COMUNE DI QUATTRO CASTELLA (RE)
Puianello di Quattro Castella_via Valentini 2

PR 17_EX SCUOLE ELEMENTARI
piano di recupero di iniziativa privata

PROGETTISTI

ludens
Andrea Vescovini Architetto
v. A. Franzoni 3 _ 42121 Reggio Emilia
mob 340 40 33 703 _ info@ludensarchitetti.it
www.ludensarchitetti.it
cod. fisc. VSCNDR71L10H223L
P. IVA 02713990352

GLYCON
ESTETICHE DELL'ARTIGIANO
di Urbano Camalatti

geom. URBANO CAMALATTI
Via Esperi, 2_42020 PUIANELLO (RE)
mob.3357373244
urbanocamalatti@gmail.com
C.F. CMLRBN57M20H122C
P.Iva 00912530359

COLLABORATORI
arch. ROBERTA PEDRINI

COMMITTENTE
BONACINI S.A.S. di Bonacini Franco e C.
via Nagasaki 3_Reggio Emilia

TAVOLA

VOL06

stato di progetto
relazione geologica
e analisi sismica

SCALA

DATA
LUGLIO 2021

REGIONE EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA DI REGGIO EMILIA
COMUNE DI QUATTRO CASTELLA
LOCALITA' PUIANELLO

Relazione geologica e sismica a supporto del progetto di recupero dell'edificio "Ex Scuole Elementari" di Puianello

COMMITTENTE:

EDIL4 S.p.A.

Relazione Geologica

Marzo 2014

Committente: *EDIL4 Spa* *Commessa:* *01808213_FG*	*Redatto* *Dott. Roberto Spagni*	*Approvato* *Dott. Geol. Fabrizio Giorgini*

INDICE

1. PREMESSA 5
2. PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA COMUNALE 5
2.1 Ubicazione e caratteristiche generali dell'intervento 5
2.2 Analisi documenti e cartografia 6
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO 10
3.1 Inquadramento geologico 10
4. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO 11
4.1 Indagini geognostiche 12
4.1.1 Prova Penetrometrica Statica (CPT) 12
4.1.2 Indagine sismica tipo MASW 13
4.1.3 Indagine sismica a rifrazione (RIFRA) 15
4.2 Sintesi dei risultati 17
4.3 Analisi degli aspetti geomorfologici e idrogeologici 19
4.4 Modellazione sismica 20
4.4.1 Definizione delle forme spettrali 20
4.4.2 Definizione rischio sismico 23
4.4.3 Risposta sismica locale 23
4.4.4 Analisi di secondo livello 24
4.6 Elementi di sintesi per la progettazione 26
5. ANALISI DELLA PERICOLOSITA' 27
5.1 Problematiche e pericolosità geomorfologiche e idrogeologiche 27
6. CONCLUSIONI 28

ALLEGATI

ALLEGATO 1
Prove Penetrometriche Statiche (CPT)
ALLEGATO 2
Tabelle parametri
ALLEGATO 3
Sismica a rifrazione
ALLEGATO 4
Modello Geologico

1. PREMESSA

Su incarico ricevuto dall'Impresa EDIL4 SpA è stata condotta una campagna di indagini geognostiche per redigere una relazione geologica a supporto del "Piano di Recupero" d'iniziativa privata riguardante il fabbricato "ex scuola elementare di Puianello" come da richiesta di variante al PRG del Comune di Quattro Castella, in Provincia di Reggio Emilia del 10 luglio 2013.

Come previsto dalla DM 14/01/2008 la "Relazione Geologica" consiste nella modellazione geologica del sito, ossia nel definire l'inquadramento geologico strutturale, la successione stratigrafica della zona dell'intervento, la descrizione dei processi geomorfologici che ne hanno guidato l'evoluzione nel corso del tempo e dei processi morfologici in atto.

Nella fase di progettazione attuale vengono utilizzati dati bibliografici e i dati estrapolati dalla campagna di indagini eseguite nel mese di Marzo 2014.

2. PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA COMUNALE

2.1 Ubicazione e caratteristiche generali dell'intervento

L'edificio oggetto di studio denominato "Ex Scuole Elementari" è situato in zona d'angolo tra Via F.lli Menozzi e Via R. Valentini in località Puianello nel comune di Quattro in Provincia di Reggio Emilia.
Il sito è cartografato nel CTR alla scala 1:10.000 nella sezioni 200150 denominata "Vezzano sul Crostolo" dove risulta essere ad una quota di circa 41 m. sul livello del mare, con una leggera pendenza verso Nord- Est. In figura 1 si riporta la foto aerea dell'area oggetto di studio.

Figura 1: *Stralcio immagine satellitare dell'area oggetto di studio.*

Il lotto è cartografato nella particella n.° 79 del foglio 34 del registro del "Catasto dei Terreni" del comune di Quattro Castella.

Le indagini sono state eseguite per definire l'inquadramento geologico strutturale, la successione stratigrafica ed i processi geomorfologici in atto nel sito, relative agli interventi in progetto di recupero dell'edificio "Ex Scuole Elementari" di Puianello, secondo la richiesta di variazione al PRG del Comune di Quattro Castella.
La tipologia di intervento proposto nella variante riguarda la realizzazione di quattro corpi edilizi in stile moderno, collegati tra di loro con spazi porticati al piano terra, di cui 1 ad un piano unico a destinazione commerciale – direzionale nell'angolo Nord-Est dell'area e tre fabbricati a tre piani a destinazione commerciale al piano terra con sovrastanti due piani a civile abitazione. Si prevedono inoltre piani interrati e servizi box.

2.2 Analisi documenti e cartografia

Dal PTCP della provincia di Reggio Emilia "Zone, Sistemi ed Elementi della tutela Paesistica – P5a 200SE" alla scala 1:25000 (Fig. 2) nella quale si nota che l'area non ricade all'interno di vincoli. le strade che delimitano l'area risultano classificate come "Tutela delle risorse storiche e archeologiche" ed in particolare come "Viabilità storica (art. 51)" e come "Viabilità panoramica (art. 55)".

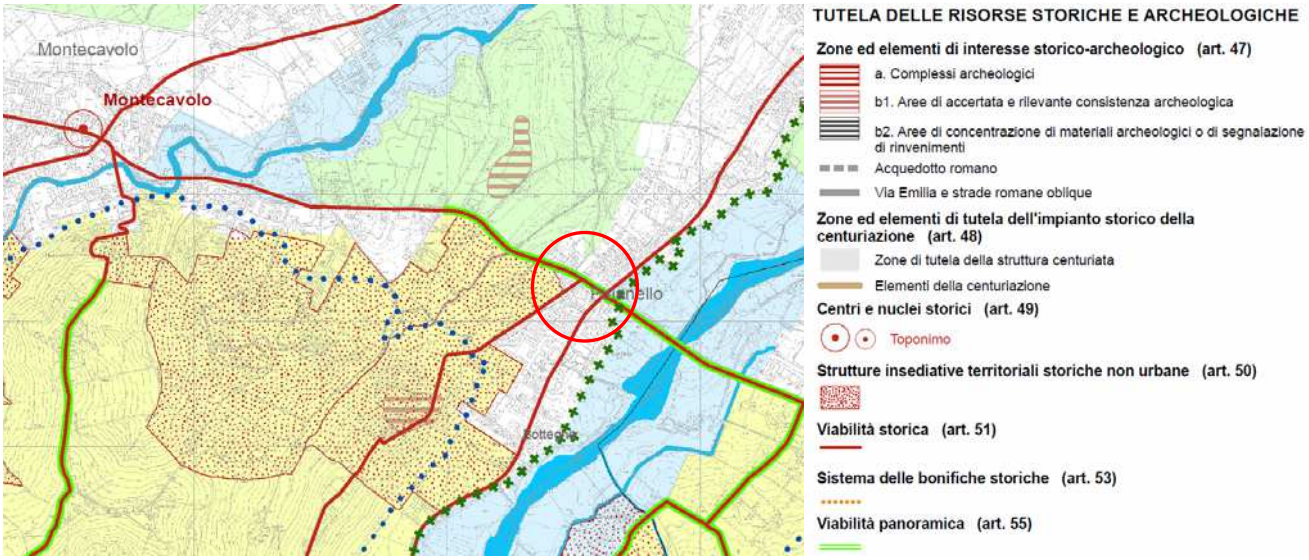


Figura 2: *Estratto del PTCP della Provincia di Reggio Emilia "Zone, Sistemi ed Elementi della tutela paesistica – P5a 200SE" alla scala 1:25000*

L'art. 51 "*Viabilità storica"* prescrive:

1. *La viabilità storica è definita dalla sede storica dei percorsi, comprensiva degli slarghi e delle piazze, nonché dei relativi elemrenti di perinenza e di arredo ancora presenti.*
2. *Il presenza Piano attribuisce agli elementi di cui al comma 1 interesse storico-testimoniale e ne persegue la tutela e valorizzazione, da attuarsi attraverso:*
   a) *Il mantenimento e il ripristino dei tracciati e delle relazioni con le componenti storiche e/o paesaggistiche;*
   b) *L'utilizzo dei percorsi per la fruizione dei luoghi, anche turistico-culturale;*
   c) *La conservazione degli elementi di pertinenza e di arredo.*
3. *Il presente Piano contiene nella tav. 5a l'individuazione della viabilità storica alla scala territoriale e stabilisce al successivo comma 6 i criteri generali di tutela, articolandoli in base alla funzione assunta attualmente dai tracciati storici.*
4. *D. I Comuni in sede di PSC o di varianti di adeguamento al presente Piano verificano ed integrano alla scala locale le individuazioni di cui al precedente comma 3, al fine di articolare in base all'importanza storica, alle attuali caratteristiche e funzione svolta dei diversi elementi, opportune discipline con riferimento alle direttive di cui al successivo comma 6.*

5. *P. L'individuazione operata dai Comuni nell'ambito degli strumenti di cui al comma precedente costituisce adempimento di cui all'art. 24 comma 1 del PTPR, nelle more di tali adempimenti sono permessi solo gli interventi che non alterino il tracciato e gli elementi di pertinenza storici della viabilità storica individuata nella tav. 5a del presente Piano.*
6. *D. La viabilità storica deve essere sottoposta a specifica disciplina in conformità alle seguenti direttive:*
   a) *La sede storica dei percorsi non può essere soppressa né, sedi proprietà pubblica, privatizzata o comunque alienata o chiusa salvo che per motivi di sicurezza e di pubblica incolumità; devono essere inoltre salvaguardati gli elementi di pertinenza i quali, se di natura puntuale (quali pilastrini, edicole e simile), in caso di modifica o trasformazione dell'asse viario, possono anche trovare differente collocazione in coerenza con il significato e la funzione storicamente consolidata.*
   b) *Per la viabilità dell'impianto storico tuttora in uso nella rete della mobilità veicolare, che svolga attualmente funzioni di viabilità principale o secondaria o di scorrimento o di quartiere, come definite ai sensi del Codice della Strada. In caso di modifiche e trasformazioni, sia del tracciato che della sede stradale, deve essere tutelata la riconoscibilità dell'assetto storico attraverso il mantenimento percettivo del tracciato e degli elementi di pertinenza.*
   c) *Per la viabilità d'impianto storico tuttora in uso nella rete della mobilità veicolare, che svolga attualmente funzioni di viabilità locale, come definita ai sensi del Codice della Strada, deve essere tutelato l'assetto storico ancora leggibile, sia fisico che percettivo e ne va favorito l'utilizzo come percorso per la fruizione turistico-culturale del territorio rurale, nonché ne va salvaguardata e valorizzata la dotazione vegetazionale (filari di alberi, siepi). In particolare, sono da evidenziare allargamenti e snaturamenti della sede stradale ed in caso di necessità di adeguamento del tratto viario alle disposizioni del Codice della Strada, sono da preferire soluzioni alternative alla'allargamento sistematico della sede stradale, quali la realizzazione di spazi di fermata, "piazzole", per permettere la circolazione in due sensi di marcia alternati.*
   d) *Riguardo alla rete dei percorsi non utilizzati per la mobilità veicolare ed aventi uno spiccato interesse storico o paesaggistico, devono essere salvaguardati i tracciati dei percorsi e gli elementi di pertinenza ancora leggibili, con particolare attenzione ai tratti soggetti al pericolo di una definitiva scomparsa, e deve essere perseguito il recupero complessivo della funzionalità e significato della rete, da valorizzare per itinerari di interesse paesaggistico e storico-culturale. Tali percorsi non devono essere alterati nei loro elementi strutturali storici (andamento del tracciatp, sezione della sede, pavimentazione, elementi di pertinenza) e se ne deve limitare l'uso, ove possibile, come percorso alternativo non carrabile.*
   e) *In tutti i casi in cui alle lett. b), c), d), i tratti di viabilità storica ricadenti nei centri storici, o nelle loro aree di integrazione storico-paesaggistica, devono essere regolati dalla disciplina prevista per le zone storiche, con particolare riferimento alla conservazione della sagoma dei tracciati, nonché degli elementi di pertinenza meritevoli di tutela.*

L'art. 55 "*Viabilità panoramica"* prescrive:

1. *D. Il presente Piano individua la viabilità panoramica della tav. P5a. I Comuni in sede di PSC o di varianti di adeguamento alle disposizioni del presente Piano dovranno verificare, aggiornare ed integrare le individuazioni del presente Piano, al fine di assegnare in funzione dell'interesse paesaggistico svolto, su quale di questi tratti articolare opportune discipline con riferimento alle direttive di cui al successivo comma 3.*
2. *D. la localizzazione operata dai Comuni nell'ambito degli strumenti di cui al comma precedente costituiscono adempimento di cui all'art. 24 comma 2 del PTPR. Nelle more di tali adempimenti valgono le direttive di cui al successivo comma 3.*
3. *D. Al di fuori del perimetro del territorio urbanizzato individuato dai Comuni ai sensi dell'art. 28 comma 2 della LR 20/2000:*
   a) *vanno evitati gli interventi che limitino le visuali di interesse paesaggistico. In cui particolare va evitata l'edificazione di nuovi manufatti edilizi ai margini della viabilità panoramica, ovvero va condizionata a particolari limitazioni, quali quelle relative alle altezze, alla sagoma, agli allineamenti, sul lato a favore di veduta panoramica, o su entrambi i lati nel caso di doppia veduta;*
   b) *si devono promuovere interventi di valorizzazione della viabilità panoramica con particolare riguardo alla realizzazione di attrezzature di supporto quali parcheggi ed aree per la sosta. Le aree di sosta esistenti, attrezzate o attrezzabili come punti panoramici, non possono essere soppresse o chiuse, salvo che per motivi di sicurezza e di pubblica incolumità;*
   c) *vanno evitate le installazioni pubblicitarie con eccezione delle targhe, dei cartelli e di tutta la segnaletica direzionale e informativa d'interesse storico turistico.*

Dal PRG del Comune di Quattro Castella "TAV. 8H PROGETTO – Viabilità e zonizzazione" alla scala 1:2000 (Fig. 3) l'area oggetto di studio ricade all'interno delle "Zone omogenee "B" (Art. 37 della Leg. Reg. 47/78 mod.)", in particolar modo nella "Zona B5 – Residenziale di completamento di tipo "A" (art. 20.6)".
Inoltre il sito risulta l'interno delle "Perimetro delle aree dichiarate di notevole interesse pubblico di cui al DM 1/8/85 e successivo D.L.GS. N° 42 del 22/1/2004.

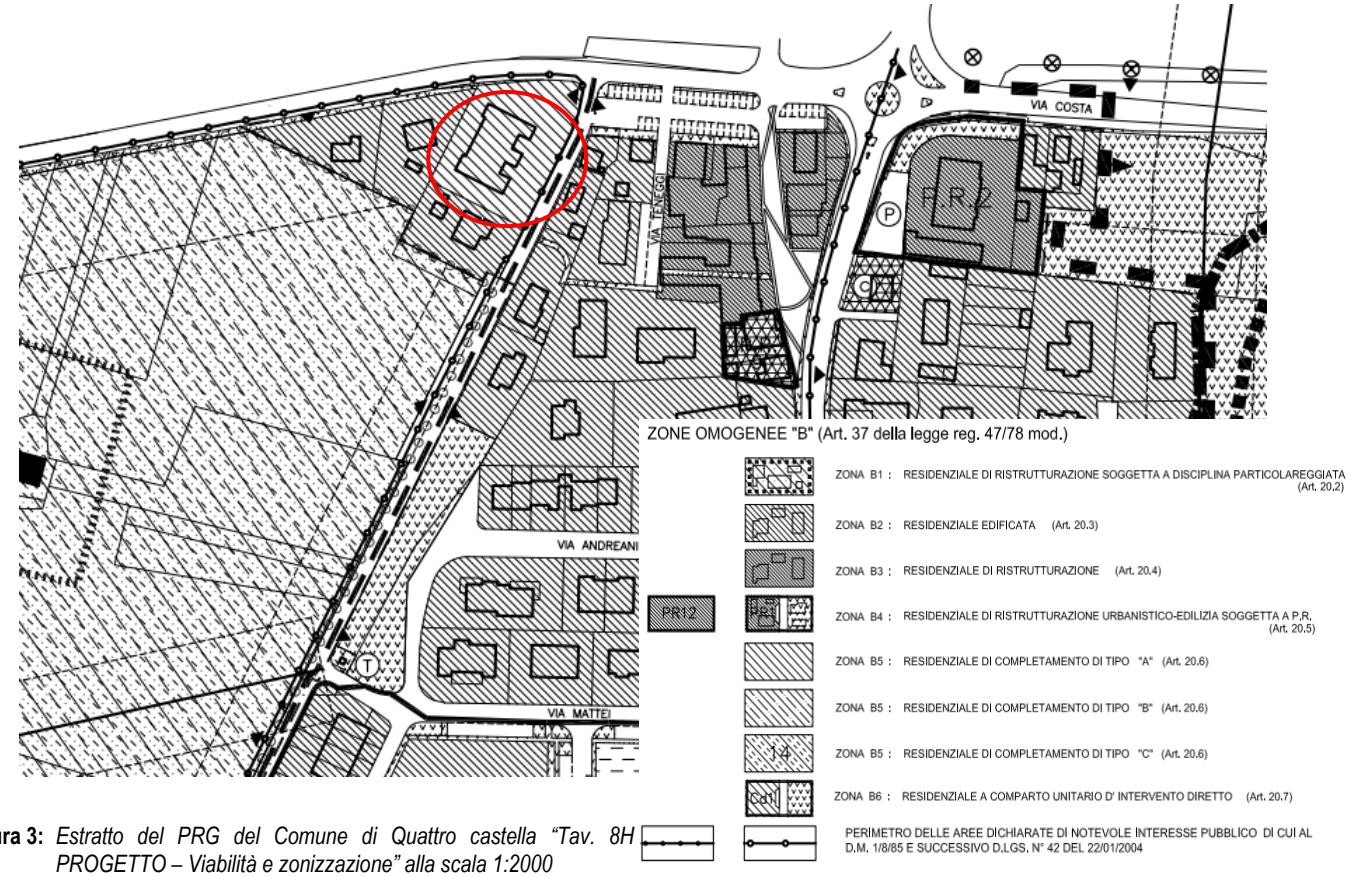


Figura 3: *Estratto del PRG del Comune di Quattro castella "Tav. 8H PROGETTO – Viabilità e zonizzazione" alla scala 1:2000*

L'art. 20.6 "*Zona "B5" residenziale di completamento"* prescrive:

1. *Tale zona coincide con i lotti di ridotte dimensioni interclusi ovvero immediatamente contigui al tessuto insediativo consolidato, in edificati alla data di adozione del PRG in variante generale, facilmente allacciabili alle reti tecnologiche generali e all'impianto urbanizzativo esistente.*
2. *Le destinazioni d'uso ammesse sono quelle prevalentemente residenziali di cui all'art. 20..*
3. *Gli interventi consentiti sono quelli di nuova costruzione di case singole, abbinate, a schiera e di piccoli condomini da attuarsi per intervento diretto nel rispetto degli indici e delle prescrizioni di seguito riportati:*
    a. *S.m.=superficie minima di intervento : 600 Mq ovvero superficie del lotto esistnete alla data di adozione del presente PRG qualore la stessa fosse inferiore;*
    b. *I.f = -1,5 per le zone residenziali di completamento di tipo "A";*
    -0,8 per le zone residenziali di completamento di tipo "B";
    - quello risultante dai progetti d'intervento per i lotti di completamento di tipo "C" a volumetria definita secondo quantità massime di volume utile riportate per ciascun lotto o gruppi di lotti nella tabella allegata in calce al presente articolo, in conformità alla corrispondente numerazione d'ordine evidenziata sulle tavole di zonizzazione del PRG
    È fatto salvo, per edifici già ultimati, il mantenimento dell'indice fondiario esistente, ove questo risulti superiore a causa di modifiche apportate al PRG dopo l'ultimazione della costruzione dell'edificio, nel solo caso di interventi finalizzati all'incremento della dotazione di spazi di servizio alla residenza ai piani terra, seminterrato, interrato.
    c. *Q = (rapporto copertura): massimo 35% della Sf;*
    d. *H max = ml 8,50; ml 7,50 nei lotti n.° 59 e 60 e 64 – 65 – 68; h.max 5,50 ml nel lotto residenziale sito a Montecavolo nell'area censita al foglio 17 mappale 66.*
    e. *Np = numero massimo di piani abitati = 2;*
    e.1) dimensione degli alloggi = per i lotti di completamento di tipo "A" e "B" la dimensione media degli alloggi non potrà essere inferiore a 85 mq di superficie utile per intervento edilizio eccetto in caso di "rinnovo" di titolo abitativo edilizio rilasciato anteriormente alla data di adozione della 32^ Variante parziale al PRG (06/09/2006), in tal caso resta confermato quanto risultante dal titolo edilizio originario ed eventuali varianti;
    e.2) numero degli alloggi = per i lotti di completamento di tipo "C" quelli riportati nella tabella allegata in calce al presente articolo in conformità alla corrispondente numerazione d'ordine evidenziata sulle tavole di zonizzazione del PRG

eccetto in caso di "rinnovo" di titolo abitativo edilizio rilasciato anteriormente alla data di adozione della 32^ Variante Parziale al PRG (06/09/2006), in tal caso resta confermato quanto risultante dal titolo edilizio originario ed eventuali viarianti.

f. *V.I. = > = 0,5;*
g. *Distanza minima dai confini = 5 metri, fatta salva, comunque, la prevalenza dell'indicazione grafica di un diverso, anche se più ridotto, limite di arretramento dal confine di zona tramite le linee di arretramento dell'edificazione;*
h. *distanza minima dai fabbricati = 10 m;*
i. *distanza minima dalle strade e dalle zone d'acqua: limiti di arretramento dell'edificazione riportati sulle tavole di PRG oppure 5 m in mancanza di limiti di arretramento cartografici;*
l. *Aree di U1 = parcheggi pubblici o di uso pubblico nella misura minima di 20 mq/100mq di SU residenziale + quote di cui all'art. 5 per le eventuali destinazioni extraresidenziali;*
m. *Opere di U1 = quelle mancanti o carenti nello stato di fatto e quelle eventualmente prescritte nel titolo abilitativo;*
n. *Parcheggi inerenti le costruzioni e autorimesse private = quelli prescritti all'Art. 5;*
o. *Spazi permeabili del lotto = minimo 30% della Sf.*

4. *Quando i lotti di completamento individuati nel PRG siano "contermini" a superfici appartenenti alle medesimi proprietà e classificate a zone omogenee "G" dal medesimo PRG, l'attuazione degli interventi ammessi è subordinata alla stipula di un atto unilaterale d'obbligo con il quale l'interessato si impegni a cedere all'Amministrazione i terreni di proprietà confinanti con la zona d'intervento e classificati come zona omogenea "G", nonché a realizzare a propria cura e spese i parcheggi e le opere di urbanizzazione eventualmente mancanti o carenti nello stato di fatto.*

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

3.1 Inquadramento geologico

Il contesto geologico dell'area in esame vede la presenza di un substrato appartenente alle "Successione neogenico – quaternaria del margine appenninico padano" ed in particolare il "Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore" e al "Subsintema di Ravenna".

In accordo con la stratigrafia regionale "*Carta geologica dell'appennino emiliano-romagnolo a scala 1:10000 edizione 2011 – Rilevamento geologico originale eseguito alla scala 1:10000 negli anni 1982/1996. Aggiornamento delle unità geologiche al 2005 e parziale aggiornamento delle coperture al 2011*" alla Sezione 200150 denominata VEZZANO sul CROSTOLO rappresentata in Fig. 4, sono stati individuati:

Successione neogenico – quaternaria del margine appenninico padano

AES Sintema Emiliano Romagnolo Superiore: Unità alluvionale da grossolana a fine con alla base una superficie di discontinuità nel margine appenninico e nell'alta pianura, passante a una superficie di continuità nel sottosuolo della pianura, su AEI.. (*Plicene inf. - Pleistocene inf.?*)

AES8 Subsintema di Ravenna: fiumi principali. A tetto suoli a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente fino a 150 cm e parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno. Nell'alta pianura su AES7b (affiorante solo in cave). Potenza fino a oltre 20 m. *(Olocene (età radiometrica della base: 11.000 - 8.000 anni).)*

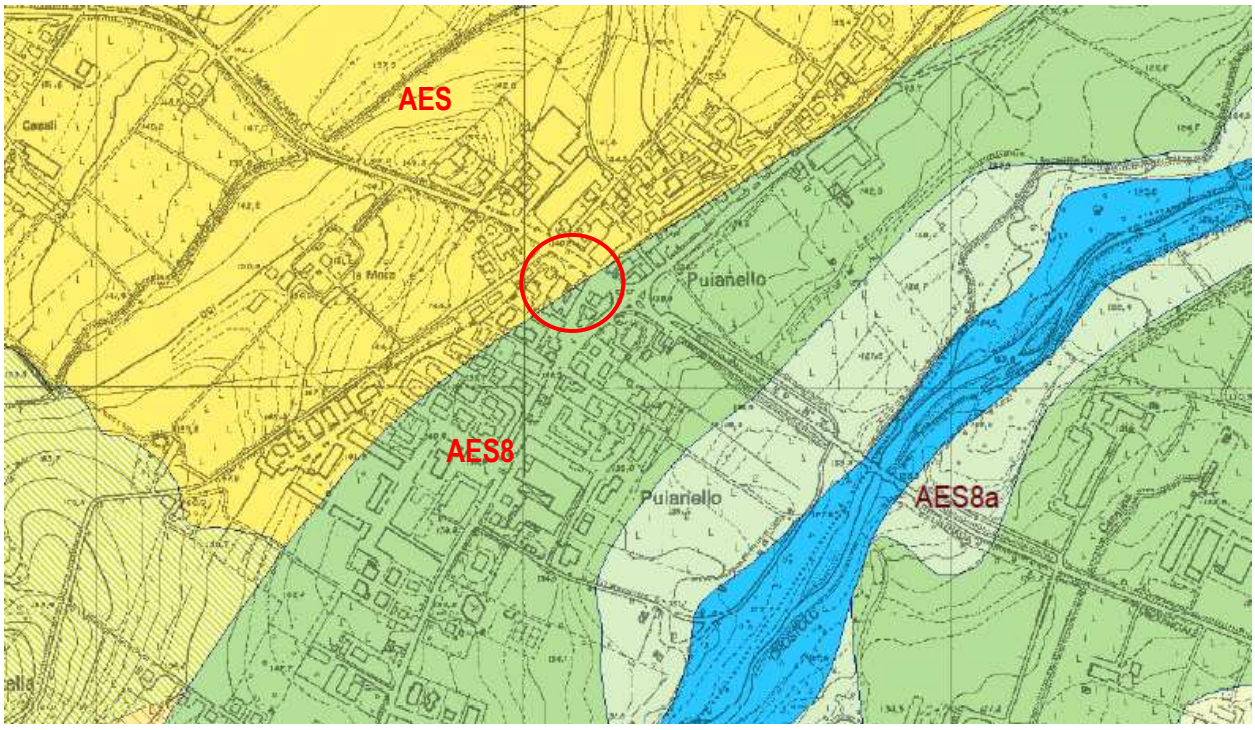


Figura 4: *Estratto della "Carta geologica dell'appennino emiliano-romagnolo a scala 1:10000 edizione 2011 – Rilevamento geologico originale eseguito alla scala :10000 negli anni 1982/1996. Aggiornamento delle unità geologiche al 2005 e parziale aggiornamento delle coperture al 2011" alla sezione 200150 denominata Vezzano sul Crostolo*

Dal punto di vista geomorfologico, l'area oggetto di studio è situata nella zona più sommitale dei terrazzamenti fluviali del torrente Crostolo. L'area risulta fortemente antropizzata.
Non si individuano fenomeni di instabilità, visto anche la bassa inclinazione del lotto inferiore a 10°.

Dal punto di vista idrologico il sito è situato in sinistra idrografica del Torrente Crostolo, che scorre a poche centinaia di metri più ad est. Nel mese di Marzo 2013 in concomitanza della campagna di indagini non è stata rilevata la presenza della falda all'interno del volume di terreno indagato.

4. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

Data l'attuale fase di progettazione, per la stesura di tale relazione geologica, sono stati presi in considerazione dati bibliografici e dati ottenuti da un'appropriata indagine geologica eseguita nel Marzo 2014 durante le quali sono state eseguite le seguenti indagini:

- n.° 1 prove penetrometrica statica (CPT);
- n.° 1 indagine sismica tipo MASW;
- n.° 1 indagine sismica a rifrazione (RIFRA)

L'ubicazione delle indagini è riportata in figura 5.

Figura 5: *Ubicazione indagini.*

4.1 Indagini geognostiche

4.1.1 Prova Penetrometrica Statica (CPT)

In data 5 Marzo 2014 è stata eseguita n.° 1 prova penetrometrica statica (CPT), realizzate mediante penetrometro statico tipo Tecnotest autoancorante montato su camion FIAT PC90 4x4, con spinta nominale di 20 ton, e impiegando per le prove una punta meccanica tipo "Begemann" (Fig. 6) con le seguenti caratteristiche:

- diametro della punta 3,6 cm;
- angolo della punta 60°;
- superficie della punta 10 cm^2;
- superficie del manicotto 150 cm^2.

Figura 6: *Punta meccanica tipo "Begemann"*

Nella seguente tabella (tabella 4.1) è riportata la profondità della CPT e la relativa profondità della falda rilevata.

Prova n.°	**Profondità prova** (m. da p.c.)	**Preforo** (m.)	**Profondità falda** (m. da p.c.)
CPT1	7,80 m.	assente	assente
CPT2	7,00 m.	0,80 m	assente

Tabella 4.1: Prove CPT

La prova è stata eseguita secondo la procedura standard, ovvero attraverso l'infissione della punta meccanica a velocità costante di 2 cm/s, e lettura della resistenza alla penetrazione alla punta Rp e dell'attrito laterale Rl ogni 20 cm. (Allegato 1).
Nei tabulati di calcolo (Allegato 1) riferita alla prova, sono riportati i valori misurati ogni 20 cm. della resistenza penetrometrica alla punta (Rp) espressi in kg/cm^2, i valori della resistenza laterale locale (Rl), espressi in kg/cm^2, nonché i valori tra il rapporto tra la resistenza alla punta e la resistenza laterale locale (Rp/Rl).

Nel diagramma penetrometrico nell'Allegato 1 sono riportate le due curve:

- a sinistra, la curva della resistenza penetrometrica alla punta (Rp: pressione di rottura del terreno), espressa in kg/cm^2;
- a destra, la curva della resistenza penetrometrica laterale (Rl: resistenza laterale del terreno), espressa in kg/cm^2.

Dalla prova penetrometrica viene effettuata una valutazione litologica dei terreni attraversati mediante Begemann (Rp/Rl) e Schmertmann (Rp-Rl/Rp).

L'indagine ha permesso di definire i seguenti parametri geotecnici dei terreni attraversati:

- determinazione della natura dei terreni e dei loro rapporti stratigrafici,
- peso di volume (efficace) del terreno (δ);
- tensione verticale geostatica (efficace) del terreno σ_{vo}';
- coesione non drenata dei terreni con comportamento coesivo (limi e argille) o prevalentemente coesivo (c_u);

- angolo di attrito interno dei terreni con comportamento attritivo (ghiaie e sabbie) o prevalentemente attritivo (φ);
- grado di sovraconsolidazione (per terreni coesivi) (OCR);
- determinazione del modulo elastico(M_o).

Tali parametri geotecnici vengono riportati nell'Allegato 2.

4.1.2 Indagine sismica tipo MASW

In base alle norme tecniche per le costruzioni del DM 14 gennaio 2008 (ex DM 14/09/2005), in data 5 Marzo 2014, in accordo con la Committenza, è stata eseguita una prova geofisica tipo MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Wave*, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999), una per sponda sul "Cavo Vettabbia", al fine di stimare le Vs30 del sito oggetto di studio.
Tale indagine è stata condotta per raggiungere i seguenti obiettivi:

- ricostruire la geometria delle unità litotecniche (definire gli spessori delle coperture e delle principali unità litotecniche, definire le geometrie dei corpi che possono essere sede di movimenti franosi)
- caratterizzare con la velocità delle onde S, le unità litologico-tecniche.

Il MASW (Park et al., 1999) è stato sviluppato in parte per superare le difficoltà dell'applicazione del SASW in ambienti rumorosi. La tecnica che prevede la registrazione simultanea (in questo caso l'energizzazione è prodotta da una massa battente di almeno 8-10 Kg) di 12 o più canali (separati da 0,5m a 10m), fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalora la veridicità.
Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale, previsto dal metodo, permette inoltre di distinguere e evidenziare, durante l'analisi, le onde di Rayleigh presenti nel record che, normalmente, sono caratterizzate da un'elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale, "overtone analysis", produce un grafico Velocità di fase-frequenza in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle Vs per successiva inversione 1-D.
La tecnica permette inoltre di eseguire misure ripetute spostandosi nella direzione di allineamento per risalire ad un profilo bidimensionale che evidenzia le variazioni laterali delle Vs. risoluzione.

Strumentazione impiegata
Entrambe le acquisizioni sono avvenute tramite sismografo a 24 canali (PASI 16SG24 N) collegata a geofoni verticali a frequenza propria di 4,5 Hz, con spaziatura tra i geofoni di 1,5 m., durata di acquisizione di 1 sec. Con passo di campionamento di 0,25 ms.
Dato l'utilizzo di 12 geofoni, è stata effettuata una doppia acquisizione e i due dataset (da 12 tracce ciascuna passo 3,0 m.) sono state sommate per ottenere un unico dataset che "simula" un'acquisizione a 24 tracce con passo 1,5 m..
Per ottenere questo risultato la sorgente è stata spostata (allontanata) di una lunghezza pari a metà della distanza intergeofonica (ed i geofoni restano immobili), come riportato in Fig. 7.

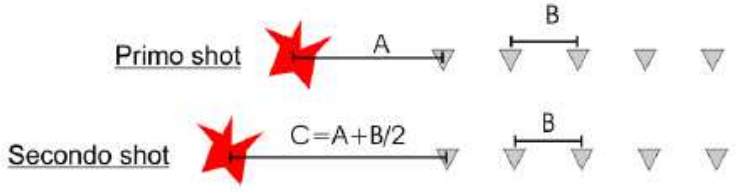


Figura 7: *Metodo per la somma di un dataste.*

L'energizzazione, realizzata a distanze di 5,00 m., 6,50 m., 8,00 m. e 9,50 m. dal primo geofono, è stata ottenuta con una massa battente di 10 kg.

I dati acquisiti sono stati elaborati mediante software winMASW 4.3 Standard, per ricostruire il profilo della velocità delle onde di taglio Vs.

RISULTATI DELL'INDAGINE MASW1

Elaborazione

I dati acquisiti (Fig.8) sono stati elaborati mediante software winMASW 4.3 Standard, per ricostruire il profilo della velocità delle onde di taglio Vs.

