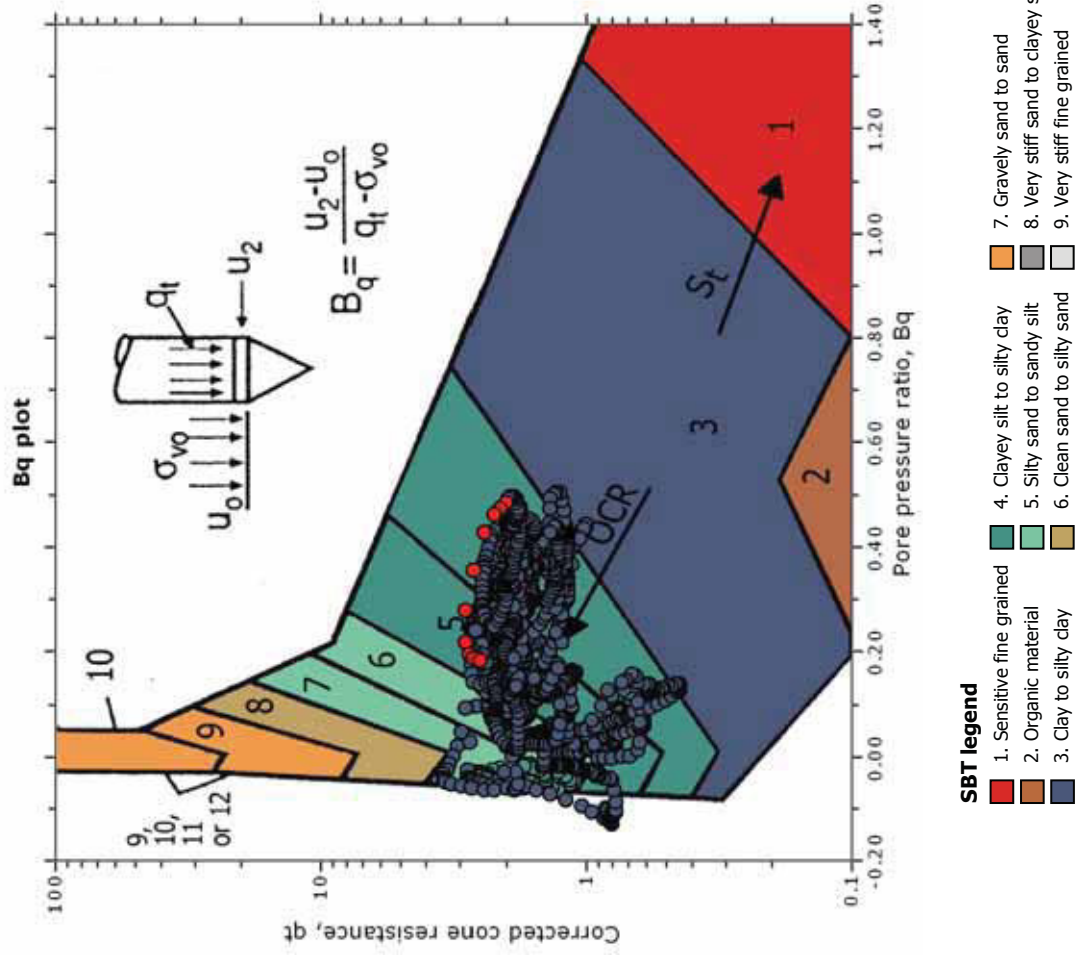
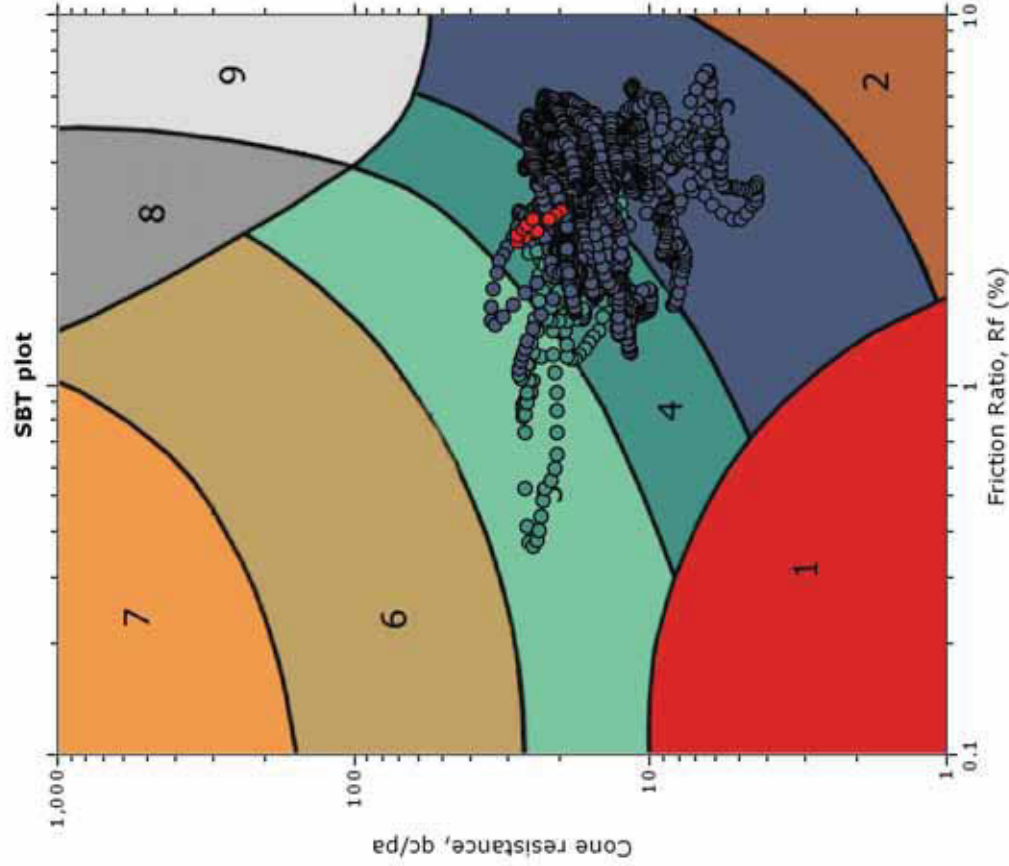
CPT: CPTU 4

Total depth: 30.10 m
Surface Elevation: 30.38 m

Project: Studio del terreno di fondazione

Location: Ponte Uccellino

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 |

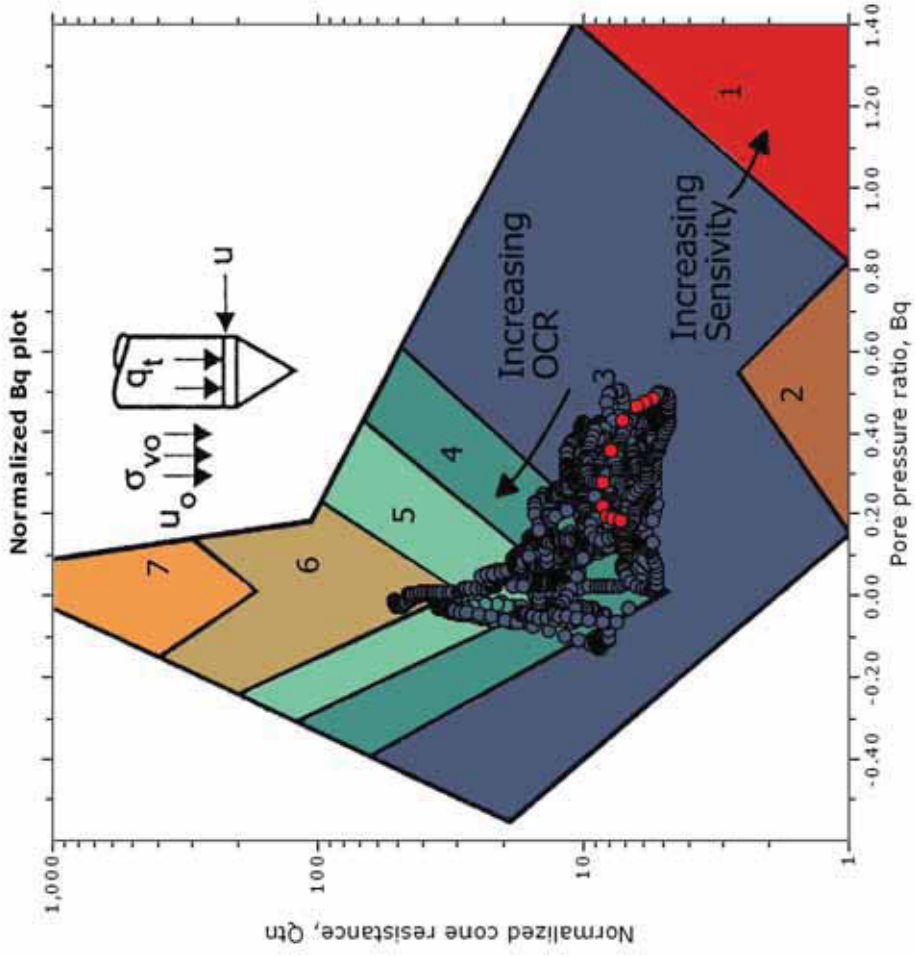
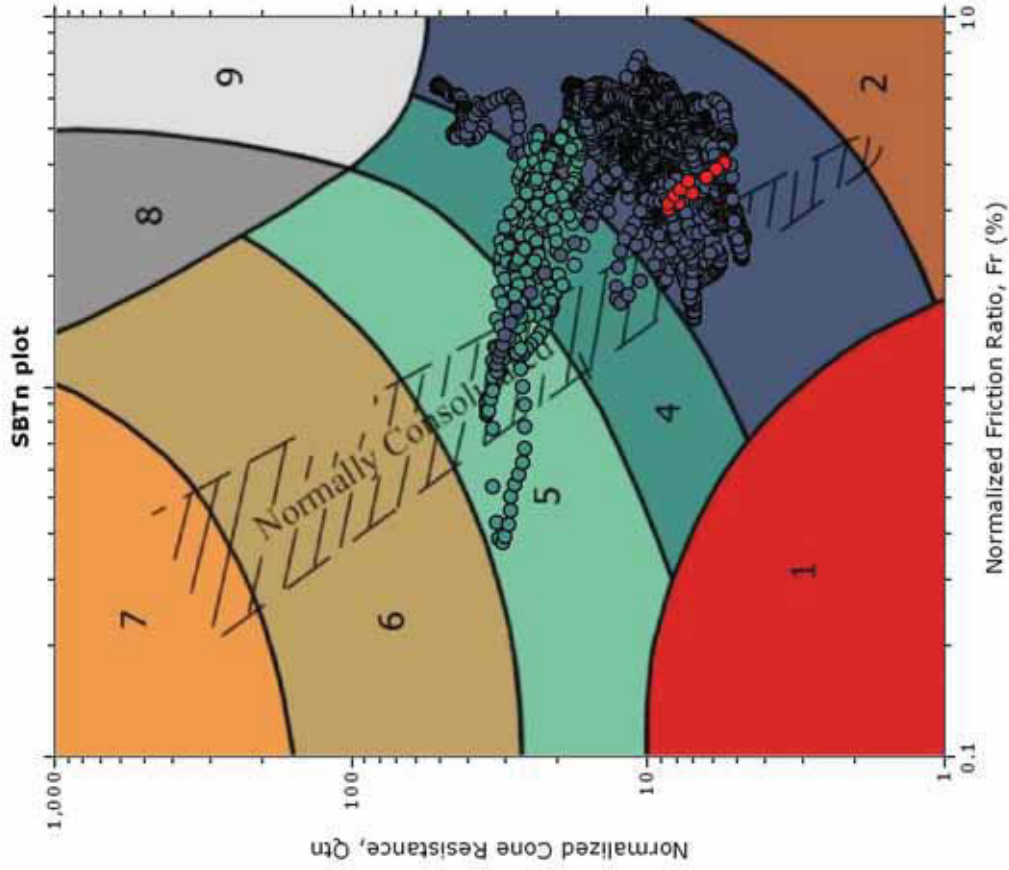


GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino

CPT: CPTU 4
Total depth: 30.10 m, Date: 25/01/2016
Surface Elevation: 30.38 m

SBT - Bq plots (normalized)



SBTn legend

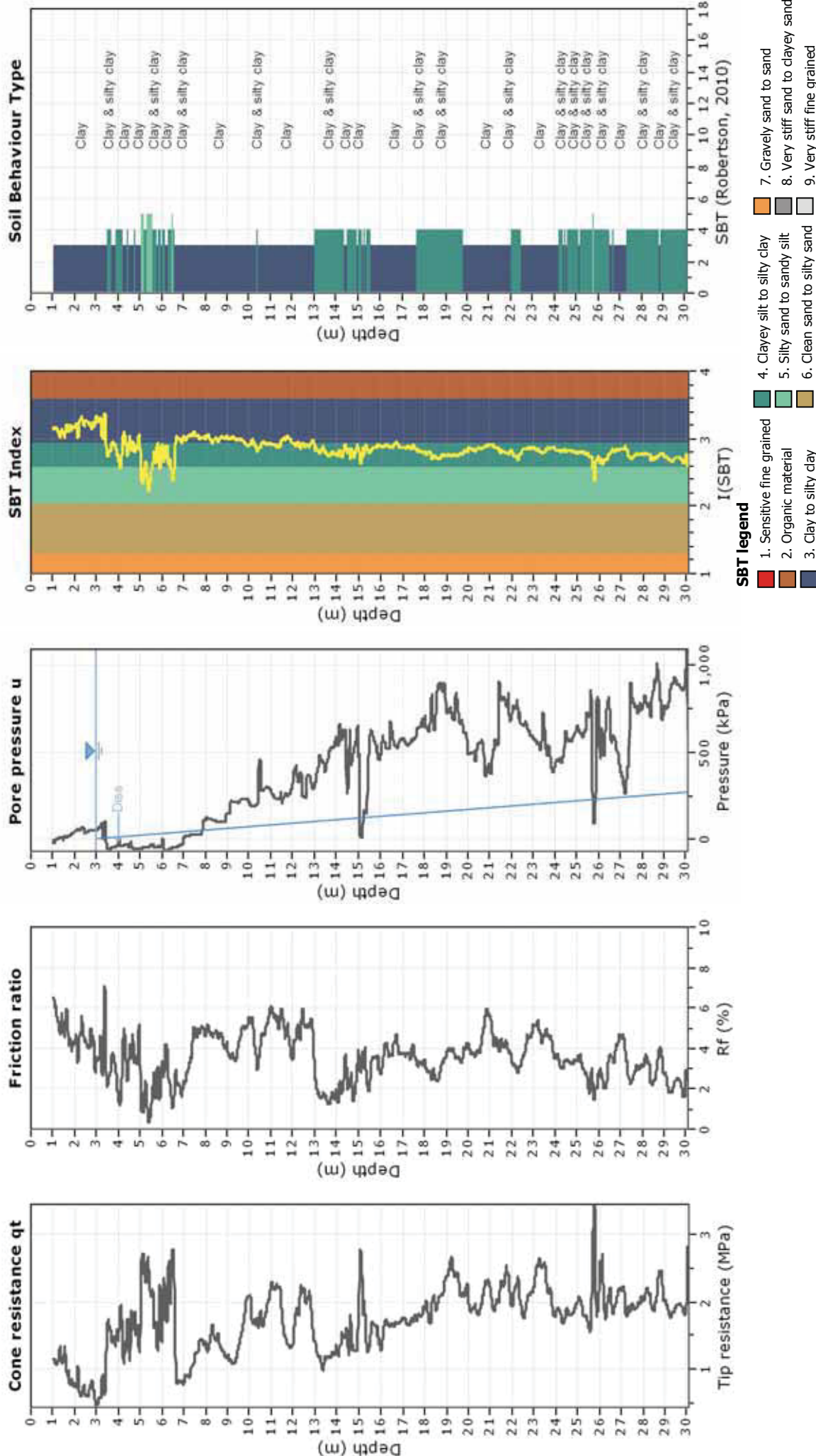
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty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



GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino

CPT: CPTU 4
Total depth: 30.10 m
Surface Elevation: 30.38 m

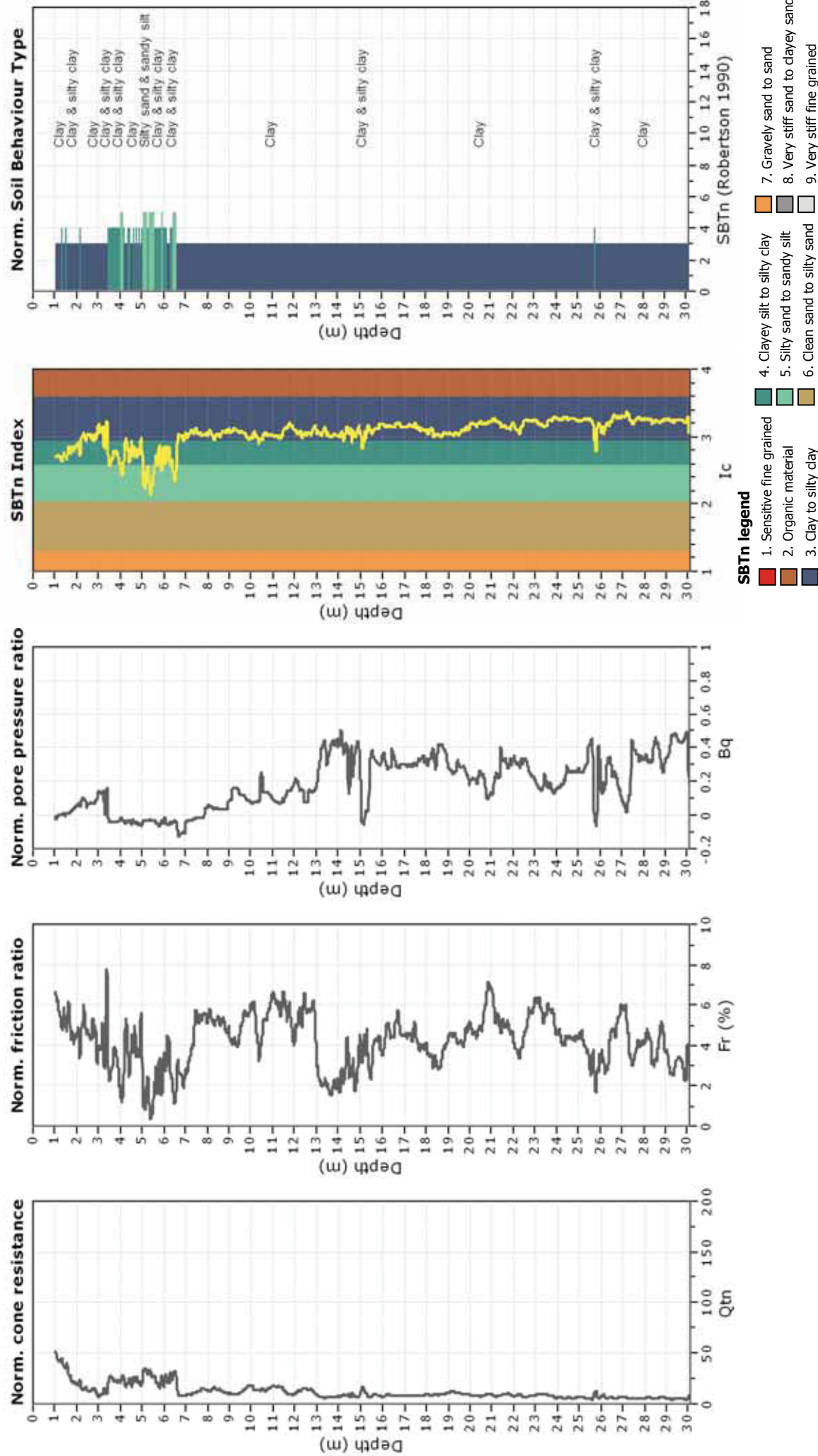




GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino

CPT: CPTU 4
Total depth: 30.10 m, Date: 25/01/2016
Surface Elevation: 30.38 m

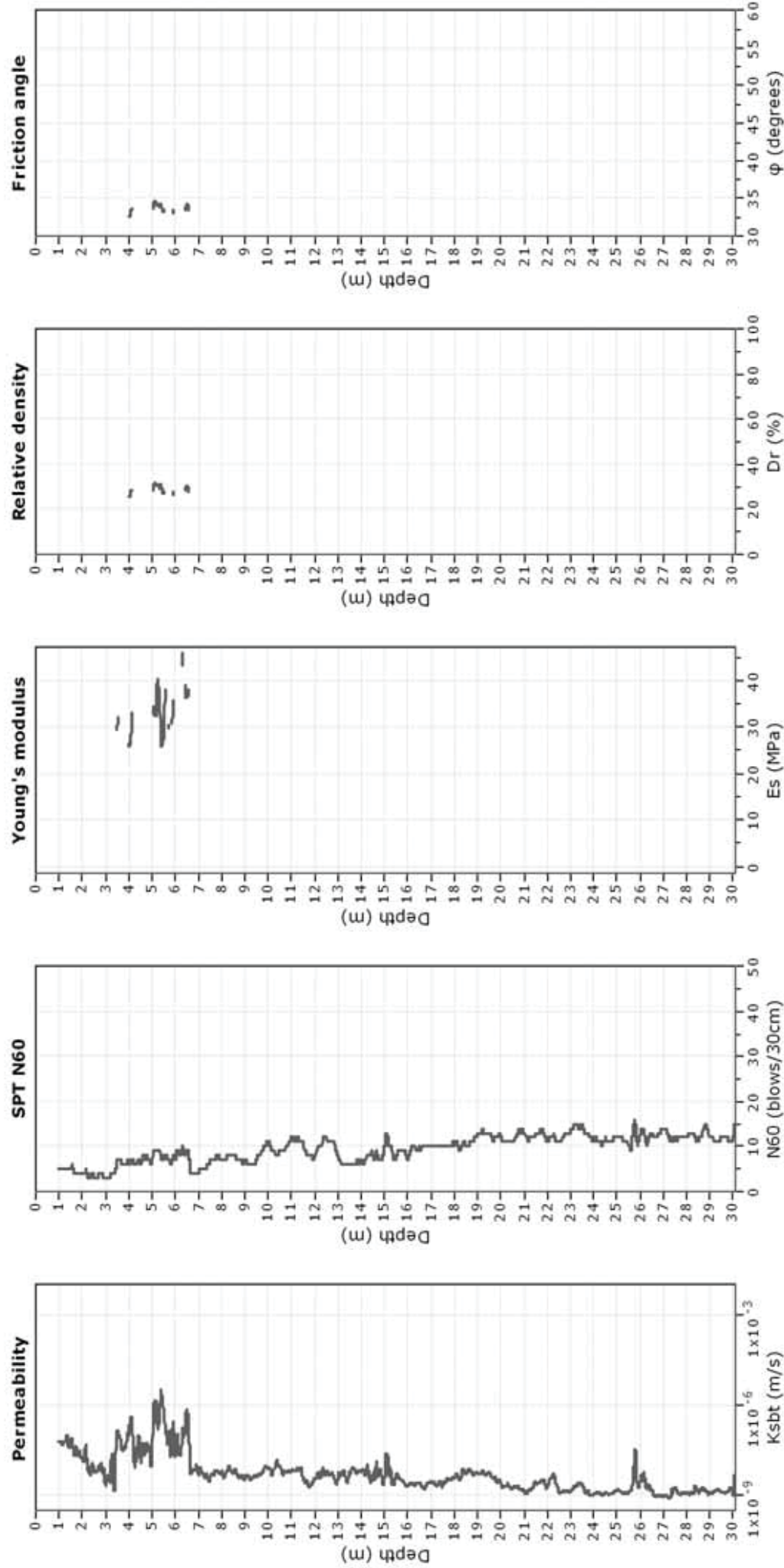




GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino

CPT: CPTU 4
Total depth: 30.10 m
Surface Elevation: 30.38 m



Calculation parameters

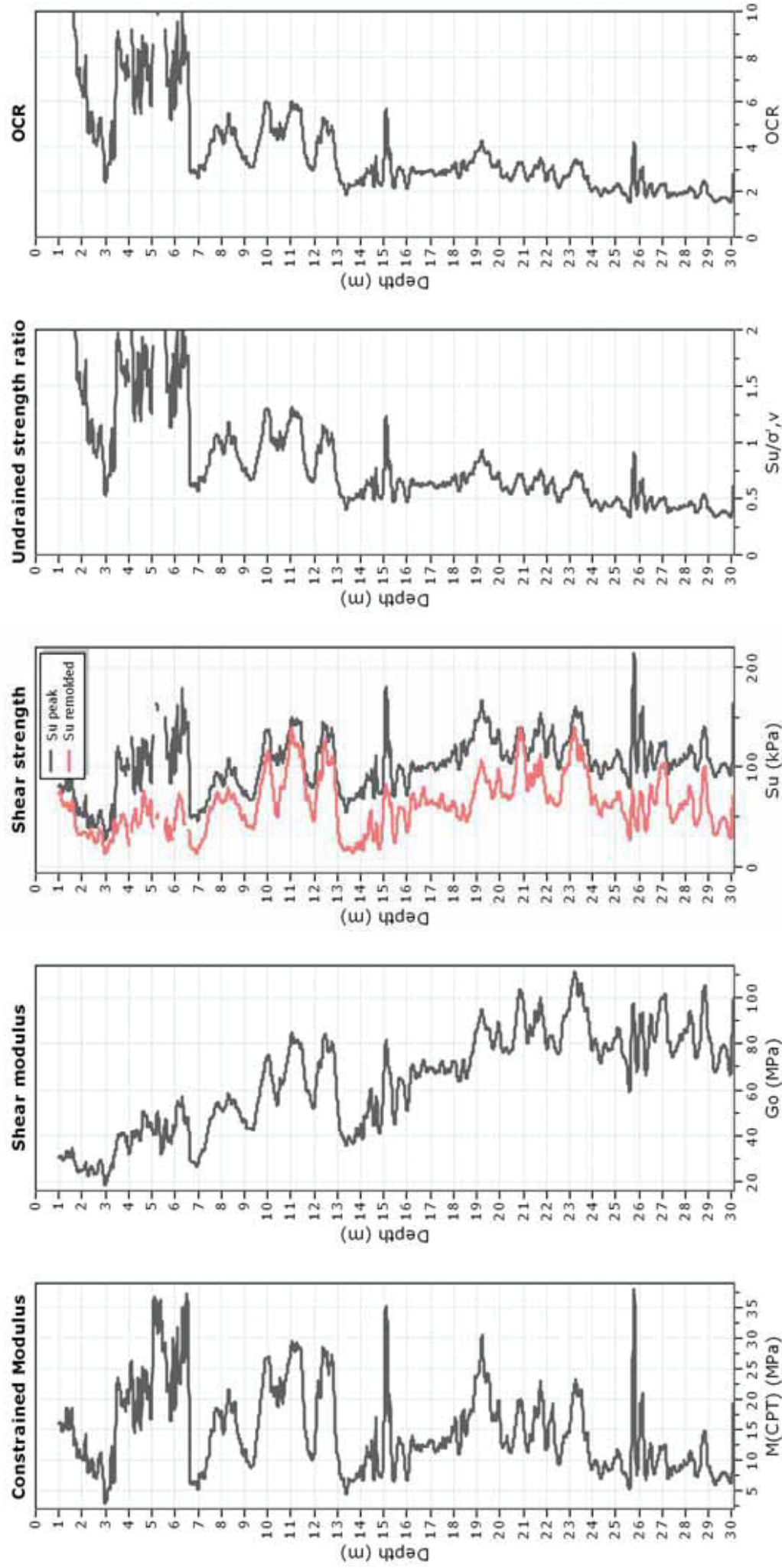
Permeability: Based on SBT_n
SPT N_{60} : Based on I_c and q_t
Young's modulus: Based on variable α using I_c (Robertson, 2009) —●— User defined estimation data
Relative density constant, C_{Dr} : 350.0
Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)



GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

CPT: CPTU 4
Total depth: 30.10 m
Surface Elevation: 30.38 m

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable $\alpha/\rho\eta\alpha$ using I_r and Q_{m0} (Robertson, 2009)

G_0 : Based on variable $\alpha/\rho\eta\alpha$ using I_r (Robertson, 2009)

Undrained shear strength cone factor for clays, $N_{k,c}$: 14

OCR factor for clays, $N_{k,c}$: 0.33

—●— User defined estimation data



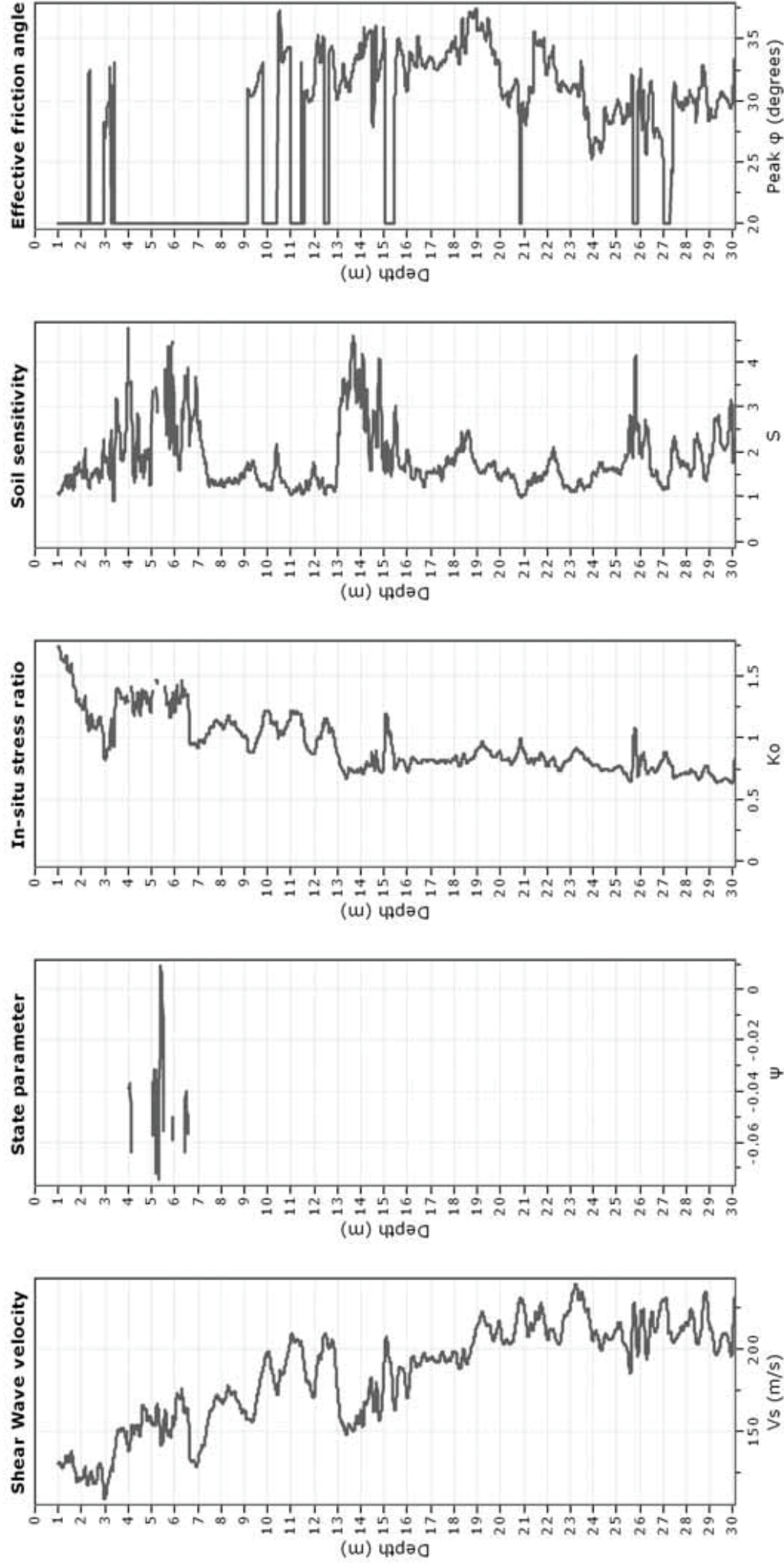
GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

CPT: CPTU 4

Total depth: 30.10 m
Surface Elevation: 30.38 m

Project: Studio del terreno di fondazione

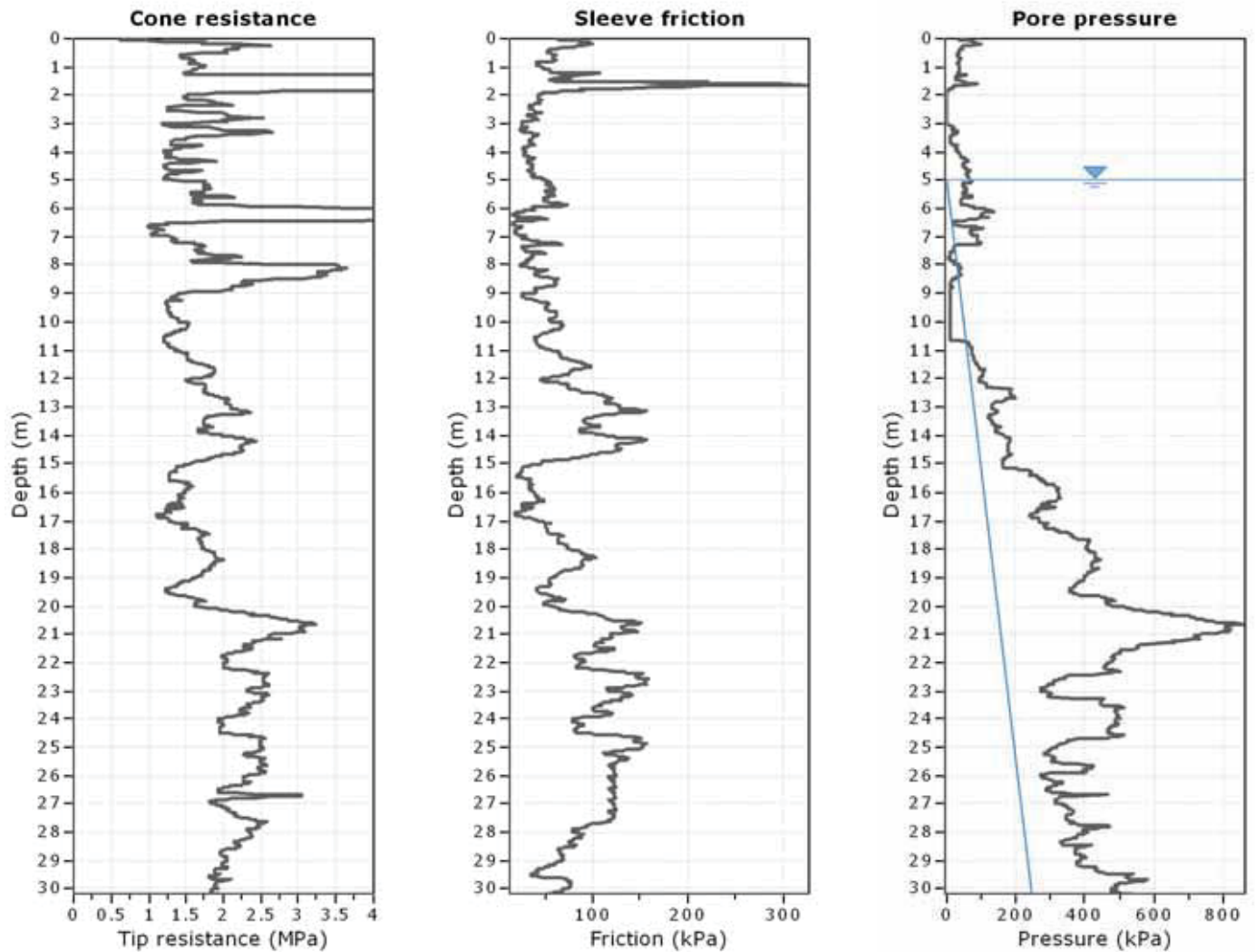
Location: Ponte Uccellino



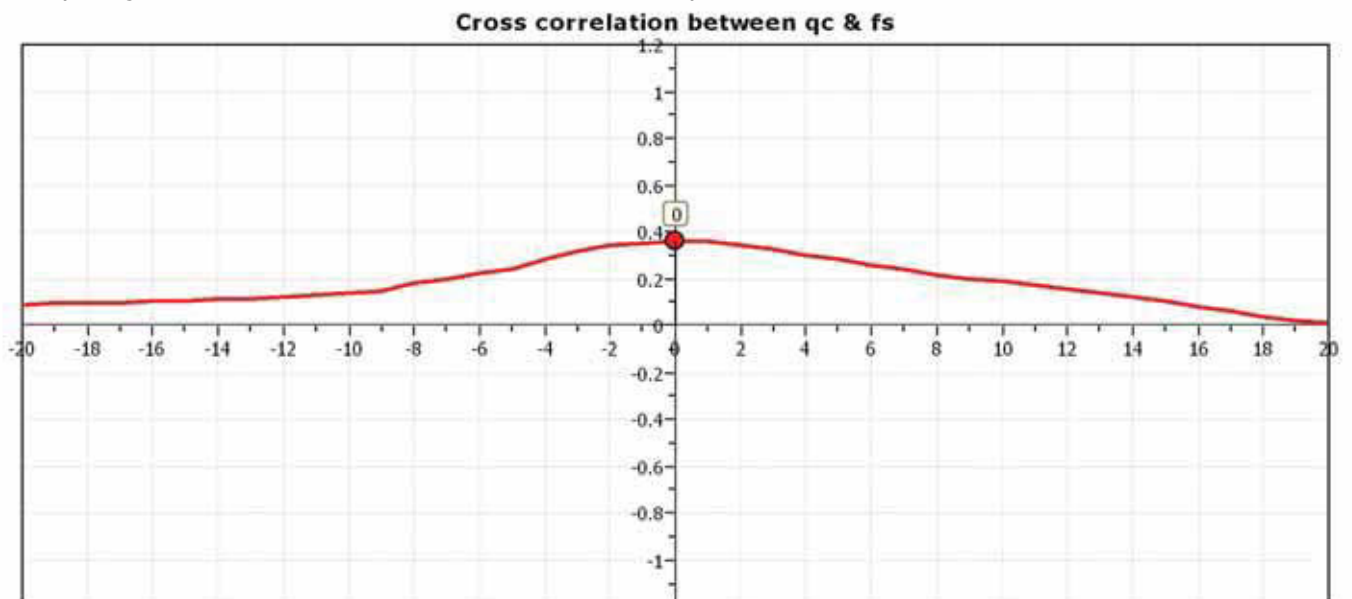
Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

—●— User defined estimation data

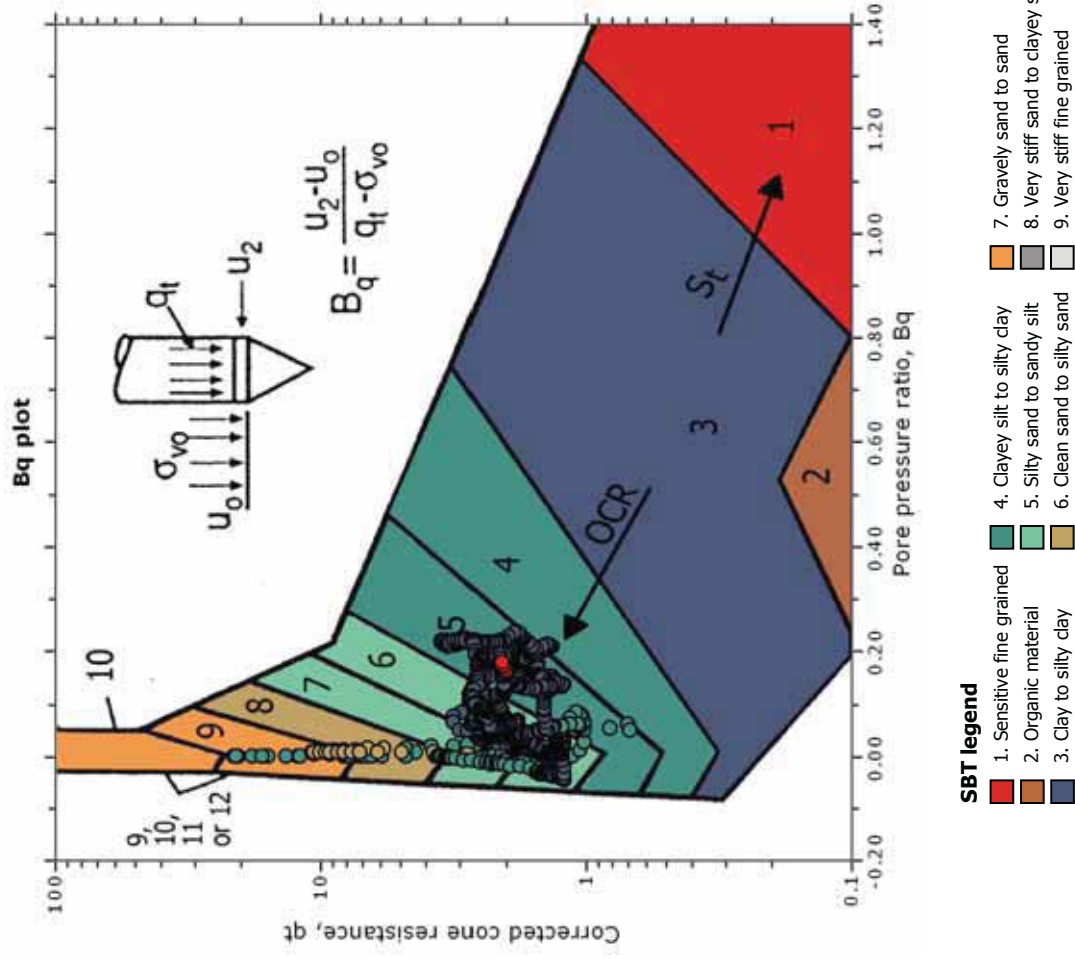
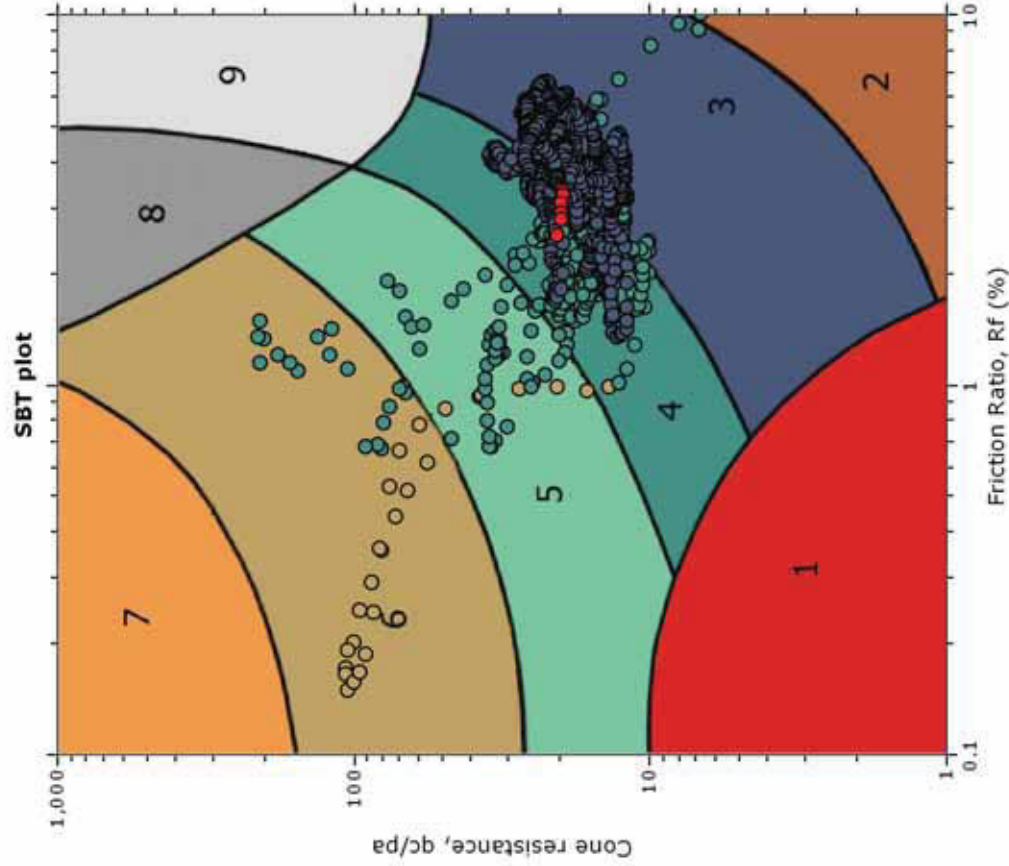


The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw q_c and f_s values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).





SBT - Bq plots

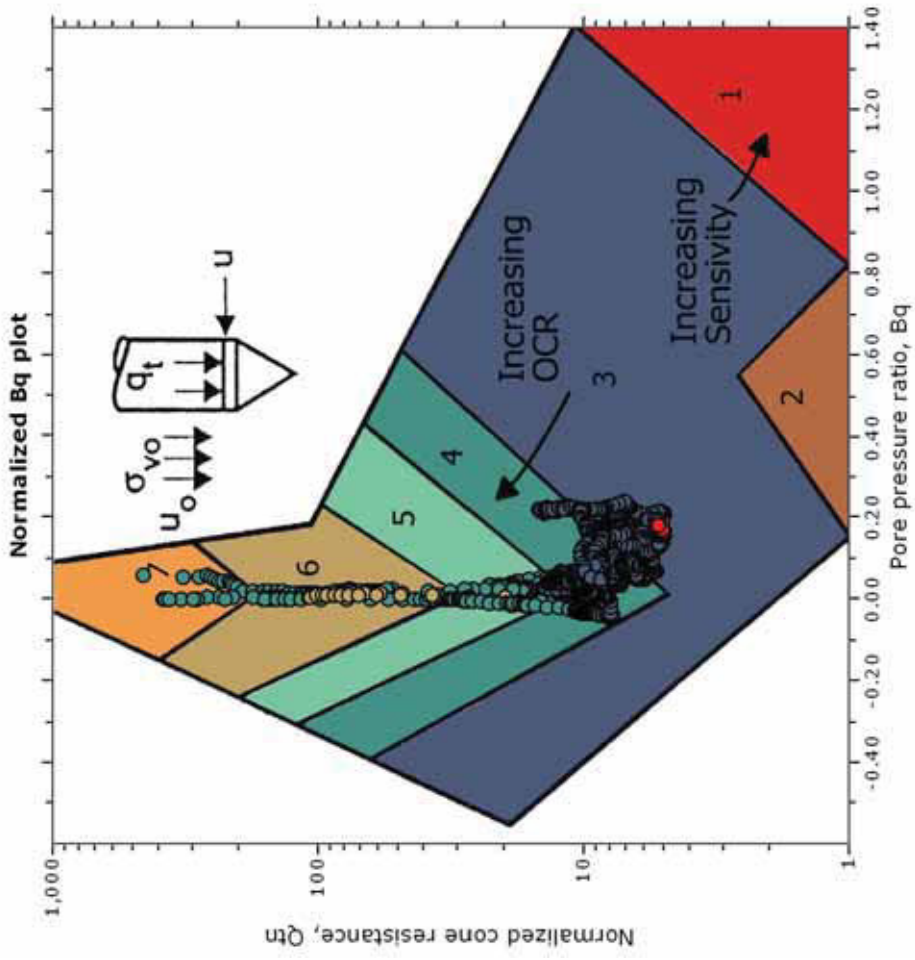
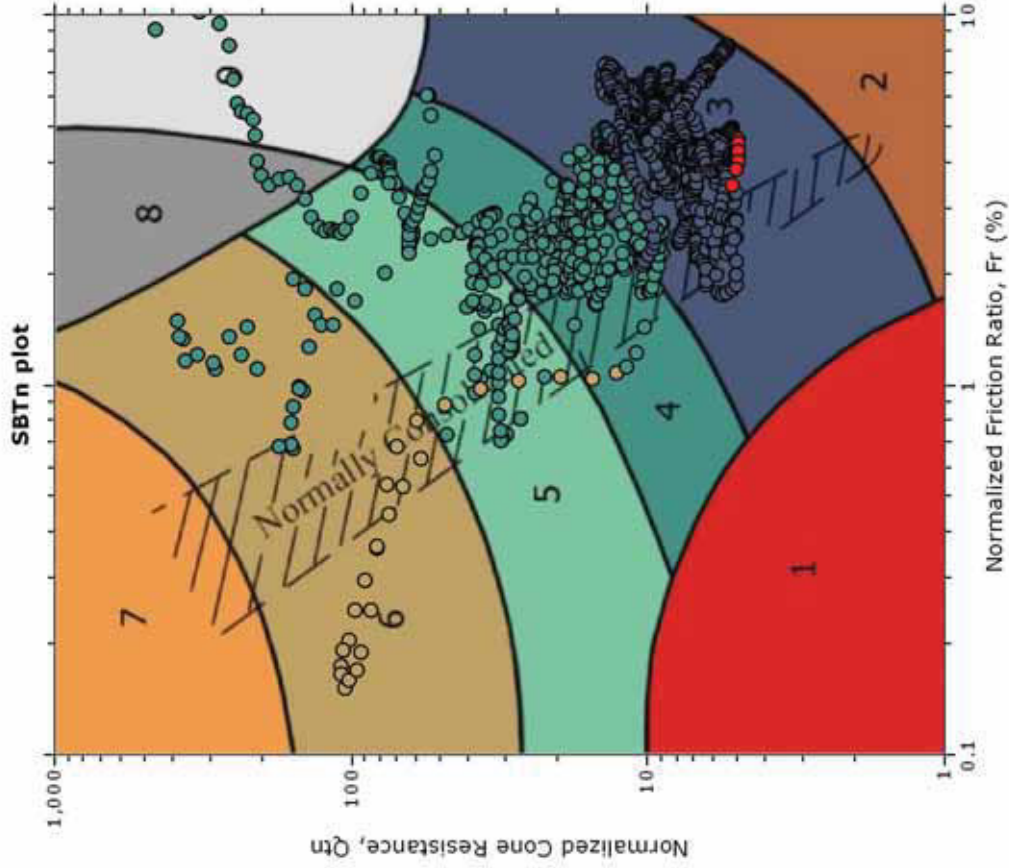


SBT legend

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



SBT - Bq plots (normalized)



SBTn legend

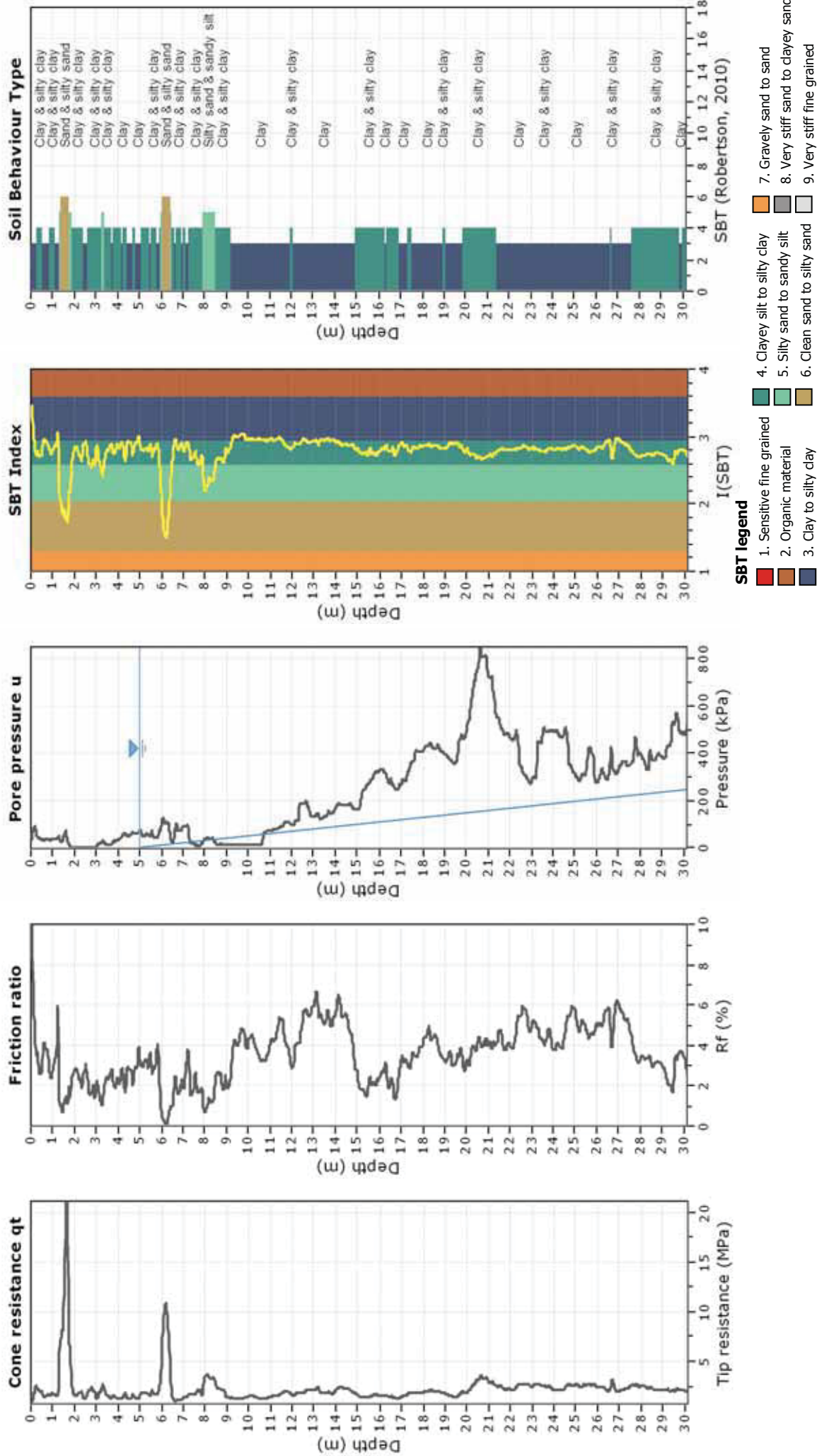
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty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



GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino

CPT: SCPTU 1
Total depth: 30.16 m
Surface Elevation: 32.29 m

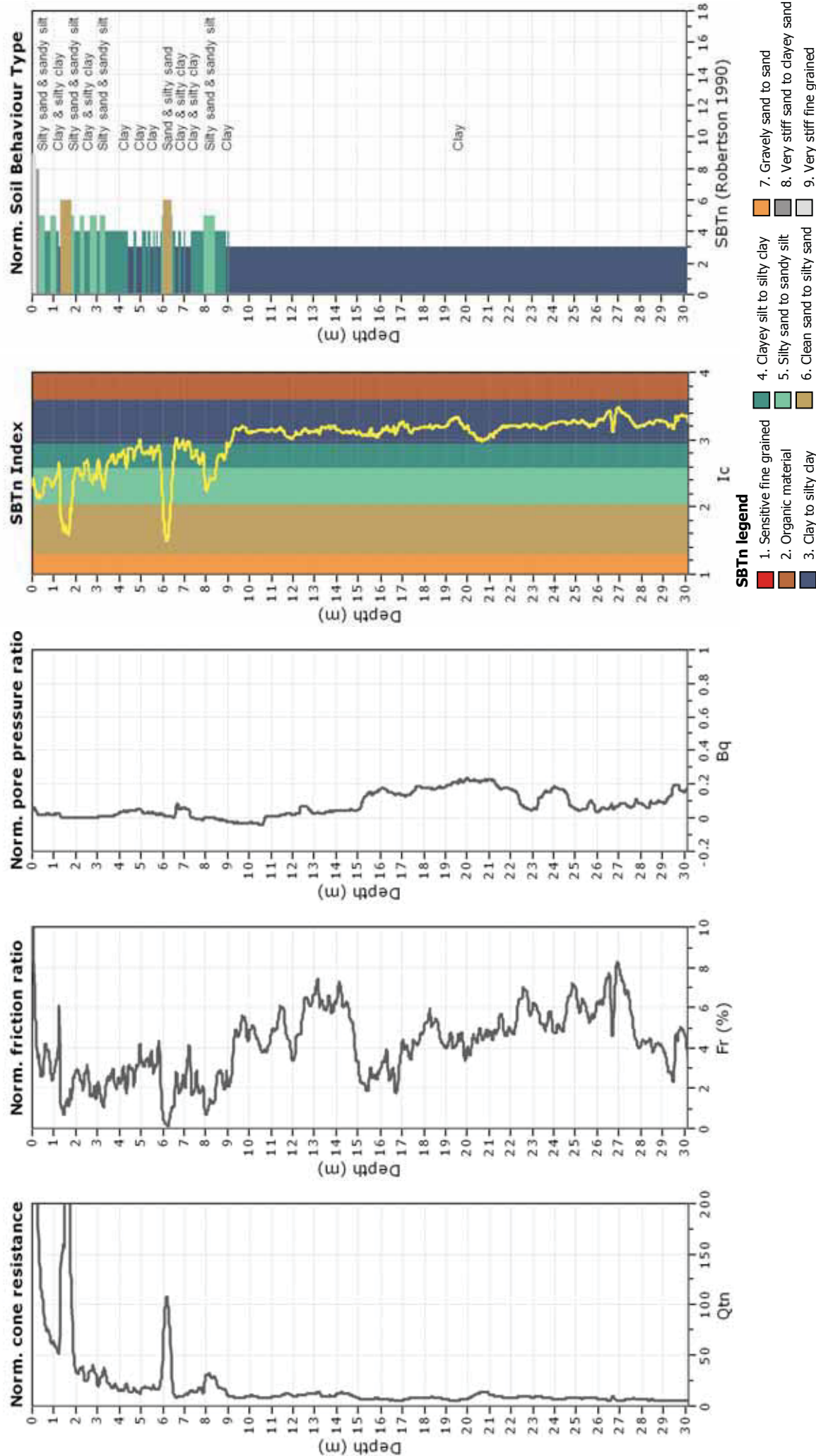




GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino

CPT: SCPTU 1
Total depth: 30.16 m, Date: 01/02/2016
Surface Elevation: 32.29 m

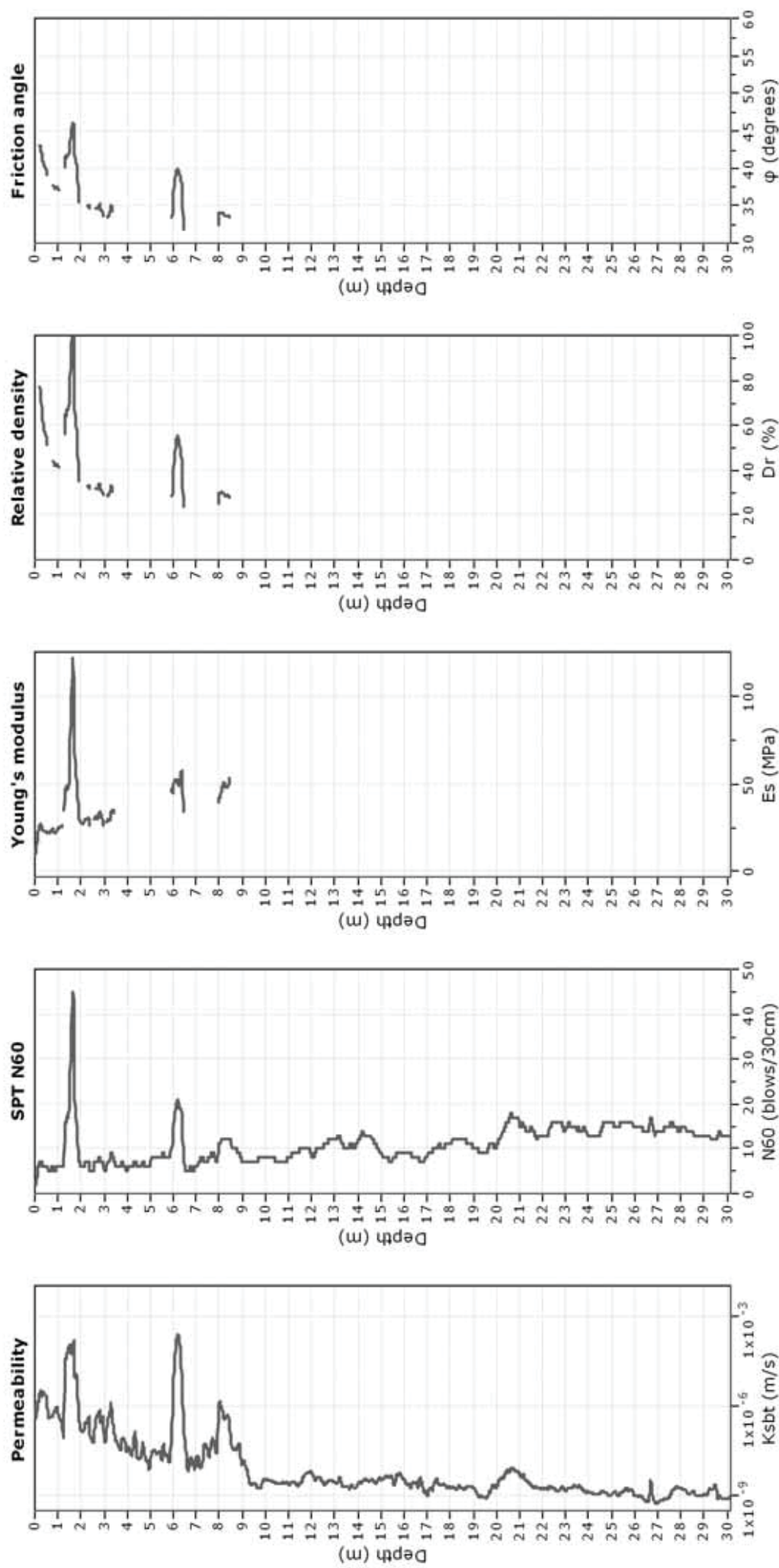




GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino

CPT: SCPTU 1
Total depth: 30.16 m
Surface Elevation: 32.29 m



Calculation parameters

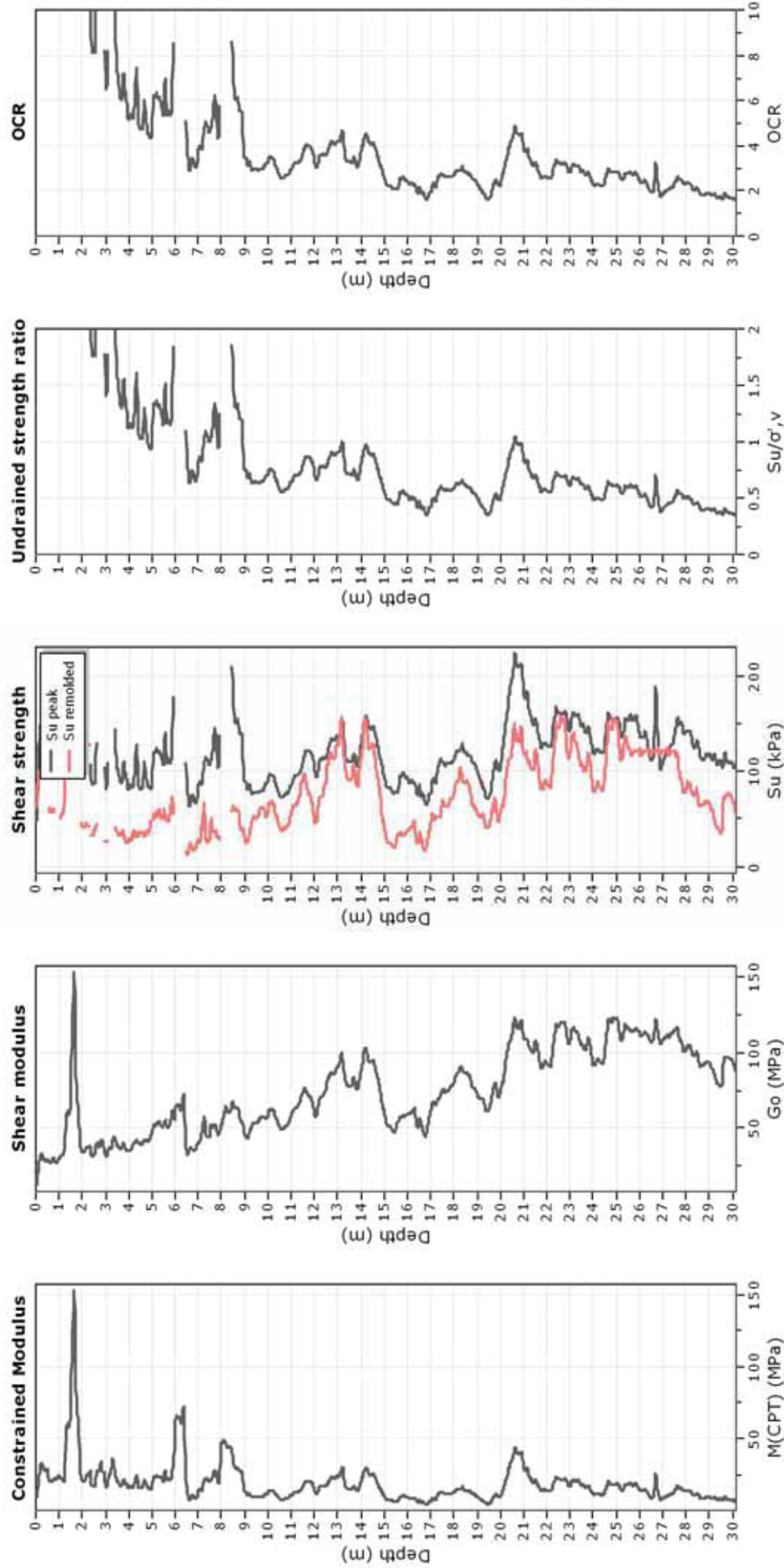
Permeability: Based on SBT_n
SPT N_{60} : Based on I_c and q_t
Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009) ● — User defined estimation data
Relative density constant, C_{Dr} : 350.0
Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)



GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

CPT: SCPTU 1
Total depth: 30.16 m
Surface Elevation: 32.29 m

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable α/ρ using I_r and Q_m (Robertson, 2009)
Go: Based on variable α/ρ using I_r (Robertson, 2009)
Undrained shear strength cone factor for clays, $N_{k,c}$: 14

OCR factor for clays, $N_{k,c}$: 0.33

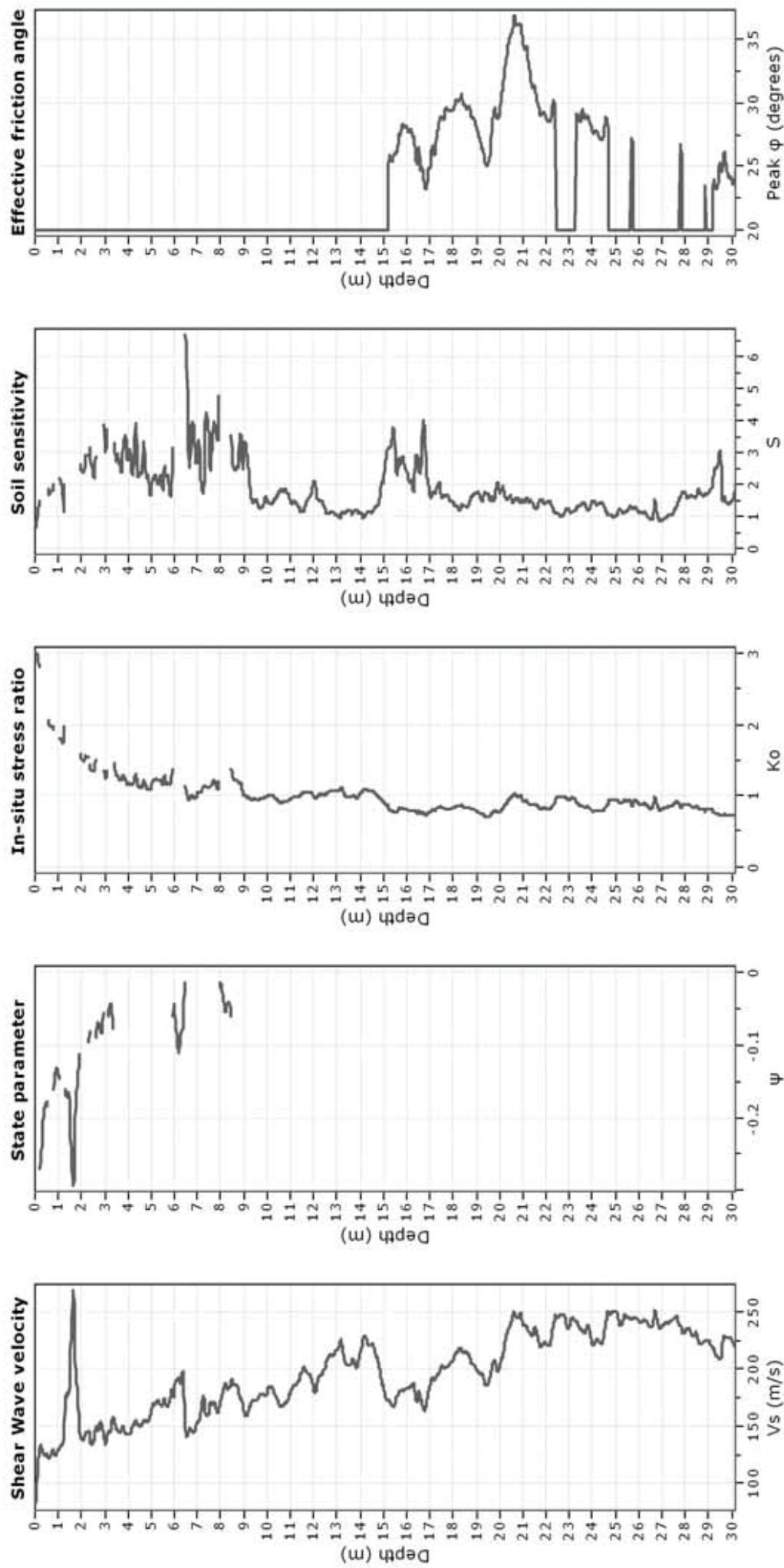
—●— User defined estimation data



GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

CPT: SCPTU 1
Total depth: 30.16 m
Surface Elevation: 32.29 m

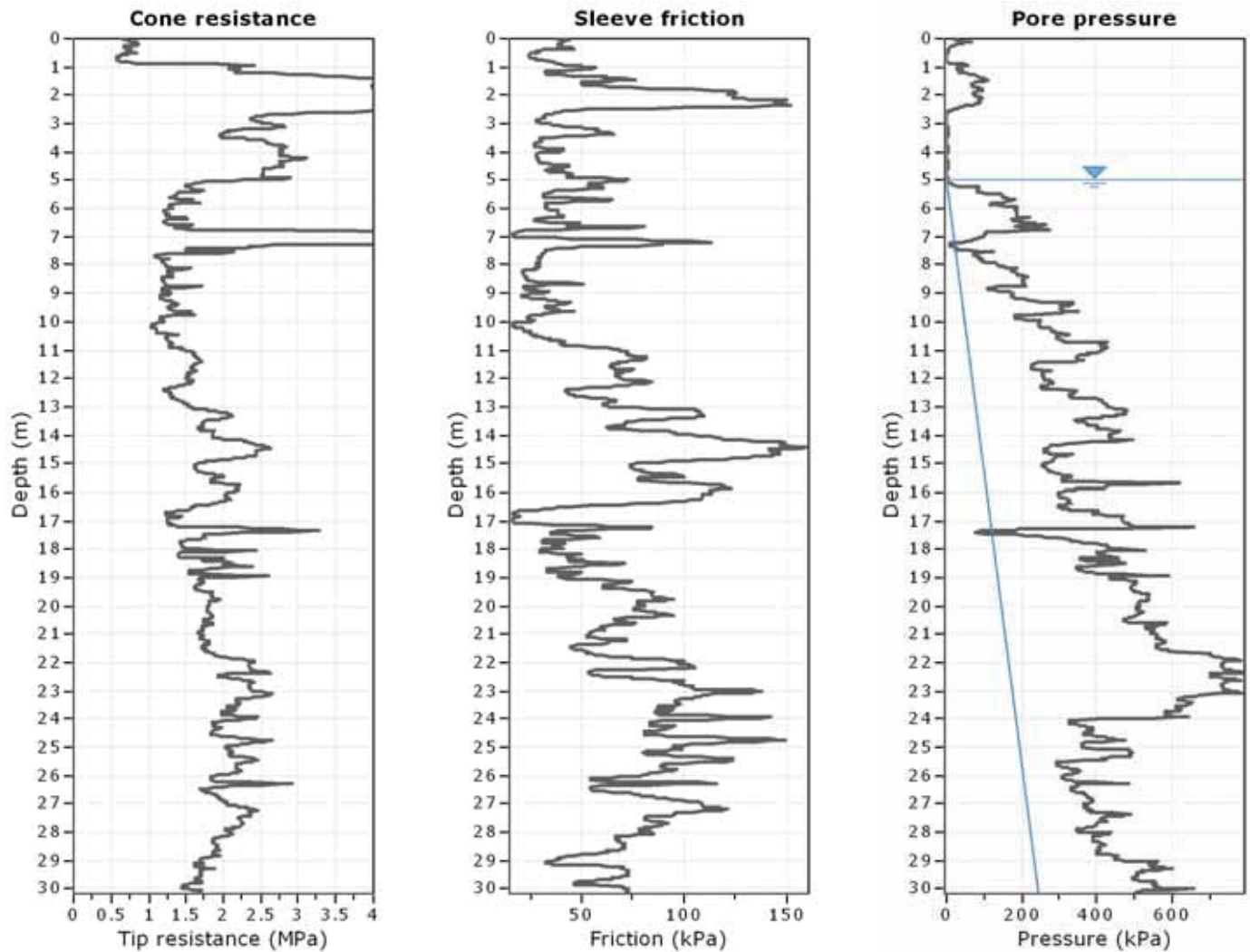
Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino



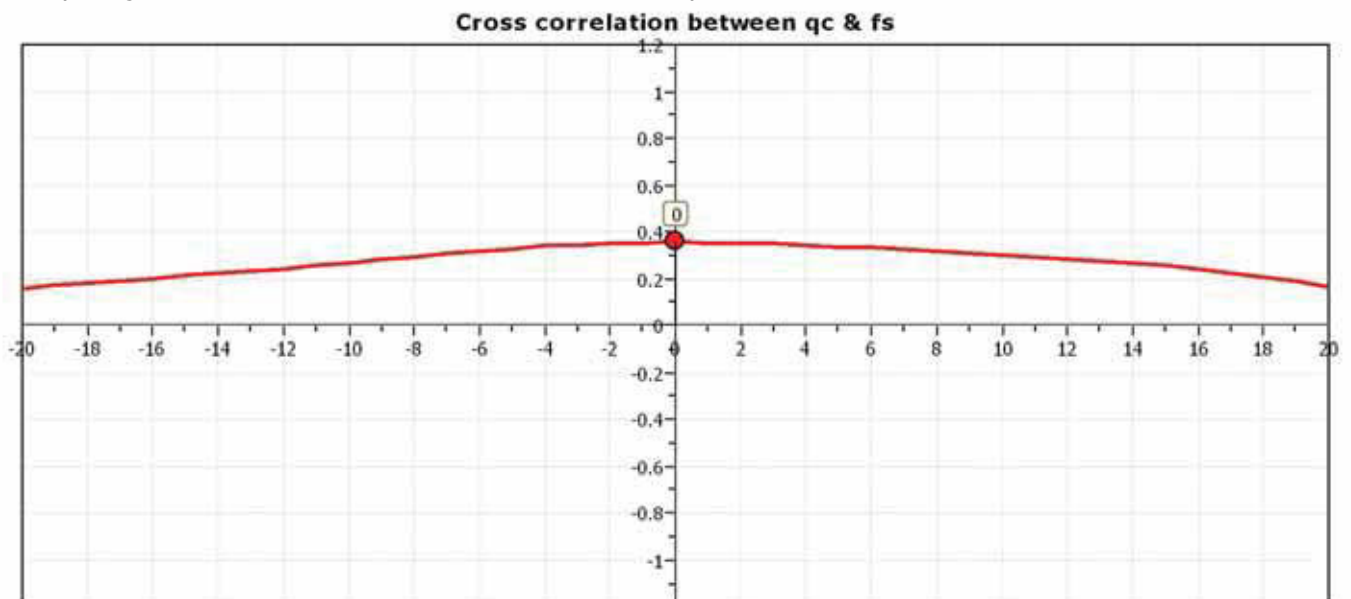
Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

—●— User defined estimation data



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



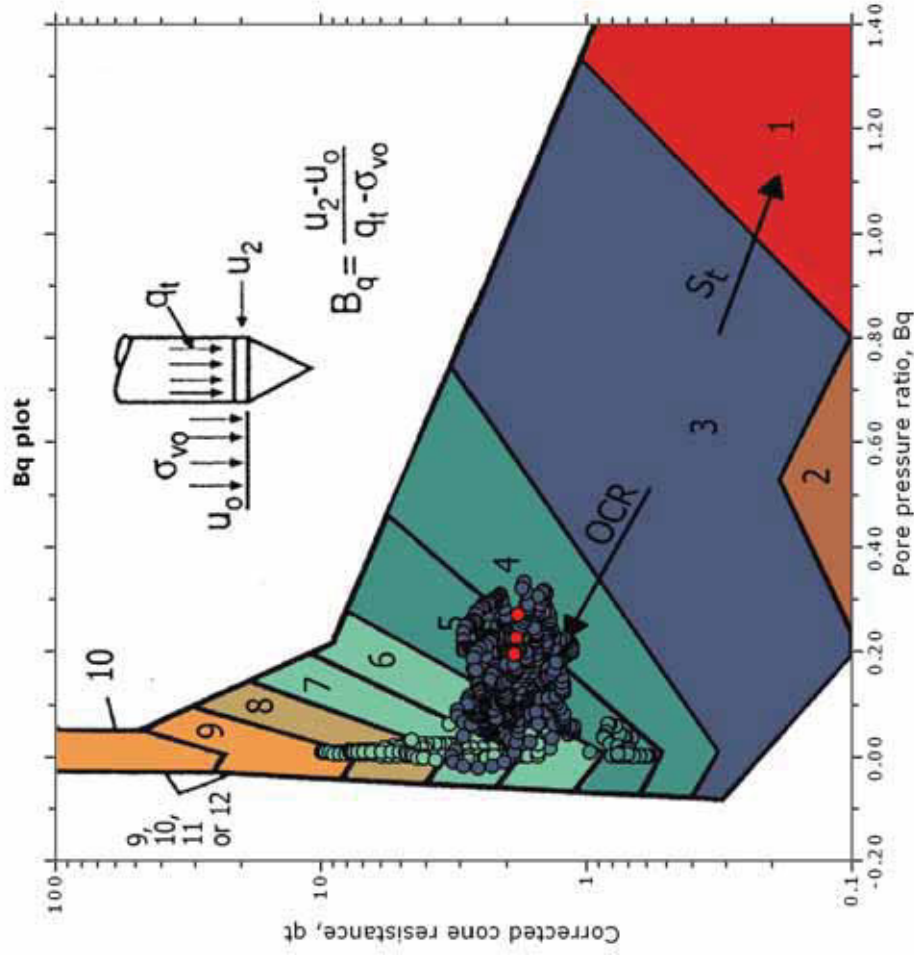
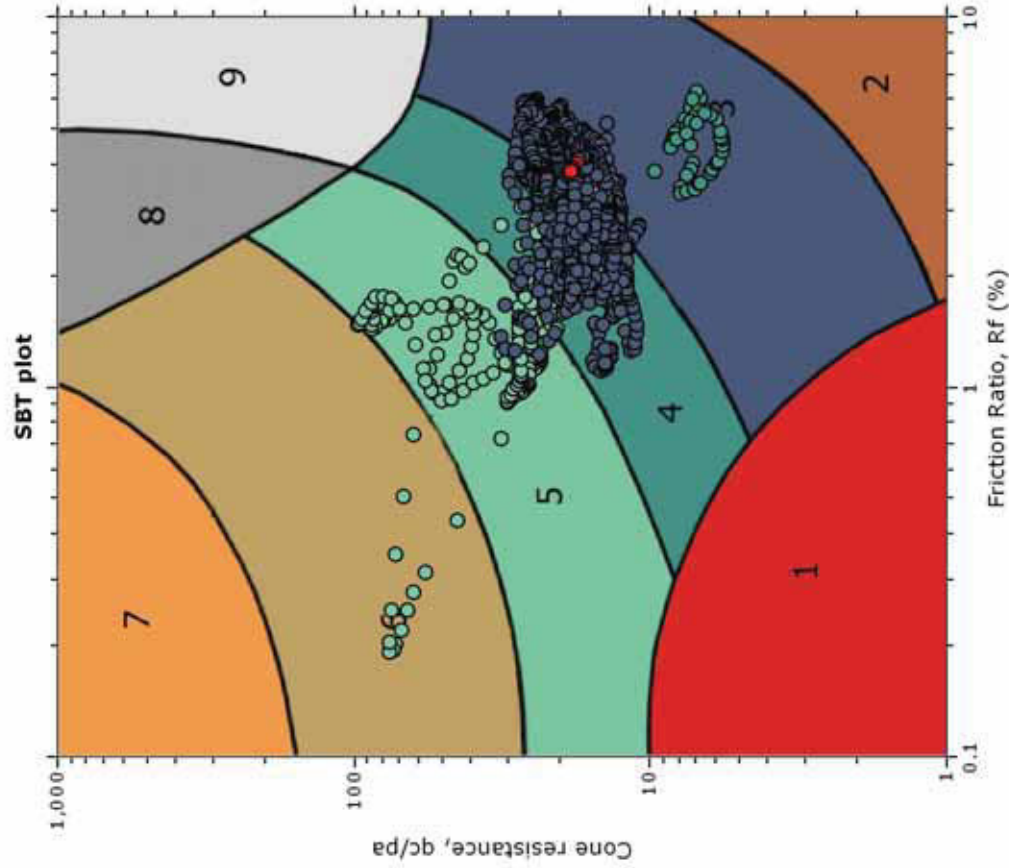


GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino

CPT: SCPTU 2
Total depth: 30.16 m
Surface Elevation: 34.26 m

SBT - Bq plots



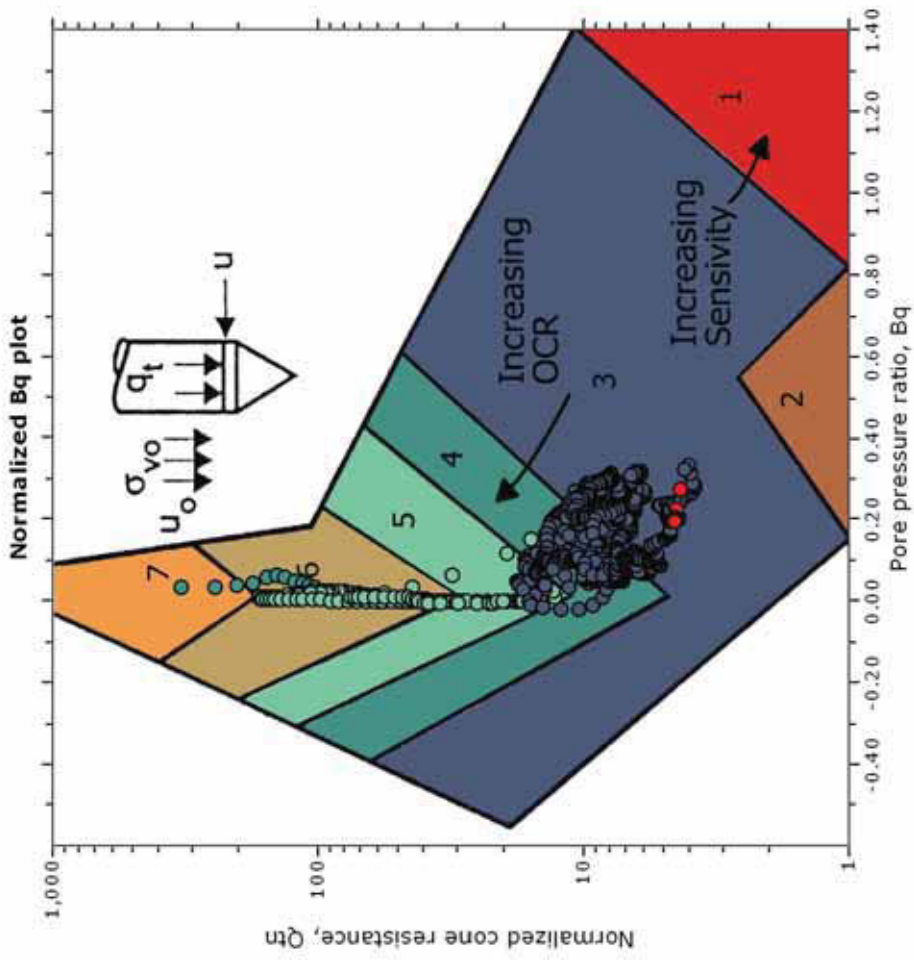
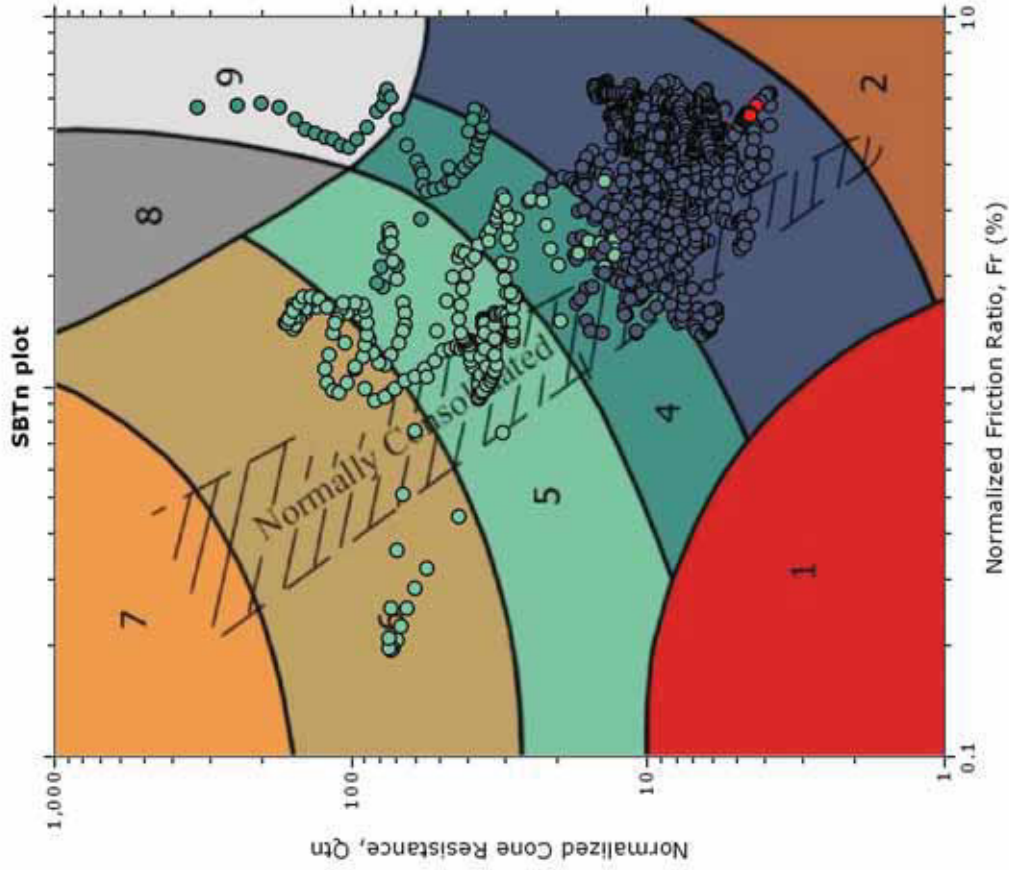


