

COMUNE DI SOLIERA

PROVINCIA DI MODENA

RELAZIONE GEOLOGICA

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

MICROZONAZIONE SISMICA dell'area secondo gli indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica, ai sensi della Delibera di Assemblea Legislativa n.112/2007 e della Delibera Giunta Regionale n. 2193/2015.



OGGETTO:

studio geologico e sismico inerente il PUA per un lotto di terreno sito in via Caduti di Nassiriya, nel Comune di Soliera (MO)



Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

RIF. 300/18

Giugno 2018

ASSOCIATO



GEO GROUP s.r.l.

GEO GROUP s.r.l.

Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA

Tel. 059/3967169

Fax. 059/5960176

E-mail: info@geogroupmodena.it

P.IVA e C.F. 02981500362

www.geogroupmodena.it



**AZIENDA CON SISTEMA
DI GESTIONE QUALITÀ
CERTIFICATO DA DNV
= ISO 9001 =**

Relazione Tecnica

comprendente:

RELAZIONE GEOLOGICA

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

MICROZONAZIONE SISMICA dell'area secondo gli indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica, ai sensi della Delibera di Assemblea Legislativa n.112/2007 e della Delibera Giunta Regionale n. 2193/2015.

Oggetto:

studio geologico e sismico inerente il PUA per un lotto di terreno sito in via Caduti di Nassiriya, nel Comune di Soliera (MO)

Indice del contenuto

1	PREMESSE	3
2.	RELAZIONE GEOLOGICA	5
2.1	MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO - GEOLOGIA	5
2.2	INDAGINI GEOTECNICHE	6
2.2.1	Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT	7
2.3	CARATTERISTICHE LITOSTRATOGRAFICHE DEL SITO DI INDAGINE	10
3	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	11
3.1	INDAGINI GEOFISICHE	11
3.1.1	Indagine sismica con metodo MASW	11
3.1.2	Indagine sismica con metodo Refraction Microtremors (Re.Mi.)	13
3.1.2	Indagini sismiche Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr).....	13
3.2	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO (§ 3.2.2 NNTC 2018)	15
4	MICROZONAZIONE SISMICA: Rischio Sismico.....	16
4.1	II LIVELLO DI APPROFONDIMENTO – ANALISI SEMPLIFICATA	16
3.4	STABILITÀ DEL SITO NEI CONFRONTI DEL FENOMENO DI LIQUEFAZIONE (APPROCCIO DGR 2193/2015)...	19
5	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	21

Tavole

Tav. n. 1: “Carta Corografica”	scala 1: 25.000;
Tav. n. 2: “Carta Topografica”	scala 1: 10.000;
Tav. n. 3: “Ripresa fotografica generale dell’area di interesse”	scala grafica;
Tav. n. 4: “Carta della litologia di superficie”	scala 1: 5.000;

Allegati

- ALL. n. 1** Prove penetrometriche CPT corredate di interpretazione geotecnica;
ALL. n. 2 Indagini sismiche;
ALL. n. 3 Verifica alla liquefazione.

1 PREMESSE

Nel mese di giugno 2018 è stato eseguito il presente studio geologico e sismico inerente il PUA per un lotto di terreno sito in via Caduti di Nassiriya, nel Comune di Soliera (MO), in ottemperanza alle vigenti normative NTC 2018 e DAL n.112/2007 e DGR n. 2193/2015.

Il lotto in oggetto, in via Caduti di Nassiriya, è sito a est del centro abitato del Comune di Soliera (MO), come illustrato nella “Carta corografica”, alla scala 1: 25.000 (**tav. n. 1**), tavola CTR 201_NE “Carpi”, nella “Carta topografica” alla scala 1: 10.000, sezione (**tav. n. 2**) CTR n°201080 “Soliera”, e nella “Ripresa fotografica generale” (**tav. n. 3 e figg. 1.1 e 1.2**), riportate in allegato.



Fig. 1.1: Inquadramento geografico dell’area di interesse; immagini tratte da *Google Maps*.



Fig. 1.2: Inquadramento geografico dell'area di interesse; immagini tratte da *Google Maps*.

2. RELAZIONE GEOLOGICA

2.1 MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO - GEOLOGIA

L'area oggetto di studio è collocata in Via Caduti di Nassiriya nel Comune di Soliera (MO), a una quota topografica media di circa 26.2 m s.l.m..

Dal punto di vista geologico nell'area affiorano i depositi di seguito illustrati e riportati nella "Carta della litologia di superficie" (**tav. n. 4**), tratta dalla "Carta geologica e dei suoli", a scala 1:5.000, redatta dal CARG, Servizio geologico, sismico e dei suoli della Regione Emilia Romagna:

AES8 – Subsistema di Ravenna

Ghiaie e ghiaie sabbiose, passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. 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. Contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. Potenza fino a oltre 25 m. *Olocene (età radiometrica della base: 11.000 - 8.000 anni)*. Nell'area in esame affiora la litofacies limosa.

AES8a – Unità di Modena

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

Nell'area mancano evidenze geomorfologiche degne di nota, la zona è completamente pianeggiante con una leggera inclinazione verso nord-nord est in concordanza con l'andamento generale della Pianura Padana.

2.2 INDAGINI GEOTECNICHE

Per la caratterizzazione geologica, litostratigrafica e geotecnica dell'area in oggetto, si fa riferimento a una campagna di indagini geotecniche da noi precedentemente eseguita nella medesima area di studio nel 2013. In particolare si sono considerate le seguenti indagini:

- ***n. 3 prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT.***

Le prove penetrometriche eseguite hanno raggiunto le profondità indicate nella seguente tabella:

CPT 1	-20.00 m da p.c.
CPT 2	-15.00 m da p.c.
CPT 3	-15.00 m da p.c.

I risultati delle suddette indagini sono riportate nell'**allegato n. 1**, mentre l'ubicazione è illustrata in fig. 2.1.



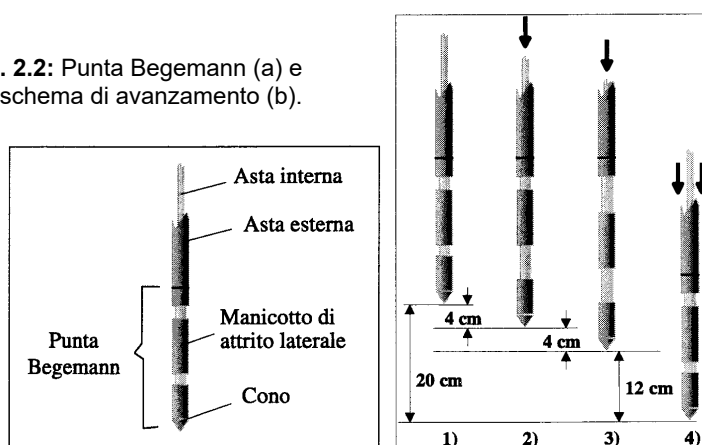
Fig. 2.1 – Ubicazione delle indagini geognostiche eseguite in sito.

2.2.1 Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT

Lo strumento impiegato per eseguire le prove è un penetrometro cingolato le cui caratteristiche tecniche sono riassunte nella seguente tabella:

Punta meccanica	Begemann
Spinta	100 kN
Intervalli di misura	20 cm
Parametri registrati	R_p (resistenza alla punta)
	RI (resistenza attrito laterale)
Area punta	10 cm²
Angolo alla punta	60°

Fig. 2.2: Punta Begemann (a) e schema di avanzamento (b).



La prova penetrometrica statica CPT (*Cone Penetration Test*) viene realizzata infiggendo nel terreno, alla velocità di 2 cm/sec, la punta meccanica Begemann (fig. 2.1). La punta presenta alla sua estremità inferiore un cono avente un angolo al vertice di 60°, un diametro alla base di 36 mm e quindi un'area di base di 10 cm². Esso supporta lungo il suo stelo un manicotto d'attrito, la cui superficie laterale è di 150 cm². I valori degli sforzi di reazione che il suolo oppone alla penetrazione della punta, allo scorrimento del manicotto laterale e l'avanzamento dell'insieme punta più aste, verranno registrati ogni 20 cm di avanzamento in profondità.

L'esecuzione della prova avviene tramite il seguente schema di avanzamento (fig. 2.1):

- 1) posizione di riposo con punta completamente chiusa;
- 2) spinta esercitata sulle aste interne con avanzamento di 4 cm del solo cono; visualizzazione dello sforzo di punta (R_p);
- 3) spinta esercitata sulle aste interne con avanzamento di 4 cm di cono + manicotto; visualizzazione dello sforzo di punta + attrito laterale (RI);

4) spinta esercitata sulle aste esterne con avanzamento di 12 cm e ritorno alla posizione di riposo con punta completamente chiusa; visualizzazione dello sforzo di punta + attrito + attrito della batteria di aste (Rt).

Nella fase d'avanzamento in cui viene letta la resistenza alla punta, il display restituisce automaticamente il carico unitario di resistenza (Rp) tenuto conto della superficie di infissione di circa 10 cm². Nella fase di avanzamento in cui viene letta la somma delle resistenze alla punta ed al manicotto di frizione il display visualizza il carico assoluto espresso in kg diviso per 10 (RI).

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

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

dove:

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

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

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

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

Metodo di Begemann:

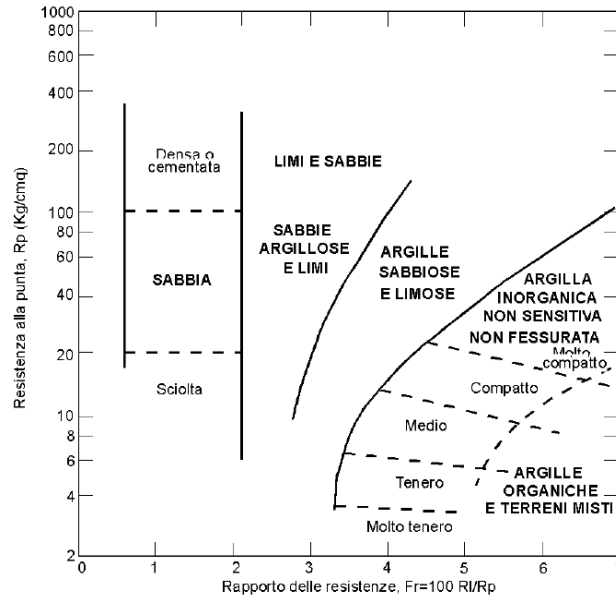
Il metodo di BEGEMANN considera il **rapporto tra Rp e RI** come parametro indicativo delle variazioni litologiche. In particolare l'Autore suggerisce le seguenti correlazioni:

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

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

Metodo di Schmertmann:

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



2.3 CARATTERISTICHE LITOSTRATOGRAFICHE DEL SITO DI INDAGINE

Dalle indagini geotecniche sopracitate eseguite in sito si caratterizza l'area oggetto di indagine con la presenza di terreni alluvionali a granulometria fine, da terreni coesivi argillosi e limosi a terreni granulari sabbiosi e limosi. Si riporta di seguito una descrizione dettagliata delle prove penetrometriche eseguite.

- Le prove hanno rilevato un primo strato di **argilla limosa a medio-scarso consistenza** ($0.59 \text{ MPa} < R_p < 1.76 \text{ MPa}$) fino alla profondità di circa -7.40 m da p.c. nella CPT 1, fino a -6.80 m da p.c. nella CPT 2 e fino a -6.20 m da p.c. nella CPT 3; la CPT 2 è intercalata da un sottile livello di **sabbia limosa mediamente addensata** ($28 \% < D_r < 57 \%$) dalla quota pari a -3.60 m da p.c. alla quota pari a -4.40 m da p.c.. Poi si trova un livello di **sabbia limosa sciolta** ($D_r = 14 \%$) nella CPT 1 fino alla quota pari a -7.80 m da p.c. e **sabbia mediamente addensata** ($21 \% < D_r < 63 \%$) nella CPT 2 fino alla quota pari a -7.40 m da p.c. e nella CPT 3 fino alla quota pari a -7.60 m da p.c.. Infine, fino alla massima profondità investigata, si trova uno strato di **argilla limosa a medio scarso consistenza** ($0.29 \text{ MPa} < R_p < 2.35 \text{ MPa}$), intercalato da un livello di **sabbia limosa mediamente addensata** ($26 \% < D_r < 64 \%$) nella CPT 1 dalla quota pari a -17.80 m da p.c. alla quota pari a -18.00 m da p.c., nella CPT 2 dalla quota pari a -11.00 m da p.c. alla quota pari a -12.60 m da p.c. e nella CPT 3 dalla quota pari a -13.00 m da p.c. alla quota pari a -13.80 m da p.c..
- Per quanto riguarda il grado di consolidazione dei materiali coesivi, è stata rinvenuta la presenza di terreni sovraconsolidati **SC** (con $OCR > 4$) fino a -4.20 m dal p.c. nella CPT 1, fino a -7.80 m da p.c. nella CPT 2 e fino a -3.80 m da p.c. nella CPT 3, seguiti da un'alternanza di terreni leggermente sovraconsolidati **LC** ($2 < OCR < 4$), terreni normalconsolidati **NC** ($1 < OCR < 2$) e terreni sovraconsolidati **SC** (con $OCR > 4$) fino a fondo foro.
- Al termine delle prove penetrometriche è stata rilevata la soggiacenza della falda freatica all'interno dei fori di sondaggio. La quota si attesta alla profondità pari a $D_w = -1.50 \text{ m da p.c.}$.

3 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

3.1 INDAGINI GEOFISICHE

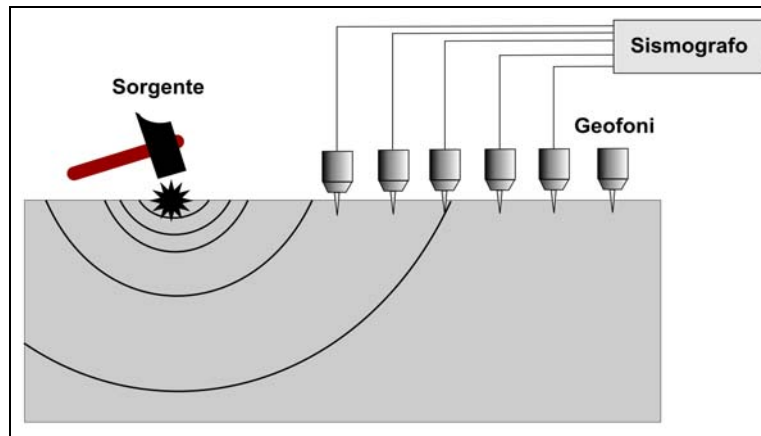
Per la caratterizzazione sismica dell'area di studio, in data **04/06/2018** sono state eseguite in sito le seguenti indagini geofisiche:

- **n. 1 indagine sismica MASW;**
- **n. 1 indagine sismica ReMi;**
- **n. 2 indagini sismiche HVSR.**

I risultati delle indagini sismiche sopra citate sono riportati integralmente nell'**allegato n. 2**.

3.1.1 Indagine sismica con metodo MASW

Per misurare le velocità delle onde di taglio si possono eseguire prospezioni sismiche mediante stendimenti superficiali, utilizzando geofoni verticali da 4,5 Hz ed acquisendo attivamente i segnali delle onde rifratte alla superficie mediante una sorgente artificialmente provocata. Questa tecnica, nota con la sigla **MASW** (Multichannel Analysis of Surface Waves), permette di ricostruire il profilo verticale delle Vs con procedimenti di modellazione diretta delle velocità di fase delle onde, rifratte alla superficie. Partendo dal sismogramma registrato mediante sorgente energizzante in asse con lo stendimento, viene eseguita un'analisi spettrale che ha consentito di elaborare un'immagine della distribuzione del segnale di velocità sismica in funzione delle diverse frequenze che lo compongono. Da tale elaborazione, tramite una fase di "picking" del segnale ad elevata intensità è stata ottenuta la "**curva di dispersione**", dalla cui inversione è stato calcolato il **modello sismo-stratigrafico** espresso in termini di velocità delle onde di taglio (Vs). I dati sono stati registrati mediante un sismografo *Geode Geometrics* 24 bit con filtri disinseriti, velocità di campionamento (sample rate) di 0.25 millisecondi e lunghezza delle acquisizioni di 2 secondi. Si effettuano battute poste ad offset diversi (10 m e 15 m di distanza dal primo geofono) mediante grave da 8,0 kg di massa.



Schema di Array lineare e punto energizzante.



Ripresa fotografica dello standamento sismico MASW e Re.Mi. eseguito in sito

Il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh, $V(\text{fase})/\text{freq.}$, può essere convertito nel profilo $V_s/\text{profondità}$. Tale metodo non è univoco e quindi il modello che ne scaturisce è un modello teorico; per questo motivo è preferibile operare in presenza di dati di taratura (come nel caso specifico) onde ricavare il modello reale.

3.1.2 Indagine sismica con metodo Refraction Microtremors (Re.Mi.)

La tecnica di acquisizione conosciuta come *Refraction Microtremors* (Re.Mi.), permette di campionare le frequenze più basse, caratterizzanti le porzioni più profonde del sottosuolo. In generale le tecniche sfruttano la capacità di poter mettere in relazione le velocità di fase e le frequenze, relative alle onde di taglio, con le forme di dispersione delle onde di superficie. I microtremori sismici naturali determinano, in corrispondenza della superficie, la formazione di onde superficiali di Rayleigh.

Si utilizzano dunque i microtremori naturali come sorgente sismica, i quali vengono misurati attraverso geofoni verticali disposti secondo array lineari. L'analisi avviene grazie a un passaggio delle registrazioni ottenute, attraverso la trasformata di Fourier, da un dominio spazio/tempo a un dominio frequenza/inverso della velocità. Il risultato dell'analisi è l'identificazione dello spettro energetico del segnale, in funzione della frequenza e dell'inverso della velocità. Dato che i livelli energetici possono variare significativamente alle diverse frequenze, lo spettro durante la fase di elaborazione viene normalizzato.

L'indagine sismica **Re.Mi.** è stata eseguita in sito utilizzando 24 geofoni verticali, distanziati di 5 m, con frequenza naturale di 4.5 Hz fissati al terreno ad intervalli regolari. I dati sono stati registrati mediante un sismografo *GEODE Geometrics 24 bit*, con velocità di campionamento (sample rate) di 4 millisecondi e lunghezza delle acquisizioni di 30 secondi.

3.1.2 Indagini sismiche Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR)

La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di **indagine sismica passiva HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura*)** è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito. Esse sono correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso. L'utilizzo di algoritmi di calcolo finalizzati ad una modellizzazione sintetica dello spettro H/V, permette di correlare ogni picco spettrale con le discontinuità presenti nel sottosuolo (per esempio i cambi litologici). I dati che si possono ricavare sono spessori, profondità e velocità di propagazione delle onde di taglio all'interno del sismo-strato individuato. Tramite l'elaborazione di moti superiori e l'analisi dell'andamento delle tre componenti del moto, è possibile distinguere i picchi di origine naturale da quelli generati dai moti superiori o da artefatti, al fine di garantire una corretta interpretazione dello spettro sismico registrato. La tecnica dei rapporti spettrali (HVSR) trova la sua massima applicazione negli studi di microzonazione sismica poiché fornisce un parametro fondamentale (frequenza propria di risonanza di sito) per una corretta progettazione di edifici antisismici. Negli ultimi anni si è affermata anche per la sua versatilità poiché si è dimostrato come lo spettro sismico può rappresentare un modello sismo – stratigrafico del sottosuolo.

La tecnica **HVSR** è totalmente **non invasiva, molto rapida**, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque. Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un "velocimetro triassiale" conforme alle norme SESAME.

I risultati che si possono ottenere da indagini sismiche HVSR sono:

- La **frequenza caratteristica di risonanza del sito** che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto **dimensionamento degli edifici antisismici**. Si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare strutture aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno, per evitare l'effetto di "**doppia risonanza**", fenomeno estremamente pericoloso per la stabilità delle costruzioni.
- La **frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se, in caso di sisma, la costruzione potrà essere o meno a rischio.
- La **stratigrafia del sottosuolo** con un *range* di indagine compreso tra 0.5 e 700 m di profondità, anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri. Il principio su cui si basa la tecnica **HVSR**, in termini di **stratigrafia del sottosuolo**, è rappresentato dalla definizione di strato, inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un **contrasto d'impedenza**, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

Dalle analisi HVSR eseguite in sito, e riportate integralmente nell'**allegato n. 3**, sono stati individuati dei picchi H/V ai valori di frequenza riportati nella seguente tabella:

HVSR 1	$f_0=0.63 \pm 0.11$ Hz
HVSR 2	$f_0=0.69 \pm 0.11$ Hz

I picchi H/V così individuati possono ritenersi di possibile origine stratigrafica, dovuta a discontinuità stratigrafiche piuttosto profonde (oltre 100 m), anche se non soddisfano pienamente i criteri SESAME (2005).