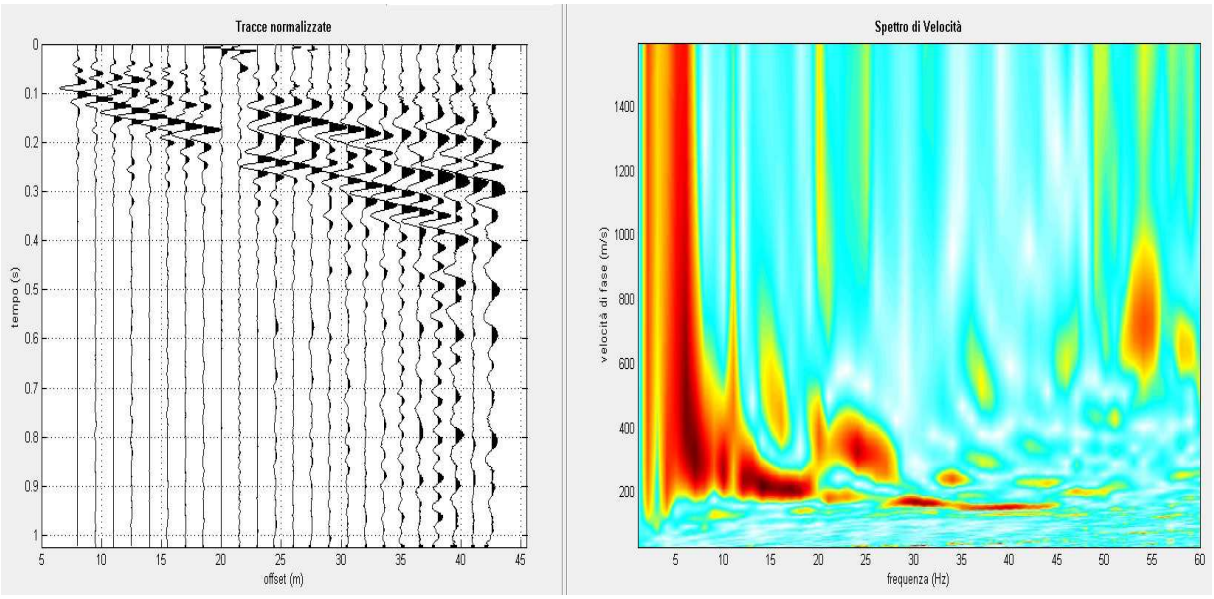


Figura 8: *Tracce normalizzate e spettro di velocità.*

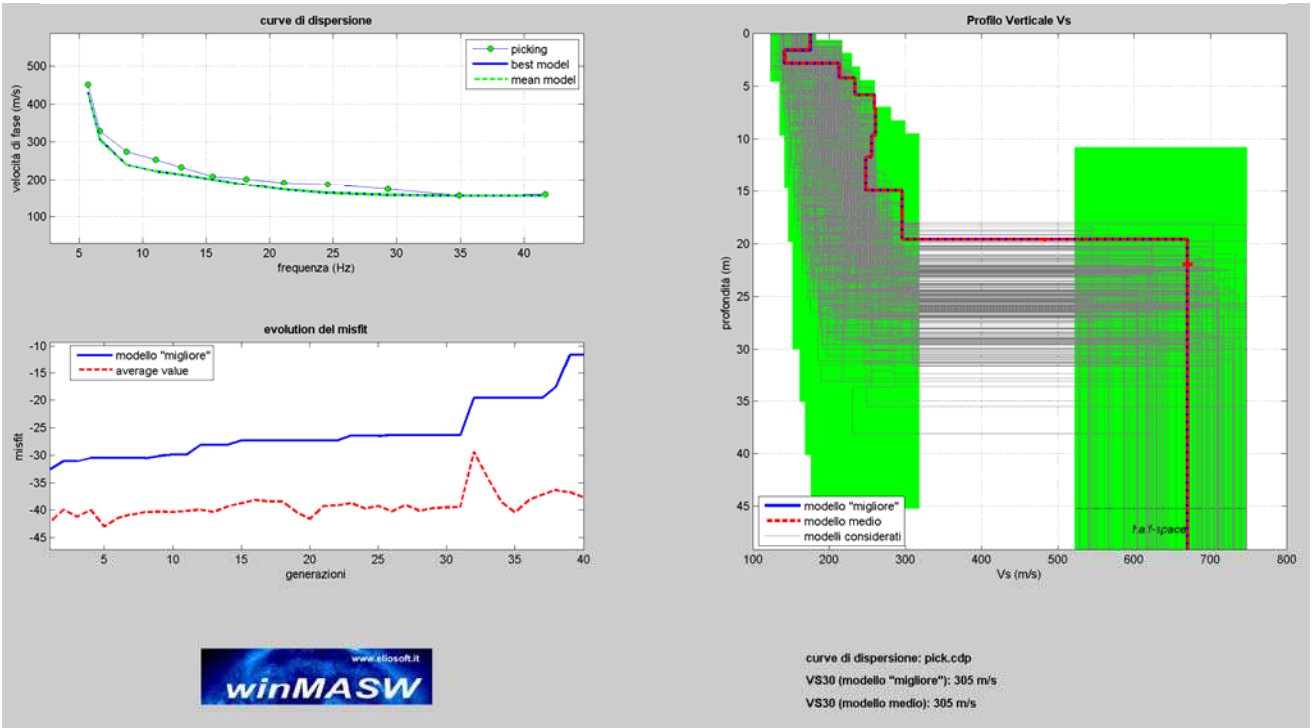
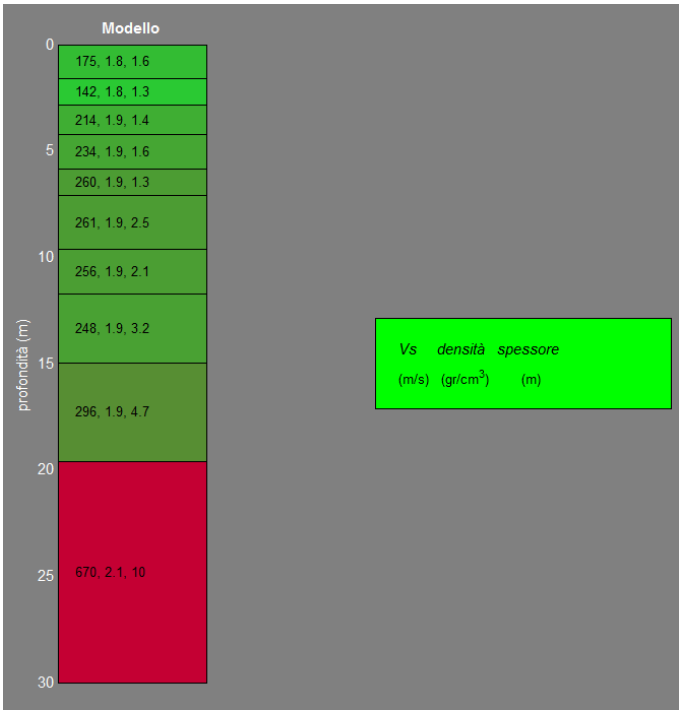


Figura 9: *Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale Vs identificato. In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici –Dal Moro et Al., 2007).*

Dall'esame del grafico sottostante si possono fare le seguenti osservazioni:



- fino a 2,9 m. dal p.c. presenza di materiale con velocità di Vs attorno a 140 m/s e densità di 1,8 g/cm^3;
- tra 2,9 e 5,9 m. dal p.c. presenza di materiale con velocità di Vs di 230 m/s e densità di 1,9 g/cm^3;
- tra 5,9 e 15,0 m. dal p.c. presenza di materiale con velocità di Vs di 260 m/s e densità di 1,9 g/cm^3;
- tra 15,0 e 19,7 m. dal p.c. presenza di materiale con velocità di Vs di 296 m/s e densità di 1,9 g/cm^3;
- da 19,7 m. dal p.c. presenza di materiali con velocità di 670 m/s e densità di 2,1 g/cm^3;

Il valore di **Vs30** calcolato è di **305 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna).
Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 14 gennaio 2008) il sito in esame rientra quindi nella ***categoria di suolo C*** corrispondenti a - *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).*

4.1.3 Indagine sismica a rifrazione (RIFRA)

Nella prospezione sismica a rifrazione si sfrutta la velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P o "di compressione") che sono le più veloci, rispetto alle onde elastiche o trasversali (onde SH o "di taglio"), per determinare spessori e andamento dei livelli presenti. Tali velocità di propagazione sono differenti a seconda del materiale attraversato.

La prospezione consiste nel generare un'onda sismica di compressione o di taglio nel terreno attraverso una determinata sorgente di energia (colpo di mazza o di maglio, esplosivo etc.) e nel misurare il tempo impiegato da questa a compiere il percorso nel sottosuolo dal punto di energizzazione fino agli apparecchi di ricezione (*geofoni*) seguendo le leggi di rifrazione dell'ottica (*Legge di Snell*), cioè rifrangendosi sulle superfici di separazione tra due strati sovrapposti di densità (o meglio di modulo elastico) crescente.

L'apparecchiatura necessaria per le prospezioni è costituita da una serie di ricevitori (*geofoni*) che vengono spaziati lungo un determinato allineamento (base sismica) e da un cronografo che registra l'istante di inizio della perturbazione elastica ed i tempi di primo arrivo delle onde a ciascun geofono. Così, osservando i primi arrivi su punti posti a distanze diverse dalla sorgente energizzante, è possibile costruire una curva tempo-distanza

(*dromocrona*) rappresentante la variazione del minimo percorso in funzione del tempo. Attraverso metodi analitici si ricavano quindi le velocità delle onde elastiche longitudinali (*Vp*) o trasversali (*Vs*) dei mezzi attraversati ed il loro spessore.

La velocità di propagazione delle onde elastiche nel suolo è compresa tra larghi limiti; per lo stesso tipo di roccia essa diminuisce col grado di alterazione, di fessurazione e/o di fratturazione; aumenta per contro con la profondità e l'età geologica. Sensibili differenze si possono avere, in rocce stratificate, tra le velocità rilevate lungo i piani di strato e quelle rilevate perpendicolarmente a questi. La velocità delle onde compressionali, diversamente da quelle trasversali che non si trasmettono nell'acqua, è fortemente influenzata dalla presenza della falda acquifera e dal grado di saturazione. Questo comporta che anche litotipi differenti possano avere uguali velocità delle onde sismiche compressionali (ad esempio roccia fortemente fratturata e materiale detritico saturo con velocità Vp dell'ordine di 1400÷1700 m/sec), per cui non necessariamente l'interpretazione sismostratigrafica corrisponderà con la reale situazione geologico-stratigrafica.

Il metodo sismico a rifrazione è soggetto inoltre alle seguenti limitazioni:
- un livello potrà essere evidenziato soltanto se la velocità di trasmissione delle onde longitudinali in esso risulterà superiore a quella dei livelli soprastanti (effetto della inversione di velocità);
- un livello di spessore limitato rispetto al passo dei geofoni e alla sua profondità può non risultare rilevabile;
- un livello di velocità intermedia compreso tra uno strato sovrastante a velocità minore ed uno sottostante a velocità sensibilmente maggiore può non risultare rilevabile perché mascherato dagli "arrivi" dallo strato sottostante (effetto dello strato nascosto e "zona oscura");
- aumentando la spaziatura tra i geofoni aumenta la profondità di investigazione, ma può ovviamente ridursi la precisione nella determinazione della profondità dei limiti di passaggio tra i diversi livelli individuati. In presenza di successioni di livelli con velocità (crescenti) di poco differenti tra loro, orizzonti a velocità intermedia con potenza sino anche ad 1/3 del passo adottato possono non essere evidenziati. Il limite tra due orizzonti può quindi in realtà passare "attraverso" un terzo intermedio non evidenziabile;
- analogamente, incrementi graduali di velocità con la profondità danno origine a dromocrone che consentono più schemi interpretativi. Il possibile errore può essere più contenuto potendo disporre di sondaggi di taratura e "cercando" sulle dromocrone delle basi sismiche i livelli che abbiano velocità il più possibile simili a quelle ottenute con le tarature.

IL METODO DELLA TOMOGRAFIA SISMICA

Il metodo della tomografia sismica è una tecnica di indagine che permette l'individuazione di anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche con un alto potere risolutivo, offrendo la possibilità di ricostruire anomalie e discontinuità stratigrafiche anche particolarmente complesse.
Questa tecnica fornisce l'immagine della distribuzione delle onde sismiche sotto la superficie, basate sui tempi di primo arrivo (come nella normale sismica a rifrazione) e sulla geometria di acquisizione. Si ricostruisce in tal modo un modello di velocità, che può essere migliorato attraverso successive iterazioni: la fase di calcolo si conclude quando si ha la migliore sovrapposizione fra i tempi di primo arrivo calcolati e quelli misurati.
Il processing dei dati, qui eseguito con il programma RAYFRACT, prosegue con la fase di inversione tomografica detta WET (Wavepath Eikonal Traveltime), che permette il calcolo delle traiettorie d'onda (wavepath) attraverso le soluzioni alle differenze finite dell'equazione che esprime le modalità di propagazione di un'onda in un mezzo isotropo.
Successivamente, con la fase di imaging, si otterrà con un software dedicato (SURFER 9) l'immagine della sezione tomografica.

SISTEMA DI ACQUISIZIONE

L'acquisizione dei dati in campagna è stata eseguita utilizzando un sistema composto dalle seguenti parti:

- sismografo;
- sorgente energizzante;
- trigger;
- apparecchiatura di ricezione.

SISMOGRAFO

Lo strumento utilizzato è un sistema "Combinato Sisimica + Tomografia Elettrica" fornito dalla ditta PASI Srl a 24 canali con le seguenti caratteristiche:

- Digitalizzatore a 24 bit;
- Intervallo di campionamento selezionabile da 0,016 a 2 millisec su tutti i canali;
- Lunghezza registrazione estesa fino a >65000 millisec;
- Filtri digitali in acquisizione ed in post-acquisizione;
- Sommatoria dei segnali fino ad un massimo di 10 stacks;
- Grande display LCD da 10,6";
- Scaricamento dati PC via USB;
- Sistema Windows XP;
- Formato dati SEG-2.

SISTEMA ENERGIZZANTE

Come sorgente energizzante per le onde P è stata utilizzata una mazza da 10 kg.

TRIGGER

Il trigger utilizzato consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un apparecchio starter (geofono starter, starter a lamelle, piezoelettrico od altro) nell'istante in cui il sistema energizzante (maglio, mazza etc.) colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e la produzione di un impulso della durata di qualche secondo che viene inviato al sensore collegato al sistema di acquisizione dati.

APPARECCHIATURA DI RICEZIONE

Per la ricezione delle onde P sono stati utilizzati 24 geofoni verticali PASI Srl con frequenza propria di 10 Hz.

CARATTRISTICHE DELLA PROSPEZIONE SISMICA

Il 5 Marzo 2014 è stata eseguita una campagna di indagini geofisiche costituita da n.° 1 stendimento con la generazione e registrazione di onde P. Le caratteristiche della prospezione sono riportate schematicamente di seguito:

- RIFRA1
  n.° geofoni 24 con passo intergeofonico di 2,0 m..
  Spari a 10,0 e 5,0 m. dal geofono G1, tra i geofoni G4-G5, G8-G9, G12-G13, G16-G17, G20-G21 e a 5,0 m. dal geofono G24.

Nell'Allegato 3 si riportano le sezioni tomografiche elaborate con il programma RAYFRACT, corredate dallo schema del Ray Tracing e della densità dei dati. Le tomografie offrono ovviamente una maggiore discretizzazione delle velocità rispetto alla sismica a rifrazione tradizionale, individuando in genere, per la caratteristica intrinseca dell'algoritmo di calcolo (basato sui gradienti di velocità) spessori diversi da quelli valutati utilizzando la sismica a rifrazione classica. In questo caso si osserva comunque una buona corrispondenza tra i due metodi.

4.2 Sintesi dei risultati

Il sito oggetto di studio è collocato in un'area subpianeggiante, con una leggera pendenza verso Nord-Est, in Via F.lli Menozzi e Via R. Valentini in località Puianello nel comune di Quattro in Provincia di Reggio.

Dalle indagini geognostiche eseguite si è rilevato la presenza di un ammasso argilloso nel volume di terreno indagato.
La falda è risultata assente nei fori delle prove penetrometriche, eseguite nel Marzo 2014.

Nelle figure successive si riportano le analisi statistiche delle prove penetrometriche eseguite:

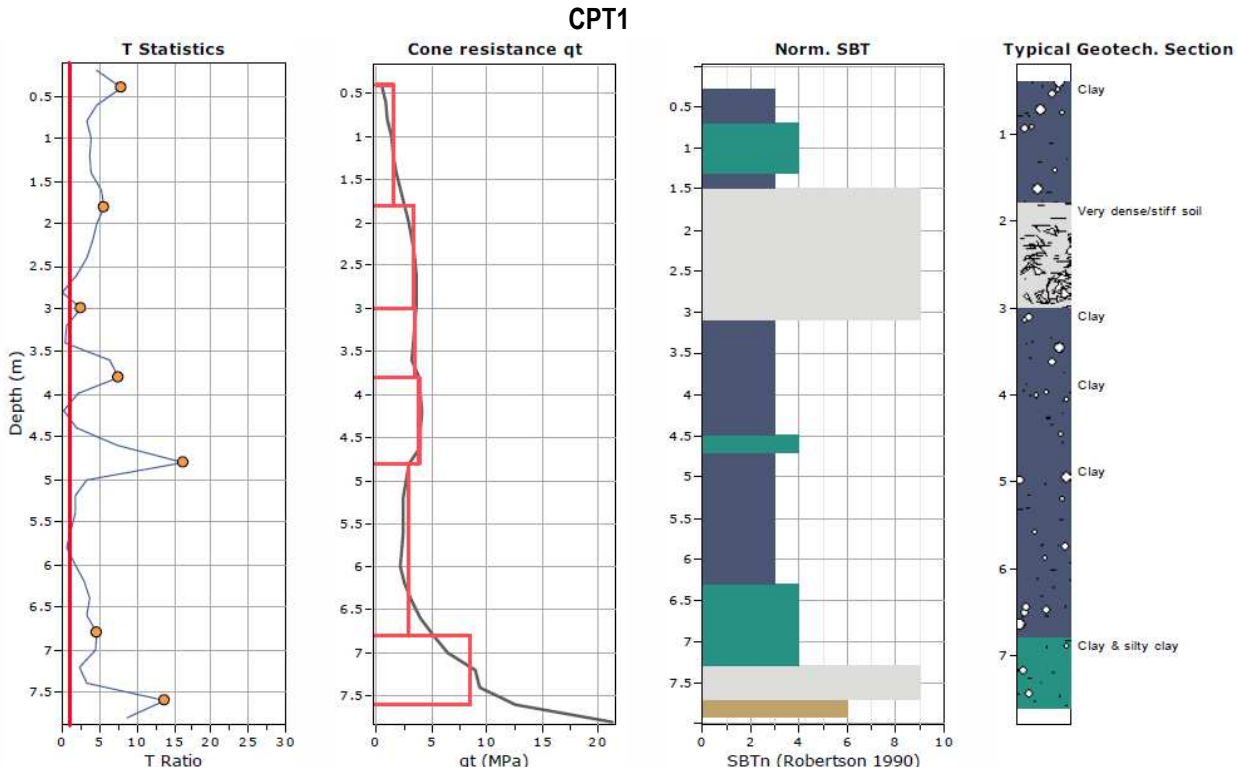


Figura 11: *Analisi statistica della CPT1 eseguita con software CPeT-IT prodotto dalla GEOLOGISMIKI*

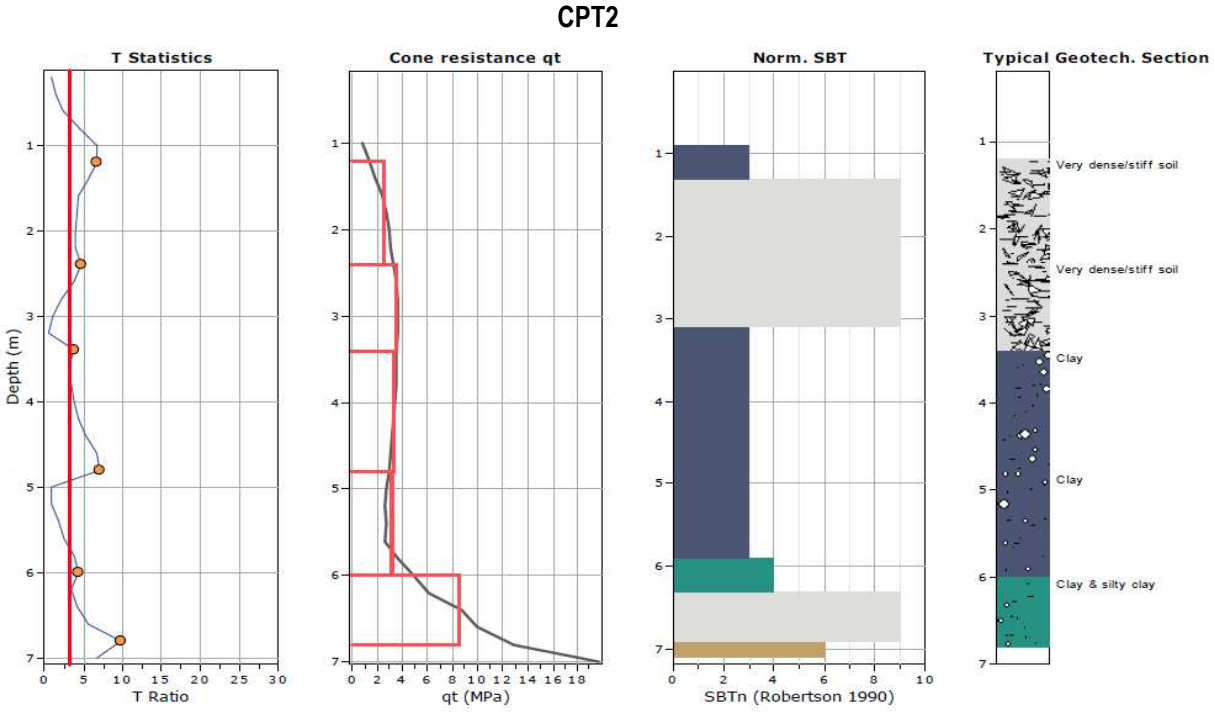


Figura 12: *Analisi statistica della CPT2 eseguita con software CPeT-IT prodotto dalla GEOLOGISMIKI*

Dall'analisi delle n.° 2 prove penetrometriche si individuano 7 differenti livelli che presentano una buona correlazione tra loro.
In corrispondenza della CPT1 si sono attraversati materiali, per tutta la lunghezza della prova, interpretabili come argille con resistenza variabile con la profondità.
In corrispondenza della sono stati attraversati materiali, interpretabili come argille ad eccezione dei primi 3,0 m. dal piano campagna nei quali sono presenti materiali addensati.
Materiali più resistenti che hanno determinato l'arresto delle prove si sono incontrati a 7,60 m. dal p.c. e a 6,0 m. dal p.c. rispettivamente in corrispondenza della CPT1 e della CPT2.
In figura 13 (Allegato 4), viene proposto il modello geologico dell'area.

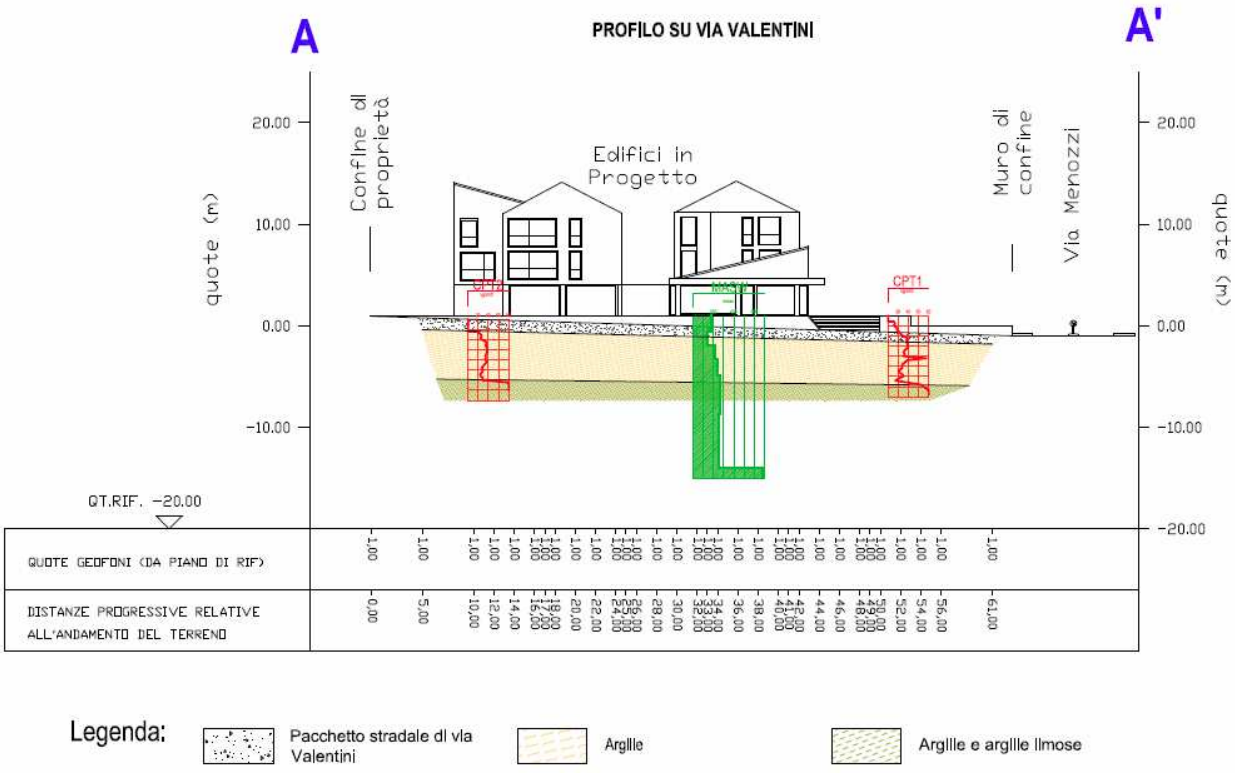


Figura 13: *Modello geologico ricavato dall'interpretazione delle prove CPT.*

4.3 Analisi degli aspetti geomorfologici e idrogeologici

L'area risulta fortemente antropizzata in quanto all'interno di un centro abitato. Il lotto oggetto di studio è delimitato da un muro di sostegno che ha di fatto ridisegnato l'originale versante caratterizzato da una lieve pendenza verso Nord-Est, rendendolo pianeggiante.
Non si individuano fenomeni di instabilità, visto anche la bassa inclinazione del lotto inferiore a 10°.

Dal punto di vista idrologico il sito è situato in sinistra idrografica del Torrente Crostolo, che scorre a poche centinaia di metri più ad est. Il lotto risulta al di fuori delle fasce di rispetto dei corsi d'acqua.

Dal PTCP della provincia di Reggio Emilia "Carta delle tutele delle acque sotterranee e superficiali –P10a 200SE alla scala 1:25000" l'area ricade all'interno delle "Zone di protezione delle acque sotterranee nel territorio di pedecollina-pianura" in particolare all'interno del "Settore B – aree caratterizzate da ricarica indiretta della falda,

generalmente comprese tra la zona A e la media pianura, idrogeologicamente identificabili come sistema debolmente compartimentato in cui alla falda freatica superficiale segue una falda semiconfinata in collegamento pre drenanza verticale" (Fig. 14).
In concomitanza delle indagini (Marzo 2014), la falda è risultata essente nel volume di terreno indagato.

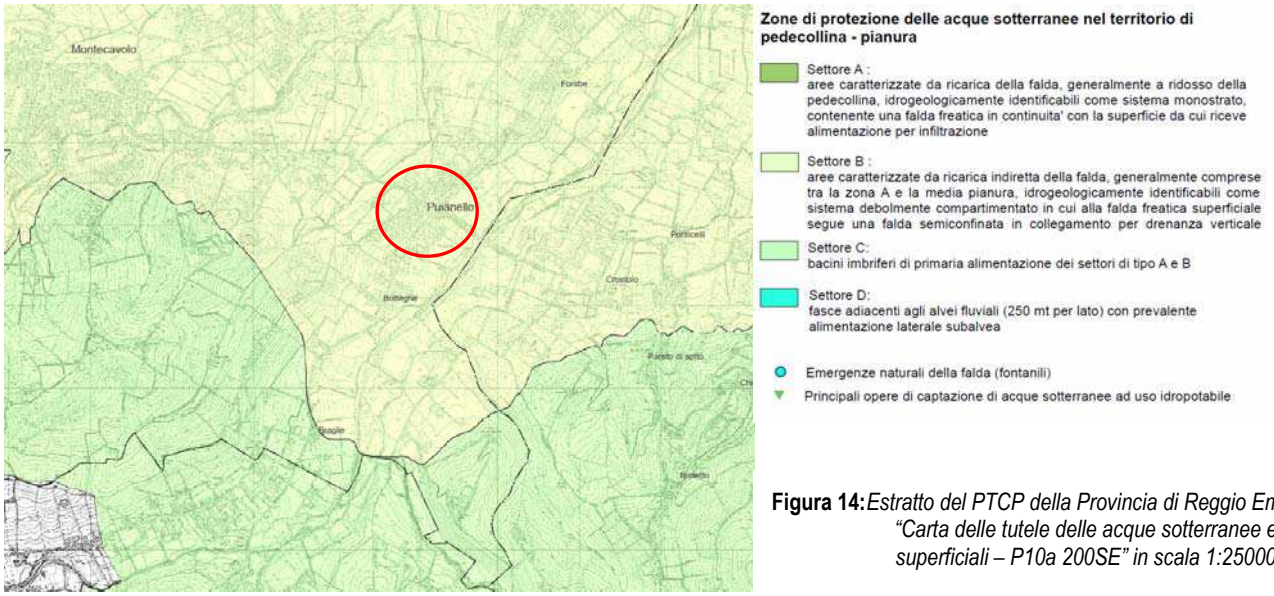


Figura 14: *Estratto del PTCP della Provincia di Reggio Emilia "Carta delle tutele delle acque sotterranee e superficiali – P10a 200SE" in scala 1:25000*

4.4 Modellazione sismica

Il sito oggetto di studio ricade è situato nell'abitato di Puianello, frazione del Comune di Quattro Castella con Codice Istat 08035030 che secondo quanto stabilito dall'Ordinanza n.° 3274 del 20/03/2003, ricade in zona simica 3.

4.4.1 Definizione delle forme spettrali

Per definire le forme spettrali definite dal DM 14.1.08 è stato utilizzato il software free SpettriWin fornito da IngegneriaSoft dal quale è possibile definire i parametri sismici.
Le coordinate del sito sono:
Latitudine: 44,626441°
Longitudine: 10,562693°

Il sito rientra nel "sito di riferimento" con coordinate riportate nella tabella sottostante:

	ID	Latitudine (°)	Longitudine (°)	Distanza (m)
Sito 1	16053	44,6480	10,5400	2997,9
Sito 2	16275	44,5980	10,5420	3564,7
Sito 3	16276	44,6000	10,6120	4891,1
Sito 4	16054	44,6500	10,6100	4573,2

Tab.4.2: Coordinate sito di riferimento

Nel sito di riferimento, si considera:

- **Tipo di costruzione (art. 2.4.1):**
  tipo 2 (Vn ≥ 50 anni): Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza;
- **Classe s'uso (art. 2.4.2):**
  classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

	Prob. Superamento (%)	Tr (anni)	ag (g/10)	$F_{0\ (adim)}$	Tc (s)
Operatività (SLO)	81	30	0,5104	2,4747	0,2500
Danno (SLD)	63	50	0,6357	2,4900	0,2600
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	1,5949	2,4118	0,2821
Prevenzione del collasso (SLC)	5	975	2,0172	2,4144	0,2921

Tab. 4.3: Parametri sismici

Nella tab. 4.3 ag è l'accelerazione orizzontale massima al sito, F_0 è il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale e Tc è il periodo di inizio tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

- **Categoria di sottosuolo (art. 3.2.2):**
  Categoria C - *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT,30 < 50 nei terreni agrana grossa e 70 < cu,30 < 250 kPa nei terreni a grana fina);
- **Categoria topografica (art. 3.2.2):**
  Categoria T1 Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media inferiore uguale a 15°
- **Rapporto h/H altezza pendio:**
  Definisce la variazione spaziale del coefficiente St; ponendo h/H=1, St assume i valori della tabella 3.2.VI; ponendo h/H= 0, St assume il valore unitario;
- **Coefficiente di amplificazione St:**
  Definito in 3.2.3.2.1 delle norme, in questa situazione pari a 1,0;
- **Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:**
  Definito in 3.2.3.2.1 delle norme, in questa situazione pari a 5%.

	Ss	Cc	S	TB	TC	TD	Fv
SLO	1,500	1,659	1,500	0,130	0,415	1,804	0,755
SLD	1,500	1,638	1,500	0,142	0,426	1,854	0,848
SLV	1,469	1,594	1,469	0,150	0,450	2,238	1,300
SLC	1,408	1,576	1,408	0,153	0,460	2,407	1,464

Tab. 4.4: coefficienti sismici

Nella tab. 4.4, Ss è il coefficiente di amplificazione stratigrafica, Cc è un coefficiente funzione della categoria di sottosuoloS è il coefficiente che tiene conto della categoria di suolo e delle condizioni topografiche ,TB è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante, TC è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, TD è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi e Fv è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno ag su sito di riferimento rigido orizzontale (art. 3.2.3.2).

In Figura 15 si riporta lo spettro di progetto agli SLV del sito oggetto di studio dove risulta come accelerazione massima orizzontale relativa agli SLV a_{max} = 0,2343 g e una accelerazione massima verticale agli SLV a_{max} = 0,2343 g

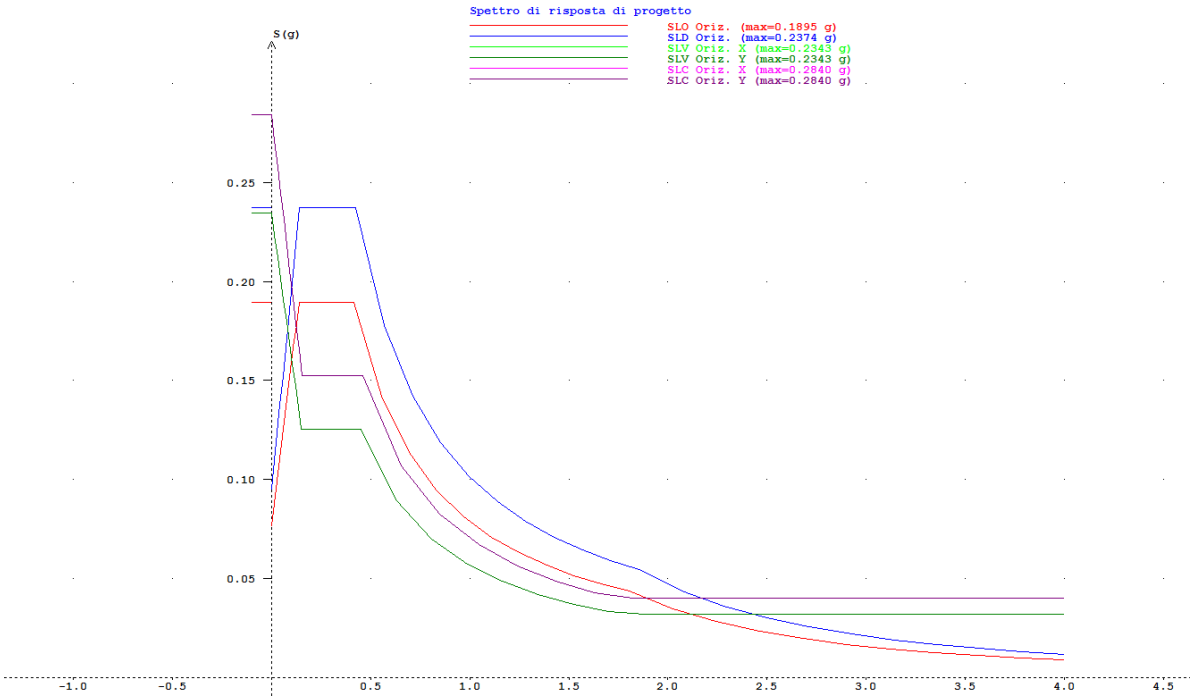


Figura 15: *Spettro di progetto del sito oggetto di studio*

4.4.2 Definizione rischio sismico

Dal PTCP della provincia di Reggio Emilia "Rischio sismico –Carta degli effetti attesi P9a 200SE" alla scala 1:25000, il sito oggetto di studio ricade all'interno della "Classe degli effetti attesi C", classe nella quale l'unico effetto atteso risulta essere l'amplificazione stratigrafica (Fig. 16).

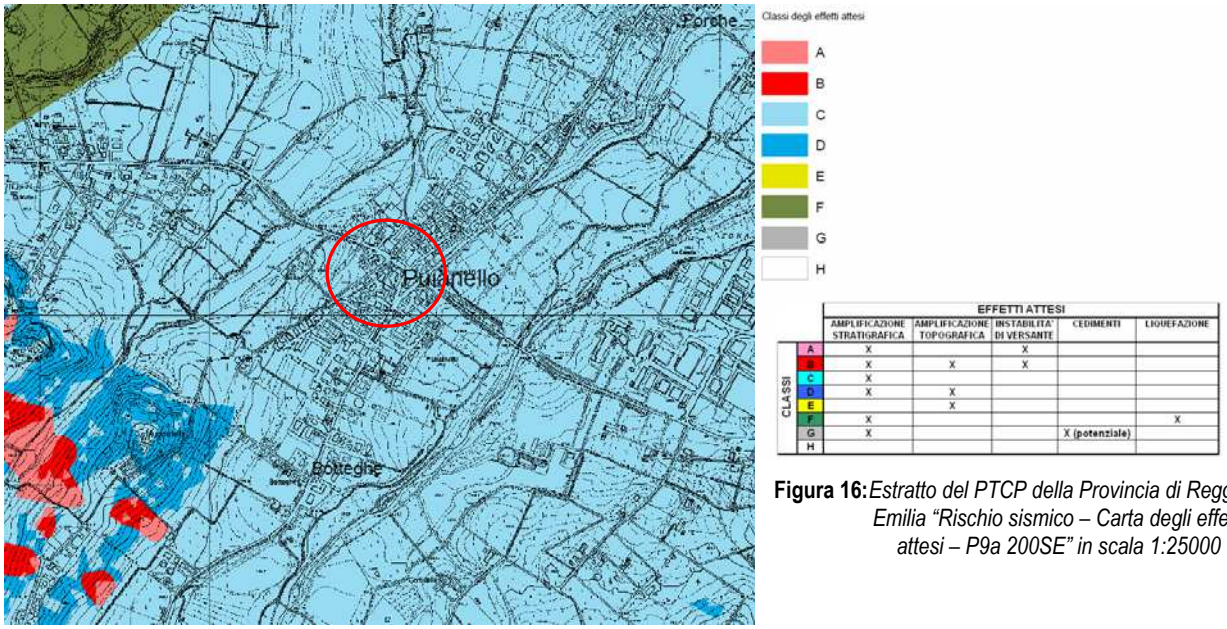


Figura 16: *Estratto del PTCP della Provincia di Reggio Emilia "Rischio sismico – Carta degli effetti attesi – P9a 200SE" in scala 1:25000*

Dal PTCP della provincia di Reggio Emilia "Rischio sismico –Carta dei livelli di approfondimento P99b 200SE" alla scala 1:25000, il sito oggetto di studio ricade all'interno del "Livello di approfondimento 2" (Fig. 17).