CPT: SCPTU 2

Total depth: 30.16 m, Date: 01/02/2016
Surface Elevation: 34.26 m

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino

SBT - Bq plots (normalized)



SBTn legend

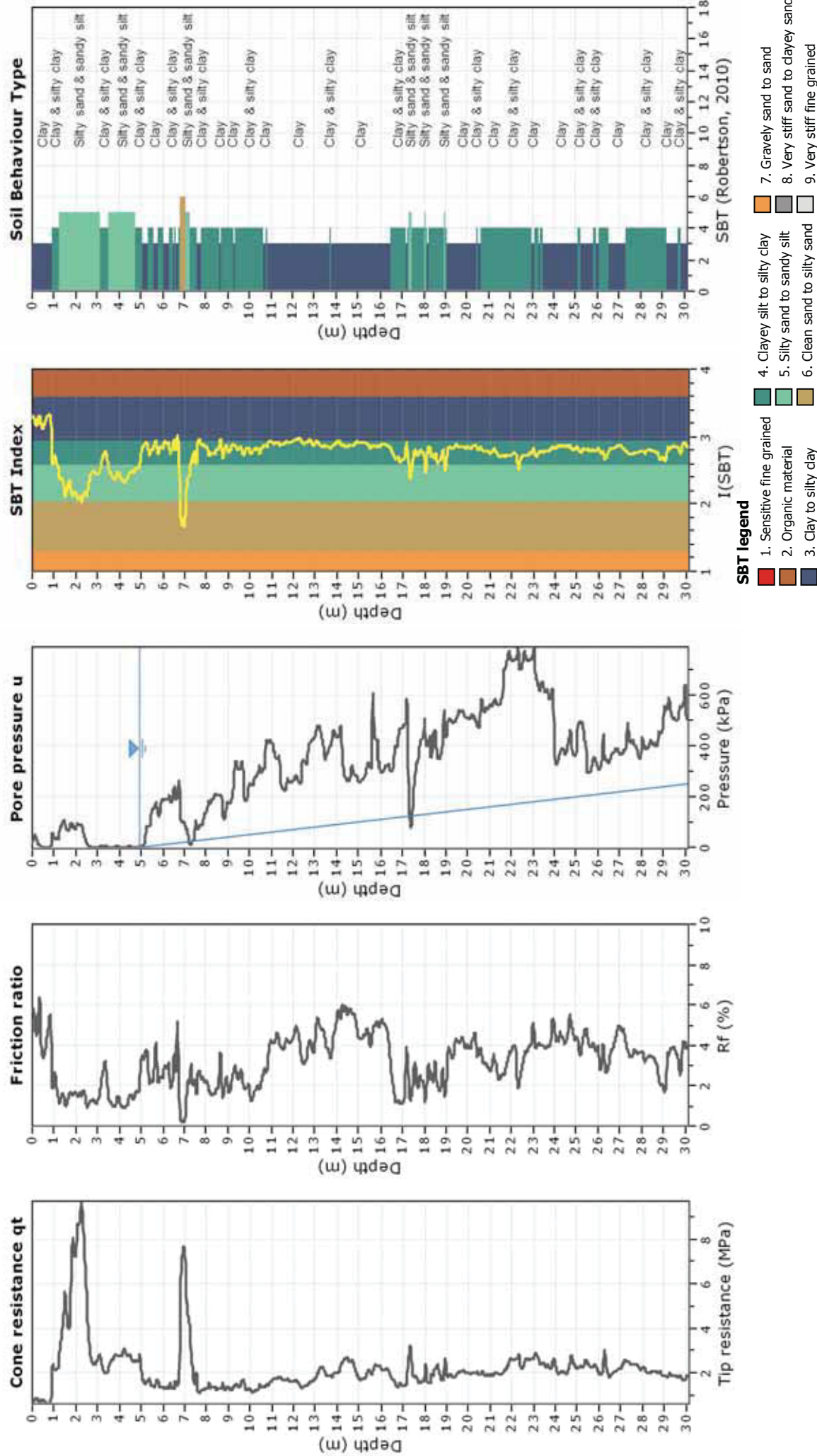
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty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



GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino

CPT: SCPTU 2
Total depth: 30.16 m
Surface Elevation: 34.26 m

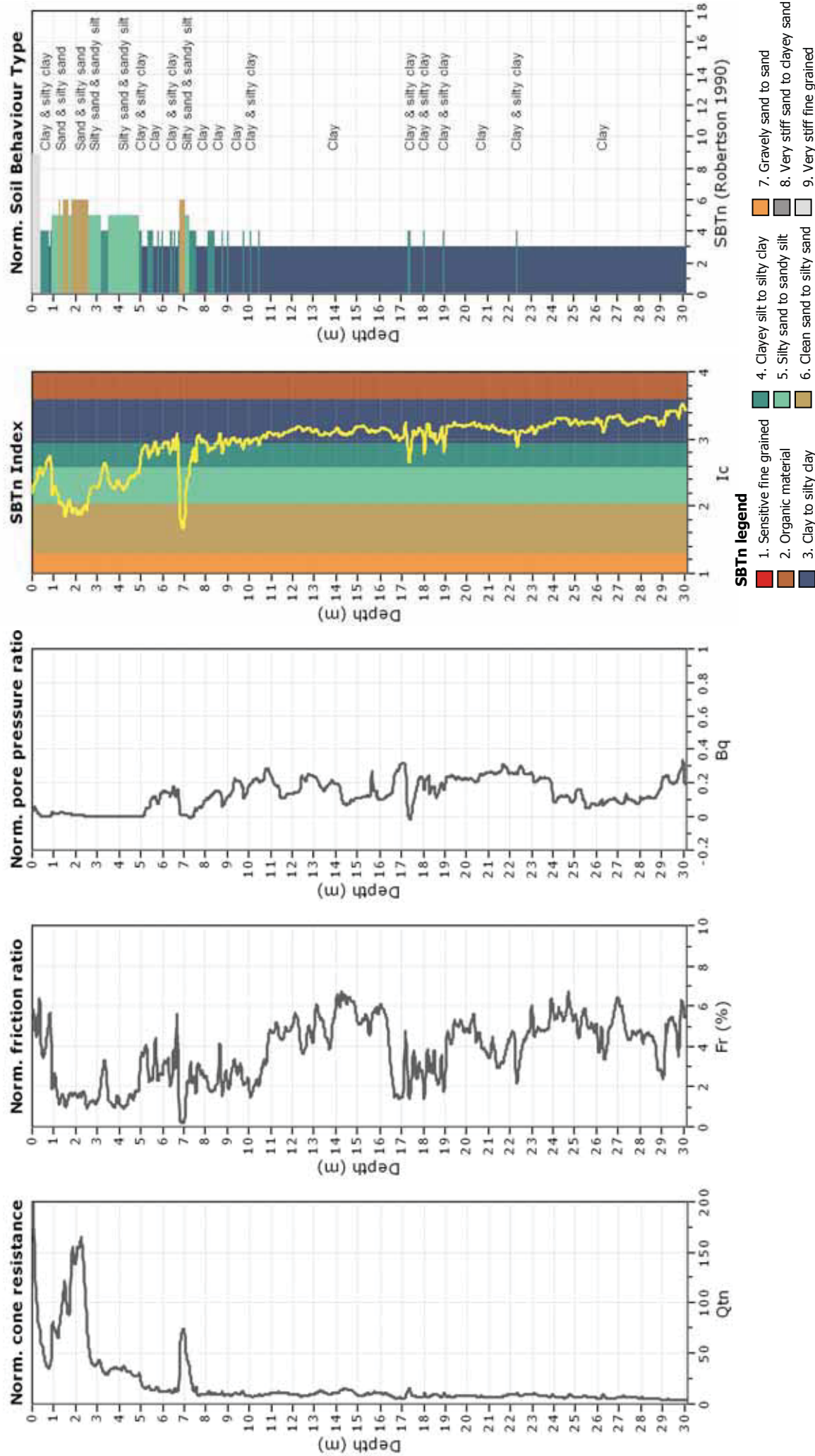




GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino

CPT: SCPTU 2
Total depth: 30.16 m, Date: 01/02/2016
Surface Elevation: 34.26 m

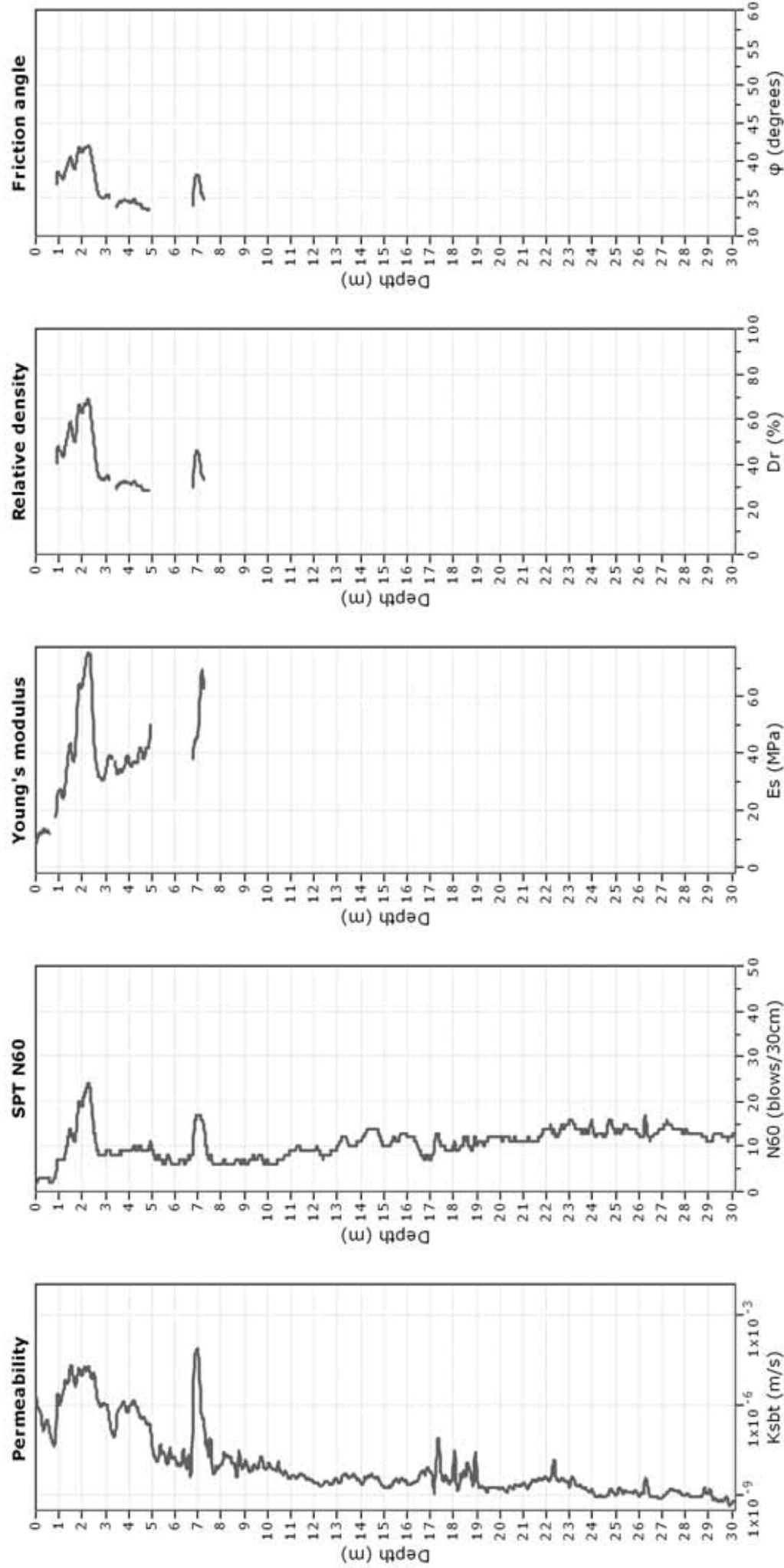




GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino

CPT: SCPTU 2
Total depth: 30.16 m
Surface Elevation: 34.26 m



Calculation parameters

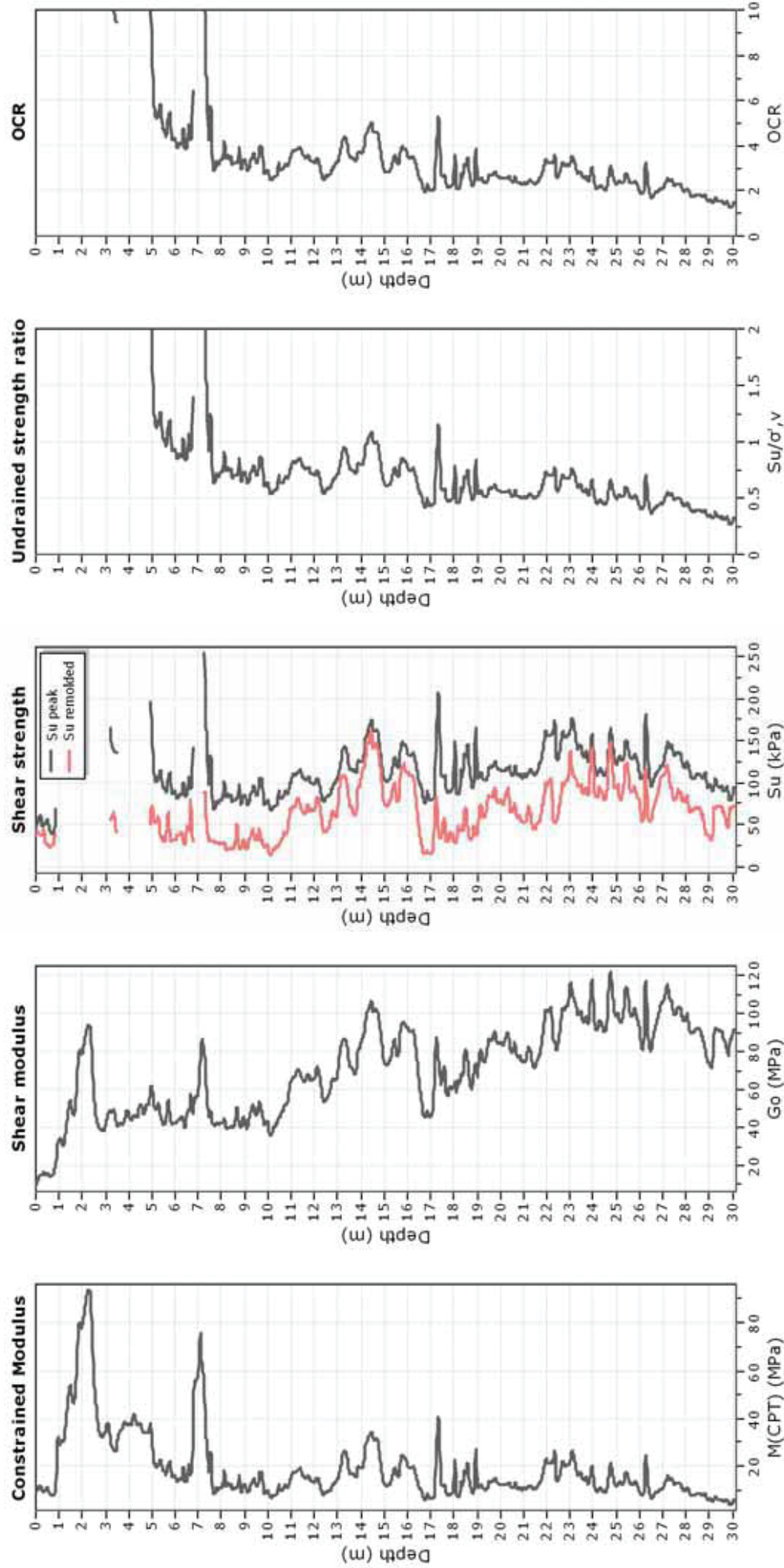
Permeability: Based on SBT_n
SPT N_{60} : Based on I_c and q_t
Young's modulus: Based on variable α using I_c (Robertson, 2009) ● — User defined estimation data
Relative density constant, C_{Dr} : 350.0
Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)



GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino

CPT: SCPTU 2
Total depth: 30.16 m
Surface Elevation: 34.26 m



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable α/ρ using I_1 and Q_m (Robertson, 2009)

G_0 : Based on variable α/ρ using I_1 (Robertson, 2009)

Undrained shear strength cone factor for clays, $N_{k,c}$: 14

OCR factor for clays, $N_{k,c}$: 0.33

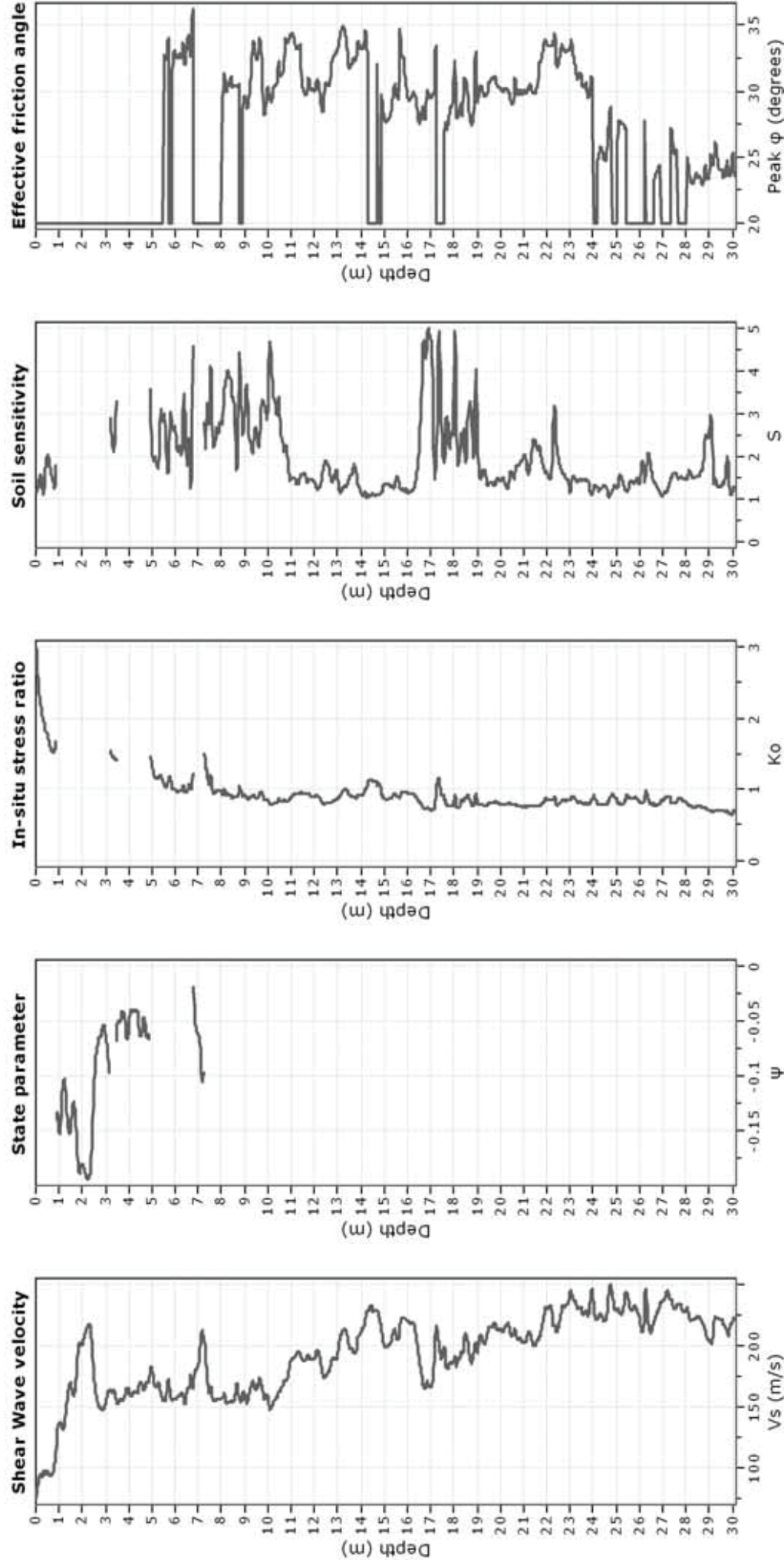
—●— User defined estimation data



GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

CPT: SCPTU 2
Total depth: 30.16 m
Surface Elevation: 34.26 m

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino



Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

—●— User defined estimation data



GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

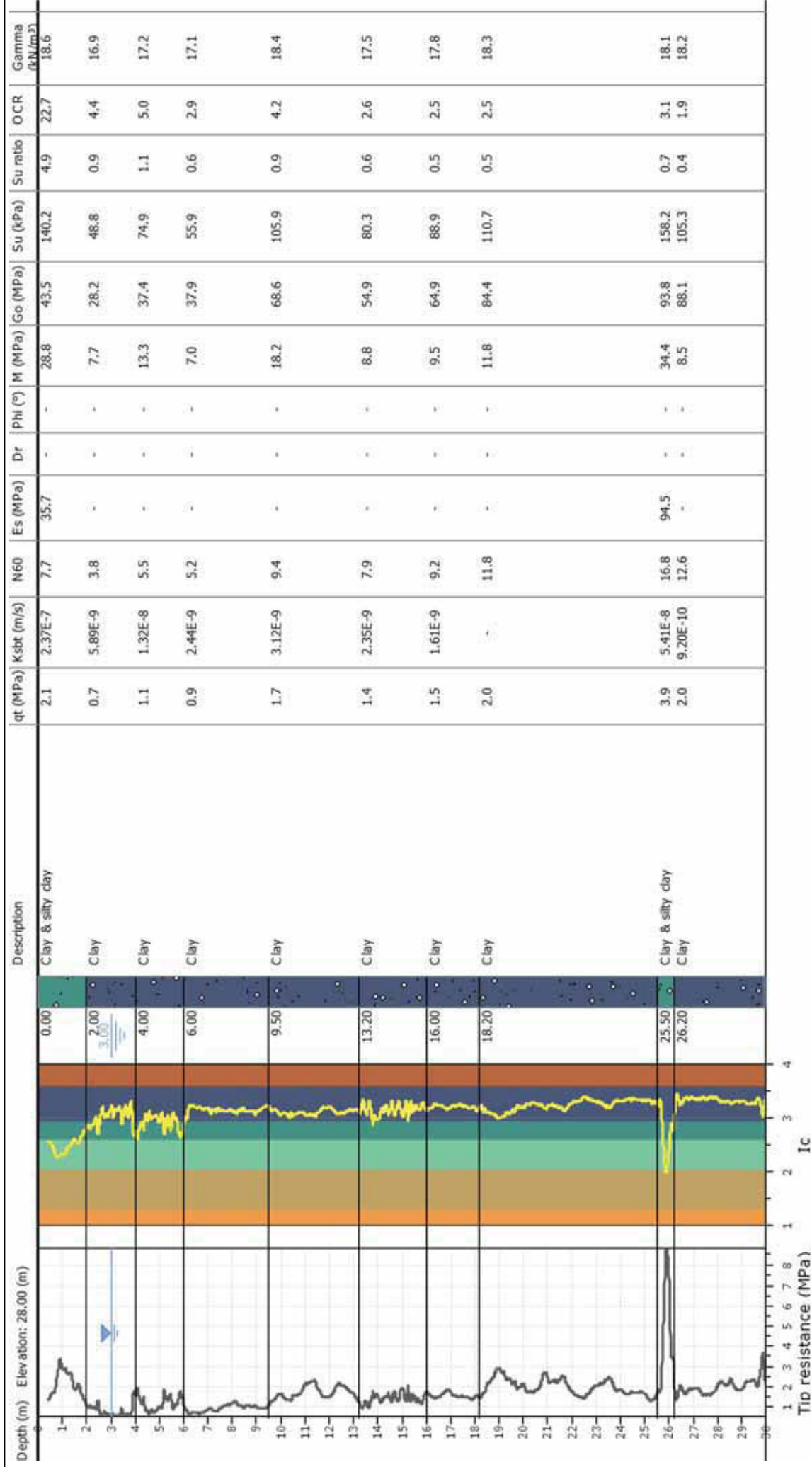
Project: Studio del terreno di fondazione

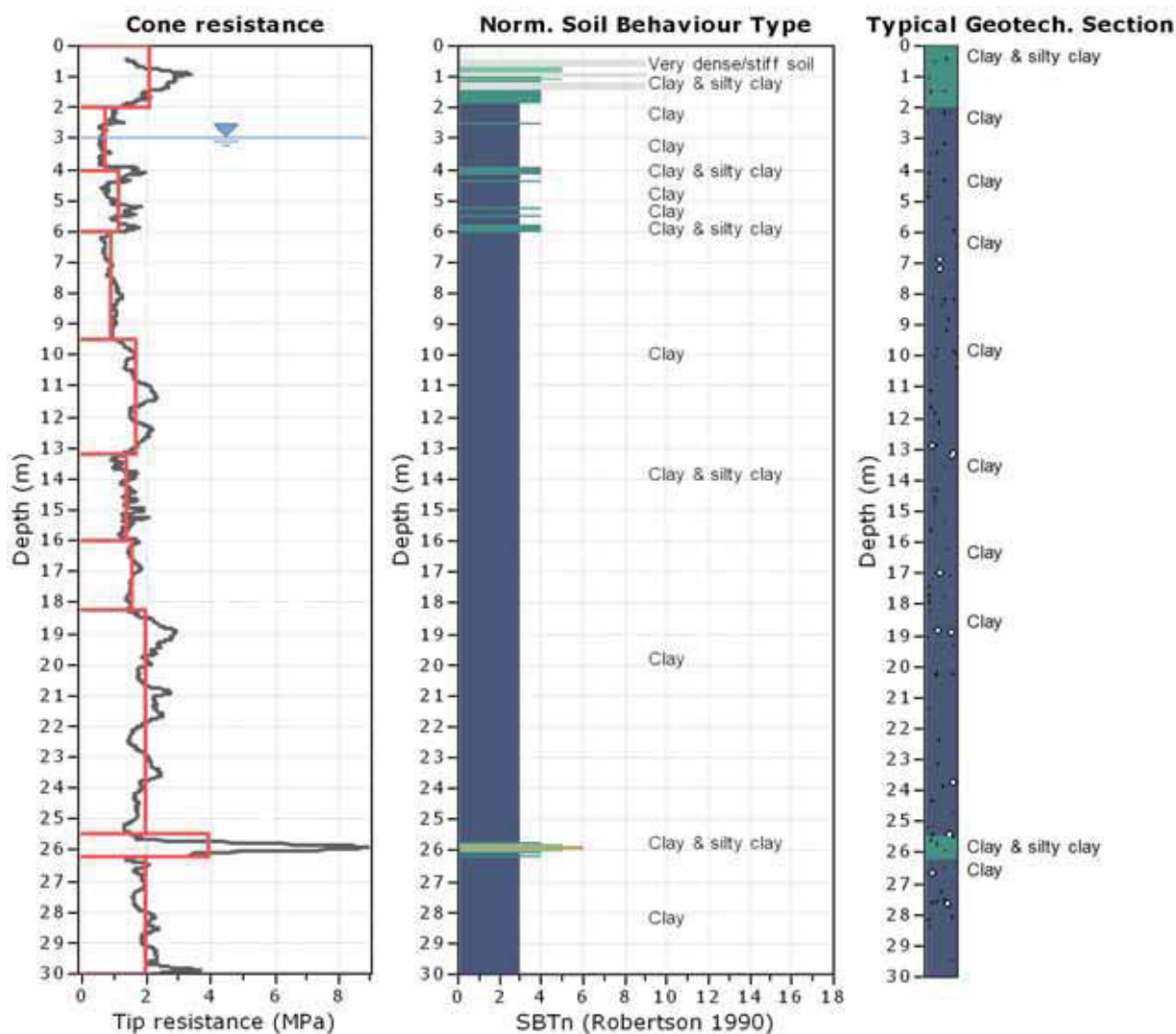
Location: Ponte Uccellino

CPT: CPTU 1

Total depth: 30.01 m

Surface Elevation: 28.00 m





Tabular results

::: Layer No: 1 :::

Code: 1 **Start depth: 0.00 (m), End depth: 2.00 (m)**

Description: Clay & silty clay

Basic results

Total cone resistance: 2.08 ± 0.62 MPa

Sleeve friction: 98.82 ± 24.94 kPa

SBT_n: 4

SBT_n description: Clay & silty clay

Estimation results

Permeability: $2.37E-07 \pm 3.65E-07$ m/s

N₆₀: 7.72 ± 1.84 blows

Es: 35.72 ± 6.91 MPa

Dr (%): 0.00 ± 0.00

ö (degrees): 0.00 ± 0.00 °

Unit weight: 18.55 ± 0.37 kN/m³

Constrained Mod.: 28.82 ± 8.64 MPa

Go: 43.52 ± 7.84 MPa

Su: 140.18 ± 44.20 kPa

Su ratio: 4.92 ± 2.05

O.C.R.: 22.72 ± 9.47

::: Layer No: 2 :::**Code: 2** **Start depth: 2.00 (m), End depth: 4.00 (m)****Description: Clay****Basic results**

Total cone resistance: 0.74 ±0.28 MPa

Sleeve friction: 32.22 ±12.27 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 5.89E-09 ±1.50E-08 m/s

N60: 3.79 ±1.06 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 16.87 ±0.49 kN/m³

Constrained Mod.: 7.73 ±4.97 MPa

Go: 28.17 ±4.99 MPa

Su: 48.78 ±20.13 kPa

Su ratio: 0.94 ±0.44

O.C.R.: 4.36 ±2.04

::: Layer No: 3 :::**Code: 3** **Start depth: 4.00 (m), End depth: 6.00 (m)****Description: Clay****Basic results**

Total cone resistance: 1.14 ±0.35 MPa

Sleeve friction: 38.62 ±16.00 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 1.32E-08 ±2.30E-08 m/s

N60: 5.54 ±1.24 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.24 ±0.51 kN/m³

Constrained Mod.: 13.34 ±5.95 MPa

Go: 37.39 ±7.16 MPa

Su: 74.95 ±25.12 kPa

Su ratio: 1.09 ±0.36

O.C.R.: 5.02 ±1.65

::: Layer No: 4 :::**Code: 4** **Start depth: 6.00 (m), End depth: 9.50 (m)****Description: Clay****Basic results**

Total cone resistance: 0.92 ±0.16 MPa

Sleeve friction: 35.81 ±12.40 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 2.44E-09 ±2.18E-09 m/s

N60: 5.21 ±0.91 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.07 ±0.43 kN/m³

Constrained Mod.: 6.96 ±2.59 MPa

Go: 37.87 ±6.48 MPa

Su: 55.90 ±10.81 kPa

Su ratio: 0.64 ±0.11

O.C.R.: 2.93 ±0.49

::: Layer No: 5 :::**Code: 5** **Start depth: 9.50 (m), End depth: 13.20 (m)****Description: Clay****Basic results**

Total cone resistance: 1.68 ±0.31 MPa

Sleeve friction: 93.08 ±30.80 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 3.12E-09 ±1.07E-09 m/s

N60: 9.35 ±1.60 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.40 ±0.44 kN/m³

Constrained Mod.: 18.15 ±5.90 MPa

Go: 68.58 ±11.82 MPa

Su: 105.87 ±21.46 kPa

Su ratio: 0.91 ±0.17

O.C.R.: 4.19 ±0.79

::: Layer No: 6 :::**Code: 6** **Start depth: 13.20 (m), End depth: 16.00 (m)****Description: Clay****Basic results**

Total cone resistance: 1.39 ±0.23 MPa

Sleeve friction: 44.25 ±17.71 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 2.35E-09 ±2.56E-09 m/s

N60: 7.89 ±1.11 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.48 ±0.48 kN/m³

Constrained Mod.: 8.81 ±3.76 MPa

Go: 54.93 ±8.90 MPa

Su: 80.33 ±16.41 kPa

Su ratio: 0.56 ±0.11

O.C.R.: 2.59 ±0.51

::: Layer No: 7 :::**Code: 7** **Start depth: 16.00 (m), End depth: 18.20 (m)****Description: Clay****Basic results**

Total cone resistance: 1.55 ±0.12 MPa

Sleeve friction: 58.14 ±14.10 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 1.61E-09 ±4.09E-10 m/s

N60: 9.17 ±0.70 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.83 ±0.31 kN/m³

Constrained Mod.: 9.48 ±2.19 MPa

Go: 64.92 ±5.86 MPa

Su: 88.90 ±9.02 kPa

Su ratio: 0.54 ±0.07

O.C.R.: 2.51 ±0.30

::: Layer No: 8 :::**Code: 8** **Start depth: 18.20 (m), End depth: 25.50 (m)****Description: Clay****Basic results**

Total cone resistance: 1.95 ±0.39 MPa

Sleeve friction: 82.19 ±32.45 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 0.00E+00 ±2.13E-09 m/s

N60: 11.78 ±1.77 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.32 ±0.56 kN/m³

Constrained Mod.: 11.82 ±7.94 MPa

Go: 84.37 ±14.29 MPa

Su: 110.65 ±29.19 kPa

Su ratio: 0.55 ±0.18

O.C.R.: 2.52 ±0.84

::: Layer No: 9 :::**Code: 9** **Start depth: 25.50 (m), End depth: 26.20 (m)****Description: Clay & silty clay****Basic results**

Total cone resistance: 3.95 ±2.67 MPa

Sleeve friction: 55.45 ±24.19 kPa

SBT_n: 4SBT_n description: Clay & silty clay**Estimation results**

Permeability: 5.41E-08 ±2.56E-06 m/s

N60: 16.82 ±5.36 blows

Es: 94.50 ±12.66 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.14 ±0.48 kN/m³

Constrained Mod.: 34.40 ±40.19 MPa

Go: 93.76 ±17.61 MPa

Su: 158.24 ±93.92 kPa

Su ratio: 0.67 ±0.41

O.C.R.: 3.10 ±1.87

::: Layer No: 10 :::**Code:** 10 **Start depth:** 26.20 (m), **End depth:** 30.00 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.98 ±0.38 MPa

Sleeve friction: 71.33 ±23.92 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 9.20E-10 ±1.78E-09 m/s

N60: 12.57 ±1.82 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.16 ±0.44 kN/m³

Constrained Mod.: 8.50 ±5.06 MPa

Go: 88.11 ±14.20 MPa

Su: 105.29 ±26.26 kPa

Su ratio: 0.41 ±0.09

O.C.R.: 1.90 ±0.43



Summary table of mean values

From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT _{N60} (blows/30cm)	E _s (MPa)	D _r	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G ₀ (MPa)	Undrained strength, S _u (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m ³)
0.00	2.00	2.37E-07 (±3.65E-07)	7.7 (±1.8)	35.7 (±6.9)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	28.8 (±8.6)	43.5 (±7.8)	140.2 (±44.2)	4.9 (±2.1)	22.7 (±9.5)	18.6 (±0.4)
2.00	2.00	5.89E-09 (±1.50E-08)	3.8 (±1.1)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	7.7 (±5.0)	28.2 (±5.0)	48.8 (±20.1)	0.9 (±0.4)	4.4 (±2.0)	16.9 (±0.5)
4.00	2.00	1.32E-08 (±2.30E-08)	5.5 (±1.2)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	13.3 (±6.0)	37.4 (±7.2)	74.9 (±25.1)	1.1 (±0.4)	5.0 (±1.6)	17.2 (±0.5)
6.00	3.50	2.44E-09 (±2.18E-09)	5.2 (±0.9)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	7.0 (±2.6)	37.9 (±6.5)	55.9 (±10.8)	0.6 (±0.1)	2.9 (±0.5)	17.1 (±0.4)
9.50	3.70	3.12E-09 (±1.07E-09)	9.4 (±1.6)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	18.2 (±5.9)	68.6 (±11.8)	105.9 (±21.5)	0.9 (±0.2)	4.2 (±0.8)	18.4 (±0.4)
13.20	2.80	2.35E-09 (±2.56E-09)	7.9 (±1.1)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	8.8 (±3.8)	54.9 (±8.9)	80.3 (±16.4)	0.6 (±0.1)	2.6 (±0.5)	17.5 (±0.5)
16.00	2.20	1.61E-09 (±4.09E-10)	9.2 (±0.7)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	9.5 (±2.2)	64.9 (±5.9)	88.9 (±9.0)	0.5 (±0.1)	2.5 (±0.3)	17.8 (±0.3)
18.20	7.30	0.00E+00 (±2.13E-09)	11.8 (±1.8)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	11.8 (±7.9)	84.4 (±14.3)	110.7 (±29.2)	0.5 (±0.2)	2.5 (±0.8)	18.3 (±0.6)
25.50	0.70	5.41E-08 (±2.56E-06)	16.8 (±5.4)	94.5 (±12.7)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	34.4 (±40.2)	93.8 (±17.6)	158.2 (±93.9)	0.7 (±0.4)	3.1 (±1.9)	18.1 (±0.5)
26.20	3.80	9.20E-10 (±1.78E-09)	12.6 (±1.8)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	8.5 (±5.1)	88.1 (±14.2)	105.3 (±26.3)	0.4 (±0.1)	1.9 (±0.4)	18.2 (±0.4)

Depth values presented in this table are measured from free ground surface

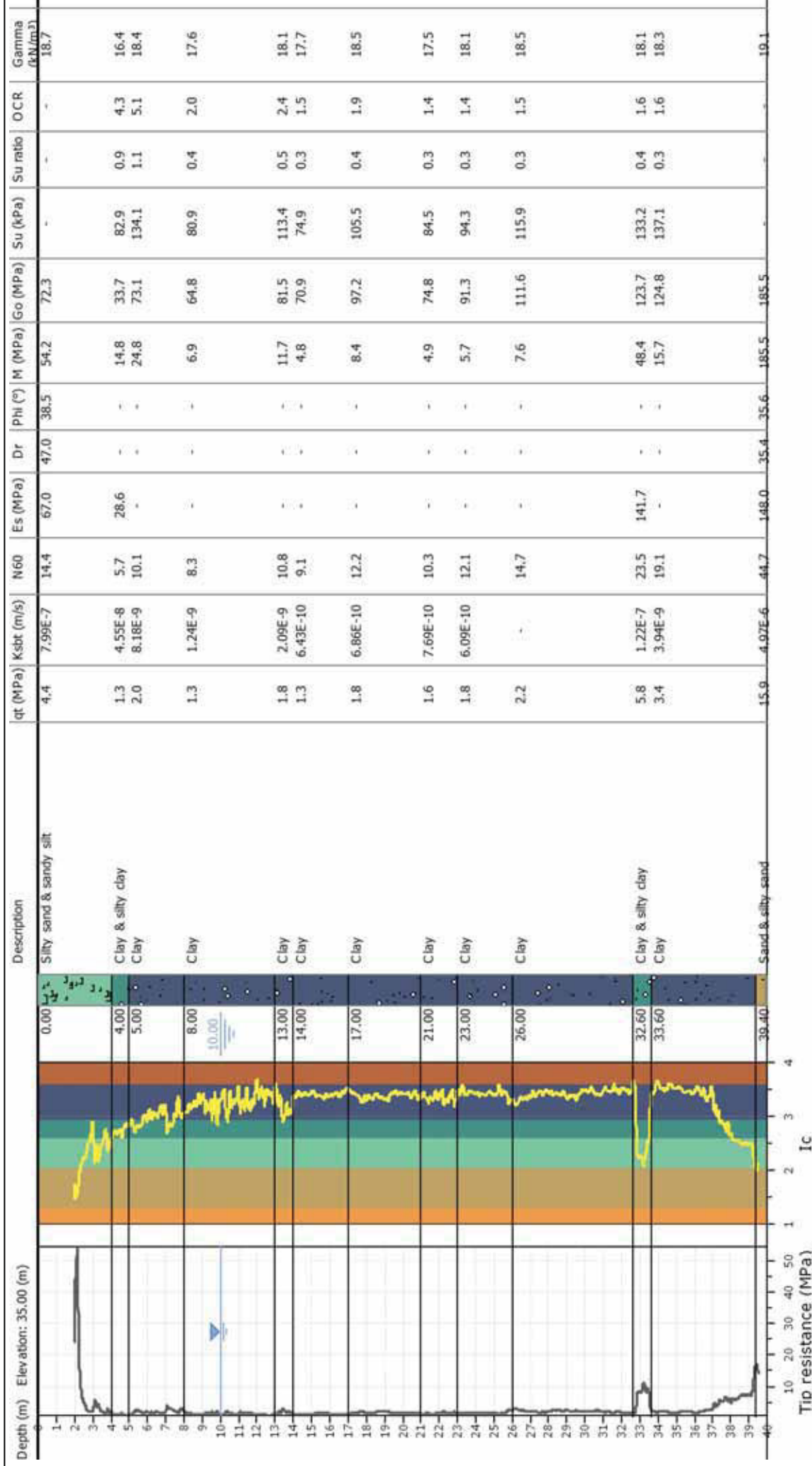


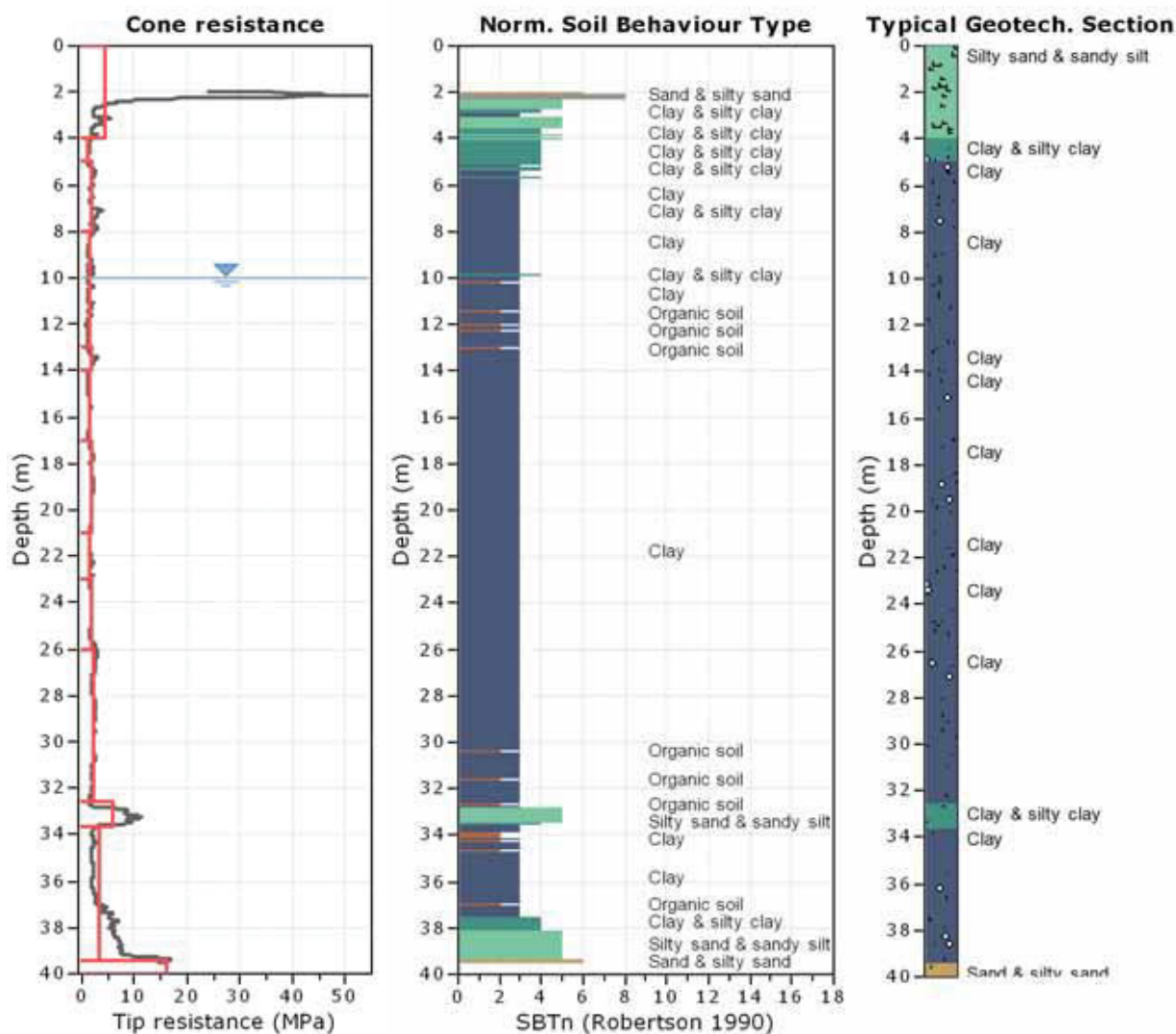
GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino

CPT: CPTU 2

Total depth: 39.53 m
Surface Elevation: 35.00 m





Tabular results

::: Layer No: 1 :::

Code: 1 **Start depth:** 0.00 (m), **End depth:** 4.00 (m)

Description: Silty sand & sandy silt

Basic results

Total cone resistance: 4.36 ± 13.89 MPa

Sleeve friction: 91.65 ± 251.42 kPa

SBT_n: 5

SBT_n description: Silty sand & sandy silt

Estimation results

Permeability: $7.99E-07 \pm 5.29E-05$ m/s

N₆₀: 14.37 ± 26.81 blows

Es: 67.01 ± 76.98 MPa

Dr (%): 47.03 ± 27.02

ö (degrees): 38.51 ± 5.25 °

Unit weight: 18.70 ± 1.45 kN/m³

Constrained Mod.: 54.19 ± 91.21 MPa

Go: 72.33 ± 83.85 MPa

Su: 0.00 ± 0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ± 0.00

O.C.R.: 0.00 ± 0.00

::: Layer No: 2 :::**Code: 2** **Start depth: 4.00 (m), End depth: 5.00 (m)****Description:** Clay & silty clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.27 ±0.22 MPa

Sleeve friction: 17.52 ±3.24 kPa

SBT_n: 4SBT_n description: Clay & silty clay**Estimation results**

Permeability: 4.55E-08 ±5.51E-08 m/s

N60: 5.68 ±0.54 blows

Es: 28.65 ±0.32 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 16.37 ±0.27 kN/m³

Constrained Mod.: 14.82 ±4.72 MPa

Go: 33.69 ±2.40 MPa

Su: 82.93 ±13.13 kPa

Su ratio: 0.93 ±0.18

O.C.R.: 4.30 ±0.83

::: Layer No: 3 :::**Code: 3** **Start depth: 5.00 (m), End depth: 8.00 (m)****Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 2.00 ±0.57 MPa

Sleeve friction: 89.91 ±41.53 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 8.18E-09 ±1.24E-08 m/s

N60: 10.13 ±2.49 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.43 ±0.65 kN/m³

Constrained Mod.: 24.76 ±9.00 MPa

Go: 73.06 ±17.86 MPa

Su: 134.13 ±40.07 kPa

Su ratio: 1.10 ±0.29

O.C.R.: 5.06 ±1.35

::: Layer No: 4 :::**Code: 4** **Start depth: 8.00 (m), End depth: 13.00 (m)****Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.34 ±0.33 MPa

Sleeve friction: 51.38 ±16.55 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 1.24E-09 ±2.81E-09 m/s

N60: 8.30 ±1.17 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.63 ±0.38 kN/m³

Constrained Mod.: 6.88 ±5.46 MPa

Go: 64.83 ±7.52 MPa

Su: 80.89 ±24.26 kPa

Su ratio: 0.43 ±0.16

O.C.R.: 2.01 ±0.73

::: Layer No: 5 :::**Code: 5** **Start depth: 13.00 (m), End depth: 14.00 (m)****Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.85 ±0.50 MPa

Sleeve friction: 67.81 ±15.58 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 2.09E-09 ±3.44E-09 m/s

N60: 10.78 ±1.71 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.07 ±0.33 kN/m³

Constrained Mod.: 11.75 ±8.33 MPa

Go: 81.49 ±9.45 MPa

Su: 113.38 ±35.81 kPa

Su ratio: 0.53 ±0.17

O.C.R.: 2.44 ±0.77

::: Layer No: 6 :::**Code: 6** **Start depth: 14.00 (m), End depth: 17.00 (m)****Description: Clay****Basic results**

Total cone resistance: 1.34 ±0.18 MPa

Sleeve friction: 53.51 ±18.75 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 6.43E-10 ±8.30E-11 m/s

N60: 9.07 ±1.11 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.68 ±0.42 kN/m³

Constrained Mod.: 4.78 ±1.70 MPa

Go: 70.87 ±10.30 MPa

Su: 74.92 ±12.77 kPa

Su ratio: 0.33 ±0.05

O.C.R.: 1.50 ±0.25

::: Layer No: 7 :::**Code: 7** **Start depth: 17.00 (m), End depth: 21.00 (m)****Description: Clay****Basic results**

Total cone resistance: 1.83 ±0.24 MPa

Sleeve friction: 94.83 ±27.51 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 6.86E-10 ±1.21E-10 m/s

N60: 12.17 ±1.39 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.46 ±0.39 kN/m³

Constrained Mod.: 8.41 ±2.93 MPa

Go: 97.24 ±12.46 MPa

Su: 105.50 ±17.22 kPa

Su ratio: 0.41 ±0.07

O.C.R.: 1.88 ±0.32

::: Layer No: 8 :::**Code: 8** **Start depth: 21.00 (m), End depth: 23.00 (m)****Description: Clay****Basic results**

Total cone resistance: 1.59 ±0.22 MPa

Sleeve friction: 42.10 ±15.65 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 7.69E-10 ±2.29E-10 m/s

N60: 10.35 ±1.20 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.47 ±0.41 kN/m³

Constrained Mod.: 4.92 ±1.98 MPa

Go: 74.84 ±10.10 MPa

Su: 84.51 ±15.11 kPa

Su ratio: 0.30 ±0.05

O.C.R.: 1.37 ±0.23

::: Layer No: 9 :::**Code: 9** **Start depth: 23.00 (m), End depth: 26.00 (m)****Description: Clay****Basic results**

Total cone resistance: 1.77 ±0.28 MPa

Sleeve friction: 67.56 ±19.61 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 6.09E-10 ±1.44E-10 m/s

N60: 12.12 ±1.52 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.05 ±0.38 kN/m³

Constrained Mod.: 5.72 ±2.62 MPa

Go: 91.28 ±12.27 MPa

Su: 94.28 ±19.47 kPa

Su ratio: 0.31 ±0.06

O.C.R.: 1.43 ±0.28

::: Layer No: 10 :::**Code: 10** **Start depth: 26.00 (m), End depth: 32.60 (m)****Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 2.17 ±0.29 MPa

Sleeve friction: 91.03 ±28.06 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 0.00E+00 ±6.65E-10 m/s

N60: 14.73 ±1.52 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.47 ±0.48 kN/m³

Constrained Mod.: 7.62 ±3.44 MPa

Go: 111.57 ±14.58 MPa

Su: 115.88 ±22.35 kPa

Su ratio: 0.34 ±0.08

O.C.R.: 1.55 ±0.36

::: Layer No: 11 :::**Code: 11** **Start depth: 32.60 (m), End depth: 33.60 (m)****Description:** Clay & silty clay**Basic results**

Total cone resistance: 5.85 ±3.38 MPa

Sleeve friction: 47.32 ±30.37 kPa

SBT_n: 4SBT_n description: Clay & silty clay**Estimation results**

Permeability: 1.22E-07 ±1.37E-06 m/s

N60: 23.51 ±7.52 blows

Es: 141.74 ±3.12 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.11 ±0.61 kN/m³

Constrained Mod.: 48.45 ±60.61 MPa

Go: 123.65 ±29.75 MPa

Su: 133.16 ±149.91 kPa

Su ratio: 0.35 ±0.39

O.C.R.: 1.63 ±1.81

::: Layer No: 12 :::**Code: 12** **Start depth: 33.60 (m), End depth: 39.40 (m)****Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 3.36 ±2.93 MPa

Sleeve friction: 70.23 ±37.48 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 3.94E-09 ±7.95E-07 m/s

N60: 19.12 ±6.83 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.35 ±0.53 kN/m³

Constrained Mod.: 15.70 ±46.84 MPa

Go: 124.85 ±26.42 MPa

Su: 137.05 ±99.58 kPa

Su ratio: 0.34 ±0.23

O.C.R.: 1.58 ±1.08

::: Layer No: 13 :::**Code: 13** **Start depth: 39.40 (m), End depth: 40.00 (m)****Description:** Sand & silty sand**Basic results**

Total cone resistance: 15.94 ±0.96 MPa

Sleeve friction: 80.30 ±2.38 kPa

SBT_n: 6SBT_n description: Sand & silty sand**Estimation results**

Permeability: 4.97E-06 ±1.81E-06 m/s

N60: 44.68 ±1.18 blows

Es: 147.98 ±0.86 MPa

Dr (%): 35.35 ±1.66

ö (degrees): 35.65 ±0.45 °

Unit weight: 19.10 ±0.02 kN/m³

Constrained Mod.: 185.47 ±1.07 MPa

Go: 185.47 ±1.07 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00



Summary table of mean values

From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT _{N60} (blows/30cm)	E _s (MPa)	D _r	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G ₀ (MPa)	Undrained strength, S _u (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m ³)
0.00	4.00	7.99E-07 (±5.29E-05)	14.4 (±26.8)	67.0 (±77.0)	47.0 (±27.0)	38.5 (±5.2)	54.2 (±91.2)	72.3 (±83.8)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	18.7 (±1.4)
4.00	1.00	4.55E-08 (±5.51E-08)	5.7 (±0.5)	28.6 (±0.3)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	14.8 (±4.7)	33.7 (±2.4)	82.9 (±13.1)	0.9 (±0.2)	4.3 (±0.8)	16.4 (±0.3)
5.00	3.00	8.18E-09 (±1.24E-08)	10.1 (±2.5)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	24.8 (±9.0)	73.1 (±17.9)	134.1 (±40.1)	1.1 (±0.3)	5.1 (±1.4)	18.4 (±0.6)
8.00	5.00	1.24E-09 (±2.81E-09)	8.3 (±1.2)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	6.9 (±5.5)	64.8 (±7.5)	80.9 (±24.3)	0.4 (±0.2)	2.0 (±0.7)	17.6 (±0.4)
13.00	1.00	2.09E-09 (±3.44E-09)	10.8 (±1.7)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	11.7 (±8.3)	81.5 (±9.5)	113.4 (±35.8)	0.5 (±0.2)	2.4 (±0.8)	18.1 (±0.3)
14.00	3.00	6.43E-10 (±8.30E-11)	9.1 (±1.1)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	4.8 (±1.7)	70.9 (±10.3)	74.9 (±12.8)	0.3 (±0.1)	1.5 (±0.2)	17.7 (±0.4)
17.00	4.00	6.86E-10 (±1.21E-10)	12.2 (±1.4)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	8.4 (±2.9)	97.2 (±12.5)	105.5 (±17.2)	0.4 (±0.1)	1.9 (±0.3)	18.5 (±0.4)
21.00	2.00	7.69E-10 (±2.29E-10)	10.3 (±1.2)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	4.9 (±2.0)	74.8 (±10.1)	84.5 (±15.1)	0.3 (±0.1)	1.4 (±0.2)	17.5 (±0.4)
23.00	3.00	6.09E-10 (±1.44E-10)	12.1 (±1.5)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	5.7 (±2.6)	91.3 (±12.3)	94.3 (±19.5)	0.3 (±0.1)	1.4 (±0.3)	18.1 (±0.4)
26.00	6.60	0.00E+00 (±6.65E-10)	14.7 (±1.5)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	7.6 (±3.4)	111.6 (±14.6)	115.9 (±22.3)	0.3 (±0.1)	1.5 (±0.4)	18.5 (±0.5)
32.60	1.00	1.22E-07 (±1.37E-06)	23.5 (±7.5)	141.7 (±3.1)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	48.4 (±60.6)	123.7 (±29.7)	133.2 (±149.9)	0.4 (±0.4)	1.6 (±1.8)	18.1 (±0.6)



Summary table of mean values

From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT _{N60} (blows/30cm)	E _s (MPa)	D _r	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G ₀ (MPa)	Undrained strength, S _u (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m ³)
33.60	5.80	3.94E-09 (±7.95E-07)	19.1 (±6.8)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	15.7 (±46.8)	124.8 (±26.4)	137.1 (±99.6)	0.3 (±0.2)	1.6 (±1.1)	18.3 (±0.5)
39.40	0.60	4.97E-06 (±1.81E-06)	44.7 (±1.2)	148.0 (±0.9)	35.4 (±1.7)	35.6 (±0.5)	185.5 (±1.1)	185.5 (±1.1)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	19.1 (±0.0)

Depth values presented in this table are measured from free ground surface

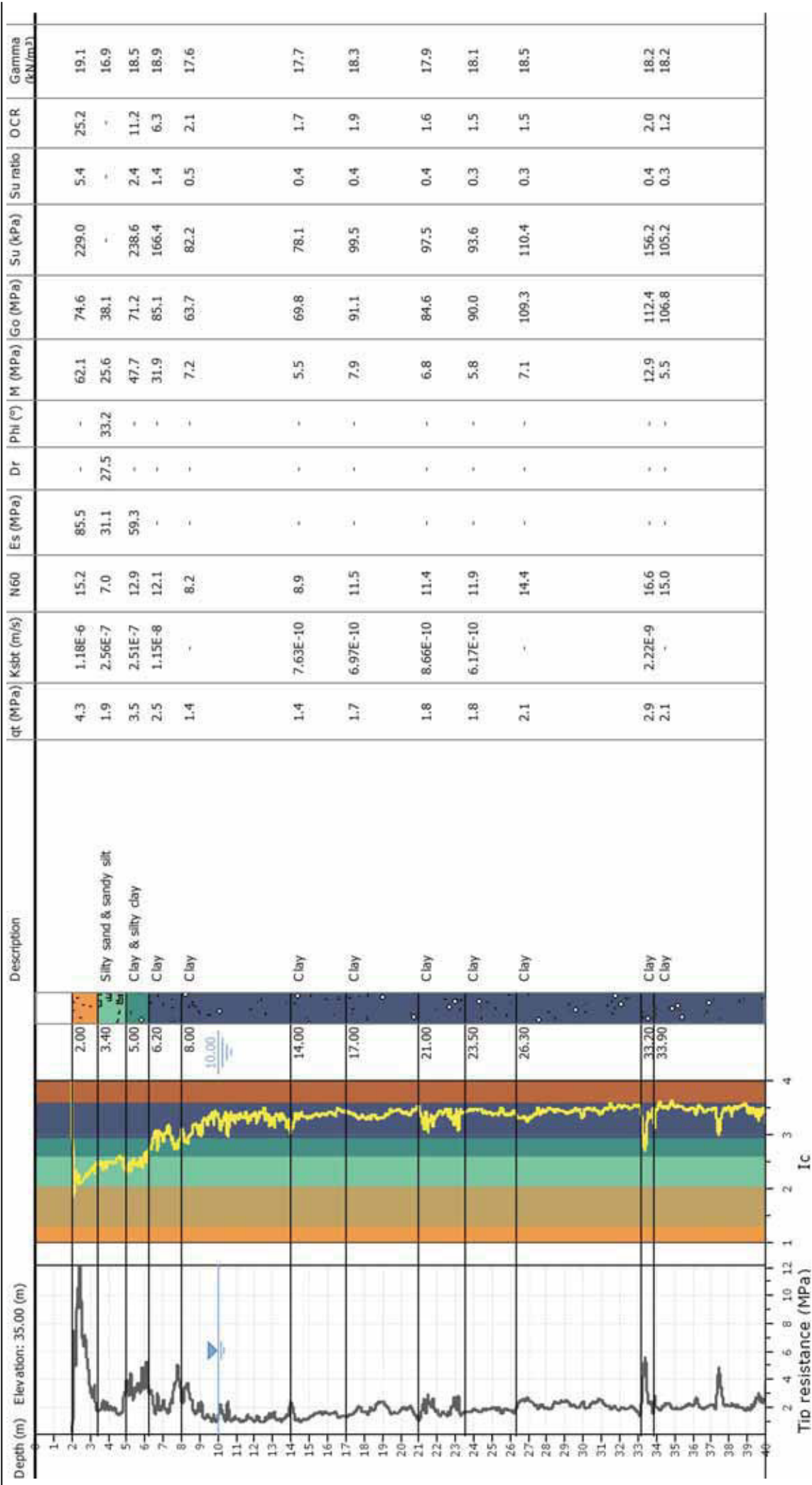


GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

CPT: CPTU 3

Total depth: 40.25 m
Surface Elevation: 35.00 m

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino





O.C.R.: 25.17 ±30.06

::: Layer No: 2 :::**Code: 2** **Start depth: 3.40 (m), End depth: 5.00 (m)****Description:** Silty sand & sandy silt**Basic results**

Total cone resistance: 1.90 ±0.48 MPa

Sleeve friction: 25.13 ±8.76 kPa

SBT_n: 5SBT_n description: Silty sand & sandy silt**Estimation results**

Permeability: 2.56E-07 ±1.45E-07 m/s

N60: 6.98 ±1.41 blows

Es: 31.12 ±5.41 MPa

Dr (%): 27.51 ±2.47

ö (degrees): 33.24 ±0.84 °

Unit weight: 16.94 ±0.41 kN/m³

Constrained Mod.: 25.62 ±6.63 MPa

Go: 38.13 ±6.55 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

::: Layer No: 3 :::**Code: 3** **Start depth: 5.00 (m), End depth: 6.20 (m)****Description:** Clay & silty clay**Basic results**

Total cone resistance: 3.50 ±0.66 MPa

Sleeve friction: 77.68 ±34.76 kPa

SBT_n: 4SBT_n description: Clay & silty clay**Estimation results**

Permeability: 2.51E-07 ±1.81E-07 m/s

N60: 12.94 ±2.30 blows

Es: 59.34 ±14.33 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.48 ±0.47 kN/m³

Constrained Mod.: 47.66 ±9.13 MPa

Go: 71.22 ±13.87 MPa

Su: 238.60 ±54.39 kPa

Su ratio: 2.42 ±0.46

O.C.R.: 11.16 ±2.15

::: Layer No: 4 :::**Code: 4** **Start depth: 6.20 (m), End depth: 8.00 (m)****Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 2.46 ±0.94 MPa

Sleeve friction: 121.81 ±59.79 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 1.15E-08 ±1.55E-08 m/s

N60: 12.06 ±3.73 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.86 ±0.56 kN/m³

Constrained Mod.: 31.89 ±13.60 MPa

Go: 85.12 ±22.51 MPa

Su: 166.41 ±66.57 kPa

Su ratio: 1.37 ±0.50

O.C.R.: 6.33 ±2.29

::: Layer No: 5 :::**Code: 5** **Start depth: 8.00 (m), End depth: 14.00 (m)****Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.36 ±0.62 MPa

Sleeve friction: 50.19 ±42.48 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 0.00E+00 ±4.02E-09 m/s

N60: 8.21 ±2.60 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.61 ±0.75 kN/m³

Constrained Mod.: 7.18 ±11.72 MPa

Go: 63.69 ±17.29 MPa

Su: 82.21 ±45.71 kPa

Su ratio: 0.46 ±0.34

O.C.R.: 2.12 ±1.57

::: Layer No: 6 :::**Code: 6** **Start depth: 14.00 (m), End depth: 17.00 (m)****Description: Clay****Basic results**

Total cone resistance: 1.37 ±0.26 MPa

Sleeve friction: 53.26 ±24.59 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 7.63E-10 ±4.63E-10 m/s

N60: 8.89 ±1.52 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.68 ±0.64 kN/m³

Constrained Mod.: 5.51 ±3.04 MPa

Go: 69.78 ±13.70 MPa

Su: 78.08 ±18.12 kPa

Su ratio: 0.36 ±0.09

O.C.R.: 1.66 ±0.40

::: Layer No: 7 :::**Code: 7** **Start depth: 17.00 (m), End depth: 21.00 (m)****Description: Clay****Basic results**

Total cone resistance: 1.73 ±0.30 MPa

Sleeve friction: 86.67 ±32.16 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 6.97E-10 ±1.32E-10 m/s

N60: 11.52 ±1.77 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.33 ±0.50 kN/m³

Constrained Mod.: 7.88 ±3.66 MPa

Go: 91.06 ±15.41 MPa

Su: 99.46 ±21.58 kPa

Su ratio: 0.40 ±0.09

O.C.R.: 1.87 ±0.41

::: Layer No: 8 :::**Code: 8** **Start depth: 21.00 (m), End depth: 23.50 (m)****Description: Clay****Basic results**

Total cone resistance: 1.77 ±0.43 MPa

Sleeve friction: 60.18 ±23.33 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 8.66E-10 ±7.83E-10 m/s

N60: 11.42 ±1.96 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.92 ±0.51 kN/m³

Constrained Mod.: 6.81 ±5.19 MPa

Go: 84.65 ±15.21 MPa

Su: 97.49 ±31.18 kPa

Su ratio: 0.36 ±0.12

O.C.R.: 1.65 ±0.53

::: Layer No: 9 :::**Code: 9** **Start depth: 23.50 (m), End depth: 26.30 (m)****Description: Clay****Basic results**

Total cone resistance: 1.75 ±0.10 MPa

Sleeve friction: 67.96 ±12.46 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 6.17E-10 ±7.15E-11 m/s

N60: 11.86 ±0.62 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.06 ±0.22 kN/m³

Constrained Mod.: 5.81 ±0.89 MPa

Go: 89.99 ±5.67 MPa

Su: 93.58 ±7.21 kPa

Su ratio: 0.32 ±0.03

O.C.R.: 1.46 ±0.12

::: Layer No: 10 :::**Code: 10** **Start depth: 26.30 (m), End depth: 33.20 (m)****Description: Clay****Basic results**

Total cone resistance: 2.09 ±0.25 MPa

Sleeve friction: 91.99 ±26.06 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 0.00E+00 ±6.09E-10 m/s

N60: 14.37 ±1.36 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.47 ±0.39 kN/m³

Constrained Mod.: 7.10 ±2.84 MPa

Go: 109.28 ±12.99 MPa

Su: 110.44 ±19.57 kPa

Su ratio: 0.33 ±0.07

O.C.R.: 1.52 ±0.32

::: Layer No: 11 :::**Code: 11** **Start depth: 33.20 (m), End depth: 33.90 (m)****Description: Clay****Basic results**

Total cone resistance: 2.85 ±1.33 MPa

Sleeve friction: 66.97 ±25.41 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 2.22E-09 ±1.53E-08 m/s

N60: 16.62 ±4.32 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.23 ±0.58 kN/m³

Constrained Mod.: 12.94 ±22.75 MPa

Go: 112.44 ±23.88 MPa

Su: 156.20 ±96.15 kPa

Su ratio: 0.42 ±0.26

O.C.R.: 1.95 ±1.21

::: Layer No: 12 :::**Code: 12** **Start depth: 33.90 (m), End depth: 40.00 (m)****Description: Clay****Basic results**

Total cone resistance: 2.15 ±0.47 MPa

Sleeve friction: 69.37 ±24.98 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 0.00E+00 ±1.00E-09 m/s

N60: 14.96 ±2.07 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.16 ±0.43 kN/m³

Constrained Mod.: 5.45 ±5.28 MPa

Go: 106.82 ±16.47 MPa

Su: 105.19 ±32.88 kPa

Su ratio: 0.26 ±0.08

O.C.R.: 1.22 ±0.37



Summary table of mean values

From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT _{N60} (blows/30cm)	E _s (MPa)	D _r	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G ₀ (MPa)	Undrained strength, S _u (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m ³)
2.00	1.40	1.18E-06 (±3.15E-06)	15.2 (±8.5)	85.5 (±30.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	62.1 (±41.3)	74.6 (±36.8)	229.0 (±333.6)	5.4 (±6.5)	25.2 (±30.1)	19.1 (±1.3)
3.40	1.60	2.56E-07 (±1.45E-07)	7.0 (±1.4)	31.1 (±5.4)	27.5 (±2.5)	33.2 (±0.8)	25.6 (±6.6)	38.1 (±6.5)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	16.9 (±0.4)
5.00	1.20	2.51E-07 (±1.81E-07)	12.9 (±2.3)	59.3 (±14.3)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	47.7 (±9.1)	71.2 (±13.9)	238.6 (±54.4)	2.4 (±0.5)	11.2 (±2.1)	18.5 (±0.5)
6.20	1.80	1.15E-08 (±1.55E-08)	12.1 (±3.7)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	31.9 (±13.6)	85.1 (±22.5)	166.4 (±66.6)	1.4 (±0.5)	6.3 (±2.3)	18.9 (±0.6)
8.00	6.00	0.00E+00 (±4.02E-09)	8.2 (±2.6)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	7.2 (±11.7)	63.7 (±17.3)	82.2 (±45.7)	0.5 (±0.3)	2.1 (±1.6)	17.6 (±0.8)
14.00	3.00	7.63E-10 (±4.63E-10)	8.9 (±1.5)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	5.5 (±3.0)	69.8 (±13.7)	78.1 (±18.1)	0.4 (±0.1)	1.7 (±0.4)	17.7 (±0.6)
17.00	4.00	6.97E-10 (±1.32E-10)	11.5 (±1.8)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	7.9 (±3.7)	91.1 (±15.4)	99.5 (±21.6)	0.4 (±0.1)	1.9 (±0.4)	18.3 (±0.5)
21.00	2.50	8.66E-10 (±7.83E-10)	11.4 (±2.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	6.8 (±5.2)	84.6 (±15.2)	97.5 (±31.2)	0.4 (±0.1)	1.6 (±0.5)	17.9 (±0.5)
23.50	2.80	6.17E-10 (±7.15E-11)	11.9 (±0.6)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	5.8 (±0.9)	90.0 (±5.7)	93.6 (±7.2)	0.3 (±0.0)	1.5 (±0.1)	18.1 (±0.2)
26.30	6.90	0.00E+00 (±6.09E-10)	14.4 (±1.4)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	7.1 (±2.8)	109.3 (±13.0)	110.4 (±19.6)	0.3 (±0.1)	1.5 (±0.3)	18.5 (±0.4)
33.20	0.70	2.22E-09 (±1.53E-08)	16.6 (±4.3)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	12.9 (±22.8)	112.4 (±23.9)	156.2 (±96.1)	0.4 (±0.3)	2.0 (±1.2)	18.2 (±0.6)
33.90												



GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino

CPT: CPTU 3

Total depth: 40.25 m, Date: 18/01/2016
Surface Elevation: 35.00 m

Summary table of mean values

From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT _{N60} (blows/30cm)	E _s (MPa)	D _r	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G ₀ (MPa)	Undrained strength, S _u (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m ³)
33.90	6.10	0.00E+00	15.0	0.0	0.0	0.0	5.5	106.8	105.2	0.3	1.2	18.2
40.00		(±1.00E-09)	(±2.1)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±5.3)	(±16.5)	(±32.9)	(±0.1)	(±0.4)	(±0.4)

Depth values presented in this table are measured from free ground surface



GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

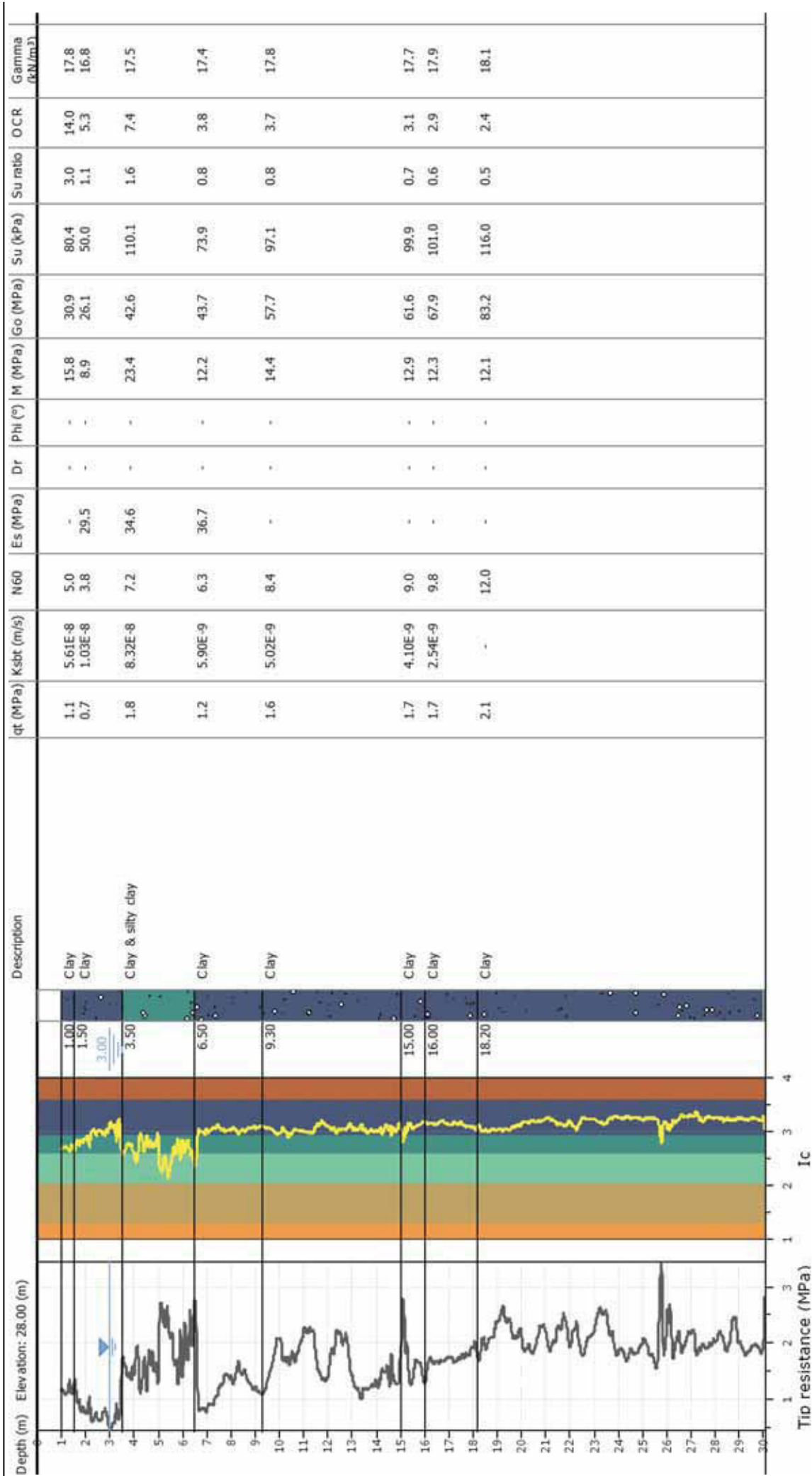
Project: Studio del terreno di fondazione

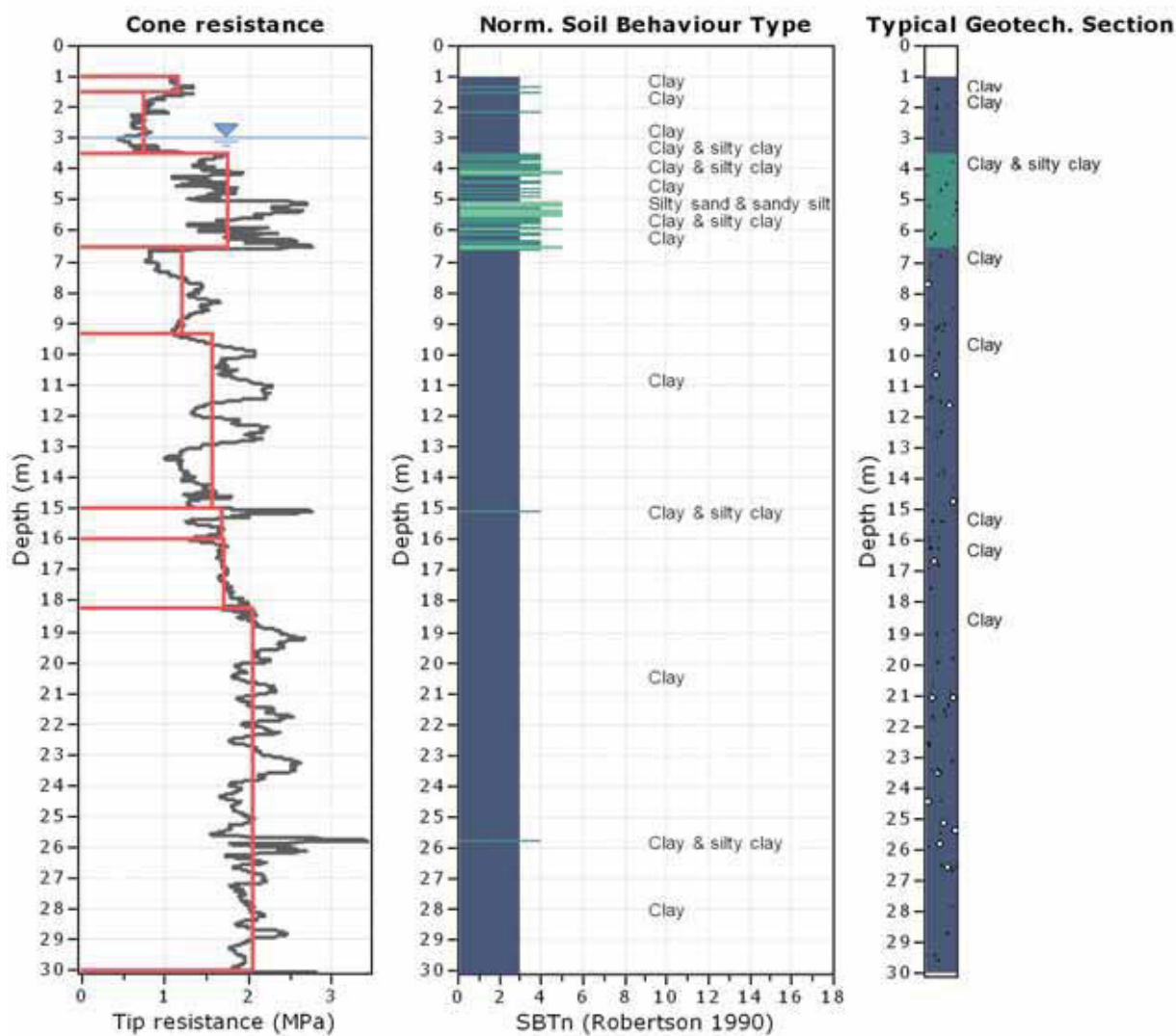
Location: Ponte Uccellino

CPT: CPTU 4

Total depth: 30.10 m

Surface Elevation: 28.00 m





Tabular results

::: Layer No: 1 :::

Code: 1 **Start depth:** 1.00 (m), **End depth:** 1.50 (m)

Description: Clay

Basic results

Total cone resistance: 1.15 ± 0.07 MPa

Sleeve friction: 63.59 ± 5.82 kPa

SBT_n: 3

SBTn description: Clay

Estimation results

Permeability: $5.61E-08 \pm 1.33E-08$ m/s

N60: 5.00 ± 0.00 blows

Es: 0.00 ± 0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ± 0.00

ö (degrees): 0.00 ± 0.00 °

Unit weight: 17.82 ± 0.11 kN/m³

Constrained Mod.: 15.76 ± 1.03 MPa

Go: 30.89 ± 0.95 MPa

Su: 80.43 ± 5.24 kPa

Su ratio: 3.04 ± 0.33

O.C.R.: 14.04 ± 1.51

::: Layer No: 2 :::**Code: 2** **Start depth: 1.50 (m), End depth: 3.50 (m)****Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 0.75 ±0.21 MPa

Sleeve friction: 31.48 ±11.46 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 1.03E-08 ±1.95E-08 m/s

N60: 3.75 ±0.71 blows

Es: 29.52 ±29.52 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 16.84 ±0.47 kN/m³

Constrained Mod.: 8.91 ±3.72 MPa

Go: 26.13 ±3.72 MPa

Su: 50.02 ±15.62 kPa

Su ratio: 1.15 ±0.55

O.C.R.: 5.31 ±2.52

::: Layer No: 3 :::**Code: 3** **Start depth: 3.50 (m), End depth: 6.50 (m)****Description:** Clay & silty clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.76 ±0.43 MPa

Sleeve friction: 40.52 ±15.88 kPa

SBT_n: 4SBT_n description: Clay & silty clay**Estimation results**

Permeability: 8.32E-08 ±4.86E-07 m/s

N60: 7.23 ±1.08 blows

Es: 34.56 ±5.43 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.46 ±0.46 kN/m³

Constrained Mod.: 23.37 ±5.84 MPa

Go: 42.65 ±5.69 MPa

Su: 110.10 ±22.23 kPa

Su ratio: 1.61 ±0.26

O.C.R.: 7.44 ±1.18

::: Layer No: 4 :::**Code: 4** **Start depth: 6.50 (m), End depth: 9.30 (m)****Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.20 ±0.35 MPa

Sleeve friction: 43.87 ±20.03 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 5.90E-09 ±8.74E-08 m/s

N60: 6.27 ±1.38 blows

Es: 36.72 ±36.72 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.41 ±0.64 kN/m³

Constrained Mod.: 12.18 ±6.26 MPa

Go: 43.75 ±9.39 MPa

Su: 73.89 ±17.57 kPa

Su ratio: 0.83 ±0.18

O.C.R.: 3.83 ±0.85

::: Layer No: 5 :::**Code: 5** **Start depth: 9.30 (m), End depth: 15.00 (m)****Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.58 ±0.36 MPa

Sleeve friction: 54.45 ±38.76 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 5.02E-09 ±2.05E-09 m/s

N60: 8.37 ±1.86 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.76 ±0.86 kN/m³

Constrained Mod.: 14.42 ±8.25 MPa

Go: 57.72 ±14.67 MPa

Su: 97.12 ±26.93 kPa

Su ratio: 0.79 ±0.27

O.C.R.: 3.66 ±1.25

::: Layer No: 6 :::**Code: 6** **Start depth: 15.00 (m), End depth: 16.00 (m)****Description: Clay****Basic results**

Total cone resistance: 1.68 ±0.41 MPa

Sleeve friction: 51.35 ±16.43 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 4.10E-09 ±5.78E-09 m/s

N60: 9.01 ±1.58 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.72 ±0.46 kN/m³

Constrained Mod.: 12.88 ±8.24 MPa

Go: 61.57 ±9.56 MPa

Su: 99.86 ±29.24 kPa

Su ratio: 0.67 ±0.21

O.C.R.: 3.09 ±0.95

::: Layer No: 7 :::**Code: 7** **Start depth: 16.00 (m), End depth: 18.20 (m)****Description: Clay****Basic results**