3.2 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO (§ 3.2.2 NNTC 2018)

Per determinare il parametro V_{s30} e definire quindi la categoria di sottosuolo dell'area indagata (§ 3.2.2 NNTC 2018) sono state eseguite in sito le indagini sismiche descritte nel precedente paragrafo. L'elaborazione delle indagini sismiche sopra citate restituisce un grafico che riporta la curva di dispersione attraverso un'immagine a colori che mostra il profilo delle velocità delle onde di Rayleigh come velocità di fase e frequenza. Analizzando tale grafico si ottiene un modello teorico dell'andamento delle V_s con la profondità fino ad una quota di -30.00 m dal piano di posa delle fondazioni, attraverso la formula:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_i \frac{h_i}{V_{si}}}$$

Dalle indagini sismiche eseguite e sopra citate si sono ottenuti i valori di V_{s30} riportati nella seguente tabella:

MASW	$V_{s30} = 217$ m/s
Re.MI.	$V_{s30} = 196$ m/s

Pertanto, secondo la classificazione del sottosuolo imposta dal NTC 2018, si definisce il terreno di fondazione dell'area studiata come appartenente alla appartenente alla **categoria C**, corrispondente a

DEPOSITI DI TERRENI A GRANA GROSSA MEDIAMENTE ADDENSATI O TERRENI A GRANA FINA MEDIAMENTE CONSISTENTI CON PROFONDITÀ DEL SUBSTRATO SUPERIORI A 30 m, CARATTERIZZATI DA UN MIGLIORAMENTO DELLE PROPRIETÀ MECCANICHE CON LA PROFONDITÀ E DA VALORI DI VELOCITÀ EQUIVALENTE COMPRESI TRA **180 m/s E 360 m/s**.

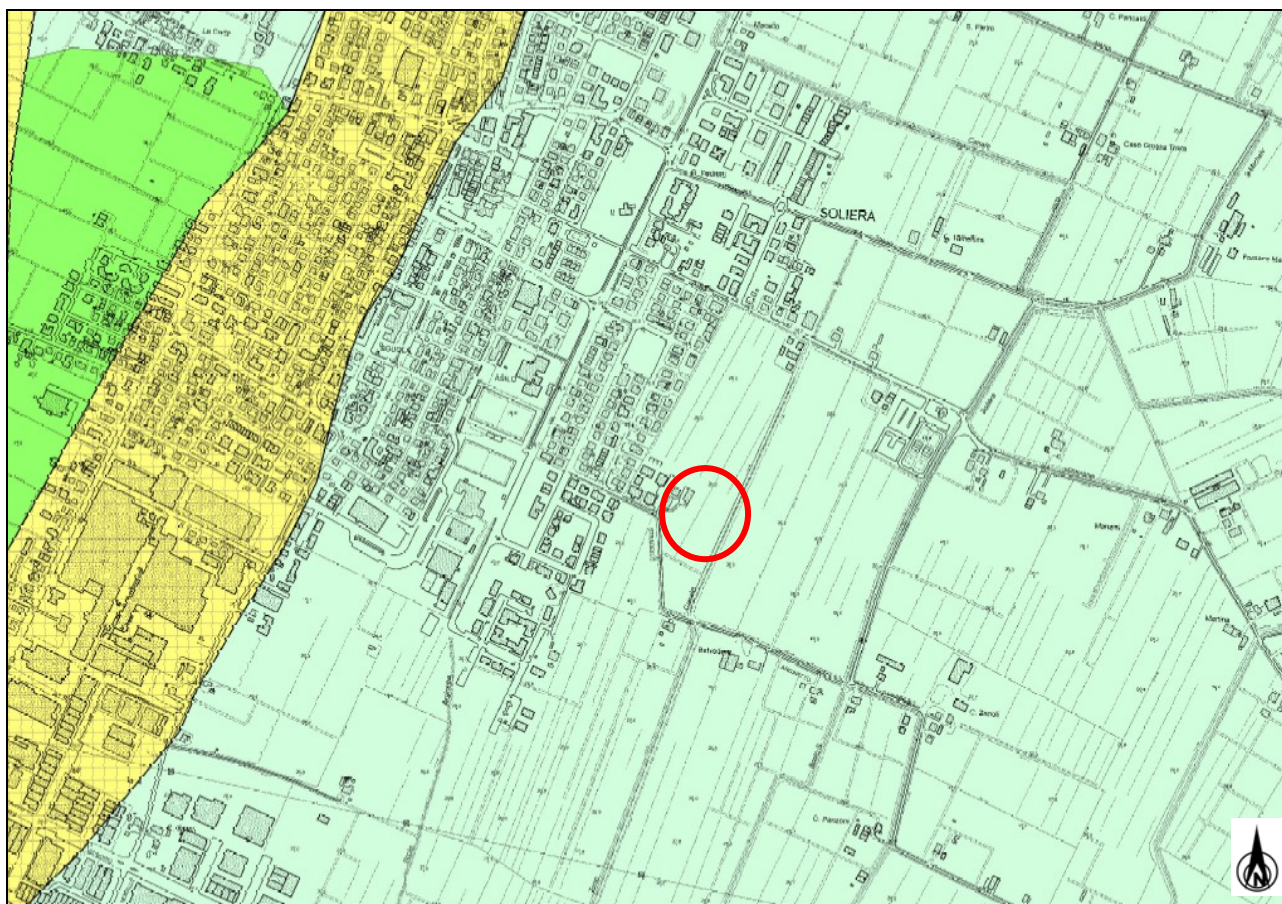
4 MICROZONAZIONE SISMICA: Rischio Sismico

Dall'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna con deliberazione n.112 - oggetto n°2131 del 02/05/2007 e successiva modifica D.G.R. 2193/2015, sono stati forniti i criteri per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio con particolare riguardo alla tipologia e al livello di approfondimento degli studi da effettuare per una migliore definizione della risposta sismica locale.

La microzonazione sismica risulta essere un efficace strumento di prevenzione e riduzione del rischio sismico, in quanto rappresenta la suddivisione dettagliata del territorio in base al comportamento dei terreni durante un evento sismico e ai possibili effetti indotti (risposta sismica locale). Lo studio di microzonazione sismica consiste in due fasi: la prima vuole identificare le zone del territorio suscettibile di effetti locali, mentre la seconda ha come obiettivo la microzonazione del territorio attraverso due differenti livelli di approfondimento, un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento) o un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento).

4.1 II LIVELLO DI APPROFONDIMENTO – ANALISI SEMPLIFICATA

Dalla consultazione dello studio di Microzonazione Sismica del Comune di Soliera, di cui si porta un estratto in figura 4.1, il lotto in oggetto risulta classificato come ***Z1 Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità; Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche stratigrafiche; Studi previsti: Approfondimento di II° livello.***



Legenda

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

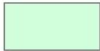
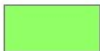

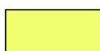
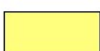
- | | |
|---|---|
|  | <p>Z1 Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche stratigrafiche
Studi previsti: Approfondimento di II° livello</p> |
|  | <p>Z2 Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose, limi argillosi di bassa plasticità
Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche stratigrafiche
Studi previsti: Approfondimenti di II° livello</p> |
|  | <p>Z3 Argille organiche di media plasticità, con intercalazioni composte da limi-sabbiosi e sabbie limose (spessore massimo 2.00 m) a medio - elevato addensamento
Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche stratigrafiche
Studi previsti: Approfondimenti di II° Livello</p> |
|  | <p>Z4 Sabbie limose e miscele di sabbia e limo, raccolte in banchi superficiali con spessore variabile da 4.00 a 10.00 m, con al tetto sottili depositi argilloso limosi (Area golenale - Fiume Secchia).
Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche stratigrafiche e potenziali fenomeni di liquefazione dei livelli incoerenti
Studi previsti: Approfondimenti di III° livello per la stima del potenziale di liquefazione</p> |
|  | <p>Z5 Sabbie argillose, intercalazioni di orizzonti argillosi ad alta plasticità e livelli sabbiosi da scarso a medio addensamento. Fascia di trasgressione fluviale (Fiume Secchia e canalizzazioni secondarie)
Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche stratigrafiche e potenziali fenomeni di liquefazione dei livelli incoerenti
Studi previsti: Approfondimenti di III° per stima del potenziale di liquefazione e cedimenti co-sismici</p> |

Fig. 4.1 – Estratto della TAV. n. 6 “Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica” dello studio di MS del Comune di Soliera

Per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologica, nelle aree in cui è ritenuto sufficiente l'analisi semplificata di II livello, si utilizzano gli abachi, le formule e le procedure indicate nell'allegato A2 della DGR 2193/2015.

Si è proceduto, pertanto, alla verifica del fattore di amplificazione secondo approccio DGR 2193/2015, attraverso la comparazione degli abachi contenuti nella predetta normativa, considerando i risultati ottenuti dalle indagini geognostiche eseguite in sito (*indagine sismica MASW: $V_{s30} = 217$ m/s, indagine sismica Re.Mi.: $V_{s30} = 196$ m/s*).

L'area in oggetto, sulla scorta delle informazioni geologiche disponibili e precedentemente illustrate, risulta classificabile secondo la tipologia **PIANURA 2**, così caratterizzato: *settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di una importante discontinuità stratigrafica responsabile di un significativo contrasto di impedenza a circa 100 m da p.c. e dal tetto del substrato rigido a circa 150 m da p.c.* Si illustra successivamente la tabella di riferimento per la stima del fattore di amplificazione del moto sismico e delle relative intensità spettrali:

$V_{s30}(m/s) \rightarrow$	150	200	250	300	350	400
F.A. PGA	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5
F.A. SI1	2.0	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6
F.A. SI2	3.1	3.0	2.7	2.4	2.1	2.0
F.A. SI3	3.6	3.3	2.9	2.5	2.2	2.0

Pianura 2. Tabella dei Fattori di Amplificazione **PGA**, **SI1**, **SI2** e **SI3**.

Considerando i risultati delle indagini geofisiche eseguite, si ricavano per conseguenza i seguenti parametri:

F.A. P.G.A. = 1.7

F.A. SI1 = 2.0

F.A. SI2 = 3.0

F.A. SI3 = 3.3

dove:

- PGA= accelerazione massima orizzontale alla superficie
- SI = indice di Housner
- F.A. P.G.A.= Fattore di amplificazione P.G.A.
- F.A. S1 (intensità spettrale $0.1\text{sec} < T_0 < 0.5\text{sec}$)
- F.A. S2 (intensità spettrale $0.5\text{sec} < T_0 < 1.0\text{sec}$)
- F.A. S3 (intensità spettrale $1.0\text{sec} < T_0 < 1.5\text{sec}$)

Adottando un fattore di amplificazione della PGA pari a 1.70 e un valore di PGA di base pari a 0.157 g (Tr 475 anni SLV), si ottiene un valore di PGA in superficie pari a:

$A_{max} = 0.267 \text{ g}$ (Approccio DGR 2193/15 Il livello di approfondimento)

3.4 STABILITÀ DEL SITO NEI CONFRONTI DEL FENOMENO DI LIQUEFAZIONE (APPROCCIO DGR 2193/2015)

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

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

Dove:

CRR è rappresentato dal rapporto di resistenza ciclica

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Il valore **CRR** è stato ricavato attraverso la metodologia di calcolo proposta da **Boulanger & Idriss 2014**. Per le specifiche della procedura di calcolo adottata si faccia riferimento all'allegato **A2.2** della DGR 2193/2015 della Regione Emilia Romagna.

Le verifiche sono state svolte considerando una magnitudo di riferimento $M = 6.14$, una accelerazione massima al suolo $A_{max} = 0.267 \text{ g}$ (calcolata secondo Approccio DGR 2193/15, Il livello di approfondimento) e con soggiacenza della falda freatica alla profondità $D_w = -1.50 \text{ m}$ da p.c.

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

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

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

$$\begin{array}{ll} F(z) = 0 & \text{per } F_L \geq 1.2 \\ F(z) = 2 \cdot 10^6 \cdot \exp(-18.427 \cdot F_L) & \text{per } 1.2 > F_L \geq 0.95 \\ F(z) = 1 - F_L & \text{per } F_L \leq 0.95 \end{array}$$

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

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

A seguito della verifica, in riferimento alle verticali di prova CPTU, sono stati ottenuti i seguenti valori di LPI:

INDAGINE	INDICE DI LIQUEFAZIONE IL	RISCHIO
CPT 1	0.3	BASSO
CPT 2	1.0	BASSO
CPT 3	2.0	MODERATO

5 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il presente studio geologico e sismico è stato eseguito per caratterizzare il sottosuolo di un lotto di terreno sito in via Caduti di Nassiriya nel Comune di Soliera (MO), in ottemperanza alle vigenti normative NTC 2018 e e DAL n.112/2007 e DGR n. 2193/2015.

La **caratterizzazione sismica** del sito è stata condotta sulla base di una indagine sismica di tipo MASW e una indagine di tipo Re.Mi. eseguite in sito, da cui si è determinato che:

- la velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità V_{s30} ha i seguenti valori:

indagine MASW	$V_{s30}=217 \text{ m/s}$
indagine Re.Mi.	$V_{s30}=196 \text{ m/s}$

- sulla base delle NNTC 2018, si classifica il terreno di fondazione in oggetto come appartenente alla **categoria C**, corrispondente a

DEPOSITI DI TERRENI A GRANA GROSSA MEDIAMENTE ADDENSATI O TERRENI A GRANA FINA MEDIAMENTE CONSISTENTI CON PROFONDITÀ DEL SUBSTRATO SUPERIORI A 30 m, CARATTERIZZATI DA UN MIGLIORAMENTO DELLE PROPRIETÀ MECCANICHE CON LA PROFONDITÀ E DA VALORI DI VELOCITÀ EQUIVALENTE COMPRESI TRA **180 m/s E 360 m/s**.

La presente relazione è stata redatta in accordo con i nuovi indirizzi di Microzonazione sismica della Regione Emilia Romagna (**DGR 2193/2015**) relativamente alla definizione dell'azione sismica del sito in oggetto. In accordo con la predetta normativa e sulla scorta delle prescrizioni di piano (PSC del Comune di Soliera) è stato valutato il fattore di amplificazione e delle relative intensità spettrali secondo il II livello di approfondimento. Considerando i risultati delle indagini geofisiche eseguite, si ricavano per conseguenza i seguenti parametri:

F.A. P.G.A. = 1.7

F.A. SI1 = 2.0

F.A. SI2 = 3.0

F.A. SI3 = 3.3

Adottando un fattore di amplificazione della PGA pari a 1.70 e un valore di PGA di base pari a 0.157 g (Tr 475 anni SLV), si ottiene un valore di PGA in superficie pari a:

$A_{max} = 0.267 \text{ g}$ (Approccio DGR 2193/15 Il livello di approfondimento)

È stata eseguita la verifica della suscettibilità al fenomeno della liquefazione (metodo di calcolo **Boulanger & Idriss, 2014, in accordo con la DGR 2193/15**) sulla base delle prove penetrometriche eseguite in sito, precedentemente citate e descritte, considerando una accelerazione massima al suolo $A_{max} = 0.267g$ (calcolata con approfondimento di II livello DGR 2193/15), considerando la soggiacenza della falda freatica alla profondità $D_w = -1.50$ m da p.c., e una **magnitudo di riferimento** pari a $M=6.14$. I calcoli così eseguiti hanno fornito i valori di indice di liquefazione IL riportati nella seguente tabella:

INDAGINE	INDICE DI LIQUEFAZIONE IL	RISCHIO
CPT 1	0.3	BASSO
CPT 2	1.0	BASSO
CPT 3	2.0	MODERATO

Alla luce di ciò, si raccomanda, in fase di progettazione, di predisporre ulteriormente adeguati studi e indagini geognostiche del sottosuolo finalizzati a verificare in modo puntuale la stabilità del sito nei confronti della liquefazione, oltre che a definire con maggiore dettaglio le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche del terreno di fondazione, in relazione alla progettazione delle nuove strutture.

Modena, 18 giugno 2018

Dott. Geol. Pier Luigi Dallari



G E O G R O U P s.r.l.

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

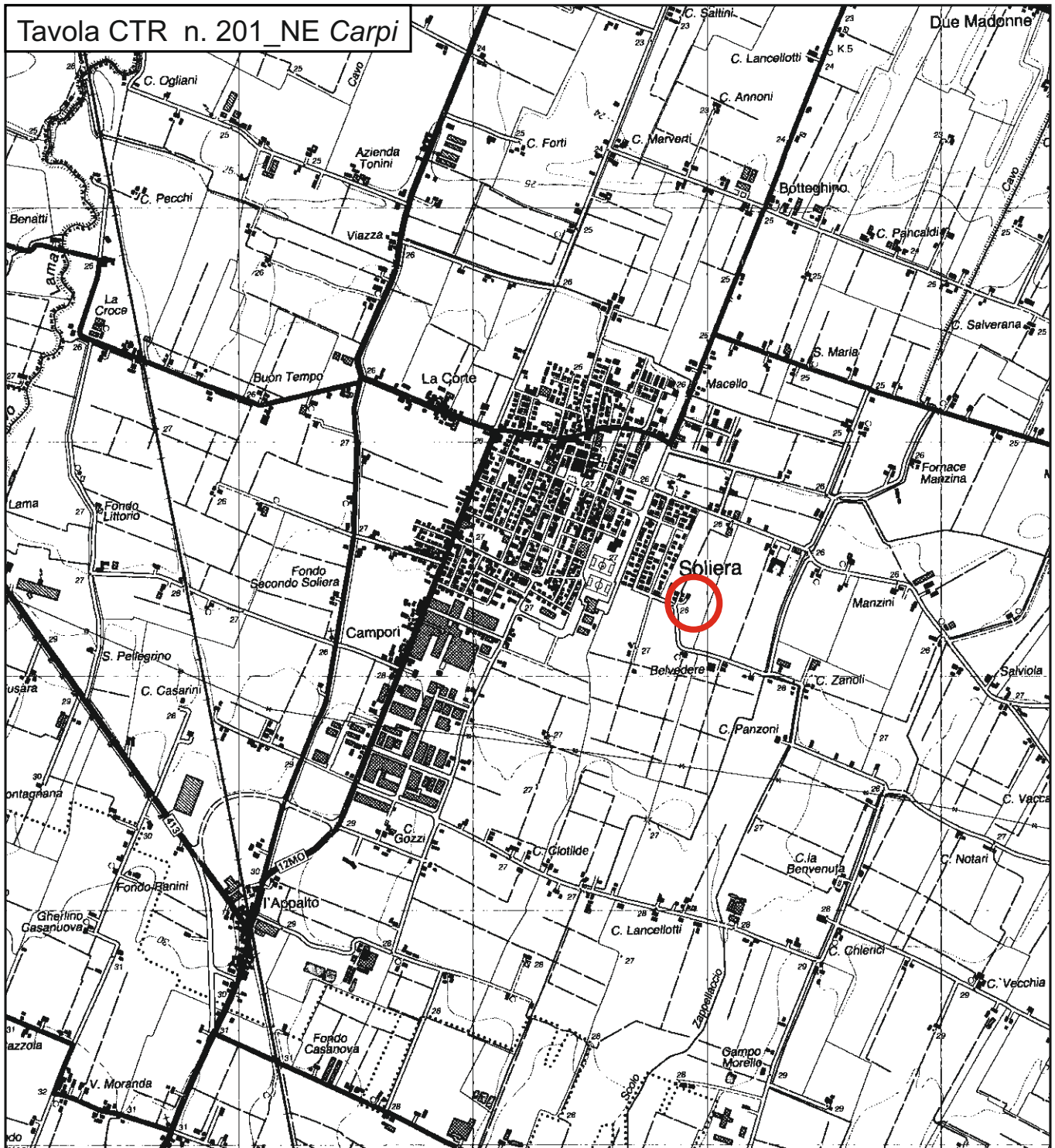


TAVOLE

GEO GROUP s.r.l.

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

Tavola CTR n. 201_NE Carpi



Tav. n. 1 "Carta Corografica"

Scala 1: 25000



Legenda



Area di interesse

GEO GROUP s.r.l.