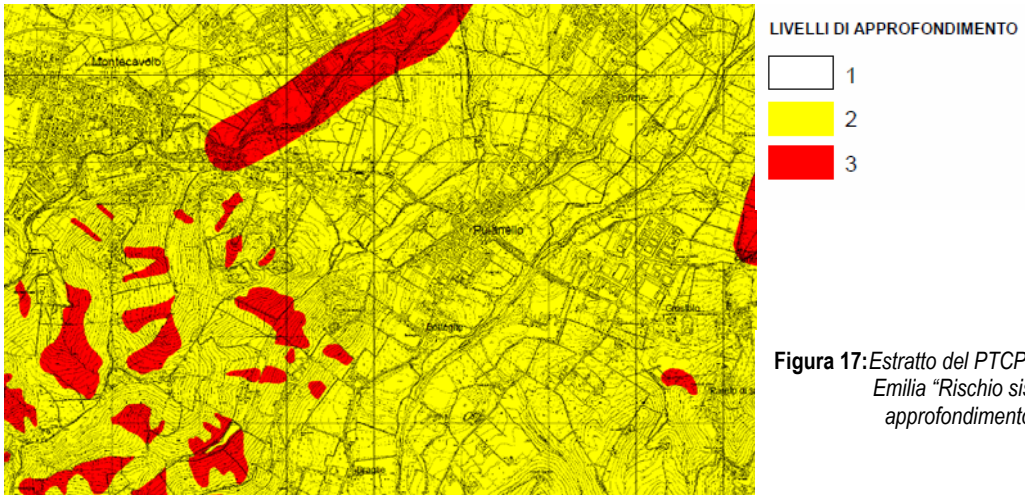


Figura 17: *Estratto del PTCP della Provincia di Reggio Emilia "Rischio sismico – Carta dei livelli di approfondimento – P9b 200SE" in scala 1:25000*

4.4.3 Risposta sismica locale

Secondo la deliberazione n.° 112 del 2 Maggio 2007, gli studi di risposta sismica locale e micro zonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda della finalità e delle applicazioni e degli scenari di pericolosità locale.
Si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione rotture del terreno, ecc.). L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta mediante elaborazione dei dati disponibili in sede di elaborazione del PTCP e del PSC, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione delle aree.
La seconda fase ha come obiettivo la micro zonazione sismica del territorio indagato con due livelli di approfondimento (analisi semplificata di 2° livello di approfondimento e analisi approfondita di 3° livello di approfondimento). L'analisi deve essere condotta almeno per le aree gia urbanizzate o oggetto di urbanizzazione, ricadenti nelle aree potenzialmente soggette ad effetti locali individuate nella 1° fase.
Nell'analisi del 2° livello verranno indagate:

- le aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub orizzontale e sui versanti stabili con acclività ≤ 15° in cui il deposito ha spessore costante, si ritiene sufficiente **un'analisi semplificata** (2° livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in situ e su prove geotecniche di tipo standard. Il numero di verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione geotecnica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;
- **un'analisi approfondita** (3° livello di approfondimento) è invece richiesta nei casi seguenti:
  - aree soggette a liquefazione e densificazione;
  - aree instabili e potenzialmente instabili;
  - aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane o di fondovalle a ridosso dei versanti;
  - aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

L'analisi approfondita richiede un significativo numero di prove geofisiche e geotecniche, sia in situ che in laboratorio, rivolte alla definizione del comportamento dei terreni sotto sollecitazione dinamica.

Per il sito oggetto di studio è sufficiente applicare l'analisi semplificata.

Dal PTCP della Provincia di Reggio Emilia *"Rischio sismico – Carta degli effetti attesi P9a 200SE"*, l'area oggetto di studio ricade in classe C, classe nella quale sono attesi effetti di amplificazione stratigrafica.
Per tale motivo la valutazione del fattore di amplificazione **FA** è stata condotta per uno scenario di amplificazione stratigrafico.

4.4.4 Analisi di secondo livello

L'analisi semplificata del secondo livello prevede la valutazione dei fattori di amplificazione FA sulla base delle velocità medie delle onde di taglio all'interno della copertura (VsH) o nei primo 30 metri dalla superficie (Vs30) calcolate secondo le seguenti formule:

$$Vs_H = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{Vs_i}} \qquad Vs_{30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{Vs_i}}$$

dove H è lo spessore totale (in metri) dei terreni di copertura o profondità del bedrock, h_i è lo spessore (in metri) dello strato i-esimo (fino al bedrock o fino alla profondità di 30 m), Vs_i è la velocità (in m/s) dello strato i-esimo (fino al bedrock o fino alla profondità di 30 m).

La Delibera dell'Assemblea legislativa progr. n.° 112 oggetto n.° 3121 del 2 maggio 2007, per un'analisi semplificata del secondo livello, propone l'utilizzo di una serie di tabelle di carattere empirico che mettono in

relazione i valori di VsH o di Vs30 con i fattori di amplificazione (FA). Nella determinazione dei valori di FA si fa riferimento a quanto contenuto ed indicato nell'Allegato A2 della suddetta Delibera Regionale Le varie Tabelle dell'Allegato A2 rispecchiano situazioni tipiche del territorio regionale, tra le quali occorre scegliere quella che meglio corrisponde al carattere dell'area di studio.

I coefficienti di amplificazione sismica ottenuti impiegando le tabelle dell'Allegato A2 permettono di calcolare i fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento. Questi fattori sono espressi sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_O) sia come rapporto tra intensità spettrali calcolate sugli spettri pseudo-velocità all'interno di due intervalli distinti:
0.1 – 0.5 sec
0.5 – 1.0 sec
La tabella di riferimento (Tab. 4.5) per la valutazione dei fattori di amplificazione FA è relativa ad una stratigrafia dell'appennino e del margine appenninico-padano, in cui il substrato marino non affiorante è caratterizzato da Vs ≤ 800 m/s (Allegato A2 della DR 112 del 2 maggio 2007)..

F.A. P.G.A.

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	2.0	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0
10	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.5	2.2	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.3	2.2	2.1	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	2.1	2.1	2.1	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	1.9	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
35	1.8	1.9	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
40	1.7	1.9	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.1s < To < 0.5s

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.6	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.6	2.5	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
25	2.4	2.6	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	2.2	2.4	2.3	2.1	1.9	1.7	1.6	1.3	1.1	1.0
35	2.0	2.2	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.1	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.5s < To < 1.0s

Vs_H / H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.1	1.0
15	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.0
20	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0
25	2.4	2.4	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0
30	2.8	2.8	2.4	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.0
35	3.0	2.9	2.7	2.1	1.7	1.6	1.5	1.3	1.3	1.0
40	3.1	3.0	2.8	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.0

Tab. 4.5: Vs30/FA in relazione al PGA ed alle Intensità Spettrali (0,1 s < T_0 < 0,5 s) e (0,5 s < T_0 < 1,0 s)

Nella stima e nell'attendibilità degli effetti litologici propri dell'area in esame, l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio Vs con la profondità ha un ruolo rilevante.
Per definire il valore di Vs si fa ricorso all'indagine geofisica eseguita nell'area oggetto di studio nel Marzo 2014, nella quale il valore di Vs30 misurato è pari a 305 m/s.

Le indagini hanno evidenziato la presenza di una copertura argillosa fino alla profondità di 6,0 – 7,0 m. dal piano campagna per passare ad argille con Vs tra 260 e 296 m/s fino a 30,0 m. e ad un substrato (probabilmente argilloso) con Vs pari a 670 m/s.

Sulla base dei valori di Vs30 misurati di 305 m/s a cui corrisponde la categoria di suolo fondazione di tipo C, si ottengono i seguenti fattori di amplificazione:

PGA	Fa = 2,0
Int. Spettrale (0,1 – 0,5 s)	Fa = 2,3
Int. Spettrale (0,5 – 1,0 s)	Fa = 2,4

4.6 Elementi di sintesi per la progettazione

I parametri caratteristici degli orizzonti attraversati, ricavati da ogni singola prova penetrometrica sono riportati nelle seguenti tabelle.
I valori caratteristici, inteso come stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato, deve essere ottenuto mediante prove di laboratorio e l'interpretazione dei risultati di prove e misure in situ, identificati come il 5° percentile della distribuzione della media campionaria secondo la relazione sotto riportata:

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

Prova CPT1

Livello	Orizzonte	Profondità (m)	Cu (kPa)	Angolo d'attrito (°)	E_{ed} (MPa)
1	Argilla	0,00 – 1,80	c_u= 72,22	-	E = 14,15
2	Terreno addensato	1,80 – 3,00	c_u= 224,26	-	E = 43,95
3	Argilla	3,00 – 3,80	c_u= 214,29	-	E = 41,99
4	Argilla	3,80 – 4,80	c_u= 232,42	-	E = 45,55
5	Argilla	4,80 – 6,80	c_u= 164,27	-	E = 32,19
6	Argilla e Argilla limosa	6,80 – 7,80	c_u= 416,81	-	E = 81,69

Tabella 4.6: *parametri caratteristici dei livelli individuati nella prova CPT1*

Prova CPT2

Livello	Orizzonte	Profondità (m)	Cu (kPa)	Angolo d'attrito (°)	E_{ed} (MPa)
1	Pacchetto stradale	0,00 – 0,80	-	-	-
2	Terreno addensato	0,80 – 2,40	c_u= 105,61	-	E = 20,70
3	Terreno addensato	2,40 – 3,40	c_u= 247,98	-	E = 47,39

4	Argilla	3,40 – 4,80	c_u= 214,14	-	E = 41,12
5	Argilla	4,80 – 6,00	c_u= 162,39	-	E = 31,82
6	Argilla e Argilla limosa	6,00 – 7,00	c_u= 390,90	-	E = 96,91

Tabella 4.7: *parametri caratteristici dei livelli individuati nella prova CPT2*

5. ANALISI DELLA PERICOLOSITA'

5.1 Problematiche e pericolosità geomorfologiche e idrogeologiche

L'area non presenta problematiche geomorfologiche, per la bassa acclività del versante.

Anche dal punto idrogeologico il sito non rientra nelle "Fasce di rispetto dei corsi d'acqua".

Infine non si prende in considerazione il problema legato al fenomeno della liquefazione dei terreni per la presenza di litologie di natura argillosa.

6. CONCLUSIONI

Sulla base di quanto rilevato nell'ambito del presente studio, le caratteristiche geologiche dei terreni permettono la realizzazione delle opere di consolidamento previste.

Il progetto prevede il recupero dell'edificio "Ex Scuola Elementare" di Puianello mediante la realizzazione di quattro corpi edilizi, collegati tra di loro con spazi porticati al piano terra, di cui 1 ad un piano unico a destinazione commerciale – direzionale nell'angolo Nord-Est dell'area e tre fabbricati a tre piani a destinazione commerciale al piano terra con sovrastanti due piani a civile abitazione. Si prevedono inoltre piani interrati e servizi box.

Sulla base dello studio condotto, il sito oggetto è collocato in un'area fortemente antropizzata in quanto risulta all'interno di un centro abitato. La presenza di muri di contenimento hanno modificato un versante originariamente con una modesta acclività (inferiore a 10°) in un lotto praticamente pianeggiante.
Non si rilevano problematiche dal punto di vista geomorfologico.
Dalle indagini geognostiche eseguite si è rilevato la presenza di un ammasso argilloso nel volume di terreno indagato (8,0 m. da p.c.), con un passaggio a litologie argillose più consistenti tra i 6,00 e i 7,5 m. dal piano campagna.
La falda è risultata assente nei primi 8,0 m. dal piano campagna nel Marzo 2014. Non si esclude variazioni anche importanti del livello piezometrico nel corso dell'anno e in concomitanza di eventi meteorici avversi.

Dal punto di vista sismico, con una velocità di Vs30 pari a 305 m/s, il sito rientra nella ***categoria di suolo C*** corrispondenti a - *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).*
Il Comune di Quattro Castella secondo quanto stabilito dall'Ordinanza n.° 3274 del 20/03/2003, ricade in zona simica 3.

In relazione all'assetto stratigrafico, l'area è interessata da una amplificazione sismica locale di tipo stratigrafico.
Seguendo le procedure suggerite dalla DR 112/2007, per il Comune di Quattro Castella si ottiene un fattore di amplificazione Fa pari a 2,3 nell'intervallo spettrale compreso tra 0,1-0,5s e di 2,4 tra 0,5-1,0 s.

Il presente studio non rileva problematiche dal punto di vista geologico per la realizzazione dell'intervento in oggetto. Le caratteristiche dei terreni consentono la realizzazione di fondazioni superficiali continue che dovranno essere accuratamente studiate in fase esecutiva

Le indagini geognostiche eseguite, in quanto "prove puntuali", rilevano la condizione all'intorno di una verticale di terreno. Tramite la correlazione di due prove attigue si può dare un'interpretazione ipotetica della conformazione del sottosuolo, la quale può essere smentita dalla presenza di irregolarità naturali o antropiche più o meno estese riscontrabili nel sottosuolo.
Si raccomanda di comunicarci con ragionevole anticipo la data d'inizio lavori, affinché si possa procedere agli opportuni sopralluoghi alla verifica delle condizioni rilevate ed escludere la presenza di un'eventuale "sorpresa geologica", da intendersi come il rinvenimento di un'anomalia obiettiva non prevista né prevedibile durante l'esecuzione delle prove o da bibliografia.

Marzo 2014

Il geologo

Dott. Fabrizio Giorgini

SUBSOIL
Via Morandi 3, - Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 – Fax. 0522/ 249540

ALLEGATI

ALLEGATO 1

Prove Penetrometriche Statiche (CPT)

ALLEGATO 2

Tabelle parametri

ALLEGATO 3

Sismica a rifrazione

ALLEGATO 4

Modello Geologico

SUBSOIL
Via Morandi 3, - Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 – Fax. 0522/ 249540

ALLEGATO 1

Prove Penetrometriche Statiche (CPT)

CPT1

CPT2

SUBSOIL Srl – Società Unipersonale
Via Moranti 3; 43020 Quattro Castella, Reggio Emilia.
Tel. 0522/887268 – fax 0522/249540
www.subsoilsrl.it - e-mail: info@subsoilsrl.it
n.° iscrizione alla CCIAA di RE 01999810359 – n.REA 241942 – CF e PI 01999510359

Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti:
Decreto n.° 3655 del 22/03/2012 – Settore "C" circolare 349/99/STC (prove geotecniche in sito)

CERTIFICATO DI PROVA **n.° 017PS/2014**
emessa in data 31/03/2014

SETTORE DI PROVA: 3 – "Prove in sito" – settore "C" Circolare 349/99/STC

3.3 PROVE DI DEFORMABILITA' E RESISTENZA MECCANICA:

CODICE PROVA	DESCIZIONE PROVA	N. PROVE DA ESEGUIRE	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
3.3.1.a	Prove penetrometriche statiche con punta meccanica		- *Raccomandazioni A.G.I. 1977* - *ASTM D 3441/86*

Committente: EDIL4 SpA

Cantiere: Ex Scuola Elementare di Puianello

N.° commessa: 01808213_FG

Nome prova: CPT1

Data esecuzione prova: 5 Marzo 2014

Allegato 1 (risultato della prova):

	Relazione
x	Diagramma
x	Documentazione fotografica

Allegato 2 (ubicazione del punto di indagine):

	Corografia in scala opportuna con indicazione ubicazioni
x	Indicazione planoaltimetrica dei punti di indagine
	Coordinate geografiche

Eventuali anomalie riscontrate:……..

Note:
Falda assente

Tecnico del Laboratorio
(Dott. Roberto Spagni)

Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabrizio Giberini)

SUBSOIL Srl – Società Unipersonale
Via Moranti 3; 43020 Quattro Castella, Reggio Emilia.
Tel. 0522/887268 – fax 0522/249540
www.subsoilsrl.it - e-mail: info@subsoilsrl.it
n.° iscrizione alla CCIAA di RE 01999810359 – n.REA 241942 – CF e PI 01999510359

Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti:
Decreto n.° 3655 del 22/03/2012 – Settore "C" circolare 349/99/STC (prove geotecniche in sito)

CERTIFICATO DI PROVA **n.° 017PS/2014**
emessa in data 31/03/2014

ALLEGATO 1
Risultato della prova

NOME PROVA
CPT1

Tecnico del Laboratorio
(Dott. Roberto Spagni)

Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabrizio Giorgini)

SUBSOIL Srl – Società Unipersonale
Via Moranti 3; 43020 Quattro Castella, Reggio Emilia.
Tel. 0522/887268 – fax 0522/249540
www.subsoilsrl.it - e-mail: info@subsoilsrl.it
n.° iscrizione alla CCIAA di RE 01999810359 – n.REA 241942 – CF e PI 01999510359

Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti:
Decreto n.° 3655 del 22/03/2012 – Settore "C" circolare 349/99/STC (prove geotecniche in sito)

PROVA PENETROMETRICA STATICA — CPT 1

Committente:	EDIL4 SpA	Data:	5/03/2014
Località:	Puianello di Quattro Castella (RE)	quota inizio:	Piano campagna
Cantiere:	Ex Scuole Elementari di Puianello	prof. falda:	Assente
Note:			

Prof. m.	LP Kg/cm²	LL Kg/cm²	RP Kg/cm²	RL Kg/cm²
0,20	0	0	0	0
0,40	0	0	0	0,4
0,60	12	18	12	0,73
0,80	14	25	14	0,6
1,00	11	20	11	0,6
1,20	17	26	17	0,67
1,40	17	27	17	1,07
1,60	22	38	22	1,67
1,80	25	50	25	2,53
2,00	29	67	29	2,53
2,20	37	75	37	2,93
2,40	38	82	38	3,8
2,60	36	93	36	3,8
2,80	38	95	38	3,4
3,00	39	90	39	3,2
3,20	37	85	37	2,93
3,40	33	77	33	2,8
3,60	30	72	30	3
3,80	33	78	33	3,2
4,00	30	78	30	2,33
4,20	75	110	75	2,67
4,40	38	78	38	2,6
4,60	33	72	33	1,87
4,80	28	56	28	1,93
5,00	28	57	28	1,07
5,20	27	43	27	1,33
5,40	21	41	21	1
5,60	22	37	22	1,13
5,80	28	45	28	1
6,00	30	45	30	1,07
6,20	20	36	20	1,2
6,40	14	32	14	1
6,60	38	53	38	1,27
6,80	65	84	65	2
7,00	70	100	70	2,33
7,20	75	110	75	3
7,40	85	130	85	8,67
7,60	160	290	160	5,33
7,80	280	360	280	0

Tecnico del Laboratorio
(Dott. Roberto Spagni)

Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabrizio Giannini)

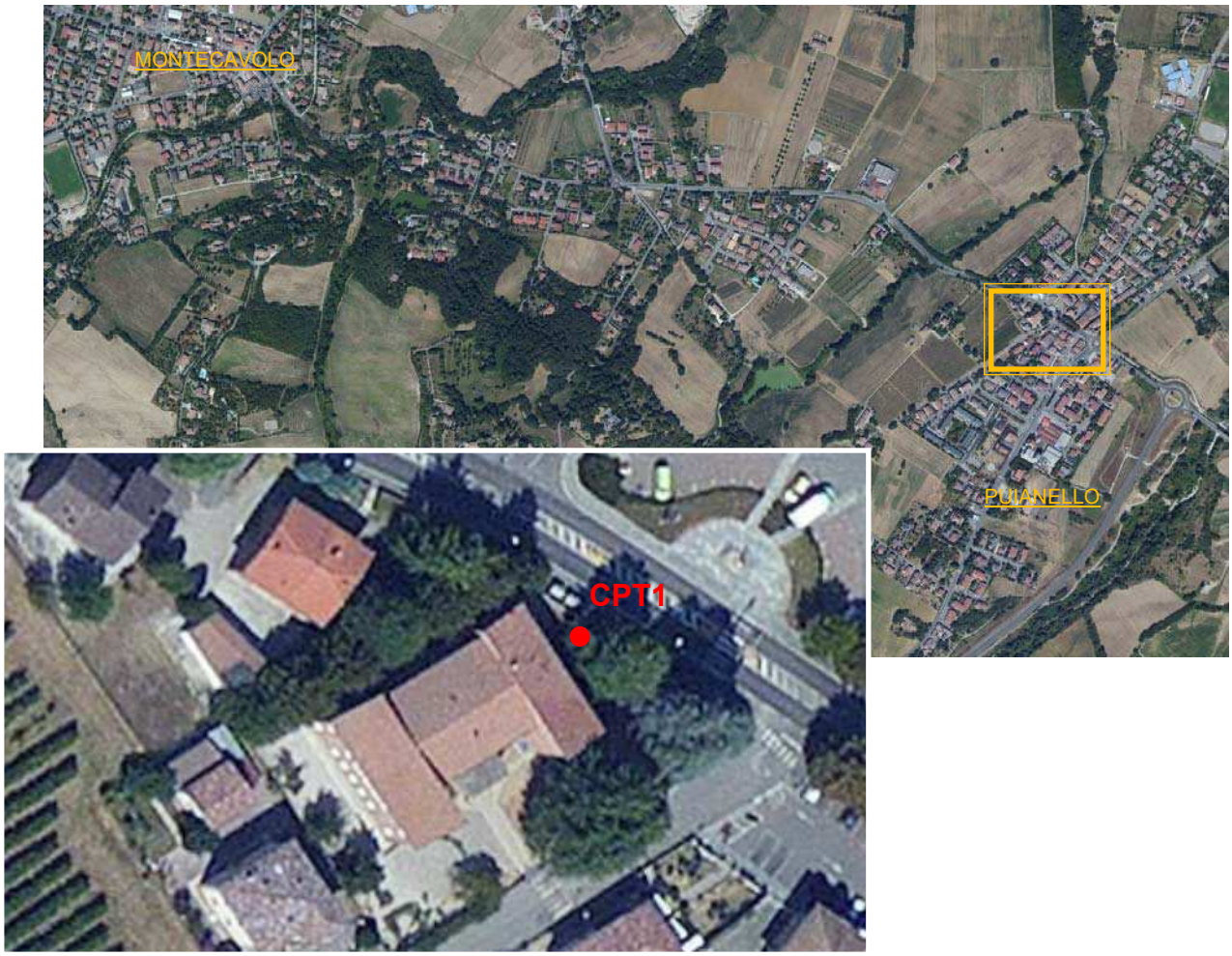
SUBSOIL Srl – Società Unipersonale
Via Moranti 3; 43020 Quattro Castella, Reggio Emilia.
Tel. 0522/887268 – fax 0522/249540
www.subsoilsrl.it - e-mail: info@subsoilsrl.it
n.° iscrizione alla CCIAA di RE 01999810359 – n.REA 241942 – CF e PI 01999510359

Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti:
Decreto n.° 3655 del 22/03/2012 – Settore "C" circolare 349/99/STC (prove geotecniche in sito)

CERTIFICATO DI PROVA **n.° 017PS/2014**
emessa in data 31/03/2014

ALLEGATO 2
Ubicazione della prova

NOME PROVA
CPT1



Legenda:

CPT1

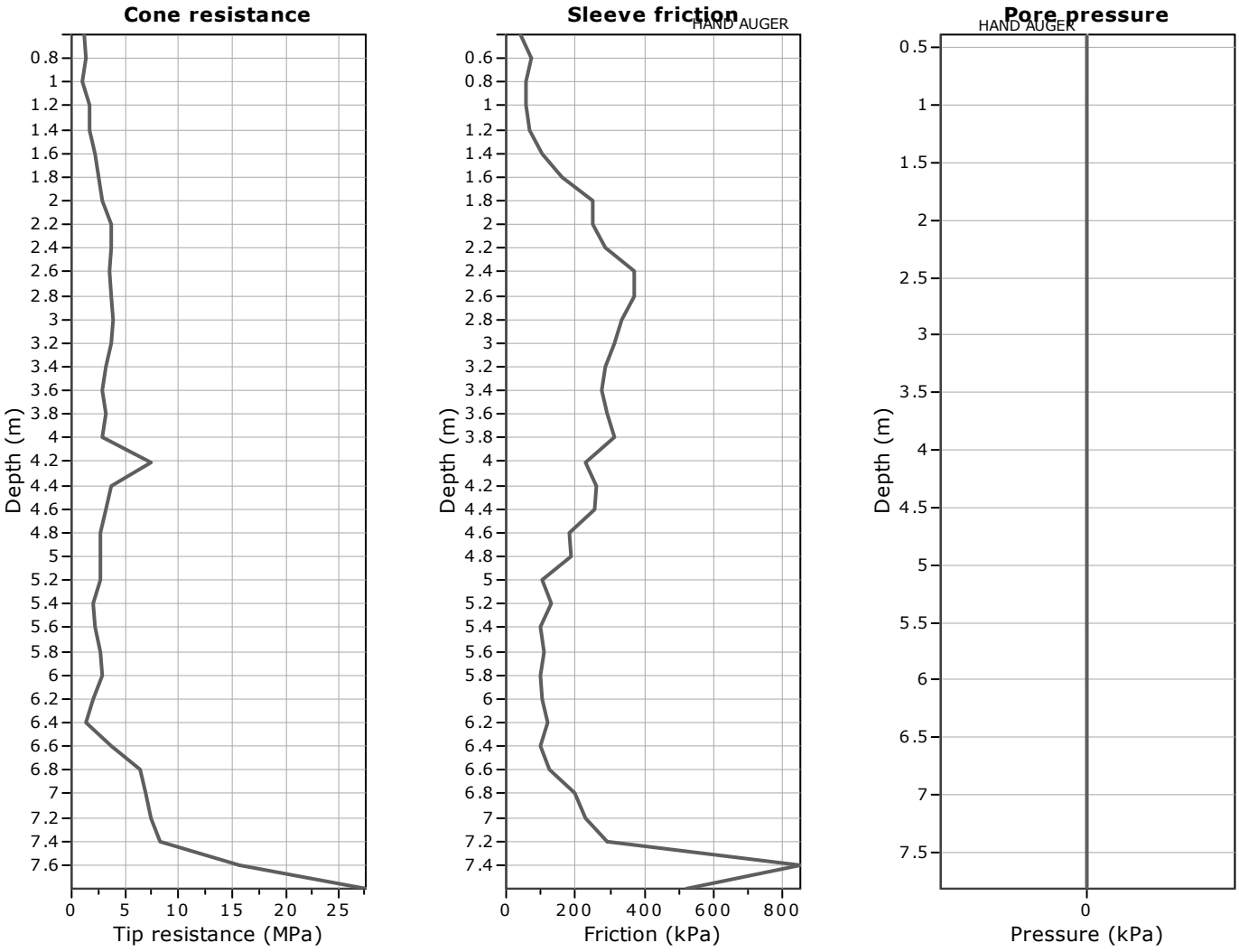
Tecnico del Laboratorio
(Dott. Roberto Spagni)

Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabrizio Giorgini)

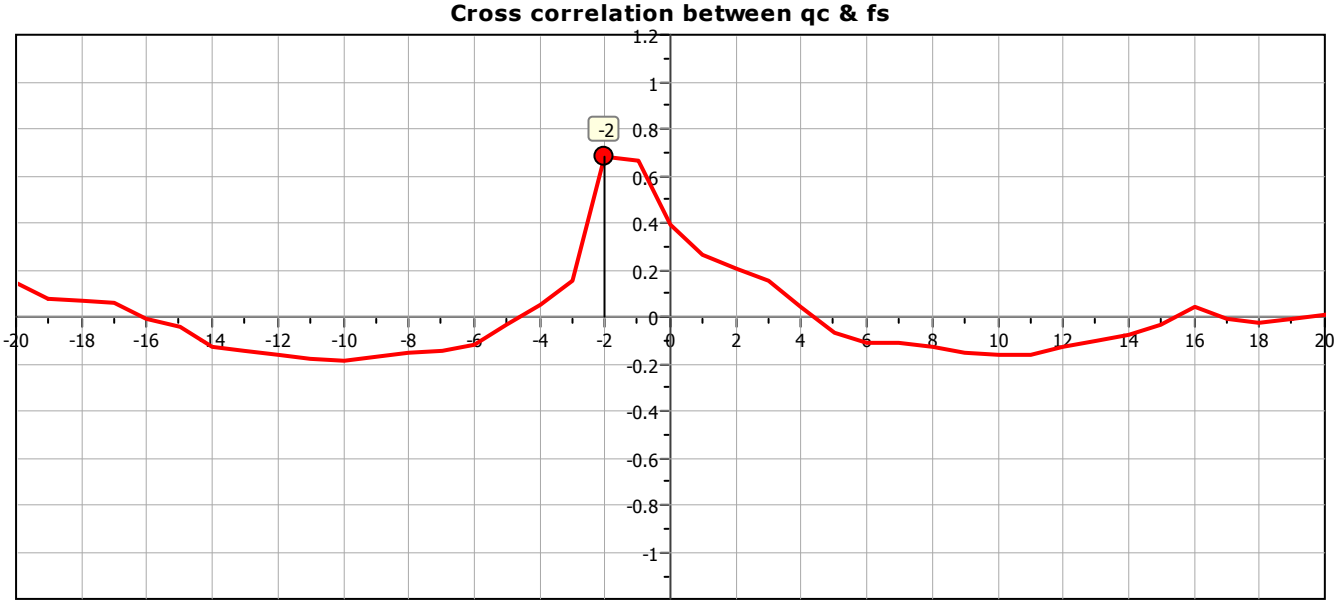
SUBSOIL Srl
Indagini Geologiche Monitoraggi Geotecnici
Via Morandi 3, 42020 Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 Fax: 0522/249540

CPT: CPT-01
Total depth: 7.80 m, Date: 05/03/2014
Surface Elevation: 0.00 m
Coords: X:0.00, Y:0.00
Cone Type: Uknown
Cone Operator: Uknown

Project:
Location:



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

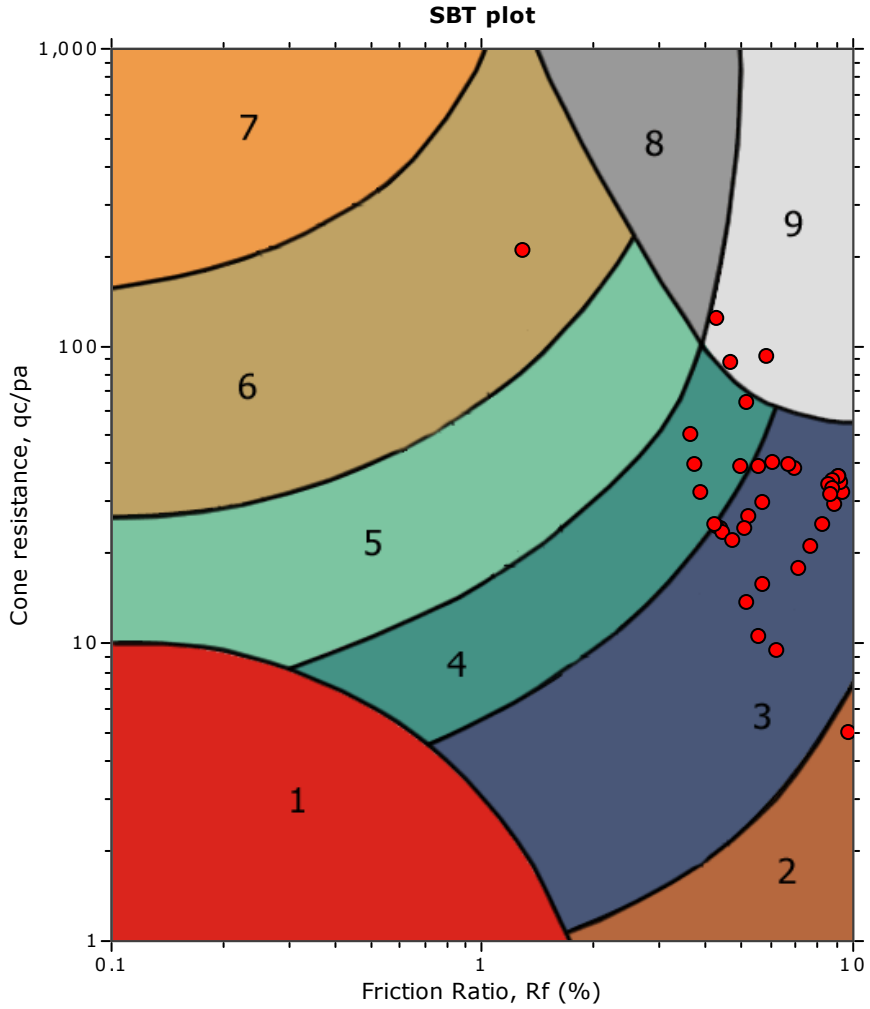


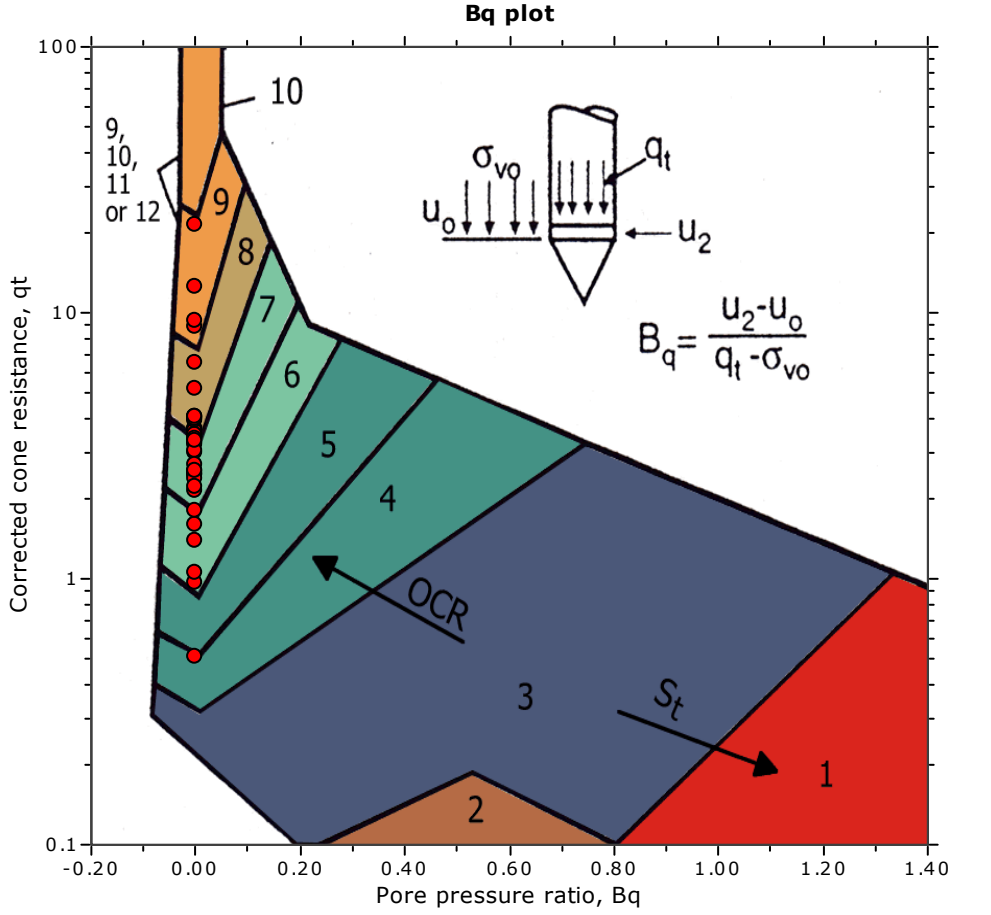
SUBSOIL Srl
Indagini Geologiche Monitoraggi Geotecnici
Via Morandi 3, 42020 Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 Fax: 0522/249540

Project:
Location:

CPT: CPT-01
Total depth: 7.80 m, Date: 05/03/2014
Surface Elevation: 0.00 m
Coords: X:0.00, Y:0.00
Cone Type: Uknown
Cone Operator: Uknown

SBT - Bq plots





SBT legend

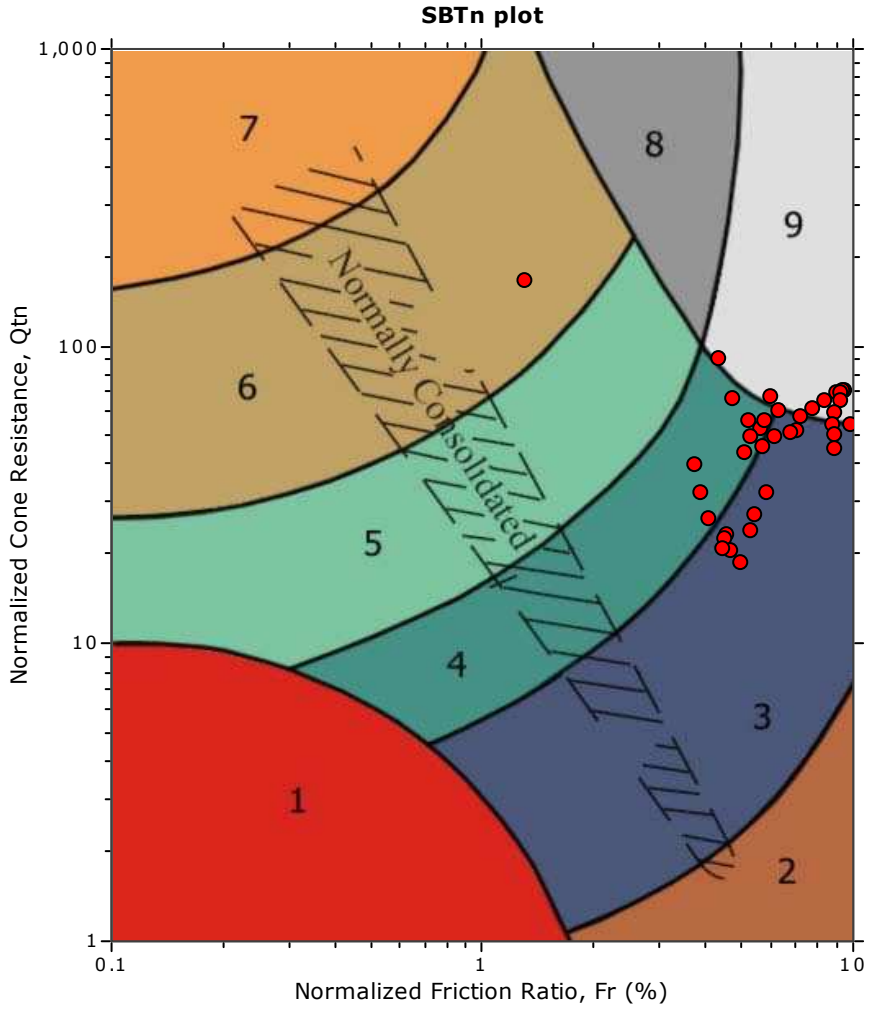
1. Sensitive fine grained	4. Clayey silt to silty clay	7. Gravely sand to sand
2. Organic material	5. Silty sand to sandy silt	8. Very stiff sand to clayey sand
3. Clay to silty clay	6. Clean sand to silty sand	9. Very stiff fine grained