Total cone resistance: 1.71 ±0.12 MPa

Sleeve friction: 61.93 ±8.00 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 2.54E-09 ±7.11E-10 m/s

N60: 9.78 ±0.64 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.94 ±0.18 kN/m³

Constrained Mod.: 12.34 ±1.64 MPa

Go: 67.91 ±3.99 MPa

Su: 101.01 ±8.03 kPa

Su ratio: 0.62 ±0.04

O.C.R.: 2.88 ±0.18

::: Layer No: 8 :::**Code: 8** **Start depth: 18.20 (m), End depth: 30.00 (m)****Description: Clay****Basic results**

Total cone resistance: 2.06 ±0.26 MPa

Sleeve friction: 68.70 ±24.33 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 0.00E+00 ±3.25E-09 m/s

N60: 12.03 ±1.26 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.13 ±0.42 kN/m³

Constrained Mod.: 12.05 ±5.58 MPa

Go: 83.16 ±10.26 MPa

Su: 116.03 ±19.89 kPa

Su ratio: 0.53 ±0.14

O.C.R.: 2.45 ±0.64



Summary table of mean values

From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT _{N60} (blows/30cm)	E _s (MPa)	D _r	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G ₀ (MPa)	Undrained strength, S _u (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m ³)
1.00	0.50	5.61E-08 (±1.33E-08)	5.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	15.8 (±1.0)	30.9 (±1.0)	80.4 (±5.2)	3.0 (±0.3)	14.0 (±1.5)	17.8 (±0.1)
1.50												
1.50	2.00	1.03E-08 (±1.95E-08)	3.8 (±0.7)	29.5 (±29.5)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	8.9 (±3.7)	26.1 (±3.7)	50.0 (±15.6)	1.1 (±0.5)	5.3 (±2.5)	16.8 (±0.5)
3.50												
3.50	3.00	8.32E-08 (±4.86E-07)	7.2 (±1.1)	34.6 (±5.4)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	23.4 (±5.8)	42.6 (±5.7)	110.1 (±22.2)	1.6 (±0.3)	7.4 (±1.2)	17.5 (±0.5)
6.50												
6.50	2.80	5.90E-09 (±8.74E-08)	6.3 (±1.4)	36.7 (±36.7)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	12.2 (±6.3)	43.7 (±9.4)	73.9 (±17.6)	0.8 (±0.2)	3.8 (±0.8)	17.4 (±0.6)
9.30												
9.30	5.70	5.02E-09 (±2.05E-09)	8.4 (±1.9)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	14.4 (±8.2)	57.7 (±14.7)	97.1 (±26.9)	0.8 (±0.3)	3.7 (±1.3)	17.8 (±0.9)
15.00												
15.00	1.00	4.10E-09 (±5.78E-09)	9.0 (±1.6)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	12.9 (±8.2)	61.6 (±9.6)	99.9 (±29.2)	0.7 (±0.2)	3.1 (±0.9)	17.7 (±0.5)
16.00												
16.00	2.20	2.54E-09 (±7.11E-10)	9.8 (±0.6)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	12.3 (±1.6)	67.9 (±4.0)	101.0 (±8.0)	0.6 (±0.0)	2.9 (±0.2)	17.9 (±0.2)
18.20												
18.20	11.80	0.00E+00 (±3.25E-09)	12.0 (±1.3)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	12.1 (±5.6)	83.2 (±10.3)	116.0 (±19.9)	0.5 (±0.1)	2.4 (±0.6)	18.1 (±0.4)
30.00												

Depth values presented in this table are measured from free ground surface



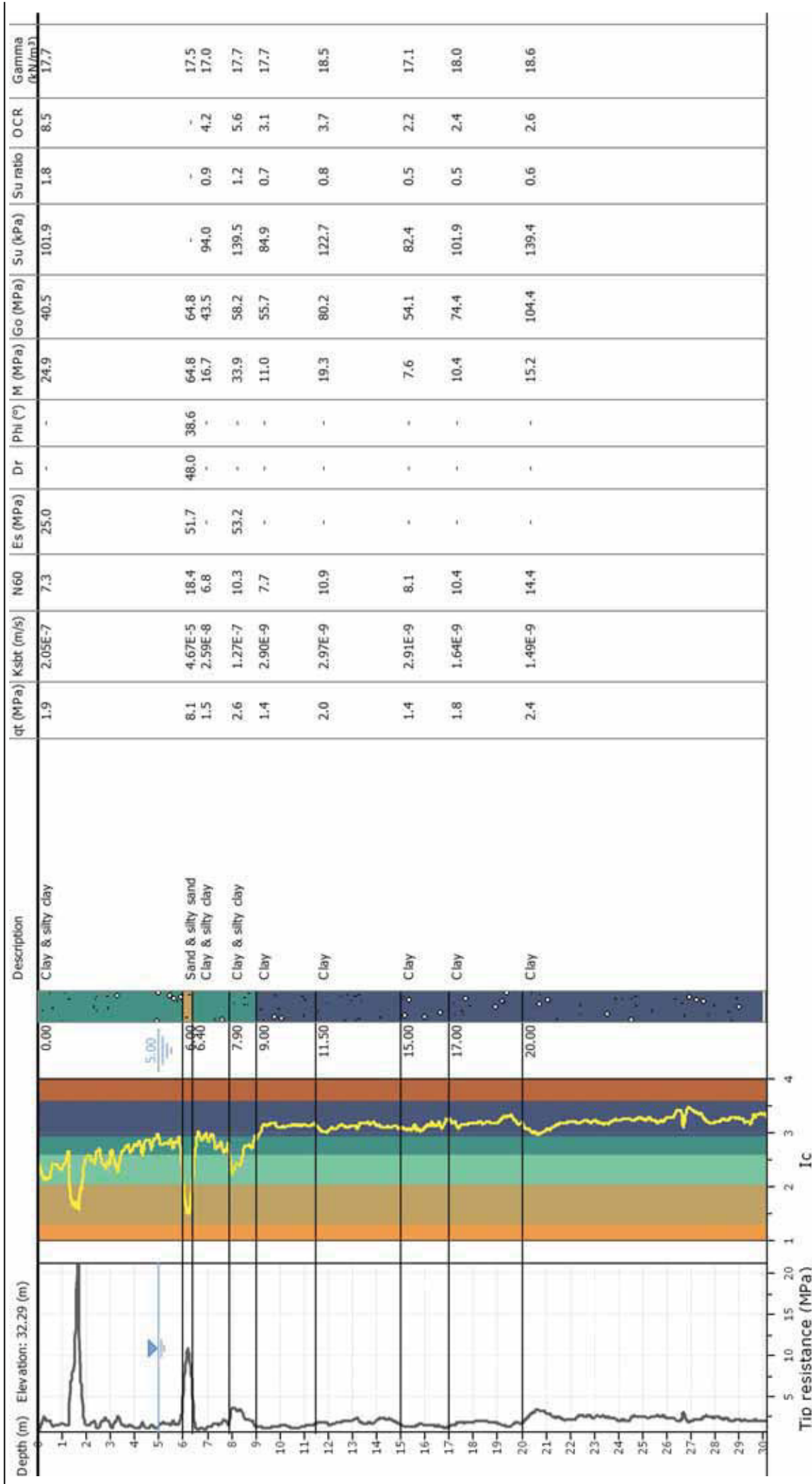
GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

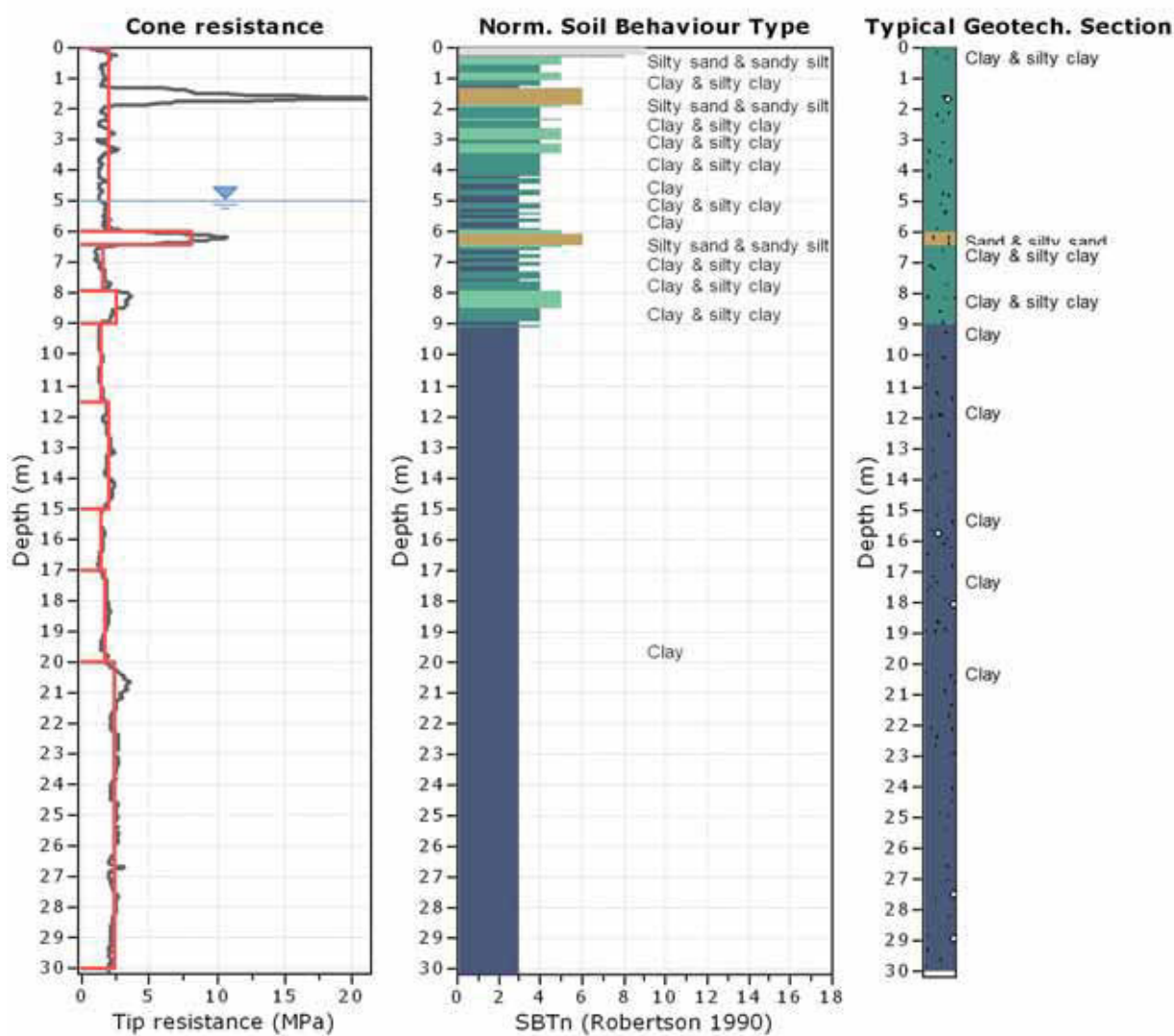
CPT: SCPTU 1

Total depth: 30.16 m
Surface Elevation: 32.29 m

Project: Studio del terreno di fondazione

Location: Ponte Uccellino





Tabular results

::: Layer No: 1 :::

Code: 1 **Start depth:** 0.00 (m), **End depth:** 6.00 (m)

Description: Clay & silty clay

Basic results

Total cone resistance: 1.93 ± 3.18 MPa

Sleeve friction: 47.06 ± 38.98 kPa

SBT_n: 4

SBT_n description: Clay & silty clay

Estimation results

Permeability: $2.05E-07 \pm 2.13E-05$ m/s

N₆₀: 7.25 ± 6.24 blows

Es: 24.99 ± 6.15 MPa

Dr (%): 0.00 ± 0.00

ö (degrees): 0.00 ± 0.00 °

Unit weight: 17.67 ± 0.68 kN/m³

Constrained Mod.: 24.87 ± 21.84 MPa

Go: 40.49 ± 18.84 MPa

Su: 101.94 ± 18.80 kPa

Su ratio: 1.85 ± 4.22

O.C.R.: 8.54 ± 19.50

::: Layer No: 2 :::**Code: 2** **Start depth: 6.00 (m), End depth: 6.40 (m)****Description:** Sand & silty sand**Basic results**

Total cone resistance: 8.08 ±1.94 MPa

Sleeve friction: 25.97 ±11.60 kPa

SBT_n: 6SBT_n description: Sand & silty sand**Estimation results**

Permeability: 4.67E-05 ±1.01E-04 m/s

N60: 18.40 ±2.14 blows

Es: 51.67 ±2.57 MPa

Dr (%): 48.02 ±5.93

ö (degrees): 38.56 ±1.22 °

Unit weight: 17.54 ±0.35 kN/m³

Constrained Mod.: 64.77 ±3.23 MPa

Go: 64.77 ±3.23 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

::: Layer No: 3 :::**Code: 3** **Start depth: 6.40 (m), End depth: 7.90 (m)****Description:** Clay & silty clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.51 ±0.59 MPa

Sleeve friction: 28.35 ±11.52 kPa

SBT_n: 4SBT_n description: Clay & silty clay**Estimation results**

Permeability: 2.59E-08 ±3.66E-07 m/s

N60: 6.82 ±1.67 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.00 ±0.48 kN/m³

Constrained Mod.: 16.71 ±9.55 MPa

Go: 43.46 ±7.40 MPa

Su: 94.04 ±23.18 kPa

Su ratio: 0.90 ±0.20

O.C.R.: 4.15 ±0.93

::: Layer No: 4 :::**Code: 4** **Start depth: 7.90 (m), End depth: 9.00 (m)****Description:** Clay & silty clay**Basic results**

Total cone resistance: 2.62 ±0.70 MPa

Sleeve friction: 41.92 ±12.22 kPa

SBT_n: 4SBT_n description: Clay & silty clay**Estimation results**

Permeability: 1.27E-07 ±4.03E-07 m/s

N60: 10.29 ±1.56 blows

Es: 53.20 ±53.20 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.65 ±0.33 kN/m³

Constrained Mod.: 33.87 ±10.38 MPa

Go: 58.18 ±5.85 MPa

Su: 139.51 ±27.59 kPa

Su ratio: 1.21 ±0.25

O.C.R.: 5.58 ±1.17

::: Layer No: 5 :::**Code: 5** **Start depth: 9.00 (m), End depth: 11.50 (m)****Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.37 ±0.13 MPa

Sleeve friction: 52.12 ±14.48 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 2.90E-09 ±2.48E-09 m/s

N60: 7.66 ±0.78 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.66 ±0.35 kN/m³

Constrained Mod.: 11.00 ±2.11 MPa

Go: 55.69 ±6.71 MPa

Su: 84.86 ±8.71 kPa

Su ratio: 0.66 ±0.06

O.C.R.: 3.06 ±0.28

::: Layer No: 6 :::**Code: 6** **Start depth: 11.50 (m), End depth: 15.00 (m)****Description: Clay****Basic results**

Total cone resistance: 1.95 ±0.23 MPa

Sleeve friction: 95.21 ±28.02 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 2.97E-09 ±1.05E-09 m/s

N60: 10.88 ±1.41 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.49 ±0.39 kN/m³

Constrained Mod.: 19.26 ±4.82 MPa

Go: 80.18 ±11.10 MPa

Su: 122.69 ±16.03 kPa

Su ratio: 0.80 ±0.10

O.C.R.: 3.70 ±0.45

::: Layer No: 7 :::**Code: 7** **Start depth: 15.00 (m), End depth: 17.00 (m)****Description: Clay****Basic results**

Total cone resistance: 1.44 ±0.12 MPa

Sleeve friction: 30.42 ±8.08 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 2.91E-09 ±1.12E-09 m/s

N60: 8.13 ±0.74 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.06 ±0.33 kN/m³

Constrained Mod.: 7.57 ±1.72 MPa

Go: 54.07 ±5.05 MPa

Su: 82.42 ±8.88 kPa

Su ratio: 0.47 ±0.06

O.C.R.: 2.16 ±0.26

::: Layer No: 8 :::**Code: 8** **Start depth: 17.00 (m), End depth: 20.00 (m)****Description: Clay****Basic results**

Total cone resistance: 1.76 ±0.21 MPa

Sleeve friction: 63.01 ±16.16 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 1.64E-09 ±5.66E-10 m/s

N60: 10.39 ±1.07 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.97 ±0.32 kN/m³

Constrained Mod.: 10.42 ±3.09 MPa

Go: 74.44 ±8.07 MPa

Su: 101.91 ±14.90 kPa

Su ratio: 0.52 ±0.08

O.C.R.: 2.41 ±0.38

::: Layer No: 9 :::**Code: 9** **Start depth: 20.00 (m), End depth: 30.00 (m)****Description: Clay****Basic results**

Total cone resistance: 2.41 ±0.32 MPa

Sleeve friction: 100.93 ±28.48 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 1.49E-09 ±1.49E-09 m/s

N60: 14.41 ±1.37 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.63 ±0.38 kN/m³

Constrained Mod.: 15.17 ±7.63 MPa

Go: 104.39 ±11.26 MPa

Su: 139.41 ±24.97 kPa

Su ratio: 0.56 ±0.15

O.C.R.: 2.57 ±0.69



Summary table of mean values

From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT _{N60} (blows/30cm)	E _s (MPa)	D _r	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G ₀ (MPa)	Undrained strength, S _u (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m ³)
0.00	6.00	2.05E-07 (±2.13E-05)	7.3 (±6.2)	25.0 (±6.1)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	24.9 (±21.8)	40.5 (±18.8)	101.9 (±18.8)	1.8 (±4.2)	8.5 (±19.5)	17.7 (±0.7)
6.00												
6.00	0.40	4.67E-05 (±1.01E-04)	18.4 (±2.1)	51.7 (±2.6)	48.0 (±5.9)	38.6 (±1.2)	64.8 (±3.2)	64.8 (±3.2)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	17.5 (±0.4)
6.40												
6.40	1.50	2.59E-08 (±3.66E-07)	6.8 (±1.7)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	16.7 (±9.5)	43.5 (±7.4)	94.0 (±23.2)	0.9 (±0.2)	4.2 (±0.9)	17.0 (±0.5)
7.90												
7.90	1.10	1.27E-07 (±4.03E-07)	10.3 (±1.6)	53.2 (±53.2)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	33.9 (±10.4)	58.2 (±5.9)	139.5 (±27.6)	1.2 (±0.3)	5.6 (±1.2)	17.7 (±0.3)
9.00												
9.00	2.50	2.90E-09 (±2.48E-09)	7.7 (±0.8)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	11.0 (±2.1)	55.7 (±6.7)	84.9 (±8.7)	0.7 (±0.1)	3.1 (±0.3)	17.7 (±0.3)
11.50												
11.50	3.50	2.97E-09 (±1.05E-09)	10.9 (±1.4)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	19.3 (±4.8)	80.2 (±11.1)	122.7 (±16.0)	0.8 (±0.1)	3.7 (±0.4)	18.5 (±0.4)
15.00												
15.00	2.00	2.91E-09 (±1.12E-09)	8.1 (±0.7)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	7.6 (±1.7)	54.1 (±5.1)	82.4 (±8.9)	0.5 (±0.1)	2.2 (±0.3)	17.1 (±0.3)
17.00												
17.00	3.00	1.64E-09 (±5.66E-10)	10.4 (±1.1)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	10.4 (±3.1)	74.4 (±8.1)	101.9 (±14.9)	0.5 (±0.1)	2.4 (±0.4)	18.0 (±0.3)
20.00												
20.00	10.00	1.49E-09 (±1.49E-09)	14.4 (±1.4)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	15.2 (±7.6)	104.4 (±11.3)	139.4 (±25.0)	0.6 (±0.1)	2.6 (±0.7)	18.6 (±0.4)
30.00												

Depth values presented in this table are measured from free ground surface

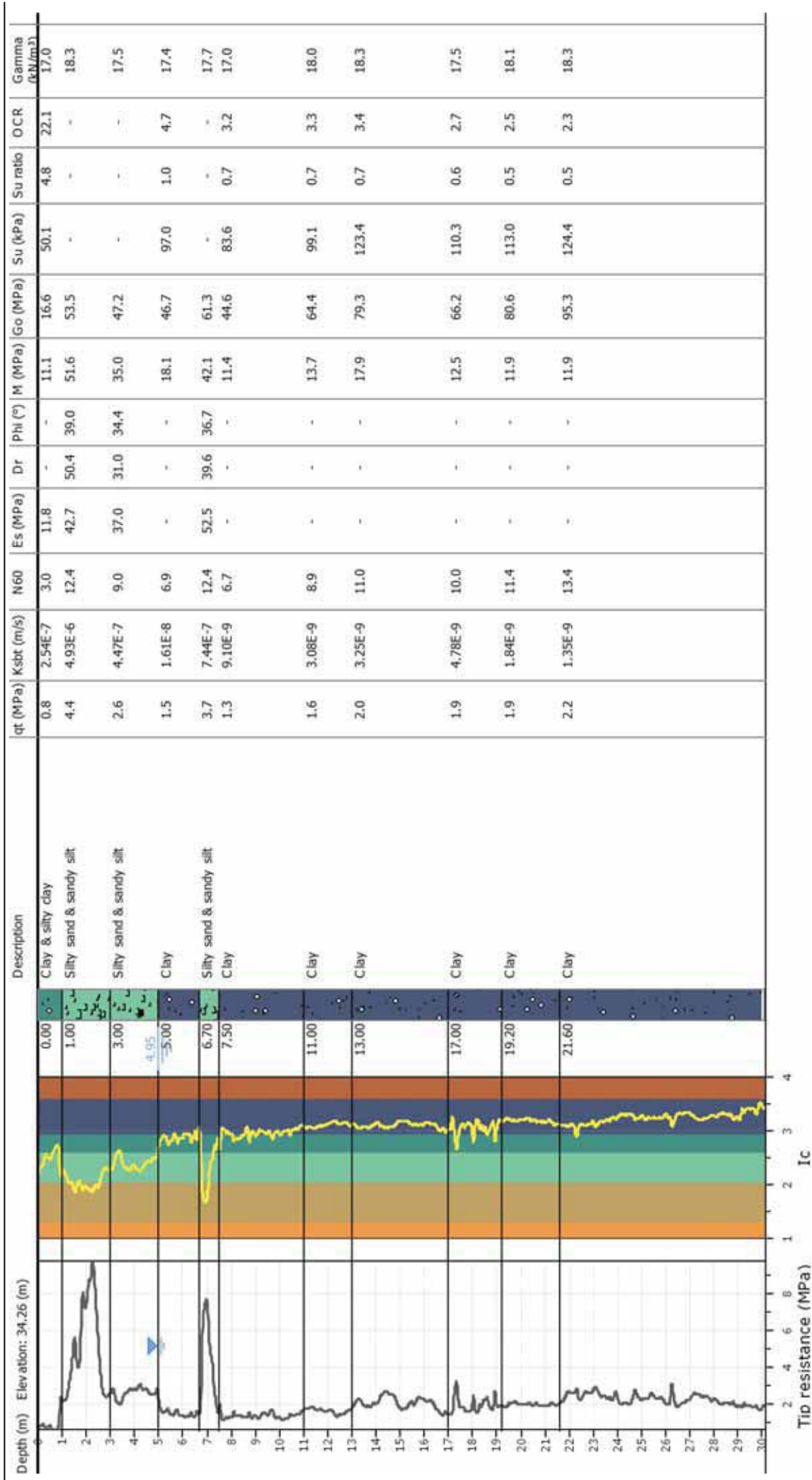


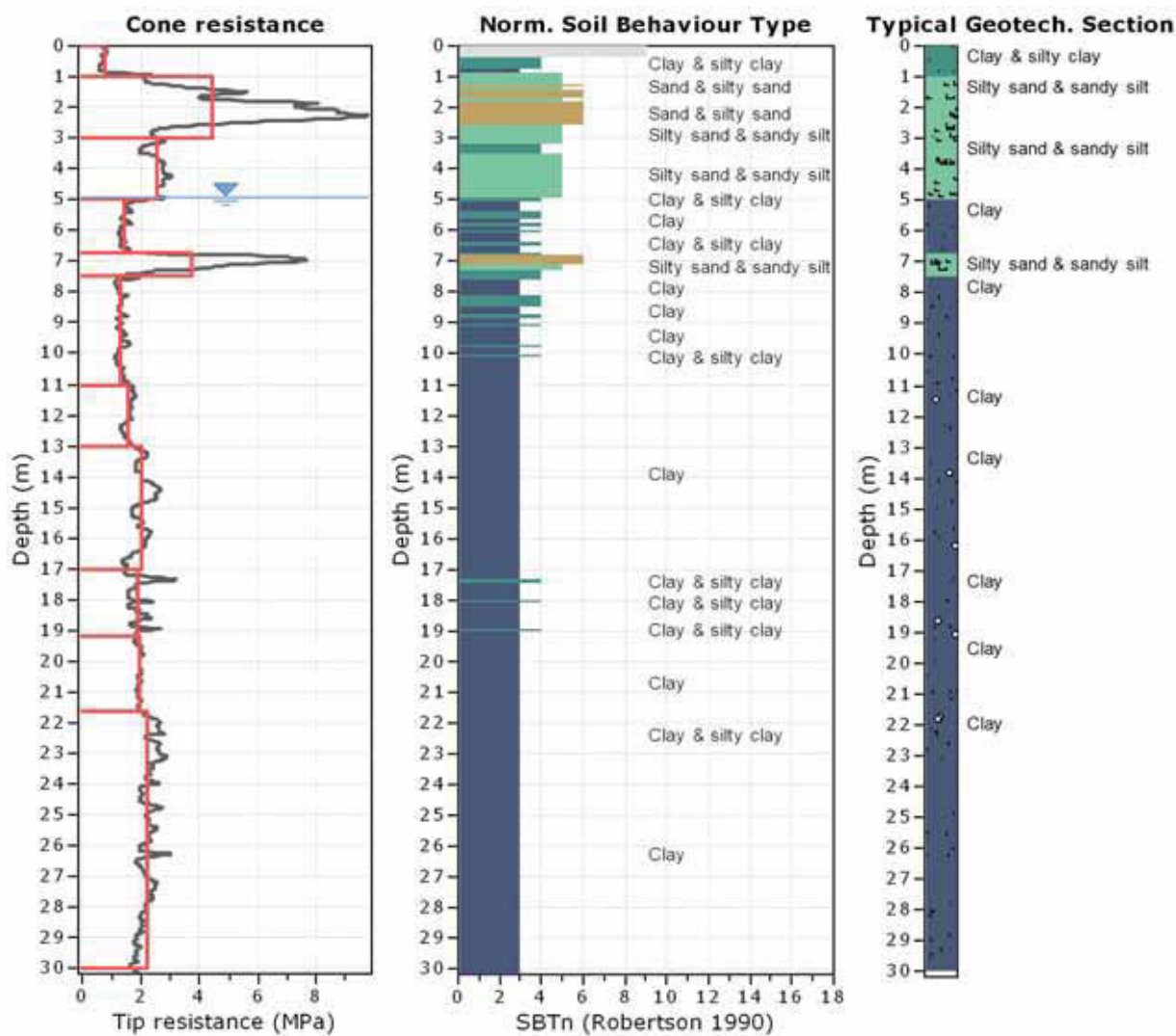
GEO GROUP S.r.l.
Geologia e Ambiente
178, v. Cesare Costa 41123 MODENA
Tel 0593967169 - Fax 0595960176

CPT: SCPTU 2

Total depth: 30.16 m
Surface Elevation: 34.26 m

Project: Studio del terreno di fondazione
Location: Ponte Uccellino





Tabular results

::: Layer No: 1 :::

Code: 1 **Start depth:** 0.00 (m), **End depth:** 1.00 (m)

Description: Clay & silty clay

Basic results

Total cone resistance: 0.80 ± 0.46 MPa

Sleeve friction: 34.01 ± 7.55 kPa

SBT_n: 4

SBT_n description: Clay & silty clay

Estimation results

Permeability: $2.54E-07 \pm 6.13E-07$ m/s

N₆₀: 3.00 ± 1.36 blows

E_s: 11.85 ± 1.58 MPa

Dr (%): 0.00 ± 0.00

ö (degrees): 0.00 ± 0.00 °

Unit weight: 16.96 ± 0.35 kN/m³

Constrained Mod.: 11.14 ± 6.47 MPa

Go: 16.59 ± 5.50 MPa

Su: 50.10 ± 6.70 kPa

Su ratio: 4.79 ± 4.46

O.C.R.: 22.14 ± 20.59

::: Layer No: 2 :::**Code: 2** **Start depth: 1.00 (m), End depth: 3.00 (m)****Description:** Silty sand & sandy silt**Basic results**

Total cone resistance: 4.42 ±2.55 MPa

Sleeve friction: 62.85 ±43.68 kPa

SBT_n: 5SBT_n description: Silty sand & sandy silt**Estimation results**

Permeability: 4.93E-06 ±6.12E-06 m/s

N60: 12.41 ±5.82 blows

Es: 42.65 ±16.80 MPa

Dr (%): 50.43 ±11.53

ö (degrees): 38.98 ±2.25 °

Unit weight: 18.32 ±0.85 kN/m³

Constrained Mod.: 51.62 ±22.37 MPa

Go: 53.46 ±21.06 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

::: Layer No: 3 :::**Code: 3** **Start depth: 3.00 (m), End depth: 5.00 (m)****Description:** Silty sand & sandy silt**Basic results**

Total cone resistance: 2.57 ±0.27 MPa

Sleeve friction: 37.64 ±11.86 kPa

SBT_n: 5SBT_n description: Silty sand & sandy silt**Estimation results**

Permeability: 4.47E-07 ±3.86E-07 m/s

N60: 8.97 ±0.67 blows

Es: 37.02 ±2.83 MPa

Dr (%): 31.04 ±1.81

ö (degrees): 34.40 ±0.56 °

Unit weight: 17.52 ±0.29 kN/m³

Constrained Mod.: 35.03 ±3.80 MPa

Go: 47.16 ±4.45 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

::: Layer No: 4 :::**Code: 4** **Start depth: 5.00 (m), End depth: 6.70 (m)****Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.46 ±0.19 MPa

Sleeve friction: 41.54 ±12.97 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 1.61E-08 ±1.01E-08 m/s

N60: 6.89 ±0.87 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.42 ±0.34 kN/m³

Constrained Mod.: 18.08 ±3.42 MPa

Go: 46.67 ±4.95 MPa

Su: 97.00 ±13.66 kPa

Su ratio: 1.02 ±0.18

O.C.R.: 4.73 ±0.81

::: Layer No: 5 :::**Code: 5** **Start depth: 6.70 (m), End depth: 7.50 (m)****Description:** Silty sand & sandy silt**Basic results**

Total cone resistance: 3.72 ±2.29 MPa

Sleeve friction: 39.30 ±31.89 kPa

SBT_n: 5SBT_n description: Silty sand & sandy silt**Estimation results**

Permeability: 7.44E-07 ±2.67E-05 m/s

N60: 12.40 ±3.89 blows

Es: 52.47 ±10.48 MPa

Dr (%): 39.58 ±5.08

ö (degrees): 36.71 ±1.25 °

Unit weight: 17.73 ±0.73 kN/m³

Constrained Mod.: 42.15 ±18.82 MPa

Go: 61.32 ±13.28 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

::: Layer No: 6 :::**Code: 6** **Start depth: 7.50 (m), End depth: 11.00 (m)****Description: Clay****Basic results**

Total cone resistance: 1.33 ±0.15 MPa

Sleeve friction: 28.69 ±10.16 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 9.10E-09 ±9.01E-09 m/s

N60: 6.65 ±0.82 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 16.96 ±0.37 kN/m³

Constrained Mod.: 11.40 ±3.12 MPa

Go: 44.60 ±5.53 MPa

Su: 83.55 ±10.70 kPa

Su ratio: 0.70 ±0.10

O.C.R.: 3.23 ±0.48

::: Layer No: 7 :::**Code: 7** **Start depth: 11.00 (m), End depth: 13.00 (m)****Description: Clay****Basic results**

Total cone resistance: 1.60 ±0.14 MPa

Sleeve friction: 64.31 ±11.15 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 3.08E-09 ±9.01E-10 m/s

N60: 8.88 ±0.61 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.96 ±0.24 kN/m³

Constrained Mod.: 13.69 ±3.13 MPa

Go: 64.36 ±4.65 MPa

Su: 99.11 ±10.25 kPa

Su ratio: 0.70 ±0.09

O.C.R.: 3.26 ±0.42

::: Layer No: 8 :::**Code: 8** **Start depth: 13.00 (m), End depth: 17.00 (m)****Description: Clay****Basic results**

Total cone resistance: 2.00 ±0.32 MPa

Sleeve friction: 81.52 ±37.94 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 3.25E-09 ±1.28E-09 m/s

N60: 11.03 ±1.84 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.32 ±0.73 kN/m³

Constrained Mod.: 17.93 ±7.29 MPa

Go: 79.31 ±15.42 MPa

Su: 123.35 ±23.54 kPa

Su ratio: 0.74 ±0.16

O.C.R.: 3.44 ±0.75

::: Layer No: 9 :::**Code: 9** **Start depth: 17.00 (m), End depth: 19.20 (m)****Description: Clay****Basic results**

Total cone resistance: 1.87 ±0.39 MPa

Sleeve friction: 41.56 ±15.15 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 4.78E-09 ±1.28E-08 m/s

N60: 9.98 ±1.38 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.52 ±0.42 kN/m³

Constrained Mod.: 12.46 ±7.53 MPa

Go: 66.17 ±8.83 MPa

Su: 110.34 ±27.96 kPa

Su ratio: 0.58 ±0.15

O.C.R.: 2.67 ±0.70

::: Layer No: 10 :::**Code: 10** **Start depth: 19.20 (m), End depth: 21.60 (m)****Description: Clay****Basic results**

Total cone resistance: 1.94 ±0.07 MPa

Sleeve friction: 67.73 ±13.73 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 1.84E-09 ±4.32E-10 m/s

N60: 11.37 ±0.57 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.09 ±0.24 kN/m³

Constrained Mod.: 11.93 ±1.23 MPa

Go: 80.55 ±5.23 MPa

Su: 112.98 ±5.24 kPa

Su ratio: 0.54 ±0.03

O.C.R.: 2.49 ±0.15

::: Layer No: 11 :::**Code: 11** **Start depth: 21.60 (m), End depth: 30.00 (m)****Description: Clay****Basic results**

Total cone resistance: 2.21 ±0.29 MPa

Sleeve friction: 81.06 ±23.04 kPa

SBT_n: 3SBT_n description: Clay**Estimation results**

Permeability: 1.35E-09 ±1.55E-09 m/s

N60: 13.37 ±1.23 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

ö (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.35 ±0.37 kN/m³

Constrained Mod.: 11.90 ±5.38 MPa

Go: 95.33 ±10.27 MPa

Su: 124.44 ±22.56 kPa

Su ratio: 0.49 ±0.12

O.C.R.: 2.25 ±0.56



Summary table of mean values

From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT _{N60} (blows/30cm)	E _s (MPa)	D _r	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G ₀ (MPa)	Undrained strength, S _u (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m ³)
0.00	1.00	2.54E-07 (±6.13E-07)	3.0 (±1.4)	11.8 (±1.6)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	11.1 (±6.5)	16.6 (±5.5)	50.1 (±6.7)	4.8 (±4.5)	22.1 (±20.6)	17.0 (±0.4)
1.00												
1.00	2.00	4.93E-06 (±6.12E-06)	12.4 (±5.8)	42.7 (±16.8)	50.4 (±11.5)	39.0 (±2.2)	51.6 (±22.4)	53.5 (±21.1)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	18.3 (±0.8)
3.00												
3.00	2.00	4.47E-07 (±3.86E-07)	9.0 (±0.7)	37.0 (±2.8)	31.0 (±1.8)	34.4 (±0.6)	35.0 (±3.8)	47.2 (±4.4)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	17.5 (±0.3)
5.00												
5.00	1.70	1.61E-08 (±1.01E-08)	6.9 (±0.9)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	18.1 (±3.4)	46.7 (±4.9)	97.0 (±13.7)	1.0 (±0.2)	4.7 (±0.8)	17.4 (±0.3)
6.70												
6.70	0.80	7.44E-07 (±2.67E-05)	12.4 (±3.9)	52.5 (±10.5)	39.6 (±5.1)	36.7 (±1.3)	42.1 (±18.8)	61.3 (±13.3)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	17.7 (±0.7)
7.50												
7.50	3.50	9.10E-09 (±9.01E-09)	6.7 (±0.8)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	11.4 (±3.1)	44.6 (±5.5)	83.6 (±10.7)	0.7 (±0.1)	3.2 (±0.5)	17.0 (±0.4)
11.00												
11.00	2.00	3.08E-09 (±9.01E-10)	8.9 (±0.6)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	13.7 (±3.1)	64.4 (±4.7)	99.1 (±10.2)	0.7 (±0.1)	3.3 (±0.4)	18.0 (±0.2)
13.00												
13.00	4.00	3.25E-09 (±1.28E-09)	11.0 (±1.8)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	17.9 (±7.3)	79.3 (±15.4)	123.4 (±23.5)	0.7 (±0.2)	3.4 (±0.7)	18.3 (±0.7)
17.00												
17.00	2.20	4.78E-09 (±1.28E-08)	10.0 (±1.4)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	12.5 (±7.5)	66.2 (±8.8)	110.3 (±28.0)	0.6 (±0.2)	2.7 (±0.7)	17.5 (±0.4)
19.20												
19.20	2.40	1.84E-09 (±4.32E-10)	11.4 (±0.6)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	11.9 (±1.2)	80.6 (±5.2)	113.0 (±5.2)	0.5 (±0.0)	2.5 (±0.1)	18.1 (±0.2)
21.60												
21.60	8.40	1.35E-09 (±1.55E-09)	13.4 (±1.2)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	0.0 (±0.0)	11.9 (±5.4)	95.3 (±10.3)	124.4 (±22.6)	0.5 (±0.1)	2.3 (±0.6)	18.3 (±0.4)
30.00												

Depth values presented in this table are measured from free ground surface

**GEO GROUP s.r.l.**

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it

ALLEGATO N° 3***Prove di dissipazione in foro CPTU***



Project: Studio del terreno di fondazione

Total depth: 30.01 m

Location: Ponte Uccelino

Surface Elevation: 28.00 m

Dissipation Tests Results

Dissipation tests

Dissipation tests consists of stopping the piezocone penetration and observing porepressures (u) with elapsed time (t). The data are automatic recorded by the field computer and should take place until a minimum of 50% dissipation.

The porepressures are plotted as a function of square root of (t). The graphical technique suggested by Robertson and Campanella (1989), yields a value for t_{50} , which corresponds to the time for 50% consolidation.

The value of the coefficient of consolidation in the radial or horizontal direction c_h was then calculated by Houlsby and Teh's (1988) theory using the following equation:

$$c_h = \frac{T \times r^2 \times I_r^{0.5}}{t_{50}}$$

where:

T: time factor given by Houlsby and Teh's (1988) theory corresponding to the porepressure position

r: piezocone radius

I_r : stiffness index, equal to shear modulus G divided by the undrained strength of clay (S_u).

t_{50} : time corresponding to 50% consolidation

Permeability estimates based on dissipation test

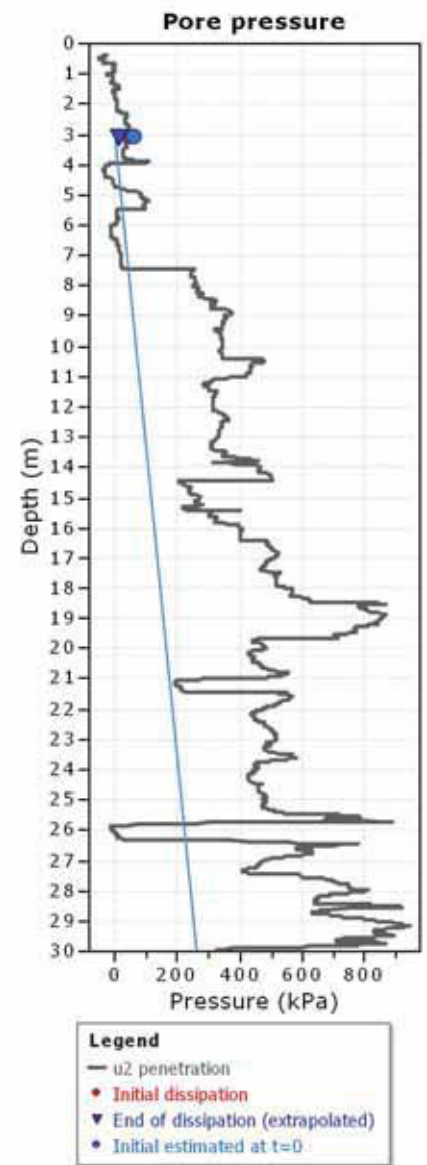
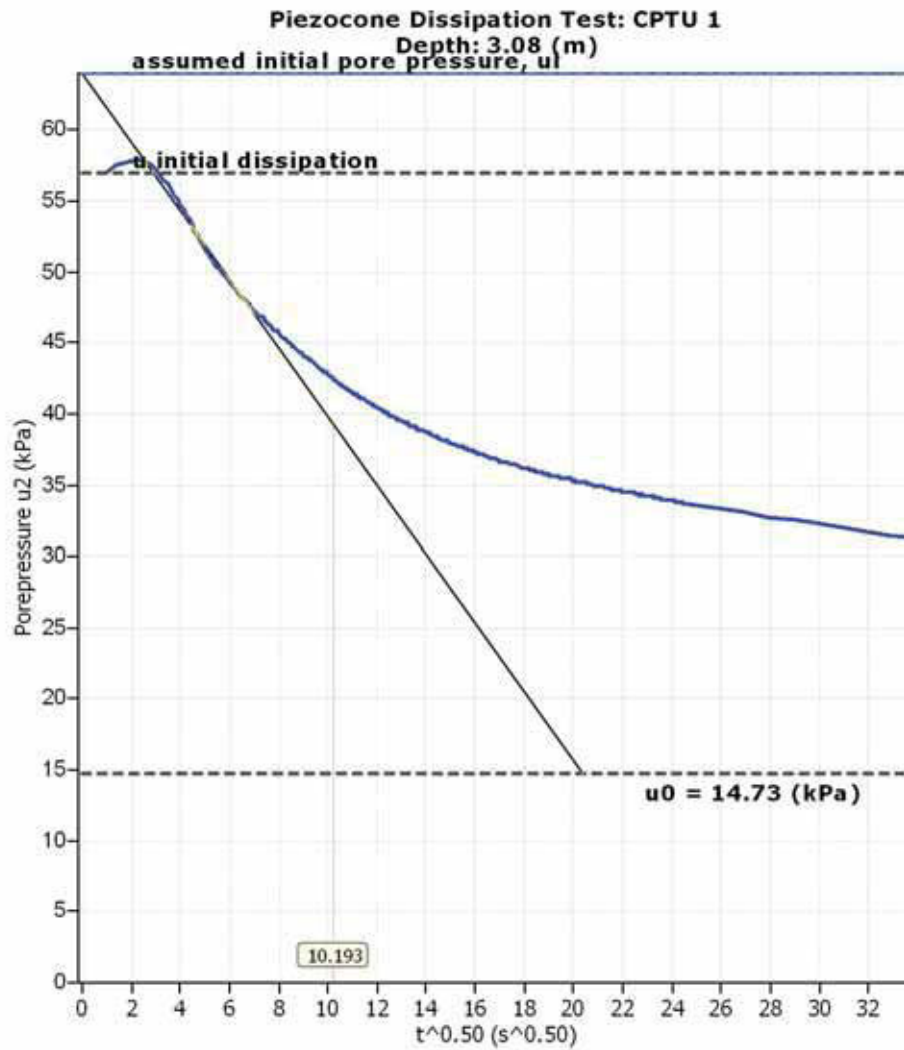
The dissipation of pore pressures during a CPTu dissipation test is controlled by the coefficient of consolidation in the horizontal direction (c_h) which is influenced by a combination of the soil permeability (k_h) and compressibility (M), as defined by the following:

$$k_h = c_h \times \gamma_w / M$$

where: M is the 1-D constrained modulus and γ_w is the unit weight of water, in compatible units.

Tabular results

CPTU Borehole	Depth (m)	$(t_{50})^{0.50}$	t_{50} (s)	t_{50} (years)	G/ S_u	c_h (m^2/s)	c_h ($m^2/year$)	M (MPa)	k_h (m/s)
CPTU 1	3.08	10.2	104	3.29E-006	760.71	2.18E-005	687	2.99	7.15E-008





Dissipation Tests Results

Dissipation tests

Dissipation tests consists of stopping the piezocone penetration and observing porepressures (u) with elapsed time (t). The data are automatic recorded by the field computer and should take place until a minimum of 50% dissipation.

The porepressures are plotted as a function of square root of (t). The graphical technique suggested by Robertson and Campanella (1989), yields a value for t_{50} , which corresponds to the time for 50% consolidation.

The value of the coefficient of consolidation in the radial or horizontal direction c_h was then calculated by Houlsby and Teh's (1988) theory using the following equation:

$$c_h = \frac{T \times r^2 \times I_r^{0.5}}{t_{50}}$$

where:

T: time factor given by Houlsby and Teh's (1988) theory corresponding to the porepressure position

r: piezocone radius

I_r : stiffness index, equal to shear modulus G divided by the undrained strength of clay (S_u).

t_{50} : time corresponding to 50% consolidation

Permeability estimates based on dissipation test

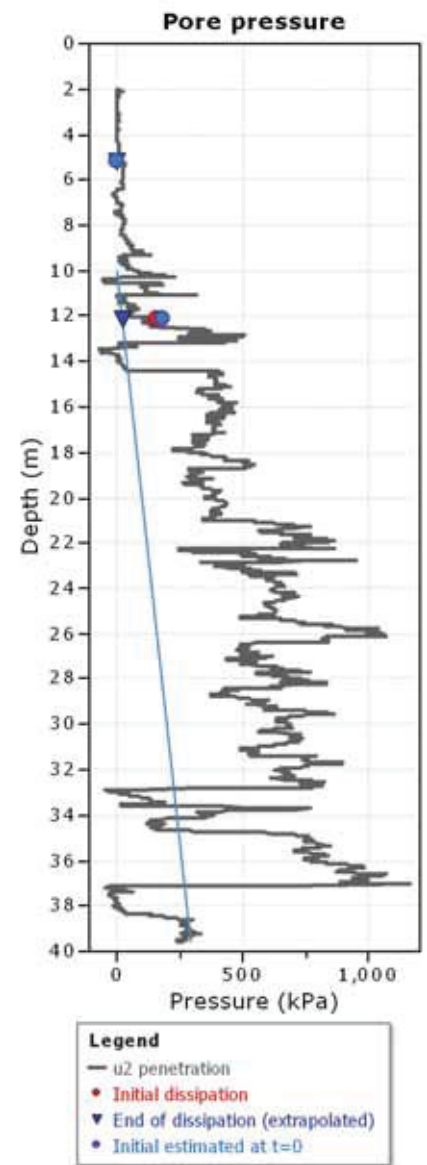
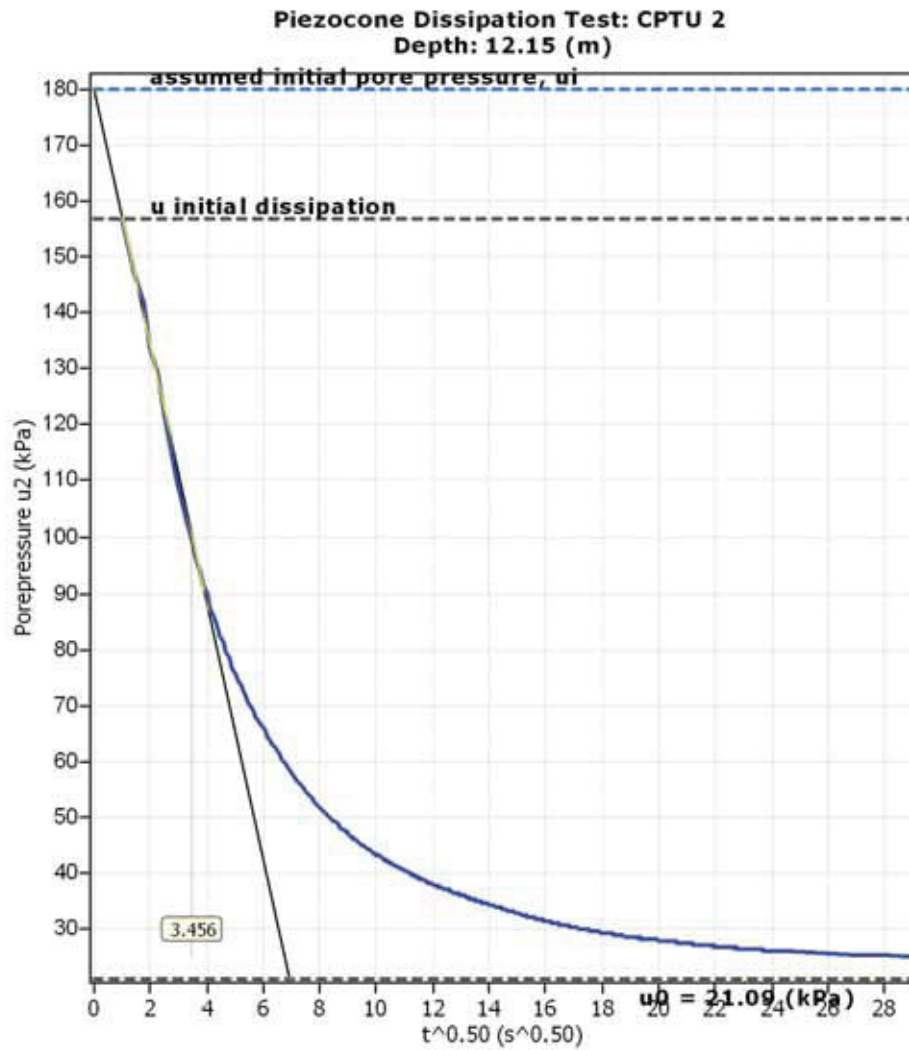
The dissipation of pore pressures during a CPTu dissipation test is controlled by the coefficient of consolidation in the horizontal direction (c_h) which is influenced by a combination of the soil permeability (k_h) and compressibility (M), as defined by the following:

$$k_h = c_h \times \gamma_w / M$$

where: M is the 1-D constrained modulus and γ_w is the unit weight of water, in compatible units.

Tabular results

CPTU Borehole	Depth (m)	$(t_{50})^{0.50}$	t_{50} (s)	t_{50} (years)	G/ S_u	c_h (m^2/s)	c_h ($m^2/year$)	M (MPa)	k_h (m/s)
CPTU 2	12.15	3.5	12	3.79E-007	912.13	2.07E-004	6543	4.23	4.82E-007





Dissipation Tests Results

Dissipation tests

Dissipation tests consists of stopping the piezocone penetration and observing porepressures (u) with elapsed time (t). The data are automatic recorded by the field computer and should take place until a minimum of 50% dissipation.

The porepressures are plotted as a function of square root of (t). The graphical technique suggested by Robertson and Campanella (1989), yields a value for t_{50} , which corresponds to the time for 50% consolidation.

The value of the coefficient of consolidation in the radial or horizontal direction c_h was then calculated by Houlsby and Teh's (1988) theory using the following equation:

$$c_h = \frac{T \times r^2 \times I_r^{0.5}}{t_{50}}$$

where:

T: time factor given by Houlsby and Teh's (1988) theory corresponding to the porepressure position

r: piezocone radius

I_r : stiffness index, equal to shear modulus G divided by the undrained strength of clay (S_u).

t_{50} : time corresponding to 50% consolidation

Permeability estimates based on dissipation test

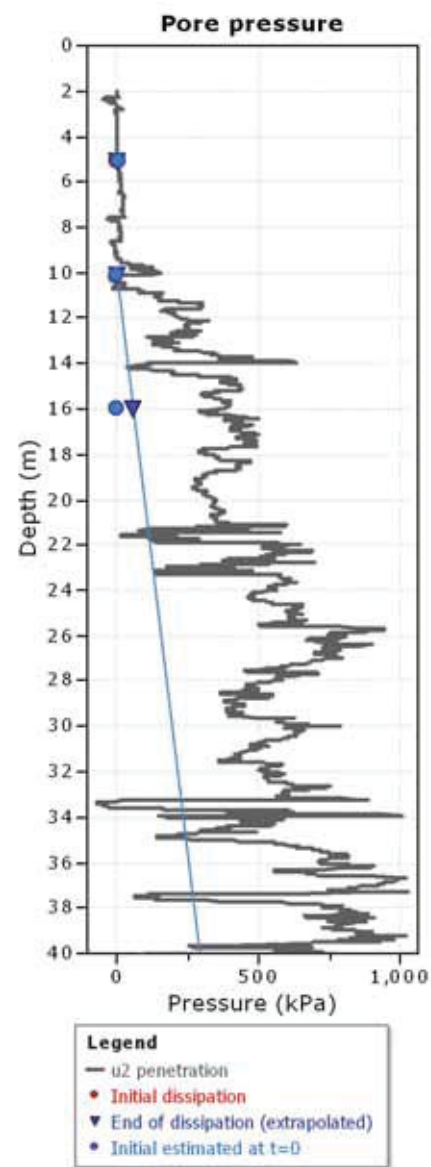
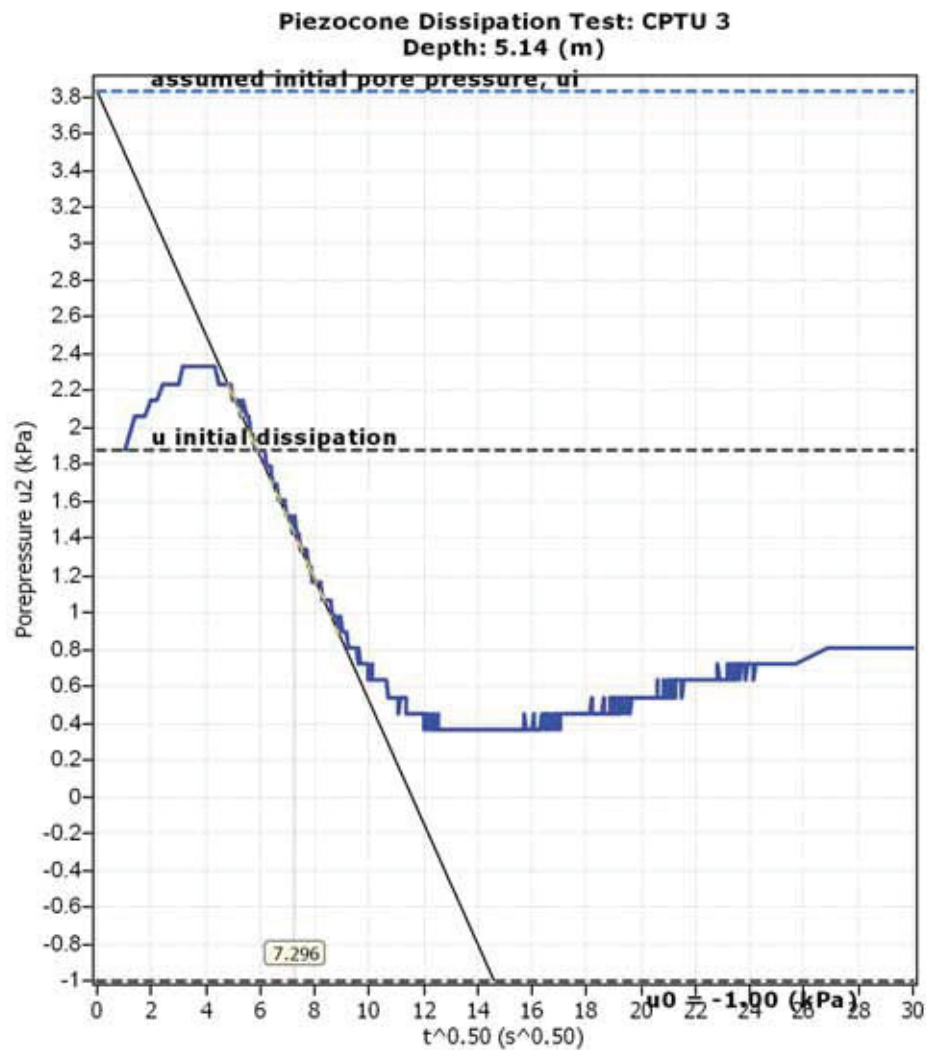
The dissipation of pore pressures during a CPTu dissipation test is controlled by the coefficient of consolidation in the horizontal direction (c_h) which is influenced by a combination of the soil permeability (k_h) and compressibility (M), as defined by the following:

$$k_h = c_h \times \gamma_w / M$$

where: M is the 1-D constrained modulus and γ_w is the unit weight of water, in compatible units.

Tabular results

CPTU Borehole	Depth (m)	$(t_{50})^{0.50}$	t_{50} (s)	t_{50} (years)	G/ S_u	c_h (m^2/s)	c_h ($m^2/year$)	M (MPa)	k_h (m/s)
CPTU 3	5.14	7.3	53	1.69E-006	100.00	1.54E-005	486	37.92	3.99E-009





Dissipation Tests Results

Dissipation tests

Dissipation tests consists of stopping the piezocone penetration and observing porepressures (u) with elapsed time (t). The data are automatic recorded by the field computer and should take place until a minimum of 50% dissipation.

The porepressures are plotted as a function of square root of (t). The graphical technique suggested by Robertson and Campanella (1989), yields a value for t_{50} , which corresponds to the time for 50% consolidation.

The value of the coefficient of consolidation in the radial or horizontal direction c_h was then calculated by Houlsby and Teh's (1988) theory using the following equation:

$$c_h = \frac{T \times r^2 \times I_r^{0.5}}{t_{50}}$$

where:

T: time factor given by Houlsby and Teh's (1988) theory corresponding to the porepressure position

r: piezocone radius

I_r : stiffness index, equal to shear modulus G divided by the undrained strength of clay (S_u).

t_{50} : time corresponding to 50% consolidation

Permeability estimates based on dissipation test

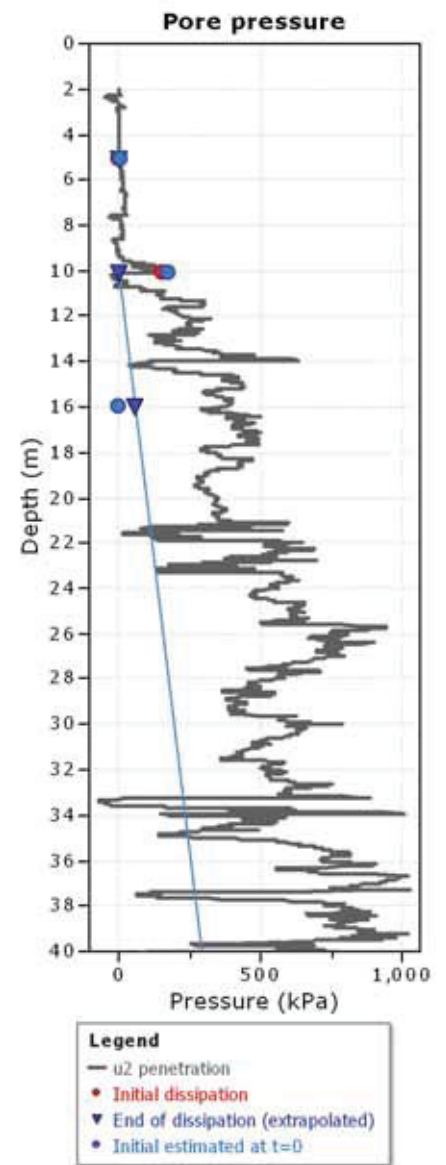
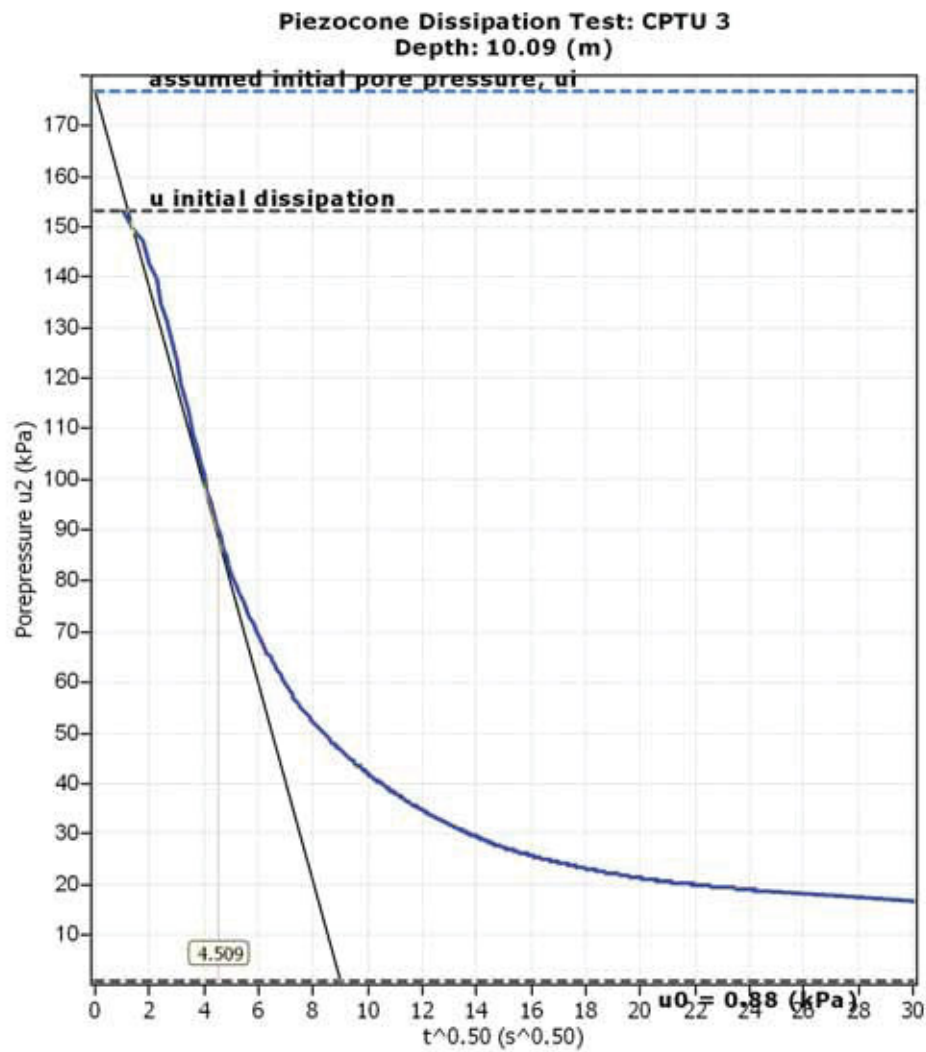
The dissipation of pore pressures during a CPTu dissipation test is controlled by the coefficient of consolidation in the horizontal direction (c_h) which is influenced by a combination of the soil permeability (k_h) and compressibility (M), as defined by the following:

$$k_h = c_h \times \gamma_w / M$$

where: M is the 1-D constrained modulus and γ_w is the unit weight of water, in compatible units.

Tabular results

CPTU Borehole	Depth (m)	$(t_{50})^{0.50}$	t_{50} (s)	t_{50} (years)	G/ S_u	c_h (m^2/s)	c_h ($m^2/year$)	M (MPa)	k_h (m/s)
CPTU 3	10.09	4.5	20	6.45E-007	721.68	1.08E-004	3419	14.87	7.15E-008





Dissipation Tests Results

Dissipation tests

Dissipation tests consists of stopping the piezocone penetration and observing porepressures (u) with elapsed time (t). The data are automatic recorded by the field computer and should take place until a minimum of 50% dissipation.

The porepressures are plotted as a function of square root of (t). The graphical technique suggested by Robertson and Campanella (1989), yields a value for t_{50} , which corresponds to the time for 50% consolidation.

The value of the coefficient of consolidation in the radial or horizontal direction c_h was then calculated by Houlsby and Teh's (1988) theory using the following equation:

$$c_h = \frac{T \times r^2 \times I_r^{0.5}}{t_{50}}$$

where:

T: time factor given by Houlsby and Teh's (1988) theory corresponding to the porepressure position

r: piezocone radius

I_r : stiffness index, equal to shear modulus G divided by the undrained strength of clay (S_u).

t_{50} : time corresponding to 50% consolidation

Permeability estimates based on dissipation test

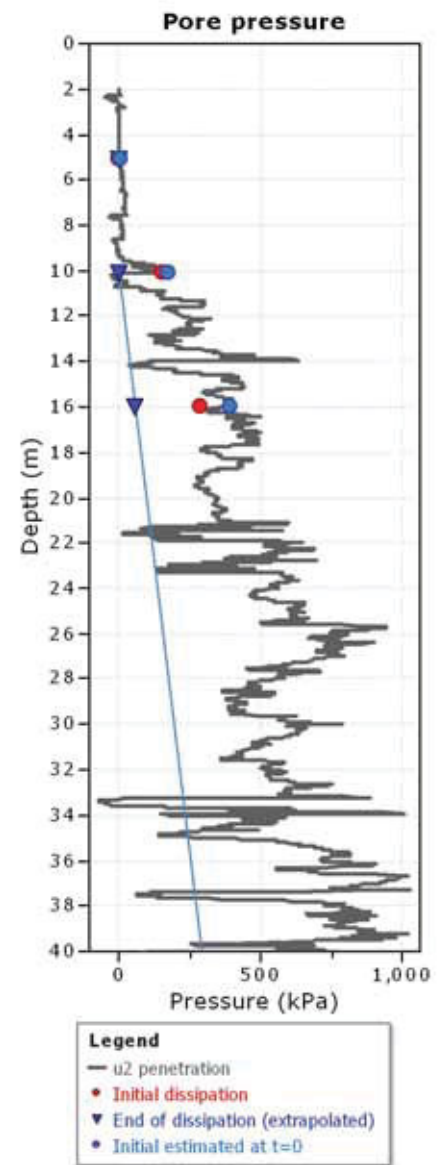
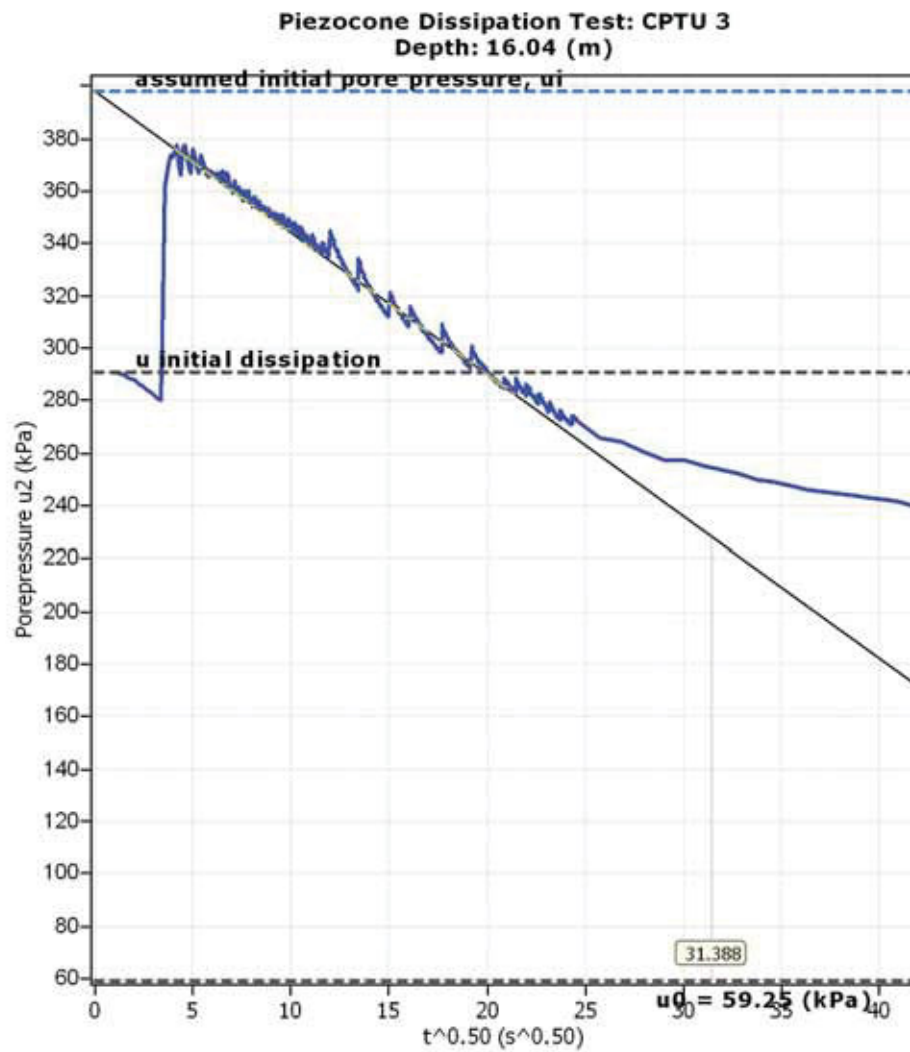
The dissipation of pore pressures during a CPTu dissipation test is controlled by the coefficient of consolidation in the horizontal direction (c_h) which is influenced by a combination of the soil permeability (k_h) and compressibility (M), as defined by the following:

$$k_h = c_h \times \gamma_w / M$$

where: M is the 1-D constrained modulus and γ_w is the unit weight of water, in compatible units.

Tabular results

CPTU Borehole	Depth (m)	$(t_{50})^{0.50}$	t_{50} (s)	t_{50} (years)	G/ S_u	c_h (m^2/s)	c_h ($m^2/year$)	M (MPa)	k_h (m/s)
CPTU 3	16.04	31.4	985	3.12E-005	949.72	2.57E-006	81	6.68	3.77E-009



**GEO GROUP s.r.l.**

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it

ALLEGATO N° 4***Analisi di laboratorio geotecnico***

APERTURA E DESCRIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPIONE

Pagina 1/2

RAPPORTO DI PROVA N. R05911

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Modena**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data descrizione: **15/04/16**

Data emissione rapporto di prova: **18/04/16**

Sondaggio n. **1** Campione: **1** Profondità di prelievo: **4.00 – 4.60 m**

Stato campione: **shelby - indisturbato**

Attrezzatura utilizzata

- Estrusore orizzontale motorizzato (s/n 159/1989) da 5000 kg circa di spinta, dotato di telaio rigido, all'interno del quale viene inserito il tubo campionatore contenente il campione da estrarre. La velocità di estrusione è dell'ordine di 1-2 cm/sec;
- Serie di piastre circolari, anelli riduttori e trafilati per l'estrazione dei campioni;
- Attrezzature varie quali: spatole, coltelli, lame rigide a bordo tagliente ecc.
- Scissometro tascabile;
- Pocket Penetrometer;
- Acido Cloridrico 3,5%;
- Kodak Color Control Patches.

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La descrizione del campione è stata eseguita conformemente alle seguenti norme di riferimento:

- ASTM D 1558-99 "Standard test method for moisture content penetration resistance relationship of fine-grained soils";
- ASTM D 2488-00 "Standard practice for description and identification of soils (visual-manual procedure)";
- ASTM D 4648-00 "Standard test method for laboratory miniature vane shear test for saturated fine-grained clayey soil".

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Annotazioni e anomalie riscontrate

-

APERTURA E DESCRIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPIONE

Pagina 2/2

RAPPORTO DI PROVA N. R05911

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Modena**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data descrizione: **15/04/16**

Data emissione rapporto di prova: **18/04/16**

Sondaggio n. **1** Campione: **1** Profondità di prelievo: **4.00 – 4.60 m**

Stato campione: **shelby - indisturbato**

Fotografia e misurazione del campione



Caratterizzazione preliminare del campione

- DESCRIZIONE VISIVA: Sabbia limosa, bruno-nocciola, moderatamente addensata, umida.
- REAZIONE CON HCl: **forte**
- CONSISTENZA MEDIANTE POCKET PENETROMETER: **1.1 kg/cm², 1.2 kg/cm², 0.6 kg/cm²**
- RESISTENZA AL TAGLIO MEDIANTE SCISSOMETRO: **0.4 kg/cm².**

APERTURA E DESCRIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPIONE

Pagina 1/2

RAPPORTO DI PROVA N. **R05914**

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Modena**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data descrizione: **15/04/16**

Data emissione rapporto di prova: **18/04/16**

Sondaggio n. **1** Campione: **2bis** Profondità di prelievo: **7.30 – 7.90 m**

Stato campione: **shelby - indisturbato**

Attrezzatura utilizzata

- Estrusore orizzontale motorizzato (s/n 159/1989) da 5000 kg circa di spinta, dotato di telaio rigido, all'interno del quale viene inserito il tubo campionatore contenente il campione da estrarre. La velocità di estrusione è dell'ordine di 1-2 cm/sec;
- Serie di piastre circolari, anelli riduttori e trafilati per l'estrazione dei campioni;
- Attrezzature varie quali: spatole, coltelli, lame rigide a bordo tagliente ecc.
- Scissometro tascabile;
- Pocket Penetrometer;
- Acido Cloridrico 3,5%;
- Kodak Color Control Patches.

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La descrizione del campione è stata eseguita conformemente alle seguenti norme di riferimento:

- ASTM D 1558-99 "Standard test method for moisture content penetration resistance relationship of fine-grained soils";
- ASTM D 2488-00 "Standard practice for description and identification of soils (visual-manual procedure)";
- ASTM D 4648-00 "Standard test method for laboratory miniature vane shear test for saturated fine-grained clayey soil".

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Annotazioni e anomalie riscontrate

-

APERTURA E DESCRIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPIONE

RAPPORTO DI PROVA N. **R05914**

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Modena**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data descrizione: **15/04/16**

Data emissione rapporto di prova: **18/04/16**

Sondaggio n. **1** Campione: **2bis** Profondità di prelievo: **7.30 – 7.90 m**

Stato campione: **shelby - indisturbato**

Fotografia e misurazione del campione



Caratterizzazione preliminare del campione

- DESCRIZIONE VISIVA: 1) 7.30-7.75 m: Sabbia medio/grossa debolmente limosa, grigia, poco addensata, da umida a satura, con rari frammenti di laterizi; 2) 7.75-7.90 m: Limo sabbioso, grigio, poco consistente, umido, con rari frammenti di laterizi.
- REAZIONE CON HCl: media
- CONSISTENZA MEDIANTE POCKET PENETROMETER: 0.4 kg/cm², 0.7 kg/cm²
- RESISTENZA AL TAGLIO MEDIANTE SCISSOMETRO: 0.2, 0.5 kg/cm².



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

APERTURA E DESCRIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPIONE

Pagina 1/2

RAPPORTO DI PROVA N. **R05915**

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Modena**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data descrizione: **15/04/16**

Data emissione rapporto di prova: **18/04/16**

Sondaggio n. **1** Campione: **3bis** Profondità di prelievo: **13.40 – 14.00 m**

Stato campione: **shelby - indisturbato**

Attrezzatura utilizzata

- Estrusore orizzontale motorizzato (s/n 159/1989) da 5000 kg circa di spinta, dotato di telaio rigido, all'interno del quale viene inserito il tubo campionatore contenente il campione da estrarre. La velocità di estrusione è dell'ordine di 1-2 cm/sec;
- Serie di piastre circolari, anelli riduttori e trafilati per l'estrazione dei campioni;
- Attrezzature varie quali: spatole, coltelli, lame rigide a bordo tagliente ecc.
- Scissometro tascabile;
- Pocket Penetrometer;
- Acido Cloridrico 3,5%;
- Kodak Color Control Patches.

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La descrizione del campione è stata eseguita conformemente alle seguenti norme di riferimento:

- ASTM D 1558-99 "Standard test method for moisture content penetration resistance relationship of fine-grained soils";
- ASTM D 2488-00 "Standard practice for description and identification of soils (visual-manual procedure)";
- ASTM D 4648-00 "Standard test method for laboratory miniature vane shear test for saturated fine-grained clayey soil".

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Annotazioni e anomalie riscontrate

-

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

APERTURA E DESCRIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPIONE

RAPPORTO DI PROVA N. R05915

Committente: Geo Group srl

Località: Modena

Cantiere: Ponte Uccellino

Data descrizione: 15/04/16

Data emissione rapporto di prova: 18/04/16

Sondaggio n. 1 Campione: 3bis Profondità di prelievo: 13.40 – 14.00 m

Stato campione: shelly - indisturbato

Fotografia e misurazione del campione



Caratterizzazione preliminare del campione

- DESCRIZIONE VISIVA: Argilla, grigia, da poco consistente a plastica, da molto umida a satura.
- REAZIONE CON HCl: debole
- CONSISTENZA MEDIANTE POCKET PENETROMETER: 0.5 kg/cm², 1.00 kg/cm²
- RESISTENZA AL TAGLIO MEDIANTE SCISSOMETRO: 0.2, 0.5 kg/cm².



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

APERTURA E DESCRIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPIONE

Pagina 1/2

RAPPORTO DI PROVA N. **R05916**

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Modena**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data descrizione: **15/04/16**

Data emissione rapporto di prova: **18/04/16**

Sondaggio n. **1** Campione: **4bis** Profondità di prelievo: **19.00 – 19.50 m**

Stato campione: **shelby - indisturbato**

Attrezzatura utilizzata

- Estrusore orizzontale motorizzato (s/n 159/1989) da 5000 kg circa di spinta, dotato di telaio rigido, all'interno del quale viene inserito il tubo campionatore contenente il campione da estrarre. La velocità di estrusione è dell'ordine di 1-2 cm/sec;
- Serie di piastre circolari, anelli riduttori e trafilie per l'estrazione dei campioni;
- Attrezzature varie quali: spatole, coltelli, lame rigide a bordo tagliente ecc.
- Scissometro tascabile;
- Pocket Penetrometer;
- Acido Cloridrico 3,5%;
- Kodak Color Control Patches.

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La descrizione del campione è stata eseguita conformemente alle seguenti norme di riferimento:

- ASTM D 1558-99 "Standard test method for moisture content penetration resistance relationship of fine-grained soils";
- ASTM D 2488-00 "Standard practice for description and identification of soils (visual-manual procedure)";
- ASTM D 4648-00 "Standard test method for laboratory miniature vane shear test for saturated fine-grained clayey soil".

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Annotazioni e anomalie riscontrate

-

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

APERTURA E DESCRIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPIONE

Pagina 2/2

RAPPORTO DI PROVA N. **R05916**

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Modena**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data descrizione: **15/04/16**

Data emissione rapporto di prova: **18/04/16**

Sondaggio n. **1** Campione: **4bis** Profondità di prelievo: **19.00 – 19.50 m**

Stato campione: **shelby - indisturbato**

Fotografia e misurazione del campione



Caratterizzazione preliminare del campione

- DESCRIZIONE VISIVA: Argilla e argilla debolmente limosa, grigio-nocciola, moderatamente consistente, umida, con rari calcinoli.
- REAZIONE CON HCl: da moderata a forte;
- CONSISTENZA MEDIANTE POCKET PENETROMETER: 1.7 kg/cm², 1.5 kg/cm², 1.9 kg/cm²
- RESISTENZA AL TAGLIO MEDIANTE SCISSOMETRO: > 1 kg/cm².



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

Pagina 1/2

APERTURA E DESCRIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPIONE

RAPPORTO DI PROVA N. **R05917**

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Modena**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data descrizione: **15/04/16**

Data emissione rapporto di prova: **18/04/16**

Sondaggio n. **1** Campione: **5bis** Profondità di prelievo: **24.90 – 25.30 m**

Stato campione: **shelby - indisturbato**

Attrezzatura utilizzata

- Estrusore orizzontale motorizzato (s/n 159/1989) da 5000 kg circa di spinta, dotato di telaio rigido, all'interno del quale viene inserito il tubo campionatore contenente il campione da estrarre. La velocità di estrusione è dell'ordine di 1-2 cm/sec;
- Serie di piastre circolari, anelli riduttori e trafilie per l'estrazione dei campioni;
- Attrezzature varie quali: spatole, coltelli, lame rigide a bordo tagliente ecc.
- Scissometro tascabile;
- Pocket Penetrometer;
- Acido Cloridrico 3,5%;
- Kodak Color Control Patches.

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La descrizione del campione è stata eseguita conformemente alle seguenti norme di riferimento:

- ASTM D 1558-99 "Standard test method for moisture content penetration resistance relationship of fine-grained soils";
- ASTM D 2488-00 "Standard practice for description and identification of soils (visual-manual procedure)";
- ASTM D 4648-00 "Standard test method for laboratory miniature vane shear test for saturated fine-grained clayey soil".

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Annotazioni e anomalie riscontrate

-

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

APERTURA E DESCRIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPIONE

Pagina 2/2

RAPPORTO DI PROVA N. R05917

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Modena**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data descrizione: **15/04/16**

Data emissione rapporto di prova: **18/04/16**

Sondaggio n. **1** Campione: **5bis** Profondità di prelievo: **24.90 – 25.30 m**

Stato campione: **shelby - indisturbato**

Fotografia e misurazione del campione



Caratterizzazione preliminare del campione

- DESCRIZIONE VISIVA: Argilla, grigio scura, da consistente a molto consistente, umida, con tracce di materia organica.
- REAZIONE CON HCl: da debole a nessuna;
- CONSISTENZA MEDIANTE POCKET PENETROMETER: 2.3 kg/cm², 1.8 kg/cm², 1.4 kg/cm²
- RESISTENZA AL TAGLIO MEDIANTE SCISSOMETRO: > 1 kg/cm².



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

APERTURA E DESCRIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPIONE

Pagina 1/2

RAPPORTO DI PROVA N. **R05918**

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Soliera (MO)**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data descrizione: **15/04/16**

Data emissione rapporto di prova: **18/04/16**

Sondaggio n. **2** Campione: **6** Profondità di prelievo: **2.50 – 3.00 m**

Stato campione: **shelby - indisturbato**

Attrezzatura utilizzata

- Estrusore orizzontale motorizzato (s/n 159/1989) da 5000 kg circa di spinta, dotato di telaio rigido, all'interno del quale viene inserito il tubo campionatore contenente il campione da estrarre. La velocità di estrusione è dell'ordine di 1-2 cm/sec;
- Serie di piastre circolari, anelli riduttori e trafilati per l'estrazione dei campioni;
- Attrezzature varie quali: spatole, coltelli, lame rigide a bordo tagliente ecc.
- Scissometro tascabile;
- Pocket Penetrometer;
- Acido Cloridrico 3,5%;
- Kodak Color Control Patches.

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La descrizione del campione è stata eseguita conformemente alle seguenti norme di riferimento:

- ASTM D 1558-99 "Standard test method for moisture content penetration resistance relationship of fine-grained soils";
- ASTM D 2488-00 "Standard practice for description and identification of soils (visual-manual procedure)";
- ASTM D 4648-00 "Standard test method for laboratory miniature vane shear test for saturated fine-grained clayey soil".

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Annotazioni e anomalie riscontrate

-

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

APERTURA E DESCRIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPIONE

Pagina 2/2

RAPPORTO DI PROVA N. R05918

Committente: Geo Group srl

Località: Soliera (MO)

Cantiere: Ponte Uccellino

Data descrizione: 15/04/16

Data emissione rapporto di prova: 18/04/16

Sondaggio n. 2 Campione: 6 Profondità di prelievo: 2.50 – 3.00 m

Stato campione: shelby - indisturbato

Fotografia e misurazione del campione



Caratterizzazione preliminare del campione

- DESCRIZIONE VISIVA: Sabbia debolmente limosa, bruno nocciola, da poco addensata a sciolta, satura.
- REAZIONE CON HCl: moderata;
- CONSISTENZA MEDIANTE POCKET PENETROMETER: N.D.
- RESISTENZA AL TAGLIO MEDIANTE SCISSOMETRO: N.D.



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

APERTURA E DESCRIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPIONE

Pagina 1/2

RAPPORTO DI PROVA N. R05919

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Soliera (MO)**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data descrizione: 15/04/16

Data emissione rapporto di prova: 18/04/16

Sondaggio n. **2** Campione: **7** Profondità di prelievo: **4.95 – 5.50 m**

Stato campione: **shelby - indisturbato**

Attrezzatura utilizzata

- Estrusore orizzontale motorizzato (s/n 159/1989) da 5000 kg circa di spinta, dotato di telaio rigido, all'interno del quale viene inserito il tubo campionatore contenente il campione da estrarre. La velocità di estrusione è dell'ordine di 1-2 cm/sec;
- Serie di piastre circolari, anelli riduttori e trafilati per l'estrazione dei campioni;
- Attrezzature varie quali: spatole, coltelli, lame rigide a bordo tagliente ecc.
- Scissometro tascabile;
- Pocket Penetrometer;
- Acido Cloridrico 3,5%;
- Kodak Color Control Patches.

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La descrizione del campione è stata eseguita conformemente alle seguenti norme di riferimento:

- ASTM D 1558-99 "Standard test method for moisture content penetration resistance relationship of fine-grained soils";
- ASTM D 2488-00 "Standard practice for description and identification of soils (visual-manual procedure)";
- ASTM D 4648-00 "Standard test method for laboratory miniature vane shear test for saturated fine-grained clayey soil".