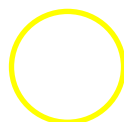
Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche
182, via C. Costa 41100 Modena - Tel. 059/3967169 - Fax. 059/5332019- E-mail: geo.group@libero.it



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

(tratta da “Google Maps”)

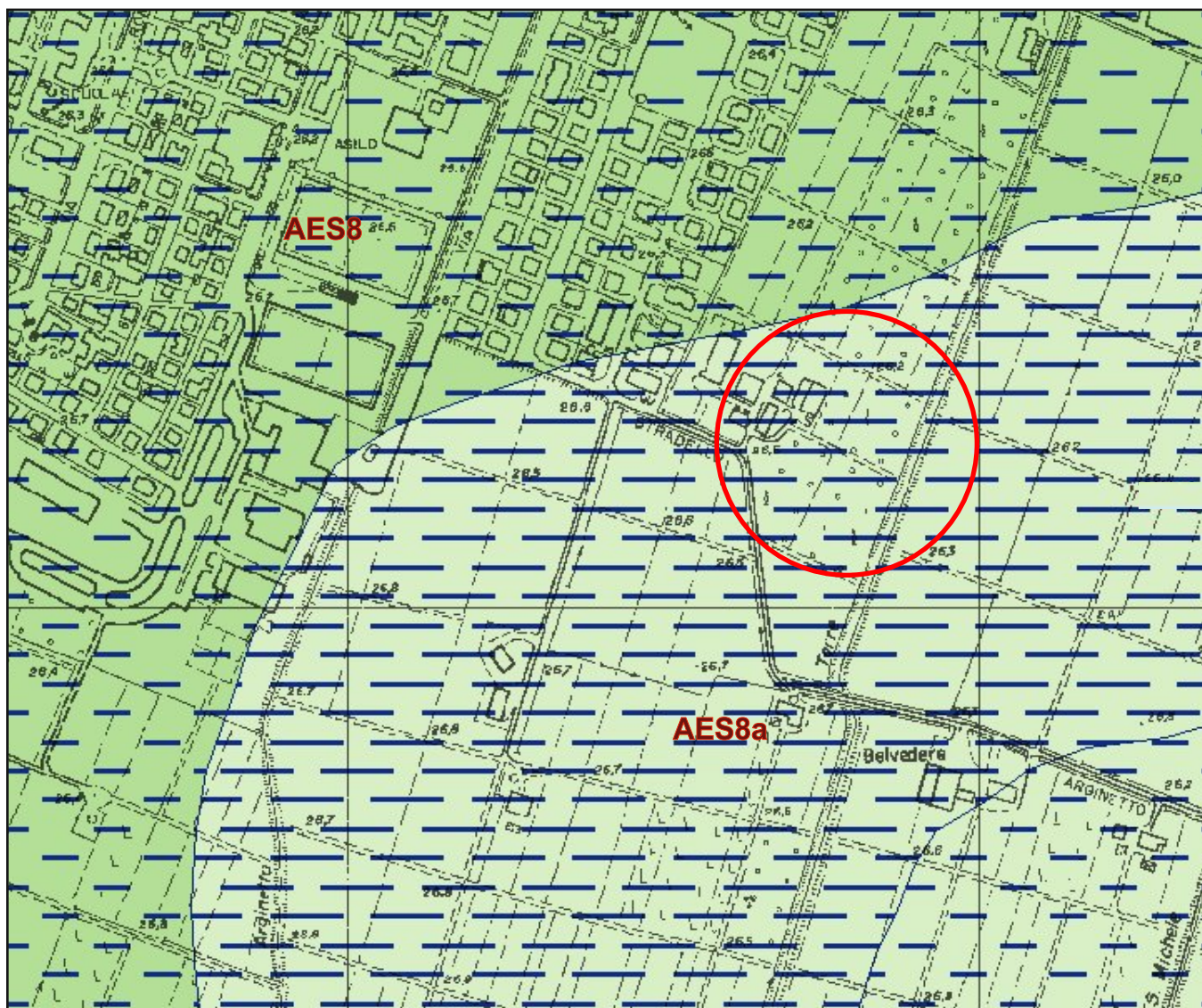
Scala grafica



Area oggetto di studio

GEO GROUP s.r.l.

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



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



Legenda



Area di interesse

Ambiente deposizionale e litologia affiorante



Limo - Piana alluvionale



Argilla - Piana alluvionale

Successione neogenico-quadernaria del margine appenninico padano



AES8 - Subsistema di Ravenna

Ghiaie, sabbie e limi organizzate in i terrazzi alluvionali;
a tetto suoli con basso grado di alterazione.
Olocene



AES8a - Unità di Modena

Depositi ghiaiosi passanti a sabbie e limi di terrazzo
alluvionale. Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari
di interconoide. Unità definita dalla presenza di un
suolo a bassissimo grado di alterazione.
Post-VI secolo d.C.

G E O G R O U P s.r.l.

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



ALLEGATO 1

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA MECCANICA CPT

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

Strumento utilizzato:
Pagani TG63-100 -

Caratteristiche:

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

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

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

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

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

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

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

CONVERSIONI

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

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

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

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

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

1 t = 1000 kg \approx 10 kN

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

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

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

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

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

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

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

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT

1

riferimento

623-2013

certificato n°

4806

Committente: **Studio tecnico**
Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
Località: **Soliera, via Caduti di Nassiriyah**

U.M.: **MPa** Data eseg.: **11/12/2013**
Pagina: **1/4** Data certificato: **13/12/2013**
Elaborato: **Falda: -1.50 m da p.c.**

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.00	0.00		0.00	67.00	0		15.20	21.00	38.00		2.06	133.00	16	6.3
0.40	10.00	20.00		0.98	67.00	15	6.7	15.40	24.00	44.00		2.35	127.00	19	5.3
0.60	14.00	24.00		1.37	140.00	10	10.0	15.60	24.00	43.00		2.35	133.00	18	5.5
0.80	18.00	39.00		1.76	167.00	11	9.3	15.80	28.00	48.00		2.74	140.00	20	5.0
1.00	17.00	42.00		1.67	180.00	9	10.6	16.00	19.00	40.00		1.86	107.00	18	5.6
1.20	16.00	43.00		1.57	120.00	13	7.5	16.20	14.00	30.00		1.37	60.00	23	4.3
1.40	12.00	30.00		1.18	80.00	15	6.7	16.40	11.00	20.00		1.08	40.00	28	3.8
1.60	10.00	22.00		0.98	67.00	15	6.7	16.60	7.00	13.00		0.69	40.00	18	5.7
1.80	11.00	21.00		1.08	47.00	23	4.3	16.80	10.00	16.00		0.98	47.00	21	4.7
2.00	13.00	20.00		1.27	53.00	25	4.1	17.00	10.00	17.00		0.98	33.00	30	3.3
2.20	9.00	17.00		0.88	47.00	19	5.2	17.20	11.00	16.00		1.08	27.00	41	2.5
2.40	9.00	16.00		0.88	33.00	27	3.7	17.40	10.00	14.00		0.98	33.00	30	3.3
2.60	9.00	14.00		0.88	40.00	23	4.4	17.60	11.00	16.00		1.08	67.00	16	6.1
2.80	12.00	18.00		1.18	33.00	36	2.8	17.80	58.00	68.00		5.68	67.00	87	1.2
3.00	9.00	14.00		0.88	33.00	27	3.7	18.00	52.00	62.00		5.10	73.00	71	1.4
3.20	8.00	13.00		0.78	33.00	24	4.1	18.20	14.00	25.00		1.37	47.00	30	3.4
3.40	14.00	19.00		1.37	47.00	30	3.4	18.40	12.00	19.00		1.18	73.00	16	6.1
3.60	9.00	16.00		0.88	60.00	15	6.7	18.60	25.00	36.00		2.45	120.00	21	4.8
3.80	9.00	18.00		0.88	40.00	23	4.4	18.80	16.00	34.00		1.57	147.00	11	9.2
4.00	12.00	18.00		1.18	33.00	36	2.8	19.00	10.00	32.00		0.98	93.00	11	9.3
4.20	8.00	13.00		0.78	33.00	24	4.1	19.20	17.00	31.00		1.67	127.00	13	7.5
4.40	7.00	12.00		0.69	40.00	18	5.7	19.40	19.00	38.00		1.86	107.00	18	5.6
4.60	8.00	14.00		0.78	60.00	13	7.5	19.60	24.00	40.00		2.35	133.00	18	5.5
4.80	10.00	19.00		0.98	67.00	15	6.7	19.80	20.00	40.00		1.96	127.00	16	6.4
5.00	9.00	19.00		0.88	53.00	17	5.9	20.00	19.00	38.00		1.86			
5.20	16.00	24.00		1.57	40.00	40	2.5								
5.40	10.00	16.00		0.98	47.00	21	4.7								
5.60	10.00	17.00		0.98	67.00	15	6.7								
5.80	12.00	22.00		1.18	60.00	20	5.0								
6.00	17.00	26.00		1.67	80.00	21	4.7								
6.20	16.00	28.00		1.57	60.00	27	3.8								
6.40	13.00	22.00		1.27	53.00	25	4.1								
6.60	16.00	24.00		1.57	60.00	27	3.8								
6.80	13.00	22.00		1.27	53.00	25	4.1								
7.00	11.00	19.00		1.08	53.00	21	4.8								
7.20	9.00	17.00		0.88	67.00	13	7.4								
7.40	13.00	23.00		1.27	47.00	28	3.6								
7.60	16.00	23.00		1.57	13.00	123	0.8								
7.80	5.00	7.00		0.49	13.00	38	2.6								
8.00	3.00	5.00		0.29	27.00	11	9.0								
8.20	4.00	8.00		0.39	20.00	20	5.0								
8.40	8.00	11.00		0.78	27.00	30	3.4								
8.60	8.00	12.00		0.78	33.00	24	4.1								
8.80	8.00	13.00		0.78	27.00	30	3.4								
9.00	10.00	14.00		0.98	40.00	25	4.0								
9.20	11.00	17.00		1.08	60.00	18	5.5								
9.40	11.00	20.00		1.08	67.00	16	6.1								
9.60	11.00	21.00		1.08	73.00	15	6.6								
9.80	15.00	26.00		1.47	87.00	17	5.8								
10.00	15.00	28.00		1.47	80.00	19	5.3								
10.20	11.00	23.00		1.08	67.00	16	6.1								
10.40	10.00	20.00		0.98	47.00	21	4.7								
10.60	9.00	16.00		0.88	40.00	23	4.4								
10.80	10.00	16.00		0.98	40.00	25	4.0								
11.00	8.00	14.00		0.78	47.00	17	5.9								
11.20	9.00	16.00		0.88	33.00	27	3.7								
11.40	13.00	18.00		1.27	47.00	28	3.6								
11.60	12.00	19.00		1.18	53.00	23	4.4								
11.80	19.00	27.00		1.86	67.00	28	3.5								
12.00	26.00	36.00		2.55	140.00	19	5.4								
12.20	22.00	43.00		2.16	93.00	24	4.2								
12.40	14.00	28.00		1.37	67.00	21	4.8								
12.60	12.00	22.00		1.18	93.00	13	7.8								
12.80	12.00	26.00		1.18	67.00	18	5.6								
13.00	12.00	22.00		1.18	53.00	23	4.4								
13.20	11.00	19.00		1.08	47.00	23	4.3								
13.40	10.00	17.00		0.98	27.00	37	2.7								
13.60	28.00	32.00		2.74	93.00	30	3.3								
13.80	12.00	26.00		1.18	60.00	20	5.0								
14.00	13.00	22.00		1.27	67.00	19	5.2								
14.20	12.00	22.00		1.18	87.00	14	7.3								
14.40	16.00	29.00		1.57	87.00	18	5.4								
14.60	14.00	27.00		1.37	73.00	19	5.2								
14.80	17.00	28.00		1.67	93.00	18	5.5								
15.00	18.00	32.00		1.76	113.00	16	6.3								

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

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

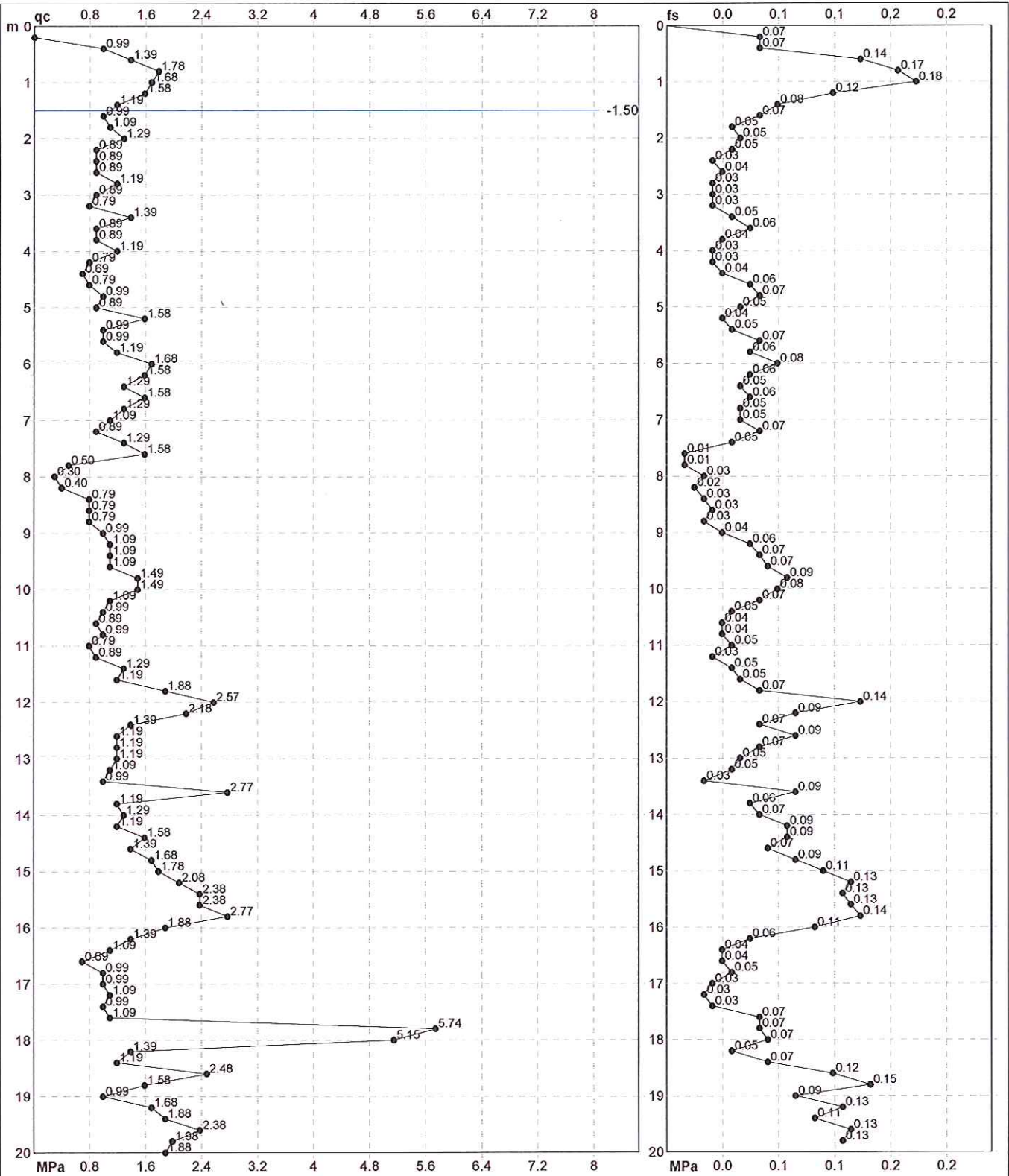
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	1
riferimento	623-2013
certificato n°	4806

Committente: **Studio tecnico**
Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
Località: **Soliera, via Caduti di Nassiriya**

U.M.: **MPa** Data eseg.: **11/12/2013**
Scala: **1:100**
Pagina: **2/4** Data certificato: **13/12/2013**
Elaborato: Falda: **-1.50 m** da p.c.



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

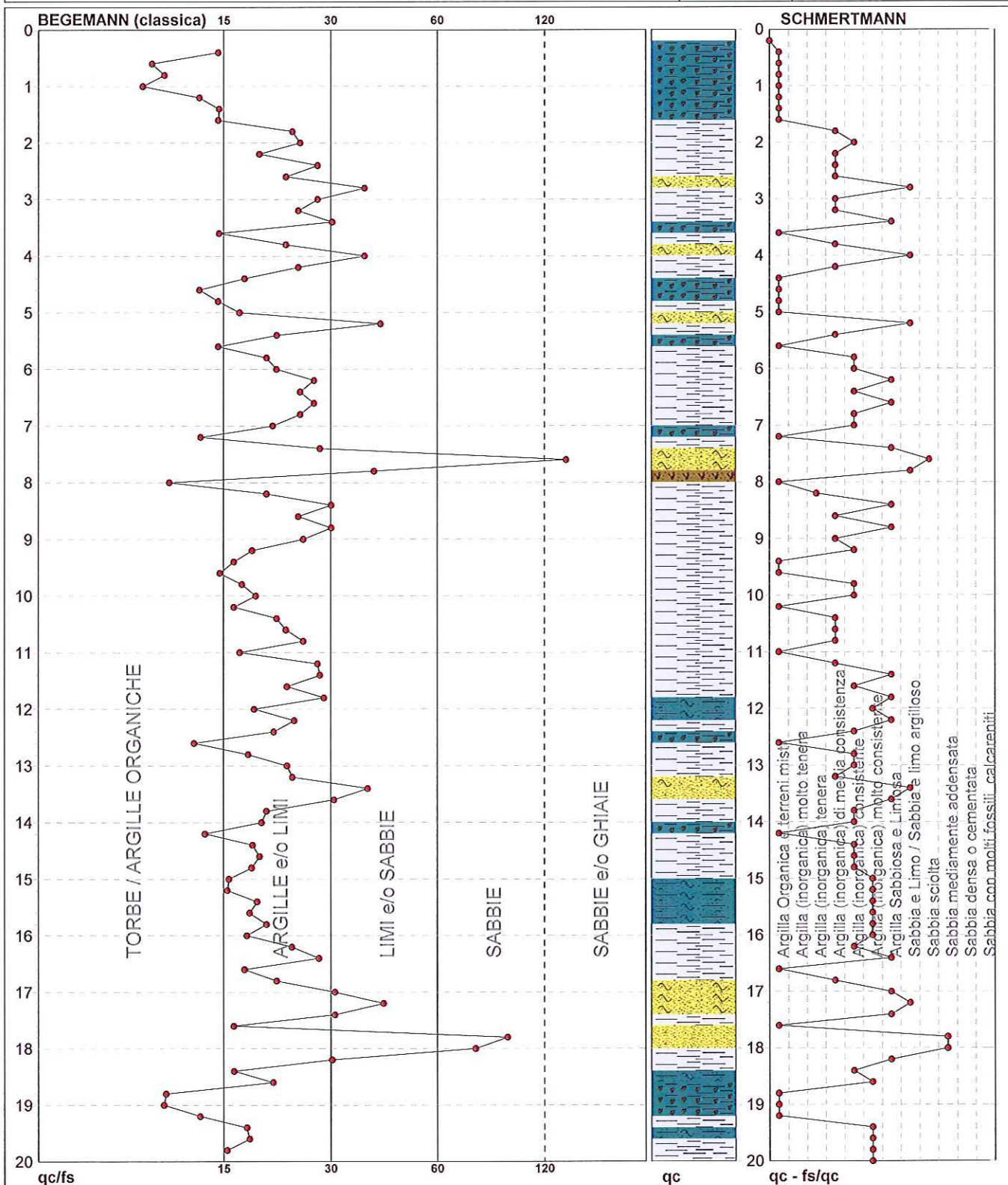
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	1
riferimento	623-2013
certificato n°	4806

Committente: **Studio tecnico**
 Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
 Località: **Soliera, via Caduti di Nassiriya**

U.M.: **MPa** Data eseg.: **11/12/2013**
 Scala: **1:100**
 Pagina: **3/4** Data certificato: **13/12/2013**
 Elaborato: Falda: **-1.50 m da p.c.**



Torbe / Argille org. :	19 punti, 19.19%	Argilla Organica e terreni misti:	26 punti, 26.26%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	14 punti, 14.14%
Argille e/o Limi :	68 punti, 68.69%	Argilla (inorganica) tenera:	1 punto, 1.01%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	6 punti, 6.06%
Limi e/o Sabbie :	9 punti, 9.09%	Argilla (inorganica) media consist.:	17 punti, 17.17%	Sabbia sciolta:	1 punto, 1.01%
Sabbie:	2 punti, 2.02%	Argilla (inorganica) consistente:	20 punti, 20.20%	Sabbia mediamente addensata:	2 punti, 2.02%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punto, 1.01%	Argilla (inorganica) molto consist.:	11 punti, 11.11%		

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	2
	riferimento	623-2013
	certificato n°	4807

Committente: Studio tecnico	U.M.: MPa	Data eseg.: 11/12/2013
Cantiere: Studio terreno di fondazione	Pagina: 1/4	Data certificato: 13/12/2013
Località: Soliera, via Caduti di Nassiriya	Elaborato:	Falda: -1.50 m da p.c.