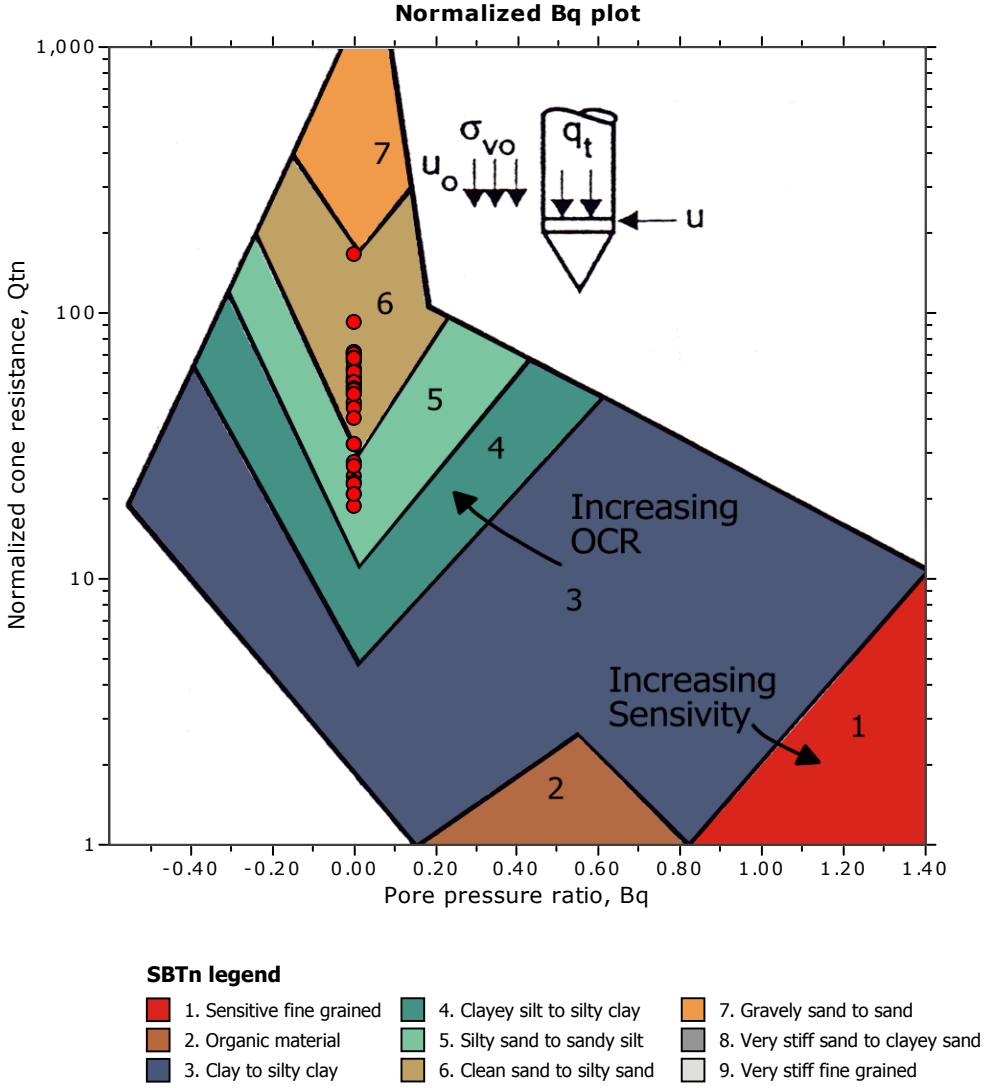
SUBSOIL Srl
Indagini Geologiche Monitoraggi Geotecnici
Via Morandi 3, 42020 Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 Fax: 0522/249540

Project:
Location:

CPT: CPT-01
Total depth: 7.80 m, Date: 05/03/2014
Surface Elevation: 0.00 m
Coords: X:0.00, Y:0.00
Cone Type: Uknown
Cone Operator: Uknown

SBT - Bq plots (normalized)



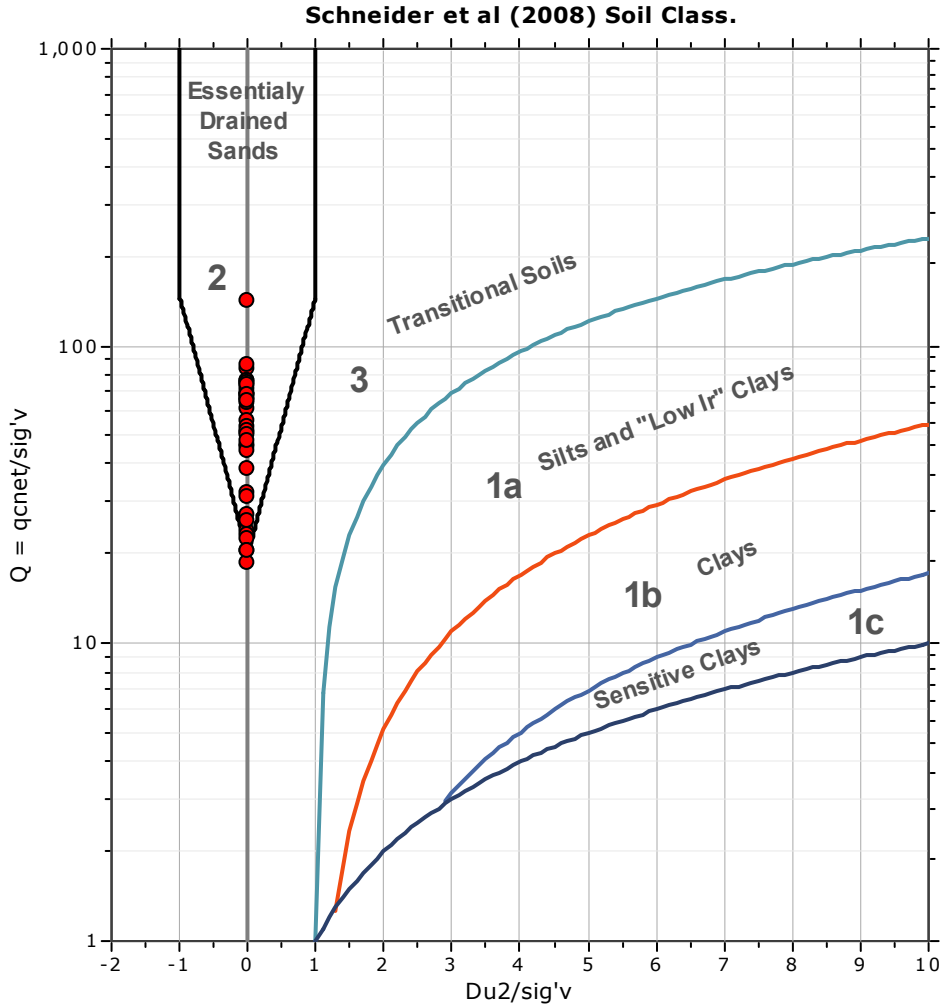


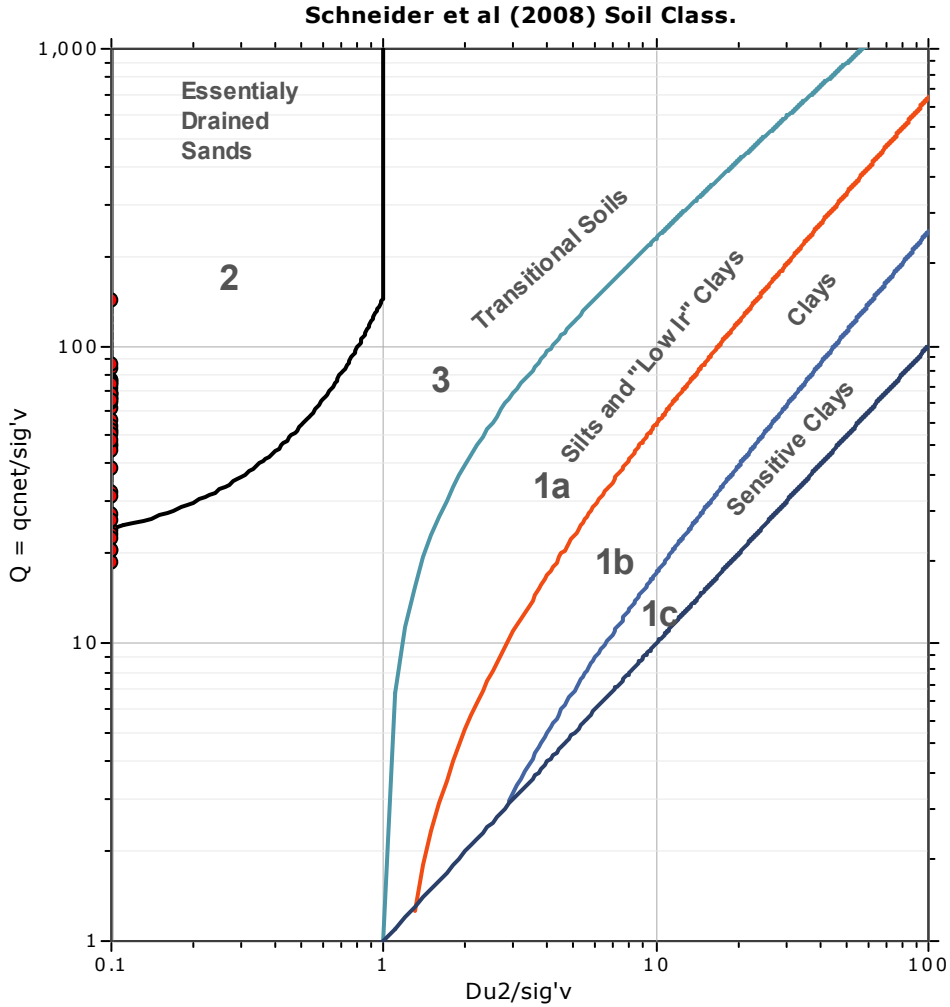
SUBSOIL Srl
Indagini Geologiche Monitoraggi Geotecnici
Via Morandi 3, 42020 Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 Fax: 0522/249540

Project:
Location:

CPT: CPT-01
Total depth: 7.80 m, Date: 05/03/2014
Surface Elevation: 0.00 m
Coords: X:0.00, Y:0.00
Cone Type: Uknown
Cone Operator: Uknown

Bq plots (Schneider)

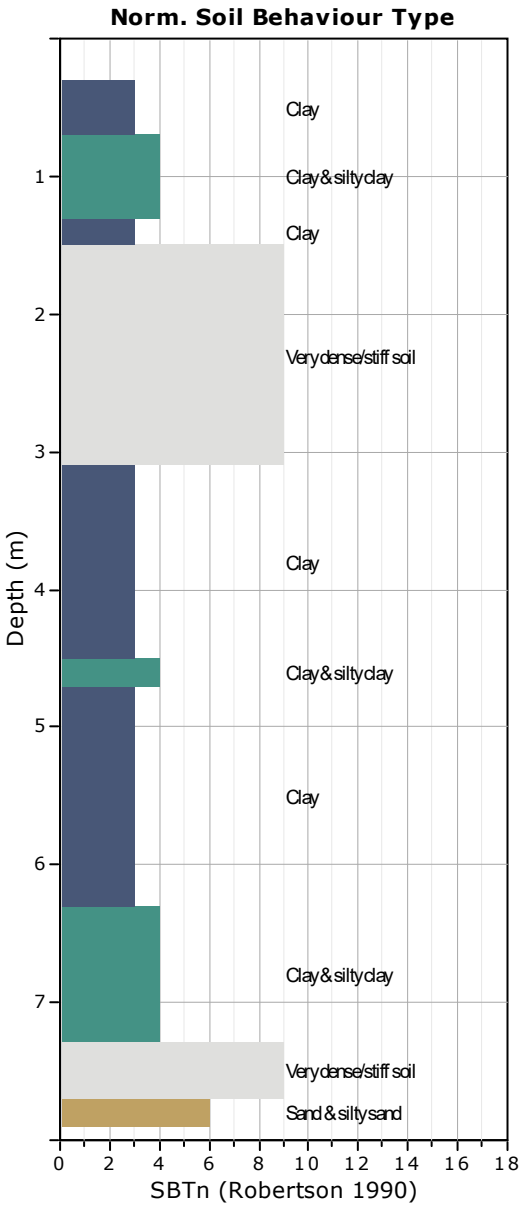


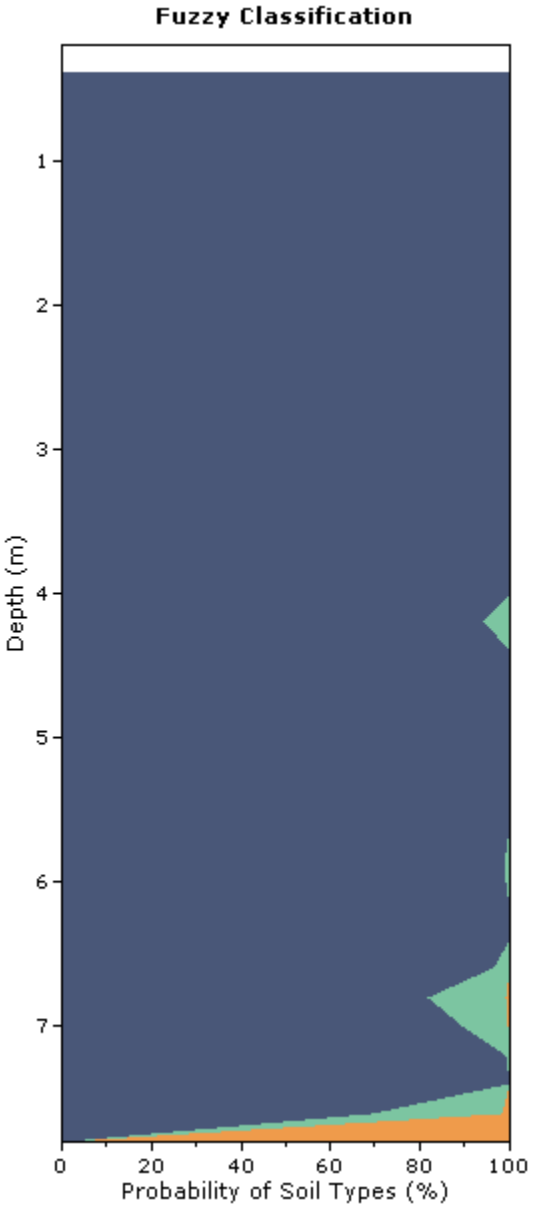


SUBSOIL Srl
Indagini Geologiche Monitoraggi Geotecnici
Via Morandi 3, 42020 Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 Fax: 0522/249540

CPT: CPT-01
Total depth: 7.80 m, Date: 05/03/2014
Surface Elevation: 0.00 m
Coords: X:0.00, Y:0.00
Cone Type: Uknown
Cone Operator: Uknown

Project:
Location:

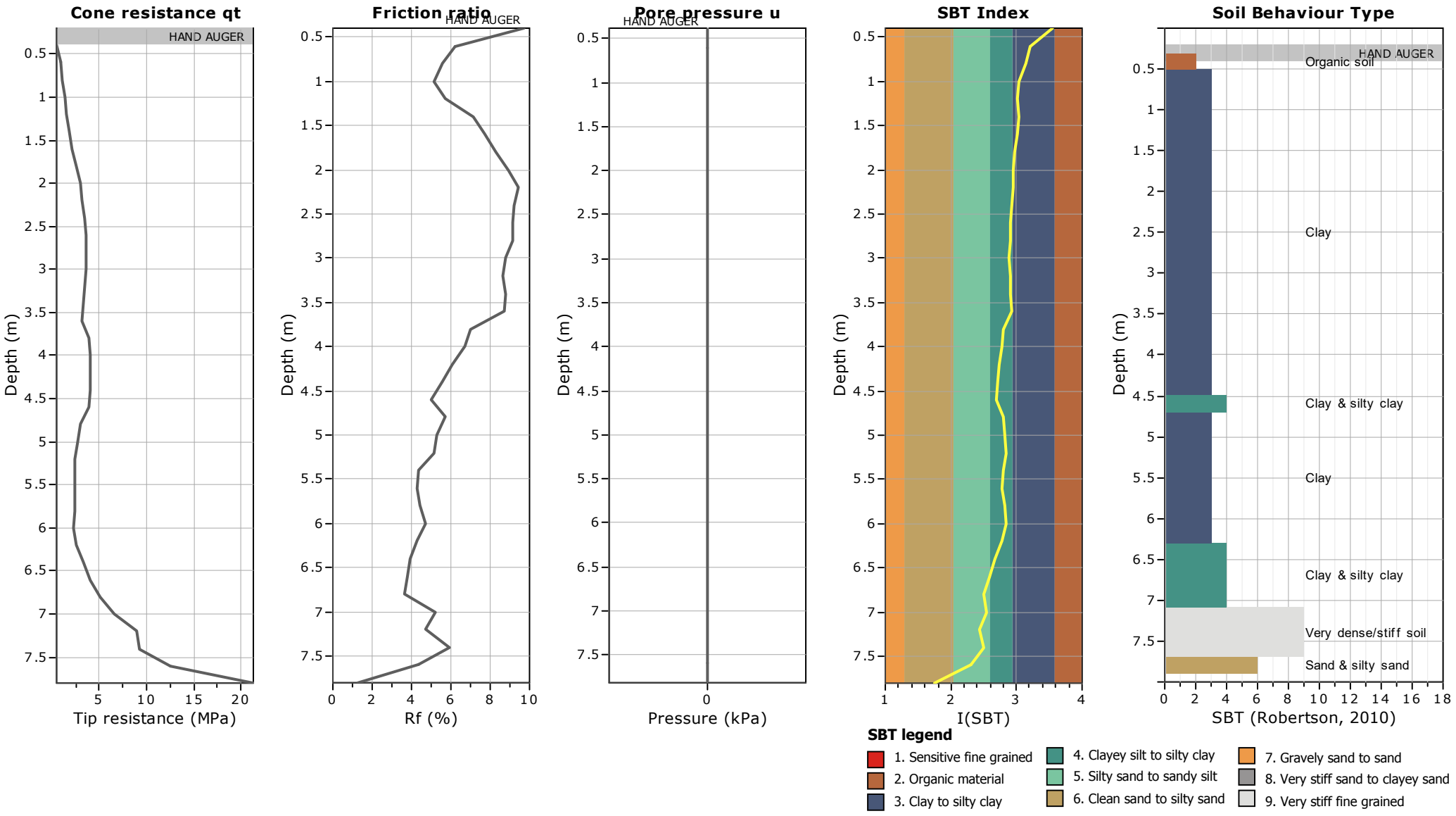




SUBSOIL Srl
Indagini Geologiche Monitoraggi Geotecnici
Via Morandi 3, 42020 Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 Fax: 0522/249540

CPT: CPT-01
Total depth: 7.80 m, Date: 05/03/2014
Surface Elevation: 0.00 m
Coords: X:0.00, Y:0.00
Cone Type: Uknown
Cone Operator: Uknown

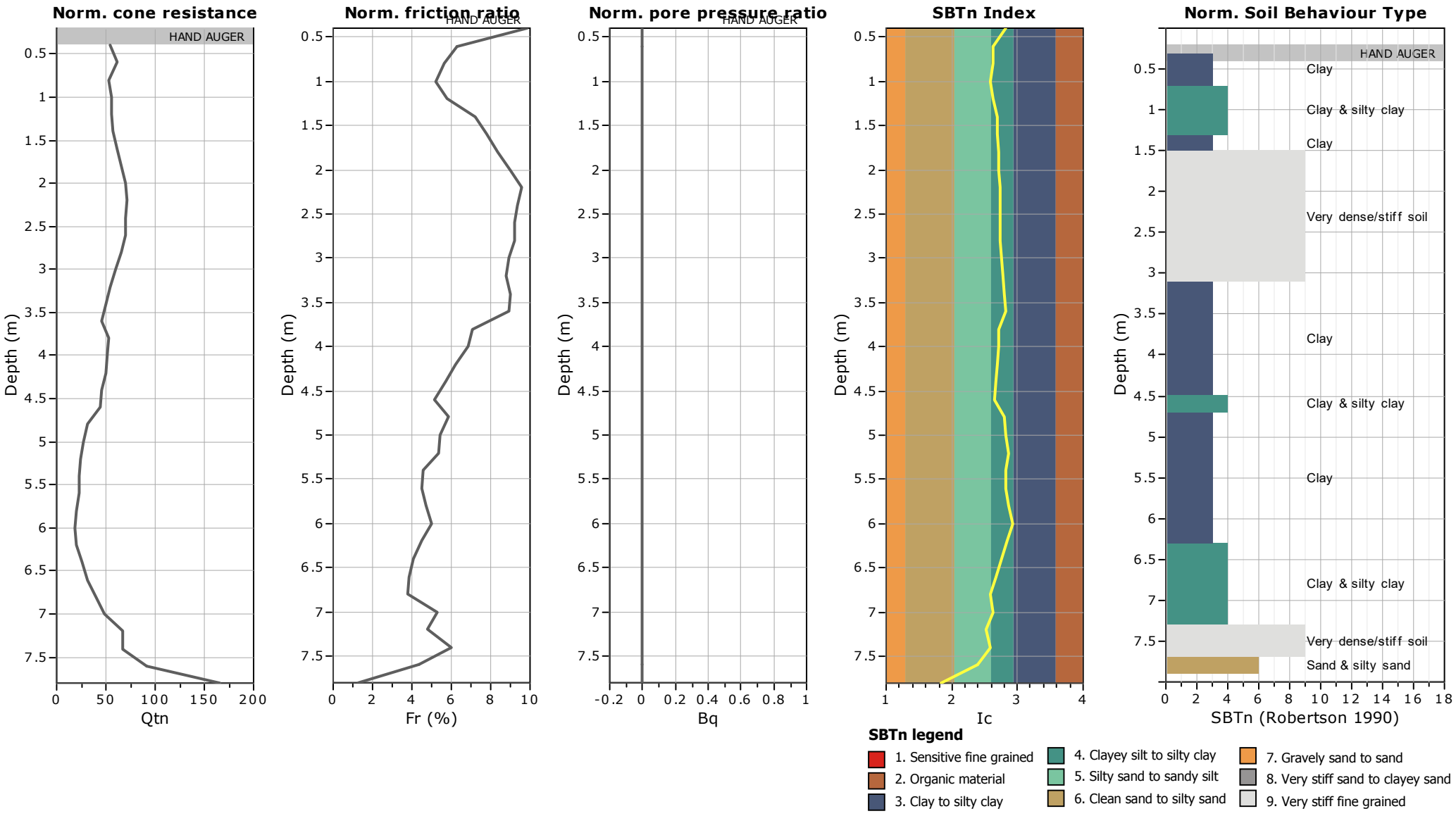
Project:
Location:



SUBSOIL Srl
Indagini Geologiche Monitoraggi Geotecnici
Via Morandi 3, 42020 Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 Fax: 0522/249540

CPT: CPT-01
Total depth: 7.80 m, Date: 05/03/2014
Surface Elevation: 0.00 m
Coords: X:0.00, Y:0.00
Cone Type: Uknown
Cone Operator: Uknown

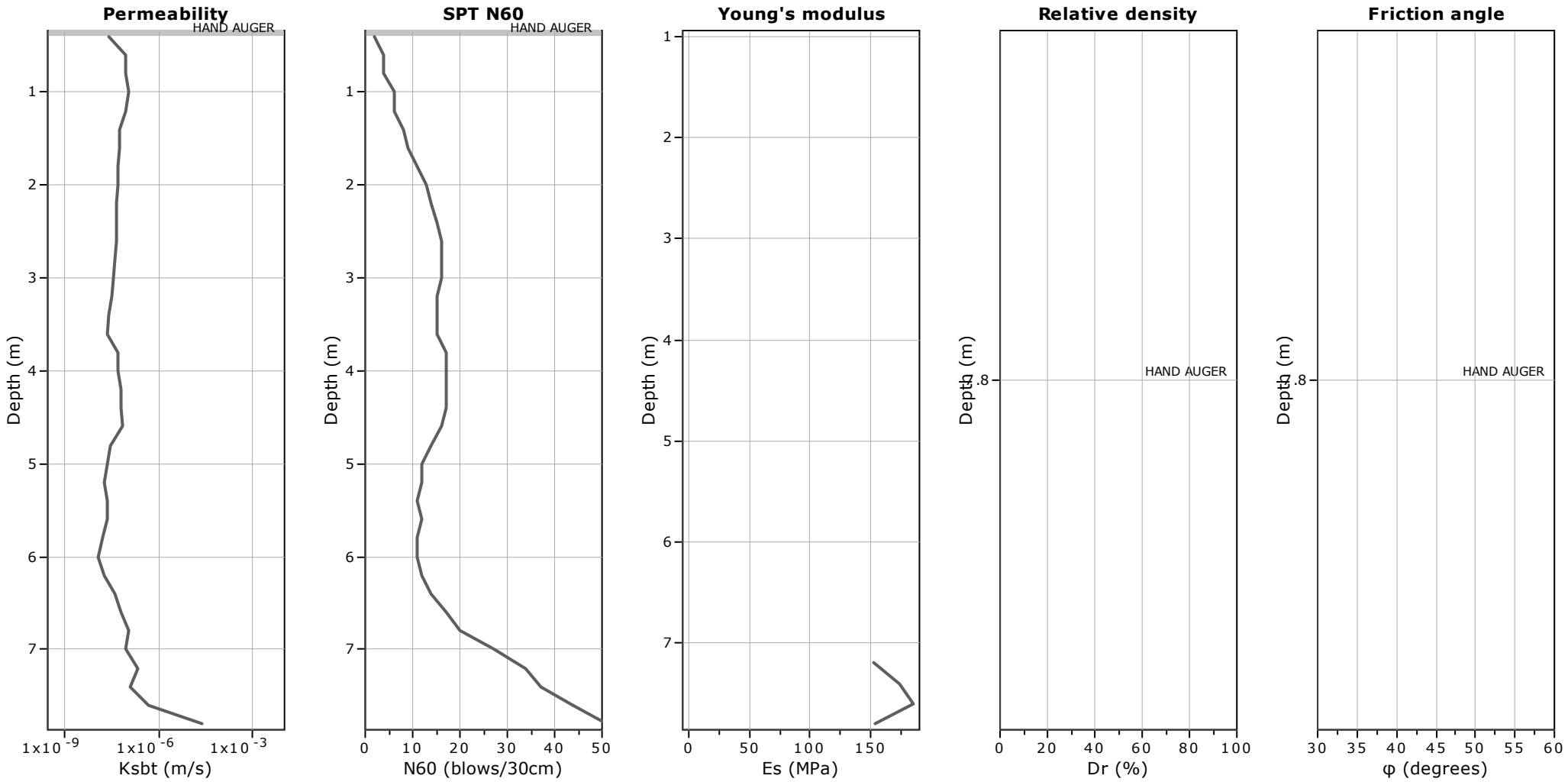
Project:
Location:



SUBSOIL Srl
Indagini Geologiche Monitoraggi Geotecnici
Via Morandi 3, 42020 Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 Fax: 0522/249540

CPT: CPT-01
Total depth: 7.80 m, Date: 05/03/2014
Surface Elevation: 0.00 m
Coords: X:0.00, Y:0.00
Cone Type: Uknown
Cone Operator: Uknown

Project:
Location:



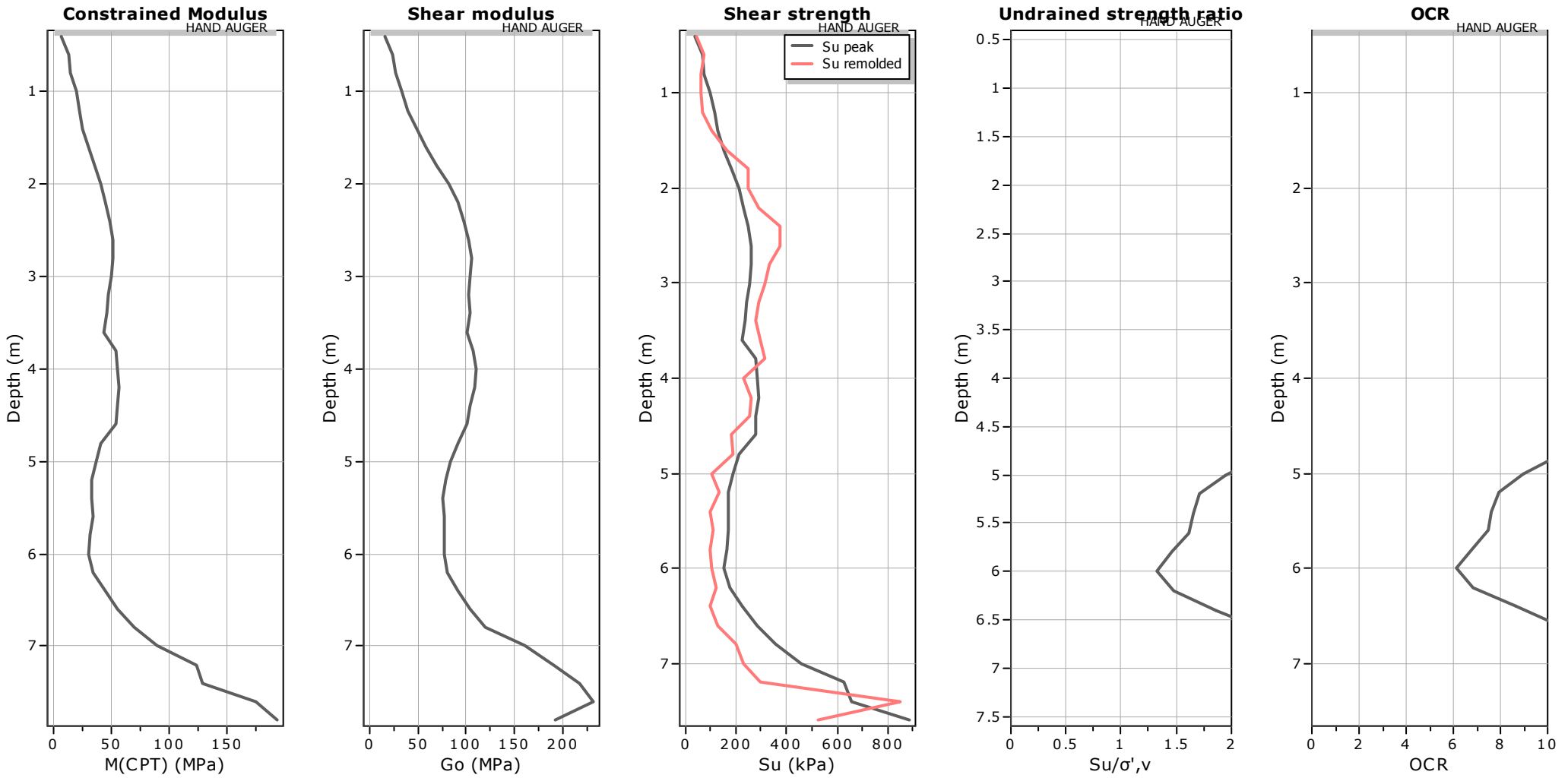
Calculation parameters

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

SUBSOIL Srl
Indagini Geologiche Monitoraggi Geotecnici
Via Morandi 3, 42020 Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 Fax: 0522/249540

CPT: CPT-01
Total depth: 7.80 m, Date: 05/03/2014
Surface Elevation: 0.00 m
Coords: X:0.00, Y:0.00
Cone Type: Uknown
Cone Operator: Uknown

Project:
Location:



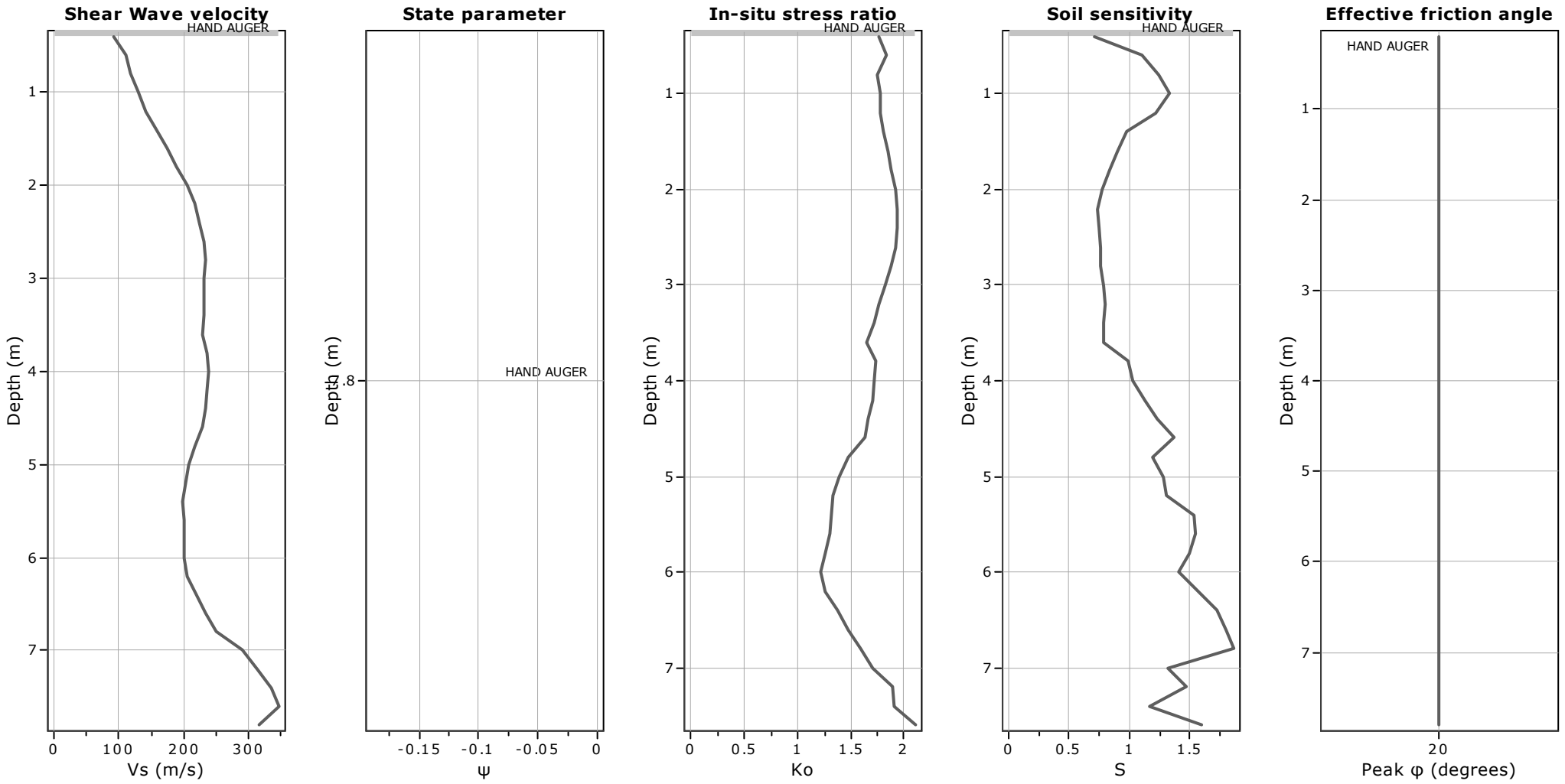
Calculation parameters

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

SUBSOIL Srl
Indagini Geologiche Monitoraggi Geotecnici
Via Morandi 3, 42020 Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 Fax: 0522/249540

CPT: CPT-01
Total depth: 7.80 m, Date: 05/03/2014
Surface Elevation: 0.00 m
Coords: X:0.00, Y:0.00
Cone Type: Uknown
Cone Operator: Uknown

Project:
Location:



Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_S: 7.00

User defined estimation data

SUBSOIL Srl – Società Unipersonale
Via Moranti 3; 43020 Quattro Castella, Reggio Emilia.
Tel. 0522/887268 – fax 0522/249540
www.subsoilsrl.it - e-mail: info@subsoilsrl.it
n.° iscrizione alla CCIAA di RE 01999810359 – n.REA 241942 – CF e PI 01999510359

Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti:
Decreto n.° 3655 del 22/03/2012 – Settore "C" circolare 349/99/STC (prove geotecniche in sito)

CERTIFICATO DI PROVA **n.° 018PS/2014**
emessa in data 31/03/2014

SETTORE DI PROVA: 3 – "Prove in sito" – settore "C" Circolare 349/99/STC

3.3 PROVE DI DEFORMABILITA' E RESISTENZA MECCANICA:

CODICE PROVA	DESCIZIONE PROVA	N. PROVE DA ESEGUIRE	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
3.3.1.a	Prove penetrometriche statiche con punta meccanica		- *Raccomandazioni A.G.I. 1977* - *ASTM D 3441/86*

Committente: EDIL4 SpA

Cantiere: Ex Scuola Elementare di Puianello

N.° commessa: 01808213_FG

Nome prova: CPT2

Data esecuzione prova: 5 Marzo 2014

Allegato 1 (risultato della prova):

	Relazione
x	Diagramma
x	Documentazione fotografica

Allegato 2 (ubicazione del punto di indagine):

	Corografia in scala opportuna con indicazione ubicazioni
x	Indicazione planoaltimetrica dei punti di indagine
	Coordinate geografiche

Eventuali anomalie riscontrate:……..