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Annotazioni e anomalie riscontrate

-

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

APERTURA E DESCRIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPIONE

RAPPORTO DI PROVA N. R05919

Committente: Geo Group srl

Località: Soliera (MO)

Cantiere: Ponte Uccellino

Data descrizione: 15/04/16

Data emissione rapporto di prova: 18/04/16

Sondaggio n. 2 Campione: 7 Profondità di prelievo: 4.95 – 5.50 m

Stato campione: shelby - indisturbato

Fotografia e misurazione del campione



Caratterizzazione preliminare del campione

- DESCRIZIONE VISIVA: 1) 4.95-5.35 m: Sabbia media, grigia, da poco addensata a sciolta, satura; 2) 5.35-5.50 m: Sabbia fine debolmente limosa, grigia, poco addensata, satura.
- REAZIONE CON HCl: moderata;
- CONSISTENZA MEDIANTE POCKET PENETROMETER: 0.2 kg/cm²
- RESISTENZA AL TAGLIO MEDIANTE SCISSOMETRO: N.D.



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

APERTURA E DESCRIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPIONE

Pagina 1/2

RAPPORTO DI PROVA N. **R05920**

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Soliera (MO)**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data descrizione: **15/04/16**

Data emissione rapporto di prova: **18/04/16**

Sondaggio n. **2** Campione: **8** Profondità di prelievo: **8.00 – 8.50 m**

Stato campione: **shelby - indisturbato**

Attrezzatura utilizzata

- Estrusore orizzontale motorizzato (s/n 159/1989) da 5000 kg circa di spinta, dotato di telaio rigido, all'interno del quale viene inserito il tubo campionatore contenente il campione da estrarre. La velocità di estrusione è dell'ordine di 1-2 cm/sec;
- Serie di piastre circolari, anelli riduttori e trafilare per l'estrazione dei campioni;
- Attrezzature varie quali: spatole, coltelli, lame rigide a bordo tagliente ecc.
- Scissometro tascabile;
- Pocket Penetrometer;
- Acido Cloridrico 3,5%;
- Kodak Color Control Patches.

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La descrizione del campione è stata eseguita conformemente alle seguenti norme di riferimento:

- ASTM D 1558-99 "Standard test method for moisture content penetration resistance relationship of fine-grained soils";
- ASTM D 2488-00 "Standard practice for description and identification of soils (visual-manual procedure)";
- ASTM D 4648-00 "Standard test method for laboratory miniature vane shear test for saturated fine-grained clayey soil".

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Annotazioni e anomalie riscontrate

-

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

APERTURA E DESCRIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPIONE

Pagina 2/2

RAPPORTO DI PROVA N. **R05920**

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Soliera (MO)**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data descrizione: **15/04/16**

Data emissione rapporto di prova: **18/04/16**

Sondaggio n. **2** Campione: **8** Profondità di prelievo: **8.00 – 8.50 m**

Stato campione: **shelby - indisturbato**

Fotografia e misurazione del campione



Caratterizzazione preliminare del campione

- DESCRIZIONE VISIVA: Argilla limosa, grigio scura, consistente, satura.
- REAZIONE CON HCl: **debole**;
- CONSISTENZA MEDIANTE POCKET PENETROMETER: **2.0 kg/cm²**
- RESISTENZA AL TAGLIO MEDIANTE SCISSOMETRO: **> 1 kg/cm²**



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

APERTURA E DESCRIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPIONE

Pagina 1/2

RAPPORTO DI PROVA N. R05933

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Modena**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data descrizione: **22/04/16**

Data emissione rapporto di prova: **22/04/16**

Sondaggio n. **3** Campione: **9** Profondità di prelievo: **3.55 – 3.90 m**

Stato campione: **shelby - indisturbato**

Attrezzatura utilizzata

- Estrusore orizzontale motorizzato (s/n 159/1989) da 5000 kg circa di spinta, dotato di telaio rigido, all'interno del quale viene inserito il tubo campionatore contenente il campione da estrudere. La velocità di estrusione è dell'ordine di 1-2 cm/sec;
- Serie di piastre circolari, anelli riduttori e trafilie per l'estrusione dei campioni;
- Attrezzature varie quali: spatole, coltelli, lame rigide a bordo tagliente ecc.
- Scissometro tascabile;
- Pocket Penetrometer;
- Acido Cloridrico 3,5%;
- Kodak Color Control Patches.

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La descrizione del campione è stata eseguita conformemente alle seguenti norme di riferimento:

- ASTM D 1558-99 "Standard test method for moisture content penetration resistance relationship of fine-grained soils";
- ASTM D 2488-00 "Standard practice for description and identification of soils (visual-manual procedure)";
- ASTM D 4648-00 "Standard test method for laboratory miniature vane shear test for saturated fine-grained clayey soil".

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Annotazioni e anomalie riscontrate

-

PROVE PENETROMETRICHE SRL
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

APERTURA E DESCRIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPIONE

Pagina 2/2

RAPPORTO DI PROVA N. R05933

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Modena**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data descrizione: **22/04/16**

Data emissione rapporto di prova: **22/04/16**

Sondaggio n. **3** Campione: **9** Profondità di prelievo: **3.55 – 3.90 m**

Stato campione: **shelby - indisturbato**

Fotografia e misurazione del campione



Caratterizzazione preliminare del campione

- DESCRIZIONE VISIVA: **sabbia fine con limo, bruno-nocciola, molto addensata, asciutta.**
- REAZIONE CON HCl: **moderata;**
- CONSISTENZA MEDIANTE POCKET PENETROMETER: **4.0 kg/cm²**
- RESISTENZA AL TAGLIO MEDIANTE SCISSOMETRO: **> 1 kg/cm²**

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Pagina 1/3

RAPPORTO DI PROVA N. R05929

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Modena**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data inizio prova: **18/04/16** Data fine prova: **22/04/16** Data emissione rapporto: **22/04/16**

Sondaggio n. **1** Campione n. **1** Profondità di prelievo: **4.40 – 5.00 m**

Tipo di campione: **shelby - indisturbato**

Attrezzatura utilizzata

- Bilancia di sensibilità pari a 0.01 gr per le particelle di dimensioni inferiori a 2 mm;
- Serie di setacci (ASTM D422), nell'ordine: n. 40 da 0.425 mm, n. 60 da 0.250 mm, n. 140 da 0.106 mm, n. 200 da 0.075 mm;
- Forno di essiccaimento a controllo termostatico per temperatura di 110°C;
- Due bacinelle rettangolari in plastica necessarie per contenere il campione nell'acqua;
- Mortaio completo di pestello di ceramica;
- Soluzione disperdente standard costituita da 33 gr di esametafosfato di sodio e 7 gr di carbonato di sodio in 1 litro di acqua distillata;
- Densimetri mod. 151H o 319H a scala graduata;
- Serie di cilindri di sedimentazione con un volume di 1000 cm³;
- Termometro per la misura di temperature comprese tra 0 e 50°C con una precisione di 0.5 °C;
- Vasca termostatica in grado di mantenere una temperatura costante di 20°C tipo Controls D1408/A, s/n 91122911;
- Contasecondi;
- Uno o più beaker da 600 cm³.

Software utilizzato per l'elaborazione: "Laboratorio Geotecnico ver. 4.5.32" realizzato dalla società SGeo di Roma.

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Pagina 2/3

RAPPORTO DI PROVA N. R05929

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Modena**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data inizio prova: 18/04/16 Data fine prova: 22/04/16 Data emissione rapporto: 22/04/16

Sondaggio n. **1** Campione n. **1** Profondità di prelievo: **4.40 – 5.00 m**

Tipo di campione: **shelby - indisturbato**

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alle seguenti norme di riferimento:

- AGI (1994) "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio";
- ASTM D 421 – 02 "Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants";
- ASTM D 422 – 02 "Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils";
- ASTM D 1140 – 00 "Standard Test Methods for Amount of Material in Soils Finer Than the No. 200 (75- μ m) Sieve";
- ASTM D 2217 – 98 "Standard Practice for Wet Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants".
-

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Incertezza associata alle misure: **20%**. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo ($k=2$) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

RAPPORTO DI PROVA N°: R05929 Pagina 3/3

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 22/04/16

Inizio analisi: 18/04/16

Apertura campione: 15/04/16

Fine analisi: 22/04/16

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Modena, Ponte Uccellino

SONDAGGIO: 1

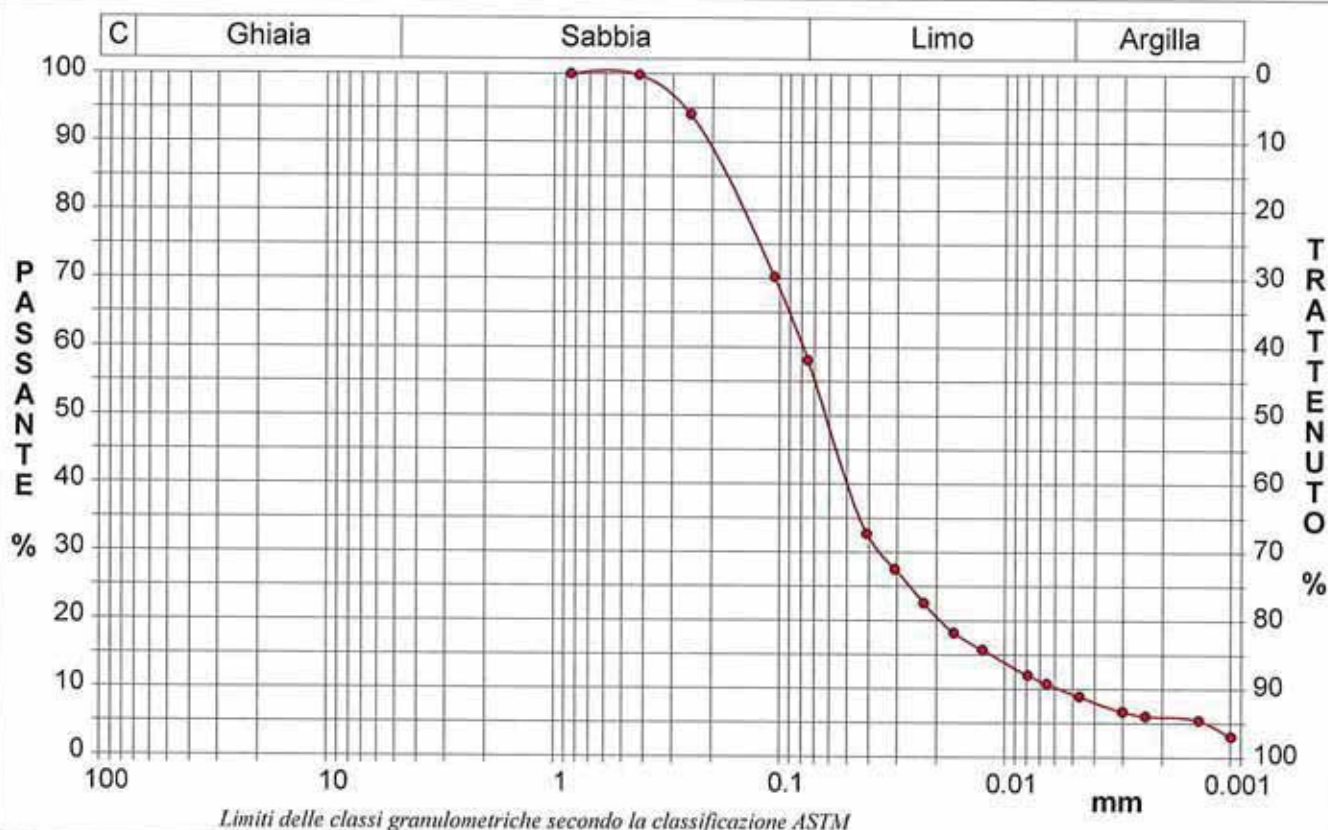
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 4.40 - 5.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D421-02, ASTM D422-02, ASTM D2217-98

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	0,00567 mm	
Sabbia	41,9 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	99,2 %	D30	0,03525 mm	
Limo	48,8 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	58,1 %	D50	0,06181 mm	
Argilla	9,3 %			D60	0,07909 mm	
Coefficiente di uniformità		13.95	Coefficiente di curvatura	2.77	D90	0,21580 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
0,8500	100,00	0,0410	32,72	0,0079	12,02	0,0014	5,45		
0,4250	99,85	0,0307	27,52	0,0065	10,78	0,0010	3,10		
0,2500	94,08	0,0228	22,56	0,0047	8,92				
0,1060	70,26	0,0168	18,22	0,0030	6,69				
0,0750	58,14	0,0125	15,74	0,0024	6,07				

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

RAPPORTO DI PROVA N°: R05929 Pagina 3/3

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 22/04/16 Inizio analisi: 18/04/16

Apertura campione: 15/04/16 Fine analisi: 22/04/16

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Modena, Ponte Uccellino

SONDAGGIO: 1

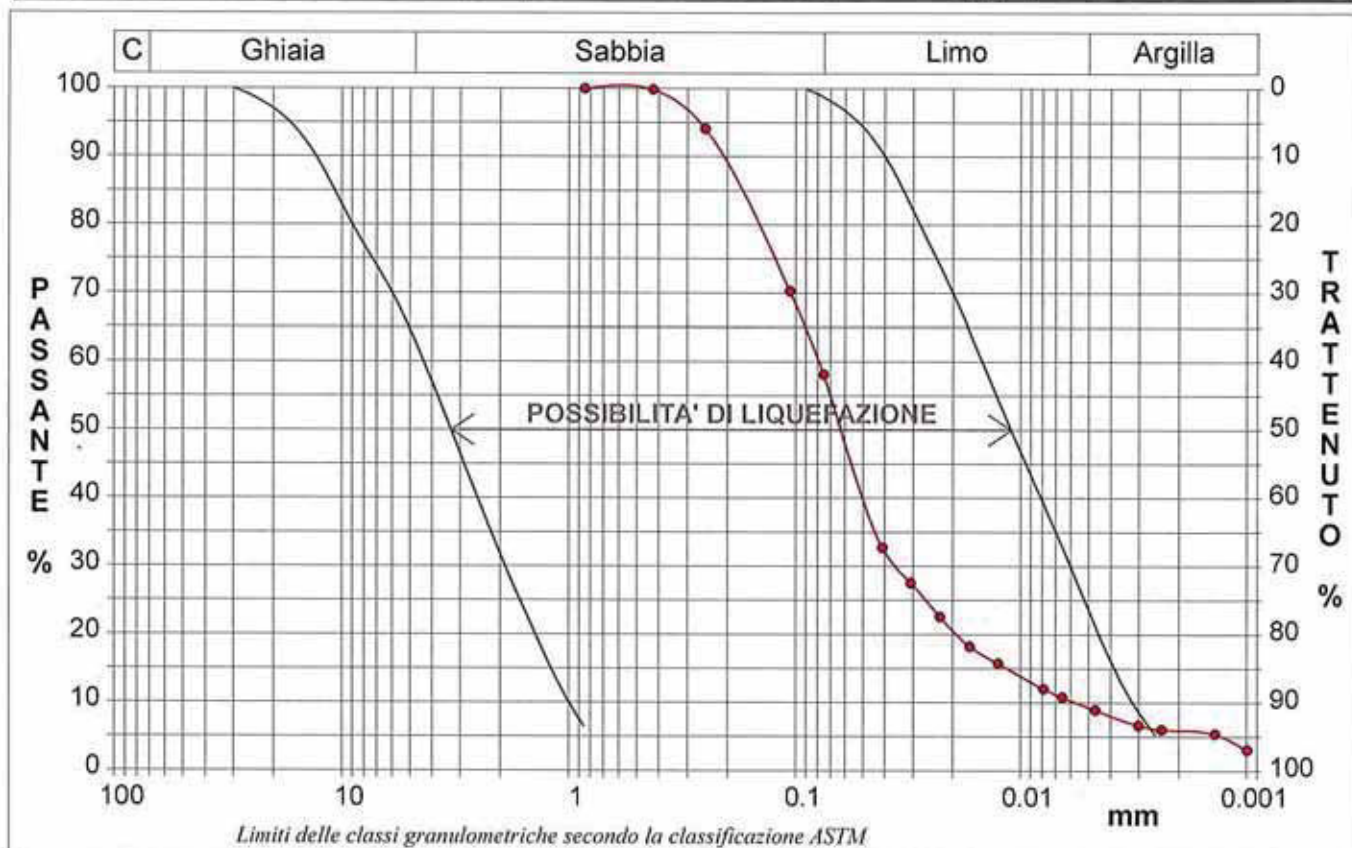
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 4.40 - 5.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994),ASTM D421-02,ASTM D422-02,ASTM D2217-98

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	0,00567 mm
Sabbia	41,9 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	99,2 %	D30	0,03525 mm
Limo	48,8 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	58,1 %	D50	0,06181 mm
Argilla	9,3 %			D60	0,07909 mm
Coefficiente di uniformità		13,95	Coefficiente di curvatura		2,77
				D90	0,21580 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
0,8500	100,00	0,0410	32,72	0,0079	12,02	0,0014	5,45		
0,4250	99,85	0,0307	27,52	0,0065	10,78	0,0010	3,10		
0,2500	94,08	0,0228	22,56	0,0047	8,92				
0,1060	70,26	0,0168	18,22	0,0030	6,69				
0,0750	58,14	0,0125	15,74	0,0024	6,07				



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Pagina 1/3

RAPPORTO DI PROVA N. R05930

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Modena**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data inizio prova: 18/04/16 Data fine prova: 22/04/16 Data emissione rapporto: 22/04/16

Sondaggio n. **1** Campione n. **2bis** Profondità di prelievo: **7.30 – 7.90 m**

Tipo di campione: **shelby - indisturbato**

Attrezzatura utilizzata

- Bilancia di sensibilità pari a 0.01 gr per le particelle di dimensioni inferiori a 2 mm;
- Serie di setacci (ASTM D422), nell'ordine: n. 4 da 4.75 mm, n. 10 da 2.00 mm, n. 20 da 0.850 mm, n. 40 da 0.425 mm, n. 60 da 0.250 mm, n. 140 da 0.106 mm, n. 200 da 0.075 mm;
- Forno di essiccaimento a controllo termostatico per temperatura di 110°C;
- Due bacinelle rettangolari in plastica necessarie per contenere il campione nell'acqua;
- Mortaio completo di pestello di ceramica;
- Soluzione disperdente standard costituita da 33 gr di esametafosfato di sodio e 7 gr di carbonato di sodio in 1 litro di acqua distillata;
- Densimetri mod. 151H o 319H a scala graduata;
- Serie di cilindri di sedimentazione con un volume di 1000 cm³;
- Termometro per la misura di temperature comprese tra 0 e 50°C con una precisione di 0.5 °C;
- Vasca termostatica in grado di mantenere una temperatura costante di 20°C tipo Controls D1408/A, s/n 91122911;
- Contasecondi;
- Uno o più beaker da 600 cm³.

Software utilizzato per l'elaborazione: "Laboratorio Geotecnico ver. 4.5.32" realizzato dalla società SGeo di Roma.

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Pagina 2/3

RAPPORTO DI PROVA N. R05930

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Modena**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data inizio prova: 18/04/16 Data fine prova: 22/04/16 Data emissione rapporto: 22/04/16

Sondaggio n. **1** Campione n. **2bis** Profondità di prelievo: **7.30 – 7.90 m**

Tipo di campione: **shelby - indisturbato**

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alle seguenti norme di riferimento:

- AGI (1994) "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio";
- ASTM D 421 – 02 "Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants";
- ASTM D 422 – 02 "Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils";
- ASTM D 1140 – 00 "Standard Test Methods for Amount of Material in Soils Finer Than the No. 200 (75- μ m) Sieve";
- ASTM D 2217 – 98 "Standard Practice for Wet Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants".
-

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Il trattenuto al setaccio 4.75 mm è composto anche da frammenti di laterizi.

Incertezza associata alle misure: **20%**. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo ($k=2$) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

RAPPORTO DI PROVA N°: R05930 Pagina 3/3

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 22/04/16

Inizio analisi: 18/04/16

Apertura campione: 15/04/16

Fine analisi: 22/04/16

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Modena, Ponte Uccellino

SONDAGGIO: 1

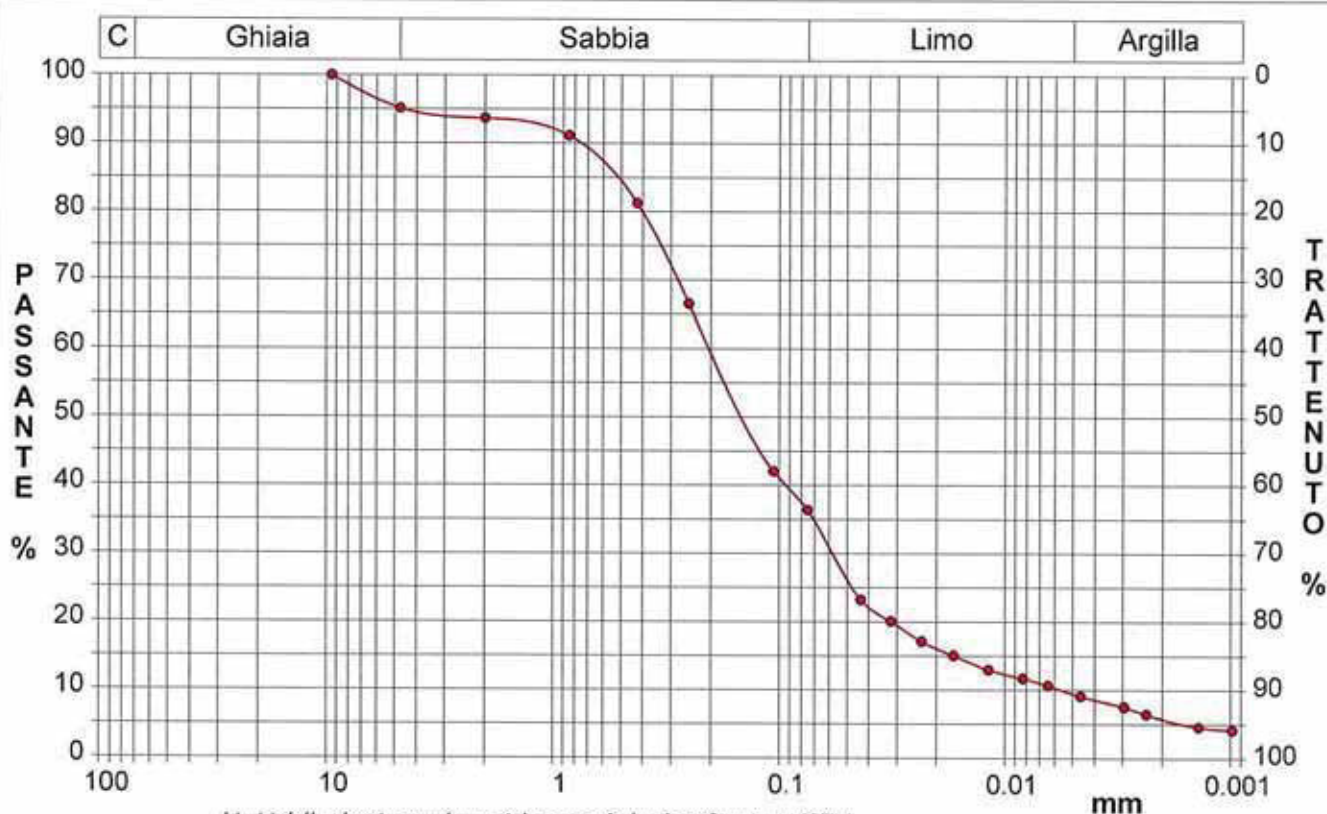
CAMPIONE: 2 bis

PROFONDITÀ: m 7.30 - 7.90

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D421-02, ASTM D422-02, ASTM D2217-98

Ghiaia	4,8 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	93,7 %	D10	0,00559 mm	
Sabbia	58,8 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	79,6 %	D30	0,05755 mm	
Limo	26,9 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	36,4 %	D50	0,14014 mm	
Argilla	9,5 %			D60	0,19892 mm	
Coefficiente di uniformità		35,60	Coefficiente di curvatura	2,98	D90	0,78366 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
9,5000	100,00	0,2500	66,52	0,0233	17,14	0,0046	9,09		
4,7500	95,16	0,1060	42,03	0,0169	15,05	0,0030	7,53		
2,0000	93,70	0,0750	36,40	0,0118	12,96	0,0024	6,48		
0,8500	91,16	0,0435	23,21	0,0083	11,71	0,0014	4,60		
0,4250	81,25	0,0319	20,07	0,0064	10,66	0,0010	4,18		

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

RAPPORTO DI PROVA N°: R05930 Pagina 3/3

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 22/04/16 Inizio analisi: 18/04/16

Apertura campione: 15/04/16 Fine analisi: 22/04/16

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Modena, Ponte Uccellino

SONDAGGIO: 1

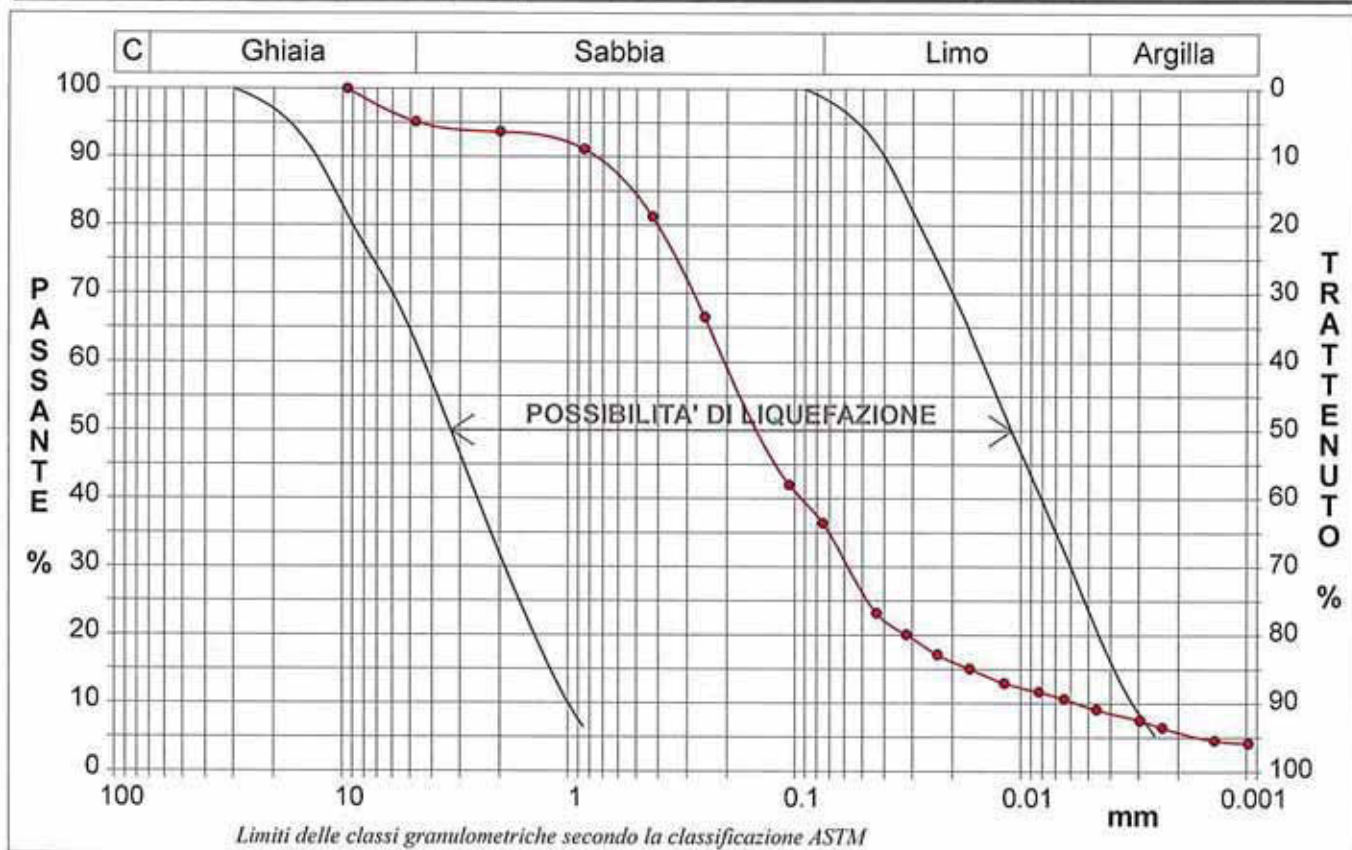
CAMPIONE: 2 bis

PROFONDITA': m 7.30 - 7.90

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994),ASTM D421-02,ASTM D422-02,ASTM D2217-98

Ghiaia	4,8 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	93,7 %	D10	0,00559 mm
Sabbia	58,8 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	79,6 %	D30	0,05755 mm
Limo	26,9 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	36,4 %	D50	0,14014 mm
Argilla	9,5 %			D60	0,19892 mm
Coefficiente di uniformità		35,60	Coefficiente di curvatura		2,98
				D90	0,78366 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
9,5000	100,00	0,2500	66,52	0,0233	17,14	0,0046	9,09		
4,7500	95,16	0,1060	42,03	0,0169	15,05	0,0030	7,53		
2,0000	93,70	0,0750	36,40	0,0118	12,96	0,0024	6,48		
0,8500	91,16	0,0435	23,21	0,0083	11,71	0,0014	4,60		
0,4250	81,25	0,0319	20,07	0,0064	10,66	0,0010	4,18		



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Pagina 1/3

RAPPORTO DI PROVA N. R05931

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Soliera (MO)**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data inizio prova: **18/04/16** Data fine prova: **22/04/16** Data emissione rapporto: **22/04/16**

Sondaggio n. **2** Campione n. **6** Profondità di prelievo: **2.50 – 3.00 m**

Tipo di campione: **shelby - indisturbato**

Attrezzatura utilizzata

- Bilancia di sensibilità pari a 0.01 gr per le particelle di dimensioni inferiori a 2 mm;
- Serie di setacci (ASTM D422), nell'ordine: n. 20 da 0.850 mm, n. 40 da 0.425 mm, n. 60 da 0.250 mm, n. 140 da 0.106 mm, n. 200 da 0.075 mm;
- Forno di essiccazione a controllo termostatico per temperatura di 110°C;
- Due bacinelle rettangolari in plastica necessarie per contenere il campione nell'acqua;
- Mortaio completo di pestello di ceramica;
- Soluzione disperdente standard costituita da 33 gr di esametafosfato di sodio e 7 gr di carbonato di sodio in 1 litro di acqua distillata;
- Densimetri mod. 151H o 319H a scala graduata;
- Serie di cilindri di sedimentazione con un volume di 1000 cm³;
- Termometro per la misura di temperature comprese tra 0 e 50°C con una precisione di 0.5 °C;
- Vasca termostatica in grado di mantenere una temperatura costante di 20°C tipo Controls D1408/A, s/n 91122911;
- Contasecondi;
- Uno o più beaker da 600 cm³.

Software utilizzato per l'elaborazione: "Laboratorio Geotecnico ver. 4.5.32" realizzato dalla società SGeo di Roma.

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Pagina 2/3

RAPPORTO DI PROVA N. R05931

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Soliera (MO)**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data inizio prova: 18/04/16 Data fine prova: 22/04/16 Data emissione rapporto: 22/04/16

Sondaggio n. **2** Campione n. **6** Profondità di prelievo: **2.50 – 3.00 m**

Tipo di campione: **shelby - indisturbato**

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alle seguenti norme di riferimento:

- AGI (1994) "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio";
- ASTM D 421 – 02 "Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants";
- ASTM D 422 – 02 "Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils";
- ASTM D 1140 – 00 "Standard Test Methods for Amount of Material in Soils Finer Than the No. 200 (75- μ m) Sieve";
- ASTM D 2217 – 98 "Standard Practice for Wet Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants".
-

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Incertezza associata alle misure: **20%**. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo ($k=2$) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

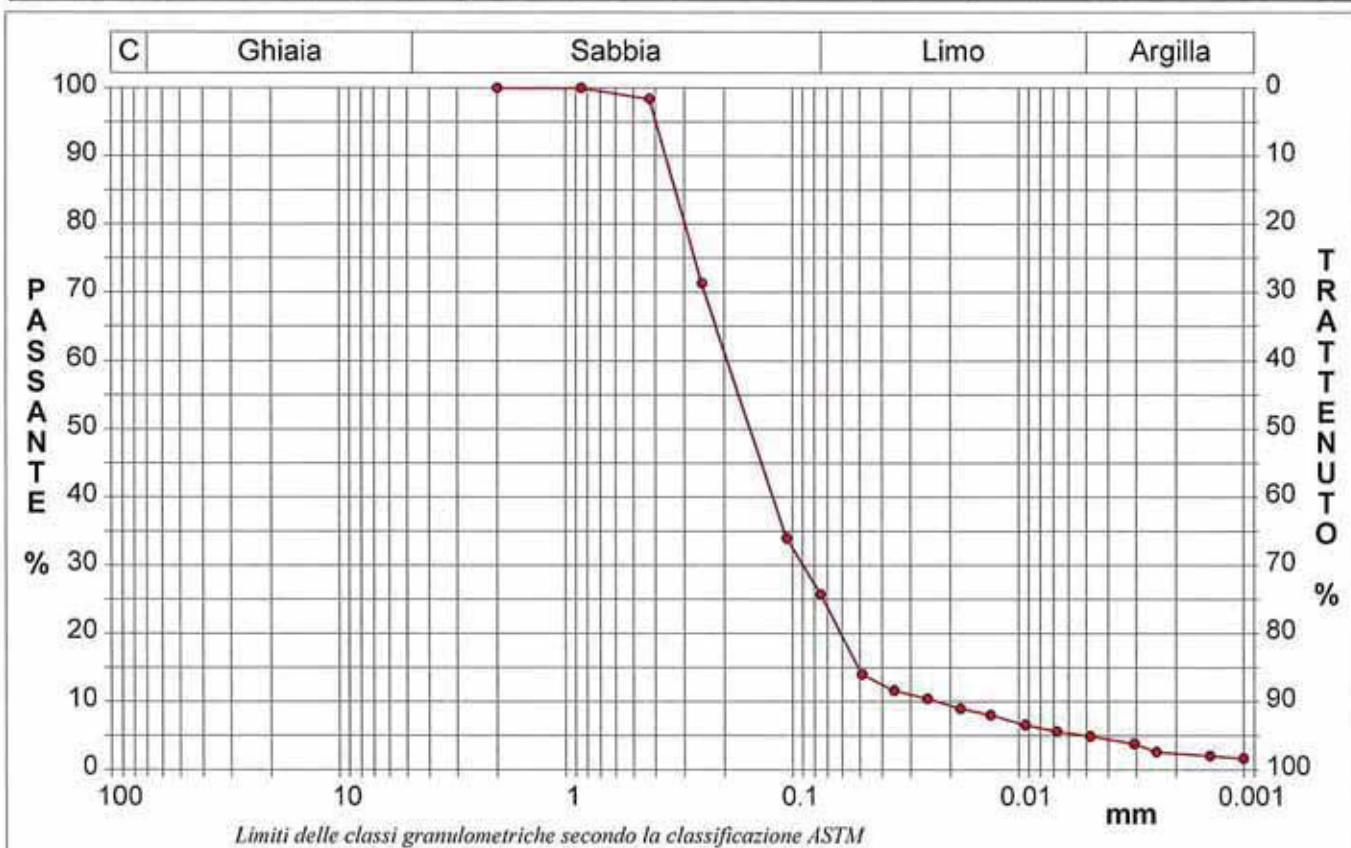
RAPPORTO DI PROVA N°: R05931	Pagina 3/3	DATA DI EMISSIONE: 22/04/16	Inizio analisi: 18/04/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione: 15/04/16	Fine analisi: 22/04/16

COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Soliera, Ponte Uccellino			
SONDAGGIO: 2	CAMPIONE: 6	PROFONDITA': m	2.50 - 3.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994),ASTM D421-02,ASTM D422-02,ASTM D2217-98

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	0,02285 mm
Sabbia	74,3 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	95,3 %	D30	0,08973 mm
Limo	20,7 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	25,7 %	D50	0,15324 mm
Argilla	5,0 %			D60	0,19284 mm
Coefficiente di uniformità	8,44	Coefficiente di curvatura	1,83	D90	0,36062 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
2,0000	100,00	0,0750	25,73	0,0133	8,03	0,0024	2,64		
0,8500	99,99	0,0490	14,03	0,0094	6,59	0,0014	2,04		
0,4250	98,39	0,0354	11,63	0,0068	5,64	0,0010	1,68		
0,2500	71,29	0,0253	10,43	0,0048	4,92				
0,1060	33,97	0,0181	8,99	0,0031	3,84				

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

RAPPORTO DI PROVA N°: R05931 Pagina 3/3

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 22/04/16

Inizio analisi: 18/04/16

Apertura campione: 15/04/16

Fine analisi: 22/04/16

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Soliera, Ponte Uccellino

SONDAGGIO: 2

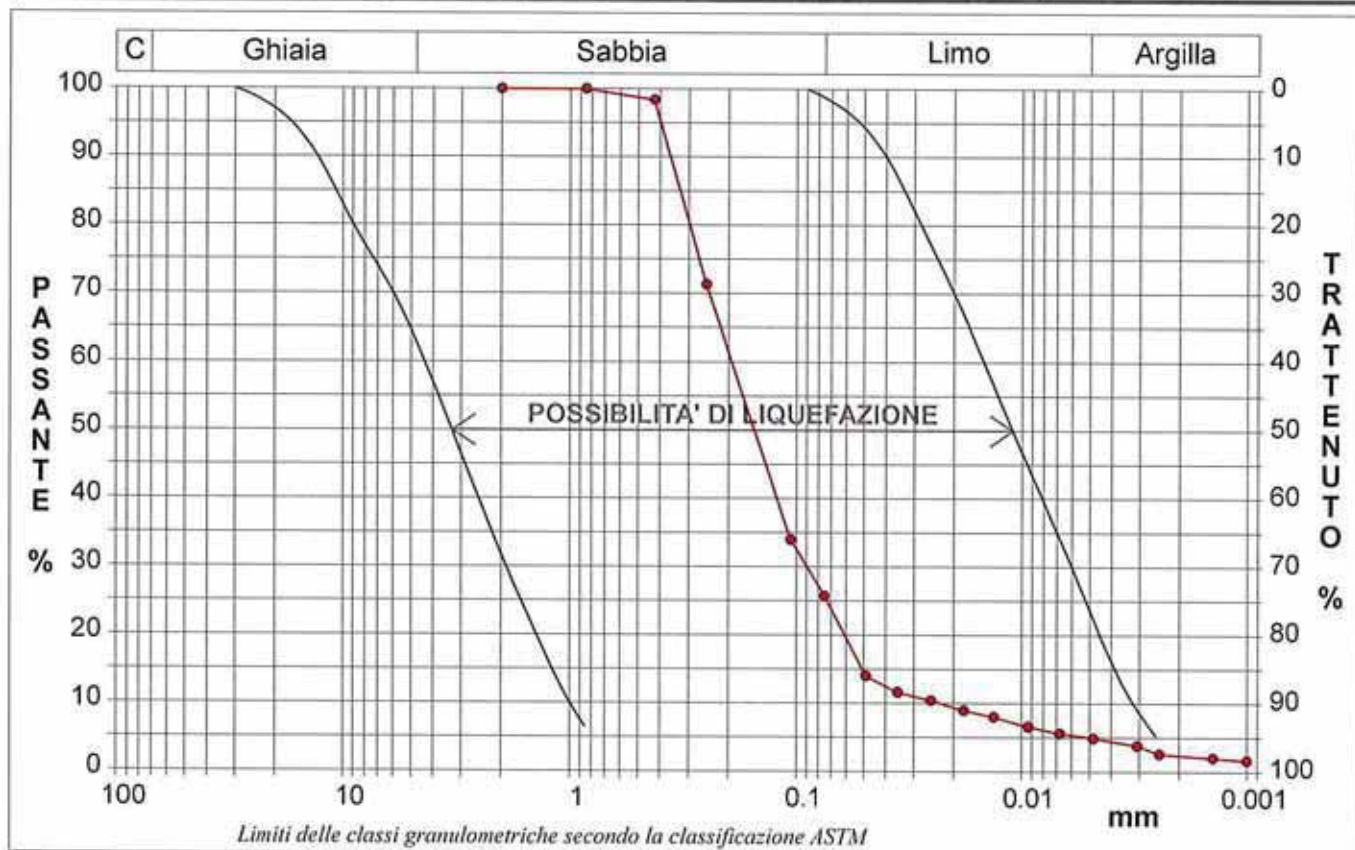
CAMPIONE: 6

PROFONDITA': m 2.50 - 3.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994),ASTM D421-02,ASTM D422-02,ASTM D2217-98

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	0,02285 mm	
Sabbia	74,3 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	95,3 %	D30	0,08973 mm	
Limo	20,7 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	25,7 %	D50	0,15324 mm	
Argilla	5,0 %			D60	0,19284 mm	
Coefficiente di uniformità		8,44	Coefficiente di curvatura	1,83	D90	0,36062 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
2,0000	100,00	0,0750	25,73	0,0133	8,03	0,0024	2,64		
0,8500	99,99	0,0490	14,03	0,0094	6,59	0,0014	2,04		
0,4250	98,39	0,0354	11,63	0,0068	5,64	0,0010	1,68		
0,2500	71,29	0,0253	10,43	0,0048	4,92				
0,1060	33,97	0,0181	8,99	0,0031	3,84				



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Pagina 1/3

RAPPORTO DI PROVA N. R05932

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Soliera (MO)**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data inizio prova: **18/04/16** Data fine prova: **22/04/16** Data emissione rapporto: **22/04/16**

Sondaggio n. **2** Campione n. **7** Profondità di prelievo: **4.95 – 5.50 m**

Tipo di campione: **shelby - indisturbato**

Attrezzatura utilizzata

- Bilancia di sensibilità pari a 0.01 gr per le particelle di dimensioni inferiori a 2 mm;
- Serie di setacci (ASTM D422), nell'ordine: n. 40 da 0.425 mm, n. 60 da 0.250 mm, n. 140 da 0.106 mm, n. 200 da 0.075 mm;
- Forno di essiccazione a controllo termostatico per temperatura di 110°C;
- Due bacinelle rettangolari in plastica necessarie per contenere il campione nell'acqua;
- Mortaio completo di pestello di ceramica;
- Soluzione disperdente standard costituita da 33 gr di esametafosfato di sodio e 7 gr di carbonato di sodio in 1 litro di acqua distillata;
- Densimetri mod. 151H o 319H a scala graduata;
- Serie di cilindri di sedimentazione con un volume di 1000 cm³;
- Termometro per la misura di temperature comprese tra 0 e 50°C con una precisione di 0.5 °C;
- Vasca termostatica in grado di mantenere una temperatura costante di 20°C tipo Controls D1408/A, s/n 91122911;
- Contasecondi;
- Uno o più beaker da 600 cm³.

Software utilizzato per l'elaborazione: "Laboratorio Geotecnico ver. 4.5.32" realizzato dalla società SGeo di Roma.

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

ANALISI GRANULOMETRICA

Pagina 2/3

RAPPORTO DI PROVA N. R05932

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Soliera (MO)**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data inizio prova: 18/04/16 Data fine prova: 22/04/16 Data emissione rapporto: 22/04/16

Sondaggio n. **2** Campione n. **7** Profondità di prelievo: **4.95 – 5.50 m**

Tipo di campione: **shelby - indisturbato**

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alle seguenti norme di riferimento:

- AGI (1994) "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio";
- ASTM D 421 – 02 "Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants";
- ASTM D 422 – 02 "Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils";
- ASTM D 1140 – 00 "Standard Test Methods for Amount of Material in Soils Finer Than the No. 200 (75-µm) Sieve";
- ASTM D 2217 – 98 "Standard Practice for Wet Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants".
-

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Incertezza associata alle misure: **20%**. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo ($k=2$) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

RAPPORTO DI PROVA N°: R05932 Pagina 3/3

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 22/04/16

Inizio analisi: 18/04/16

Apertura campione: 15/04/16

Fine analisi: 22/04/16

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Soliera, Ponte Uccellino

SONDAGGIO: 2

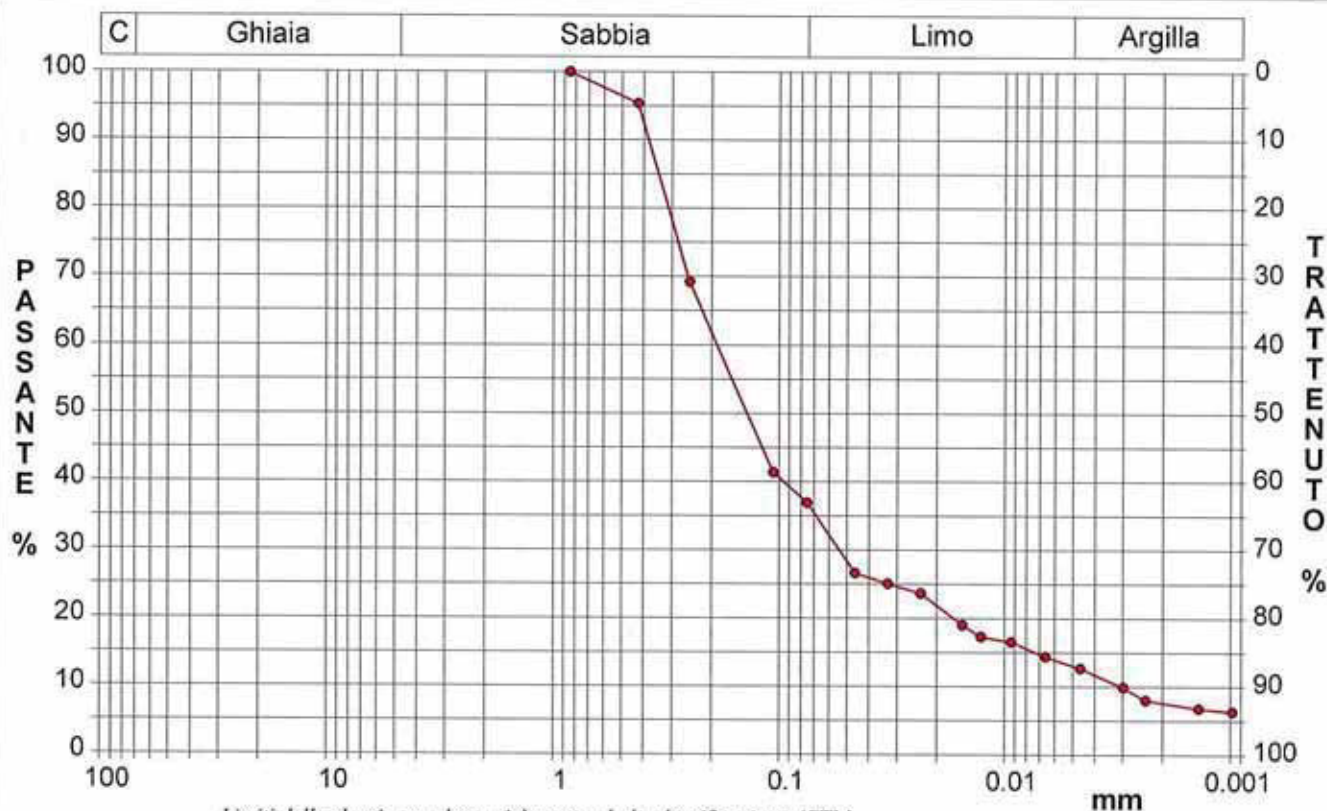
CAMPIONE: 7

PROFONDITA': m 4.95 - 5.50

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D421-02, ASTM D422-02, ASTM D2217-98

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	0,00303 mm	
Sabbia	63,1 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	92,4 %	D30	0,05421 mm	
Limo	23,9 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	36,9 %	D50	0,13828 mm	
Argilla	13,0 %			D60	0,18831 mm	
Coefficiente di uniformità		62.14	Coefficiente di curvatura	5.15	D90	0,38115 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
0,8500	100,00	0,0462	26,60	0,0094	16,55	0,0014	6,80		
0,4250	95,38	0,0330	25,05	0,0066	14,38	0,0010	6,34		
0,2500	69,18	0,0236	23,66	0,0046	12,68				
0,1060	41,39	0,0154	19,02	0,0030	9,90				
0,0750	36,91	0,0127	17,32	0,0024	8,04				

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

RAPPORTO DI PROVA N°: R05932 Pagina 3/3

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 22/04/16

Inizio analisi: 18/04/16

Apertura campione: 15/04/16

Fine analisi: 22/04/16

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Soliera, Ponte Uccellino

SONDAGGIO: 2

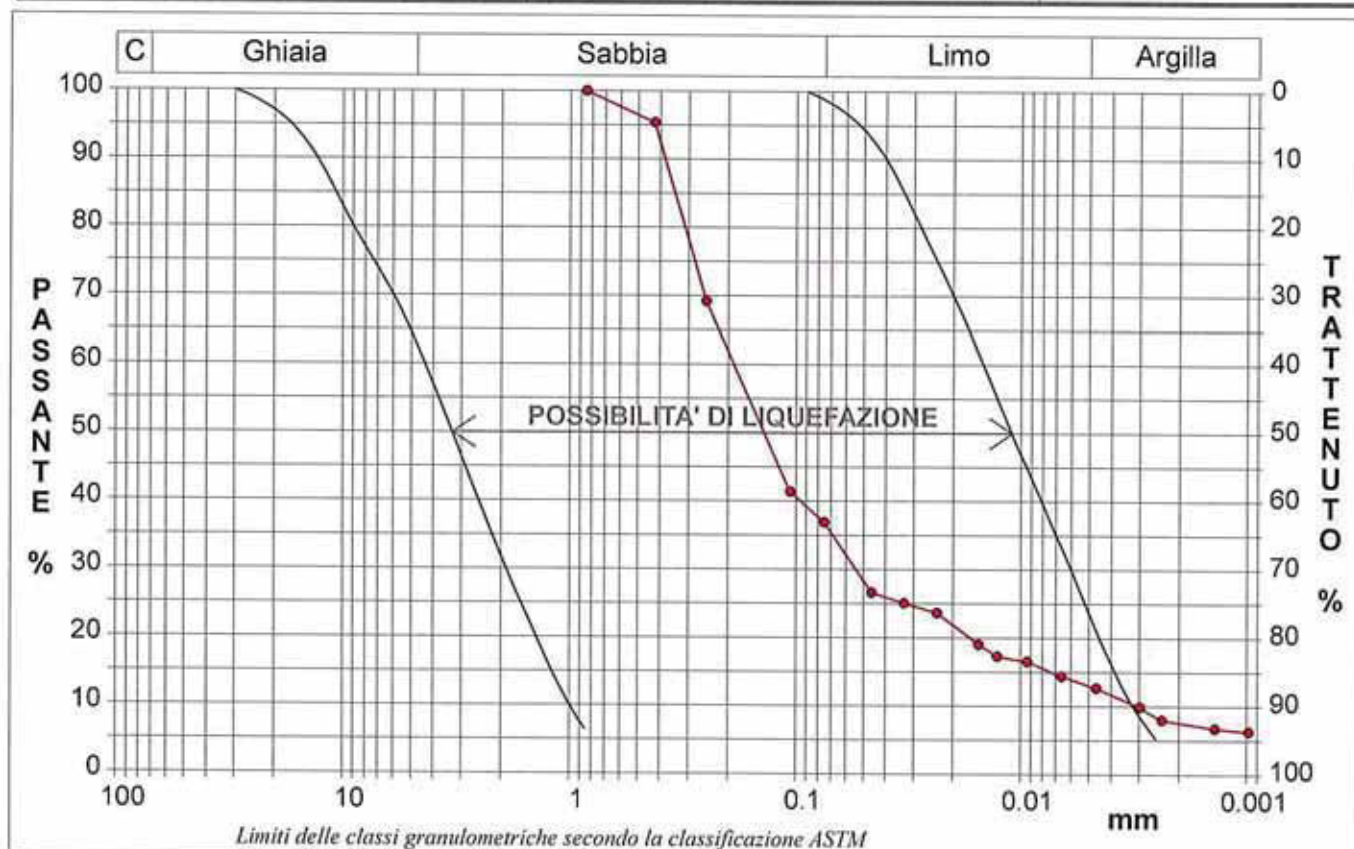
CAMPIONE: 7

PROFONDITA': m 4.95 - 5.50

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994),ASTM D421-02,ASTM D422-02,ASTM D2217-98

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	0,00303 mm	
Sabbia	63,1 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	92,4 %	D30	0,05421 mm	
Limo	23,9 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	36,9 %	D50	0,13828 mm	
Argilla	13,0 %			D60	0,18831 mm	
Coefficiente di uniformità		62,14	Coefficiente di curvatura	5,15	D90	0,38115 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
0,8500	100,00	0,0462	26,60	0,0094	16,55	0,0014	6,80		
0,4250	95,38	0,0330	25,05	0,0066	14,38	0,0010	6,34		
0,2500	69,18	0,0236	23,66	0,0046	12,68				
0,1060	41,39	0,0154	19,02	0,0030	9,90				
0,0750	36,91	0,0127	17,32	0,0024	8,04				



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

PROVA EDOMETRICA

Pagina 1/2

RAPPORTO DI PROVA N. R05943

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Modena**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data inizio prova: 18/04/16 Data fine prova: 29/04/16 Data emissione rapporto: 29/04/16

Sondaggio n. 1 Campione n. 1 Profondità di prelievo: **4.40 – 5.00 m**

Tipo di campione: **shelby - indisturbato**

Attrezzatura utilizzata

- Cella edometrica n. 1 composta da: anello rigido, testina di carico, cella di contenimento del provino, fustella in acciaio tipo T661 sezione 19.63 cm², dotata di bordo tagliente di diametro minimo 50.00 mm, altezza 20 mm, peso fustella 53.55 gr;
- N. 2 pietre porose per ogni cella edometrica e dischi di carta da filtro;
- Telaio di carico frontale tipo Tecnotest T660/FF: corpo e braccio, elementi di trasmissione del carico, fulcro e perno di reazione con cuscinetti a rulli, snodo ponte di carico/pressione con accoppiamento sferico, contrasto di bilanciamento, braccio di leva, asta porta pesi con doppio piattello, supporto per trasduttore lineare;
- Trasduttore elettrico lineare per la misura dei cedimenti: tipo Solartron, rapporto di taratura CML 1595-15;
- Serie di pesi calibrati per l'applicazione del carico tipo Tecnotest T661/10: costituiti da dischi in ghisa oppure in acciaio asolati;
- Attrezzatura per la preparazione dei provini: fustella porta-campione, vasellina spray, lama rigida, seghetto;
- Attrezzatura per la determinazione del contenuto naturale d'acqua.

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alle seguenti norme di riferimento:

- AGI (1994): "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio";
- ASTM D 2435-03: "Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Incremental Loading";
- ASTM D 4546-03: "Standard Test Methods for One-Dimensional Swell or Settlement Potential of Cohesive Soils";
- ASTM D 4186-89: "Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Controlled-Strain Loading".

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Incertezza associata alle misure: **20,11%**. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo ($k=2$) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

RAPPORTO DI PROVA N°: R05943 Pagina 2/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 29/04/16 Inizio analisi: 18/04/16

Apertura campione: 15/04/16 Fine analisi: 29/04/16

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Modena, Ponte Uccellino

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITÀ: m 4.40 - 5.00

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D2435-03, ASTM D3877-02, ASTM D4186-98, ASTM D4546-03

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 49,0 kPa				Pressione 98,1 kPa				Pressione 196,1 kPa				Pressione 392,3 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,10	27,4			0,10	53,5			0,10	87,3			0,10	136,2	2880,00	165,6
0,25	28,6			0,25	54,9			0,25	87,3			0,25	142,7	3600,00	166,0
0,40	29,1			0,40	55,5			0,40	87,8			0,40	144,1	5760,00	167,2
0,50	29,1			0,50	55,5			0,50	88,4			0,50	144,1		
1,00	29,6			1,00	56,8			1,00	90,1			1,00	146,8		
2,00	30,5			2,00	57,6			2,00	91,0			2,00	148,2		
4,00	30,7			4,00	58,8			4,00	92,2			4,00	150,6		
8,00	32,0			8,12	59,2			8,00	92,9			8,00	152,5		
15,00	32,4			15,00	60,1			15,00	93,8			15,00	153,7		
30,00	33,6			30,00	60,6			30,00	95,0			30,00	155,8		
60,00	34,2			60,00	61,8			60,00	95,8			60,00	156,8		
120,00	34,6			120,00	62,4			120,00	97,0			120,00	158,7		
240,00	35,1			240,00	63,2			240,00	98,0			240,00	159,9		
480,00	35,7			480,00	64,1			480,00	98,7			480,00	161,5		
960,00	36,4			960,00	64,7			960,00	99,8			960,00	163,0		
1440,00	36,7			1440,00	64,4							1440,00	164,2		
												1800,00	164,8		

Pressione 784,5 kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,10	218,4														
0,25	222,0														
0,40	223,7														
0,50	224,1														
1,00	226,9														
2,00	228,6														
4,00	231,4														
8,00	233,5														
15,00	235,3														
30,00	237,7														
60,00	239,8														
120,00	241,7														
240,00	243,4														
480,00	245,0														
960,00	246,8														
1440,00	247,8														

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

COMMITTENTE: Geo Group srl		
RIFERIMENTO: Modena, Ponte Uccellino		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 4.40 - 5.00

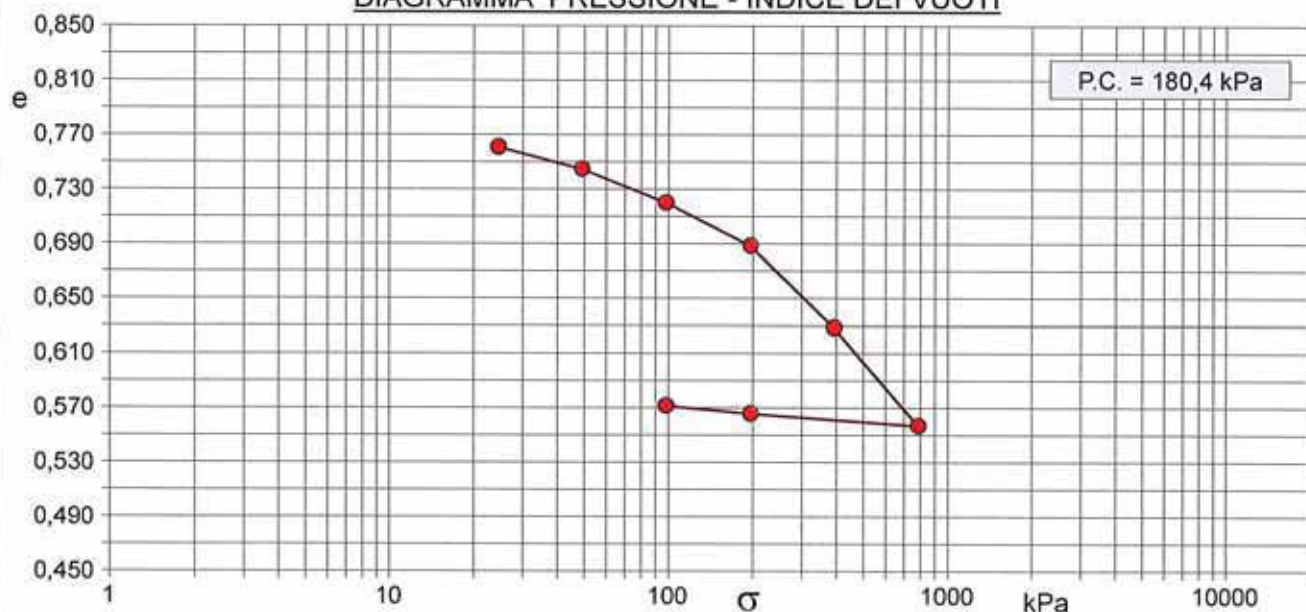
PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D2435-03, ASTM D3877-02, ASTM D4186-98, ASTM D4546-03

Caratteristiche del campione

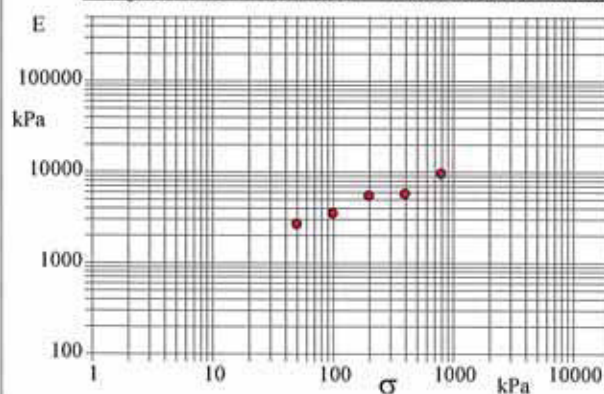
Peso di volume (kN/m³)	19,17	Altezza provino cm	2,00	Indice dei vuoti	0,78
Umidità (%)	32,4	Volume provino (cm³)	39,27	Porosità (%)	43,74
Peso specifico	2,62	Volume dei vuoti (cm³)	17,18	Saturazione (%)	100,0

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
24,5	18,5	0,761				
49,0	36,7	0,745	0,054	2694	0,000700	2,55E-08
98,1	64,4	0,720	0,082	3540	0,000178	4,94E-09
196,1	99,8	0,689	0,105	5540	0,003356	5,94E-08
392,3	167,2	0,629	0,199	5820	0,001101	1,85E-08
784,5	247,8	0,557	0,238	9734	0,001763	1,78E-08
196,1	237,9	0,566				
98,1	231,4	0,572				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Modena, Ponte Uccellino

SONDAGGIO: 1

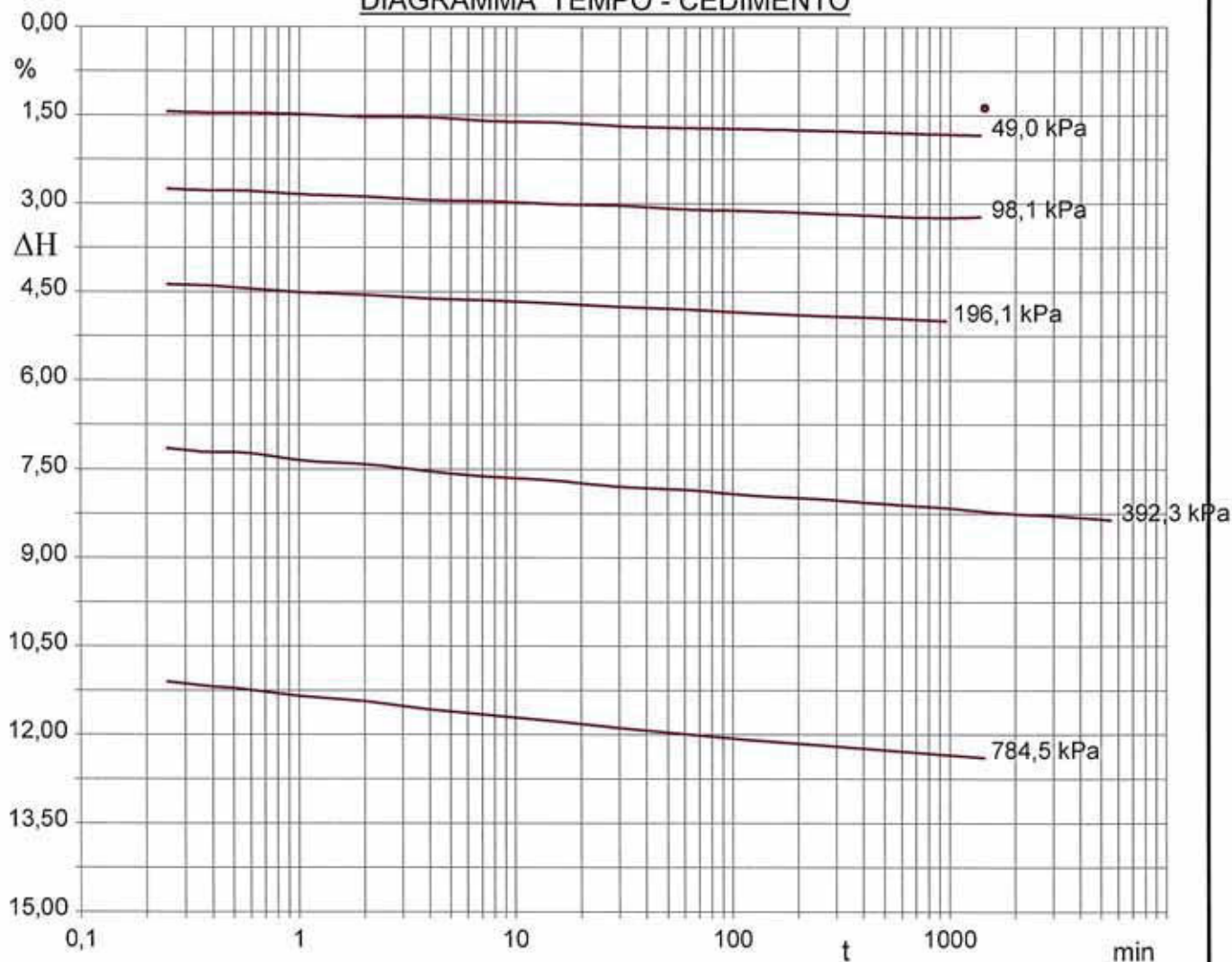
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 4.40 - 5.00

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D2435-03, ASTM D3877-02, ASTM D4186-98, ASTM D4546-03

DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione:	49,0 kPa	$C_v = 0,000700 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione:	98,1 kPa	$C_v = 0,000178 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione:	196,1 kPa	$C_v = 0,003356 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione:	392,3 kPa	$C_v = 0,001101 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione:	784,5 kPa	$C_v = 0,001763 \text{ cm}^2/\text{sec}$



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

PROVA EDOMETRICA

Pagina 1/2

RAPPORTO DI PROVA N. R05944

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Soliera (MO)**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data inizio prova: **18/04/16** Data fine prova: **29/04/16** Data emissione rapporto di prova: **29/04/16**

Sondaggio n. **2** Campione: **6** Profondità di prelievo: **2.50 – 3.00 m**

Stato campione: **shelby - indisturbato**

Attrezzatura utilizzata

- Cella edometrica n. 2 composta da: anello rigido, testina di carico, cella di contenimento del provino, fustella in acciaio tipo T661 sezione 20.01 cm², dotata di bordo tagliente di diametro minimo 50.50 mm, altezza 20 mm, peso fustella 53.50 gr;
- N. 2 pietre porose per ogni cella edometrica e dischi di carta da filtro;
- Telaio di carico frontale tipo Tecnotest T660/FF: corpo e braccio, elementi di trasmissione del carico, fulcro e perno di reazione con cuscinetti a rulli, snodo ponte di carico/pressione con accoppiamento sferico, contrasto di bilanciamento, braccio di leva, asta porta pesi con doppio piattello, supporto per trasduttore lineare;
- Trasduttore elettrico lineare per la misura dei cedimenti: tipo Schlumberger, rapporto di taratura CML 1596-15;
- Serie di pesi calibrati per l'applicazione del carico tipo Tecnotest T661/10: costituiti da dischi in ghisa oppure in acciaio asolati;
- Attrezzatura per la preparazione dei provini: fustella porta-campione, vasellina spray, lama rigida, seghetto;
- Attrezzatura per la determinazione del contenuto naturale d'acqua.

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alle seguenti norme di riferimento:

- AGI (1994): "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio";
- ASTM D 2435-03: "Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Incremental Loading";
- ASTM D 4546-03: "Standard Test Methods for One-Dimensional Swell or Settlement Potential of Cohesive Soils";
- ASTM D 4186-89: "Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Controlled-Strain Loading".

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Incertezza associata alle misure: **20,11%**. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo ($k=2$) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

RAPPORTO DI PROVA N°: R05944 Pagina 2/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 29/04/16 Inizio analisi: 18/04/16

Apertura campione: 15/04/16 Fine analisi: 29/04/16

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Soliera, Ponte Uccellino

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: 6

PROFONDITA': m 2.50 - 3.00

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D2435-03, ASTM D3877-02, ASTM D4186-98, ASTM D4546-03

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 49,0 kPa				Pressione 98,1 kPa				Pressione 196,1 kPa				Pressione 392,3 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,10	35,8			0,10	51,5			0,10	78,1			0,10	89,1	2880,00	126,7
0,25	36,2			0,25	53,1			0,25	79,0			0,25	110,7	3600,00	127,4
0,40	36,2			0,40	53,1			0,40	79,0			0,40	111,7	5760,00	127,5
0,50	36,2			0,50	53,5			0,50	79,2			0,50	111,7		
1,00	36,4			1,00	53,9			1,00	80,3			1,00	113,5		
2,00	36,6			2,00	54,9			2,00	81,9			2,00	115,4		
4,00	37,3			4,00	55,7			4,00	82,4			4,00	116,4		
8,00	38,3			8,00	56,4			8,00	83,2			8,00	117,4		
15,00	39,6			15,00	57,1			15,00	84,3			15,00	118,3		
30,00	40,5			30,00	58,5			30,00	85,0			30,00	120,0		
60,00	41,5			60,00	59,3			60,00	86,2			60,00	121,1		
120,00	42,0			120,00	60,1			120,00	87,0			120,00	122,0		
240,00	42,4			240,00	61,0			240,00	87,8			240,00	123,0		
480,00	42,9			480,00	61,4			480,00	88,8			480,00	123,5		
960,00	43,2			960,00	62,0			960,00	89,1			960,00	125,0		
1440,00	43,5			1440,00	62,0							1440,00	125,6		
												1800,00	126,1		

Pressione 784,5 kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,10	149,4														
0,25	152,9														
0,40	154,1														
0,50	154,1														
1,00	156,2														
2,00	157,7														
4,00	159,6														
8,00	161,0														
15,00	161,7														
30,00	164,2														
60,00	165,5														
120,00	167,3														
240,00	168,4														
480,00	169,8														
960,00	171,1														
1440,00	172,1														

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Soliera, Ponte Uccellino

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: 6

PROFONDITA': m 2.50 - 3.00

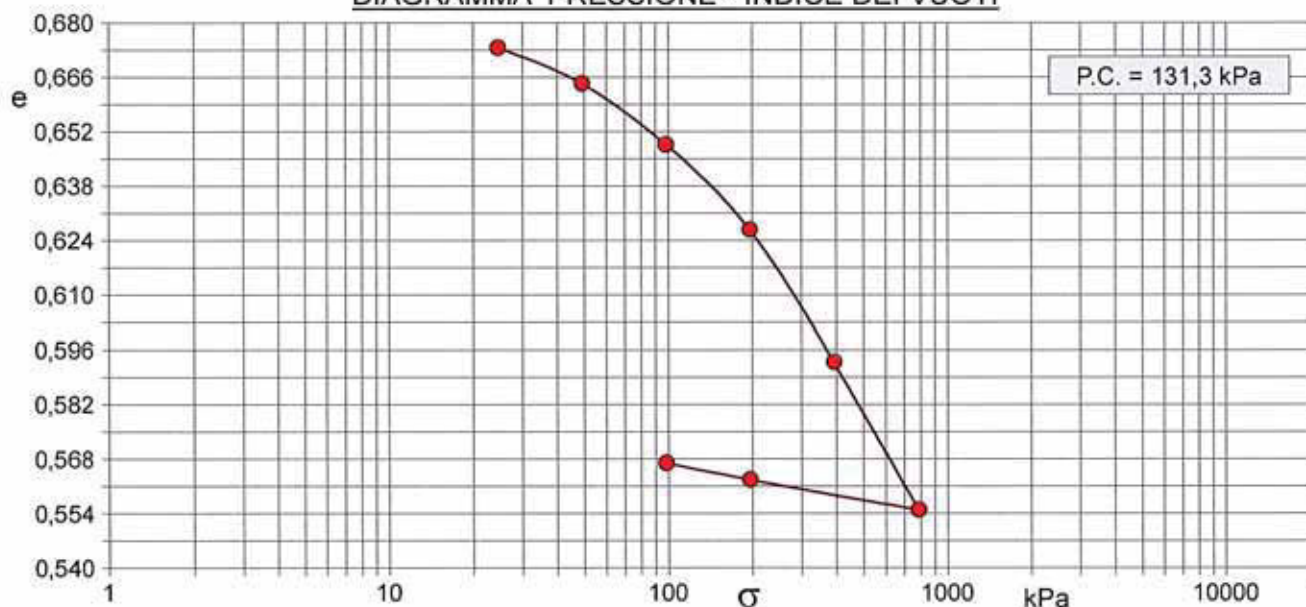
PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D2435-03, ASTM D3877-02, ASTM D4186-98, ASTM D4546-03

Caratteristiche del campione

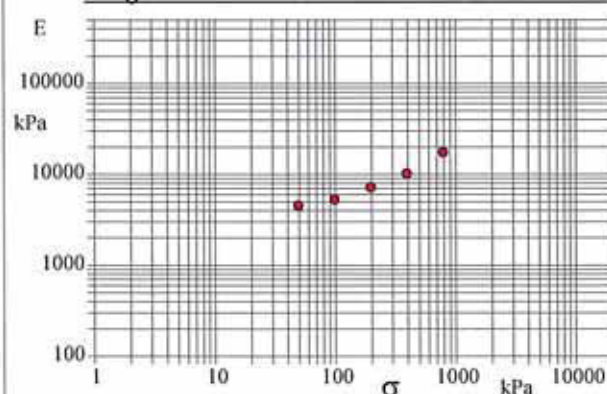
Peso di volume (kN/m³)	19,03	Altezza provino cm	2,00	Indice dei vuoti	0,70
Umidità (%)	25,8	Volume provino (cm³)	40,01	Porosità (%)	41,23
Peso specifico	2,62	Volume dei vuoti (cm³)	16,50	Saturazione (%)	96,6

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
24,5	32,7	0,674				
49,0	43,5	0,664	0,031	4540	0,000398	8,59E-09
98,1	62,0	0,649	0,052	5301	0,000563	1,04E-08
196,1	89,1	0,627	0,073	7238	0,003230	4,38E-08
392,3	127,5	0,593	0,112	10215	0,000971	9,32E-09
784,5	172,1	0,555	0,126	17590	0,003523	1,96E-08
1569,0	163,0	0,563				
3138,0	158,0	0,567				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Soliera, Ponte Uccellino

SONDAGGIO: 2

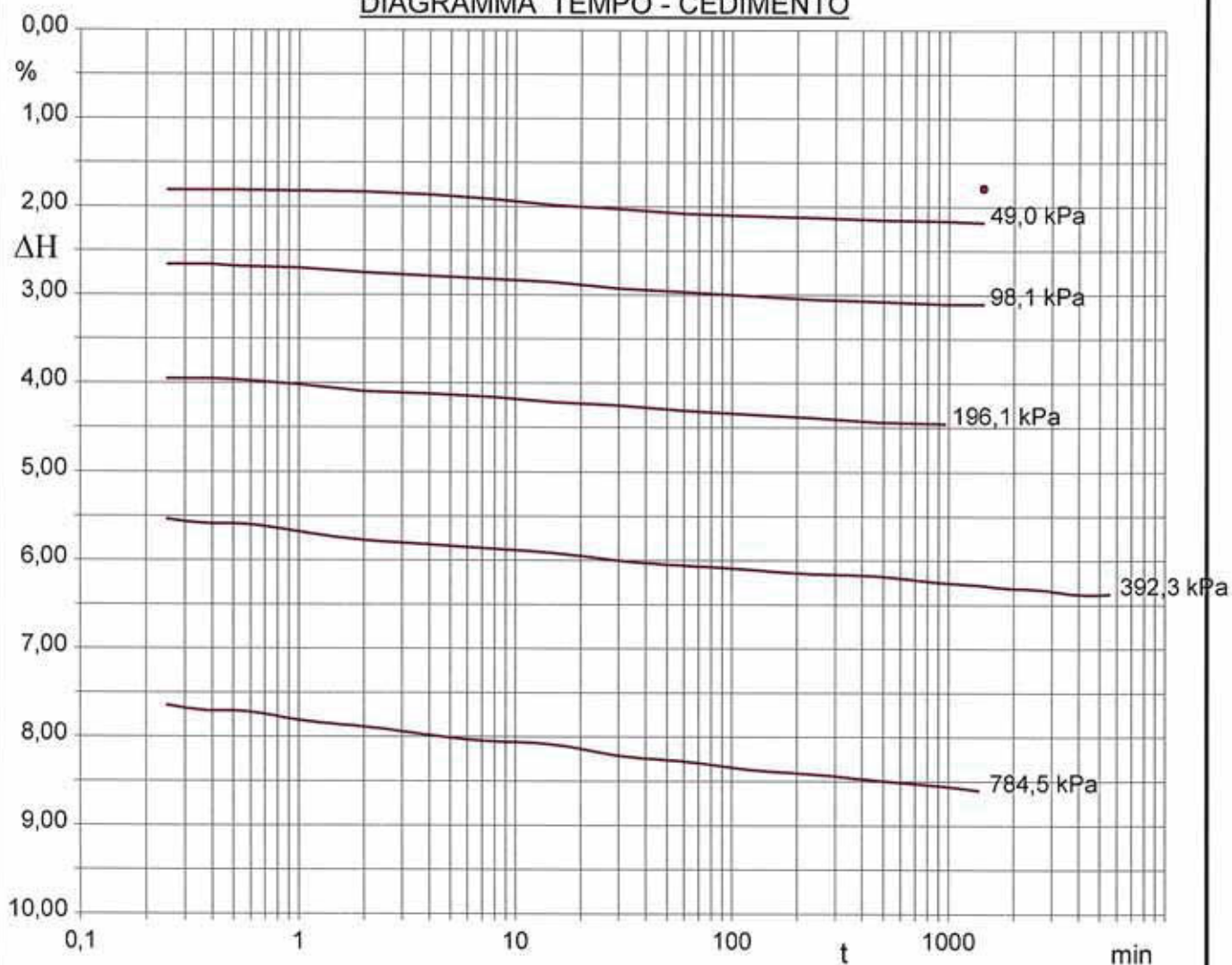
CAMPIONE: 6

PROFONDITA': m 2.50 - 3.00

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D2435-03, ASTM D3877-02, ASTM D4186-98, ASTM D4546-03

DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione: 49,0 kPa	$C_v = 0,000398 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione: 98,1 kPa	$C_v = 0,000563 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione: 196,1 kPa	$C_v = 0,003230 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione: 392,3 kPa	$C_v = 0,000971 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione: 784,5 kPa	$C_v = 0,003523 \text{ cm}^2/\text{sec}$



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

PROVA EDOMETRICA

Pagina 1/2

RAPPORTO DI PROVA N. R05945

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Soliera (MO)**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data inizio prova: **18/04/16** Data fine prova: **29/04/16** Data emissione rapporto: **29/04/16**

Sondaggio n. **2** Campione n. **7** Profondità di prelievo: **4.95 – 5.50 m**

Tipo di campione: **shelby - indisturbato**

Attrezzatura utilizzata

- Cella edometrica n. 4 composta da: anello rigido, testina di carico, cella di contenimento del provino, fustella in acciaio tipo T661 sezione 20.01 cm², dotata di bordo tagliente di diametro minimo 50.50 mm, altezza 20 mm, peso fustella 53.50 gr;
- N. 2 pietre porose per ogni cella edometrica e dischi di carta da filtro;
- Telaio di carico frontale tipo Tecnotest T660/FF: corpo e braccio, elementi di trasmissione del carico, fulcro e perno di reazione con cuscinetti a rulli, snodo ponte di carico/pressione con accoppiamento sferico, contrasto di bilanciamento, braccio di leva, asta porta pesi con doppio piattello, supporto per trasduttore lineare;
- Trasduttore elettrico lineare per la misura dei cedimenti: tipo Solartron, rapporto di taratura CML 1598-15;
- Serie di pesi calibrati per l'applicazione del carico tipo Tecnotest T661/10: costituiti da dischi in ghisa oppure in acciaio asolati;
- Attrezzatura per la preparazione dei provini: fustella porta-campione, vasellina spray, lama rigida, seghetto;
- Attrezzatura per la determinazione del contenuto naturale d'acqua.

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alle seguenti norme di riferimento:

- AGI (1994): "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio";
- ASTM D 2435-03: "Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Incremental Loading";
- ASTM D 4546-03: "Standard Test Methods for One-Dimensional Swell or Settlement Potential of Cohesive Soils";
- ASTM D 4186-89: "Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Controlled-Strain Loading".