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.00	0.00		0.00	33.00	0									
0.40	8.00	13.00		0.78	73.00	11	9.1								
0.60	12.00	23.00		1.18	113.00	11	9.4								
0.80	16.00	33.00		1.57	113.00	14	7.1								
1.00	13.00	30.00		1.27	127.00	10	9.8								
1.20	12.00	31.00		1.18	60.00	20	5.0								
1.40	8.00	17.00		0.78	47.00	17	5.9								
1.60	7.00	14.00		0.69	33.00	21	4.7								
1.80	14.00	19.00		1.37	60.00	23	4.3								
2.00	10.00	19.00		0.98	93.00	11	9.3								
2.20	14.00	28.00		1.37	60.00	23	4.3								
2.40	26.00	35.00		2.55	53.00	49	2.0								
2.60	10.00	18.00		0.98	53.00	19	5.3								
2.80	22.00	30.00		2.16	53.00	42	2.4								
3.00	19.00	27.00		1.86	53.00	36	2.8								
3.20	11.00	19.00		1.08	53.00	21	4.8								
3.40	12.00	20.00		1.18	87.00	14	7.3								
3.60	21.00	34.00		2.06	40.00	53	1.9								
3.80	38.00	44.00		3.72	20.00	190	0.5								
4.00	24.00	27.00		2.35	33.00	73	1.4								
4.20	27.00	32.00		2.65	33.00	82	1.2								
4.40	18.00	23.00		1.76	47.00	38	2.6								
4.60	10.00	17.00		0.98	53.00	19	5.3								
4.80	12.00	20.00		1.18	53.00	23	4.4								
5.00	12.00	20.00		1.18	47.00	26	3.9								
5.20	10.00	17.00		0.98	47.00	21	4.7								
5.40	16.00	23.00		1.57	73.00	22	4.6								
5.60	17.00	28.00		1.67	47.00	36	2.8								
5.80	19.00	26.00		1.86	73.00	26	3.8								
6.00	13.00	24.00		1.27	53.00	25	4.1								
6.20	16.00	24.00		1.57	53.00	30	3.3								
6.40	16.00	24.00		1.57	47.00	34	2.9								
6.60	14.00	21.00		1.37	100.00	14	7.1								
6.80	13.00	28.00		1.27	53.00	25	4.1								
7.00	42.00	50.00		4.12	53.00	79	1.3								
7.20	47.00	55.00		4.61	33.00	142	0.7								
7.40	37.00	42.00		3.63	53.00	70	1.4								
7.60	19.00	27.00		1.86	73.00	26	3.8								
7.80	11.00	22.00		1.08	53.00	21	4.8								
8.00	12.00	20.00		1.18	60.00	20	5.0								
8.20	11.00	20.00		1.08	53.00	21	4.8								
8.40	10.00	18.00		0.98	47.00	21	4.7								
8.60	11.00	18.00		1.08	60.00	18	5.5								
8.80	12.00	21.00		1.18	80.00	15	6.7								
9.00	13.00	25.00		1.27	80.00	16	6.2								
9.20	12.00	24.00		1.18	80.00	15	6.7								
9.40	10.00	22.00		0.98	53.00	19	5.3								
9.60	12.00	20.00		1.18	47.00	26	3.9								
9.80	11.00	18.00		1.08	53.00	21	4.8								
10.00	7.00	15.00		0.69	20.00	35	2.9								
10.20	9.00	12.00		0.88	27.00	33	3.0								
10.40	9.00	13.00		0.88	20.00	45	2.2								
10.60	7.00	10.00		0.69	67.00	10	9.6								
10.80	11.00	21.00		1.08	40.00	28	3.6								
11.00	8.00	14.00		0.78	13.00	62	1.6								
11.20	28.00	30.00		2.74	33.00	85	1.2								
11.40	29.00	34.00		2.84	40.00	73	1.4								
11.60	74.00	80.00		7.25	73.00	101	1.0								
11.80	69.00	80.00		6.76	53.00	130	0.8								
12.00	92.00	100.00		9.02	67.00	137	0.7								
12.20	55.00	65.00		5.39	60.00	92	1.1								
12.40	46.00	55.00		4.51	93.00	49	2.0								
12.60	28.00	42.00		2.74	67.00	42	2.4								
12.80	12.00	22.00		1.18	73.00	16	6.1								
13.00	9.00	20.00		0.88	47.00	19	5.2								
13.20	16.00	23.00		1.57	73.00	22	4.6								
13.40	15.00	26.00		1.47	93.00	16	6.2								
13.60	12.00	26.00		1.18	67.00	18	5.6								
13.80	9.00	19.00		0.88	40.00	23	4.4								
14.00	9.00	15.00		0.88	33.00	27	3.7								
14.20	9.00	14.00		0.88	47.00	19	5.2								
14.40	10.00	17.00		0.98	67.00	15	6.7								
14.60	13.00	23.00		1.27	80.00	16	6.2								
14.80	16.00	28.00		1.57	87.00	18	5.4								
15.00	16.00	29.00		1.57											

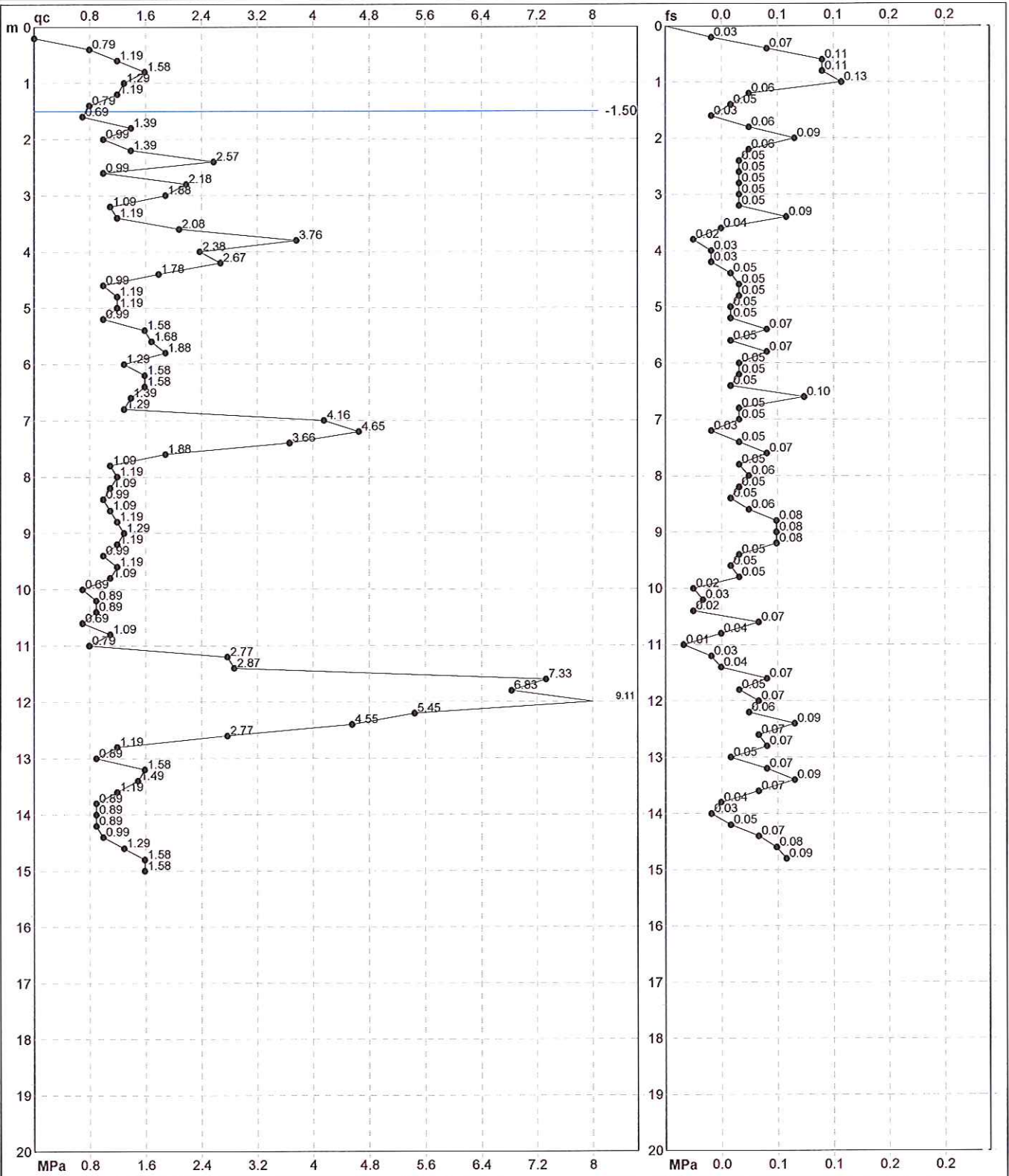
H = profondità	qc = resistenza di punta
L1 = prima lettura (punta)	fs = resistenza laterale calcolata
L2 = seconda lettura (punta + laterale)	0.20 m sopra quota qc
Lt = terza lettura (totale)	F = rapporto Begemann (qc / fs)
CT =10.00 costante di trasformazione	Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	2
riferimento	623-2013
certificato n°	4807

Committente: Studio tecnico	U.M.: MPa	Data exec.: 11/12/2013
Cantiere: Studio terreno di fondazione	Scala: 1:100	Data certificato: 13/12/2013
Località: Soliera, via Caduti di Nassiriya	Pagina: 2/4	Falda: -1.50 m da p.c.
	Elaborato:	



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

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

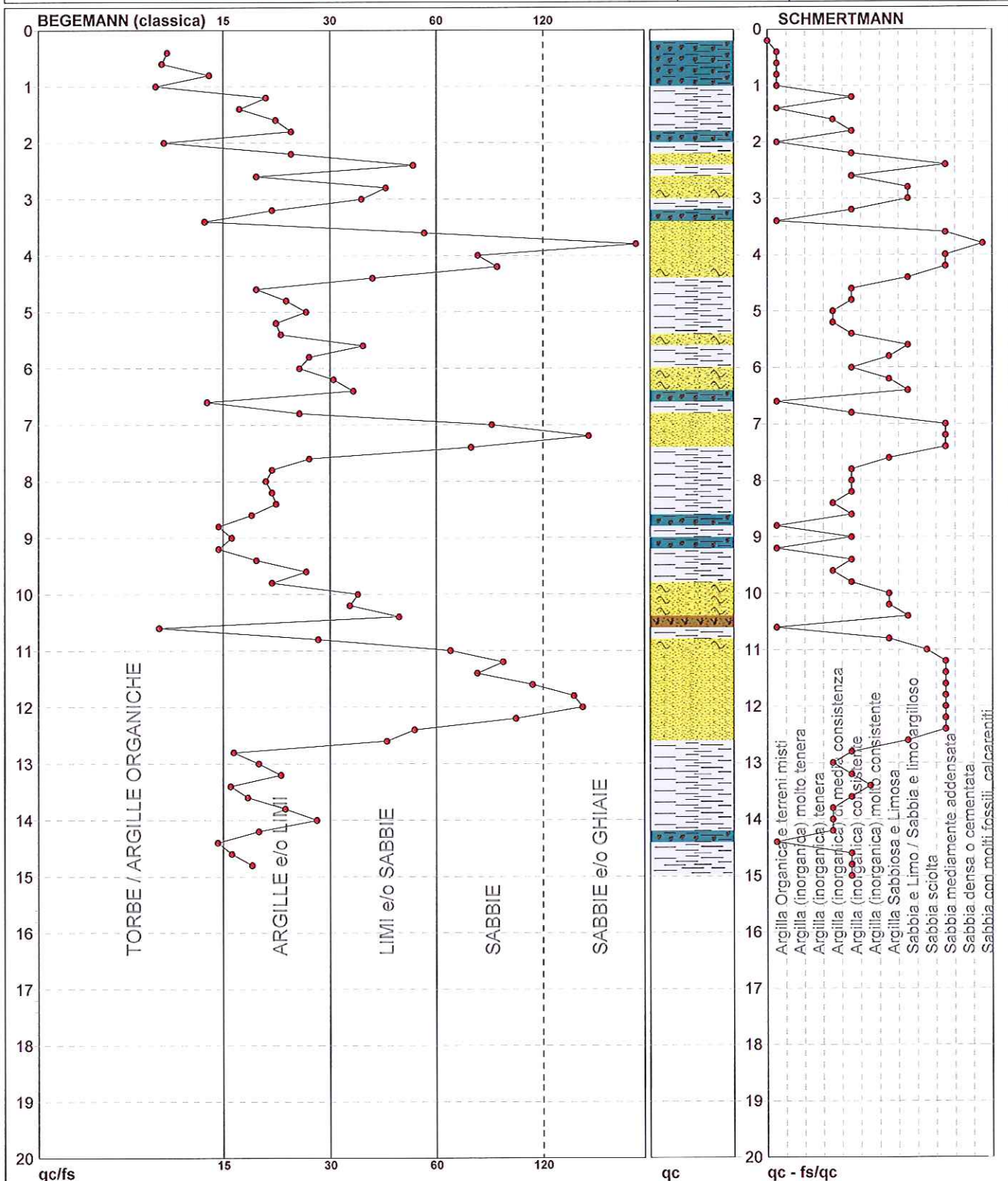
2

riferimento **623-2013**

certificato n° **4807**

Committente: **Studio tecnico**
Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
Località: **Soliera, via Caduti di Nassiriya**

U.M.: **MPa** Data eseg.: **11/12/2013**
Scala: **1:100**
Pagina: **3/4** Data certificato: **13/12/2013**
Elaborato: Falda: **-1.50 m** da p.c.



Torbe / Argille org. :	12 punti, 12.12%	Argilla Organica e terreni misti:	12 punti, 12.12%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	6 punti, 6.06%
Argille e/o Limi :	36 punti, 36.36%	Argilla (inorganica) media consist.:	9 punti, 9.09%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	7 punti, 7.07%
Limi e/o Sabbie :	13 punti, 13.13%	Argilla (inorganica) consistente:	22 punti, 22.22%	Sabbia sciolta:	1 punto, 1.01%
Sabbie:	9 punti, 9.09%	Argilla (inorganica) molto consist.:	1 punto, 1.01%	Sabbia mediamente addensata:	14 punti, 14.14%
Sabbie e/o Chiaie :	4 punti, 4.04%			Sabbia con molti fossili, calcareniti:	1 punto, 1.01%

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT

3

riferimento **623-2013**

certificato n° **4808**

Committente: **Studio tecnico**
Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
Località: **Soliera, via Caduti di Nassiriyi**

U.M.: **MPa** Data eseg.: **11/12/2013**
Pagina: **1/4** Data certificato: **13/12/2013**
Elaborato: Falda: **-1.50 m da p.c.**

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.00	0.00		0.00	40.00	0									
0.40	8.00	14.00		0.78	47.00	17	5.9								
0.60	7.00	14.00		0.69	60.00	12	8.6								
0.80	10.00	19.00		0.98	87.00	11	8.7								
1.00	11.00	24.00		1.08	173.00	6	15.7								
1.20	12.00	38.00		1.18	153.00	8	12.8								
1.40	13.00	36.00		1.27	147.00	9	11.3								
1.60	14.00	36.00		1.37	87.00	16	6.2								
1.80	11.00	24.00		1.08	80.00	14	7.3								
2.00	13.00	25.00		1.27	53.00	25	4.1								
2.20	16.00	24.00		1.57	73.00	22	4.6								
2.40	12.00	23.00		1.18	40.00	30	3.3								
2.60	8.00	14.00		0.78	27.00	30	3.4								
2.80	7.00	11.00		0.69	40.00	18	5.7								
3.00	8.00	14.00		0.78	33.00	24	4.1								
3.20	7.00	12.00		0.69	33.00	21	4.7								
3.40	7.00	12.00		0.69	27.00	26	3.9								
3.60	8.00	12.00		0.78	40.00	20	5.0								
3.80	6.00	12.00		0.59	33.00	18	5.5								
4.00	9.00	14.00		0.88	40.00	23	4.4								
4.20	8.00	14.00		0.78	27.00	30	3.4								
4.40	7.00	11.00		0.69	33.00	21	4.7								
4.60	6.00	11.00		0.59	27.00	22	4.5								
4.80	7.00	11.00		0.69	53.00	13	7.6								
5.00	9.00	17.00		0.88	60.00	15	6.7								
5.20	12.00	21.00		1.18	47.00	26	3.9								
5.40	11.00	18.00		1.08	53.00	21	4.8								
5.60	13.00	21.00		1.27	60.00	22	4.6								
5.80	17.00	26.00		1.67	80.00	21	4.7								
6.00	18.00	30.00		1.76	80.00	23	4.4								
6.20	16.00	28.00		1.57	147.00	11	9.2								
6.40	32.00	54.00		3.14	60.00	53	1.9								
6.60	60.00	69.00		5.88	33.00	182	0.6								
6.80	45.00	50.00		4.41	20.00	225	0.4								
7.00	22.00	25.00		2.16	13.00	169	0.6								
7.20	19.00	21.00		1.86	33.00	58	1.7								
7.40	15.00	20.00		1.47	20.00	75	1.3								
7.60	24.00	27.00		2.35	53.00	45	2.2								
7.80	8.00	16.00		0.78	33.00	24	4.1								
8.00	7.00	12.00		0.69	53.00	13	7.6								
8.20	8.00	16.00		0.78	40.00	20	5.0								
8.40	14.00	20.00		1.37	47.00	30	3.4								
8.60	9.00	16.00		0.88	67.00	13	7.4								
8.80	10.00	20.00		0.98	53.00	19	5.3								
9.00	12.00	20.00		1.18	60.00	20	5.0								
9.20	10.00	19.00		0.98	73.00	14	7.3								
9.40	12.00	23.00		1.18	73.00	16	6.1								
9.60	15.00	26.00		1.47	80.00	19	5.3								
9.80	15.00	27.00		1.47	67.00	22	4.5								
10.00	12.00	22.00		1.18	53.00	23	4.4								
10.20	10.00	18.00		0.98	40.00	25	4.0								
10.40	9.00	15.00		0.88	33.00	27	3.7								
10.60	8.00	13.00		0.78	27.00	30	3.4								
10.80	5.00	9.00		0.49	20.00	25	4.0								
11.00	6.00	9.00		0.59	27.00	22	4.5								
11.20	7.00	11.00		0.69	27.00	26	3.9								
11.40	8.00	12.00		0.78	47.00	17	5.9								
11.60	8.00	15.00		0.78	33.00	24	4.1								
11.80	9.00	14.00		0.88	27.00	33	3.0								
12.00	19.00	23.00		1.86	13.00	146	0.7								
12.20	19.00	21.00		1.86	87.00	22	4.6								
12.40	13.00	26.00		1.27	147.00	9	11.3								
12.60	26.00	48.00		2.55	40.00	65	1.5								
12.80	19.00	25.00		1.86	87.00	22	4.6								
13.00	39.00	52.00		3.82	40.00	98	1.0								
13.20	26.00	32.00		2.55	80.00	33	3.1								
13.40	18.00	30.00		1.76	53.00	34	2.9								
13.60	22.00	30.00		2.16	53.00	42	2.4								
13.80	19.00	27.00		1.86	47.00	40	2.5								
14.00	15.00	22.00		1.47	80.00	19	5.3								
14.20	16.00	28.00		1.57	67.00	24	4.2								
14.40	14.00	24.00		1.37	93.00	15	6.6								
14.60	15.00	29.00		1.47	93.00	16	6.2								
14.80	12.00	26.00		1.18	80.00	15	6.7								
15.00	16.00	28.00		1.57											

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

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

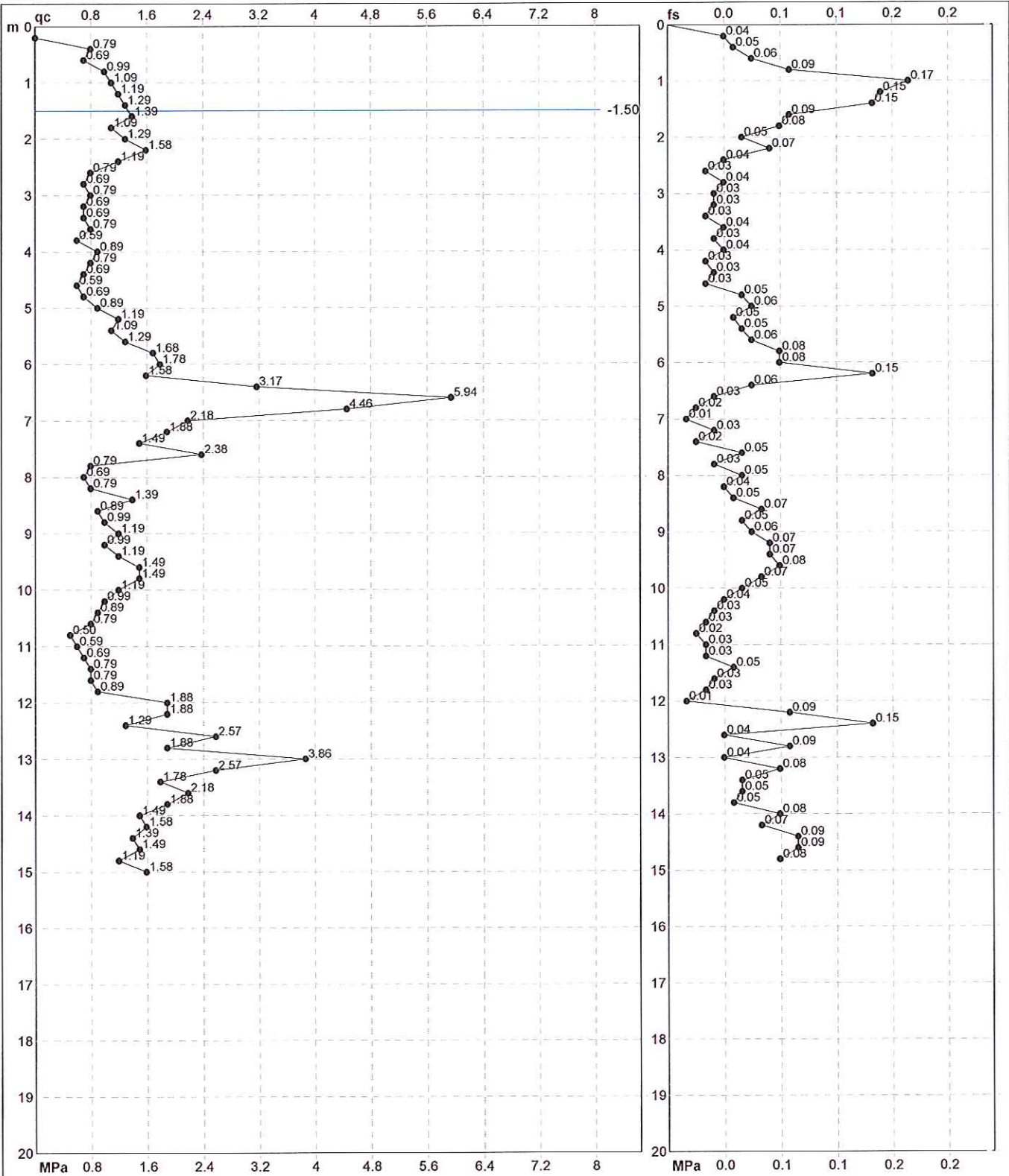
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	3
riferimento	623-2013
certificato n°	4808

Committente: **Studio tecnico**
Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
Località: **Soliera, via Caduti di Nassiriya**

U.M.: **MPa** Data eseg.: **11/12/2013**
Scala: **1:100**
Pagina: **2/4** Data certificato: **13/12/2013**
Elaborato: Falda: **-1.50 m** da p.c.