Note:
Falda assente

Tecnico del Laboratorio
(Dott. Roberto Spagni)

Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabrizio Giberini)

SUBSOIL Srl – Società Unipersonale
Via Moranti 3; 43020 Quattro Castella, Reggio Emilia.
Tel. 0522/887268 – fax 0522/249540
www.subsoilsrl.it - e-mail: info@subsoilsrl.it
n.° iscrizione alla CCIAA di RE 01999810359 – n.REA 241942 – CF e PI 01999510359

Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti:
Decreto n.° 3655 del 22/03/2012 – Settore "C" circolare 349/99/STC (prove geotecniche in sito)

CERTIFICATO DI PROVA **n.° 018PS/2014**
emessa in data 31/03/2014

ALLEGATO 1
Risultato della prova

NOME PROVA
CPT2

Tecnico del Laboratorio
(Dott. Roberto Spagni)

Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabrizio Ghiorzini)

SUBSOIL Srl – Società Unipersonale
Via Moranti 3; 43020 Quattro Castella, Reggio Emilia.
Tel. 0522/887268 – fax 0522/249540
www.subsoilsrl.it - e-mail: info@subsoilsrl.it
n.° iscrizione alla CCIAA di RE 01999810359 – n.REA 241942 – CF e PI 01999510359

Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti:
Decreto n.° 3655 del 22/03/2012 – Settore "C" circolare 349/99/STC (prove geotecniche in sito)

PROVA PENETROMETRICA STATICA — CPT 2

Committente:	EDIL4 SpA	Data:	5/03/2014
Località:	Puianello di Quattro Castella (RE)	quota inizio:	Piano campagna
Cantiere:	Ex Scuole Elementari di Puianello	prof. falda:	Assente
Note:			

Prof. m.	LP Kg/cm²	LL Kg/cm²	RP Kg/cm²	RL Kg/cm²
0,20	0	0	0	0
0,40	0	0	0	0
0,60	0	0	0	0
0,80	0	0	0	0
1,00	0	0	0	1,13
1,20	20	37	20	1,13
1,40	23	40	23	1,67
1,60	27	52	27	1,67
1,80	25	50	25	2,47
2,00	27	64	27	2,33
2,20	35	70	35	2,8
2,40	36	78	36	3,2
2,60	35	83	35	3,4
2,80	37	88	37	3,4
3,00	37	88	37	3,47
3,20	38	90	38	3,07
3,40	36	82	36	3
3,60	34	79	34	3,07
3,80	35	81	35	2,87
4,00	34	77	34	3,13
4,20	38	85	38	2,53
4,40	33	71	33	2,6
4,60	30	69	30	1,8
4,80	27	54	27	1,8
5,00	29	56	29	1,27
5,20	28	47	28	1,33
5,40	24	44	24	1,07
5,60	25	41	25	1,13
5,80	30	47	30	1,07
6,00	28	44	28	3,33
6,20	75	125	75	3,2
6,40	87	135	87	2,8
6,60	93	135	93	6
6,80	160	250	160	6,67
7,00	250	350	250	0

Tecnico del Laboratorio
(Dott. Roberto Spagni)

Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabrizio Giannini)

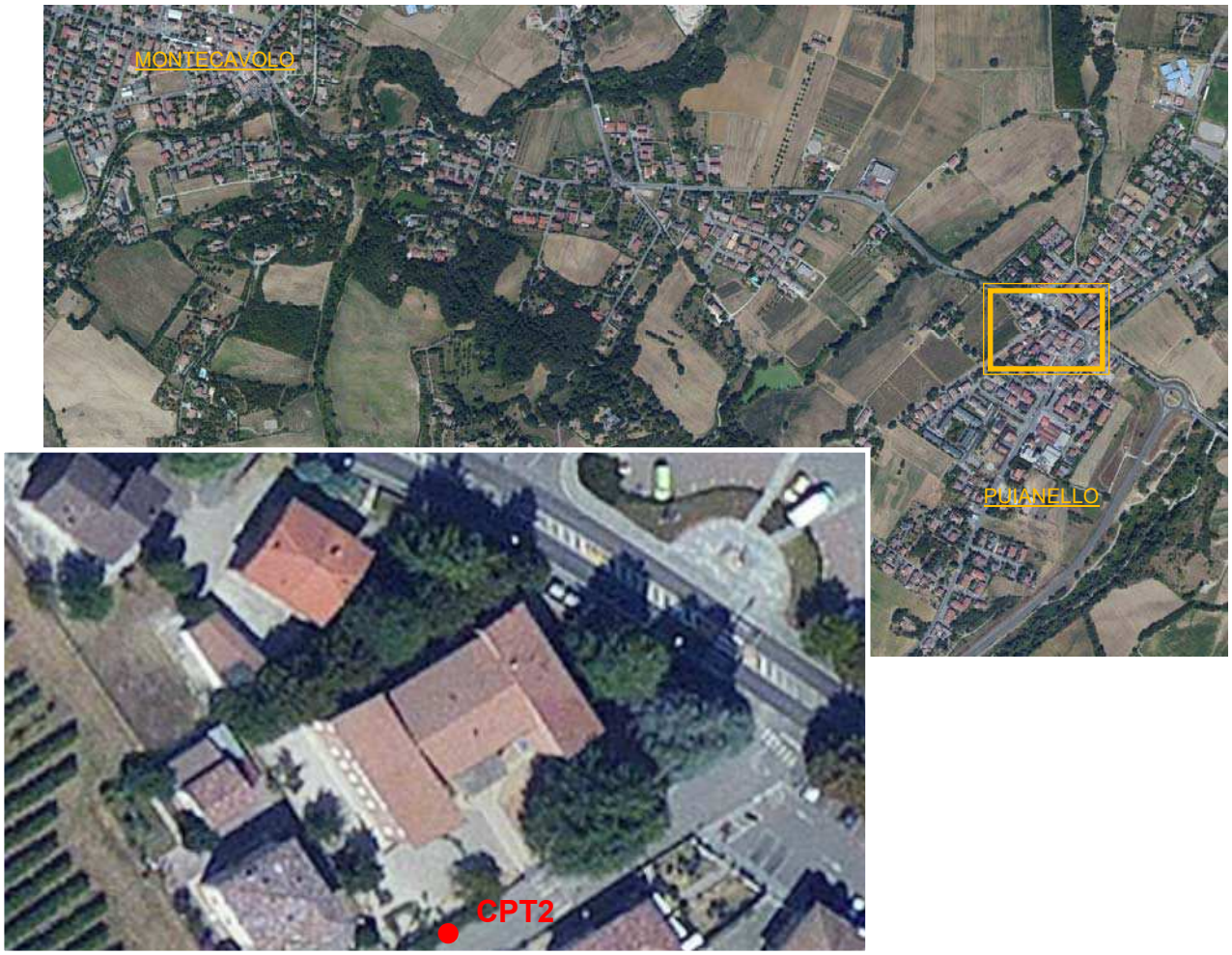
SUBSOIL Srl – Società Unipersonale
Via Moranti 3; 43020 Quattro Castella, Reggio Emilia.
Tel. 0522/887268 – fax 0522/249540
www.subsoilsrl.it - e-mail: info@subsoilsrl.it
n.° iscrizione alla CCIAA di RE 01999810359 – n.REA 241942 – CF e PI 01999510359

Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti:
Decreto n.° 3655 del 22/03/2012 – Settore "C" circolare 349/99/STC (prove geotecniche in sito)

CERTIFICATO DI PROVA **n.° 018PS/2014**
emessa in data 31/03/2014

ALLEGATO 2
Ubicazione della prova

NOME PROVA
CPT1



Legenda:

CPT2

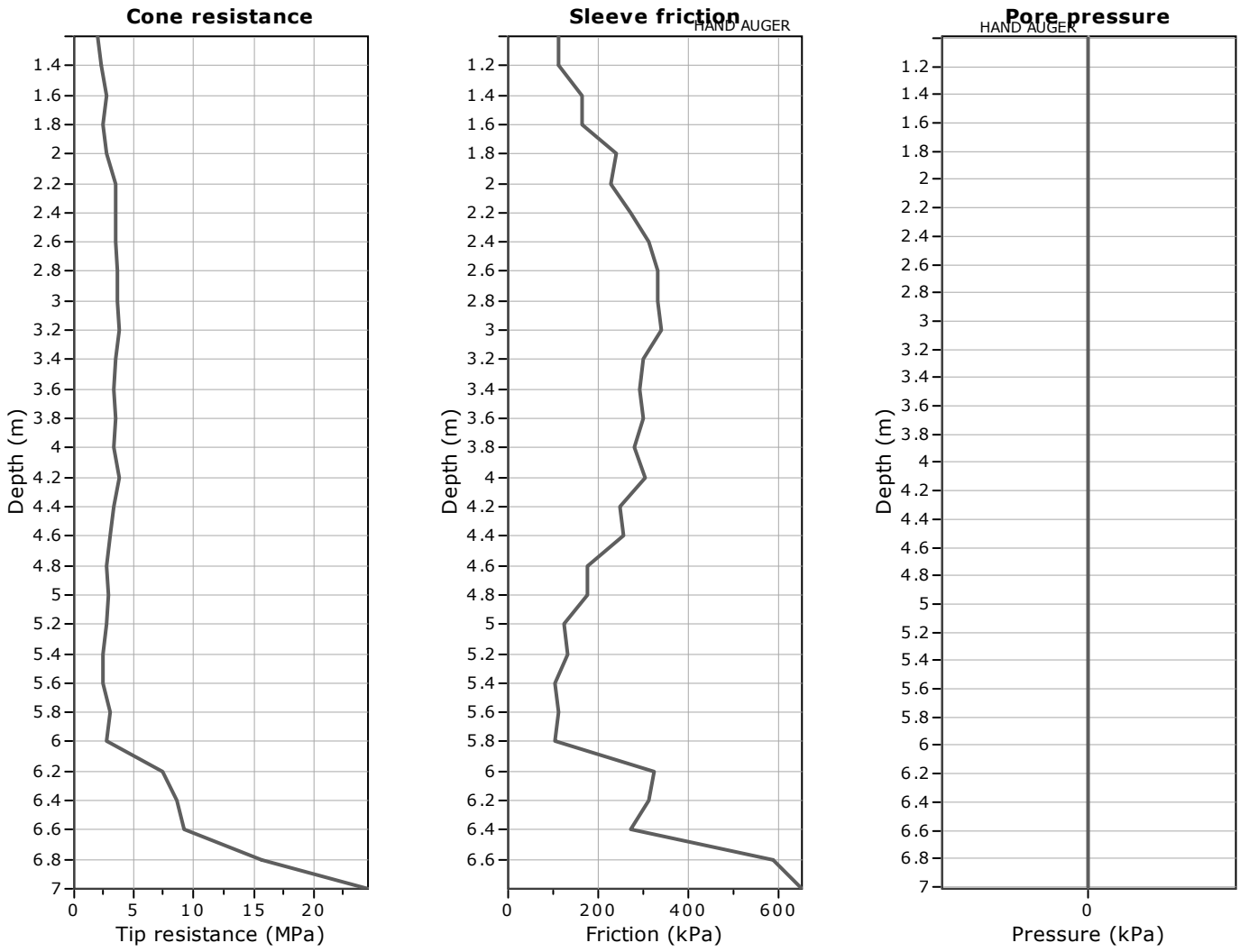
Tecnico del Laboratorio
(Dott. Roberto Spagni)

Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Fabrizio Giorgini)

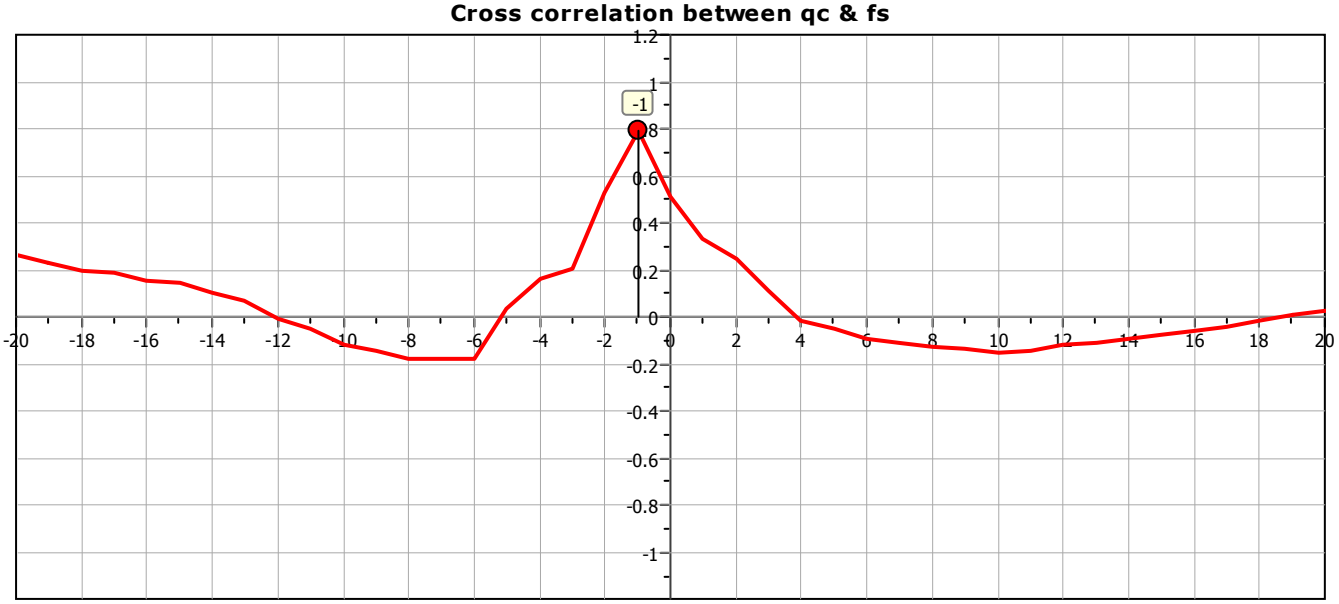
SUBSOIL Srl
Indagini Geologiche Monitoraggi Geotecnici
Via Morandi 3, 42020 Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 Fax: 0522/249540

CPT: CPT-02
Total depth: 7.00 m, Date: 05/03/2014
Surface Elevation: 0.00 m
Coords: X:0.00, Y:0.00
Cone Type: Uknown
Cone Operator: Uknown

Project:
Location:



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

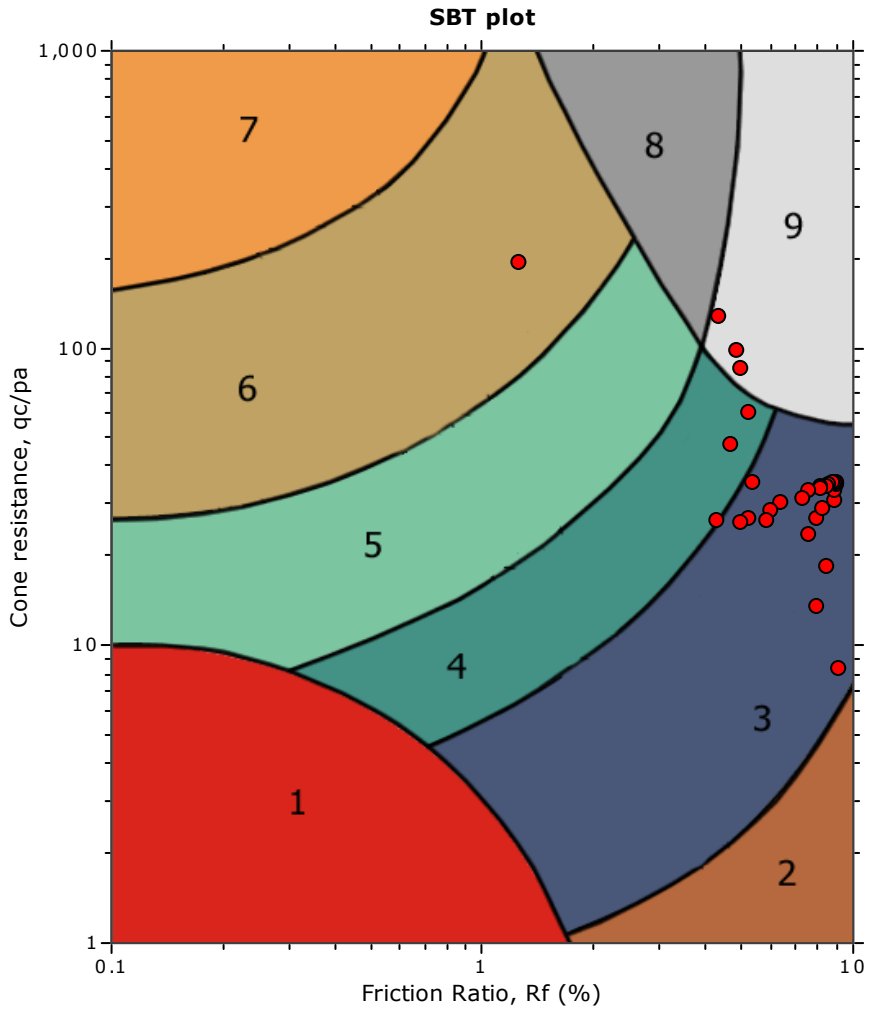


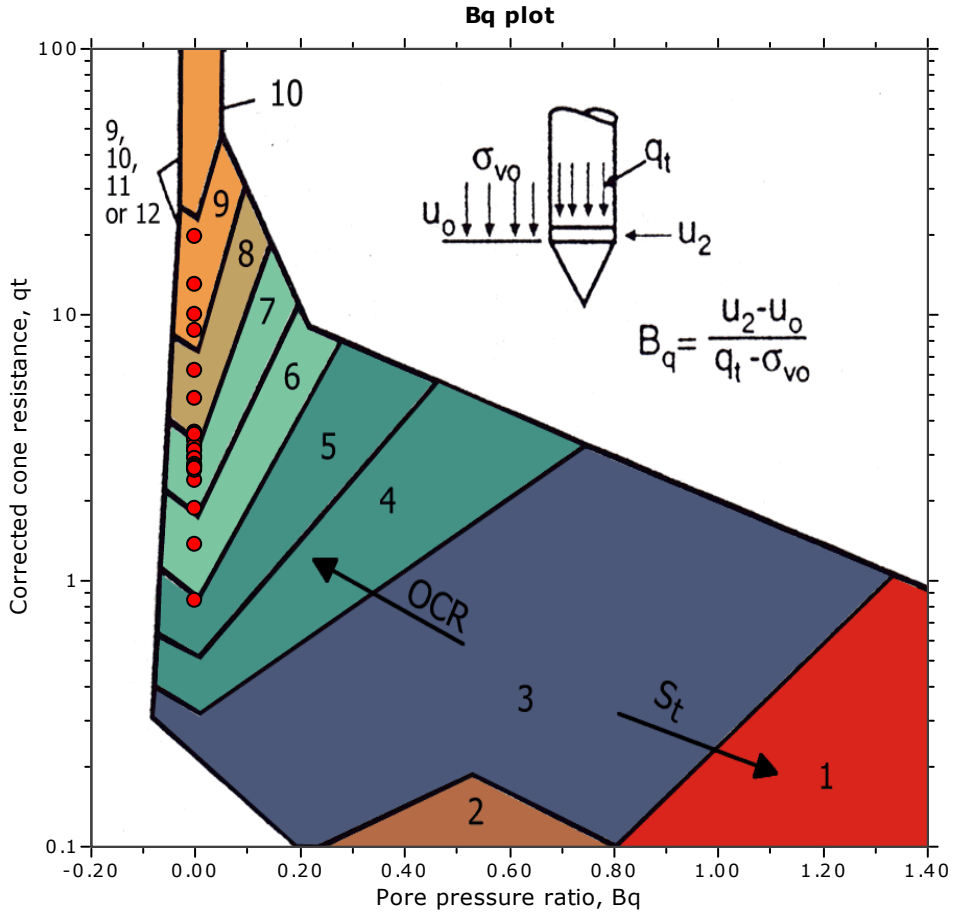
SUBSOIL Srl
Indagini Geologiche Monitoraggi Geotecnici
Via Morandi 3, 42020 Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 Fax: 0522/249540

Project:
Location:

CPT: CPT-02
Total depth: 7.00 m, Date: 05/03/2014
Surface Elevation: 0.00 m
Coords: X:0.00, Y:0.00
Cone Type: Uknown
Cone Operator: Uknown

SBT - Bq plots





SBT legend

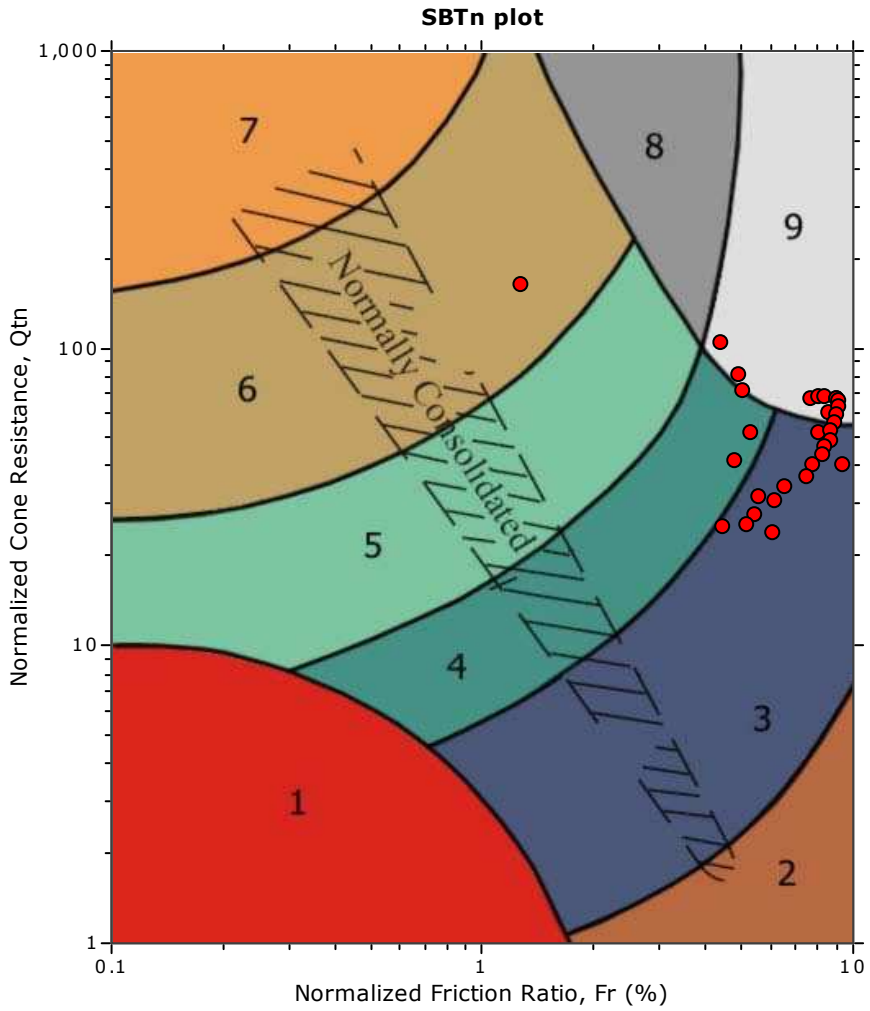
1. Sensitive fine grained	4. Clayey silt to silty clay	7. Gravely sand to sand
2. Organic material	5. Silty sand to sandy silt	8. Very stiff sand to clayey sand
3. Clay to silty clay	6. Clean sand to silty sand	9. Very stiff fine grained

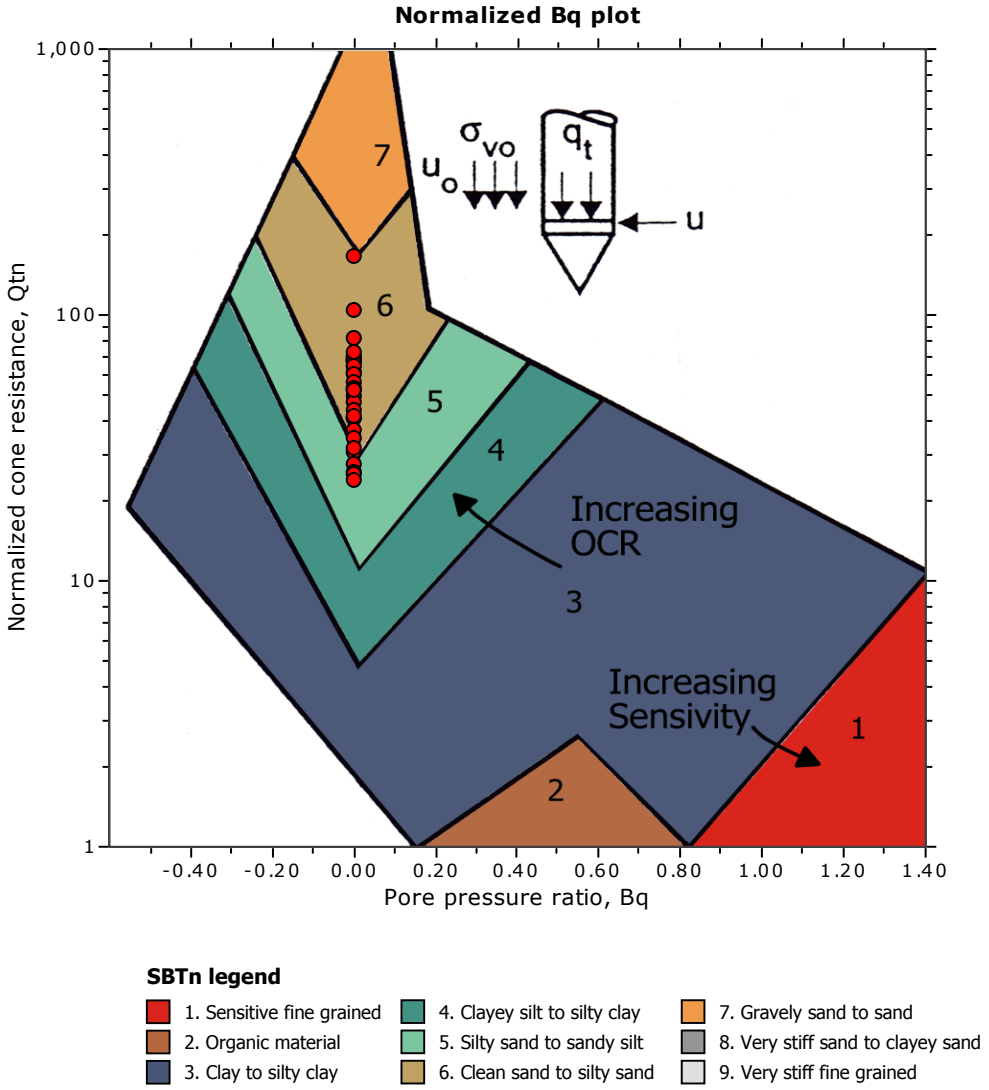
SUBSOIL Srl
Indagini Geologiche Monitoraggi Geotecnici
Via Morandi 3, 42020 Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 Fax: 0522/249540

Project:
Location:

CPT: CPT-02
Total depth: 7.00 m, Date: 05/03/2014
Surface Elevation: 0.00 m
Coords: X:0.00, Y:0.00
Cone Type: Uknown
Cone Operator: Uknown

SBT - Bq plots (normalized)



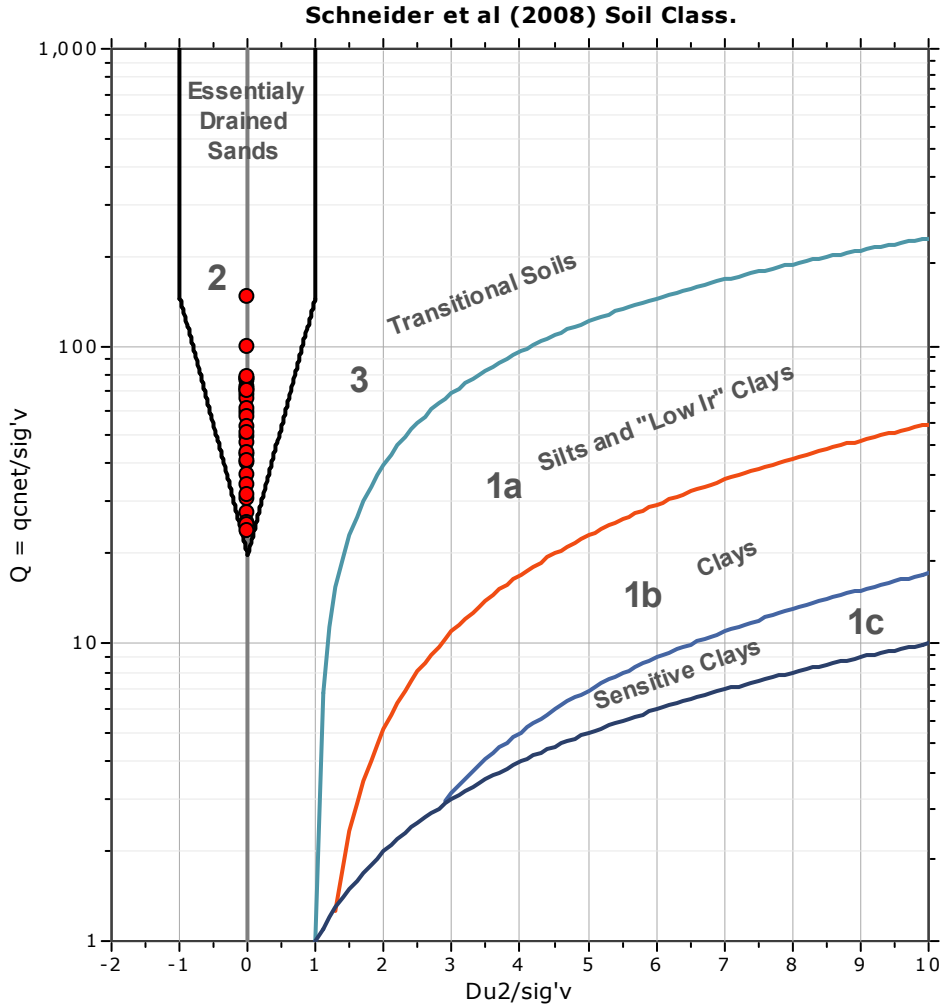


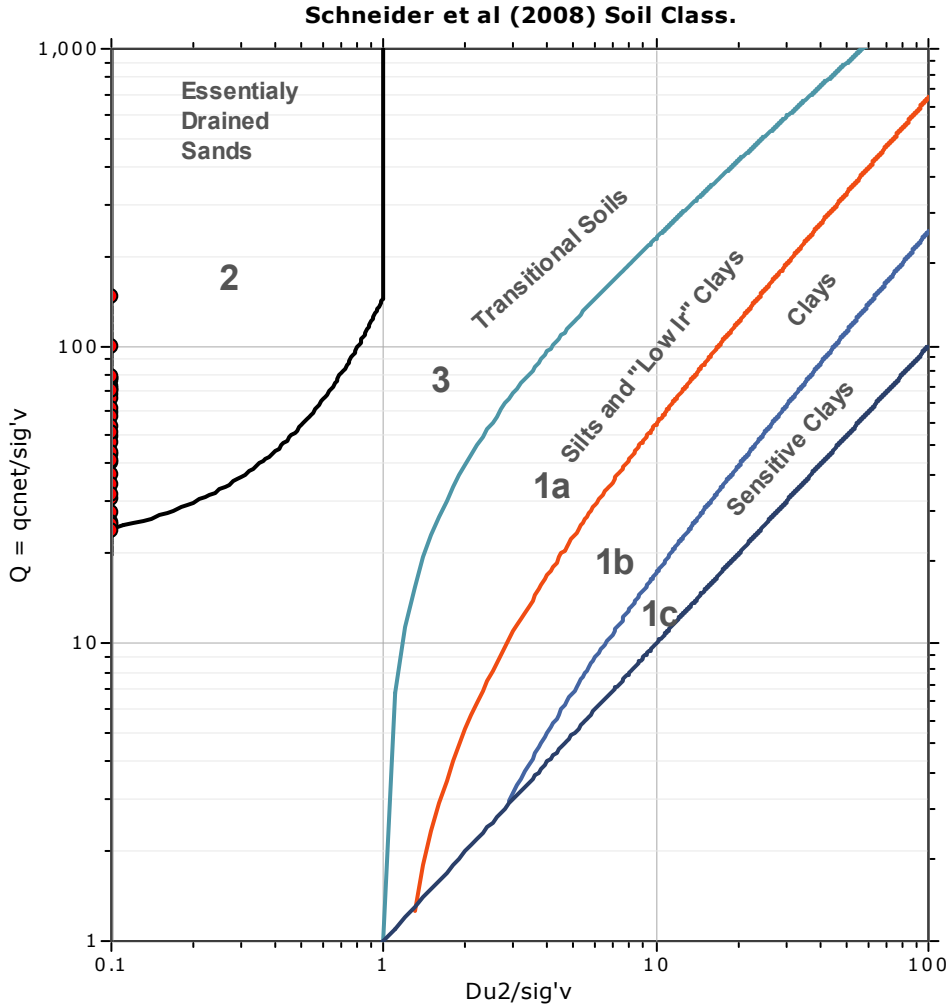
SUBSOIL Srl
Indagini Geologiche Monitoraggi Geotecnici
Via Morandi 3, 42020 Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 Fax: 0522/249540

Project:
Location:

CPT: CPT-02
Total depth: 7.00 m, Date: 05/03/2014
Surface Elevation: 0.00 m
Coords: X:0.00, Y:0.00
Cone Type: Uknown
Cone Operator: Uknown

Bq plots (Schneider)

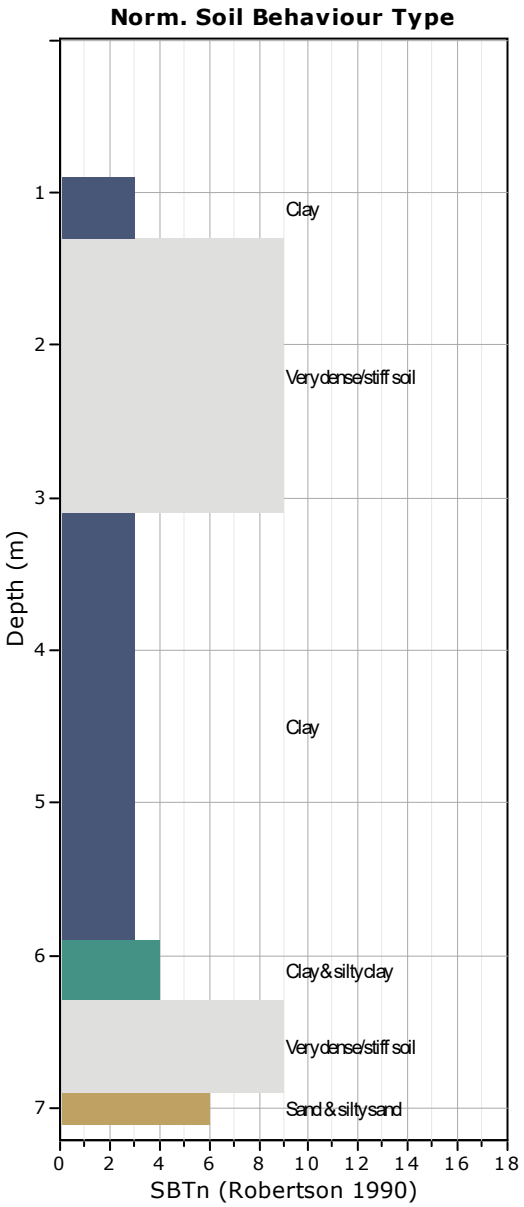


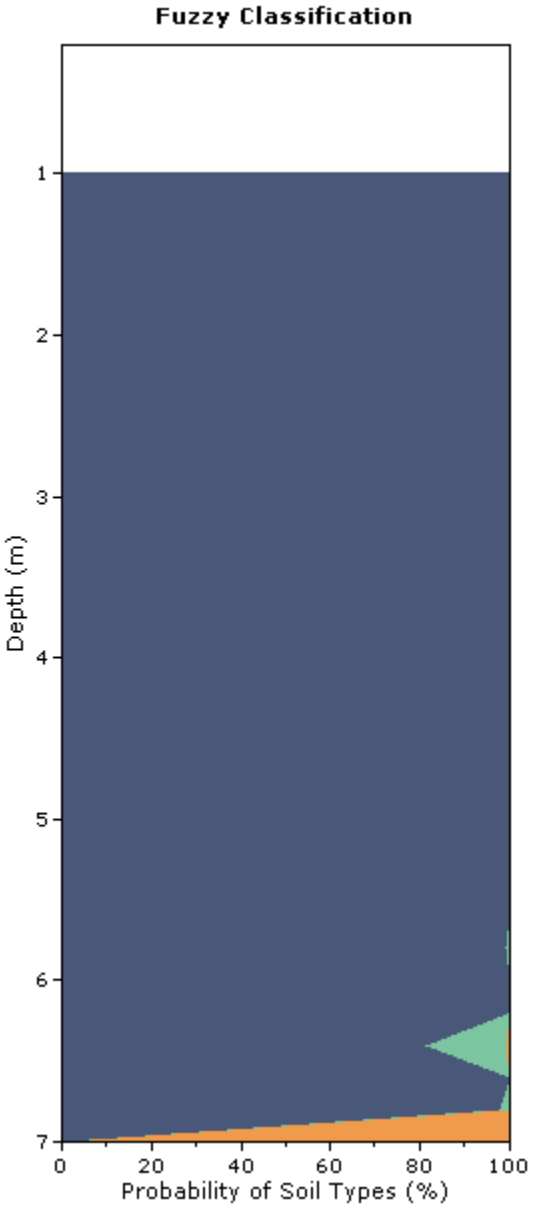


SUBSOIL Srl
Indagini Geologiche Monitoraggi Geotecnici
Via Morandi 3, 42020 Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 Fax: 0522/249540

CPT: CPT-02
Total depth: 7.00 m, Date: 05/03/2014
Surface Elevation: 0.00 m
Coords: X:0.00, Y:0.00
Cone Type: Uknown
Cone Operator: Uknown

Project:
Location:

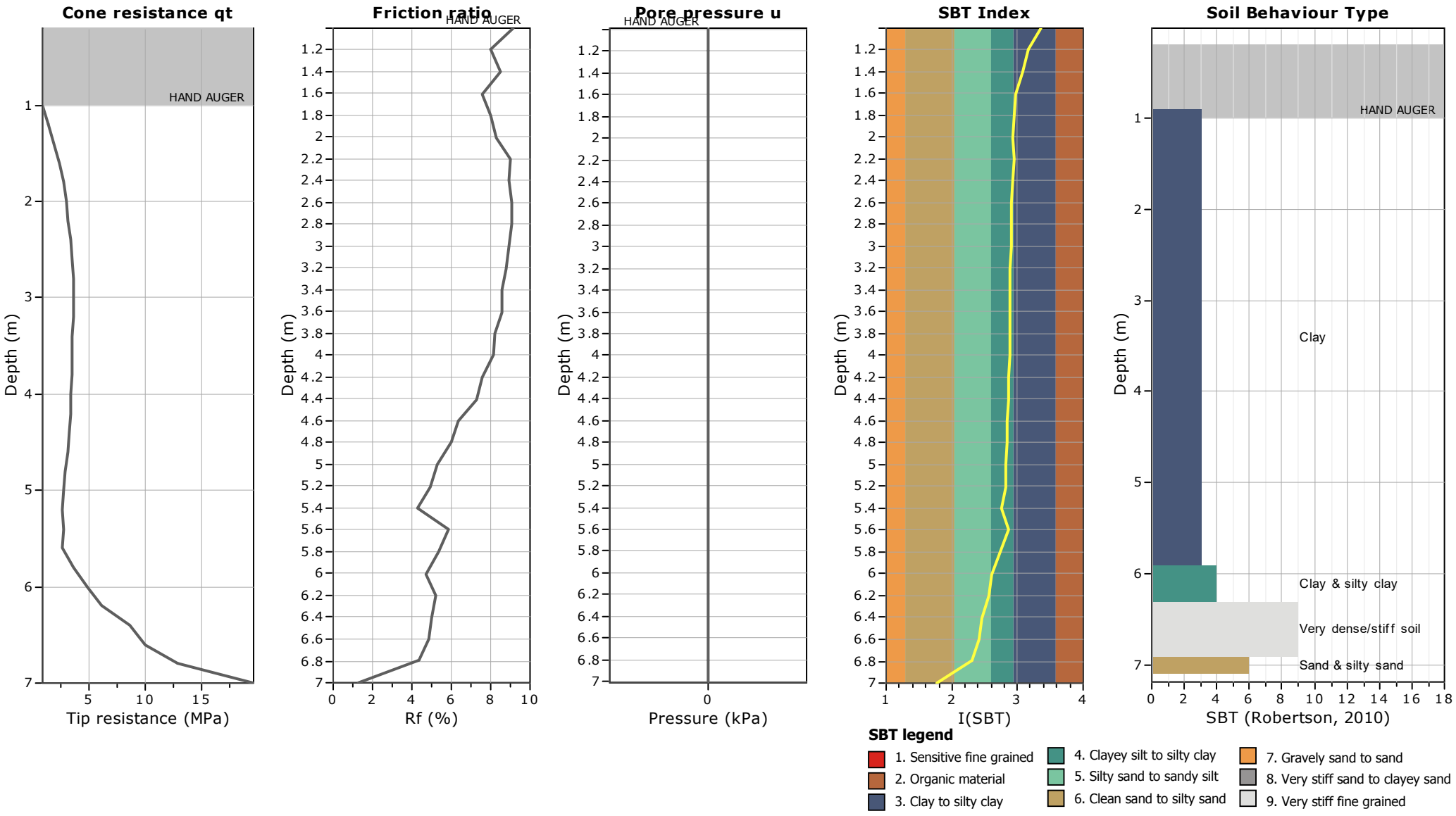




SUBSOIL Srl
Indagini Geologiche Monitoraggi Geotecnici
Via Morandi 3, 42020 Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 Fax: 0522/249540

Project:
Location:

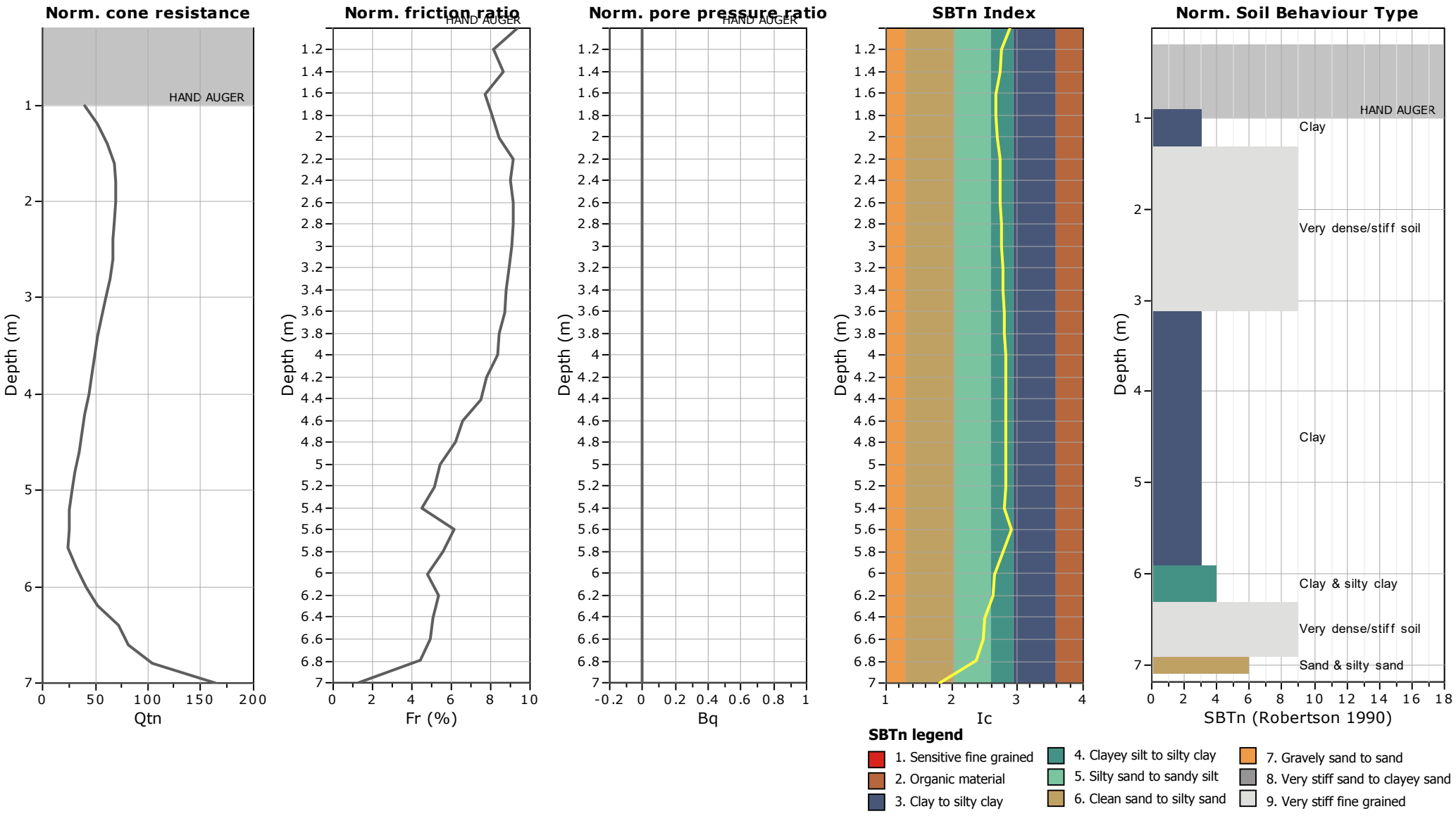
CPT: CPT-02
Total depth: 7.00 m, Date: 05/03/2014
Surface Elevation: 0.00 m
Coords: X:0.00, Y:0.00
Cone Type: Uknown
Cone Operator: Uknown



SUBSOIL Srl
Indagini Geologiche Monitoraggi Geotecnici
Via Morandi 3, 42020 Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 Fax: 0522/249540

CPT: CPT-02
Total depth: 7.00 m, Date: 05/03/2014
Surface Elevation: 0.00 m
Coords: X:0.00, Y:0.00
Cone Type: Uknown
Cone Operator: Uknown

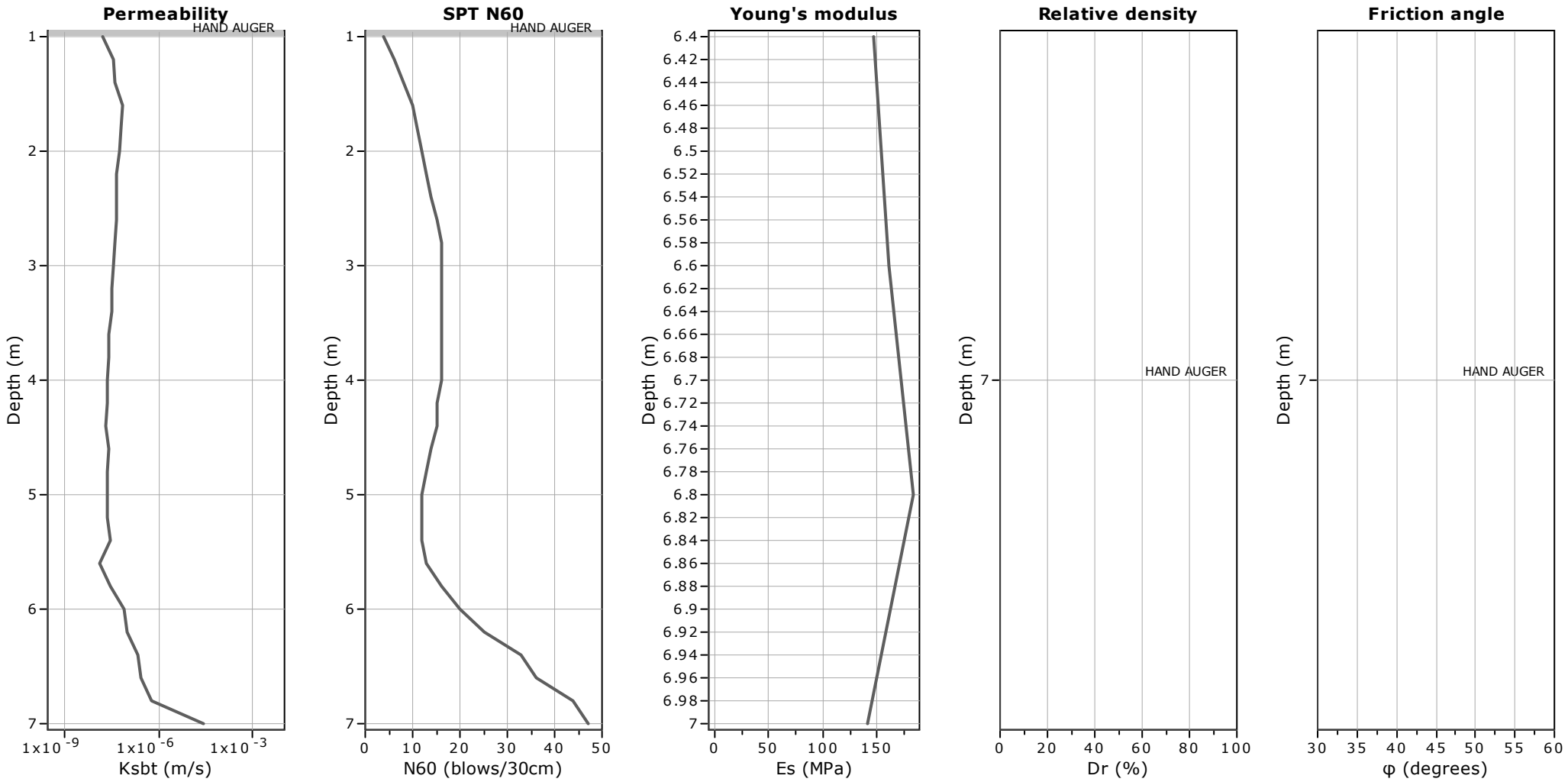
Project:
Location:



SUBSOIL Srl
Indagini Geologiche Monitoraggi Geotecnici
Via Morandi 3, 42020 Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 Fax: 0522/249540

CPT: CPT-02
Total depth: 7.00 m, Date: 05/03/2014
Surface Elevation: 0.00 m
Coords: X:0.00, Y:0.00
Cone Type: Uknown
Cone Operator: Uknown

Project:
Location:



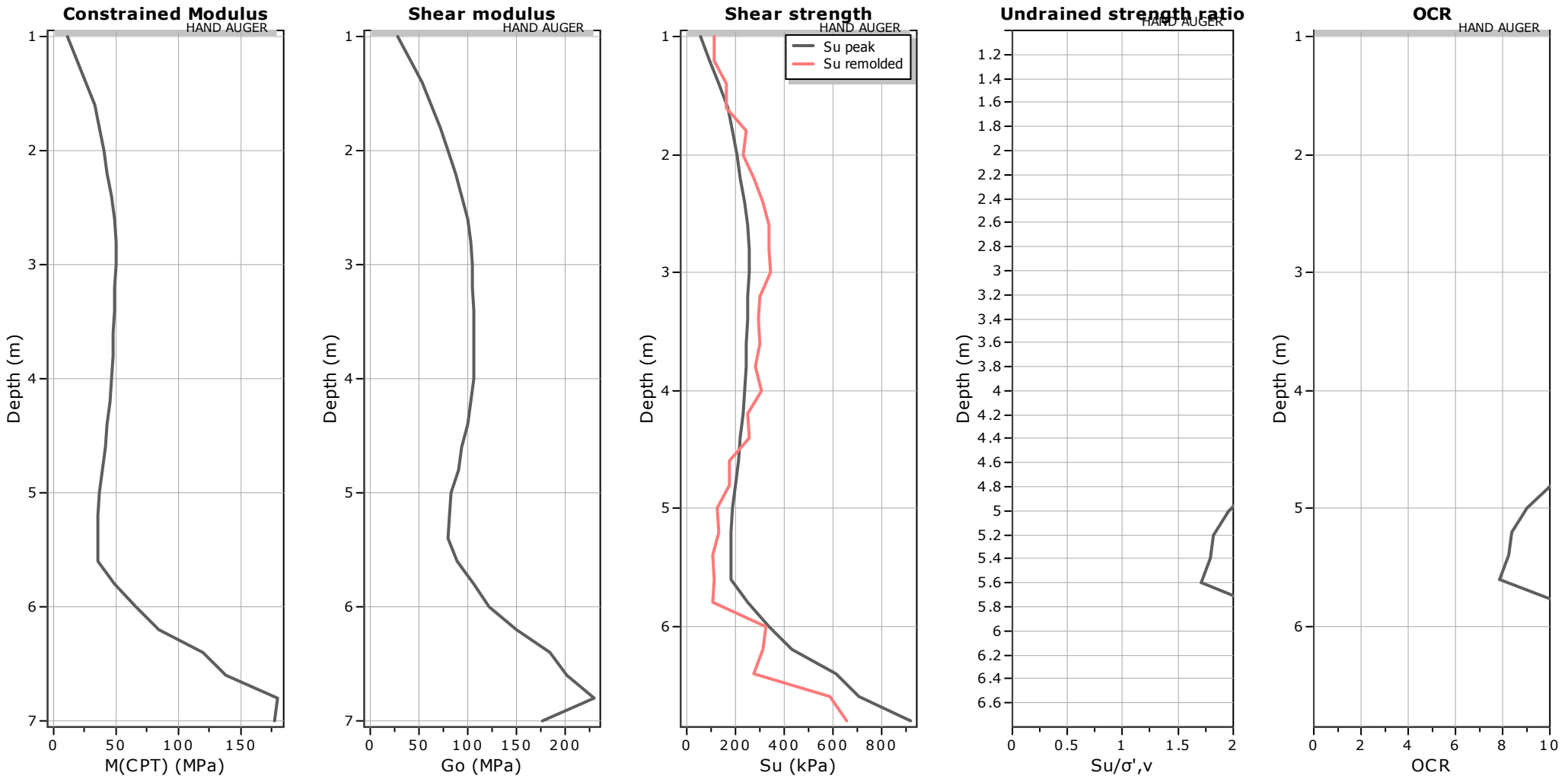
Calculation parameters

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

SUBSOIL Srl
Indagini Geologiche Monitoraggi Geotecnici
Via Morandi 3, 42020 Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 Fax: 0522/249540

CPT: CPT-02
Total depth: 7.00 m, Date: 05/03/2014
Surface Elevation: 0.00 m
Coords: X:0.00, Y:0.00
Cone Type: Uknown
Cone Operator: Uknown

Project:
Location:



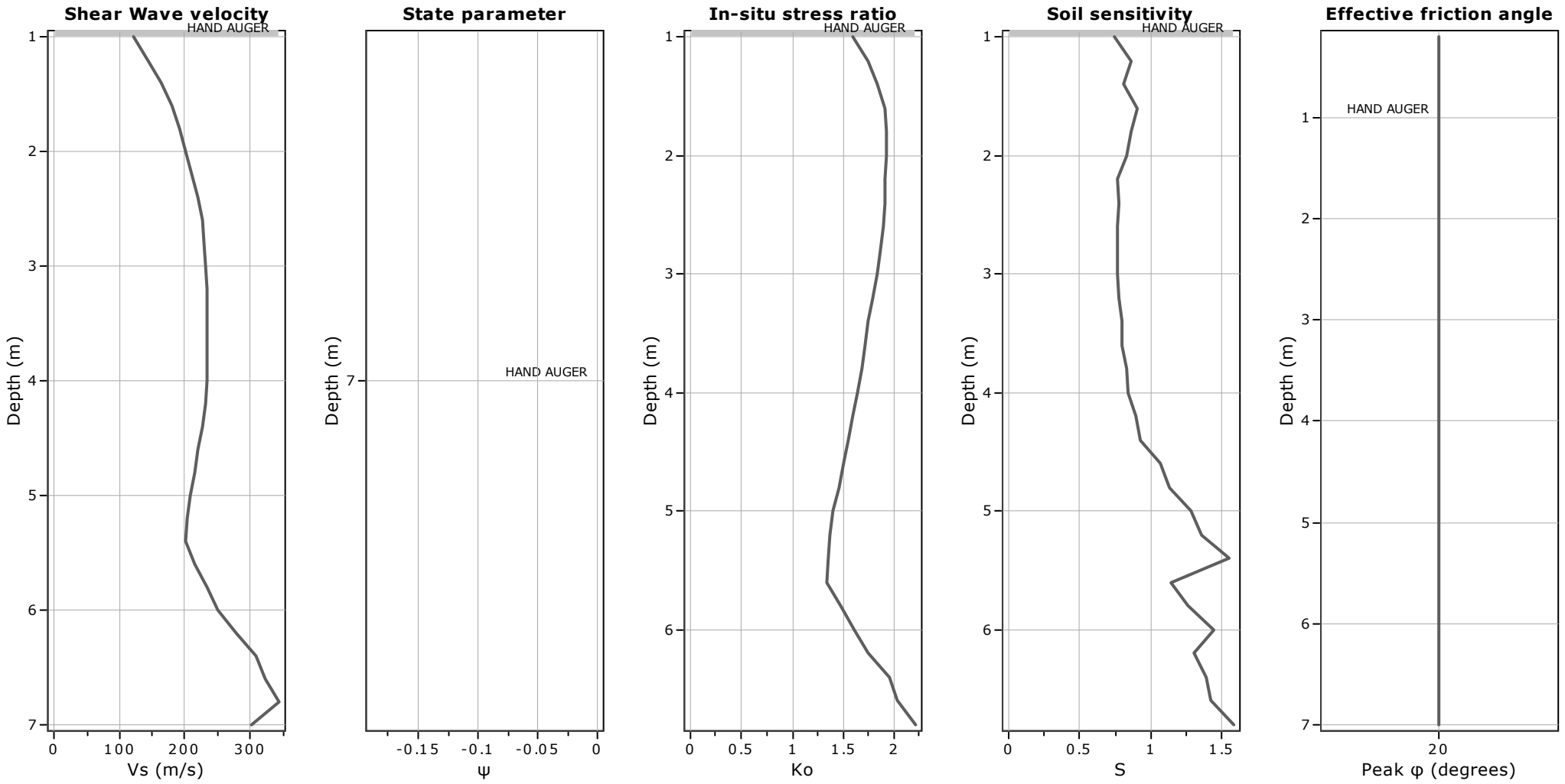
Calculation parameters

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

SUBSOIL Srl
Indagini Geologiche Monitoraggi Geotecnici
Via Morandi 3, 42020 Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 Fax: 0522/249540

CPT: CPT-02
Total depth: 7.00 m, Date: 05/03/2014
Surface Elevation: 0.00 m
Coords: X:0.00, Y:0.00
Cone Type: Uknown
Cone Operator: Uknown

Project:
Location:



Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_S: 7.00

User defined estimation data

SUBSOIL
Via Morandi 3, - Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 – Fax. 0522/ 249540

ALLEGATO 2

Tabelle parametri

CPT1

CPT2

Committente: EDIL4 SpA
Lavoro: Indagini e relazione geologica
Cantiere: "Ex Scuole di Puianello"

nome prova: CPT1

In situ data									Estimations											
Depth (m)	qc (MPa)	fs (kPa)	SBTn	Ksbt (m/s)	SPT N60 (blows/30cm)	Constrained Mod. (MPa)	Dr (%)	Friction angle (°)	Es (MPa)	Go (MPa)	Nkt	Su (kPa)	Su ratio	Kocr	OCR	Vs (m/s)	State parameter	Ko	Sensitivity	Peak phi (°)
0,2	-9999	-9999	0	0,00E+00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0	0	0	20
0,4	0	39,22662	3	2,51E-08	2	7,03284	0	0	0	15,93943	14	35,88184	3,88127	0,33	17,93148	90,71812	0	1,76593	0,70865	20
0,6	1,1768	71,58858	3	8,98E-08	4	13,29512	0	0	0	23,92405	14	67,83226	4,35302	0,33	20,11096	111,14119	0	1,83659	1,10762	20
0,8	1,37293	58,83993	4	8,78E-08	4	14,61485	0	0	0	26,40726	14	74,56559	3,76718	0,33	17,40438	116,76679	0	1,74801	1,24192	20
1	1,07873	58,83993	4	1,17E-07	6	19,22962	0	0	26,3179	32,9851	14	98,11031	4,00156	0,33	18,48719	130,50185	0	1,78446	1,33575	20
1,2	1,66713	65,70459	4	9,35E-08	6	21,92228	0	0	0	39,16622	14	111,84838	3,9946	0,33	18,45508	142,20456	0	1,7834	1,21228	20
1,4	1,66713	104,93121	3	5,91E-08	8	24,88953	0	0	0	48,30877	14	126,9874	4,11691	0,33	19,02011	157,93221	0	1,80189	0,97019	20
1,6	2,15746	163,77114	9	5,57E-08	9	29,77888	0	0	0	58,42127	14	151,93307	4,40217	0,33	20,33804	173,67735	0	1,84366	0,89628	20
1,8	2,45166	248,10837	9	5,36E-08	11	35,21741	0	0	0	69,58263	14	179,68064	4,70685	0,33	21,74563	189,54315	0	1,88634	0,83671	20
2	2,84393	248,10837	9	4,99E-08	13	40,93052	0	0	0	81,931	14	208,82916	5,00515	0,33	23,12381	205,67516	0	1,92641	0,77521	20
2,2	3,62846	287,33499	9	4,41E-08	14	44,72152	0	0	0	91,53629	14	228,17104	5,05882	0,33	23,37174	217,3974	0	1,93345	0,73129	20
2,4	3,72653	372,65289	9	4,61E-08	15	48,23794	0	0	0	97,93943	14	246,11196	5,03737	0,33	23,27263	224,87257	0	1,93064	0,7471	20
2,6	3,53039	372,65289	9	4,62E-08	16	50,93061	0	0	0	103,34365	14	259,85003	4,94967	0,33	22,86746	230,99342	0	1,91908	0,75795	20
2,8	3,72653	333,42627	9	4,11E-08	16	50,87741	0	0	0	105,47568	14	259,5786	4,64485	0,33	21,45922	233,364	0	1,87781	0,75716	20
3	3,82459	313,81296	9	3,76E-08	16	49,45127	0	0	0	104,15149	14	252,30242	4,2521	0,33	19,64468	231,8945	0	1,82192	0,78156	20
3,2	3,62846	287,33499	3	3,30E-08	15	47,75056	0	0	0	103,01233	14	243,62529	3,88448	0,33	17,9463	230,62283	0	1,76643	0,79406	20
3,4	3,23619	274,58634	3	2,71E-08	15	46,32443	0	0	0	103,55609	14	236,34911	3,5798	0,33	16,53867	231,23073	0	1,71777	0,78053	20
3,6	2,94199	294,19965	3	2,22E-08	15	43,79995	0	0	0	101,46247	14	223,46914	3,22114	0,33	14,88166	228,88136	0	1,65685	0,78302	20
3,8	3,23619	313,81296	3	5,07E-08	17	54,18103	0	0	0	108,11488	14	276,43381	3,72994	0,33	17,23234	236,26558	0	1,74208	0,98659	20
4	2,94199	228,49506	3	5,30E-08	17	55,50076	0	0	0	109,8868	14	283,16713	3,64425	0,33	16,83644	238,1938	0	1,72828	1,02527	20
4,2	7,35499	261,83769	3	6,23E-08	17	56,27132	0	0	0	108,18708	14	287,09855	3,52725	0,33	16,29588	236,34445	0	1,7091	1,13222	20
4,4	3,72653	254,97303	3	6,50E-08	17	54,84518	0	0	0	104,64184	14	279,82237	3,29475	0,33	15,22175	232,43974	0	1,6697	1,22646	20
4,6	3,23619	183,38445	4	7,39E-08	16	54,24281	0	0	0	101,12565	14	276,74904	3,12698	0,33	14,44665	228,50113	0	1,64012	1,36371	20
4,8	2,74586	189,26844	3	2,82E-08	14	41,00947	0	0	0	91,0138	14	209,23201	2,28602	0,33	10,56139	216,77606	0	1,47349	1,18801	20
5	2,74586	104,93121	3	2,35E-08	12	36,28831	0	0	0	83,21568	14	185,14444	1,94618	0,33	8,99136	207,28137	0	1,39457	1,28485	20
5,2	2,6478	130,42851	3	1,85E-08	12	33,21466	0	0	0	79,51221	14	169,46256	1,71495	0,33	7,92309	202,61641	0	1,33553	1,31074	20
5,4	2,0594	98,06655	3	2,33E-08	11	33,16146	0	0	0	76,1701	14	169,19113	1,65	0,33	7,62301	198,31244	0	1,31801	1,52872	20
5,6	2,15746	110,8152	3	2,29E-08	12	33,65743	0	0	0	77,55323	14	171,7216	1,61592	0,33	7,46557	200,10487	0	1,30863	1,55158	20
5,8	2,74586	98,06655	3	1,71E-08	11	31,68213	0	0	0	76,99146	14	161,64352	1,46711	0,33	6,77804	199,3788	0	1,2661	1,49568	20
6	2,94199	104,93121	3	1,20E-08	11	29,70683	0	0	0	76,96875	14	151,56544	1,32952	0,33	6,14239	199,3494	0	1,22416	1,40243	20
6,2	1,96133	117,67986	3	1,90E-08	12	34,04701	0	0	0	81,16889	14	173,70921	1,47556	0,33	6,8171	204,71634	0	1,26859	1,56671	20
6,4	1,37293	98,06655	4	3,92E-08	14	44,1535	0	0	0	92,29445	14	225,27294	1,86772	0,33	8,62889	218,29585	0	1,37508	1,7211	20
6,6	3,72653	124,54452	4	6,72E-08	17	55,08374	0	0	0	104,46804	14	281,03951	2,27641	0,33	10,51703	232,24663	0	1,47137	1,80031	20
6,8	6,37432	196,1331	4	1,18E-07	20	70,13278	0	0	95,8934	120,1864	14	357,82033	2,83959	0,33	13,11892	249,10667	0	1,58692	1,86238	20
7	6,86465	228,49506	4	8,79E-08	27	89,5752	0	0	0	161,82822	14	457,01635	3,51528	0,33	16,2406	289,05789	0	1,70712	1,32225	20
7,2	7,35499	294,19965	4	2,07E-07	34	123,02152	0	0	151,82034	190,28149	14	627,66082	4,77075	0,33	22,04087	313,44113	0	1,89506	1,47031	20
7,4	8,33565	850,23699	9	1,24E-07	37	128,46005	0	0	173,97402	218,04743	14	655,40839	4,81438	0,33	22,24243	335,53143	0	1,90097	1,16958	20
7,6	15,69064	522,69471	9	4,66E-07	44	173,71357	0	0	185,1923	232,10769	14	886,29371	6,52059	0,33	30,12511	346,18039	0	2,1088	1,60103	20
7,8	27,45862	0	6	2,47E-05	51	192,70459	69	42	153,75366	192,70459	0	0	0	0,33	0	315,43054	-0,18951	0	0	20

Committente: EDIL4 SpA
Lavoro: Indagini e relazione geologica
Cantiere: "Ex Scuola di Puianello"

nome prova: CPT2

	In situ data						Estimations												
Depth (m)	qc (MPa)	fs (kPa)	SBTn	Ksbt (m/s)	SPT N60 (blows/30cm)	Constrained Mod. (MPa)	Dr (%)	Friction angle (°)	Es (MPa)	Go (MPa)	Nkt	Su (kPa)	Su ratio	Kocr	OCR	Vs (m/s)	State parameter	Ko	Sensitivity	Peak phi (°)
0,2	0	0	0	0,00E+00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0	0	0	20
0,4	0	0	0	0,00E+00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0	0	0	20
0,6	0	0	0	0,00E+00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0	0	0	20
0,8	0	0	0	0,00E+00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0	0	0	20
1	0	110,8152	3	1,62E-08	4	11,54121	0	0	0	28,32838	14	58,88371	2,88557	0,33	13,33135	120,93961	0	1,59567	0,74865	20
1,2	1,96133	110,8152	3	3,66E-08	6	18,90183	0	0	0	40,01393	14	96,43793	3,71572	0,33	17,16662	143,73526	0	1,7398	0,86047	20
1,4	2,25553	163,77114	9	4,31E-08	8	25,71329	0	0	0	52,8432	14	131,19025	4,35157	0,33	20,10426	165,17802	0	1,83638	0,81228	20
1,6	2,6478	163,77114	9	6,85E-08	10	33,07392	0	0	0	62,4989	14	168,74447	4,824	0,33	22,28687	179,63622	0	1,90227	0,90955	20
1,8	2,45166	242,22438	9	6,30E-08	11	37,13951	0	0	0	71,25762	14	189,48729	4,91687	0,33	22,71594	191,81094	0	1,91472	0,86544	20
2	2,6478	228,49506	9	5,75E-08	12	40,65593	0	0	0	79,30224	14	207,42821	4,93421	0,33	22,79606	202,34871	0	1,91703	0,83114	20
2,2	3,43233	274,58634	9	4,58E-08	13	42,79942	0	0	0	87,0065	14	218,36439	4,83289	0,33	22,32796	211,95006	0	1,90347	0,76837	20
2,4	3,53039	313,81296	9	4,64E-08	14	46,04125	0	0	0	93,37156	14	234,90436	4,80673	0,33	22,20708	219,56596	0	1,89994	0,77576	20
2,6	3,43233	333,42627	9	4,36E-08	15	48,73392	0	0	0	99,93521	14	248,64243	4,74677	0,33	21,93006	227,15222	0	1,8918	0,76359	20
2,8	3,62846	333,42627	9	3,99E-08	16	49,50447	0	0	0	103,18559	14	252,57385	4,52414	0,33	20,90154	230,8167	0	1,86097	0,76301	20
3	3,62846	340,29093	9	3,66E-08	16	49,45127	0	0	0	104,70591	14	252,30242	4,2559	0,33	19,66226	232,51089	0	1,82247	0,77152	20
3,2	3,72653	301,06431	3	3,35E-08	16	49,12349	0	0	0	105,6478	14	250,63004	3,99432	0,33	18,45377	233,55434	0	1,78336	0,7822	20
3,4	3,53039	294,19965	3	3,11E-08	16	48,52112	0	0	0	105,79434	14	247,55671	3,7373	0,33	17,26633	233,71625	0	1,74325	0,79906	20
3,6	3,33426	301,06431	3	2,75E-08	16	47,64416	0	0	0	106,22224	14	243,08244	3,48858	0,33	16,11724	234,18843	0	1,70267	0,80224	20
3,8	3,43233	281,451	3	2,70E-08	16	47,59096	0	0	0	106,45246	14	242,81101	3,31309	0,33	15,30648	234,44208	0	1,67288	0,83098	20
4	3,33426	306,9483	3	2,42E-08	16	46,714	0	0	0	106,53993	14	238,33673	3,10329	0,33	14,33721	234,53838	0	1,63586	0,83864	20
4,2	3,72653	248,10837	3	2,46E-08	15	45,56245	0	0	0	103,63407	14	232,4615	2,88874	0,33	13,346	231,31775	0	1,59627	0,89831	20
4,4	3,23619	254,97303	3	2,20E-08	15	43,31256	0	0	0	100,49162	14	220,98247	2,62951	0,33	12,14832	227,78369	0	1,54575	0,931	20
4,6	2,94199	176,51979	3	2,55E-08	14	41,88643	0	0	0	94,66664	14	213,70629	2,43357	0,33	11,24307	221,08342	0	1,50535	1,06781	20
4,8	2,6478	176,51979	3	2,30E-08	13	39,08737	0	0	0	90,01257	14	199,42536	2,1811	0,33	10,07669	215,5804	0	1,45	1,13233	20
5	2,84393	124,54452	3	2,38E-08	12	36,5629	0	0	0	83,66453	14	186,54539	1,96084	0,33	9,05909	207,83965	0	1,39815	1,28211	20
5,2	2,74586	130,42851	3	2,26E-08	12	35,13676	0	0	0	81,1692	14	179,26921	1,81396	0,33	8,3805	204,71674	0	1,36141	1,35718	20
5,4	2,3536	104,93121	3	2,91E-08	12	35,90732	0	0	0	79,24436	14	183,20063	1,78718	0,33	8,25677	202,27486	0	1,3545	1,55942	20
5,6	2,45166	110,8152	3	1,38E-08	13	35,57954	0	0	0	89,85937	14	181,52825	1,70609	0,33	7,88215	215,39687	0	1,33316	1,14379	20
5,8	2,94199	104,93121	3	3,09E-08	16	48,43189	0	0	0	105,70697	14	247,10147	2,2498	0,33	10,39407	233,61972	0	1,46546	1,25987	20
6	2,74586	326,56161	4	7,61E-08	20	65,67762	0	0	0	121,78049	14	335,08989	2,97095	0,33	13,72577	250,75325	0	1,61166	1,45214	20
6,2	7,35499	313,81296	4	9,60E-08	25	84,29628	0	0	0	149,88918	14	430,08306	3,70653	0,33	17,12415	278,19086	0	1,73833	1,31034	20
6,4	8,53179	274,58634	9	2,13E-07	33	119,93929	0	0	147,30662	184,6243	14	611,93514	5,16565	0,33	23,86528	308,74655	0	1,94732	1,38982	20
6,6	9,12018	588,3993	9	2,81E-07	36	137,73419	0	0	160,8661	201,61885	14	702,72546	5,79329	0,33	26,76499	322,64377	0	2,02521	1,42328	20
6,8	15,69064	654,10389	9	5,84E-07	44	179,41809	0	0	183,5903	230,09985	14	915,39843	7,42848	0,33	34,31957	344,67984	0	2,20495	1,5876	20
7	24,51663	0	6	2,54E-05	47	177,22645	68	42	141,40408	177,22645	0	0	0	0,33	0	302,49762	-0,18787	0	0	20

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

:: Unit Weight, g (kN/m³) ::

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

where g_w = water unit weight

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

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

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

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

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

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

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

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

(applicable only to $I_c < I_{c\_cutoff}$)

:: Relative Density, Dr (%) ::

$$100 \cdot \sqrt{\frac{Q_{tn}}{k_{DR}}}$$ (applicable only to SBT_n: 5, 6, 7 and 8 or $I_c < I_{c\_cutoff}$)

:: State Parameter, ψ ::

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

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

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

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

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

If $I_c > 2.20$

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

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

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

If $I_c \leq 2.20$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

:: Remolded undrained shear strength, Su(rem) (kPa) ::

$S_{u(rem)} = f_s$ (applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c\_cutoff}$)

:: Overconsolidation Ratio, OCR ::

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

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

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

:: In situ Stress Ratio, Ko ::

$$K_O = (1 - \sin\varphi') \cdot OCR^{\sin\varphi'}$$

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

:: Soil Sensitivity, S_t ::

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

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

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

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

(applicable for $0.10 < B_q < 1.00$)

References

• Robertson, P.K., Cabal K.L., Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering, Gregg Drilling & Testing, Inc., 5th Edition, November 2012

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

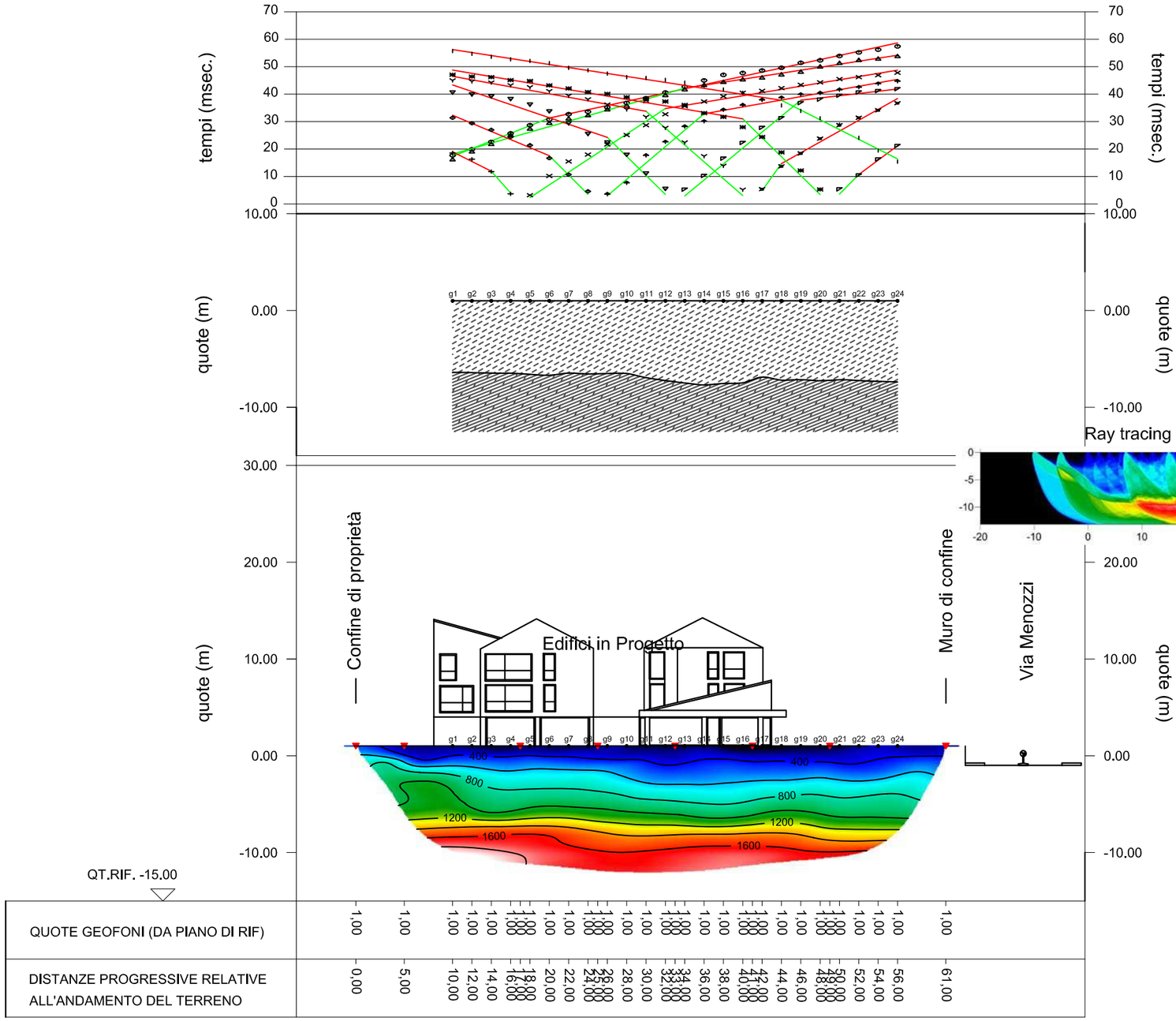
Via Morandi 3, - Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 – Fax. 0522/ 249540