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Incertezza associata alle misure: **20,11%**. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo ($k=2$) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

RAPPORTO DI PROVA N°: R05945 Pagina 2/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 29/04/16 Inizio analisi: 18/04/16

Apertura campione: 15/04/16 Fine analisi: 29/04/16

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Soliera, Ponte Uccellino

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: 7

PROFONDITA': m 4.95 - 5.50

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D2435-03, ASTM D3877-02, ASTM D4186-98, ASTM D4546-03

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 49,0 kPa				Pressione 98,1 kPa				Pressione 196,1 kPa				Pressione 392,3 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,10	51,2			0,10	70,4			0,10	142,6			0,10	166,1	2880,00	228,8
0,25	53,2			0,25	97,6			0,25	142,6			0,25	197,0	3600,00	228,9
0,40	55,1			0,40	99,1			0,40	145,2			0,40	199,3	5760,00	229,7
0,50	55,1			0,50	99,1			0,50	146,7			0,50	200,6		
1,00	56,0			1,00	100,8			1,00	148,7			1,00	202,8		
2,00	58,1			2,00	102,5			2,00	150,7			2,00	205,7		
4,00	58,2			4,00	104,2			4,00	151,9			4,00	207,5		
8,00	59,1			8,00	105,8			8,00	154,1			8,00	209,6		
15,00	61,0			15,00	107,2			15,00	156,0			15,00	211,5		
30,00	62,4			30,00	109,3			30,00	157,9			30,00	214,4		
60,00	63,6			60,00	110,6			60,00	159,4			60,00	216,2		
120,00	64,7			120,00	113,0			120,00	161,1			120,00	218,3		
240,00	65,8			240,00	114,0			240,00	162,8			240,00	220,8		
480,00	67,1			480,00	115,6			480,00	164,4			480,00	221,8		
960,00	68,3			960,00	117,1			960,00	166,1			960,00	225,1		
1440,00	70,4			1440,00	117,8							1440,00	226,6		
												1800,00	227,0		

Pressione 784,5 kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,10	267,3														
0,25	267,3														
0,40	272,1														
0,50	273,3														
1,00	275,5														
2,00	277,8														
4,45	280,6														
8,00	283,2														
15,00	285,6														
30,00	287,5														
60,00	290,0														
120,00	292,7														
240,00	294,7														
480,00	297,0														
960,00	299,3														
1440,00	300,6														

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Soliera, Ponte Uccellino

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: 7

PROFONDITA': m 4.95 - 5.50

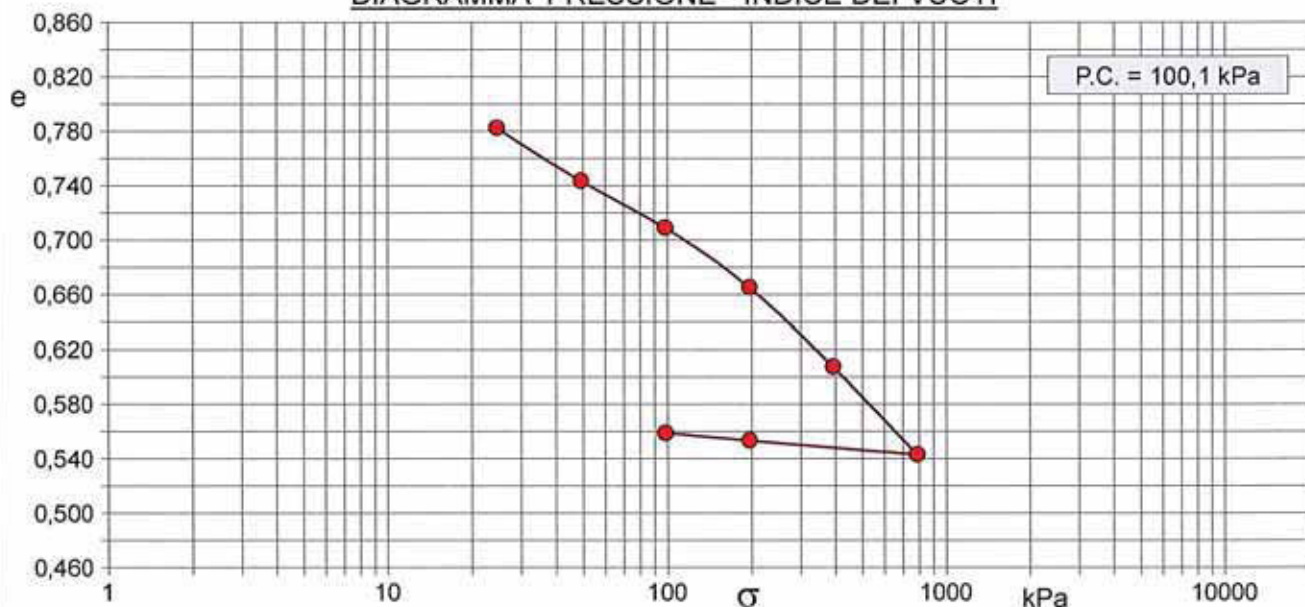
PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D2435-03, ASTM D3877-02, ASTM D4186-98, ASTM D4546-03

Caratteristiche del campione

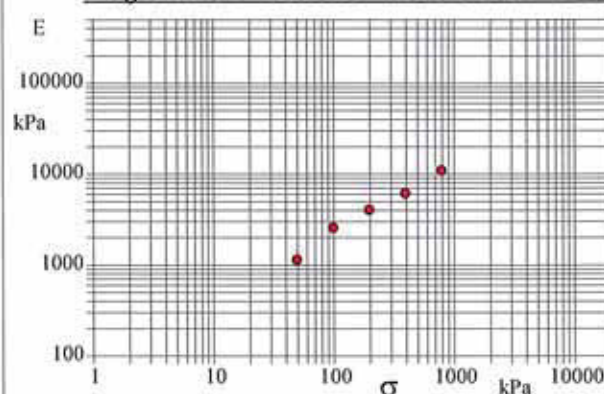
Peso di volume (kN/m³)	18,79	Altezza provino cm	2,00	Indice dei vuoti	0,82
Umidità (%)	32,6	Volume provino (cm³)	40,01	Porosità (%)	44,94
Peso specifico	2,62	Volume dei vuoti (cm³)	17,98	Saturazione (%)	100,0

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
24,5	37,0	0,783				
49,0	70,4	0,744	0,129	1146	0,002807	2,40E-07
98,1	117,8	0,709	0,115	2581	0,000261	9,93E-09
196,1	166,1	0,665	0,146	4061	0,007982	1,93E-07
392,3	229,7	0,608	0,192	6168	0,002320	3,69E-08
784,5	300,6	0,543	0,214	11065	0,003650	3,23E-08
196,1	289,2	0,554				
98,1	283,2	0,559				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Soliera, Ponte Uccellino

SONDAGGIO: 2

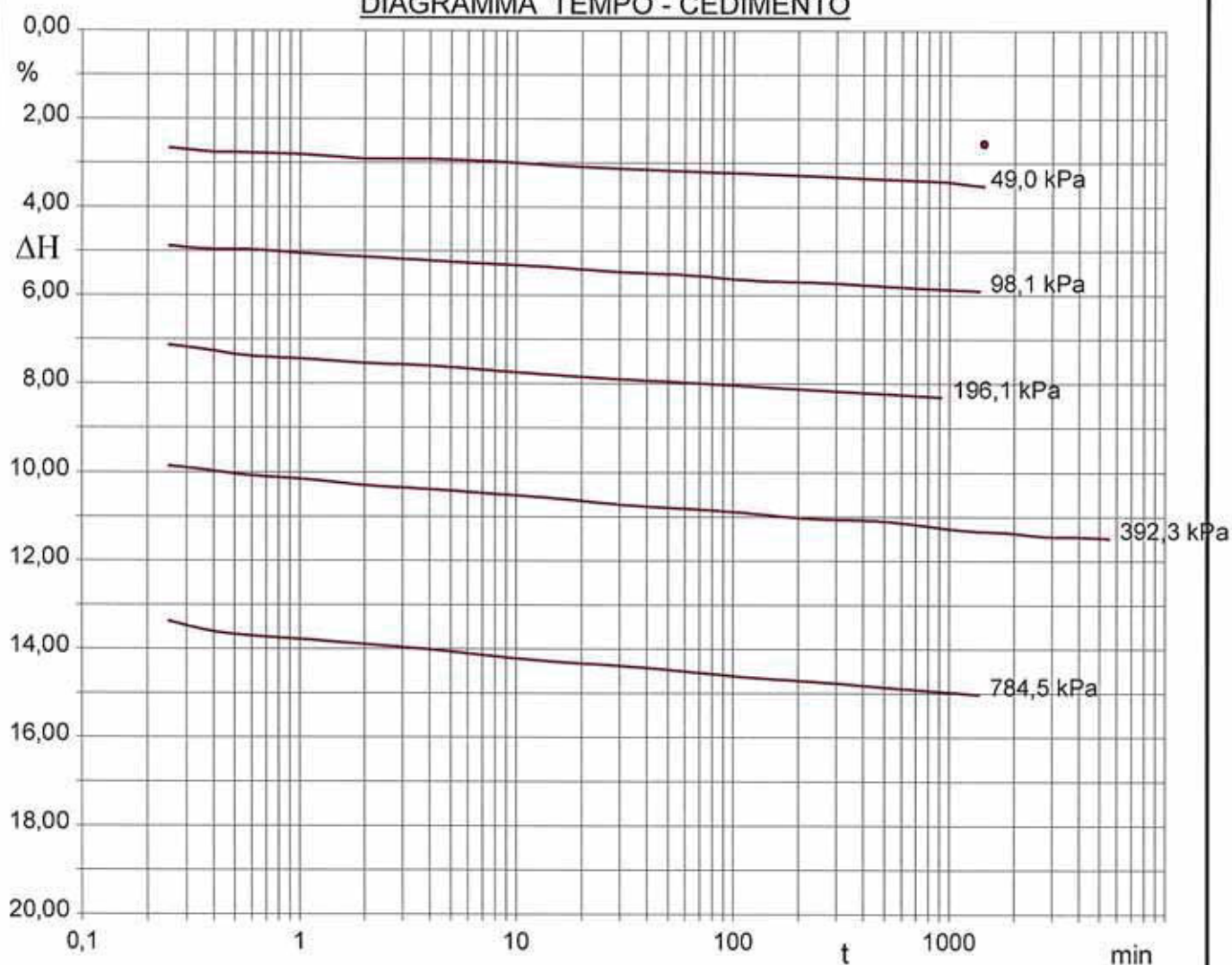
CAMPIONE: 7

PROFONDITA': m 4.95 - 5.50

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D2435-03, ASTM D3877-02, ASTM D4186-98, ASTM D4546-03

DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione:	49,0 kPa	$C_v = 0,002807 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione:	98,1 kPa	$C_v = 0,000261 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione:	196,1 kPa	$C_v = 0,007982 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione:	392,3 kPa	$C_v = 0,002320 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione:	784,5 kPa	$C_v = 0,003650 \text{ cm}^2/\text{sec}$



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuevo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

PROVA EDOMETRICA

Pagina 1/2

RAPPORTO DI PROVA N. R05941

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Soliera (MO)**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data inizio prova: **18/04/16** Data fine prova: **28/04/16** Data emissione rapporto di prova: **28/04/16**

Sondaggio n. **2** Campione: **8** Profondità di prelievo: **8.00 – 8.50 m**

Stato campione: **shelby - indisturbato**

Attrezzatura utilizzata

- Cella edometrica n. 5 composta da: anello rigido, testina di carico, cella di contenimento del provino, fustella in acciaio tipo T661 sezione 19.63 cm², dotata di bordo tagliente di diametro minimo 50.00 mm, altezza 20 mm, peso fustella 56.00 gr;
- N. 2 pietre porose per ogni cella edometrica e dischi di carta da filtro;
- Telaio di carico frontale tipo Tecnotest T660/FF: corpo e braccio, elementi di trasmissione del carico, fulcro e perno di reazione con cuscinetti a rulli, snodo ponte di carico/pressione con accoppiamento sferico, contrasto di bilanciamento, braccio di leva, asta porta pesi con doppio piattello, supporto per trasduttore lineare;
- Trasduttore elettrico lineare per la misura dei cedimenti: tipo Sangamo, rapporto di taratura CML 1599-15;
- Serie di pesi calibrati per l'applicazione del carico tipo Tecnotest T661/10: costituiti da dischi in ghisa oppure in acciaio asolati;
- Attrezzatura per la preparazione dei provini: fustella porta-campione, vasellina spray, lama rigida, seghetto;
- Attrezzatura per la determinazione del contenuto naturale d'acqua.

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

-

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alle seguenti norme di riferimento:

- AGI (1994): "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio";
- ASTM D 2435-03: "Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Incremental Loading";
- ASTM D 4546-03: "Standard Test Methods for One-Dimensional Swell or Settlement Potential of Cohesive Soils";
- ASTM D 4186-89: "Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Controlled-Strain Loading".

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Incertezza associata alle misure: **20,11%**. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo ($k=2$) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Soliera, Ponte Uccellino

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: 8

PROFONDITA': m 8.00 - 8.50

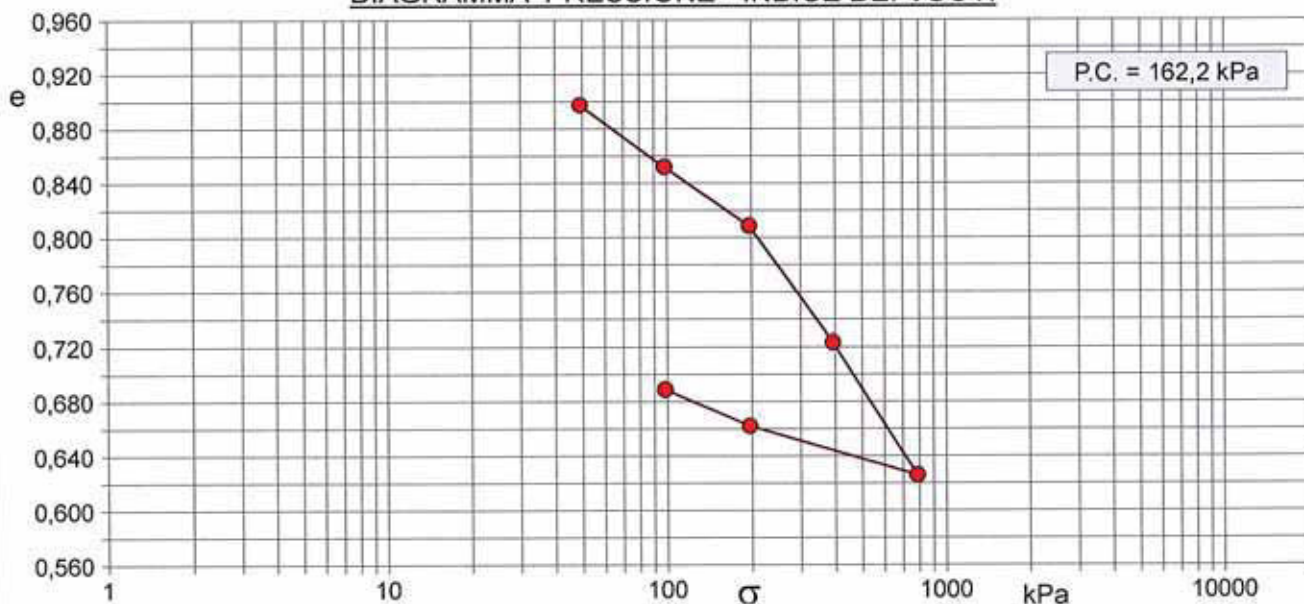
PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D2435-03, ASTM D3877-02, ASTM D4186-98, ASTM D4546-03

Caratteristiche del campione

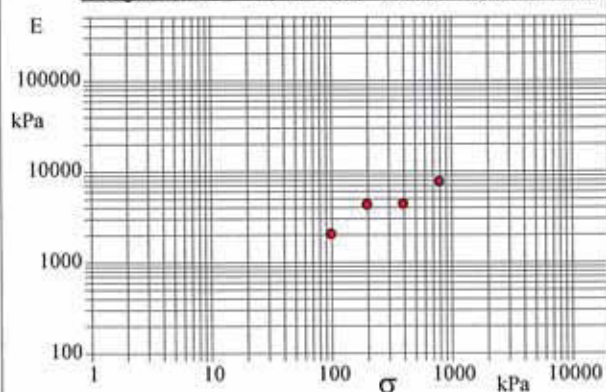
Peso di volume (kN/m³)	18,29	Altezza provino cm	2,00	Indice dei vuoti	0,92
Umidità (%)	36,2	Volume provino (cm³)	39,27	Porosità (%)	47,80
Peso specifico	2,62	Volume dei vuoti (cm³)	18,77	Saturazione (%)	100,0

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
49,0	19,1	0,898				
98,1	66,6	0,852	0,151	2065	0,001224	5,81E-08
196,1	111,8	0,809	0,144	4339	0,001361	3,08E-08
392,3	200,7	0,724	0,283	4412	0,000324	7,19E-09
784,5	302,3	0,626	0,323	7722	0,000309	3,92E-09
196,1	264,6	0,662				
98,1	236,8	0,689				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Soliera, Ponte Uccellino

SONDAGGIO: 2

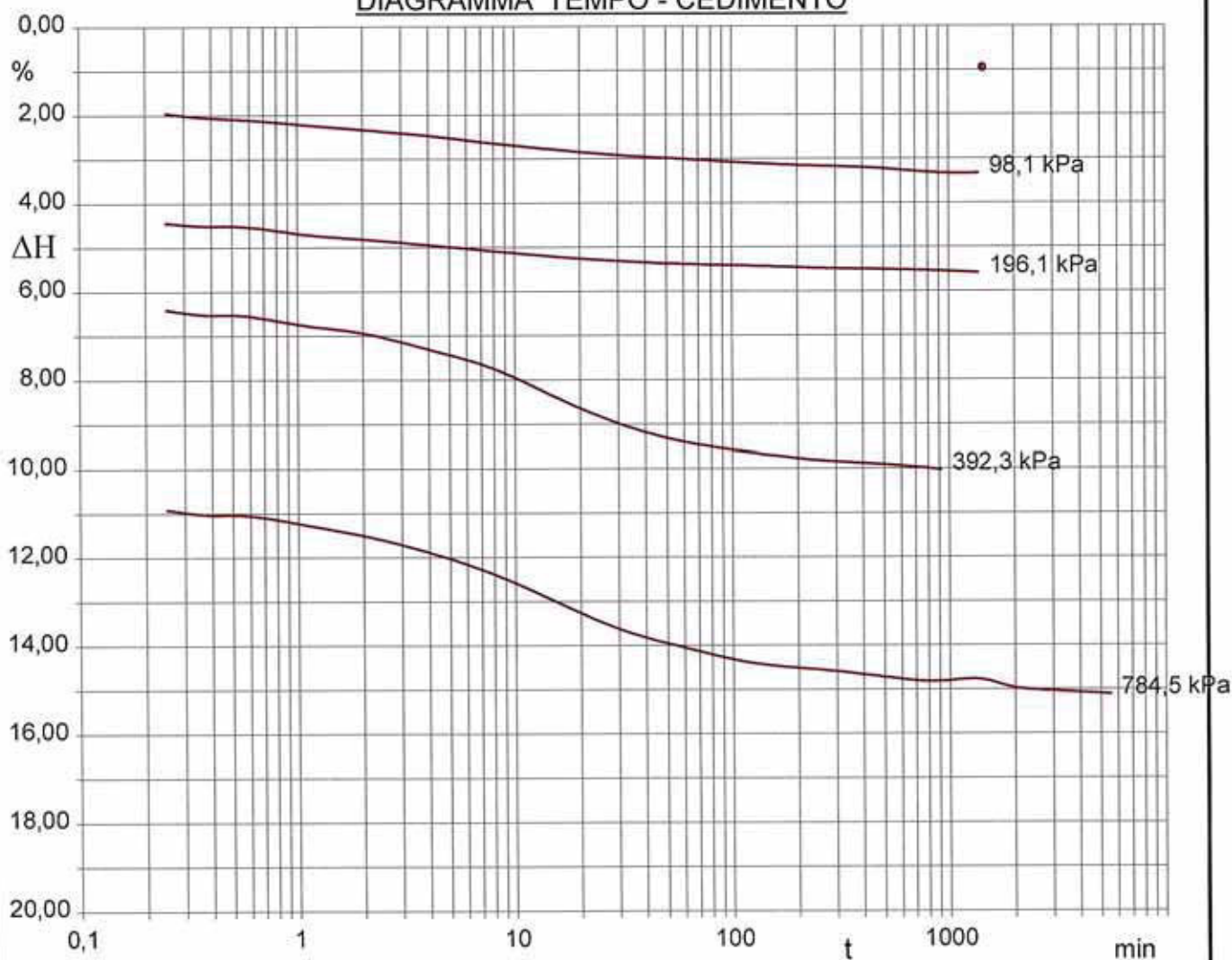
CAMPIONE: 8

PROFONDITA': m 8.00 - 8.50

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D2435-03, ASTM D3877-02, ASTM D4186-98, ASTM D4546-03

DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione: 98,1 kPa	$C_v = 0,001224 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione: 196,1 kPa	$C_v = 0,001361 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione: 392,3 kPa	$C_v = 0,000324 \text{ cm}^2/\text{sec}$
Pressione: 784,5 kPa	$C_v = 0,000309 \text{ cm}^2/\text{sec}$

TAGLIO CONSOLIDATO DRENATO

Pagina 1/3

RAPPORTO DI PROVA N. R05926

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Modena**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data inizio prova: **18/04/16** Data fine prova: **21/04/16** Data emissione rapporto: **21/04/16**

Sondaggio n. **1** Campione n. **1** Profondità di prelievo: **4.40 – 5.00 m**

Tipo di campione: **shelby - indisturbato**

Attrezzatura utilizzata

PROVINO N. 1

- Scatola di taglio tipo Tecnotest T666 per provini prismatici dim. 60x60x20 mm, costituita da: elemento superiore con pistone e nottolini d'aggancio, due pietre porose tipo T666/6 60x60 mm, due quadrati di carta da filtro, due piastre di ripartizione dentate e perforate, elemento inferiore con fondello, perni di accoppiamento e distacco, elemento tronco conico di ripartizione del carico;
- Macchina di taglio tipo Tecnotest T665 composta da: pressa orizzontale che viene fatta avanzare a velocità costante di 0.006 mm/min, n. serie 96/90;
- Sistema di applicazione del carico costituito da: corpo e braccio in fusione d'alluminio, elementi di trasmissione del carico, fulcro e perno di reazione con cuscinetti a rulli, snodo ponte di carico/pressore con accoppiamento sferico, contrappeso di bilanciamento, asta porta pesi con doppio piattello, sistema di sgancio del braccio, supporto per comparatore centesimale;
- Serie di pesi calibrati tipo T660/B;
- Cella di carico tipo AEP TCE da 350Kgf s/n 703246 per la misura dello sforzo di taglio, certificato di taratura LAT 002 0816/2015;
- Comparatore digitale millesimale Mitutoyo da 10 mm ID-S112B per gli spostamenti verticali, s/n: 10025324, rapporto di taratura CML 1608-15;
- Comparatore digitale millesimale Mitutoyo da 10 mm ID-S112B per gli spostamenti orizzontali, s/n: 10025333, rapporto di taratura CML 1611-15;
- Banco di consolidazione n. 1 tipo Controls T226.

PROVINO N. 2

- Scatola di taglio tipo Controls per provini prismatici dim. 60x60x20 mm, costituita da: elemento superiore con pistone e nottolini d'aggancio, due pietre porose 60x60 mm, due quadrati di carta da filtro, due piastre di ripartizione dentate e perforate, elemento inferiore con fondello, perni di accoppiamento e distacco, elemento tronco conico di ripartizione del carico;
- Macchina di taglio tipo Controls 27-WF2060 composta da: pressa orizzontale che viene fatta avanzare a velocità costante di 0.006 mm/min;
- Sistema di applicazione del carico costituito da: corpo e braccio in fusione d'alluminio, elementi di trasmissione del carico, fulcro e perno di reazione con cuscinetti a rulli, snodo ponte di carico/pressore con accoppiamento sferico, contrappeso di bilanciamento, asta porta pesi con doppio piattello, sistema di sgancio del braccio, supporto per comparatore centesimale;
- Serie di pesi calibrati tipo T660/B;
- Cella di carico tipo AEP TCE da 350Kgf s/n 709683 per la misura dello sforzo di taglio, certificato di taratura LAT 002 0817-15 del 09/06/2015;
- Comparatore digitale millesimale Mitutoyo da 10 mm ID-S112B per gli spostamenti verticali, s/n: 10025328, rapporto di taratura CML 1610-15 del 09/06/2015;
- Comparatore digitale millesimale Mitutoyo da 10 mm ID-S112B per gli spostamenti orizzontali, s/n: 15010212, certificato di taratura casa madre n. 4201956971 del 2015, acquistato nuovo;
- Banco di consolidazione n. 2 tipo Controls T226.

TAGLIO CONSOLIDATO DRENATO

Pagina 2/3

RAPPORTO DI PROVA N. R05926

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Modena**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data inizio prova: **18/04/16** Data fine prova: **21/04/16** Data emissione rapporto: **21/04/16**

Sondaggio n. **1** Campione n. **1** Profondità di prelievo: **4.40 – 5.00 m**

Tipo di campione: **shelby - indisturbato**

Attrezzatura utilizzata

PROVINO N. 3

- Scatola di taglio tipo Controls per provini prismatici dim. 60x60x20 mm, costituita da: elemento superiore con pistone e nottolini d'aggancio, due pietre porose 60x60 mm, due quadrati di carta da filtro, due piastre di ripartizione dentate e perforate, elemento inferiore con fondello, perni di accoppiamento e distacco, elemento tronco conico di ripartizione del carico;
- Macchina di taglio tipo Controls T206 composta da: pressa orizzontale che viene fatta avanzare a velocità costante di 0.006 mm/min;
- Sistema di applicazione del carico costituito da: corpo e braccio in fusione d'alluminio, elementi di trasmissione del carico, fulcro e perno di reazione con cuscinetti a rulli, snodo ponte di carico/pressore con accoppiamento sferico, contrappeso di bilanciamento, asta porta pesi con doppio piattello, sistema di sgancio del braccio, supporto per comparatore centesimale;
- Serie di pesi calibrati tipo T660/B;
- Cella di carico tipo AEP TCE da 350Kgf s/n 326895 per la misura dello sforzo di taglio, *certificato di taratura del costruttore 2015 acquistata nuova*;
- Comparatore digitale millesimale Mitutoyo da 10 mm ID-S112B per gli spostamenti verticali, s/n: 10025327, *rapporto di taratura CML 1609-15 del 09/06/2015*;
- Comparatore digitale millesimale Mitutoyo da 10 mm ID-S112B per gli spostamenti orizzontali, s/n: 15023993, *certificato di taratura del costruttore 2015 acquistato nuovo*;
- Banco di consolidazione n. 3 tipo Controls T226;
- Attrezzatura per la preparazione dei provini: fustellatore verticale, in metallo, per provini 60x60x20 mm tipo Tecnotest T666/A, grasso al silicone, lama rigida;
- Attrezzatura per la determinazione del contenuto naturale d'acqua.

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

- PROVINO N. 1: h finale dopo consolidazione: 19.5 cm
- PROVINO N. 2: h finale dopo consolidazione: 19.1 cm
- PROVINO N. 3: h finale dopo consolidazione: 18 cm

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alla seguente norma di riferimento:

- AGI (1994): "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio";
- ASTM D 3080-03: "Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions".

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Incertezza associata alle misure: **20%**. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo ($k=2$) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Modena, Ponte Uccellino

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 4.40 - 5.00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Semidisturbato		Semidisturbato		Semidisturbato	
Pressione verticale (kPa):	49		98		147	
Tensione a rottura (kPa):	39		69		84	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	4,21	0,25	7,47	0,70	8,55	0,91
Umidità iniziale e umidità finale (%):	30,5	31,3	32,2	32,0	30,5	30,3
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	18,3	18,5	19,2	19,2	18,9	18,9
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	92,6	95,1	100,0	100,0	98,9	98,3

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 14,4 kPa
Angolo di attrito interno: 27,0 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,006 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

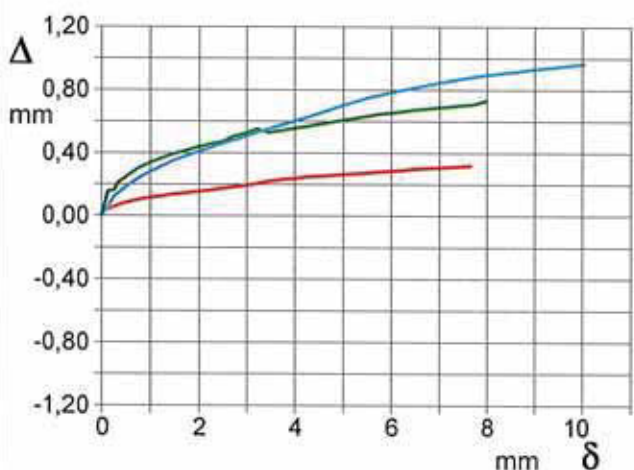
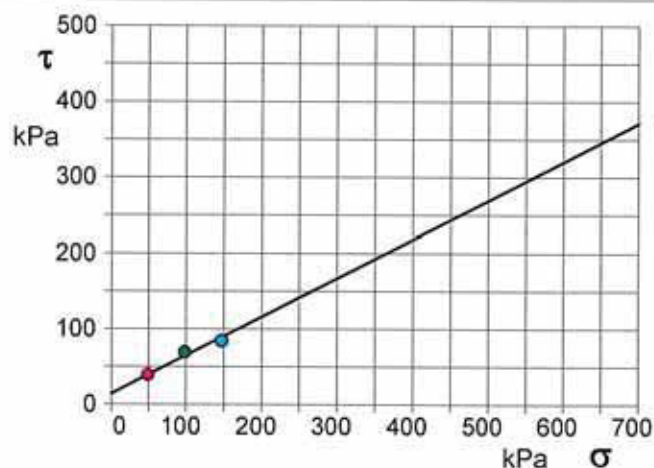


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

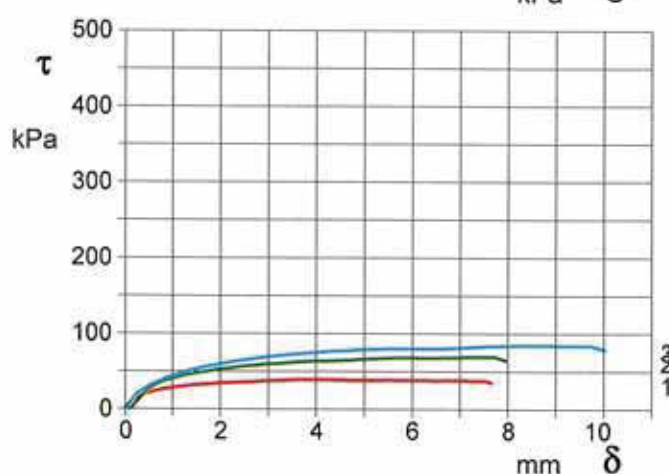


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

TAGLIO CONSOLIDATO DRENATO

Pagina 1/3

RAPPORTO DI PROVA N. R05934

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Modena**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data inizio prova: 19/04/16 Data fine prova: 22/04/16 Data emissione rapporto: 22/04/16

Sondaggio n. **1** Campione n. **2 bis** Profondità di prelievo: **7.30 – 7.90 m**

Tipo di campione: **shelby - indisturbato**

Attrezzatura utilizzata

PROVINO N. 1

- Scatola di taglio tipo Tecnotest T666 per provini prismatici dim. 60x60x20 mm, costituita da: elemento superiore con pistone e nottolini d'aggancio, due pietre porose tipo T666/6 60x60 mm, due quadrati di carta da filtro, due piastre di ripartizione dentate e perforate, elemento inferiore con fondello, perni di accoppiamento e distacco, elemento tronco conico di ripartizione del carico;
- Macchina di taglio tipo Tecnotest T665 composta da: pressa orizzontale che viene fatta avanzare a velocità costante di 0.006 mm/min, n. serie 96/90;
- Sistema di applicazione del carico costituito da: corpo e braccio in fusione d'alluminio, elementi di trasmissione del carico, fulcro e perno di reazione con cuscinetti a rulli, snodo ponte di carico/pressore con accoppiamento sferico, contrappeso di bilanciamento, asta porta pesi con doppio piattello, sistema di sgancio del braccio, supporto per comparatore centesimale;
- Serie di pesi calibrati tipo T660/B;
- Cella di carico tipo AEP TCE da 350Kgf s/n 703246 per la misura dello sforzo di taglio, certificato di taratura LAT 002 0816/2015;
- Comparatore digitale millesimale Mitutoyo da 10 mm ID-S112B per gli spostamenti verticali, s/n: 10025324, rapporto di taratura CML 1608-15;
- Comparatore digitale millesimale Mitutoyo da 10 mm ID-S112B per gli spostamenti orizzontali, s/n: 10025333, rapporto di taratura CML 1611-15;
- Banco di consolidazione n. 1 tipo Controls T226.

PROVINO N. 2

- Scatola di taglio tipo Controls per provini prismatici dim. 60x60x20 mm, costituita da: elemento superiore con pistone e nottolini d'aggancio, due pietre porose 60x60 mm, due quadrati di carta da filtro, due piastre di ripartizione dentate e perforate, elemento inferiore con fondello, perni di accoppiamento e distacco, elemento tronco conico di ripartizione del carico;
- Macchina di taglio tipo Controls 27-WF2060 composta da: pressa orizzontale che viene fatta avanzare a velocità costante di 0.006 mm/min;
- Sistema di applicazione del carico costituito da: corpo e braccio in fusione d'alluminio, elementi di trasmissione del carico, fulcro e perno di reazione con cuscinetti a rulli, snodo ponte di carico/pressore con accoppiamento sferico, contrappeso di bilanciamento, asta porta pesi con doppio piattello, sistema di sgancio del braccio, supporto per comparatore centesimale;
- Serie di pesi calibrati tipo T660/B;
- Cella di carico tipo AEP TCE da 350Kgf s/n 709683 per la misura dello sforzo di taglio, certificato di taratura LAT 002 0817-15 del 09/06/2015;
- Comparatore digitale millesimale Mitutoyo da 10 mm ID-S112B per gli spostamenti verticali, s/n: 10025328, rapporto di taratura CML 1610-15 del 09/06/2015;
- Comparatore digitale millesimale Mitutoyo da 10 mm ID-S112B per gli spostamenti orizzontali, s/n: 15010212, certificato di taratura casa madre n. 4201956971 del 2015, acquistato nuovo;
- Banco di consolidazione n. 2 tipo Controls T226.

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO



TAGLIO CONSOLIDATO DRENATO

Pagina 2/3

RAPPORTO DI PROVA N. R05934

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Modena**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data inizio prova: **19/04/16** Data fine prova: **22/04/16** Data emissione rapporto: **22/04/16**

Sondaggio n. **1** Campione n. **2 bis** Profondità di prelievo: **7.30 – 7.90 m**

Tipo di campione: **shelby - indisturbato**

Attrezzatura utilizzata

PROVINO N. 3

- Scatola di taglio tipo Controls per provini prismatici dim. 60x60x20 mm, costituita da: elemento superiore con pistone e nottolini d'aggancio, due pietre porose 60x60 mm, due quadrati di carta da filtro, due piastre di ripartizione dentate e perforate, elemento inferiore con fondello, perni di accoppiamento e distacco, elemento tronco conico di ripartizione del carico;
- Macchina di taglio tipo Controls T206 composta da: pressa orizzontale che viene fatta avanzare a velocità costante di 0.006 mm/min;
- Sistema di applicazione del carico costituito da: corpo e braccio in fusione d'alluminio, elementi di trasmissione del carico, fulcro e perno di reazione con cuscinetti a rulli, snodo ponte di carico/pressore con accoppiamento sferico, contrappeso di bilanciamento, asta porta pesi con doppio piattello, sistema di sgancio del braccio, supporto per comparatore centesimale;
- Serie di pesi calibrati tipo T660/B;
- Cella di carico tipo AEP TCE da 350Kgf s/n 326895 per la misura dello sforzo di taglio, *certificato di taratura del costruttore 2015 acquistata nuova*;
- Comparatore digitale millesimale Mitutoyo da 10 mm ID-S112B per gli spostamenti verticali, s/n: 10025327, *rapporto di taratura CML 1609-15 del 09/06/2015*;
- Comparatore digitale millesimale Mitutoyo da 10 mm ID-S112B per gli spostamenti orizzontali, s/n: 15023993, *certificato di taratura del costruttore 2015 acquistato nuovo*;
- Banco di consolidazione n. 3 tipo Controls T226;
- Attrezzatura per la preparazione dei provini: fustellatore verticale, in metallo, per provini 60x60x20 mm tipo Tecnotest T666/A, grasso al silicone, lama rigida;
- Attrezzatura per la determinazione del contenuto naturale d'acqua.

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

- PROVINO N. 1: h finale dopo consolidazione: 18.0 cm, presenza di materia organica;
- PROVINO N. 2: h finale dopo consolidazione: 19.60 cm, presenza di materia organica;
- PROVINO N. 3: h finale dopo consolidazione: 17.8 cm, presenza di materia organica.

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alla seguente norma di riferimento:

- AGI (1994): "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio";
- ASTM D 3080-03: "Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions".

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Incertezza associata alle misure: **20%**. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo ($k=2$) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Modena, Ponte Uccellino

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2 bis

PROFONDITA': m 7.30 - 7.90

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Semidisturbato	Semidisturbato	Semidisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	147	196
Tensione a rottura (kPa):	80	100	129
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	7,75 0,35	6,09 0,24	1,09 0,23
Umidità iniziale e umidità finale (%):	25,4 21,6	25,3 24,8	25,9 22,7
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	20,5 19,9	20,6 20,5	19,8 19,3
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	100,0 98,6	100,0 100,0	100,0 93,1

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 25,5 kPa
Angolo di attrito interno: 27,9 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,006 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

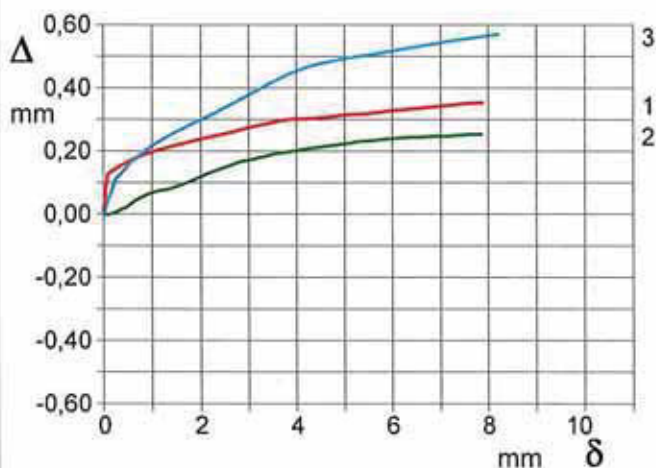
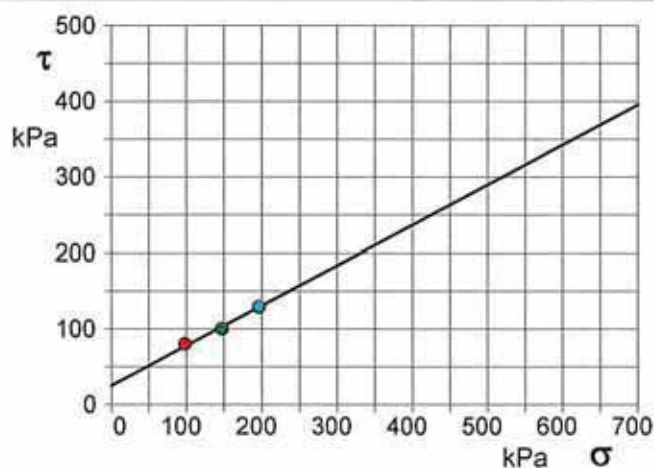


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

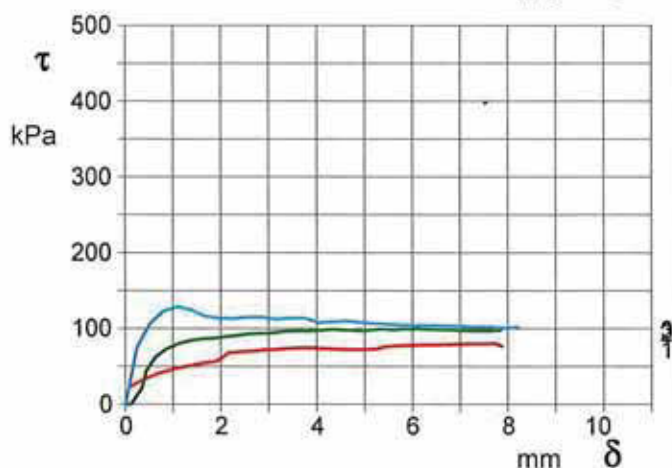


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

COMMITTENTE: Geo Group srl		
RIFERIMENTO: Modena, Ponte Uccellino		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 3 bis	PROFONDITA': m 13.40 - 14.00

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Semidisturbato		Semidisturbato		Semidisturbato	
Pressione verticale (kPa):	98		196		294	
Tensione a rottura (kPa):	51		86		134	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	1,88	0,13	1,67	0,28	1,77	0,40
Umidità iniziale e umidità finale (%):	37,6	36,5	35,5	34,0	31,2	30,8
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	18,4	18,3	17,8	17,6	17,8	17,7
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	100,0	100,0	96,6	92,5	90,8	89,6

DIAGRAMMA Tensione - Pressione verticale

Coesione: 9,1 kPa
Angolo di attrito interno: 22,9 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,003 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

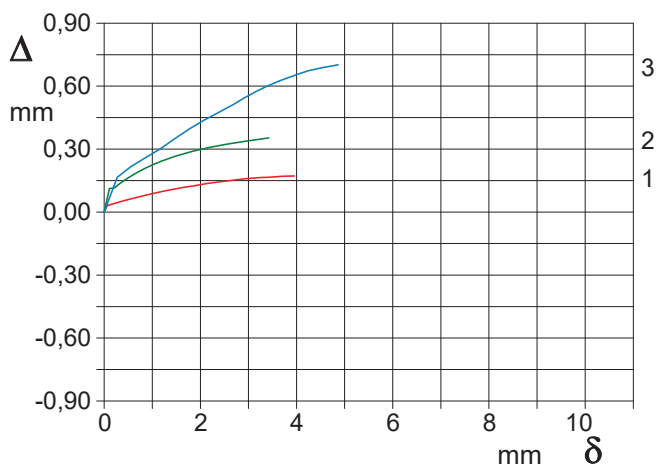
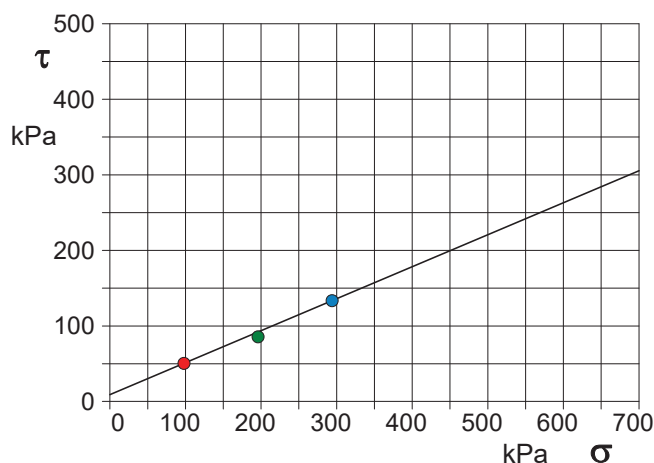


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

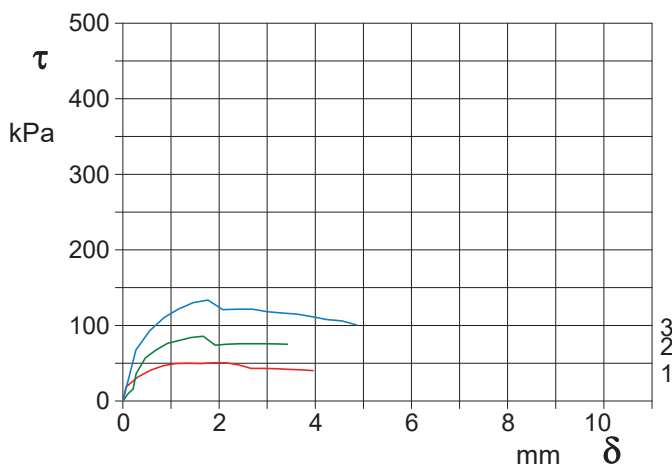


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

TAGLIO CONSOLIDATO DRENATO

Pagina 2/3

RAPPORTO DI PROVA N. R05936

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Modena**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data inizio prova: 21/04/16 Data fine prova: 27/04/16 Data emissione rapporto: 27/04/16

Sondaggio n. **1** Campione n. **4 bis** Profondità di prelievo: **19.00 – 19.50 m**

Tipo di campione: **shelby - indisturbato**

Attrezzatura utilizzata

PROVINO N. 3

- Scatola di taglio tipo Controls per provini prismatici dim. 60x60x20 mm, costituita da: elemento superiore con pistone e nottolini d'aggancio, due pietre porose 60x60 mm, due quadrati di carta da filtro, due piastre di ripartizione dentate e perforate, elemento inferiore con fondello, perni di accoppiamento e distacco, elemento tronco conico di ripartizione del carico;
- Macchina di taglio tipo Controls T206 composta da: pressa orizzontale che viene fatta avanzare a velocità costante di 0.003 mm/min;
- Sistema di applicazione del carico costituito da: corpo e braccio in fusione d'alluminio, elementi di trasmissione del carico, fulcro e perno di reazione con cuscinetti a rulli, snodo ponte di carico/pressore con accoppiamento sferico, contrappeso di bilanciamento, asta porta pesi con doppio piattello, sistema di sgancio del braccio, supporto per comparatore centesimale;
- Serie di pesi calibrati tipo T660/B;
- Cella di carico tipo AEP TCE da 350Kgf s/n 326895 per la misura dello sforzo di taglio, *certificato di taratura del costruttore 2015 acquistata nuova*;
- Comparatore digitale millesimale Mitutoyo da 10 mm ID-S112B per gli spostamenti verticali, s/n: 10025327, *rapporto di taratura CML 1609-15 del 09/06/2015*;
- Comparatore digitale millesimale Mitutoyo da 10 mm ID-S112B per gli spostamenti orizzontali, s/n: 15023993, *certificato di taratura del costruttore 2015 acquistato nuovo*;
- Banco di consolidazione n. 3 tipo Controls T226;
- Attrezzatura per la preparazione dei provini: fustellatore verticale, in metallo, per provini 60x60x20 mm tipo Tecnotest T666/A, grasso al silicone, lama rigida;
- Attrezzatura per la determinazione del contenuto naturale d'acqua.

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

- PROVINO N. 1: h finale dopo consolidazione: 19.45 cm;
- PROVINO N. 2: h finale dopo consolidazione: 18.6 cm;
- PROVINO N. 3: h finale dopo consolidazione: 18.3 cm.

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alla seguente norma di riferimento:

- AGI (1994): "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio";
- ASTM D 3080-03: "Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions".

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Incertezza associata alle misure: **20%**. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo ($k=2$) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Modena, Ponte Uccellino

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 4 bis

PROFONDITA': m 19.00 - 19.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	196	294	390
Tensione a rottura (kPa):	134	184	227
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	6,45 0,51	4,49 0,92	2,84 0,91
Umidità iniziale e umidità finale (%):	26,3 26,4	26,5 25,8	26,7 25,3
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	0,0 18,3	0,0 17,6	0,0 17,7
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	100,0 100,0	96,6 92,5	90,8 89,6

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 53,2 kPa
Angolo di attrito interno: 24,0 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,003 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

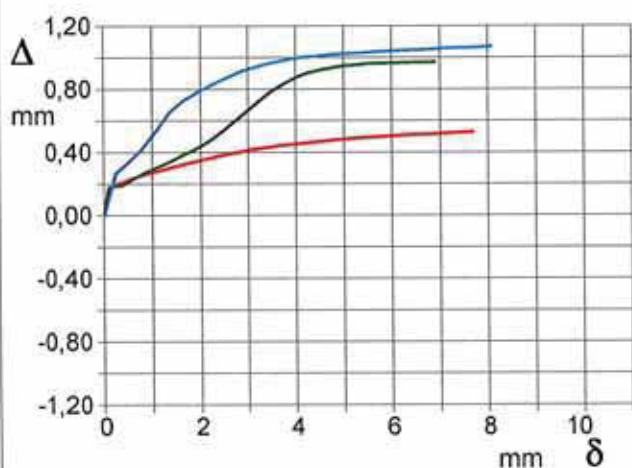
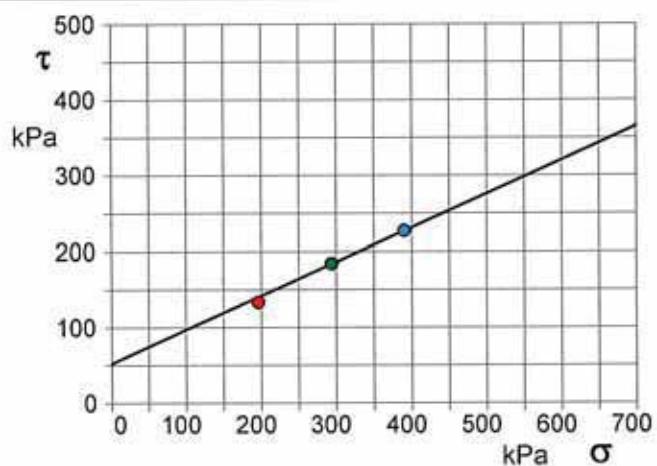


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

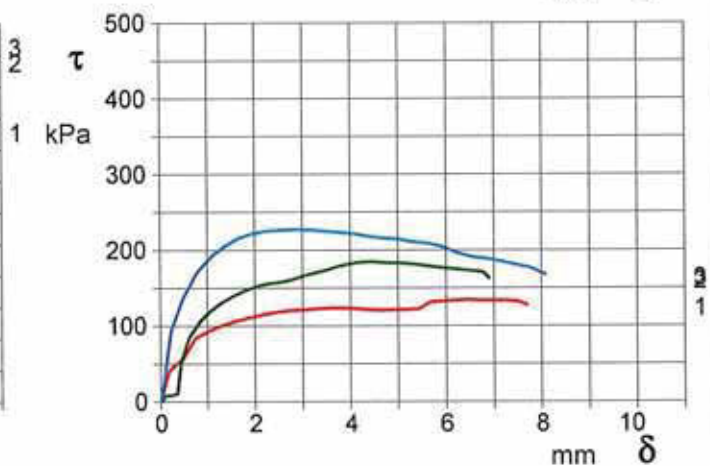


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

RAPPORTO DI PROVA N°: R05942	Pagina 3/3	DATA DI EMISSIONE: 28/04/16	Inizio analisi: 22/04/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del		Apertura campione: 15/04/16	Fine analisi: 28/04/16

COMMITTENTE: Geo Group srl			
RIFERIMENTO: Modena, Ponte Uccellino			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 5 bis	PROFONDITA': m	24.90 - 25.30

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

[illegible]

COMMITTENTE:	Geo Group srl		
RIFERIMENTO:	Modena, Ponte Uccellino		
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	5 bis
		PROFONDITA': m	24.90 - 25.30

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Semidisturbato		Semidisturbato		Semidisturbato	
Pressione verticale (kPa):	196		294		390	
Tensione a rottura (kPa):	99		135		181	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	1,55	0,18	2,10	0,48	1,45	0,31
Umidità iniziale e umidità finale (%):	39,0	37,3	44,1	39,6	42,3	39,9
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	17,9	17,7	17,3	16,8	16,9	16,7
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	100,0	98,0	100,0	91,3	95,6	90,1

DIAGRAMMA Tensione - Pressione verticale

Coesione: 9,2 kPa
Angolo di attrito interno: 23,8 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,003 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

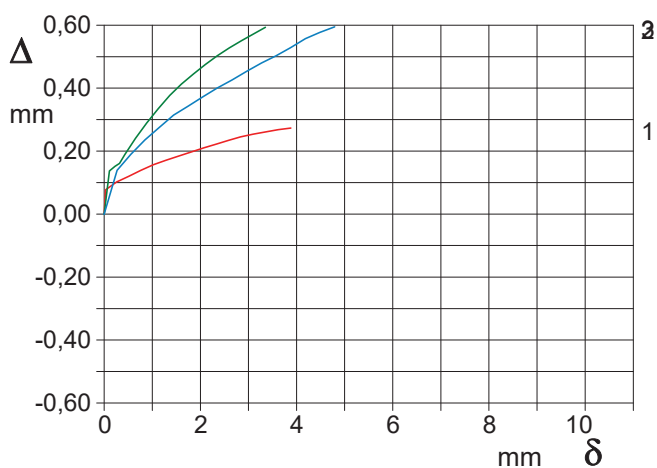
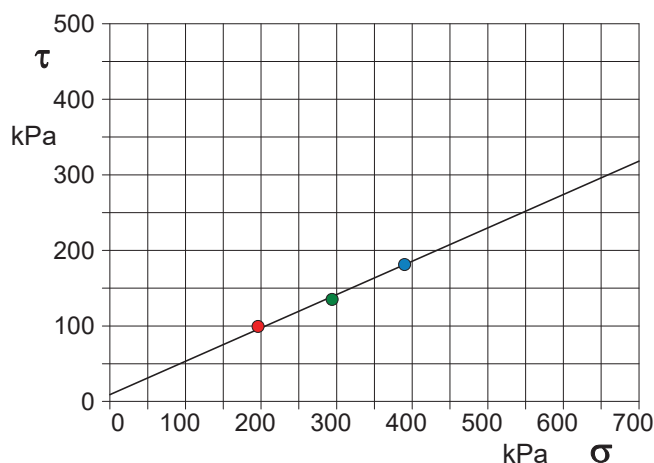


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

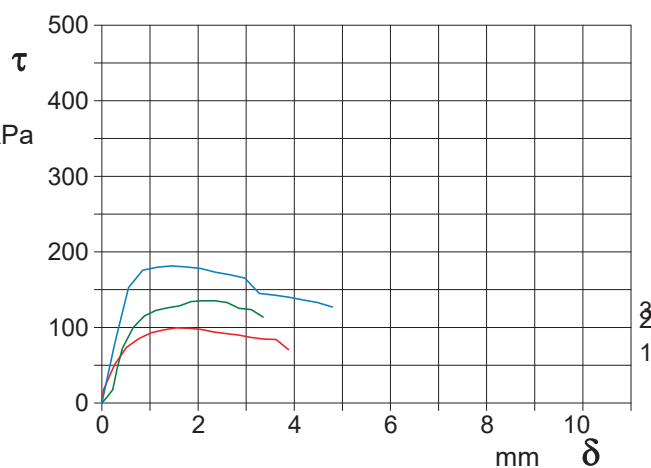


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



PROVE PENETROMETRICHE SRL
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnovo R. (MO)
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166
e-mail: provepenetrometriche@alice.it
www.provepenetrometriche.com

35.00

TAGLIO CONSOLIDATO DRENATO

Pagina 2/3

RAPPORTO DI PROVA N. R05946

Committente: **Geo Group srl**

Località: **Modena**

Cantiere: **Ponte Uccellino**

Data inizio prova: 26/04/16 Data fine prova: 29/04/16 Data emissione rapporto: 29/04/16

Sondaggio n. **3** Campione n. **9** Profondità di prelievo: **3.55 – 3.90 m**

Tipo di campione: **shelby - indisturbato**

Attrezzatura utilizzata

PROVINO N. 3

- Scatola di taglio tipo Controls per provini prismatici dim. 60x60x20 mm, costituita da: elemento superiore con pistone e nottolini d'aggancio, due pietre porose 60x60 mm, due quadrati di carta da filtro, due piastre di ripartizione dentate e perforate, elemento inferiore con fondello, perni di accoppiamento e distacco, elemento tronco conico di ripartizione del carico;
- Macchina di taglio tipo Controls T206 composta da: pressa orizzontale che viene fatta avanzare a velocità costante di 0.005 mm/min;
- Sistema di applicazione del carico costituito da: corpo e braccio in fusione d'alluminio, elementi di trasmissione del carico, fulcro e perno di reazione con cuscinetti a rulli, snodo ponte di carico/pressore con accoppiamento sferico, contrappeso di bilanciamento, asta porta pesi con doppio piattello, sistema di sgancio del braccio, supporto per comparatore centesimale;
- Serie di pesi calibrati tipo T660/B;
- Cella di carico tipo AEP TCE da 350Kgf s/n 326895 per la misura dello sforzo di taglio, *certificato di taratura del costruttore 2015 acquistata nuova*;
- Comparatore digitale millesimale Mitutoyo da 10 mm ID-S112B per gli spostamenti verticali, s/n: 10025327, *rapporto di taratura CML 1609-15 del 09/06/2015*;
- Comparatore digitale millesimale Mitutoyo da 10 mm ID-S112B per gli spostamenti orizzontali, s/n: 15023993, *certificato di taratura del costruttore 2015 acquistato nuovo*;
- Banco di consolidazione n. 3 tipo Controls T226;
- Attrezzatura per la preparazione dei provini: fustellatore verticale, in metallo, per provini 60x60x20 mm tipo Tecnotest T666/A, grasso al silicone, lama rigida;
- Attrezzatura per la determinazione del contenuto naturale d'acqua.

Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni

- PROVINO N. 1: h finale dopo consolidazione: 19.15 cm;
- PROVINO N. 2: h finale dopo consolidazione: 18.90 cm;
- PROVINO N. 3: h finale dopo consolidazione: 19.7 cm.

Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate

La prova è stata eseguita conformemente alla seguente norma di riferimento:

- AGI (1994): "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio";
- ASTM D 3080-03: "Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions".

Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure

Incertezza associata alle misure: **20%**. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo ($k=2$) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

PROVE PENETROMETRICHE srl
LABORATORIO GEOTECNICO
IL TECNICO

COMMITTENTE: Geo Group srl

RIFERIMENTO: Modena, Ponte Uccellino

SONDAGGIO: 3

CAMPIONE: 9

PROFONDITA': m 3.55 - 3.90

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Indisturbato		Indisturbato		Indisturbato	
Pressione verticale (kPa):	284		390		490	
Tensione a rottura (kPa):	186		286		347	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	2,49	0,19	4,90	0,76	5,33	1,30
Umidità iniziale e umidità finale (%):	12,9	16,3	11,0	19,0	10,8	18,8
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	20,9	21,5	19,9	21,3	18,4	19,7
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	86,6	100,0	65,8	100,0	51,2	89,1

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 47,1 kPa
Angolo di attrito interno: 31,4 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,005 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

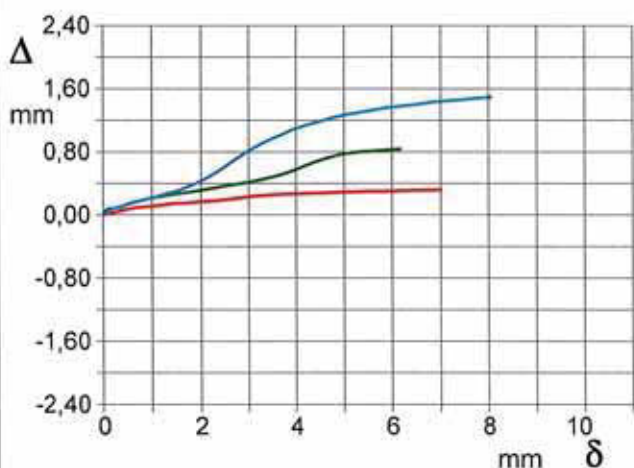
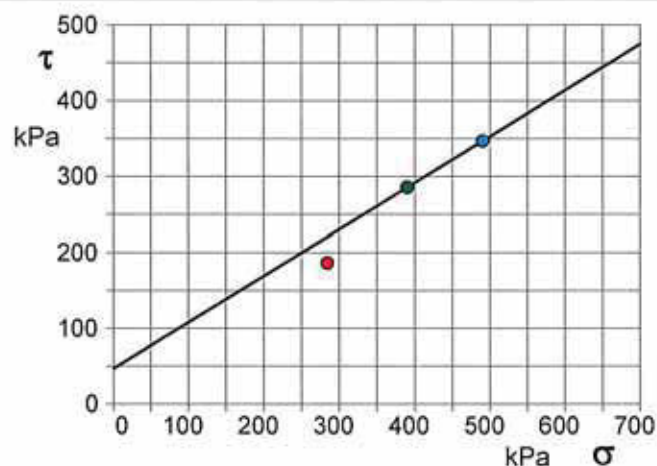


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

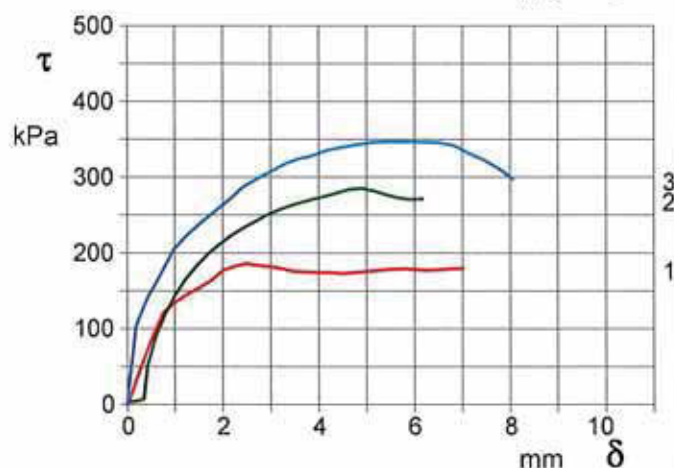


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

**GEO GROUP s.r.l.**

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it

ALLEGATO N° 5***Indagini geofisiche***

**GEO GROUP s.r.l.**

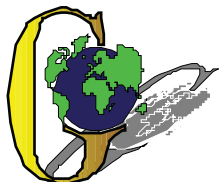
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it

***Indagini sismiche attive secondo
dispersione di onde superficiali
METODOLOGIA MASW***



GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuevo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: geo.group@libero.it

ANALISI SISMICA DI SITO SECONDO METODOLOGIA M.A.S.W.

Cantiere: Modena, Ponte Passo dell' Uccellino

Operatori : Dott. Luca Pattuzzi, Dott.ssa Linda Veratti, Dott. Gabriele Ghirardini, Dott.ssa Arianna Casarini, Dott. Cristiano Casarini

Lavoro: Studio del terreno di fondazione

Data: 22/12/2015

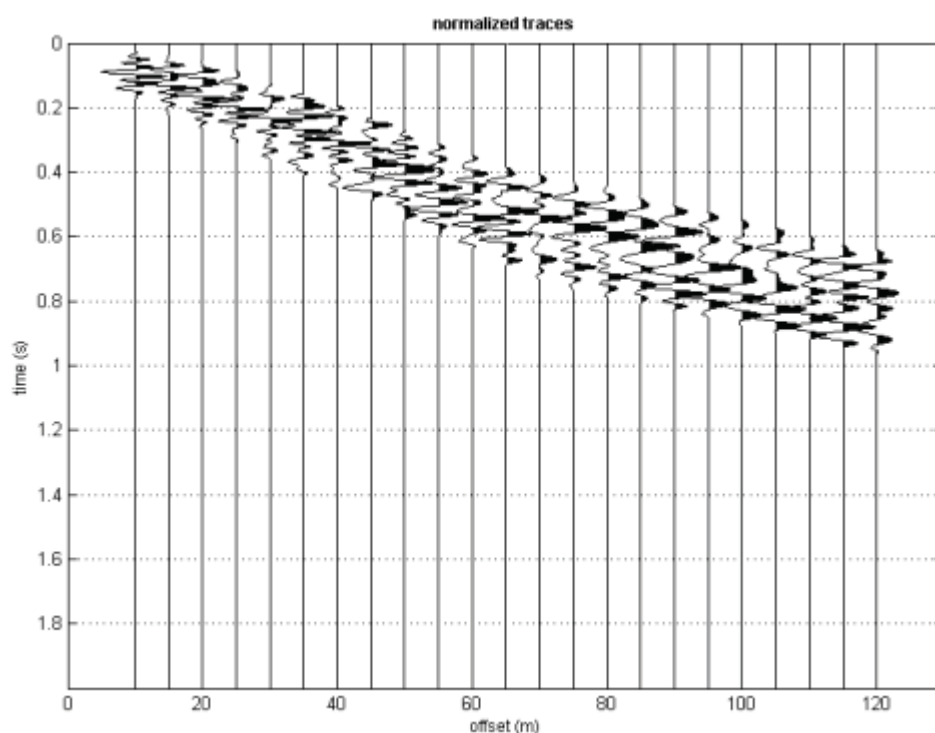
Elaborazione: Dott. Geol. Gabriele Ghirardini

Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

MASW_1
Rif. 749/15



UBICAZIONE DELLO STENDIMENTO SISMICO IMPIEGATO





GEO GROUP s.r.l.

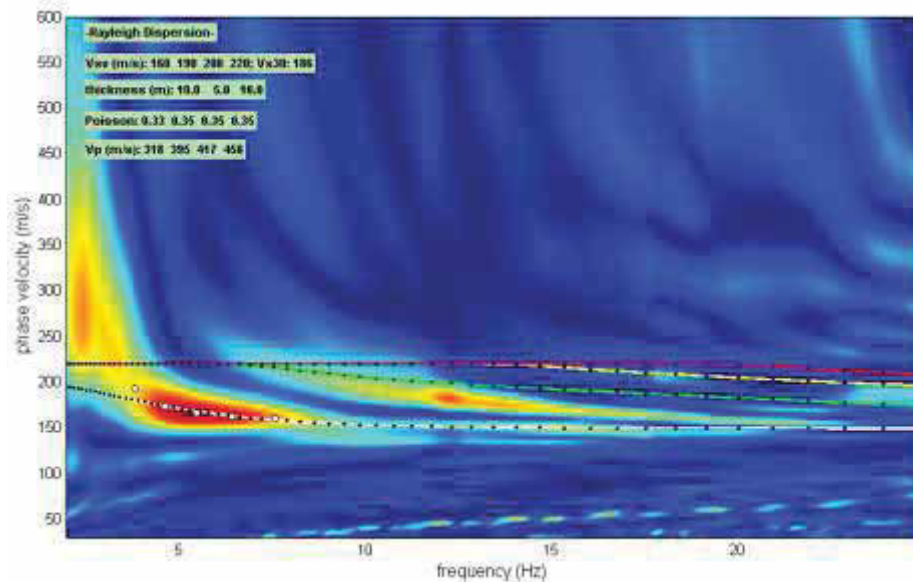
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuevo Rangone (MO)

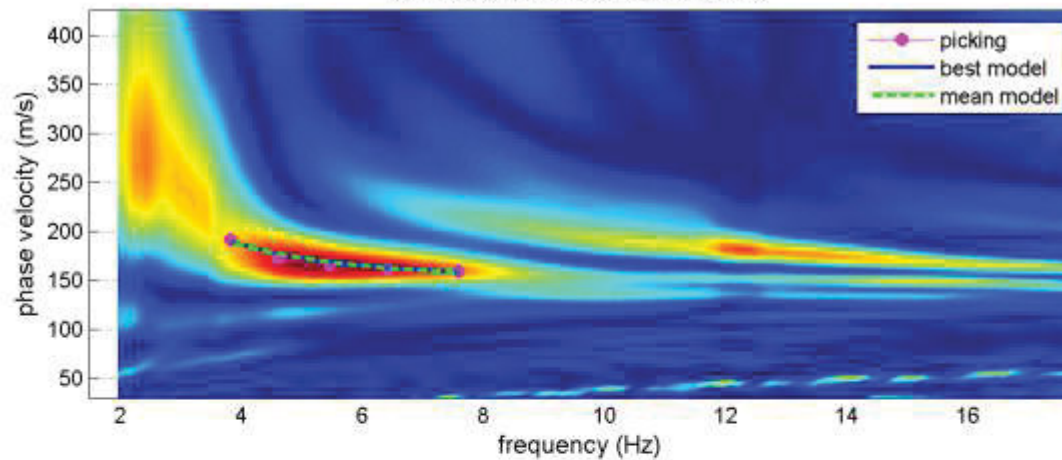
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: geo.group@libero.it

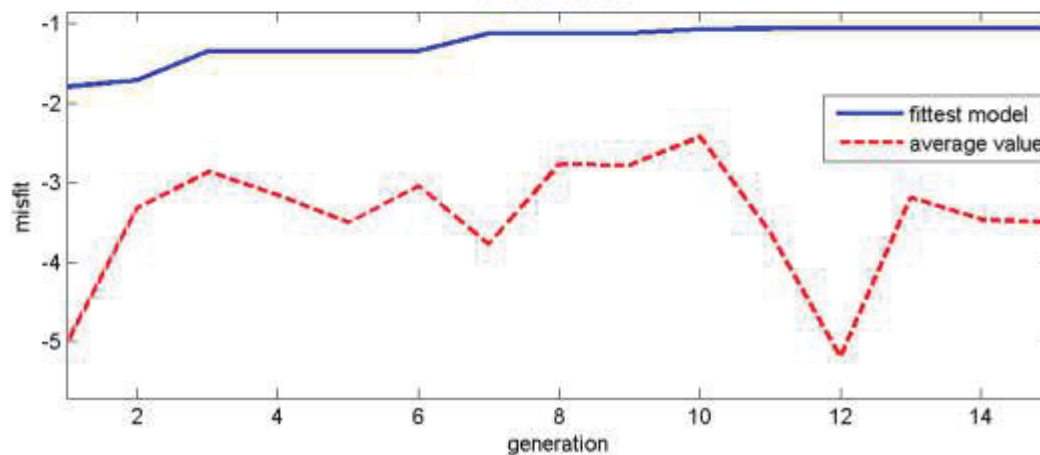
SPETTRO RELATIVO ALLE VELOCITA' DI FASE, REGISTRATE NEL DOMINIO DELLE FREQUENZE

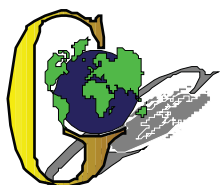


velocity spectrum & dispersion curve



misfit evolution





GEO GROUP s.r.l.

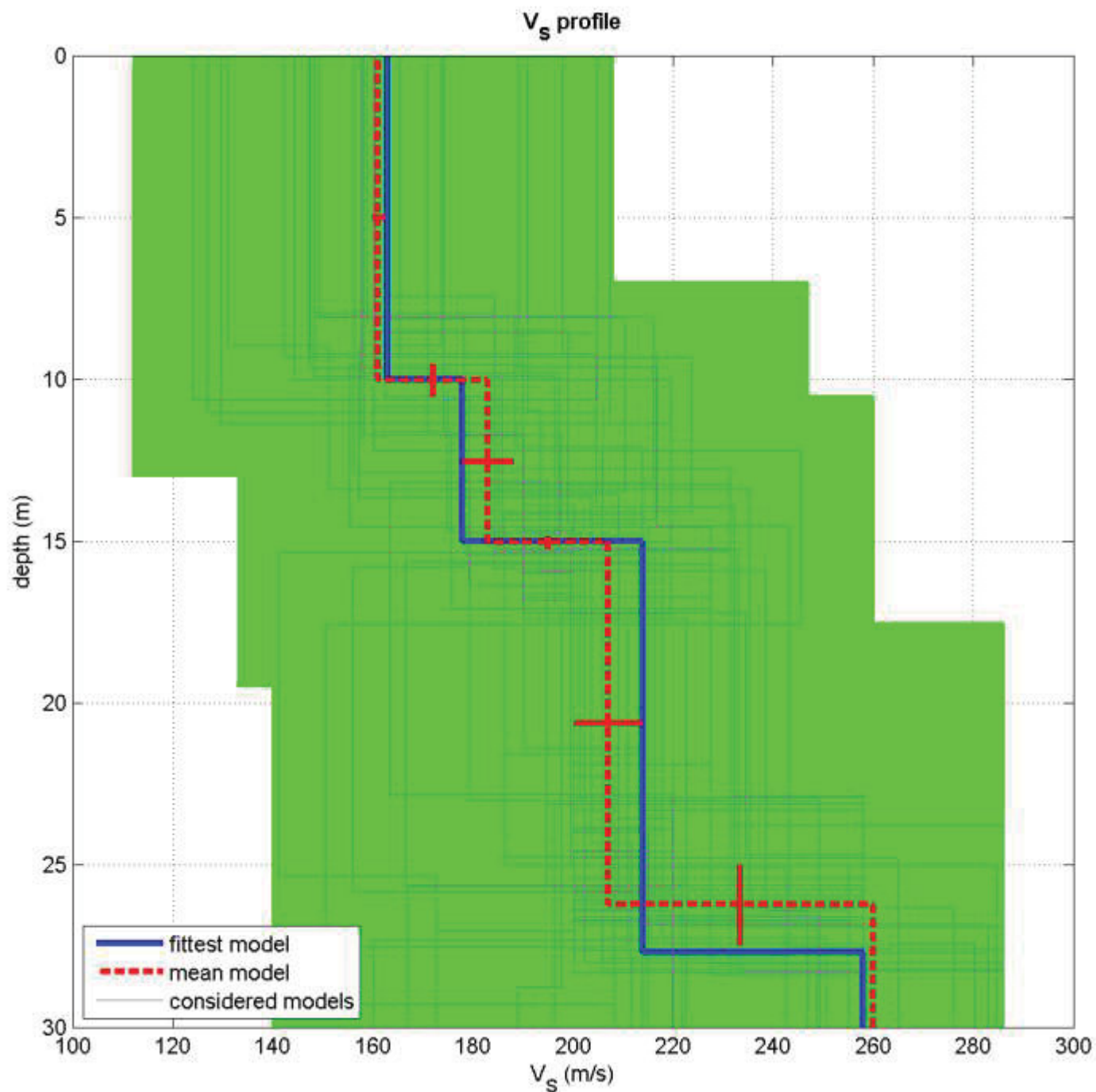
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuevo Rangone (MO)

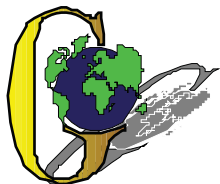
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: geo.group@libero.it

MODELLO V_{s30} DERIVATO DALL'INDAGINE MASW ESEGUITA



BEST MODEL
 $V_{s30} = 190$ m/s



GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuevo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: geo.group@libero.it

ANALISI SISMICA DI SITO SECONDO METODOLOGIA M.A.S.W.

Cantiere: Soliera, Ponte Passo dell' Uccellino

Operatori : Dott. Luca Pattuzzi, Dott.ssa Linda Veratti, Dott. Gabriele Ghirardini, Dott.ssa Arianna Casarini, Dott. Cristiano Casarini

Lavoro: Studio del terreno di fondazione

Data: 22/12/2015

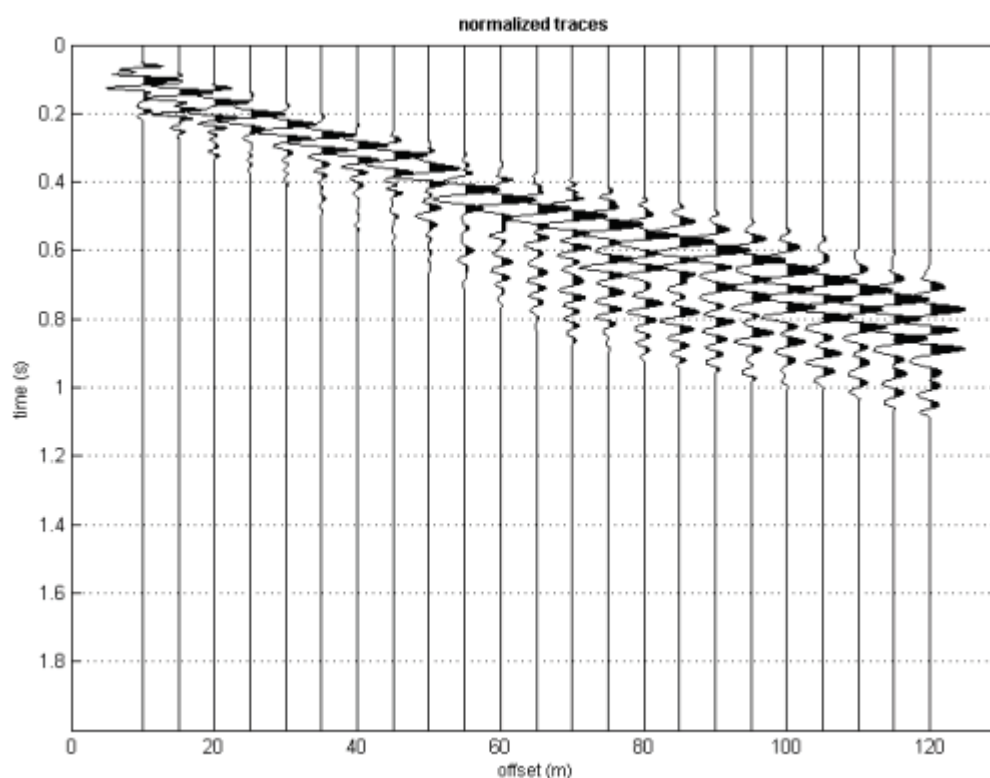
Elaborazione: Dott. Geol. Gabriele Ghirardini

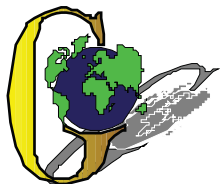
Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

MASW_2
Rif. 749/15



UBICAZIONE DELLO STENDIMENTO SISMICO IMPIEGATO





GEO GROUP s.r.l.

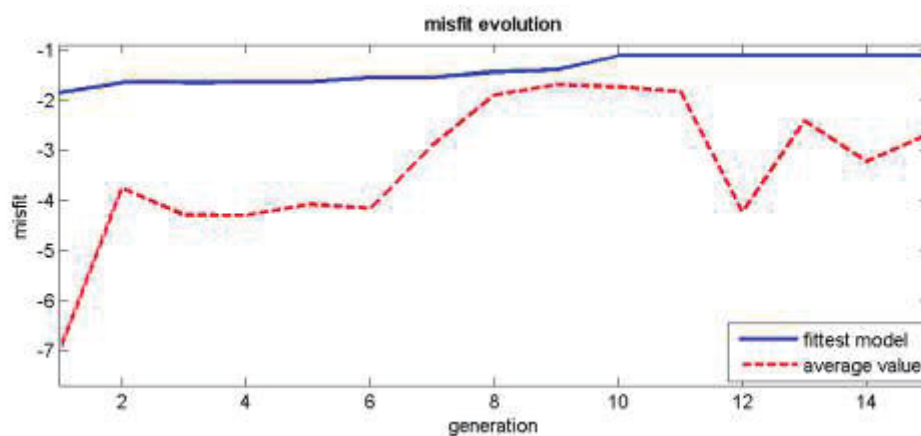
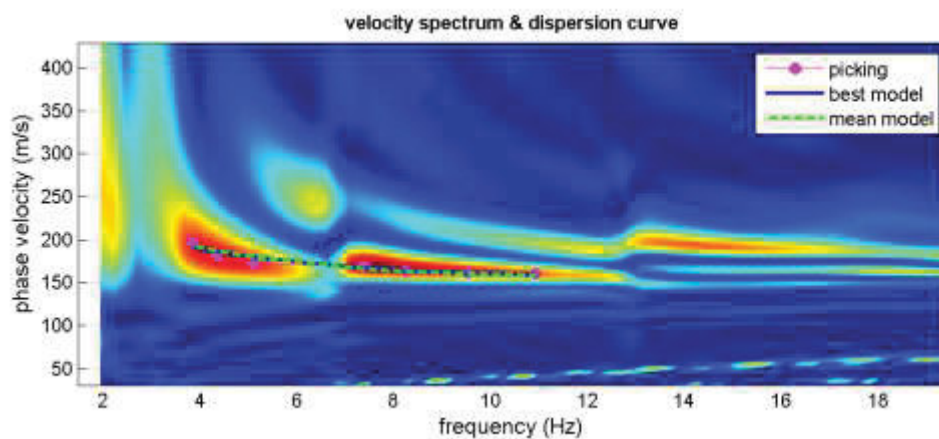
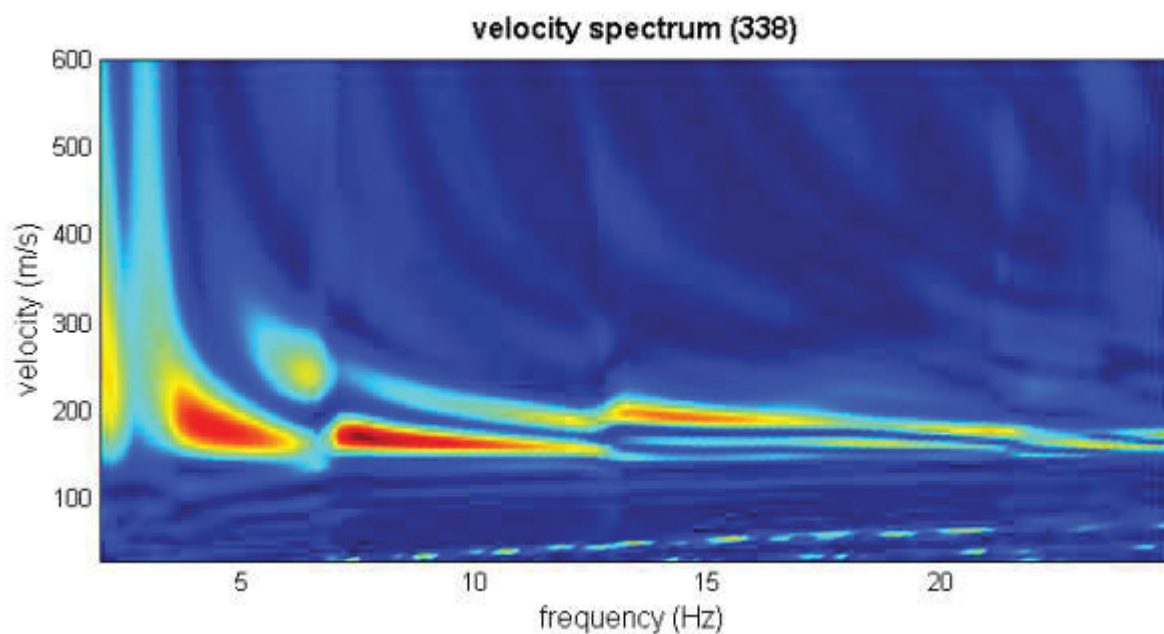
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

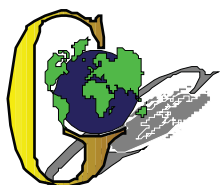
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuevo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: geo.group@libero.it

SPETTRO RELATIVO ALLE VELOCITA' DI FASE, REGISTRATE NEL DOMINIO DELLE FREQUENZE





GEO GROUP s.r.l.

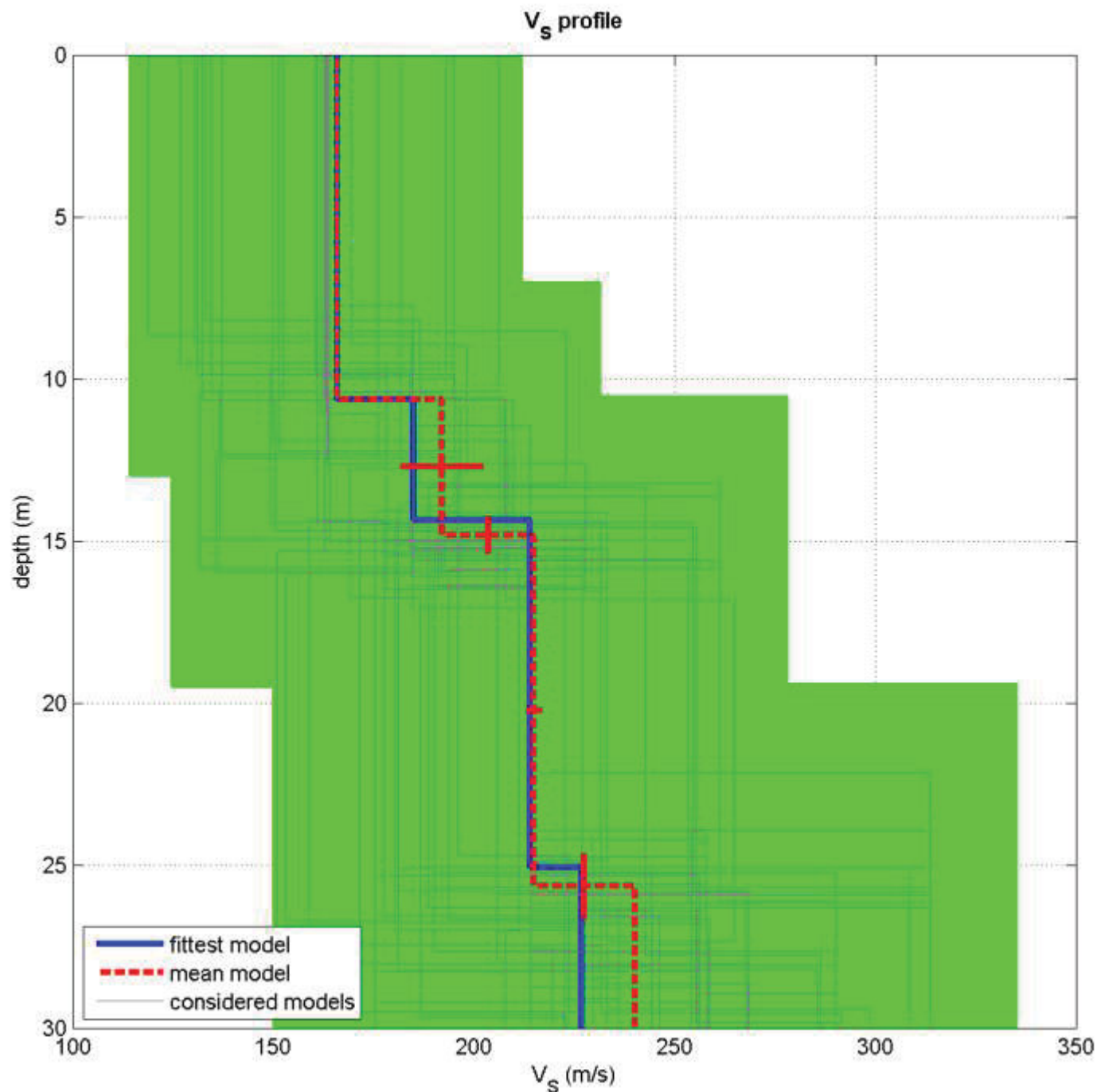
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuevo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: geo.group@libero.it

MODELLO Vs30 DERIVATO DALL'INDAGINE MASW ESEGUITA



BEST MODEL
Vs30 = 192 m/s

**GEO GROUP s.r.l.**

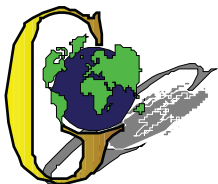
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it

***Indagini sismiche passive secondo
registrazione di rumore sismico
naturale
METODOLOGIA Re.Mi.***



GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuevo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: geo.group@libero.it

ANALISI SISMICA DI SITO SECONDO METODOLOGIA Re.Mi.

Cantiere: Modena, Ponte Passo dell' Uccellino

Operatori : Dott. Luca Pattuzzi, Dott.ssa Linda Veratti, Dott. Gabriele Ghirardini, Dott.ssa Arianna Casarini, Dott. Cristiano Casarini

Lavoro: Studio del terreno di fondazione

Data: 22/12/2015

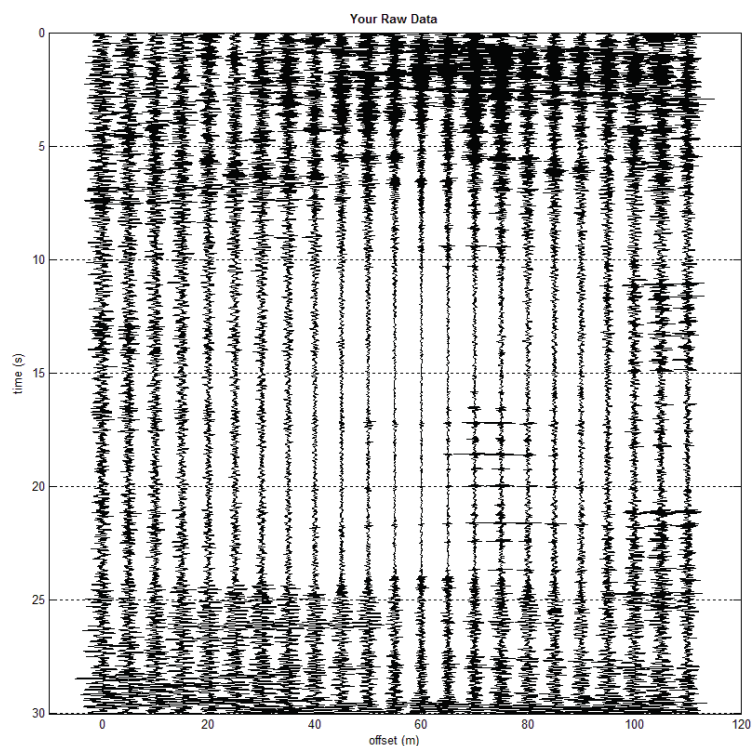
Elaborazione: Dott. Geol. Gabriele Ghirardini

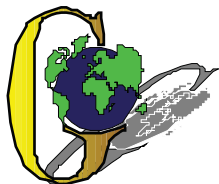
Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

Re.mi_1
Rif. 749/15



UBICAZIONE DELLO STENDIMENTO SISMICO IMPIEGATO





GEO GROUP s.r.l.