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

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

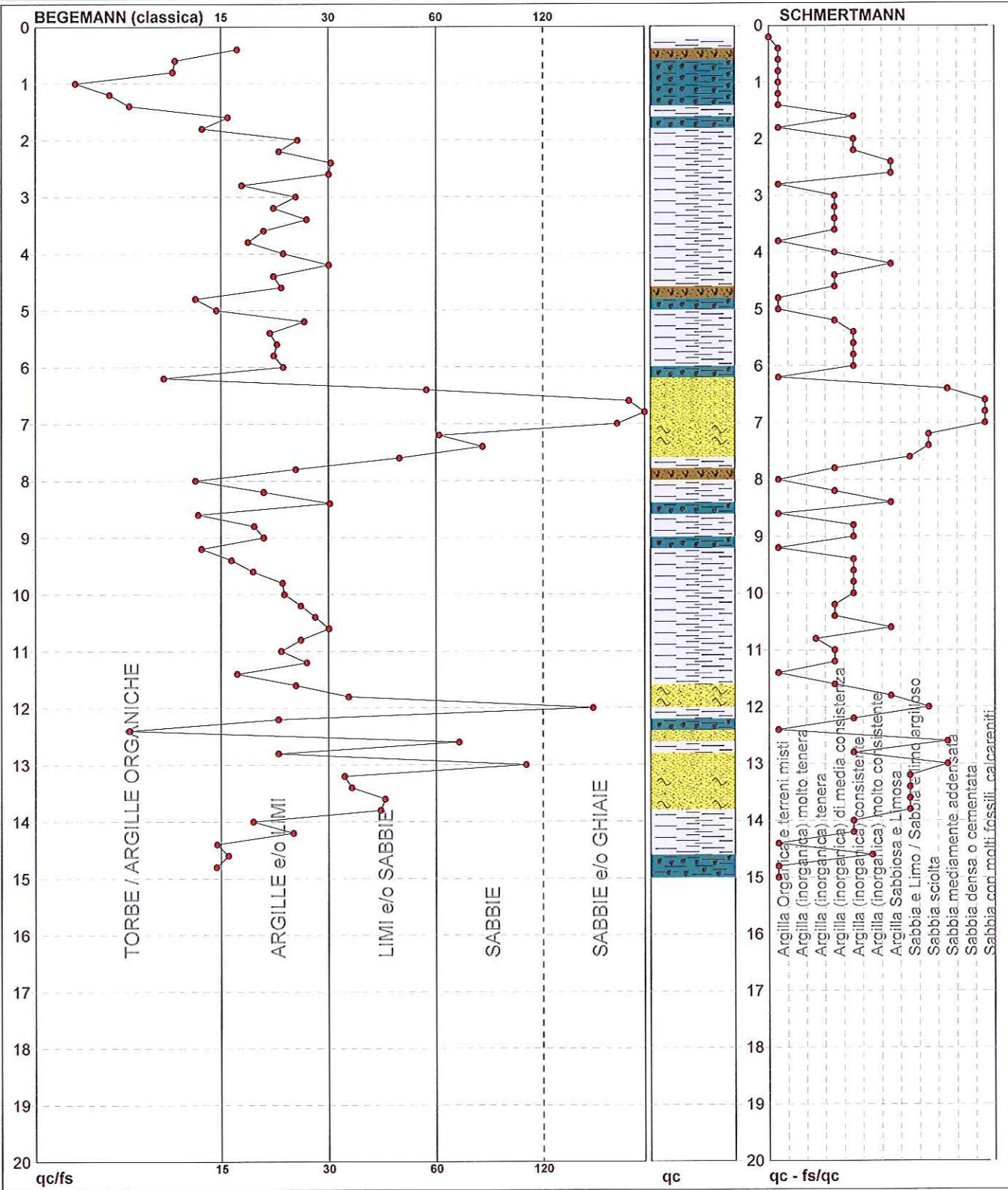
3

riferimento **623-2013**

certificato n° **4808**

Committente: **Studio tecnico**
Cantiere: **Studio terreno di fondazione**
Località: **Soliera, via Caduti di Nassiriya**

U.M.: **MPa** Data eseg.: **11/12/2013**
Scala: **1:100**
Pagina: **3/4** Data certificato: **13/12/2013**
Elaborato: Falda: **-1.50 m da p.c.**



Torbe / Argille org. :	15 punti, 15.15%	Argilla Organica e terreni misti:	19 punti, 19.19%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	6 punti, 6.06%
Argille e/o Limi :	44 punti, 44.44%	Argilla (inorganica) tenera:	1 punti, 1.01%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	5 punti, 5.05%
Limi e/o Sabbie :	8 punti, 8.08%	Argilla (inorganica) media consist.:	15 punti, 15.15%	Sabbia sciolta:	3 punti, 3.03%
Sabbie:	3 punti, 3.03%	Argilla (inorganica) consistente:	17 punti, 17.17%	Sabbia mediamente addensata:	3 punti, 3.03%
Sabbie e/o Ghiaie :	4 punti, 4.04%	Argilla (inorganica) molto consist.:	1 punti, 1.01%	Sabbia con molti fossili, calcareniti:	3 punti, 3.03%

G E O G R O U P s.r.l.

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



ALLEGATO 2

INDAGINI SISMICHE



GEO GROUP s.r.l.

Sede legale: Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA

Sede operativa: via Per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059/3967169 Fax. 059/5332019

E-mail: info@geogroupmodena.it

P.IVA e C.F. 02981500362

www.geogroupmodena.it

ANALISI SISMICA DI SITO SECONDO METODOLOGIA MASW

Cantiere: Soliera (MO), via Caduti di Nassiriya

Data: 04/06/2018

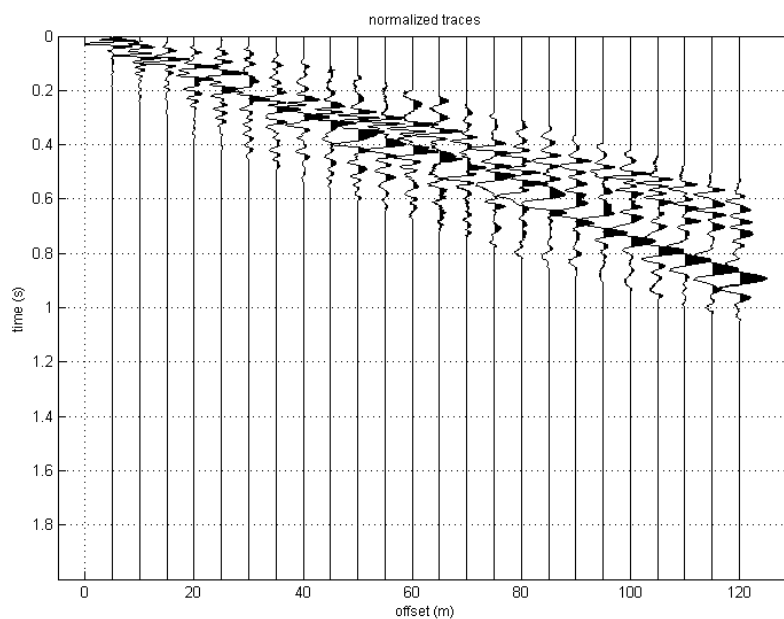
Lavoro: studio del terreno di fondazione

Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

**RIF. MASW
300/18**



UBICAZIONE DELLO STENDIMENTO SISMICO IMPIEGATO





GEO GROUP s.r.l.

GEO GROUP s.r.l.

Sede legale: Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA

Sede operativa: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnovo Rangone (MO)

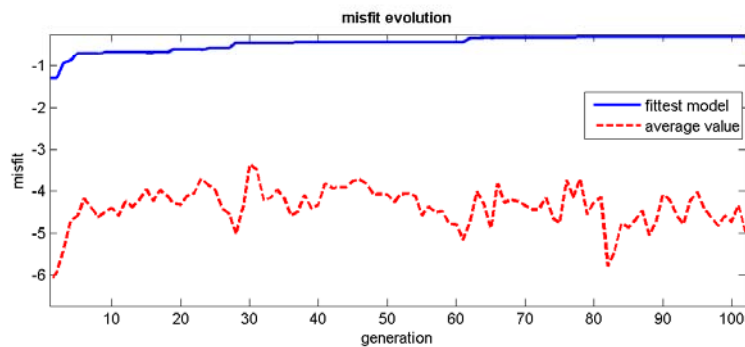
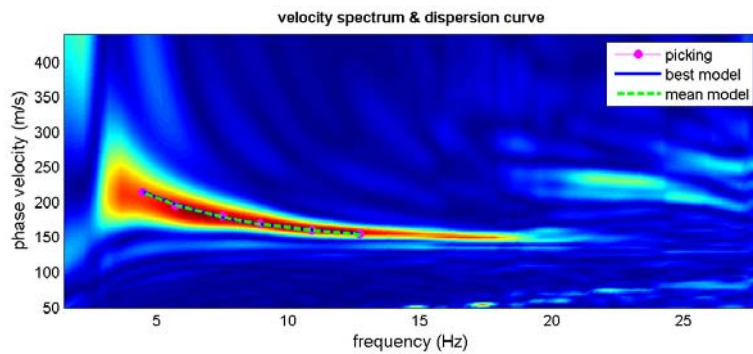
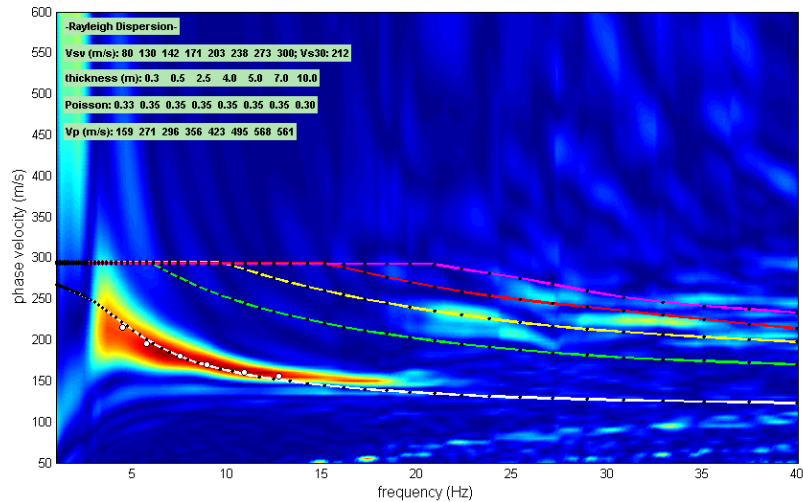
Tel. 059/3967169 Fax. 059/5332019

E-mail: info@geogroupmodena.it

P.IVA e C.F. 02981500362

www.geogroupmodena.it

SPETTRO RELATIVO ALLE VELOCITÀ DI FASE REGISTRATE NEL DOMINIO DELLE FREQUENZE



www.winmasw.com



GEO GROUP s.r.l.

GEO GROUP s.r.l.

Sede legale: Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA

Sede operativa: via Per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

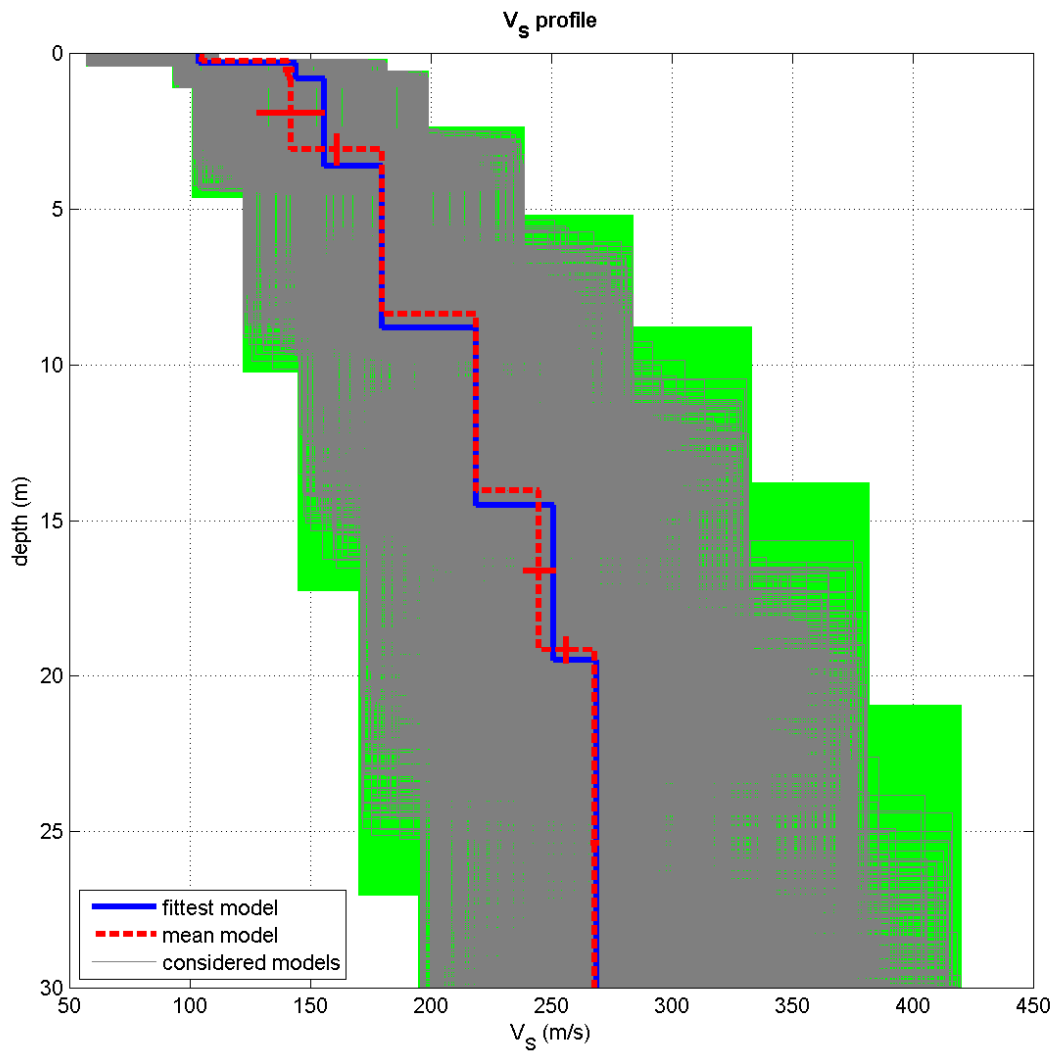
Tel. 059/3967169 Fax. 059/5332019

E-mail: info@geogroupmodena.it

P.IVA e C.F. 02981500362

www.geogroupmodena.it

MODELLO V_s30 DERIVATO DALL'INDAGINE MASW ESEGUITA



dataset: somma.mat

dispersion curve: pick.cdp

V_s30 (best model): 217 m/s

V_s30 (mean model): 216 m/s

BEST MODEL
 $V_s30 = 217$ m/s



GEO GROUP s.r.l.

Sede legale: Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA

Sede operativa: via Per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059/3967169 Fax. 059/5332019

E-mail: info@geogrupmodena.it

P.IVA e C.F. 02981500362

www.geogrupmodena.it

ANALISI SISMICA DI SITO SECONDO METODOLOGIA Re.Mi.

Cantiere: Soliera (MO), via Caduti di Nassiriya

Data: 04/06/2018

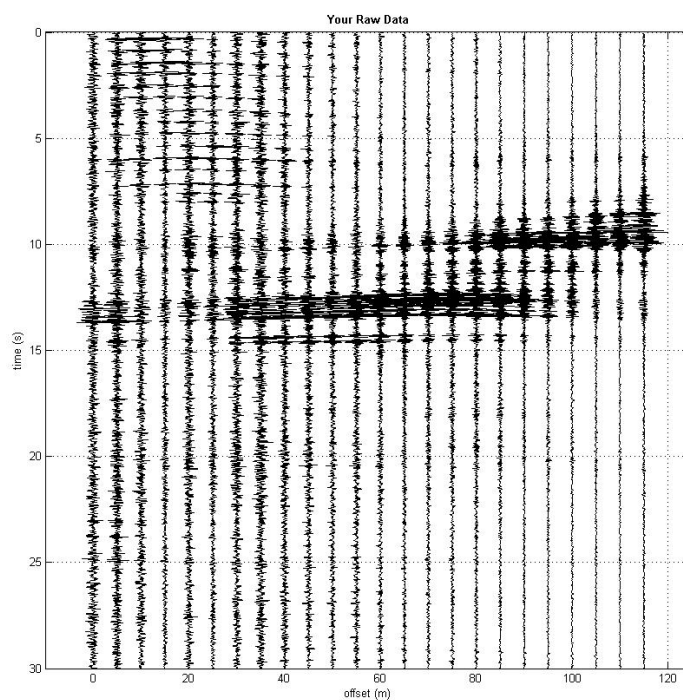
Lavoro: studio del terreno di fondazione

Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

**RIF. Re.Mi.
300/18**



UBICAZIONE DELLO STENDIMENTO SISMICO IMPIEGATO





GEO GROUP s.r.l.

GEO GROUP s.r.l.

Sede legale: Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA

Sede operativa: via Per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

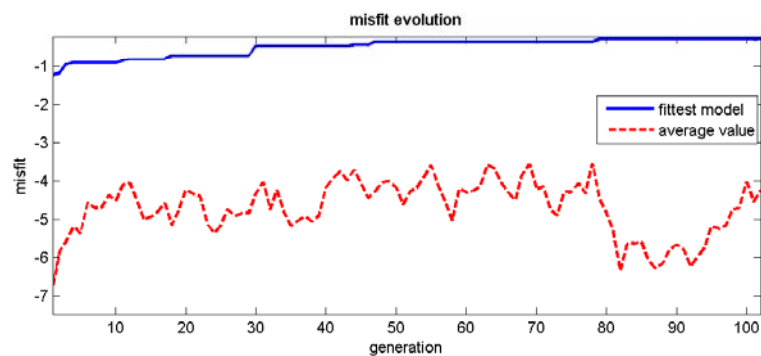
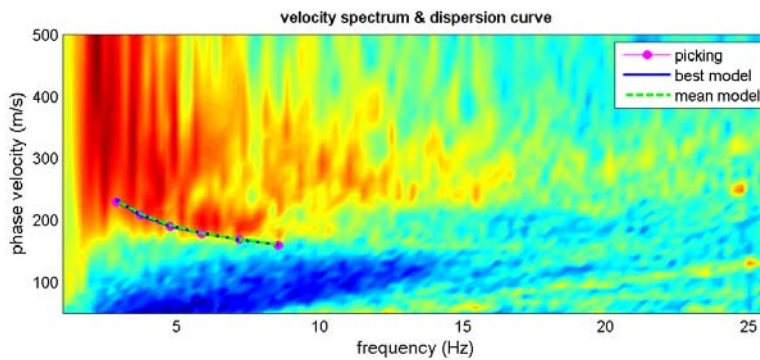
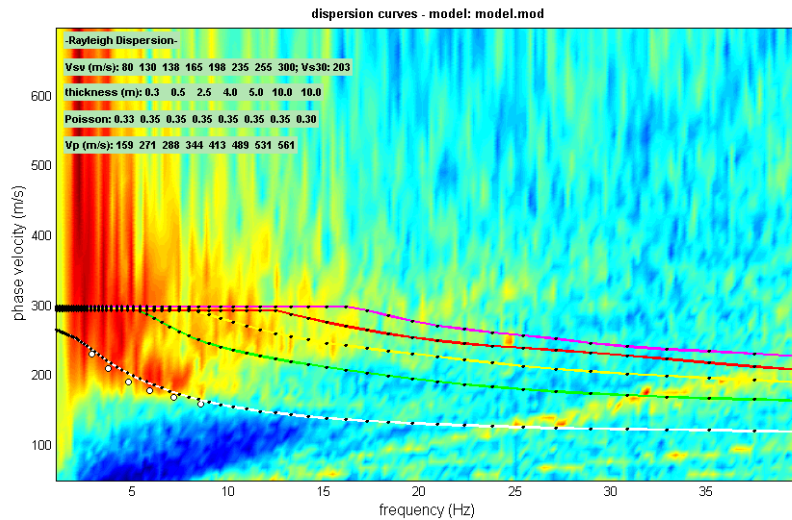
Tel. 059/3967169 Fax. 059/5332019

E-mail: info@geogorupmodena.it

P.IVA e C.F. 02981500362

www.geogroupmodena.it

SPETTRO RELATIVO ALLE VELOCITÀ DI FASE REGISTRATE NEL DOMINIO DELLE FREQUENZE





GEO GROUP s.r.l.