ALLEGATO 3

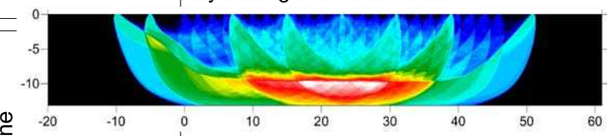
Sismica a rifrazione

RIFRA1

RIFRA 1



Profilo su via Valentini



SUBSOIL Srl
Via Morandi, 3 - 42020 Quattro Castella (RE)
Tel. 0522 887268 - fax 0522 249540

REGIONE EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA DI REGGIO EMILIA
COMUNE DI QUATTRO CASTELLA
LOCALITA' PUIANELLO

IRelazione geologica e sismica a supporto del progetto di recupero dell'edificio "Ex Scuole Elementari" di Puianello

COMMITTENTE:
EDIL4 SpA

TAVOLA N.	DATA:
01	5 Marzo 2014

OGGETTO:
RIFRAZIONE SISMICA - Rifra1

REDATTO	APPROVATO
Dott. R.Spagni	**Dott. geol. F. Giorgini**

LEGENDA

Legenda elaborazione GRM
(Generalized Reciprocal Method)

339 m/s 1352 m/s

Scala tomografia
Velocità onde P (m/s)

200 400 600 800 1000 1200 1400 1600 1800 2000

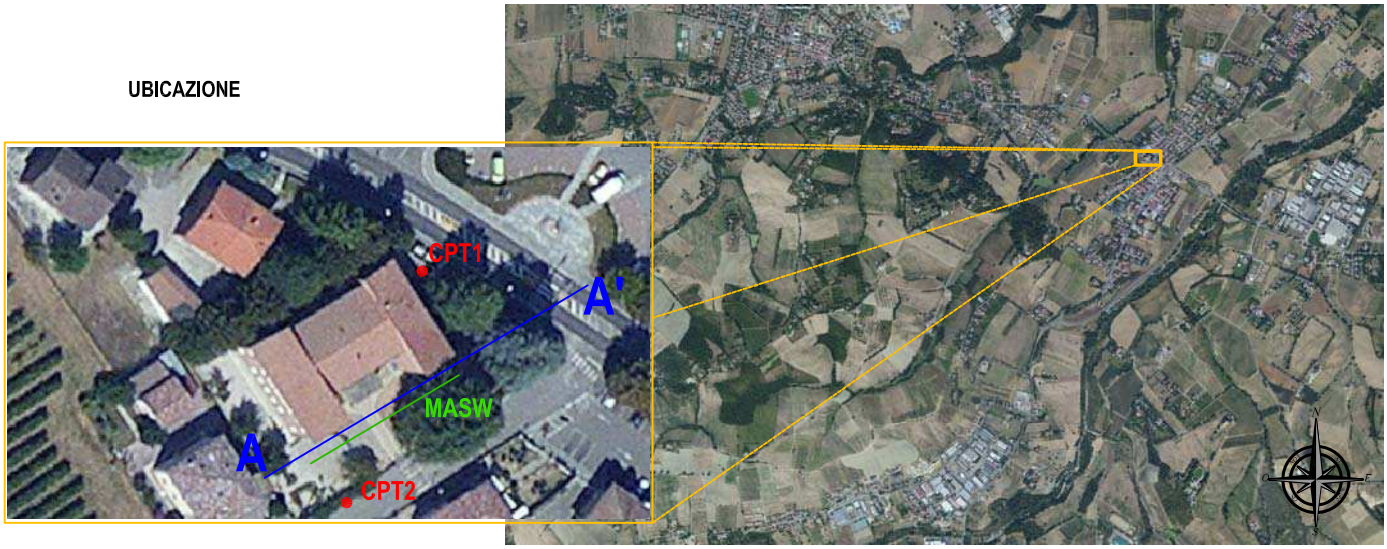
SCALA: 1:500

Via Morandi 3, - Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 – Fax. 0522/ 249540

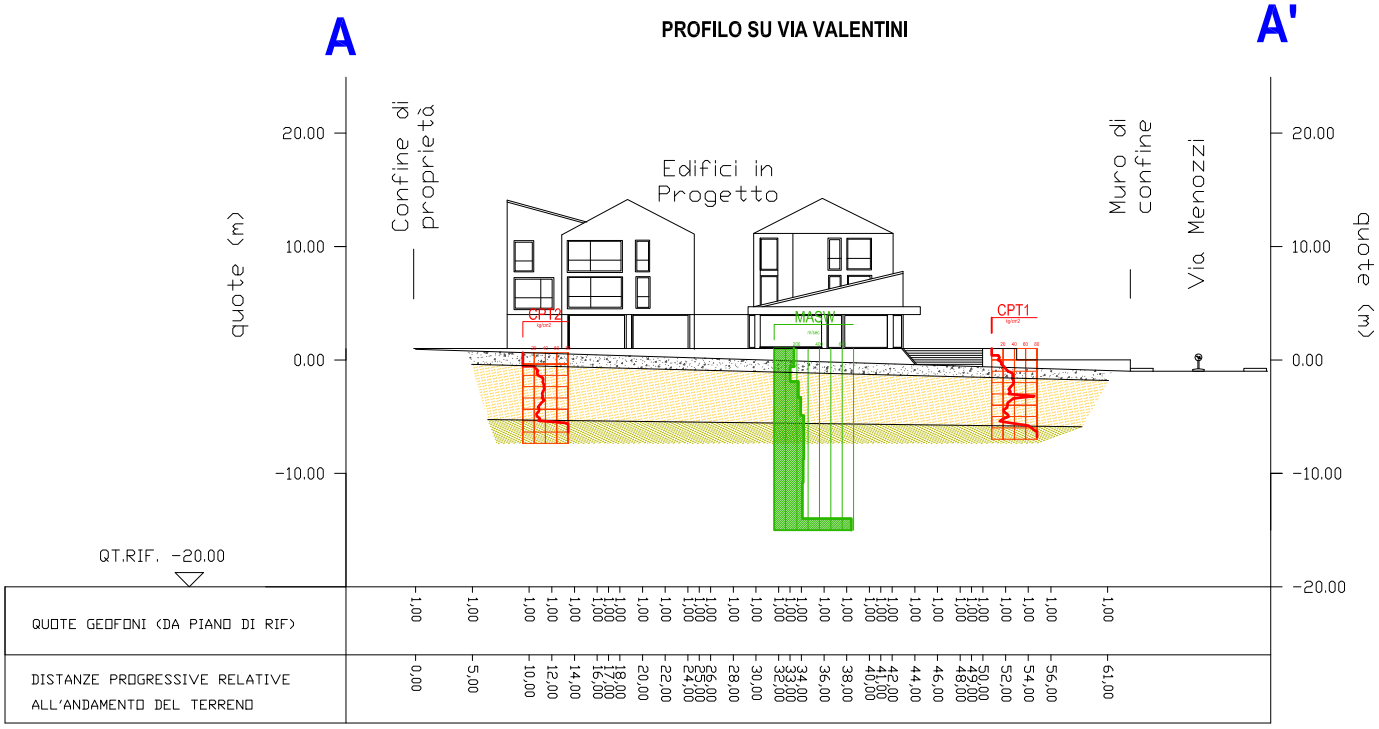
ALLEGATO 4

Modello Geologico

UBICAZIONE



PROFILO SU VIA VALENTINI



Legenda:

- Pacchetto stradale di via Valentini
- Argille
- Argille e argille limose

SUBSOIL
INDAGINI GEOLOGICHE & MONITORAGGI GEOTECNICI

SUBSOIL Srl
Via Morandi, 3 - 42020 Quattro Castella (RE)
Tel. 0522 887268 - fax 0522 249540

REGIONE EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA DI REGGIO EMILIA
COMUNE DI QUATTRO CASTELLA
LOCALITA' PUIANELLO

Relazione geologica e sismica a supporto del progetto di recupero dell'edificio "Ex Scuole Elementari" di Puianello

COMMITTENTE:
EDIL4 SpA

TAV. N. 02

DATA: 30 Marzo 2014

OGGETTO:
MODELLO GEOLOGICO

REDATTO	APPROVATO
Dott. R.Spagni	**Dott. geol. F. Giorgini**

SUBSOIL
INDAGINI GEOLOGICHE & MONITORAGGI GEOTECNICI

REGIONE EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA DI REGGIO EMILIA
COMUNE DI QUATTRO CASTELLA
LOCALITA' PUIANELLO

Relazione geotecnca a supporto del progetto di recupero

dell'edificio "Ex Scuole Elementari" di Puianello

COMMITTENTE:

EDIL4 S.p.A.

Relazione Geotecncia

Marzo 2014

Committente: *EDIL4 Spa* *Commessa:* *01808213_FG*	*Redatto* *Dott. Roberto Spagni*	*Approvato* *Dott. Geol. Fabrizio Giorgini*

SUBSOIL
Via Morandi 3, - Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 – Fax. 0522/ 249540

INDICE

1. PREMESSA 5
1.1 Ubicazione e caratteristiche generali dell'intervento 5
1.2 Quadro normativo di riferimento 6
1.3 Sintesi dei dati relativi al modello geologico 7
2. PROGRAMMA DELLE INDAGINI E DELLE PROVE GEOTECNICHE 8
3. DEFINIZIONE DI EVENTUALI PROBLEMI GEOLOGICI ED ASPETTI GEOTECNICI LOCALI 8
4. CARATTERIZZAZIONE FISICA E MECCANICA DEI TERRENI E DELLE ROCCE – MODELLO GEOTECNICO 9
4.1 Definizione dei valori caratteristici 9
5. DATI DI PROGETTO 11
6. VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI 11
7. CONCLUSIONI 13

ALLEGATI

ALLEGATO 1
Modello geotecnico

ALLEGATO 2
Verifica SLU

ALLEGATO 3
Verifica SLE

SUBSOIL
Via Morandi 3, - Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 – Fax. 0522/ 249540

1. PREMESSA

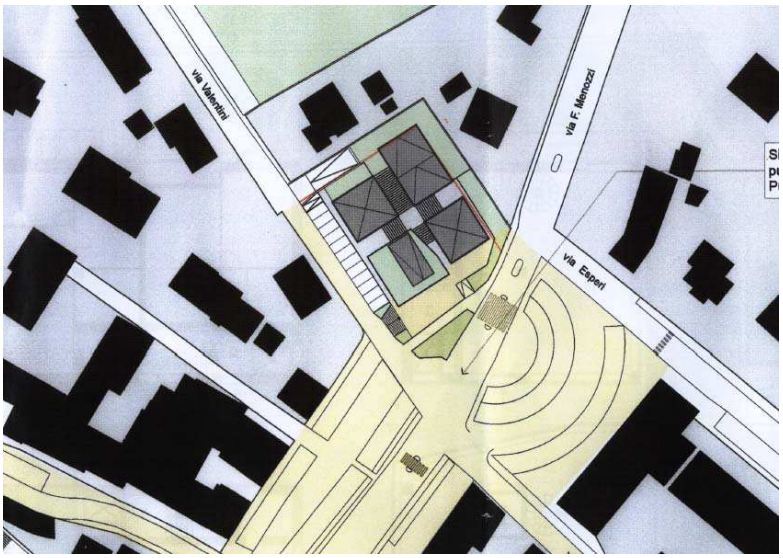
1.1 Ubicazione e caratteristiche generali dell'intervento

Su incarico ricevuto dall'impresa EDIL4 SpA è stata redatta la presente relazione geotecnica a supporto del "Piano di Recupero" d'iniziativa privata riguardante il fabbricato "Ex Scuole Elementari" di Puianello come da richiesta di variante al PRG del Comune di Quattro Castella in provincia di Reggio Emilia del 10 luglio 2013.

L'area oggetto di studio è situata nel centro della frazione di Puianello nel Comune di Quattro Castella, tra Via F.lli Menozzi e Via R. Valentini. Il sito è cartografato nella CTR alla scala 1:10000 nella sezione denominata "Vezzano sul Crostolo" dove risulta essere ad una quota di circa 41 m. sul livello del mare, con una leggera pendenza verso Nord-Est. Il lotto è registrato nel "Catasto dei Terreni" del comune di Quattro Castella nella particella n.° 79 del foglio 34.
In figura 1 si riporta la foto aerea oggetto di studio.

Figura 1: *Stralcio immagine satellitare dell'area oggetto di studio.*

La tipologia di intervento proposto nella variante riguarda la realizzazione di quattro corpi edilizi in stile moderno, collegati tra di loro con spazi porticati al piano terra, di cui 1 ad un piano unico a destinazione commerciale – direzionale nell'angolo Nord-Est dell'area e tre fabbricati a tre piani a destinazione commerciale al piano terra con sovrastanti due piani a civile abitazione. Si prevedono inoltre piani interrati e servizi box.
In figura 2 si riportano l'inquadramento urbano e il profilo su Via Valentini del progetto di riqualificazione dell'area denominata "Ex Scuole Elementari di Puinalello.



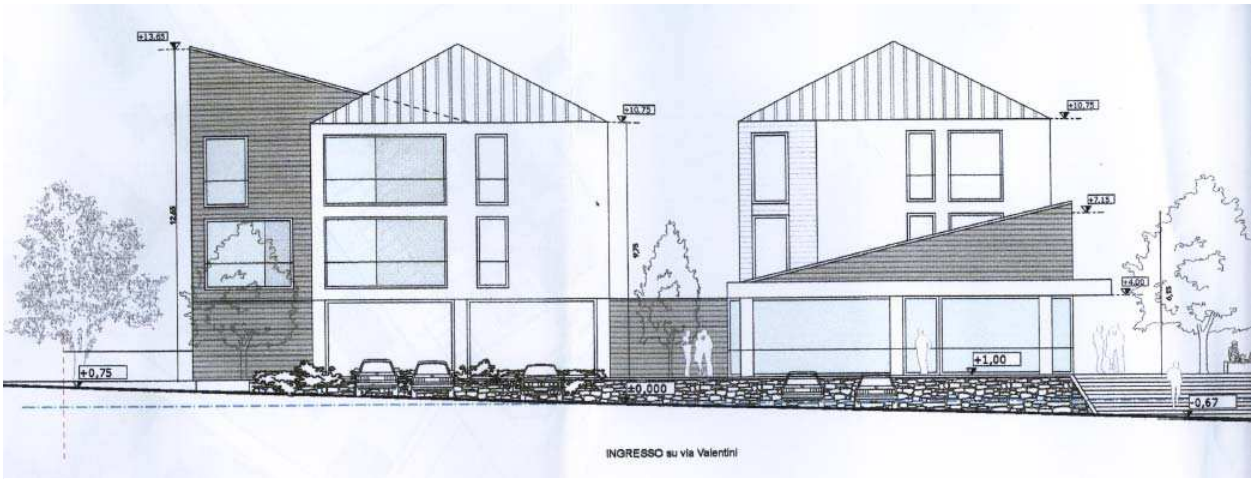


Figura 2: *Inquadramento urbano e profilo su via Valentini del progetto di riqualificazione dell'area denominata "Ex Scuola Elementare" di Puianello.*

1.2 Quadro normativo di riferimento

Lo studio è stato condotto nel rispetto e secondo le modalità stabilite dal DM 14 gennaio 2008 " Norme Tecniche per le costruzioni (NTC08)" che definisce i principi per il progetto, l'esecuzione ed il collaudo di tutti i tipi di costruzione rispetto alle prestazioni richieste in termini di sicurezza, regolare utilizzo e durabilità.
Tutte le precedenti norme (L. 25.11.1962 n.° 1684; L. 2.02.1974 n.° 64; D. LL. PP. 15.05.1985; D.M. 11.3.1988; D.P.R. 10.09.1990 n.° 285; D.M. LL.PP. 12.12.1985; D.M. 4.05.1990; D.P.R. 6.06.2001; D.Lgs 12.04.2006 n.° 163; D.M. 14.01.2008) continuano ad essere vigenti, poiché il D.M. 14.01.2008 si applica solo ed esclusivamente *al progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle prestazioni loro richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio e di durabilità.*

Via Morandi 3, - Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 – Fax. 0522/ 249540

1.3 Sintesi dei dati relativi al modello geologico

Dalla suddetta relazione geologica si riporta quanto segue:

- Geologia: dalla "Carta geologica e dei suoli del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna" nell'area affiora la "Successione neogenico – quaternaria del margine appenninico padano" in particolare il "Sintema Emiliano Romagnolo Superiore" e il "Subsintema di Ravenna";
- Geomorfologia: l'area di studio è fortemente antropizzata in quanto situata in un centro abitato. Sono presenti muri di sostegno che hanno modificato un versante originariamente con modesta acclività (inferiore a 10°) in un lotto praticamente pianeggiante;
- Idrologia: l'area indagata è situata in sponda sinistra del Torrente Crostolo il cui letto scorre poche centinaia di metri ad est. Il lotto risulta al di fuori delle fasce di rispetto dei corsi d'acqua.
  Durante la campagna di indagini (Marzo 2014) la falda è risultata essente nel volume di terreno indagato;
- Vincoli: dalla cartografia esaminata non risultano presenti vincoli particolari.

Dalla campagna di indagini geognostiche eseguite e riportate nella "Relazione Geologica e Sismica" si è rilevato la presenza di un ammasso argilloso nel volume di terreno indagato, con un passaggio a litologie argillose più consistenti tra i 6,00 e i 7,50 m. dal piano.

Dal punto di vista sismico, con una velocità di Vs30 pari a 305 m/s, il sito rientra ***categoria di suolo C*** corrispondenti "*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina)*".
Il Comune di Quattro Castella secondo quanto stabilito dall'Ordinanza n.° 3274 del 20/03/2003, ricade in zona simica 3.
Infine, n relazione all'assetto stratigrafico, l'area è interessata da una amplificazione sismica locale di tipo stratigrafico. Seguendo le procedure suggerite dalla DR 112/2007, per il Comune di Quattro Castella si ottiene un fattore di amplificazione Fa pari a 2,3 nell'intervallo spettrale compreso tra 0,1-0,5s e di 2,4 tra 0,5-1,0 s.

SUBSOIL
Via Morandi 3, - Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 – Fax. 0522/ 249540

2. PROGRAMMA DELLE INDAGINI E DELLE PROVE GEOTECNICHE

Nella fase di progettazione attuale vengono utilizzati i dati ottenuti dalla campagna di indagine effettuata nell'Marzo 2014, durante la quale sono state eseguite 2 prove penetrometriche statiche (CPT), un'indagine sismica a rifrazione e una indagine sismica tipo MASW, i cui risultati sono riportati nel Capitolo "4.1 Indagini geognostiche" della "Relazione geologica e sismica a supporto del progetto di recupero dell'edificio "Ex Scuola Elementare" di Puianello" del Marzo 2014.

Nella figura successiva (Fig. 3) si indicano le ubicazionie delle indagini così come riportato nella suddetta relazione geologica.

Figura 2: *Ubicazione indagini.*

La modellazione sismica del sito è riportata nel capitolo "4.4 Modellazione sismica" della suddetta relazione geologica e sismica, all'interno del quale sono riportati i parametri sismici e le forme spettrali di progetto.

3. DEFINIZIONE DI EVENTUALI PROBLEMI GEOLOGICI ED ASPETTI GEOTECNICI LOCALI

In occasione della campagna di indagini eseguita nel Marzo 2014, per motivi legati all'accessibilità del sito, solo la prova penetrometrica CPT1 è stata eseguita all'interno del lotto oggetto di intervento, mentre la CTP2 è stata realizzata lungo via Valentini. Le due prove non hanno però rilevato particolari anomalie e differenze.

Nella CPT2 è stato individuato un orizzonte superficiale costituito da materiale di riporto di circa 0,8 m. legato al pacchetto stradale di Via Valentini.
Come indicato nel capitolo 4.3 "Analisi degli aspetti geomorfologici e idrologici" nella "Relazione geologica e sismica a supporto del progetto di recpero dell'edificio "Ex Scuola Elementare" di Puianello" redatta nel marzo 2014, l'area risulta fortemente antropizzata poiché è situata all'interno del centro urbano della frazione di Puianello. Il lotto è delimitato da muri di sostegno che hanno di fatto ridisegnato l'originale versante caratterizzato da una live pendenza verso Nord-Est, rendendolo di fatto pianeggiante.
Nell'area non sono stati individuati fenomeni di instabilità, vista la bassa inclinazione del versante (inferiore a 10°).

Dal punto di vista idrologico l'area, posta in sinistra idrografica del Torrente Crostolo, è al di fuori delle "Fasce di rispetto dei corsi da'acqua" definite dal PAI. L'alveo del Torrente Crostolo scorre ad alcune centinaia di metri dal sito, con una differenza di quota di circa 15,0 m..
In occasione delle indagini (Marzo 2014) la falda è risultata assente nel volume di terreno indagato, anche se non si escludono variazioni anche importanti del livello piezometrico nel corso dell'anno e in concomitanza di eventi meteorici avversi.

Dal punto di vista sismico, l'area risulta interessata da un effetto locale di amplificazione sismica di tipo stratigrafico.
Il fattore di amplificazione calcolato secondo le procedure suggerite dal DR 112/2007, per il Comune di Quattro castella, risultano pari a Fa = 2,3 nell'intervallo spettrale compreso tra 0,1-0,5s e di Fa = 2,4 tra 0,5-1,0 s..

4. CARATTERIZZAZIONE FISICA E MECCANICA DEI TERRENI E DELLE ROCCE – MODELLO GEOTECNICO

Dalle interpretazioni delle indagini eseguite nel Marzo 2014, nel lotto oggetto di studio si individuano 7 differenti orizzonti che presentano una buona correlazione tra loro.
Nella CPT1 sono presenti orizzonti argillosi con resistenze variabili con la profondità, tra 7,0 m. e 7,80 dal p.c si attraversa un orizzonte interpretato come argilla-limosa compatta. A 7,80 sono presenti litologie compatte che hanno determinato l'interruzione della prova.
Nella CPT2 al di sotto del pacchetto stradale di via Valentini avente uno spessore di 0,80 m., si attraversano terreni addensati fino a 3,40 m. dal p.c. per passare a terreni argillosi fino alla profondità di 6,0 m. dal p.c.. Tra 6,0 e 7,0 m. presenza di un orizzonte interpretato come argilla-limosa compatta. A 7,00 m. presenza di litologie compatte che hanno determinato l'interruzione della prova.

4.1 Definizione dei valori caratteristici

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC08), prevedono la definizione del valore caratteristico delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni.
I valori caratteristici, inteso come stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato, deve essere ottenuto mediante prove di laboratorio e l'interpretazione dei risultati di prove e misure in situ, identificati come il 5° percentile della distribuzione della media campionaria secondo la relazione sotto riportata:

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

Nelle seguenti tabelle sono riportati, per ogni livello individuato dalle prove CPT, i valori caratteristici (X_d) dei vari parametri geotecnici.

Prova CPT1

Livello	Orizzonte	Profondità (m)	Cu (kPa)	Angolo d'attrito (°)	E_{ed} (MPa)
1	Argilla	0,00 – 1,80	c_u= 72,22	-	E = 14,15
2	Terreno addensato	1,80 – 3,00	c_u= 224,26	-	E = 43,95
3	Argilla	3,00 – 3,80	c_u= 214,29	-	E = 41,99
4	Argilla	3,80 – 4,80	c_u= 232,42	-	E = 45,55
5	Argilla	4,80 – 6,80	c_u= 164,27	-	E = 32,19
6	Argilla e Argilla limosa	6,80 – 7,80	c_u= 416,81	-	E = 81,69

Tabella 4.1: *parametri caratteristici dei livelli individuati nella prova CPT1*

Prova CPT2

Livello	Orizzonte	Profondità (m)	Cu (kPa)	Angolo d'attrito (°)	E_{ed} (MPa)
1	Pacchetto stradale	0,00 – 0,80	-	-	-
2	Terreno addensato	0,80 – 2,40	c_u= 105,61	-	E = 20,70
3	Terreno addensato	2,40 – 3,40	c_u= 247,98	-	E = 47,39
4	Argilla	3,40 – 4,80	c_u= 214,14	-	E = 41,12
5	Argilla	4,80 – 6,00	c_u= 162,39	-	E = 31,82
6	Argilla e Argilla limosa	6,00 – 7,00	c_u= 390,90	-	E = 96,91

Tabella 4.2: *parametri caratteristici dei livelli individuati nella prova CPT2*

In Allegato 1 si riporta la sezione geotecnica ricostruita sull'interpretazione litostratigrafica del sito.

SUBSOIL
Via Morandi 3, - Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 – Fax. 0522/ 249540

5. DATI DI PROGETTO

L'intervento nell'attuale fase progettuale prevede la realizzazione di n.° 4 edifici collegati tra di loro con spazi porticati al piano terra, di cui 1 ad un piano unico a destinazione commerciale – direzionale nell'angolo Nord-Est dell'area e tre fabbricati a tre piani a destinazione commerciale al piano terra con sovrastanti due piani a civile abitazione. Si prevedono inoltre piani interrati e servizi box.
Si ipotizzano, in questa fase, fondazioni superficiali di tipo continuo della larghezza di 1,0 m. poste alla profondità di 1,0 m. e di 4,0 m. dal piano campagna per prevedere l'eventuale realizzazione di piani interrati.

6. VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limiti ultimi si impiega la seguente combinazione fondamentale:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \ldots\ldots\ldots$$

Nella formula sopra riportata il simbolo + vuole dire *combinato con*.
Nella definizione delle combinazioni delle azioni che possono agire contemporaneamente, i termini Q_{kj} rappresentano le azioni variabili della combinazione, con Q_{k1} azione variabile dominante e Q_{k2}, $Q_{k3,}$ etc. azioni variabili che possono agire contemporaneamente a quella dominante. Le azioni variabili Q_{kj} vengono combinate con i coefficienti di combinazione ψ_{0j}, ψ_{1j} e ψ_{2j}, i cui valori sono forniti da NTC 08.

La verifica degli SLU è stata effettuata solamente in corrispondenza della CPT1 eseguita, in quanto più significativa visto la sua vicinanza agli edifici in progetto, considerando una fondazione superficiale posta a 1,0 m. e 4,0 m. dal piano campagna, della larghezza di 1,0 m..
Non avendo informazioni sui carichi si ipotizzano carichi di 1,0 kg/cm^2, 1,50 kg/cm^2 e 2,0 kg/cm^2.

I risultati delle verifiche agli SLU mediante l'"APPROCCIO 2" effettuate in corrispondenza delle CPT1 e riportate nell'Allegato 2, sono riassunti in tabella 6.1 nel quale si nota che la verifica non risulta verificata solo nel caso di un carico di 2kg/cm^2 per una fondazione posta a 1,0 m. dal p.c (segnato in rosso).

	Verifica SLU per fondazione di 1,0 m. di larghezza		
	CPT1		
Profondità fondazione	**Ed = 1,0 kg/cm^2**	**Ed = 1,5 kg/cm^2**	**Ed = 2,0 kg/cm^2**
1,0 m. dal pc	Rd = 1,63 kg/cm^2	Rd = 1,63 kg/cm^2	Rd = 1,63 kg/cm^2
4,0 m. dal pc	Rd = 5,27 kg/cm^2	Rd = 5,27 kg/cm^2	Rd = 5,27 kg/cm^2

Tabella 6.1: *Verifiche SLU*

Ai fini delle verifiche degli stati limiti di esercizio si impiegano le seguenti combinazioni fondamentali:

1) combinazione frequente, generalmente impiegata per gli SLE reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \ldots\ldots\ldots$$

2) combinazione quasi permanente generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \ldots\ldots\ldots$$

Anche in questa verifica sono stati presi in considerazione per la stima dei cedimenti carichi pari a 1,0 kg/cm^2, 1,5 kg/cm^2 e 2,0 kg/cm^2 considerando una fondazione superficiale nastriforme posta a 1,00 m. e 4,0 m. dal piano campagna della larghezza di 1,00 m. in corrispondenza della CPT1.

Via Morandi 3, - Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 – Fax. 0522/ 249540

Gli elaborati che riguardano la verifica agli SLE sono riportati nell'Allegato 3. Dai calcoli svolti si sono stimati i seguenti cedimenti:

	Verifica SLE per fondazione di 1,0 m. di larghezza		
	Cedimenti (CPT1)		
Profondità fondazione	**carico = 1,0 kg/cm²**	**carico = 1,5 kg/cm²**	**carico = 2,0 kg/cm²**
1,0 m. dal pc	0,6 cm	1,0 cm	1,5 cm
4,0 m. dal pc	0,3 cm	0,5 cm	0,8 cm

Tabella 6.2: *Calcolo cedimenti*

SUBSOIL
Via Morandi 3, - Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 – Fax. 0522/ 249540

7. CONCLUSIONI

Sulla base di quanto rilevato nell'ambito del presente studio, osservando le prescrizioni di seguito esposte, non si ravvedono elementi sfavorevoli dal punto di vista geomeccanico per la futura intervento di recupero delle "Ex Scuole Elementari" di Puianello nel Comune di Quattro Castella.

Nella fase di progettazione attuale, si sono considerate fondazioni superficiali di tipo continuo della larghezza di 1,0 m. poste alla profondità di 1,0 m. e di 4,0 m. dal piano campagna per prevedere l'eventuale realizzazione di piani interrati. Le verifiche sono state eseguite in corrispondenza della verticale CPT1 in quanto più significativa vista la vicinanza con gli edifici in progetto.

Di seguito è riportata una scheda riassuntiva delle verifiche eseguite:

Tipo di fondazione	*Fondazione superficiale continua*	
Larghezza	1,00 m.	
Piano posa fondazioni	1,00 m. da p.c.	4,0 m. da p.c.

Stati limite ultimi (SLU)	***SLU (Approccio 2)***	
	Ed≤Rd	
Carico 1,0 kg/cm²	*1,00 kg/cm² ≤ 1,63 kg/cm² Verificato*	*1,00 kg/cm² ≤ 5,27 kg/cm² Verificato*
Carico 1,5 kg/cm²	*1,50 kg/cm² ≤ 1,63 kg/cm² Verificato*	*1,50 kg/cm² ≤ 5,27 kg/cm² Verificato*
Carico 2,0 kg/cm²	*2,00 kg/cm² ≤ 1,63 kg/cm² Non Verificato*	*2,00 kg/cm² ≤ 5,27 kg/cm² Verificato*

***Stati limite di esercizio* (SLE)**	***SLE***	
Carico 1,0 kg/cm²	*0,6 cm*	*0,3 cm*
Carico 1,5 kg/cm²	*1,0 cm*	*0,5 cm*
Carico 2,0 kg/cm²	*1,5 cm*	*0,8 cm*

Si consiglia, inoltre, di rispettare le prescrizioni di seguito riportate:

-- Eseguire gli scavi in condizioni metereologiche favorevoli, ovvero in presenza di cielo sereno e non in caso di pioggia. Le opere in muratura previste a ridosso del fronte di scavo dovranno essere realizzate nel più breve tempo possibile, in modo da evitare interferenze con gli agenti atmosferici. In caso di pioggia lo scavo andrà adeguatamente protetto con teli impermeabili e l'eventuale acqua raccolta dovrà immediatamente essere smaltita attraverso la rete fognaria.
-- Le strutture murarie interrate dovranno essere adeguatamente drenate ed impermeabilizzate fino all'altezza del futuro piano campagna e realizzate in contemporaneità con gli scavi al fine di evitare che si possano attivare le azioni imposte da cunei di slittamento ed evitare spinte idrostatiche.

Via Morandi 3, - Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 – Fax. 0522/ 249540

-- I carichi agenti dovranno essere attentamente analizzati e andranno ripartiti in modo da ottenere un'equa distribuzione degli stessi sulle fondazioni per contribuire così a minimizzare il verificarsi di cedimenti differenziali nella struttura.
- Le acque di scarico siano opportunamente raccolte ed allontanate, al fine di evitare infiltrazioni ed incrementi di umidità che potrebbero inficiare le caratteristiche meccaniche dei materiali sottostanti il piano di fondazione, utilizzando tubazioni e raccordi a perfetta tenuta, in direzione della rete di scolo principale.
- La predisposizione delle opere di urbanizzazione dovrà tenere presente che l'incremento delle aree rese impermeabili da asfalti e costruzioni implicherà la diminuzione della superficie utile di assorbimento all'infiltrazione degli afflussi meteorici creando concentrazioni di acque per le quali gli interventi antropici dovranno essere risolutivi.

Si ritiene opportuno, effettuare nuove verifiche agli SLU e SLE per ciascuno dei quattro edifici in progetto, sulla base dei carichi definiti in fase esecutiva. Risulta pertanto indispensabile approfondire le conoscenze geotecniche dell'area mediante una appropriata e mirata campagna di indagini geognostiche.

Le indagini geognostiche eseguite prese in esame in questa relazione geotecnica, in quanto "prove puntuali", rilevano la condizione all'intorno di una verticale di terreno. Tramite la correlazione di due prove attigue si può dare un'interpretazione ipotetica della conformazione del sottosuolo, la quale può essere smentita dalla presenza di irregolarità naturali o antropiche più o meno estese riscontrabili nel sottosuolo.

Si raccomanda di comunicarci con ragionevole anticipo la data d'inizio lavori, affinché si possa procedere agli opportuni sopralluoghi alla verifica delle condizioni rilevate ed escludere la presenza di un'eventuale "sorpresa geologica", da intendersi come il rinvenimento di un'anomalia obiettiva non prevista né prevedibile durante l'esecuzione delle prove o da bibliografia.