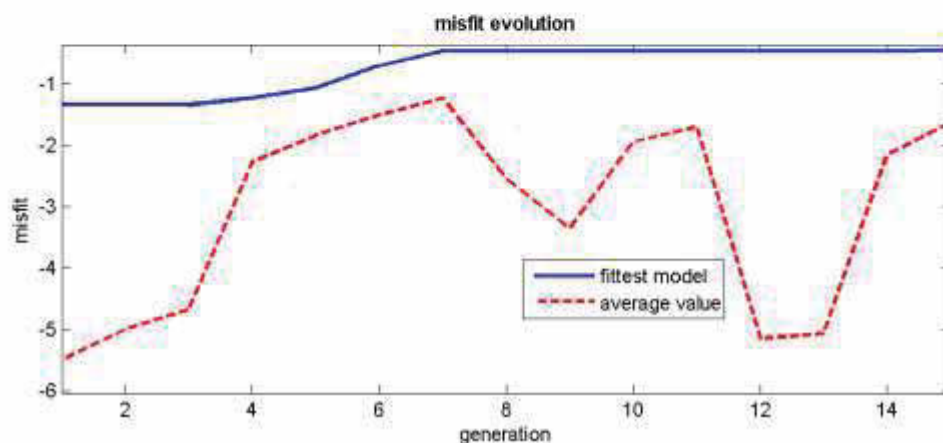
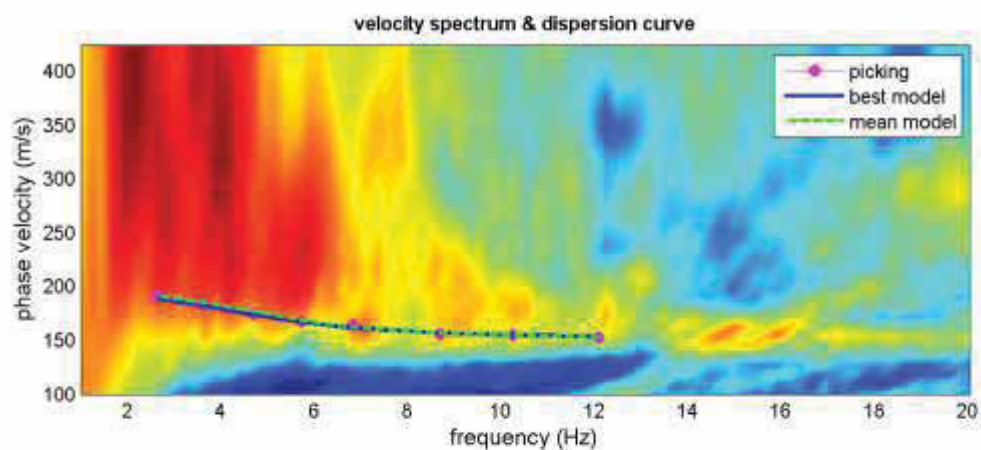
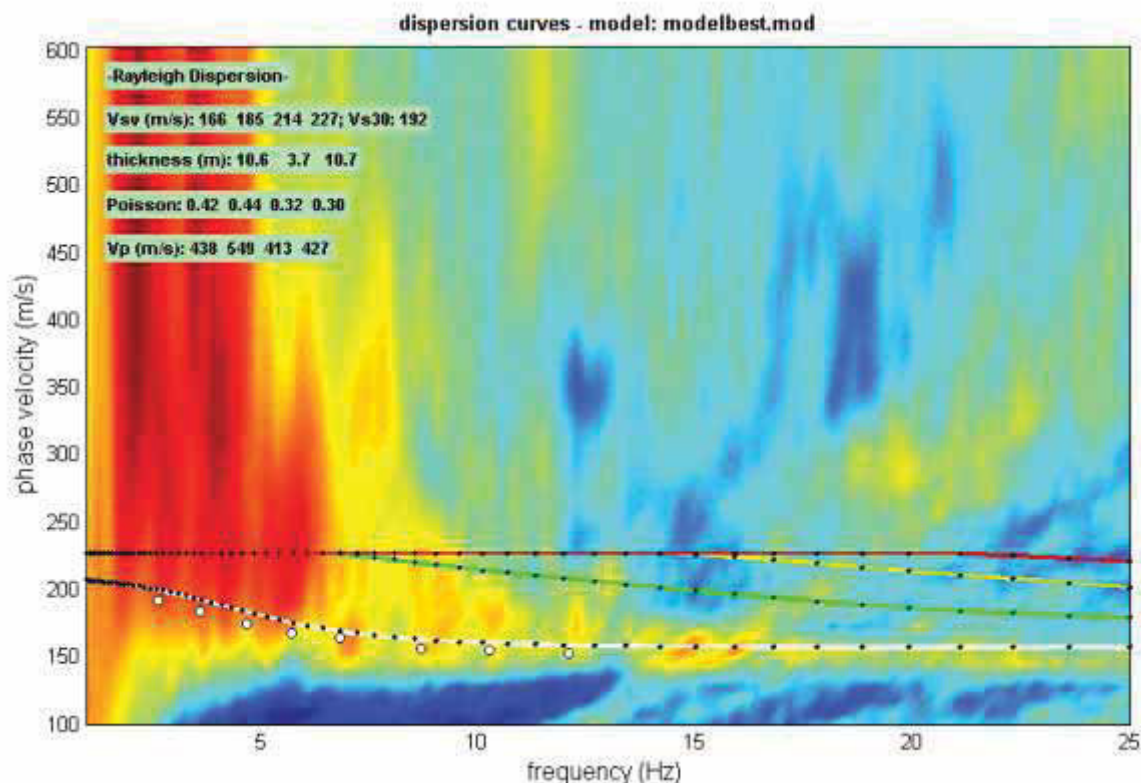
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

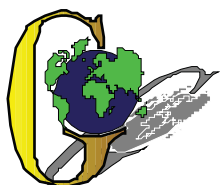
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuevo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: geo.group@libero.it

SPETTRO RELATIVO ALLE VELOCITA' DI FASE, REGISTRATE NEL DOMINIO DELLE FREQUENZE





GEO GROUP s.r.l.

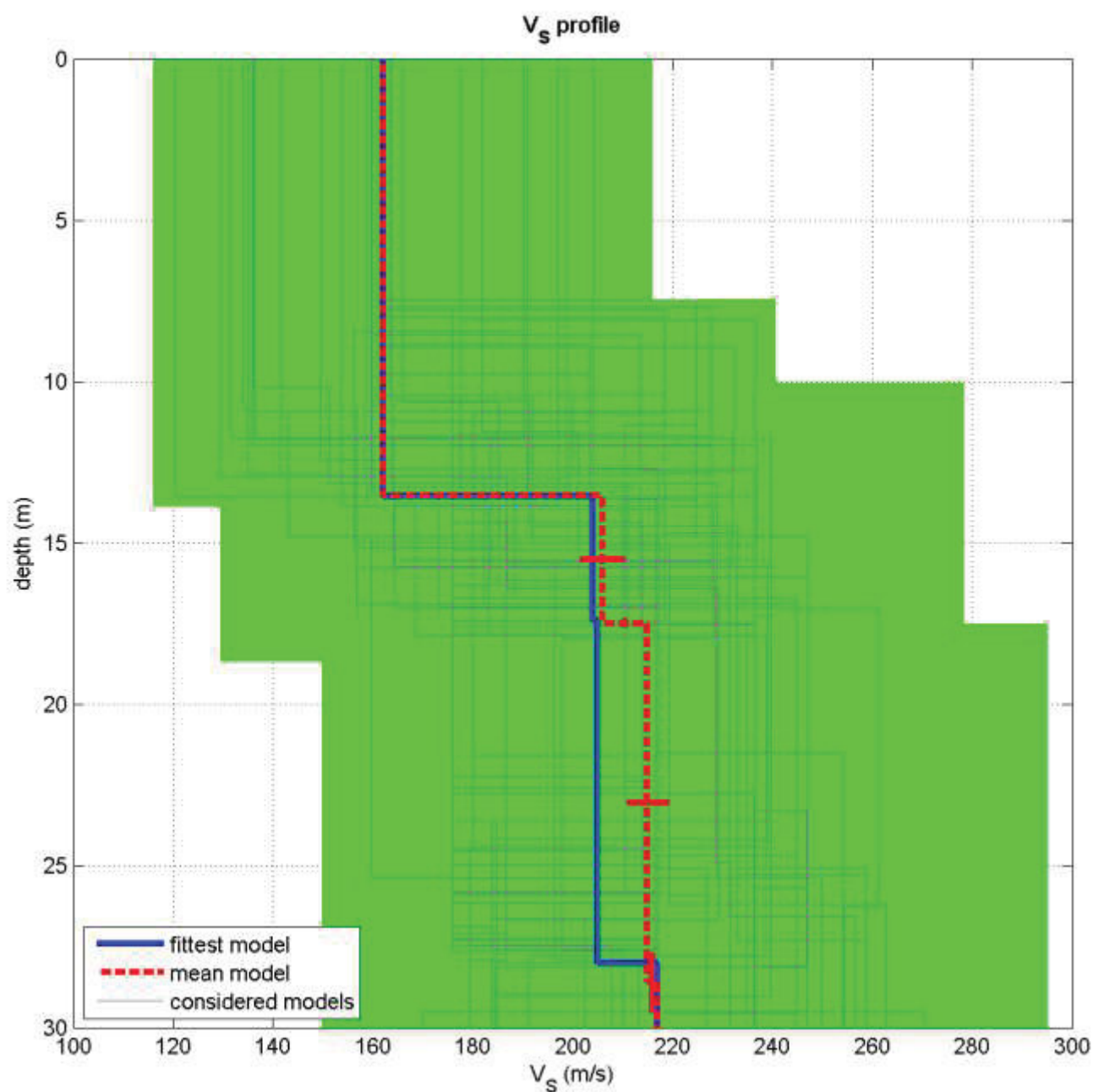
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuevo Rangone (MO)

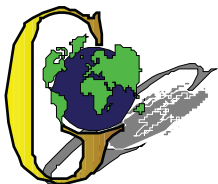
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: geo.group@libero.it

MODELLO V_{s30} DERIVATO DALL'INDAGINE Re.Mi. ESEGUITA



BEST MODEL
 $V_{s30} = 184$ m/s



GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuevo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: geo.group@libero.it

ANALISI SISMICA DI SITO SECONDO METODOLOGIA Re.Mi.

Cantiere: Modena, Ponte Passo dell' Uccellino

Operatori : Dott. Luca Pattuzzi, Dott.ssa Linda Veratti, Dott. Gabriele Ghirardini, Dott.ssa Arianna Casarini, Dott. Cristiano Casarini

Lavoro: Studio del terreno di fondazione

Data: 22/12/2015

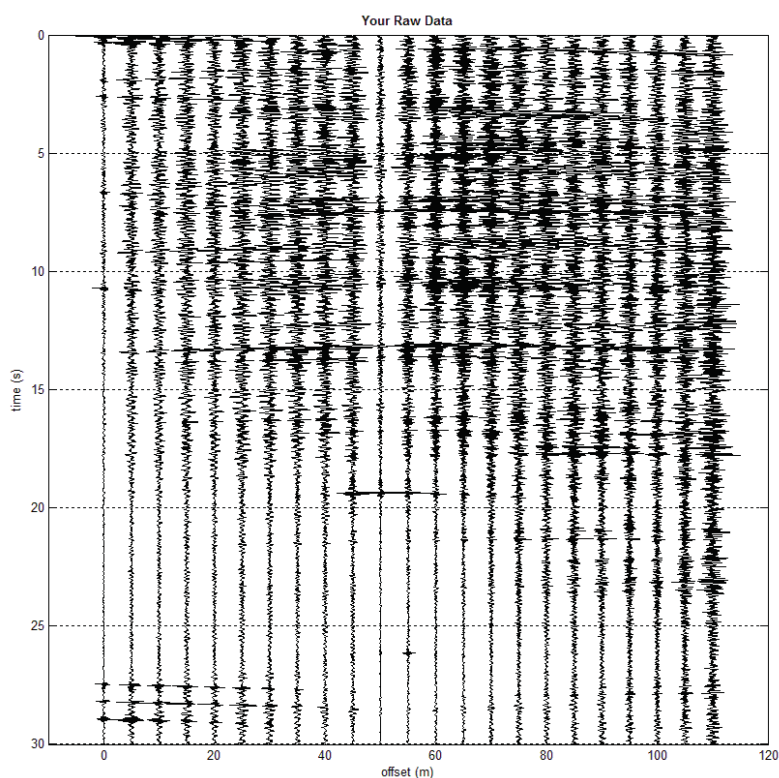
Elaborazione: Dott. Geol. Gabriele Ghirardini

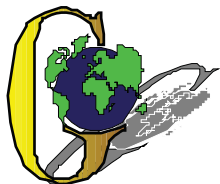
Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

Re.mi_2
Rif. 749/15



UBICAZIONE DELLO STENDIMENTO SISMICO IMPIEGATO





GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

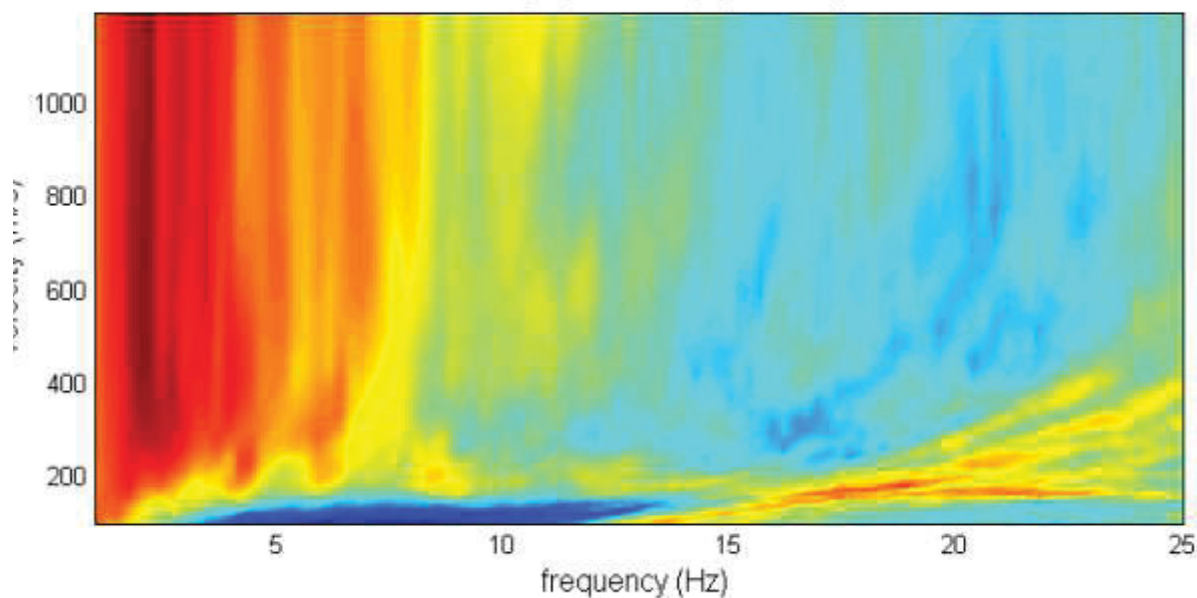
Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuevo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

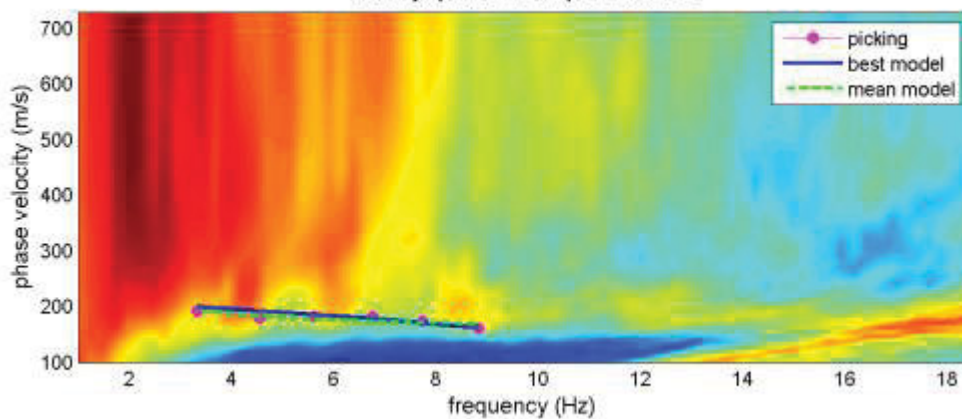
p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: geo.group@libero.it

SPETTRO RELATIVO ALLE VELOCITA' DI FASE, REGISTRATE NEL DOMINIO DELLE FREQUENZE

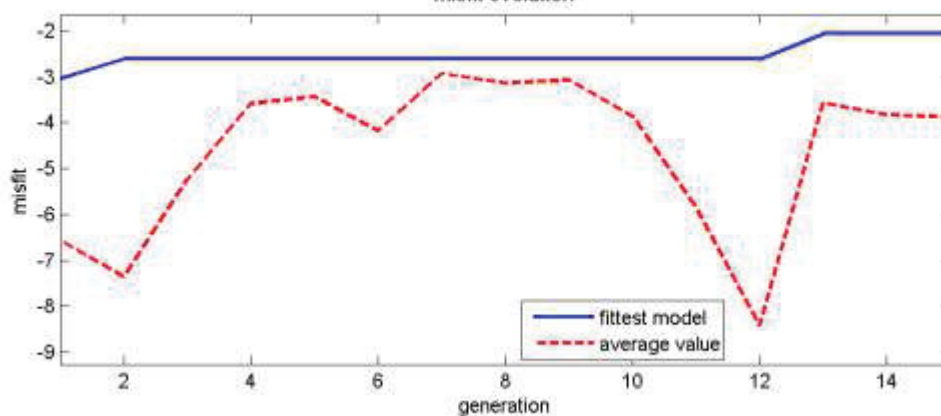
velocity spectrum (spectrum)

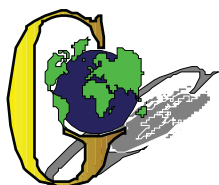


velocity spectrum & dispersion curve



misfit evolution





GEO GROUP s.r.l.

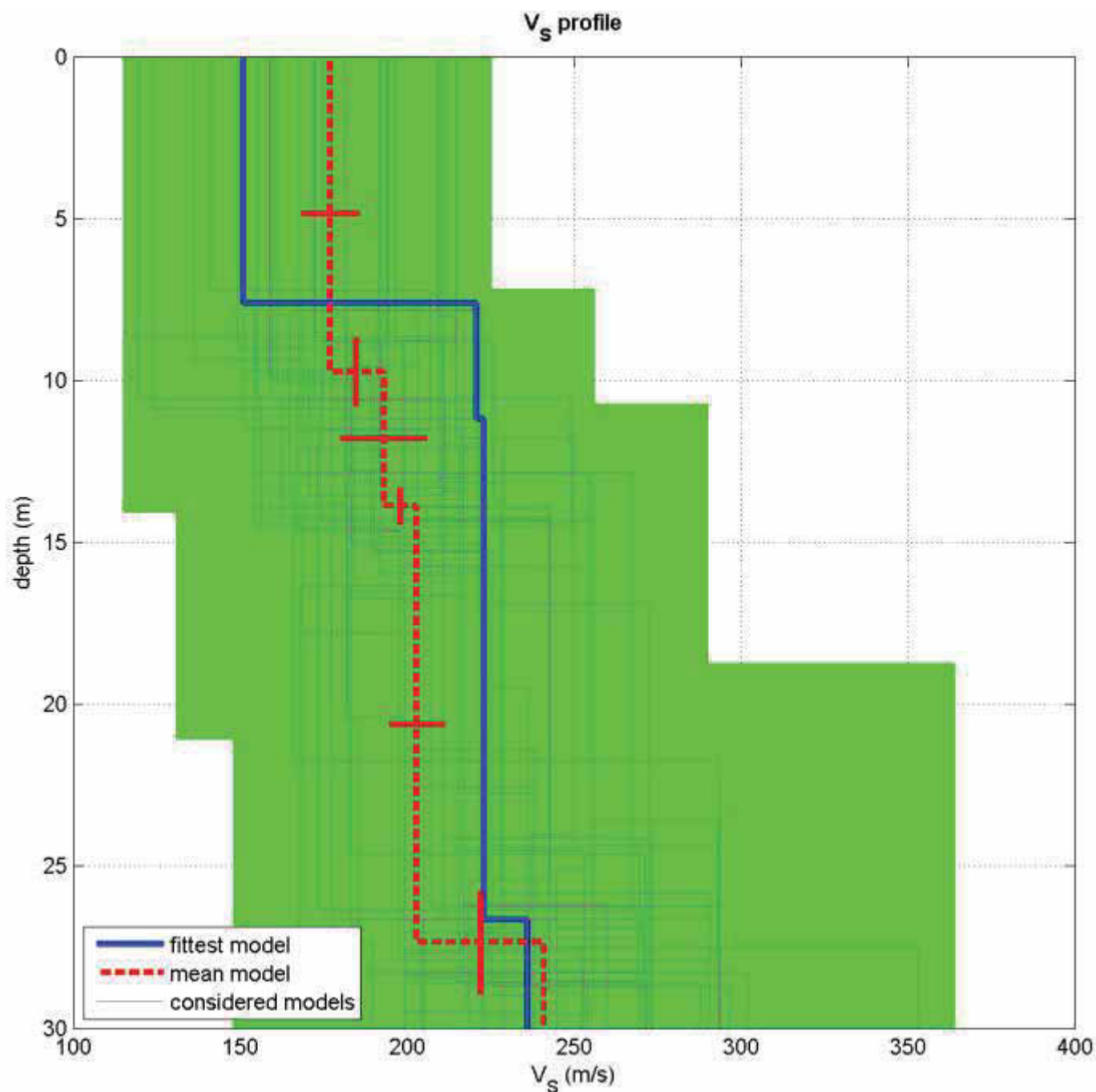
Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuevo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: geo.group@libero.it

MODELLO V_{s30} DERIVATO DALL'INDAGINE Re.Mi. ESEGUITA



BEST MODEL
 $V_{s30} = 200$ m/s

**GEO GROUP s.r.l.**

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it

***Acquisizioni di rumore sismico
naturale con strumentazione
velocimetrica triassiale
METODOLOGIA HVSR***

CERTIFICATO DI INDAGINE

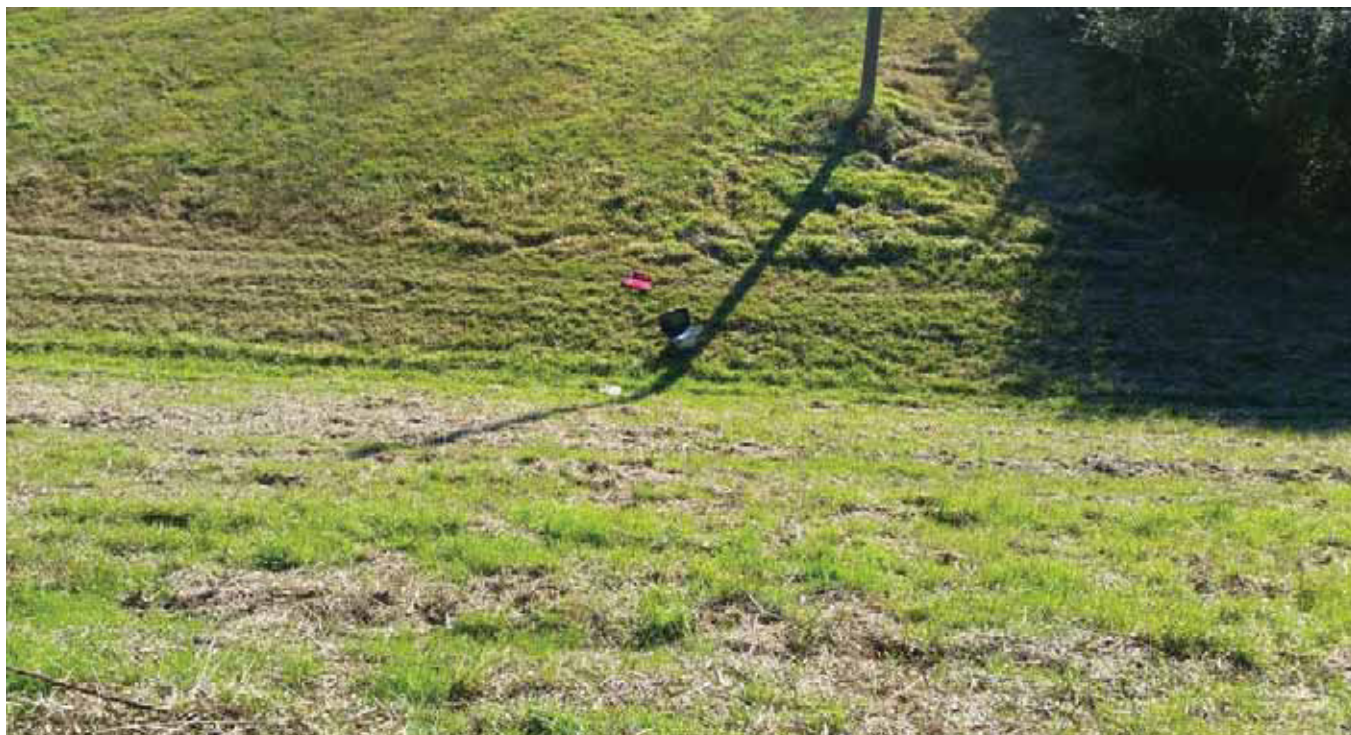
ACQUISIZIONE DI SISMICA PASSIVA - METODOLOGIA HVSR

DATI GENERALI

Sito	Modena, Ponte Uccellino
Data esecuzione	11/02/2016
Responsabile	dott. Geol. Pier Luigi Dalari
Operatore/i	dott. Geol. Gabriele Ghirardini, Ing. Luca Pattuzzi
Committente	Comune di Modena

DATI TECNICI

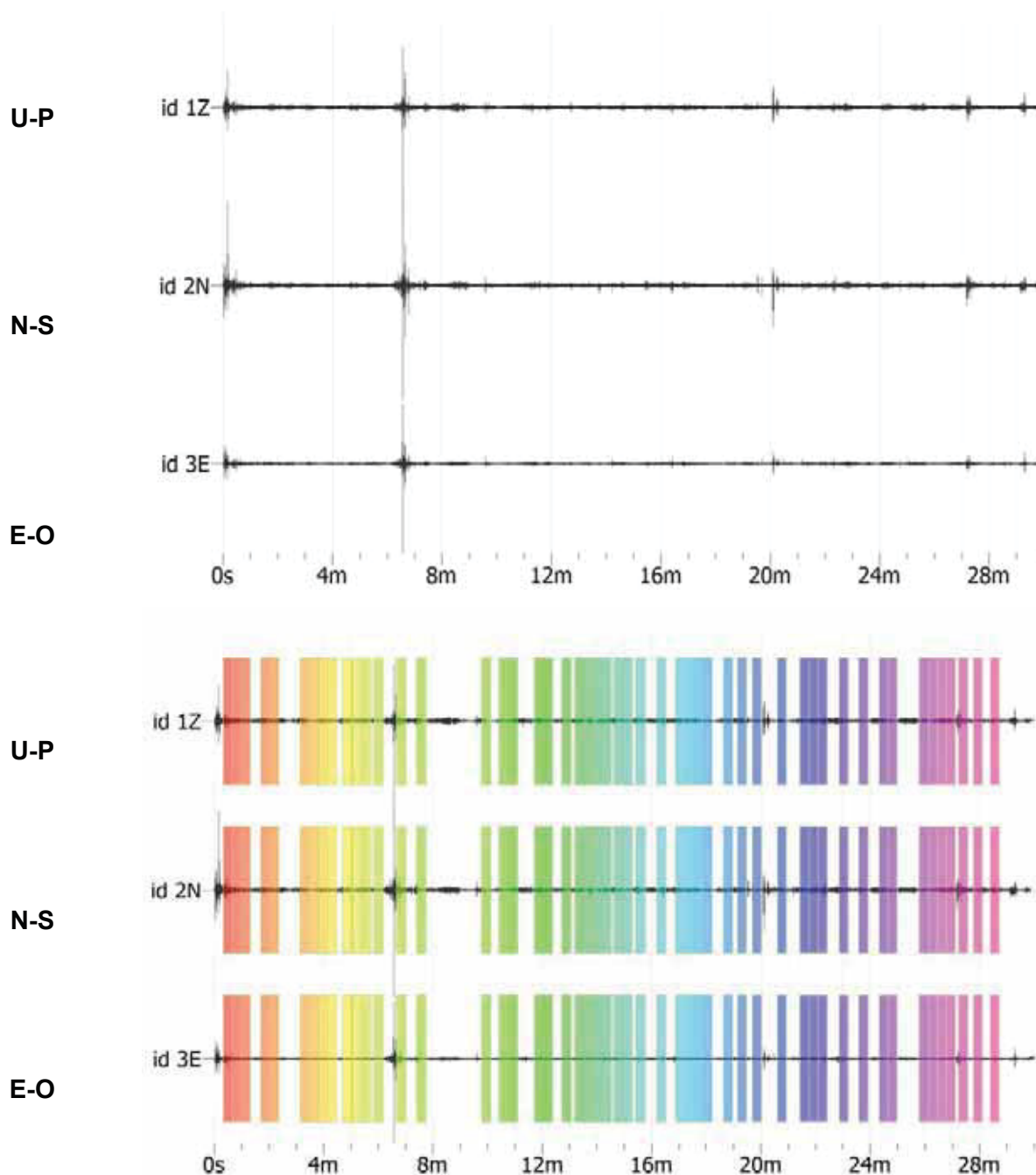
Frequenza di campionamento	200 Hz
Durata acquisizione (sec)	1800
Frequenza strumentale (Hz)	2.00
Strumentazione utilizzata	GEMINI 2.00 Hz (PASI)



CERTIFICATO DI INDAGINE

ACQUISIZIONE DI SISMICA PASSIVA - METODOLOGIA HVSR

SEGNALI ACQUISITI E FINESTE SELEZIONATE

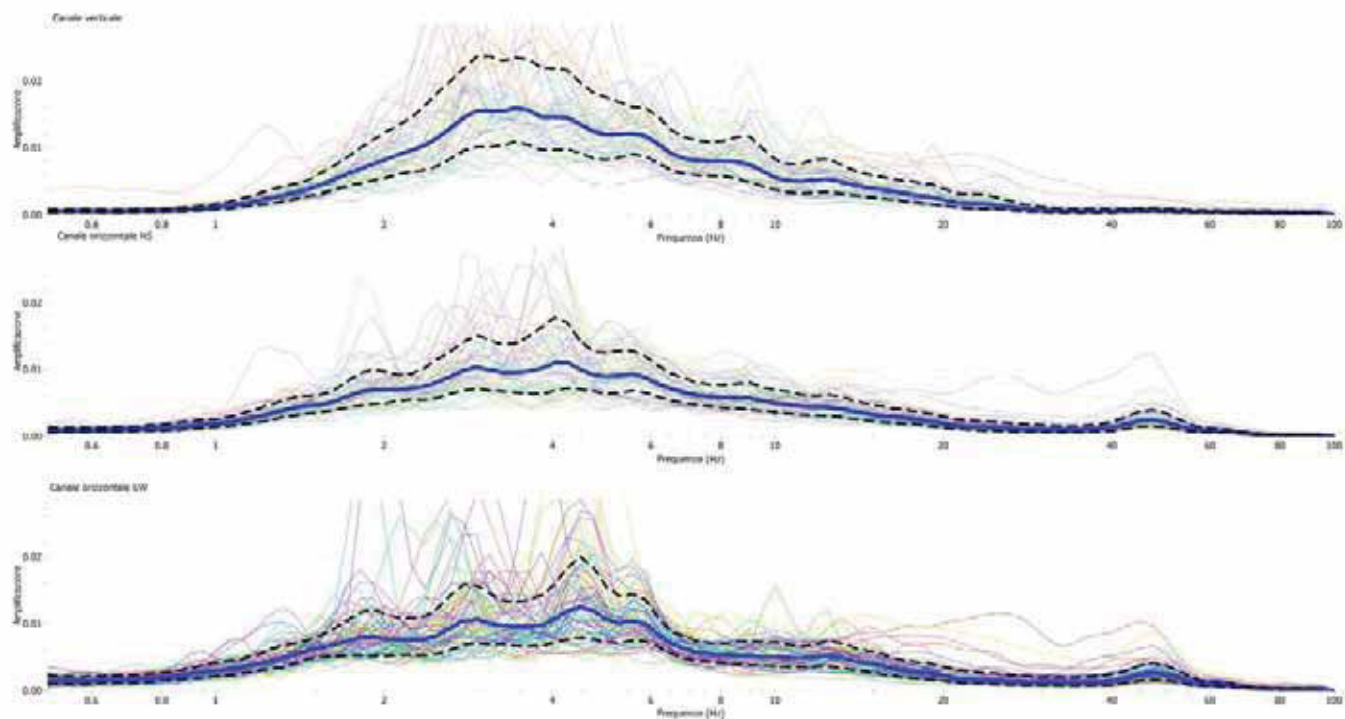
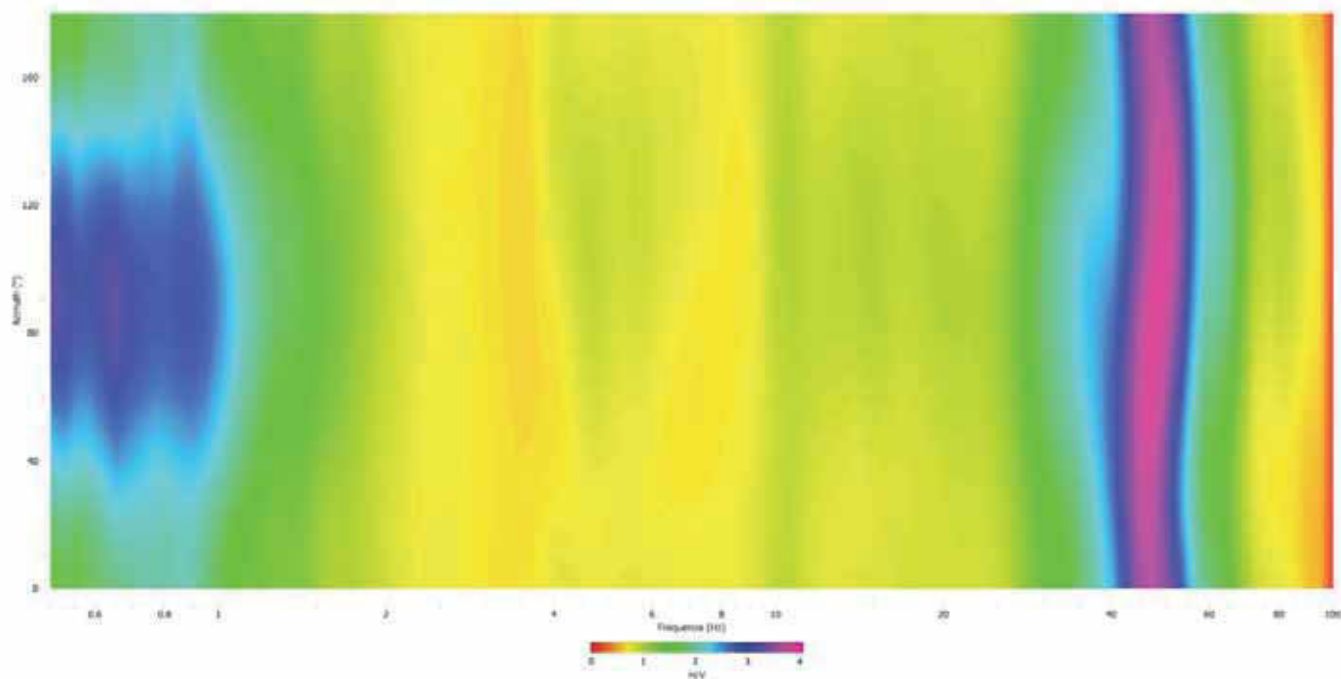


Lunghezza finestre (sec)	20
Numero finestre	51
Tipo lisciamiento	Konno Ohmanci

CERTIFICATO DI INDAGINE

ACQUISIZIONE DI SISMICA PASSIVA - METODOLOGIA HVSR

DIREZIONALITA' E SPETTRI VELOCITA'



CERTIFICATO DI INDAGINE

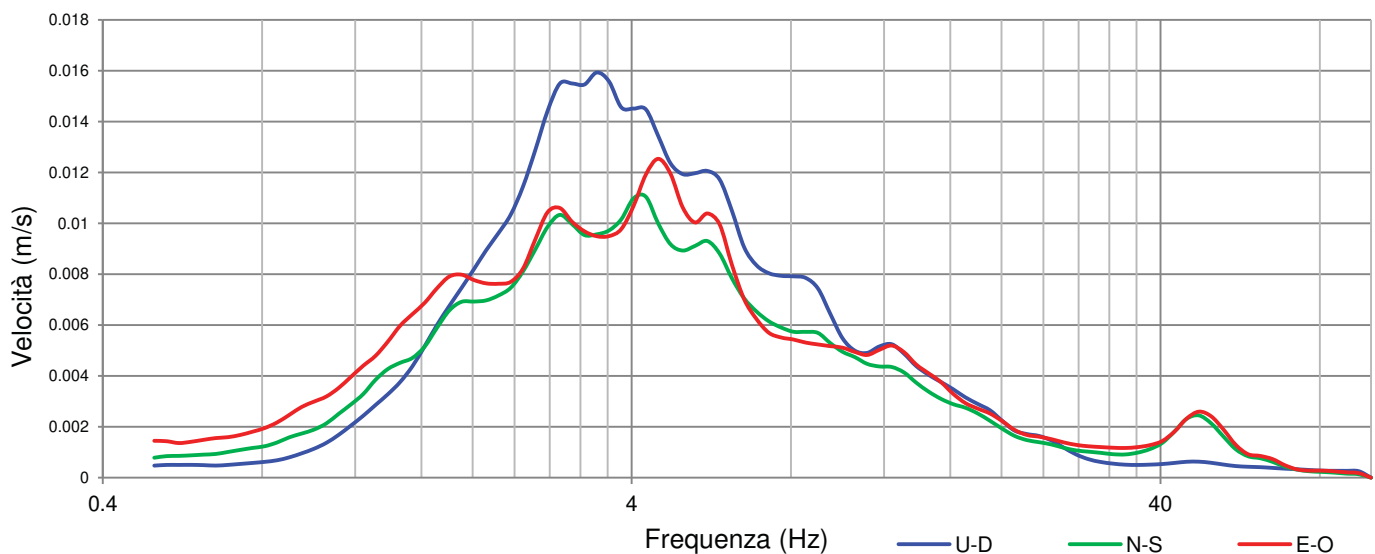
ACQUISIZIONE DI SISMICA PASSIVA - METODOLOGIA HVSR

Sito	Modena, Ponte Uccellino	Frequenza di campionamento	200 Hz
Data esecuzione	11/02/2016	Strumentazione utilizzata	GEMINI 2.00 Hz (PASI)

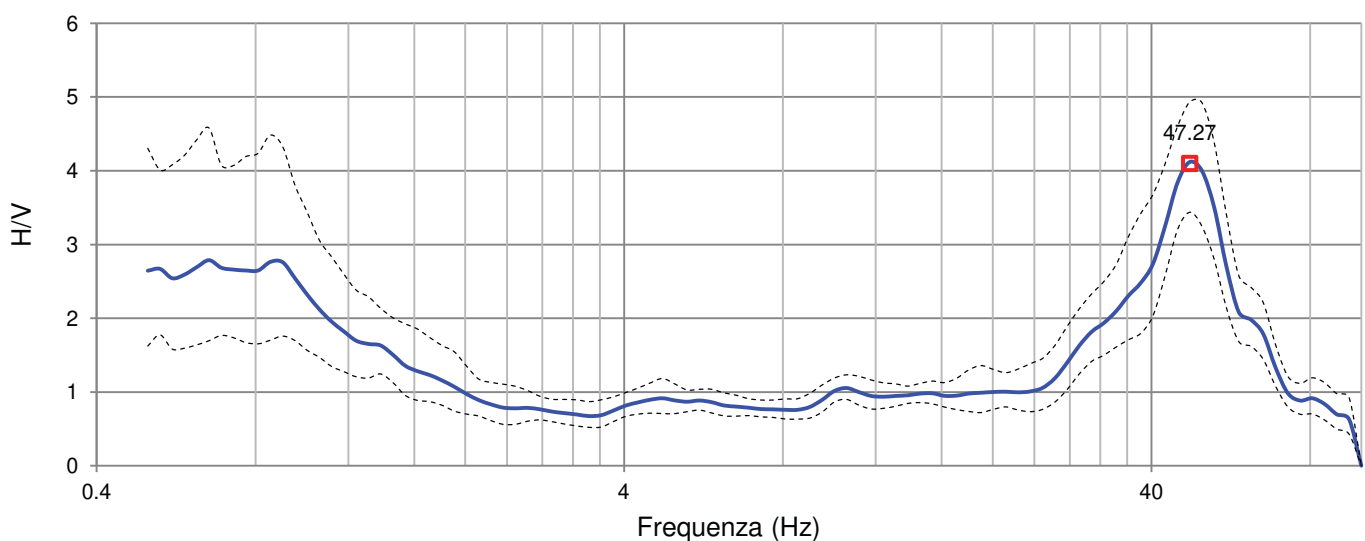
ELABORAZIONE

CURVA RAPPORTO H/V DERIVATO

SPETTRI



CURVA H/V



CERTIFICATO DI INDAGINE

ACQUISIZIONE DI SISMICA PASSIVA - METODOLOGIA HVSr

Sito	Modena, Ponte Uccellino	Frequenza di campionamento	200 Hz
Data esecuzione	11/02/2016	Strumentazione utilizzata	GEMINI 2.00 Hz (PASI)

ELABORAZIONE

VERIFICA CRITERI SESAME

Verifica dell'affidabilità della curva

- | | | |
|------|---|----|
| i) | $f_0 > 10/l_w$ | OK |
| ii) | $n_c(f_0) > 200$ | OK |
| iii) | $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ | OK |

CURVA AFFIDABILE

Verifica della chiarezza del valore di picco H/V

(almeno 5 su 6 criteri devono essere verificati)

- | | | |
|------|---|----|
| i) | $f \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$ | OK |
| ii) | $f^* \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$ | OK |
| iii) | $A_0 > 2$ | OK |
| iv) | $t_{\text{picco}} [A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | OK |
| v) | $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | OK |
| vi) | $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | OK |

PICCO AFFIDABILE

FREQUENZA FONDAMENTALE INDIVIDUATA

f_0 (Hz)	47.27	\pm	9.34
$A_{H/V}$	4.10	\pm	0.81
T (s)	0.02	\pm	0.11

CERTIFICATO DI INDAGINE

ACQUISIZIONE DI SISMICA PASSIVA - METODOLOGIA HVSR

DATI GENERALI

Sito	Modena, Ponte Uccellino
Data esecuzione	11/02/2016
Responsabile	dott. Geol. Pier Luigi Dalari
Operatore/i	dott. Geol. Gabriele Ghirardini, Ing. Luca Pattuzzi
Committente	Comune di Modena

DATI TECNICI

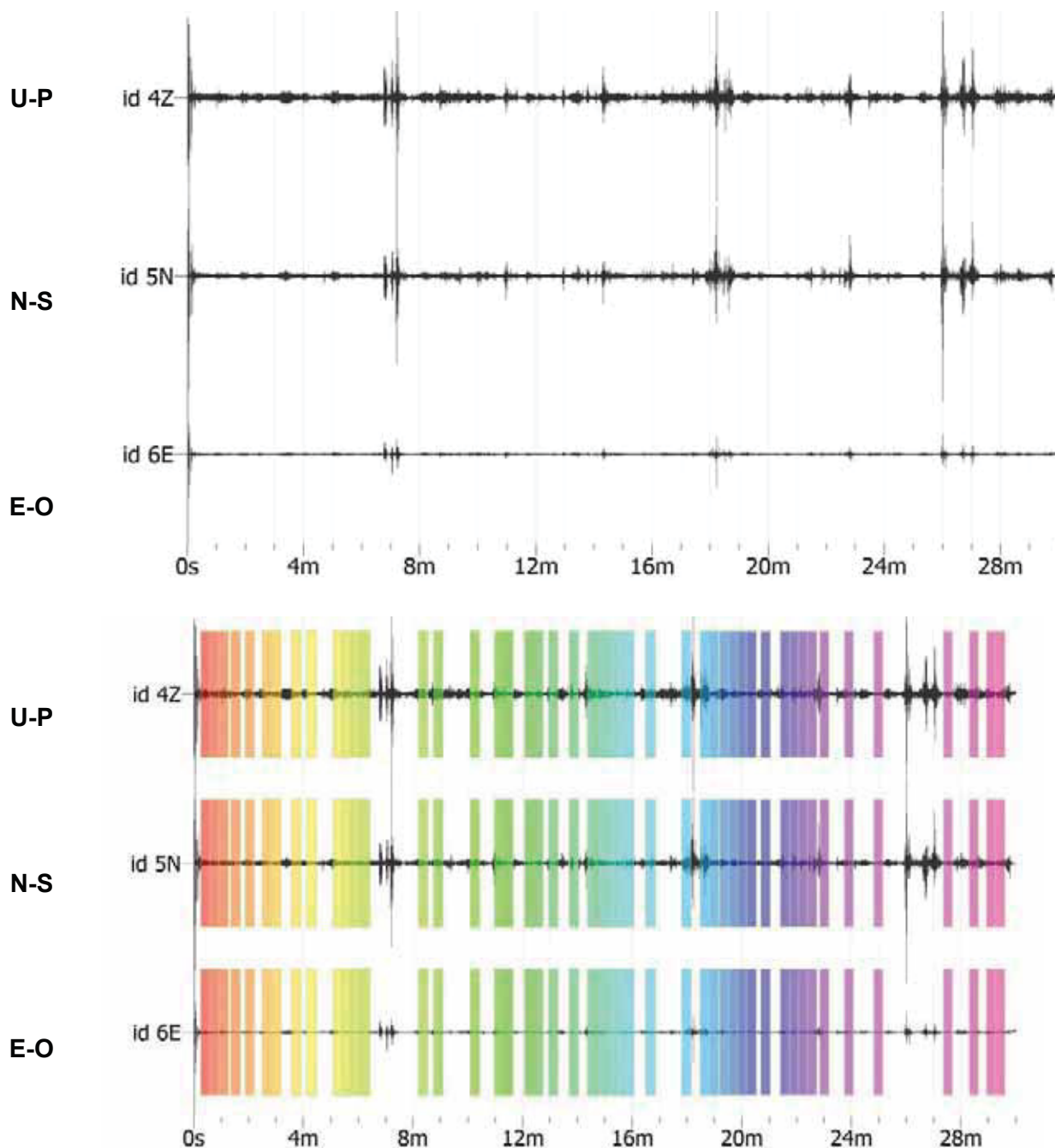
Frequenza di campionamento	200 Hz
Durata acquisizione (sec)	1800
Frequenza strumentale (Hz)	2.00
Strumentazione utilizzata	GEMINI 2.00 Hz (PASI)



CERTIFICATO DI INDAGINE

ACQUISIZIONE DI SISMICA PASSIVA - METODOLOGIA HVSR

SEGNALI ACQUISITI E FINESTE SELEZIONATE

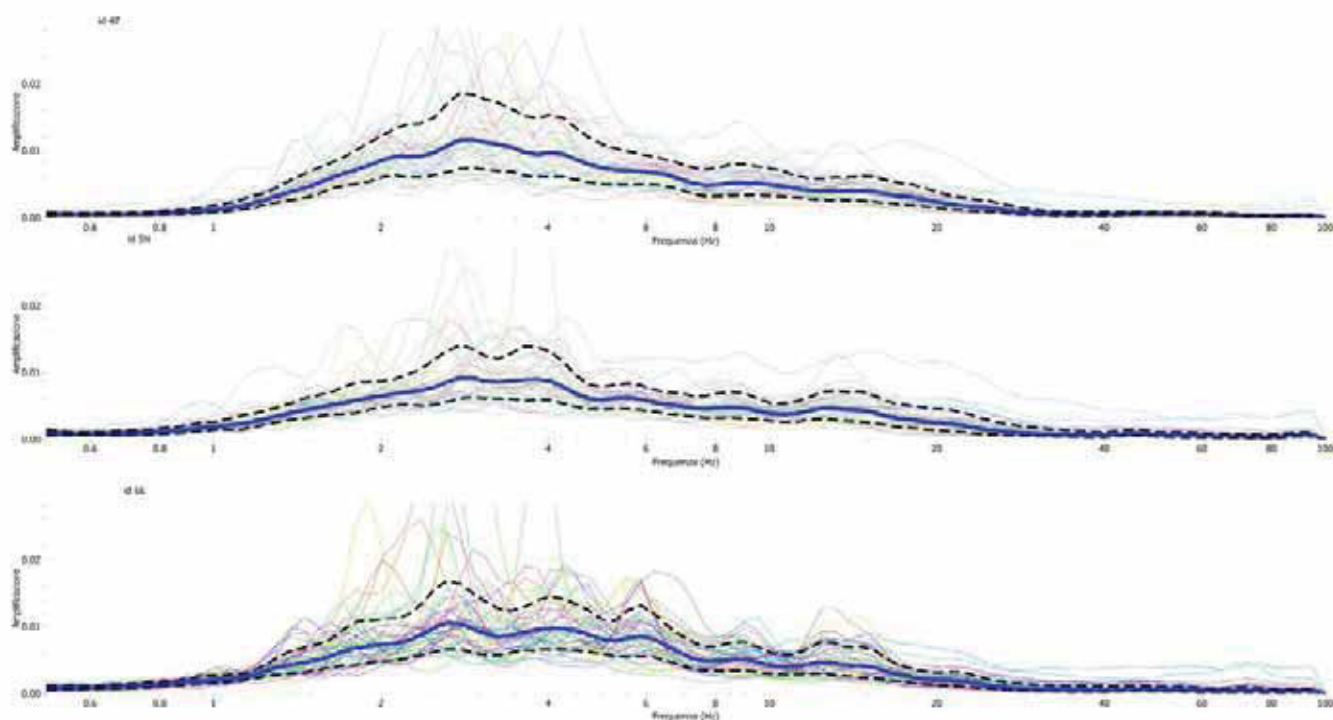
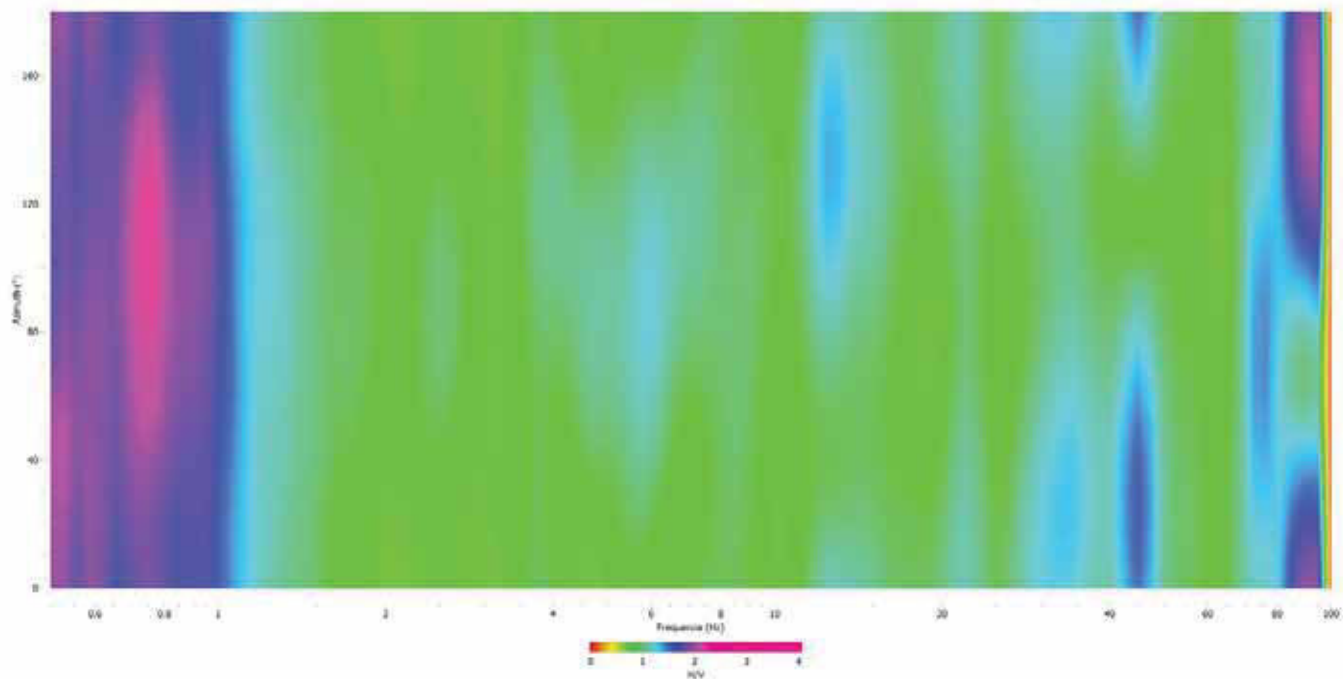


Lunghezza finestre (sec)	20
Numero finestre	47
Tipo lisciamiento	Konno Ohmanci

CERTIFICATO DI INDAGINE

ACQUISIZIONE DI SISMICA PASSIVA - METODOLOGIA HVSR

DIREZIONALITA' E SPETTRI VELOCITA'



CERTIFICATO DI INDAGINE

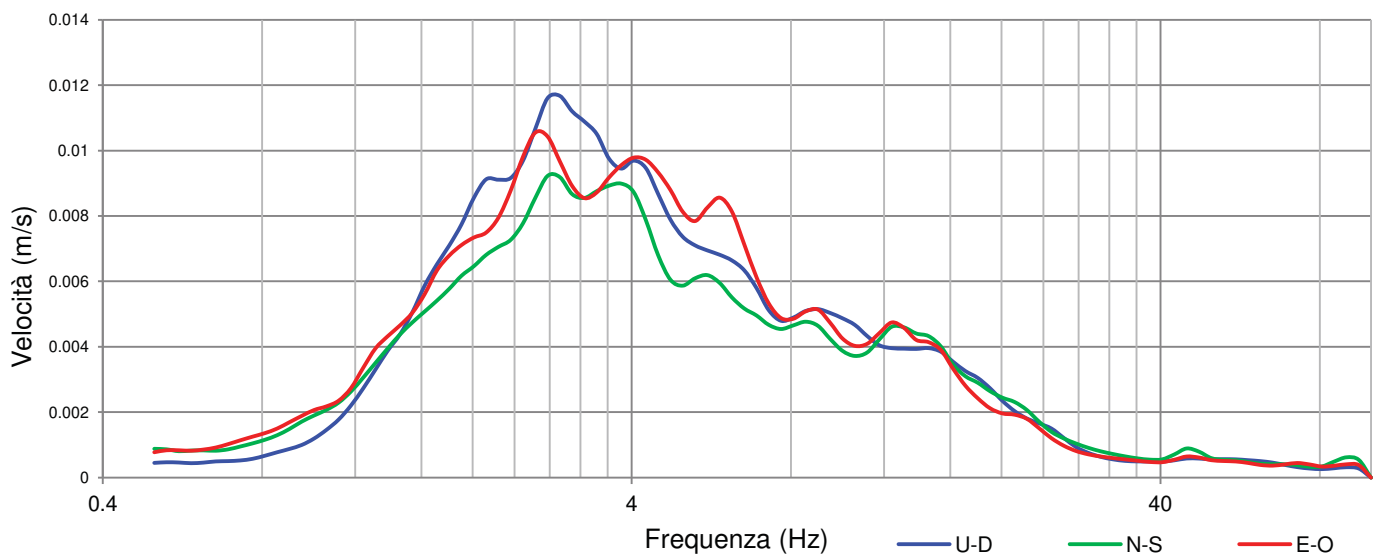
ACQUISIZIONE DI SISMICA PASSIVA - METODOLOGIA HVSR

Sito	Modena, Ponte Uccellino	Frequenza di campionamento	200 Hz
Data esecuzione	11/02/2016	Strumentazione utilizzata	GEMINI 2.00 Hz (PASI)

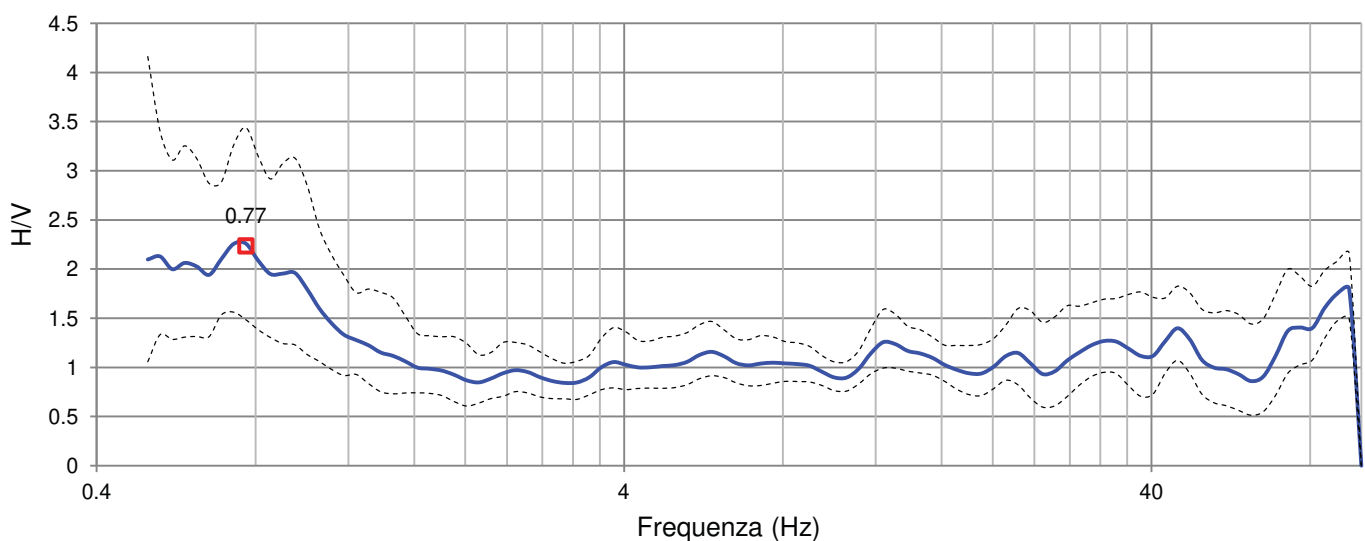
ELABORAZIONE

CURVA RAPPORTO H/V DERIVATO

SPETTRI



CURVA H/V



CERTIFICATO DI INDAGINE

ACQUISIZIONE DI SISMICA PASSIVA - METODOLOGIA HVSR

Sito	Modena, Ponte Uccellino	Frequenza di campionamento	200 Hz
Data esecuzione	11/02/2016	Strumentazione utilizzata	GEMINI 2.00 Hz (PASI)

ELABORAZIONE

VERIFICA CRITERI SESAME

Verifica dell'affidabilità della curva

- | | | |
|------|---|----|
| i) | $f_0 > 10/l_w$ | OK |
| ii) | $n_c(f_0) > 200$ | OK |
| iii) | $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ | OK |

CURVA AFFIDABILE

Verifica della chiarezza del valore di picco H/V

(almeno 5 su 6 criteri devono essere verificati)

- | | | |
|------|---|----|
| i) | $f \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$ | NO |
| ii) | $f^* \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$ | OK |
| iii) | $A_0 > 2$ | OK |
| iv) | $f_{\text{picco}} [A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | NO |
| v) | $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | OK |
| vi) | $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | OK |

PICCO NON AFFIDABILE

FREQUENZA FONDAMENTALE INDIVIDUATA

f_0 (Hz)	0.77	\pm	0.77
$A_{H/V}$	2.24	\pm	1.17
T (s)	1.30	\pm	1.30

**GEO GROUP s.r.l.**

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it

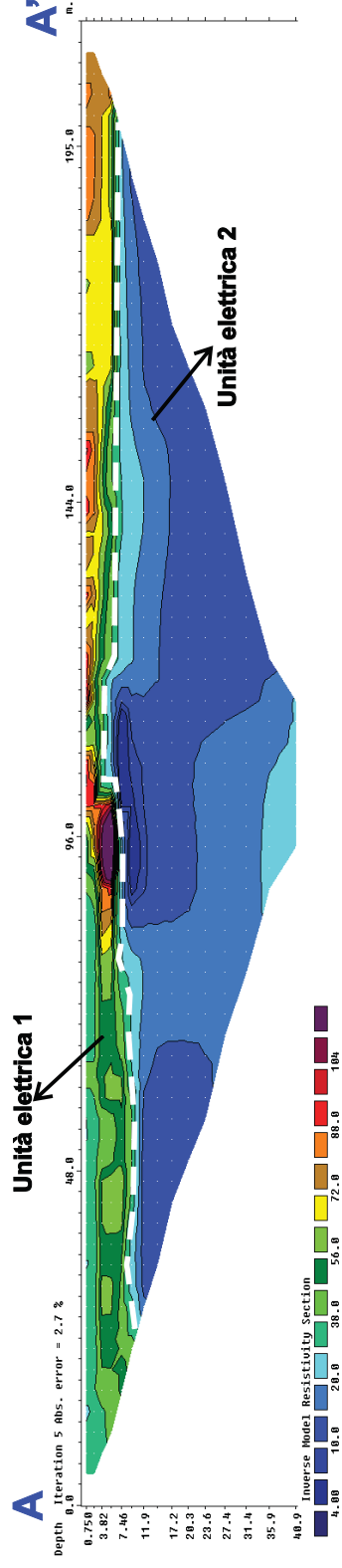
***Indagini geoelettriche per la misura
della resistività naturale dei terreni
METODOLOGIA ERT***

GEO GROUP S.r.l.

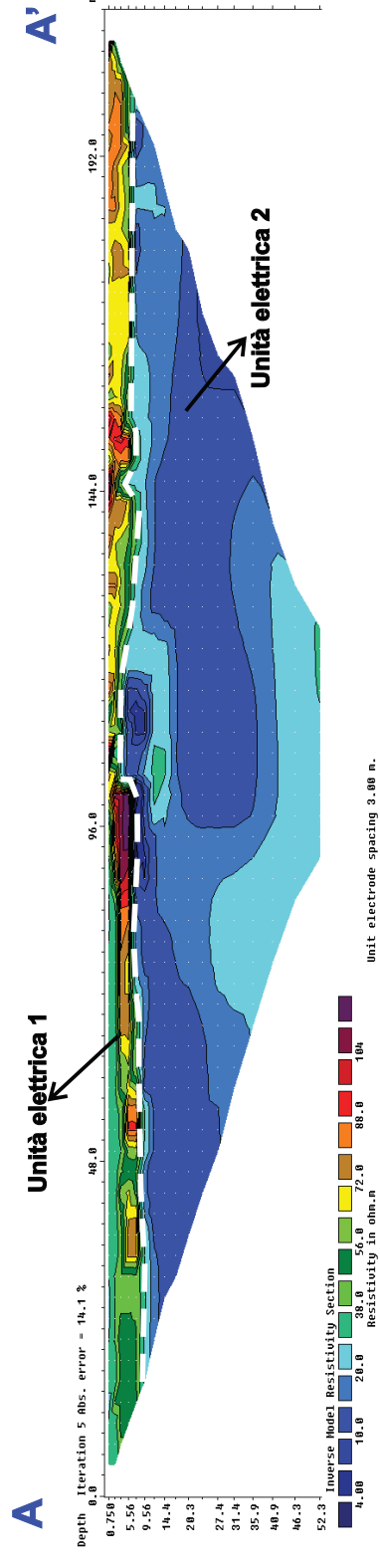
Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
181, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/3368245 - Email: geo.group@ilbero.it

TOMOGRAFIA ELETTRICA L1

Configurazione elettrodoica: Wenner



Configurazione elettrodoica: Dipolo-Dipolo



Ripresa fotografica



Ubicazione stendimento L1

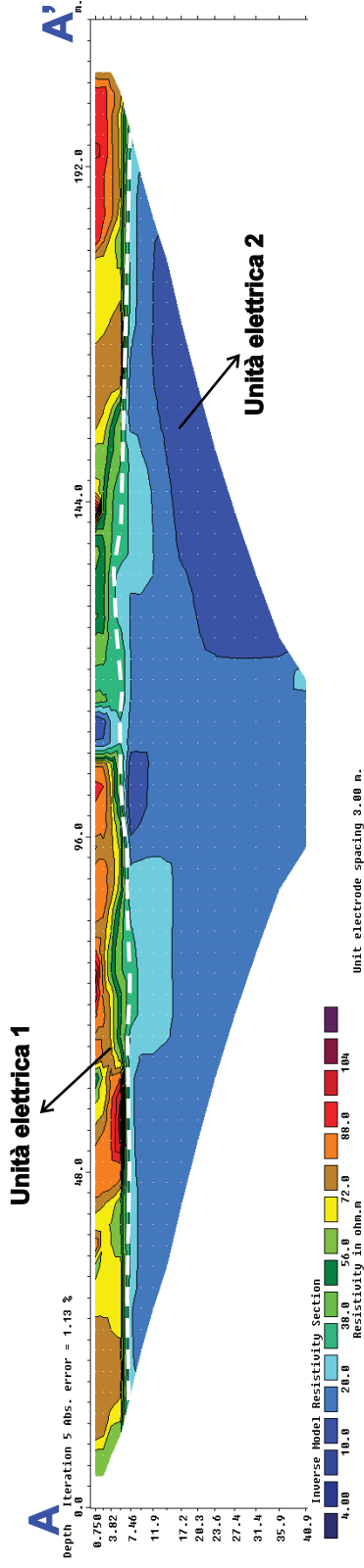


Strumentazione utilizzata

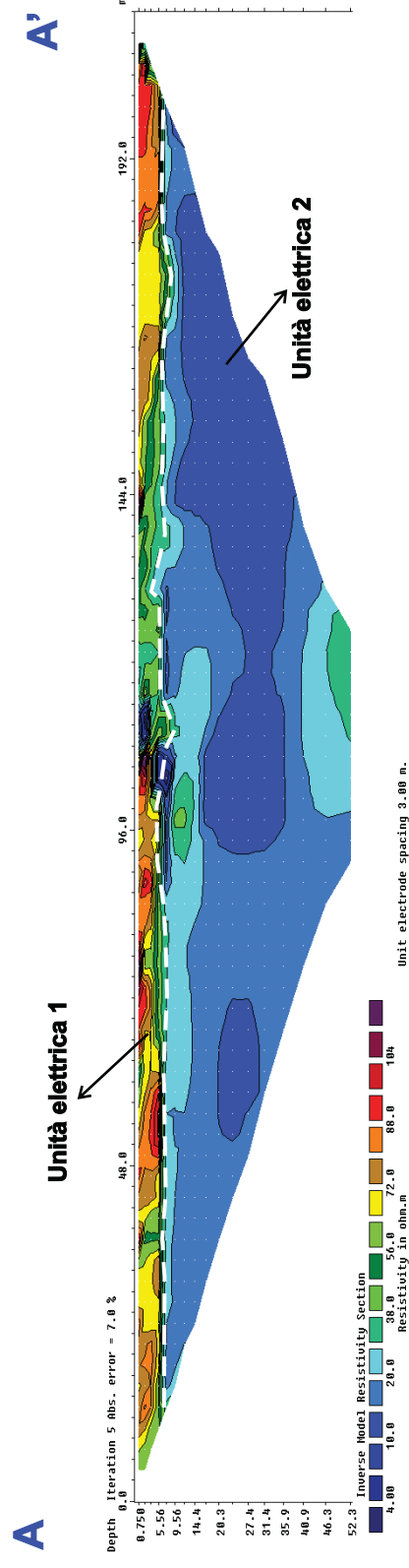


TOMOGRAFIA ELETTRICA L2

Configurazione elettrodo: Wenner



Configurazione elettrodo: Dipolo-Dipolo



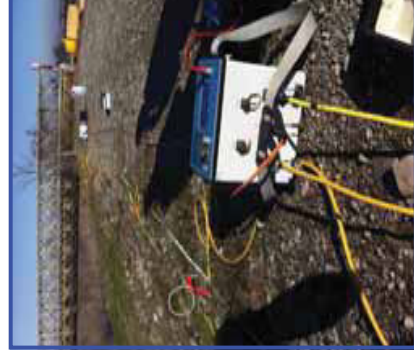
Ripresa fotografica



Ubicazione stendimento L2



Strumentazione utilizzata

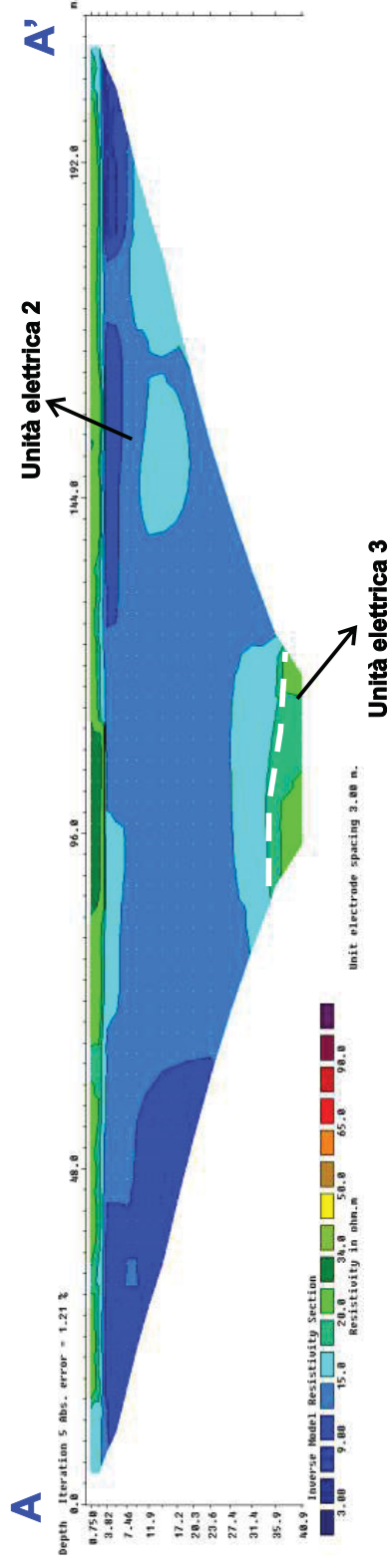


GEO GROUP S.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
181, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/3368245 - Email: geo.group@libero.it

TOMOGRAFIA ELETTRICA L3

Configurazione elettrodo: Wenner



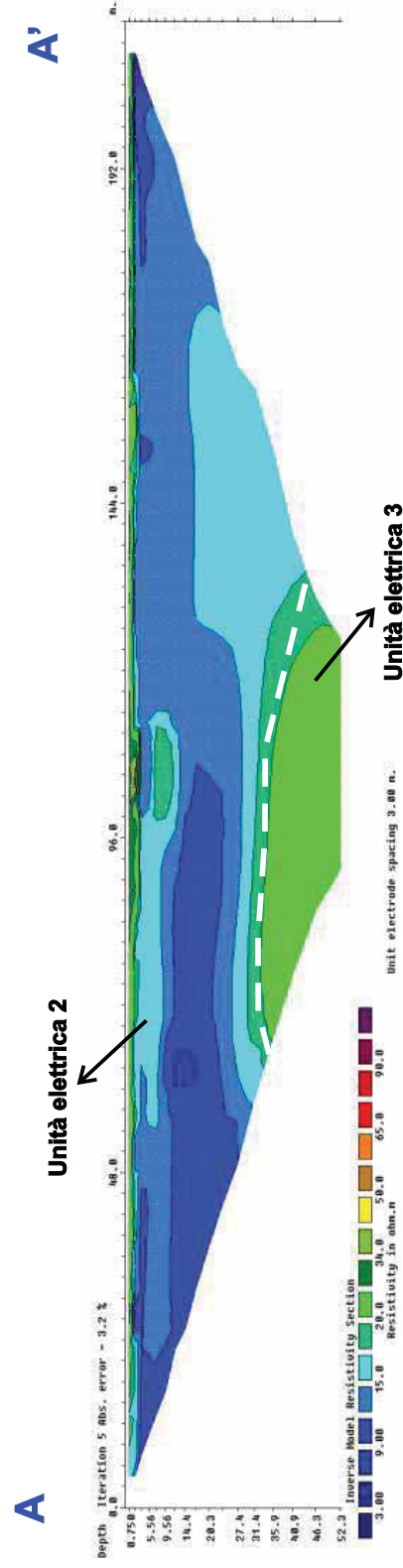
Ripresa fotografica



Ubicazione stendimento L3



Configurazione elettrodo: Dipolo-Dipolo



Strumentazione utilizzata

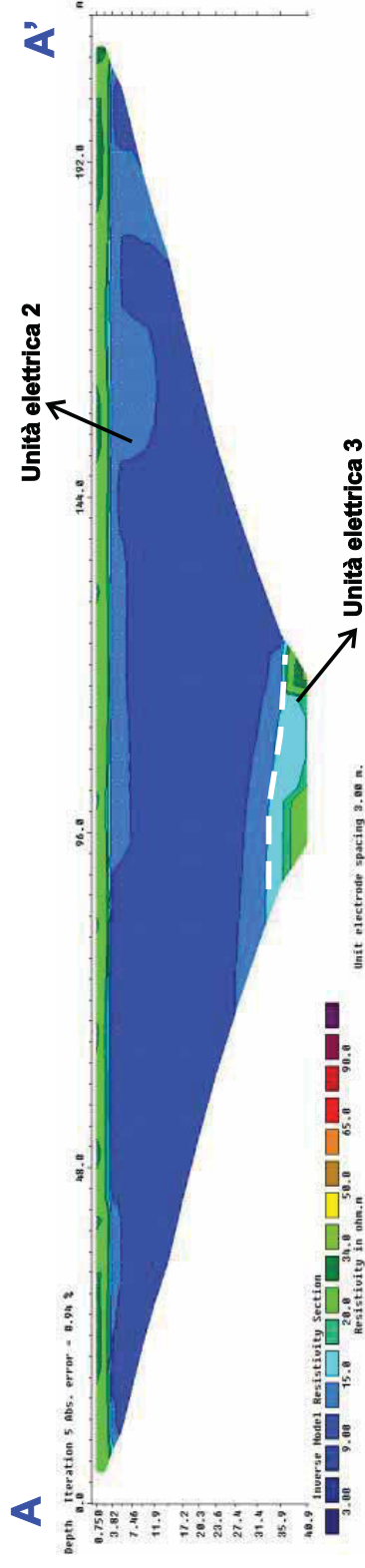


GEO GROUP S.r.l.

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
181, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/3368245 - Email: geo.group@libero.it

TOMOGRAFIA ELETTRICA L4

Configurazione elettrodo: Wenner



**GEO GROUP s.r.l.**

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it

***Indagini sismiche in foro con sismo-
cono
METODOLOGIA SCPTU***



GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 - 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax - 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 - www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it

CERTIFICATO DI INDAGINE

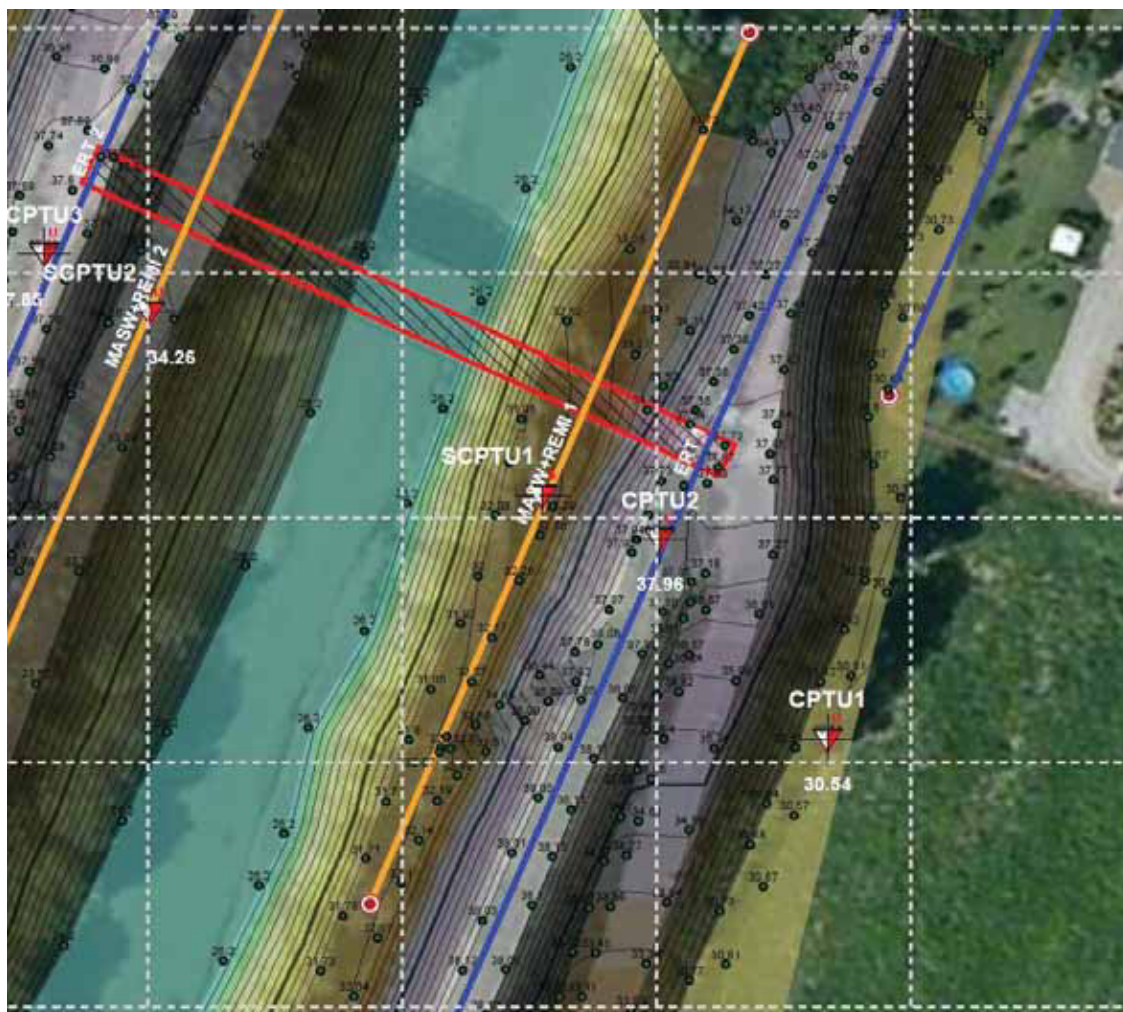
PROVA SCPTU - CONO SISMICO

DATI GENERALI

Sito	Modena, Ponte dell'Uccellino
Data esecuzione	01/01/2016
Responsabile	dott. geol. Pier Luigi Dallari
Committente	Comune di Modena

DATI TECNICI

Indagine	SCPTU 1
Profondità	30 m da p.c.
Strumentazione	TECNO PENTA TP CPL2IN
Passo di acquisizione (m)	1.00 m
Tipologia sorgenti	Sorgente meccanica orizzontale





CERTIFICATO DI INDAGINE

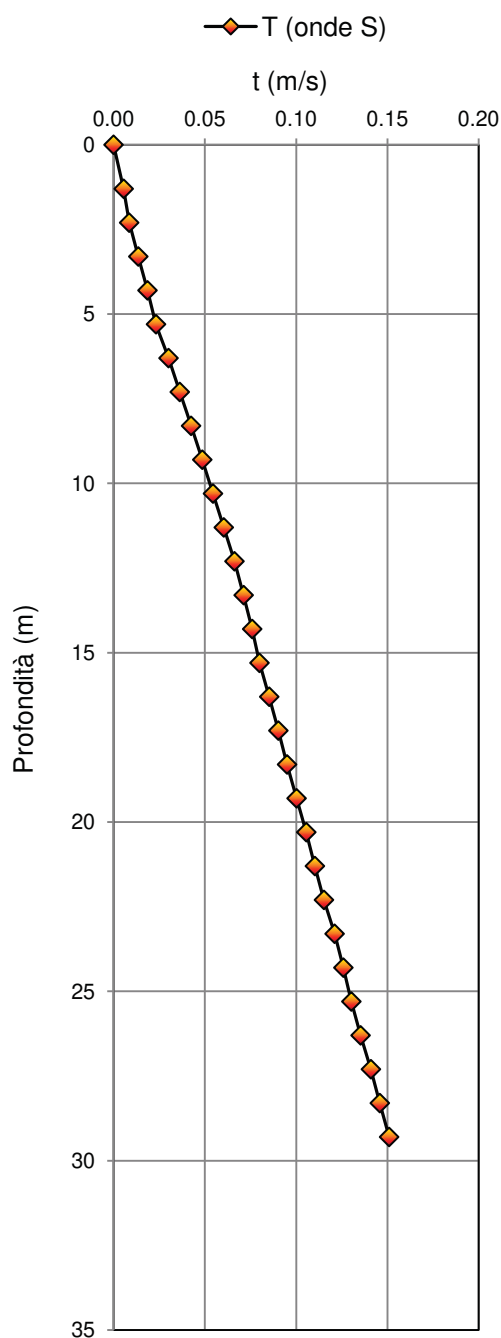
PROVA SCPTU - CONO SISMICO

Sito	Modena, Ponte dell'Uccellino	Indagine	SCPTU 1
Data esecuzione	01/01/2016		

TEMPI ARRIVO - DROMOCRONE

ELABORAZIONE

	L	T	L2-L1	T2-T1	Vs
Z (m)	m	sec	m	sec	m/sec
0.00	0.00	0.0000			
1.30	1.80	0.0056	1.80	0.0056	324
2.30	2.50	0.0085	0.70	0.0030	233
3.30	3.35	0.0136	0.85	0.0050	170
4.30	4.27	0.0186	0.92	0.0050	183
5.30	5.22	0.0233	0.95	0.0047	203
6.30	6.18	0.0301	0.96	0.0069	141
7.30	7.16	0.0363	0.97	0.0061	159
8.30	8.14	0.0425	0.98	0.0062	158
9.30	9.12	0.0486	0.98	0.0061	160
10.30	10.11	0.0545	0.99	0.0059	168
11.30	11.10	0.0604	0.99	0.0059	167
12.30	12.09	0.0662	0.99	0.0059	169
13.30	13.09	0.0713	0.99	0.0050	197
14.30	14.08	0.0759	0.99	0.0047	213
15.30	15.07	0.0799	0.99	0.0040	249
16.30	16.07	0.0853	1.00	0.0053	187
17.30	17.07	0.0903	1.00	0.0050	199
18.30	18.06	0.0950	1.00	0.0048	209
19.30	19.06	0.1002	1.00	0.0052	191
20.30	20.06	0.1056	1.00	0.0053	187
21.30	21.05	0.1103	1.00	0.0047	212
22.30	22.05	0.1152	1.00	0.0050	201
23.30	23.05	0.1211	1.00	0.0058	171
24.30	24.05	0.1259	1.00	0.0048	208
25.30	25.04	0.1302	1.00	0.0044	229
26.30	26.04	0.1353	1.00	0.0051	197
27.30	27.04	0.1409	1.00	0.0057	176
28.30	28.04	0.1458	1.00	0.0049	205
29.30	29.04	0.1509	1.00	0.0051	196
30.30	30.04	0.1553	1.00	0.0044	230



**GEO GROUP s.r.l.**

Sede Legale: via C. Costa, 182 - 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnovo Rangone (MO)

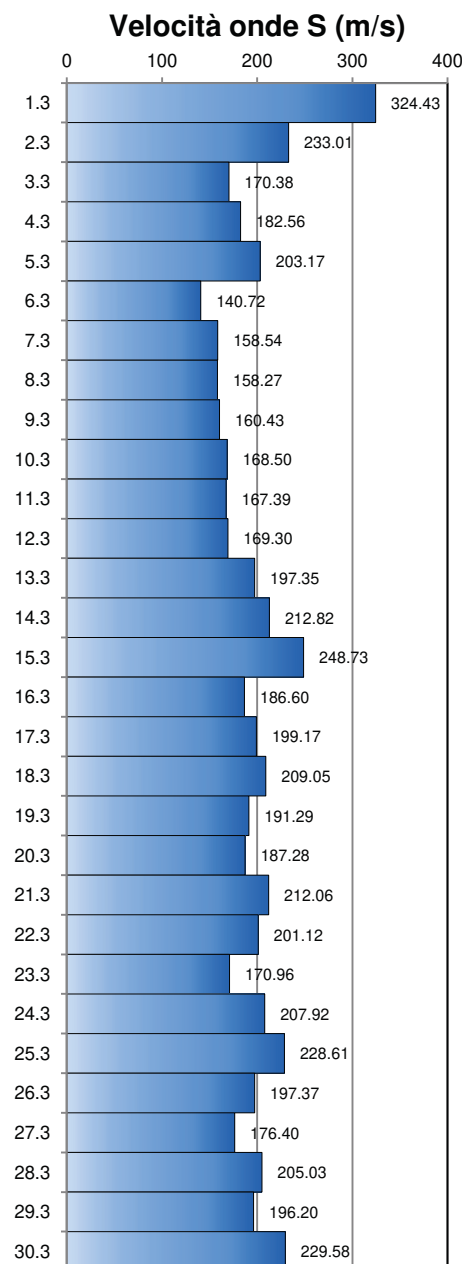
Tel. 059-39.67.169 - Fax - 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 - www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it**CERTIFICATO DI INDAGINE****PROVA SCPTU - CONO SISMICO**

Sito	Modena, Ponte dell'Uccellino	Indagine	SCPTU 1
Data esecuzione	01/01/2016		

VELOCITÀ CALCOLATE**ELABORAZIONE**

Z (m)	V (m/s)
0.00	---
1.30	324.43
2.30	233.01
3.30	170.38
4.30	182.56
5.30	203.17
6.30	140.72
7.30	158.54
8.30	158.27
9.30	160.43
10.30	168.50
11.30	167.39
12.30	169.30
13.30	197.35
14.30	212.82
15.30	248.73
16.30	186.60
17.30	199.17
18.30	209.05
19.30	191.29
20.30	187.28
21.30	212.06
22.30	201.12
23.30	170.96
24.30	207.92
25.30	228.61
26.30	197.37
27.30	176.40
28.30	205.03
29.30	196.20
30.30	229.58

**Vs 30 (m/s)****191.42****CAT . C**



GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 - 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax - 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 - www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it

CERTIFICATO DI INDAGINE

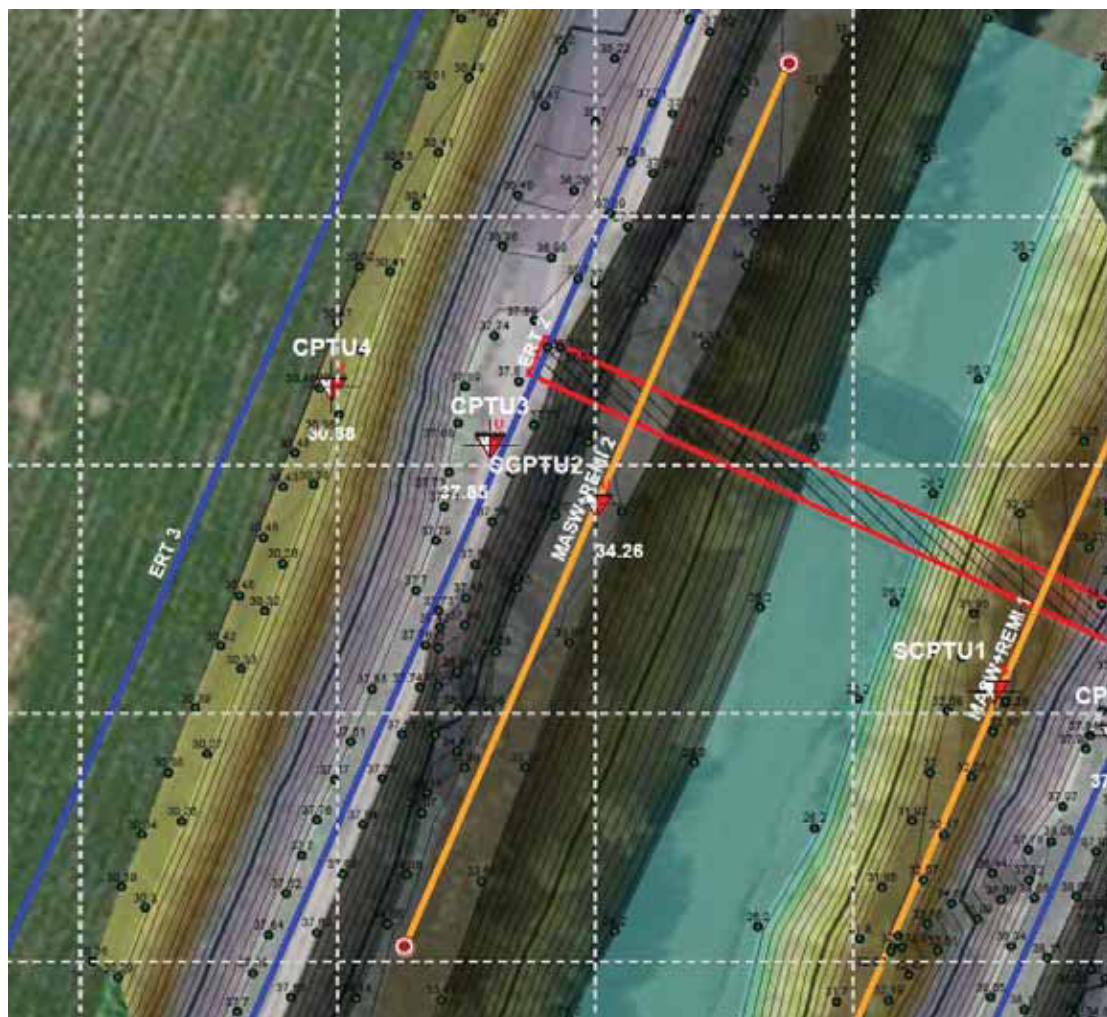
PROVA SCPTU - CONO SISMICO

DATI GENERALI

Sito	Soliera, Ponte dell'Uccellino
Data esecuzione	01/01/2016
Responsabile	dott. geol. Pier Luigi Dallari
Committente	Comune di Modena

DATI TECNICI

Indagine	SCPTU 2
Profondità	30 m da p.c.
Strumentazione	TECNO PENTA TP CPL2IN
Passo di acquisizione (m)	1.00 m
Tipologia sorgenti	Sorgente meccanica orizzontale





GEO GROUP s.r.l.