GEO GROUP s.r.l.

Sede legale: Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA

Sede operativa: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

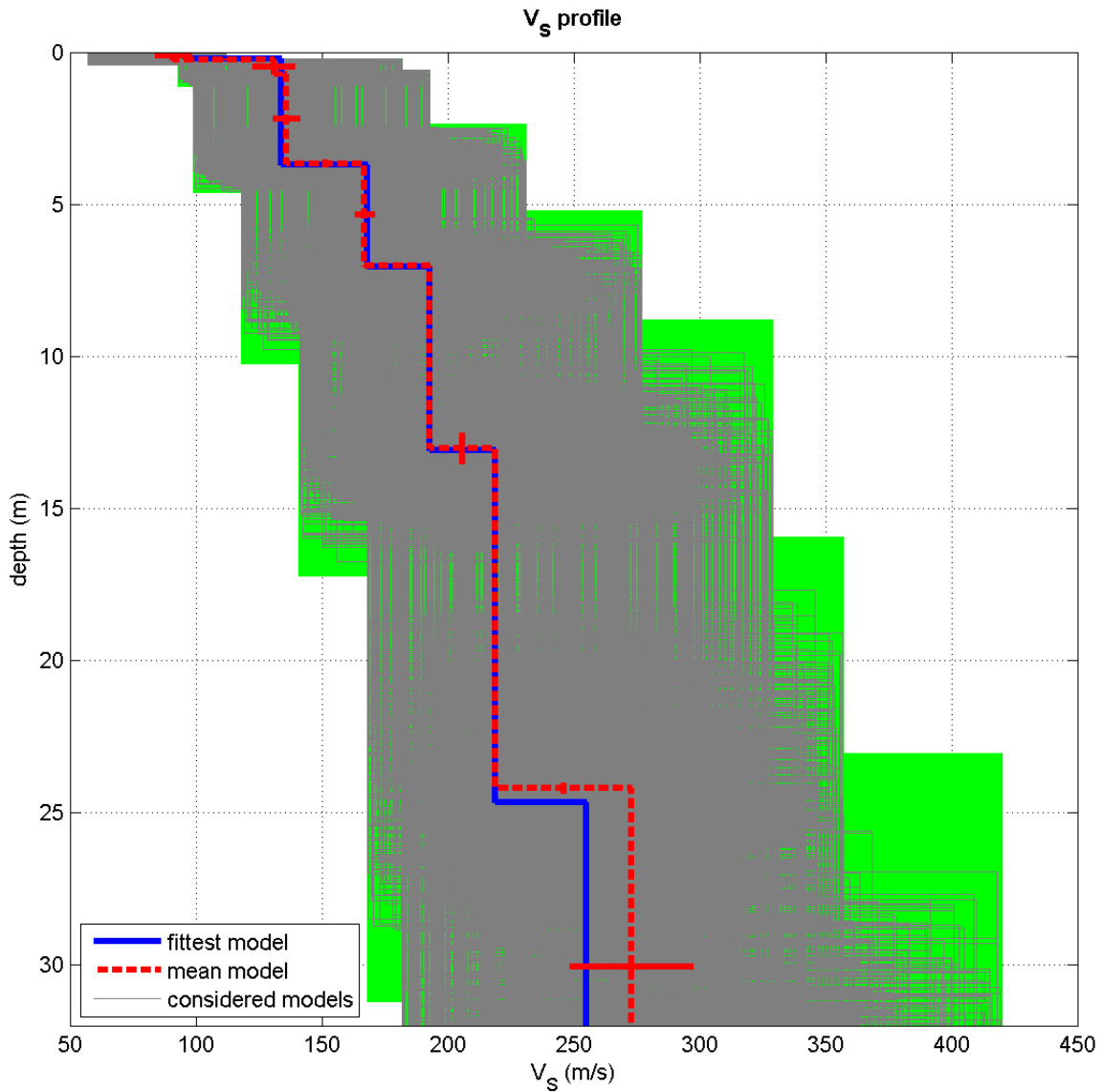
Tel. 059/3967169 Fax. 059/5332019

E-mail: info@geogrupmodena.it

P.IVA e C.F. 02981500362

www.geogrupmodena.it

MODELLO V_s30 DERIVATO DALL'INDAGINE Re.Mi. ESEGUITA



dataset: spettro.mat

dispersion curve: pick.cdp

V_s30 (best model): 196 m/s

V_s30 (mean model): 198 m/s

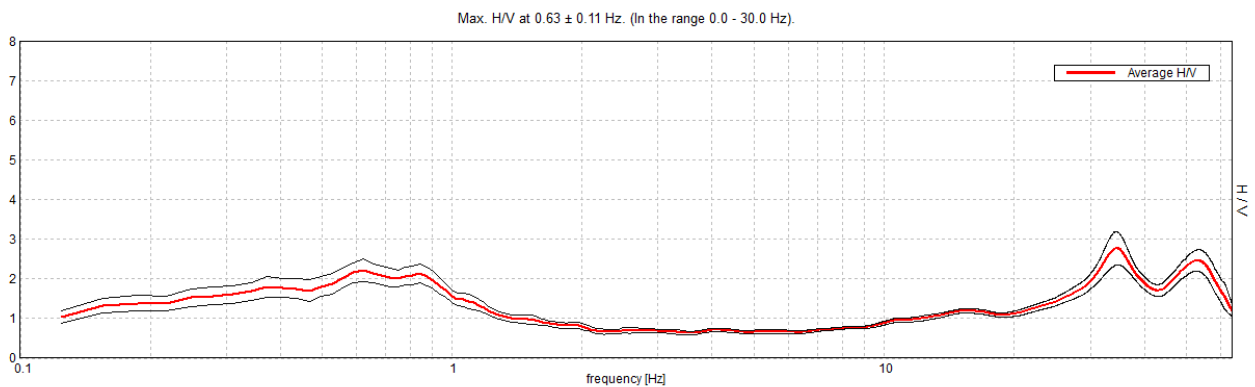
BEST MODEL
 $V_s30 = 196$ m/s

SOLIERA, VIA CADUTI DI NASSIRYA, HV 0001

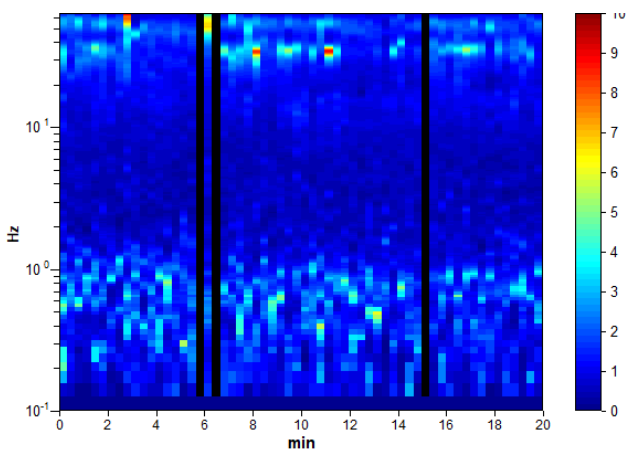
Instrument: TE3-0303/01-17
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: 51
Start recording: 04/06/18 11:46:00 End recording: 04/06/18 12:06:00
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 95% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

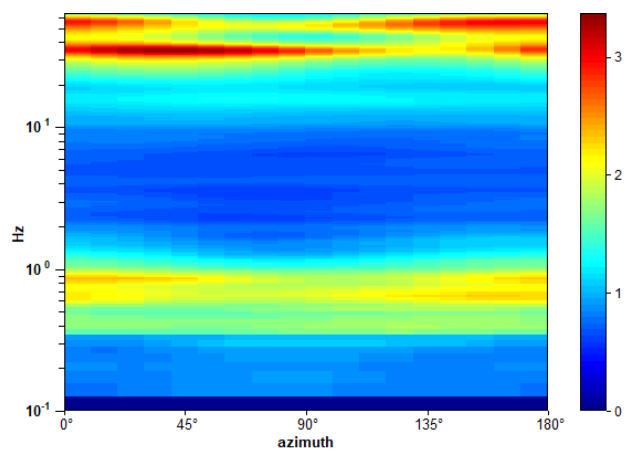
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



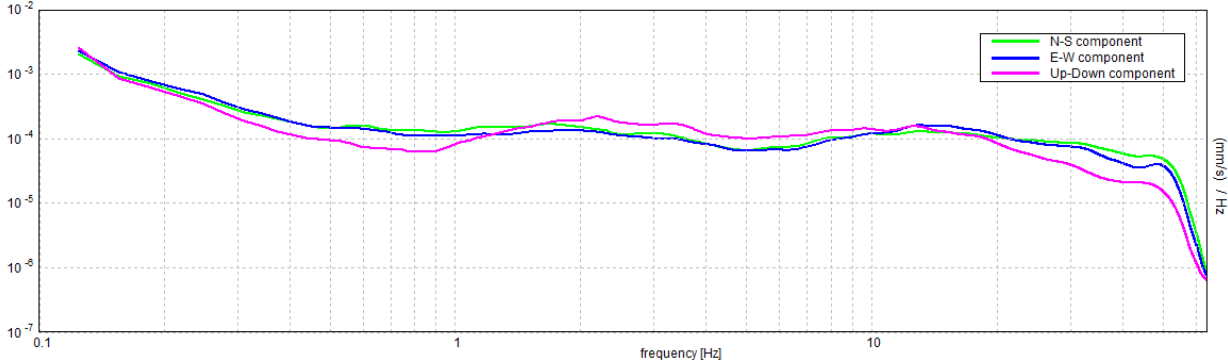
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 0.63 ± 0.11 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.63 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$712.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 31 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.281 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.21 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.1713 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.10706 < 0.09375$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.287 < 2.0$	OK	

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

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

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

SOLIERA, VIA CADUTI DI NASSIRYA, HV 0002

Instrument: TE3-0303/01-17

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 04/06/18 12:12:51 End recording: 04/06/18 12:32:51

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 95% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

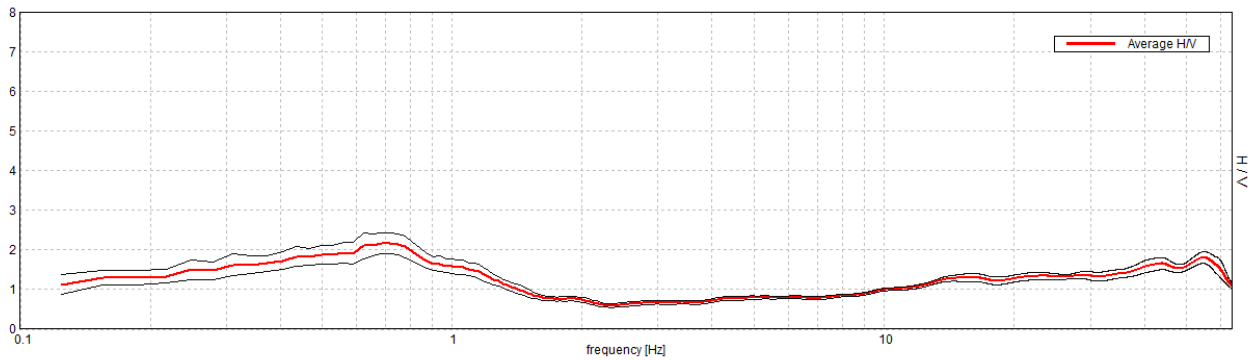
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

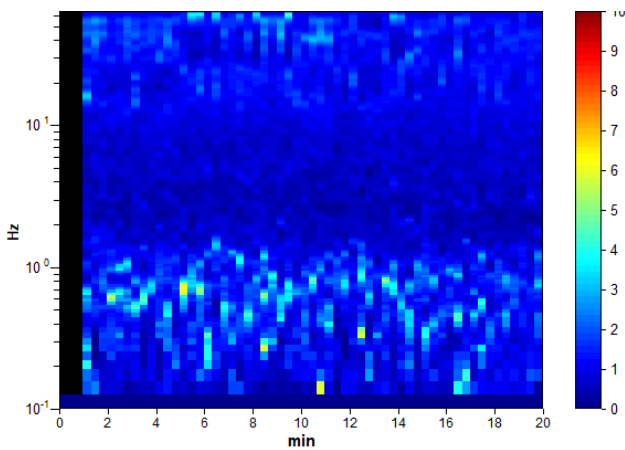
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

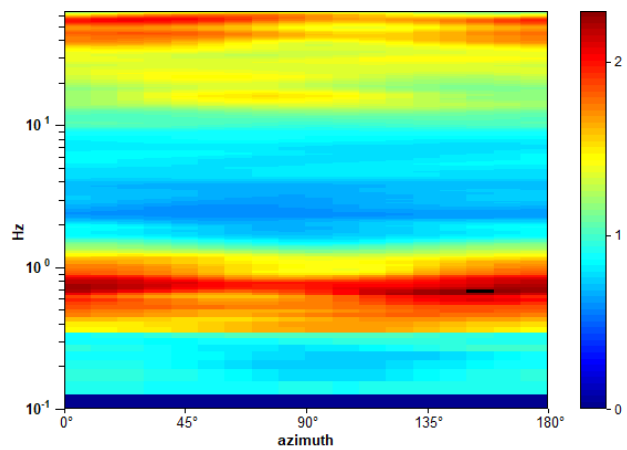
Max. H/V at 0.69 ± 0.11 Hz. (In the range 0.0 - 30.0 Hz).



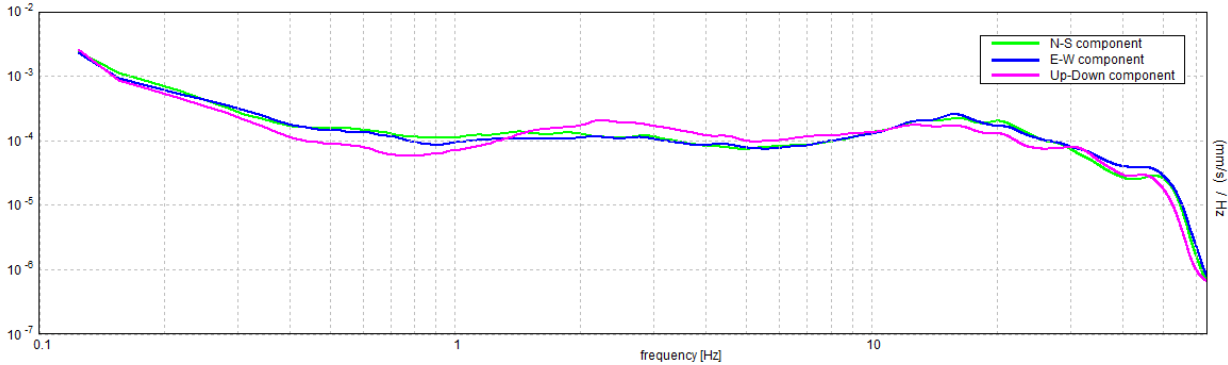
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 0.69 ± 0.11 Hz (in the range 0.0 - 30.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.69 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$783.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 34 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.375 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.17 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.16587 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.11403 < 0.10313$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2676 < 2.0$	OK	

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

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

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

G E O G R O U P s.r.l.

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



ALLEGATO 3

VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE



GEO GROUP s.r.l.

GEO GROUP s.r.l.

Sede legale: Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA

Sede operativa: via Per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059/3967169 Fax. 059/5960176

E-mail: info@geogroupmodena.it

P.IVA e C.F. 02981500362

www.geogroupmodena.it

VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

metodo Boulanger & Idriss, 2014

Cantiere: via Caduti di Nassiriya, Soliera (MO)

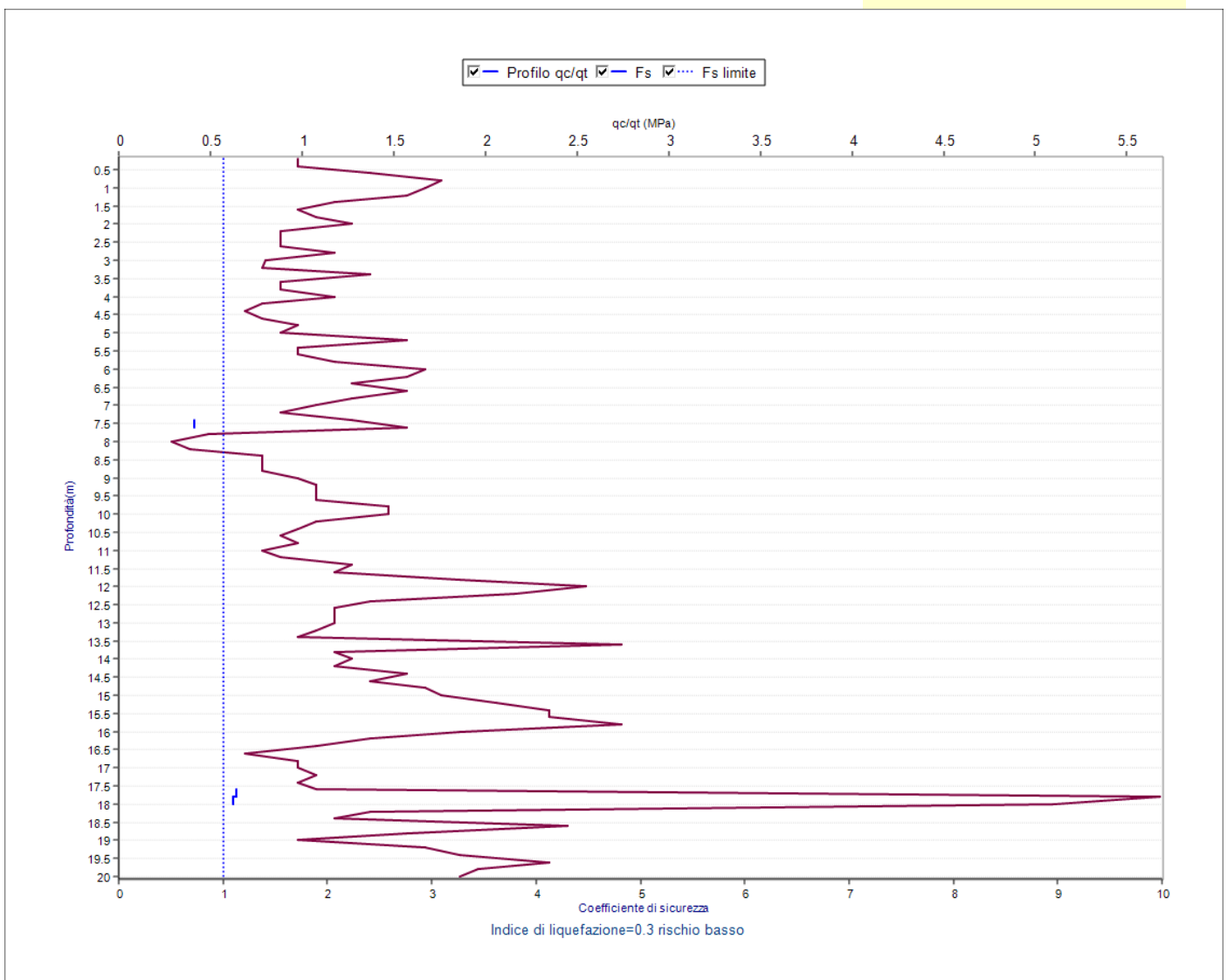
Data: 13/06/2018

Lavoro: studio del terreno di fondazione

Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

RIF. 300/18

CPT 1





GEO GROUP s.r.l.

GEO GROUP s.r.l.