Marzo 2014

Il geologo

Dott. Fabrizio Giorgini

SUBSOIL
Via Morandi 3, - Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 – Fax. 0522/ 249540

ALLEGATI

ALLEGATO 1

Modello geotecnico

ALLEGATO 2

Verifica SLU

ALLEGATO 3

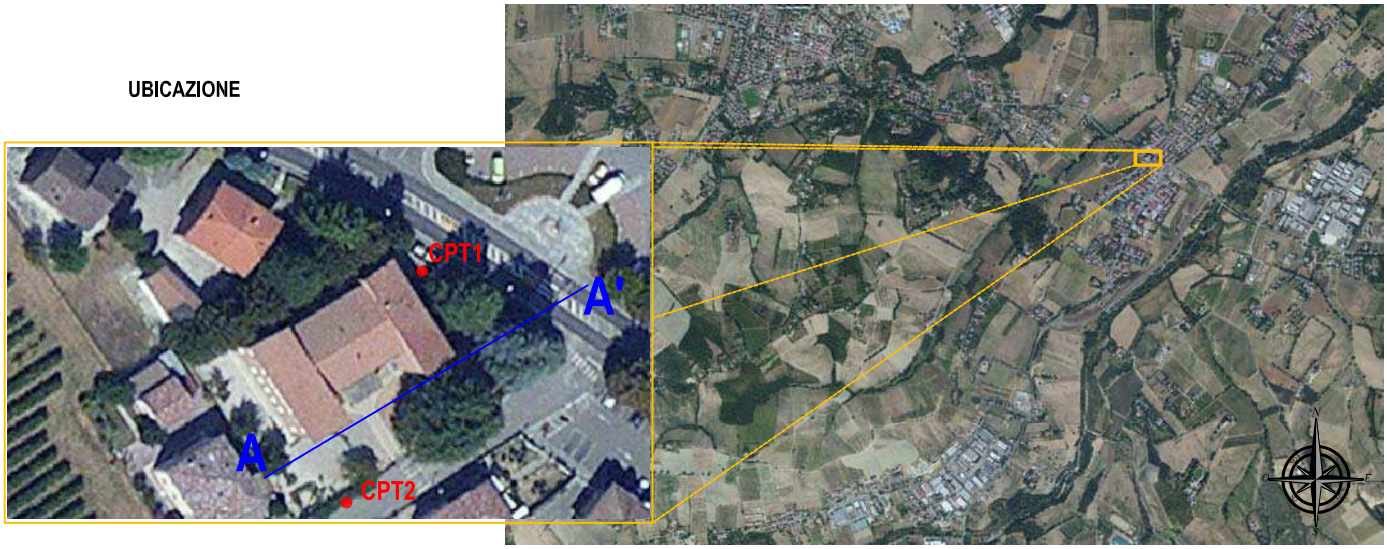
Verifica SLE

SUBSOIL
Via Morandi 3, - Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 – Fax. 0522/ 249540

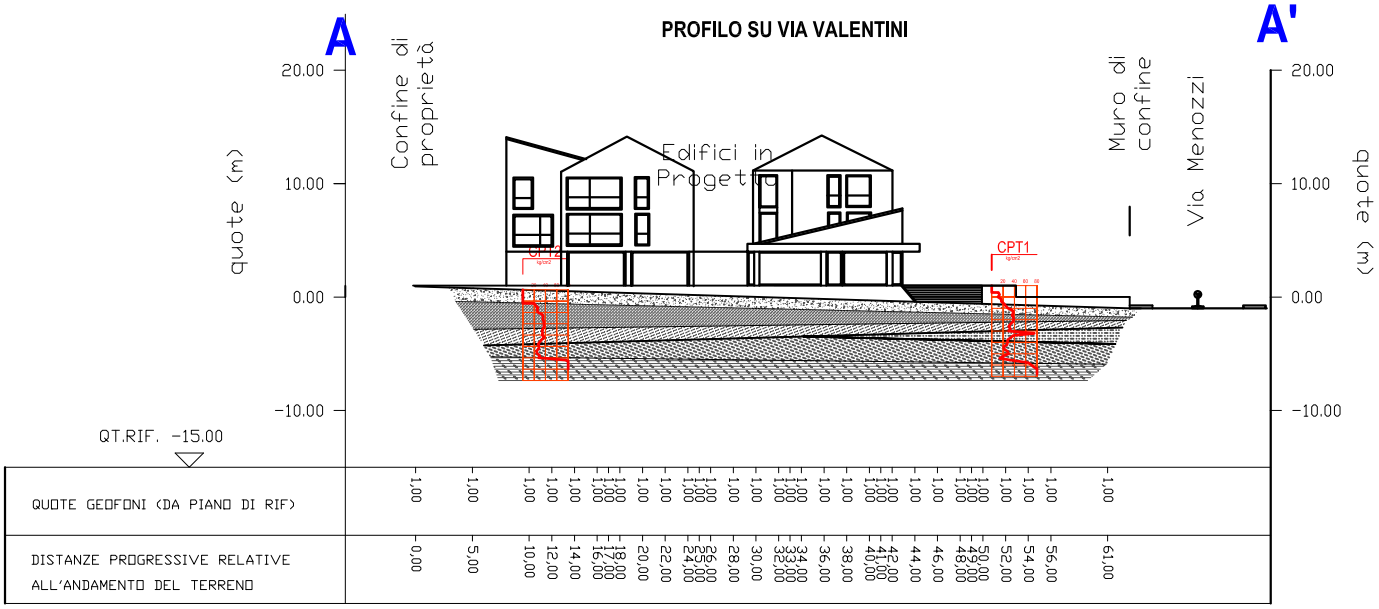
ALLEGATO 1

Modello geotecnico

UBICAZIONE



PROFILO SU VIA VALENTINI



Legenda:

- Pacchetto stradale di via Valentini
- Terreni addensati cu = 224 kPa M = 43 MPa
- Argille cu = 214 kPa M = 41 MPa
- Argille cu = 232 kPa M = 45 MPa
- Argille cu = 162 kPa M = 31 MPa
- Argille argilla-limosa cu = 2390 kPa M = 81 MPa

SUBSOIL
INDAGINI GEOLOGICHE & MONITORAGGI GEOTECNICI

SUBSOIL Srl
Via Morandi, 3 - 42020 Quattro Castella (RE)
Tel. 0522 887268 - fax 0522 249540

REGIONE EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA DI REGGIO EMILIA
COMUNE DI QUATTRO CASTELLA
LOCALITA' PUIANELLO

Relazione geotecnica a supporto del progetto di recupero dell'edificio "Ex Scuole Elementari" di Puianello

COMMITTENTE:
EDIL4 SpA

TAV. N. 01

DATA: 30 Marzo 2014

OGGETTO:
MODELLO GEOLOGICO

REDATTO	APPROVATO
Dott. R.Spagni	**Dott. geol. F. Giorgini**

Via Morandi 3, - Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 – Fax. 0522/ 249540

ALLEGATO 2

Verifiche SLU

SUBSOIL
Via Morandi 3, - Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 – Fax. 0522/ 249540

Verifica SLU
Prova CPT1

Caratteristiche geotecniche del terreno

Coesione non drenata c_u: 0,73 kg/cm^2
Peso di volume φ: 1,9 t/m^3

Caratteristiche fondazione:

Piano posa: 1,00 m. da p.c.
Larghezza: 1,00 m.

Azioni:

Carico 1,00 kg/cm^2

Coefficienti parziali

Resistenza non drenata c_{uk} (γ_{cu}):	1,0 (M1)	1,4 (M2)	
Peso dell'unità di volume γ:	1,0 (M1)	1,0 (M2)	
Capacità portante γ_R:	1,0 (R1)	1,8 (R2)	2,3 (R3)

APPROCCIO 2

Combinazione 1 (A1 + M1 + R3)

$R_k = c_u / \gamma_{cu} N_c + \gamma_d D N_q + 0,5 B N_\gamma = (5,14 \times 0,73) / 2,3 = 1,63$ kg/cm^2

$E_d \leq R_d \rightarrow$ 1,00 kg/cm^2 ≤ 1,63 kg/cm^2 ***Verificato***

Verifica SLU
Prova CPT1

Caratteristiche geotecniche del terreno

Coesione non drenata c_u: 2,36 kg/cm^2
Peso di volume φ: 1,9 t/m^3

Caratteristiche fondazione:

Piano posa: 4,00 m. da p.c.
Larghezza: 1,00 m.

Azioni:

Carico 1,00 kg/cm^2

Coefficienti parziali

Resistenza non drenata c_{uk} (γ_{cu}):	1,0 (M1)	1,4 (M2)	
Peso dell'unità di volume γ:	1,0 (M1)	1,0 (M2)	
Capacità portante γ_R:	1,0 (R1)	1,8 (R2)	2,3 (R3)

APPROCCIO 2

Combinazione 1 (A1 + M1 + R3)

$R_k = c_u / \gamma_{cu} N_c + \gamma_d D N_q + 0,5 B N_\gamma = (5,14 \times 2,36) / 2,3 = 5,27$ kg/cm^2

$E_d \leq R_d \rightarrow$ 1,00 kg/cm^2 ≤ 5,27 kg/cm^2 ***Verificato***

SUBSOIL
Via Morandi 3, - Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 – Fax. 0522/ 249540

Verifica SLU
Prova CPT1

Caratteristiche geotecniche del terreno

Coesione non drenata c_u: 0,73 kg/cm^2
Peso di volume φ: 1,9 t/m^3

Caratteristiche fondazione:

Piano posa: 1,00 m. da p.c.
Larghezza: 1,00 m.

Azioni:

Carico 1,50 kg/cm^2

Coefficienti parziali

Resistenza non drenata c_{uk} (γ_{cu}):	1,0 (M1)	1,4 (M2)	
Peso dell'unità di volume γ:	1,0 (M1)	1,0 (M2)	
Capacità portante γ_R:	1,0 (R1)	1,8 (R2)	2,3 (R3)

APPROCCIO 2

Combinazione 1 (A1 + M1 + R3)

$R_k = c_u / \gamma_{cu} N_c + \gamma_d D N_q + 0,5 B N_\gamma = (5,14 \times 0,73) / 2,3 = 1,63$ kg/cm^2

$E_d \leq R_d \rightarrow$ 1,50 kg/cm^2 ≤ 1,63 kg/cm^2 ***Verificato***

Verifica SLU
Prova CPT1

Caratteristiche geotecniche del terreno

Coesione non drenata c_u: 2,36 kg/cm^2
Peso di volume φ: 1,9 t/m^3

Caratteristiche fondazione:

Piano posa: 4,00 m. da p.c.
Larghezza: 1,00 m.

Azioni:

Carico 1,50 kg/cm^2

Coefficienti parziali

Resistenza non drenata c_{uk} (γ_{cu}):	1,0 (M1)	1,4 (M2)	
Peso dell'unità di volume γ:	1,0 (M1)	1,0 (M2)	
Capacità portante γ_R:	1,0 (R1)	1,8 (R2)	2,3 (R3)

APPROCCIO 2

Combinazione 1 (A1 + M1 + R3)

$R_k = c_u / \gamma_{cu} N_c + \gamma_d D N_q + 0,5 B N_\gamma = (5,14 \times 2,36) / 2,3 = 5,27$ kg/cm^2

$E_d \leq R_d \rightarrow$ 1,50 kg/cm^2 ≤ 5,27 kg/cm^2 ***Verificato***

SUBSOIL
Via Morandi 3, - Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 – Fax. 0522/ 249540

Verifica SLU
Prova CPT1

Caratteristiche geotecniche del terreno

Coesione non drenata c_u: 0,73 kg/cm^2
Peso di volume φ: 1,9 t/m^3

Caratteristiche fondazione:

Piano posa: 1,00 m. da p.c.
Larghezza: 1,00 m.

Azioni:

Carico 2,00 kg/cm^2

Coefficienti parziali

Resistenza non drenata c_{uk} (γ_{cu}):	1,0 (M1)	1,4 (M2)	
Peso dell'unità di volume γ:	1,0 (M1)	1,0 (M2)	
Capacità portante γ_R:	1,0 (R1)	1,8 (R2)	2,3 (R3)

APPROCCIO 2

Combinazione 1 (A1 + M1 + R3)

$R_k = c_u / \gamma_{cu} N_c + \gamma_d D N_q + 0,5 B N_\gamma = (5,14 \times 0,73) / 2,3 = 1,63$ kg/cm^2

$E_d \leq R_d \rightarrow$ 2,00 kg/cm^2 ≤ 1,63 kg/cm^2 ***Non Verificato***

Verifica SLU
Prova CPT1

Caratteristiche geotecniche del terreno

Coesione non drenata c_u: 2,36 kg/cm^2
Peso di volume φ: 1,9 t/m^3

Caratteristiche fondazione:

Piano posa: 4,00 m. da p.c.
Larghezza: 1,00 m.

Azioni:

Carico 2,00 kg/cm^2

Coefficienti parziali

Resistenza non drenata c_{uk} (γ_{cu}):	1,0 (M1)	1,4 (M2)	
Peso dell'unità di volume γ:	1,0 (M1)	1,0 (M2)	
Capacità portante γ_R:	1,0 (R1)	1,8 (R2)	2,3 (R3)

APPROCCIO 2

Combinazione 1 (A1 + M1 + R3)

$R_k = c_u / \gamma_{cu} N_c + \gamma_d D N_q + 0,5 B N_\gamma = (5,14 \times 2,36) / 2,3 = 5,27$ kg/cm^2

$E_d \leq R_d \rightarrow$ 2,00 kg/cm^2 ≤ 5,27 kg/cm^2 ***Verificato***

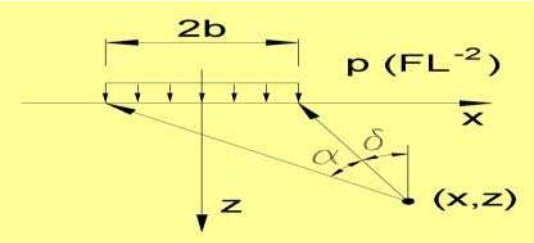
Via Morandi 3, - Quattro Castella (RE)
Tel. 0522/887268 – Fax. 0522/ 249540

ALLEGATO 3

Verifiche SLE

E.1. CEDIMENTI - MODULI ELASTICI

E.1.1. STRISCIA DI CARICO INFINITA (CARICO UNIFORME)



CPT1
Carico di esercizio 1,0 kg/cm2
Profondità di posa 1,0 m

$$\sigma_z = \frac{p}{\pi} \cdot [\alpha + \sin\alpha \cdot \cos(\alpha + 2\delta)]$$

DATI DI INGRESSO

p	carico applicato	98	(kPa)	**Δh**	altezza concio di calcolo	1,00	(m)
2b	larghezza della striscia di carico	1,00	(m)	**D**	approfondimento fondazione da	1,00	(m)
x	punto di applicazione del carico	0,00	(m)	**z_w**	profondità falda da p.c.	15,00	(m)
				α	$\Delta\sigma_z < \alpha\ \sigma'_{vo}$	0,20	(-)

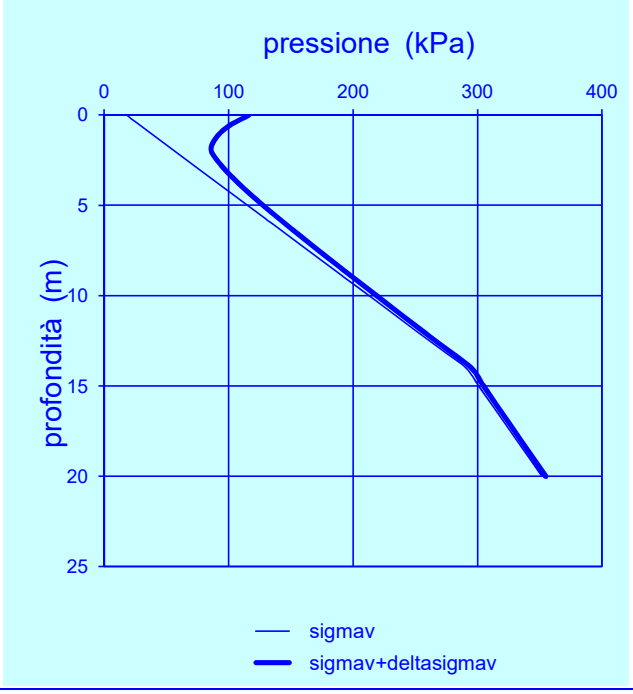
Strato (-)	ΔH (m)	H (m)	γ_n (kN/m³)	γ_{sat} (kN/m³)	E (MPa)
1	0,80	0,80	18,0	19,0	14,2
2	1,00	1,80	19,0	20,0	44,0
3	0,80	2,60	19,0	20,0	42,0
4	1,00	3,60	19,5	20,0	45,6
5	1,80	5,40	19,5	20,0	32,2
6	0,80	6,20	19,5	20,0	81,7

ΔH spessore strato i-esimo
(lo spessore del I° strato è valutato a partire dalla quota di imposta della fondazione/striscia
γ_n peso di volume naturale
γ_{sat} peso di volume saturo
E modulo elastico

RISULTATI

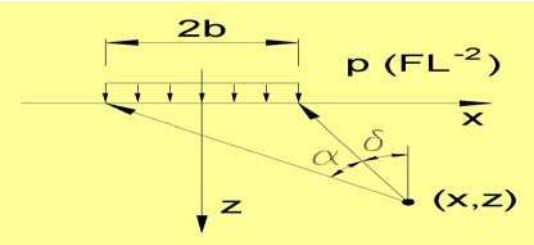
(il valore z=0 corrisponde alla quota del piano di imposta della fondazione/striscia di carico; il valore della pressione geostatica efficace alla quota z=0 è calcolato facendo riferimento ai parametri del I° strato)

z (m)	σ'_{vo} (kPa)	$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\sigma'_{vo}+\Delta\sigma$ (kPa)	Δw (cm)	w (cm)	ε (%)
0,00	18	98	116	0,0	0,6	0,6
0,80	33	63	96	0,5	0,2	0,1
1,80	53	33	86	0,1	0,1	0,1
2,60	68	23	92	0,1	0,0	-
3,60	88	17	105	-	0,0	-
5,00	115	12	128	-	0,0	-
5,40	123	11	134	-	0,0	-
6,20	138	10	149	-	0,0	-
8,00	174	8	181	-	0,0	-
9,00	193	7	200	-	0,0	-
10,00	213	6	219	-	0,0	-
11,00	232	6	238	-	0,0	-
12,00	252	5	257	-	0,0	-
13,00	271	5	276	-	0,0	-
14,00	291	4	295	-	0,0	-
15,00	301	4	305	-	0,0	-
16,00	311	4	315	-	0,0	-
17,00	321	4	325	-	0,0	-
18,00	331	3	335	-	0,0	-
19,00	342	3	345	-	0,0	-
20,00	352	3	355	-	0	-



E.1. CEDIMENTI - MODULI ELASTICI

E.1.1. STRISCIA DI CARICO INFINITA (CARICO UNIFORME)



CPT1
Carico di esercizio 1,5 kg/cm2
Profondità di posa 1,0 m

$$\sigma_z = \frac{p}{\pi} \cdot [\alpha + \sin\alpha \cdot \cos(\alpha + 2\delta)]$$

DATI DI INGRESSO

p	carico applicato	147	(kPa)	**Dh**	altezza concio di calcolo	1,00	(m)
2b	larghezza della striscia di carico	1,00	(m)	**D**	approfondimento fondazione da p.c.	1,00	(m)
x	punto di applicazione del carico	0,00	(m)	**z_w**	profondità falda da p.c.	15,00	(m)
				a	$Ds_z < a\ s'_{vo}$	0,20	(-)

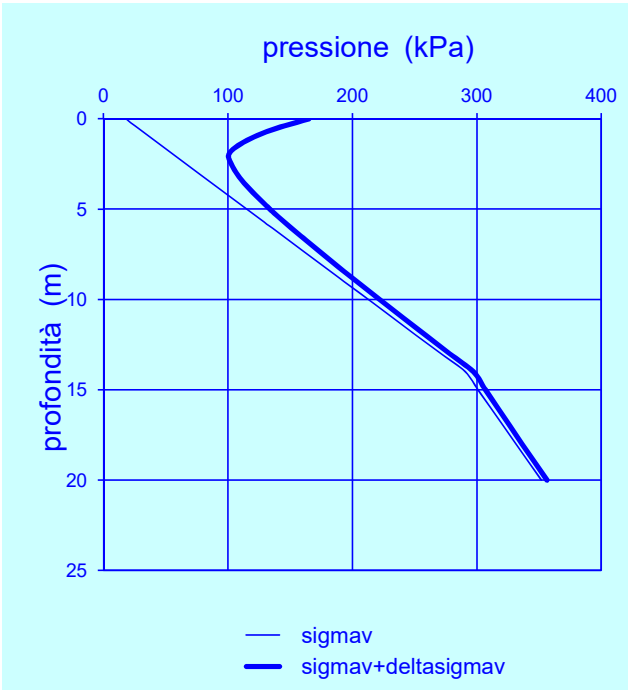
Strato (-)	DH (m)	H (m)	g_n (kN/m^3)	g_{sat} (kN/m^3)	E (MPa)
1	0,80	0,80	18,0	19,0	14,2
2	1,00	1,80	19,0	20,0	44,0
3	0,80	2,60	19,0	20,0	42,0
4	1,00	3,60	19,5	20,0	45,6
5	1,80	5,40	19,5	20,0	32,2
6	0,80	6,20	19,5	20,0	81,7

DH spessore strato i-esimo
(lo spessore del I° strato è valutato a partire dalla quota di imposta della fondazione/striscia di carico)
g_n peso di volume naturale
g_{sat} peso di volume saturo
E modulo elastico

RISULTATI

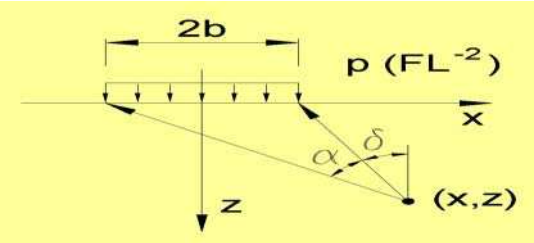
(il valore z=0 corrisponde alla quota del piano di imposta della fondazione/striscia di carico; il valore della pressione geostatica efficace alla quota z=0 è calcolato facendo riferimento ai parametri del I° strato)

z (m)	s'_{vo} (kPa)	Ds_z (kPa)	$s'_{vo}+Ds_z$ (kPa)	Dw (cm)	w (cm)	e (%)
0,00	18	147	165	0,0	1,0	0,9
0,80	33	94	128	0,7	0,3	0,2
1,80	53	50	102	0,2	0,1	0,1
2,60	68	35	103	0,1	0,1	0,1
3,60	88	26	113	0,1	0,0	-
5,00	115	19	134	-	0,0	-
5,40	123	17	140	-	0,0	-
6,20	138	15	154	-	0,0	-
8,00	174	12	185	-	0,0	-
9,00	193	10	203	-	0,0	-
10,00	213	9	222	-	0,0	-
11,00	232	9	241	-	0,0	-
12,00	252	8	259	-	0,0	-
13,00	271	7	278	-	0,0	-
14,00	291	7	297	-	0,0	-
15,00	301	6	307	-	0,0	-
16,00	311	6	317	-	0,0	-
17,00	321	6	327	-	0,0	-
18,00	331	5	337	-	0,0	-
19,00	342	5	346	-	0,0	-
20,00	352	5	356	-	0	-



E.1. CEDIMENTI - MODULI ELASTICI

E.1.1. STRISCIA DI CARICO INFINITA (CARICO UNIFORME)



CPT1
Carico di esercizio 2,0 kg/cm2
Profondità di posa 1,0 m

$$\sigma_z = \frac{p}{\pi} \cdot [\alpha + \sin\alpha \cdot \cos(\alpha + 2\delta)]$$

DATI DI INGRESSO

p	carico applicato	196	(kPa)	**Δh**	altezza concio di calcolo	1,00	(m)
2b	larghezza della striscia di carico	1,00	(m)	**D**	approfondimento fondazione da	1,00	(m)
x	punto di applicazione del carico	0,00	(m)	**z_w**	profondità falda da p.c.	15,00	(m)
				α	$\Delta\sigma_z < \alpha\ \sigma'_{vo}$	0,20	(-)

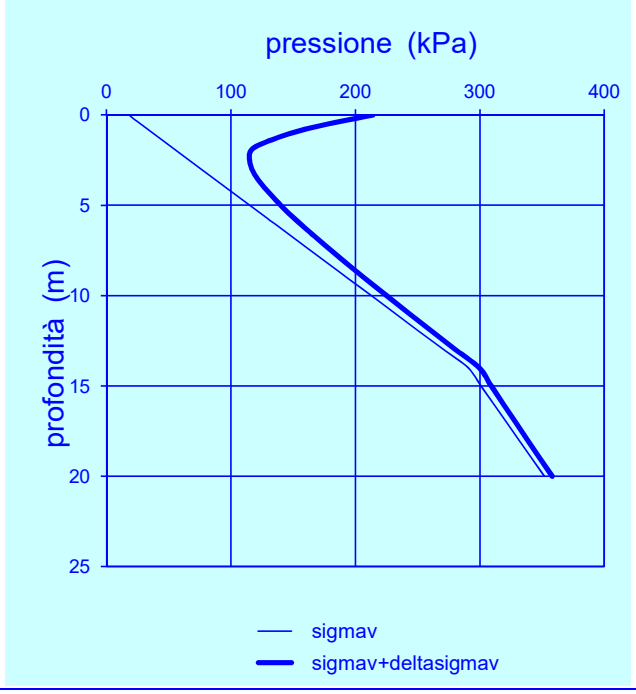
Strato (-)	ΔH (m)	H (m)	γ_n (kN/m³)	γ_{sat} (kN/m³)	E (MPa)
1	0,80	0,80	18,0	19,0	14,2
2	1,00	1,80	19,0	20,0	44,0
3	0,80	2,60	19,0	20,0	42,0
4	1,00	3,60	19,5	20,0	45,6
5	1,80	5,40	19,5	20,0	32,2
6	0,80	6,20	19,5	20,0	81,7

ΔH spessore strato i-esimo
(lo spessore del I° strato è valutato a partire dalla quota di imposta della fondazione/striscia
γ_n peso di volume naturale
γ_{sat} peso di volume saturo
E modulo elastico

RISULTATI

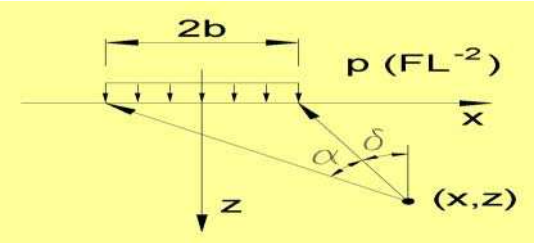
(il valore z=0 corrisponde alla quota del piano di imposta della fondazione/striscia di carico; il valore della pressione geostatica efficace alla quota z=0 è calcolato facendo riferimento ai parametri del I° strato)

z (m)	σ'_{vo} (kPa)	$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\sigma'_{vo}+\Delta\sigma$ (kPa)	Δw (cm)	w (cm)	ε (%)
0,00	18	196	214	0,0	1,5	1,1
0,80	33	126	159	0,9	0,5	0,2
1,80	53	66	119	0,2	0,3	0,1
2,60	68	47	115	0,1	0,2	0,1
3,60	88	34	122	0,1	0,1	0,1
5,00	115	25	140	0,1	0,0	-
5,40	123	23	146	-	0,0	-
6,20	138	20	159	-	0,0	-
8,00	174	16	189	-	0,0	-
9,00	193	14	207	-	0,0	-
10,00	213	12	225	-	0,0	-
11,00	232	11	243	-	0,0	-
12,00	252	10	262	-	0,0	-
13,00	271	10	281	-	0,0	-
14,00	291	9	300	-	0,0	-
15,00	301	8	309	-	0,0	-
16,00	311	8	319	-	0,0	-
17,00	321	7	329	-	0,0	-
18,00	331	7	338	-	0,0	-
19,00	342	7	348	-	0,0	-
20,00	352	6	358	-	0	-



E.1. CEDIMENTI - MODULI ELASTICI

E.1.1. STRISCIA DI CARICO INFINITA (CARICO UNIFORME)



CPT1
Carico di esercizio 1,0 kg/cm2
Profondità di posa 4,0 m

$$\sigma_z = \frac{p}{\pi} \cdot [\alpha + \sin\alpha \cdot \cos(\alpha + 2\delta)]$$

DATI DI INGRESSO

p	carico applicato	98	(kPa)	**Δh**	altezza concio di calcolo	1,00	(m)
2b	larghezza della striscia di carico	1,00	(m)	**D**	approfondimento fondazione da	4,00	(m)
x	punto di applicazione del carico	0,00	(m)	**z_w**	profondità falda da p.c.	15,00	(m)
				α	$\Delta\sigma_z < \alpha\ \sigma'_{vo}$	0,20	(-)

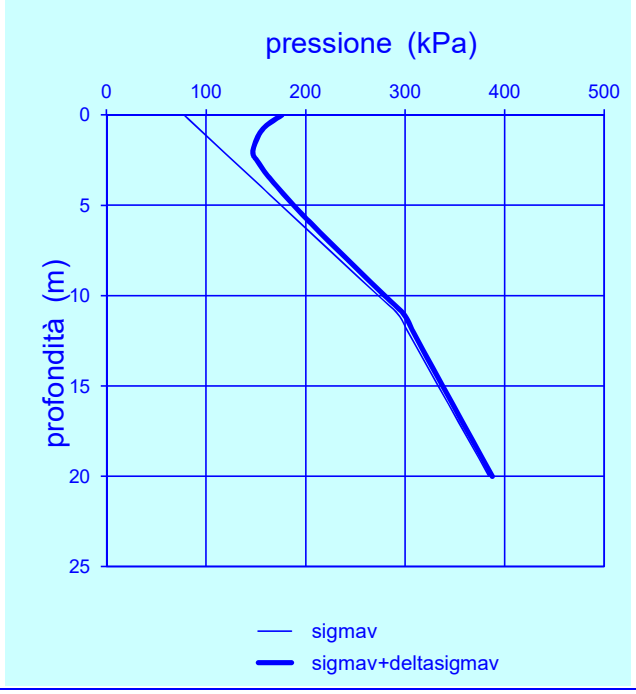
Strato (-)	ΔH (m)	H (m)	γ_n (kN/m³)	γ_{sat} (kN/m³)	E (MPa)
1	0,80	0,80	19,5	20,0	45,6
2	1,80	2,60	19,5	20,0	32,2
3	0,80	3,40	19,5	20,0	81,7
4		3,40	19,5	20,0	
5		3,40	19,5	20,0	
6		3,40	19,5	20,0	

ΔH spessore strato i-esimo
(lo spessore del I° strato è valutato a partire dalla quota di imposta della fondazione/striscia
γ_n peso di volume naturale
γ_{sat} peso di volume saturo
E modulo elastico

RISULTATI

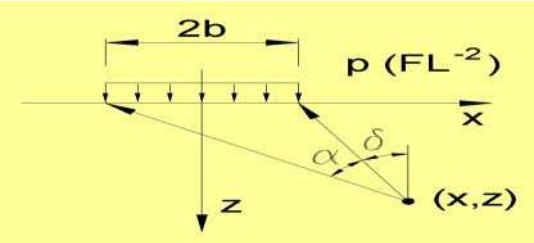
(il valore z=0 corrisponde alla quota del piano di imposta della fondazione/striscia di carico; il valore della pressione geostatica efficace alla quota z=0 è calcolato facendo riferimento ai parametri del I° strato)

z (m)	σ'_{vo} (kPa)	$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\sigma'_{vo}+\Delta\sigma$ (kPa)	Δw (cm)	w (cm)	ε (%)
0,00	78	98	176	0,0	0,3	0,2
0,80	94	63	157	0,1	0,2	0,1
2,00	117	30	147	0,2	0,0	-
2,60	129	23	152	-	0,0	-
3,40	144	18	162	-	0,0	-
5,00	175	12	188	-	0,0	-
6,00	195	10	205	-	0,0	-
7,00	214	9	223	-	0,0	-
8,00	234	8	242	-	0,0	-
9,00	253	7	260	-	0,0	-
10,00	273	6	279	-	0,0	-
11,00	292	6	298	-	0,0	-
12,00	303	5	308	-	0,0	-
13,00	313	5	318	-	0,0	-
14,00	323	4	328	-	0,0	-
15,00	333	4	337	-	0,0	-
16,00	343	4	347	-	0,0	-
17,00	354	4	357	-	0,0	-
18,00	364	3	367	-	0,0	-
19,00	374	3	377	-	0,0	-
20,00	384	3	387	-	0	-



E.1. CEDIMENTI - MODULI ELASTICI

E.1.1. STRISCIA DI CARICO INFINITA (CARICO UNIFORME)



CPT1
Carico di esercizio 1,5 kg/cm2
Profondità di posa 4,0 m

$$\sigma_z = \frac{p}{\pi} \cdot [\alpha + \sin\alpha \cdot \cos(\alpha + 2\delta)]$$

DATI DI INGRESSO

p	carico applicato	147	(kPa)	**Δh**	altezza concio di calcolo	1,00	(m)
2b	larghezza della striscia di carico	1,00	(m)	**D**	approfondimento fondazione da	4,00	(m)
x	punto di applicazione del carico	0,00	(m)	**z_w**	profondità falda da p.c.	15,00	(m)
				α	$\Delta\sigma_z < \alpha\ \sigma'_{vo}$	0,20	(-)

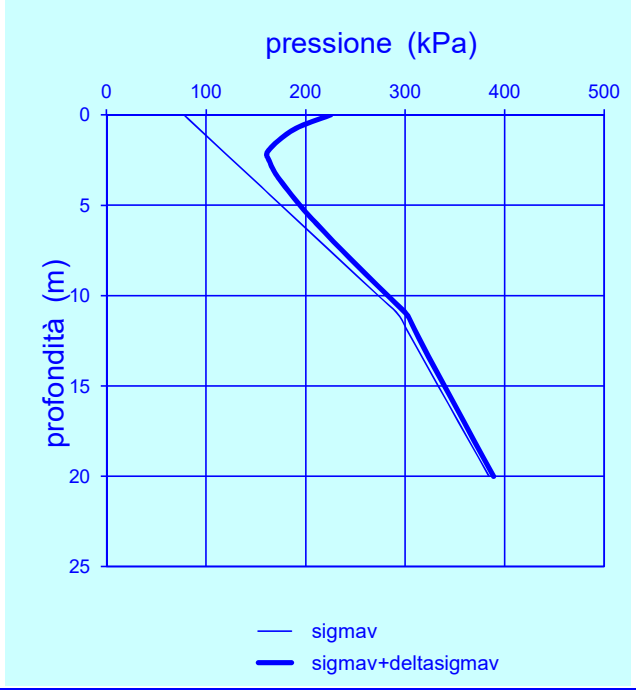
Strato (-)	ΔH (m)	H (m)	γ_n (kN/m³)	γ_{sat} (kN/m³)	E (MPa)
1	0,80	0,80	19,5	20,0	45,6
2	1,80	2,60	19,5	20,0	32,2
3	0,80	3,40	19,5	20,0	81,7
4		3,40	19,5	20,0	
5		3,40	19,5	20,0	
6		3,40	19,5	20,0	

ΔH spessore strato i-esimo
(lo spessore del I° strato è valutato a partire dalla quota di imposta della fondazione/striscia
γ_n peso di volume naturale
γ_{sat} peso di volume saturo
E modulo elastico

RISULTATI

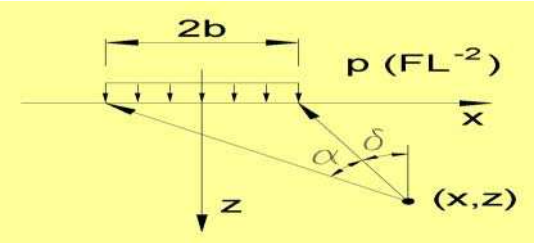
(il valore z=0 corrisponde alla quota del piano di imposta della fondazione/striscia di carico; il valore della pressione geostatica efficace alla quota z=0 è calcolato facendo riferimento ai parametri del I° strato)

z (m)	σ'_{vo} (kPa)	$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\sigma'_{vo}+\Delta\sigma$ (kPa)	Δw (cm)	w (cm)	ε (%)
0,00	78	147	225	0,0	0,5	0,3
0,80	94	94	188	0,2	0,3	0,2
2,00	117	45	162	0,3	0,1	0,1
2,60	129	35	164	0,1	0,0	-
3,40	144	27	171	-	0,0	-
5,00	175	19	194	-	0,0	-
6,00	195	16	211	-	0,0	-
7,00	214	13	228	-	0,0	-
8,00	234	12	246	-	0,0	-
9,00	253	10	264	-	0,0	-
10,00	273	9	282	-	0,0	-
11,00	292	9	301	-	0,0	-
12,00	303	8	310	-	0,0	-
13,00	313	7	320	-	0,0	-
14,00	323	7	330	-	0,0	-
15,00	333	6	340	-	0,0	-
16,00	343	6	349	-	0,0	-
17,00	354	6	359	-	0,0	-
18,00	364	5	369	-	0,0	-
19,00	374	5	379	-	0,0	-
20,00	384	5	389	-	0	-



E.1. CEDIMENTI - MODULI ELASTICI

E.1.1. STRISCIA DI CARICO INFINITA (CARICO UNIFORME)



CPT1
Carico di esercizio 2,0 kg/cm2
Profondità di posa 4,0 m

$$\sigma_z = \frac{p}{\pi} \cdot [\alpha + \sin\alpha \cdot \cos(\alpha + 2\delta)]$$

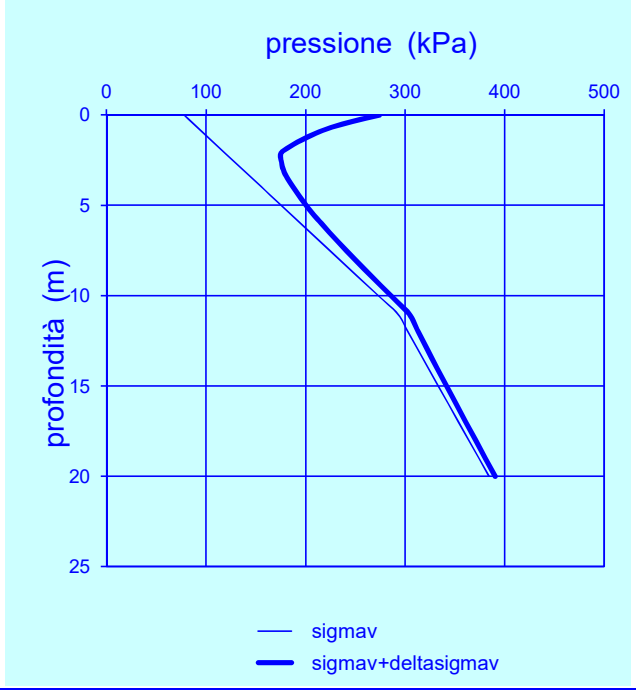
DATI DI INGRESSO

p	carico applicato	196	(kPa)	**Δh**	altezza concio di calcolo	1,00	(m)
2b	larghezza della striscia di carico	1,00	(m)	**D**	approfondimento fondazione da	4,00	(m)
x	punto di applicazione del carico	0,00	(m)	**z_w**	profondità falda da p.c.	15,00	(m)
				α	$\Delta\sigma_z < \alpha\ \sigma'_{vo}$	0,20	(-)

Strato (-)	ΔH (m)	H (m)	γ_n (kN/m³)	γ_{sat} (kN/m³)	E (MPa)
1	0,80	0,80	19,5	20,0	45,6
2	1,80	2,60	19,5	20,0	32,2
3	0,80	3,40	19,5	20,0	81,7
4		3,40	19,5	20,0	
5		3,40	19,5	20,0	
6		3,40	19,5	20,0	

ΔH spessore strato i-esimo
(lo spessore del I° strato è valutato a partire dalla quota di imposta della fondazione/striscia
γ_n peso di volume naturale
γ_{sat} peso di volume saturo
E modulo elastico

RISULTATI

(il valore z=0 corrisponde alla quota del piano di imposta della fondazione/striscia di carico; il valore della pressione geostatica efficace alla quota z=0 è calcolato facendo riferimento ai parametri del I° strato)

z (m)	σ'_{vo} (kPa)	$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\sigma'_{vo}+\Delta\sigma$ (kPa)	Δw (cm)	w (cm)	ε (%)
0,00	78	196	274	0,0	0,8	0,4
0,80	94	126	219	0,3	0,5	0,3
2,00	117	60	177	0,3	0,1	0,2
2,60	129	47	176	0,1	0,0	0,1
3,40	144	36	181	0,0	0,0	-
5,00	175	25	200	-	0,0	-
6,00	195	21	216	-	0,0	-
7,00	214	18	232	-	0,0	-
8,00	234	16	250	-	0,0	-
9,00	253	14	267	-	0,0	-
10,00	273	12	285	-	0,0	-
11,00	292	11	304	-	0,0	-
12,00	303	10	313	-	0,0	-
13,00	313	10	322	-	0,0	-
14,00	323	9	332	-	0,0	-
15,00	333	8	342	-	0,0	-
16,00	343	8	351	-	0,0	-
17,00	354	7	361	-	0,0	-
18,00	364	7	371	-	0,0	-
19,00	374	7	381	-	0,0	-
20,00	384	6	390	-	0	-