Sede Legale: via C. Costa, 182 - 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax - 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 - www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it

CERTIFICATO DI INDAGINE

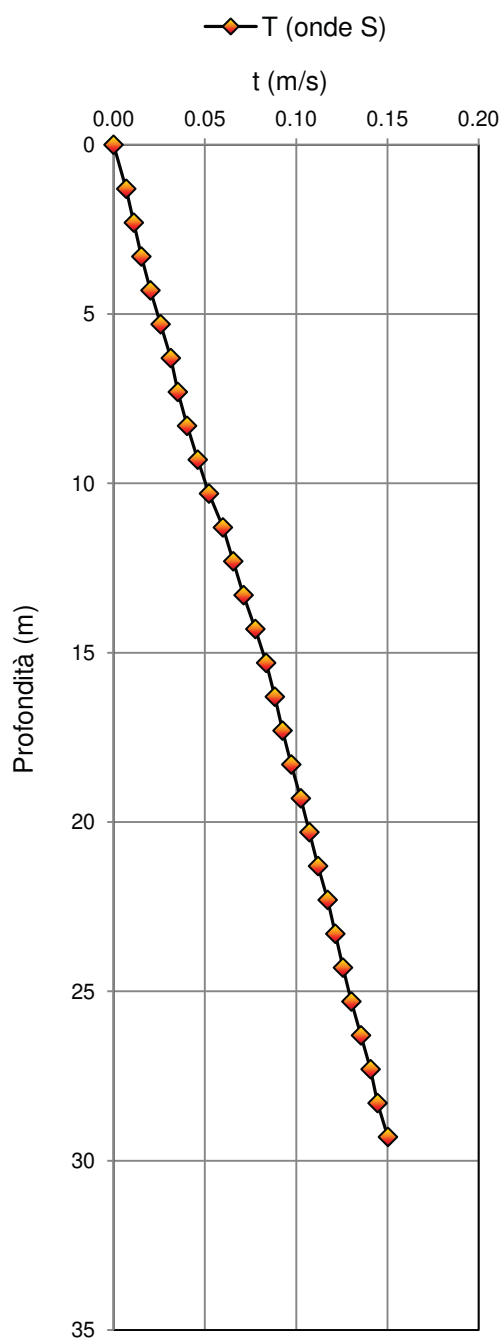
PROVA SCPTU - CONO SISMICO

Sito	Soliera, Ponte dell'Uccellino	Indagine	SCPTU 2
Data esecuzione	01/01/2016		

TEMPI ARRIVO - DROMOCRONE

ELABORAZIONE

	L	T	L2-L1	T2-T1	Vs
Z (m)	m	sec	m	sec	m/sec
0.00	0.00	0.0000			
1.30	1.80	0.0070	1.80	0.0070	259
2.30	2.50	0.0111	0.70	0.0042	168
3.30	3.35	0.0152	0.85	0.0041	208
4.30	4.27	0.0202	0.92	0.0050	184
5.30	5.22	0.0258	0.95	0.0056	171
6.30	6.18	0.0314	0.96	0.0056	173
7.30	7.16	0.0352	0.97	0.0038	254
8.30	8.14	0.0403	0.98	0.0051	194
9.30	9.12	0.0461	0.98	0.0059	168
10.30	10.11	0.0523	0.99	0.0062	160
11.30	11.10	0.0599	0.99	0.0076	130
12.30	12.09	0.0656	0.99	0.0057	175
13.30	13.09	0.0712	0.99	0.0057	175
14.30	14.08	0.0777	0.99	0.0064	154
15.30	15.07	0.0836	0.99	0.0059	169
16.30	16.07	0.0883	1.00	0.0048	209
17.30	17.07	0.0926	1.00	0.0042	235
18.30	18.06	0.0973	1.00	0.0048	209
19.30	19.06	0.1026	1.00	0.0052	190
20.30	20.06	0.1073	1.00	0.0047	212
21.30	21.05	0.1120	1.00	0.0047	210
22.30	22.05	0.1173	1.00	0.0053	190
23.30	23.05	0.1215	1.00	0.0042	238
24.30	24.05	0.1256	1.00	0.0042	239
25.30	25.04	0.1303	1.00	0.0046	216
26.30	26.04	0.1355	1.00	0.0052	190
27.30	27.04	0.1408	1.00	0.0053	189
28.30	28.04	0.1446	1.00	0.0038	262
29.30	29.04	0.1503	1.00	0.0057	176
30.30	30.04	0.1550	1.00	0.0047	211



**GEO GROUP s.r.l.**

Sede Legale: via C. Costa, 182 - 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnovo Rangone (MO)

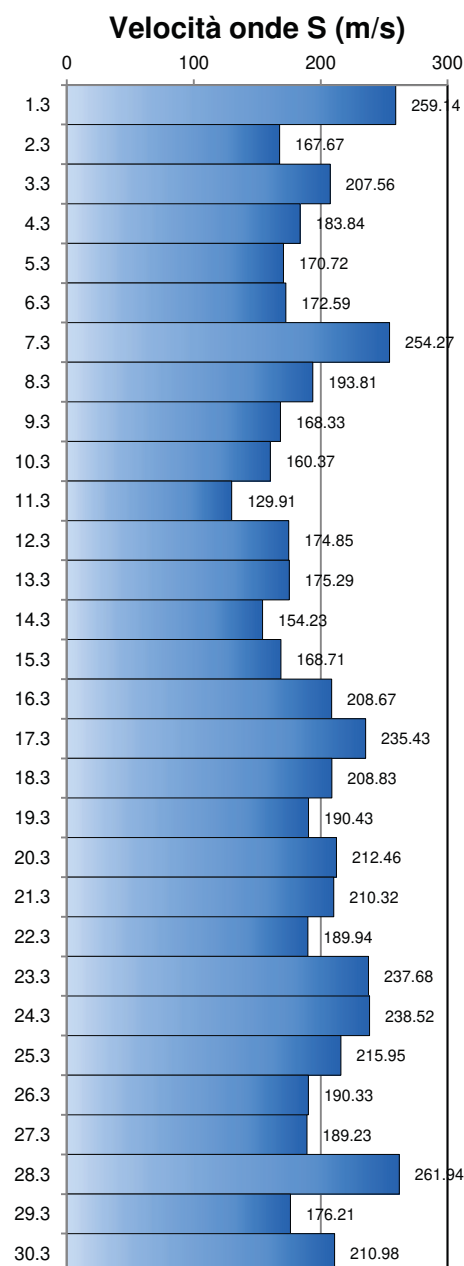
Tel. 059-39.67.169 - Fax - 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 - www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it**CERTIFICATO DI INDAGINE****PROVA SCPTU - CONO SISMICO**

Sito	Soliera, Ponte dell'Uccellino	Indagine	SCPTU 2
Data esecuzione	01/01/2016		

VELOCITÀ CALCOLATE**ELABORAZIONE**

Z (m)	V (m/s)
0.00	---
1.30	259.14
2.30	167.67
3.30	207.56
4.30	183.84
5.30	170.72
6.30	172.59
7.30	254.27
8.30	193.81
9.30	168.33
10.30	160.37
11.30	129.91
12.30	174.85
13.30	175.29
14.30	154.23
15.30	168.71
16.30	208.67
17.30	235.43
18.30	208.83
19.30	190.43
20.30	212.46
21.30	210.32
22.30	189.94
23.30	237.68
24.30	238.52
25.30	215.95
26.30	190.33
27.30	189.23
28.30	261.94
29.30	176.21
30.30	210.98

**Vs 30 (m/s)****192.13****CAT . C**

**GEO GROUP s.r.l.**

Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41124 Modena

Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-53.32.019

p.IVA e C.F. 02981500362 – www.geogroupmodena.it - e-mail: info@geogroupmodena.it

ALLEGATO N° 6***Verifica della suscettività del sito al
fenomeno della liquefazione***



LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

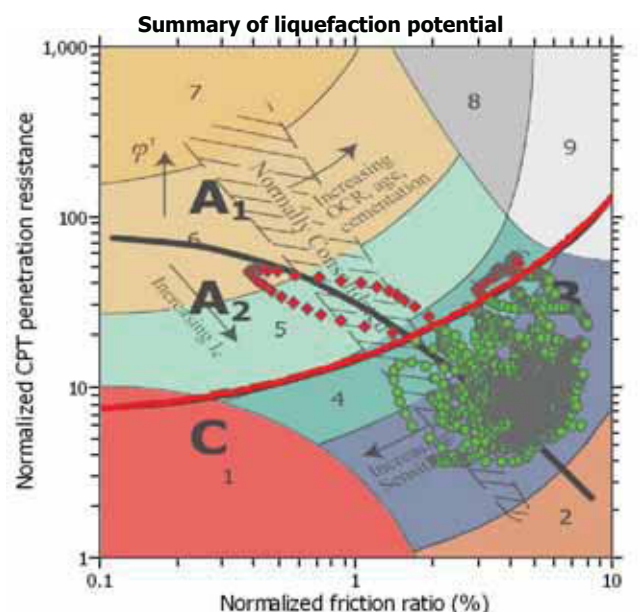
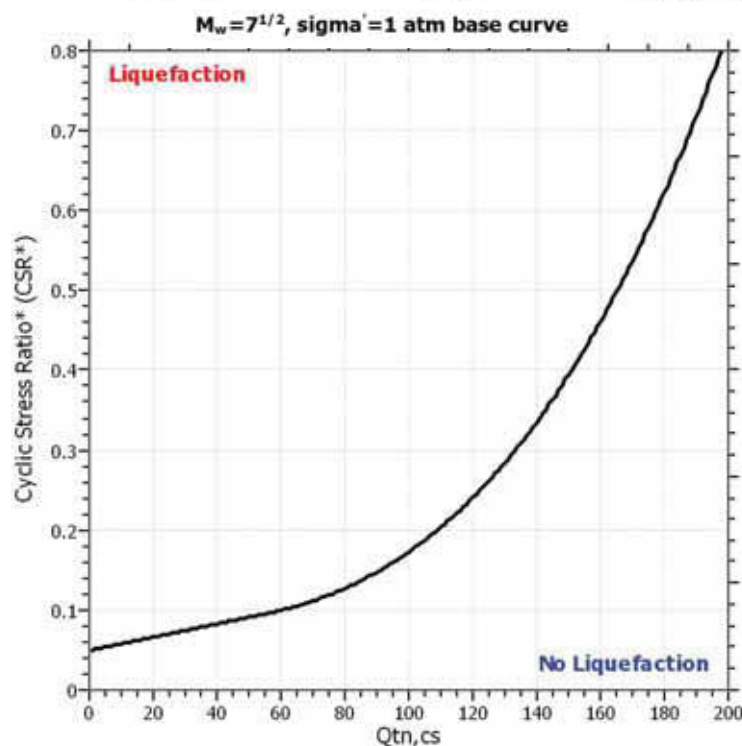
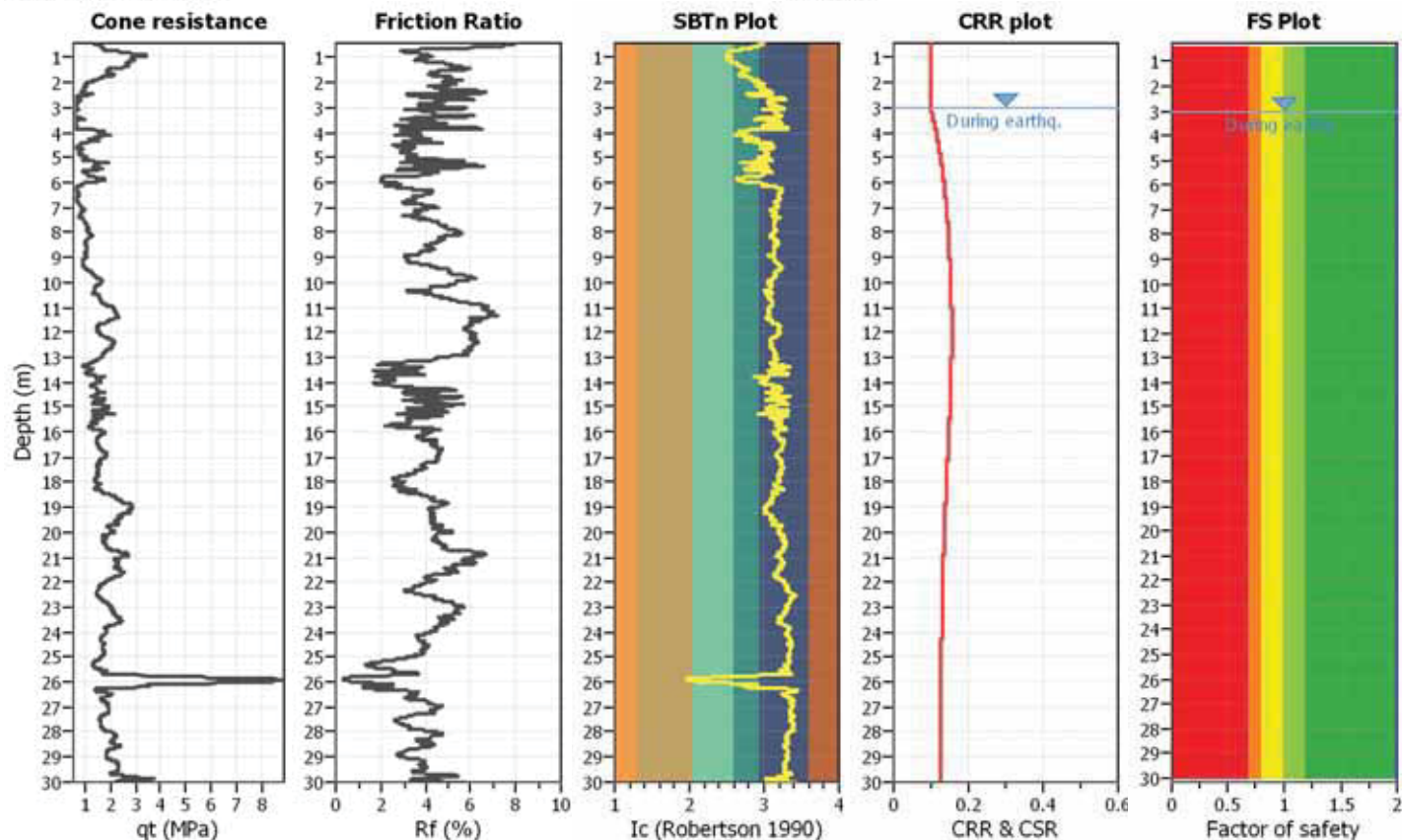
Project title : Verifica Liquefazione - Robertson & Wride

Location : Ponte Uccelino

CPT file : CPTU 1

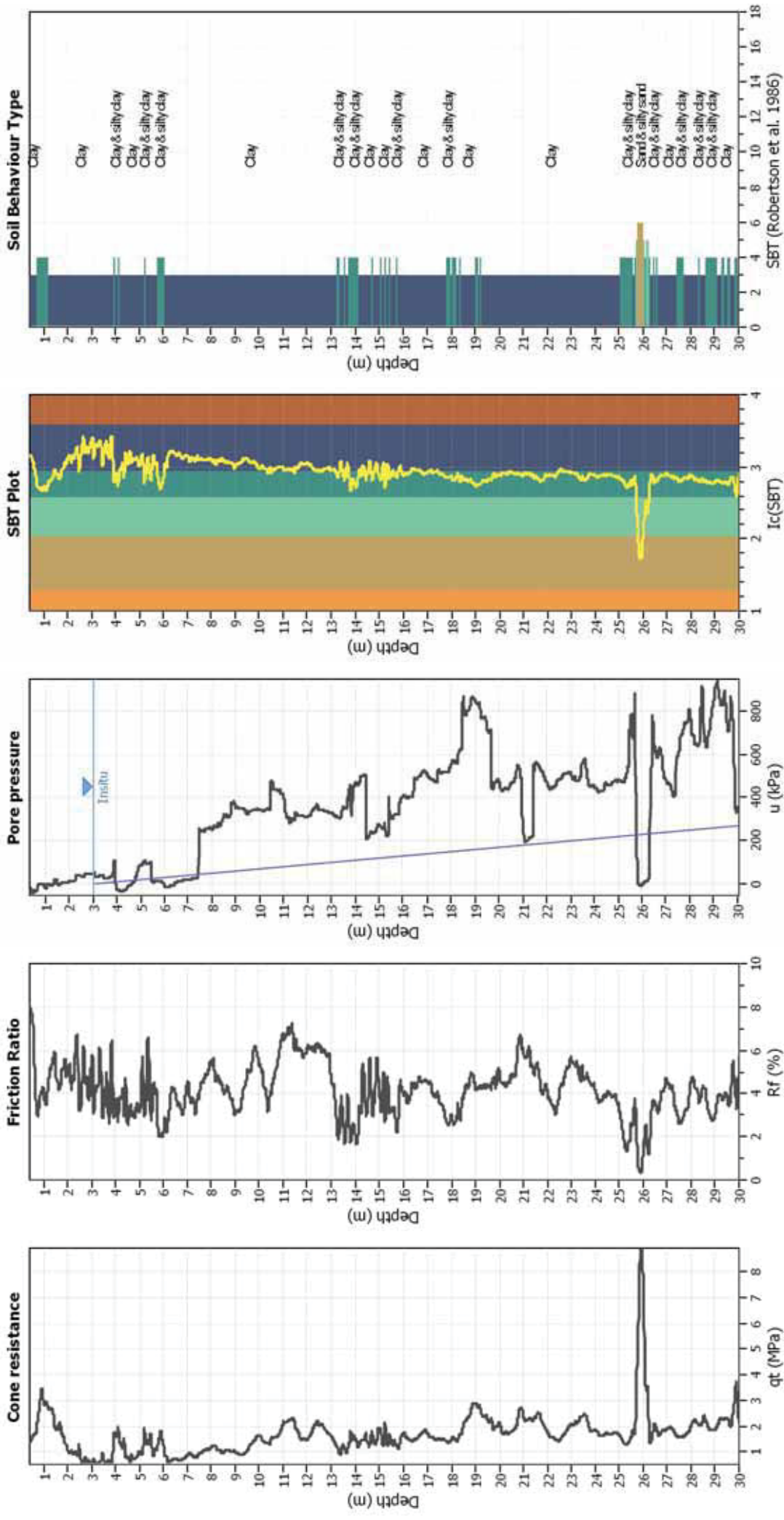
Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	3.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	3.00 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.26	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based



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

CPT basic interpretation plots



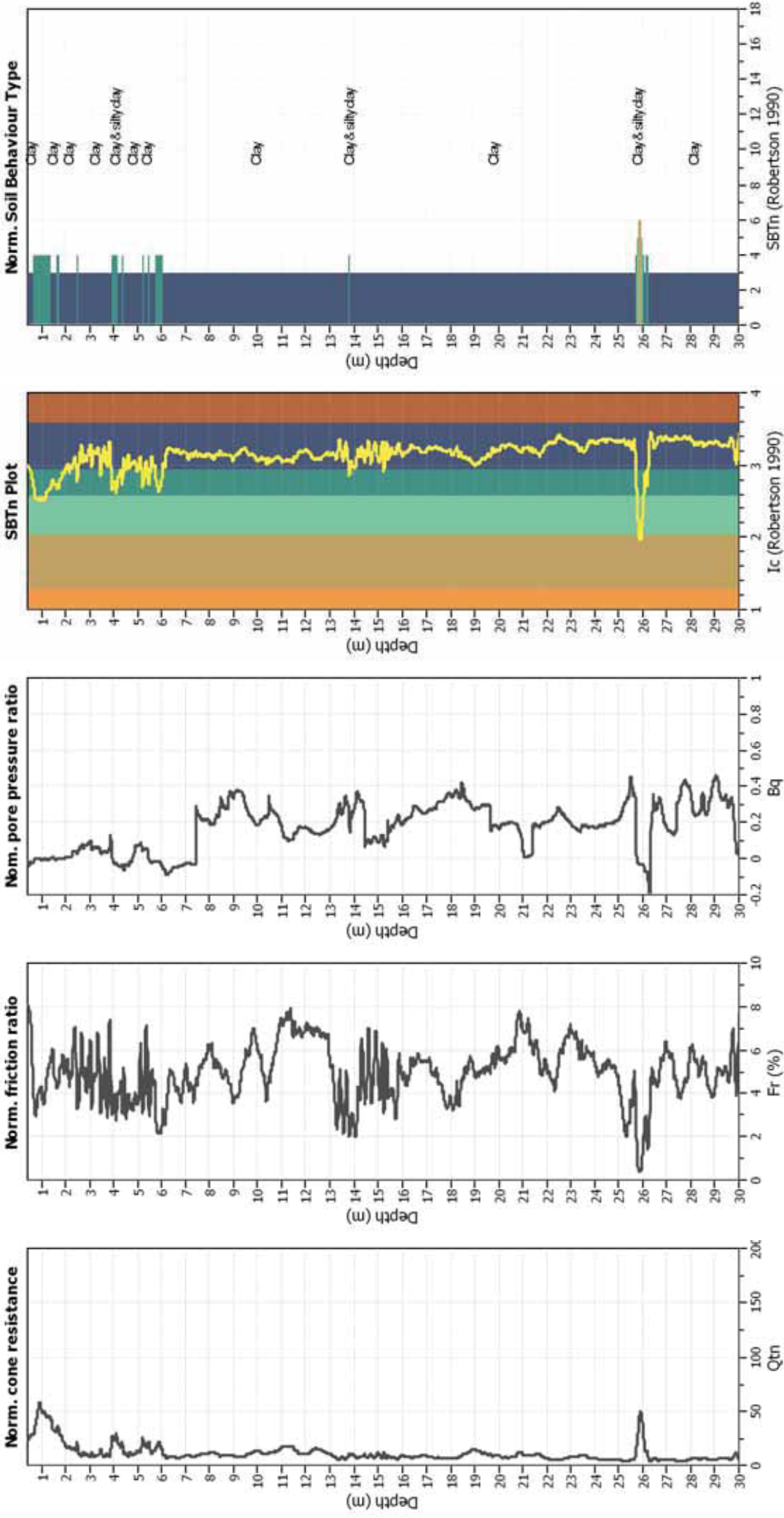
Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	3.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on I_c value	I_c cut-off value:	2.60	K_p applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table ($insitu$):	3.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

SBT legend

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

CPT basic interpretation plots (normalized)



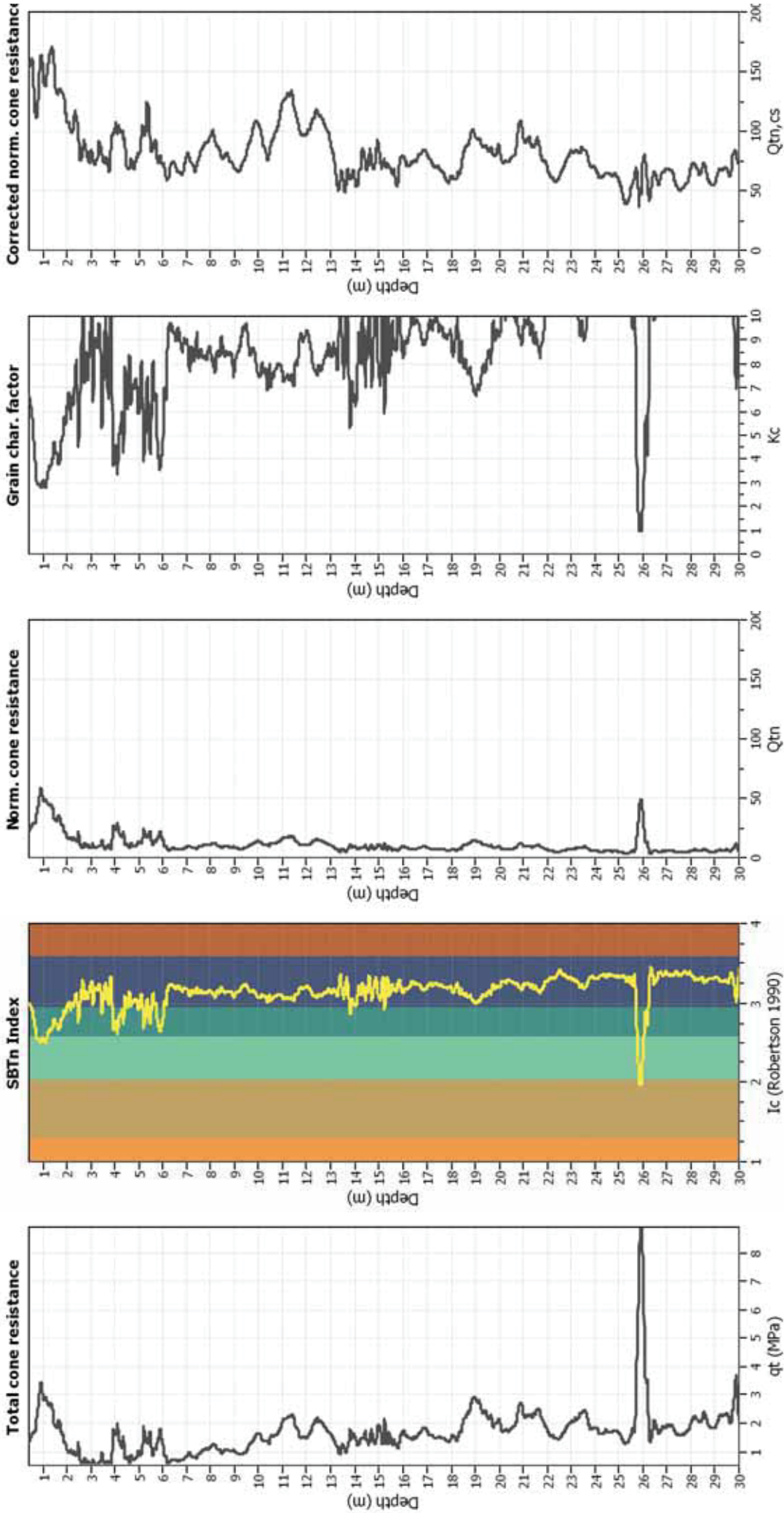
Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	3.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_p applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (instu):	3.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

SBTn legend

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

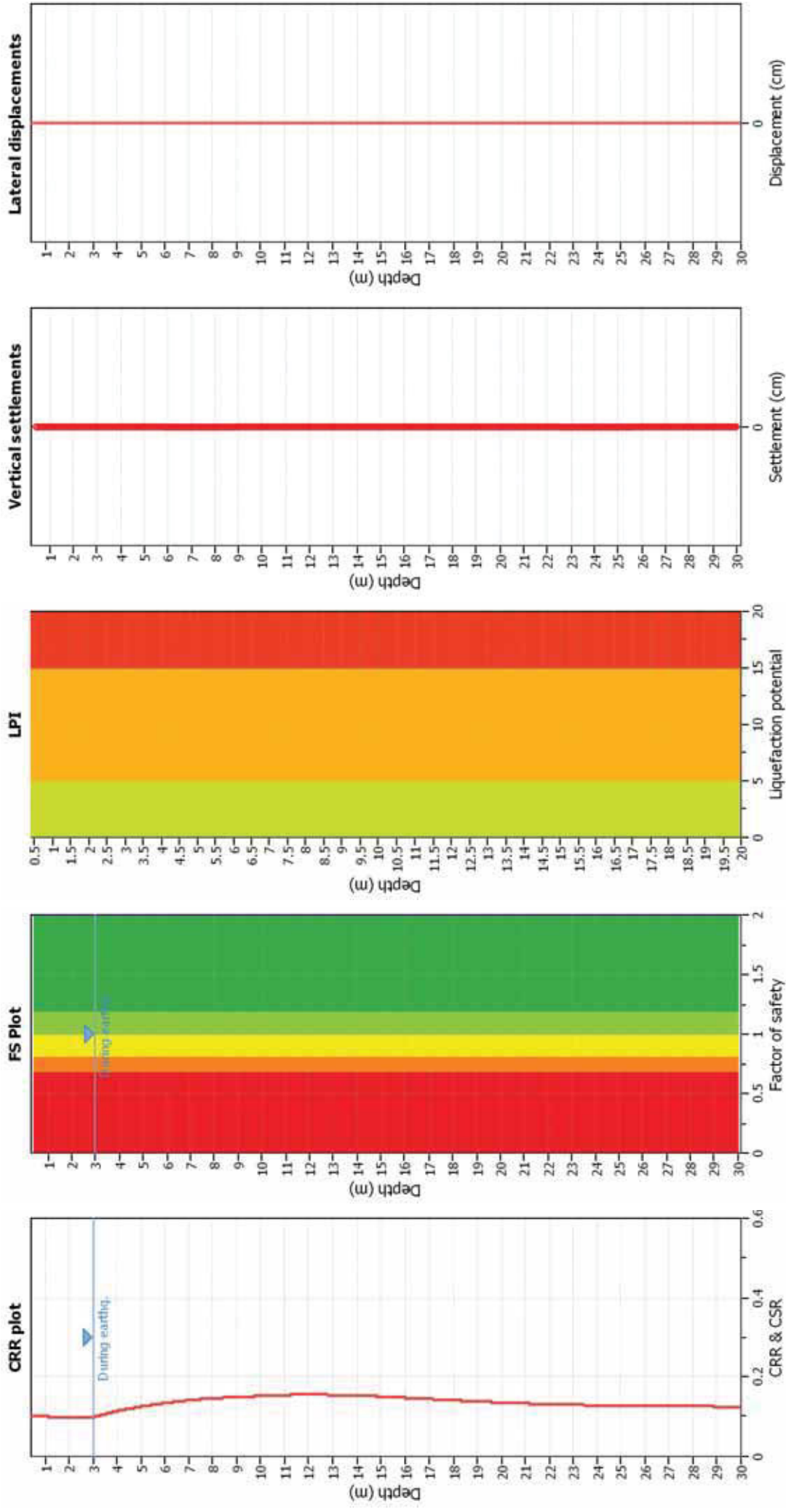
Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	3.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on I_c value	I_c cut-off value:	2.60	K_p applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (instau):	3.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	3.00 m
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No
Depth to water table (insitu):	3.00 m	Fill height:	N/A
Fill weight:	N/A	Transition detect. applied:	No
K_0 applied:	Yes	Clay like behavior applied:	Sands only
Limit depth applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m

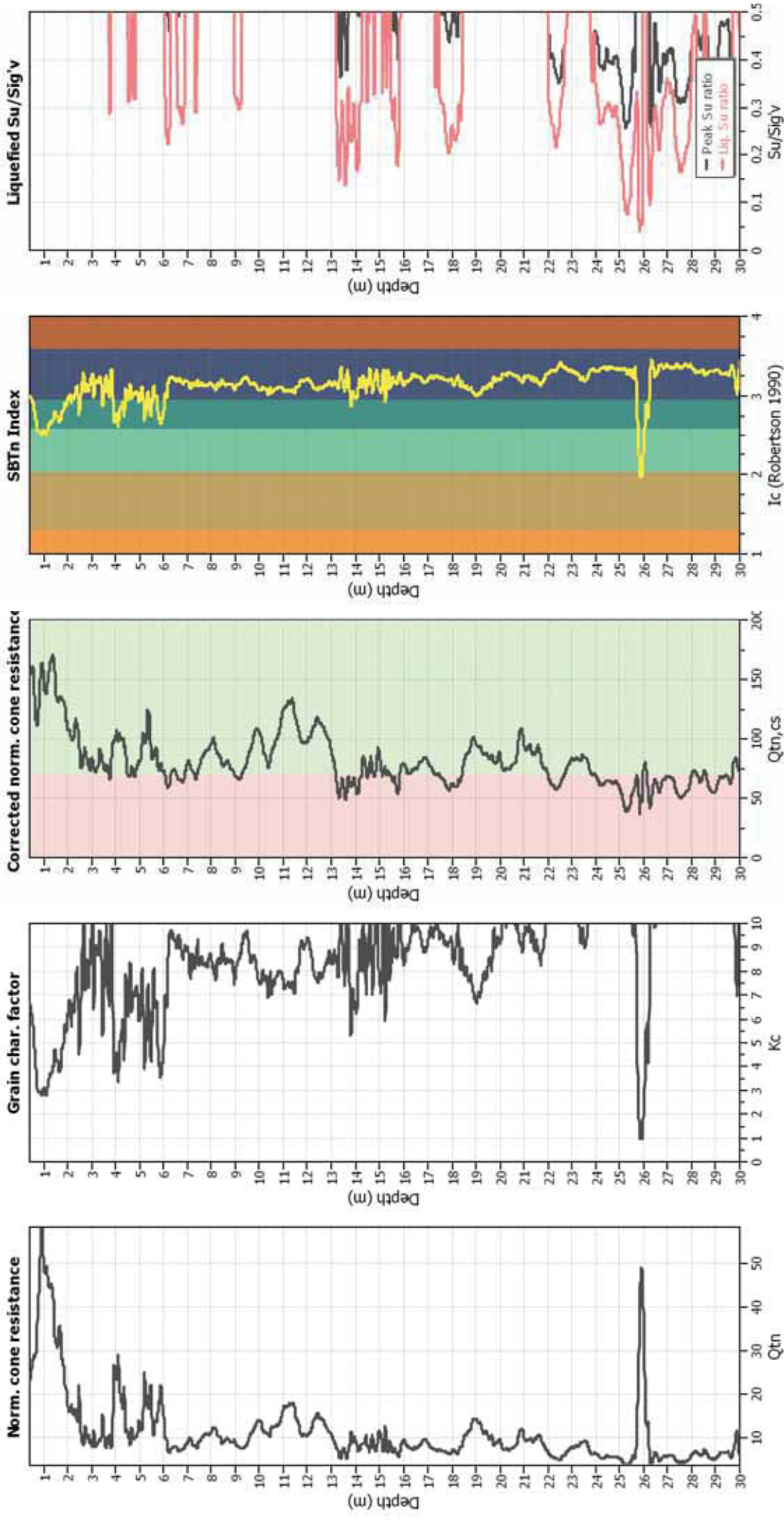
F.S. color scheme

Almost certain it will liquefy	Very likely to liquefy	Liquefaction and no liq. are equally likely	Unlike to liquefy	Almost certain it will not liquefy
Red	Orange	Yellow	Green	Dark Green

LPI color scheme

Very high risk	High risk	Low risk
Red	Orange	Green

Check for strength loss plots (Robertson (2010))



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	3.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (m _{instu}):	3.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m



LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

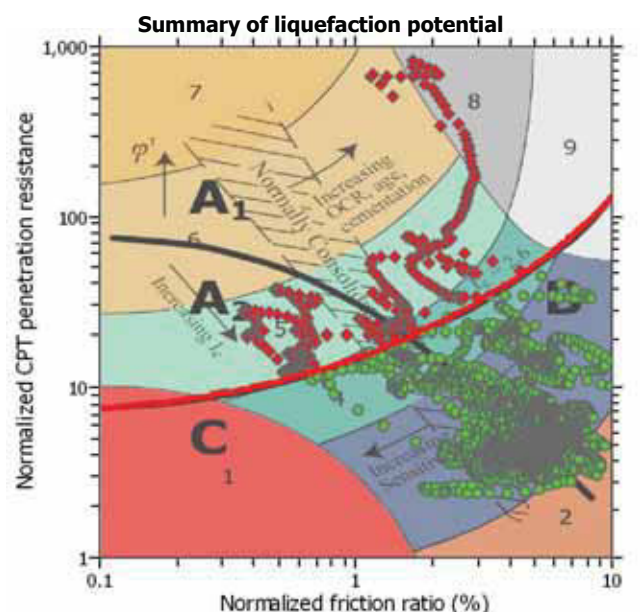
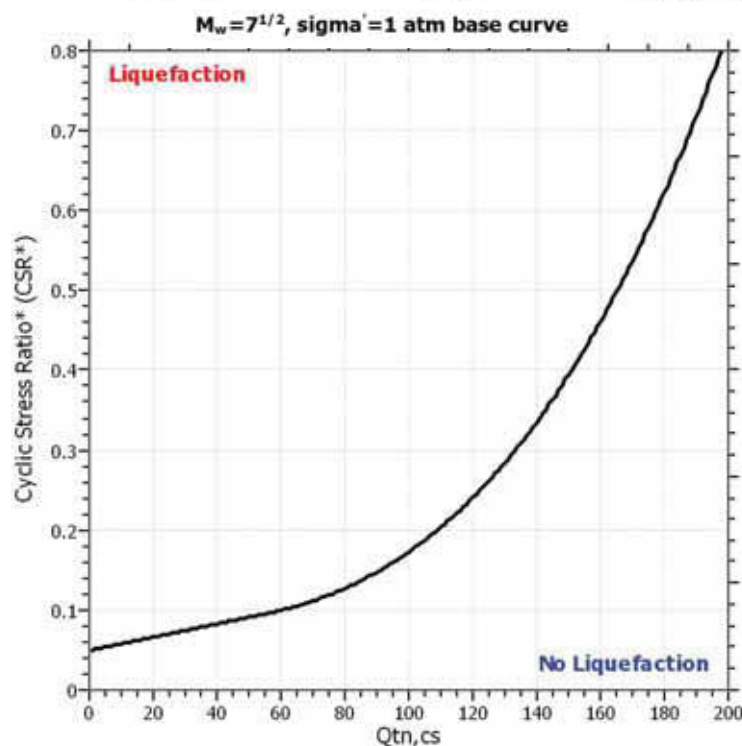
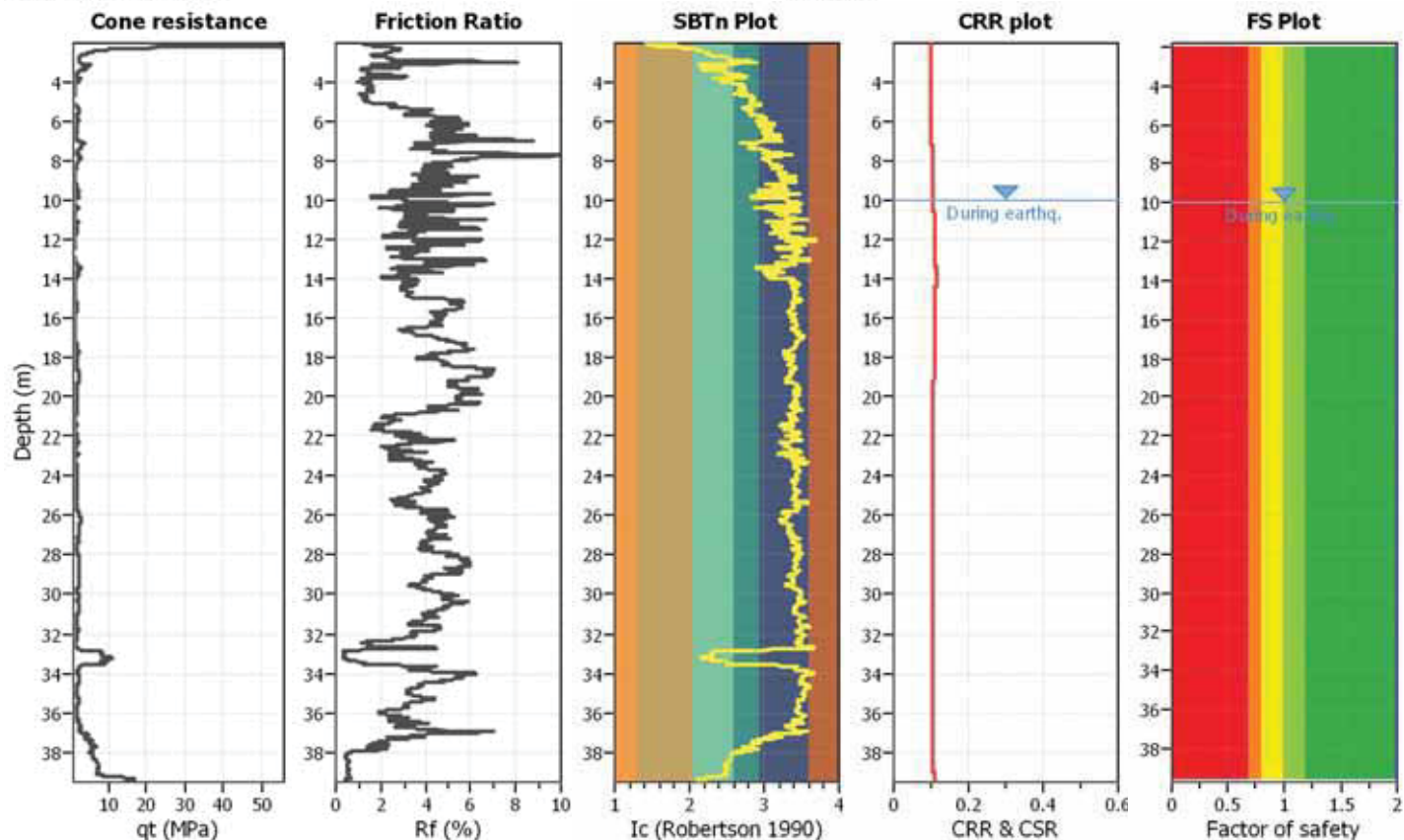
Project title : Verifica Liquefazione - Robertson & Wride

Location : Ponte Uccelino

CPT file : CPTU 2

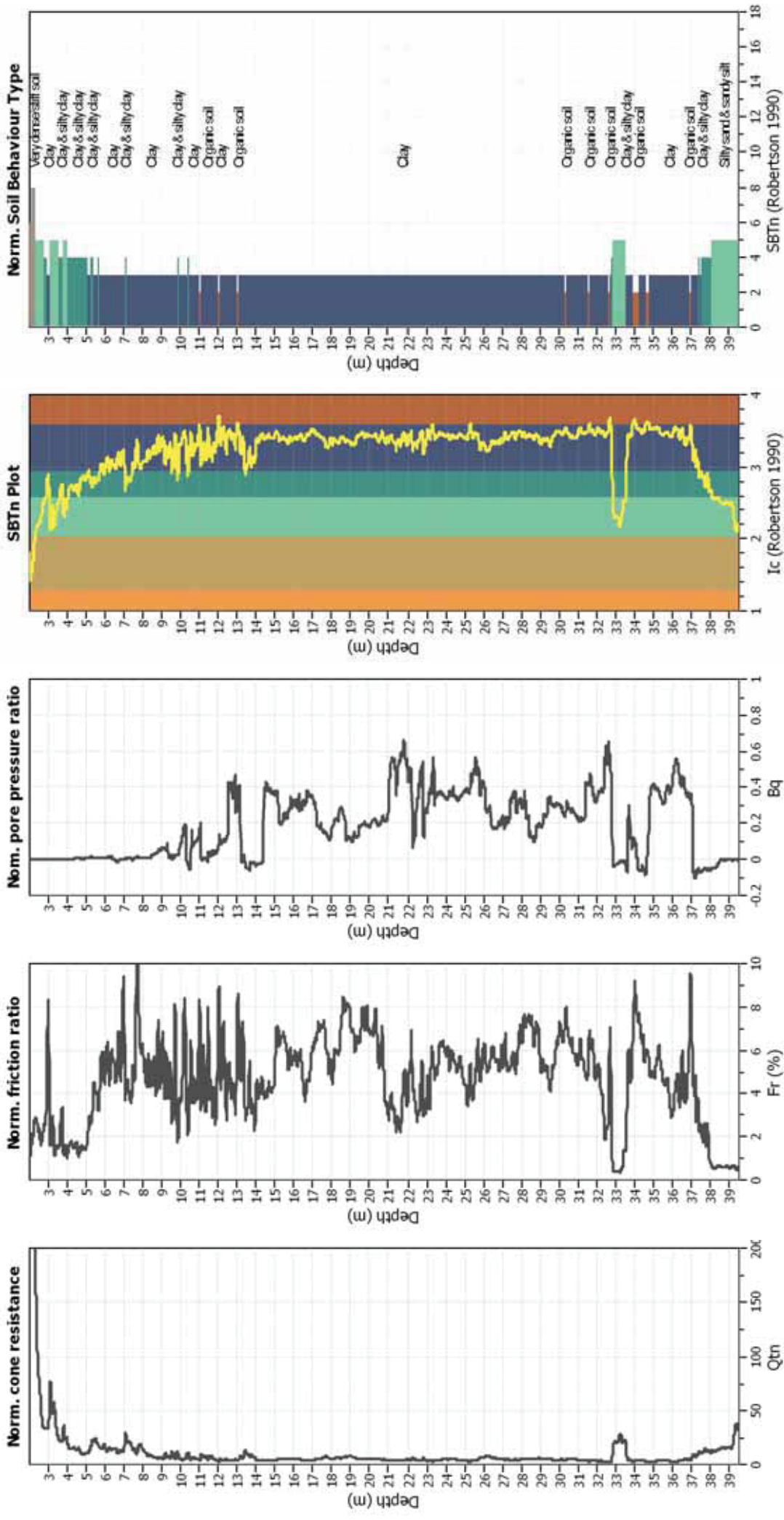
Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	10.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	10.00 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	30.00 m
Peak ground acceleration:	0.26	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based



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

CPT basic interpretation plots (normalized)



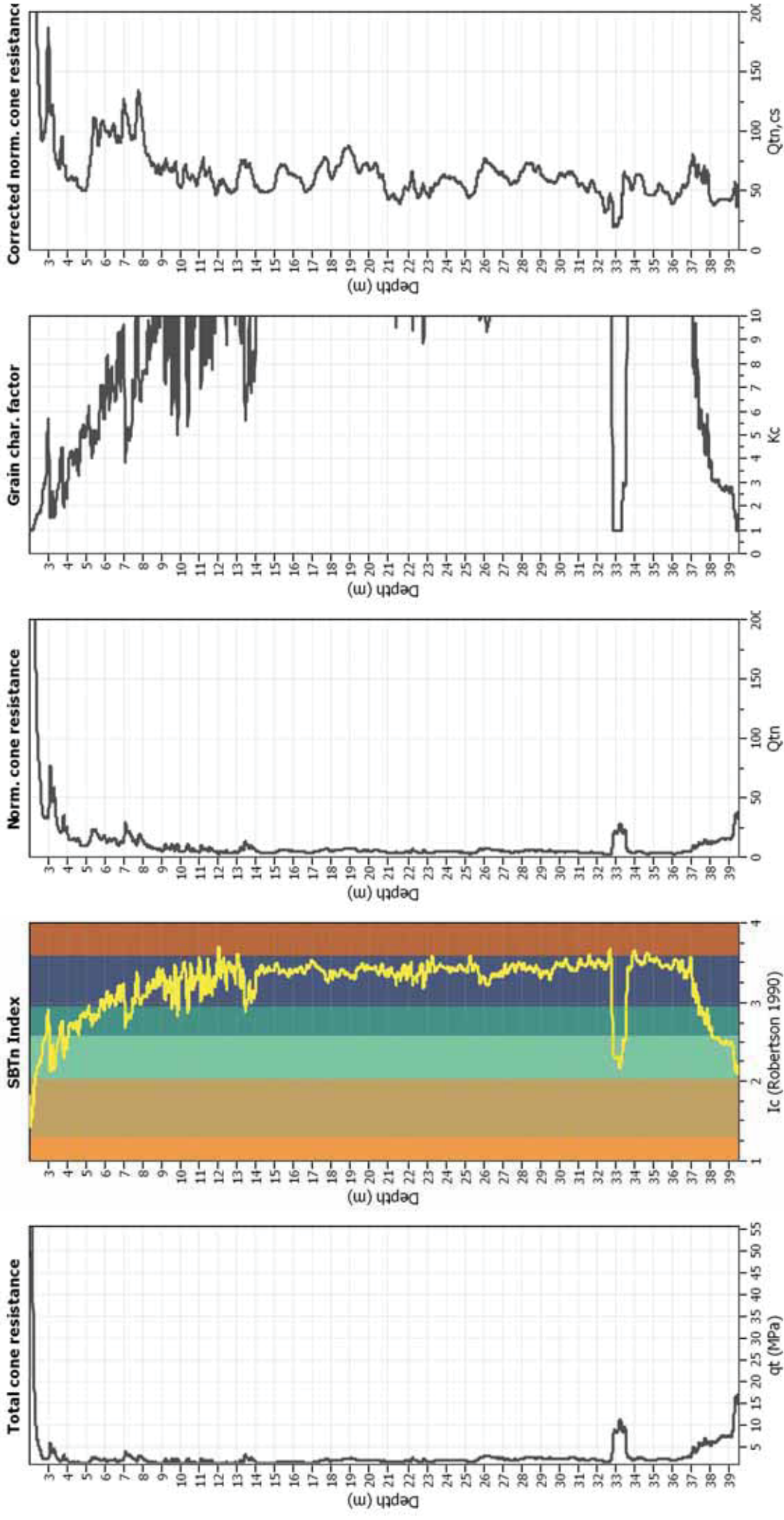
Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	10.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_p applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (instau):	10.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	30.00 m

SBTn legend

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

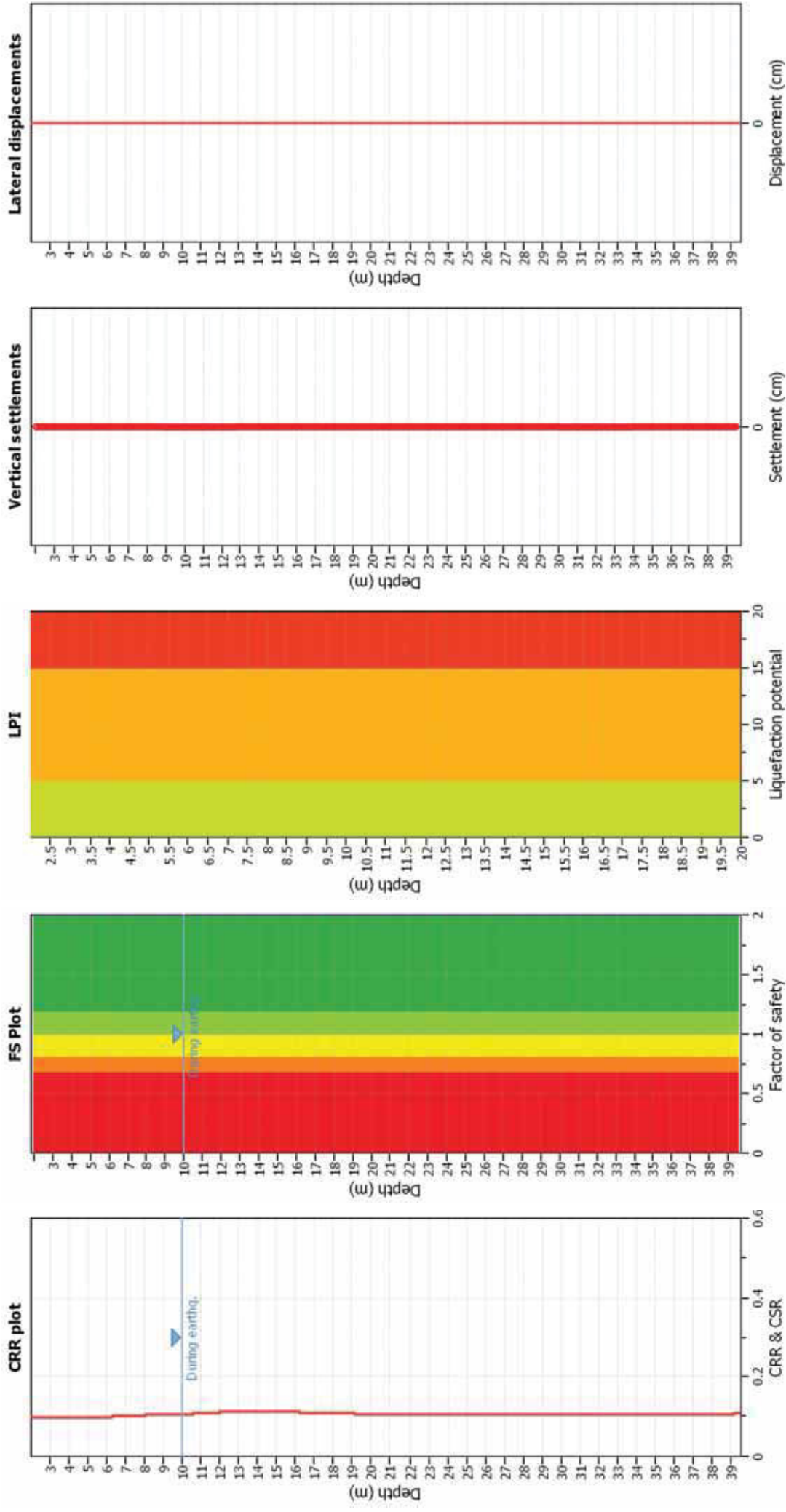
Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	10.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on I_c value	I_c cut-off value:	2.60	K_p applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (m_{stu}):	10.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	30.00 m

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (earthq.):	10.00 m
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No
Depth to water table (instau):	10.00 m	Fill height:	N/A
Fill weight:	N/A	Transition detect. applied:	No
Clay like behavior applied:	Sands only	K_p applied:	Yes
Limit depth applied:	Yes	Liquefaction and no liq. are equally likely	Yes
Limit depth:	30.00 m	Almost certain it will not liquefy	30.00 m

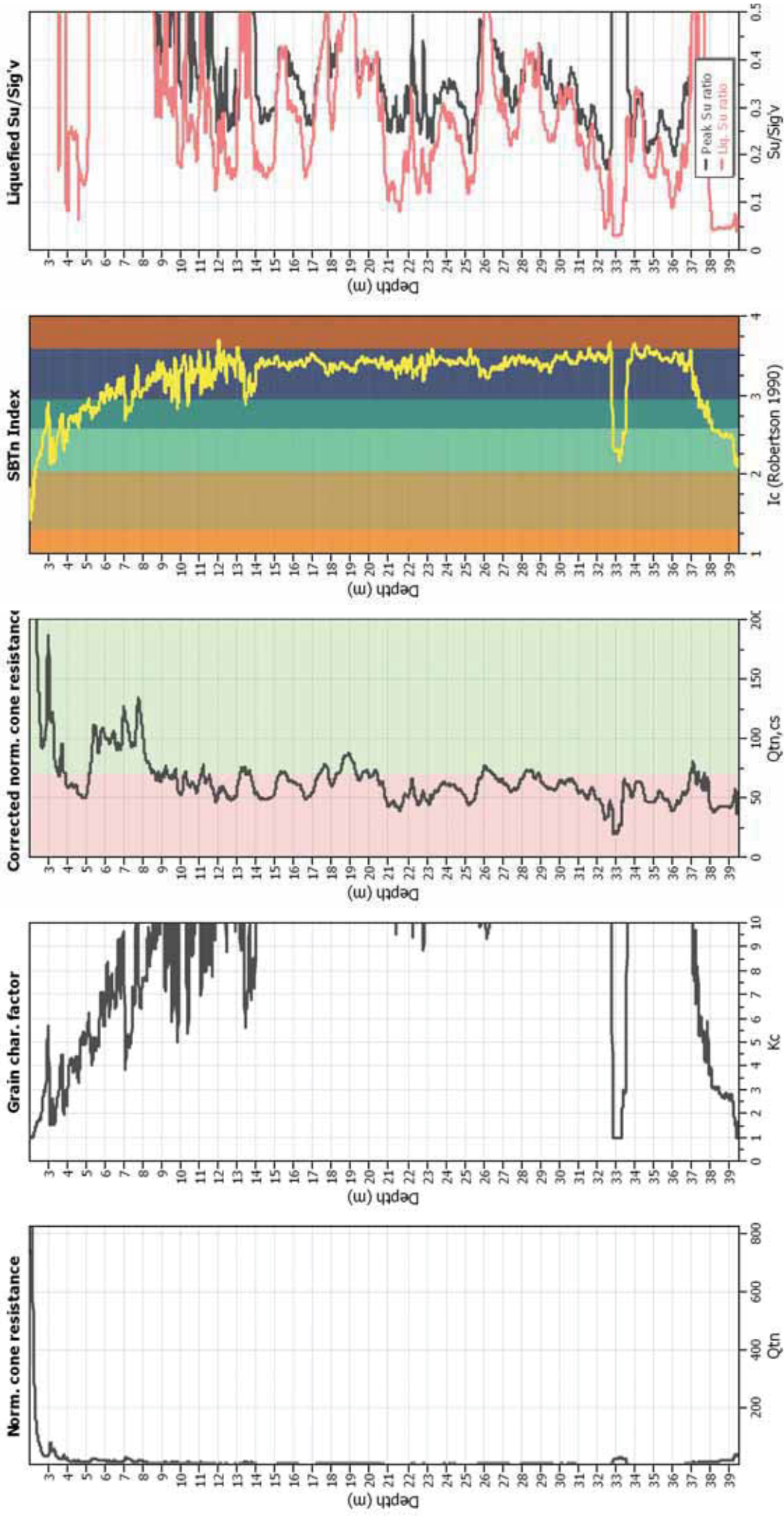
F.S. color scheme

Almost certain it will liquefy	Very likely to liquefy	Liquefaction and no liq. are equally likely	Unlike to liquefy	Almost certain it will not liquefy
Red	Orange	Yellow	Green	Dark Green

LPI color scheme

Very high risk	High risk	Low risk
Red	Orange	Yellow

Check for strength loss plots (Robertson (2010))



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	10.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _p applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (m _{wsu}):	10.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	30.00 m



LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

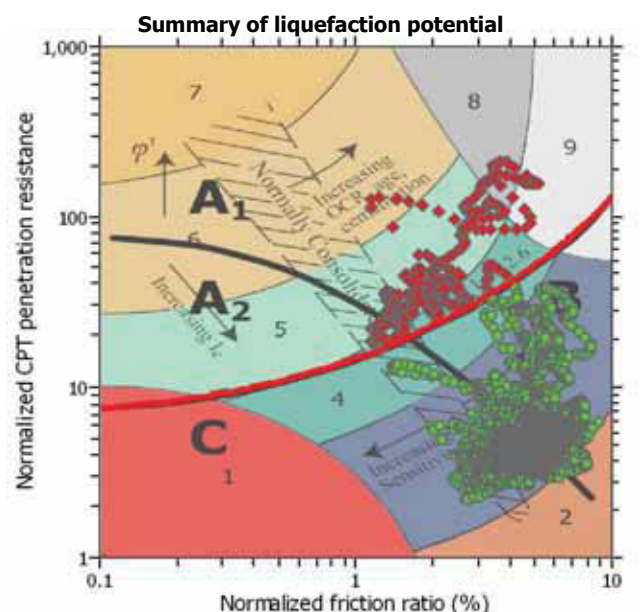
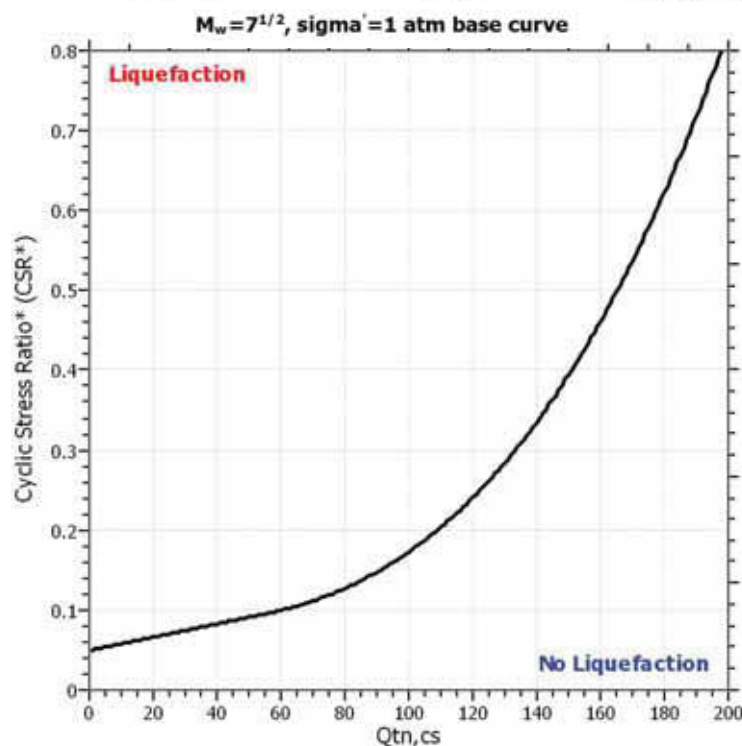
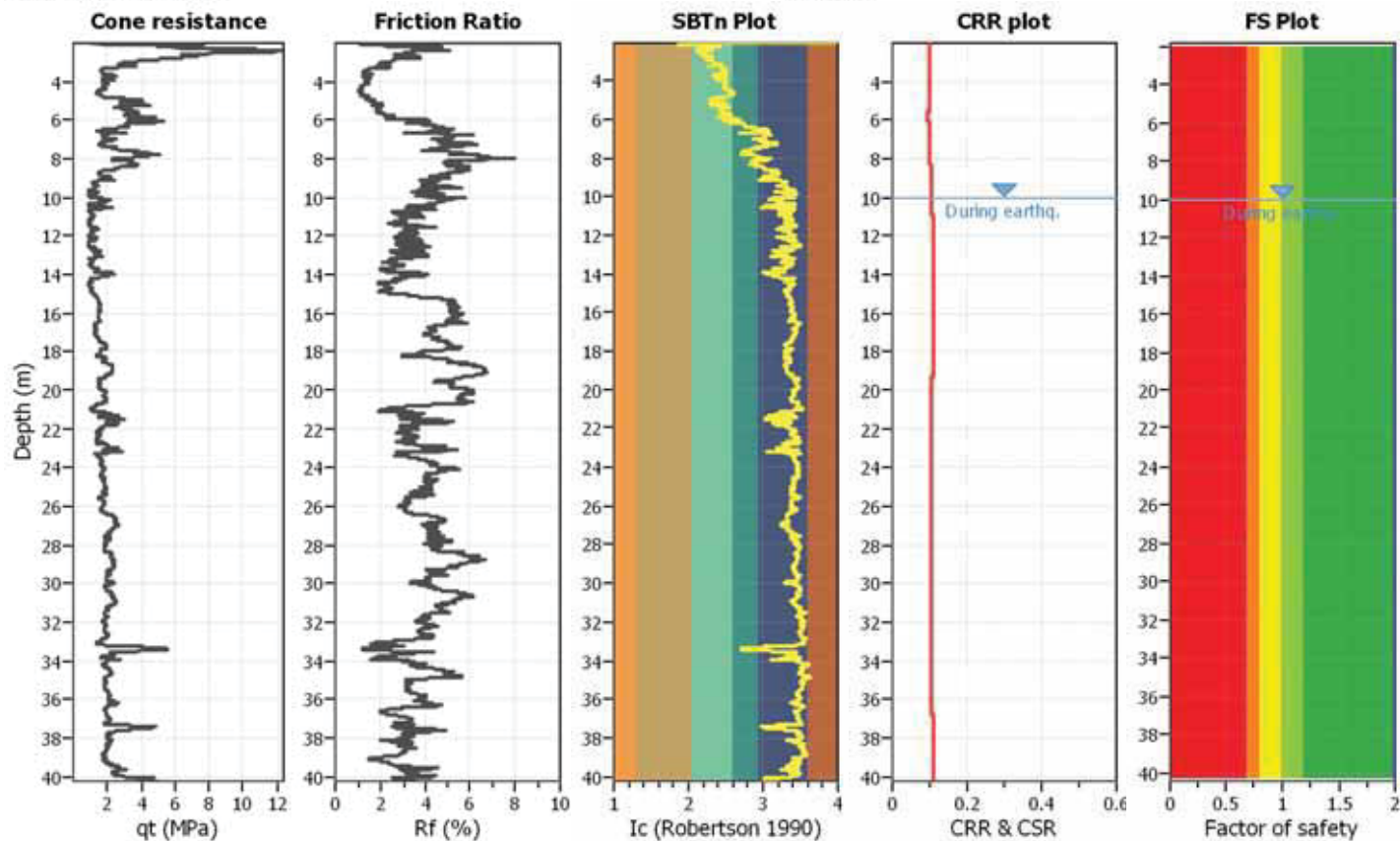
Project title : Verifica Liquefazione - Robertson & Wride

Location : Ponte Uccelino

CPT file : CPTU 3

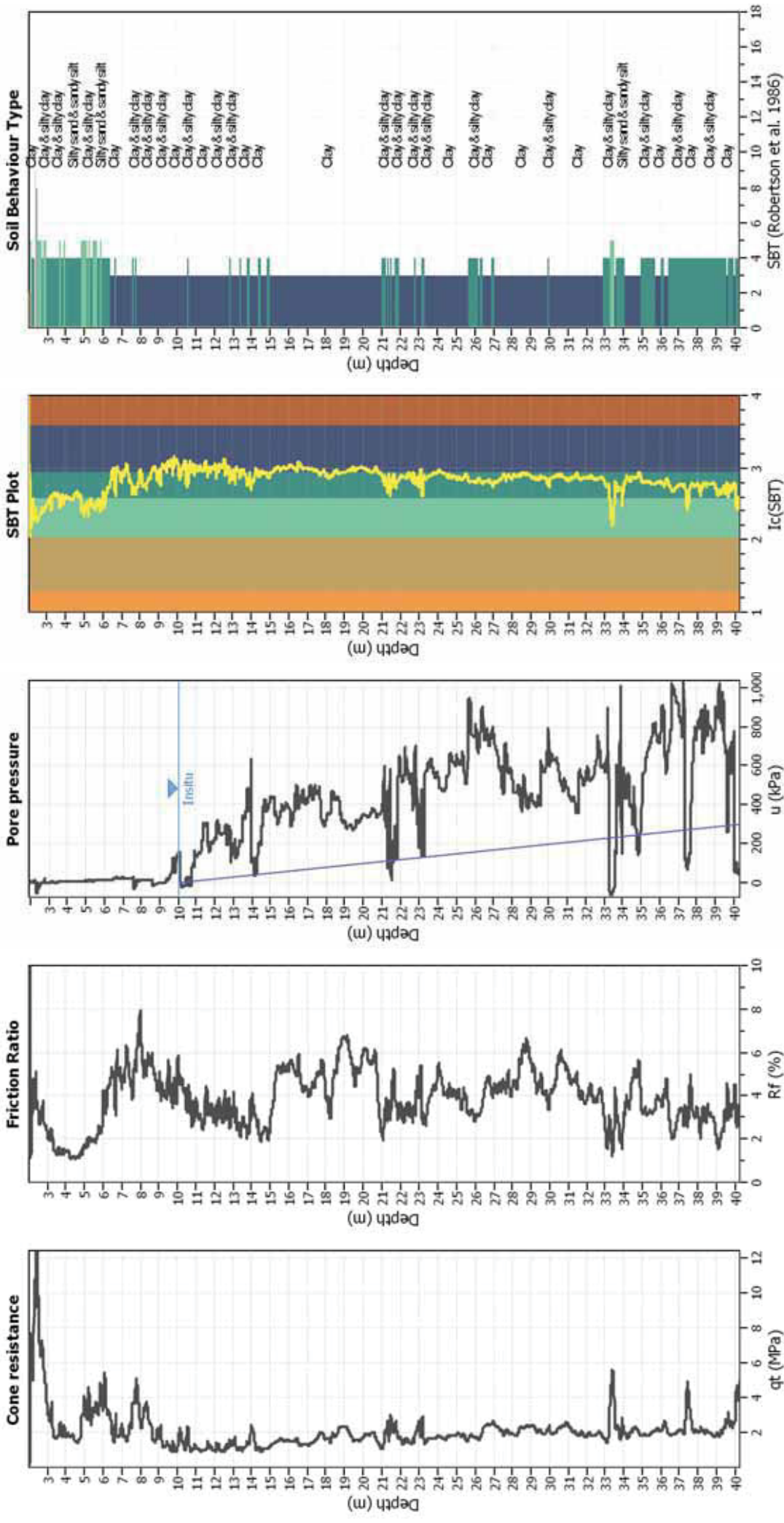
Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	10.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	10.00 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	30.00 m
Peak ground acceleration:	0.26	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based



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

CPT basic interpretation plots



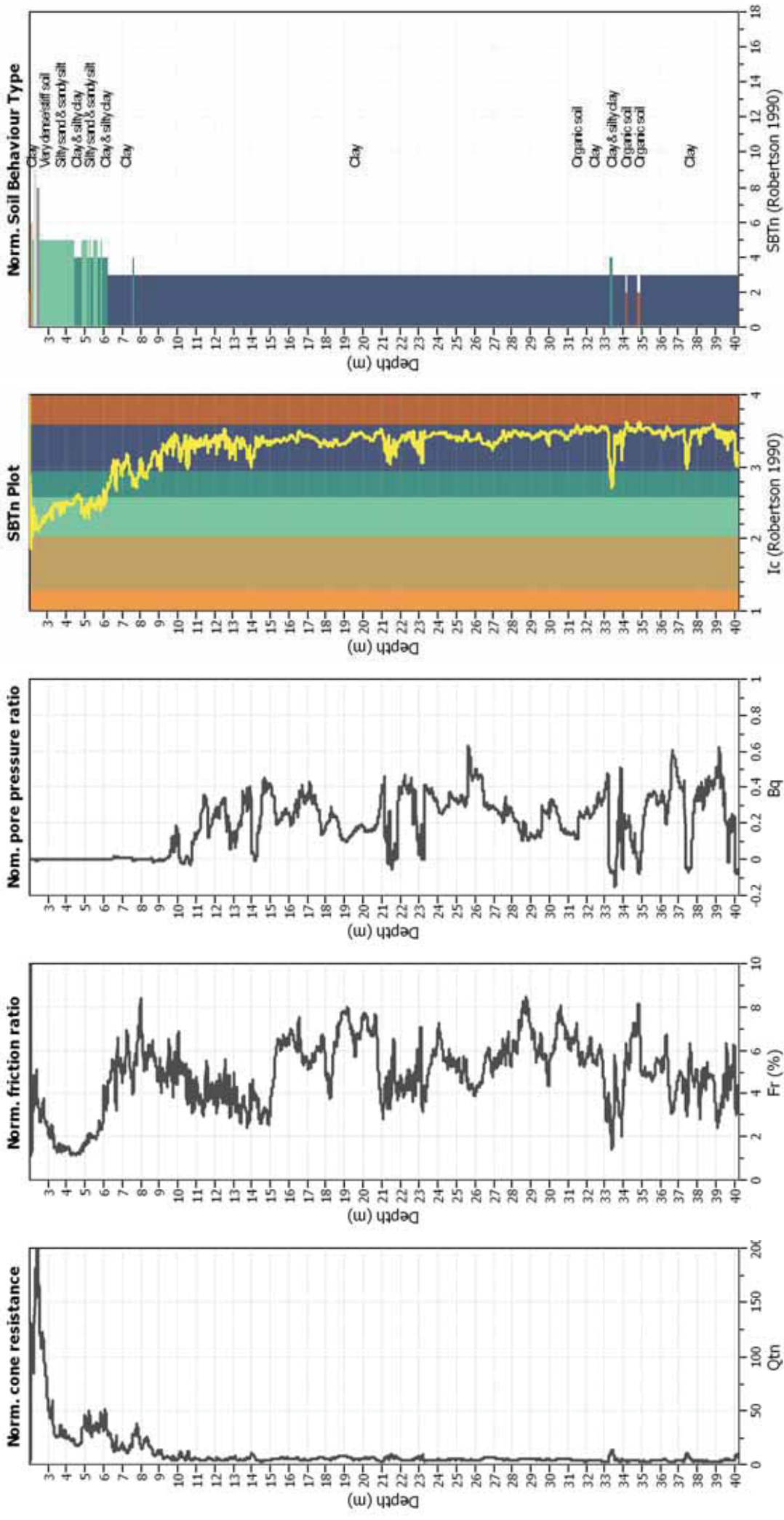
Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	10.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on I_c value	I_c cut-off value:	2.60	K_p applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	10.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	30.00 m

SBT legend

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

CPT basic interpretation plots (normalized)



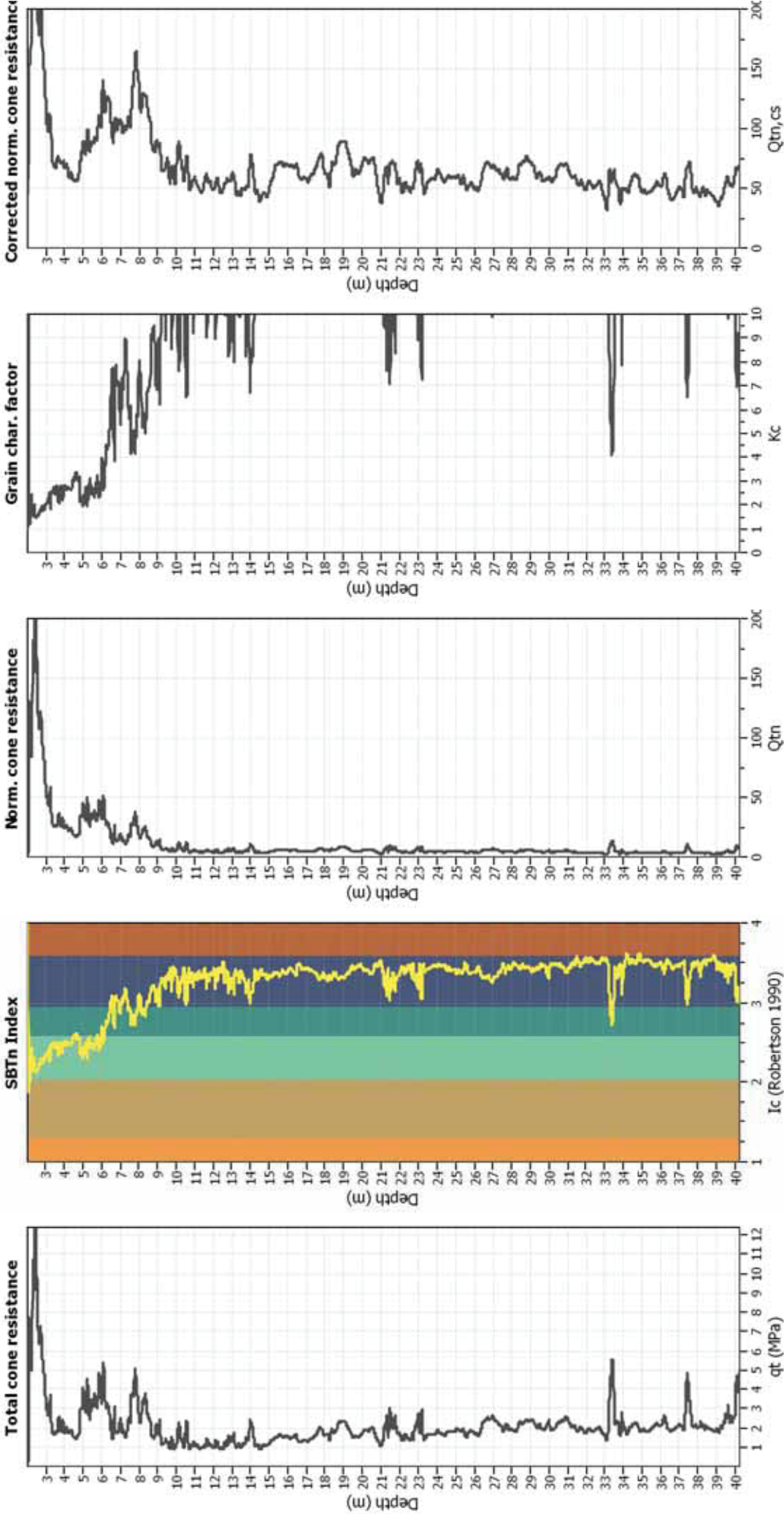
Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	10.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_p applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (instau):	10.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	30.00 m

SBTn legend

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

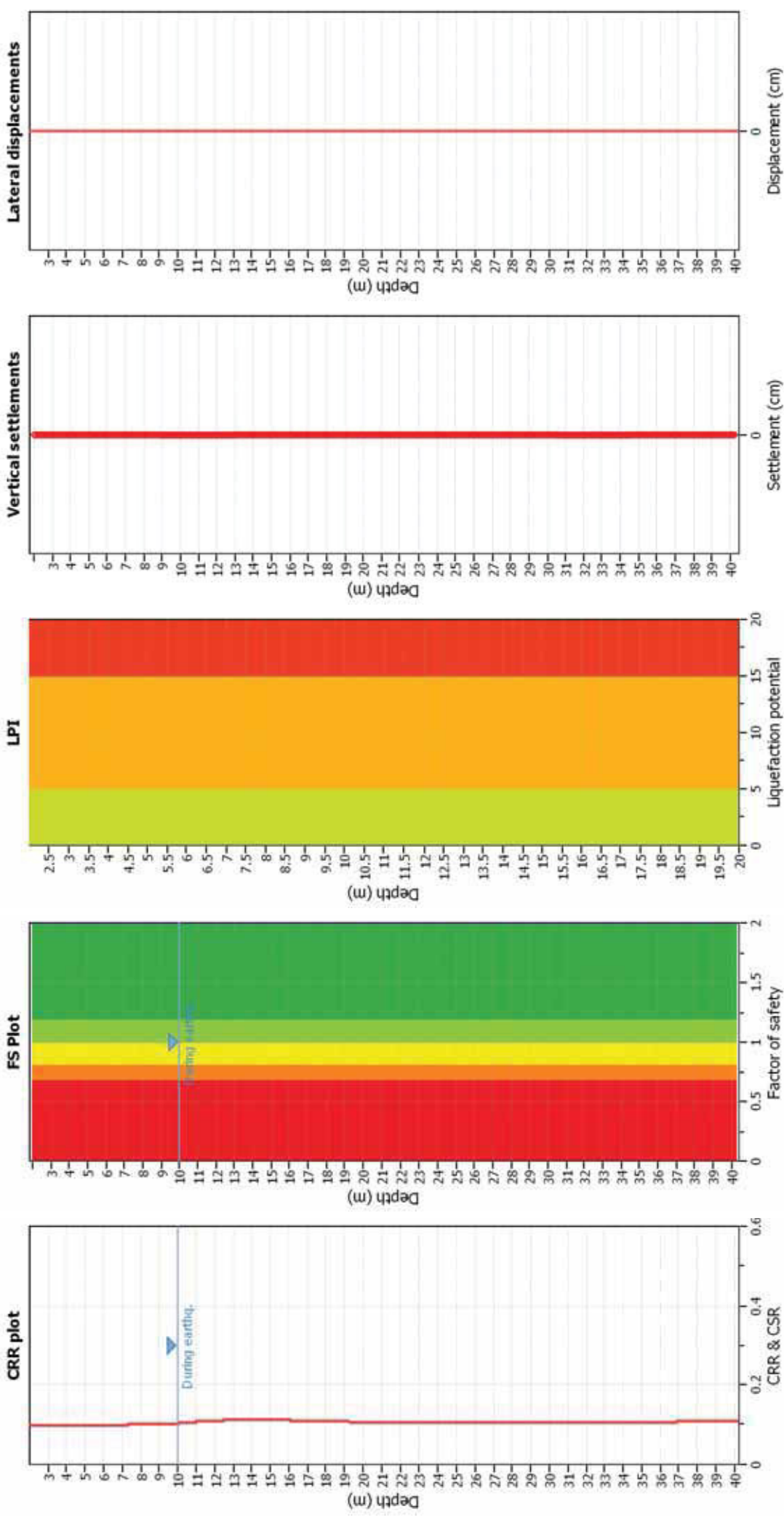
Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	10.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (instau):	10.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	30.00 m

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method: NCEER (1998)
Fines correction method: NCEER (1998)
Points to test: Based on I_c value
Earthquake magnitude M_w : 6.14
Peak ground acceleration: 0.26
Depth to water table (instu): 10.00 m