Sede legale: Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA

Sede operativa: via Per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059/3967169 Fax. 059/5960176

E-mail: info@geogroupmodena.it

P.IVA e C.F. 02981500362

www.geogroupmodena.it

VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

metodo **Boulanger & Idriss, 2014**

Cantiere: via Caduti di Nassiriya, Soliera (MO)

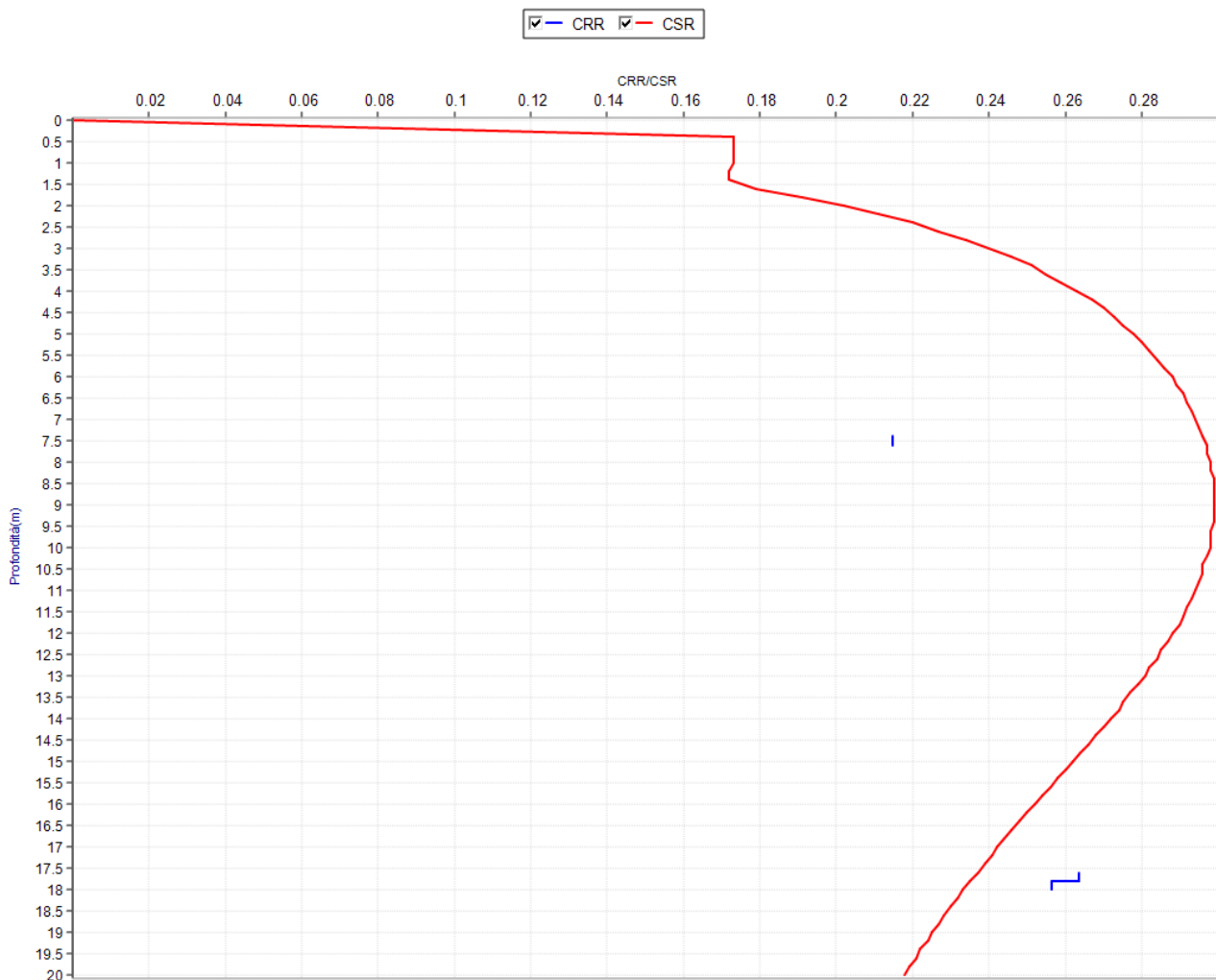
Data: 13/06/2018

Lavoro: studio del terreno di fondazione

Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

RIF. 300/18

CPT 1





GEO GROUP s.r.l.

GEO GROUP s.r.l.

Sede legale: Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA

Sede operativa: via Per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059/3967169 Fax. 059/5960176

E-mail: info@geogroupmodena.it

P.IVA e C.F. 02981500362

www.geogroupmodena.it

VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

metodo **Boulanger & Idriss, 2014**

Cantiere: via Caduti di Nassiriya, Soliera (MO)

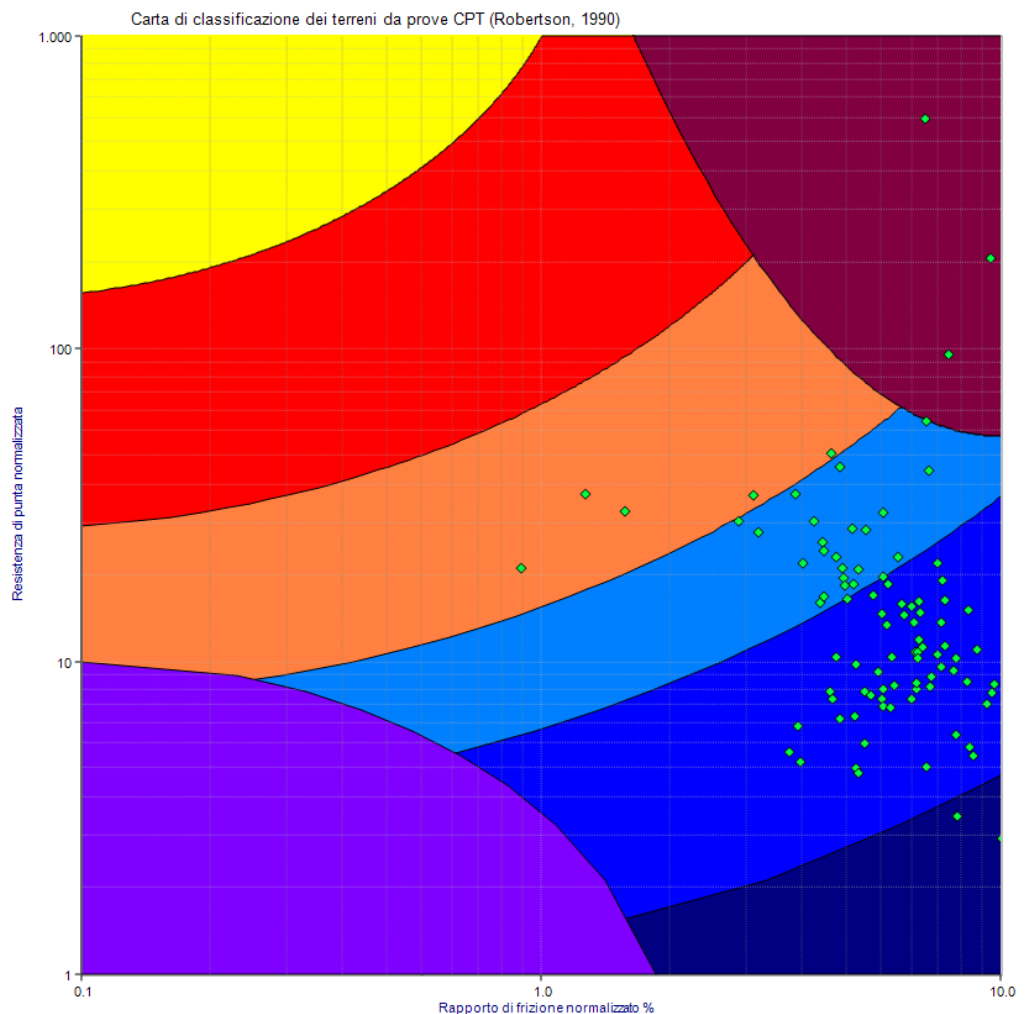
Data: 13/06/2018

Lavoro: studio del terreno di fondazione

Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

RIF. 300/18

CPT 1





GEO GROUP s.r.l.

GEO GROUP s.r.l.

Sede legale: Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA

Sede operativa: via Per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059/3967169 Fax. 059/5960176

E-mail: info@geogroupmodena.it

P.IVA e C.F. 02981500362

www.geogroupmodena.it

VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

metodo **Boulanger & Idriss, 2014**

Cantiere: via Caduti di Nassiriya, Soliera (MO)

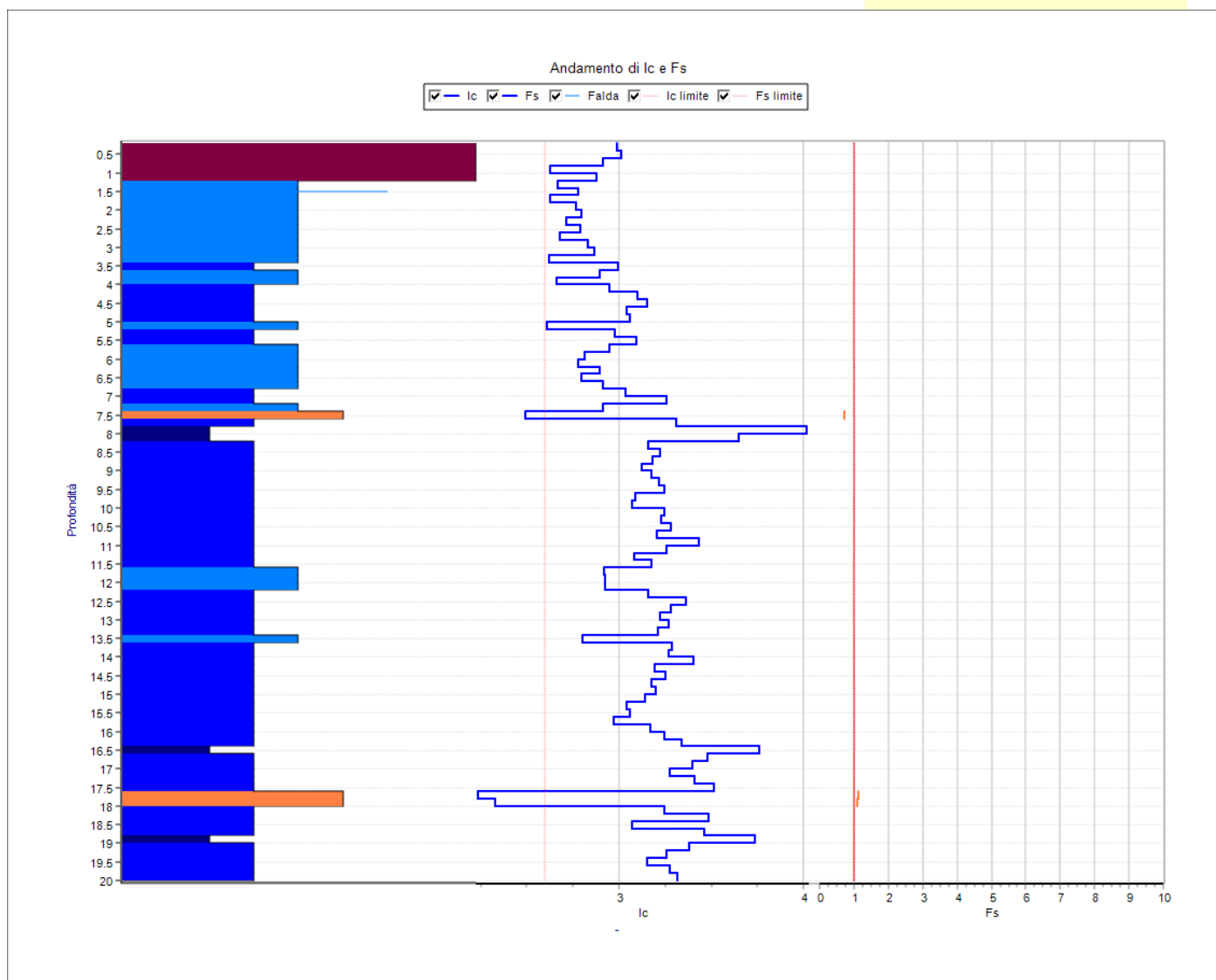
Data: 13/06/2018

Lavoro: studio del terreno di fondazione

Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

RIF. 300/18

CPT 1





GEO GROUP s.r.l.

GEO GROUP s.r.l.

Sede legale: Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA

Sede operativa: via Per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059/3967169 Fax. 059/5960176

E-mail: info@geogroupmodena.it

P.IVA e C.F. 02981500362

www.geogroupmodena.it

VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

metodo Boulanger & Idriss, 2014

Cantiere: via Caduti di Nassiriya, Soliera (MO)

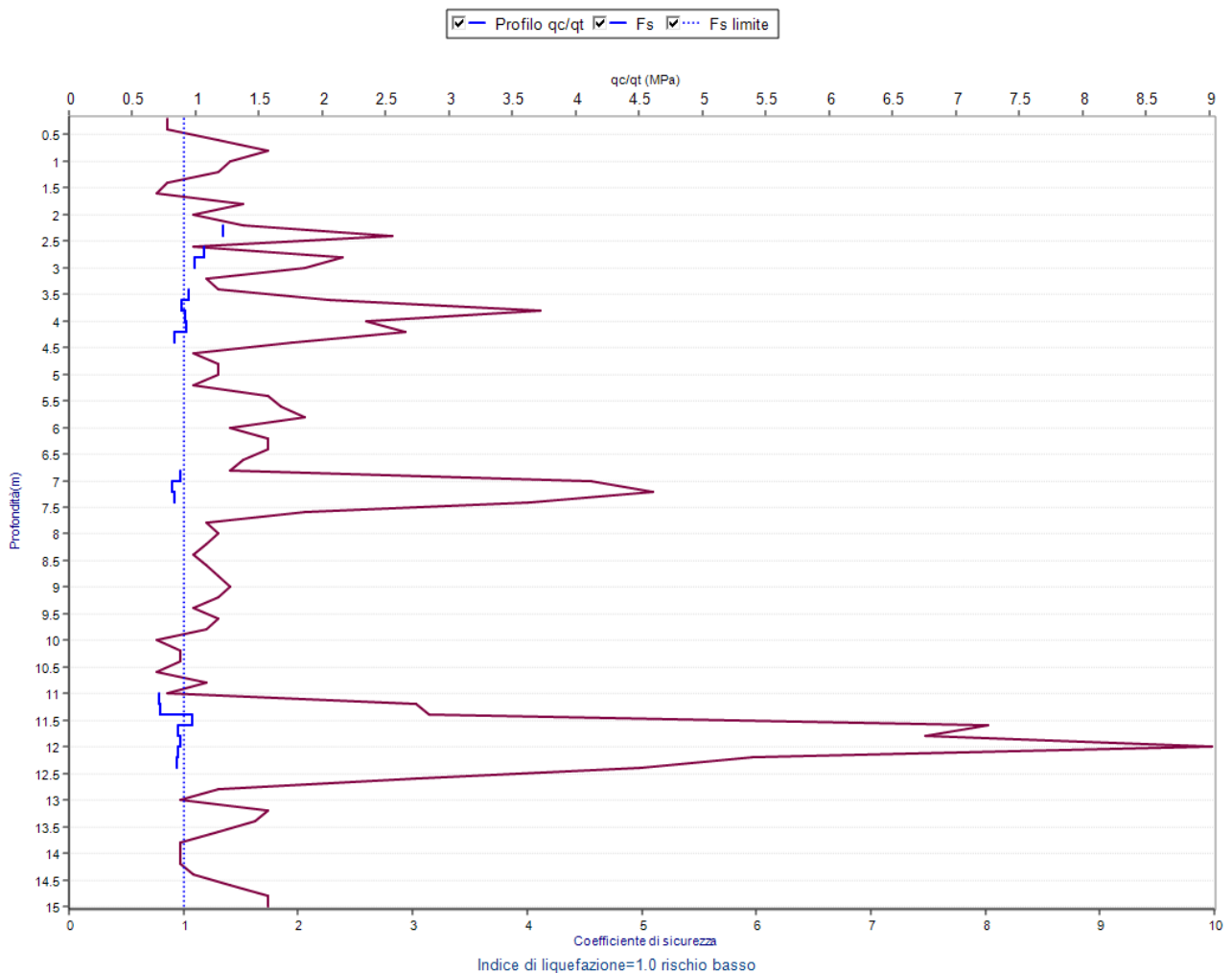
Data: 13/06/2018

Lavoro: studio del terreno di fondazione

Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

RIF. 300/18

CPT 2





GEO GROUP s.r.l.

Sede legale: Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA

Sede operativa: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059/3967169 Fax. 059/5960176

E-mail: info@geogroupmodena.it

P.IVA e C.F. 02981500362

www.geogroupmodena.it

VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

metodo Boulanger & Idriss, 2014

Cantiere: via Caduti di Nassiriya, Soliera (MO)

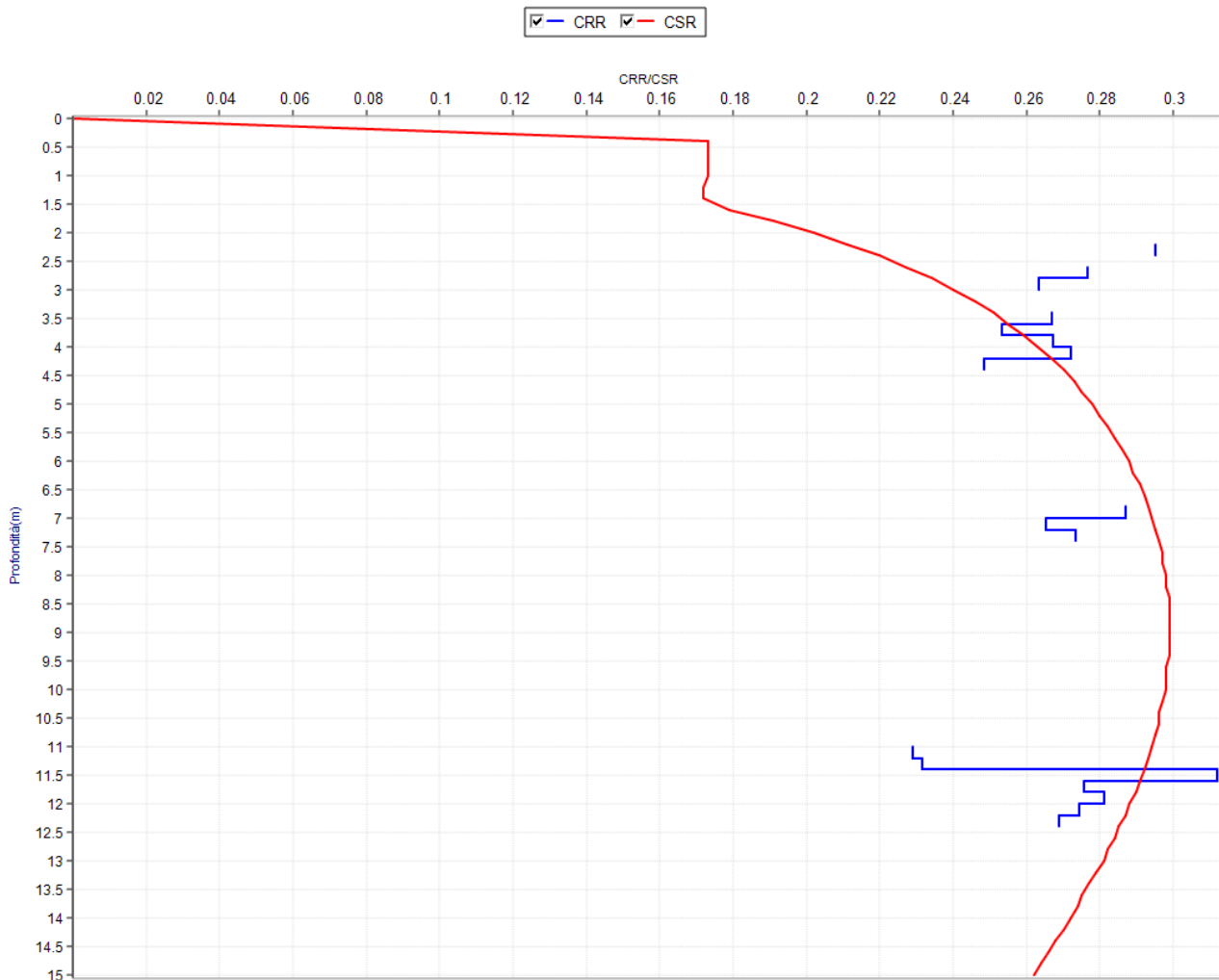
Data: 13/06/2018

Lavoro: studio del terreno di fondazione

Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

RIF. 300/18

CPT 2





GEO GROUP s.r.l.

GEO GROUP s.r.l.

Sede legale: Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA

Sede operativa: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059/3967169 Fax. 059/5960176

E-mail: info@geogroupmodena.it

P.IVA e C.F. 02981500362

www.geogroupmodena.it

VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

metodo Boulanger & Idriss, 2014

Cantiere: via Caduti di Nassiriya, Soliera (MO)

Data: 13/06/2018

Lavoro: studio del terreno di fondazione

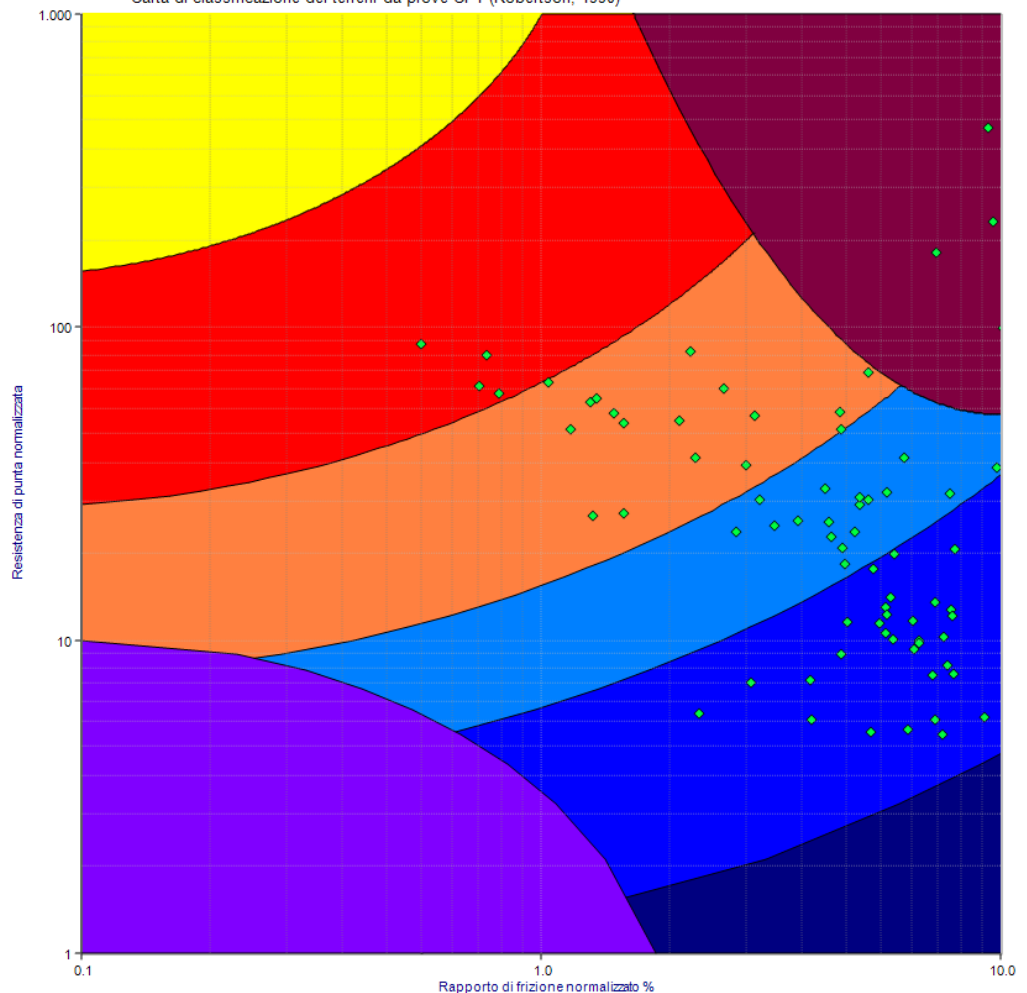
Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

RIF. 300/18

CPT 2

Carta di classificazione dei terreni da prove CPT (Robertson, 1990)

- Terreni con OCR > 5
- Da sabbie ghiaiose a sabbie
- Da sabbie a sabbie limose
- Da sabbie limose a limi sabbiosi
- Da limi argillosi a argille limose
- Da argille a argille limose
- Torbe
- Terreni fini sensibili
- ◆ misura





GEO GROUP s.r.l.

GEO GROUP s.r.l.

Sede legale: Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA

Sede operativa: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059/3967169 Fax. 059/5960176

E-mail: info@geogroupmodena.it

P.IVA e C.F. 02981500362

www.geogroupmodena.it

VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

metodo **Boulanger & Idriss, 2014**

Cantiere: via Caduti di Nassiriya, Soliera (MO)

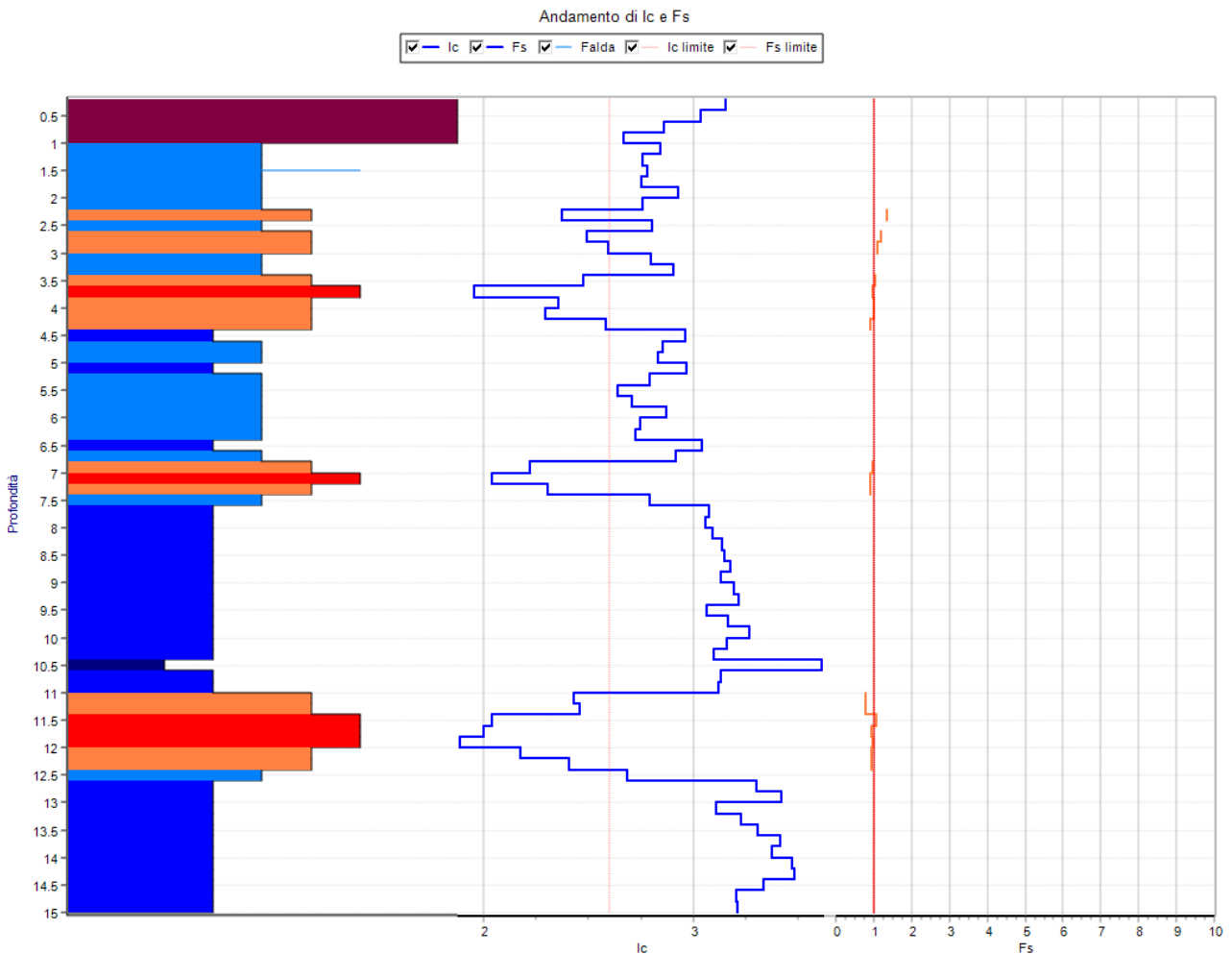
Data: 13/06/2018

Lavoro: studio del terreno di fondazione

Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

RIF. 300/18

CPT 2





GEO GROUP s.r.l.

GEO GROUP s.r.l.

Sede legale: Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA

Sede operativa: via Per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059/3967169 Fax. 059/5960176

E-mail: info@geogroupmodena.it

P.IVA e C.F. 02981500362

www.geogroupmodena.it

VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

metodo Boulanger & Idriss, 2014

Cantiere: via Caduti di Nassiriya, Soliera (MO)

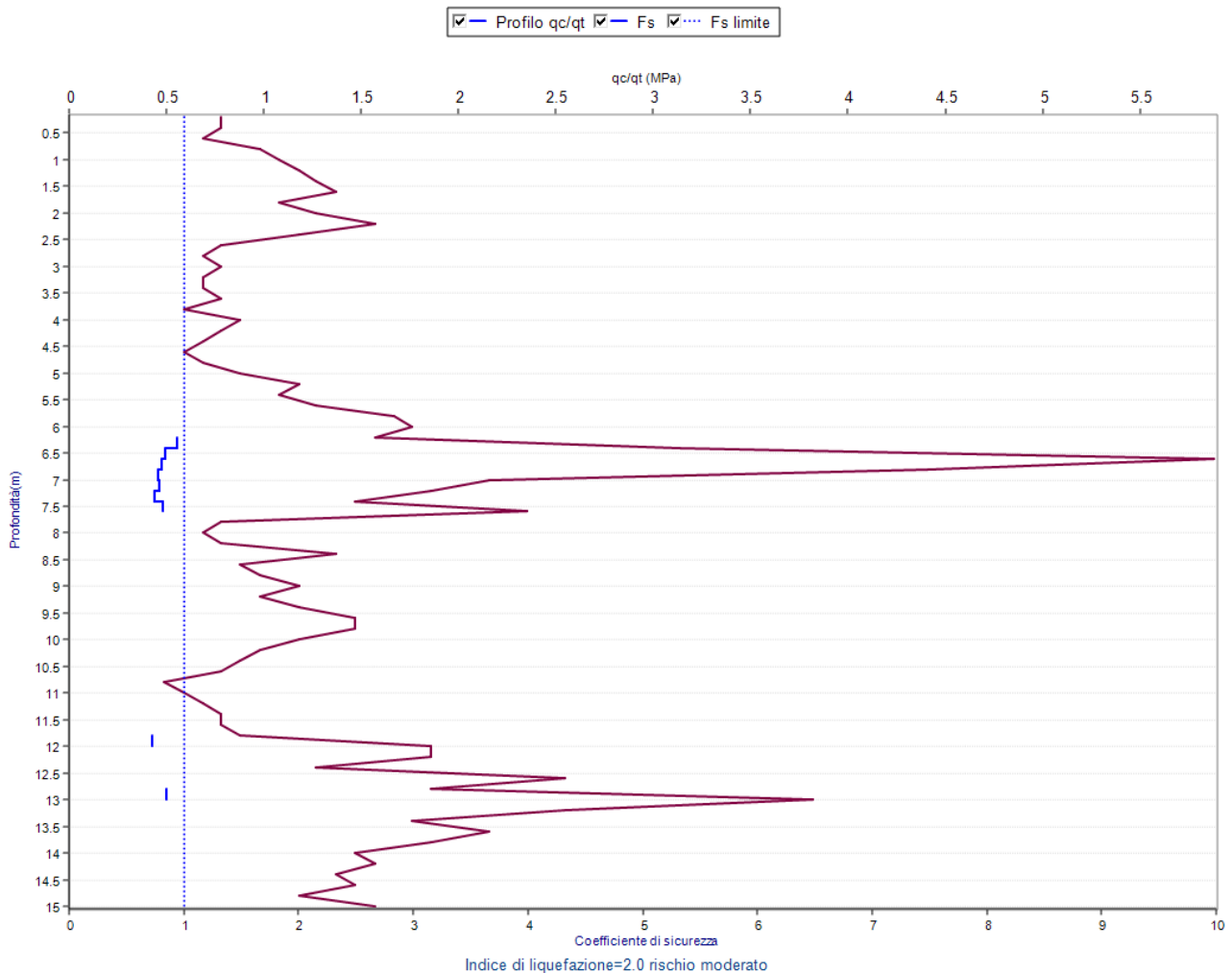
Data: 13/06/2018

Lavoro: studio del terreno di fondazione

Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

RIF. 300/18

CPT 3





GEO GROUP s.r.l.

Sede legale: Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA

Sede operativa: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059/3967169 Fax. 059/5960176

E-mail: info@geogroupmodena.it

P.IVA e C.F. 02981500362

www.geogroupmodena.it

VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

metodo Boulanger & Idriss, 2014

Cantiere: via Caduti di Nassiriya, Soliera (MO)

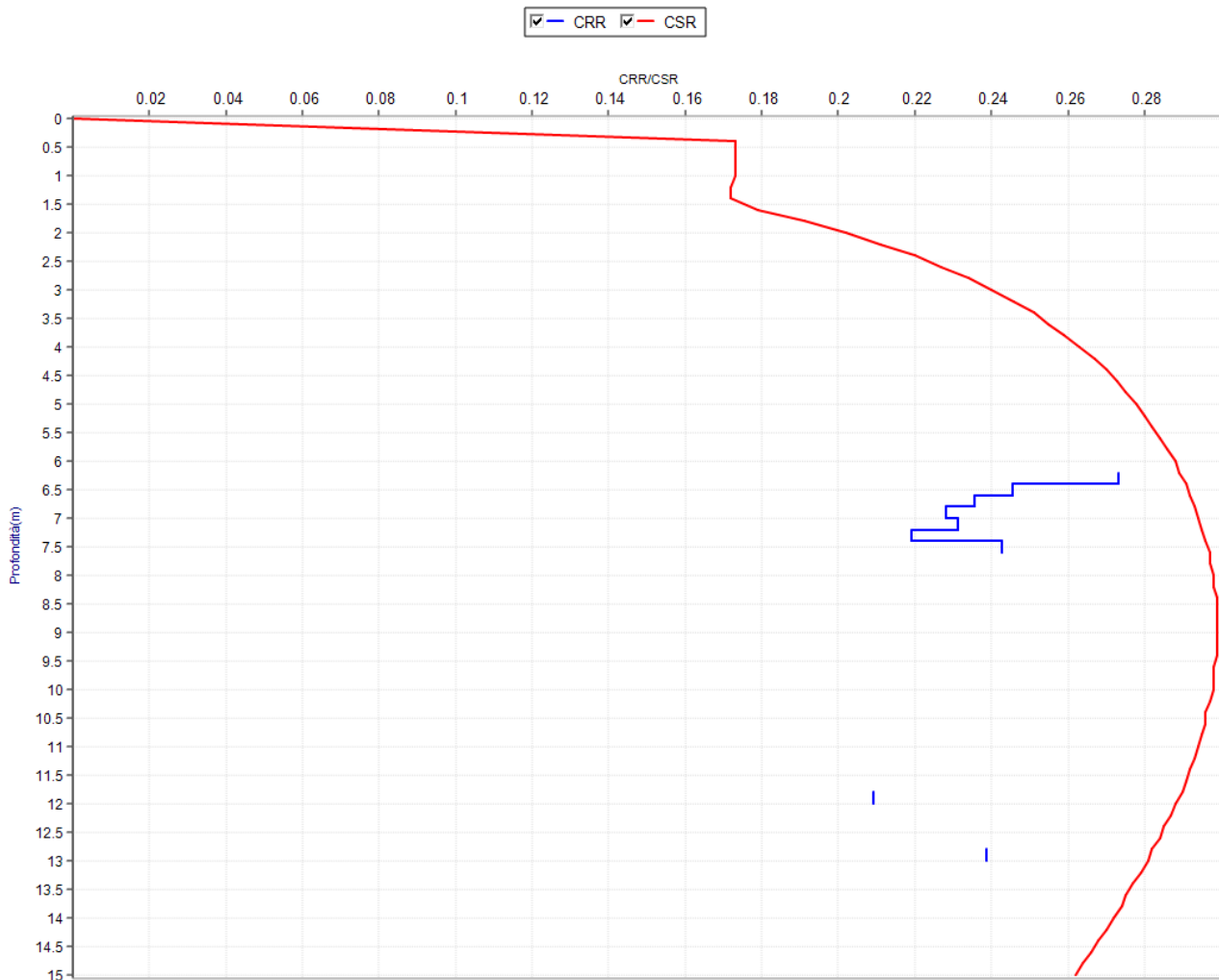
Data: 13/06/2018

Lavoro: studio del terreno di fondazione

Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

RIF. 300/18

CPT 3





GEO GROUP s.r.l.

GEO GROUP s.r.l.

Sede legale: Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA

Sede operativa: via Per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059/3967169 Fax. 059/5960176

E-mail: info@geogroupmodena.it

P.IVA e C.F. 02981500362

www.geogroupmodena.it

VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

metodo Boulanger & Idriss, 2014

Cantiere: via Caduti di Nassiriya, Soliera (MO)

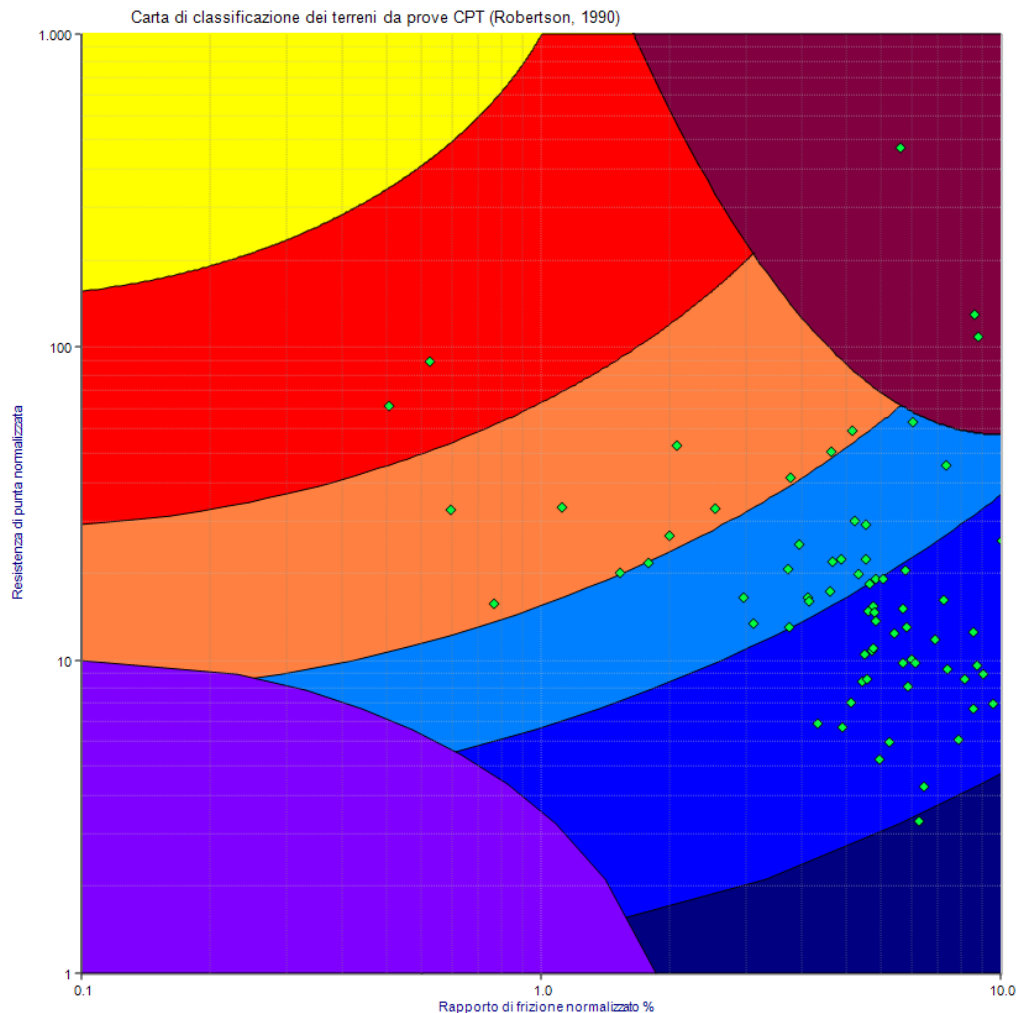
Data: 13/06/2018

Lavoro: studio del terreno di fondazione

Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

RIF. 300/18

CPT 3





GEO GROUP s.r.l.

GEO GROUP s.r.l.

Sede legale: Via C. Costa, 182 - 41123 MODENA

Sede operativa: via Per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel. 059/3967169 Fax. 059/5960176

E-mail: info@geogroupmodena.it

P.IVA e C.F. 02981500362

www.geogroupmodena.it

VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

metodo **Boulanger & Idriss, 2014**

Cantiere: via Caduti di Nassiriya, Soliera (MO)

Data: 13/06/2018

Lavoro: studio del terreno di fondazione

Responsabile: Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

RIF. 300/18

CPT 3