Depth to water table (earthq.): 10.00 m
Average results interval: 3
 I_c cut-off value: 2.60
Unit weight calculation: Based on SBT
Use fill: No
Fill height: N/A

Fill weight: N/A
Transition detect. applied: No
 K_p applied: Yes
Clay like behavior applied: Sands only
Limit depth applied: Yes
Limit depth: 30.00 m

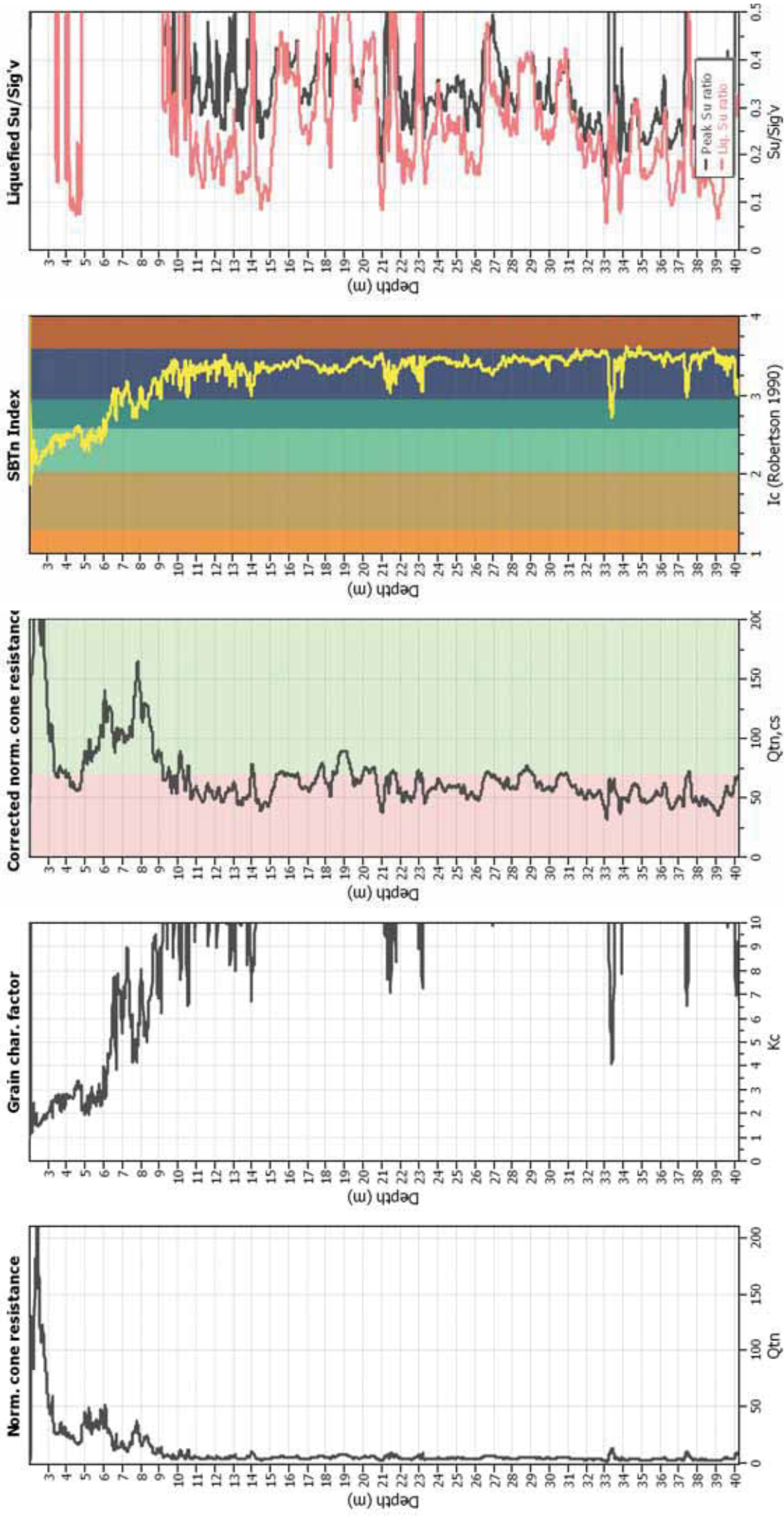
F.S. color scheme

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

LPI color scheme

Very high risk
High risk
Low risk

Check for strength loss plots (Robertson (2010))



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	10.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on I_c value	I_c cut-off value:	2.60	K_p applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (m_{stu}):	10.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	30.00 m



LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

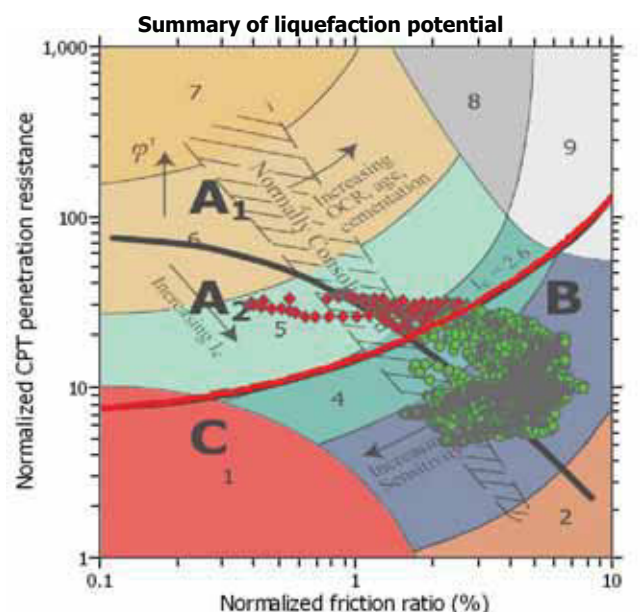
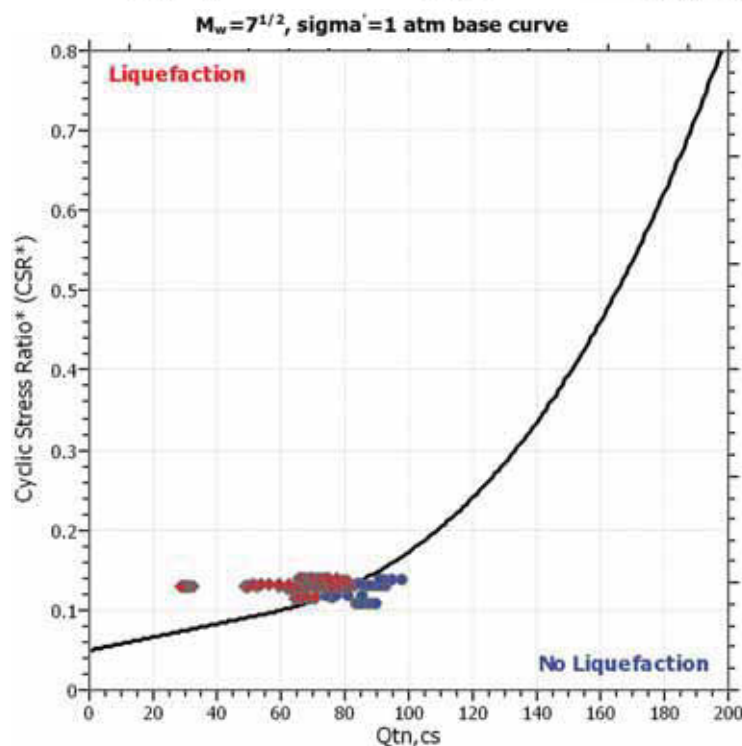
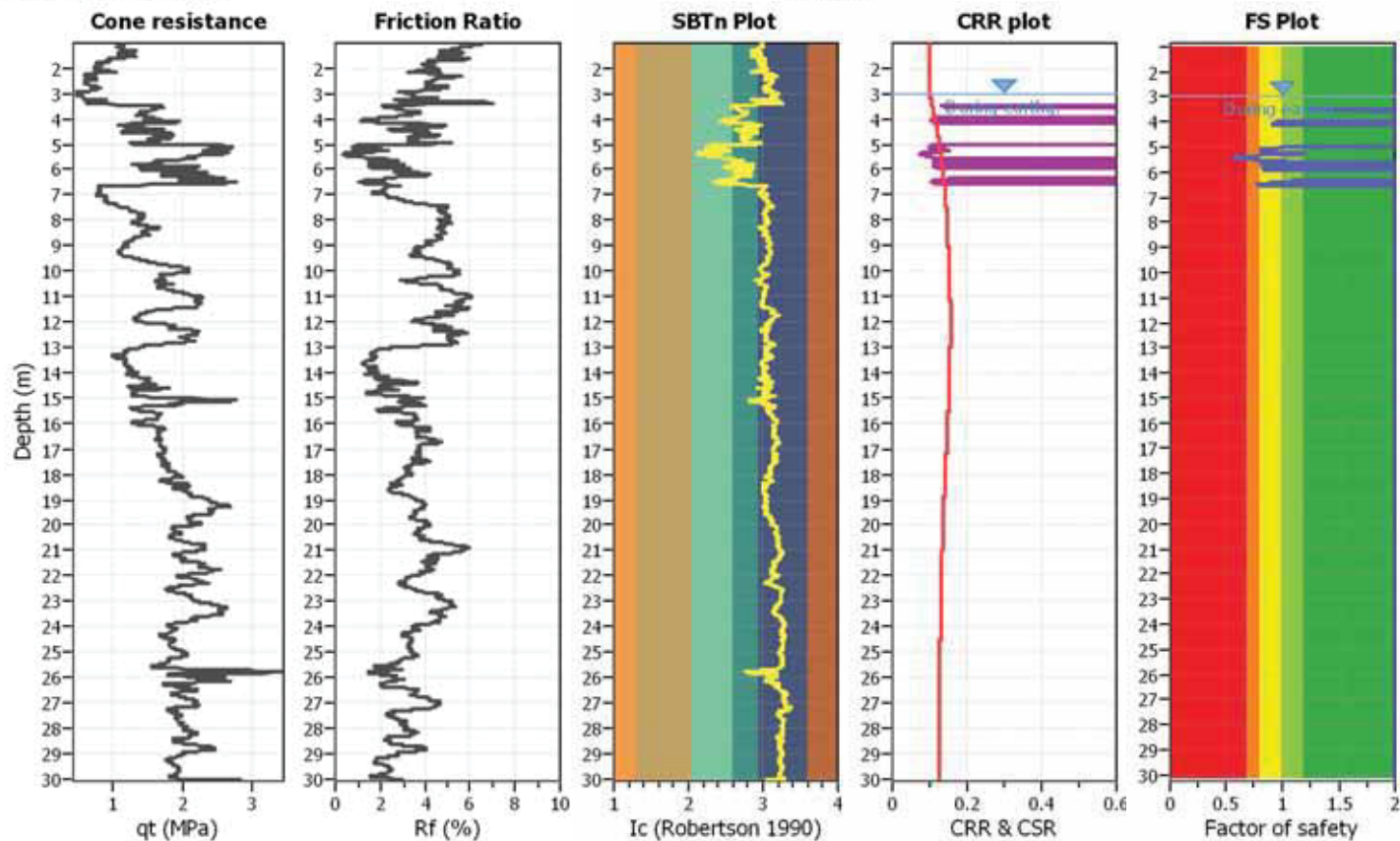
Project title : Verifica Liquefazione - Robertson & Wride

Location : Ponte Uccelino

CPT file : CPTU 4

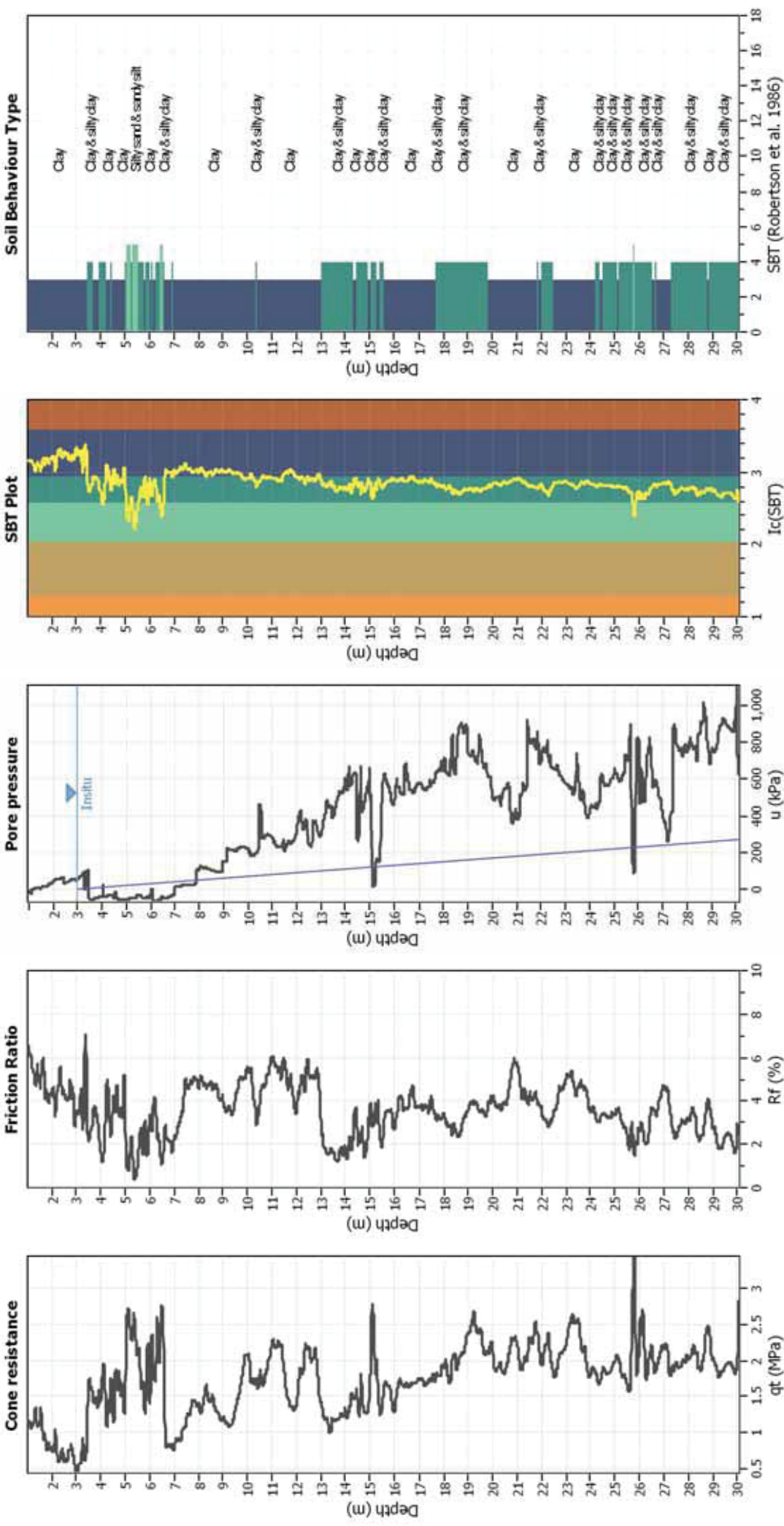
Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	3.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	3.00 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.26	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based



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

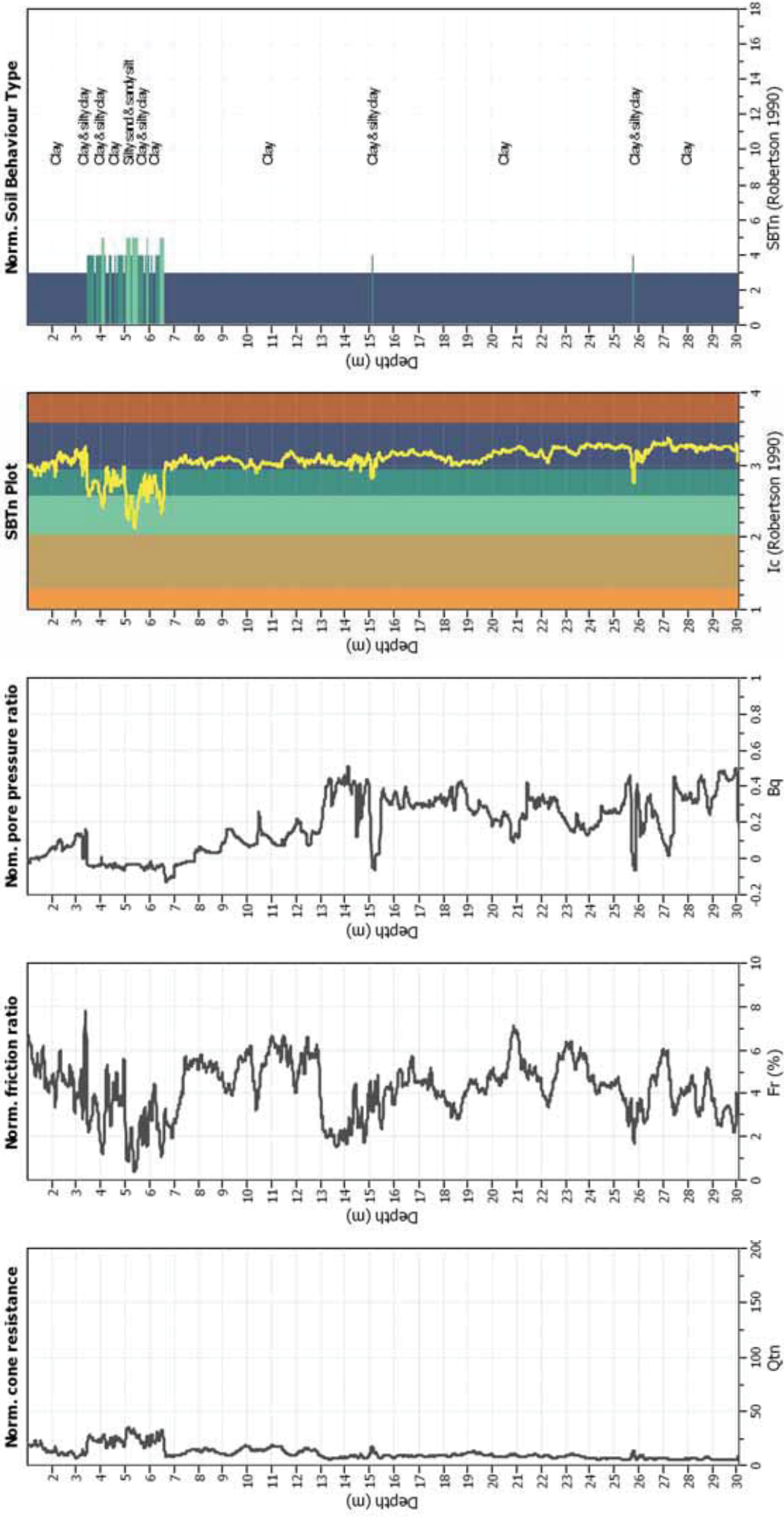
CPT basic interpretation plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	3.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _p applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	3.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

CPT basic interpretation plots (normalized)



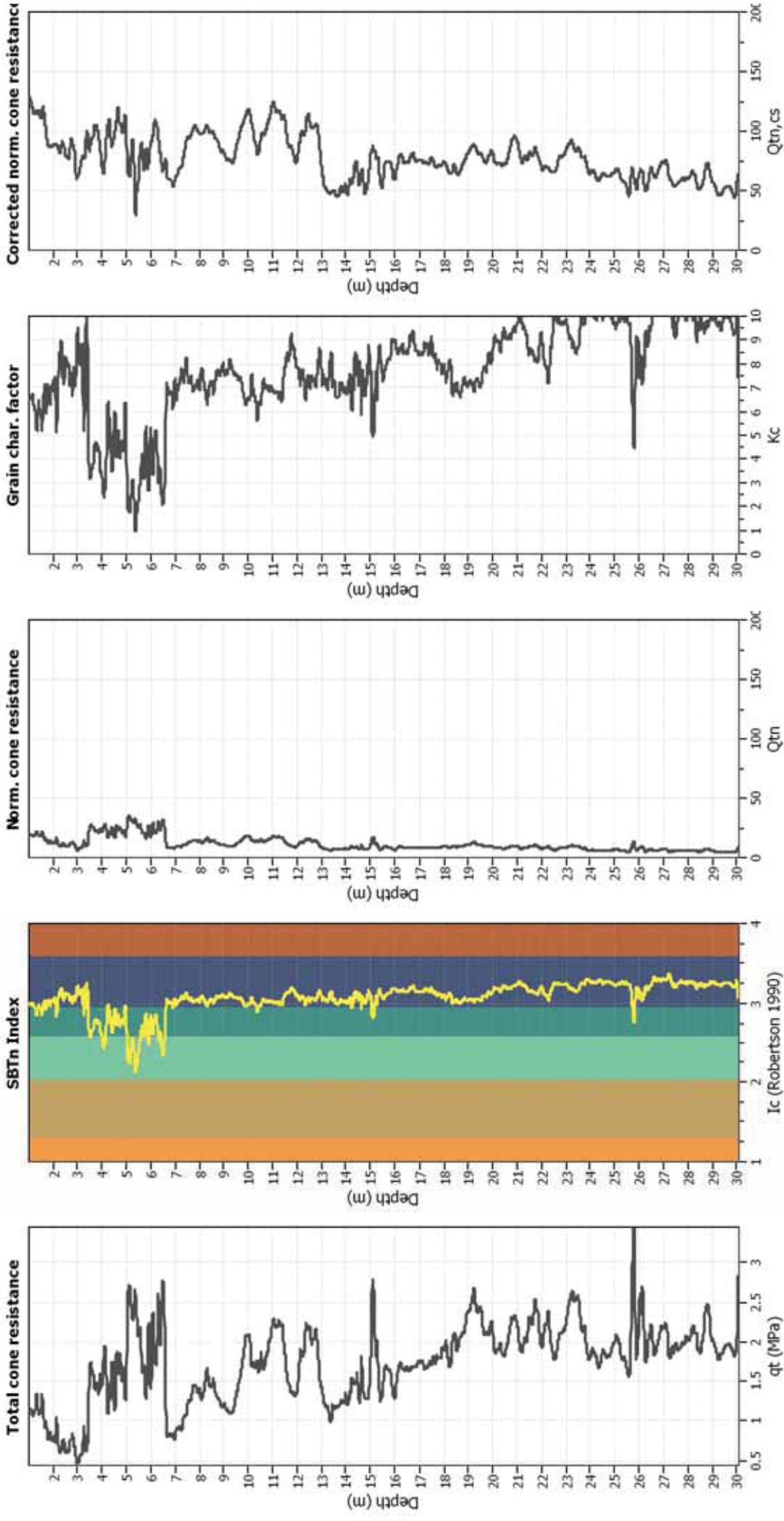
Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	3.00 m
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No
Depth to water table (instu):	3.00 m	Fill height:	N/A
Fill weight:		Transition detect. applied:	No
K_p applied:		Clay like behavior applied:	Sands only
Limit depth applied:		Limit depth:	20.00 m

SBTn legend

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

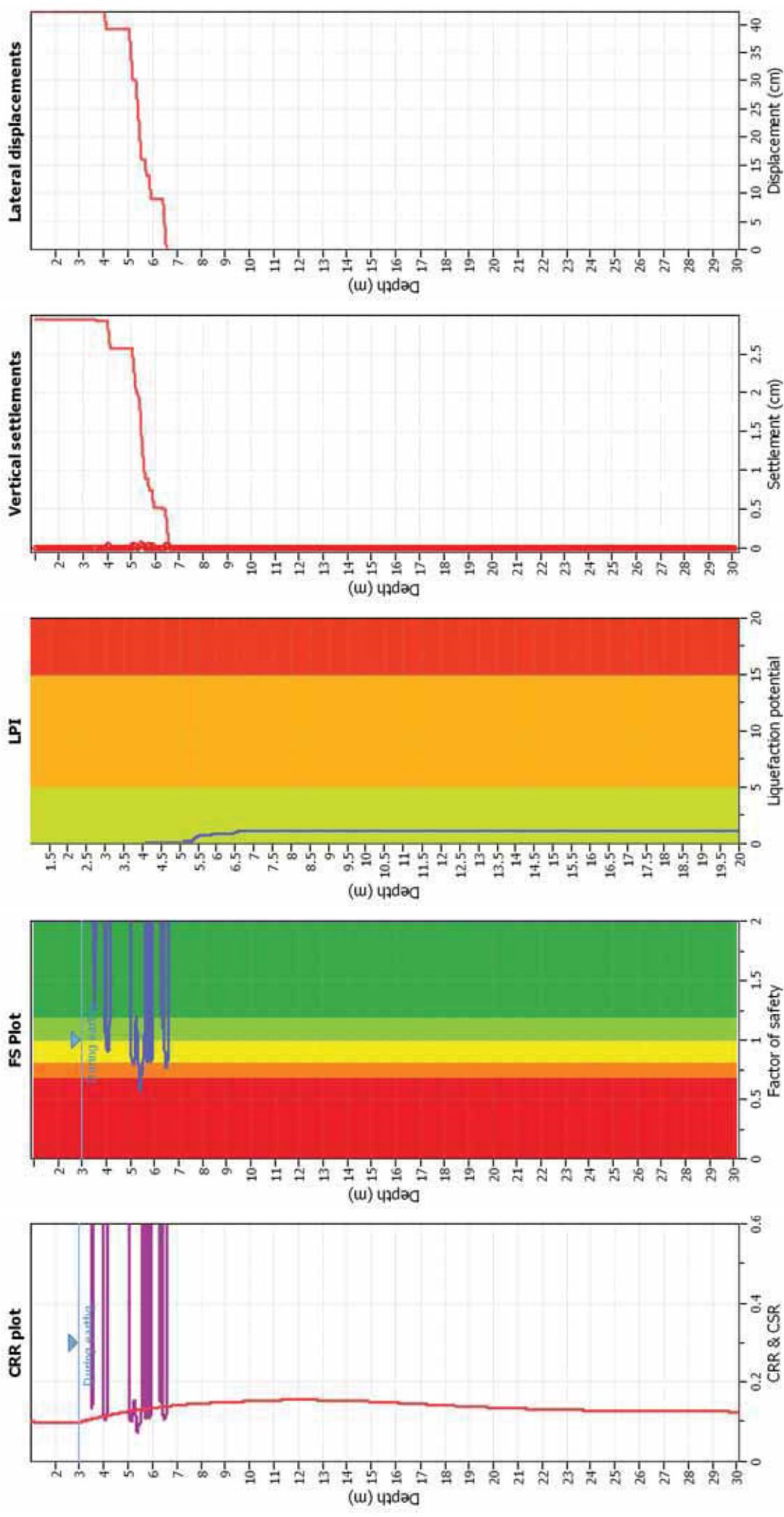
Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	3.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (instu):	3.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)
Fines correction method:	NCEER (1998)
Points to test:	Based on I_c value
Earthquake magnitude M_w :	6.14
Peak ground acceleration:	0.26
Depth to water table (m _{statu}):	3.00 m

Depth to water table (earthq.):	3.00 m
Average results interval:	3
I_c cut-off value:	2.60
Unit weight calculation:	Based on SBT
Use fill:	No
Fill height:	N/A

Fill weight:	N/A
Transition detect. applied:	No
K_p applied:	Yes
Clay like behavior applied:	Sands only
Limit depth applied:	Yes
Limit depth:	20.00 m

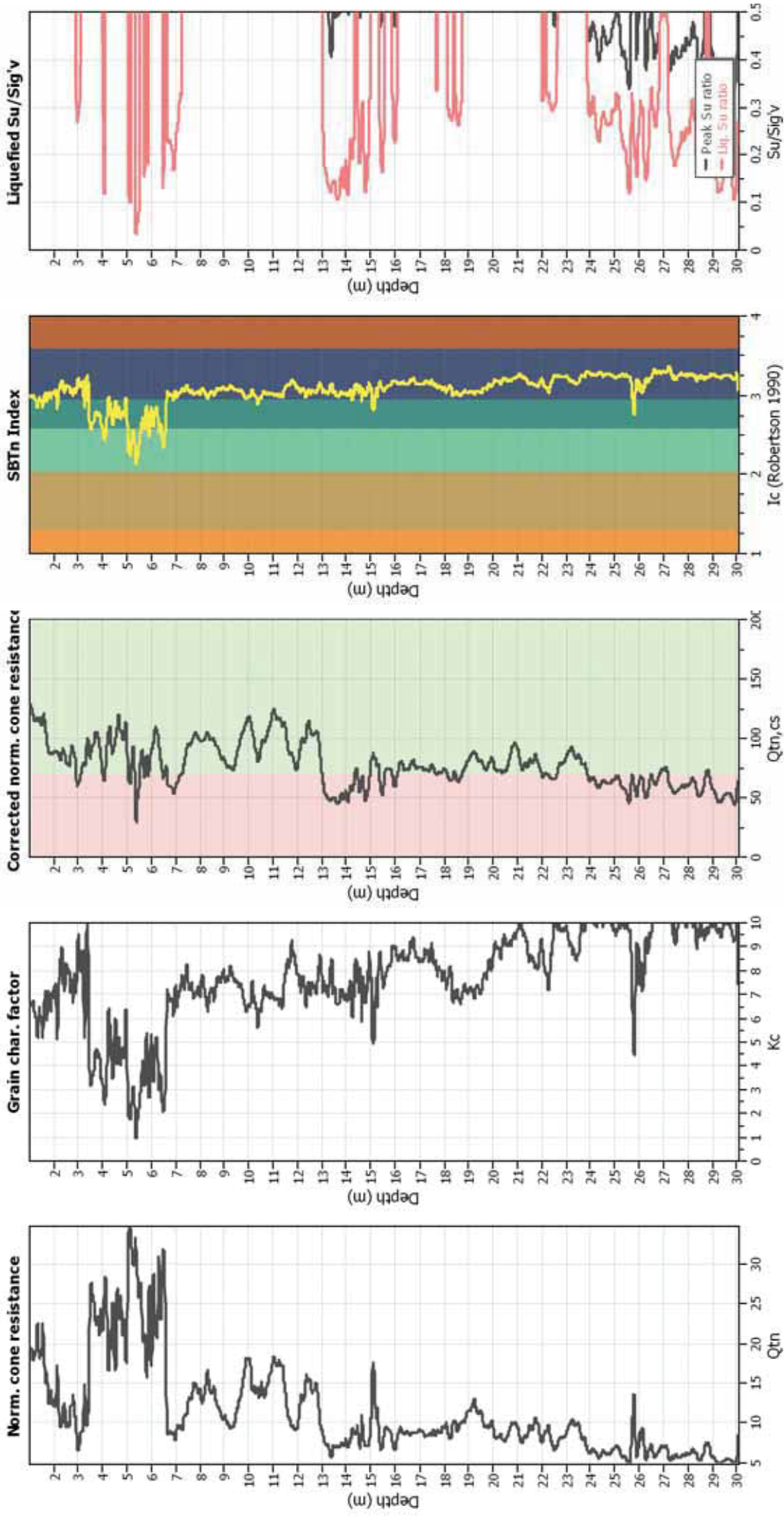
F.S. color scheme

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

LPI color scheme

Very high risk
High risk
Low risk

Check for strength loss plots (Robertson (2010))

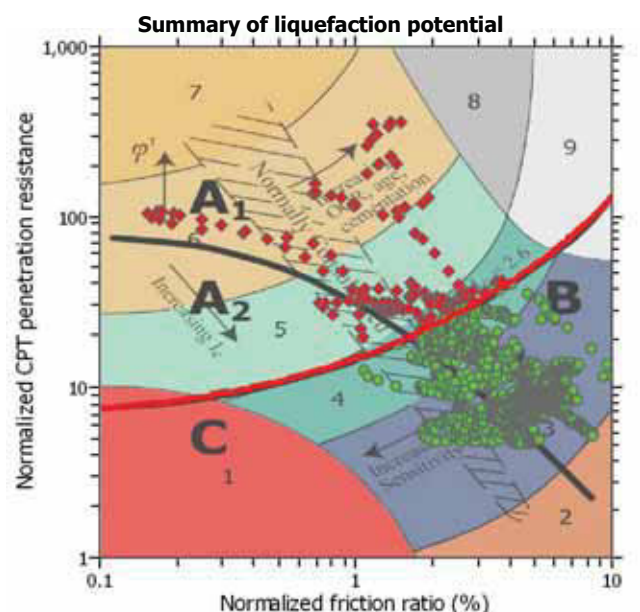
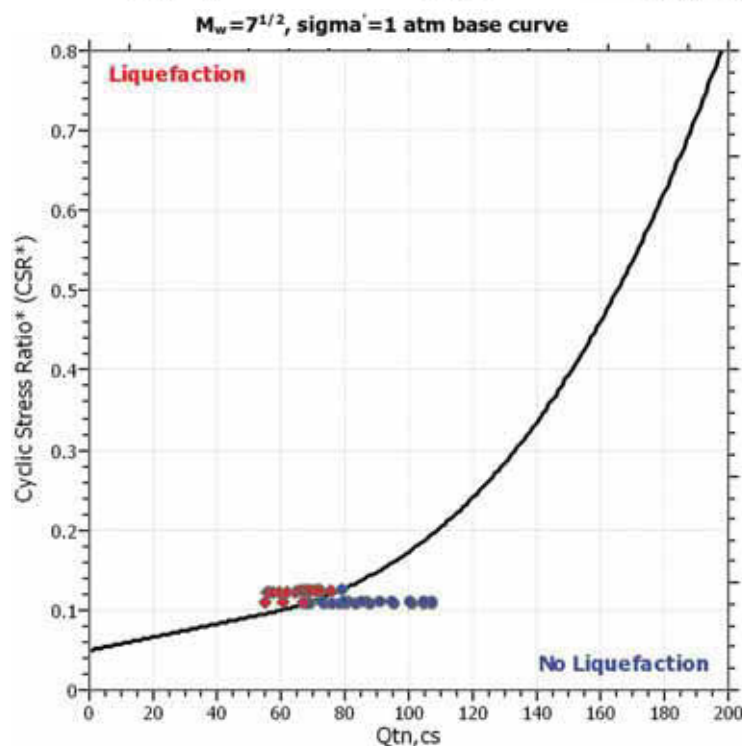
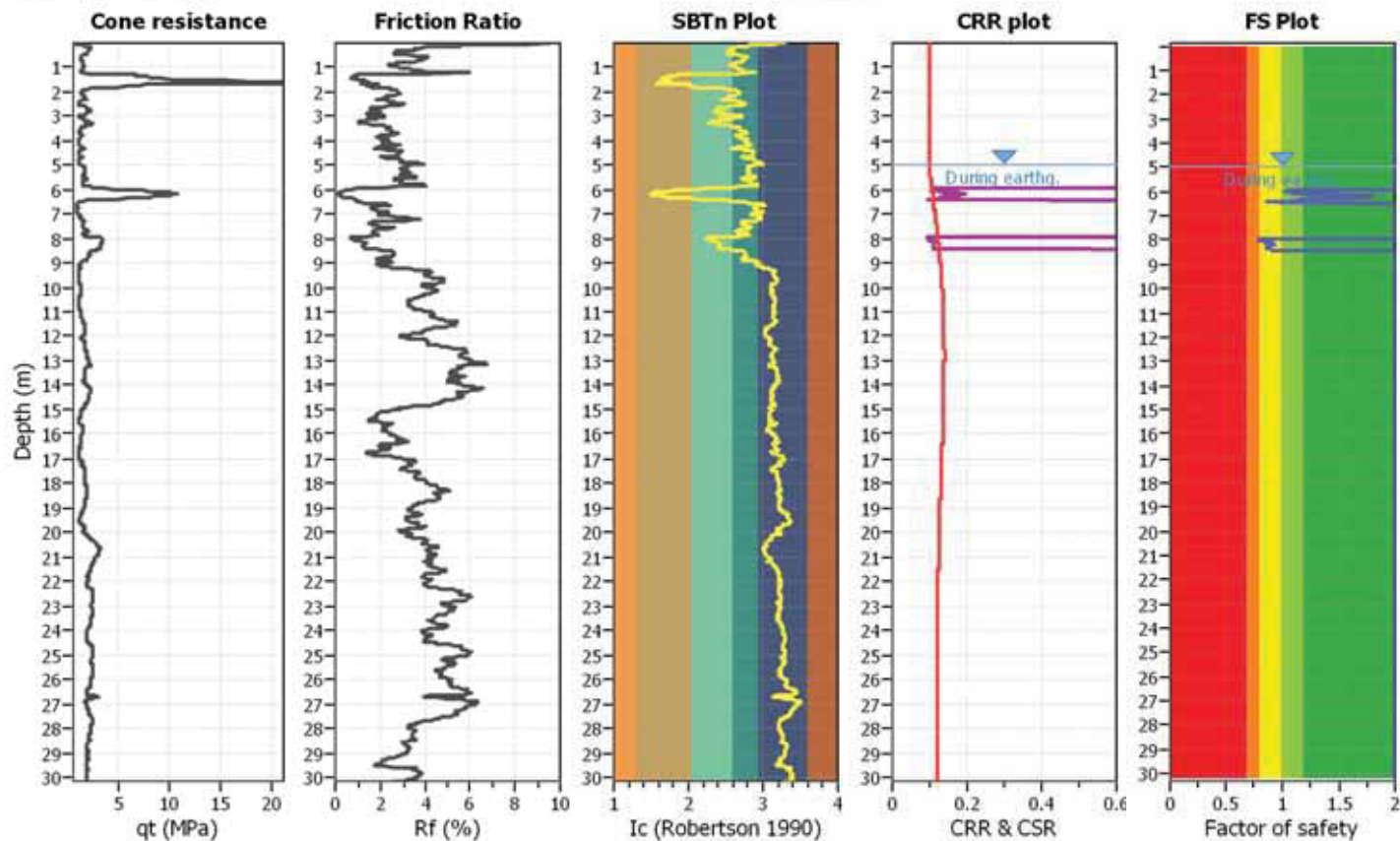


Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	3.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on I_c value	I_c cut-off value:	2.60	K_p applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (m_{stu}):	3.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

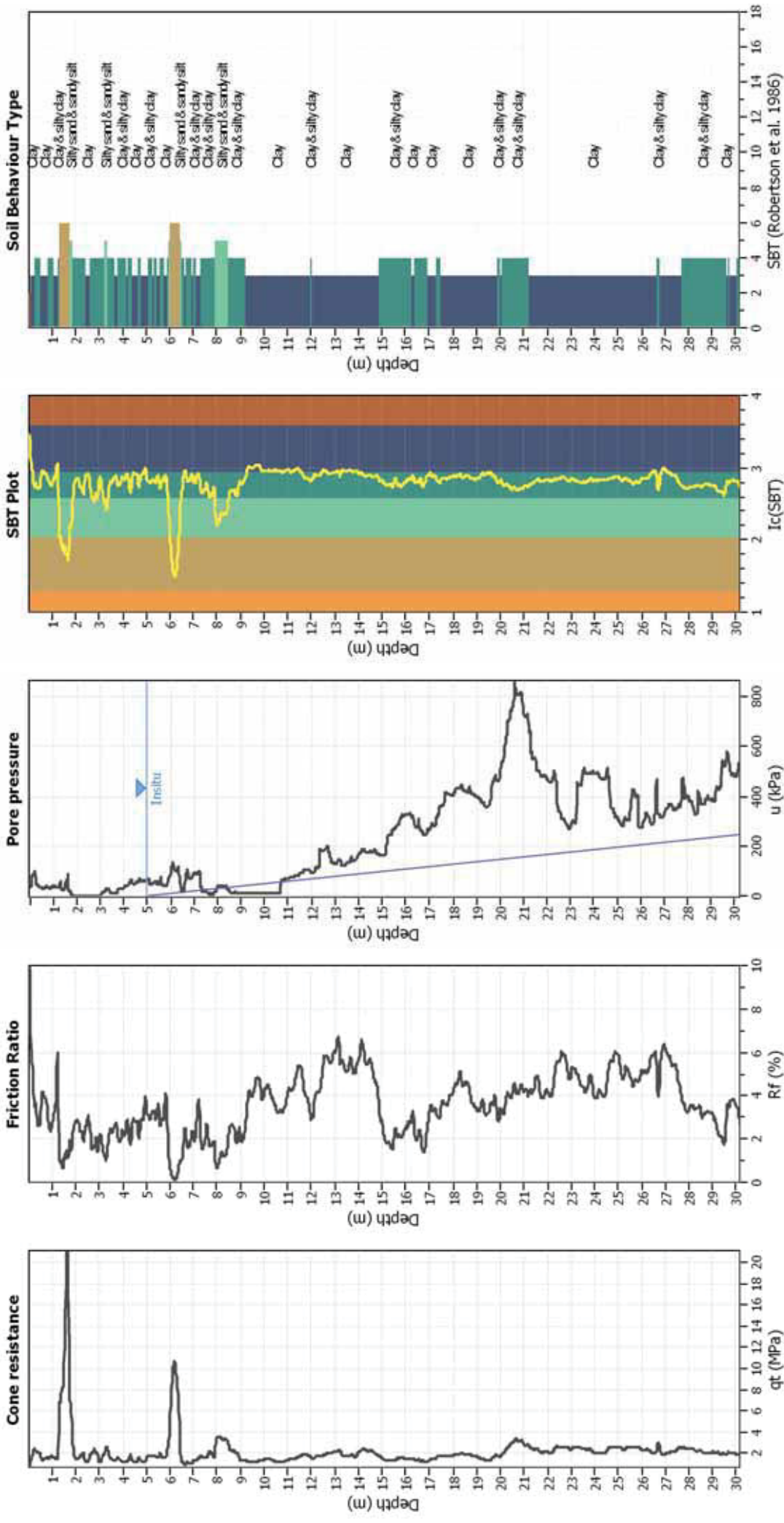
**LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT****Project title : Verifica Liquefazione - Robertson & Wride****Location : Ponte Uccelino****CPT file : SCPTU 1****Input parameters and analysis data**

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	5.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	5.00 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	25.00 m
Peak ground acceleration:	0.26	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based



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

CPT basic interpretation plots



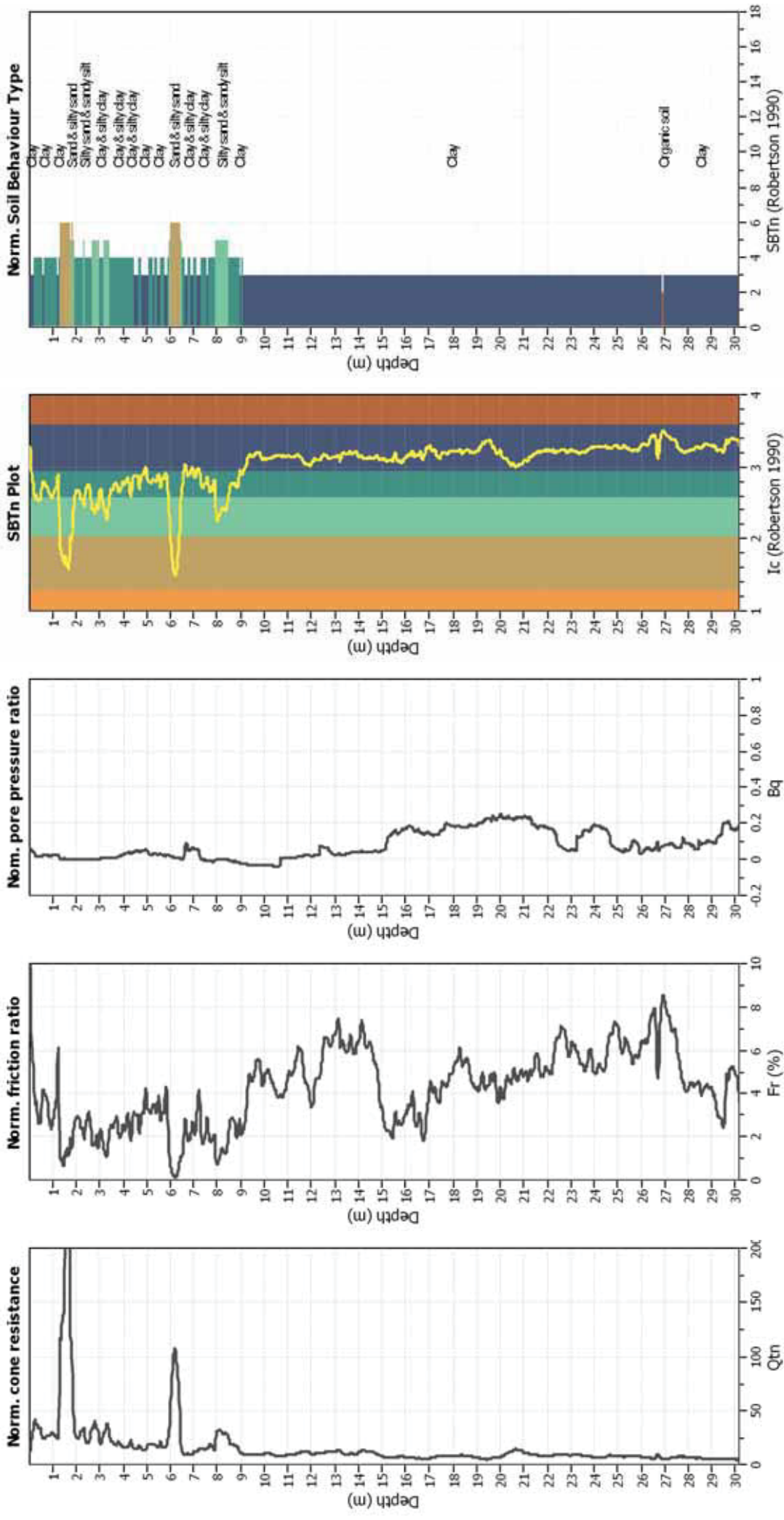
Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	5.00 m
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3
Points to test:	Based on I_c value	I_c cut-off value:	2.60
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No
Depth to water table (insitu):	5.00 m	Fill height:	N/A
Fill weight:	N/A	Transition detect. applied:	No
K_p applied:	Yes	Clay like behavior applied:	Sands only
Limit depth applied:	25.00 m	Limit depth:	25.00 m

SBT legend

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

CPT basic interpretation plots (normalized)



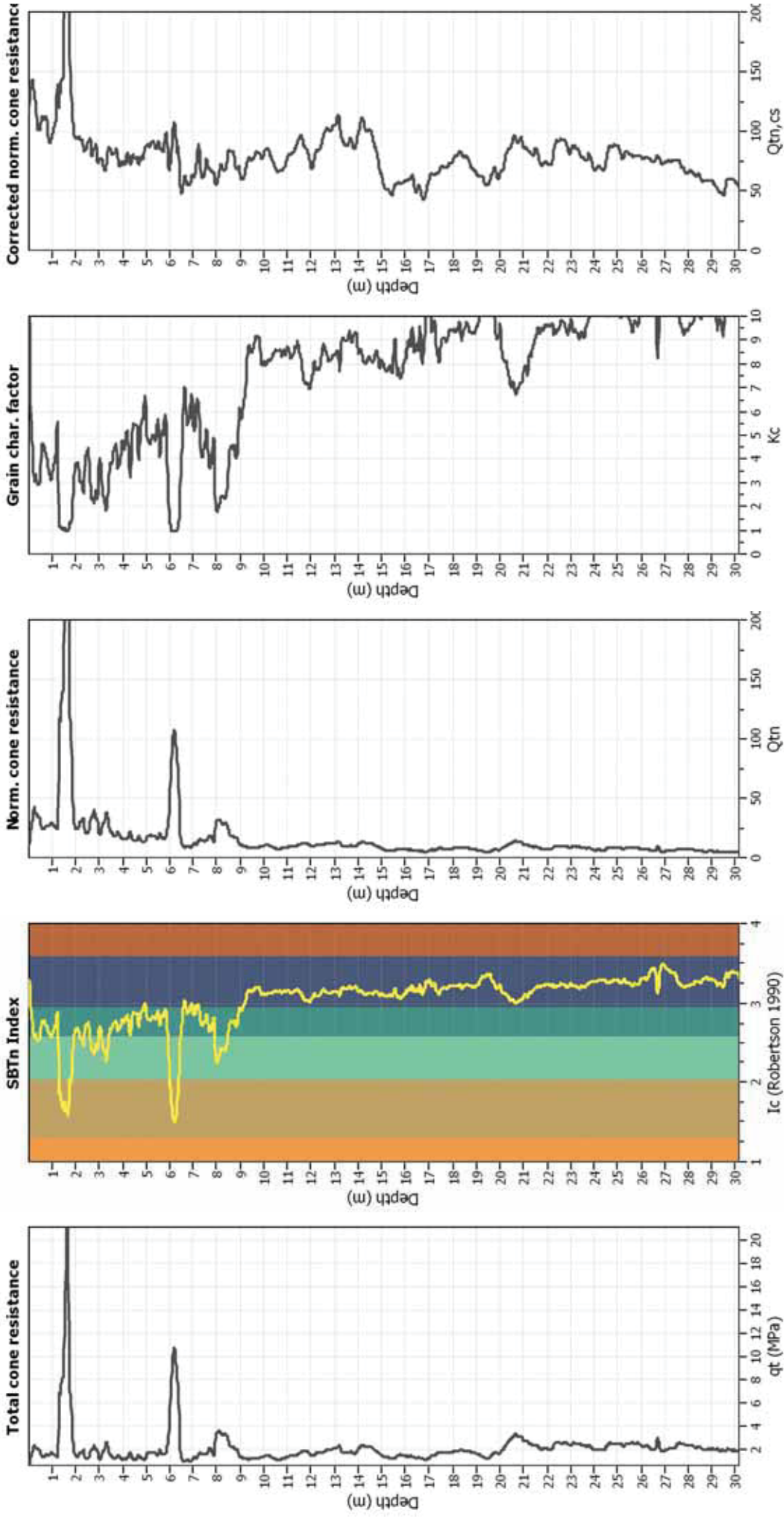
Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	5.00 m
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No
Depth to water table (instau):	5.00 m	Fill height:	N/A
Fill weight:	N/A	Transition detect. applied:	No
Transition detect. applied:	No	K_p applied:	Yes
K_p applied:	Yes	Clay like behavior applied:	Sands only
Clay like behavior applied:	Sands only	Limit depth applied:	Yes
Limit depth applied:	Yes	Limit depth:	25.00 m

SBTn legend

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

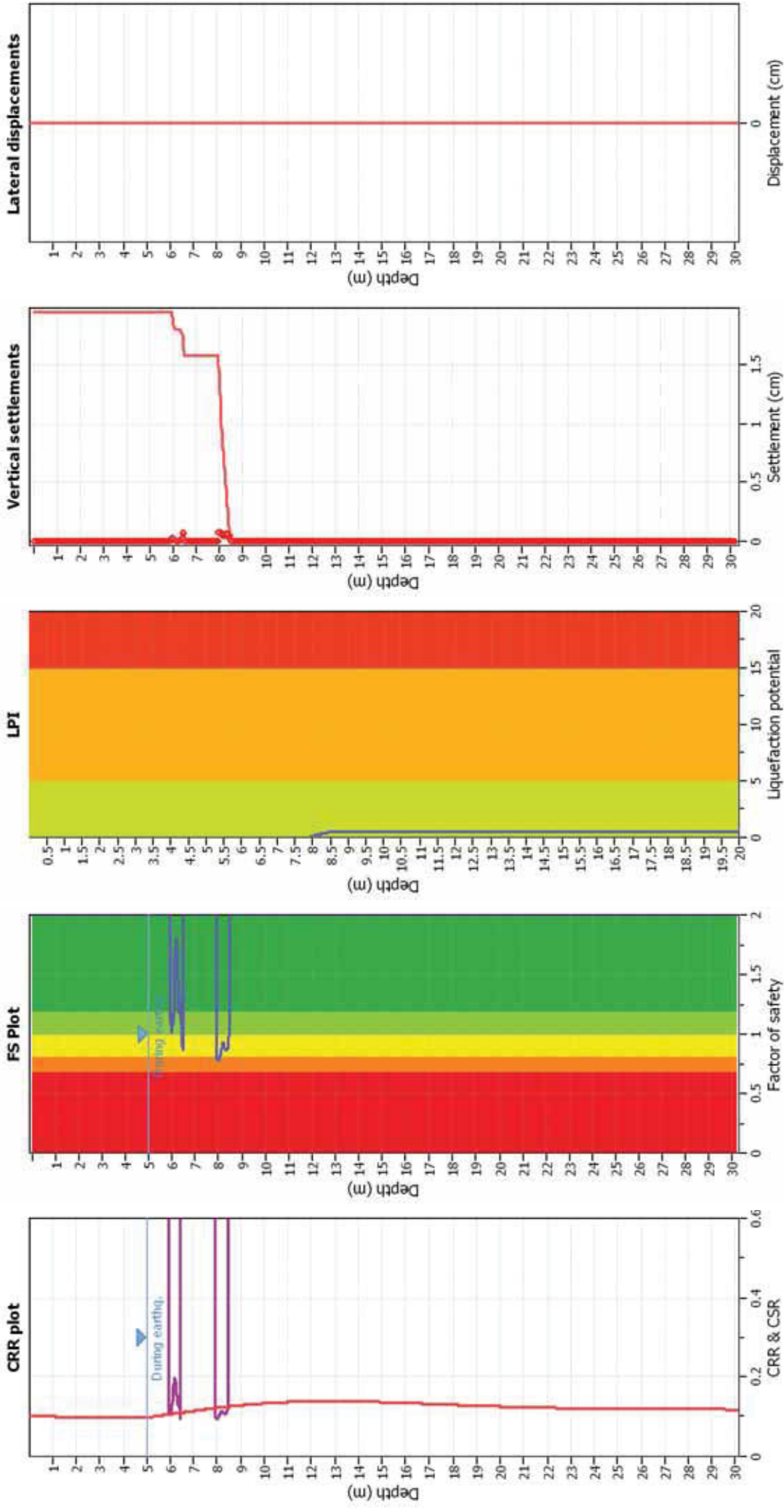
Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	5.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _p applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (instu):	5.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	25.00 m

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (earthq.):	5.00 m
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3
Points to test:	Based on I_c value	I_c cut-off value:	2.60
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No
Depth to water table (instau):	5.00 m	Fill height:	N/A

Fill weight:	N/A
Transition detect. applied:	No
K_p applied:	Yes
Clay like behavior applied:	Sands only
Limit depth applied:	Yes
Limit depth:	25.00 m

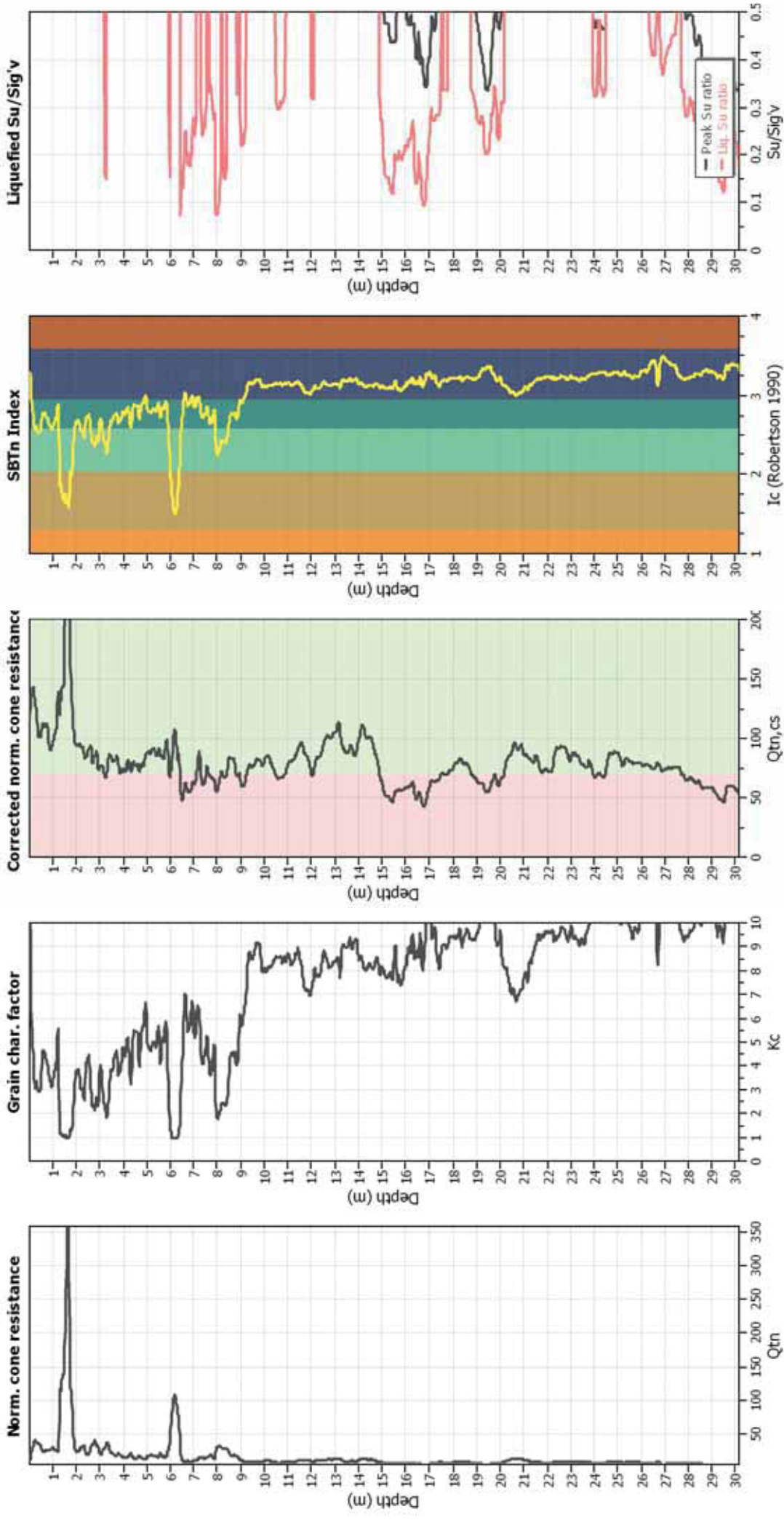
F.S. color scheme

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

LPI color scheme

Very high risk
High risk
Low risk

Check for strength loss plots (Robertson (2010))



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	5.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	5.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	25.00 m



GEO GROUP S.r.l.

Geologia e Ambiente

178, v. Cesare Costa 41123 MODENA

Tel 0593967169 - Fax 0595960176

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

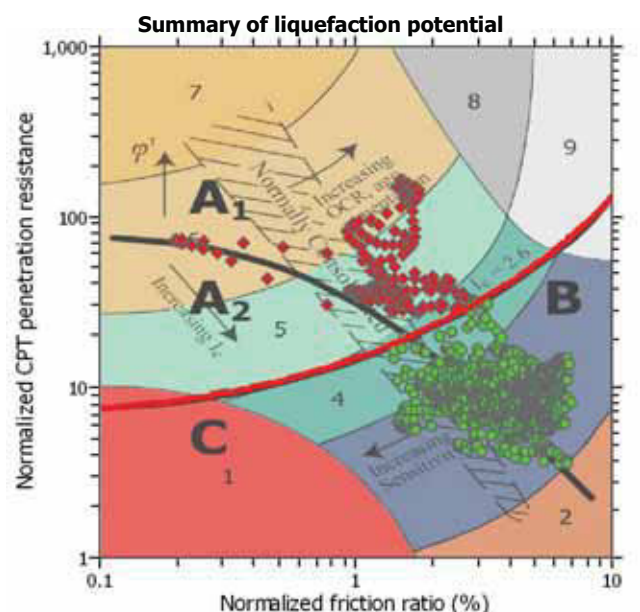
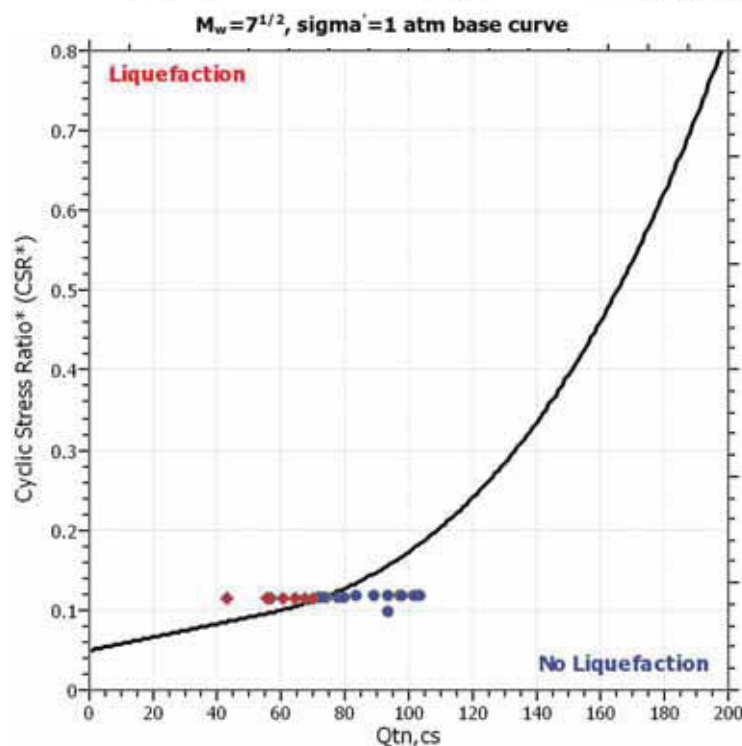
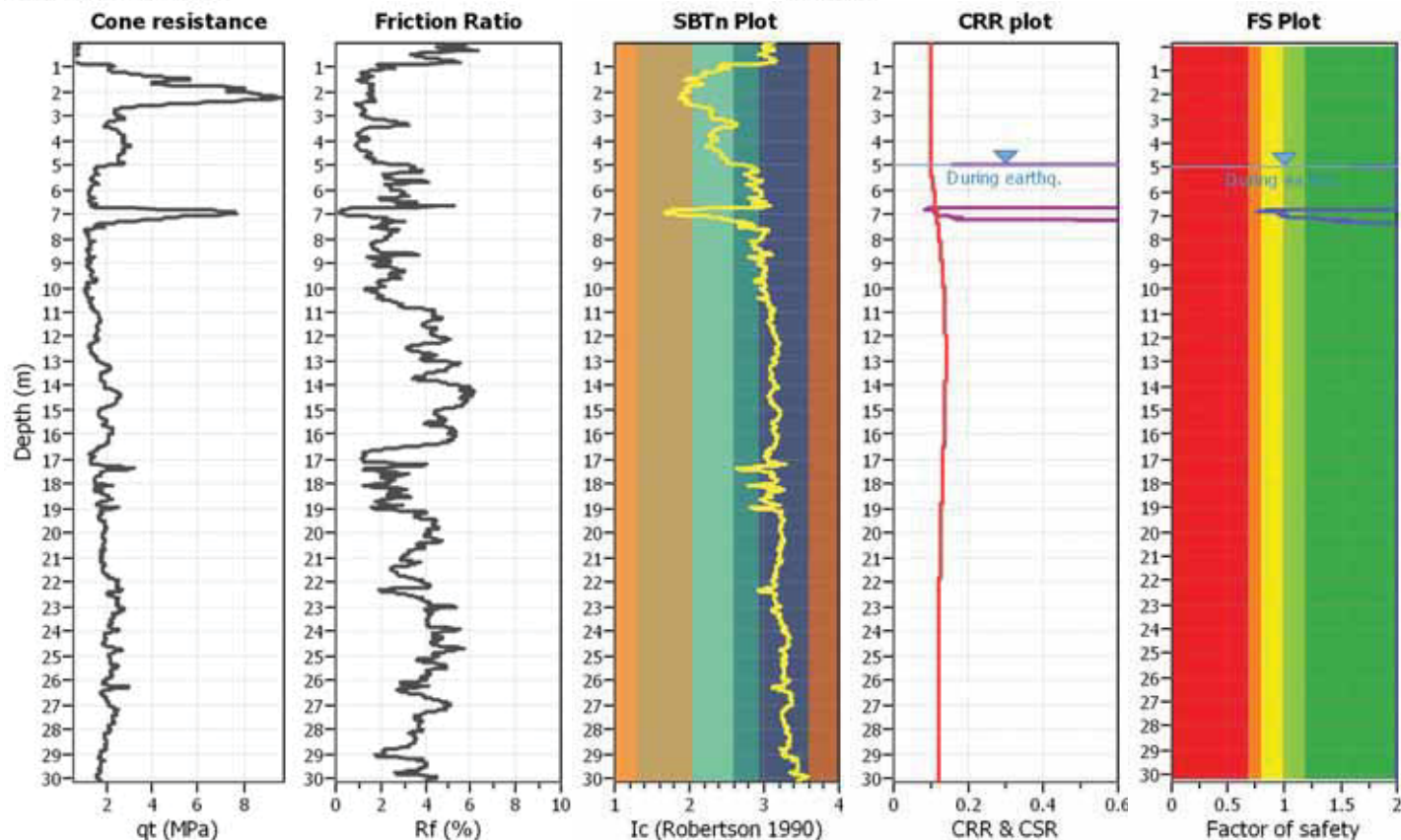
Project title : Verifica Liquefazione - Robertson & Wride

Location : Ponte Uccelino

CPT file : SCPTU 2

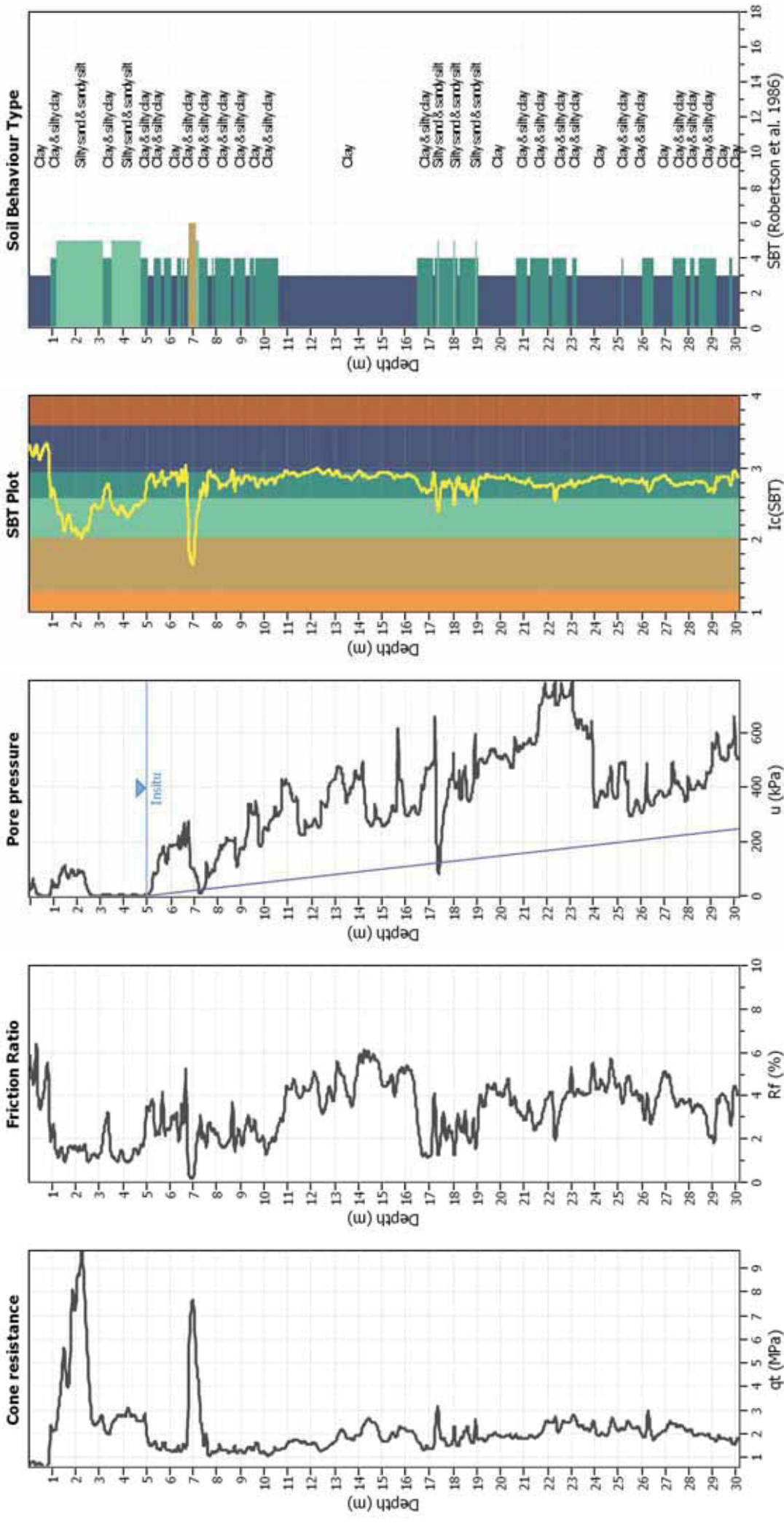
Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	4.95 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	4.95 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	25.00 m
Peak ground acceleration:	0.26	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method based



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

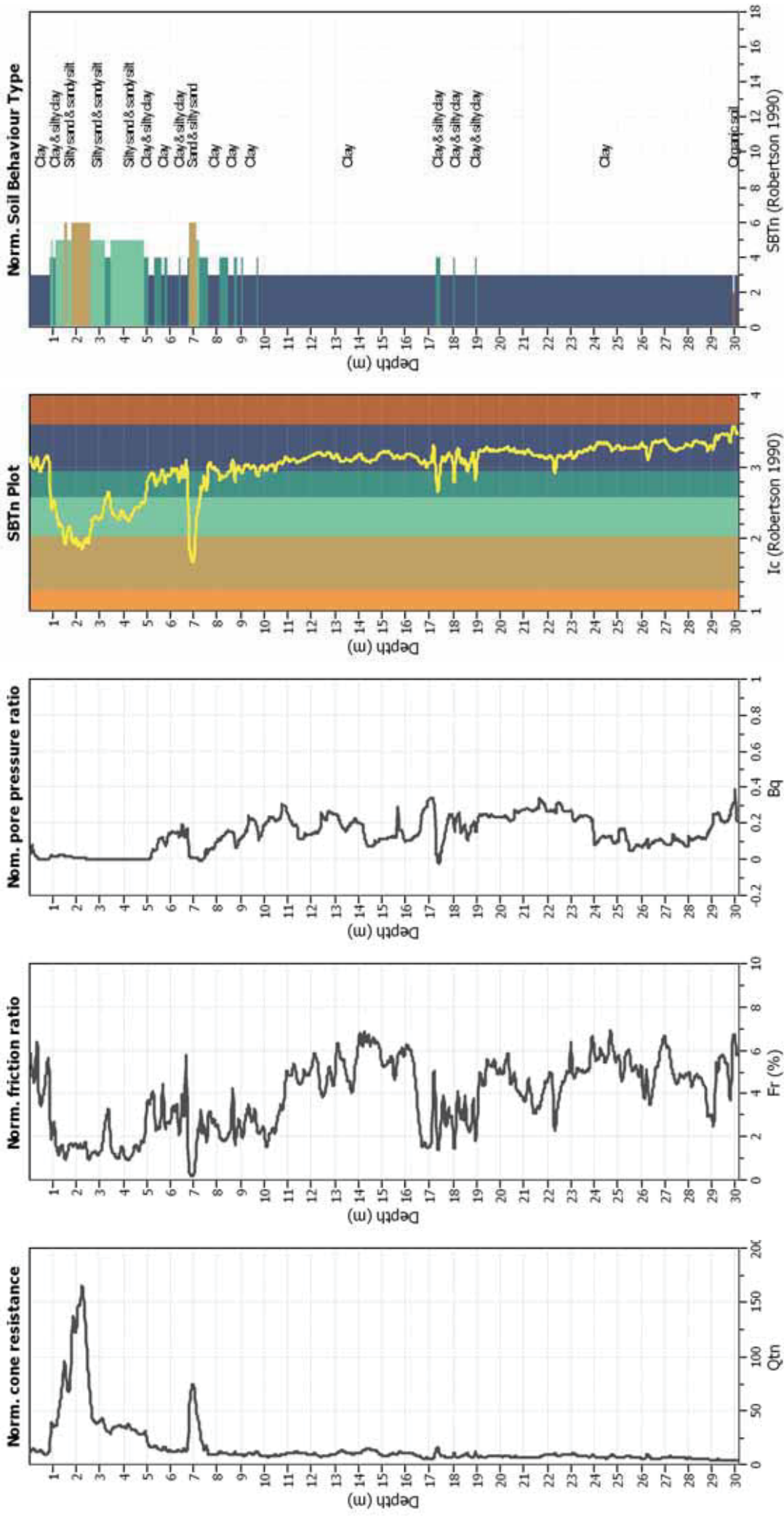
CPT basic interpretation plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	4.95 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_p applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	4.95 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	25.00 m

CPT basic interpretation plots (normalized)



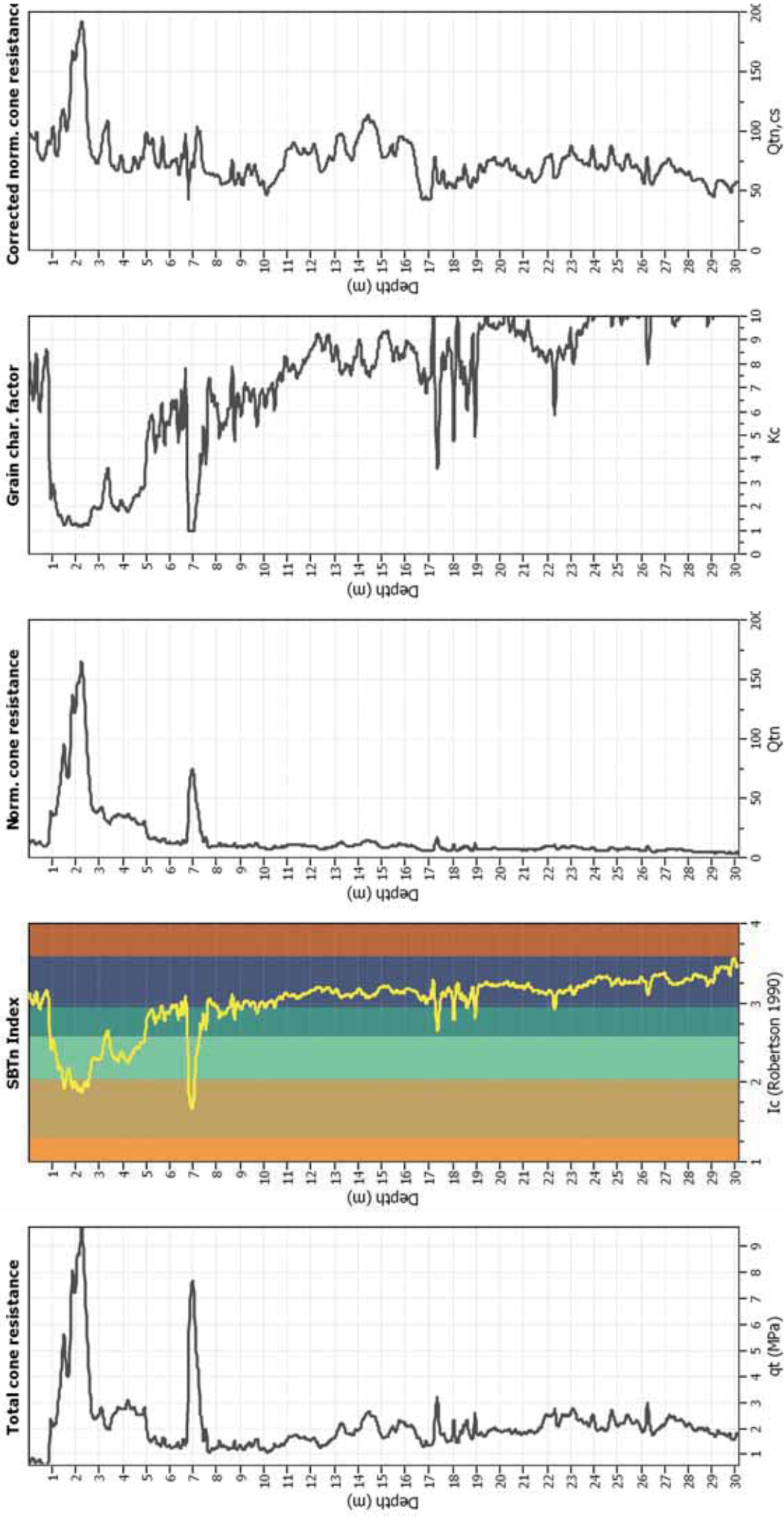
Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	4.95 m
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No
Depth to water table (instu):	4.95 m	Fill height:	N/A
Fill weight:	N/A	Transition detect. applied:	No
K_p applied:	Yes	Clay like behavior applied:	Sands only
Limit depth applied:	Yes	Limit depth:	25.00 m

SBTn legend

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

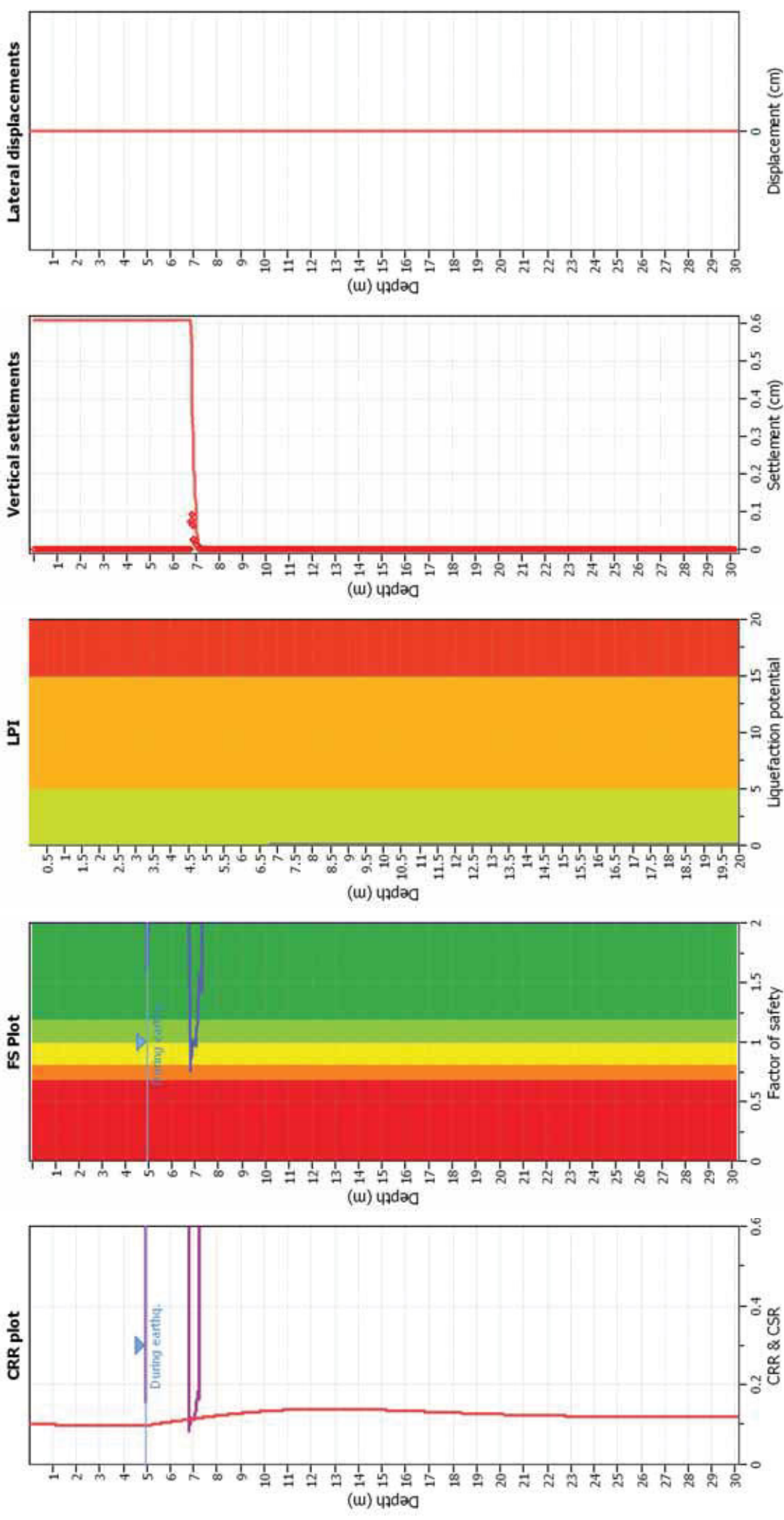
Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	4.95 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on I_c value	I_c cut-off value:	2.60	K_p applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (instu):	4.95 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	25.00 m

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (earthq.):	4.95 m
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3
Points to test:	Based on I_c value	I_c cut-off value:	2.60
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No
Depth to water table (instau):	4.95 m	Fill height:	N/A

Fill weight:	N/A
Transition detect. applied:	No
K_0 applied:	Yes
Clay like behavior applied:	Sands only
Limit depth applied:	Yes
Limit depth:	25.00 m

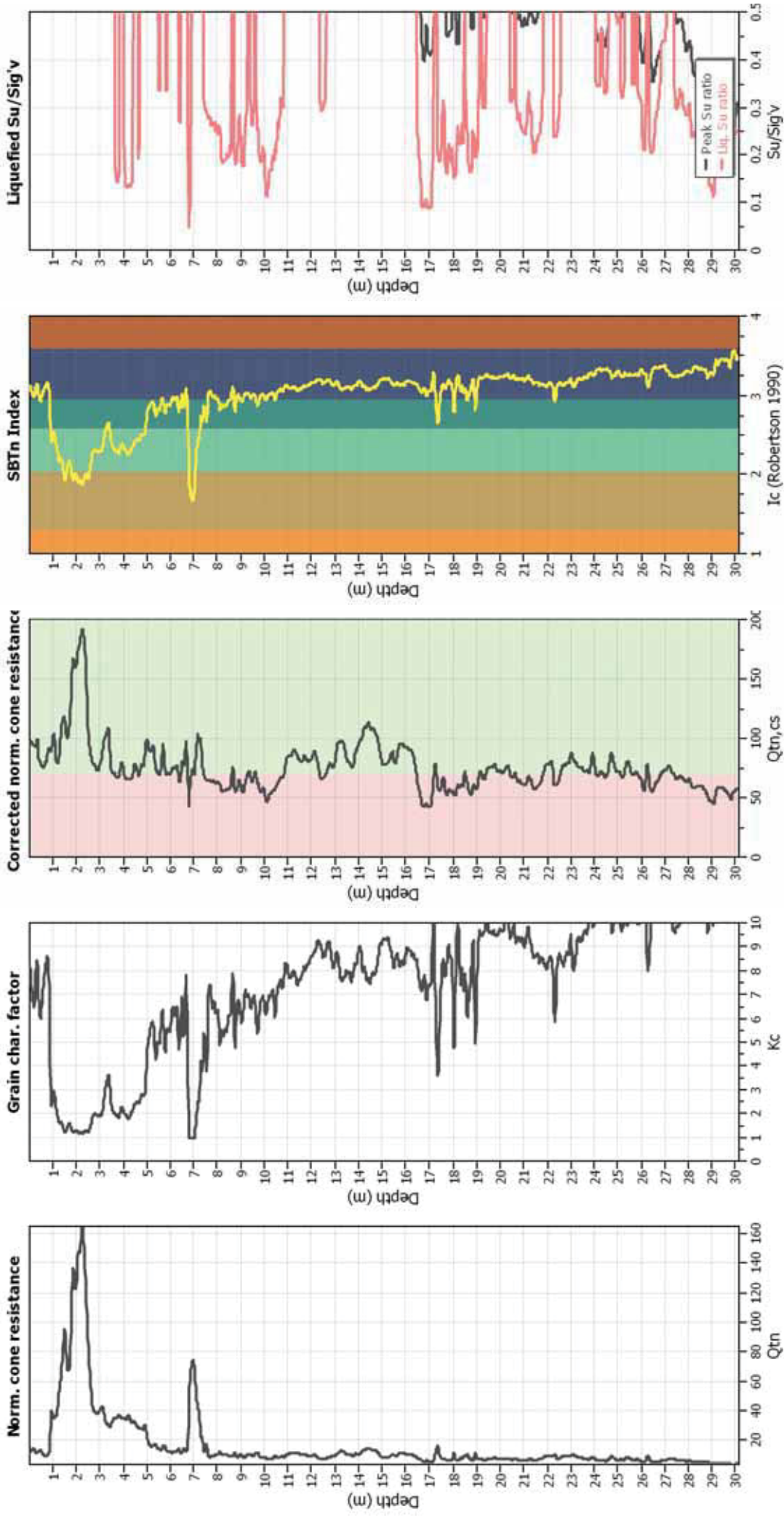
F.S. color scheme

Almost certain it will liquefy	Very likely to liquefy	Liquefaction and no liq. are equally likely	Unlike to liquefy	Almost certain it will not liquefy
Red	Orange	Yellow	Green	Dark Green

LPI color scheme

Very high risk	High risk	Low risk
Red	Orange	Green

Check for strength loss plots (Robertson (2010))



Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	Depth to water table (erthq.):	4.95 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	NCEER (1998)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	Yes
Earthquake magnitude M _w :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.26	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	4.95 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	25.00 m



Project title : Verifica Liquefazione - Robertson & Wride
Location : Ponte Uccellino

Overall Liquefaction Potential Index report

